



Министерство образования Республики Беларусь

**Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»**

Кафедра «Промышленная теплоэнергетика и экология»

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АУДИТ

ПРАКТИКУМ

для студентов специальности 1-43 01 05

«Промышленная теплоэнергетика»

дневной и заочной форм обучения

Гомель 2022

УДК 620.9:005(075.8)
ББК 31.19+65.052.8я73
Э65

*Рекомендовано научно-методическим советом
энергетического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 10 от 22.06.2021 г.)*

Составители: *Н. А. Вальченко, Г. А. Рудченко*

Рецензенты: зав. сектором энергет. исслед. НИЛ «Энергоэффективность и охрана труда отдела экологической безопасности и энергосбережения на транспорте испытательного центра железнодорожного транспорта» БелГУТа *С. Г. Додолев*;
зав. НИЛ «Энергоаудит и нормирование ТЭР» ГГТУ им. П. О. Сухого *С. И. Бахур*

Энергетический аудит : практикум для студентов специальности 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» днев. и заоч. форм обучения / Н. А. Вальченко, Г. А. Рудченко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2022. – 22 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Практикум по курсу «Энергетический аудит» позволит студентам закрепить знания по основным разделам дисциплины, а также приобрести навыки применения теоретических знаний при решении задач по энергосбережению на предприятиях различного вида деятельности. Может быть использован студентами при выполнении курсового и дипломного проектирования.

Для студентов специальности 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» дневной и заочной форм обучения.

УДК 620.9:005(075.8)
ББК 31.19+65.052.8я73

© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2022

Практическое задание 1

Определение энергоэкономических показателей по промышленному предприятию

На основании выданного варианта (см. табл. 1.1) провести расчет энергоэкономических показателей по промышленному предприятию. Результаты расчетов свести в табл. 1.2. Определить структуру потребления топливно-энергетических ресурсов на предприятии (табл. 1.3). Сформулировать выводы.

Предприятие получает со стороны в натуральном виде дизтопливо ($B_{нд}$), бензин ($B_{нб}$) и газ ($B_{нг}$), а также централизованно электрическую и тепловую энергию. Калорийный коэффициент для пересчета натурального топлива в условное принять: для дизтоплива – 1,45, бензина – 1,49, газа – 1,15.

Таблица 1.1

Исходные данные к заданию 1

| Показатели | Значение | | Темп роста, % |
|---|-----------------------|-----------------------|---------------|
| | базовый год | отчетный год | |
| 1. Объем выпущенной продукции в сопоставимых ценах, тыс. у.е. | $21\,762 + 5 \cdot i$ | $19\,025 + 5 \cdot i$ | |
| 2. Объем выпущенной продукции в натуральном выражении, тыс. шт. | $475 + i$ | $386 + i$ | |
| 3. Потребление топливно-энергетических ресурсов по видам: | | | |
| - электрическая энергия, тыс. кВт·ч | $2\,784 + i$ | $2\,061 + i$ | |
| - тепловая энергия, Гкал | $1\,178 + i$ | $1\,340 + i$ | |
| - дизтопливо, т | $50,4 + 0,2 \cdot i$ | $53,6 + 0,2 \cdot i$ | |
| - бензин, т | $27,2 + 0,1 \cdot i$ | $28,0 + 0,1 \cdot i$ | |
| - газ, тыс. м ³ | $586 + 0,5 \cdot i$ | $470 + 0,5 \cdot i$ | |
| 4. Среднесписочная численность, чел. | $1\,371 + i$ | $1\,333 + i$ | |

Примечание: i - порядковый номер по журналу группы.

Таблица 1.2

Энергоэкономические показатели по предприятию

| Показатели | Значение | | Темп роста, % |
|---|-------------|--------------|---------------|
| | базовый год | отчетный год | |
| 1. Прямые обобщенные энергозатраты, т у.т. | | | |
| 2. Целевой показатель по энергосбережению, % | | | |
| 3. Энергоемкость продукции, кг у.т./шт. | | | |
| 4. Электроемкость продукции, тыс. кВт·ч /шт. | | | |
| 5. Теплоемкость продукции, Гкал /шт. | | | |
| 6. Энерговооруженность труда, т у.т. /чел. | | | |
| 7. Электровооруженность труда, тыс. кВт·ч /чел. | | | |
| 8. Коэффициент электрификации, тыс. кВт·ч/т у.т. | | | |
| 9. Теплоэлектрический коэффициент, Гкал/тыс. кВт·ч | | | |
| 10. Электротопливный коэффициент, тыс. кВт·ч/т у.т. | | | |

