

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11 1стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы		

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Дисциплина:	Энергоресурсы, источники получения и методы
Код дисциплины:	EIMP 2202
Название ОП:	6B07201 - Технология фармацевтического производства
Объем учебных часов /кредитов:	150 часов /(5 кредита)
Курс и семестр изучения:	2 курс, 4 семестр
Практические занятия:	35 часов

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»	
Кафедра инженерных дисциплин	76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы	2стр. из 107

Методические указания для практических занятий разработаны в соответствии с рабочей учебной программой дисциплины (силлабусом) **Энергоресурсы, источники получения и методы** и обсуждены на заседании кафедры

Протокол № от « » 2024 г.

Зав. кафедрой

Орымбетова Г.Э.

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		Зстр. из 107

Занятие №1

1. **Тема 1:** Энергетические ресурсы Земли и их использование.
2. **Цель:** Закрепить теоретические основы и практические навыки по оценке эффективности использования различных видов источников энергии
3. **Задачи обучения:**
Обучающийся должен знать:
 - основные этапы развития мировой энергетики;
 - основные виды энергоресурсов, способы преобразования их в электрическую и тепловую энергию, основные типы энергетических установок;
 - влияние энергетики на научно-технический прогресс и окружающую среду.**Обучающийся должен уметь:**
 - оценивать эффективность использования различных видов энергии в химико-фармацевтическом производстве;
 - производить оценку энергетических потенциалов источников энергии;
 - оценивать мировые запасы энергии и их происхождения.
4. **Основные вопросы темы:**
по базисным знаниям:
 1. Роль энергетики в развитии мирового общества.
 2. Тенденции и прогнозы использования топливно-энергетических ресурсов.
 3. Классификация источников, преобразователей и потребителей энергии.**по теме занятия:**
 1. Нормирование затрат топливно-энергетических ресурсов на предприятиях
 2. Классификация удельных затрат ТЭР
 3. Состав норм удельных затрат ТЭР
 4. Методика расчета нормативных затрат тепловой и электрической энергии
5. **Основные формы / методы / технологии обучения для достижения конечных РО дисциплины:** Практическое занятие.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ

Практическое занятие 1

Расчет нормирования затрат топливно-энергетических ресурсов на предприятиях и в хозяйствах

Понятия условного топлива, первичного условного топлива.

Различные виды органического топлива, используемые для энергообеспечения потребителей, при сжигании единицы объема или массы выделяют различное количество теплоты. Количество теплоты, выделяющееся при полном сгорании 1 кг твердого или жидкого топлива или 1 м³ газообразного топлива, называют **теплотой сгорания топлива** или теплотворной способностью топлива.

Для сопоставления энергетической ценности различных видов топлива и их суммарного учета введено понятие **условного топлива**. В качестве единицы условного топлива принимается топливо, которое имеет низшую теплоту сгорания, равную 7000 ккал/кг (29,33 МДж/кг). Зная теплотворную способность любого вида топлива, можно определить его эквивалент в условном топливе.

ONTÚSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		4стр. из 107

$$B_{yi} = B_{ni} \cdot \frac{Q_{ni}^p}{7000}$$

где B_{yi} – расход i -того вида топлива в условном топливе, B_{ni} , Q_{ni}^p – расход и теплотворная способность (ккал/кг) i -того вида топлива в натуральных единицах.

Для прямого и обратного пересчета единиц количества энергии можно использовать диаграмму (см. приложение 1). При составлении диаграммы для пересчета единиц потребления электрической энергии использованы теоретический эквивалент 0,123 кг у.т./кВт×ч (коэффициент над линией) и средний по стране удельный расход условного топлива на выработку электроэнергии 0,320 кг у.т./ кВт×ч. На диаграмме приняты величина теплотворной способности природного газа

$$Q_{\text{H}}^p = 7950 \text{ ккал/ м}^3, \text{ а мазута } Q_{\text{H}}^p = 9500 \text{ ккал/кг.}$$

При использовании понятия условного топлива не учитывают затраты энергии на добычу топлива, его транспортировку потребителю, его подготовку или переработку.

Учесть эти затраты при анализе энергопотребления позволяет введение другой единицы – одной тонны *первичного условного топлива*.

Коэффициенты пересчета потребленного котельно-печного топлива в первичное составляют для 1 т органического топлива: мазута – 1,107; газа – 1,167; энергетического угля – 1,065 т у.т.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Пример 1.1

Условие

Промышленное предприятие в течение года потребляет:

природного газа ($Q_{\text{HГ}}^p = 7950 \text{ ккал/м}^3$)
нГ

$$G_{\Gamma} = 20,000,000 \text{ м}^3$$

мазута ($Q_{\text{HМ}}^p = 10000 \text{ ккал/кг}$)

$$M = 1,200,000 \text{ т}$$

угля ($Q_{\text{HУ}}^p = 4500 \text{ ккал/кг}$)

$$Y = 80,000,000$$

Определите потребности предприятия в первичном топливе.

Решение

Для определения расхода энергии в первичном условном топливе следует перевести расходы топлива из натуральных единиц в условное топливо.

$$B_{\Sigma} = G_{\Gamma} \cdot \frac{Q_{\text{HГ}}^p}{7000} + M \cdot \frac{Q_{\text{HМ}}^p}{7000} + Y \cdot \frac{Q_{\text{HУ}}^p}{7000}$$

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		5стр. из 107

$$= 22,714,286 + 1,714,286 + 51,428,571 = 75,857,143 \text{ т.у.т.}$$

Используя коэффициенты пересчета условного топлива в первичное условное топливо, получим:

$$B_{пт \Sigma} = 22,714,286 \times 1,167 + 1,714,286 \times 1,107 + 51,428,571 \times 1,065 = 83,176,714 \text{ т.п.у.т.}$$

Пересчет в первичное условное топливо производят с учетом затрат энергии на добычу, облагораживание и транспорт топлива.

Задача 1.2

Предприятие на технологию и выработку тепловой и электрической энергии на собственной ТЭЦ использует мазут с $Q_H^p = 12100$ ккал/кг.

Дополнительное потребление электроэнергии предприятием составляет $\Delta_{AO} = 80$ млн. кВт×ч/год. Потребление мазута на технологию составляет $M = 400$ т/год. ТЭЦ вырабатывает $Q = 50 \times 10^3$ Гкал/год тепловой энергии с удельным расходом условного топлива $v_{mm} = 160$ кг у.т./Гкал и $\Delta = 20 \times 10^6$

кВт×ч/год с удельным расходом условного топлива $v_3 = 320$ г у.т./кВт×ч. Определите годовое потребление предприятием энергии в условном топливе.

Решение

Годовое потребление энергии:

$$B_{\Sigma} = B_T + B_{TЭ} + B_{ЭЭ} + B_{АО}, \text{ т у.т./год}$$

где B_T – расход условного топлива на технологию, т у.т./год; $B_{TЭ}$ – расход условного топлива на производство тепловой энергии, т у.т./год;

$B_{ЭЭ}$ – расход условного топлива на производство электрической энергии, т у.т./год; $B_{АО}$ – потребление электроэнергии из энергосистемы, т у.т./год.

Годовое потребление мазута в условном топливе на технологию:

$$B_T = M \cdot \frac{Q_H^p}{7000} = \frac{400 \cdot 12100}{7000} = 691,4 \text{ т.у.т./год}$$

Годовое потребление энергии в условном топливе на выработку тепловой энергии:

$$B_{TЭ} = Q \times v_{mm} = 50 \times 10^3 \times 160 = 8 \times 10^6 \text{ кг у.т./год}$$

Годовое потребление энергии в условном топливе из энергосистемы:

$$B_{АО} = \Delta_{АО} \times v_{ЭТ} = 80 \times 10^6 \times 0,123 = 9,84 \times 10^6 \text{ кг у.т./год}$$

где $v_{ЭТ}$ – теоретический эквивалент в условном топливе 1 кВт×ч.

Тогда

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		6стр. из 107

$$B_T = 691,4 + 8 \times 10^3 + 6,4 \times 10^3 + 9,84 \times 10^3 = 24931,4 \text{ т у.т./год}$$

Примечание:

1. При пересчете расходов тепловой и электрической энергии в условное топливо можно было воспользоваться диаграммой (приложение 1). Для пересчета потребленного на технологию мазута следует использовать новый коэффициент, поскольку на диаграмме мазут имеет $Q_H^p = 9500 \text{ ккал/кг}$.

2. Перевод в условное топливо используемую электроэнергию следует осуществлять отдельно, поскольку удельный расход условного топлива на выработку 1 кВт×ч, на ТЭЦ $\epsilon_3 = 320 \text{ г у.т./кВт×ч}$, а теоретический эквивалент $\epsilon_{ЭТ} = 123 \text{ г у.т./кВт×ч}$.

Пример 1.3

Условие

Подлежит ли потребитель ТЭР согласно государственному закону «Об энергосбережении» обязательным энергетическим обследованиям, если в течение года потребляет:

природного газа $G_T = 15 \times 10^5 \text{ м}^3$ ($Q_H^p = 8100 \text{ ккал/м}^3$),

электроэнергии $\mathcal{E} = 25 \times 10^9 \text{ кВт×ч}$,

тепловой энергии $Q = 7,5 \times 10^3 \text{ Гкал}$,

вторичных энергоресурсов (горючих) самого предприятия

$G_{BT} = 15 \times 10^3 \text{ т}$ ($Q_{HBT}^p = 3500 \text{ ккал/кг}$)

Решение

Суммарное годовое потребление в условном топливе энергии составляет:

$$\begin{aligned}
 B_{\Sigma} &= G_T \cdot \frac{Q_H^p}{7000} + \mathcal{E} \cdot \epsilon_{ЭТ} + Q \cdot \epsilon_3 + G_{BT} \cdot \frac{Q_{HBT}^p}{7000} \\
 &= \frac{15 \cdot 10^5 \cdot 8100}{7000} + 25 \cdot 10^9 \cdot 0,123 + 7,5 \cdot 10^3 \cdot 143 \\
 &\quad + \frac{15 \cdot 10^3 \cdot 3500}{7000} > 6 \cdot 10^6, \text{ кг у.т./год}
 \end{aligned}$$

Однако

$$B_{\Sigma} - G_{BT} \cdot \frac{Q_{HBT}^p}{7000} < 6 \cdot 10^6, \text{ кг у.т./год}$$

Примечание:

Ответ на поставленный вопрос отрицательный, поскольку согласно Государственному закону «Об энергосбережении» обязательным энергетическим обследованиям подлежат потребители ТЭР, потребляющие больше 6000 т у.т./год, однако, без учета потребления собственных вторичных энергоресурсов.

ЗАДАЧИ

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11 7стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы		

Задача 1.1 (1,2 вариант)

На предприятии для нужд ТЭЦ и технологии потребляется $500 \times 10^6 \text{ м}^3/\text{год}$ природного газа, $400 \times 10^6 \text{ м}^3/\text{год}$ из которых используется на ТЭЦ для выработки электроэнергии и тепла. Известно, что на ТЭЦ вырабатывается $200 \times 10^3 \text{ Гкал/год}$ при $v_{\text{тн}} = 40,6 \text{ кг у.т./ГДж}$. Удельный расход условного топлива $v_{\text{э}} = 330 \text{ г у.т./кВт} \times \text{ч}$.

Из энергосистемы предприятие потребляет 60 млн. кВт×ч/год.

Определите количество вырабатываемой на ТЭЦ электроэнергии и общие затраты энергии на предприятии в т у.т.

Задача 1.2 (3,4 вариант)

Предприятие запланировало получить за год со стороны 302,75 т у.т. энергоресурсов. Причем из них 54% мазута, 42% тепловой энергии, 4% природного газа. По итогам года отклонение от планового расхода составило по мазуту: +40 т, по теплу: +50 ГДж, по газу: $+0,1 \times 10^3 \text{ нм}^3$.

Определите фактический расход всех энергоресурсов, а также годовое энергопотребление предприятием условного топлива.

Задача 1.3 (5 вариант)

Сопоставьте расходы в натуральных единицах двух видов топлива (газа и мазута) для ТЭЦ, электрическая мощность которой 10 МВт, а тепловая, передаваемая в теплосеть в виде горячей воды 67 ГДж/ч.

Задача 1.4 (6 вариант)

Предприятие потребляет за год $12 \times 10^6 \text{ м}^3/\text{год}$ природного газа, 70 млн. кВт×ч/год электрической энергии, 40 тыс. Гкал/год тепловой энергии.

Определите приходную часть энергобаланса предприятия и процентную долю каждого энергоносителя в нем.

Задача 1.5 (7 вариант)

Предприятие потребляет 40×10^3 тонн мазута в год. ТЭЦ предприятия, работающая на мазуте, вырабатывает $50 \times 10^3 \text{ Гкал/год}$ тепловой энергии и $10 \times 10^6 \text{ кВт} \times \text{ч}$ электрической энергии в год при указанных на диаграмме (приложение 1) удельных расходах условного топлива.

Определите расход топлива, используемого на технологию.

Задача 1.6 (8 вариант)

Предприятие потребляет в год 900 тыс. нм^3 природного газа, теплотворная способность которого 8200 ккал/нм^3 7 тыс. Гкал тепловой энергии и 1,5 млн. кВт×ч электрической энергии.

Определите, подлежит ли предприятие обязательным энергетическим обследованиям согласно закону «Об энергосбережении».

Задача 1.7 (9,10 вариант) Предприятие потребляет из энергосистемы 10 млн. кВт×ч в год электроэнергии. Удельный расход условного топлива на выработку 1 кВт×ч в энергосистеме составляет 340 г у.т./кВт×ч.

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		8стр. из 107

Определите расход природного газа ($Q_H^P = 7950$ ккал/м³) в энергосистеме на выработку потребляемой предприятием электроэнергии и количество располагаемой (в условном топливе) предприятием энергии.

Задача 1.8(11,12 вариант) Определите коэффициенты пересчета и постройте диаграмму для пересчета единиц энергии, аналогичную приложению 1, если вместо мазута взят уголь с $Q_H^P = 4400$ ккал/кг; если вместо ГДж взяты дрова с $Q_H^P = 2500$ ккал/кг.

Задача 1.9(1,2 вариант) Определите долю каждого из потребляемых энергоресурсов в топливно-энергетическом балансе предприятия, если известно годовое потребление электроэнергии $\mathcal{E} = 97,5 \times 10^6$ кВт×ч, природного газа $G = 1,85 \times 10^6$ м³, дизельного топлива $D = 2,6 \times 10^6$ л, мазута $85,8 \times 10^6$ л, сжиженного газа $0,3 \times 10^6$ кг, кокса 3×10^6 кг.

Задача 1.10 (13 вариант)

В условиях задачи 1.9 покажите финансовую целесообразность использования одного энергоносителя, если известны тарифы $\mathcal{E} = 6,05$ тнғ./кВт×ч, $g = 4250$ тнғ./1000 м³, $d = 60$ тнғ./л, $m = 18500$ тнғ./т, $g_f = 12500$ тнғ./кг, $k = 3000$ тнғ./кг.

6. Формы контроля для оценивания уровня достижения конечных РО дисциплины.

Формы контроля для оценивания уровня достижения конечных РО дисциплины оценивания (тестирование, решение ситуационных задач и т.д.) : Устный опрос, решение ситуационных задач, подготовка и решение ситуационных задач

7. Литература

Основная:

- Бердалиева А.А., Даулетбаева Д.А. Энергоресурсы, источники и методы получения.-Учебное пособие.-Шымкент 2022. -244 с.
- Риполь- Сарагоси Т.Л. Кууск А.Б., Возобновляемые и нетрадиционные источники энергии. Учебно-методическое пособие. Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т. путей сообщения, 2019. – 122 с.
- Быстрицкий Г.Ф. Б95 Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии) : учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. — 2-е изд., стер. — М. : КНОРУС, 2016. — 408 с. — (Бакалавриат).
- Бекман Г, Гилли П. Тепловое аккумулирование энергии: Пер. с англ. – М.:Мир, 2017 г.
- Вафин, Д. Б. В23 Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие / Д.Б. Вафин.- Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013. - 176 с.
- Энергетика XXI века: Условия развития, технологии, прогнозы / Л.С. Беляев, А.В. Лагерева, В.В. Посекалин и др.; Отв. ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2014. – 386 с.
- J.P. Deane et al. / Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 1293–1302
- Паровые и газовые турбины для электростанций [Электронный ресурс]: учебник для вузов / А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний ; под ред. А.Г. Костюка. — М.: Издательский дом МЭИ, 2016. — Загл. с тит. экрана

Дополнительная:

ONTÚSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11 9стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы		

9. Учебно-методический комплекс по «Энергоресурсам, их источникам и получению» для Обучающийся химического факультета по специальности «ХТОВ». / Сост. М.Л. Ли - Караганда: Изд-во КарГУ, 2008 г.

<http://www.studmedlib.ru>,

ЛОГИН ibragim123, ПАРОЛЬ Libukma123

<http://lib.ukma.kz/ru/> Базы данных

Республиканская межвузовская электронная библиотека, Aknurpress www.aknurpress.kz.

8. Контрольные вопросы:

1. Основные периоды освоения энергии человечеством.
2. Сформулируйте основные принципы развития энергетики.
3. Как влияют увеличение численности населения и совершенствования технологии на рост потребление энергии.
4. Почему вместо нефти в качестве топлива выгодно использовать природный газ?
5. Перечислите месторождения нефти, угля, природного газа, торфа и сланца в Казахстане.
6. Виды энергии, имеющие практическое значение.
7. Составить энергетический баланс Земли.
8. Назовите природные источники энергии на Земле. Оцените их запасы.
9. Нефтяное топливо.
10. Уголь.
11. Природный газ.

Задания в тестовой форме:

1. Технически достижимый энергетический потенциал какого из нижеприведенных источников первичной энергии имеет наибольшее значение в Республике Казахстан?
 - A) Уголь
 - B) Нефть
 - C) Гидроэнергия
 - D) Энергия ветра
 - E) Солнечная энергия
2. Экономически целесообразный энергетический потенциал какого из нижеприведенных источников первичной энергии имеет наибольшее значение в Республике Казахстан?
 - A) Уголь
 - B) Нефть
 - C) Гидроэнергия
 - D) Энергия ветра
 - E) Солнечная энергия
3. Комплекс мер или действий, предпринимаемых для обеспечения более эффективного использования энергетических ресурсов
 - A) Энергетическая цепочка
 - B) Экономия энергии
 - C) Рациональное использование энергии
 - D) Теплоизоляция
 - E) Энергосбережение
4. Что является основным внутренним источником первичной энергии в Казахстане?
 - A) Уголь

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		10стр. из 107

B) Нефть

C) Природный газ

D) Торф

E) Сланец

5.Первичный энергоресурс – это

A) система показателей, характеризующих процесс преобразования энергии или снабжения ею потребителей и отражающая равенство подведенной энергии с одной стороны, и суммы полезной энергии и ее потерь, с другой

B) та область технологии, которая связана с производством, преобразованием, аккумулированием, распределением и использованием энергии

C) энергетический ресурс, непосредственно используемый на стадии конечного потребления, предварительно облагороженный, переработанный, преобразованный, а также природный энергетический ресурс, потребляемый на этой стадии

D) энергоресурс который не был подвергнут переработке или преобразованию

E) запасы энергии, которые при данном уровне техники могут быть использованы для энергоснабжения

6.Энергетический ресурс – это

A) система показателей, характеризующих процесс преобразования энергии или снабжения ею потребителей и отражающая равенство подведенной энергии с одной стороны, и суммы полезной энергии и ее потерь, с другой

B) та область технологии, которая связана с производством, преобразованием, аккумулированием, распределением и использованием энергии

C) энергетический ресурс, непосредственно используемый на стадии конечного потребления, предварительно облагороженный, переработанный, преобразованный, а также природный энергетический ресурс, потребляемый на этой стадии

D) энергоресурс который не был подвергнут переработке или преобразованию

E) запасы энергии, которые при данном уровне техники могут быть использованы для энергоснабжения

7.Запасы энергии, которые при данном уровне техники могут быть использованы для энергоснабжения.

A) Энергетический ресурс

B) Энергетический запас

C) Энергетический резерв

D) Энергетический потенциал

E) Нет правильного ответа

8.Что из перечисленного относится к возобновляемым источникам энергии?

A) Биотопливо

B) Неорганическое топливо

C) Термоядерное топливо

D) Органическое топливо

E) Ядерное топливо

9.Какая отрасль народного хозяйства является крупнейшим потребителем энергетических ресурсов в Республике Казахстан?

A) Топливо-энергетический комплекс

B) Сельское хозяйство

C) Строительство

D) Химическая промышленность

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11 11стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы		

Е) Деревообрабатывающая промышленность

10. Из нижеперечисленного первичным топливом не является ...

- A) Ядерная энергия
- B) Гидроэнергия
- C) Мазут
- D) Уголь
- E) Природный газ

Практическое занятие 2

1.Тема 2: Невозобновляемые источники энергии

2. Цель: Закрепить теоретические основы, практические навыки и умения по невозобновляемым источникам энергии

3.Задачи обучения:

Обучающийся должен знать:

- типы электростанций и особенности их технологического цикла для задач производства тепловой и электрической энергии
- принципы выполнения и работы основного теплотехнического и электрического оборудования электростанций;
- методы и способы использования энергии традиционных источников и энергетических ресурсов;

Обучающийся должен уметь:

- использовать методы оценки основных видов энергоресурсов и преобразования их в электрическую и тепловую энергию;
- использовать методы оценки основных видов энергоресурсов и преобразования их в электрическую и тепловую энергию;
- анализа технологических схем производства электрической и тепловой энергии.

4.Основные вопросы темы:

по базисным знаниям:

1. Отличительные особенности электроэнергетики как важнейшей составной части топливно-энергетического комплекса страны
2. Органические и неорганические химические топлива и их элементарный состав.
3. Расчет основных характеристик топлива.

по теме занятия:

1. типы гидроэлектростанций.
2. схемы создания напора на ГЭС.
3. схему работы гидроэлектростанций.
4. типы турбин.

Практическая работа 2

Расчет мощности гидроэлектростанции

Теоретические основы

Уровень воды в реках переменный. Они стекают в Мировой океан, и уровень воды в верховьях рек выше, чем в низовьях. Если некоторое сечение реки (створ) перегородить плотиной, то напор (перепад уровней) сосредоточится в створе плотины.

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11 12стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы		

Статический напор H – это разность отметок уровней верхнего и нижнего бьефов:

$$H = H_v - H_n. \quad (2.1)$$

Мощность потока N , сбрасываемого из верхнего бьефа в нижний, равна:

$$N = \rho g Q H, \quad (2.2)$$

где ρ – плотность воды (1000 кг/м^3); g – ускорение с свободного падения (м/с^2);

ρg – удельный вес воды, равный $9,81 \text{ кН/м}^3$;

Q – расход воды ($\text{м}^3/\text{с}$).

Полная энергия сбрасываемой воды

$$E = N t, \quad (2.3)$$

где t – время, с

Предложенная схема расчета энергетического потенциала реки, мощности и выработки энергии ГЭС в некотором створе с расходом Q и напором H довольно простая.

Реальные расчеты несколько сложнее, так как:

- не весь напор реки удастся использовать для получения электрической энергии, часть напора теряется при движении воды от водозабора до турбины;
- часть энергии теряется в гидроагрегате, турбина и генератор имеют свой КПД (коэффициент полезного действия);
- не весь расход реки удастся пропустить через турбины, в период большой проточности (высоких паводков и половодий) часть воды не удастся удержать и пропустить через турбины, поскольку емкость водохранилища ограничена, и часть воды приходится сбрасывать вхолостую.

С учетом вышесказанного более точная формула подсчета мощности всех установленных на ГЭС гидроагрегатов имеет вид

$$N = \rho g Q_a H \eta_g \eta_t m, \quad (2.4)$$

где η_g , η_t – коэффициенты полезного действия генератора и турбины соответственно;

Q_a – расход воды, проходящий через одну турбину (агрегат);

m – количество гидроагрегатов.

Если при подсчете по формулам (2.2), (2.3) время измерять в секундах (с), массу – в килограммах (кг), объем – в метрах кубических (м^3), то мощность получим в ваттах, а выработку энергии – в киловатт-часах ($1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$).

Порядок выполнения работы

1. Ознакомьтесь со схемой расчета энергетического потенциала реки и формулой подсчета мощности всех установленных на ГЭС гидроагрегатов.
2. Определите энергию падающей воды для ГЭС, если отметки верхнего и нижнего бьефов составляют 240 и 145 метров соответственно, а объем сброса воды за год – 80 км^3 .
3. Определите энергию падающей воды для ГЭС, если статистический напор составляет 65 метров, а объем сброса воды за год – 54 км^3 .

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		13стр. из 107

4. Определите мощность работающей ГЭС в единицу времени, если расход воды, проходящей через одну турбину за год, составляет $6,5 \text{ км}^3$, число гидроагрегатов, работающих на станции, 12, КПД гидрогенератора и турбины составляют 0,99 и 0,98 соответственно, а статистический напор 50 м.

5. Определить расход воды, проходящей через станцию, если отметка верхнего бьефа составляет 148 м, отметка нижнего бьефа – 83 м. Мощность потока воды $950 \cdot 10^5 \text{ кВт}$.

6. В многоводный год объем сброшенной воды за год составил 132 км^3 , при том что 115 км^3 прошло через гидроагрегаты, а остальная вода была сброшена «вхолостую».

Определить энергию сброшенной воды «вхолостую», если водослив осуществлялся два месяца.

7. Оформите отчет по практической работе.

8. Сделайте вывод о проделанной работе.

9. Подготовьтесь к защите практической работ, ответив на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Что называют статическим напором?

2. Чему равна мощность потока, сбрасываемого из верхнего бьефа в нижний?

3. Как определить полную энергию сбрасываемой воды?

4. Из каких сооружений и оборудования состоит гидроэлектрическая станция

5. Перечислить основные типы гидроэнергетических установок.

6. Описать гидрогенератор, его назначение.

7. Как преобразуется гидравлическая энергия в электрическую.

8. Объяснить схемы создания напора, перечислить основное оборудование ГЭС.

9. Описать потенциал гидроэлектростанций Туркестанской области.

5. Основные формы / методы / технологии обучения для достижения конечных РО дисциплины: Практическая работа. Работа в малых группах.

6. Формы контроля для оценивания уровня достижения конечных РО дисциплины.

Формы контроля для оценивания уровня достижения конечных РО дисциплины оценивания (тестирование, решение ситуационных задач и т.д.) : Устный опрос, решение ситуационных задач, подготовка и решение ситуационных задач

7. Литература:

Основная:

1. Бердалиева А.А., Даулетбаева Д.А. Энергоресурсы, источники и методы получения.- Учебное пособие.- Шымкент 2022. -244 с.

2. Риполь- Сарагоси Т.Л. Кууск А.Б., Возобновляемые и нетрадиционные источники энергии. Учебно-методическое пособие. Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т. путей сообщения, 2019. – 122 с.

3. Быстрицкий Г.Ф. Б95 Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии) : учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. — 2-е изд., стер. — М. : КНОРУС, 2016. — 408 с. — (Бакалавриат).

4. Бекман Г, Гилли П. Тепловое аккумулирование энергии: Пер. с англ. – М.: Мир, 2017 г.

5. Вафин, Д. Б. В23 Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие / Д.Б. Вафин.- Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013. - 176 с.

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11 14стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы		

6. Энергетика XXI века: Условия развития, технологии, прогнозы / Л.С. Беляев, А.В. Лагереv, В.В. Посекалин и др.; Отв. ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2014. – 386 с.

7. J.P. Deane et al. / Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 1293–1302

8. Паровые и газовые турбины для электростанций [Электронный ресурс]: учебник для вузов / А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний ; под ред. А.Г. Костюка. — М.: Издательский дом МЭИ, 2016. — Загл. с тит. экрана

Дополнительная:

9. Учебно-методический комплекс по «Энергоресурсам, их источникам и получению» для Обучающийсяv химического факультета по специальности «ХТОВ». / Сост. М.Л. Ли - Караганда: Изд-во КарГУ, 2008 г.

<http://www.studmedlib.ru>,

ЛОГИН ibragim123, ПАРОЛЬ Libukma123

<http://lib.ukma.kz/ru/> Базы данных

Республиканская межвузовская электронная библиотека, Aknurpress www.aknurpress.kz.

Контроль (вопросы, тесты, задачи, и пр.)

Задания в тестовой форме:

1.Электростанции какого типа занимают наибольшую долю в производстве электроэнергии в Республике Казахстан?

- A) ТЭС
- B) ГЭС
- C) АЭС
- D) ГАЭС
- E) ГеоЭС

2.Какой показатель повышается при комбинированной выработке теплоты и электричества на ТЭЦ?

- A) коэффициент использования теплоты топлива
- B) КПД турбины
- C) КПД парогенератора
- D) коэффициент регенерации
- E) мощность электрогенератора

3.Традиционные источники энергии являются:

- A) невозобновляемыми природными ресурсами
- B) возобновляемыми природными ресурсами
- C) альтернативными природными ресурсами
- D) неисчерпаемыми природными ресурсами
- E) Нет правильного ответа

4.На каком участке тепловых сетей потери тепла достигают наибольшего значения?

- A) На распределительных сетях
- B) На магистральных сетях
- C) На узле ввода в ТЭЦ
- D) На узле вывода из ТЭЦ
- E) Нет правильного ответа

5.Что из перечисленного относится к невозобновляемым источникам энергии?

- A) Энергия водных потоков
- B) Энергия солнечного излучения
- C) Энергия отливов и приливов
- D) Геотермальная энергия
- E) Нет правильного ответа

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11 15стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы		

6. Что используют ТЭС и ТЭЦ?

- A) природное топливо (нефть, уголь, газ)
- B) радиоактивное топливо
- C) энергию падающей воды
- D) энергию ветра
- E) солнечную энергию

7. Что используют АЭС?

- A) радиоактивное топливо
- B) энергию падающей воды
- C) природное топливо (нефть, уголь, газ)
- D) энергию ветра
- E) солнечную энергию

8. Что используют ГЭС?

- A) энергию падающей воды
- B) геотермальные источники
- C) энергию падающей воды
- D) радиоактивное топливо
- Г) природное топливо (нефть, уголь, газ).

9. Указать особенность углей Экибастузского бассейна

- A) низкая калорийность и высокая зольность
- B) высокая калорийность и высокая зольность
- C) низкая калорийность и низкая зольность
- D) высокая калорийность и низкая зольность
- E) относительно невысокое содержание примесей

Занятие 3

1.Тема 3: Возобновляемые источники энергии. Сравнение с традиционными энергоносителями

2.Цель: Закрепить теоретические основы и практические навыки и умения по использованию возобновляемых источников энергии

3.Задачи обучения:

Обучающийся должен знать:

- возобновляемые источники энергии;
- основные принципы работы установок использующих возобновляемые источники энергии;

Обучающийся должен уметь:

- самостоятельно анализировать тепловые процессы в солнечных коллекторах теплоснабжения и рассчитывать их характеристики;
- определять оптимальные значения коэффициента замещения тепловой нагрузки потребителя солнечной энергией;
- определять оптимальные сочетания различных устройств использующих возобновляемые источники энергии для удовлетворения нужд потребителя

4.Основные вопросы темы:

по базисным знаниям:

- 1.Энергетика на ископаемом топливе, перспективы
- 2.Тенденции и прогнозы использования возобновляемых источников энергии

по теме занятия:

ONTÚSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		16стр. из 107

1. Определение плотности потока излучения, падающего на солнечную батарею
2. Принцип преобразования энергии солнца в электрическую
3. Метод расчета плоского пластинчатого нагревателя.

5. Основные формы / методы / технологии обучения для достижения конечных РО дисциплины: Практическое занятие.

Практическая работа 3

Расчеты основных категорий потенциала различных видов возобновляемой энергии

Задача 3.1 Энергия прилива

Оценить энергетический потенциал $\Delta_{\text{пот}}$ (кВт·ч) приливной энергии океанического бассейна, имеющего площадь F км², если известна средняя величина приливной волны $R_{\text{ср}}$ м. В научной литературе существует несколько уравнений, позволяющих определить приливный потенциал бассейна. Одно из них предложено отечественным ученым Л. Б. Бернштейном.

