Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
"Волжский государственный университет водного транспорта"

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б.1.В.Д13 Тренажерная подготовка (техническое использование и обслуживание СЭУ и их элементов)

Профиль	Техническое обслуживание и ремонт судовых энергетических установок
Институт	«Морская академия»
Кафедра	Кафедра эксплуатации судовых энергетических установок
Специальность	26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов/зачетных единиц	Курсы
		6
Лабораторные работы	17 Часы	17
СРС	82 Часы	82
Экзамен	9 Часы	9

2. Место дисциплины в структуре ООП

Код дисциплины	Наименование блока	Трудоемкость дисциплины, з.е.
Б1.В.13	Блок 1 Дисциплины (модули) (Часть, формируемая участниками образовательных отношений)	3

3. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лабораторные работы	СРС	Экзамен	Всего
1	Раздел 1. Тренажер Kongsberg Neptune ERS				
1,1	тема 1.1. Организация и проведение испытаний судовой энергетической установки	1 Часы	3 Часы		4 Часы
1,2	Тема 1.2. Тренажер как компьютерная система управления	1 Часы	6 Часы		7 Часы
1,3	Тема 1.3. Рабочее место оператора	1 Часы	4 Часы		5 Часы
1,4	Тема 1.4. Регистрация процессов в элементах СЭУ с рабочего места оператора	1 Часы	4 Часы		5 Часы
2	Раздел 2. Упражнение 1 - Ввод в работу главной и вспомогательной СЭУ судна				
2,1	Тема 2.1. Постановка задачи	0,5 Часы	4 Часы		4,5 Часы
2,2	Тема 2.2. Анализ начальных условий и планирование работы	0,5 Часы	4 Часы		4,5 Часы
2,3	Тема 2.3. Выполнение упражнения	0,5 Часы	4 Часы		4,5 Часы
2,4	Тема 2.4. Выполнение упражнения	0,5 Часы	4 Часы		4,5 Часы
2,5	Тема 2.5. Контрольное выполнение упражнения	1 Часы	8 Часы		9 Часы
2,6	Тема 2.6. Контрольное выполнение упражнения	1 Часы	9 Часы		10 Часы
3	Раздел 3. Упражнение 2 - Проведение ходовых испытаний и построение винтовой характеристики				
3,1	Тема 3.1. Постановка задачи, анализ начальных условий и планирование работы	0,5 Часы	2 Часы		2,5 Часы
3,2	Тема 3.2. Взаимодействие с ходовым мостиком при проведении испытаний	0,5 Часы	4 Часы		4,5 Часы
3,3	Тема 3.3. Выполнение упражнения (нормальная винтовая характеристика)	1 Часы	4 Часы		5 Часы
3,4	Тема 3.4. Выполнение упражнения (характеристика тяжелого и легкого винта)	1 Часы	4 Часы		5 Часы
3,5	Тема 3.5. Выполение упражнения (комбинаторная характеристика)	1 Часы	4 Часы		5 Часы
3,6	Тема 3.6. Анализ выполненной работы	1 Часы	3 Часы		4 Часы
4	Разднл 4. Упражнение 3 - Определение расхода топлива и прогнозирование дальности плавания				
4,1	Тема 4.1. Постановка задачи, анализ начальных условий и планирование операций	1 Часы	2 Часы		3 Часы
4,2	Тема 4.2. Измерение расхода топлива на различных режимах с учетом нормальной и неисправной работы оборудования	1 Часы	3 Часы		4 Часы
4,3	Тема 4.3. Построение экономической характеистики и определение дальности плавания	1 Часы	3 Часы		4 Часы
4,4	Тема 4.4. Анализ выполненной работы	1 Часы	3 Часы		4 Часы

4. Компетенции обучающегося, формируемые в процессе освоения дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Формируемые компетенции			ИДК	Формируемые компетенции	ИДК	Формируемые компетенции	ИДК
1	Раздел 1. Тренажер Kongsberg Neptune ERS								
1,1	тема 1.1. Организация и проведение испытаний судовой энергетической установки	ПК-4.	ПК-4.У.1; ПК-4.В.1;						
1,2	Тема 1.2. Тренажер как компьютерная система управления	ПК-4.	ПК-4.У.1; ПК-4.В.1;						
1,3	Тема 1.3. Рабочее место оператора	ПК-4.	ПК-4.У.1; ПК-4.В.1;						
1,4	Тема 1.4. Регистрация процессов в элементах СЭУ с рабочего места оператора	ПК-4.	ПК-4.У.1; ПК-4.В.1;						
2	Раздел 2. Упражнение 1 - Ввод в работу главной и вспомогательной СЭУ судна								
2,1	Тема 2.1. Постановка задачи	ПК-4.	ПК-4.У.1; ПК-4.В.1;	ПК-5.	ПК-5.У.1; ПК-5.В.1;	ПК-6.	ПК-6.У.1; ПК-6.В.1;	ПК-7.	ПК-7.У.1; ПК-7.В.1;

2,2	Тема 2.2. Анализ начальных условий и планирование работы	ПК-4.	ПК-4.У.1; ПК-4.В.1;	ПК-5.	ПК-5.У.1; ПК-5.В.1;	ПК-6.	ПК-6.У.1; ПК-6.В.1;	ПК-7.	ПК-7.У.1; ПК-7.В.1;
2,3	Тема 2.3. Выполнение упражнения	ПК-4.	ПК-4.У.1; ПК-4.В.1;	ПК-5.	ПК-5.У.1; ПК-5.В.1;	ПК-6.	ПК-6.У.1; ПК-6.В.1;	ПК-7.	ПК-7.У.1; ПК-7.В.1;
2,4	Тема 2.4. Выполнение упражнения	ПК-4.	ПК-4.У.1; ПК-4.В.1;	ПК-5.	ПК-5.У.1; ПК-5.В.1;	ПК-6.	ПК-6.У.1; ПК-6.В.1;	ПК-7.	ПК-7.У.1; ПК-7.В.1;
2,5	Тема 2.5. Контрольное выполнение упражнения	ПК-4.	ПК-4.У.1; ПК-4.В.1;	ПК-5.	ПК-5.У.1; ПК-5.В.1;	ПК-6.	ПК-6.У.1; ПК-6.В.1;	ПК-7.	ПК-7.У.1; ПК-7.В.1;
2,6	Тема 2.6. Контрольное выполнение упражнения	ПК-4.	ПК-4.У.1; ПК-4.В.1;	ПК-5.	ПК-5.У.1; ПК-5.В.1;	ПК-6.	ПК-6.У.1; ПК-6.В.1;	ПК-7.	ПК-7.У.1; ПК-7.В.1;
3	Раздел 3. Упражнение 2 - Проведение ходовых испытаний и построение винтовой характеристики								
3,1	Тема 3.1. Постановка задачи, анализ начальных условий и планирование работы	ПК-4.	ПК-4.У.1; ПК-4.В.1;	ПК-5.	ПК-5.У.1; ПК-5.В.1;	ПК-6.	ПК-6.У.1; ПК-6.В.1;	ПК-7.	ПК-7.У.1; ПК-7.В.1;
3,2	Тема 3.2. Взаимодействие с ходовым мостиком при проведении испытаний	ПК-4.	ПК-4.У.1; ПК-4.В.1;	ПК-5.	ПК-5.У.1; ПК-5.В.1;	ПК-6.	ПК-6.У.1; ПК-6.В.1;	ПК-7.	ПК-7.У.1; ПК-7.В.1;
3,3	Тема 3.3. Выполнение упражнения (нормальная винтовая характеристика)	ПК-4.	ПК-4.У.1; ПК-4.В.1;	ПК-5.	ПК-5.У.1; ПК-5.В.1;	ПК-6.	ПК-6.У.1; ПК-6.В.1;	ПК-7.	ПК-7.У.1; ПК-7.В.1;
3,4	Тема 3.4. Выполнение упражнения (характеристика тяжелого и легкого винта)	ПК-4.	ПК-4.У.1; ПК-4.В.1;	ПК-5.	ПК-5.У.1; ПК-5.В.1;	ПК-6.	ПК-6.У.1; ПК-6.В.1;	ПК-7.	ПК-7.У.1; ПК-7.В.1;
3,5	Тема 3.5. Выполоение упражнения (комбинаторная характеристика)	ПК-4.	ПК-4.У.1; ПК-4.В.1;	ПК-5.	ПК-5.У.1; ПК-5.В.1;	ПК-6.	ПК-6.У.1; ПК-6.В.1;	ПК-7.	ПК-7.У.1; ПК-7.В.1;
3,6	Тема 3.6. Анализ выполненной работы	ПК-4.	ПК-4.У.1; ПК-4.В.1;	ПК-5.	ПК-5.У.1; ПК-5.В.1;	ПК-6.	ПК-6.У.1; ПК-6.В.1;	ПК-7.	ПК-7.У.1; ПК-7.В.1;
4	Разднл 4. Упражнение 3 - Определение расхода топлива и прогнозирование дальности плавания								
4,1	Тема 4.1. Постановка задачи, анализ начальных условий и планирование операций	ПК-4.	ПК-4.У.1; ПК-4.В.1;	ПК-5.	ПК-5.У.1; ПК-5.В.1;	ПК-6.	ПК-6.У.1; ПК-6.В.1;	ПК-7.	ПК-7.У.1; ПК-7.В.1;
4,2	Тема 4.2. Измерение расхода топлива на различных режимах с учетом нормальной и неисправной работы оборудования	ПК-4.	ПК-4.У.1; ПК-4.В.1;	ПК-5.	ПК-5.У.1; ПК-5.В.1;	ПК-6.	ПК-6.У.1; ПК-6.В.1;	ПК-7.	ПК-7.У.1; ПК-7.В.1;
4,3	Тема 4.3. Построение экономической характеистики и определение дальности плавания	ПК-4.	ПК-4.У.1; ПК-4.В.1;	ПК-5.	ПК-5.У.1; ПК-5.В.1;	ПК-6.	ПК-6.У.1; ПК-6.В.1;	ПК-7.	ПК-7.У.1; ПК-7.В.1;
4,4	Тема 4.4. Анализ выполненной работы	ПК-4.	ПК-4.У.1; ПК-4.В.1;	ПК-5.	ПК-5.У.1; ПК-5.В.1;	ПК-6.	ПК-6.У.1; ПК-6.В.1;	ПК-7.	ПК-7.У.1; ПК-7.В.1;

5. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование и развитие у обучающегося следующих компетенций:

№ п/п	компетенции	Индикатор достижения		
		Знать	Уметь	Владеть
1	Способен реализовывать принципы управления ресурсами машинного отделения, включая: 1. Выделение, распределение и установление очередности использования ресурсов, 2. Эффективную связь, 3. Уверенность и руководство, 4. Достижение и поддержание информированности о ситуации, 5. Учет опыта работы в команде	ПК-4.З.1 принципы управления ресурсами машинного помещения	ПК-4.У.1 эффективно задействовать располагаемые ресурсы машинного помещения	ПК-4.В.1 навыками управления ресурсами машинного помещения
2	Способен выполнять безопасные и аварийные процедуры эксплуатации механизмов двигательной установки, включая системы управления	ПК-5.З.1 безопасные и аварийные процедуры эксплуатации механизмов	ПК-5.У.1 управлять механизмами двигательной установки	ПК-5.В.1 навыками перехода с безопасных на аварийные процедуры управления и обратно
3	Способен осуществлять подготовку, эксплуатацию, обнаружение неисправностей и меры, необходимые для предотвращения причинения повреждений следующим механизмам и системам управления: 1. Главный двигатель и связанные с ним вспомогательные механизмы; 2. Паровой котел и связанные с ним вспомогательные механизмы и паровые системы; 3. Вспомогательные первичные двигатели и связанные с ними системы; 4. Другие вспомогательные механизмы, включая системы охлаждения, кондиционирования воздуха и вентиляции	ПК-6.З.1 устройство и способы управления оборудованием машинного помещения	ПК-6.У.1 осуществлять грамотную эксплуатацию оборудования машинного помещения	ПК-6.В.1 навыками управления оборудованием машинного помещения
4	Способен осуществлять эксплуатацию систем: топливных, смазочных, балластных и других насосных систем и связанных с ними систем управления	ПК-7.З.1 устройство топливных, смазочных, балластных и других насосных систем	ПК-7.У.1 управлять насосными системами	ПК-7.В.1 навыками эксплуатации топливных, смазочных, балластных и других насосных систем

6. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение программы

6.1 Помещения и оборудование

№ п/п	Вид помещений	Оснащение помещений	№ помещений
1	Учебные аудитории для проведения учебных занятий	оборудование и технические средства обучения (Стул (42 ед.); Стол аудиторный (25 ед.); Компьютер (18 ед.); Принтер (1 ед.); Консоль центрального поста управления СЭУ (1 ед.); Главный распределительный щит (1 ед.); мультимедийное оборудование (1 ед.) (661))	661
2	Помещения для самостоятельной работы обучающихся	компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечение доступа в электронную информационно-образовательную среду университета	244

6.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства

№ п/п	Наименование
1	Microsoft Office Professional Plus 2016 (Договор №44/109-15 от 28.12.2015 (бессрочно))
2	Microsoft Office ProPlus 2013 (Договор №44/59-18 от 09.04.2018 (бессрочно))

6.3 Карта обеспеченности печатными и(или) электронными изданиями и электронными образовательными ресурсами

№ п/п	Наименование источника	Год издания	Ресурс	Количество экземпляров

1	Крайнова, В.В. Методические указания по организации и выполнению внеаудиторной (самостоятельной) работы [Электронный ресурс] : для преподавателей и студ.по направлениям подготовки (спец.) высш.и сред.проф.образования / В. В. Крайнова ; ВГУВТ. - Н.Новгород, 2018. - 1 текст/файл. - Авторский вариант. – Режим доступа: http://94.100.87.24:8080/MarcWeb/Tmp/f15520.pdf	2 018	Электронный ресурс	0
2	Шураев, О.П.;Тренажерный практикум на тренажере судового механика NORCONTROL TEC-2000;учебно-метод.пособие;Марков, К.В.Шураев, О.П.-Н.Новгород,ВГАВТ; <null> ;	2 005	Текст	5
3	Шураев, О.П.;Тренажерный практикум на тренажере судового механика NORCONTROL TEC-2000.Топливная система судна;учебно-метод.пособие;Марков, К.В.Троицкий, А.В.Чичурин, А.Г.Шураев, О.П.-Н.Новгород,ВГАВТ; <null> ;	2 006	Текст	55
4	Шураев, О.П.;Тренажерный практикум на тренажере судового механика KONGSBERG NEPTUNE ERS;учебно-метод.пособие;Марков, К.В.Троицкий, А.В.Чичурин, А.Г.Шураев, О.П.-Н.Новгород,ВГАВТ; <null> ;	2 013	Текст	66
5	Шураев, О.П.;Тренажерный практикум на тренажере судового механика KONGSBERG NEPTUNE ERS;учебно-метод.пособие;Марков, К.В.Троицкий, А.В.Чичурин, А.Г.Шураев, О.П.-Н.Новгород,<null>; <null> ;http://94.100.87.24:8080/marcweb/	2 013	Электронный ресурс	0

Программа предусматривает возможность применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.
Электронная информационно-образовательная среда университета с возможностью доступа к информационно- телекоммуникационной сети "Интернет" - Режим доступа: http://www.eios.vsuwt.ru/.

6.4 Современные профессиональные базы данных

№ п/п	Наименование
1	Статистический сборник: Транспорт в России- Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1136983505312
2	Центральная база статистических данных - Режим доступа: http://cbsd.gks.ru/

6.5 Информационные справочные системы

№ п/п	Наименование
1	Справочная правовая система «КонсультантПлюс» - Режим доступа: http://www.consultant.ru (договор от 02.02.2015 г.)
2	Справочная правовая система «Гарант» - Режим доступа: http://www.garant.ru (договор 62/16 от 01.09.2016 г. - бессрочный)
3	Справочная правовая система «КонсультантПлюс» - Режим доступа: http://www.consultant.ru (договор от 02.02.2015 г.)
4	Справочная правовая система «Гарант» - Режим доступа: http://www.garant.ru (договор 62/16 от 01.09.2016 г. - бессрочный)

7. Оценочные и методические материалы

Оценочные и методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, являются приложением к программе.

№ п/п	Индикатор достижения компетенций	Контролируемые разделы (темы)	Формы и методы контроля и оценки результатов обучения		Процедура оценивания	Критерии оценивания результата обучения и шкала оценивания			
						2	3	4	5
			Вид контроля	Форма контроля		не зачтено	зачтено		
1	ПК-4.З.1,ПК-4.У.1,ПК-4.В.1,ПК-5.З.1,ПК-5.У.1,ПК-5.В.1,ПК-6.З.1,ПК-6.У.1,ПК-6.В.1,ПК-7.З.1,ПК-7.У.1,ПК-7.В.1	1,1.1,1.2,1.3,1.4,2,2.1,2.2,2.3,2.4,2.5,2.6	Текущий контроль	Лабораторная работа	отчет оценивается преподавателем	Работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов: если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно	Работа выполнена не полностью, но объем выполненной части позволяет получить правильные результаты и выводы, если в ходе проведения опыта, измерений, вычислений и наблюдений были допущены ошибки	Работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов, измерений, вычислений и наблюдений; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; но допускает несколько недочетов, оформление отчета согласно установленным требованиям; при защите отчета обучающийся ответил в основном на все контрольные вопросы	Работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов, измерений, вычислений и наблюдений; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; оформление отчета согласно установленным требованиям; при защите отчета обучающийся ответил на все контрольные вопросы

2	ПК-4.З.1,ПК-4.У.1,ПК-4.В.1,ПК-5.З.1,ПК-5.У.1,ПК-5.В.1,ПК-6.З.1,ПК-6.У.1,ПК-6.В.1,ПК-7.З.1,ПК-7.У.1,ПК-7.В.1	3,3.1,3.2,3.3,3.4,3.5,3.6	Текущий контроль	Лабораторная работа	отчет оценивается преподавателем	Работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов: если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно	Работа выполнена не полностью, но объем выполненной части позволяет получить правильные результаты и выводы, если в ходе проведения опыта, измерений, вычислений и наблюдений были допущены ошибки	Работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов, измерений, вычислений и наблюдений; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; но допускает несколько недочетов, оформление отчета согласно установленным требованиям; при защите отчета обучающийся ответил в основном на все контрольные вопросы	Работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов, измерений, вычислений и наблюдений; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; оформление отчета согласно установленным требованиям; при защите отчета обучающийся ответил на все контрольные вопросы
3	ПК-4.З.1,ПК-4.У.1,ПК-4.В.1,ПК-5.З.1,ПК-5.У.1,ПК-5.В.1,ПК-6.З.1,ПК-6.У.1,ПК-6.В.1,ПК-7.З.1,ПК-7.У.1,ПК-7.В.1	4,4.1,4.2,4.3,4.4	Текущий контроль	Лабораторная работа	отчет оценивается преподавателем	Работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов: если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно	Работа выполнена не полностью, но объем выполненной части позволяет получить правильные результаты и выводы, если в ходе проведения опыта, измерений, вычислений и наблюдений были допущены ошибки	Работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов, измерений, вычислений и наблюдений; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; но допускает несколько недочетов, оформление отчета согласно установленным требованиям; при защите отчета обучающийся ответил в основном на все контрольные вопросы	Работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов, измерений, вычислений и наблюдений; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; оформление отчета согласно установленным требованиям; при защите отчета обучающийся ответил на все контрольные вопросы

4	ПК-4.З.1,ПК-4.У.1,ПК-4.В.1,ПК-5.З.1,ПК-5.У.1,ПК-5.В.1,ПК-6.З.1,ПК-6.У.1,ПК-6.В.1,ПК-7.З.1,ПК-7.У.1,ПК-7.В.1	1,1.1,1.2,1.3,1.4,2,2.1,2.2,2.3,2.4,2.5,2.6,3,3.1,3.2,3.3,3.4,3.5,3.6,4,4.1,4.2,4.3,4.4	Промежуточная аттестация	Экзамен	Экзамен на тренажере Kongsberg Neptune ERS	Незнание или непонимание обучающимся основного материала; на большую часть вопросов по содержанию экзамена затрудняется дать ответ или не дает верных ответов	Знания имеют фрагментарный характер, отличаются поверхностностью и малой содержательностью; содержание билета раскрыто слабо, имеются неточности при ответе на основные вопросы билета; нарушена логика изложения, отсутствует осмысленность представляемого материала	Знания имеют достаточный содержательный уровень, однако отличаются слабой структурированностью; раскрыто содержание билета, имеются неточности при ответе на дополнительные вопросы; недостаточно раскрыта проблема по одному из вопросов билета	Знания отличаются глубиной и содержательностью, дается полный исчерпывающий ответ, как на основные вопросы билета, так и на дополнительные; обучающийся свободно владеет научными понятиями; логично и доказательно раскрывает проблему, предложенную в билете; обучающийся демонстрирует умение вести диалог и вступать в научную дискуссию
5	ПК-4.З.1,ПК-4.У.1,ПК-4.В.1,ПК-5.З.1,ПК-5.У.1,ПК-5.В.1,ПК-6.З.1,ПК-6.У.1,ПК-6.В.1,ПК-7.З.1,ПК-7.У.1,ПК-7.В.1	1,1.1,1.2,1.3,1.4,2,2.1,2.2,2.3,2.4,2.5,2.6,3,3.1,3.2,3.3,3.4,3.5,3.6,4,4.1,4.2,4.3,4.4	Промежуточная аттестация	Итоговый тест		0-49% правильных ответов	50-69% правильных ответов	70-89% правильных ответов	90-100% правильных ответов