Таблица 1.3

Структура потребления топливно-энергетических ресурсов по предприятию

| Показатели | Структура, % | | Изменение (+; -) |
|--------------------------|--------------|--------------|------------------|
| | базовый год | отчетный год | |
| 1. Электрическая энергия | | | |
| 2. Тепловая энергия | | | |
| 3. Дизтопливо | | | |
| 4. Бензин | | | |
| 5. Газ | | | |
| Итого | | | |

Методические рекомендации по решению задания 1

1. Прямые обобщенные энергозатраты:

$$A_{\text{ТЭР}} = B + K_{\text{Э}} \cdot \text{Э} + K_q \cdot Q, \text{ т у.т.} \quad (1.1)$$

где B – количество топлива, поступившего на предприятие со стороны, т у.т.; $K_{\text{Э}}$, K_q – топливный эквивалент, выражающий количество условного топлива, необходимого для производства и передачи к месту потребления единицы соответственно электрической и тепловой энергии; Э – количество электрической энергии, потребленной на предприятии; Q – количество потребленной тепловой энергии.

2. Целевой показатель по энергосбережению:

$$\text{ЦП} = \frac{A_{\text{ТЭР}}^{\text{отч}}}{A_{\text{ТЭР}}^{\text{баз}}} \cdot 100 - I_{\text{ПП}}, \% \quad (1.2)$$

где $I_{\text{ПП}}$ – темп роста объема производства продукции в сопоставимых ценах, %.

3. Энергоемкость продукции:

$$A_{\text{П}} = \frac{A_{\text{ТЭР}}}{\text{П}}, \text{ кг у.т./шт.}, \quad (1.3)$$

где П – объем продукции, произведенной за анализируемый период, шт.

4. Электроемкость продукции:

$$\text{Э}_{\text{П}} = \frac{\text{Э}}{\text{П}}, \text{ тыс. кВт}\cdot\text{ч /шт.} \quad (1.4)$$

5. Теплоемкость продукции:

$$Q_{\text{П}} = \frac{Q}{\text{П}}, \text{ Гкал/шт.} \quad (1.5)$$

6. Энерговооруженность труда:

$$A_M = \frac{A_{TЭР}}{Ч_{ППП}}, \text{ т у.т./чел.}, \quad (1.6)$$

где $Ч_{ППП}$ – среднесписочная численность промышленно-производственного персонала, чел.

7. Коэффициент электрификации:

$$\mathcal{E}_\mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}}{A_{TЭР}}, \text{ тыс. кВт}\cdot\text{ч / т у.т.} \quad (1.7)$$

8. Теплоэлектрический коэффициент:

$$Q_\mathcal{E} = \frac{Q}{\mathcal{E}}, \text{ Гкал/ тыс. кВт}\cdot\text{ч} \quad (1.8)$$

9. Электротопливный коэффициент:

$$\mathcal{E}_B = \frac{\mathcal{E}}{B}, \text{ тыс. кВт}\cdot\text{ч/т у.т.} \quad (1.9)$$

Практическое задание 2

Определение норм расхода топливно-энергетических ресурсов

На основе исходных данных (см. табл. 2.1) определить нормы расхода топливно-энергетических ресурсов: 1) индивидуальные технологические нормы для каждого предприятия; 2) групповую технологическую норму; 3) индивидуальные общепроизводственные нормы второго вида; 4) групповую общепроизводственную норму.

По результатам расчетов сделать выводы относительно эффективности технологического процесса на промышленных предприятиях.

Таблица 2.1

Исходные данные к заданию 2

| Показатели | Значение | |
|--|-------------------------------|---------------------------------|
| | базовый год | отчетный год |
| 1. Расход ТЭР на технологический процесс, МДж: | | |
| – на основной технологический процесс; | $5 \cdot 10^6 + 0,05 \cdot i$ | $2 \cdot 10^7 + 0,05 \cdot i$ |
| – на разогрев и пуск оборудования; | $3 \cdot 10^5 + 0,05 \cdot i$ | $5 \cdot 10^5 + 0,05 \cdot i$ |
| – на плановые потери. | $2 \cdot 10^5 + 0,05 \cdot i$ | $4 \cdot 10^5 + 0,05 \cdot i$ |
| 2. Расход ТЭР на вспомогательные нужды производства, МДж | $1 \cdot 10^6 + 0,02 \cdot i$ | $0,5 \cdot 10^7 + 0,02 \cdot i$ |
| 3. Объем выпущенной продукции в натуральном выражении, шт. | $10\,000 + 10 \cdot i$ | $20000 + 10 \cdot i$ |

Примечание: i - порядковый номер по журналу группы.