Приливной потенциал $\Delta_{\text{пот}}$ определяется по формуле Л.Б. Бернштейна:

$$\Delta_{\text{пот}} = 1,97 \cdot 10^6 \cdot R_{\text{ср}}^2 \cdot F, \text{ кВт} \cdot \text{ч},$$

где $R_{\text{ср}}$ – средняя величина прилива, м;

F – площадь бассейна, км².

Зная площадь бассейна $F \cdot 10^3$ км² и среднюю величину прилива R , м. (таб. 1).

Оценить приливной потенциал бассейна $\Delta_{\text{пот}}$, используя формулу Л.Б. Бернштейна.

Решение:

Площадь бассейна $F = 1000$ км²;

Средняя величина прилива $R_{\text{ср}} = 7,2$ м.

$$\Delta_{\text{пот}} = 1,97 \cdot 10^6 \cdot R_{\text{ср}}^2 \cdot F$$

$$\Delta_{\text{пот}} = 1,97 \cdot 10^6 \cdot 7,2^2 \cdot 1000 = 10^2 \cdot 10^6 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Решить задачу по вариантам.

Таблица 3.1

Величина	Варианты														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$F \cdot 10^3, \text{ км}^2$	1	1,2	1,4	1,5	1,8	2,0	2,4	2,2	2,6	2,8	1	1,2	1,5	2,0	2,2
$R, \text{ м}$	7	8	9	10	11	12	13	14	15	12	11	10	9	8	7

Задача 3.2

Размеры плоского пластинчатого нагревателя $H \cdot L$ (ширина и длина) (таб.3), сопротивление теплопотерям $r = 0,13 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, коэффициент теплопередачи $\alpha = 0,85$.

Коэффициент пропускания стеклянной крышки $\tau = 0,9$.

Коэффициент поглощения пластины $\alpha_n = 0,9$.

Температура входящей в приёмник жидкости T_2 .

Температура окружающего воздуха T_1 , поток лучистой энергии G , Вт/м², теплоёмкость воды, $c = 4200$, Дж/(кг·°C).

ONTÚSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»	
Кафедра инженерных дисциплин			76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы			17стр. из 107

Температура выходящей жидкости T_3 .

Определить скорость прокачки, которая необходима для повышения температуры на t градусов.

Насос работает и ночью, когда $G = 0$.

Как будет снижаться температура воды за каждый проход через приёмник ($T_3 - T_2$).

Необходимо учитывать среднюю температуру проходящей жидкости t_{cp} .

Решение

Дано: $T_1 = 20^\circ\text{C}$; $T_2 = 40^\circ\text{C}$; $t = 4^\circ\text{C}$; $H = 0,8\text{м}$; $L = 2\text{м}$; $G = 750\text{Вт/м}^2$; $\alpha = 0,9$; $\tau = 0,9$.

Тепловой поток на единицу площади:

$$q = (\rho \cdot c \cdot Q / A) \cdot (T_3 - T_1) = a[\tau \cdot \alpha \cdot G - (T_{cp} - T_1) / r],$$

где ρ – плотность воды, 1000 кг/м^3 ;

c – теплоёмкость воды, $4200 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$;

Q – объём прокачиваемой жидкости, $\text{м}^3/\text{с}$;

$T_3 = (T_2 + t)$ – температура выходящей воды, $^\circ\text{C}$;

$T_{cp} = (T_2 + t/2)$ – средняя дневная температура в приёмнике

$T_{cp} = (40 + 4/2) = 42^\circ\text{C}$;

$$Q = a[\tau \cdot \alpha \cdot G - (T_{cp} - T_1) / r] \cdot A / [\rho \cdot c \cdot (T_3 - T_2)]$$

$$Q = 0,85 \cdot 1,6 \cdot [0,9 \cdot 0,9 \cdot 750 - (42 - 20) / 0,13] / [1000 \cdot 4200 \cdot (44 - 40)] = 3,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{сек} = 130 \text{ л/ч}.$$

Температура воды за каждый проход через приёмник в ночное время будет снижаться ($T_3 - T_2$).

Определим ($T_3 - T_2$) из выражения:

$$Q = a[\tau \cdot \alpha \cdot G - (T_{cp} - T_1) / r] \cdot A / [\rho \cdot c \cdot (T_3 - T_2)].$$

Подставим $G = 0$, среднюю ночную температуру $T_{cp} = (40 - 4/2) = 38^\circ\text{C}$.

Вода прокачивается со скоростью 1 цикл/ч, если насос будет продолжать работать.

Получим:

$$Q = 0,85 \cdot 1,6 \cdot [0,9 \cdot 0,9 \cdot 0 - (38 - 20) / 0,13] / [1000 \cdot 4200 \cdot (T_3 - T_2)] = 3,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{сек}$$

$$3,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{сек} = -1,36(38 - 20) / 0,13 / [42 \cdot 10^5 \cdot (T_3 - T_2)] = -188 / [42 \cdot 10^5 \cdot (T_3 - T_2)]$$

Отсюда:

$$(T_3 - T_2) = -188 / 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot 42 \cdot 10^5 = -1,3^\circ\text{C}.$$

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		18стр. из 107

Оценить энергетический потенциал $\Delta_{\text{пот}}$

Таблица 3.2

Величина	Варианты														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
H, м	2	2,5	2	2,5	2	2,5	2	2,5	2	2,5	2	2,5	2	2,5	2
L, м	0,8	0,7	0,9	1,0	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
G, Вт/м ²	750	650	600	600	650	750	700	600	650	700	750	700	650	700	750
T ₁ , °C	20	15	10	5	20	15	10	5	20	15	10	5	20	15	10
T ₂ , °C	40	45	35	40	35	45	35	40	45	35	40	50	50	40	40
t, °C.	4	5	5	4	5	5	5	4	5	5	4	4	4	4	4

Задача 3.3

Плотность потока излучения, падающего на солнечную батарею, составляет G, Вт/м², КПД, η %.

Какую площадь S должна иметь солнечная батарея с КПД η и мощностью P, Вт?

Решение

Плотность потока излучения – $G = 460 \text{ Вт/м}^2$;

Мощностью $P = 100 \text{ Вт}$; КПД $\eta = 20\%$; S – площадь, м².

$$P = \eta \cdot S \cdot G \quad S = P / \eta \cdot G$$

$$S = 100 / 0,2 \cdot 460 = 1,09 \text{ м}^2$$

Решить задачу по вариантам.

Таблица 3.3

Величина	Варианты														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
G, Вт/м ²	460	500	550	600	700	750	450	480	500	520	550	580	600	650	700
η , %	20	18	19	20	21	22	23	18	19	20	21	22	23	24	20
P, Вт	100	90	110	120	130	150	140	90	100	110	120	130	140	150	160

Задача 3.4

Площадь солнечной батареи S, м², плотность тока i_c , А/см², плотность излучения G, Вт/м² (таблица 3.4).

Определить ЭДС в солнечной батарее при КПД η . (решить задачу по вариантам).

Мощность солнечной батареи:

$$P = E \cdot I \Rightarrow S \cdot G \cdot \eta.$$

Отсюда ЭДС:

$$E = \frac{G \cdot \eta}{i}$$

ONTÚSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		19стр. из 107

где I - ток определяется по формуле:

$$I = i \cdot S$$

Тогда ЭДС:

$$E = \frac{G \cdot \eta}{i} = \frac{300 \cdot 0,3}{3 \cdot 10^{-3}} = 3В$$

Таблица 3.4

Исходные данные					
Величины и единицы их измерения					
№ варианта	S, м ²	i, А/см ²	№ варианта	G, Вт/м ²	η
1	0,25	3·10 ⁻³	1	300	0,3
2	0,3	2·10 ⁻⁸	2	350	0,25
3	0,4	4·10 ⁻³	3	500	0,26
4	0,5	1·10 ⁻²	4	400	0,27
5	0,6	2·10 ⁻²	5	450	0,28
6	0,7	3·10 ⁻²	6	520	0,29
7	0,8	4·10 ⁻²	7	560	0,3
8	0,9	5·10 ⁻²	8	600	0,25
9	1,0	1·10 ⁻³	9	650	0,26
10	1,1	2·10 ⁻³	10	700	0,27
11	1,2	3·10 ⁻³	11	750	0,21
12	0,35	4·10 ⁻³	12	620	0,24
13	0,45	5·10 ⁻³	13	650	0,3
14	0,55	6·10 ⁻³	14	760	0,22
15	0,65	7·10 ⁻³	15	750	0,23

5.Основные формы / методы / технологии обучения для достижения конечных РО дисциплины: Решение ситуационных задач. Работа в малых группах.

6. Формы контроля для оценивания уровня достижения конечных РО дисциплины (тестирование, решение ситуационных задач и т.д.): Устный опрос, подготовка и решение ситуационных задач.

7.Литература

Основная:

- Бердалиева А.А., Даулетбаева Д.А. Энергоресурсы, источники и методы получения.-Учебное пособие.-Шымкент 2022. -244 с.
- Риполь- Сарагоси Т.Л. Кууск А.Б., Возобновляемые и нетрадиционные источники энергии. Учебно-методическое пособие. Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т. путей сообщения, 2019. – 122 с.
- Быстрицкий Г.Ф. Б95 Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии) : учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. — 2-е изд., стер. — М. : КНОРУС, 2016. — 408 с. — (Бакалавриат).
- Бекман Г, Гилли П. Тепловое аккумулирование энергии: Пер. с англ. – М.:Мир, 2017 г.
- Вафин, Д. Б. В23 Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие / Д.Б. Вафин.- Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013. - 176 с.

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	
 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»	
Кафедра инженерных дисциплин	76/11 20стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы	

6. Энергетика XXI века: Условия развития, технологии, прогнозы / Л.С. Беляев, А.В. Лагереv, В.В. Посекалин и др.; Отв. ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2014. – 386 с.

7. J.P. Deane et al. / Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 1293–1302

8. Паровые и газовые турбины для электростанций [Электронный ресурс]: учебник для вузов / А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний ; под ред. А.Г. Костюка. — М.: Издательский дом МЭИ, 2016. — Загл. с тит. экрана

Дополнительная:

9. Учебно-методический комплекс по «Энергоресурсам, их источникам и получению» для Обучающийсяv химического факультета по специальности «ХТОВ». / Сост. М.Л. Ли - Караганда: Изд-во КарГУ, 2008 г.

<http://www.studmedlib.ru>,

ЛОГИН ibragim123, ПАРОЛЬ Libukma123

<http://lib.ukma.kz> /ru/ Базы данных

Республиканская межвузовская электронная библиотека, Aknurpress www.aknurpress.kz.

Контроль (вопросы, тесты, задачи и пр.)

- 1.Как использовать энергию Солнца?
- 2.Как применить энергию ветра?
- 3.Как использовать энергию приливов?
- 4.Как использовать внутреннюю энергию Земли?
- 5,Каков потенциал нетрадиционных источников энергии в РК?
- 6.Каковы причины медленного внедрения НВИЭ в РК?
- 7.Укажите достоинства солнечной энергии как одного из видов возобновляющихся источников энергии.
- 8.Перечислите возможные варианты использования солнечной энергии.
- 9.Что означает понятие «солнечный дом»?
- 10.Где в РК в настоящее время эксплуатируются ВЭУ, подключенные к энергосетям?

Задания в тестовой форме:

- 1.Какой из источников возобновляемой энергии нашел наиболее широкое применение в Республике Казахстан?
 - А) Гидроэнергия
 - В) Энергия солнца
 - С) Энергия ветра
 - Д) Энергия термальных вод
 - Е) Энергия биомассы
- 2.К какой группе возобновляемых источников относится гидроэнергия?
 - А) Источники механической энергии
 - В) Водоземulsionные источники энергии
 - С) Тепловые возобновляемые источники энергии
 - Д) Источники энергии, основанные на фотонных процессах
 - Е) Нет правильного ответа
- 3.К какой группе возобновляемых источников относятся биотопливо?
 - А) Тепловые возобновляемые источники энергии
 - В) Водоземulsionные источники энергии
 - С) Источники механической энергии

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		21стр. из 107

- D) Источники энергии, основанные на фотонных процессах
E) Нет правильного ответа
- 4.К какой группе возобновляемых источников относятся волновая и приливная энергия?
- A) Источники механической энергии
B) Водоэмульсионные источники энергии
C) Тепловые возобновляемые источники энергии
D) Источники энергии, основанные на фотонных процессах
E) Нет правильного ответа
- 5.К какой группе возобновляемых источников относится тепловая энергия солнца?
- A) Тепловые возобновляемые источники энергии
B) Водоэмульсионные источники энергии
C) Источники механической энергии
D) Источники энергии, основанные на фотонных процессах
E) Нет правильного ответа
- 6.К какой группе возобновляемых источников относится лучистая энергия солнца?
- A) Источники энергии, основанные на фотонных процессах
B) Водоэмульсионные источники энергии
C) Тепловые возобновляемые источники энергии
D) Источники механической энергии
E) Нет правильного ответа
- 7.К какой группе возобновляемых источников относятся ветровая энергия?
- A) Источники механической энергии
B) Водоэмульсионные источники энергии
C) Тепловые возобновляемые источники энергии
D) Источники энергии, основанные на фотонных процессах
E) Нет правильного ответа
- 8.Что является определяющим параметром для такого источника возобновляемой энергии как ветер?
- A) Скорость, высота над земной поверхностью
B) Качество почвы, облученность, вода, специфика топлива
C) Облачность
D) Напор H , объемный расход Q
E) Высота R , площадь бассейна A , длина эскуария L , глубина -
- 9.Что является определяющим параметром для такого источника возобновляемой энергии как рассеянное солнечное излучение?
- A) Облачность
B) Облучаемость ($Вт/м^2$), угол падения излучения
C) Скорость, высота над земной поверхностью
D) Напор H , объемный расход Q
E) Высота R , площадь бассейна A , длина эскуария L , глубина - h
- 10.Какой метод управления используется для согласования возобновляемых источников энергии с потребителями?
- A) метод управления со сбросом излишков энергии
B) метод управления с накоплением (аккумулированием) энергии
C) метод управления с регулированием нагрузки
D) метод управления с регулированием напряжения

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		22стр. из 107

Е) метод управления с регулированием мощности

Практическое занятие 4

1.Тема 4: Аналитический расчет горения топлива

2.Цель: Закрепить теоретические основы, практические навыки и умения по аналитическому расчету горения топлива.

3.Задачи обучения:

Обучающийся должен знать:

- конструкции и характеристики топливо сжигающего оборудования, режимы эксплуатации;
- об особенностях горения и о кинетике горения органических топлив;
- элементарный состав твердых и жидких топлив;
- методы расчета горелочных устройств с оптимальными условиями организации эффективного сжигания топлива, а так же способами организации топочных процессов с целью их интенсификации и уменьшения вредных выбросов.

Обучающийся должен уметь:

- отыскивать пути и средства оптимальной организации процессов теплообмена в топочном пространстве, нацеленных на реализацию высокоэффективной работы котельных агрегатов и промышленных печей;
- правильно поставить, провести и обработать теплотехнический эксперимент по выявлению оптимальных условий организации эффективного сжигания топлив;
- правильно дать определение горения топлив;
- производить расчет необходимого воздуха для сгорания и продуктов сгорания.

4.Основные вопросы темы:

по базисным знаниям:

1. Природное органическое топливо, его происхождение и виды характеристики твердого топлива: элементарный состав, теплота сгорания (высшая и низкая), содержание влаги и золы, выход летучих веществ, характер кокса
2. Условное топливо. Жидкое и газообразное топливо.
3. Стехиометрические расчеты реакции горения элементов топлива: определение теоретически необходимого количества воздуха и состава продуктов сгорания.

по теме занятия:

4. Коэффициент избытка воздуха
5. Элементарный состав твердых и жидких топлив
6. Пересчет элементного состава рабочей массы топлива с зольностью
7. Пересчет с горючей массы на рабочую.

Задание 4

Расчет необходимого количества воздуха для сгорания и продуктов сгорания
Расчет характеристик энергетических топлив

Состав топлива

Элементарный состав твердых и жидких топлив записывается в виде суммы содержания в них углерода С, водорода Н, кислорода О, серы S, азота N, золы А и влаги

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		23стр. из 107

W (в процентах). В зависимости от того, какая масса топлива берется в расчет, каждому обозначению присваивается соответствующий надстрочный индекс:– горючая масса

$$C_r + H_r + O_r + S_r + N_r = 100 \%;$$

– Сухая масса

$$C_c + H_c + O_c + S_c + N_c + A_c = 100 \%;$$

– Рабочая масса

$$C_p + H_p + O_p + S_p + N_p + A_p + W_p = 100 \%.$$

Пересчет элементного состава одной массы топлива на другую производится при помощи коэффициентов, приведенных в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Коэффициенты для пересчета элементарного состава топлива

Заданная масса топлива	Искомая масса топлива		
	рабочая	сухая	горючая
Рабочая	1	$100/(100 - W_p)$	$100/(100 - W_p - A_p)$
Сухая	$(100 - W_p)/100$	1	$100/(100 - A_c)$
Горючая	$(100 - W_p - A_p)/100$	$(100 - A_c)/100$	1

При содержании карбонатов более 2 % коэффициент пересчета принимается с учетом разложения карбонатов. В этом случае за горючую массу принимают

$$G = (100 - W_p - A_{испр} - (CO_2)_к)/100, \quad (4.1)$$

где $(CO_2)_к$ – содержание углекислоты карбонатов, %;

$A_{испр}$ – зольность топлива за вычетом сульфатов, образовавшихся при разложении карбонатов с поправкой на сгорание колчеданной серы:

$$A_{испр} = A_p - A_{сульф} (1 - W_p/100). \quad (4.2)$$

Пересчет элементного состава рабочей массы топлива с W_{p1} на массу с зольностью W_{p2} производится умножением исходных составляющих на множитель

$$(100 - W_{p2}) / (100 - W_{p1}).$$

Пересчет элементного состава рабочей массы топлива с зольностью A_{p1} на массу с зольностью A_{p2} производится умножением исходных составляющих на множитель $(100 - A_{p2}) / (100 - A_{p1})$.

Пересчет элементного состава рабочей массы топлива с зольностью A_{p1} на массу с зольностью A_{p2} производится умножением исходных составляющих на множитель $(100 - A_{p2}) / (100 - A_{p1})$.

Пример 4.1. При лабораторных исследованиях был получен следующий элементный состав кузнецкого угля марки СС на горючую массу: $C_r = 84 \%$; $H_r = 4,5 \%$; $N_r =$

ONTÚSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		24стр. из 107

2 %; $O_r = 9\%$; $S_r = 0,5\%$. Влажность и зольность на рабочую массу равны $W_p = 12\%$ и $A_p = 11,4\%$.

Определить элементный состав на рабочую массу топлива.

Решение. Для пересчета с горючей массы на рабочую используем коэффициент пересчета

$$K = (100 - W_p - A_p)/100 = (100 - 12 - 11,4)/100 = 0,766.$$

Отсюда получаем:

$$C_p = C_r K = 84 * 0,766 = 64,34\%;$$

$$H_p = H_r K = 4,5 * 0,766 = 3,45\%;$$

$$N_p = N_r K = 2 * 0,766 = 1,53\%;$$

$$O_p = O_r K = 9 * 0,766 = 6,9\%;$$

$$S_p = S_r K = 0,5 * 0,766 = 0,38\%.$$

Проверка: Суммарный элементный состав топлива на рабочую массу

$$64,34 + 3,45 + 1,53 + 6,9 + 0,38 + 12 + 11,4 = 100\%.$$

Пример 4.2.

Задан следующий элементный состав на горючую массу кузнечного угля марки СС пониженного качества:

$$C_r = 80,2\%; H_r = 3,3\%;$$

$$N_r = 2,1\%; O_r = 14\%; S_r = 0,4\%.$$

Известно, что зольность сухой массы

$$A_c = 22,12\%.$$

Определить элементный состав топлива на рабочую массу при

$$W_p = 15\%.$$

Решение:

В соответствии с табл. 1.1 коэффициент пересчета масс имеет вид $(100 - W_p - A_p)/100$. Для его использования пересчитаем зольность с сухой массы на рабочую:

$$A_p = A_c(100 - W_p)/100 = 22,12(100 - 15)/100 = 18,8\%.$$

Отсюда получаем

$$K = (100 - W_p - A_p)/100 = (100 - 15 - 18,8)/100 = 0,662.$$

Определяем элементный состав на рабочую массу:

$$C_p = C_r K = 80,2 * 0,662 = 53,09\%;$$

ONTÚSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		25стр. из 107

$$O_p = O_r K = 14 * 0,662 = 9,27 \ %;$$

$$H_p = H_r$$

$$K = 3,3 * 0,662 = 2,18 \ %;$$

$$N_p = N_r K = 2,1 * 0,662 = 1,39 \ %;$$

$$S_p = S_r K = 0,4 * 0,662 = 0,27 \ %.$$

Проверяем полный элементный состав рабочей массы

$$53,09 + 2,18 + 9,27 + 1,39 + 0,27 + 18,8 + 15 = 100 \ %.$$

Обучающийся должны рассчитать необходимое количество воздуха для сгорания и продуктов сгорания.

1. Состав топлива, формулы пересчета состава топлива.
2. Аналитические методы определения теплоты сгорания топлива.
3. Определение количества воздуха необходимого для горения

Решить задачи по вариантам.

Варианты	C_p	H_p	N_p	O_p	S_p
1	85,6	2,75	1,9	8,75	1,0
2	87,03	2,03	1,95	8,4	0,6
3	87,18	2,02	1,8	8,3	0,7
4	87,9	2,95	1,85	8,35	0,8
5	86,48	2,82	1,7	8,1	0,9
6	87,3	2,9	1,65	8,0	0,15
7	86,59	3,6	1,75	7,9	0,16
8	85,88	3,5	1,60	7,85	1,17
9	86,08	4,2	1,69	7,75	0,18
10	86,66	4,3	1,55	7,3	0,19
11	88,95	4,9	1,5	7,4	0,25
12	84,7	5,0	1,85	8,25	0,20
13	84,54	5,1	1,8	8,35	0,21
14	85,78	4,75	1,45	7,8	0,22

5. Основные формы / методы / технологии обучения для достижения конечных РО дисциплины: Решение ситуационных задач. Работа в малых группах.

6. Формы контроля для оценивания уровня достижения конечных РО дисциплины (тестирование, решение ситуационных задач и т.д.): Устный опрос, подготовка и решение ситуационных задач.

7. Литература

Основная:

1. Бердалиева А.А., Даулетбаева Д.А. Энергоресурсы, источники и методы получения.- Учебное пособие.- Шымкент 2022. -244 с.
2. Риполь- Сарагоси Т.Л. Кууск А.Б., Возобновляемые и нетрадиционные источники энергии. Учебно-методическое пособие. Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т. путей сообщения, 2019. – 122 с.

ONTÜSTİK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		26стр. из 107

3. Быстрицкий Г.Ф. Б95 Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии) : учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. — 2-е изд., стер. — М. : КНОРУС, 2016. — 408 с. — (Бакалавриат).

4. Бекман Г, Гилли П. Тепловое аккумулирование энергии: Пер. с англ. – М.:Мир, 2017 г.

5. Вафин, Д. Б. В23 Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие / Д.Б. Вафин.- Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013. - 176 с.

6. Энергетика XXI века: Условия развития, технологии, прогнозы / Л.С. Беляев, А.В. Лагереv, В.В. Посекалин и др.; Отв. ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2014. – 386 с.

7. J.P. Deane et al. / Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 1293–1302

8. Паровые и газовые турбины для электростанций [Электронный ресурс]: учебник для вузов / А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний ; под ред. А.Г. Костюка. — М.: Издательский дом МЭИ, 2016. — Загл. с тит. экрана

Дополнительная:

9. Учебно-методический комплекс по «Энергоресурсам, их источникам и получению» для Обучающийсяv химического факультета по специальности «ХТОВ». / Сост. М.Л. Ли - Караганда: Изд-во КарГУ, 2008 г.

<http://www.studmedlib.ru>,

ЛОГИН ibragim123, ПАРОЛЬ Libukma123

<http://lib.ukma.kz/ru/> Базы данных

Республиканская межвузовская электронная библиотека, Aknurpress www.aknurpress.kz.

Контроль (вопросы, тесты, задачи и пр.)

1.Роль органического топлива в топливном балансе источников энергии РК.

2.Влияние подготовки топлива, организации сжигания органических топлив на экономию топливных ресурсов, снижение выхода парниковых газов.

3.Мероприятия по энергосбережению, потенциальные ресурсы энергосбережения.

4.Виды топлива и его состав. Теплота сгорания топлива и приведенные характеристики

5.Дать понятие высшей и низшей теплоты сгорания топлива. От каких факторов зависит величина теплоты сгорания топлива.

6.Перечислите виды влаги в топливе. Какие методы определения влаги в топливе вам известны. Как влияет влажность на работу котла и вспомогательного оборудования.

7.Технические характеристики и основные свойства твердых, жидких и газообразных топлив. Состав органического топлива.

8.Что такое минеральная часть топлива. Какие изменения претерпевает минеральная часть топлива в процессе горения.

9.Что такое зола, шлак и коксовый остаток. Приведите формулу пересчета состава топлива для различных масс топлива.

Задания в тестовой форме:

1.Естественное топливо – это

<variant>нефть

<variant>керосин

<variant>мазут

<variant>сланцевое масло

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		
Энергоресурсы, источники получения и методы		76/11 27стр. из 107

<variant>бензин

2.Искусственное топливо – это

<variant>бензин

<variant>нефть

<variant>торф

<variant>антрацит

<variant>каменный уголь

3.Горючие вещества твердого топлива – это

<variant>углерод, водород и сера летучая

<variant>азот и кислород

<variant>кислород, азот, зола

<variant>азот, сульфат кальция

<variant>кислород, двуокись углерода

4.Негорючие вещества твердого топлива – это

<variant>кислород, азот, зола и влага

<variant>водород, колчедан

<variant>углерод, пирит

<variant>углерод, водород и сера летучая

<variant>углерод и водород

5.Твердый негорючий остаток, получаемый после полного сгорания топлива – это

<variant>зола

<variant>рабочий состав топлива

<variant>органический состав топлива

<variant>кокс

<variant>сухой состав топлива

6.Каменные угли – это

<variant>органическое топливо с горючими элементами

<variant>природный минерал

<variant>аморфное тело

<variant>сухой остаток при коксовании

<variant>продукт нефтеперегонки

7.Мазут маркируется в зависимости от

<variant>вязкости

<variant>плотности

<variant>температуры застывания

<variant>содержание серы

<variant>области применения

8.Уголь с зольностью более 30 – 40% называется

<variant>углистый сланец

<variant>полуантрацит

<variant>древесный уголь

<variant>каменный уголь

<variant>антрацит

9.Кокс – это

<variant>твердый остаток, который получается после нагревания топлива без доступа окислителя и выхода летучих веществ

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11 28стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы		

<variant>рабочий состав топлива
<variant>топливо в том виде, в котором поступает к потребителю
<variant>твердый негорючий остаток
<variant>топливо, теплота которого равна 293,50 кДж/кг
10. Сухая масса топлива состоит из ...
<variant> $C+H+N+O+S+A=100\%$
<variant> $C+N+O+S+A=90\%$
<variant> $RO_2 + Cu+K+C=100\%$
<variant> $C+H+O+S+A=90\%$
<variant> $H_p+O_p+S_{po}+k+N_p+A_p+W_p=100\%$

Практическое занятие 5

1. Тема 5: Варианты транспортировки энергии и критерии выбора

2. Цель: освоить методику определения потерь при транспортировке тепловой энергии.

3. Задачи обучения:

Обучающийся должен знать:

- виды теплоносителей.
- преимущества и недостатки теплоносителей.
- виды тепловых сетей.
- структуру тепловых сетей.
- конструкции теплопровода.

Обучающийся должен уметь:

- дать правильное определение передачи энергии;
- дать правильное определение передачи топлива;
- выбирать способы передачи энергии;
- пользоваться нормирующей документацией.

4. Основные вопросы темы:

по базисным знаниям

1. Передача энергии.
2. Передача топлива.
3. Способы передачи топлива.
4. Передача тепла.
5. Передача электроэнергии

по теме занятия:

1. Затраты энергии на различные варианты транспортировки энергии
2. Определение потерь теплоты при транспортировке теплоносителей
3. Методика расчета потерь при транспортировке тепловой энергии.

Задание 5

Определение затрат энергии на различные варианты транспортировки энергии и их сравнительный анализ

Теоретические основы

При транспортировке теплоты имеются потери в окружающую среду, величина которых зависит как от разности температур теплоносителя и окружающей среды, так и от качества тепловой изоляции теплопроводов. Основной характеристикой

ONTÚSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		29стр. из 107

теплоизоляционных материалов является коэффициент теплопроводности, который зависит от применяемого материала и его влажности; с ростом влажности материала коэффициент теплопроводности увеличивается.

Потери теплоты при транспортировке теплоносителей связаны с их охлаждением, а при использовании пара появляются дополнительные потери, обусловленные конденсацией. В общем случае при транспортировке потери теплоты в окружающую среду можно рассчитать по данным измерений на основе уравнения теплового баланса:

$$Q = G c_p (t_1 - t_2) + r G_k ,$$

где G – массовый расход однофазного энергоносителя (пар или жидкость), кг/с;
 c_p – удельная теплоемкость теплоносителя при постоянном давлении, Дж/(кг·К);
 t_1 и t_2 – температура теплоносителя соответственно на входе и выходе рассматриваемого участка сети; r – теплота конденсации, Дж/кг;

G_k – расход сконденсировавшегося теплоносителя, кг/с. Потери тепловой энергии надземным теплопроводом в окружающую среду можно довольно просто оценить на основании уравнения теплопередачи. При этом тепловой поток удобно отнести к длине теплопровода l . Тогда

$$Q = q_l l = k_l \Delta t l ,$$

где q_l – линейная плотность теплового потока, Вт/(м·°C);

k_l – линейный коэффициент теплопередачи, Вт/(м·°C);

$\Delta t \cong (\bar{t}_\tau - t_\infty)$ – температурный напор, °C;

$\bar{t}_\tau$ – средняя температура теплоносителя на исследуемом участке теплопровода, °C;

t_∞ – температура окружающей среды, °C.

Линейный коэффициент теплопередачи через многослойную стенку предизолированного теплопровода определяется по соотношению

$$k_i = \left(\frac{1}{\alpha_T \pi D_\tau} + \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{D_n}{D_\tau} + \frac{1}{2\pi\lambda_n} \ln \frac{D_n}{D_\tau} + \frac{1}{2\pi\lambda_k} \ln \frac{D_n}{D_\tau} + \frac{1}{\alpha_\infty \pi D_k} \right), \quad (6.3)$$

где α_T – коэффициент теплоотдачи со стороны теплоносителя, Вт/(м²·К); α_∞ – коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха, Вт/(м²·К);

λ , λ_n , λ_k – коэффициенты теплопроводности соответственно трубы, изоляции и защитного кожуха, Вт/(м·°C);

D_τ , D_n , D_n , D_k – внутренний и наружный диаметры стальной трубы, наружные диаметры изоляции и защитного кожуха, м.

В формуле (6.3) первый член выражает термическое сопротивление теплоотдачи со стороны теплоносителя, второй – стальной трубы, третий – слоя изоляции, четвертый – защитного кожуха и пятый – теплоотдачи со стороны окружающей среды. В предельном случае, упростив формулу (6.3), можно оценить максимальное значение возможных тепловых потерь, приняв, что коэффициент теплопередачи определяется только термическим сопротивлением многослойной стенки теплопровода:

$$k_i = R^{-1} \left(\frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{D_n}{D_\tau} + \frac{1}{2\pi\lambda_n} \ln \frac{D_n}{D_\tau} + \frac{1}{2\pi\lambda_k} \ln \frac{D_k}{D_n} \right)^{-1},$$

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		30стр. из 107

При транспортировке теряется значительное количество теплоты. В отдельных случаях эти потери достигают 50 %. Это связано с неудовлетворительной тепловой изоляцией и утечкой теплоносителя. Особенно большие потери могут происходить в технологических теплопроводах с большим уровнем температур и образованием конденсата. При конденсации пара дополнительно выделяется значительное количество теплоты за счет фазового перехода, а в горизонтальных трубах также увеличиваются потери давления на прокачку теплоносителя.

