

**Региональная конференция по научно-техническому творчеству
школьников «Лабиринты науки»**

Проектная работа

Паровая турбина

Выполнил: Боровицкий Семен Андреевич,
учащийся 8 А класса лицей №2

Тьютор: Капустина Нина Анатольевна,
учитель физики лицей №2

Рыбинск, 2024

Содержание

Введение.....	3
1. Теоретическая часть	
1.1. Паровая турбина.....	4
1.2. Строение паровой турбины.....	4
1.3. Применение паровой турбины.....	5
2. Практическая часть	
2.1. Создание модели паровой турбины.....	6
2.2 Испытание модели паровой турбины.....	7
Заключение.....	10
Список литературных источников.....	11
Приложения.....	12

Введение

Учёные до сих пор бьются над поиском самых эффективных способов по выработке тока - прогресс устремился от гальванических элементов к первым динамо-машинам, паровым, атомным, а теперь солнечным, ветряным и водородным электростанциям. В наше время самым массовым и удобным способом получения электричества остаётся генератор, приводимый в действие паровой турбиной. Как и многие дети, я люблю конструировать, поэтому и у меня возникла идея сделать своими руками модель паровой турбины, познакомиться с ее устройством и применением.

Актуальность работы: тепловые двигатели необходимы для получения электроэнергии, для приведения в движение большинства транспортных машин. Наибольшее значение имеет применение мощных паровых турбин на электростанциях для вращения роторов генераторов. Паровые турбины устанавливают также на атомных электростанциях, где для получения пара высокой температуры используется энергия атомных ядер.

Цель проекта – изготовление действующей модели паровой турбины и испытание её в действии.

Для достижения указанной цели нужно было решить следующие **задачи**:

1. Изучить информацию о паровых турбинах
2. Изучить принцип работы паровой турбины
3. Изготовить и протестировать действующую модель паровой турбины
4. Исследовать зависимость скорости вращения паровой турбины от некоторых факторов (диаметр сопла, количество воды, мощность горелки)

Объект исследования: паровая турбина

Предмет исследования: раздел физики

Методы исследования: аналитический, описательный, исторический, эксперимент, моделирование.

Гипотеза: возможно ли сделать паровую турбину своими руками в домашних условиях, чтобы она вырабатывала электричество.

глава 1

1.1. Паровая турбина

Теплово́й дви́гатель — устройство, совершающее работу за счет использования внутренней энергии топлива, тепловая машина, превращающая тепловую в механическую энергию.

Паровая машина — тепловой двигатель внешнего сгорания, преобразующий энергию водяного пара в механическую работу возвратно-поступательного движения поршня, а затем во вращательные движения вала (Приложение 1).

Паровая турбина — это устройство, которое превращает энергию пара непосредственно во вращение. Турбины компактнее возвратно-поступательных машин и имеют постоянное усилие на выходном валу (Приложение 2).

Основная сфера применения паровых турбин — выработка электроэнергии. Кроме того, они часто используются в качестве судовых двигателей.

1.2 Строение паровой турбины

Чтобы понять, как работает паровая турбина, важно разобраться с ее строением. Итак, паровая турбина состоит из 2-х основных частей:

1. подвижной — ротора с лопатками;
2. неподвижной — статора с соплами.

Основной частью турбины является ротор, состоящий из вала, рабочего колеса, на котором крепятся рабочие лопатки изогнутой формы. Также имеется сопло перед диском с лопатками, из которого поступает пар на рабочие лопатки турбины.

В подвижной части турбины происходит преобразование потенциальной энергии сжатого и нагретого водяного пара в кинетическую. Пар через направляющие поступает на лопатки, закрепленные по окружности ротора, и воздействует на них, приводя ротор во вращение. (Приложение 3).

Для понимания принципа работы паровой турбины нужно рассмотреть работу теплоэлектростанции. Паровая турбина сама по себе не работает. Для ее функционирования нужен пар. Теплоэлектростанция начинается с котла, в котором происходит горение топлива, отдавая жар трубам с водой. В тонких трубах дистиллированная вода превращается в пар.

Ступень турбины состоит из двух основных частей: рабочего колеса — лопаток установленных на роторе (подвижная часть турбины), которое непосредственно создаёт вращение и соплового аппарата — лопаток, установленных на статоре (неподвижная часть турбины), которые поворачивают рабочее тело для придания потоку необходимого угла атаки по отношению к лопаткам рабочего колеса.