Методические рекомендации по решению задания 2

1. Индивидуальная технологическая норма:

$$N_{\text{техн}}^{\text{инд}} = \frac{W_{\text{T}}}{\Pi}, \text{ МДж/шт.}, \quad (2.1)$$

где W_{T} – расход энергии на технологические цели, МДж; Π – объем выпущенной продукции в натуральном выражении, шт.

2. Групповая технологическая норма:

$$N_{\text{техн}}^{\text{гр}} = \sum_{i=1}^n N_{\text{техн}_i}^{\text{инд}} \cdot b_i, \text{ МДж/шт.} \quad (2.2)$$

где $N_{\text{техн}_i}^{\text{инд}}$ – индивидуальная технологическая норма по i -му предприятию, МДж/шт.; b_i – доля i -го предприятия в общем объеме производства, о.е.; n – количество предприятий.

3. Индивидуальная общепроизводственная норма второго вида (заводская):

$$N_{\text{ОЗ}}^{\text{инд}} = \frac{W_{\text{т}} + W_{\text{всп}}^3 + \Delta W^3}{\Pi}, \text{ МДж/шт.} \quad (2.3)$$

где $W_{\text{всп}}^3$ – общезаводской расход энергии на вспомогательные нужды производства, МДж; ΔW^3 – потери энергии в общезаводских сетях и преобразовательных установках, МДж.

4. Групповая общепроизводственная норма:

$$N_{\text{ОЗ}}^{\text{гр}} = \sum_{i=1}^n N_{\text{ОЗ}_i}^{\text{инд}} \cdot b_i, \text{ МДж/шт.} \quad (2.4)$$

где $N_{\text{ОЗ}_i}^{\text{инд}}$ – индивидуальная общезаводская норма по i -му предприятию, МДж/шт.

Практическое задание 3

Расчет годовых плановых норм расхода электрической энергии для промышленного предприятия

Исходные данные

Печь № 1 литейного цеха:

1. Ёмкость печи – $q = (30 + i)$, т.
2. Продолжительность простоев в течение плавки (завалка, перегрузка электродов, выпуск металла) – $\tau = 1,5$ ч.
3. Продолжительность работы в течение плавки – $T = 6,5$ ч.
4. Количество шлакообразующих от веса металла – $G_{\text{шл}} = 13$ %.
5. Количество руды – $G_p = 3$ %.
6. Начальная температура плавления – $t_n = 1450$ °С.
7. Конечная температура плавления – $t_k = 1600$ °С.
8. Средневзвешенная мощность тепловых потерь – $\Delta P_{\text{теп.}} = (820 + 4 \cdot i)$, кВт.
9. Средневзвешенная мощность электрических потерь в течение плавки – $\Delta P_{\text{эл.}} = (320 + 8 \cdot i)$, кВт.

Таблица 3.1

Данные по литейному цеху

| Оборудование | Годовая производ. программа | ВАРИАНТЫ | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Печь № 1 | тыс.т | 12 | 18 | 19 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 15 | 18 | 16 | 12 | 10 | 15 | 14 |
| Печь № 2 | тыс.т | 40 | 42 | 44 | 46 | 48 | 38 | 39 | 41 | 43 | 45 | 40 | 45 | 46 | 48 | 44 | 40 |
| Печь № 3 | тыс.т | 52 | 54 | 56 | 48 | 49 | 50 | 51 | 53 | 55 | 57 | 54 | 53 | 52 | 50 | 51 | 51 |
| Печь № 4 | тыс.т | 24 | 20 | 22 | 26 | 28 | 21 | 23 | 25 | 27 | 29 | 28 | 21 | 26 | 23 | 27 | 25 |
| Технологическая норма расхода э/э | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Печь № 2 | кВт·ч/т | 800 | 750 | 760 | 770 | 780 | 790 | 810 | 820 | 830 | 840 | 780 | 810 | 760 | 820 | 830 | 750 |
| Печь № 3 | кВт·ч/т | 655 | 700 | 695 | 690 | 685 | 680 | 675 | 670 | 665 | 660 | 675 | 670 | 685 | 660 | 670 | 680 |
| Печь № 4 | кВт·ч/т | 900 | 905 | 910 | 915 | 920 | 895 | 890 | 885 | 880 | 875 | 910 | 920 | 890 | 885 | 870 | 905 |

Примечание: i - порядковый номер по журналу группы.

