

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет**

Кафедра общей и технической физики

**ФИЗИКА.
ЦИКЛ ТЕПЛОВОЙ МАШИНЫ**

*Методические указания к лабораторным работам
для студентов всех специальностей и направлений подготовки*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021**

УДК 531/534 (073)

ФИЗИКА. Цикл тепловой машины: Методические указания к лабораторным работам / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *М.Ю. Кожокарь, А.А. Страхова, А.С. Иванов.* СПб, 2021. 20 с.

Методические указания к лабораторным работам для курса общей физики предназначен для студентов всех специальностей Санкт-Петербургского горного университета

С помощью методических указаний, студент имеет возможность ознакомиться с методикой выполнения лабораторного исследования, физическими явлениями, и правилами оформления лабораторных работ.

Выполнение лабораторного практикума проводится студентом по индивидуальному графику.

Научный редактор доц. *Н. Н. Смирнова*

Рецензент к.ф.-м.н., доцент *Ю.В. Чуркин* (АО «Корпорация «Комета» - «НПЦ ОЭКН»)

Введение

Цель данного лабораторного практикума, как и дисциплины в целом – приобретение знаний и умений по физике в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом (ФГОС) по различным направлениям подготовки бакалавров и специалистов.

В соответствии с требованиями результат освоения лабораторного практикума направлен на формирование общих и профессиональных компетенций заключающихся в способностях:

- организовать работу для достижения поставленных целей;
- применять на практике полученные навыки при выполнении и описании исследований;
- работать исключительно самостоятельно;
- использовать инновационные и новаторские идеи;
- принимать активное участие в научно-исследовательских разработках.

Виртуальная лабораторная практика в физике в сочетании крупномасштабных вариантов и моделей, обеспечивает при этом высокую точность результатов и делает виртуальный опыт важным элементом для повышения качества обучения и повышения его мотивации. Кроме того, физические задачи, выраженные не только в текстовой форме, но и представленные в лабораторном варианте, позволяют тренировать процесс принятия технических решений на разных уровнях. Это очень важный элемент инженерной подготовки.

В виртуальной лабораторной работе реальная установка имитирует системный блок компьютера. Пульт дистанционного управления - это клавиатура. Монитор сочетает в себе все функциональные возможности цифрового дисплея измерительных приборов и экрана для контроля работы установки исследуемых процессов. Элементы виртуальной установки реагируют на действия пользователя, которые регулируются протоколами.

Для экспериментальной проверки уравнений газовых состояний предлагается данная виртуальная лабораторная работа. Программное обеспечение позволяет исследовать поведение идеального газа, в частности: изотермический, изобарный и

изохорный процессы. При выполнении основных заданий на основе экспериментальных данных учащиеся определяют такие параметры, как объем V , давление P , температура T и рисуют диаграммы для исследуемых процессов, а также градуировочную диаграмму для зависимости $P = f(t)$.

Молекулярная физика и термодинамика являются теоретической основой традиционных и инновационных термических методов добычи полезных ископаемых, прогноза и регулирования теплового режима в геотехнологических системах, технологических процессов металлургического и обогащительного производства (пирометаллургия, обжиг, сушка концентрата, выщелачивание и т.д.), и многих других.

В технологических процессах, сопровождающихся переносом вещества и энергии, термодинамическому исследованию подлежат процессы нагревания и охлаждения, плавления и кристаллизации, испарения и конденсации, а также химические реакции.

Студенты допускаются к занятиям в лаборатории при подготовке на аудиторном занятии теоретической базы новой работы, наличии заготовки к ней и защиты предыдущей работы.

1. Тепловые машины

1.1 Цикл Карно. КПД тепловых двигателей

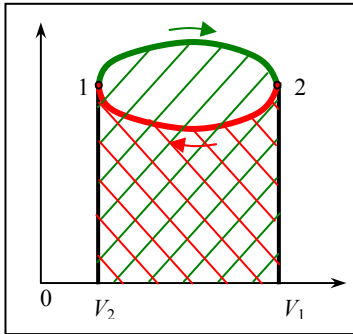


Рис. 1 Циклический процесс

Циклический процесс – совокупность термодинамических процессов, в результате которых система возвращается в исходное состояние. На диаграммах состояния $p - V$ (рис. 1) круговые процессы изображаются замкнутыми кривыми.