1.3 Применение паровой турбины

Паровые машины могут быть классифицированы по их применению следующим образом:

Стационарные машины. Они могут быть разделены на два типа по режиму использования:

-Машины с переменным режимом, к которым относятся машины металлопрокатных станов, паровые лебёдки и подобные устройства, которые должны часто останавливаться и менять направление вращения;

-Силовые машины, которые редко останавливаются и не должны менять направление вращения. Они включают энергетические двигатели на электростанциях, а также промышленные двигатели, использовавшиеся на заводах, фабриках и на кабельных железных дорогах до широкого распространения электрической тяги.

Транспортные машины.

-паровые машины использовались для привода различных типов транспортных средств, среди них:

-сухопутные транспортные средства: паровой автомобиль, паровоз, локомотив, паровой трактор, паровой экскаватор, паровой самолёт.

Применяются в качестве привода электрического генератора на тепловых, атомных и гидроэлектростанциях, в качестве двигателей на морском, наземном и воздушном транспорте, как составная часть гидродинамической передачи.

Глава 2

2.1 Создание модели паровой турбины

Для создания модели паровой турбины я использовал: консервную банку, алюминиевую банку из-под напитка, проволоку от электрода, медную трубку, гильзу, нержавеющей сталь, спиртовку, газовую горелку, паяльный аппарат (Приложение 4).

Ход работы:

- 1) Паровой котел я выполнил из консервной банки. Я взял консервную банку и с помощью паяльника припаял к ней крышку, затем просверлил в крышке отверстие, чтобы вставить сопло.
- 2) Сопло для выхода пара изготовил сначала из медной трубки, затем вставил в него гильзу, для того чтобы диаметр отверстия стал меньше.
- 3) Саму турбину вырезал из алюминиевой банки, т.к. она хорошо режется и гнется, и легко принимает нужную форму, лопасти немного загнул, чтобы придать им правильное положение.
- 4) Держатель турбины выгнул из проволоки от электрода.
- 5) Опору паровой турбины выполнил из нержавеющей стали. (Приложение 4).

Ход работы:

Основой турбины являются котёл и рабочее колесо. С выбором материала для котла проблем не было: жестяная консервная банка – отличный исходный материал.

Сложнее было с выбором материала и изготовление рабочего колеса. К нему предъявлялось много технических требований: прочное и одновременно лёгкое, пластичное. Выбор свой я остановил на алюминиевой банке из-под напитков. Знания по геометрии помогли мне разметить его и вырезать.

Далее требовалось закрепить колесо на оси и установить на опоре. Что я и сделал.

Остальная работа особой сложности не представляла. Опору я изготовил из проволоки от электрода, горловину котла из крышки от банки. Герметичность соединений обеспечил пайкой. Выход пара из котла обеспечил с помощью медной трубки.

Для обеспечения безопасной работы модели я сделал из нержавеющей стали треногу – подставку, на которой модель стоит. В качестве горючего при демонстрации используется спиртовка.

2.2 Испытание модели активной паровой турбин

Испытание своего изделия – это всегда волнующий момент. Собрав модель, заполнив её водой, я зажег спиртовку (Приложение 5).

Вода в котле нагрелась быстро, закипела, из трубки пошёл пар, ударяя в лопасти турбины, но та с места не двигалась. Струя пара была слабая, колесо покачивалось в пределах занимаемого им устойчивого равновесия, но не вращалось. Что делать?

Требовалось найти способ увеличения давления газа на лопасти турбины и выход был найден. В медную трубку я вставил гильзу, сплюснув отверстие, уменьшив тем самым сечение парового канала на выходе.

Запустив модель второй раз дал уже положительный результат. Колесо раскачалось под действием пара, вышло из положения равновесия и начало медленно набирать обороты. Температура в котле росла, давление пара увеличилось и колесо, набрав обороты уверенно демонстрировало нам принцип работы активной паровой турбины.

Мне стало интересно, как будет работать модель моей паровой турбины если я изменю некоторые параметры.

Опыт №1 Цель опыта – изучить зависимость скорости вращения лопастей паровой турбины от диаметра сопла.

Оборудование и материал: модель паровой турбины, мерный сосуд, вода, спиртовка, секундомер, видеокамера.