Для уменьшения потерь теплоты в окружающую среду можно рекомендовать следующее:

- применять теплопроводы с высокими теплоизоляционными свойствами;
- понижать уровень температур теплоносителя без ущерба для потребителя;
- при возможности заменять технологический пар горячей водой;
- своевременно с помощью конденсатоотводчиков удалять конденсат из паропроводов; – ликвидировать утечки теплоносителя;
- использовать гибкие системы регулирования отпуска и распределения теплоты.

Пример 5.1. По чугунному теплопроводу диаметром 60×3,5 мм движется пар с температурой $t_n = 325\text{ }^{\circ}\text{C}$. Коэффициент теплоотдачи от пара к трубе $\alpha_1 = 110\text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$. Окружающий наружный воздух имеет температуру $t_b = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Найти удельные тепловые потери, если теплопровод изолирован слоем пеношамота¹⁾ толщиной 70 мм, а коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха $\alpha_2 = 15\text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$. Коэффициент теплопроводности чугуна равен $90\text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{K})$, а пеношамота – $0,29\text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{K})$. Решение. В соответствии с условием задачи наружный и внутренний диаметры теплопровода и диаметр изоляции соответственно равны: $D_n = 60\text{ мм}$, $D_b = 60 - 2 \cdot 3,5 = 53\text{ мм}$, $D_i = 60 + 2 \cdot 70 = 200\text{ мм}$. Коэффициент теплопередачи находим по формуле (6.3):

$$k_i = \left(\frac{1}{110\pi \cdot 0,06} + \frac{1}{2\pi \cdot 90} \ln \frac{60}{57} + \frac{1}{2\pi \cdot 0,29} \ln \frac{200}{60} + \frac{1}{15\pi \cdot 0,2} \right) = 1,225\text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$$

Порядок выполнения работы

1. Ознакомьтесь с методиками расчета потерь при транспортировке тепловой энергии.
2. По пеноуретановому теплопроводу диаметром 50×1,5 мм движется вода с температурой $t_n = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Коэффициент теплоотдачи от пара к трубе $\alpha_1 = 50\text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$. Окружающий наружный воздух имеет температуру $t_b = 20^{\circ}\text{C}$. Определите удельные тепловые потери, если теплопровод изолирован слоем пеношамота толщиной 70 мм, а коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха $\alpha_2 = 15\text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$. Коэффициент теплопроводности стали равен $200\text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{K})$, а пеношамота – $0,29\text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{K})$.
3. По чугунному теплопроводу диаметром 150×5 мм движется пар, температура которого $t_n = 400\text{ }^{\circ}\text{C}$. Коэффициент теплоотдачи от пара к трубе $\alpha_1 = 110\text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$. Окружающий наружный воздух имеет температуру $t_b = -5^{\circ}\text{C}$. Определите удельные тепловые потери, если теплопровод изолирован слоем пеношамота толщиной 50 мм, а коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха $\alpha_2 = 50\text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$. Коэффициент теплопроводности чугуна равен $90\text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{K})$, а пеношамота – $0,29\text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{K})$.
4. Оформите отчет по практической работе.
5. Сделайте вывод о проделанной работе.

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		31стр. из 107

6. Подготовьтесь к защите практической работ, ответив на контрольные вопросы.

5.Основные формы / методы / технологии обучения для достижения конечных РО дисциплины: Решение ситуационных задач. Работа в малых группах.

6. Формы контроля для оценивания уровня достижения конечных РО дисциплины (тестирование, решение ситуационных задач и т.д.) : Устный опрос, подготовка и решение ситуационных задач.

7.Литература

Основная:

1. Бердалиева А.А., Даулетбаева Д.А. Энергоресурсы, источники и методы получения.-Учебное пособие.-Шымкент 2022. -244 с.

2. Риполь- Сарагоси Т.Л. Кууск А.Б., Возобновляемые и нетрадиционные источники энергии. Учебно-методическое пособие. Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т. путей сообщения, 2019. – 122 с.

3. Быстрицкий Г.Ф. Б95 Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии) : учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. — 2-е изд., стер. — М. : КНОРУС, 2016. — 408 с. — (Бакалавриат).

4. Бекман Г, Гилли П. Тепловое аккумулирование энергии: Пер. с англ. – М.:Мир, 2017 г.

5. Вафин, Д. Б. В23 Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие / Д.Б. Вафин.- Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013. - 176 с.

6. Энергетика XXI века: Условия развития, технологии, прогнозы / Л.С. Беляев, А.В. Лагерева, В.В. Посекалин и др.; Отв. ред. Н.И. Воробей. – Новосибирск: Наука, 2014. – 386 с.

7. J.P. Deane et al. / Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 1293–1302

8. Паровые и газовые турбины для электростанций [Электронный ресурс]: учебник для вузов / А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний ; под ред. А.Г. Костюка. — М.: Издательский дом МЭИ, 2016. — Загл. с тит. экрана

Дополнительная:

9. Учебно-методический комплекс по «Энергоресурсам, их источникам и получению» для Обучающийся химического факультета по специальности «ХТОВ». / Сост. М.Л. Ли - Караганда: Изд-во КарГУ, 2008 г.

<http://www.studmedlib.ru>,

ЛОГИН ibragim123, ПАРОЛЬ Libukma123

<http://lib.ukma.kz> /ru/ Базы данных

Республиканская межвузовская электронная библиотека, Aknurpress www.aknurpress.kz.

8.Контроль (вопросы, тесты, задачи и пр.)

1. От чего зависит величина потерь при транспортировке теплоты?
2. Какими свойствами характеризуются изоляционные материалы?
3. Что такое термическое сопротивление?
- 4.Какие из источников энергии оказывает наиболее неблагоприятное воздействие на окружающую среду в Шымкенте?

Практическое занятие 6

1.Тема 6: Источники вторичных энергоресурсов

ONTÚSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		32стр. из 107

2.Цель: определить удельную теплоту сгорания твердого, жидкого и газообразного топлива; освоить методики расчета экономии топливно-энергетических ресурсов за счет использования ВЭР

3.Задачи обучения:

Обучающийся должен знать:

- виды источников энергии.
- виды топлива
- технические характеристики источников энергии
- технические характеристики твердого, жидкого и газообразного топлива.
- классификацию энергоотходов.
- направления применения ВЭР.

Обучающийся должен уметь:

- рассчитать теплоту сгорания для твердого и жидкого топлива, горючего газа
- определять экономию условного топлива при использовании теплоты ВЭР
- определять возможную выработку электроэнергии и удельный выход ВЭР

4.Основные вопросы темы:

1. Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР). Их виды и краткая характеристика
2. Экономия энергии при утилизации ВЭР. Принципиальные возможности использования вторичных энергоресурсов
3. Методы использование тепловых ВЭР. Регенеративное и внешнее использование теплоты ВЭР.
4. Тепловые насосы. Их назначение и принцип действия

Задание.

Расчет параметров теплоты сгорания топлива и экономии топлива за счет использования вторичных энергоресурсов (ВЭР)

Теоретические основы

Расчет теплоты сгорания топлива. Хорошо известны формулы Д.И. Менделеева составленные им для расчета удельной (приходящейся на 1 кг массы топлива) теплоты сгорания топлива. В этих формулах коэффициенты пропорциональности приняты такие, чтобы в результате получить размерность кДж/кг. Различают высшую удельную теплоту сгорания - теплоту, получаемую при полном сгорании 1 кг топлива с учетом, что образующиеся при сгорании водяные пары конденсируются. Теплота, затраченная на превращение воды, содержащейся в топливе, в пар, возвращается. Низшая удельная теплота сгорания определяется в предположении, что теплота, затраченная на превращение воды в пар, не возвращается. Формулы Менделеева для расчета низшей удельной теплоты сгорания Q_n , кДж/кг, выглядят следующим образом:

– для твердого и жидкого топлива

$$Q_v = 338 \cdot C + 1249 \cdot H - 108.5 \cdot (O - S), \quad (6.1)$$

$$Q_n = 338 \cdot C + 1025 \cdot H - 108.5 \cdot (O - S) - 25 \cdot W, \quad (6.2)$$

– для сухого газообразного топлива:

$$Q_n = 127 \cdot CO + 108 \cdot H_2 + 358 \cdot CH_4 + 591 \cdot C_2H_6 + 911 \cdot C_3H_8 + 234 \cdot H_2S. \quad (6.3)$$

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		33стр. из 107

В этих формулах все составляющие топлива указаны в процентах (%) от общего количества.

Пример 6.1. Рассчитать теплоту сгорания для двух видов топлива: бурого угля и природного газа.

Решение:

Бурый уголь (смотри таблицу углей – таблица П.6.1):

$C = 75 \%, S = 5 \%, H = 5 \%, O = 15 \%;$

$Q_B = 338 \cdot 75 + 1249 \cdot 5 - 108.5 \cdot (15 - 5) = 25350 + 6245 - 1085 = 30510 \text{ кДж/кг} = 30.51 \text{ МДж/кг.}$

Природный газ (смотри таблицу газов – таблица П.6.3):

$CO = 0, H_2 = 0, CH_4 = 94.9, C_nH_m = 3.8, H_2S = 0,$

$Q_H = 127 \cdot 0 + 108 \cdot 0 + 358 \cdot 94.9 + (591 + 911) / 2 \cdot 3.8 = 33974 + 2853 = 36827 \text{ кДж/кг} = 36.8 \text{ МДж/кг}$

Расчет экономии топливно-энергетических ресурсов за счет использования ВЭР. Энергетический потенциал отходов и продукции классифицируют по запасу энергии в виде химически связанной теплоты (горючие ВЭР), физической теплоты (тепловые ВЭР), потенциальной энергии избыточного давления (ВЭР избыточного давления). Потенциал горючих ВЭР характеризуется низшей теплотой сгорания Q_H^P ; тепловых – перепадом энтальпий Δh ; избыточного давления – работой изохотного расширения L . Во всех случаях единицей измерения энергетического потенциала является кДж/кг или кДж/м³. Выход ВЭР и экономия топлива за счет их использования. При разработке предложений и проектов по утилизации энергетических отходов необходимо знать выход ВЭР. Различают удельный и общий выход ВЭР.

Удельный выход ВЭР рассчитывают или в единицу времени (1 ч) работы агрегата источника ВЭР, или в показателях на единицу продукции.

Удельный выход горючих ВЭР q^r , кДж/ч определяется по формуле

$$q^r = m Q_H^P$$

где m – удельное количество энергоносителя в виде твердых, жидких или газообразных продуктов, кг(м³)/ед. продукции или кг(м³)/ч.

Удельный выход тепловых ВЭР q^r кДж/ч, определяется по соотношению

$$q^r = m \Delta h = m (c_{p1} t_1 - c_{p2} t_2)$$

где t_1 – температура энергоносителя на выходе из агрегата-источника ВЭР, °С; c_{p1} – теплоемкость энергоносителя при температуре t_1 , кДж/(кг·°С) или кДж/(м³·°С); c_{p2} – теплоемкость энергоносителя при температуре t_2 , кДж/кг или кДж/м³; t_2 – температура энергоносителя, поступающего на следующую стадию технологического процесса после утилизационной установки, или температура окружающей среды, °С.

Удельный выход ВЭР избыточного давления q^r , кДж/ч, рассчитывается по формуле

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»	
Кафедра инженерных дисциплин			76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы			34стр. из 107

$$q'' = mL, \quad (6.4)$$

где L – работа изотропного расширения энергоносителя, кДж/кг.

Общий выход ВЭР за рассматриваемый период времени (сутки, месяц, квартал, год) Q_v , кДж, определяют исходя из удельного или часового

$$Q_v = q_{уд} \tau, \quad (6.5)$$

где $q_{уд}$ – удельный выход ВЭР, кДж/ед. продукции;

τ – время работы агрегата-источника ВЭР за рассматриваемый период, ч.

Только часть энергии из общего выхода ВЭР может быть использована как полезная. Поэтому для оценки реального потенциала ВЭР, пригодного к использованию, рассчитывают возможную выработку энергии за счет ВЭР.

Возможная выработка теплоты в утилизационной установке за счет ВЭР для нагрева энергоносителей пара или горячей воды за рассматриваемый период времени, кДж,

$$Q_T = P_m(h_1 - h_2)\beta(1 - \xi) \quad (6.6)$$

где P_m – выпуск основной продукции или расход сырья, топлива, к которым отнесен $q_{уд}$ за рассматриваемый период, ед. продукции;

h_1 – энтальпия энергоносителя на выходе из технологического агрегата источника ВЭР, кДж/кг(м³);

h_2 – энтальпия энергоносителя при температуре t_2 на выходе из утилизационной установки, кДж/кг(м³);

β – коэффициент, учитывающий несоответствие режима и числа часов работы утилизационной установки и агрегата-источника ВЭР (β изменяется в пределах от 0,7 до 1,0 включительно);

ξ – коэффициент потерь энергии в окружающую среду утилизационной установкой и на тракте между агрегатом-источником ВЭР и утилизационной установкой (ξ принимает значения от 0,02 до 0,05 включительно).

Возможную выработку теплоты в утилизационной установке Q_T , кДж, можно также определить по формуле

$$Q_T = Q_v \eta_y$$

где η_y – КПД утилизационной установки.

Теплота, выработанная в утилизационной установке, может использоваться не полностью, что характеризуется коэффициентом использования выработанной теплоты

$$\sigma = \frac{Q_{и}}{Q_T}$$

ONTÚSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11 35стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы		

где $Q_{и}$ – использованная теплота (σ может изменяться от 0,5 до 0,9 включительно).
Возможная выработка электроэнергии в утилизационной турбине за счет избыточного давления, кВт,

$$W = \Pi_m L \eta_{от} \eta_m \eta_r$$

где $\eta_{от}$ – относительный внутренний КПД турбины;

η_m – механический КПД турбины;

η_r – КПД электрогенератора.

При использовании горючих ВЭР достигается экономия замещаемого топлива:

$$\Delta B = 0,0342 Q_{и} \eta_{ВЭР} / \eta_3, \quad (6.7)$$

где $Q_{и}$ – использованные горючие ВЭР за рассматриваемый период, ГДж;
0,0342 – численное значение коэффициента для перевода 1 ГДж в тонну условного топлива;

$\eta_{ВЭР}$ и η_3 – КПД утилизационной установки, работающей на горючих ВЭР, и установки, работающей на замещаемом топливе (η_3 принимает значения от 0,8 до 0,92 включительно).

При использовании тепловых ВЭР экономия топлива равна

$$\Delta B = b_3 Q_{и}, \quad (6.8)$$

где $b_3 = 0,0342 / \eta_3$ – удельный расход условного топлива, т/кДж, на выработку теплоты в замещающей котельной установке.

При выработке на утилизационной установке электроэнергии или механической работы экономия топлива определяется по формуле

$$\Delta B = b_3 Q_{и}. \quad (6.9)$$

На основе результатов расчета экономии топлива за счет использования ВЭР определяется степень утилизации вторичных энергоресурсов на предприятии

Пример 6.2. Определить экономию условного топлива при использовании теплоты ВЭР в котле-утилизаторе за счет теплоты уходящих газов промышленной печи, если энтальпия газов на выходе из печи $h_1 = 15\,000$ кДж/м³, на выходе из котла утилизатора $h_2 = 6130$ кДж/м³, расчетный расход топлива для печи $B_p = 0,036$ м³/с. Коэффициент, учитывающий несоответствие режима и числа часов работы котла утилизатора и печи, $\beta = 0,9$.

Коэффициент потерь теплоты котла-утилизатора в окружающую среду $\xi = 0,15$, коэффициент утилизации ВЭР $\sigma = 0,75$. КПД замещающей котельной установки $\eta_3 = 0,88$.

Решение. Выход используемых тепловых ВЭР рассчитывается по формулам (6.6) :

$$Q_{ВЭР} = B_p (h_1 - h_2) \beta (1 - \xi) \sigma = 0,036 (15000 - 6130) \cdot 0,9 (1 - 0,15) \cdot 0,75 = 183,2 \text{ кВт}.$$

Экономия топлива при использовании теплоты ВЭР определяется по формуле (6.8):

ONTÜSTİK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		36стр. из 107

$$\Delta B = 0,0342 Q_{\text{ВЭР}} / \eta^3 = 0,0342 \cdot 183,2 / 0,88 = 0,0071 \text{ кг/с.}$$

Порядок выполнения работы

1. Ознакомьтесь с порядком расчета удельной теплоты сгорания топлива.
2. Рассчитайте теплоту сгорания для твердого и жидкого топлива, горючего газа.

Исходные данные приведены в таблице 6.1 (номер варианта соответствует последней цифре номера студенческого билета). Элементный состав различного вида топлив приведен в Приложении А.

Таблица 6.1 – Виды твердого топлива

Номер варианта									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Дерево, высушенное при 100°C, каменноугольный кокс	Резной торф сухой, длинно-пламенный газовый уголь	Резной торф высушенный на воздухе, газовый уголь	Торф брикетный, каменный уголь	Сухой каменный уголь, кузнечный уголь	Жирный каменный уголь, сухой уголь	Тощий каменный уголь, твердый плотно-зернистый уголь (США)	Антрацит, кокс (шахтная печь)	Древесный уголь, смолистый уголь (Верхняя Бавария)	Торфяной кокс, кокс воздушной сушки

Таблица 6.2 – Виды жидкого топлива

Номер варианта									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Малосернистый мазут	Низкосернистый мазут	Сернистый мазут	Высокосернистый мазут	Арктическое дизельное топливо	Зимнее дизельное топливо	Летнее дизельное топливо	Нефтяные остатки	Мазут М-20	Мазут М-40

ONTÚSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		37стр. из 107

Таблица 3.3 – Виды горючих газов

Номер варианта									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Природный газ ставропольский	Природный газ дашаевский	Природный газ сарагосский	Природный газ курдюмский	Природный газ ухтинский	Природный газ краснодарский	Природный газ шебелинский	Природный газ тюменский	Доменный газ	Коксовый газ

3. **Определите** экономию условного топлива при использовании теплоты ВЭР в котле-утилизаторе за счет теплоты уходящих газов промышленной печи, если энтальпия газов на выходе из печи $h_1 = 10\,000 \text{ кДж/м}^3$, на выходе из котла-утилизатора $h_2 = 5000 \text{ кДж/м}^3$, расчетный расход топлива для печи $V_p = 0,042 \text{ м}^3/\text{с}$. Коэффициент, учитывающий несоответствие режима и числа часов работы котла-утилизатора и печи, $\beta = 0,9$. Коэффициент потерь теплоты котла-утилизатора в окружающую среду $\xi = 0,1$, коэффициент утилизации ВЭР $\sigma = 0,80$. КПД замещающей котельной установки $\eta_3 = 0,92$.

4. **Определите** экономию условного топлива при использовании горючих вторичных энергоресурсов в количестве 50т мазута. КПД утилизационной установки принять 0,9.

5. **Определите** возможную выработку электроэнергии и удельный выход ВЭР в утилизационной турбине за счет избыточного давления. Удельное количество газообразного топлива $20 \text{ кг(м}^3\text{)/ед.}$, расход топлива 10 ед. продукции, работа изотропного расширения энергоносителя $0,15 \text{ кДж/кг}$.

Оформите отчет по практической работе

Сделайте вывод о проделанной работе.

Подготовьтесь к защите практической работ, ответив на контрольные вопросы.

5.Основные формы / методы / технологии обучения для достижения конечных РО дисциплины: Решение ситуационных задач. Работа в малых группах.

6. Формы контроля для оценивания уровня достижения конечных РО дисциплины (тестирование, решение ситуационных задач и т.д.) : Устный опрос, подготовка и решение ситуационных задач.

7.Литература

Основная:

1. Бердалиева А.А., Даулетбаева Д.А. Энергоресурсы, источники и методы получения.-Учебное пособие.-Шымкент 2022. -244 с.

2. Риполь- Сарагоси Т.Л. Кууск А.Б., Возобновляемые и нетрадиционные источники энергии. Учебно-методическое пособие. Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т. путей сообщения, 2019. – 122 с.

3. Быстрицкий Г.Ф. Б95 Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии) : учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. — 2-е изд., стер. — М. : КНОРУС, 2016. — 408 с. — (Бакалавриат).

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	
 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»	
Кафедра инженерных дисциплин	76/11 38стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы	

4. Бекман Г, Гилли П. Тепловое аккумулирование энергии: Пер. с англ. – М.: Мир, 2017 г.
5. Вафин, Д. Б. В23 Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие / Д.Б. Вафин.- Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013. - 176 с.
6. Энергетика XXI века: Условия развития, технологии, прогнозы / Л.С. Беляев, А.В. Лагереv, В.В. Посекалин и др.; Отв. ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2014. – 386 с.
7. J.P. Deane et al. / Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 1293–1302
8. Паровые и газовые турбины для электростанций [Электронный ресурс]: учебник для вузов / А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний ; под ред. А.Г. Костюка. — М.: Издательский дом МЭИ, 2016. — Загл. с тит. экрана

Дополнительная:

9. Учебно-методический комплекс по «Энергоресурсам, их источникам и получению» для Обучающийсяv химического факультета по специальности «ХТОВ». / Сост. М.Л. Ли - Караганда: Изд-во КарГУ, 2008 г.

<http://www.studmedlib.ru>,

ЛОГИН ibragim123, ПАРОЛЬ Libukma123

<http://lib.ukma.kz> /ru/ Базы данных

Республиканская межвузовская электронная библиотека, Aknurpress www.aknurpress.kz.

Контроль (вопросы, тесты, задачи и пр.)

1. Что такое ВЭР? Как они классифицируются? Каким параметром определяется энергетический потенциал каждого из видов ВЭР?
2. Как рассчитать удельный и общий выход ВЭР?
3. Как оценить экономию топлива за счет использования тепловых ВЭР или горючих ВЭР?
4. Приведите пример использования тепловых ВЭР
5. Что называют высшей удельной теплотой сгорания топлива?
6. Что называют низшей удельной теплотой сгорания топлива? С помощью каких устройств утилизируются ВЭР избыточного давления?

Задания в тестовой форме

1. Чем характеризуется потенциал горючих ВЭР?
 - A) Низшей теплотой сгорания
 - B) Работой изобарного расширения
 - C) Работой изоэнтальпного расширения
 - D) Разностью энтальпий
 - E) Нет правильного ответа
2. Чем характеризуется потенциал тепловых ВЭР?
 - A) Работой изоэнтальпного расширения
 - B) Работой изобарного расширения
 - C) Низшей теплотой сгорания
 - D) Разностью энтальпий
 - E) Нет правильного ответа
3. Чем характеризуется потенциал ВЭР избыточного давления?
 - A) Работой изоэнтальпного расширения
 - B) Работой изобарного расширения

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11 39стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы		

- С) Низшей теплотой сгорания
D) Разностью энтальпий
E) Нет правильного ответа
4. На основе какого термодинамического цикла работают тепловые насосы?
A. Обратный;
B. Прямой;
C. Прямо-обратный;
D. Обратно-прямой;
E. Нет правильного ответа.
5. Какой тип двигателя установлен на большинстве современных тепловых насосов?
A. Электрический;
B. Дизельный;
C. Бензиновый;
D. Ртутный;
E. Газовый.
6. Горючие вторичные энергоресурсы можно использовать
A) в качестве топлива
B) в качестве восстановителя
C) для получения механической энергии
D) для получения кинетической энергии
E) для нагрева воздуха
7. Принцип действия утилизатора вентиляционных выбросов типа «Тепловой насос»?
A. Холодильная установка, в которой тепло, полученное в процессе конденсации хладагента, используется для подогрева приточного воздуха;
B. Теплообмен между приточным и вытяжным воздухом осуществляется без промежуточной среды;
C. Трубы частично заполнены хладагентом, который испаряется в теплом потоке воздуха и конденсируется в холодном;
D. Тепло передается раствором промежуточного теплоносителя, циркулирующего в теплообменниках;
E. Вращающийся ротор передает тепло удаляемого воздуха приточному.
8. Что определяется по приведенной формуле: $b_3 = \frac{0,0342}{\eta_3}$?
A. Удельный расход топлива на выработку теплоэнергии в замещающей котельной установке.
B. Доля сэкономленного топлива за счет использования ВЭР;
C. Доля сэкономленной теплоты за счет использования ВЭР;
D. Удельная экономия тепловой энергии на устройство утилизационной установки;
E. Коэффициент утилизации ВЭР для вторичных паров;
9. Вторичные энергоресурсы это-
A) энергоресурсы, получаемые в виде побочных продуктов основного производства
B) искусственные горючие газы
C) водяной пар различных параметров
D) воздух
E) продукты разделения воздуха
10. Физическую теплоту вторичных энергоресурсов используют для:
A) нагрева чего-либо

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		40стр. из 107

- В) охлаждения элементов агрегатов
- С) транспортировки материалов
- D) выработки механической энергии
- E) использования в качестве топлива

Занятие 7

1.Тема: Варианты аккумулирования энергии

2.Цель: Закрепить теоретические основы и практические навыки и умения по теме занятия.

3.Задачи обучения:

Обучающийся должен знать:

- типы аккумуляторов и области их применения;
- тепловое и электрическое аккумулирование энергии;
- особенностей аккумулирование энергии.

Обучающийся должен уметь:

- воспринимать, использовать, обобщать, анализировать научно-техническую и справочную информацию в области аккумулирование энергии;
- правильно дать определение гравистатическим аккумуляторы энергии;
- ставить цели и выбирать пути их достижения, выполнять необходимые расчеты по выбору аккумуляторов.

Основные вопросы темы:

по базисным знаниям:

1. Цели и задачи аккумулирования энергии.
2. Типы аккумуляторов и области их применения.
3. Тепловое аккумулирование энергии.
4. Электрическое аккумулирование энергии
5. Химическое аккумулирование энергии
6. Механическое аккумулирование.

по теме занятия:

1. принцип работы аккумулятора тепла
2. принцип аккумулирования энергии с помощью маховика
3. плотность энергии, запасённой в аккумуляторе
4. расчет кинетической энергии маховика при максимальной скорости.

Задание 7

Расчет энергоемкости различных аккумуляторов энергии

Задача 7.1

Небольшой хорошо изолированный дом требует среднего внутреннего расхода тепла Q , кВт. (табл.12). Вместе с дополнительным теплом от освещения это обеспечивает поддержание внутренней температуры 20°C . Под домом находятся аккумулятор горячей воды в виде прямоугольной ёмкости, верхней частью которой служит пол дома S , м^2 .

Аккумулятор теряет тепло в процессе охлаждения от 60 до 40°C в течение τ , суток. Потеря тепла происходит только через пол.

Необходимо определить: глубину ёмкости, m ; термическое сопротивление, K/Вт ; толщину покрытия верхней крышки ёмкости, см ; плотность энергии, запасённой в аккумуляторе.

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		41стр. из 107

Решение:

$$Q = 1 \text{ кВт}; S = 200 \text{ м}^2 \quad \tau = 100 \text{ суток.}$$

Требуемое количество тепла:

$$Q_{\text{тр}} = Q \cdot \tau \cdot (24 \text{ ч}) \cdot [3,6 \text{ МДж}/(\text{кВт} \cdot \text{ч})]$$

$$Q_{\text{тр}} = (1 \text{ кВт}) \cdot (100 \text{ суток}) \cdot (24 \text{ ч}) \cdot [3,6 \text{ МДж}/(\text{кВт} \cdot \text{ч})] = 8640 \text{ МДж.}$$

Количество воды:

$$m = Q_{\text{тр}} / (\rho \cdot c \cdot T_0)$$

$$m = (8640 \text{ МДж}) / [(1000 \text{ кг}/\text{м}^3) \cdot (4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})) \cdot (20 \text{ К})] = 103 \text{ м}^3.$$

Глубина ёмкости:

$$h = m / S \quad h = 103 \text{ м}^3 / 200 \text{ м}^2 = 0,5 \text{ м.}$$

Допустим, что потеря тепла происходит только через верхнюю часть ёмкости. Тогда термическое сопротивление:

$$R = \tau \cdot Q_{\text{тр}} / \{(1,3) \cdot m \cdot (1000 \text{ кг}/\text{м}^3) \cdot [4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})]\}$$

$$R = (100 \text{ суток}) \cdot (86400 \text{ с}/\text{сутки}) / \{(1,3) \cdot (103 \text{ м}^3) \cdot (1000 \text{ кг}/\text{м}^3) \cdot [4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})]\} \\ = 0,0154 \text{ К/Вт.}$$

Удельное термическое сопротивление

$$r = R \cdot S$$

$$r = 0,0154 \cdot 200 = 3,1 \text{ м}^2 \text{ К/Вт.}$$

Изоляционный материал имеет теплопроводность $\lambda = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Требуемая толщина покрытия на верхней крышке ёмкости

$$d = r \cdot \lambda$$

$$d = (3,1 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}) \cdot [0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})] = 0,124 \text{ м.}$$

Плотность энергии, запасённой в аккумуляторе $Q_{\text{тр}} / m$

$$Q_{\text{тр}} / m = (8640 \text{ МДж}) / (103 \text{ м}^3) = 84 \text{ МДж}/\text{м}^3$$

Выполнить задание по варианту.

Величина	Варианты														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Q, кВт	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
S, м ²	200	100	120	140	150	170	280	250	220	120	130	150	140	100	150
τ, суток	100	150	110	120	130	140	80	90	100	120	140	70	80	90	100

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		42стр. из 107

Задача 7.2

Избыточная энергия аккумулируется с помощью маховика. Маховик разгоняется с помощью электродвигателя, подключенного к сети. Маховик представляет собой сплошной цилиндр массой M , кг, диаметром D , см. и может вращаться с частотой n , 1/мин (табл.7.1).

Определить: кинетическую энергию маховика при максимальной скорости. Среднее значение время между подключениями электродвигателя для зарядки, если средняя мощность, потребляемая автобусом, составляет P , кВт.

Решение

Дано: $M = 1000$ кг, $D = 180$ см, $n = 3000$ об/мин, $P = 20$ кВт.

Кинетическая энергия маховика при максимальной скорости:

$$E = I \cdot \omega^2 / 2,$$

$$I = M \cdot a^2 / 2, \text{ где } a = R \text{ (радиус маховика),}$$

$$\omega = 2\pi \cdot n / 60$$

$$\omega = 6,28 \cdot 3000 / 60 = 314 \text{ рад/с}$$

$$E = 1000 \cdot 0,9^2 \cdot 314^2 / 4 = 20 \text{ МДж,}$$

Среднее значение время между подключениями электродвигателя для зарядки:

$$t = E / P \quad t = 20000000 \text{ Дж} / 20000 \text{ Дж/с} = 1000 \text{ сек.} = 16,7 \text{ мин.}$$

Решить по варианту задачу.

Таблица 7.1

Величина	Варианты														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
M , кг	1000	1200	800	1500	1400	1000	1100	900	800	1000	1100	1200	1300	1500	1400
D , см	180	200	220	200	180	150	160	170	190	210	200	180	170	180	180
n , 1/мин	3000	2500	2500	2200	3000	3000	3000	3000	3000	2500	2600	2700	3000	3000	3000
P , кВт	20	25	30	25	20	15	20	15	15	20	25	22	20	20	22

5. Основные формы / методы / технологии обучения для достижения конечных РО дисциплины: Решение ситуационных задач. Работа в малых группах.

6. Формы контроля для оценивания уровня достижения конечных РО дисциплины (тестирование, решение ситуационных задач и т.д.) : Устный опрос, подготовка и решение ситуационных задач.

Литература

Основная:

- Бердалиева А.А., Даулетбаева Д.А. Энергоресурсы, источники и методы получения.- Учебное пособие.- Шымкент 2022. -244 с.
- Риполь- Сарагоси Т.Л. Кууск А.Б., Возобновляемые и нетрадиционные источники энергии. Учебно-методическое пособие. Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т. путей сообщения, 2019. – 122 с.
- Быстрицкий Г.Ф. Б95 Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии) : учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. — 2-е изд., стер. — М. : КНОРУС, 2016. — 408 с. — (Бакалавриат).
- Бекман Г, Гилли П. Тепловое аккумулирование энергии: Пер. с англ. – М.: Мир, 2017 г.

ONTÚSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11 43стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы		

5. Вафин, Д. Б. В23 Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие / Д.Б. Вафин.- Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013. - 176 с.

6. Энергетика XXI века: Условия развития, технологии, прогнозы / Л.С. Беляев, А.В. Лагерева, В.В. Посекалин и др.; Отв. ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2014. – 386 с.

7. J.P. Deane et al. / Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 1293–1302

8. Паровые и газовые турбины для электростанций [Электронный ресурс]: учебник для вузов / А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний ; под ред. А.Г. Костюка. — М.: Издательский дом МЭИ, 2016. — Загл. с тит. экрана

Дополнительная:

9. Учебно-методический комплекс по «Энергоресурсам, их источникам и получению» для Обучающийся химического факультета по специальности «ХТОВ». / Сост. М.Л. Ли - Караганда: Изд-во КарГУ, 2008 г.

<http://www.studmedlib.ru>,

ЛОГИН ibragim123, ПАРОЛЬ Libukma123

<http://lib.ukma.kz> /ru/ Базы данных

Республиканская межвузовская электронная библиотека, Aknurpress www.aknurpress.kz.

8.Контрольные вопросы:

1. На каких принципах основано аккумулирование энергии?
2. Зачем необходимо аккумулирование энергии в энергетике?
3. Поясните принцип действия гидроаккумулирующей станции
4. Перечислите известные процессы аккумулирования энергии
- 5.Описать принцип аккумулирования электрической энергии.

Задания в тестовой форме

- 1.Электроненергия может аккумулироваться
 - <variant>в конденсаторах и в катушках индуктивности
 - <variant>в электрических обогревателях
 - <variant>в вихревых теплогенераторах
 - <variant>в электрических трансформаторах
 - <variant>в электрических сетях
- 2.Удельные емкости аккумуляторов (на 1 м² площади коллектора) необходимы для долговременного аккумулирования
 - <variant>1000 кг
 - <variant>500 кг
 - <variant>1500 кг
 - <variant>2000 кг
 - <variant>3000 кг
- 3.Вид аккумулирования энергии, при котором используется способность некоторых аккумулирующих сред абсорбировать газы с выделением тепла называют
 - <variant>сорбционным
 - <variant>косвенным
 - <variant>полупрямым
 - <variant>прямым
 - <variant>круговым

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11 44стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы		

4. Вид аккумулирования энергии, при котором процесс протекает, как и в случае косвенного аккумулирования, за исключением того, что аккумулирующая емкость теплообменной среды играет важную роль называют

- <variant>полупрямым
- <variant>косвенным
- <variant>прямым
- <variant>сорбционным
- <variant>круговым

5. Аккумуляторы энергии обычно характеризуются

- <variant>видом аккумулируемой энергии
- <variant>температурой нагрева аккумулируемой энергии
- <variant>расходом пара
- <variant>температурой охлаждения аккумулируемой энергии
- <variant>давлением пара

6. Вид аккумулирования энергии, при котором аккумулирующей и теплообменной является одна и та же среда, называют

- <variant>прямым
- <variant>косвенным
- <variant>полупрямым
- <variant>сорбционным
- <variant>круговым

7. Физические или химические процессы, посредством которых происходит накопление тепла – это

- <variant>тепловое аккумулирование
- <variant>энергосбережение
- <variant>консервация тепла
- <variant>физико-химическое накопление
- <variant>теплонакопительные процессы

8. Аккумулирование энергии НЕ может осуществляться в результате изменения

- <variant>удельной атомной энергии
- <variant>удельной кинетической энергии
- <variant>удельной внутренней энергии
- <variant>удельной потенциальной энергии давления
- <variant>массы системы

9. Удельные емкости аккумуляторов (на 1 м² площади коллектора) необходимы для кратковременного аккумулирования

- <variant>50-100 кг
- <variant>100-150 кг
- <variant>150-200 кг
- <variant>200-250 кг
- <variant>250-300 кг

10. Вид аккумулирования энергии, при котором энергия аккумулируется только посредством теплообмена, либо в результате массообмена специальной теплообменной среды, называют

- <variant>косвенным
- <variant>прямым
- <variant>полупрямым

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		45стр. из 107

<variant>сорбционным

<variant>круговым

Занятие 8

1.Тема 8: Котельные установки

2.Цель: Закрепить теоретические основы и практические навыки и умения по теме занятия.

3.Задач обучения:

Обучающийся должен знать:

- составляющие теплового баланса котельного агрегата и их ориентировочные
- значения для современных котельных агрегатов;
- методы определения КПД и расход топлива котельного агрегата;
- требования предъявляемые к котельным установкам;
- особенностей технологии сжигания топлива и использования выделяющейся

теплоты

Обучающийся должен уметь:

- производить контроль топлива, очаговых остатков, продуктов сгорания и эффективности работы парового котла;
- обосновывать выбор различного теплоэнергетического оборудования;
- проводить тепловой и аэродинамический расчеты парового котла и газового тракта.

Основные вопросы темы:

по базисным знаниям:

1. Тепловой баланс котельного агрегата.
2. Располагаемая теплота на 1 кг топлива.
3. Теплота, полезно использованная в котлоагрегате.

по теме занятия:

4. Общее уравнение теплового баланса
5. Потери теплоты в котлоагрегате.
6. КПД котельного агрегата.
7. Расход топлива котельного агрегата

Задание 8

1. Определение теплового баланса и расхода топлива котельного агрегата

Составление теплового баланса котла заключается в установлении равенства между поступившим в котел количеством тепла, называемого располагаемым теплом Q_p , и суммой полезно использованного тепла Q_1 и тепловых потерь Q_2, Q_3, Q_4 .

На основании теплового баланса вычисляют КПД и необходимый расход топлива.

Тепловой баланс составляется применительно к установившемуся тепловому состоянию котла на 1 кг (1 м^3) топлива при температуре 0°C и давлении 101,3 кПа.

Общее уравнение теплового баланса имеет вид:

$$Q_p + Q_{\text{в.вн}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6, \text{ кДж/м}^3, \quad (8.1)$$

где Q_p - располагаемое тепло топлива;

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11 46стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы		

$Q_{в.вн}$ - тепло, внесенное в топку воздухом при его подогреве вне котла;
 Q_{ϕ} - тепло, внесенное в топку паровым дутьем («форсуночным» паром);
 Q_1 - полезно использованное тепло;
 Q_2 - потеря тепла с уходящими газами;
 Q_3 - потеря тепла от химической неполноты сгорания топлива;
 Q_4 - потеря тепла от механической неполноты сгорания топлива;
 Q_5 - потеря тепла от наружного охлаждения;
 Q_6 - потеря с теплом шлака.

Расчет нагревательной печной установки

Определение теплового баланса и расхода топлива котельного агрегата

Составить уравнение теплового баланса нагревательной установки и рассчитать технологический и энергетический коэффициенты полезного действия. Определить относительные потери с уходящими газами с материалом и в окружающую среду. Схема нагревательной печной установки приведена на рис.8.1.

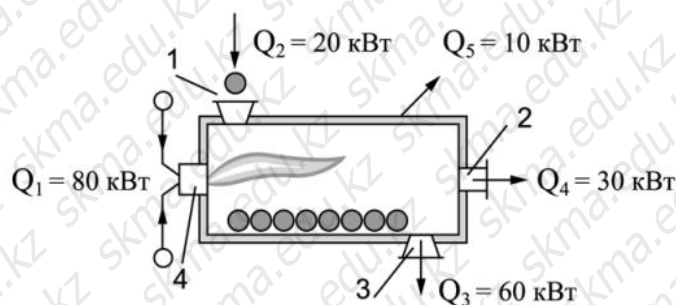


Рисунок 8.1 К расчету теплового баланса нагревательной печной установки:

1 – загрузка материала; 2 – отвод продуктов сгорания; 3 – выгрузка материала; 4 – горелка

Исходные данные

теплопоступления с сушильным	$Q_1 = 80 \text{ кВт};$
теплопоступления с материалом	$Q_2 = 20 \text{ кВт};$
теплопотери с материалом	$Q_3 = 60 \text{ кВт};$
теплопотери с уходящими газами	$Q_4 = 30 \text{ кВт};$
теплопотери в окружающую среду	$Q_5 = 10 \text{ кВт};$

Решение

Уравнение теплового баланса

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4 + Q_5$$

$$80 + 20 = 60 + 30 + 10$$

Технологический КПД

ONTÚSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11 47стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы		

$$\eta_T = \frac{Q_1 - Q_4}{Q_1 + Q_2} \cdot 100 = \frac{80 - 30}{80 + 20} \cdot 100 = 50\%$$

Относительные потери с уходящими газами

$$q_4 = \frac{Q_4}{Q_1 + Q_2} \cdot 100 = \frac{30}{80 + 20} \cdot 100 = 30\%$$

Относительные потери с материалом

$$q_3 = \frac{Q_3}{Q_1 + Q_2} \cdot 100 = \frac{60}{80 + 20} \cdot 100 = 60\%$$

Относительные потери в окружающую среду

$$q_5 = \frac{Q_5}{Q_1 + Q_2} \cdot 100 = \frac{10}{80 + 20} \cdot 100 = 10\%$$

Вычислить технологический КПД, относительные потери по варианту.

№ варианта	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅
1	82	18	58	32	10
2	78	22	55	35	10
3	75	25	56	35	9
4	77	23	56	36	8
5	76	24	58	38	4
6	74	26	58	32	10
7	70	30	55	35	10
8	71	29	56	35	9
9	73	27	56	35	9
10	72	28	56	36	8
11	81	19	58	38	4
12	85	15	60	30	10
13	83	17	57	33	10
14	84	26	60	30	10

5. Основные формы / методы / технологии обучения для достижения конечных РО дисциплины: Решение ситуационных задач. Работа в малых группах.

6. Формы контроля для оценивания уровня достижения конечных РО дисциплины (тестирование, решение ситуационных задач и т.д.): Устный опрос, подготовка и решение ситуационных задач.

Литература

Основная:

- Бердалиева А.А., Даулетбаева Д.А. Энергоресурсы, источники и методы получения. - Учебное пособие. - Шымкент 2022. - 244 с.
- Риполь- Сарагоси Т.Л. Кууск А.Б., Возобновляемые и нетрадиционные источники энергии. Учебно-методическое пособие. Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т. путей сообщения, 2019. – 122 с.
- Быстрицкий Г.Ф. Б95 Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии) : учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. — 2-е изд., стер. — М. : КНОРУС, 2016. — 408 с. — (Бакалавриат).

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11 48стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы		

4. Бекман Г, Гилли П. Тепловое аккумулирование энергии: Пер. с англ. – М.: Мир, 2017 г.

5. Вафин, Д. Б. В23 Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие / Д.Б. Вафин.- Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013. - 176 с.

6. Энергетика XXI века: Условия развития, технологии, прогнозы / Л.С. Беляев, А.В. Лагереv, В.В. Посекалин и др.; Отв. ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2014. – 386 с.

7. J.P. Deane et al. / Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 1293–1302

8. Паровые и газовые турбины для электростанций [Электронный ресурс]: учебник для вузов / А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний ; под ред. А.Г. Костюка. — М.: Издательский дом МЭИ, 2016. — Загл. с тит. экрана

Дополнительная:

9. Учебно-методический комплекс по «Энергоресурсам, их источникам и получению» для Обучающийсяv химического факультета по специальности «ХТОВ». / Сост. М.Л. Ли - Караганда: Изд-во КарГУ, 2008 г.

<http://www.studmedlib.ru>,

ЛОГИН ibragim123, ПАРОЛЬ Libukma123

<http://lib.ukma.kz> /ru/ Базы данных

Республиканская межвузовская электронная библиотека, Aknurpress www.aknurpress.kz.

8.Контрольные вопросы:

1. Перечислить составляющие теплового баланса котельного агрегата.
2. Как определяется располагаемая теплота котельного агрегата, отнесенная к 1 кг топлива?
3. Объяснить потери теплоты от механической неполноты сгорания
4. Объяснить причины потерь теплоты от химической неполноты сгорания
5. Что показывает КПД котельного агрегата?
6. Как определяется натуральный расход топлива?

Обучающие задачи:

Построить примерный годовой график нагрузки ТЭС мощностью 75 МВт. Определить для этой ТЭС показатели режима работы и частные КПД по выработке электроэнергии и теплоты, а также удельный расход топлива.

Задания в тестовой форме

1.Что такое «тепловой баланс» котла:

- А) распределение теплоты на полезно использованное и тепловые потери
- В) процесс подавления образования оксидов азота и серы
- С) процесс сокращения тепловых потерь до минимума
- Д) процесс получения максимального тепловыделения
- Е) процесс балластирования топки инертными газами.

2.Что такое коэффициент полезного действия котла:

- А) относительное количество тепла, полезно использованное в котельном агрегате
- В) максимальное тепловыделение в топке
- С) количества тепла без учета потерь в окружающую среду
- Д) максимальная производительность котла
- Е) сумма тепловых потерь в топке.

3.Каким путем определяют к.п.д. котла:

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11 49стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы		

- А) составлением теплового баланса путем распределения выделившегося при горении тепла на полезную часть и тепловые потери
- В) как отношение полезной части выделившегося при горении тепла к тепловым потерям
- С) путем определения количества очаговых остатков
- Д) как произведение расхода топлива на теплоту его сгорания
- Е) определением потери тепла с физическим теплом шлаков.
4. Место размещения радиационных поверхностей нагрева
- А. топочная камера
- В. газоходы котла
- С. экономайзер
- Д. воздухоподогреватель
- Е. контактный теплообменник
5. Какое жидкое топливо применяется в котельных установках в качестве топлива:
- А) мазут марки М40, М100, М200;
- В) нефть
- С) подсмольная вода
- Д) бензин АИ-93
- Е) конденсат при добыче природного газа.
6. Котлы, предназначенные для утилизации тепловых отходов различных технологических установок (мартеновских, нагревательных, обжиговых печей) и получения дополнительной продукции в виде пара или горячей воды, что приводит к экономии топлива и энергоресурсов
- А Водогрейные
- В) Утилизаторы
- С) Газификаторы
- Д) Энергосберегающие
- Е) Экономайзеры
7. Какое из нижеперечисленных мероприятий приводит к экономии топлива?
- А) Перевод работы парового котла на водогрейный режим
- В) Замена химически очищенной водой невозвращенного в тепловую схему конденсата
- С) Работа котла в режиме пониженного давления
- Д) Отклонение нагрузки котла от оптимальной
- Е) Наличие накипи на внутренней поверхности нагрева котла
8. Какое из нижеперечисленных мероприятий приводит к перерасходу топлива в котлоагрегате?
- А) Снижение присосов воздуха по газовому тракту котлоагрегата
- В) Установка водяного экономайзера за котлом
- С) Применение вакуумного деаэратора
- Д) Увеличение коэффициента избытка воздуха в топке
- Е) Использование скрытой теплоты парообразования уходящих дымовых газов

Практическое занятие 9

1. Тема 9: Паровые турбины и газотурбинные установки

2. Цель: Определить количество пара, вырабатываемого котлом утилизатором.

3. Задачи обучения:

Обучающийся должен знать:

- схему и принцип работы паровых турбин;

QONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		
Энергоресурсы, источники получения и методы		76/11 50стр. из 107

- относительные и абсолютные КПД паровых турбин;
- схему и принцип работы газотурбинной установки
- назначение котла-утилизатора.

Обучающийся должен уметь:

- рассчитать количество пара, вырабатываемого котлом-утилизатором;
- рассчитать количество сэкономленного природного газа;
- рассчитать количество пара, вырабатываемого котлом-утилизатором.

4.Основные вопросы темы:

по базисным знаниям:

5. Паровые турбины. Их виды и краткая характеристика
6. Газотурбинные установки, принцип преобразования тепловой энергии газов в кинетическую.
7. Принципиальная схема простейшей ГТУ.
8. Технологическая схема простейшей парогазовой установки.

по теме занятия:

1. Назначение и устройство котла-утилизатора
2. Понятие энтальпии газа
3. Расчетная схема водотрубного котла-утилизатора.

Задание 9.1

Расчет параметров котла-утилизатора

Определить количество пара, вырабатываемого котлом утилизатором, установленным за мартеновской печью, а также рассчитать годовую экономию топлива (природного газа). Расчетная схема водотрубного котла-утилизатора приведена на рис.9.1.

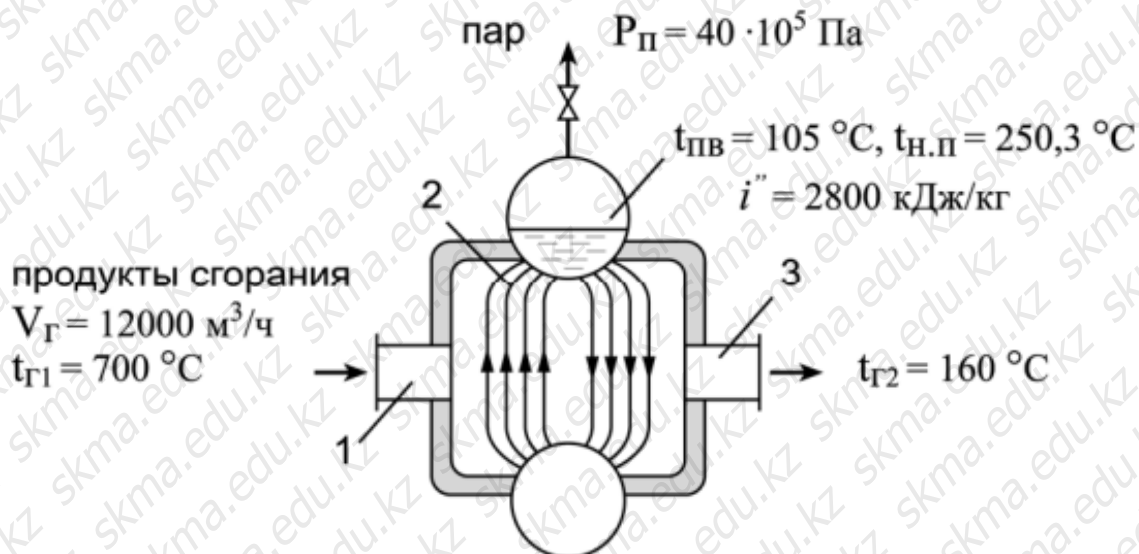


Рисунок 9.1 - Расчетная схема водотрубного котла-утилизатора:

1 – вход продуктов сгорания; 2 – конвективный пучок; 3 – выход газов

Исходные данные:

начальная температура газов $t_{Г1} = 700\text{ }^{\circ}\text{C}$;
конечная температура газов $t_{Г2} = 160\text{ }^{\circ}\text{C}$;
объемный расход газов $V_{Г} = 12000\text{ м}^3/\text{ч}$;

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		51стр. из 107

давление пара, вырабатываемого котлом-утилизатором $P_{\text{п}} = 40 \cdot 10^5$ Па (40 ата).

Решение

Физические параметры теплоносителей:
средняя температура газов

$$t_{\text{г}}^{\text{ср}} = \frac{t_{\text{г1}} + t_{\text{г2}}}{2} = \frac{700 + 160}{2} = 430^{\circ}\text{C}$$

плотность газов при $t_{\text{г}}^{\text{ср}} = 430^{\circ}\text{C}$

$$\rho_{\text{г}} = 1,293 \cdot \frac{273}{273 + 430} = 0,502 \text{ кг/м}^3$$

теплоемкость газов при $t_{\text{г}}^{\text{ср}} = 430^{\circ}\text{C}$ $C_{\text{г}} = 1,16$ кДж/(кг $^{\circ}\text{C}$);
энтальпия пара при $P_{\text{п}} = 40 \cdot 10^5$ Па $i'' = 2800,0$ кДж/кг;
температура насыщения пара $t_{\text{н.п}} = 250,3$ $^{\circ}\text{C}$;
температура питательной воды $t_{\text{п.в}} = 105,0$ $^{\circ}\text{C}$;
энтальпия питательной воды $i' = 440,0$ кДж/кг.
Уравнение теплового баланса котла-утилизатора

$$V_{\text{г}} \rho_{\text{г}} C_{\text{г}} (t_{\text{г1}} - t_{\text{г2}}) \varphi = D(i'' - i').$$

Количество пара, вырабатываемого котлом-утилизатором

$$D = \frac{V_{\text{г}} \rho_{\text{г}} C_{\text{г}} (t_{\text{г1}} - t_{\text{г2}}) \varphi}{i'' - i'} = \frac{12000 \cdot 0,502 \cdot 1,16 \cdot (700 - 160) \cdot 0,95}{3600 \cdot (2800,0 - 440,0)} = 0,422 \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 1519 \text{ кг/ч}$$

где $\varphi = 0,95$ - коэффициент использования теплоты.

Количество сэкономленного природного газа за 1 час

$$B_{\text{г}} = \frac{Q}{Q_{\text{г}}^{\text{г}} \eta} = \frac{D(i'' - i')}{Q_{\text{г}}^{\text{г}} \eta} = \frac{1519 \cdot (2800,0 - 440,0)}{35000 \cdot 0,9} = 113,80 \text{ м}^3/\text{ч}$$

где $Q_{\text{г}}^{\text{г}} = 35000$ кДж/м³ - теплота сгорания природного газа; $\eta = 0,9$ коэффициент полезного действия.

Годовая экономия природного газа

$$B_{\text{г}}^{\text{год}} = B_{\text{г}} \cdot 24 \cdot 360 = 113,8 \cdot 24 \cdot 360 = 983232,0 \text{ м}^3/\text{год}$$

Стоимость сэкономленного природного газа

$$S = k B_{\text{г}}^{\text{год}} = 4,5 \cdot 983232,0 = 4424544 \text{ тнг/год}$$

Где $k = 4,5$ тнг/м³ - стоимость 1 м³ природного газа.

Решить задачу по варианту.

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		52стр. из 107

№ вариан- та	t_{r1} °C	t_{r2} °C	V_r м³/ч	P_n МПа	i' кДж/ кг.	i'' кДж/ кг.	$t_{н.п}$ °C	$t_{п.в}$ °C	C_r кД ж/(к г °C	Q_i кДж/ м³	K тнГ /м³
1	700	160	12000	40	440	2800	250,3	105,0	1,16	35000	4,5
2	600	270	16000	1,4	637,3	2749	250,3	105,0	1,16	35000	5,2
3	600	260	40000	1,4	759	2778	250,3	105,0	1,16	35000	4,5
4	600	260	16000	1,4	839,7	2792	250,3	105,0	1,16	35000	5,1
5	600	250	40000	1,4	904,6	2799	250,3	105,0	1,16	35000	6,0
6	600	240	55000	1,4	957,8	2803	250,3	105,0	1,16	35000	10,0
7	1200	280	8000	1,4	1004	2804	250,3	105,0	1,16	35000	15,0
8	1200	240	50000	1,4	1045	2804	250,3	105,0	1,16	35000	6,0
9	1200	310	15000	1,4	1083	2810	250,3	105,0	1,16	35000	10,0
10	1200	250	25000	1,4	1117	2800	250,3	105,0	1,16	35000	12,0
11	1200	235	35000	1,4	1004	2804	250,3	105,0	1,16	35000	15,0
12	850	560	25000	0,8	1045	2804	250,3	105,0	1,16	35000	6,0
13	400	225	60000	1,4	904,6	2799	250,3	105,0	1,16	35000	6,0

5. Основные формы / методы / технологии обучения для достижения конечных РО дисциплины: Решение ситуационных задач. Работа в малых группах.

6. Формы контроля для оценивания уровня достижения конечных РО дисциплины (тестирование, решение ситуационных задач и т.д.): Устный опрос, подготовка и решение ситуационных задач.

Литература

Основная:

- Бердалиева А.А., Даулетбаева Д.А. Энергоресурсы, источники и методы получения.-Учебное пособие.-Шымкент 2022. -244 с.
- Риполь- Сарагоси Т.Л. Кууск А.Б., Возобновляемые и нетрадиционные источники энергии. Учебно-методическое пособие. Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т. путей сообщения, 2019. – 122 с.
- Быстрицкий Г.Ф. Б95 Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии) : учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. — 2-е изд., стер. — М. : КНОРУС, 2016. — 408 с. — (Бакалавриат).
- Бекман Г, Гилли П. Тепловое аккумулирование энергии: Пер. с англ. – М.:Мир, 2017 г.
- Вафин, Д. Б. В23 Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие / Д.Б. Вафин.- Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013. - 176 с.
- Энергетика XXI века: Условия развития, технологии, прогнозы / Л.С. Беляев, А.В. Лагерева, В.В. Посекалин и др.; Отв. ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2014. – 386 с.
- J.P. Deane et al. / Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 1293–1302
- Паровые и газовые турбины для электростанций [Электронный ресурс]: учебник для вузов / А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний ; под ред. А.Г. Костюка. — М.: Издательский дом МЭИ, 2016. — Загл. с тит. экрана

Дополнительная:

- Учебно-методический комплекс по «Энергоресурсам, их источникам и получению» для Обучающийся химического факультета по специальности «ХТОВ». / Сост. М.Л. Ли - Караганда: Изд-во КарГУ, 2008 г.

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11 53стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы		

<http://www.studmedlib.ru>,

ЛОГИН ibragim123, ПАРОЛЬ Libukma123

<http://lib.ukma.kz> /ru/ Базы данных

Республиканская межвузовская электронная библиотека, Aknurpress www.aknurpress.kz.

Контрольные вопросы:

1. Описать принципиальную схему простейшей газотурбинной установки.
2. Что характеризует термический КПД турбоустановки и относительный внутренний КПД турбины? Чему равен КПД современных ГТУ.
3. Описать и объяснить технологическую схему простейшей парогазовой установки.
4. Что обозначает турбина типа ПТ-135/165-130/15 ТМЗ?
5. Каков экономический смысл использования ПГУ? Чему равен КПД современных ПГУ?

Задания в тестовой форме

1. Газотурбинная установка это –.
 - A) установка, включающая в себя паровой котел и газовую турбину
 - B) установка, состоящая из компрессора, камеры сгорания и газовой турбины
 - C) установка, работающая по циклу Ренкина
 - D) установка, включающая в себя паровой котел и паровую турбину
 - E) нет правильного ответа
2. Какие установки широко используются на ТЭС
 - A) паровые
 - B) газотурбинные
 - C) электрические
 - D) гидравлические
 - E) нет правильного ответа
3. Энергосбережение, касающееся вопросов повышения качества воды для систем теплоснабжения, использования современных теплообменников на тепловых пунктах, установки приборов расхода воды и учета теплоты, применения современных технологий тепловой изоляции, замены элеваторных узлов на смесительные установки с датчиками температуры и расхода – это энергосбережение.
 - A) В теплотехнологиях
 - B) В теплогенерирующих установках
 - C) В зданиях и сооружениях
 - D) В системах электроснабжения
 - E) В тепловых сетях
4. Парогазовые установки это –.
 - A) установка, состоящая из двух отдельных установок: паросиловой и газотурбинной
 - B) бинарный цикл, в качестве рабочего тела используется парогазовая смесь
 - C) установка, в которой применяется вместо паровой газовая турбина
 - D) установка, в которой применяется вместо газовой паровая турбина
 - E) нет правильного ответа
5. Регенеративный отбор пара в турбине используется для подогрева
 - A) Питательной воды
 - B) Воздуха перед котлом

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		54стр. из 107

- С) Топлива перед котлом
 D) Пара в промперегревателе
 E) нет правильного ответа
6. Паросиловая установка, работающая по циклу Ренкина, включает в себя основное оборудование, работающее в следующей последовательности:
- A) котел – турбина – конденсатор – насос – котел
 B) котел – турбина – насос – конденсатор – котел
 C) турбина – котел – конденсатор – насос – турбина
 D) котел – конденсатор – насос – турбина – котел
 E) нет правильного ответа
7. Основные элементы паровой турбины это –.
- A) корпус, сопла и лопатки ротора
 B) статор и спрямляющий аппарат
 C) входной направляющий аппарат
 D) диффузор, ротор
 E) нет правильного ответа
8. Регенеративные отборы пара из турбины выполняются с целью
- A) увеличения относительного внутреннего КПД турбины
 B) увеличения мощности турбины
 C) уменьшения удельного расхода пара
 D) уменьшения размеров турбины
 E) нет правильного ответа
9. Какой показатель повышается при комбинированной выработке теплоты и электричества на ТЭЦ?
- A) коэффициент использования теплоты топлива
 B) КПД турбины
 C) КПД парогенератора
 D) коэффициент регенерации
 E) мощность электрогенератора
10. Что дает промежуточный перегрев пара?
- A) увеличивает общий теплоперепад турбины
 B) уменьшает потери тепла в конденсаторе
 C) увеличивает внутренний относительный КПД турбины
 D) уменьшает потери тепла через обмуровку
 E) уменьшает габариты турбины

Практическое занятие № 10

1. Тема 10: Поршневые компрессоры

2. Цель: Актуализация знаний по основным характеристикам насоса. Определение производительности и мощности компрессора.

3. Задачи обучения:

Обучающийся должен знать:

- характеристики и классификацию поршневых компрессоров;
- классификацию нагнетателей
- многоступенчатые компрессоры, промежуточные охладители;

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		55стр. из 107

- требований предъявляемых к поршневым компрессорам;

Обучающийся должен уметь:

- рассчитывать полезную мощность, расходуемой на перекачивание жидкости
- рассчитывать и выбирать поршневых компрессоров в зависимости от их назначения;
- вычислять производительность жидкости, проходящей через насос
- рассчитывать величину потери напора;
- оценивать экономичность и надежность поршневых компрессоров
- вычислять коэффициент полезного действия насоса.

4.Основные вопросы темы:

по базисным знаниям:

1. Классификация компрессоров. Поршневые компрессоры
2. Термодинамические основы работы компрессора. Расход, мощность и КПД компрессора. Действительный рабочий процесс в одноступенчатом компрессоре
3. Классификацию нагнетателей
4. Какие существуют практические способы регулирования подачи центробежных насосов?

по теме занятия:

- 1.Что называется – напором насоса?
- 2.Полезная мощность насоса
3. Коэффициент полезного действия машины.
4. Кавитационный запас насоса.

Задание 10.1

Общие сведения:

Производительность или подача, Q (от долей до десятков, тыс. $\text{м}^3/\text{ч}$)-кол-во жидкости, проходящей через насос в единицу времени.

Напор насоса – полное приращение удельной механической энергии создаваемое насосом.

$$H = \frac{p_{\text{вых}} - p_{\text{вх}}}{\rho} + \frac{c_{\text{вых}}^2 - c_{\text{вх}}^2}{2} + g \cdot (z_2 - z_1) \text{ Дж/кг}$$

Напор жидкости – полный запас удельной механической энергии в данной точке. В гравитационных условиях вблизи поверхности земли.

$$H = \frac{p_{\text{вых}} - p_{\text{вх}}}{\rho g} + \frac{c_{\text{вых}}^2 - c_{\text{вх}}^2}{2g} + (z_2 - z_1) \text{ Дж/кг}$$

где $p_{\text{вых}}, p_{\text{вх}}$ – показания манометра и вакуумметра,

Напор – давление жидкости, выражаемое высотой столба жидкости.

$$h_n = H - \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g} - H_r$$

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		56стр. из 107

Мощность — физическая величина, равная отношению работы, выполняемой за некоторый промежуток времени, к этому промежутку времени. Частный случай мощности при вращательном движении:

$$P = M \cdot \omega = \frac{\pi \cdot M \cdot n}{30}$$

M — момент силы, ω — угловая скорость, π - число пи, n - частота вращения (число оборотов в минуту, об/мин).

Полезная мощность $N_{\text{п}}$ (Вт) - мощность, сообщаемая насосом подаваемой жидкости ($N_{\text{п}} = \rho g Q H / 1000$; практически от 0,1 до неск. МВт).

