**Дата** 25.01.2021

**Группа** 20-ПСО-1д

**Дисциплина** Естествознание (физика)

**Практическое занятие № 4.Решение задач «КПД тепловых двигателей»**

**Цель:** научиться применять теоретические знания при решении задач.

Краткие теоретические сведения

Как мы знаем, любая теп­ло­вая уста­нов­ка ха­рак­те­ри­зу­ет­ся своим КПД. Для на­хож­де­ния КПД нам могут при­го­дить­ся сле­ду­ю­щие фор­му­лы:

https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image1_bf0d.png – ко­ли­че­ство теп­ло­ты, ко­то­рое вы­де­ля­ет­ся при сго­ра­нии топ­ли­ва (https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image2_c2f4.png – удель­ная теп­ло­та сго­ра­ния, https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image3_ca51.png – масса топ­ли­ва);

https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image4_b1ae.png – ко­ли­че­ство теп­ло­ты, ко­то­рое вы­де­ля­ет­ся при охла­жде­нии или необ­хо­ди­мо для на­гре­ва­ния ве­ще­ства (https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image5_ab46.png – удель­ная теп­ло­ём­кость ве­ще­ства, https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image6_a69b.png – масса ве­ще­ства, https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image7_8e5d.png – ко­неч­ная тем­пе­ра­ту­ра ве­ще­ства, https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image8_91e8.png – на­чаль­ная тем­пе­ра­ту­ра ве­ще­ства);

https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image9_9605.png – КПД уста­нов­ки (https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image10_9995.png – ра­бо­та, со­вер­шён­ная ра­бо­чим телом, https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image11_9da7.png – ко­ли­че­ство теп­ло­ты, по­лу­чен­ное от на­гре­ва­те­ля);

Боль­шин­ство из ве­ли­чин, встре­ча­ю­щих­ся в фор­му­лах, либо даны в усло­вии, либо яв­ля­ют­ся ис­ко­мы­ми. Од­на­ко удель­ная теп­ло­ём­кость ве­ще­ства и удель­ная теп­ло­та сго­ра­ния бе­рут­ся из со­от­вет­ству­ю­щих таб­лиц. На­пом­ним еди­ни­цы из­ме­ре­ния этих ве­ли­чин: https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image12_cf8a.png.

Кроме этих ве­ли­чин в за­да­чах могут встре­чать­ся ещё две таб­лич­ные ве­ли­чи­ны: https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image13_d3f7.png – удель­ная теп­ло­та па­ро­об­ра­зо­ва­ния, https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image14_d763.png – удель­ная теп­ло­та плав­ле­ния. Од­на­ко на этом уроке они нам не по­на­до­бят­ся, по­это­му по­дроб­но оста­нав­ли­вать­ся на них не будем.

Для удоб­ства со­ста­вим таб­ли­цу с теми зна­че­ни­я­ми таб­лич­ных ве­ли­чин, ко­то­рые по­на­до­бят­ся на этом уроке при ре­ше­нии задач.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Ве­ще­ство | Удель­ная теп­ло­ём­кость | Удель­ная теп­ло­та сго­ра­ния |
| Вода | https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image15_311f.png | - |
| Спирт | https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image16_3596.png | https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image17_3d10.png |
| Бен­зин | https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image18_4551.png | https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image19_27d8.png |

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

**Задача №1**. На спир­тов­ке на­гре­ва­ют воду. Взяли 175 г воды и на­гре­ли от https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image21_1294.png до https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image22_da65.png. При этом масса спир­тов­ки умень­ши­лась с 163 г до 157 г. Найти КПД теп­ло­вой уста­нов­ки.

**Ре­ше­ние**

За­пи­шем крат­кое усло­вие за­да­чи

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Дано:*** | ***СИ*** |  |
| https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image26_8b37.png  https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image27_8368.png  https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image28_818d.png  https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image29_51c6.png  https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image30_53d0.png | https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image31_55ce.png      https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image32_5799.png  https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image33_4fef.png | ***Ре­ше­ние:***  Вна­ча­ле вы­пи­шем фор­му­лу для КПД:  https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image25_0738.png.  В дан­ном слу­чае мы за­ме­ни­ли ра­бо­ту по­лез­ным ко­ли­че­ством теп­ло­ты, то есть тем ко­ли­че­ством теп­ло­ты, ко­то­рое пошло непо­сред­ствен­но на на­грев воды. |
| ***Найти:***  https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image34_4ddf.png |  |

Пре­жде чем ре­шать за­да­чу, необ­хо­ди­мо опре­де­лить­ся с про­цес­са­ми, ко­то­рые про­ис­хо­дят в дан­ной за­да­че. Пер­вый про­цесс – это сго­ра­ние топ­ли­ва. Вто­рой – на­гре­ва­ние воды.

