

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Комарова Светлана Юриевна
Должность: Проректор по образовательной деятельности
Дата подписания: 24.10.2023 12:15:58
Уникальный программный ключ:
170b62a2aaba69ca249560a5d2dfa2e1cb0409df5bae3e14ca423f54f1e8e833

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Омский государственный аграрный университет имени П.А.Столыпина»
Тарский филиал
Отделение среднего профессионального образования

ППСС3 по специальности 23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов автомобилей

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по освоению учебной дисциплины
ОП.05 Основы гидравлики и теплотехники

Обеспечивающее преподавание дисциплины отделение – Отделение среднего профессионального образования	
Разработчик: преподаватель	Клеменков А.Е.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Материалы по теоретической части дисциплины	4
1.1. Информационное обеспечение обучения	4
1.2. Тематический план теоретического обучения	4
2. Материалы по лабораторным, практическим занятиям	4
2.1. Методические указания по выполнению лабораторных, практических работ по дисциплине	4
2.2. Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся	13
3. Промежуточная (семестровая) аттестация по курсу	23
3.1. Нормативная база проведения промежуточной аттестации обучающихся по результатам изучения дисциплины	23
3.2. Заключительное тестирование по итогам изучения дисциплины	24
3.2.1. Подготовка к заключительному тестированию по итогам изучения дисциплины	24
3.2.2. Шкала и критерии оценивания ответов на тестовые вопросы тестированию по итогам освоения дисциплины	24

ВВЕДЕНИЕ

1. Настоящее издание является основным организационно-методическим документом учебно-методического комплекса по дисциплине в составе программы подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ). Оно предназначено стать для них методической основой по освоению данной дисциплины.

2. Содержательной основой для разработки настоящего издания послужила Рабочая программа учебной дисциплины, утвержденная в установленном порядке.

3. Методические аспекты настоящего издания развиты в учебно-методической литературе и других разработках, входящих в состав УМК по данной дисциплине.

4. Доступ обучающихся к электронной версии Методических указаний по изучению дисциплины, обеспечен в информационно-образовательной среде университета.

При этом в электронную версию могут быть внесены текущие изменения и дополнения, направленные на повышение качества настоящих методических указаний до их переиздания в установленном порядке.

Уважаемые обучающиеся!

Приступая к изучению новой для Вас учебной дисциплины, начните с вдумчивого прочтения разработанных для Вас специальных методических указаний. Это поможет Вам вовремя понять и правильно оценить ее роль в Вашем образовании.

Ознакомившись с организационными требованиями отделения среднего профессионального образования по этой дисциплине и соизмерив с ними свои силы, Вы сможете сделать осознанный выбор собственной тактики и стратегии учебной деятельности, уберечь самих себя от неразумных решений по отношению к ней в начале семестра, а не тогда, когда уже станет поздно. Используя это издание, Вы без дополнительных осложнений подойдете к семестровой аттестации по этой дисциплине. Успешность аттестации зависит, прежде всего, от Вас. Ее залог – ритмичная, целенаправленная, вдумчивая учебная работа, в целях обеспечения которой и разработаны эти методические указания.

1. Материалы по теоретической части дисциплины

1.1. Информационное обеспечение обучения

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет ресурсов, дополнительной литературы, справочные и дополнительные материалы по дисциплине

Основная литература

Основы гидравлики и теплотехники: учебник / Т.А. Суэтина, А.Н. Румянцева, Т.В. Артемьева, Е.Ю. Жажа. – Москва: Академия, 2020. – 240 с. - ISBN978-5-4468-8616-6. — Текст : непосредственный.

Замалеев З. Х. Основы гидравлики и теплотехники : учебное пособие / З. Х. Замалеев, В. Н. Посохин, В. М. Чефанов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 352 с. — ISBN978-5-8114-7932-0. — Текст : электронный. URL:<https://e.lanbook.com/book/169446>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература

Логинов В. С. Основы теплотехники. Практикум : учебное пособие для спо / В. С. Логинов, В. Е. Юхнов. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 128 с. — ISBN 978-5-8114-6672-6. — Текст : электронный. URL: <https://e.lanbook.com/book/151217>– Режим доступа: для авториз. пользователей.

Теплотехника. Практический курс : учебное пособие / Г. А. Круглов, Р. И. Булгакова, Е. С. Круглова, М. В. Андреева. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 192 с. — ISBN 978-5-8114-2575-4. — Текст : электронный. URL: <https://e.lanbook.com/book/167462>– Режим доступа: для авториз. пользователей.

Вольвак С. Ф. Основы гидравлики и теплотехники: практикум : учебное пособие / С.Ф. Вольвак, Ю.Н. Ульянов, Д.Н. Бахарев. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 238 с. — ISBN 978-5-16-015657-6. - Текст : электронный. - – Режим доступа: для авториз. пользователей. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1215060>

Шейпак А. А. Гидравлика и гидропневмопривод. Основы механики жидкости и газа : учебник / А.А. Шейпак. — 6-е изд., испр. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 270 с. — ISBN978-5-16-013908-1. - Текст : электронный. URL:<https://znanium.com/catalog/product/1838352>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.

Автотранспорт: эксплуатация, обслуживание, ремонт: производственно-технический журнал. – Москва. – ISSN 2074-6776. — Текст : непосредственный.

Автомобильная промышленность : ежемесячный научно-технический журнал / Министерство промышленности, науки и технологий Российской Федерации. – Москва. - ISSN 0005-2337. — Текст : непосредственный.

1.2. Тематический план теоретического обучения

Раздел 1. Основы гидравлики.

Тема 1.1. История развития теплотехники и гидравлики. Ученые, вложившие большой вклад в науку

Тема 1.2. Понятие жидкости.

Тема 1.3. Удельный объем, удельный вес, сжимаемость, вязкость.

Тема 1.4. Понятие о потоке жидкости. Виды движения жидкости.

Тема 1.5. Уравнение Бернулли. Режимы движения жидкости.

Тема 1.6. Поршневые насосы. Устройство, принцип работы. Высота всасывания, напор, мощность.

Тема 1.7. Центробежные насосы. Устройство, принцип действия. Классификация, схема установки. Давление нагнетания, влияние формы лопастей.

Раздел 2. Основы теплотехники

Тема 2.1. Рабочее тело. Идеальные и реальные газы. Основные законы идеальных газов.

Тема 2.2. Основные определения. Процесс парообразования в P-U и T-S диаграммах.

Тема 2.3. Определение параметров воды и водяного пара в i-s диаграммах

Тема 2.4. Сжатый воздух. Область применения. Основные виды воздухоудовных машин.

2. Материалы практическим занятиям

2.1. Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине

В ходе практических занятий, как одной из форм систематических учебных занятий, обучающиеся приобретают необходимые умения и навыки по тому или иному разделу дисциплины «Основы гидравлики и теплотехники».

Общие цели практического занятия сводятся к закреплению теоретических знаний, более глубокому освоению уже имеющихся у обучающихся умений и навыков и приобретению новых умений и навыков, необходимых им для осуществления своей профессиональной деятельности и составляющих квалификационные требования к специалисту.

Основными задачами практических занятий являются:

- углубление теоретической и практической подготовки;
- приближение учебного процесса к реальным условиям работы техника;
- развитие инициативы и самостоятельности обучающихся во время выполнения ими практических занятий.

Практические занятия сгруппированы по темам программы курса и содержат рекомендации по выполнению заданий, задачи, контрольные вопросы для проведения практических и семинарских занятий.

ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

1. При подготовке к выполнению практической работы обучающимся следует:
 - изучить теоретические вопросы, изложенные в методических указаниях;
 - ознакомиться с техникой безопасности при работе в компьютерном классе;
 - получить у преподавателя задание на выполнение практической работы, которое выдается после проверки теоретической подготовки обучающегося.
2. Результаты выполнения практической работы утверждаются преподавателем.
3. Результатом практической работы должен быть отчет о выполнении предложенных заданий.

Практическая работа №1

«Определение местной скорости в потоке воды»

Цель: Опытным путем определить местные скорости в потоке воды на оси канала в двух его сечениях

Порядок обработки результатов измерений

С целью упрощения расчетов используется техническая система единиц физических величин.

По измеренным параметрам для каждого режима проведения опытов определяются следующие показатели

1. Разность показаний пьезометров:

$$\Delta h = (h_1^* - h_1), \text{ см.}$$

2. Местные скорости на оси в сечениях u_{o1} м, u_{o2} :

$$u_o = 2 \cdot g \cdot \Delta h, \text{ см/с,}$$

где $g = 9,81 \text{ см/с}^2$ – ускорение силы тяжести.