8. Разработчики:

	Доцент	Кафедра эксплуатации судовых энергетических установок	Шураев О. П.
(ученая степень)	*(занимаемая должность)*	*(место работы)*	*(ФИО)*

ЛИСТ КОНТРОЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ УПРАЖНЕНИЯ №1

Упражнение обеспечивает приобретение практических навыков согласно таблицы А-III/1 Кодекса ПДМНВ

_____

(Фамилия Имя Отчество)

Группа _____

Дата выполнения упражнения _____

_____

(Подпись)

	ПАРАМЕТР КОНТРОЛИРУЕМОЙ ОПЕРАЦИИ	ОТМЕТКА О ВЫПОЛНЕНИИ[1]
	Нет не принятых сигналов АПС	☐
1	Аварийный дизель-генератор переведен на автоматический режим управления (параметры электроснабжения: напряжение 420…460 В; частота тока 59.8…60.4 Гц)	☐
2	Компрессоры 1, 2, 3 переведены на автоматический режим управления; давление воздуха в пусковых баллонах 22…31 бар, в баллоне управляющего воздуха 5…8 бар; клапан перепуска воздуха в баллон управления открыт	☐
3	Дизель-генераторы 1, 2 переведены на автоматический режим управления (параметры электроснабжения: напряжение 430…460 В; частота тока 59.7…60.5 Гц); перегрузки ДГ по мощности нет; неосновные электропотребители подключены	☐
4	Котлоагрегат включен, переведен на автоматический режим управления; давление пара не менее 6 бар; уровень воды в котле соответствует рабочему диапазону минус 150…150 мм; уровень воды в питательной цистерне более 0.5 м; организована подача пара для подогрева дизельного топлива в расходной цистерне	☐
5	Уровень подсланевых вод в каждом из льяльных колодцев менее 0.5 м; сепаратор подсланевых вод включен и переведен на автоматический режим; сброса очищенной воды за борт не происходит	☐
-	Значения переменных состояния (давление, уровень, температура и т.п.) систем СЭУ на мнемосхемах: 01, 60, 62-63, 70-74, 83 находятся в допустимом диапазоне (по АПС), либо стремятся в данный диапазон значений	☐

В результате выполнения упражнения поставленная задача была выполнена _____ .

(полностью / процент выполнения)

При этом правильность выполнения упражнения оценивается: ____ %, при пороговом значении 95%.

упражнение _____ .

(выполнено / не выполнено)

Инструктор _____ _____

(подпись) Фамилия Имя Отчество

[1] Ставится экзаменуемым лицом, выполняющим упражнение.

ЛИСТ КОНТРОЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ УПРАЖНЕНИЯ №2

Упражнение обеспечивает приобретение практических навыков согласно таблицы А-III/1 Кодекса ПДМНВ

_____

(Фамилия Имя Отчество)

Группа _____

Дата выполнения упражнения _____

_____

(Подпись)

	ПАРАМЕТР КОНТРОЛИРУЕМОЙ ОПЕРАЦИИ	ОТМЕТКА О ВЫПОЛНЕНИИ[1]
1	Дизель-генератор 1 готов к работе в автоматическом режиме и переведен на автоматический режим управления	□
2	Дизель-генератор 2 готов к работе в автоматическом режиме и переведен на автоматический режим управления	□
3	Аварийный дизель-генератор переведен на автоматический режим управления	□
4	Компрессоры 1, 2, 3 переведены на автоматический режим работы, индикаторы «Аларм» по группе 17 не горят	□
5	Котлоагрегат включен, переведен на автоматический режим управления, давление пара не менее 6 бар, индикаторы «Аларм» по группе 25 не горят	□
6	На борт судна принято 1240 тонн моторного топлива	□
7	Подача сепарированного дизельного топлива в расходную цистерну более 5 т/ч	□
8	Подача сепарированного моторного топлива в расходную цистерну более 4 т/ч	□
9	Уровень подсланевых вод находится в допустимом диапазоне АПС	□
10	Сепаратор подсланевых вод включен и переведен на автоматический режим	□
11	Значения переменных состояния (давление, уровень, температура и т.п.) систем СЭУ на мнемосхемах: 01, 03-05, 60, 62-63, 70-74, 83 находятся в допустимом диапазоне (по АПС), либо стремятся в данный диапазон значений	□
12	Не более трех емкостей заполнены рабочими средами более чем на 90% (перелиты)	□
13	Нет емкостей с нефтепродуктами, заполненных на 100 %	□

В результате выполнения упражнения было набрано ____ баллов.

упражнение _____

(выполнено / не выполнено)

Инструктор _____ _____

(подпись) Фамилия Имя Отчество

[1] Достижение каждым контролируемым параметром требуемого значения оценивается в 1 балл. Для выполнения упражнения необходимо набрать 13 баллов



ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»

О.П. Шураев

ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

(Лабораторная работа 1)

Нижний Новгород

2018

ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет
водного транспорта»

О.П. Шураев

ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

(ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1)

Учебно-методическое пособие

Нижний Новгород
Издательство ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
2018

УДК 621.1
Ш96

Рецензент:
доцент, к.т.н. А.Г. Чичурин

Шураев О.П.Техническая термодинамика и теплопередача. Лабораторный практикум: Лабораторная работа 1 – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2018. – 24 с.

Лабораторный практикум содержит описание лабораторных работ, проводимых в курсе изучения технической термодинамики и теплопередачи.

Для студентов специальности «Эксплуатация судовых энергетических установок». Может быть полезно студентам других специальностей при изучении соответствующих разделов теплотехнических дисциплин.

Печатается по решению кафедры эксплуатации судовых энергетических установок. Протокол № 13 от 26.06.2018.

© Шураев О.П., 2018
© ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2018

ВВЕДЕНИЕ

Изучение технической термодинамики невозможно представить без детального разбора термодинамических процессов, в которых один из параметров состояния - абсолютное давление, абсолютная температура и удельный объем, а также функция состояния – энтропия, принимают постоянное значение. Такие процессы принято называть изопроцессами. Обычно изучение изопроцессов осуществляется для идеального газа. Знание характерных особенностей каждого из изопроцессов позволяет построить ту фундаментную базу, которая в дальнейшем будет использована при изучении термодинамических процессов реальных газов (в частности, водяного пара и хладагентов) и циклов тепловых машин.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1 – ПОСТРОЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РАБОЧЕЙ И ТЕПЛОВОЙ ДИАГРАММАХ

1.1 Общие положения

Цель работы: Закрепление знаний о протекании термодинамических процессах и их отображении на рабочей и тепловой диаграммах.

Отчет по лабораторной работе должен содержать название и цель работы, краткий конспект методики перестроения процессов и выполненные перестроения из одной диаграммы в другую (с комментариями) согласно заданию.

1.2 Теоретические сведения

1.2.1 Термодинамический процесс и его отображение на рабочей и тепловой диаграммах

Изменение состояния термодинамической системы, характеризующееся изменением хотя бы одного из параметров состояния называется термодинамическим процессом.

Практическое использование термодинамической поверхности в трехмерной системе координат *p*-*v*-*T* (см. рисунок 1.1) вызывает определенные трудности, поэтому на практике применяют двумерные системы координат, в которых изображают зависимости между двумя какими-либо параметрами состояний. Такие двумерные системы кривых называют **диаграммами состояний** (рисунок 1.1).

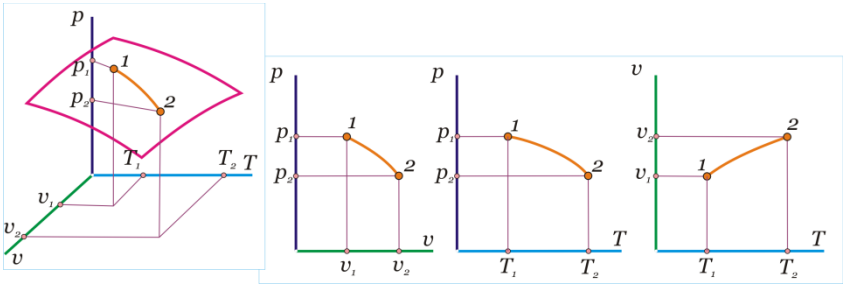


Рисунок 1.1 – Диаграммы состояний

Несмотря на то, что все диаграммы состояний равноправны, на практике наиболее часто используется диаграмма в координатах p - v предложена в 1834 г. Б. Клапейроном.

Из курса физики известно, что элементарная **работа изменения объема**

$$\delta L = pdV. \quad (1.1)$$

Элементарная удельная **работа изменения объема**

$$\delta l = pdv. \quad (1.2)$$

Удельная **работа изменения объема**

$$l = \int pdv. \quad (1.3)$$

С геометрической точки зрения интеграл – площадь криволинейной фигуры, опирающейся на ось абсцисс (рисунок 1.2). Т.е. на p-v диаграмме площадь под кривой какого-либо процесса 1-2 будет равна (с учетом масштаба диаграммы) работе, совершаемой в этом процессе.

δl и dV всегда имеют одинаковые знаки:

- если $dV > 0$, то и $\delta l > 0$, т.е. ***при расширении рабочего тела работа положительна***, при этом ***тело само совершает работу***;
- если же $dV < 0$, то и $\delta l < 0$, т.е. ***при сжатии работа тела отрицательна***: это означает, что не тело совершает работу, а ***на его сжатие затрачивается работа извне***.

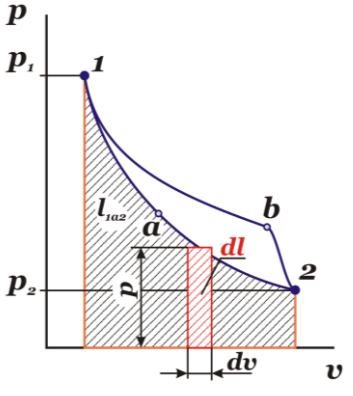


Рисунок 1.2 – Работа на p-v диаграмме

В результате теоретического анализа тепловых явлений, проведенного в 1852–1864 годах немецким физиком Р. Клаузиусом, было установлено, что элементарное количество теплоты в равновесном процессе может быть представлено в виде произведения *потенциала термического взаимодействия* (им является температура) на изменение *координаты термического состояния*. Так называется физическая величина, характеризующая наличие и направление теплового взаимодействия (подвод или отвод теплоты).

Тогда можно записать выражение для элементарного количества теплоты в процессе следующим образом

$$\delta q = T \cdot ds, \quad (1.4)$$

откуда количество удельной теплоты в конечном процессе

$$q = \int_1^2 \delta q = \int_1^2 T \cdot ds, \qquad (1.5)$$

Для осуществления интегрирования полученного уравнения необходимо знать функциональную связь температуры с энтропией в данном процессе в виде уравнения процесса

$$T = f(s), \qquad (1.6)$$

Уравнение (1.6) графически изображается на *T-s* – диаграмме (рисунок 1.3, *а*), которая была предложена в 1873 г. американским физиком-теоретиком Дж. Гиббсом. Площадь под кривой процесса $T = f(s)$

$$F = \int_1^2 f(s)ds = \int_1^2 T \cdot ds = \int_1^2 \delta q = q, \qquad (1.7)$$

эквивалентна количеству теплоты, которой обмениваются между собой система и окружающая среда в процессе 1–2. Поскольку термодинамическая температура всегда больше нуля, то знак количества теплоты совпадает со знаком изменения энтропии: при подводе теплоты ($\delta q > 0$) энтропия системы возрастает ($ds > 0$), а при отводе теплоты ($\delta q < 0$) энтропия убывает ($ds < 0$).