По­лез­ное ко­ли­че­ство теп­ло­ты, то есть то тепло, ко­то­рое пошло непо­сред­ствен­но на на­гре­ва­ние воды, можно вы­чис­лить по фор­му­ле:

https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image35_4bf9.png

Ко­ли­че­ство теп­ло­ты, вы­де­лен­ное на­гре­ва­те­лем, то есть, в дан­ном слу­чае, тепло, вы­де­лив­ше­е­ся при сго­ра­нии спир­та:

https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image36_4207.png

Массу сго­рев­ше­го спир­та найти легко: это та масса, на ко­то­рую умень­ши­лась масса спир­тов­ки, то есть: https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image37_4413.png.

По­лу­ча­ем: https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image38_461b.png.

Оста­лось вы­чис­лить КПД уста­нов­ки:

https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image39_4813.png.

За­ме­тим, что КПД может вы­чис­лять­ся не толь­ко в про­цен­тах, но и в долях. К при­ме­ру, для дан­ной за­да­чи ответ может быть: https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image40_49f7.png.

Если ана­ли­зи­ро­вать дан­ную за­да­чу, то можно уви­деть, что толь­ко чет­вёр­тая часть (при­бли­зи­тель­но) тепла, ко­то­рое вы­де­ля­ет­ся при сго­ра­нии спир­та, идёт на на­гре­ва­ние воды. С одной сто­ро­ны, это ка­жет­ся до­ста­точ­но малым зна­че­ни­ем, но, с дру­гой сто­ро­ны, для мно­гих теп­ло­вых машин такое зна­че­ние КПД ока­зы­ва­ет­ся даже боль­шим.

**Ответ:**https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image41_5975.png.

**Задача №2.** Теп­ло­вой дви­га­тель со­вер­шил по­лез­ную ра­бо­ту https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image42_5cff.png и из­рас­хо­до­вал при этом 2 кг бен­зи­на. Найти КПД теп­ло­во­го дви­га­те­ля.

**Ре­ше­ние**

За­пи­шем крат­кое усло­вие за­да­чи

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Дано:*** | ***СИ*** |  |
| https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image46_7dc1.png  https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image47_7f9e.png | https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image48_7609.png | ***Ре­ше­ние:***  Вна­ча­ле вы­пи­шем фор­му­лу для КПД: https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image44_780f.png. По таб­ли­це на­хо­дим, что: https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image45_79e8.png. Для того чтобы найти КПД, до­ста­точ­но найти https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image11_9da7.png. |
| ***Найти:***  https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image34_4ddf.png |  |

Как и в про­шлой за­да­че, вос­поль­зу­ем­ся сле­ду­ю­щей фор­му­лой: https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image49_7412.png.

На­хо­дим КПД:

https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image50_722c.png.

Ответ:https://100ballov.kz/pluginfile.php/3456/mod_page/content/4/image51_6896.png.

***Задача 3****.* В котле паровой машины температура 160 °С, а температура холодильника 10 °С. Какую максимальную работу может теоретически совершить машина, если в топке, коэффициент полезного действия которой 60 %, сожжён уголь массой 200 кг с удельной теплотой сгорания 2,9 • 107 Дж/кг?

Р е ш е н и е. Максимальную работу может совершить идеальная тепловая машина, работающая по циклу Карно, КПД которой η = (Т1 - Т2)/Т1, где Т1 и Т2 — абсолютные температуры нагревателя и холодильника. Для любой тепловой машины КПД определяется по формуле η = A/Q1, где А — работа, совершаемая тепловой машиной, Q1 — количество теплоты, полученной машиной от нагревателя. Из условия задачи ясно, что Q1 — это часть количества теплоты, выделившейся при сгорании топлива: Q1 = η1mq.

Тогда http://xn--24-6kct3an.xn--p1ai/%D0%A4%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0_10_%D0%BA%D0%BB_%D0%9C%D1%8F%D0%BA%D0%B8%D1%88%D0%B5%D0%B2/83.1.jpg откуда А = η1mq(1 - Т2/Т1) = 1,2 • 109 Дж.

***Задача 4.*** Паровая машина мощностью N = 14,7 кВт потребляет за 1 ч работы топливо массой m = 8,1 кг, с удельной теплотой сгорания q = 3,3 • 107 Дж/кг. Температура котла 200 °С, холодильника 58 °С. Определите КПД этой машины и сравните его с КПД идеальной тепловой машины.

Р е ш е н и е. КПД тепловой машины равен отношению совершённой механической работы А к затраченному количеству теплоты Qlt выделяющейся при сгорании топлива. Количество теплоты Q1 = mq.