Ход работы:

- 1) Я налил с помощью мерного стакана в котел турбины воду.
- 2) Запустил модель турбины с диаметром сопла (7 мм), нагревал котел спиртовкой.
- 3) Повторил действия 3 раза, вычислил среднее значение.
- 3) Заменял сопло на меньший диаметр.
- 5) Измерил с помощью видео замедленной съемки количество оборотов за 1 минуту.
- 6) Повторил действия 3 раза, вычислил среднее значение.
- 7) Результаты опыта занес в таблицу №1 (Приложение 6, таблица №1).

Вывод: Чем меньше диаметр сопла, тем сильнее струя пара и больше скорость вращения колеса турбины.

Опыт №2 Цель опыта – измерить зависимость скорости вращения лопастей паровой турбины от количества воды в котле (50мл, 100 мл, 150мл).
Оборудование и материал: модель паровой турбины, мерный сосуд, вода, спиртовка, секундомер, видеокамера.

Ход работы:

- 1) Я налил с помощью мерного стакана в котел паровой турбины воду в количестве 50 мл.
- 2) При помощи спиртовки запустил модель паровой турбины.
- 3) Измерил с помощью видео замедленной съемки количество оборотов за 1 минуту
- 4) Повторил действия 3 раза, вычислил среднее значение.
- 5) Повторил эти действия с другим количеством воды в котле турбины: (100мл, 150мл).
- 6) Результаты опыта занес в таблицу № 2 (Приложение 7, таблица №2).

Вывод: Количество воды значительно не влияет на скорость вращения турбины.

Опыт №3 Цель опыта – измерить зависимость скорость вращения лопастей паровой турбины от мощности горелки.

Оборудование и материал: модель паровой турбины, мерный сосуд, вода, спиртовка, газовая горелка, секундомер, видеокамера.

Ход работы:

- 1) Я налил с помощью мерного стакана в котел паровой турбины воду в количестве 50 мл.
- 2) При помощи спиртовки запустил модель паровой турбины.
- 3) Измерил с помощью видео замедленной съемки количество оборотов за 1 минуту
- 4) Повторил действия 3 раза, вычислил среднее значение.
- 5) Результаты опыта занес в таблицу №3(Приложение 8, таблица №3)

Вывод: Скорость вращения лопастей паровой турбины зависит от мощности горелки, чем больше мощность, тем быстрее скорость вращения.

Опыт №4 Цель опыта – узнать может ли модель моей паровой турбины вырабатывать электричество.

Я решил узнать, может ли модель моей паровой турбины вырабатывать электричество. Из старого советского магнитофона я взял моторчик и подсоединил его к паровой турбине. Первая попытка по запуску такой паровой турбины с генератором тока не увенчалась успехом. После проделанного опыта, я решил доработать свою модель, так, чтобы она вырабатывала электричество. В модель моей паровой турбины были внесены изменения.

Я взял алюминиевую банку, вырезал лопастную турбину. Совместил двигатель (взятый от старого советского магнитофона) с турбиной над паровым котлом так, чтобы пар попадал на лопасти турбины. При запуске парового котла, турбина начала вращение. Для снятия показателей напряжения и тока, к выходным контактам электродвигателя был присоединен прибор, мультиметр.

При установленном значении мультиметра 2V, прибор показал 0,715 V. При установке прибора на mA, прибор показал 1,046 mA. При подключении

светодиода, он светился. Из этого следует, что электроэнергия вырабатывается (Приложение 9).

Для того, чтобы рассчитать КПД, применил формулу(Приложение 10).

$$\text{КПД}_{\text{турбины}} = Q_{\text{п}} / Q_{\text{з}}$$

$$\text{КПД}_{\text{турбины}} = (J \cdot U \cdot t) / (q_{\text{газа}} \cdot m_{\text{газа}}) \cdot 100\%$$

Вывод: Модель моей паровой турбины вырабатывает небольшое количество электроэнергии. Я высчитал КПД своей паровой турбины и получил 0,000031

Заключение

Я подробно изучили информацию о паровой турбине. Узнал историю возникновения парового двигателя, изучил принцип его работы. Узнал о том, где и как применяется паровая турбина. **Цель** работы достигнута, я изготовил модель паровой турбины и испытал ее в действии.