В произвольном термодинамическом процессе изменение температуры определяется как теплообменом, так и результатом обмена работой. Поэтому судить о том, ***получает или отдает система теплоту можно только по изменению энтропии, а не по изменению температуры***.

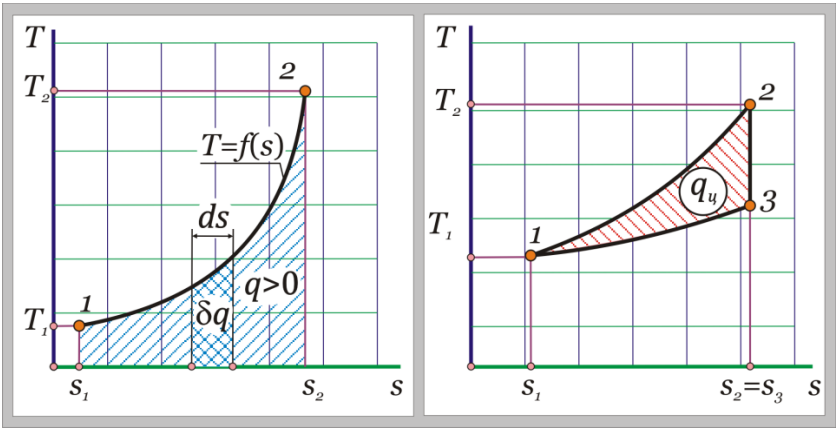


Рисунок 1.3 – Произвольный термодинамический процесс (а) в T-s – диаграмме и группа процессов (б), образующих цикл

Как и величина работы, количество теплоты, передаваемой в процессе, зависит от пути протекания процесса. Из приведенной на рисун-

ке 1.3, *б*, *Ts* – диаграммы видно, что при одном и том же изменении энтропии теплота процесса 1–2 (площадь *a12b*) больше теплоты процесса 1-3 (площадь *a13b*), а в процессе 2–3, происходящем при постоянной энтропии, передаваемое количество теплоты равно нулю. Если рассматривать приведенные процессы как обратимый цикл 1-2-3-1, то теплота цикла

$$q_{\text{ц}} = \oint \delta q = \oint T \cdot ds \neq 0, \qquad (1.8)$$

и по аналогии с работой в выражении (1.8) подынтегральная функция (элементарное количество теплоты) не будет полным дифференциалом, т. е. теплота не является функцией или параметром состояния.

1.2.2 Термодинамические процессы изменения состояния идеального газа (изопроцессы)

❖ Изохорный процесс

Изохорным называется процесс, протекающий при постоянном объеме.

Уравнение изохоры v = const или $dv = 0$. На диаграмме *p, v* изохора изображается прямой линией, параллельной оси ординат. Для изображения изохоры в *T, s* - координатах необходимо проанализировать уравнение, связывающее изменения энтропии и температуры:

$$s_2 - s_1 = c_v \cdot \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) + R \cdot \ln\left(\frac{v_2}{v_1}\right).$$

При $v_1 = v_2$ их отношение равно $\frac{v_2}{v_1} = 1$, а логарифм $\ln\left(\frac{v_2}{v_1}\right) = 0$. Следовательно,

$$s_2 - s_1 = c_v \cdot \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right). \qquad (1.9)$$

На диаграмме *T, s* изохора изображается логарифмической кривой (рисунок 1.4).

Связь между параметрами состояния в изохорном процессе устанавливается **законом Шарля**:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}. \qquad (1.10)$$

Расчетные формулы для изохорного процесса 1-2:

Теплота процесса

$$q_{1,2} = c_v \cdot (T_2 - T_1). \qquad (1.11)$$

Работа процесса

$$l_{1,2} = 0. \qquad (1.12)$$

Техническая работа

$$l_{\text{т}1,2} = \int_1^2 v dp = p_1 v_1 - p_2 v_2 = v(p_1 - p_2). \qquad (1.13)$$

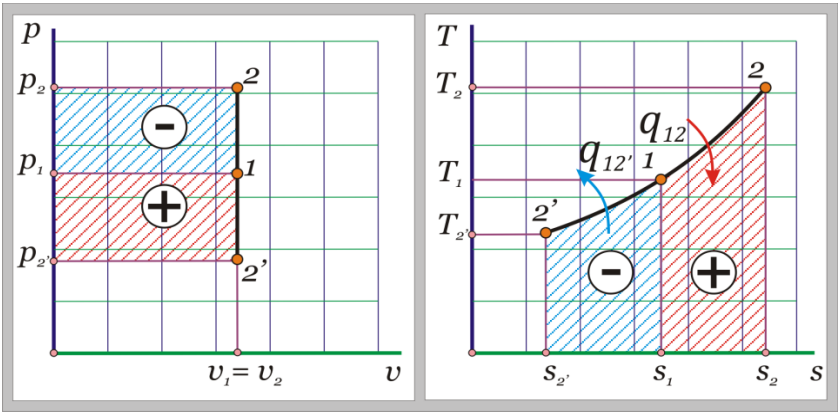


Рисунок 1.4 – Изохорный процесс в *p-v* и *T-s* координатах

Изменение внутренней энергии

$$\Delta u_{1,2} = c_v(T_2 - T_1) = c_v(t_2 - t_1). \qquad (1.14)$$

Изменение энтропии

$$\Delta s_{1,2} = s_2 - s_1 = c_v \cdot \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right). \qquad (1.15)$$

Вся теплота, участвующая в изохорном процессе связана только с изменением внутренней энергии: при подводе теплоты внутренняя энергия увеличивается, при отводе – уменьшается.

❖ Изобарный процесс

Изобарным называется процесс, протекающий при постоянном давлении.

Уравнение изобары p = const или $dp = 0$. На диаграмме *p, v* изобара изображается прямой линией, параллельной оси абсцисс.

Из уравнениея

$$s_2 - s_1 = c_p \cdot \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) - R \cdot \ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right)$$

следует, что при $p_1 = p_2$ отношение равно $\frac{p_2}{p_1} = 1$, а логарифм $\ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right) = 0$. Тогда,

$$s_2 - s_1 = c_p \cdot \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right). \qquad (1.10)$$

По аналогии с изохорным процессом изобара на *T*, *s* - диаграмме изображается логарифмической кривой (рисунок 1.5), однако проходящей более полого, чем изохора, поскольку из уравнения Майера ($c_p = c_v + R$) вытекает, что c_p больше, чем c_v.

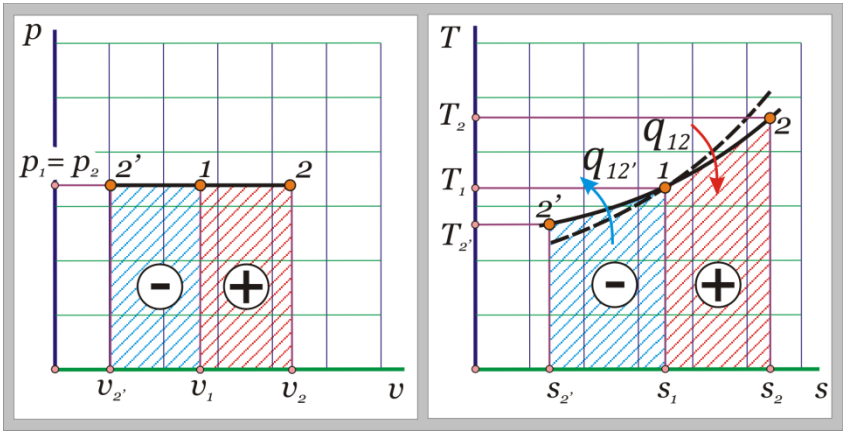


Рисунок 1.5 – Изобарный процесс в *p-v* и *T-s* координатах
(пунктиром на *T-s* диаграмме показан изохорный процесс)

Расчетные формулы для изобарного процесса 1-2 (см. рисунок 1.5):
Теплота процесса

$$q_{1,2} = c_p \cdot (T_2 - T_1). \quad (1.11)$$

Работа процесса

$$l_{1,2} = p \cdot (v_2 - v_1) = R \cdot (T_2 - T_1) = R \cdot (t_2 - t_1). \quad (1.12)$$

Техническая работа

$$l_{т1,2} = 0. \quad (1.13)$$

Изменение внутренней энергии

$$\Delta u_{1,2} = c_p(T_2 - T_1) = c_p(t_2 - t_1). \quad (1.14)$$

Изменение энтропии

$$\Delta s_{1,2} = s_2 - s_1 = c_p \cdot \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right). \quad (1.15)$$

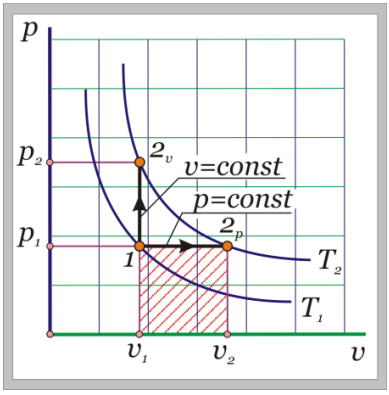


Рисунок 1.6 – Изохорный и изобарный подвод теплоты

Сравнение двух процессов нагрева газа на величину $\Delta T = T_2 - T_1$ показывает (рисунок 1.6), что при в изобарном процессе (p = const) газ совершает работу расширения $L = p_1(v_2 - v_1)$. Поэтому $c_p > c_v$ на величину R.

Вся теплота, участвующая в изобарном процессе, идет на изменение энтальпии Δh: при подводе теплоты энтальпия увеличивается, при отводе — уменьшается.

❖ Изотермический процесс

Изотермическим называется процесс, протекающий при постоянной температуре.

Уравнение изотермы T = const или $dT = 0$. На диаграмме T, s изотерма изображается прямой линией, параллельной оси абсцисс.

Из уравнения Клапейрона $pv = RT$ следует еще одно уравнение изотермы

$$pv = \text{const}. \qquad (1.16)$$

Оно означает, что на диаграмме p,v изотерма изображается равнобокой гиперболой, причем, чем выше температура, тем больше произведение pv и тем дальше от начала координат располагается изотерма (рисунок 1.7).