Работа, совершаемая газом за цикл, определяется площадью, охватываемой кривой; изменение внутренней энергии равно нулю:

$$\oint dU = 0 \quad (1)$$

Первое начало термодинамики для круговых процессов имеет вид

$$\oint dQ = \oint dA, \quad (2)$$

где знак \oint означает интегрирование по замкнутому контуру.

Прямым циклом называется круговой процесс, в котором система совершает положительную работу

$$A = \oint pdV > 0 \quad (3)$$

Замкнутая кривая на диаграмме, изображающая прямой цикл, описывается по часовой стрелке.

Обратным циклом называется круговой процесс, в котором система совершает отрицательную работу

$$A = \oint pdV < 0 \quad (4)$$

На диаграмме обратный цикл изображается замкнутой кривой, проходимой против часовой стрелки.

Обратимый процесс – это такой термодинамический процесс, при котором изменение состояния системы, будучи

проведено в обратном направлении, возвращает ее в исходное состояние так, чтобы система прошла через те же промежуточные состояния, что и в прямом процессе, но в обратной последовательности, а состояние тел вне системы осталось бы неизменным.

Необратимый процесс – это такой термодинамический процесс, после окончания которого систему нельзя вернуть в начальное состояние так, чтобы нигде в среде не осталось никаких изменений.

Любая тепловая машина состоит из трех частей – нагревателя, холодильника и рабочего тела.

Рабочее тело – термодинамическая система, совершающая круговой процесс и обменивающаяся энергией с другими телами. Обычно рабочим телом является газ.

Нагреватель (теплоотдатчик) – тело, сообщаемое термодинамической системе энергию в форме некоторого количества теплоты.

Холодильник (теплоприемник) – тело, получающее от термодинамической системы энергию в виде некоторого количества теплоты.

Термодинамический коэффициент полезного действия тепловой машины – отношение полезной работы (работы, совершенной рабочим телом в рассматриваемом прямом круговом процессе) к сумме всех количеств тепла, сообщенных рабочему телу нагревателями:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}, \quad (5)$$

где Q_1 – количество теплоты, полученное рабочим телом от нагревателя при температуре T_1 ,

Q_2 – количество теплоты, отданное рабочим телом холодильнику при температуре T_2 ,

A – работа, совершенная тепловой машиной за цикл,

η – термодинамический коэффициент полезного действия тепловой машины.

1.2 КПД цикла Карно

Цикл Карно – прямой круговой процесс, при котором выполненная системой работа максимальна. Цикл состоит из двух изотермических и двух адиабатических расширений и сжатий (рис. 2)



Рис. 2 Цикл Карно

В процессе а – b рабочее тело получает от нагревателя количество теплоты Q_1 , а в процессе с – d – рабочее тело отдает холодильнику количество, теплоты Q_2

Теорема Карно. Тепловая машина при данных значениях температур нагревателя и холодильника, не может иметь большего КПД, чем машина, работающая по обратимому циклу Карно при тех же значениях температур нагревателя и холодильника.

Термический коэффициент полезного действия обратимого цикла Карно не зависит от природы рабочего тела и является функцией только абсолютных температур нагревателя – T_1 и холодильника T_2 .

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (6)$$

В обратимом цикле Карно выполняется соотношение:

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{Q_1}{Q_2}, \quad (7)$$

где T_1 – температура нагревателя, T_2 – температура холодильника, Q_1 – количество теплоты, переданное системе нагревателем, Q_2 – количество теплоты, переданное системой холодильнику.

Термический КПД произвольного обратимого цикла:

$$\eta_{\text{обрат}} \leq \frac{T_{\text{max}} - T_{\text{min}}}{T_{\text{max}}}, \quad (8)$$

где T_{max} и T_{min} – экстремальные значения температуры нагревателя и холодильника, участвующих в осуществлении рассматриваемого цикла.

2. Лабораторная работа. Цикл тепловой машины

Цель работы: исследование принципа работы простейшей тепловой машины в прямом и обратном цикле.

Будем называть тепловой машиной устройство, способное переносить тепло от менее нагретого тела к более нагретому. В случае если при этом процессе увеличивается температура теплоприемника за счет неограниченного запаса тепла в более холодном теле, цикл будем называть прямым, в случае уменьшения температуры более холодного тела за счет рассеяния тепла в более теплом теле, цикл будем называть обратным.