3. Объемный расход воды через рабочий участок:

$$Q = V / t, \text{ см}^3/\text{с,}$$

где $V = 500 \dots 1500 \text{ см}^3$ – предпочтительный измеряемый объем жидкости в мерном баке МБ.

4. Среднерасходная скорость воды в трубе:

$$U = 4Q / \pi d^2 = 0,4408 \cdot Q, \text{ см/с}$$

где $d = 1,7 \text{ см}$ – диаметр трубы.

5. Коэффициент кинематической вязкости воды:

$$\nu = (0,0000 t^2 - 0,0006 t + 0,018), \text{ см}^2/\text{с,}$$

где t – температура воды в расходном баке РБ во время опытов.

6. Число Рейнольдса определяется по среднерасходной скорости u :

$$Re = u d / \nu$$

Протокол испытания и обработки результатов

Номер сечения	Параметры	Режимы							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	h , см								
	h^* , см								
	Δh , см								
	u_{o1} , см/с								

2	h , см								
	h^* , см								
	Δh , см								
	u_{02} , см/с								
труба	τ , с								
	t , °C								
	Q , см ³ /с								
	u , см/с								
	Re								

Контрольные вопросы:

1. Что называют местной скоростью потока?
2. Как определить расход жидкости, используя местные скорости?
3. Что называют статическим давлением потока жидкости?
4. Что называют давлением торможения в любой точке потока?
5. На какую величину давление торможения в любой точке потока отличается от статического в этой же точке?
6. Что необходимо измерить, чтобы определить местную скорость?
7. Дайте определение понятия «передняя критическая точка».
8. Дайте определение понятия «среднерасходная скорость потока».
9. Что представляет собой трубка Пито?
10. Что представляет собой трубка Пито – Прандтля?

Практическая работа №2

«Влияние геометрии канала на характеристики потока вязкой жидкости»

Цель - Опытным путем установить изменение основных параметров потока воды вдоль канала.
- Определить потери полного давления между характерными сечениями канала.

Порядок обработки результатов измерений

С целью упрощения расчетов используется техническая система единиц физических величин.

По измеренным параметрам для каждого режима определяются:

1. Объемный расход воды через рабочий участок:

$$Q = V / \tau, \text{ см}^3/\text{с},$$

где $V = 500 \text{ см}^3$ – предпочтительный измеряемый объем жидкости в мерном баке МБ.

2. Среднерасходные скорости u_1, u_2, u_3 в сечениях 1...3:

$$u = 4Q / \pi d^2 = 0,4408 \cdot Q, \text{ см/с}$$

где $d_1 = d_3 = 1,7 \text{ см}$ – диаметры канала в сечениях 1, 3;

$d_2 = 0,6 \text{ см}$ – диаметр горловины в сечении 2.

3. Коэффициент кинематической вязкости воды:

$$\nu = (0,00001 t_2 - 0,0006 t + 0,018), \text{ см}^2/\text{с},$$

где t – температура воды в расходном баке РБ во время опытов.

4. Число Рейнольдса определяется по среднерасходным скоростям u_1, u_2, u_3 в сечениях 1...3:

$$Re = u d / \nu.$$

5. Полные напоры h_1^*, h_2^*, h_3^* в сечениях 1...3:

$$h^* = h + \alpha u^2 / 2g, \text{ см}$$

где $g = 9,81 \text{ см/с}^2$ – ускорение силы тяжести;

$\alpha = 1$ – при числах Рейнольдса больших критического значения ($Re > Re_{кр} = 2300$);

$\alpha = 2$ – при числах Рейнольдса меньших критического значения ($Re < Re_{кр} = 2300$);

6. Потери полного напора между сечениями 1, 2:

$$\Delta h_r^{1-2} = h_1^* - h_2^*, \text{ см}.$$

7. Потери полного напора между сечениями 2, 3:

$$\Delta h_r^{2-3} = h_2^* - h_3^*$$

Протокол испытаний и обработки результатов

Номер сечения	Параметры	Режимы							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	h , см								
	$u_1 = Q / 2,27$, м/с								
	$u_1^2 / 2g = u_1^2 / 19,62$ см								

	$h_1^* = h_1 + u_1^2 / 2g$ см								
	$Re_1 = u_1 \cdot 1,7 / \nu$								
2	h_2 , см								
	$u_2 = Q / 0,2826$, см/с								
	$u_2^2 / 2g = u_2^2 / 19,62$, см								
	$h_2^* = h_2 + u_2^2 / 2g$, см								
	$Re_2 = u_2 \cdot 0,6 / \nu$								
3	h_3 , см								
	$u_3 = u_1$, см/с								
	$u_3^2 / 2g = u_1^2 / 19,62$, см								
	$h_3^* = h_3 + u_3^2 / 2g$, см								
	$Re_3 = Re_1$								
канал	τ , с								
	t , о С								
	Q , см ³ /с								
	$\Delta h_{1-2} = h_1^* - h_2^*$								
	$\Delta h_{1-3} = h_1^* - h_3^*$								
	$\Delta h^{1-2} = h_1 - h_2$								
	$\Delta h^{3-2} = h_3 - h_2$								

По окончании расчетов строятся графики изменения пьезометрического напора h , полного напора h^* и средней скорости u вдоль канала.

При построении графиков в выбранном масштабе по оси ординат откладываются значения скорости, пьезометрического и полного напоров, а по оси абсцисс – с равными промежутками номера сечений канала по схеме рабочего участка, в которых проводились измерения.

Рекомендуется построить график зависимости потерь напора от расхода, т. е. $\Delta h_r = f(Q)$.

1. Какие трубопроводы называют простыми?
2. Какие трубопроводы называют сложными?
3. Что представляет собой геометрический напор?
4. Что представляет собой пьезометрический напор?
5. Что представляет собой скоростной напор?
6. Что представляет собой полный напор?
7. Чему равны потери полного напора в сложном трубопроводе при последовательном соединении его элементов?
8. Чему равны потери полного напора между сечениями с одинаковыми площадями?
9. Как меняется среднерасходная скорость потока с изменением площади сечения канала?
10. Как меняется пьезометрический напор с изменением площади канала?

Практическая работа №3 «Определение вязкости воды»

- Цель: - Опытным путем установить зависимость путевых потерь напора от объемного расхода.
 - Используя найденную зависимость, определить кинематическую вязкость воды при различных расходах.
 - Сравнить полученные значения кинематической вязкости с теоретическими.

Порядок обработки результатов измерений

По измеренным параметрам для каждого режима проведения опытов определяются следующие показатели.

1. Потери напора на участке L :

$$\Delta h_{2-3} = (h_2 - h_3) \cdot 10^{-2}, \text{ м.}$$

2. Объемный расход воды через рабочий участок:

$$Q = V / \tau, \text{ м}^3/\text{с},$$

где $V = 0,5 \cdot 10^{-3} \dots 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ — предпочтительный измеряемый объем жидкостей в мерном баке МБ.

3. Соппротивление трубопровода:

$$K = \Delta h_{2-3} / Q, \text{ см}^2$$

4. Кинематический коэффициент вязкости:

$$\nu = K \cdot \pi \cdot g d^4 / 128 \cdot L = 1,925 \cdot 10^{-3} \cdot K, \text{ м}^2/\text{с}$$

где $d = 7 \cdot 10^{-3}$ м – диаметр трубы; $L = 1$ м – длина трубы.

5. Число Рейнольдса:

$$Re = 4 Q / \pi d \nu$$

6. Расчетное значение вязкости (по эмпирической формуле Пуазейля для воды):

$$\nu_{\text{рас}} = 0,0178 \cdot 10^{-6} / (1 + 0,0337 \cdot t + 0,000221 \cdot t^2), \text{ м}^2/\text{с}$$

где t – температура воды в расходном баке РБ во время опытов, °С;

7. Относительная погрешность определения коэффициента кинематической вязкости:

$$\delta_\nu = (\nu - \nu_{\text{рас}}) / \nu_{\text{рас}} \cdot 100\%$$

Протокол испытаний и обработки результатов

Номер п/п	Параметры	Режимы							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	h_1 , см								
2	h_2 , см								
3	t , с								
4	Δh_{2-3} , м								
5	Q , м ³ /с								
6	K , с/м ²								
7	ν , м ² /с								
8	Re								
9	$\nu_{\text{рас}}$, м ² /с								
10	δ_ν								

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятию «вязкость жидкости».
2. В чем различие динамической и кинематической вязкости жидкости?
3. Назовите основное свойство вязкой жидкости.
4. Что представляет собой вискозиметр Куэтта?
5. Что представляет собой градиент скорости потока жидкости?
6. Какие жидкости называют ньютоновскими?
7. Какие жидкости называют неньютоновскими?
8. В чем заключается стандартный метод определения кинематической вязкости капиллярным вискозиметром типа Пинкевича?