В результате проделанной работы я сделал следующие **выводы:**

1. Модель разработана, создана и реально работает.
2. Чем меньше диаметр сопла, тем сильнее струя пара и больше скорость вращения колеса турбины.
3. Количество воды значительно не влияет на скорость вращения турбины.
4. Скорость вращения лопастей паровой турбины зависит от мощности горелки, чем больше мощность, тем больше скорость вращения.
5. Модель моей паровой турбины вырабатывает небольшое количество электроэнергии.
6. Я высчитал КПД своей паровой турбины и получил 0,000031%.

Я думаю, что теоретический материал моей работы можно использовать на уроках физики при изучении темы «Паровая турбина», а изготовленную модель можно демонстрировать, как пример паровой турбины.

Список литературы

1. Качнев В.И. «Техническое моделирование на занятиях в учебных мастерских», - М.: Прсвещение, 1978 г.;
2. Крылов А.А. «Мир людей и машин», -Л.: Детская литература, 1978 год.
3. Перышкин А. В. «Физика», учебник для 8 класса средней школы» - ,М.: Просвещение, 2022г.;
4. Самойлович Г.С. «Современные паровые турбины» - М.: Государственное энергетическое издательство, 1960г.;
5. Симоненко В.Д. «Технология», учебник для 5 – 7 классов, - М.: Вентана-Граф, 2015 год;
6. Шпаковский В.О. «Для тех, кто любит мастерить», - М.: Просвещение, 1991г.;
7. Щегляев А.В. «Паровые турбины» (Теория теплового процесса и конструкция турбин), Изд. 4-е, переработ. - М.:«Энергия», 1967г.
8. Интернет ресурсы
 - а) <http://par-turbina.ucoz.net>
 - б) <http://de-ussr.ru/tehnika/energiya/generatory/p-turbina.htm>
 - в) http://vuselibig.ru/w/parovaya_turbina_-_istoriya
 - г) http://ru.wikipedia.org/wiki/%D2%E5%EF%EB%EE%E2%EE%E9_%E4%E2%E8%E3%E0%F2%E5%EB%FC