В промышленных тепловых машинах не применяется газ в качестве рабочего тела вследствие крайне низкого КПД, но для ознакомления с принципом работы тепловой машины газ в качестве рабочего тела удобен из-за простоты описания происходящих процессов. Рассмотрим основные этапы работы тепловой машины в прямом цикле. Предполагается, что в системе имеется неограниченный источник тепла, т.е. такой источник, который сохраняет свою температуру независимо от процессов теплообмена с ним. В качестве такого источника реально используется окружающая среда (уличный воздух, вода в больших водоемах). В качестве приемника тепла может выступать, например, воздух внутри помещения. За счет тепла источника газ в начале цикла сжатия приобретает температуру источника. В процессе сжатия температура газа повышается, избыточное тепло передается приемнику тепла. При этом часть тепла неизбежно теряется на нагрев частей установки и, в конечном итоге, возврат назад к источнику тепла. Поскольку масса газа в объеме цилиндра много меньше суммарной массы циркулирующей воды в теплоприемнике и деталей установки, теплом, потраченным на нагрев газа можно пренебречь, тогда уравнение теплового баланса за цикл сжатия можно записать в следующем виде:

$$\delta T \cdot C_{ж} = A - \delta T \cdot C_{уст} \quad (9)$$

где δT - изменение температуры системы за один ход поршня;

$C_{ж}$ - теплоемкость теплоприемника (воды);

$C_{уст}$ - теплоемкость цилиндра и поршня;

A - работа внешних сил по перемещению поршня.

Оценить работу A можно графически, построив график зависимости $p = f(V)$ по результатам измерения параметров состояния газа в процессе сжатия.

Экспериментальная установка

Схема установки изображена на рисунке ниже:

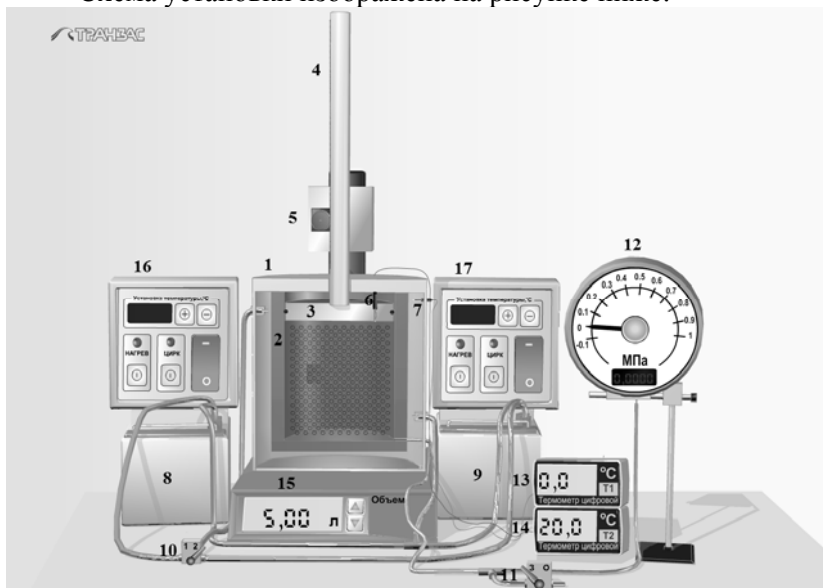


Рис. 3. Вид экспериментальной установки

Назначение и характеристика основных элементов установки:

а) **Термостатированный резервуар (1)**, с заключенным в нем цилиндром (2) с поршнем (3). Посредством штока (4) и реверсивного шагового привода (5) поршень может перемещаться в цилиндре. Управляется шаговый привод пультом (15), отображающим текущий объем под поршнем.

Параметры:

- объем под поршнем (геометрический): $V_{\min} = 0,5\text{л}$, $V_{\max} = 5\text{л}$;
- теплоемкость резервуара: $C_S = 400 \text{ Дж/}^\circ\text{C}$.

б) **Термостаты.** Термостатирование объема осуществляется прокачиваемой водой, температура которой поддерживается

термостатами (8) и (9), настроенными на поддержание низкой и высокой температуры. Выбор термостата, вода из которого в данный момент подается в объем (1), осуществляется вентилем (10). Каждый термостат имеет собственный пульт управления: (16) и (17). Термостаты расположены ниже уровня цилиндра и при отключении циркуляционного насоса вода из рубашки цилиндра стекает в соответствующий термостат. Термостат может находиться в трех состояниях:

1) "ВЫКЛ" - переключатели [нагрев] и [циркуляция] в положении [выключено], если в этом состоянии термостат подключен к системе вентилем (12), то в него стекает вода из рубашки цилиндра;

2) "ВКЛ" - переключатели [нагрев] и [циркуляция] в положении [включено], при этом на выходе термостата температура равна заданной регулятором [Уст. Т] независимо от величины температуры на входе;

3) "ЦИРКУЛЯЦИЯ." - переключатель [нагрев] в положении [выключено], переключатель [циркуляция] в положении [включено], при этом температура на выходе термостата равна температуре на входе. Допускается любое состояние термостата при любом положении вентиля (10).