Общеховые расходы электроэнергии литейного цеха, тыс. кВт·ч:

1. Вентиляция и отопление – $(330 + 30 \cdot i)$.
2. Освещение – 480.
3. Внутрицеховой транспорт – $(340 + 10 \cdot i)$.
4. Потери в сетях – $(240 + 15 \cdot i)$.

Таблица 3.2

Данные по предприятию

| Цехи завода | Общепроизводственные цеховые нормы | | Годовой план выпуска продукции | |
|--------------|------------------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------------|
| | Ед. изм. | Величина | Ед. изм. | Величина |
| Литейный | кВт·ч/т | рассчитать | тыс.т | рассчитать |
| Кузнечный | кВт·ч/т | $620 + 5 \cdot i$ | тыс.т | 10,5 |
| Окрасочный | кВт·ч/м ² | 2,9 | тыс. м ² | $140 + 6 \cdot i$ |
| Прессовый | кВт·ч/нормо-час | $5 + 0,2 \cdot i$ | нормо-ч | 825 000 |
| Механический | кВт·ч/нормо-час | $8 + 0,1 \cdot i$ | нормо-ч | $600\ 000 + 10 \cdot i$ |
| Сборный | кВт·ч/нормо-час | 1,95 | нормо-ч | 700 000 |

Общезаводские расходы электроэнергии, тыс. кВт·ч:

1. Производственные нужды вспомогательных цехов – $(550 + 100 \cdot i)$.
2. Заводские лаборатории – 180.
3. Административные здания – 170.
4. Внутривозвской транспорт – $(130 + 75 \cdot i)$.
5. Наружное освещение – $(110 + 32 \cdot i)$.
6. Потери в заводских сетях – 162.

Годовой валовой выпуск продукции по заводу – 160,5 млн.у.е.

Порядок выполнения задания:

1. Рассчитать технологическую норму расхода электроэнергии на тонну стали (для печи № 1 литейного цеха).
2. Найти общепроизводственную цеховую норму расхода электроэнергии на тонну литья.
3. Найти общепроизводственные цеховые нормы остальных цехов (таблица 2).
4. Найти общепроизводственные заводские нормы расхода электроэнергии на единицу продукции каждого из цехов.
5. Найти общепроизводственную заводскую норму расхода электроэнергии на 1000 руб. валовой продукции.

Методические рекомендации по решению задания 3

1. Технологическая норма ($N_{\text{техн}}$) расхода электроэнергии печи № 1 на выплавку тонны стали рассчитывается по формуле:

$$N_{\text{техн}} = 340 + 0,247(t_{\text{к}} - t_{\text{н}}) + 5,4G_{\text{шл}} + 6,7G_p + \frac{\Delta P_{\text{теп}}}{q} \cdot (T + \tau) + \frac{\Delta P_{\text{эл}}}{q} \cdot T, \quad \text{кВт}\cdot\text{ч/т} \quad (3.1)$$

Распределение общезаводских расходов на продукцию цехов осуществить, как 9:5:0,8:1,2:3:4.

2. Технологическая норма расхода электроэнергии на тонну литья по литейному цеху:

$$N_{\text{тех}}^{\text{лит}} = \frac{\sum_{i=1}^k N_i \cdot \Pi_i}{\sum_{i=1}^k \Pi_i}, \quad \text{кВт}\cdot\text{ч/т}, \quad (3.2)$$

где N_i – норма расхода электроэнергии на производство продукции по i -й группе оборудования;

Π_i – объем выпускаемой продукции на i -й группе оборудования;

k – количество групп.