Приложение 1

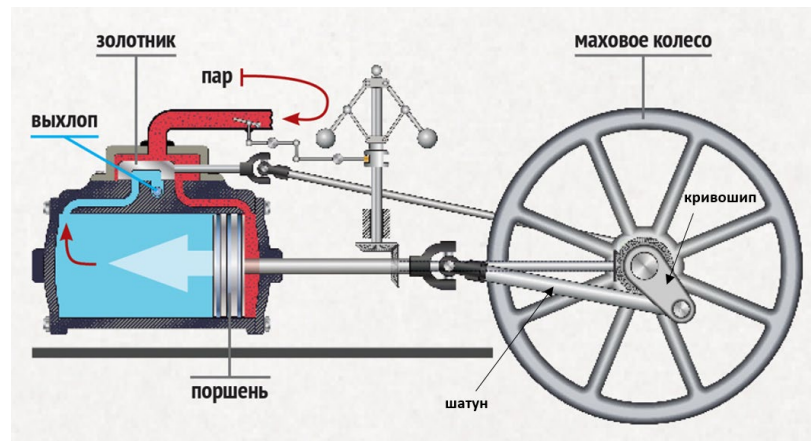


Схема работы паровой машины

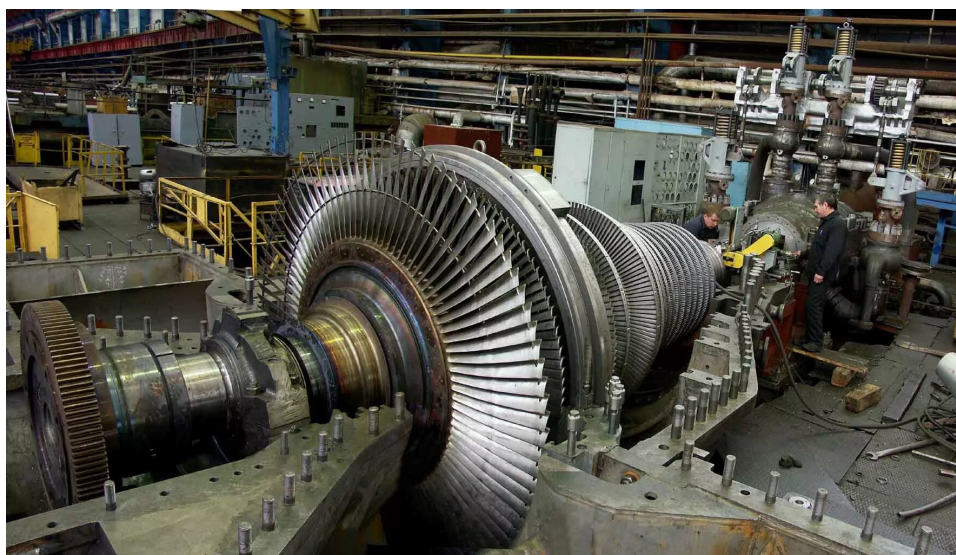


Паровая машина

Приложение 2

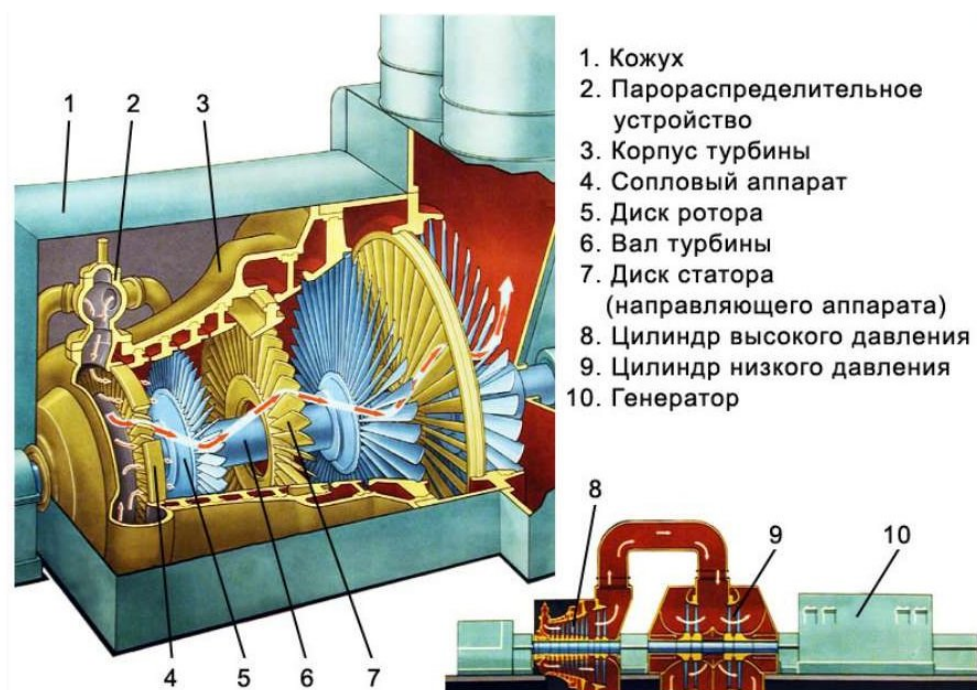


Схема работы паровой турбины



Паровая турбина

Приложение 3

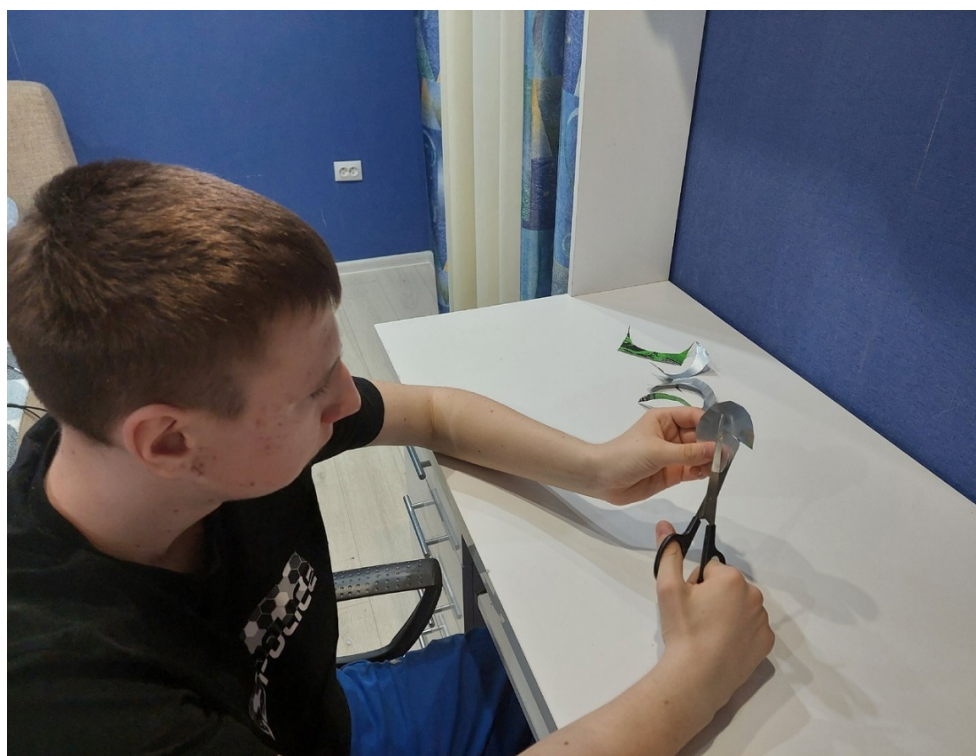


Устройство паровой турбины

Приложение 4



Оборудование и материалы



Ход работы

Приложение 5



Модель паровой турбины

Приложение 6

Таблица №1

Диаметр сопла (мм)	Кол-во воды в котле (мл)	Время до начала выхода первого пара (сек)		Время начала вращения турбины от выхода первого пара (сек)		Кол-во оборотов колеса турбины за 1 мин		Примечание
7 мм	50мл	139	143	Колесо не вращается		Колесо не вращается		Струя пара слабая, колесо покачивалось в пределах занимаемого им устойчивого равновесия, но не вращалось.
		142						
		148						
2.5 мм	50 мл	138	142	8	7	206	205	Струя пара сильная, колесо активно вращается
		139		7		204		
		150		8		204		

Приложение 7

Таблица №2

Диаметр сопла (мм)	Кол-во воды в котле (мл)	Время до начала выхода первого пара (сек)		Время начала вращения турбины от выхода первого пара (сек)	Кол-во оборотов колеса турбины за 1 мин		Примечание
2,5 мм	50 мл	32	30	Колесо сразу закрутилось, после выхода первого пара	324	330	Струя пара сильная, колесо сильно вращается
		30			330		
		29			336		
2.5мм	100 мл	48	45	Колесо сразу закрутилось, после выхода первого пара	330	332	Струя пара сильная, колесо сильно вращается