Параметры:

- диапазон задаваемых температур: $t_{\min} = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{\max} = 98 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- объем циркулирующей воды: 1 л.

в) **Система заполнения цилиндра.** Для заполнения или вентиляции объема цилиндра служит вентиль (11) - соединяет внутренний объем цилиндра с атмосферой.

г) **Контроль давления.** Для контроля давления служит мановакуумметр (12). Прибор постоянно подключен к внутреннему объему цилиндра. Показания прибора - относительно атмосферного давления.

Параметры:

- шкала мановакуумметра: $- 0,1 \div 0 \div 1,2 \text{ МПа}$.

д) **Измерение температуры** внутри цилиндра осуществляется термопарой (6), индикация температуры - цифровой термометр (13).

Для измерения температуры воды используется термопара (7), индикация температуры - цифровой термометр (14).

Параметры:

- шкала термометра: $0 \div 200 \text{ }^\circ\text{C}$;

ЗАДАНИЕ

1. Запустите лабораторную работу. Отметьте в лабораторном журнале указанный преподавателем цикл тепловой машины и температуру источника (приемника) тепла.
2. При открытом вентиле 11 переведите поршень в верхнее положение, закройте вентиль 11.
3. Считаем левый термостат источником тепла (приемником). Установите на левом термостате заданную начальную температуру (25°C), переведите термостат в режим НАГРЕВ (режим НАГРЕВ на левом термостате будет включен постоянно).
4. Если исследуется прямой цикл тепловой машины, то подключите к цилиндру вентилем 10 правый термостат, переведите его в состояние ЦИРКУЛЯЦИЯ. Запишите параметры состояния (p, V, T) газа при верхнем положении поршня. Опускайте поршень вниз, записывая значения параметров (p, V, T) через каждые 0,5 л, дожидаясь установления температуры в цилиндре. Далее, выключите режим ЦИРКУЛЯЦИЯ правого термостата, дождитесь стекания воды из рубашки термостата. Подключите к цилиндру вентилем 10 левый термостат, переведите его в состояние ЦИРКУЛЯЦИЯ. Поднимите поршень в крайнее верхнее положение, дождитесь установления температуры в цилиндре, выключите режим ЦИРКУЛЯЦИЯ левого термостата, дождитесь стекания воды из рубашки термостата. На этом один цикл работы тепловой машины завершен.
5. Если исследуется обращенный цикл, то подключите к цилиндру вентилем 10 левый термостат, переведите его в состояние ЦИРКУЛЯЦИЯ. Опустите поршень вниз до отметки 0,5 л. Дождитесь установления температуры. Выключите режим ЦИРКУЛЯЦИЯ левого термостата, дождитесь стекания воды из рубашки термостата. Подключите вентилем 10 к цилиндру правый термостат, включите режим ЦИРКУЛЯЦИЯ. Запишите параметры

состояния (p, V, T) газа при нижнем положении поршня. Поднимайте поршень вверх, записывая значения параметров (p, V, T) через каждые 0,5 л, дожидаясь установления температуры в цилиндре. Далее, выключите режим ЦИРКУЛЯЦИЯ правого термостата, дождитесь стекания воды из рубашки термостата. На этом один цикл работы тепловой машины завершен.

6. Используя данные о теплоемкости системы и результаты измерения температуры при рабочем движении поршня, оцените совершенную работу A . Постройте график рабочего процесса и по нему определите совершенную работу A_0 . Сравните полученные результаты.

7. Повторите действия п.4 (или п.5) 10 (n) раз. Оцените затраченную работу по общему изменению температуры и сравните ее значение с величиной $n \cdot A_0$.

Объясните полученное расхождение.