Мощность на валу N (Вт) - подводимая от двигателя или потребляемая насосом мощность; $N = N_{\text{п}} + \Delta N$, где ΔN -потери мощности на преодоление гидравлич. сопротивлений, внутр. протечки жидкости через зазоры и уплотнения и на трение.

КПД

Коэффициент полезного действия (КПД) — характеристика эффективности системы (устройства, машины) в отношении преобразования или передачи энергии. Определяется отношением полезно использованной энергии к суммарному количеству энергии, полученному системой; обозначается обычно η (греч. «эта»).

$$\eta = W_{\text{пол}} / W_{\text{сум.}}$$

КПД является безразмерной величиной и часто измеряется в процентах. Математически определение КПД может быть записано в виде:

$$\eta = \frac{N_{\text{пол}}}{N_{\text{зат}}} \cdot 100\%$$

где A — полезная работа, а Q — затраченная работа. η -отношение $N_{\text{п}}/N$ (на практике $\eta = 0,6-0,9$, но бывает 0,2-0,5 и даже 0,1-0,25).

Кавитационный запас. Допустимый кавитационный запас - это минимальный напор при котором не проявляется явление кавитации и обеспечивается работа насоса без изменения основных технических показателей. Напор при котором начинает проявляться кавитация называется критическим кавитационным запасом.

Описание установки

Установка с замкнутой схемой циркуляции жидкости (рисунок 4) включает в себя: испытуемый центробежный насос 1, бак 3, всасывающий 2 и нагнетательный 6 трубопроводы, задвижку 5, вакуумный насос 4, контрольно-измерительную аппаратуру (манометр 9 и вакууметр 8, диафрагму с подключенным к ней дифференциальным манометром 7, ваттметр 10 и тахометр 11).

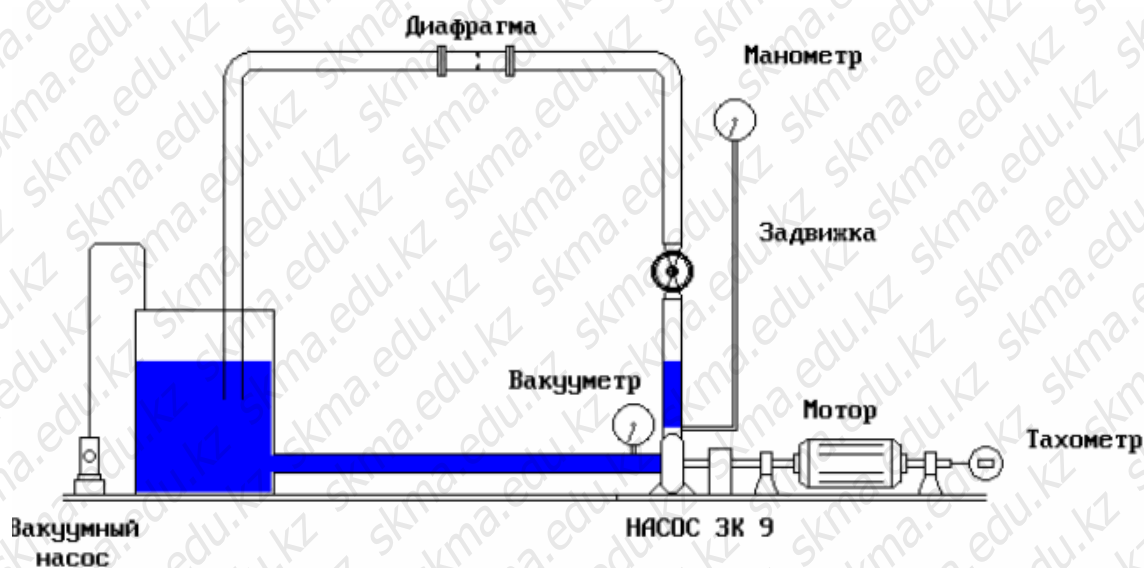


Рисунок 10 - Схема установки для кавитационных испытаний насоса.

Задание

Трехпоршневой насос перекачивает жидкость с плотностью ... кг/м³ из открытой емкости в сосуд под давлением ... бара с расходом ... м³/час. Геометрическая высота подъема жидкости составляет ... метра. Полезная мощность, расходуемая на перекачивание жидкости, составляет ... кВт. Необходимо найти величину потери напора.

Выполнить задание по варианту.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ρ кг/м ³	1080	1060	1080	1090	1080	1070	1089	1080	1080	1089	1060	1078	1080	1090	1079
P МВт	1,6	2	1,8	1,4	1,1	0,8	2	2,2	2,5	1,9	1,4	2,1	1,7	1,5	2,4
Q тыс. м ³ /ч	2,2	2,6	2,4	1,8	1,7	1,4	2,6	2,8	3,1	2,5	1,9	2,7	2,3	2,1	2,9
$N_{п}$ Вт	4	4	5	5	6	6	3,9	3	5	6	4	4	4,2	4,5	3,9

5. Основные формы / методы / технологии обучения для достижения конечных РО дисциплины: Решение ситуационных задач. Работа в малых группах.

6. Формы контроля для оценивания уровня достижения конечных РО дисциплины (тестирование, решение ситуационных задач и т.д.) : Устный опрос, подготовка и решение ситуационных задач.

Литература

Основная:

- Бердалиева А.А., Даулетбаева Д.А. Энергоресурсы, источники и методы получения.-Учебное пособие.-Шымкент 2022. -244 с.
- Риполь- Сарагоси Т.Л. Кууск А.Б., Возобновляемые и нетрадиционные источники энергии. Учебно-методическое пособие. Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т. путей сообщения, 2019. – 122 с.

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11 58стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы		

3. Быстрицкий Г.Ф. Б95 Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии) : учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. — 2-е изд., стер. — М. : КНОРУС, 2016. — 408 с. — (Бакалавриат).

4. Бекман Г, Гилли П. Тепловое аккумулирование энергии: Пер. с англ. – М.:Мир, 2017 г.

5. Вафин, Д. Б. В23 Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие / Д.Б. Вафин.- Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013. - 176 с.

6. Энергетика XXI века: Условия развития, технологии, прогнозы / Л.С. Беляев, А.В. Лагереv, В.В. Посекалин и др.; Отв. ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2014. – 386 с.

7. J.P. Deane et al. / Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 1293–1302

8. Паровые и газовые турбины для электростанций [Электронный ресурс]: учебник для вузов / А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний ; под ред. А.Г. Костюка. — М.: Издательский дом МЭИ, 2016. — Загл. с тит. экрана

Дополнительная:

9. Учебно-методический комплекс по «Энергоресурсам, их источникам и получению» для Обучающийсяv химического факультета по специальности «ХТОВ». / Сост. М.Л. Ли - Караганда: Изд-во КарГУ, 2008 г.

<http://www.studmedlib.ru>,

ЛОГИН ibragim123, ПАРОЛЬ Libukma123

<http://lib.ukma.kz/ru/> Базы данных

Республиканская межвузовская электронная библиотека, Aknurpress www.aknurpress.kz.

Контрольные вопросы:

1. Объясните способ действия динамических и объемных нагнетателей.
2. Перечислите основные параметры нагнетательных машин.
3. Что такое параллельное и последовательное соединение нагнетателей? В каких случаях они применяются?
4. Какие существуют практические способы регулирования подачи центробежных насосов?
5. Назовите основные показатели и характеристики центробежных вентиляторов.
6. Какие существуют способы регулирования производительности вентиляторов?
7. Какие процессы происходят в реальном поршневом компрессоре?
8. Как определить мощность и КПД поршневого компрессора?
9. Какие существуют способы регулирования подачи поршневого компрессора?

Задания в тестовой форме

1. За счет чего повышения давления пара в турбокомпрессоре является целесообразным?

- A) за счет сохранения и использования теплоты парообразования
- B) за счет экономии энергии на привод компрессора
- C) за счет выработки дополнительной механической энергии
- D) за счет снижения давления конденсата
- E) за счет детандера

2. Во что превращается энергия затраченная на привод компрессора

- A) в теплоту
- B) в механическую энергию

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		59стр. из 107

- С) в давления
 D) электроэнергию
 E) в кинетическую энергию
3. Принцип работы поршневых компрессоров двойного действия
- A) сжатие за 1ход поршня в обе стороны
 B) сжатие за 1ход поршня в одну сторону
 C) сжатие за 2хода поршня в одну сторону
 D) сжатие за 3хода поршня в одну сторону
 E) нет правильного ответа
4. Какой вид компрессора не чувствителен к изменениям плотности газа?
- A) поршневой
 B) роторный
 C) центробежный
 D) винтовой
 E) нет правильного ответа
5. Смазка разбрызгиванием применяется в компрессорах
- A) поршневых
 B) винтовых
 C) центробежных
 D) осевых
 E) нет правильного ответа
6. До какой температуры нагревается газ при сжатии в компрессорах сухого сжатия?
- A) 180 градусов
 B) 100 градусов
 C) 120 градусов
 D) 140 градусов
 E) 150 градусов
7. ... компрессор является машиной дискретного действия
- A) поршневой
 B) центробежный
 C) осевой
 D) вихревой
 E) нет правильного ответа
8. Что такое крейцкопф поршневого компрессора?
- A) это механизм для передачи движения
 B) это газовый сальник штока поршня
 C) это деталь клапана маслососа
 D)) это деталь рабочего колеса
 E) нет правильного ответа
9. Виды смазочных материалов, применяемых для смазки компрессоров
- A) цилиндрические и компрессорные
 B) твердые и жидкие
 C) моторные
 D) турбинные
 E) нет правильного ответа
10. Виды приводов поршневого компрессора
- A) электродвигателями

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11 60стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы		

- В) электронасосами
- С) электрогенераторами
- Д) электрообогревателями
- Е) нет правильного ответа

Практическое занятие 11

1.Тема 11:Системы теплоснабжения и источники

2.Цель работы: освоить методику расчета расхода тепла на отопление и вентиляцию общественных зданий.

3.Задачи обучения:

Обучающийся должен знать:

- определение расхода теплоты при теплоснабжении;
- определение расхода теплоты на отопление здании по укрупненной норме;
- определение расхода теплоты на вентиляцию здании химико-фармацевтических производств.

Обучающийся должен уметь:

- произвести часовой расход тепла на отопление отдельного здания ;
- производить расчет расхода тепла на подогрев приточного воздуха
- произвести расчет дать правильное определение потребителей теплоты;
- дать правильное определение тепловой энергии;
- определять расчетный часовой и годовой расходы тепла на отопление.

Основные вопросы темы:

по базисным знаниям:

- 1.Классификация потребителей теплоты.
- 2.Структура потребления теплоты в химико-фармацевтических производствах.
- 3.Водяные и паровые системы теплоснабжения.
4. Новые энергосберегающие технологии, применяемые в ЖКХ.

по теме занятия:

1. Назначение приточно-вытяжная вентиляции
2. Определение часового расхода тепла на отопление
3. Параметры обще обменной вентиляции по СНиП II-33–75.
4. Требования GMP. Помещения для производства и контроля качества ЛС.
5. Требования GMP. Здания и помещения

Задание 11

Расчет расхода тепла общественными зданиями на отопление и вентиляцию химико-фармацевтических производства

Теоретические основы

Отопление. В большинстве случаев в общественных зданиях устраивается приточно-вытяжная вентиляция, при наличии которой внутренние тепловыделения и затраты на подогрев инфильтрационного воздуха учитываются при определении расхода тепла на вентиляцию. В связи с этим часовой расход тепла на отопление отдельного здания $Q_{от}^{общ}$, кДж/ч, определяется по формуле

$$Q_{от}^{общ} = 1,1V_{н}^{общ} q_{от}^{общ} (t_{вн}^{общ} - t_{н}) (1 + \mu) \beta_t, \quad (11.1)$$

ONTÚSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11 61стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы		

где 1,1 – коэффициент, учитывающий дополнительные потери тепла в системе отопления (СНиП II-33–75);

$V_n^{обш}$ – объем здания по наружному обмеру, м³;

$q_{от}^{обш}$ – удельный расход тепла на отопление, кДж/(м³·ч·°C);

$t_{вн}^{обш}$ – осредненная по зданию внутренняя температура, °C;

t_n – температура наружного воздуха, °C;

μ – коэффициент, учитывающий затраты тепла на подогрев инфильтрационного воздуха, равный в зданиях с вытяжной вентиляцией, не компенсированной подогретым притоком, 0,1–0,2; в зданиях с приточной вентиляцией 0;

β_t – температурный коэффициент.

Вентиляция. Расход тепла на подогрев приточного воздуха $Q_v^{обш}$, кДж/ч, приближенно находят по формуле

$$Q_v^{обш} = 1,1 V_n^{обш} q_v^{обш} (t_{вн}^{обш} - t_n), \quad (11.2)$$

где $q_v^{обш}$ – вентиляционно-тепловая характеристика здания, кДж/(м³·ч·°C).

¹ Инфильтрация воздуха в помещении – это естественный воздухообмен через наружные ограждения, направленный из внешней среды внутрь. В строительной терминологии к таким ограждениям относят массивные непрозрачные перегородки – стены, перекрытия, двери, и лучепрозрачные – окна, фонари, стеклянные двери.

Для определения максимального расхода тепла вместо текущей наружной температуры t_n в формулу (11.2) подставляют расчетную для вентиляции температуру наружного воздуха t_n^p . Значение t_n^p для зданий с общеобменной вентиляцией принимают равным средней наружной температуре наиболее холодного периода года (параметры А по СНиП II-33–75).

Для зданий с $t_n^p > t_{от}^p$ приток свежего воздуха при $t_n > t_n^p$ уменьшают с сохранением расчетного расхода тепла на вентиляцию. Это считается допустимым, так как для большинства районов нашей страны продолжительность периода с $t_n > t_n^p$ составляет не более 10–13 % продолжительности всего отопительного периода.

Физический смысл вентиляционно-тепловой характеристики здания раскрывается выражением

$$q_v^{обш} = mnc, \text{ кДж/(м}^3\cdot\text{ч}\cdot^\circ\text{C)},$$

где коэффициент, равный отношению вентилируемого объема здания V_v к объему здания по наружному обмеру V_n , m

$$m = \frac{V_v}{V_n},$$

где n – средняя кратность воздухообмена в вентилируемых помещениях, ч⁻¹;

c – удельная объемная теплоемкость воздуха, равная 1,26 кДж/(м³·°C).

При отсутствии данных по номенклатуре и размерам общественных зданий в теплоснабжаемом районе в первом приближении можно принимать:

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11 62стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы		

$$q_{\text{в}}^{\text{обш}} = 16^{\circ}\text{C}$$

реперное значение

$$q_{\text{в}}^{\text{обш}} = 1,6 - 1,7 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C}); q_{\text{в}}^{\text{обш}} = 1 - 1,2 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C}).$$

Удельный объем общественных зданий $V_{\text{общ}}$, отнесенный к одному жителю, зависит от крупности поселений и ориентировочно составляет $20 \text{ м}^3/\text{житель}$.

Пример 11.1.

Определить расчетный часовой и годовой расходы тепла на отопление, приходящиеся на одного жителя, проживающего в девятиэтажном крупнопанельном жилом здании с общей жилой площадью $F_{\text{ж}} = 3000 \text{ м}^2$. Климатические условия: $t_{\text{от}}^{\text{п}} = -25^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{от}}^{\text{р}} = -14^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{н.ср}} = -3,2^{\circ}\text{C}$; $z_{\text{от}} = 4921 \text{ ч/год}$; $z_{\text{п}} = 620 \text{ ч/год}$.

Прочие исходные данные: $f_{\text{ж}} = 9 \text{ м}^2/\text{житель}$; объемный коэффициент здания $K_2 = 6,3 \text{ м}^3/\text{м}^2$; удельный расход тепла на вентиляцию, отнесенный к 1 м^2 жилой площади, $q_{\text{в}}^{\text{ж}} = 3,6 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C})$; удельные внутренние тепловыделения $q_{\text{вн}} = 94 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

Решение. Общий объем здания $V_{\text{н}} = 3000 \cdot 6,3 = 18900 \text{ м}^3$; высота здания $H = 9 \cdot 2,8 = 25 \text{ м}$. Реперное значение удельных потерь тепла через наружные ограждения, $\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C})$, отнесенных к 1 м^3 здания, найдем по формуле

$$q_{\text{н.о}}^{\text{реп}} = 1,1 + \frac{4}{25} + 160 \frac{25}{18900} = 1,47.$$

Температурный коэффициент

$$\beta_t = 1,1 + 0,6 \frac{30 - 25}{18 + 25} = 1,07.$$

Действительное значение $q_{\text{н.о}} = 1,47 \cdot 1,07 = 1,57 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C})$.

Условная внутренняя температура в I диапазоне наружных температур

$$t_{\text{в.у}}^{\text{I}} = 18 - \frac{94}{6,3 \cdot 1,57 + 3,6} = 11,03 \approx 11^{\circ}\text{C}.$$

Во II диапазоне наружных температур

$$t_{\text{в.у}}^{\text{II}} = 18 - \frac{94 - 36(18 + 14)}{6,3 \cdot 1,57} = 20,14^{\circ}\text{C}.$$

Расчетный часовой расход тепла на отопление найдем по формуле

$$Q_{\text{от}} = 1,1 \cdot 9 \cdot 6,3 \cdot 1,57 \cdot (20,14 + 25) 10^{-3} = 4,42 \text{ МДж}/\text{ч} \cdot \text{житель}.$$

Из них потери тепла через наружные ограждения

ONTÚSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11 63стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы		

$$Q_{в.о} = 1,1 \cdot 9 \cdot 6,3 \cdot 1,57 \cdot (18 + 25) 10^{-3} = 4,21 \text{ МДж/ч} \cdot \text{житель}).$$

расход тепла на вентиляцию

$$Q_{в} = 1,1 \cdot 9 \cdot 3,6(18 + 14) 10^{-3} = 1,14 \text{ МДж/ч} \cdot \text{житель}).$$

внутренние тепловыделения

$$Q_{вн} = 1,1 \cdot 9 \cdot 94 \cdot 10^{-3} = 0,93 \text{ МДж/ч} \cdot \text{житель}).$$

Пример 11.2. Определить расчетный часовой и годовой расходы тепла общественными зданиями, приходящиеся на одного жителя.

Исходные данные: климатические условия те же, что и в задаче 11.1; удельный объем общественных зданий общ $V_{н}^{общ} = 18 \text{ м}^3/\text{житель}$;

$$t_{вн}^{общ} = 16 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

норма расхода горячей воды $q_{сут.ср}^{общ} = 25 \text{ кг}/(\text{сут.житель})$;

удельные тепловые характеристики здания, отнесенные к 1 м^3 объема здания по наружному обмеру:

$$\text{отопительная } q_{от}^{общ} = 1,6 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C});$$

$$\text{вентиляционная } q_{в}^{общ} = 1 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C}).$$

Решение:

Расчетные часовые расходы на отопление

$$Q_{от}^{общ} = 1,1 \cdot 18 \cdot 1,6(16 + 25) 1,07 \cdot 10^{-3} = 1,39 \text{ МДж}/(\text{ч} \cdot \text{житель});$$

на вентиляцию

$$Q_{в}^{общ} = 18 \cdot 1(16 + 14) \cdot 10^{-3} = 0,55 \text{ МДж}/(\text{ч} \cdot \text{житель});$$

на горячее водоснабжение (зимний период)

$$Q_{г.в.ср}^{общ} = 1 \cdot 25 \cdot 4,19(55 - 5)(1 + 1,2)/(24 \cdot 10^{-3}) = 0,26 \text{ МДж}/(\text{ч} \cdot \text{житель});$$

на горячее водоснабжение (летний период)

$$Q_{г.в.л}^{общ} = 0,64 \cdot 0,26 = 0,16 \text{ МДж/ч} \cdot \text{житель});$$

Суммарный часовой расход:

$$\sum Q^{общ} = Q_{от}^{общ} + Q_{в}^{общ} + Q_{г.в.ср}^{общ} = 1,39 + 0,55 + 0,26 = 2,2 \text{ МДж}/(\text{год} \cdot \text{житель});$$

ONTÚSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11 64стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы		

Годовые расходы тепла:
на отопление

$$Q_{\text{от.общ}}^{\text{от}} = 1,39 \frac{16 + 3,2}{16 + 25} 4921 \cdot 10^{-3} = 3,2 \frac{\text{ГДж}}{(\text{год} \cdot \text{житель})};$$

на вентиляцию

$$Q_{\text{в.общ}}^{\text{от}} = \frac{16}{24} 0,55 \left[\frac{16 + 1}{16 + 14} (4921 - 620) + 620 \right] \cdot 10^{-3} = 1,1 \frac{\text{ГДж}}{(\text{год} \cdot \text{житель})};$$

Суммарные расходы тепла жилыми (по задаче 11.1) и общественными зданиями, приходящиеся на одного жителя (расчетный часовой расход тепла)

$$\sum Q_{\text{ч}} = Q_{\text{ж}} + Q_{\text{общ}} = 5,52 + 2,2 = 7,72 \text{ ГДж}/(\text{ч} \cdot \text{житель});$$

годовой расход тепла

$$\sum Q^{\text{год}} = Q_{\text{ж}}^{\text{год}} + Q_{\text{общ}}^{\text{год}} = 17,1 + 5,82 = 22,92 \text{ ГДж}/(\text{год} \cdot \text{житель});$$

1) Реперный – опорный исходный – [А.С.Гольдберг. Англо русский энергетический словарь. 2006 г.]

Порядок выполнения работы

1. Ознакомьтесь с методикой расчета расхода тепла на отопление и горячее водоснабжение общественных зданий.

2. Определите расчетный часовой и годовой расходы тепла на отопление, приходящиеся на одного жителя, проживающего в двенадцатизэтажном кирпичном жилом здании с общей жилой площадью $F_{\text{ж}} = 5000 \text{ м}^2$.

Климатические условия: $t_{\text{от}}^{\text{р}} = -20^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{от}}^{\text{в}} = -10^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{н.ср}} = -4,2^{\circ}\text{C}$; $z_{\text{от}} = 3500 \text{ ч/год}$; $z_{\text{п}} = 620 \text{ ч/год}$.

Прочие исходные данные:

$f_{\text{ж}} = 9 \text{ м}^2/\text{житель}$; объемный коэффициент здания $K_2 = 8 \text{ м}^3/\text{м}^2$;

удельный расход тепла на вентиляцию, отнесенный к 1 м^2 жилой площади,
 $q_{\text{в}}^{\text{ж}} = 3,6 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C})$;

удельные внутренние тепловыделения $q_{\text{вн}} = 94 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

3. Определите расчетный часовой и годовой расходы тепла общественными зданиями, приходящиеся на одного жителя.

Исходные данные:

климатические условия те же, что и в предыдущей задаче (пункт 2);

удельный объем общественных зданий общ $V_{\text{н}}^{\text{общ}} = 25 \text{ м}^3/\text{житель}$;

$t_{\text{вн}}^{\text{общ}} = 18^{\circ}\text{C}$;

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
		65стр. из 107

удельные тепловые характеристики здания, отнесенные к 1 м³ объема здания по наружному обмеру:

отопительная $q_{от}^{обш} = 1,6 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$;

вентиляционная $q_v^{обш} = 1 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$.

1. Оформите отчет по практической работе
2. Сделайте вывод о проделанной работе.
3. Подготовьтесь к защите практической работ, ответив на контрольные вопросы.

5. Основные формы / методы / технологии обучения для достижения конечных РО дисциплины: Решение ситуационных задач. Работа в малых группах.

6. Формы контроля для оценивания уровня достижения конечных РО дисциплины (тестирование, решение ситуационных задач и т.д.) : Устный опрос, подготовка и решение ситуационных задач.

Литература

Основная:

1. Бердалиева А.А., Даулетбаева Д.А. Энергоресурсы, источники и методы получения.- Учебное пособие.- Шымкент 2022. -244 с.
2. Риполь- Сарагоси Т.Л. Кууск А.Б., Возобновляемые и нетрадиционные источники энергии. Учебно-методическое пособие. Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т. путей сообщения, 2019. – 122 с.
3. Быстрицкий Г.Ф. Б95 Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии) : учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. — 2-е изд., стер. — М. : КНОРУС, 2016. — 408 с. — (Бакалавриат).
4. Бекман Г, Гилли П. Тепловое аккумулирование энергии: Пер. с англ. – М.: Мир, 2017 г.
5. Вафин, Д. Б. В23 Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие / Д.Б. Вафин.- Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013. - 176 с.
6. Энергетика XXI века: Условия развития, технологии, прогнозы / Л.С. Беляев, А.В. Лагерева, В.В. Посекалин и др.; Отв. ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2014. – 386 с.
7. J.P. Deane et al. / Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 1293–1302
8. Паровые и газовые турбины для электростанций [Электронный ресурс]: учебник для вузов / А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний ; под ред. А.Г. Костюка. — М.: Издательский дом МЭИ, 2016. — Загл. с тит. экрана

Дополнительная:

9. Учебно-методический комплекс по «Энергоресурсам, их источникам и получению» для Обучающийся химического факультета по специальности «ХТОВ». / Сост. М.Л. Ли - Караганда: Изд-во КарГУ, 2008 г.

<http://www.studmedlib.ru>,

ЛОГИН ibragim123, ПАРОЛЬ Libukma123

<http://lib.ukma.kz> /ru/ Базы данных

Республиканская межвузовская электронная библиотека, Aknurpress www.aknurpress.kz.

Контрольные вопросы:

1. Классификация потребителей теплоты.

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		66стр. из 107

2. Как определяется расход теплоты на производственно -технологические нужды химико-фармацевтических производств?
3. Как определяется расход теплоты на отопление здания по укрупненной норме?
4. Как определяется расход теплоты на вентиляцию здания химико-фармацевтических производств?
5. Как определяется средний расход теплоты на горячее водоснабжение?
6. Какие параметры учитываются при расходе тепла на вентиляцию?

Задача 11.1

Определить расход теплоты на отоплении лаборатории № 317 ЮКГМА по расчету и по укрупненной норме. Сравнить полученные результаты.

Задача 11.2

Для климатических условий г.Шымкента выполнить расчет и построение графиков часовых расходов теплоты на отопление вентиляцию и горячее водоснабжение, а также годовых графиков теплопотребления по продолжительности тепловой нагрузки и по месяцам. Расчетные тепловые потоки района города на отопление $Q_{0max} = 300$ МВт, на вентиляцию $Q_{vmax} = 35$ МВт, на горячее водоснабжение $Q_{hm} = 60$ МВт. Расчетная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления $t_0 = -31$ °С.

Практическое занятие 12

1.Тема 12: Поршневые двигатели внутреннего сгорания

2.Цель работы: освоить методику расчета теплового баланса двигателя, параметров, характеризующих работу двигателя, среднее индикаторное давление и индикаторную мощность, определение индикаторной и эффективной мощности двигателя.

3.Задачи обучения:

Обучающийся должен знать:

- схему и принцип действия поршневых двигателей внутреннего сгорания;
- принцип работы карбюраторных и дизельных двигателей;
- способы повышения КПД в ДВС;
- рабочие процессы в ДВС.

Обучающийся должен уметь:

- обрабатывать индикаторные диаграммы;
- анализировать регуляторные и нагрузочные характеристики и делать выводы для целей эксплуатации ДВС;
- снимать скоростную и регуляторную характеристику топливного насоса;
- пользоваться нормирующей документацией.

4.Основные вопросы темы:

по базисным знаниям:

1. Рабочие процессы в двигателях внутреннего сгорания.
2. Классификация ДВС.

по теме занятия:

1. Общее устройство ДВС.
2. Основные понятия и определения.
3. Топлива ДВС.
- 4.Параметры, характеризующие работу двигателя.

ONTÚSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11 67стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы		

Задание 12.

Теоретические основы

Параметры, характеризующие работу двигателя

Среднее индикаторное давление и индикаторная мощность. Под средним индикаторным давлением p_i понимают такое условное постоянное давление, которое, действуя на поршень в течение одного рабочего хода, совершает работу, равную индикаторной работе газов в цилиндре за рабочий цикл.

Согласно определению, среднее индикаторное давление (P_a) равно отношению индикаторной работы L_i газов за цикл к единице рабочего объема V_h цилиндра, т. е.

$$p_i = \frac{L_i}{V_h} \quad (12.1)$$

При наличии индикаторной диаграммы, снятой с двигателя (рис. 12.1), среднее индикаторное давление можно определить по формуле

$$p_i = \frac{F}{l} m \quad (12.2)$$

где F - полезная площадь индикаторной диаграммы, m^2 ;

l - длина индикаторной диаграммы, м;

m - масштаб давления индикаторной диаграммы, Па/м.

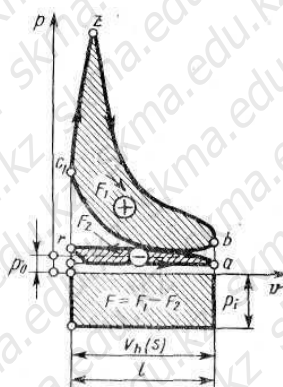


Рисунок 12.1 - Индикаторная диаграмма, снятой с двигателя

Среднее индикаторное давление при полной нагрузке у четырехтактных карбюраторных двигателей $8 \cdot 10^5 \dots 12 \cdot 10^5$ Па, у четырехтактных дизелей - $7,5 \cdot 10^5 \dots 10 \cdot 10^5$ Па, у двухтактных дизелей - $6 \cdot 10^5 \dots 9 \cdot 10^5$ Па.

Индикаторной мощностью N_i (кВт) двигателя называют работу, совершаемую газами в цилиндрах двигателя в единицу времени, т. е.

$$N_i = 2 p_i V_h \frac{n_i}{10^3 \tau} \quad (12.3)$$

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»	
Кафедра инженерных дисциплин			76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы			68стр. из 107

где p_i - среднее индикаторное давление, Па;
 V_h - рабочий объем цилиндра, м³;
 n - частота вращения коленчатого вала, об/с;
 τ - тактность двигателя ($\tau=4$ - для четырехтактных двигателей и $\tau=2$ - для двухтактных);
 i - число цилиндров.
Рабочий объем (м³) цилиндра

$$V_h = nD^2S/4, \quad (12.4)$$

где D - диаметр цилиндра, м; S - ход поршня, м.
Если известны степень сжатия ε двигателя и объем V_c камеры сгорания, то рабочий объем V_h цилиндра может быть определен по формуле

$$V_h = (\varepsilon - 1)V_c, \quad (12.5)$$

где ε - степень сжатия, равная отношению полного объема V_a цилиндра к объему V_c камеры сгорания, т. е.

$$\varepsilon = \frac{V_a}{V_c} = \frac{V_h + V_c}{V_c} = \frac{V_h}{V_c} + 1.$$

Эффективная мощность двигателя и среднее эффективное давление. Эффективной мощностью N_e называют мощность, снимаемую с коленчатого вала двигателя для получения полезной работы.

Эффективная мощность меньше индикаторной мощности N_i на величину мощности N_M механических потерь, т. е.

$$N_e = N_i - N_M. \quad (12.6)$$

Механические потери в двигателе оцениваются механическим КПД η_m который представляет собой отношение эффективной мощности к индикаторной:

$$\eta_m = \frac{N_e}{N_i} = \frac{N_i - N_M}{N_i} = 1 - \frac{N_M}{N_i}. \quad (12.7)$$

Для современных двигателей механический КПД составляет 0,72...0,9. Зная механический КПД, можно определить эффективную мощность

$$N_e = \eta_m N_i. \quad (12.8)$$

Эффективная мощность N_e (кВт) двигателя аналогично индикаторной мощности может быть выражена через среднее эффективное давление:

$$N_e = 2p_e V_h \frac{ni}{10^3 \tau}. \quad (12.9)$$

ONTÚSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		69стр. из 107

Среднее эффективное давление p_e равно разности между средним индикаторным давлением p_i и средним давлением p_m механических потерь:

$$p_e = p_i - p_m. \quad (12.10)$$

Зная механический КПД, можно определить среднее эффективное давление (Па):

$$p_e = \eta_m p_i. \quad (12.11)$$

Среднее эффективное давление при максимальной мощности у четырехтактных карбюраторных двигателей составляет $6,5 \cdot 10^5 \dots 9,5 \cdot 10^5$ Па, у четырехтактных дизелей - $6 \cdot 10^5 \dots 8 \cdot 10^5$ Па, у двухтактных дизелей - $5 \cdot 10^5 \dots 7,5 \cdot 10^5$ Па.