3. Технологический расход электроэнергии:

$$W_{\text{тех}}^{\text{ц}} = N_{\text{тех}} \cdot \Pi, \quad \text{кВт}\cdot\text{ч}. \quad (3.3)$$

4. Общепроизводственная цеховая норма расхода электроэнергии (на единицу продукции):

$$N_{\text{оп}}^{\text{ц}} = \frac{W_{\text{тех}}^{\text{ц}} + W_{\text{всп}}^{\text{ц}} + DW^{\text{ц}}}{\Pi_{\text{ц}}}, \quad \text{кВт}\cdot\text{ч/т}, \quad (3.4)$$

где $W_{\text{тех}}^{\text{ц}}$ – расход электроэнергии на технологические нужды цеха, кВт·ч;

$W_{\text{всп}}^{\text{ц}}$ – расход электроэнергии на вспомогательные цеховые нужды, кВт·ч;

$\Delta W^{\text{ц}}$ – потери электроэнергии во внутрицеховых сетях и преобразователях, кВт·ч;

$\Pi_{\text{ц}}$ – выпуск продукции цехом.

5. Общепроизводственная заводская норма расхода электроэнергии:

$$H_{\text{оз}} = \frac{\sum W_{\text{ц}} + W_{\text{всп}}^3 + \Delta W^3}{\Pi_3}, \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{т}, \quad (3.5)$$

где $W_{\text{всп}}^3$ – расход электроэнергии на заводские вспомогательные нужды (включая общепроизводственные расходы электроэнергии на вспомогательные цеха), кВт·ч;

ΔW^3 – потери электроэнергии в заводских сетях и трансформаторах, кВт·ч;

Π_3 – объем выпуска продукции по заводу.

Практическое задание 4

Определение нормы расхода тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение

На основании исходных данных провести расчет норм расхода тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение (см. табл. 4.1).

Таблица 4.1

Исходные данные к заданию 4

| Наименование цехов | Объем помещений, тыс. м ³ | Температура внутри помещения, °С | Характеристики зданий, ккал/м ³ ·ч·°С | |
|-----------------------|--------------------------------------|----------------------------------|--|-------|
| | | | q_o | q_v |
| Кузнечно-прессовый | $45 + 5 \cdot i$ | 14 | 0,2 | 0,4 |
| Литейный | $32 - 2 \cdot i$ | 14 | 0,3 | 0,9 |
| Механический | $56 + 4 \cdot i$ | 16 | 0,4 | 0,15 |
| Термический | $30 - 1,5 \cdot i$ | 14 | 0,3 | 0,55 |
| Сборочный | $35 - 3 \cdot i$ | 16 | 0,4 | 0,2 |
| Инструментальный | $20 - 1 \cdot i$ | 16 | 0,45 | 0,1 |
| Ремонтно-механический | $20 - 1 \cdot i$ | 16 | 0,5 | 0,15 |
| Компрессорная | $4 - 0,3 \cdot i$ | 16 | 0,6 | - |
| Заводоуправление | $10 + 1 \cdot i$ | 18 | 0,3 | 0,1 |
| Столовая | $5 + 0,5 \cdot i$ | 18 | 0,33 | 0,12 |

Примечание: i - порядковый номер в списке группы.

Численность работников предприятия – 2200 человек, в т.ч. рабочих – 1700 человек. Из общего числа рабочих 25 % работают в литейном и термическом цехах. Количество душевых сеток на предприятии принять из расчета $n_{душ}=0,1 \cdot Ч$, где Ч – численность рабочих, чел.

Расчеты свести в таблицу 4.2.

Таблица 4.2

Расчет нормы тепловой энергии на отопление и вентиляцию

| Наименование цехов | Объем помещений, м ³ | Характеристики зданий, ккал/м ³ ·ч·°С | | Температура внутри помещения, °С | Работа на обогрев здания, м ³ ·сут·°С | Расход тепловой энергии на отопление зданий, Гкал/год | Индивидуальная норма расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию, Мкал/тыс.м ³ ·сут·°С |
|-----------------------|---------------------------------|--|-------|----------------------------------|--|---|--|
| | | q_o | q_v | | | | |
| Кузнечно-прессовый | | | | | | | |
| Литейный | | | | | | | |
| Механический | | | | | | | |
| Термический | | | | | | | |
| Сборочный | | | | | | | |
| Инструментальный | | | | | | | |
| Ремонтно-механический | | | | | | | |
| Компрессорная | | | | | | | |
| Заводоуправление | | | | | | | |
| Столовая | | | | | | | |
| Итого: | X | X | X | X | | | |

Методические рекомендации по решению задания 4

Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию помещений

Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий и сооружений (обогрев) определяется, исходя из индивидуальных отраслевых норм расхода тепловой энергии на отопление и на вентиляцию зданий, работы обогрева каждого отдельного здания, а также средней температуры наружного воздуха за отопительный период и продолжительности работы отопления за год.