Практическая работа №4 «Расчет гидравлического удара на участке трубопровода»

Цель: Рассчитать гидравлический удар на участке трубопровода

Порядок выполнения работы:

1. Получите вариант задания у преподавателя.
2. Изучите теоретический материал по данному вопросу.
3. Письменно в тетради дать ответ на представленное задание.
4. Результат выполнения работы представьте преподавателю.

Пример 1. Рассчитать скорость C распространения волн давления при перекачке нефти ($\rho_0 = 870$ кг/м³, $K = 1,2 \cdot 10^9$ Па) по нефтепроводу ($D = 530$ мм, $\delta = 8$ мм, $E = 2 \cdot 10^{11}$ Па).

Решение. По формуле (4.7) находим:

$$d_0 = 0,5 \cdot (0,530 + 0,514) = 0,522 \text{ м.}$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\frac{870}{1,2 \cdot 10^9} + \frac{870 \cdot 0,522}{0,008 \cdot 2 \cdot 10^{11}}}} \approx 996 \text{ м/с.}$$

Пример 2. Рассчитать изменение Δp давления при изменении скорости течения нефти ($\rho_0 = 870$ кг/м³, $K = 1,2 \cdot 10^9$ Па) на 1 м/с в трубопроводе ($D = 820$ мм, $\delta = 10$ мм, $E = 2 \cdot 10^{11}$ Па).

Решение.
Находим:

$$d_0 = 0,5 \cdot (0,820 + 0,800) = 0,810 \text{ м.}$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\frac{870}{1,2 \cdot 10^9} + \frac{870 \cdot 0,81}{0,01 \cdot 2 \cdot 10^{11}}}} \cong 963,4 \text{ м/с.}$$

Рассчитываем Δp :

$$\Delta p = \rho_0 c \cdot \Delta u = 870 \cdot 963,4 \cdot 1 \cong 0,84 \cdot 10^6 \text{ Па или } \approx 8,6 \text{ атм.}$$

Пример 1. Рассчитать ударное изменение Δp давления при внезапном закрытии задвижки в потоке дизельного топлива ($\rho_0 = 840 \text{ кг/м}^3$, $K = 1,2 \cdot 10^9 \text{ Па}$) транспортируемого с расходом $4200 \text{ м}^3/\text{ч}$ в трубопроводе ($D = 1020 \text{ мм}$, $\delta = 10 \text{ мм}$, $E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$).

Решение. Сначала находим скорость u_0 течения нефтепродукта:

$$d_0 = 0,5 \cdot (1,02 + 1,00) = 1,01 \text{ м.}$$

$$u_0 = 4Q/\pi \cdot d_0^2 = 4 \cdot 4200 / (3,14 \cdot 1,01^2 \cdot 3600) \cong 1,46 \text{ м/с.}$$

Находим скорость волн давления:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\frac{840}{1,2 \cdot 10^9} + \frac{840 \cdot 1,01}{0,01 \cdot 2 \cdot 10^{11}}}} \cong 943 \text{ м/с.}$$

Рассчитываем Δp :

$$\Delta p = \rho_0 c \cdot \Delta u = 840 \cdot 943 \cdot 1,46 \cong 1,157 \cdot 10^6 \text{ Па или } \approx 11,8 \text{ атм.}$$

Пример 2. Оператор нефтеперекачивающей станции совершил ошибку, включив станцию на закрытую задвижку. В результате нефть ($\rho_0 = 870 \text{ кг/м}^3$, $K = 1,2 \cdot 10^9 \text{ Па}$) стала подаваться в трубопровод ($D = 530 \text{ мм}$, $\delta = 7 \text{ мм}$, $E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$) с расходом $1300 \text{ м}^3/\text{ч}$. Рассчитать ударное повышение Δp давления.

Решение. Сначала находим скорость u_1 закачки нефти в трубопровод:

$$d_0 = 0,5 \cdot (0,530 + 0,516) = 0,523 \text{ м.}$$

$$u_1 = 4Q/\pi \cdot d_0^2 = 4 \cdot 1300 / (3,14 \cdot 0,523^2 \cdot 3600) \cong 1,68 \text{ м/с.}$$

Находим скорость волн давления:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\frac{870}{1,2 \cdot 10^9} + \frac{870 \cdot 0,523}{0,01 \cdot 2 \cdot 10^{11}}}} \cong 1024,6 \text{ м/с.}$$

Рассчитываем Δp :

$$\Delta p = \rho_0 c \cdot \Delta u = 870 \cdot 1024,6 \cdot 1,68 \cong 1,50 \cdot 10^6$$

Па или $\approx 15,3 \text{ атм.}$

Пример 3. На сколько атмосфер понизится давление за мгновенно закрывшейся задвижкой, перекрывшей поток нефти ($\rho_0 = 840 \text{ кг/м}^3$, $K = 1,2 \cdot 10^9 \text{ Па}$) транспортируемой с расходом $1300 \text{ м}^3/\text{ч}$ в трубопроводе ($D = 530 \text{ мм}$, $\delta = 8 \text{ мм}$, $E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$)

Решение. Находим скорость u_0 течения нефти:

$$d_0 = 0,5 \cdot (0,530 + 0,008) = 0,519 \text{ м.}$$

$$u_0 = 4Q / \pi \cdot d_0^2 = 4 \cdot 1300 / (3,14 \cdot 0,519^2 \cdot 3600) \approx 1,69 \text{ м/с.}$$

Находим скорость волн давления:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\frac{840}{1,2 \cdot 10^9} + \frac{840 \cdot 0,519^2}{0,01 \cdot 2 \cdot 10^{11}}}} \approx 1043 \text{ м/с.}$$

Рассчитываем Δp :

$$\Delta p = \rho_0 c \cdot \Delta u = 840 \cdot 1043 \cdot 1,69 \approx 1,48 \cdot 10^6 \text{ Па или } \approx 15,1 \text{ атм.}$$

Если давление в месте установки задвижки было ниже $\approx 15 \text{ атм.}$, то нефть за задвижкой может вскипеть, поскольку давление в ней снизится до упругости насыщенных паров. В этом случае за задвижкой образуется парогазовая полость.

Контрольные вопросы:

1. Какое техническое явление называется гидравлическим ударом? Каков его механизм?
2. Что называется скоростью распространения ударной волны? По какой формуле она рассчитывается?
3. Что называется обратной ударной волной? Что представляет собой фаза гидравлического удара?

Практическая работа №5 «Подбор насоса по каталогу»

Цель-Изучить каталоги насосов и приобрести навыки работы с ними.

- Подобрать марку насоса по заданным подаче и напоре. Определить его конструктивные и рабочие параметры.

Пример подбора насоса по сводному графику рабочих полей.

Необходимо выбрать марку насоса для подачи $Q = 70 \text{ м}^3/\text{ч}$ при напоре $H = 35 \text{ м}$, а также определить диаметр рабочего колеса, развиваемую мощность, КПД, допускаемый кавитационный запас, потерю напора на задвижке и подобрать электродвигатель.

Для подбора насоса необходимо выполнить следующее:

1. На сводном графике откладываем точку с координатами $H = 35 \text{ м}$ и $Q = 70 \text{ м}^3/\text{ч}$ (рис. 20 а, т).

А). Точка попадает в рабочее поле насоса 1К100-80-160, следовательно, насос соответствует заданным параметрам.

2. На характеристике, выбранного, насоса наносим точку с такими же координатами ($H = 35 \text{ м}$ и $Q = 70 \text{ м}^3/\text{ч}$) (рис. 20 б, тв). Для этой точки выбираем ближайшую верхнюю характеристику $H-Q$, которой соответствует рабочее колесо с диаметром $D_k = 180 \text{ мм}$. Характеристика, расположенная ниже, не представляет интереса, поскольку при таком диаметре рабочего колеса насос не обеспечит требуемые параметры.

Рис. 20. Подбор насоса: а) сводный график полей, б) характеристика насоса 1К 100-80-160

3. Поднимая из точки на оси ординат, соответствующей подаче $Q = 70 \text{ м}^3/\text{ч}$, перпендикуляр, находим его точки пересечения с характеристиками, относящимися к выбранному диаметру

рабочего колеса $H-Q$, $N-Q$, $\eta - Q \Delta h_{\text{кав}}^{\text{доп}} - Q$. Рабочие параметры насоса – мощность $N = 9,7$ кВт (рис. 20 б, т. С), КПД $\eta = 76\%$ (т. D), допускаемый кавитационный запас $\Delta h_{\text{кав}}^{\text{доп}} = 3,8$ м (т. E) и напор $H = 41$ м (т. F).