Литровая мощность двигателя. Литровой мощностью двигателя N_l , (кВт/м³) называют отношение эффективной мощности N_e к литражу двигателя iV_h :

$$N_l = \frac{N_e}{iV_h}. \quad (12.12)$$

Индикаторный КПД и удельный индикаторный расход топлива. Экономичность действительного рабочего цикла двигателя оценивается индикаторным КПД η_i и удельным индикаторным расходом топлива b_i .

Индикаторный КПД η_i оценивает степень использования теплоты в действительном цикле с учетом всех тепловых потерь и представляет собой отношение теплоты, эквивалентной полезной индикаторной работе, ко всей затраченной теплоте:

$$\eta_i = \frac{N_i}{BQ_n^p}. \quad (12.13)$$

где N_i - индикаторная мощность, кВт; B - расход топлива, кг/с; Q_n^p - низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг.

Удельный индикаторный расход топлива b_i , [кг/(кВт·ч)] представляет собой отношение расхода топлива B к индикаторной мощности N_i .

$$b_i = B \cdot 3600 / N_i. \quad (12.14)$$

Значения η_i и b_i для двигателей при их работе на номинальном режиме приведены в табл. 12.1.

Таблица 12.1

Тип двигателей	Индикаторный кпд	Эффективный кпд	Удельный индикаторный расход топлива b_i г/(кВт·ч)	Удельный эффективный расход топлива b_e г/(кВт·ч)
Карбюраторные	0,26...0,38	0,25...0,32	230...300	280...325
Дизели	0,43...0,52	0,35...0,45	160...200	190...240

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		70стр. из 107

Эффективный КПД и удельный эффективный расход топлива. Экономичность работы двигателя в целом оценивается эффективным КПД η_e и удельным эффективным расходом топлива b_e .

Эффективный КПД η_e оценивает степень использования теплоты топлива с учетом всех видов потерь (как тепловых, так и механических) и представляет собой отношение теплоты, эквивалентной полезной эффективной работе, ко всей затраченной теплоте:

$$\eta_e = \frac{N_e}{BQ_H^p} \quad (12.15)$$

Если известны индикаторный КПД и механический КПД, то

$$\eta_e = \eta_i \eta_m \quad (12.16)$$

Удельный эффективный расход топлива b_e [кг/(кВт·ч)] представляет собой отношение расхода топлива B к эффективной мощности N_e :

$$b_e = B \cdot 3600 / N_e \quad (12.17)$$

Значения η_e и b_e для двигателей при их работе на номинальном режиме приведены в табл. 12.1.

Таблица 12.1

Тип двигателей	Индикаторный КПД	Эффективный КПД	Удельный индикаторный расход топлива b_i г/(кВт·ч)	Удельный эффективный расход топлива b_e г/(кВт·ч)
Карбюраторные	0,26...0,38	0,25...0,32	230...300	280...325
Дизели	0,43...0,52	0,35...0,45	160...200	190...240

Эффективный КПД и удельный эффективный расход топлива. Экономичность работы двигателя в целом оценивается эффективным КПД η_e и удельным эффективным расходом топлива b_e .

Эффективный КПД η_e оценивает степень использования теплоты топлива с учетом всех видов потерь (как тепловых, так и механических) и представляет собой отношение теплоты, эквивалентной полезной эффективной работе, ко всей затраченной теплоте:

$$\eta_e = \frac{N_e}{BQ_H^p} \quad (12.15)$$

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11 71стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы		

Если известны индикаторный КПД и механический КПД, то

$$\eta_e = \eta_i \eta_m. \quad (12.16)$$

Удельный эффективный расход топлива b_e [кг/(кВт·ч)] представляет собой отношение расхода топлива B к эффективной мощности N_e :

$$b_e = B \cdot 3600 / N_e. \quad (12.17)$$

Значения η_e и b_e для двигателей при их работе на номинальном режиме приведены в табл. 12.1.

Расход (кг/с) воздуха, проходящего через двигатель:

$$M_g = 2V_h \eta_v n i \rho_g / \tau, \quad (12.18)$$

где V_h - рабочий объем цилиндра, м³;

η_v - коэффициент наполнения цилиндров;

n - частота вращения коленчатого вала, об/с;

i - число цилиндров;

ρ_g - плотность воздуха, кг/м³;

τ - тактность двигателя.

Тепловой баланс, коэффициент полезного действия ДВС

Распределение теплоты, полученной при сгорании вводимого в цилиндр топлива, называют тепловым балансом, который обычно определяется экспериментальным путем.

Тепловой баланс двигателя

Уравнение теплового баланса имеет вид

$$Q = Q_e + Q_{охл} + Q_g + Q_{нс} + Q_{ост}, \quad (12.19)$$

где Q - теплота топлива, введенная в двигатель;

Q_e - теплота, превращенная в полезную работу;

$Q_{охл}$ - теплота, потерянная с охлаждающей водой;

Q_g - теплота, потерянная с отработавшими газами;

$Q_{нс}$ - теплота, теряемая вследствие неполного сгорания топлива;

$Q_{ост}$ - остаточный член баланса, который равен сумме всех неучтенных потерь.

Тепловой баланс можно составить в процентах от всего количества введенной теплоты:

$$q_e + q_{охл} + q_g + q_{нс} + q_{ост} = 100, \quad (12.20)$$

где $q_e = (Q_e / Q) 100$;

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»	
Кафедра инженерных дисциплин		76/11	
Энергоресурсы, источники получения и методы		72стр. из 107	

$$q_{охл} = (Q_{охл}/Q)100;$$

$$q_e = (Q_e/Q)100 \text{ и т. д.}$$

Количество располагаемой (введенной) теплоты в течение секунды (кДж/с)

$$Q = BQ_n^P, \quad (12.21)$$

где B - расход топлива, кг/с; Q_n^P - низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг.
Теплота, превращенная в полезную работу (кДж/с):

$$Q_e = N_e, \quad (12.22)$$

где N_e - эффективная мощность двигателя, кВт.
Теплота, потерянная с охлаждающей водой (кДж/с):

$$Q_{охл} = G_в c_в (t_2 - t_1), \quad (12.23)$$

где $G_в$ - расход воды, проходящей через систему, кг/с;
 $c_в$ - теплоемкость воды, кДж/(кг·К);
 $c_в = 4,19$ кДж/(кг·К);
 t_2 и t_1 - температура воды на входе в систему и выходе из нее, °С.
Теплота, потерянная с отработавшими газами (кДж/с):

$$Q_e = B(V_{гс} c_{гс}^{P_{гс}} t_{гс} - V_{вс} c_{вс}^{P_{вс}} t_{вс}), \quad (12.24)$$

где B - расход топлива, кг/с;
 $V_{гс}$ и $V_{вс}$ - расходы газов и воздуха, м³/кг;
 $c_{гс}^{P_{гс}}$ и $c_{вс}^{P_{вс}}$ - средние объемные теплоемкости газов и воздуха при постоянном давлении, кДж/(м³·К);
 $t_{гс}$ и $t_{вс}$ - температура отработавших газов и воздуха, °С.
Теплота, теряемая вследствие неполного сгорания топлива (кДж/с), определяется опытным путем.

Остаточный член теплового баланса (кДж/с)

$$Q_{ост} = Q - (Q_e + Q_{охл} + Q_{гс} + Q_{вс}). \quad (12.25)$$

Примеры решения:

Задача 12.01. Определить количество теплоты, введенное в четырехцилиндровый четырехтактный дизельный двигатель, если среднее эффективное давление $p_e = 1,25 \cdot 10^5$ Па, диаметр цилиндра $D = 0,12$ м, ход поршня $S = 0,12$ м, средняя скорость поршня $c_m = 8$ м/с, низшая теплота сгорания топлива $Q_n^P = 42300$ кДж/кг и удельный эффективный расход топлива $b_e = 252$ кг/(кВт·ч).

ONTÚSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11 73стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы		

Решение:

Рабочий объем цилиндра определяем по формуле (12.4):

$$V_h = (\pi D^2 / 4) S = (3,14 \cdot 0,12^2 / 4) 0,12 = 13,56 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$

Частота вращения коленчатого вала

$$n = c_m / (2S) = 8 / (2 \cdot 0,12) = 33 \text{ об/с}.$$

Эффективную мощность двигателя находим по (12.9):

$$N_e = 2 p_e V_h \frac{n i}{10^3 \tau} = 2 \cdot 7,25 \cdot 10^5 \cdot 13,56 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{33 \cdot 4}{4 \cdot 10^3} = 64,9 \text{ кВт}.$$

Расход топлива, по формуле (12.17),

$$B = b_e N_e / 3600 = 0,252 \cdot 64,9 / 3600 = 4,54 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}.$$

Количество теплоты, введенное в двигатель, по формуле (12.21),

$$Q = B Q_n^p = 4,54 \cdot 10^{-3} \cdot 42300 = 192 \text{ кДж/с}.$$

Задача 12.02. Определить эффективную мощность и удельный эффективный расход топлива восьмицилиндрового четырехтактного дизельного двигателя, если среднее индикаторное давление $p_i = 7,5 \cdot 10^5$ Па, степень сжатия $\varepsilon = 16,5$, объем камеры сгорания $V_c = 12 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$, угловая скорость вращения коленчатого вала $w = 220$ рад/с, механический КПД $\eta_m = 0,8$ и расход топлива $B = 1,02 \cdot 10^{-2} \text{ кг/с}$.

Решение: Среднее эффективное давление определяем по формуле (12.11):

$$p_e = \eta_m p_i = 7,5 \cdot 10^5 \cdot 0,8 = 6 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

Рабочий объем цилиндра, по формуле (12.5),

$$V_h = (\varepsilon - 1) V_c = (16,5 - 1) 12 \cdot 10^{-5} = 18,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$

Частота вращения коленчатого вала

$$n = w / (2\pi) = 220 / (2 \cdot 3,14) = 35 \text{ об/с}.$$

Эффективная мощность двигателя, по формуле (12.9),

$$N_e = 2 p_e V_h \frac{n i}{10^3 \tau} = 2 \cdot 6 \cdot 10^5 \cdot 18,6 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{35 \cdot 8}{10^3 \cdot 4} = 156 \text{ кВт}.$$

Удельный эффективный расход топлива, по формуле (12.17),

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		74стр. из 107

$$b_e = B \cdot 3600 / N_e = 1,02 \cdot 10^{-2} \cdot 3600 / 156 = 0,235 \text{ кг}/(\text{кВт} \cdot \text{ч}).$$

Задача 12.03 Восьмицилиндровый четырехтактный дизельный двигатель эффективной мощностью $N_e = 176$ кВт работает на топливе с низшей теплотой сгорания $Q_H^p = 42600$ кДж/кг при эффективном КПД $\eta_e = 0,38$. Определить в процентах теплоту, превращенную в полезную работу, потери теплоты с охлаждающей водой и потери теплоты с отработанными газами, если расход охлаждающей воды через двигатель $G_6 = 2$ кг/с, разность температур выходящей из двигателя и входящей воды $\Delta t = 10$ °С, объем газов, получаемый при сгорании 1 кг топлива, $V_g = 16,4$ м³/кг, объем воздуха, необходимый для сгорания 1 кг топлива, $V_a = 15,5$ м³/кг, температура отработавших газов $t_g = 550$ °С, средняя объемная теплоемкость газов $c_{p2} = 1,44$ кДж/(м³·К) и температура воздуха $t_a = 20$ °С. (Теплоемкость воздуха объемная – Плотность воздуха, его удельная теплоемкость, вязкость и другие физические свойства: таблицы при различных температурах. При 25 °С воздух имеет плотность 1,185 кг/м³. Объемную удельную теплоемкость воздуха c_{p6} принимают равной 1,3 кДж/(м³·К).

Решение: Теплота, превращенная в полезную работу, согласно формуле (12.22),

$$Q = N_e = 176 \text{ кДж/с}.$$

Расход топлива двигателем находим из формулы (12.15):

$$B = \frac{N_e}{\eta_e Q_H^p} = \frac{176}{0,38 \cdot 42600} = 10,9 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}.$$

Теплота, превращенная в полезную работу (%):

$$q_e = Q / (B Q_H^p) \cdot 100 = 176 / (10,9 \cdot 10^{-3} \cdot 42600) \cdot 100 = 38\%.$$

Потери теплоты с охлаждающей водой, по формуле (12.23),

$$Q_{охл} = G_6 c_6 (t_2 - t_1) = 2 \cdot 4,19 \cdot 10 = 83,8 \text{ кДж/с},$$

или в процентах

$$q_{охл} = Q_{охл} / (B Q_H^p) \cdot 100 = 83,8 / (10,9 \cdot 10^{-3} \cdot 42600) \cdot 100 = 18\%.$$

Потери теплоты с отработавшими газами, по формуле (12.24),

$$Q_g = B (V_g c_{p2} t_g - V_a c_{p6} t_a) = 10,9 \cdot 10^{-3} (16,4 \cdot 1,44 \cdot 550 - 15,5 \cdot 1,3 \cdot 20) = 137,2 \text{ кДж/с},$$

или в процентах

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		75стр. из 107

$$q_c = Q_c / (B Q^H) 100 = 137,2 / (10,9 \cdot 10^{-3} - 42600) 100 = 29,5\%.$$

Задача 12.04. Определить удельный индикаторный расход топлива шестицилиндрового четырехтактного карбюраторного двигателя, если диаметр цилиндра $D = 0,082$ м, ход поршня $S = 0,11$ м, частота вращения коленчатого вала $n = 2800$ об/мин, расход топлива $B = 4,5 \cdot 10^{-3}$ кг/с. Индицированием двигателя получена индикаторная диаграмма полезной площадью $F = 1,6 \cdot 10^{-3}$ м², длиной $l = 0,2$ м при масштабе давлений $m = 1 \cdot 10^8$ Па/м.

Решение: Среднее индикаторное давление определяем по формуле (12.2):

$$p_i = Fm/l = 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^8 / 0,2 = 8 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

Рабочий объем цилиндра, по формуле (12.4),

$$V_h = \pi D^2 S / 4 = 3,14 \cdot 0,082^2 \cdot 0,11 / 4 = 5,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$

Индикаторная мощность двигателя, по формуле (12.3),

$$N_i = 2 p_i V_h \frac{n_i}{10^3 \tau} = 2 \cdot 8 \cdot 10^5 \cdot 5,8 \cdot 10^{-4} \frac{2800 \cdot 6}{4 \cdot 10^3 \cdot 60} = 65 \text{ кВт}.$$

Удельный индикаторный расход топлива, по формуле (12.14),

$$b_i = B \cdot 3600 / N_i = 4,5 \cdot 10^{-3} \cdot 3600 / 65 = 0,249 \text{ кг/(кВт} \cdot \text{ч)}.$$

Решить задачи по вариантам.

№ варианта	Задача 1	Задача 2
1	12.101	12.213
2	12.102	12.212
3	12.103	12.211
4	12.104	12.210
5	12.105	12.209
6	12.106	12.208
7	12.107	12.207
8	12.108	12.206
9	12.109	12.205
10	12.110	12.204
11	12.111	12.203
12	12.112	12.202
13	12.113	12.201

Задача 12.01. Определить индикаторную и эффективную мощности восьмицилиндрового четырехтактного карбюраторного двигателя, если среднее индикаторное давление $p_i = 7,5 \cdot 10^5$ Па, диаметр цилиндра $D = 0,1$ м, ход поршня $S = 0,095$ м, частота вращения коленчатого вала $n = 3000$ об/мин и механический КПД $\eta_m = 0,8$.

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		76стр. из 107

Ответ: $N_i=112,5$ кВт; $N_e=90$ кВт.

Задача 12.02. Определить удельный эффективный расход топлива шестицилиндрового четырехтактного дизельного двигателя, если среднее эффективное давление $p_e=7,2 \cdot 10^5$ Па, полный объем цилиндра $V_d=1,9 \cdot 10^{-4}$ м³, объем камеры сгорания $V_c=6,9 \cdot 10^{-5}$ м³, частота вращения коленчатого вала $n=37$ об/с и расход топлива $B=3,8 \cdot 10^{-3}$ кг/с.

Ответ: $b_e=0,238$ кг/(кВт·ч).

Задача 12.03. Определить индикаторную мощность и среднее индикаторное давление четырехцилиндрового четырехтактного дизельного двигателя, если эффективная мощность $N_e=100$ кВт, угловая скорость вращения коленчатого вала $\omega=157$ рад/с, степень сжатия $\varepsilon=15$, объем камеры сгорания $V_c=2,5 \cdot 10^{-4}$ м³ и механический КПД $\eta_m=0,84$.

Ответ: $N_i=119$ кВт; $p_i=6,8 \cdot 10^5$ Па.

Задача 12.04. Определить индикаторную мощность и удельный индикаторный расход топлива шестицилиндрового четырехтактного дизельного двигателя, если среднее эффективное давление $p_e=6,2 \cdot 10^5$ Па, диаметр цилиндра $D=0,11$ м, ход поршня $S=0,14$ м, средняя скорость поршня $c_m=8,4$ м/с, расход топлива $B=5,53 \cdot 10^{-3}$ кг/с и механический КПД $\eta_m=0,82$.

Ответ: $N_i=90,5$ кВт; $b_i=0,220$ кг/(кВт·ч).

Задача 12.05. Определить диаметр цилиндра и ход поршня четырехцилиндрового четырехтактного дизельного двигателя, если эффективная мощность $N_e=80$ кВт, среднее эффективное давление $p_e=6 \cdot 10^5$ Па, частота вращения коленчатого вала $n=1800$ об/мин и средняя скорость поршня $c_m=9,6$ м/с.

Ответ: $D=0,135$ м; $B=0,16$ м.

Задача 12.06. Определить мощность механических потерь восьмицилиндрового четырехтактного карбюраторного двигателя, если среднее индикаторное давление $p_e=1,5 \cdot 10^5$ Па, диаметр цилиндра $D=0,1$ м, ход поршня $S=0,095$ м, частота вращения коленчатого вала $n=50$ об/с и механический КПД $\eta_m=0,8$.

Ответ: $N_M=22,4$ кВт.

Задача 12.07. Определить индикаторную мощность и мощность механических потерь шестицилиндрового двухтактного дизельного двигателя, если среднее эффективное давление $p_e=6,36 \cdot 10^5$ Па, степень сжатия $\varepsilon=16$, объем камеры сгорания $V_c=7,8 \cdot 10^{-5}$ м³, частота вращения коленчатого вала $n=35$ об/с и механический КПД $\eta_m=0,84$.

Ответ: $N_i=186$ кВт; $N_M=29,8$ кВт.

Задача 12.08. Определить среднее индикаторное давление и среднее давление механических потерь восьмицилиндрового четырехтактного карбюраторного двигателя, если эффективная мощность $N_e=145$ кВт, диаметр цилиндра $D=0,1$ м, ход поршня $V_h=0,09$ м, средняя скорость поршня $c_m=12,0$ м/с и механический КПД $\eta_m=0,8$.

Ответ: $p_i=9,6 \cdot 10^5$ Па; $p_m=1,92 \cdot 10^5$ Па.

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		77стр. из 107

Задача 12.09. Определить эффективную мощность и удельный эффективный расход топлива восьмицилиндрового четырехтактного карбюраторного двигателя, если индикаторная работа газов за цикл $L_i=649$ Дж, диаметр цилиндра $D=0,1$ м, ход поршня $S=0,095$ м, средняя скорость поршня $c_m=9,5$ м/с, механический КПД $\eta_m=0,85$ и расход топлива $B=9,1 \cdot 10^{-3}$ кг/с.

Ответ: $N_e=110,5$ кВт; $b_e=0,316$ кг/(кВт·ч).

Задача 12.10. Определить удельные индикаторный и эффективный расходы топлива четырехцилиндрового четырехтактного дизельного двигателя, если среднее индикаторное давление $p_i=6,8 \cdot 10^5$ Па, степень сжатия $\varepsilon = 15$, полный объем цилиндра $V_a=37,5 \cdot 10^{-4}$ м³, угловая скорость вращения коленчатого вала $\omega = 157$ рад/с, механический КПД $\eta_m=0,84$ и расход топлива $B=5,95 \cdot 10^{-3}$ кг/с.

Ответ: $b_i=0,180$ кг/(кВт·ч); $b_e=0,214$ кг/(кВт·ч).

Задача 12.11. Определить эффективную мощность и мощность механических потерь шестицилиндрового четырехтактного дизельного двигателя, если среднее эффективное давление $p_e=5,4 \cdot 10^5$ Па, диаметр цилиндра $D=0,108$ м, ход поршня $S=0,12$ м, средняя скорость поршня $c_m=8,4$ м/с и механический КПД $\eta_m=0,78$.

Ответ: $N_e=62,4$ кВт; $N_M=17,6$ кВт.

Задача 12.12. Определить среднее индикаторное давление и индикаторную мощность шестицилиндрового четырехтактного дизельного двигателя, если диаметр цилиндра $D=0,15$ м, ход поршня $S=0,18$ м, частота вращения коленчатого вала $n=1500$ об/мин. Индицированием двигателя получена индикаторная диаграмма полезной площадью $F=1,95 \cdot 10^{-3}$ м², длиной $l=0,15$ м при масштабе давлений $m=0,6 \cdot 10^8$ Па/м.

Ответ: $p_i=7,8 \cdot 10^5$ Па, $N_i=186$ кВт.

Задача 12.13. (7 вариант). Определить индикаторную мощность и мощность механических потерь четырехцилиндрового четырехтактного дизельного двигателя, если степень сжатия $\varepsilon=17$, полный объем цилиндра $V_a=11,9 \cdot 10^{-4}$ м³, угловая скорость вращения коленчатого вала $\omega=157$ рад/с и механический КПД $\eta_m=0,81$. Индицированием двигателя получена индикаторная диаграмма полезной площадью $F=1,8 \cdot 10^{-3}$ м², длиной $l=0,2$ м при масштабе давлений $m=0,8 \cdot 10^8$ Па/м.

Ответ: $N_i=40,3$ кВт; $N_M=7,7$ кВт.

Задача 12.14. (6 вариант). Определить среднее эффективное давление и среднее давление механических потерь двухцилиндрового четырехтактного дизельного двигателя, если эффективная мощность $N_e=18$ кВт, диаметр цилиндра $D=0,105$ м, ход поршня $S=0,12$ м, частота вращения коленчатого вала $n=30$ об/с и механический КПД $\eta_m=0,78$.

Ответ: $p_e=5,77 \cdot 10^5$ Па; $p_m=1,63 \cdot 10^5$ Па.

Задача 12.15. Определить количество теплоты, введенное в шестицилиндровый четырехтактный дизельный двигатель, если среднее эффективное давление $p_e=6,8 \cdot 10^5$ Па, степень сжатия $\varepsilon=16,5$, объем камеры сгорания $V_c=12 \cdot 10^{-5}$ м³, угловая скорость вращения коленчатого вала $\omega=220$

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		78стр. из 107

рад/с, низшая теплота сгорания топлива $Q_H^P = 44000$ кДж/кг и удельный эффективный расход топлива $b_e = 0,25$ кг/(кВт·ч).

Ответ: $Q = 405,8$ кДж/с.

Задача 12.16. Определить количество теплоты, введенное в восьмицилиндровый четырехтактный карбюраторный двигатель, если среднее индикаторное давление $p_i = 9,6 \cdot 10^5$ Па, диаметр цилиндра $D = 0,1$ м, ход поршня $S = 0,09$ м, средняя скорость поршня $c_m = 12,0$ м/с, механический КПД $\eta_m = 0,8$, низшая теплота сгорания топлива $Q_H^P = 44400$ кДж/кг и удельный эффективный расход топлива $b_e = 0,31$ кг/(кВт·ч).

Ответ: $Q = 554,4$ кДж/с.

Задача 12.17. Определить потери теплоты в процентах с отработавшими газами в шестицилиндровом четырехтактном карбюраторном двигателе, если среднее эффективное давление $p_e = 6,1 \cdot 10^5$ Па, литраж двигателя $iV_h = 32,6 \cdot 10^{-4}$ м³, угловая скорость вращения коленчатого вала $\omega = 314$ рад/с, низшая теплота сгорания топлива $Q_H^P = 43900$ кДж/кг, удельный эффективный расход топлива $b_e = 0,292$ кг/(кВт·ч) и количество теплоты, потерянное с отработавшими газами, $Q_g = 70$ кДж/с.

Ответ: $q_g = 40\%$.

Задача 12.18. Четырехцилиндровый четырехтактный дизельный двигатель индикаторной мощностью $N_i = 50,4$ кВт работает на топливе с низшей теплотой сгорания $Q_H^P = 42000$ кДж/кг при индикаторном КПД $\eta_i = 0,4$. Определить потери теплоты с отработавшими газами в кДж/с и процентах, если объем газов, получаемых при сгорании 1 кг топлива, $V_g = 15,9$ м³/кг, объем воздуха, необходимый для сгорания 1 кг топлива, $V_a = 15$ м³/кг, температура отработавших газов $t_g = 600^\circ\text{C}$, средняя объемная теплоемкость газов $c_{p2} = 1,45$ кДж/(м³·К) и температура воздуха $t_a = 20^\circ\text{C}$.

Ответ: $Q_g = 40,33$ кДж/с; $q_g = 32\%$.

Задача 12.19. Определить в кДж/с и процентах теплоту, превращенную в полезную работу в шестицилиндровом четырехтактном карбюраторном двигателе, если литровая мощность $iV_h = 14000$ кВт/м³, рабочий объем цилиндра $V_a = 11,3 \cdot 10^{-4}$ м³, низшая теплота сгорания топлива $Q_H^P = 39300$ кДж/кг, удельный индикаторный расход топлива $b_i = 0,264$ кг/(кВт·ч) и механический КПД $\eta_m = 0,81$.

Ответ: $Q_e = 94,9$ кДж/с; $q_e = 28,1\%$.

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		79стр. из 107

Задача 12.20. Определить в кДж/с и процентах теплоту, превращенную в полезную работу в восьмицилиндровом четырехтактном карбюраторном двигателе, если среднее эффективное давление $p_e=6 \cdot 10^5$ Па, диаметр цилиндра $D=0,1$ м, ход поршня $S=0,095$ м, угловая скорость вращения коленчатого вала $\omega=314$ рад/с низшая теплота сгорания топлива $Q_H^P = 44000$ кДж/кг и удельный эффективный расход топлива $b_e=0,29$ кг/(кВт·ч).

Ответ: $Q_e = 89,5$ кДж/с; $q_e = 28,2\%$.

Задача 12.21. Определить в процентах теплоту, превращенную в полезную работу в восьмицилиндровом четырехтактном дизельном двигателе, если среднее индикаторное давление $p_i=7,5 \cdot 10^5$ Па, степень сжатия $\varepsilon=16,5$, полный объем цилиндра $V_a=19,8 \cdot 10^{-4}$ м³, частота вращения коленчатого вала $n=2100$ об/мин, механический КПД $\eta_m=0,8$, низшая теплота сгорания топлива $Q_H^P=42800$ кДж/кг и удельный эффективный расход топлива $b_e=0,255$ кг/(кВт·ч).

Ответ: $q_e=33\%$.

Задача 12.22. Четырехцилиндровый четырехтактный карбюраторный двигатель эффективной мощностью $N_e=58$ кВт работает на топливе с низшей теплотой сгорания $Q_H^P=44000$ кДж/кг при эффективном КПД $\eta_e=0,29$. Определить потери теплоты в кДж/с и процентах с охлаждающей водой, если расход охлаждающей воды через двигатель составляет $G_w=0,96$ кг/с и разность температур выходящей из двигателя и входящей воды $\Delta t=12^\circ\text{C}$.

Ответ: $Q_{охл}=48,27$ кДж/с; $q_{охл}=24,1\%$.

Задача 12.23. Четырехцилиндровый четырехтактный дизельный двигатель литровой мощностью $N_l=10000$ кВт/м³ работает на топливе с низшей теплотой сгорания $Q_H^P = 42900$ кДж/кг при эффективном КПД $\eta_e = 0,34$. Определить потери теплоты с охлаждающей водой в процентах, если диаметр цилиндра $D = 0,12$ м, ход поршня $S = 0,14$ м, расход охлаждающей воды через двигатель $G_w= 0,94$ кг/с и разность температур выходящей из двигателя и входящей воды $\Delta t = 11^\circ\text{C}$.

Ответ: $q_{охл} = 23,4 \%$.

Задача 12.24. Определить в кДж/с и процентах потери теплоты с охлаждающей водой в четырехцилиндровом четырехтактном дизельном двигателе, если среднее индикаторное давление $p_i=1,6 \cdot 10^5$ Па, диаметр цилиндра $D=0,11$ м, ход поршня $S=0,125$ м, частота вращения коленчатого вала $n=2200$ об/мин, механический КПД $\eta_m=0,83$, низшая теплота сгорания

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»	
Кафедра инженерных дисциплин			76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы			80стр. из 107

топлива $Q_H^P = 42600$ кДж/кг, удельный эффективный расход топлива $b_e = 0,248$ кг/(кВт·ч), расход охлаждающей воды через двигатель составляет $G_e = 0,92$ кг/с и разность температур выходящей из двигателя и входящей воды $\Delta t = 10^\circ\text{C}$.

Ответ: $Q_{охл} = 38,55$ кДж/с; $q_{охл} = 23,9\%$.

Задача 12.25. Шестицилиндровый четырехтактный дизельный двигатель индикаторной мощностью $N_i = 100$ кВт работает на топливе с низшей теплотой сгорания $Q_H^P = 42900$ кДж/кг при индикаторном КПД $\eta_i = 0,45$. Определить расход охлаждающей воды, если потери теплоты с охлаждающей водой $q_{охл} = 22\%$ и разность температур выходящей из двигателя и входящей воды $\Delta t = 9^\circ\text{C}$.

Ответ: $G_e = 1,3$ кг/с.

Задача 12.26. Определить расход охлаждающей воды и воздуха для восьмицилиндрового четырехтактного карбюраторного двигателя, если количество теплоты, потерянное в охлаждающую среду, $Q_{охл} = 85$ кДж/с, разность температур выходящей из двигателя и входящей воды $\Delta t = 11^\circ\text{C}$, литраж двигателя $iV_h = 59,7 \cdot 10^{-4}$ м³, частота вращения коленчатого вала $n = 53$ об/с, коэффициент наполнения цилиндров $\eta_v = 0,8\%$ и плотность воздуха $\rho_e = 1,224$ кг/м³.

Ответ: $G_e = 1,84$ кг/с; $M_e = 0,155$ кг/с.

Задача 12.27. Определить расход топлива и охлаждающей воды для четырехцилиндрового четырехтактного дизельного двигателя, если среднее эффективное давление $p_e = 6 \cdot 10^5$ Па, диаметр цилиндра $D = 0,135$ м, ход поршня $S = 0,16$ м, средняя скорость поршня $c_m = 9,6$ м/с, низшая теплота сгорания топлива $Q_H^P = 42300$ кДж/кг, эффективный КПД $\eta_e = 0,34$, количество теплоты, потерянное с охлаждающей водой, $Q_{охл} = 42$ кДж/с и разность температур выходящей из двигателя и входящей воды $\Delta t = 10^\circ\text{C}$.

Ответ: $B = 5,56 \cdot 10^{-3}$ кг/с; $G_e = 1$ кг/с.

Контрольные вопросы:

1. Что называется тепловым балансом двигателя? Перечислить виды топлива ДВС. На какие виды подразделяются по способу осуществления рабочего цикла двигателя внутреннего сгорания?
2. Описать рабочие процессы в двигателях внутреннего сгорания. Перечислить параметры, характеризующие работу двигателя.
3. Описать принцип работы поршневого двигателя.