Обработка результатов измерений

1. Занесите результаты измерений в таблицы:

Таблица 1

Физические величины	Номер опыта	1	...	n
	Единицы Измерений			
V	л			
T	К			
P	Па			

Таблица 2

Физические величины	Номер опыта	1	...	n
	Единицы измерений			
ΔT	К			
A	Дж			

2. Определить абсолютные погрешности прямых измерений.

3. Вывести формулы для оценки максимальной абсолютной и относительной погрешности косвенных измерений.

Контрольные вопросы

1. Что такое тепловой двигатель?
2. Принцип действия и устройство теплового двигателя.
3. Что называется КПД теплового двигателя?
4. Способы получения низких температур.
5. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изобарного адиабатного и изотермического процессов. При изобарном процессе 1 – 2 рабочее тело (идеальный газ) нагревается от 250 К до 500 К. Найти термический КПД данной машины и машины, работающей по циклу Карно, происходящему между максимальной и минимальной температурами данного цикла.

3. Требования к выполнению лабораторных работ

1. Выполнение лабораторных работ проводится в аудиториях и учебных лабораториях кафедры ОТФ (по 2 учебных часа на 1 работу) в соответствии с графиком работ по учебным лабораториям механики, электромагнетизма, оптики, физики твердого тела и виртуальных экспериментов. В случае пропуска прошлого занятия по уважительной причине на очередном занятии делается следующая по графику работа.
2. Студенты допускаются к занятиям в лаборатории при подготовке на аудиторном занятии теоретической базы новой работы, наличии заготовки к ней и защиты предыдущей работы.
3. Полученные в результате работы данные заносятся в таблицу и после ее завершения подписываются преподавателем или инженером - лаборантом.

4. Требования к содержанию отчета по лабораторной работе

1. Отчеты к лабораторной работе оформляются на компьютере, с целью совместимости с установленным программным обеспечением следует предоставлять готовые работы в формате MSWord, таблицы могут быть оформлены в формате MSeXcel.
2. Печать на одной стороне листа белой бумаги формата А4. Поля: левое - 30 мм; правое -25 мм; верхнее и нижнее по 25 мм.
3. Тип шрифта для текста Times New Roman, прямой. Высота шрифта: тело абзаца-12, заголовки и другие рубрики-14. Интервал - 1,5.
4. Выравнивание по абзацу - двустороннее, для заголовка -по центру. Слова и заголовки не разрываются, а переносятся целиком.

Требования к содержанию отчета:

1. Цель работы.
2. Краткое теоретическое содержание:
 - а) явления, изучаемые в работе;
 - б) определение основных физических понятий, объектов, процессов и величин;
 - в) законы и соотношения (использованные при выводе расчетной формулы);
 - г) пояснения к физическим величинам, входящим в формулы, и единицы их измерений.
3. Основные расчетные формулы.
4. Формулы погрешности косвенных измерений.
5. Таблицы (указать номер и название).
6. Пример вычислений.
 - а) Исходные данные (постоянные параметры в лабораторной работе).
 - б) Погрешности прямых измерений
 - в) Вычисления: [*величина = формула = подстановка чисел = результат вычисления, единицы измерений*].
 - г) Вычисление погрешностей косвенных измерений.
7. Графический материал:
 - а) Аналитическое выражение функциональной зависимости, которую необходимо построить.

б) На осях координат указать масштаб, наименование физической величины и единицы измерения.

в) График искомой зависимости.

8. Результат в виде $x = \bar{x}_{\text{ср}} \pm \Delta x$ или $x = \bar{x}_{\text{ср}} \pm \sigma_x$,

где x – физическая величина, Δx и σ_x – абсолютная и среднеквадратичная погрешности косвенных измерений.

9. Анализ и выводы должны базироваться на сравнительной оценке экспериментального результата с теоретическим, с данными справочника, более точными экспериментальными данными. Указать возможные причины расхождения.

5. Рекомендации по защите отчета

К защите допускаются студенты, составившие отчет в установленные сроки в соответствии с требованиями к его содержанию. После проверки преподавателем содержания отчета на наличие ошибок и недостатков студент допускается к защите.

Для успешной защиты необходимо изучить теоретический материал по теме работы и освоить математический аппарат, необходимый для вывода вычислительных формул от работы.

Для подготовки к защите в дополнение к этому методическому обучению необходимо использовать учебники и другие учебные материалы, рекомендованные для учебного процесса кафедрой ОТФ в соответствие с учебной программой.

В процессе защиты студент должен уметь отвечать на вопросы в полном объеме по теоретическому и методическому содержанию данной лабораторной работы, самостоятельно выводить необходимые формулы, проводить анализ полученных зависимостей и комментировать достигнутые результаты.