4. Для обеспечения требуемого напора необходимо прикрыть задвижку на напорном трубопроводе. Потери напора на задвижке найдем как разницу напора обеспечиваемого насосом, при заданной подаче N и требуемым напором H :

$$H_z = H_n - H = 41 - 35 = 6 \text{ м.}$$

5. По табл. 1 приложения определяется марка комплектующего электродвигателя при максимальной мощности и выбранном диаметре рабочего колеса. $N_{\text{max}} = 13,5$ кВт (рис. 20 б, т. K), следовательно, необходимо принять в соответствии с табл. 1 приложения, где представлены основные параметры насосно-силового оборудования, электродвигатель марки АИР160Э2 с номинальной мощностью $N_{\text{эл}} = 15$ кВт.

Задание для самостоятельной работы

По заданным напору и подаче подобрать насос и электродвигатель. Определить частоту вращения рабочего колеса насоса и его диаметр, потребляемую мощность, КПД, допускаемый кавитационный запас и тучасть напора H_z , которая будет затрачиваться на преодоление гидравлических сопротивлений в задвижке, если посредством задвижки будет обеспечиваться заданная условием подача насоса. Для подобранного насоса указать марку комплектующего электродвигателя его напряжение питания и мощность. При выполнении задания использовать: сводный график полей насосов (приложение, рис. 11), характеристики насосов (приложение, рис. 1–10) и параметры насосно-силового оборудования (приложение, табл. 1).

Исходные данные по вариантам представлены в табл. 1

Таблица 1

Но вар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
H, м	15	20	25	30	30	40	25	50	80	25
Q, м ³ /ч	10	10	20	25	40	40	80	100	80	220
Но вар	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
H, м	15	20	30	23	50	35	30	45	20	55
Q, м ³ /ч	15	20	10	50	45	60	100	80	220	115
Но вар	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
H, м	65	45	35	20	12	20	35	16	30	17
Q, м ³ /ч	120	50	30	70	15	140	130	35	15	5

Контрольные вопросы:

1. то называют рабочими характеристиками насосов? Какие рабочие характеристики центробежных насосов Вы знаете?
2. Что такое поле (флажок) насоса? Как он строится?
3. Что представляют собой сводные графики рабочих полей насосов? Как они строятся и для чего служат?
4. Что обозначает флаг насоса со средней линией и без нее?
5. Как на характеристике насоса отображается недопустимость обточки рабочего колеса?
6. Как по сводному графику полей насосов зная подачу и напор выбрать требуемый насос?
7. Как по рабочей характеристике насоса выбрать диаметр рабочего колеса насоса?

Практическая работа №6 «Испытание центробежных насосов»

Цель провести испытание выбранного центробежного насоса

Оборудование: центробежный насос, установка для испытаний ЦН.

Порядок выполнения работы

1. Выявить зависимости напора H , мощности N , и КПД η насоса от расхода Q при постоянной частоте вращения рабочего колеса $n = \text{const}$.
2. Построить рабочие характеристики насоса по опытным данным.

Теоретические сведения

Характеристикой центробежного насоса называется графическое изображение зависимости напора H , потребляемой мощности N и коэффициента полезного действия η насоса от подачи Q при постоянной частоте вращения.

Описание экспериментальной установки

Установка для испытания центробежных насосов (рис. 1) ЛСИЦН-1 представляет собой рамную конструкцию, на которой смонтированы: два циркуляционных (центробежных) насоса UPC 25-60, пульт управления, система трубопроводов с запорной арматурой и напорный бак. Для измерения подачи и определения напора в систему трубопроводов встроены расходомер и датчики давления.

На панели пульта управления размещены клавиши включения-отключения установки и насосов; дисплеи ваттметра и расходомера.

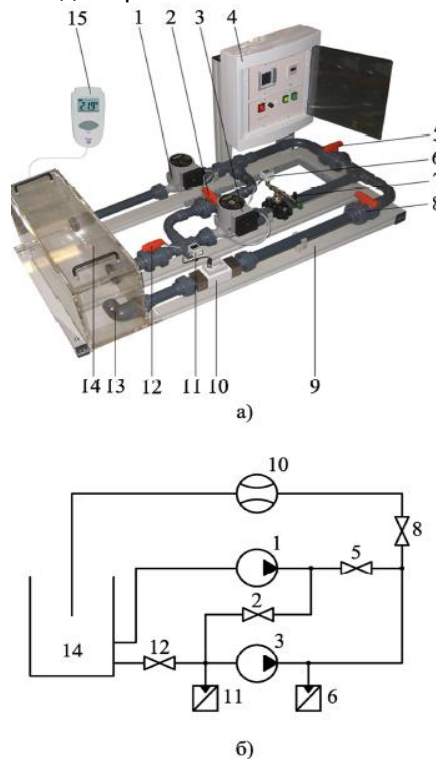


Рис. 1 Установка для испытания центробежных насосов:

а) внешний вид установки; б) гидравлическая схема установки

1, 3 – насосы UPC 25-60; 2, 5, 8, 12, – вентили; 4 – пульт управления; 6 – датчик давления (манометр); 9 – рама; 10 – расходомер; 11 – датчик давления (мановакуумметр); 13 – трубопровод; 14 – напорный бак; 15 – термометр

Контрольные вопросы

1. Что такое характеристика центробежного насоса?
2. Изобразить гидравлическую схему установки.

Практическая работа №7

«Закон Бойля- Мариотта, Гей- Люссака, АвангардоДаметона»

Цель: Экспериментально исследовать законы газового состояния: законы Бойля- Мариотта, Гей-Люссака и Шарля; определить универсальную газовую постоянную

Теоретическое введение

Закон Бойля-Мариотта. При постоянной температуре и массе газа произведение давления на объем газа есть величина постоянная:

$$PV = \text{const.} \quad (1)$$

Процесс, протекающий при постоянной температуре, называется *изотермическим*.

Закон Гей-Люссака. Для изобарического процесса ($P = \text{const}$) объем данной массы газа линейно зависит от температуры, т.е.

$$V = V_0(1 + \alpha t), \quad (2)$$

где V – объем, V_0 – объем при $t = 0$ °C, α – коэффициент теплового расширения, t – температура в градусах Цельсия.

Экспериментально было определено, что $\alpha = 1/273,16$, в связи с чем целесообразно ввести новую температурную шкалу в градусах Кельвина (рис. 1).

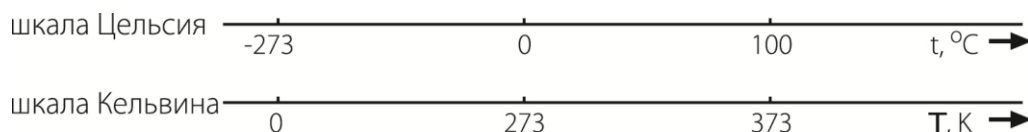


Рис.1. Температурные шкалы Цельсия и Кельвина

Закон Шарля. Для изохорического процесса ($V = \text{const}$) давление данной массы газа линейно зависит от температуры, т.е.

$$P = P_0(1 + \alpha t), \quad (3)$$

где P – давление газа, P_0 – давление при $t = 0$ °C, α – коэффициент теплового расширения $\alpha = 1/273,16$, t – температура в градусах Цельсия.

Рассмотрев законы изопроцессов идеального газа, выведем закон основного состояния идеального газа, связывающий все параметры этой термодинамической системы. Для этого рассмотрим некоторые переходы одного моля газа из одного состояния идеального газа в другие. Пусть идеальный газ в начальном состоянии находится в точке C_1 на изотерме при некоторой температуре t_1 , под давлением P_1 и в объеме V_1 (см. рис. 2).

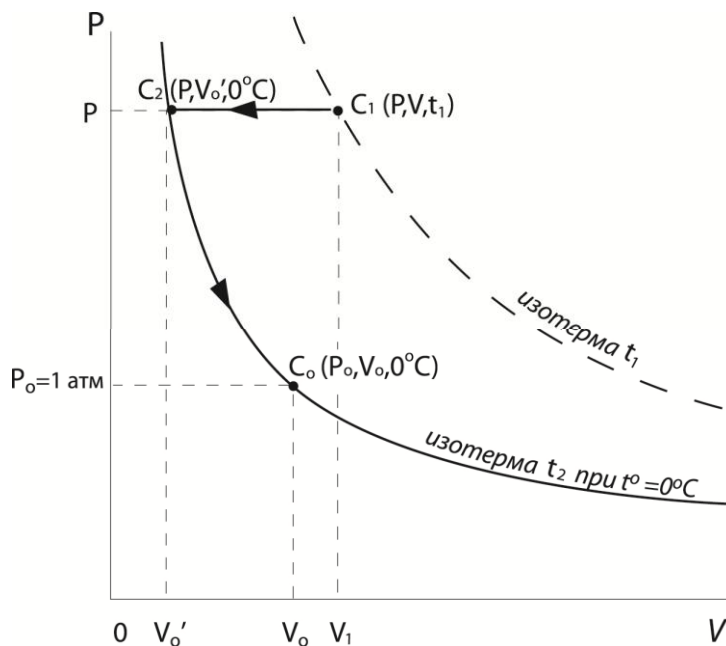


Рис.2. К выводу основного уравнения состояния идеального газа

Опыт 1. Проверка закона Бойля-Мариотта.