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	
 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»	
Кафедра инженерных дисциплин	76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы	81стр. из 107

4. Описать общее устройство ДВС (двигателя внутреннего сгорания).
5. Дать определение: среднее индикаторное давление и индикаторная мощность. Объяснить рабочий цикл четырехтактного дизельного двигателя.
6. Дать определение: индикаторный КПД и удельный индикаторный расход топлива. Привести запись элементарного химического состава топлива.
7. Дать определение понятиям: эффективный КПД и удельный эффективный расход топлива.
8. Описать основные типы двигателей внутреннего сгорания. Привести классификацию ДВС.
9. Объяснить внутреннее устройство ДВС. Объяснить рабочий цикл цилиндра ДВС.
10. Описать принцип работы двигателей высокого сжатия.
11. Объяснить устройство и работу поршня ДВС
12. Описать устройство и работу карбюратора ДВС
13. Объяснить рабочий цикл четырехтактного карбюраторного двигателя.

5. Основные формы / методы / технологии обучения для достижения конечных РО дисциплины: Решение ситуационных задач. Работа в малых группах.

6. Формы контроля для оценивания уровня достижения конечных РО дисциплины (тестирование, решение ситуационных задач и т.д.): Устный опрос, подготовка и решение ситуационных задач.

Литература

Основная:

1. Бердалиева А.А., Даулетбаева Д.А. Энергоресурсы, источники и методы получения.-Учебное пособие.-Шымкент 2022. -244 с.
2. Риполь- Сарагоси Т.Л. Кууск А.Б., Возобновляемые и нетрадиционные источники энергии. Учебно-методическое пособие. Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т. путей сообщения, 2019. – 122 с.
3. Быстрицкий Г.Ф. Б95 Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии) : учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. — 2-е изд., стер. — М. : КНОРУС, 2016. — 408 с. — (Бакалавриат).
4. Бекман Г, Гилли П. Тепловое аккумулирование энергии: Пер. с англ. – М.:Мир, 2017 г.
5. Вафин, Д. Б. В23 Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие / Д.Б. Вафин.- Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013. - 176 с.
6. Энергетика XXI века: Условия развития, технологии, прогнозы / Л.С. Беляев, А.В. Лагерева, В.В. Посекалин и др.; Отв. ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2014. – 386 с.

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		82стр. из 107

7. J.P. Deane et al. / Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 1293–1302

8. Паровые и газовые турбины для электростанций [Электронный ресурс]: учебник для вузов / А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний ; под ред. А.Г. Костюка. — М.: Издательский дом МЭИ, 2016. — Загл. с тит. экрана

Дополнительная:

9. Учебно-методический комплекс по «Энергоресурсам, их источникам и получению» для Обучающийся химического факультета по специальности «ХТОВ». / Сост. М.Л. Ли - Караганда: Изд-во КарГУ, 2008 г.

<http://www.studmedlib.ru>,

ЛОГИН ibragim123, ПАРОЛЬ Libukma123

<http://lib.ukma.kz> /ru/ Базы данных

Республиканская межвузовская электронная библиотека, Aknurpress www.aknurpress.kz.

Тема 13: Тепловые электростанции

Цель: Закрепить теоретические основы, практические навыки и умения по теме занятия.

Задачи обучения:

Обучающийся должен знать:

- требования к установкам производящим электроэнергию и теплоту;
- показатели общей экономичности источников полезной энергии;
- технологические схемы производства электрической и тепловой энергии;
- конструкции паротурбинных установок ТЭС и вспомогательного оборудования;
- современные методы оценки основных технико-экономических показателей теплоэнергетических установок;

Обучающийся должен уметь:

- дать правильное определение передачи энергии;
- дать правильное определение передачи топлива;
- выбирать способы передачи энергии;
- пользоваться нормирующей документацией.

Основные вопросы темы:

1. Типы ТЭС.
2. Передача топлива.
3. Способы передачи топлива.
4. Комбинированная выработка электроэнергии и теплоты на ТЭС.
5. Передача тепла.
6. Передача электроэнергии

Методы обучения и преподавания:

Обучающийся должны определить затраты энергии на различные варианты транспортировки энергии и их сравнительный анализ.

Практическое занятие 13

Тема 13. Тепловые электростанции.

Показатели характеризующие экономичность тепловых электрических станций

ONTÜSTİK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		83стр. из 107

Экономичность работы электрической станции оценивается **коэффициентами полезного действия, удельным расходом** условного топлива, **удельным расходом теплоты** на выработку электроэнергии и **себестоимостью** энергии.

Коэффициент полезного действия электростанции подразделяется на КПД брутто, определяемый без учета расхода энергии на собственные нужды, и КПД нетто с учетом расхода электрической энергии и теплоты на собственные нужды.

КПД конденсационной электростанции (КЭС) брутто $\eta_{\text{кэс}}^{\text{бр.}}$ представляет собой отношение количества выработанной электроэнергии к энергии, подведенной с топливом:

$$\eta_{\text{кэс}}^{\text{бр.}} = \frac{\mathcal{E}^{\text{выр.}}}{(B \cdot Q_{\text{H}}^{\text{p}})}, \quad (13.1)$$

где $\mathcal{E}^{\text{выр.}}$ – количество выработанной электроэнергии, кДж;

B – расход топлива, кг;

Q_{H}^{p} – низшая теплота сгорания рабочей массы топлива кДж/кг.

Если известны КПД отдельных узлов и установок электростанции, то без учета работы питательных насосов КПД КЭС брутто может быть определен по формуле

$$\eta_{\text{кэс}}^{\text{бр.}} = \eta_{\text{к.у.}} \cdot \eta_{\text{тр.}} \cdot \eta_{\text{т}} \cdot \eta_{\text{oi}} \cdot \eta_{\text{м}} \cdot \eta_{\text{г}}, \quad (13.2)$$

где $\eta_{\text{к.у.}}$ – КПД котельной установки;

$\eta_{\text{тр.}}$ – КПД трубопроводов;

$\eta_{\text{т}}$ – термический КПД цикла Ренкина при заданных параметрах пара на электростанции;

η_{oi} – относительный внутренний КПД турбины;

$\eta_{\text{м}}$ – механический КПД турбины;

$\eta_{\text{г}}$ – электрический КПД генератора.

КПД конденсационной электростанции нетто $\eta_{\text{кэс}}^{\text{нт}}$ – представляет собой отношение отпущенной электроэнергии к энергии, подведенной с топливом

$$\eta_{\text{кэс}}^{\text{нт}} = \frac{\mathcal{E}^{\text{отп.}}}{B \cdot Q_{\text{H}}^{\text{p}}}, \quad (13.3)$$

тогда $\mathcal{E}^{\text{отп.}} = \mathcal{E}^{\text{выр.}} - \mathcal{E}^{\text{с.н.}}$ – количество отпущенной электроэнергии, равное разности выработанной и израсходованной на собственные нужды, кДж.

Для теплоэлектроцентралей (ТЭЦ) применяются частные КПД по выработке электроэнергии $\eta_{\text{тэц}}^{\mathcal{E}}$ и теплоты $\eta_{\text{тэц}}^{\text{q}}$.

КПД ТЭЦ брутто по выработке электроэнергии определяется по формуле

$$\eta_{\text{тэц}}^{\mathcal{E} \text{ бр.}} = \frac{\mathcal{E}^{\text{выр.}}}{(B_{\mathcal{E}} \cdot Q_{\text{H}}^{\text{p}})}, \quad (13.4)$$

где $B_{\mathcal{E}}$ – расход топлива на выработку электроэнергии, кг.

КПД ТЭЦ брутто по выработке теплоты находится по формуле

ONTÚSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11 84стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы		

$$\eta_{\text{тэц}}^{\text{Q бр.}} = \frac{Q^{\text{отп.}}}{(B_Q \cdot Q_H^{\text{P}})} \quad (13.5)$$

где $Q^{\text{отп.}}$ – количество теплоты, отпускаемой потребителям, кДж;

B_Q – расход топлива на выработку отпущенной теплоты, кг.

КПД ТЭЦ нетто по отпуску электроэнергии определяется по формуле

$$\eta_{\text{тэс}}^{\text{Э нт}} = \frac{Э^{\text{отп.}}}{[(B_Э \cdot B_{\text{с.н.}}) \cdot Q_H^{\text{P}}]} \quad (13.6)$$

где $B_{\text{с.н.}}$ – расход топлива на выработку электроэнергии для собственных нужд, потребляемой в связи с отпуском теплоты, кг.

КПД ТЭЦ нетто по отпуску теплоты находится по формуле

$$\eta_{\text{тэц}}^{\text{Q нт.}} = \frac{Q^{\text{отп.}}}{[(B_Q \cdot B_{\text{с.н.}}) \cdot Q_H^{\text{P}}]} \quad (13.7)$$

Удельный расход условного топлива (кг/МДж) на КЭС на выработку 1 МДж (10^3 кДж) электроэнергии определяется по формуле

$$b_{\text{кэс}}^{\text{у}} = \frac{B \cdot Q_H^{\text{P}}}{29,3 \cdot Э_{\text{выр.}}} = \frac{0,0342}{\eta_{\text{кэс}}^{\text{бр.}}} \quad (13.8)$$

Удельный расход условного топлива [кг/(кВт·ч)] на КЭС на выработку 1 кВт·ч электроэнергии находится по формуле

$$b_{\text{кэс}}^{\text{у}} = \frac{3600 \cdot B \cdot Q_H^{\text{P}}}{29300 \cdot Э_{\text{выр.}}} = \frac{0,123}{\eta_{\text{кэс}}^{\text{бр.}}} \quad (13.9)$$

Удельный расход условного топлива (кг/МДж) на ТЭЦ на выработку 1 МДж электроэнергии определяется по формуле

$$b_{\text{э тэц}}^{\text{у}} = \frac{B_Э \cdot Q_H^{\text{P}}}{29,3 \cdot Э_{\text{выр.}}} = \frac{0,0342}{\eta_{\text{тэц}}^{\text{бр.}}} \quad (13.10)$$

Удельный расход условного топлива [кг/(кВт·ч)] на ТЭЦ на выработку 1 кВт·ч электроэнергии находится по формуле

$$b_{\text{э тэц}}^{\text{у}} = \frac{3600 \cdot B_Э \cdot Q_H^{\text{P}}}{29300 \cdot Э_{\text{выр.}}} = \frac{0,123}{\eta_{\text{тэц}}^{\text{бр.}}} \quad (13.11)$$

Удельный расход условного топлива (кг/МДж) на ТЭЦ на выработку 1 МДж теплоты определяется по формуле

$$b_{\text{Q тэц}}^{\text{у}} = \frac{B_Q \cdot Q_H^{\text{P}}}{29,3 \cdot Q^{\text{отп.}}} = \frac{0,0342}{\eta_{\text{тэц}}^{\text{Q бр.}}} \quad (13.12)$$

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»	
Кафедра инженерных дисциплин			76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы			85стр. из 107

Удельный расход теплоты [МДж/(кВт·ч)] на выработку электроэнергии на КЭС находится по формуле

$$d_{\text{КЭС}}^{\text{э}} = Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot b_{\text{КЭС}}^{\text{у}}, \quad (13.13)$$

$$\text{или } d_{\text{КЭС}}^{\text{э}} = \frac{1}{\eta_{\text{бр.}}^{\text{р}}}. \quad (13.14)$$

Удельный расход теплоты [МДж/(кВт·ч)] на выработку электроэнергии на ТЭЦ определяется по формуле

$$d_{\text{ТЭЦ}}^{\text{э}} = Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot b_{\text{ТЭЦ}}^{\text{у}}, \quad (13.15)$$

$$\text{или } d_{\text{ТЭЦ}}^{\text{э}} = \frac{1}{\eta_{\text{бр.}}^{\text{э}} \cdot \eta_{\text{ТЭЦ}}^{\text{р}}}.$$

Расход топлива на ТЭЦ (кг)

$$B_{\text{ТЭЦ}} = B_{\text{э}} + B_{\text{Q}}. \quad (13.16)$$

Расход топлива (кг) на выработку отпущенной теплоты находится по формуле

$$B_{\text{Q}} = \frac{Q_{\text{отп.}}}{Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot \eta_{\text{к.в.}}}. \quad (13.17)$$

Расход топлива (кг) на ТЭЦ может быть определен по формуле

$$B_{\text{ТЭЦ}} = \frac{D}{i}, \quad (13.18)$$

где i – испарительность топлива, кг/кг; D – расход пара на ТЭЦ, кг.

Коэффициент использования теплоты топлива на ТЭЦ оценивает эффективность использования топлива

$$\eta_{\text{ТЭЦ}} = \frac{(Q_{\text{отп.}} + \Sigma B_{\text{впр.}})}{(B_{\text{ТЭЦ}} \cdot Q_{\text{н}}^{\text{р}})}. \quad (13.19)$$

Себестоимость 1 кВт·ч электроэнергии [тнг/(кВт·ч)] отпущаемой КЭС, определяется по формуле:

$$S_{\text{КЭС}}^{\text{отп.}} = \frac{\Sigma I}{\Sigma \text{отп.}} = \left[\frac{(I_{\text{отп.}} + I_{\text{ам.}} + I_{\text{з.п.}} + \Sigma I_{\text{пр.}})}{\Sigma \text{отп.}} \right] \cdot 100, \quad (13.20)$$

где ΣI – сумма затрат, тнг/год;

$I_{\text{отп.}}$ – затраты на топливо, тнг/год;

$I_{\text{ам.}}$ – затраты на амортизацию, тнг/год;

$I_{\text{з.п.}}$ – затраты на заработную плату, тнг/год;

$\Sigma I_{\text{пр.}}$ – все остальные статьи затрат, тнг/год.

ONTÜSTİK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»	
Кафедра инженерных дисциплин			76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы			86стр. из 107

Себестоимость 1 кВт·ч электроэнергии тнг/(кВт·ч)] отпускаемой ТЭЦ, находится по формуле:

$$S_{\text{тэц}}^{\text{отп}} = \frac{B_3 \cdot \Sigma I}{B_{\text{тэц}} \cdot \Sigma \text{отп}} = \left[\frac{B_3 \cdot (I_{\text{отп}} + I_{\text{ам}} + I_{\text{з.п}} + \Sigma I_{\text{тр}})}{B_{\text{тэц}} \cdot \Sigma \text{отп}} \right] \cdot 100. \quad (13.21)$$

Задача 13.1. Конденсационная станция израсходовала $B = 720 \cdot 10^6$ кг/год каменного угля с низшей теплотой сгорания $Q_{\text{н}}^{\text{P}} = 20500$ кДж/кг и выработала электроэнергии $\Sigma \text{выр.} = 590 \cdot 10^{10}$ кДж/год, израсходовав при этом на собственные нужды 5 % от выработанной электроэнергии.

Определить КПД брутто и КПД нетто станции.

Задача 13.2. Определить КПД конденсационной электростанции брутто без учета работы питательных насосов, если КПД котельной установки $\eta_{\text{к.у.}} = 0,89$, КПД трубопроводов $\eta_{\text{т.р.}} = 0,97$, относительный внутренний КПД турбины $\eta_{\text{о.в.}} = 0,84$, механический КПД турбины $\eta_{\text{м}} = 0,98$, электрический КПД генератора $\eta_{\text{г}} = 0,98$, начальные параметры пара перед турбинами $p_1 = 9$ МПа $t_1 = 550$ °С и давление пара в конденсаторе $p_{\text{к}} = 4 \cdot 10^3$ Па.

Задача 13.3. Конденсационная электростанция работает при начальных параметрах пара перед турбинами $p_1 = 8,8$ МПа, $t_1 = 535$ °С и давлении пара в конденсаторе $p_{\text{к}} = 4 \cdot 10^3$ Па.

Определить, на сколько повысится КПД, станции брутто без учета работы питательных насосов с увеличением начальных параметров пара до $p_1' = 10$ МПа и $t_1 = 560$ °С, если известны КПД котельной установки $\eta_{\text{к.у.}} = 0,9$, КПД трубопроводов $\eta_{\text{т.р.}} = 0,97$, относительный внутренний КПД турбины $\eta_{\text{о.в.}} = 0,84$, механический КПД турбины $\eta_{\text{м}} = 0,98$ и электрический КПД генератора $\eta_{\text{г}} = 0,98$.

Решение:

Энтальпию пара i_1 при заданных начальных параметрах пара p_1 и t_1 и (рис. 13.2): $i_1 = 3480$ кДж/кг; $i_2 = 2030$ кДж/кг. Энтальпию конденсата при давлении $p_{\text{к}} = 4 \cdot 10^3$ Па определяем по таблицам термодинамических свойств воды и водяного пара: $i_2'' = 121,33$ кДж/кг.

Термический КПД, установки при начальных параметрах пара p_1 и t_1 находим по формуле (13.2):

$$\eta_{\text{т}} = \frac{(i_1 - i_2)}{(i_1 - i_2'')} = \frac{(3480 - 2030)}{(3480 - 121,33)} = 0,432.$$

КПД КЭС брутто при начальных параметрах пара p_1 и t_1 определяем по формуле (13.2):

$$\eta_{\text{кэс}}^{\text{бр.}} = \eta_{\text{к.у.}} \cdot \eta_{\text{т.р.}} \cdot \eta_{\text{т}} \cdot \eta_{\text{о.в.}} \cdot \eta_{\text{м}} \cdot \eta_{\text{г}} = 0,9 \cdot 0,97 \cdot 0,432 \cdot 0,84 \cdot 0,98 \cdot 0,98 = 0,304.$$

ONTÚSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		87стр. из 107

Энтальпию пара i'_1 при начальных параметрах пара p'_1 и t'_1 и энтальпию пара в конце адиабатного расширения находим по IS – диаграмме (рис. 13.2):

$$i'_1 = 3540 \text{ кДж/кг}; i'_2 = 2050 \text{ кДж/кг}.$$

Термический КПД установки при начальных параметрах пара p'_1 и t'_1 находим по формуле

$$\eta'_t = \frac{(i'_1 - i'_2)}{(i'_1 - i_2)} = \frac{(3540 - 2050)}{(3540 - 121,33)} = 0,436.$$

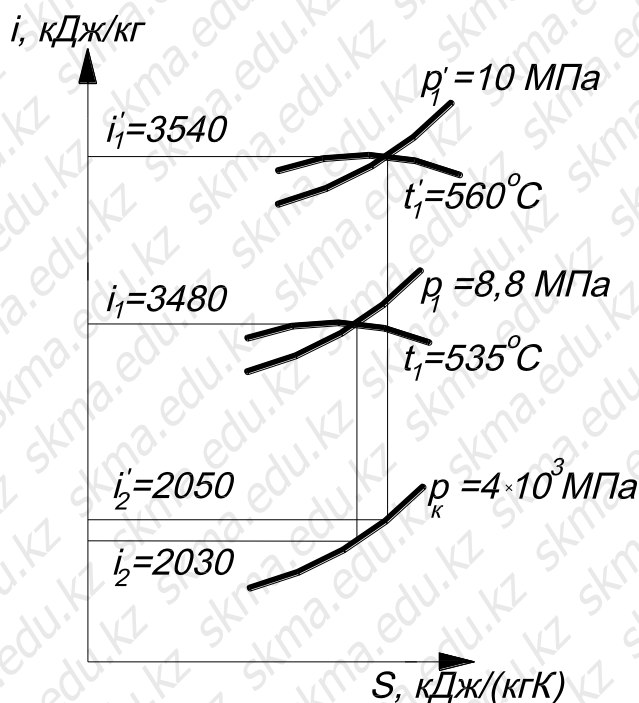


Рисунок 13.2 - IS – диаграмма. Энтальпию пара i'_1 при начальных параметрах пара p'_1 и t'_1 и энтальпию пара в конце адиабатного расширения находим по IS – диаграмме.

КПД КЭС брутто при начальных параметрах пара p'_1 и t'_1 – по формуле (13.2)

$$\eta_{\text{кэс}}^{\text{бр.}'} = \eta_{\text{к.у.}} \cdot \eta_{\text{тр.}} \cdot \eta'_t \cdot \eta_{\text{oi}} \cdot \eta_{\text{м}} \cdot \eta_{\text{г}} = 0,9 \cdot 0,97 \cdot 0,436 \cdot 0,84 \cdot 0,98 \cdot 0,98 = 0,307.$$

Следовательно, КПД КЭС брутто повысится на:

$$\Delta \eta_{\text{кэс}}^{\text{бр.}} = \eta_{\text{кэс}}^{\text{бр.}'} - \eta_{\text{кэс}}^{\text{бр.}} = 0,307 - 0,304 = 0,003, \text{ или на } 1\%$$

Задача 13.4. Теплоэлектроцентр израсходовала $W_{\text{тэц}} = 94 \cdot 10^6$ кг/год каменного угля с низшей теплотой сгорания $Q_{\text{н}}^{\text{п}} = 24700$ кДж/кг, выработав при этом

ONTÚSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		88стр. из 107

электроэнергии $\mathcal{E}^{\text{выр.}} = 61 \cdot 10^{10}$ кДж/год и отпустив теплоту внешним потребителям $Q^{\text{отп.}} = 4,4 \cdot 10^{11}$ кДж/год. Определить КПД ТЭЦ брутто по выработке электроэнергии и теплоты, если расход топлива на выработку отпущенной теплоты составляет $B_Q = 23 \cdot 10^6$ кг/год.

Задача 13.5. Теплоэлектроцентр израсходовала $B_{\text{тэц}} = 72 \cdot 10^6$ кг/год каменного угля с низшей теплотой сгорания $Q_{\text{н}}^{\text{P}} = 25500$ кДж/кг, выработав при этом электроэнергии $\mathcal{E}^{\text{выр.}} = 48 \cdot 10^{10}$ кДж/год и отпустив теплоту внешним потребителям $Q^{\text{отп.}} = 3,1 \cdot 10^{11}$ кДж/год. Определить КПД ТЭЦ брутто по выработке электроэнергии и теплоты, если КПД котельной установки $\eta_{\text{к.у.}} = 0,88$.

Задача 13.6. Теплоэлектроцентр израсходовала $B_{\text{тэц}} = 82 \cdot 10^6$ кг/год бурого угля с низшей теплотой сгорания $Q_{\text{н}}^{\text{P}} = 15800$ кДж/кг, выработав при этом электроэнергии $\mathcal{E}^{\text{выр.}} = 38 \cdot 10^{10}$ кДж/год и отпустив теплоты внешним потребителям $Q^{\text{отп.}} = 3,2 \cdot 10^{11}$ кДж/год. Определить КПД ТЭЦ нетто по отпуску электроэнергии и теплоты, если расход электроэнергии на собственные нужды 8 % от выработанной энергии, расход топлива на выработку отпущенной теплоты $B_Q = 20 \cdot 10^6$ кг/год и расход топлива на выработку электроэнергии для собственных нужд $B_{\text{с.н.}} = 4,6 \cdot 10^6$ кг/год.

Задача 13.7. Теплоэлектроцентр израсходовала $B_{\text{тэц}} = 96 \cdot 10^6$ кг/год бурого угля с низшей теплотой сгорания $Q_{\text{н}}^{\text{P}} = 15200$ кДж/кг, выработав при этом электроэнергии $\mathcal{E}^{\text{выр.}} = 39 \cdot 10^{10}$ кДж/год и отпустив теплоты внешним потребителям $Q^{\text{отп.}} = 3,6 \cdot 10^{11}$ кДж/год. Определить КПД ТЭЦ нетто по отпуску электроэнергии и теплоты, если расход электроэнергии на собственные нужды $\mathcal{E}^{\text{с.н.}} = 3,5 \cdot 10^{10}$ кДж/год, КПД котельной установки $\eta_{\text{к.у.}} = 0,9$ и расход топлива на выработку электроэнергии для собственных нужд $B_{\text{с.н.}} = 5 \cdot 10^6$ кг/год.

Задача 13.8. Теплоэлектроцентр израсходовала $B_{\text{тэц}} = 92 \cdot 10^6$ кг/год каменного угля с низшей теплотой сгорания $Q_{\text{н}}^{\text{P}} = 27500$ кДж/кг, выработав при этом электроэнергии $\mathcal{E}^{\text{выр.}} = 64 \cdot 10^{10}$ кДж/год и отпустив теплоты внешним потребителям $Q^{\text{отп.}} = 4,55 \cdot 10^{11}$ кДж/год.

Определить КПД ТЭЦ брутто и нетто по выработке электроэнергии и теплоты, если расход электроэнергии на собственные нужды 6 % от выработанной энергии, КПД котельной установки $\eta_{\text{к.у.}} = 0,87$ и расход топлива на выработку электроэнергии для собственных нужд $B_{\text{с.н.}} = 4,5 \cdot 10^6$ кг/год.

Решение:

Расход топлива на выработку отпущенной теплоты определяем по формуле (13.17)

$$B_Q = \frac{Q^{\text{отп.}}}{(Q_{\text{н}}^{\text{P}} \cdot \eta_{\text{к.у.}})} = \frac{4,55 \cdot 10^{11}}{(27500 \cdot 0,87)} = 19 \cdot 10^6 \text{ кг/год.}$$

Расход топлива на выработку электроэнергии находим из формулы (13.16):

$$B_{\Sigma} = B_{\text{тэц}} - B_Q = 92 \cdot 10^6 - 19 \cdot 10^6 = 73 \cdot 10^6 \text{ кг/год.}$$

ONTÚSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		89стр. из 107

КПД ТЭЦ брутто по выработке электроэнергии определяем по формуле (13.4):

$$\eta_{\text{ТЭЦ}}^{\text{бр.}} = \frac{\mathcal{E}^{\text{выр.}}}{(B_{\Sigma} \cdot Q_{\text{H}}^{\text{P}})} = \frac{64 \cdot 10^{10}}{73 \cdot 10^6 \cdot 27500} = 0,32.$$

КПД ТЭЦ брутто по выработке теплоты – по формуле (13.5):

$$\eta_{\text{ТЭЦ}}^{\text{Q бр.}} = \frac{Q^{\text{отп.}}}{(B_{\text{Q}} \cdot Q_{\text{H}}^{\text{P}})} = \frac{4,55 \cdot 10^{11}}{19 \cdot 10^6 \cdot 27500} = 0,87.$$

Количество отпущенной электроэнергии :

$$\mathcal{E}^{\text{отп.}} = \mathcal{E}^{\text{выр.}} - \mathcal{E}^{\text{с.н.}} = 64 \cdot 10^{10} - 64 \cdot 10^{10} \cdot 0,06 = 60,16 \cdot 10^{10} \text{ кДж/год.}$$

КПД ТЭЦ нетто по отпуску электроэнергии определяем по формуле (13.6):

$$\eta_{\text{ТЭЦ}}^{\text{Э нт.}} = \frac{\mathcal{E}^{\text{отп.}}}{[(B_{\Sigma} - B_{\text{с.н.}}) \cdot Q_{\text{H}}^{\text{P}}]} = \frac{60,16 \cdot 10^{10}}{[(73 \cdot 10^6 - 4,5 \cdot 10^6) \cdot 27500]} = 0,319.$$

КПД ТЭЦ нетто по отпуску теплоты – по формуле (13.7):

$$\eta_{\text{ТЭЦ}}^{\text{Q нт.}} = \frac{Q^{\text{отп.}}}{[(B_{\text{Q}} - B_{\text{с.н.}}) \cdot Q_{\text{H}}^{\text{P}}]} = \frac{4,55 \cdot 10^{11}}{[(19 \cdot 10^6 + 4,5 \cdot 10^6) \cdot 27500]} = 0,704.$$

Задача 13.9. Определить КПД ТЭЦ брутто по выработке электроэнергии и теплоты, если удельный расход условного топлива на выработку 1 МДж электроэнергии $b_{\text{Э ТЭЦ}}^{\text{y}} = 0,108$ кг/МДж и удельный расход условного топлива на выработку 1 МДж теплоты $b_{\text{Q ТЭЦ}}^{\text{y}} = 0,042$ кг/МДж.

Задача 13.10. Конденсационная станция израсходовала $B = 660 \cdot 10^6$ кг/год каменного угля с низшей теплотой сгорания $Q_{\text{H}}^{\text{P}} = 24700$ кДж/кг и выработала электроэнергии $\mathcal{E}^{\text{выр.}} = 545 \cdot 10^{10}$ кДж/год.

Определить удельный расход условного топлива на выработку 1 МДж электроэнергии.

Задача 13.11. Теплоэлектроцентр израсходовала $B_{\text{ТЭЦ}} = 78 \cdot 10^6$ кг/год топлива, выработав при этом электрической энергии $\mathcal{E}^{\text{выр.}} = 54 \cdot 10^{10}$ кДж/год и отпустив теплоты внешним потребителям $Q^{\text{отп.}} = 3,36 \cdot 10^{11}$ кДж/год.

Определить удельные расходы условного топлива на выработку 1 МДж электроэнергии и 1 МДж теплоты, если тепловой эквивалент сжигаемого на ТЭЦ топлива $\mathcal{E} = 0,9$ и КПД котельной установки $\eta_{\text{к.у.}} = 0,89$.

Задача 13.12. Определить удельный расход условного топлива на выработку 1 кВт·ч электроэнергии для КЭС с тремя турбогенераторами мощностью $N = 50 \cdot 10^3$ кВт каждый и с числом часов использования установленной мощности $T_{\text{у}} = 5000$ ч, если

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»	
Кафедра инженерных дисциплин			76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы			90стр. из 107

станция израсходовала $B = 305 \cdot 10^6$ кг/год каменного угля с низшей теплотой сгорания $Q_H^p = 28\,300$ кДж/кг.

Задача 13.13. Определить удельный расход условного топлива на выработку 1 кВт·ч электроэнергии для КЭС с двумя турбогенераторами мощностью $N = 75 \cdot 10^3$ кВт каждый и с коэффициентом использования установленной мощности $k_n = 0,65$, если станция израсходовала $B = 576 \cdot 10^6$ кг/год бурого угля с низшей теплотой сгорания $Q_H^p = 15200$ кДж/кг.

Задача 13.14. Конденсационная электростанция работает при начальных параметрах пара перед турбинами $p_1 = 16$ МПа, $t_1 = 610$ °С и давлением в конденсаторе $p_k = 4 \cdot 10^3$ Па.

Определить удельный расход условного топлива на выработку 1 МДж электроэнергии, если КПД котельной установки $\eta_{к.у.} = 0,89$, КПД трубопроводов $\eta_{тр.} = 0,965$, относительный внутренний КПД турбины $\eta_{oi} = 0,835$, механический КПД турбины $\eta_m = 0,98$ и электрический КПД генератора $\eta_r = 0,98$.

Задача 13.15. Теплоэлектроцентр израсходовала $B_{ТЭЦ} = 86 \cdot 10^6$ кг/год каменного угля с низшей теплотой сгорания $Q_H^p = 28300$ кДж/кг, выработав при этом электрической энергии $\mathcal{E}^{выр.} = 184 \cdot 10^6$ кВт·ч/год. Определить удельные расходы условного топлива на выработку 1 кВт·ч электроэнергии и 1 МДж теплоты, если расход топлива на выработку отпущенной теплоты $B_Q = 21,5 \cdot 10^6$ кг/год и к. п. д. ТЭЦ брутто по выработке теплоты $\eta_{ТЭЦ}^{Q_{бр.}} = 0,81$.

Задача 13.16. Теплоэлектроцентр выработала электроэнергии и $\mathcal{E}^{выр.} = 56 \cdot 10^{10}$ кДж/год и отпустила теплоты внешним потребителям

$Q_{отп.} = 5,48 \cdot 10^{11}$ кДж/год. Определить удельные расходы условного топлива на выработку 1 МДж электроэнергии и 1 МДж теплоты, если расход пара из котлов $D = 77,4 \cdot 10^7$ кг/год, испарительность топлива $I = 8,6$ кг/кг, КПД котельной установки $\eta_{к.у.} = 0,885$ и тепловой эквивалент сжигаемого топлива $\mathcal{E} = 0,88$.