		45			330		
		43			336		
2,5 мм	150 мл	56	55	Колесо сразу закрутилось, после выхода первого пара	330	334	Струя пара сильная, колесо сильно вращается
		55			342		
		55			330		

Приложение 8

Таблица №3

Горелка	Диаметр сопла (мм)	Кол-во воды в котле (мл)	Время до начала выхода первого пара (сек)		Время начала вращения турбины от выхода первого пара (сек)		Кол-во оборотов колеса турбины за 1 мин		Примечание
спиртовка	2.5 мм	50 мл	138	142	8	7	206	205	Струя пара сильная, колесо активно вращается
			139		7		204		
			150		8		204		
газовая горелка	2.5 мм	50мл	32	30	Колесо сразу закрутилось, после выхода первого пара		324	330	Струя пара сильная, колесо быстро вращается
			30				330		
			29				336		

Приложение 9



Приложение 10

Расчет КПД турбины

Дано: $J = 1,046 \text{ mA}$ $U = 0,715 \text{ V}$ $t = 6 \text{ мин}$ $q_{\text{газа}} = 35 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$ $m_{\text{газа}} = 25 \text{ г}$	СИ $0,001046 \text{ A}$ 360 сек $0,025 \text{ кг}$	Решение: $\text{КПД}_{\text{турбины}} = Q_{\text{п}} / Q_{\text{з}}$ $\text{КПД}_{\text{турбины}} = (U \cdot J \cdot t) / (q_{\text{газа}} \cdot m_{\text{газа}}) \cdot 100\% =$ $= (0,715 \text{ V} \cdot 0,001046 \text{ A} \cdot 360 \text{ с}) / (35 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг} \cdot 0,025 \text{ кг}) \cdot 100\% =$ $= 0,000031\%$ Ответ: $\text{КПД}_{\text{турбины}} = 0,000031\%$
$\text{КПД}_{\text{турбины}} = ?$		