Для установления связи между объемом газа и его давлением были проведены контрольные измерения при постоянной массе газа и температуре:

$$\nu = m/\mu = V/V_{\text{моля}}; \quad \nu = 0,9536 \cdot 10^{-3} \text{ моля};$$

$$T = 298,15 \text{ K}; \quad \text{атмосферное давление } P_a = 100,3 \text{ кПа.}$$

Экспериментальные данные контрольных измерений, выполненных с ртутным манометром, приведены в таблице 2. График зависимости объема от давления приведен на рисунках 4 (V от P) и 5 (V от $1/P$).

Таблица 2. Объем и давление газа при постоянной температуре

Высота воздушного столба l , мм	Разность высот ртутного столба, мм	Объем, мл	Объем, мл
221	0	23,57	100,3
215	25	22,96	103,63
203	64	21,73	108,83
193	103	20,71	114,03
185	145	19,89	119,63
175	185	18,87	124,96
167	227	18,06	130,56
160	270	17,34	136,29
153	313	16,63	142,02
147	357	16,01	147,89
141	400	15,40	153,62
135	445	14,79	159,62
129	499	14,18	166,82
125	535	13,77	171,62

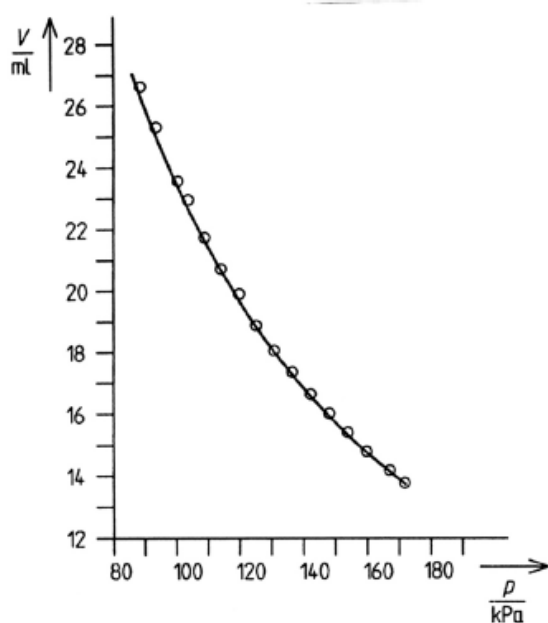


Рис. 4. Зависимость V от P .

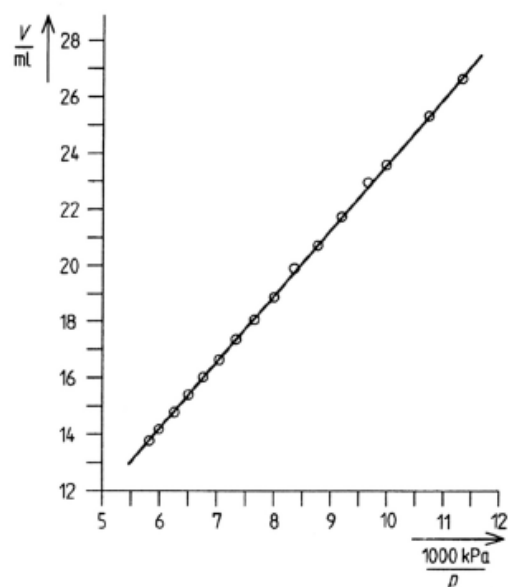


Рис. 5. Зависимость V от $1/P$

Опыт 2. Проверка закона Гей-Люссака. При той же массе газа были проведены контрольные измерения зависимости объема газа и давления от температуры (таблица 3).

Таблица 3

Температура, К	Высота столба воздуха l , мм	Разность высот ртутного столба, мм	Объем, мл	Давление, кПа
293,15	218	0	23,26	100,6
298,15	221	10	23,57	101,93
303,15	225	24	23,98	103,80
308,15	229	37	24,38	105,53
313,15	233	50	24,79	107,27
318,15	237	64	25,20	109,13
323,15	240	74	25,51	110,46
328,15	245	89	26,01	112,46
333,15	248	99	26,32	113,80
338,15	252	113	26,73	115,66
343,15	256	127	27,14	117,53
348,15	260	141	27,55	119,40
353,15	264	152	27,96	120,86

358,15	267	163	28,26	122,33
--------	-----	-----	-------	--------

По данным таблицы 3 построены зависимости объема воздуха от температуры (рис. 6 и рис. 7), по которым можно найти α - коэффициент теплового расширения. V_0 - объем моля газа, $V_0 = 0,022414$ м³/моль

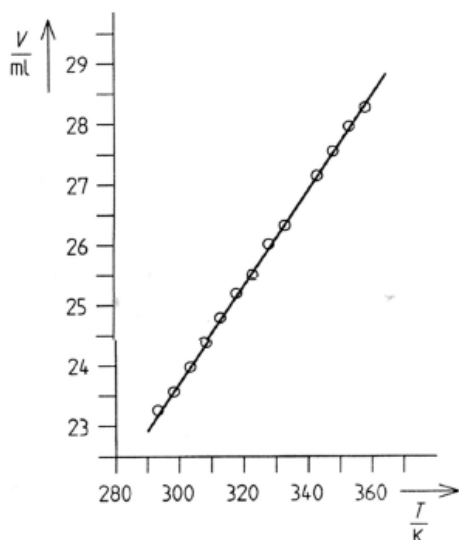


Рис. 6. Зависимость V от T .

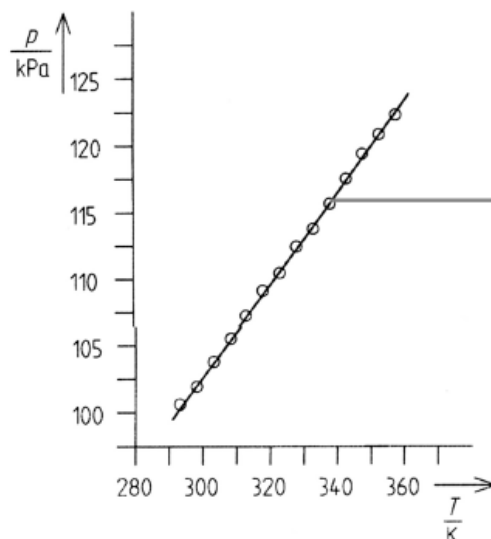


Рис. 7. Зависимость P от T .

Опыт 3. Проверка закона Шарля. По данным таблицы 3 можно построить график зависимости давления от температуры, рассчитать термический коэффициент давления β (P_0 - атмосферное давление при $t = 0^\circ\text{C}$, (см. формулу (16)).

Из графиков можно найти следующие величины:

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = \frac{vR}{P} = V_0 \alpha$$

$$\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V = \frac{vR}{V} = P_0 \beta$$

$$\left(\frac{\partial V}{\partial P^{-1}}\right)_T = vRT$$

Следует рассчитать R - универсальную газовую постоянную из уравнения (18). Изопределений коэффициентов α , β , χ находим связь между коэффициентом теплового расширения α , термическим коэффициентом давления β и модулем всестороннего сжатия χ .

$$\frac{V_0 \alpha \chi}{P_0 V \beta} = 1$$

В формулах использованы значения, соответствующие нормальным условиям: $T_0 = 298,15$ К; $P_0 = 101,325$ кПа, $V_0 = 0,022414$ м³/моль.

Индивидуальные задания

Задаие 1

- вывести формулу основного уравнения состояния идеального газа.
- Снять зависимость объема от давления при постоянной массе и температуре (как в задаче 1), данные занести в таблицу 2. Начертить график V от $1/P$, по которому рассчитать χ , если $\alpha = \beta$.

- Рассчитать погрешность измерений объема

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta \pi}{\pi}, \text{ при } V_0 = \text{const.}$$

Записать результат $V = V \pm \Delta V$.

Задаие 2

- Из основного уравнения состояния идеального газа получить уравнения состояний для изотермы, изобары, изохоры.
- Провести измерения зависимости объема от температуры, данные занести в таблицу 3. Построить график зависимости V от T и сравнить его с теоретическим законом Гей-Люссака.

3. Рассчитать по графику коэффициент теплового расширения α .