Связь между параметрами состояния в изотермическом процессе, устанавливается законом Бойля—Мариотта:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{p_2}{p_1}. \qquad (1.17)$$

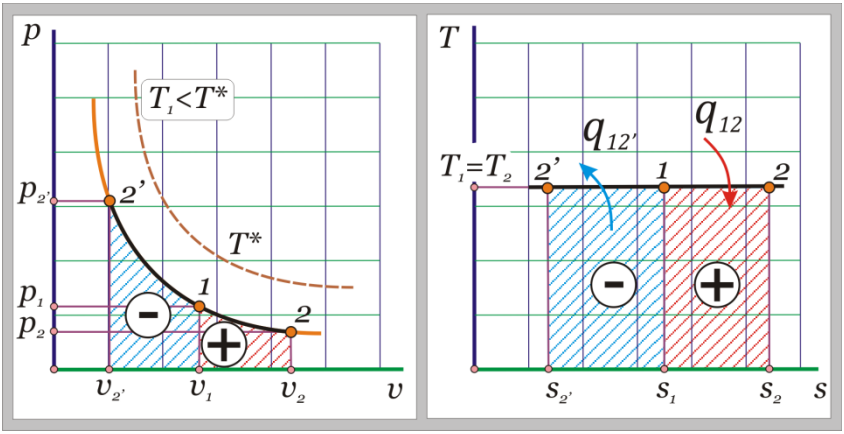


Рисунок 1.7 – Изотермический процесс в p-v и T-s координатах

Поскольку изменения температуры в процессе не происходит, изменение внутренней энергии Δu и энтальпии Δh газа равно нулю.

Уравнение первого начала термодинамики для изотермического процесса принимает вид

$$q_{1,2} = l_{1,2} = \int_1^2 pdv = l_{т1,2} = -\int_1^2 vdp \qquad (1.18)$$

Подставив в уравнение (1.18) выражение $p = \frac{RT}{v}$, которое вытекает из уравнения Клапейрона, получим

$$q_{1,2} = l_{1,2} = l_{т1,2} = \int_1^2 RT\frac{dv}{v} = RT \cdot \ln\left(\frac{v_2}{v_1}\right) \qquad (1.18а)$$

Для определения изменения энтропии может быть использовано уравнение

$$s_2 - s_1 = c_p \cdot \ln\left(\frac{v_2}{v_1}\right) + c_v \cdot \ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right),$$

которое с учетом соотношения $\ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right) = -\ln\left(\frac{v_2}{v_1}\right)$, справедливого для изотермического процесса, и уравнения Майера $c_p - c_v = R$ позволяет вывести формулы для изменения энтропии

$$\Delta s_{1,2} = s_2 - s_1 = R \cdot \ln\left(\frac{v_2}{v_1}\right), \qquad (1.19)$$

$$\Delta s_{1,2} = s_2 - s_1 = -R \cdot \ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right). \qquad (1.20)$$

В изотермическом процессе расширения вся подводимая теплота преобразуется в работу; в изотермическом процессе сжатия вся затраченная работа преобразуется в теплоту, отводимую от рабочего тела.

❖ Адиабатный процесс

Адиабатным называется равновесный процесс, протекающий без теплообмена между рабочим телом и окружающей средой.

К адиабатным принято относить те процессы, которые протекают настолько быстро, что вследствие тепловой инерции системы изменение состояния рабочего тела, связанное с теплоотдачей на границах, практически не наблюдается.

В адиабатном процессе $\delta q = 0$ и $q_{1,2} = 0$.

Уравнением адиабаты идеального газа является зависимость

$$pv^k = \text{const}. \qquad (1.21)$$

Из нее следует, что на диаграмме *p*, *v* адиабата изображается неравнобокой гиперболой, протекающей круче, чем изотерма.

Для изображения адиабаты в координатах *T*, *s* рассмотрим уравнение $\delta q = Tds$, вытекающее из определения энтропии. Если $\delta q = 0$, то и $ds = 0$, или $s = \text{const}$. Следовательно, равновесный адиабатный процесс одновременно является ***изоэнтропным***, поэтому на диаграмме *T*, *s* адиа-

бата изображается прямой линией, параллельной оси ординат (рисунок 1.8). Чем больше постоянная в адиабатном процессе энтропия, тем больше величина pv^k и тем дальше от начала координат располагается адиабата.

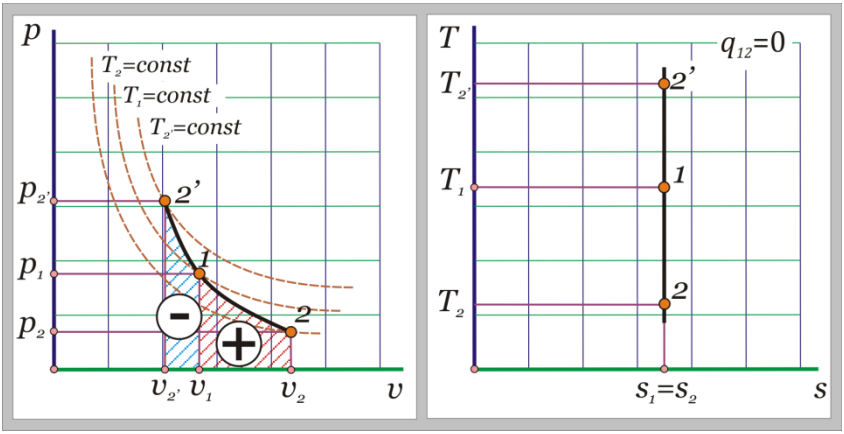


Рисунок 1.8 – Адиабатный процесс в *p-v* и *T-s* координатах

Связь между параметрами состояния в адиабатном процессе:

$$\frac{p_1}{p_2}=\left(\frac{v_2}{v_1}\right)^k;\quad \frac{T_1}{T_2}=\left(\frac{v_2}{v_1}\right)^{k-1};\quad \frac{T_1}{T_2}=\left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{k-1}{k}}. \qquad (1.22)$$

Работа в адиабатном процессе может быть определена по одной из следующих формул

$$l_{1,2}=\frac{R}{k-1}(T_1-T_2), \qquad (1.23,а)$$

$$l_{1,2}=\frac{1}{k-1}(p_1v_1-p_2v_2), \qquad (1.23,б)$$

$$l_{1,2}=\frac{p_1v_1}{k-1}\left(1-\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right), \qquad (1.23,в)$$

$$l_{1,2}=\frac{RT_1}{k-1}\left(1-\left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{k-1}\right), \qquad (1.23,г)$$

$$l_{1,2}=\frac{p_1v_1}{k-1}\left(1-\frac{T_2}{T_1}\right). \qquad (1.23,д)$$

В адиабатном процессе работа совершается за счет изменения внутренней энергии рабочего тела.

1.3 Методика перестроения процессов в диаграммах

При решении теплотехнических задач с использованием диаграмм *p-v* и *T-s* необходимо иметь представление о том, в каких направлениях происходят на них возрастание или убывание величин термодинамических параметров. Этот вопрос решается при рассмотрении частных процессов изменения состояния идеального газа.

Удельный объем. Построим на *p-v* диаграмме (рисунок 1.9) три изохорных процесса с удельными объемами $v_1 < v_2 < v_3$ и проведем изотерму, которая пересечет изохоры соответственно в точках 1, 2 и 3.

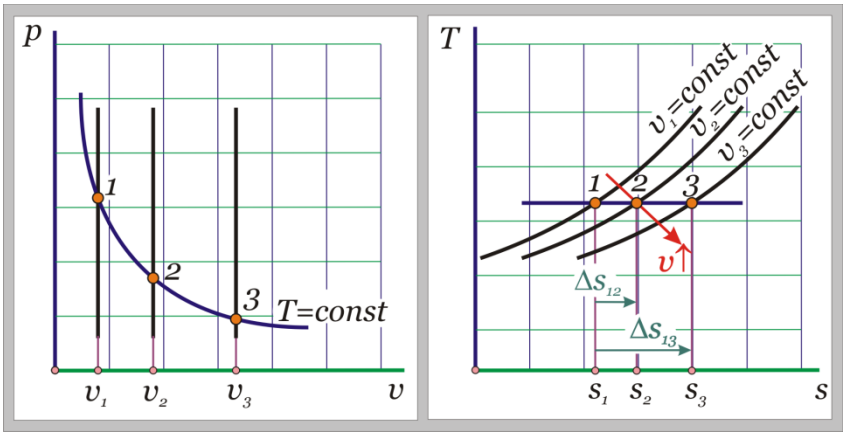


Рисунок 1.9 – Перестроение изохор из *p-v* в *T-s* координаты

Изменение удельной энтропии на участке изотермы между изохорами v_1 и v_2 будет $\Delta s_{12} = RT \ln(v_2/v_1)$ и между изохорами v_1 и v_3 оно будет равно $\Delta s_{13} = RT \ln(v_3/v_1)$ Полученные изменения энтропии имеют положительные знаки ($\Delta s_{12} > 0$; $\Delta s_{13} > 0$), а отношение удельных объемов $(v_2/v_1) < (v_3/v_1)$. Следовательно, $\Delta s_{12} < \Delta s_{13}$. На *T-s* диаграмме (см. рисунок 1.9) проведем изотерму и отложим на ней Δs_{12} и Δs_{13}. Через точки 1, 2 и 3 пройдут изохоры с удельными объемами v_1, v_2 и v_3. Таким образом, по **изотерме удельные объемы возрастают в сторону увеличения энтропии**. Если через какую-либо точку *T-s* диаграммы, например, через точку 2, провести адиабату, то по ней удельные объемы увеличиваются в направлении уменьшения температуры. Общее направление возрастания удельных объемов на рисунке 1.9 указано стрелкой.

Давление. Проведем на *p-v* диаграмме (рисунок 1.10) три изобары с давлениями p_1, p_2 и p_3 и нанесем изотерму, пересекающую изобары в

точках 1, 2 и 3. Изменение удельной энтропии по изотерме между изобарами p_1 и p_2 составит $\Delta s_{12} = RT \ln(p_1/p_2)$, а между изобарами p_1 и p_3 будет $\Delta s_{13} = RT \ln(p_1/p_3)$. В связи с тем, что отношение давлений $(p_1/p_2) < 1$ и $(p_1/p_3) < 1$, а также $(p_1/p_2) > (p_1/p_3)$, то оба изменения энтропии имеют отрицательные знаки ($\Delta s_{12} < 0$; $\Delta s_{13} < 0$), и, следовательно, $\Delta s_{12} < \Delta s_{13}$.