Совершённая за это же время работа А = Nt.

Таким образом, η = A/Q1 = Nt/qm = 0,198, или η ≈ 20%.

Для идеальной тепловой машины http://xn--24-6kct3an.xn--p1ai/%D0%A4%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0_10_%D0%BA%D0%BB_%D0%9C%D1%8F%D0%BA%D0%B8%D1%88%D0%B5%D0%B2/83.2.jpg η < ηид.

***Задача 5****.* Идеальная тепловая машина с КПД η работает по обратному циклу. Какое максимальное количество теплоты можно забрать от холодильника, совершив механическую работу А?

Р е ш е н и е. Поскольку холодильная машина работает по обратному циклу, то для перехода тепла от менее нагретого тела к более нагретому необходимо, чтобы внешние силы совершили положительную работу. Принципиальная схема холодильной машины: от холодильника отбирается количество теплоты Q2, внешними силами совершается работа и нагревателю передаётся количество теплоты Q1. Следовательно, http://xn--24-6kct3an.xn--p1ai/%D0%A4%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0_10_%D0%BA%D0%BB_%D0%9C%D1%8F%D0%BA%D0%B8%D1%88%D0%B5%D0%B2/83.4.jpg Q2 = Q1(1 - η), Q1 = A/η.

Окончательно Q2 = (A/η)(1 - η).

**Задачи для самостоятельного решения**

1. Какой должна быть температура нагревателя, для того чтобы стало возможным достижение значения КПД тепловой машины 80 %, если температура холодильника 27 °С?

2. В процессе работы тепловой машины за некоторое время рабочим телом было получено от нагревателя количество теплоты Q1 = 1,5 • 106 Дж, передано холодильнику количество теплоты Q2 = -1,2 • 106 Дж. Вычислите КПД машины и сравните его с максимально возможным КПД, если температуры нагревателя и холодильника соответственно равны 250 °С и 30 °С.

3. В паровой турбине для получения пара с температурой 250 °С сжигают дизельное топливо массой 0,35 кг. При этом пар совершает работу 1 кВт • ч. Температура холодильника 30 °С. Вычислите КПД турбины. Удельная теплота сгорания дизельного топлива 42 МДж/кг.

4. В цилиндре находится газ, для нагревания которого сжигают нефть массой 2 кг с удельной теплотой сгорания 4,3 • 107 Дж/кг. Расширяясь, газ совершает работу 10 кВт • ч. На сколько изменилась внутренняя энергия газа? Чему равен КПД установки?

5. Двигатель автомобиля развивает мощность 25 кВт. Определите КПД двигателя, если при скорости 60 км/ч он потребляет 12 л бензина на 100 км пути. Плотность бензина 700 кг/м3. При сгорании 1 кг бензина выделяется количество теплоты, равное 4,5 • 107 Дж.

**6**.  Определите КПД двигателя автомобиля, которому для выполнения работы 110,4 МДж потребовалось 8 кг бензина.

Ответьте на вопросы:

|  |  |
| --- | --- |
| **Вопрос (если согласны с утверждением – поставьте в ответах «+», если не согласны – «-»)** | **ответ** |
| №1. Цикл – ряд процессов в результате которых система не возвращается в начальное состояние |  |
| №2. Тепловой двигатель – устройство, превращающее любой вид энергии в механическую работу |  |
| №3. ᵑ |  |
| №4. ᵑ |  |
| №5. ᵑ |  |
| **Вопрос (если согласны с утверждением – поставьте в ответах «+», если не согласны – «-»)** | **ответ** |
| №1. Цикл – ряд процессов в результате которых система не возвращается в начальное состояние |  |
| №2. Тепловой двигатель – устройство, превращающее любой вид энергии в механическую работу |  |
| №3. ᵑ |  |
| №4. ᵑ |  |
| №5. ᵑ |  |
| **Вопрос (если согласны с утверждением – поставьте в ответах «+», если не согласны – «-»)** | **ответ** |
| №1. Цикл – ряд процессов в результате которых система не возвращается в начальное состояние |  |
| №2. Тепловой двигатель – устройство, превращающее любой вид энергии в механическую работу |  |
| №3. ᵑ |  |
| №4. ᵑ |  |
| №5. ᵑ |  |
| **Вопрос (если согласны с утверждением – поставьте в ответах «+», если не согласны – «-»)** | **ответ** |
| №1. Цикл – ряд процессов в результате которых система не возвращается в начальное состояние |  |
| №2. Тепловой двигатель – устройство, превращающее любой вид энергии в механическую работу |  |
| №3. ᵑ |  |
| №4. ᵑ |  |
| №5. ᵑ |  |

Преподаватель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Исмаилова З.И.