Задание 3.

1. Из определения коэффициентов α , β , χ получить соотношение

$$\frac{V_0 \alpha \chi}{P_0 V \beta} = 1$$

2. Провести измерение давления от температуры, данные занести в таблицу 3. Построить график зависимости P от T . Рассчитать по графику термический коэффициент давления β .

3. Рассчитать погрешность измерений давления и представить результат в виде: $P = P \pm \Delta P$.

Задание 4.

1. Вывести формулу закона Менделеева-Клапейрона.

2. Снять зависимость объема от давления при $T = \text{const}$ и $V = \text{const}$, данные занести в таблицу

2. Построить график зависимости V от P и сравнить его с законом Бойля-Мариотта.

3. Рассчитать модуль всестороннего сжатия воздуха χ по формуле:

$$\frac{V_0 \alpha \chi}{P_0 V \beta} = 1$$

где $P_0 = 101,325$ кПа, если $a = 3,621 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$, $b = 3,628 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$

Контрольные вопросы:

1. Какой процесс называется изотермическим? Каким уравнением он описывается?
2. Какой процесс называется изобарическим? Каким уравнением он описывается?
3. Какой процесс называется изохорическим? Каким уравнением он описывается?
4. Как в данной работе определяется коэффициент теплового расширения α ?
5. Как в данной работе определяется термический коэффициент давления β ?
6. Как в данной работе определяется модуль всестороннего сжатия χ ?
7. Как связаны между собой коэффициенты α , β и χ ?

Практическая работа №8

«Первый закон термодинамики»

Цель: научиться применять первый закон термодинамики при решении задач.

Краткая теория

Если рассматривать все тела, участвующие в процессе, и учитывать изменение и механической и внутренней энергии всех тел, то в итоге получим, что полная энергия — величина постоянная. Это закон сохранения полной энергии. В термодинамике он носит название *первого начала* и формулируется следующим образом: теплота, сообщенная газу, идет на изменение его внутренней энергии и на работу, совершаемую газом против внешних сил:

$$Q = \Delta U + A$$

Устройства, превращающие энергию топлива в механическую энергию, называются тепловыми двигателями.

КПД теплового двигателя — важная его характеристика. ТД подчиняется первому закону термодинамики и конечно же второму закону термодинамики (передача тепла происходит от более нагретого тела к менее нагретому).

Коэффициентом полезного действия называют отношение полезной работы, совершенной данным двигателем, к количеству теплоты, полученному от нагревателя. КПД выражают в

$$\text{процентах. } \eta = \frac{A}{Q_{\text{н}}} \cdot 100\% \quad \eta = \frac{Q_{\text{н}} - Q_{\text{х}}}{Q_{\text{н}}} \cdot 100\%$$

$Q_{\text{н}}$ — теплота, полученная от нагревателя, Дж $Q_{\text{х}}$ — теплота, отданная холодильнику, Дж

Этот КПД является реальным, т.е. как раз эту формулу и используют для характеристики реальных тепловых двигателей.

В 19 веке в результате работ по теплотехнике французский инженер Сади Карно предложил другой способ для определения (через термодинамическую температуру):

$$\eta = \frac{T_{\text{н}} - T_{\text{х}}}{T_{\text{н}}} \cdot 100\%$$

$T_{\text{н}}$ — термодинамическая температура нагревателя, К

$T_{\text{х}}$ — термодинамическая температура холодильника, К.

И этот коэффициент полезного действия получил название максимального

Главное значение этой формулы состоит в том, что любая реальная тепловая машина, работающая с нагревателем, имеющим температуру T_n , и холодильником с температурой T_x , не может иметь КПД, превышающий КПД идеальной тепловой машины. Не существует теплового двигателя, у которого $\text{КПД} = 100\%$ или 1.

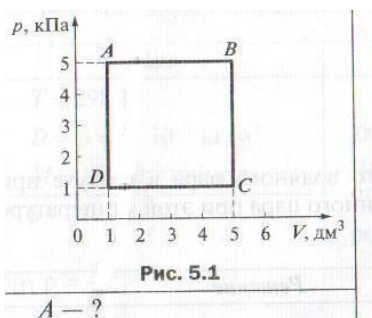
Задания для аудиторной работы

Вариант 1.

1. В стальном баллоне находится гелий массой 0.5 кг при температуре $t_1 = 10^\circ\text{C}$. Как изменится внутренняя энергия гелия, если его температура повысится до 30°C .
2. Вычислите увеличение внутренней энергии кислорода массой 0.5 кг при изохорном повышении его температуры на 15°C .
3. При изотермическом расширении идеальным газом совершена работа 15 кДж. Какое количество теплоты сообщено газу?
4. 0.2 кг азота нагревают при постоянном давлении от 20 до 80°C . Какое количество теплоты поглощается при этом? Какое количество теплоты поглощается при этом? Какую работу производит газ? Удельная теплоемкость азота при постоянном давлении $C = 108 \text{ Дж/кг}\cdot\text{K}$.
5. Водород массой $m = 4 \text{ г}$, занимая первоначальный объем $V_1 = 0.1 \text{ м}^3$, расширяется до объема $V_2 = 1 \text{ м}^3$. Определите: 1) A_1 – работу газа при изобарном процессе; 2) A_2 – работу газа при изотермическом процессе. Начальная температура газа $T_1 = 300 \text{ К}$.
6. Найти КПД теплового двигателя, если газ получает от нагревателя 200 Дж теплоты и отдает холодильнику 135 Дж.
7. Чему равен КПД теплового двигателя, если температура нагревателя 800°C , а температура холодильника 25°C ?
8. Оцените максимальное значение КПД, которое может иметь тепловая машина с температурой нагревателя 727°C и температурой холодильника 27°C .
9. Каков КПД теплового двигателя, если рабочее тело, получив от нагревателя количество теплоты 1,6 МДж, совершило работу 400 кДж? Какое количество теплоты передано холодильнику?
10. Чему равен КПД идеального теплового двигателя, если температура нагревателя 500°C , а температура холодильника 20°C ?

Вариант 2.

1. Определите работу A , совершаемую газом за один цикл, состоящий из двух изобар и двух изохор. (рис. 5.1)



2. Для изобарного нагревания газа, количество вещества которого 400 моль, на 300°K ему сообщили количество теплоты 5.4 МДж. Определите работу газа и приращение его внутренней энергии.
3. В закрытом баллоне находится газ. При охлаждении его внутренняя энергия уменьшилась на 500 Дж. Какое количество теплоты отдал газ? Совершил ли он работу?
4. В теплоизолированном цилиндре с поршнем находится азот массой 0.3 кг при температуре 20°C . Азот, расширяясь, совершает работу 6705 Дж. Определить изменение внутренней энергии азота и его температуру после расширения ($C_v = 745 \text{ Дж/кг}\cdot\text{K}$).
5. Углекислый газ массой $m = 20 \text{ г}$ нагрет от температуры $T_1 = 290 \text{ К}$ до температуры $T_2 = 300 \text{ К}$ при постоянном давлении. Определите: 1) A – работу, которую совершил газ при расширении; 2) ΔU – изменение его внутренней энергии.
6. КПД идеальной машины 60%, температура нагревателя 480°C . Какова температура холодильника? Какая часть теплоты, получаемой от нагревателя, уходит в холодильник?
7. Тепловой двигатель совершает за цикл работу 100 Дж. Какое количество теплоты получено при этом от нагревателя, если КПД равен 20%?

8. Чему равен максимальный КПД идеального теплового двигателя, если температура нагревателя 455°C , а температура холодильника 273°C ?

9. Определите КПД теплового двигателя, если количество теплоты, полученное от нагревателя за цикл, равно 500 Дж, а количество теплоты, отданное холодильнику за цикл, составляет 400 Дж.

10. Температуры нагревателя и холодильника идеальной тепловой машины соответственно равны 380К и 280К. Во сколько раз увеличится КПД машины, если температуру нагревателя увеличить на 200К?

Контрольные вопросы

1. Какие виды энергетического взаимодействия тел рассматриваются в технической термодинамике?

2. В чем состоит сущность принципа эквивалентности теплоты и работы?

3. В каких случаях считается теплота величиной положительной?

4. В каких случаях считается работа изменения объема величиной положительной?

5. Какое принципиальное различие между понятиями «внутренняя тепловая энергия» и «теплота»?

Практическая работа №9 «Второй закон термодинамики. Цикл Карно»

Основные формулы

1. Второй закон термодинамики

$$ds \geq \frac{dq}{T}$$

$$s_2 - s_1 \geq \int_1^2 \frac{dq}{T}$$

Знаки равенства и неравенства для обратимых и необратимых процессов соответственно.