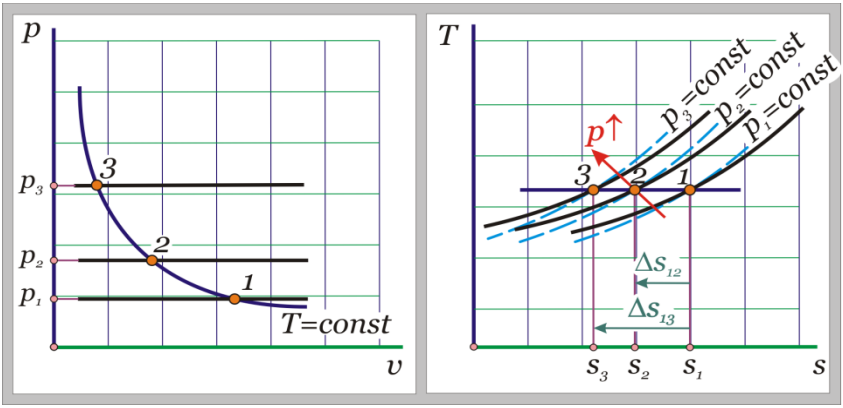


Рисунок 1.10 – Перестроение изобар из *p-v* в *T-s* координаты

На *T-s* диаграмме (см. рисунок 1.10) полученные изменения энтропии будут отложены по изотерме *T* в сторону ее уменьшения и **по** рассматриваемой **изотерме давление возрастает в сторону уменьшения энтропии**, а по адиабате, которая проведена через точку *2*, давление увеличивается в направлении роста температуры. Общее направление роста давления на рисунке 1.10 показано стрелкой.

Температура. На *T-s* диаграмме (рисунок 1.11) представлены изотермы $T_1 < T_2 < T_3$, пересекаемые изобарой p = const соответственно в точках 1, 2 и 3, для которых можно записать уравнения Клапейрона: $pv_1 = RT_1$, $pv_2 = RT_2$ и $pv_3 = RT_3$, где нижние индексы у v и T являются номерами изотерм.

Из приведенных равенств видно, что $RT_1 < RT_2 < RT_3$ и, соответственно, $v_1 < v_2 < v_3$. На основании полученных соотношений из *p-v* диаграммы (см. рисунок 1.11) можно заключить, что **температура возрастает в направлениях увеличения давления и удельного объема**. Чем дальше находится точка от начала координат, тем большей температуре она будет соответствовать на *T-s* диаграмме.

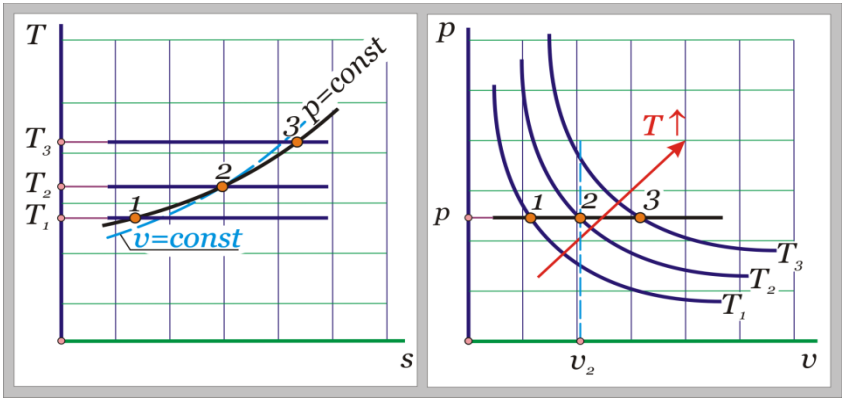


Рисунок 1.11 – Перестроение изотерм из *T-s* в *p-v* координаты

Удельная энтропия. На *T-s* диаграмме (рисунок 1.12) через адиабаты $s_1 < s_2 < s_3$ проведена изобара p = const, пересекающая их в точках 1, 2 и 3. Изменение энтропии в изобарном процессе между точками 1 и 2 $\Delta s_{12} = s_2 - s_1 = c_p \ln(v_2/v_1)$. А на участке между точками 1 и 3 оно будет $\Delta s_{13} = s_3 - s_1 = c_p \ln(v_3/v_1)$.

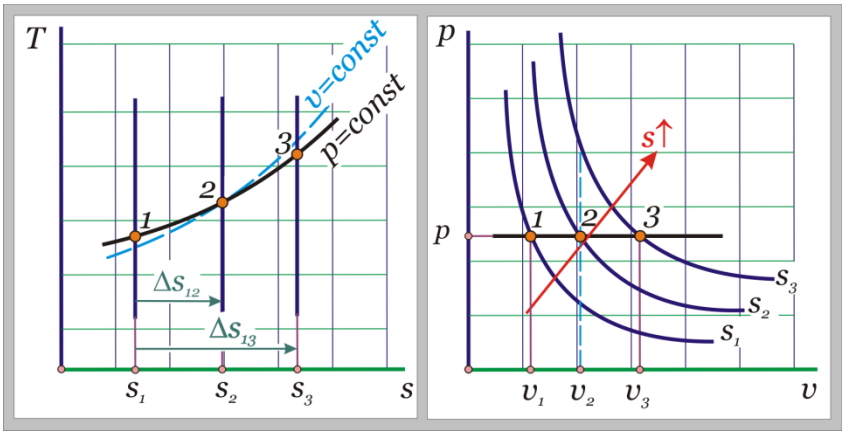


Рисунок 1.12 – Перестроение адиабат из *T-s* в *p-v* координаты

Как видно из *T-s* диаграммы оба изменения энтропии больше нуля, т.е. $\Delta s_{12} > 0$ и $\Delta s_{13} > 0$, а также $\Delta s_{12} < \Delta s_{13}$. Следствием последнего неравенства является соотношение $(v_2/v_1) < (v_3/v_1)$ или $v_1 < v_2 < v_3$. Нижние индексы у удельных объемов – номера соответствующих адиабат.

На *p-v* диаграмме (см. рисунок 1.12) адиабате, пересекающей изобару при удельном объеме v_1, соответствует минимальная величина удельной энтропии s_1, а у адиабаты, пересекаемой изобарой при удельном объеме v_3, удельная энтропия s_3 имеет максимальное значение. Отсюда можно заключить, что **на *p-v* диаграмме удельная энтропия возрастает как в сторону увеличения удельного объема, так и в сторону повышения давления**.

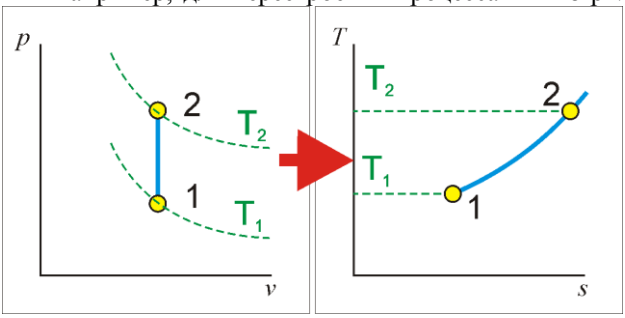
Так же следует запомнить, что через любую произвольно взятую точку на *p-v* или *T-s* диаграмме можно провести одну и только одну изохору, одну и только одну изобару, одну и только одну изотерму, одну и только одну адиабату.

Знание направления изменения термодинамических параметров, уравнений первого начала термодинамики и групп политропных процессов позволяет определять на диаграммах направление протекания произвольных процессов, производить их перестроение из одной диаграммы в другую и определять схемы энергетических преобразований.

1.4 Задания

Перестроить процессы из *p-v* диаграммы в *T-s* (или наоборот, согласно варианту задания). Перестроение необходимо комментировать по следующей схеме: Узловые точки - название процесса - неизменяющийся параметр – соотношение между изменяющимися параметрами – график процесса на диаграммах – положение конечной точки на графике процесса.

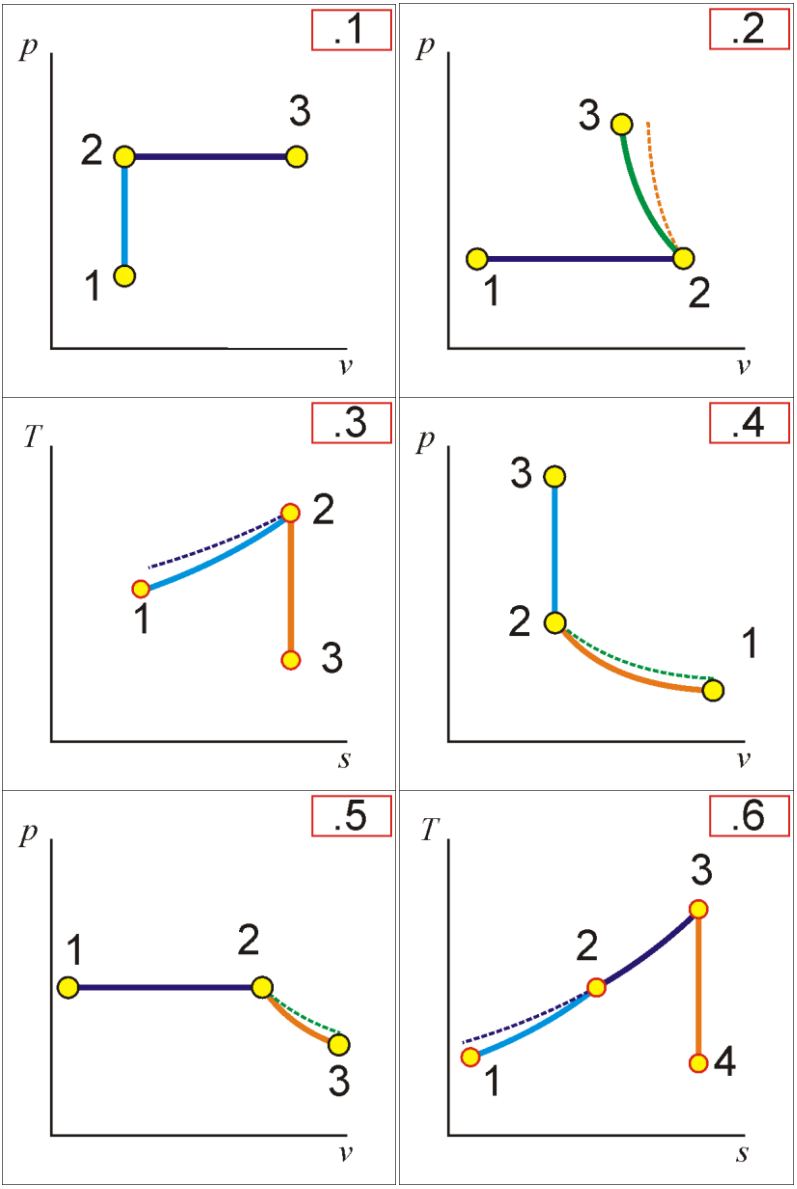
Например, для перестроения процесса 1-2 из p-v диаграммы в T-s,