6. Приложение

Таблица 3

Множители и приставки для образования десятичных и кратных единиц

Мно жите ль	Приставка		Мно жите ль	Приставка	
	Наименовани е	Обозначение		Наименовани е	Обозначение
10^3	кило	к	10^{-3}	милли	м
10^6	мега	М	10^{-6}	микро	мк
10^9	гига	Г	10^{-9}	нано	н
10^{12}	тера	Т	10^{-12}	пико	п

Таблица 4

Основные физические постоянные

Физическая величина	Численное значение
Атомная единица массы (унифицированная)	1 а.е.м. = $1,660531(11) \cdot 10^{-27}$ кг = 931,481(52) МэВ
Число Авогадро	$6,022169(40) \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹
Давление атмосферное нормальное	$1,01325 \cdot 10^5$ Па
Молярная газовая постоянная	$8,3144(26)$ Дж/К·моль
Объем идеального газа при нормальных условиях	$22,4136 \cdot 10^{-3}$ м ³ /моль
Постоянная Больцмана	$1,380622(59) \cdot 10^{-23}$ Дж/К

Таблица 5

Пересчет температуры между основными шкалами

Шкала условное обозначение	Из цельсия (°C)	В Цельсий (°C)
Кельвин (K)	$[K] = [^{\circ}C] + 273.15$	$[^{\circ}C] = [K] - 273.15$
Фаренгейт (°F)	$[^{\circ}F] = [^{\circ}C] \times 9/5 + 32$	$[^{\circ}C] = ([^{\circ}F] - 32) \times 5/9$
Rankin(Ренкин) (°R)	$[^{\circ}R] = ([^{\circ}C] + 273.15) \times 9/5$	$[^{\circ}C] = ([^{\circ}R] - 491.67) \times 5/9$

7. Библиографический список учебной литературы

Основная литература

1. *Трофимова Т.И.* Курс физики: учеб.пособие [Электронный ресурс]/ Т.И.Трофимова. - 21-е изд., стер. - М.: Академия, 2015. - 560 с. и пред.изд. (2008, 2007, 2004, 1997)
2. *Детлаф А.А.* Курс физики: учеб.пособие [Электронный ресурс]/ А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. - 5-е изд., стер. – М.: АCADEMIA, 2005. - 720 с.и пред. изд. (2003, 2002, 2001, 1998)
3. *Савельев И.В.* Курс физики: учеб.пособие: в 3 т. Т.1. Механика. Молекулярная физика [Электронный ресурс] /И.В. Савельев – Изд. 5-е, стер. - СПб. [и др.]: Лань,2016. - 352 с.и пред. изд. (2008, 1998, 1989)
4. *Иродов И.Е.* Задачи по общей физике [Электронный ресурс]: учеб.пособие / И. Е. Иродов. - Москва: Лань, 2009. - 416 с.— 434 с. и пред.изд. (2007, 2004, 2003, 1988)

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы.

5. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (<http://window.edu.ru/>).
6. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru/>.
7. Электронные версии учебников, пособий, методических разработок, указаний и рекомендаций по всем видам учебной работы, предусмотренных вузовской рабочей программой, находящиеся в свободном доступе для студентов, обучающихся в вузе, на внутри сетевом сервере <http://www.spmi.ru/>.

Содержание

Введение.....	3
1. Тепловые машины.....	5
1.1 Цикл Карно. КПД тепловых двигателей.....	5
1.2 КПД цикла Карно.....	7
2. Лабораторная работа. Цикл тепловой машины.....	9
3. Требования к выполнению лабораторных работ.....	14
4. Требования к содержанию отчета по лабораторной работе.....	15
5. Рекомендации по защите отчета.....	16
6. Приложение.....	17
7. Библиографический список учебной литературы.....	19

**ФИЗИКА.
ЦИКЛ ТЕПЛОВОЙ МАШИНЫ**

*Методические указания к лабораторным работам
для студентов всех специальностей и направлений подготовки*

Сост.: *М.Ю. Кожокарь, А.А. Страхова, А.С. Иванов*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
общей и технической физики

Ответственный за выпуск *М.Ю. Кожокарь*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 01.12.2021. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 1,2. Усл.кр.-отг. 1,2. Уч.-изд.л. 0,9. Тираж 50 экз. Заказ 1083.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2