2. Изменение энтропии для идеальных газов

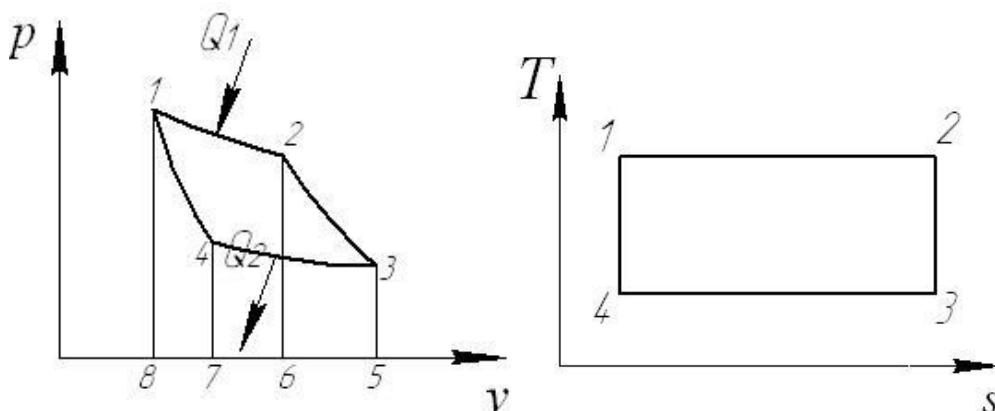
$$S_2 - S_1 = C_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{v_2}{v_1}$$

$$S_2 - S_1 = C_p \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{p_2}{p_1}$$

$$S_2 - S_1 = C_p \ln \frac{v_2}{v_1} + C_v \ln \frac{p_2}{p_1}$$

3. Цикл Карно

Цикл Карно состоит из двух адиабат и двух изотерм.



Количество подведенной теплоты

$$q_1 = RT_1 \ln \frac{v_2}{v_1}$$

Количество отведенной теплоты

$$q_2 = RT_2 \ln \frac{v_3}{v_4}$$

Работа цикла Карно

$$l_{\text{с}} = q_1 - q_2$$

Термический КПД

$$\eta_t = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = 1 - \frac{q_2}{q_1}$$
$$\eta_t = \frac{l_{\delta}}{q_1}$$
$$\eta_t = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Где T_1 и T_2 – соответственно температуры верхнего и нижнего источника теплоты в К.

Задача №1

Определите изменение энтропии 3 кг азота в политропном процессе при изменении температуры от $t_1 = 100$ С до $t_2 = 300$ С. Показатель политропы $n = 1,2$. Теплоемкости принять по молекулярно-кинетической теории.

Задача №2

Определить изменение энтропии водорода в изотермическом процессе при изменении давления от 1 МПа до 3 МПа. Теплоемкость принять по молекулярно-кинетической теории.

Задача №3

Определить энтропию 1 кг кислорода при $p = 0,8$ МПа и $t = 250$ С. Теплоемкость считать постоянной.

Задача №4

Определить энтропию 1 кг кислорода при $p = 0,8$ МПа и $t = 250$ С. Теплоемкость считать переменной, приняв зависимость ее от температуры линейной.

Задача №5

1 кг воздуха сжимается по политропе от 0,1 МПа и 20 С до 0,8 МПа при $n = 1,2$. Определить конечную температуру, изменение энтропии, количество отведенной теплоты и затраченную работу.

Задача №6

К газу в круговом процессе подведено 250 кДж теплоты. Термический КПД равен 0,46. найти работу, полученную за цикл.

Задача №7

В результате осуществления кругового процесса получена работа, равная 80 кДж, а отдано охладителю 50 кДж теплоты. Определить термический КПД цикла.

Задача №8

1 кг воздуха совершает цикл Карно в пределах температур $t_1 = 627$ С и $t_2 = 27$, причем наивысшее давление составляет 6 МПа, а низшее – 0,1 МПа. Определить параметры состояния воздуха в характерных точках цикла, работу, термический КПД цикла и количество подведенной и отведенной теплоты.

Практическая работа №10 «Идеальные циклы поршневых ДВС»

Цель работы: изучить идеальные циклы поршневых ДВС

Порядок выполнения работы:

Тепловые двигатели, работа которых осуществляется за счет энергии топлива, сжигаемого в цилиндре самого двигателя, называются поршневыми двигателями внутреннего сгорания (ДВС). В реальных ДВС превращение теплоты в работу связано с целым комплексом сложных физико-химических, газодинамических и термодинамических процессов, учет которых делает изучение циклов достаточно сложным. Такие циклы ДВС называют действительными. ДВС подразделяют на двигатели с принудительным воспламенением горючей смеси, работающие с подводом теплоты при постоянном объеме, и двигатели с самовоспламенением, работающие с подводом теплоты при постоянном давлении или со смешанным подводом тепла.

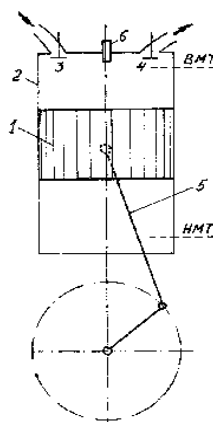


Рис. 13.1

Рабочий цикл ДВС заключается в следующем. При движении поршня 1, который движется в водоохлаждаемом цилиндре 2 (рис. 13.1), от верхней мертвой точки (ВМТ) вниз при открытом впускном клапане 3 совершается такт всасывания в цилиндр горючей смеси (или воздуха для дизелей). При достижении поршнем нижней мертвой точки (НМТ) впускной клапан закрывается и поршень, перемещаясь вверх, совершает такт сжатия. При подходе поршня к ВМТ топливовоздушная смесь воспламеняется и давление вследствие выделяющейся теплоты резко поднимается. После завершения сгорания (или во время сгорания) совершается такт, называемый рабочим ходом (или тактом расширения), во время которого поршень движется от ВМТ к НМТ. Вблизи НМТ открывается выпускной клапан 4, давление падает и при движении поршня от НМТ к ВМТ отработавшие газы выталкиваются из цилиндра (такт выхлопа). Возвратно-поступательное движение поршня преобразуется во вращательное движение с помощью кривошипно-шатунного механизма 5. Воспламенение горючей смеси осуществляется с помощью специального запального устройства (свечи зажигания) 6. В дизельных двигателях всасывают и сжимают чистый воздух, а топливо впрыскивается в конце такта сжатия в мелко распыленном виде через специальную форсунку. Двигатели, работающие таким образом, называют четырехтактными, то есть рабочий цикл четырехтактных двигателей складывается из четырех ходов поршня, производимых за два полных оборота коленчатого вала двигателя. Двигатели, у которых цикл совершается за два хода поршня (один оборот коленвала), называются двухтактными. У них ход выталкивания и всасывания заменяется продувкой цилиндра через специальные окна в цилиндре.

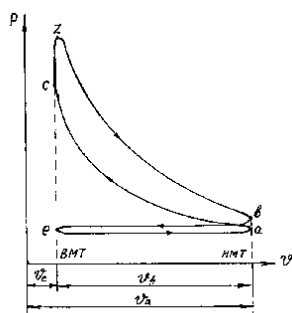


Рис.13.2

Исследование рабочего цикла в двигателях производится с помощью особых приборов - индикаторов. Они позволяют получить индикаторные диаграммы, отображающие изменение давления в цилиндре двигателя (рис. 13.2). На индикаторной диаграмме ea - всасывание горючей смеси (или воздуха); асз - сжатие и сгорание горючей смеси; zv - рабочий ход (процесс расширения продуктов сгорания); ве - процесс выталкивания (такт выхлопа). Обозначения, принятые на рисунке: v_c - объем камеры сжатия; v_n - рабочий объем цилиндра; v_a - полный объем цилиндра.

При термодинамическом исследовании циклов ДВС полагают: 1) циклы замкнуты. В действительности же продукты сгорания удаляются в атмосферу, а на их место поступает новая порция рабочего тела; 2) рабочее тело в цикле рассматривается как идеальный газ с постоянной теплоемкостью; 3) процесс сгорания заменяется обратимым процессом подвода теплоты q_1 извне; 4) процесс уноса теплоты, содержащейся в продуктах сгорания, заменяется обратимым отводом теплоты q_2 ; 5) потери на трение и потери теплоты в окружающую среду отсутствуют.

При таких предпосылках можно считать, что ДВС работают по обратимым термодинамическим циклам.

Циклы ДВС можно свести к трем основным видам:

- 1) цикл с подводом теплоты при постоянном объеме (цикл Отто);
- 2) цикл с подводом теплоты при постоянном давлении (цикл Дизеля);

3) цикл со смешанным подводом теплоты вначале при постоянном объеме, а затем при постоянном давлении (цикл Тринклера).