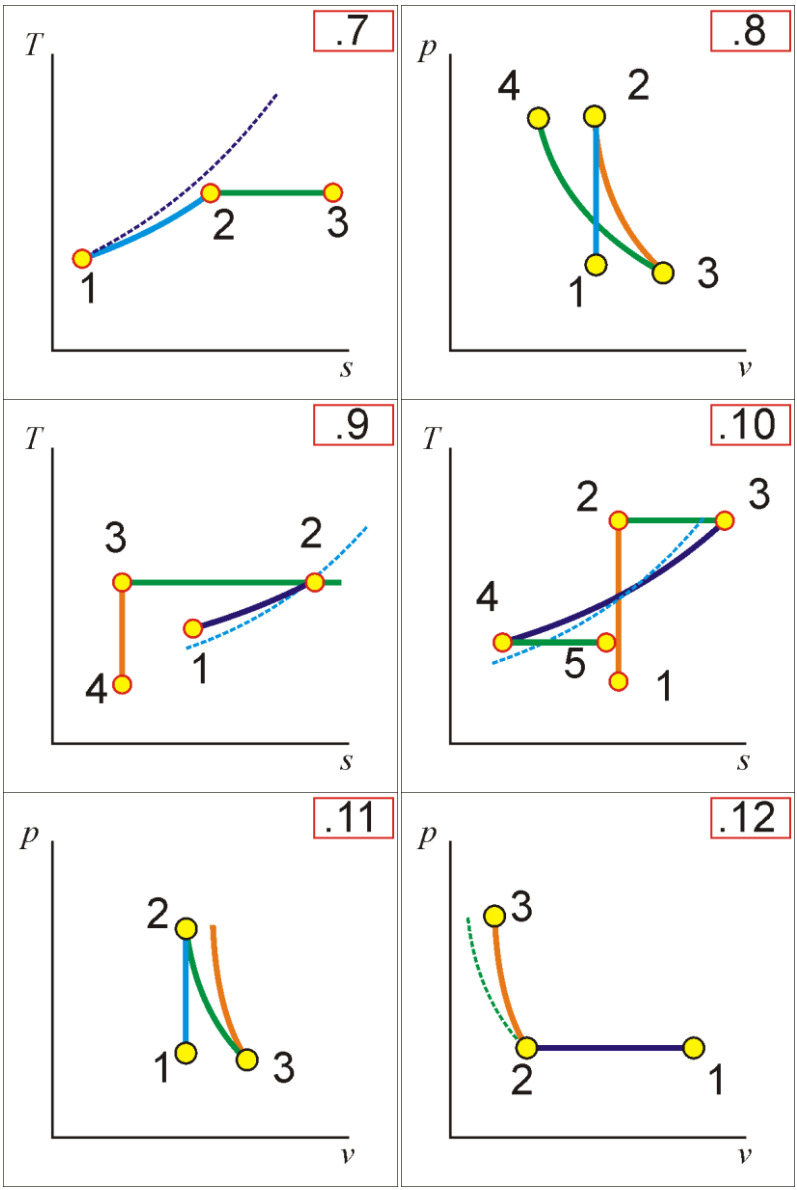


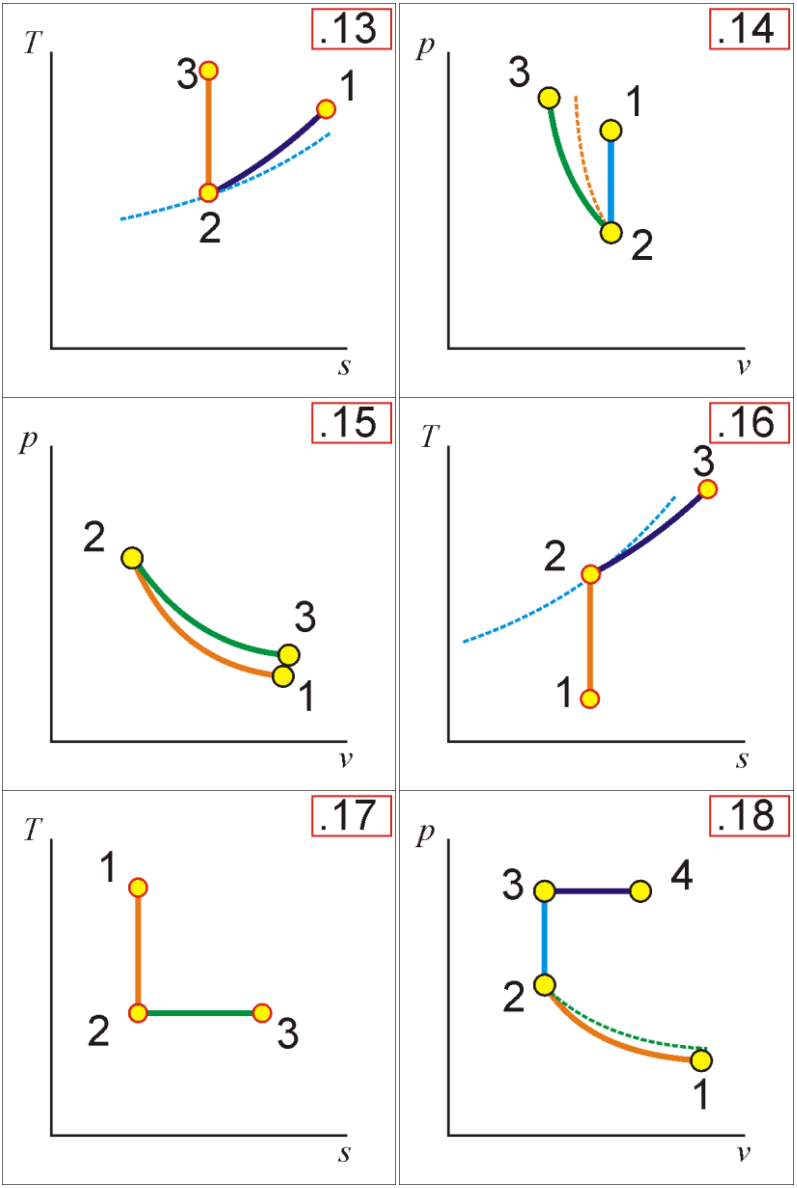
комментарий может быть следующий:

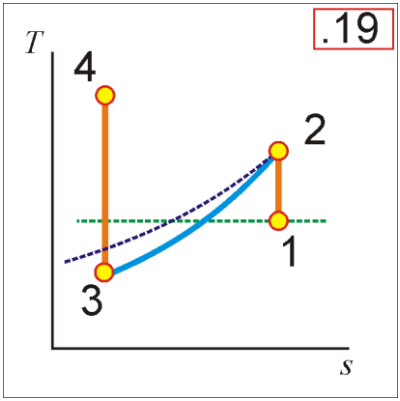
1-2 – процесс изохорный – v=const - Закон Шарля: $\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$ *- изохора на p-v диаграмме – прямая, параллельная оси ординат; на T-s диаграмме – логарифмическая крива - с ростом давления увеличивается и температура газа, следовательно, (при увеличении давления) точка 2 будет располагаться на изохоре в области больших температур, чем точка 1.*

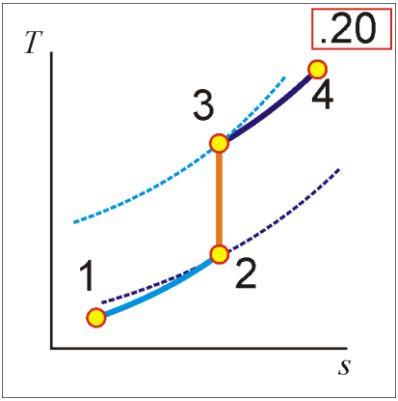
❖ **Варианты:**




.7
T
1
2
3
s
.8
p
4
2
1
3
v
.9
T
3
2
4
1
s
.10
T
2
3
4
5
1
s
.11
p
2
1
3
v
.12
p
3
2
1
v


.13
T
3
1
2
s
.14
p
3
1
2
v
.15
p
2
3
1
v
.16
T
3
2
1
s
.17
T
1
2
3
s
.18
p
3
4
2
1
v


.19
T
4
2
1
3
s


.20
T
3
4
1
2
s

1.5 Вопросы к защите

.1 Перечислите параметры состояния термодинамической системы

.2 Дайте определение понятию «термодинамический процесс»

.3 Какие термодинамические величины зависят от того как протекает термодинамический процесс

.4 Почему из всех диаграмм состояния наибольшее применение получила *p-v* диаграмма

.5 Как определить количество теплоты, передаваемой в произвольном термодинамическом процессе

.6 Может ли быть положительной работа в процессе сжатия

.7 Какой знак будет иметь изменение энтропии в процессе отвода теплоты

.8 Можно ли сказать, что при отводе теплоты температура всегда понижается

.9 Перечислите изопроцессы и дайте определение каждого из них

.10 Как выполняется уравнение теплового баланса (I начало термодинамики) в изохорном процессе

.11 Как выполняется уравнение теплового баланса (I начало термодинамики) в изобарном процессе

.12 Почему изобарная теплоемкость больше изохорной

.13 Как выполняется уравнение теплового баланса (I начало термодинамики) в изотермическом процессе

.14 Как располагаются изотермы на p-v диаграмме в случае повышения температуры (постройте на p-v диаграмме две изотермы, так что $T_2 > T_1$)

15. Как выполняется уравнение теплового баланса (I начало термодинамики) в адиабатном процессе

.16 Как определить количество теплоты, подводимое к рабочему телу в адиабатном процессе

.17 Запишите соотношения между параметрами состояния в адиабатном процессе

.18 Постройте на *T-s* диаграмме область увеличения давления и область снижения давления рабочего тела

.19 Постройте на *p-v* диаграмме область нагрева рабочего тела и область охлаждения рабочего тела

.20 Постройте на *p-v* диаграмме область подвода теплоты и область отвода теплоты

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Александров А.А., Орлов К.А., Очков В.Ф. Теплофизические свойства рабочих веществ теплоэнергетики. – 2-е изд. - М.: Изд. дом «МЭИ». 2017. - 226 с.
2. Ерофеев В.Л., Семенов П.Д., Пряхин А.С. Теплотехника. – М.: ИКЦ «Академкнига». 2008. – 488 с.
3. Селиверстов В.М., Бажан П.И. Термодинамика, теплопередача, теплообменные аппараты. – М.: Транспорт. 1988. – 287 с.

Содержание

Введение 3
Лабораторная работа 1 – Построение термодинамических процессов в рабочей и тепловой диаграммах 4
1.1 Общие положения 4
1.2 Теоретические сведения 4
1.2.1 Термодинамический процесс и его отображение на рабочей и тепловой диаграммах 4
1.2.2 Термодинамические процессы изменения состояния идеального газа (изопроцессы) 7
1.3 Методика перестроения процессов в диаграммах 13
1.4 Задания 16
1.5 Вопросы к защите 21
Библиографический список 22

Шураев Олег Петрович

ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

(ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1)

Печатается по авторскому оригиналу
без редактирования и корректуры

Подписано в печать 30.08.2018.
Формат бумаги 60×84 1/16. Гарнитура «Таймс».
Бумага офсетная. Ризография. Усл. печ. л. 0.91. Усл.-изд. л. 1.4
Тираж 100 экз. Заказ___.

Издательско-полиграфический комплекс ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра эксплуатации судовых энергетических установок

6 курса 20__/__ учебного года

Экзаменационный билет № *1*

по дисциплине

ТРЕНАЖЕРНАЯ ПОДГОТОВКА (ТЕХНИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОБСЛУЖИВАНИЕ СЭУ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ)

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

1 Выполнить задание на тренажере управления судовой энергетической установкой.