Решение:

Низшая теплота сгорания топлива

$$Q_H^p = \mathcal{E} \cdot 29300 = 0,88 \cdot 29300 = 25784 \text{ кДж/кг.}$$

Расход топлива на ТЭЦ определяем по формуле (13.18):

$$B_{ТЭЦ} = \frac{D}{I} = \frac{77,4 \cdot 10^7}{8,6} = 90 \cdot 10^6 \text{ кг/год.}$$

Расход топлива на выработку отпущенной теплоты – по формуле (13.17):

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		91стр. из 107

$$B_Q = \frac{Q_{отп}^p}{Q_H^p \cdot \eta_{к.у.}} = \frac{5,48 \cdot 10^{11}}{25784 \cdot 0,885} = 24 \cdot 10^6 \text{ кг/год.}$$

Расход топлива на выработку электроэнергии – из формулы (13.16):

$$B_3 = B_{ТЭЦ} - B_Q = 90 \cdot 10^6 - 24 \cdot 10^6 = 66 \cdot 10^6 \text{ кг/год.}$$

Удельный расход условного топлива на выработку 1 МДж электроэнергии – по формуле (13.10):

$$b_{Э_{тэц}}^y = \frac{B_3 \cdot Q_H^p}{29,3 \cdot \mathcal{E}^{выр.}} = \frac{66 \cdot 10^6 \cdot 25784}{29,3 \cdot 56 \cdot 10^{10}} = 0,104 \text{ кг/МДж.}$$

Удельный расход условного топлива на выработку 1 МДж теплоты – по формуле (13.12):

$$b_{Q_{тэц}}^y = \frac{B_Q \cdot Q_H^p}{29,3 \cdot Q_{отп}^p} = \frac{24 \cdot 10^6 \cdot 25784}{29,3 \cdot 5,48 \cdot 10^{11}} = 0,038 \text{ кг/МДж.}$$

Задача 13.17. Теплоэлектроцентр израсходовала $B_{ТЭЦ} = 88 \cdot 10^6$ кг/год каменного угля с низшей теплотой сгорания $Q_H^p = 25700$ кДж/кг, выработав при этом электроэнергии $\mathcal{E}^{выр.} = 152 \cdot 10^6$ кВт·ч/год, отпустив теплоты внешним потребителям $Q_{отп} = 5,14 \cdot 10^{11}$ кДж/год.

Определить удельный расход теплоты на выработку 1 кВт·ч энергии (для условного топлива), если КПД котельной установки $\eta_{к.у.} = 0,87$.

Задача 13.18. Теплоэлектроцентр выработала электроэнергии $\mathcal{E}^{выр.} = 32 \cdot 10^{10}$ кДж/год и отпустила теплоты внешним потребителям $Q_{отп} = 2,8 \cdot 10^{11}$ кДж/год. Определить годовой расход топлива, если удельный расход условного топлива на выработку 1 МДж электроэнергии $b_{Э_{тэц}}^y = 0,104$ кг/МДж, КПД ТЭЦ брутто по выработке теплоты $\eta_{тэц}^{Q_{бр.}} = 0,85$ и тепловой эквивалент сжигаемого на ТЭЦ топлива $\mathcal{E} = 0,86$.

Задача 13.19. Теплоэлектроцентр выработала электроэнергии $\mathcal{E}^{выр.} = 48 \cdot 10^{10}$ кДж/год и отпустила теплоты внешним потребителям $Q_{отп} = 42 \cdot 10^{10}$ кДж/год.

Определить коэффициент использования теплоты топлива на ТЭЦ, если низшая теплота сжигаемого топлива $Q_H^p = 15800$ кДж/кг, расход пара из котлов $D = 61,5 \cdot 10^7$ кг/год и испарительность топлива $I = 8,2$ кг/кг.

Задача 13.21. Теплоэлектроцентр выработала электроэнергии $\mathcal{E}^{выр.} = 48 \cdot 10^{10}$ кДж/год и отпустила теплоты внешним потребителям $Q_{отп} = 36 \cdot 10^{10}$ кДж/год.

Определить коэффициент использования теплоты топлива на ТЭЦ и расход топлива на выработку электроэнергии, если низшая теплота сжигаемого топлива $Q_H^p =$

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		92стр. из 107

15200 кДж/кг, расход пара из котлов $D = 66,3 \cdot 10^7$ кг/год, испарительность топлива $И = 8,5$ кг/кг и КПД котельной установки $\eta_{к.у.} = 0,9$.

Решить задачи по вариантам

№ варианта	№ задачи	№ задачи
1	1	18
2	2	19
3	4	20
4	5	17
5	6	15
6	7	14
7	9	13
8	10	12
9	11	1
10	12	2
11	13	4
12	14	5
13	15	6
14	17	7

5. Основные формы / методы / технологии обучения для достижения конечных РО дисциплины: Решение ситуационных задач. Работа в малых группах.

6. Формы контроля для оценивания уровня достижения конечных РО дисциплины (тестирование, решение ситуационных задач и т.д.) : Устный опрос, подготовка и решение ситуационных задач.

Литература

Основная:

- Бердалиева А.А., Даулетбаева Д.А. Энергоресурсы, источники и методы получения.-Учебное пособие.-Шымкент 2022. -244 с.
- Риполь- Сарагоси Т.Л. Кууск А.Б., Возобновляемые и нетрадиционные источники энергии. Учебно-методическое пособие. Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т. путей сообщения, 2019. – 122 с.
- Быстрицкий Г.Ф. Б95 Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии) : учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. — 2-е изд., стер. — М. : КНОРУС, 2016. — 408 с. — (Бакалавриат).
- Бекман Г, Гилли П. Тепловое аккумулирование энергии: Пер. с англ. – М.:Мир, 2017 г.
- Вафин, Д. Б. В23 Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие / Д.Б. Вафин.- Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013. - 176 с.

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	
 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»	
Кафедра инженерных дисциплин	76/11 93стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы	

6. Энергетика XXI века: Условия развития, технологии, прогнозы / Л.С. Беляев, А.В. Лагереv, В.В. Посекалин и др.; Отв. ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2014. – 386 с.

7. J.P. Deane et al. / Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 1293–1302

8. Паровые и газовые турбины для электростанций [Электронный ресурс]: учебник для вузов / А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний ; под ред. А.Г. Костюка. — М.: Издательский дом МЭИ, 2016. — Загл. с тит. экрана

Дополнительная:

9. Учебно-методический комплекс по «Энергоресурсам, их источникам и получению» для Обучающийсяv химического факультета по специальности «ХТОВ». / Сост. М.Л. Ли - Караганда: Изд-во КарГУ, 2008 г.

<http://www.studmedlib.ru>,

ЛОГИН ibragim123, ПАРОЛЬ Libukma123

<http://lib.ukma.kz> /ru/ Базы данных

Республиканская межвузовская электронная библиотека, Aknurpress www.aknurpress.kz.

Контроль (вопросы, тесты, задачи и пр.)

Контрольные вопросы:

1. Описать требования к установкам производящим электроэнергию и теплоту.
2. Перечислить - как характеризуется тепловая экономичность ТЭЦ.
3. Объяснить формулу расходов пара на турбину.
4. Чему равен КПД ТЭЦ по производству теплоты
5. Как характеризуется общая экономичность ТЭС
6. Описать мощности тепловых потоков парового турбогенератора
7. Объяснить - чему равен КПД электрического генератора?
8. Объяснить методы повышения тепловой экономичности паротурбинных установок.
9. Объяснить - от чего зависит уровень экономичности КЭС?
10. Объяснить понятие «суточные графики нагрузки потребителей» электрических нагрузок.
11. Объяснить - как определяются суточные графики узловых и районных подстанций.
12. Объяснить понятие «Суточные графики нагрузки электростанций».
13. Как составляется годовой график продолжительности нагрузок электрической энергосистемы?
14. Объяснить применяемые графики электрических нагрузок в электрических системах
15. Планирование графиков электрической и тепловой нагрузки, производственной мощности энергообъединения.
16. Изобразить и охарактеризовать основные типы суточных графиков потребления электрической энергии.
17. Изобразить и охарактеризовать основные типы графиков теплового потребления. В чем смысл выработки электрической энергии на тепловом потреблении и почему мы не можем вырабатывать таким способом всю электроэнергию?
18. Описать структуру тепловой электрической станции, ее основные и вспомогательные цеха.

ONTÚSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		94стр. из 107

19. Объяснить структуру тепловой схемы тепловой электростанции и атомной электростанции.
20. Классификация тепловых электростанций.
21. Принцип работы и основные энергетические характеристики тепловых электростанций. Суточные графики электрической нагрузки
22. Виды потребления энергии и графики нагрузок ТЭС.
23. Графики электрических и тепловых нагрузок энергосистем. Подробно описать суточный график электрической нагрузки энергосистемы
24. Описать и объяснить график суточной тепловой нагрузки предприятия
25. Описать и объяснить суточный график нагрузки горячего водоснабжения.
26. Балансы мощности и энергии энергосистем. Баланс активной мощности. Баланс реактивной мощности. Привести формулы.

Ответить на вопросы по вариантам.

№ варианта	№ вопроса	
1	1	26
2	2	25
3	3	24
4	4	23
5	5	22
6	6	21
7	7	20
8	8	19
9	9	18
10	10	17
11	11	16
12	12	15
13	13	14
14	1	15

Практическое занятие 14

Тема 14: Энергосбережение в системах потребления энергоресурсов

Цель: Закрепить теоретические основы, практические навыки и умения по теме занятия.

Задачи обучения:

Обучающийся должен знать:

- основные законодательно-нормативные документы РК, Туркестанской области по энергосбережению;
- об энергетическом балансе промышленного предприятия, основах тарифной политики при использовании тепловой и электрической энергии, о нормировании энергопотребления;
- о способах уменьшения расхода топлива за счет учета графиков электрических и
- правила рационального использования электрической и тепловой энергии..

Обучающийся должен уметь:

ONTÚSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		95стр. из 107

- описывать и объяснять различные процессы, лежащие в основе энергосберегающих технологий, приводить примеры энергосберегающих технологий в различных отраслях производства, народного хозяйства;

- описывать устройство и принцип действия бытовых приборов контроля и учета, искусственных источников света, электронагревательных приборов, автономных энергоустановок;

- использовать простейшие методы снижения тепловых потерь в зданиях и сооружениях.

Методы обучения и преподавания:

Обучающийся должны определить затраты энергии на различные варианты транспортировки энергии и их сравнительный анализ. Определение тепловых потерь в зданиях и сооружениях.

Энергосбережение в системах потребления энергоресурсов. Электроснабжение проекта.

Выбор мощности трансформатора на примере расчета энергонагрузок на примерах:

1. Проекта цеха производства таблеток «Аминалон» по 250 мг с суспензионным покрытием с производительностью 400 000 упаковок в месяц
2. Проекта цеха для получения препарата с суспензионным покрытием.

Расчет производится в следующем порядке:

- 1) определяются расчетные электрические нагрузки проекта;
- 2) выбирается силовой трансформатор, а при необходимости и несколько таких устройств, входящих в состав трансформаторной подстанции проекта.

Определение расчётных электрических нагрузок

Расчетные нагрузки на шинах низкого напряжения трансформаторных подстанций площадки проекта (ПП) можно определить с помощью метода упорядоченных диаграмм, по удельному потреблению энергии на единицу выпускаемой продукции и другими способами.

Одним из наиболее простых и широко применяемых методов расчета является метод **установленной мощности и коэффициента спроса**.

Согласно этому методу все потребители электроэнергии ПП разбивают на группы однородных по режиму работы электроприемников.

Для каждой группы находят суммарную установленную мощность P_y , которая складывается из:

- а) номинальных мощностей электроприемников P_n (указаны в их паспортах), если оборудование работает в длительном режиме:

$$P_y = \sum P_n. \quad (14.1)$$

При этом считается, что продолжительность включения ПВ равна 1 (ПВ = 1). Под ПВ понимают отношение времени работы электроприемника (t_p) ко времени полного цикла (t_n):

$$ПВ = \frac{t_p}{t_n} \quad (14.2)$$

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11 96стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы		

б) номинальных мощностей электроустановок, работающих в повторно-кратковременном режиме ($P_B < 0,9$), приведенных к мощности в длительном режиме работы, т. е. к $P_B = 1$:

$$P_y = \sum P_n \sqrt{P_{Bn}}, \quad (14.3)$$

где P_{Bn} - продолжительность включения, указанная в паспорте электроприемника (стандартные значения $P_{Bn} = 0,15; 0,25; 0,4; 0,6$).

Отметим, что для трансформаторов установленная мощность определяется так:

$$P_y = \sum S_n \cdot \cos \varphi \sqrt{P_{Bn}}, \quad (14.4)$$

где S_n - номинальная полная мощность; $\cos \varphi$ - номинальный коэффициент мощности.

Далее для каждой группы вычисляется расчетная активная мощность:

$$P_p = K_c \cdot P_y,$$

где K_c - коэффициент спроса, определяемый отношением расчетной или потребляемой мощности к номинальной (установленной) мощности.

Значения K_c для различных механизмов ПП, полученные в результате многолетних обследований, приведены в табл. 1.1.

Этот коэффициент является статистической характеристикой объектов и учитывает вероятность одновременности включения потребителей и степени загруженности (приведён в справочной литературе).

Расчетная активная мощность силового оборудования P определяется как сумма расчетных активных мощностей отдельных групп электроприемников:

$$P = \sum_1^m P_p \quad (14.5)$$

где m - число групп приемников электроэнергии. Расчетная мощность электрического освещения:

$$P_{po} = K_c \cdot P_y = K_c \sum P_n \quad (14.6)$$

где P_n - мощность одной лампы. Расчетную реактивную мощность каждой группы электроприемников можно получить из соотношения:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (14.7)$$

где $\operatorname{tg} \varphi$ - тангенс угла, соответствующий средневзвешенному коэффициенту мощности $\cos \varphi$ данной группы приемников (табл. 1.1), определяемому по справочнику.

Расчетная реактивная мощность всей СП:

$$Q = \sum_1^m Q_p, \quad (14.8)$$

ONTÚSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		97стр. из 107

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (14.9)$$

Полная мощность электроприемников ПП определяется чаще всего по выражению:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (14.10)$$

Расчетные мощности на шинах низкого напряжения ТП (трансформаторной подстанции), питающей потребителей ПП, уточняются с учетом несовпадения во времени максимумов нагрузок отдельных групп потребителей. Это несовпадение оценивается коэффициентом участия в максимуме нагрузки K_M , принимаемом равным 0,8...0,9.

Таким образом, расчетные формулы приобретают вид:

$$P' = K_M \cdot P \quad (14.11)$$

$$Q' = K_M \cdot Q, \quad (14.12)$$

$$S' = K_M \cdot \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{(P')^2 + (Q')^2}. \quad (14.13)$$

Средневзвешенный коэффициент мощности всей ПП

$$\cos \varphi'_{cp} = \frac{P'}{S'}$$

1. Электротехнический расчет выполняется в проекте в соответствии с предъявляемыми к ней требованиями. Проекты выполняются как для зданий и сооружений с нормальной средой, так и для потенциально-опасных производств (взрывоопасных, пожароопасных). В проекте применяется современное электротехническое оборудование и средства вычислительной техники.

В состав расчета в задании входят:

- внутреннее и внешнее электроснабжение промышленных и общественных объектов;
- наружные и внутренние сети электроосвещения зданий и сооружений;

Общая характеристика производственного объекта.

Внутри проектируемого цеха имеется электрооборудование и наличие электронных весов, просеивателей, сушилок, мешалок, грануляторов, таблетировочных машин, обеспыливающих аппаратов, реакторов, устройств для покрытия оболочками и так далее.

К первой категории безопасности относятся электроснабжение, включая освещение и сигнализацию.

Основные технологические устройства, а точнее электроинструменты - второй категории, а остальные электроинструменты-третьей категории.

Здания в соответствии с условиями окружающей среды являются нормальными зданиями.

Для обеспечения подачи электроэнергии от энергосистем к объектам, установкам, устройствам и механизмам служат системы электроснабжения состоящие из сетей

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		98стр. из 107

напряжением до 1000 В и выше и трансформаторных, преобразовательных и распределительных подстанций.

Согласно ПУЭ и ПТЭ (Правила устройства электроустановок и Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей) РК для электроустановок с $U \leq 1000$ В приняты следующие стандартные напряжения переменного тока: **110 В, 220 В, 380 В, 660 В.** [4].

Электропотребители питаются напряжением 380В, 220 В.

Мощность освещения проекта характеризуется данными табл. 14.1.

Силовая нагрузка проектируемого цеха в табл. 14.2.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (14.10)$$

По данным (14.10), выбираем трансформатор по каталогу.

Таблица 14.3 **Характеристика цехового трансформатора**

Тип трансформатора	Назначение	Схема и группа соединения	Линейное напряжение обмотки ВН, кВ	Линейное напряжение обмотки НН, В	Масса, т
1	2	3	4	5	6

Вывод:

Результаты расчета заносятся в таблицу 14.1.

Силовая нагрузка электрооборудования из проекта характеризуется следующими данными, приведенными в таблице 14.2.

Характеристики выбранного трансформатора в табл. 14.3

Вариант 1.

I. Проект производства таблеток «Аминалон» по 250 мг с суспензионным покрытием с производительностью 400 000 упаковок в месяц.

1. Произвести расчет электрической нагрузки проекта.
2. Выбрать трансформатор для обеспечения электроэнергией потребителей.

Таблица 14.1. Результаты расчета технического освещения

[illegible]

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		100стр. из 107

Результаты расчета электрической нагрузки

Таблица 14.2 Результаты расчета силовых нагрузок

Наименование оборудования	Мощность U, В	Номинальная мощность P _н , кВт	Количество устройств, шт.	Установленная мощность P _{уст} , кВт графа 3х4	Коэффициент спроса, K _с	Tg φ	Нагрузка		Полная расчетная нагрузка цеха $S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$ Графы √(8+9)
							P _p , кВт Графа 5х6 кВт	Q _p , кВАР графа 9х8	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. КП-1 Весы электронные	220	0,4	1	0,4	0,85	0,8			
2. Ф-1 Осциллятор	220	0,5	1	0,5	0,85	0,8			
3. См-2 Опалубка- смеситель	220	0,25	2	0,25	0,85	0,8			
4. ТП Таблетировочная машина	220	0,11	1	0,11	0,85	0,8			
5. Обеспыливатель	380	2,2	1	2,2	0,85	0,8			
6. ГФ-1 Блистеризационная установка	220	0,25	1	0,25	0,85	0,8			
7. ГФ-2 Упаковочный стол	220	0,75	1	0,75	0,85	0,8			
Всего									

Вариант 2.

2. Проект цеха изготовления мази «Пиносол»

Процесс изготовления мази «Пиносол» складывается из операций, в которых используется разнообразное технологическое оборудование. Производству характерно многообразие процессов, использующих электроэнергию: приводные асинхронные двигатели реакторов, мешалок, мельниц, транспортеров и т.д. Для обеспечения подачи электроэнергии от энергосистем к объектам, установкам, устройствам и механизмам служат системы электроснабжения состоящие из сетей напряжением до 1000 В и выше и трансформаторных, преобразовательных и распределительных подстанций [28].

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		101стр. из 107

Согласно ПУЭ и ПТЭ в РК для электроустановок с $U \leq 1000$ В приняты следующие стандартные напряжения переменного тока: 110 В, 220 В, 380 В, 660 В. Наибольшее распространение на предприятиях получила система трехфазного тока напряжением 380/220 В частотой 50 Гц с глухозаземленной нейтралью [27].

Выбор типа, числа и схем питания трансформаторов подстанции обусловлен величиной и характером электрических нагрузок, размещением нагрузок на генеральном плане предприятия, а также производственными, архитектурно-строительными и эксплуатационными требованиями, учитывая конфигурацию производственного помещения, расположение технологического оборудования, условия окружающей среды, условия охлаждения, требования пожарной.

Таблица 14.1.1 Результаты расчета светотехнического освещения

Наименование производственного или вспомогательного помещения	Площадь помещения, S, m^2	Количество ламп в помещении, шт.	Потребляемая мощность лампы $P_{л}, кВт.$	Установленная мощность $P_{установл}, кВт$	Коэффициент спроса K_c	$tg\varphi$	Расчетная нагрузка, кВт		Полная проектная нагрузка техн.освещ. цеха $S_{p.o.} = \sqrt{P_{осв}^2 + Q_{п.осв}^2}$
							$P_{осв}, кВт$	$Q_{п.осв} = P_{осв} \cdot tg\varphi$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Склад исходного	18,0	3	0,07		0,85	0,8			
Главное технологическое помещение	27,0	9	0,100		0,85	0,8			
УМО	20,0	3	0,100		0,85	0,8			
Карантинная комната	18,0	3	0,07		0,85	0,8			
Лабораторная комната	18,0	3	0,110		0,85	0,8			
Комната технолога	18,0	3	0,100		0,85	0,8			
Комната для дистиллированной воды	16,0	3	0,080		0,85	0,8			
Тамбур-шлюз	10,5	3	0,006		0,85	0,8			
Мужские и женские душевые	18,0	3	0,006		0,85	0,8			
Мужской и женский гардеров	18,0	3	0,006		0,85	0,8			
Главная дверь	9,0	3	0,07		0,85	0,8			
Коридор	52,5	21	0,07		0,85	0,8			
Тамбур	9,0	3	0,07		0,85	0,8			
Все	252	93			0,85	0,8			

ONTÚSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		102стр. из 107

Таблица 14.2.2 Результаты расчета силовой нагрузки

Наименование оборудования	Напряжение U, В	Номинальная мощность, P _н , кВт	Количество оборудования, шт	Установленная мощность Ру _{ет} , кВт графа 3х4	Коэффициент спроса, K _с	Tg φ	Нагрузка		Полная расчетная нагрузка цеха $S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$ Графы 9+10
							P _p , кВт Графа 5х6 кВт	Q _p , кВАР графа 9х8	
1	2	3	4	5	6	8	9	10	11
Напольные весы (CAS)	220	0,5	2		0,5	0,8			
Электронные весы (4D-PM-12\10)	220	0,7	1		0,85	0,8			
Друк-фильтр (Фильтры стальные ТД Красный октябрь)	380	2	1		0,85	0,8			
Турбинная мешалка (DV Expert)	380	3,0	1		0,75	0,8			
Насос (АНС-60)	220	1	2		0,6	0,8			
Камера для расплавление смеси	380	2,0	1		0,5	0,8			
Смеситель	220	0,6	1		0,6	0,8			
Фасовка	220	1	1		0,65	0,8			
Сито	220	2,0	1		0,85	0,8			
Все									

Таблица 14.3.3. Характеристика цехового трансформатора

Тип трансформатора	Назначение	Схема и группа соединения	Линейное напряжение обмотки ВН, кВ	Линейное напряжение обмотки НН, В	Масса, т
1	2	3	4	5	6

Вывод:

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		103стр. из 107

Результаты расчета заносятся в таблицу 14.1, 14.1.1

Силовая нагрузка электрооборудования из проекта характеризуется следующими данными, приведенными в таблице 14.2, 14.2.2

Характеристики выбранного трансформатора в табл. 14.3.3.

6.Контрольные вопросы

1. Закон Республики Казахстан Об энергосбережении и повышении энергоэффективности
2. Энергосбережение в строительстве. Тепловые потери зданий и их минимизация.
3. Энергосбережение в строительстве на основе использования возобновляемых источников энергии. Использование энергии Солнца. Солнечные панели и коллекторы.
4. Энергосбережение в строительстве на основе использования возобновляемых источников энергии. Геотермальная энергия. Тепловые насосы.
5. Классификация энергоэффективных домов. Стандартизация энергоэффективности домов.
6. Пассивные дома. Энергосберегающие технологии. Система приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла.
7. Энергосберегающие технологии. Теплоизоляция – внутренняя и внешняя.
8. Остекление пассивного дома. Энергосберегающие стёкла.
9. Использование солнечной энергии в энергосберегающих технологиях пассивного дома.
10. Энергосберегающая кровля. «Зелёная крыша» – экстенсивная и интенсивная.
11. Тепловые потери при теплоснабжении производственных зданий. Системы газового лучистого отопления.
12. Окна и остекление зданий. Стеклопакеты. Теплосберегающая низкоэмиссионная плёнка.
13. Отопление. Водяной тёплый пол.

5.Основные формы / методы / технологии обучения для достижения конечных РО дисциплины: Решение ситуационных задач. Работа в малых группах.

6. Формы контроля для оценивания уровня достижения конечных РО дисциплины (тестирование, решение ситуационных задач и т.д.) : Устный опрос, подготовка и решение ситуационных задач.

Литература

Основная:

1. Бердалиева А.А., Даулетбаева Д.А. Энергоресурсы, источники и методы получения.-Учебное пособие.-Шымкент 2022. -244 с.
2. Риполь- Сарагоси Т.Л. Кууск А.Б., Возобновляемые и нетрадиционные источники энергии. Учебно-методическое пособие. Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т. путей сообщения, 2019. – 122 с.
3. Быстрицкий Г.Ф. Б95 Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии) : учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. — 2-е изд., стер. — М. : КНОРУС, 2016. — 408 с. — (Бакалавриат).
4. Бекман Г, Гилли П. Тепловое аккумулирование энергии: Пер. с англ. – М.:Мир, 2017 г.

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	
 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»	
Кафедра инженерных дисциплин	76/11 104стр. из 107
Энергоресурсы, источники получения и методы	

5. Вафин, Д. Б. В23 Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие / Д.Б. Вафин.- Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013. - 176 с.

6. Энергетика XXI века: Условия развития, технологии, прогнозы / Л.С. Беляев, А.В. Лагереv, В.В. Посекалин и др.; Отв. ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2014. – 386 с.

7. J.P. Deane et al. / Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 1293–1302

8. Паровые и газовые турбины для электростанций [Электронный ресурс]: учебник для вузов / А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний ; под ред. А.Г. Костюка. — М.: Издательский дом МЭИ, 2016. — Загл. с тит. экрана

Дополнительная:

9. Учебно-методический комплекс по «Энергоресурсам, их источникам и получению» для Обучающийся химического факультета по специальности «ХТОВ». / Сост. М.Л. Ли - Караганда: Изд-во КарГУ, 2008 г.

<http://www.studmedlib.ru>,

ЛОГИН ibragim123, ПАРОЛЬ Libukma123

<http://lib.ukma.kz> /ru/ Базы данных

Республиканская межвузовская электронная библиотека, Aknurpress www.aknurpress.kz.

Тема 15: Технология производства теплоты и электрической энергии

Расчет силовых установок химико-фармацевтических производств

Цель: Закрепить теоретические основы, практические навыки и умения по теме занятия.

Задачи обучения:

Обучающийся должен знать:

- требования к установкам производящим электроэнергию и теплоту;
- показатели общей экономичности источников полезной энергии;
- технологические схемы производства электрической и тепловой энергии, схем
- конструкции паротурбинных установок ТЭС и вспомогательного оборудования;
- современные методы оценки основных технико-экономических показателей теплоэнергетических установок;

Обучающийся должен уметь:

- дать правильное определение передачи энергии;
- дать правильное определение передачи топлива;
- выбирать способы передачи энергии;
- пользоваться нормирующей документацией.

Основные вопросы темы:

1. Типы ТЭС.
2. Генераторы для производства электрической энергии.
3. Способы передачи топлива.
4. Комбинированная выработка электроэнергии и теплоты на ТЭС.
5. Передача тепла.
6. Передача электроэнергии

Методы обучения и преподавания:

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		105стр. из 107

Обучающийся должны определить затраты энергии на различные варианты транспортировки энергии и их сравнительный анализ. Расчет силовых установок химико-фармацевтических производств.

Задача 1.

В барабане котельного агрегата фармацевтического производства находится кипящая вода и над ней пар. Определить массу пара. Если объем барабана $V=8 \text{ м}^3$. Абсолютное давление $p=0,1 \text{ МПа}$ и масса воды $M_v=6000 \text{ кг}$. Принять пар, находящийся над водой, сухим насыщенным.

Задача 2.

Теплоцентральный отдаст на производственные нужды заводу $D_{\text{пр}}=20000 \text{ кг/час}$ пара при $p=0,7 \text{ МПа}$ и $x=0,95$. Фармацевтический завод возвращает конденсат 60% $D_{\text{пр}}$ при температуре $t_{\text{возвр}}=70 \text{ }^\circ\text{C}$. Потери конденсата покрываются химически очищенной водой, имеющей температуру $t_{\text{хим}}=90 \text{ }^\circ\text{C}$. Сколько нужно было бы сжечь топлива в топке парового котла, работающего с КПД $\eta_{\text{пт}}=0,80$, если бы этот паровой котел специально вырабатывал пар, нужный заводу. Теплота сгорания топлива $Q_{\text{пр}}=30 \text{ МДж/кг}$.

5. Основные формы / методы / технологии обучения для достижения конечных РО дисциплины: Решение ситуационных задач. Работа в малых группах.

6. Формы контроля для оценивания уровня достижения конечных РО дисциплины (тестирование, решение ситуационных задач и т.д.) : Устный опрос, подготовка и решение ситуационных задач.

Основная:

1. Бердалиева А.А., Даулетбаева Д.А. Энергоресурсы, источники и методы получения.- Учебное пособие.- Шымкент 2022. -244 с.
2. Риполь- Сарагоси Т.Л. Кууск А.Б., Возобновляемые и нетрадиционные источники энергии. Учебно-методическое пособие. Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т. путей сообщения, 2019. – 122 с.
3. Быстрицкий Г.Ф. Б95 Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии) : учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. — 2-е изд., стер. — М. : КНОРУС, 2016. — 408 с. — (Бакалавриат).
4. Бекман Г, Гилли П. Тепловое аккумулирование энергии: Пер. с англ. – М.: Мир, 2017 г.
5. Вафин, Д. Б. В23 Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие / Д.Б. Вафин.- Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013. - 176 с.
6. Энергетика XXI века: Условия развития, технологии, прогнозы / Л.С. Беляев, А.В. Лагерева, В.В. Посекалин и др.; Отв. ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2014. – 386 с.
7. J.P. Deane et al. / Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 1293–1302

ONTÜSTIK QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин		76/11
Энергоресурсы, источники получения и методы		106стр. из 107

8. Паровые и газовые турбины для электростанций [Электронный ресурс]: учебник для вузов / А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний ; под ред. А.Г. Костюка. — М.: Издательский дом МЭИ, 2016. — Загл. с тит. экрана

Дополнительная:

9. Учебно-методический комплекс по «Энергоресурсам, их источникам и получению» для Обучающихся химического факультета по специальности «ХТОВ». / Сост. М.Л. Ли - Караганда: Изд-во КарГУ, 2008 г.

<http://www.studmedlib.ru>,

ЛОГИН ibragim123, ПАРОЛЬ Libukma123

<http://lib.ukma.kz> /ru/ Базы данных

Республиканская межвузовская электронная

библиотека,

Aknurpress

www.ahnurpress.kz.

Контроль (вопросы, тесты, задачи и пр.)

1. Тепловая схема ТЭЦ.
2. Характеристика основного оборудования ТЭЦ и их конструкция.
3. Вспомогательное оборудование ТЭЦ.
4. Общестанционные системы ТЭЦ: топливное хозяйство, техническое водоснабжение, водоподготовка.
5. Показатели экономичности ТЭЦ.

Обучающие задачи:

Задача 1.

Составить уравнение теплового баланса и определить расход греющего пара G_n на подогреватель низкого давления (ПНД), если известно: расход основного конденсата через ПНД $G_{o.k.}=350$ кг/с; параметры отбираемого пара $p_n=0,24$ МПа, $t_n= 203$ °С; энтальпия дренажа, предыдущего по ходу пара, подогревателя $h_{др}= 543$ КДж/кг; расход пара через дренаж $G_{др}=7,8$ кг/с; энтальпия основного конденсата на входе и выходе из ПНД $h_{вх}= 415,3$ КДж/кг и $h_{вых}= 522,6$ КДж/кг.

Задача 2.

На заводской теплоцентрали установлены две паровые турбины, мощностью $N = 4000$ кВт·ч каждая, работающие по циклу Ренкина. Весь пар из турбин направляется на производство, откуда возвращается в котельную в виде конденсата при температуре насыщения. Турбины работают с полной нагрузкой при следующих начальных параметрах пара: $p_1= 3,5$ МПа, $t_1= 435$ °С. Конечное давление пара $p_2= 0,12$ МПа. КПД котельной установки $\eta_{ку}= 0,84$; теплота сгорания топлива $Q_{рн}= 28470$ кДж/кг. Определить часовой расход топлива и количество теплоты, потребляемой в производстве.