Во всех этих циклах отвод теплоты происходит при постоянном объеме, а сжатие и расширение считаются адиабатными.

Контрольные вопросы

1. Что такое ДВС?
2. Смысл работы цикла ДВС?
3. Виды циклов ДВС?
4. Вывод

Практическая работа №11

«Определение КПД паросиловой установки и эффекта от повышения начальных параметров состояния пара и уменьшения конечных, от введения промежуточного перегрева пара»

Цель: приобретение практических навыков определения КПД паросиловой установки и эффекта от повышения начальных параметров состояния пара и уменьшения конечных, от введения промежуточного перегрева пара.

Задание. По заданному варианту решите следующие задачи

На оценку «3»	На оценку «4»	На оценку «5»
1,2,3	1,2,3,4	1,2,3,4,5

1. В цикле паросиловой установки с турбиной Р-25-90/18 начальные параметры пара $p_1 = (8,82 + 0,1 \cdot \text{вариант})$ МПа и $t_1 = (535 + \text{вариант})^\circ\text{C}$. Давление в конце процесса расширения $(1,76 + 0,1 \cdot \text{вариант})$ МПа. Определить термический к.п.д. и работу 1 кг пара.

Значения энтальпии водяного пара в начале и конце процесса определяются по диаграмме состояния водяного пара. 1 МПа = 10 бар.

2. Начальные параметры пара в цикле паросиловой установки $p_1 = (9,0 + 0,01 \cdot \text{вариант})$ МПа, $t_1 = (530 + \text{вариант})^\circ\text{C}$ и в конце расширения $p_2 = (3,5 + 0,1 \cdot \text{вариант})$ кПа. Определить термический к.п.д. Как изменится термический к.п.д. цикла, если расширение в турбине будет происходить до давления $p_2 = (0,2 + 0,1 \cdot \text{вариант})$ МПа?

Значения энтальпии водяного пара в начале и конце процесса определяются по диаграмме состояния водяного пара.

3. Определить увеличение термического к.п.д. паросиловой установки при переходе от начальных параметров пара $(3,5 + 0,1 \cdot \text{вариант})$ МПа и $(435 + 10 \cdot \text{вариант})^\circ\text{C}$ к параметрам $(13,0 + 0,1 \cdot \text{вариант})$ МПа и $(565 + 10 \cdot \text{вариант})^\circ\text{C}$. Давление в конденсаторе принять одинаковым и равным 4,0 кПа.

Значения энтальпии водяного пара в начале и конце процесса определяются по диаграмме состояния водяного пара. Вначале определяется термический к.п.д. при первых начальных параметрах, а затем – при вторых. Полученные значения сравниваются.

4. Сравнить термический к.п.д. локомотивной и стационарной паросиловых установок при одинаковых начальных параметрах пара $p_1 = (1,6 + 0,1 \cdot \text{вариант})$ МПа и $t_1 = (380 + 10 \cdot \text{вариант})^\circ\text{C}$, если давление конца расширения в локомотивной паровой машине 0,115 МПа, а в стационарной – 0,01 МПа.

По начальным параметрам определяется значение энтальпии в начале процесса, а затем значения энтальпии в конце процесса при двух значениях давления p_2 . Затем определяются термические к.п.д. установок и сравниваются полученные значения.

5. Определить изменение термического к.п.д. и полезной работы 1 кг пара в цикле паросиловой установки с введением вторичного перегрева пара. Начальные параметры пара в цикле $p_1 = 3,5$ МПа и $t_1 = 450^\circ\text{C}$ и $p_2 = 4,0$ кПа. Вторичный перегрев пара производится при давлении 0,5 МПа до температуры 430°C . Работу насоса не учитывать.

Вопросы для самоподготовки

1. Из каких узлов и механизмов состоит паросиловая установка?
2. Из каких процессов состоит цикл Ренкина?
3. При каком процессе происходит совершение полезной внешней работы?
4. Чему равен термический к.п.д. цикла Ренкина?

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

выполнения практических заданий текущего контроля

- оценка «отлично». За глубокое и полное овладение содержанием учебного материала, в котором обучающийся ориентируется, умеет приводить примеры: факторов производства и факторных доходов, общественных благ, российских предприятий разных организационных форм, глобальных экономических проблем; умеет описывать: действие рыночного механизма, основные формы заработной платы и стимулирования труда, инфляцию, основные статьи госбюджета России, экономический рост, глобализацию мировой экономики; умеет объяснять: взаимовыгодность добровольного обмена, причины неравенства доходов, виды инфляции, проблемы международной торговли;

- оценка «хорошо». Если обучающийся полно освоил учебный материал, владеет содержанием учебного материала, умеет приводить примеры: факторов производства и факторных доходов, общественных благ, российских предприятий разных организационных форм, глобальных экономических проблем; умеет описывать: действие рыночного механизма, основные формы заработной платы и стимулирования труда, инфляцию, основные статьи госбюджета России, экономический рост, глобализацию мировой экономики; умеет объяснять: взаимовыгодность добровольного обмена, причины неравенства доходов, виды инфляции, проблемы международной торговли, грамотно излагает ответ, по содержанию ответа, и в форме ответа имеются отдельные неточности.

- оценка «удовлетворительно». Если обучающийся обнаруживает знания и понимание положенного учебного материала, понятийного аппарата, но излагает их неполно, непоследовательно, допускает неточности в определении понятий, не умеет доказательно обосновать свои суждения.

- оценка «неудовлетворительно». Если обучающийся имеет разрозненные, бессистемные знания, не умеет выделять главное и второстепенное, допускает ошибки в определении понятий, искажает их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал.

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основные источники:

Основы гидравлики и теплотехники: учебник / Т.А. Суэтина, А.Н. Румянцева, Т.В. Артемьева, Е.Ю. Жажка. – Москва: Издательский центр «Академия», 2020. – 240 с.

Дополнительные источники:

Вольвак, С. Ф. Основы гидравлики и теплотехники: практикум : учебное пособие / С.Ф. Вольвак, Ю.Н. Ульянов, Д.Н. Бахарев. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 238 с. — ISBN 978-5-16-015657-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1045053> (дата обращения: 08.06.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

Филин В. М. Гидравлика, пневматика и термодинамика : курс лекций / под общ.ред. В.М. Филина. — Москва : ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2020. — 318 с. — ISBN 978-5-16-102131-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1045819> (дата обращения: 08.06.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей

3. Промежуточная (семестровая) аттестация по курсу

11.1 Нормативная база проведения промежуточной аттестации студентов по результатам изучения дисциплины:	
1) «Положение о текущем контроле успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры и среднего профессионального образования в ФГБОУ ВО Омский ГАУ»	
11.2. Основные характеристики промежуточной аттестации студентов по итогам изучения дисциплины	
Для экзамена	
Цель промежуточной аттестации -	установление уровня достижения каждым студентом целей обучения по данной дисциплине
Форма промежуточной аттестации -	экзамен
Место экзамена в графике учебного процесса:	1) подготовка к экзамену осуществляется за счёт учебного времени (трудоемкости), отведённого на экзаменационную сессию для студентов, сроки которой устанавливаются приказом по филиалу
	2) дата, время и место проведения экзамена определяется

	графиком сдачи экзаменов, утверждаемым заместителем директора по образовательной и научной деятельности
Основные условия подготовки к экзамену	прохождение заключительного тестирования, по результатам освоения дисциплины
Форма проведения -	(Письменный, устный)
Процедура проведения экзамена -	представлена в фонде оценочных средств по дисциплине
Экзаменационная программа по учебной дисциплине:	1) представлена в фонде оценочных средств по дисциплине
Основные критерии достижения соответствующего уровня освоения программы учебной дисциплины, используемые на экзамене,	представлены в п. 4

3.2. Заключительное тестирование по итогам изучения дисциплины

По итогам изучения дисциплины, обучающиеся проходят заключительное тестирование. Тестирование является формой контроля, направленной на проверку владения терминологическим аппаратом, современными информационными технологиями и конкретными знаниями поддисциплине.

3.2.1 Подготовка к заключительному тестированию по итогам изучения дисциплины

Тестирование осуществляется по всем темам и разделам дисциплины, включая темы, выносимые на самостоятельное изучение.

Процедура тестирования ограничена во времени и предполагает максимальное сосредоточение обучающегося на выполнении теста, содержащего несколько тестовых заданий.

3.2.2 ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

ответов на тестовые вопросы тестирования по итогам освоения дисциплины

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если получено более 81% правильных ответов.
- оценка «хорошо» - получено от 71 до 80% правильных ответов.
- оценка «удовлетворительно» - получено от 61 до 70% правильных ответов.
- оценка «неудовлетворительно» - получено менее 61% правильных ответов.