Зав. кафедрой ЭСЭУ Ю.И. Матвеев

Тренажерная подготовка (техническое использование и обслуживание СЭУ и их элементов)

Б.1.В.Д13

ПК-4.	Способен реализовывать принципы управления ресурсами машинного отделения, включая: 1. Выделение, распределение и установление очередности использования ресурсов, 2. Эффективную связь, 3. Уверенность и руководство, 4. Достижение и поддержание информированности о ситуации, 5. Учет опыта работы в команде
ПК-5.	Способен выполнять безопасные и аварийные процедуры эксплуатации механизмов двигательной установки, включая системы управления
ПК-6.	Способен осуществлять подготовку, эксплуатацию, обнаружение неисправностей и меры, необходимые для предотвращения причинения повреждений следующим механизмам и системам управления: 1. Главный двигатель и связанные с ним вспомогательные механизмы; 2. Паровой котел и связанные с ним вспомогательные механизмы и паровые системы; 3. Вспомогательные первичные двигатели и связанные с ними системы; 4. Другие вспомогательные механизмы, включая системы охлаждения, кондиционирования воздуха и вентиляции
ПК-7.	Способен осуществлять эксплуатацию систем: топливных, смазочных, балластных и других насосных систем и связанных с ними систем управления

ПК-4 Способен реализовывать принципы управления ресурсами машинного отделения, включая: 1. Выделение, распределение и установление очередности использования ресурсов, 2. Эффективную связь, 3. Уверенность и руководство, 4. Достижение и поддержание информированности о ситуации, 5. Учет опыта работы в команде

4.1 В каком порядке выполняются операции по подготовке дизель-генератора к работе

А) заполнить двигатель маслом;

Б) заполнить двигатель водой;

В) подвести топливо;

Г) подать сжатый воздух

4.2 Подберите пары рабочих параметров судовых дизель-генераторов

1	Напряжение	А	49.9…50.1 Гц
2	Частота	Б	440…450 В
3	Уставка регулятора тока возбуждения	В	50…60%

4.3 При включении центробежных насосов необходимо (установите правильную последовательность)

А) открыть напорный трубопровод

Б) открыть всасывающий трубопровод

В) включить насос

4.4 При включении шестеренных насосов (и других насосов объемного типа) необходимо (установите правильную последовательность)

А) открыть напорный трубопровод

Б) открыть всасывающий трубопровод

В) включить насос

4.5 Заполнение котлоагрегата водой производится (выберите все правильные ответы)

А) при закрытом вентиляционном клапане;

Б) при открытом вентиляционном клапане;

В) при закрытом питательном клапане;

Г) при открытом питательном клапане;

4.6 Аварийный дизель-генератор обеспечивает электроснабжение…

А) всех потребителей электроэнергии;

Б) маломощных потребителей электроэнергии;

В) ограниченного количества потребителей, перечень которых можно найти на ГРЩ;

Г) потребителей, находящихся в аварийном состоянии;

4.7 При запуске дизель-генератора следует (отметьте нужные пункты в правильной последовательности)

А) убедиться в наличии воды в расширительном баке и при необходимости ее долить;

Б) открыть подачу топлива;

В) замкнуть цепь возбуждения;

Г) синхронизировать генератор по напряжению, частоте и фазе;

Д) убедиться в наличии масла в системе и при необходимости его долить;

Е) подать сжатый воздух;

Ж) включить генератор масляного тумана;

З) включить маслопрокачивающий насос;

И) обеспечить подачу забортной воды для охлаждения;

4.8 Рулевая машина может быть опробована в действии путем перекладки руля

А) после заполнения масляных баков;

Б) после запуска одного из насосов;

В) после закрытия хотя бы одного из байпасных клапанов;

Г) в любое время;

4.9 В системе подачи топлива к главным двигателям следует использовать (расставьте приоритеты)

А) оба фильтра одновременно;

Б) один фильтр (любой);

В) фильтр, имеющий минимальное сопротивление;

Г) самоочищающийся фильтр

4.10 В ходу в море следует

А) всю электрическую нагрузку переключить на один работающий дизель-генератор (если это не создает его перегрузку);

Б) равномерно распределить электрическую нагрузку между двумя генераторами

В) всю электрическую нагрузку переключить на аварийный дизель-генератор

ПК-5 Способен выполнять безопасные и аварийные процедуры эксплуатации механизмов двигательной установки, включая системы управления

5.1 Дополните ответ

«Синхронизация работы генераторов осуществляется по напряжению, частоте и …»

5.2 Окончанием процедуры запуска дизель-генератора следует считать…

А) Успешный запуск двигателя и достижение рабочей частоты вращения вала;

Б) Подключение генератора к общей судовой шине;

В) Переключение работающего дизель-генератора на автоматический режим управления

5.3 Для увеличения частоты в электрической сети следует

А) Увеличить частоту вращения вала приводного двигателя;

Б) Увеличить ток возбуждения генератора;

В) Запустить и подключить к шине резервный дизель-генератор;

5.4 Для увеличения напряжения в электрической сети следует

А) Увеличить частоту вращения вала приводного двигателя;

Б) Увеличить ток возбуждения генератора;

В) Запустить и подключить к шине резервный дизель-генератор;

Г) Подключить дополнительную электрическую нагрузку (включить потребителей электроэнергии)

5.5 Систему охлаждения форсунок главного двигателя следует ввести в работу

А) При нагреве форсунок до предельной температуры;

Б) В ходе подготовки двигателя к запуску;

В) Непосредственно после запуска двигателя;

ПК-6 Способен осуществлять подготовку, эксплуатацию, обнаружение неисправностей и меры, необходимые для предотвращения причинения повреждений следующим механизмам и системам управления: 1. Главный двигатель и связанные с ним вспомогательные механизмы; 2. Паровой котел и связанные с ним вспомогательные механизмы и паровые системы; 3. Вспомогательные первичные двигатели и связанные с ними системы; 4. Другие вспомогательные механизмы, включая системы охлаждения, кондиционирования воздуха и вентиляции

6.1 При подготовке главного двигателя пусковые баллоны следует открыть

А) До включения маслопрокачивающего насоса;

Б) Перед проворотом коленчатого вала с помощью валоповоротного устройства;

В) Перед проворотом коленчатого вала сжатым воздухом;

Г) Перед открытием индикаторных кранов;

Д) Непосредственно перед запуском двигателя;

6.2 При подготовке главного двигателя маслопрокачивающий насос следует включить

А) Сразу после заполнения циркуляционного бака маслом;

Б) Перед проворотом коленчатого вала любым способом;

В) Перед открытием индикаторных кранов;

Г) Непосредственно перед запуском двигателя;

6.3 Вставьте пропущенное слово

«При заполнении котла водой должен быть открыт … клапан»

6.4 При работе котельной установки

А) Должен быть включен один питательный насос;

Б) Должны быть включены оба питательных насоса;

В) Питательные насосы могут быть выключены;

6.5 Вставьте пропущенное слово

«При работе главных двигателей в машинном помещении следует поддерживать … давление»

6.6 Сепарация нефтесодержащих вод эффективна

А) При температуре забортной воды;

Б) При температуре в шламовой цистерне;

В) При подогреве до 65..80°С;

Г) При температуре воздуха в машинном помещении;

Д) При температуре кипения воды;

6.7 При работе парового котла обязательно контролируется (выберите все верные ответы)

А) Температура пара;

Б) Давление пара;

В) Уровень воды в котле;

Г) Уровень воды в питательной цистерне;

Д) Коэффициент избытка воздуха;

6.8 Запишите число

В котельной установке должны быть ___ предохранительных клапана

6.9 Укажите все верные утверждения

Подача топлива в котел блокируется системой автоматической защиты по параметрам

А) обрыв пламени;

Б) превышение максимального давления;

В) критическое понижение уровня;

Г) неисправность главного парового клапан;

Д) отсутствие потребления пара;

6.10 Выберите все верные утверждения

Работа главного двигателя с винтом регулируемого шага при управлении из ЦПУ (или ходового мостика) возможна

А) по винтовой характеристике фиксированного шага;

Б) по ограничительной характеристике постоянного крутящего момента;

В) по комбинаторной характеристике;

Г) по нагрузочной характеристике;

ПК-7 Способен осуществлять эксплуатацию систем: топливных, смазочных, балластных и других насосных систем и связанных с ними систем управления

7.1 Сбрасывать за борт очищенные нефтесодержащие воды в порту

А) можно, если нефтесодержание не превышает 15 частей на миллион;

Б) можно, если судно имеет ход более 6 уз.;

В) нельзя;

Г) можно, если судно находится вне особых контролируемых районов;

7.2 Сбрасывать за борт очищенные нефтесодержащие воды

А) можно, если нефтесодержание не превышает 15 частей на миллион;

Б) можно, если судно имеет ход более 6 уз.;

В) нельзя;

Г) можно, если судно находится вне особых контролируемых районов;

Д) можно, если судно находится далее 12 миль от берега

7.3 Соотнесите оборудование и систему

А	Охладитель наддувочного воздуха	1	Балластная
Б	Утилизационный котел	2	Топливоперекачивающая
В	Эжектор	3	Смазывания
Г	Циркуляционный бак	4	Охлаждения
Д	Двухсекционный фильтр	5	Газовыпуска

7.4 Выбрать несколько верных вариантов ответов

Подогрев топлива…

А) снижает его вязкость;
Б) повышает его вязкость,
В) повышает плотность;
Г) снижает плотность,
Д) снижает температуру вспышки

7.5 Загрязнение фильтрующих элементов вызовет (выберите все правильные ответы)

А) увеличение давления до фильтра;
Б) снижение давления после фильтра;
В) снижение давления до фильтра;
Г) повышение давления после фильтра

7.6 Прочитайте задание, запишите пропущенное число

Объем расходной цистерны дизельного топлива должен обеспечивать работу главных двигателей на номинальном режиме не менее ___ часов.

7.7 Топливные и масляные фильтры выполняют сдвоенными с целью

А) возможности промывки одного из них без остановки двигателя;
Б) более качественной очистки топлива или масла путем последовательного подключения секций;
В) пропуска большего количества топлива (масла)

7.8 Укажите насосы, применяемые в балластных системах

А) Шестерённые;

Б) Винтовые;

В) Центробежные;

Г) Струйные (Эжекторы)

7.9 В качестве ответа ожидаются пары элементов. Сопоставить элементы списка 1 с элементами списка 2, сформировать пары элементов.

Единица измерения		Расход топлива
кг/ч		Удельный
г/(кВт ч)		Часовой
кг/миля		Путевой

7.10 Выбрать несколько верных вариантов ответов

Деаэрационный бак в блоке топливоподготовки служит для…

А) плавного перехода с дистиллятного топлива на моторное и обратно;

Б) удаления из топлива воды;

В) удавления из топлива механических примесей;

Г) удаления из топлива воздуха;