1. Расход тепловой энергии на отопление зданий определяется по формуле:

$$Q_{об} = q_0 \cdot W \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал/год}, \quad (4.1)$$

где q_0 – удельная тепловая характеристика зданий, $\text{ккал/м}^3 \cdot \text{сут} \cdot \text{°C}$;
 W – работа на обогрев здания, $\text{м}^3 \cdot \text{сут} \cdot \text{°C}$.

Работа на обогрев здания определяется по формуле:

$$W = V(t_{вн} - t_{ср}) \cdot n, \text{ м}^3 \cdot \text{сут} \cdot \text{°C}, \quad (4.2)$$

где V – наружный строительный объем здания, м^3 ;
 $t_{вн}$ – нормируемая температура воздуха внутри помещения, °C ;
 $t_{ср}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °C ;
 n – продолжительность работы отопления, сут.

2. Индивидуальная норма расхода тепловой энергии на обогрев i -го здания равна:

$$H_{об} = Q_{об} \cdot 10^3 / W_i, \text{ Мкал/тыс. м}^3 \cdot \text{сут} \cdot \text{°C}. \quad (4.3)$$

3. Средневзвешенная норма расхода на обогрев всех зданий рассчитывается по формуле:

$$H_{об} = \sum Q_{об} \cdot 10^3 / \sum W_i, \text{ Мкал/тыс. м}^3 \cdot \text{сут} \cdot \text{°C}. \quad (4.4)$$

Определение нормы расхода тепловой энергии на горячее водоснабжение

1. Расход тепловой энергии на нужды горячего водоснабжения определяется по формуле:

$$Q_{ГВС} = Q_{ХОЗ} + Q_{ДУШ}, \text{ Гкал/год}, \quad (4.5)$$

где $Q_{ХОЗ}$ – расход тепла на хозяйственно-бытовые нужды, Гкал;
 $Q_{ДУШ}$ – расход тепла на душевые, Гкал.

2. Суточный расход тепла на хозяйственно-бытовые нужды рассчитывается по формуле:

$$Q_{ХОЗ} = q \cdot n \cdot c \cdot (t_{Г} - t_{Х}), \text{ Гкал/год}, \quad (4.6)$$

где q – норма расхода горячей воды на одного работающего, л/сут·чел;

n – количество работающих в смену, чел.;

c – теплоемкость воды, ккал/кг·°С (1 ккал/кг·°С);

$t_{Г}$ – температура горячей воды, °С;

$t_{Х}$ – температура холодной воды, °С.

В расчетах принять, что норма расхода горячей воды составляет 20 л/сут на одного рабочего в помещениях с тепловыделением 20 ккал/м³ и более (термический цех), 11 л/сут на одного рабочего в помещениях с тепловыделением менее 20 ккал/м³ и 5 л/сут на одного административного работника и ИТР ($q_1 = 20$ л/сут; $q_2 = 11$ л/сут; $q_3 = 5$ л/сут). Теплоемкость воды составляет $c = 1$ ккал/кг·°С. Расчетную температуру горячей воды в водоразборных кранах (душевых сетках) принять равной $t_{Г} = 55$ °С. Температура холодной воды $t_{Х} = 5$ °С зимой и 15 °С летом.

3. Суточный расход тепла на душевые определяется по формуле:

$$Q_{ДУШ} = q_{ДУШ} \cdot n_{ДУШ} \cdot c \cdot (t_{Г} - t_{Х}), \text{ Гкал/год}, \quad (4.7)$$

где $q_{ДУШ}$ – норма расхода воды на одну душевую сетку, л/сут (270 л/сут);

$n_{ДУШ}$ – количество душевых сеток.

4. Норма расхода тепловой энергии на горячее водоснабжение рассчитывается по формуле:

$$N_{\text{ГВС}} = Q_{\text{ГВС}} / Ч, \text{ Мкал/чел.}, \quad (4.8)$$

где Ч – численность работников предприятия, чел.

Цех работает 252 дня: 119 дней зимой и 133 дня летом.

Практическое задание 5

Технико-экономическое обоснование установки турбогенератора малой мощности

Оценить экономическую эффективность установки в котельной турбоагрегата малой мощности. Исходные данные по вариантам приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Исходные данные к заданию 5

| Средне- часовой расход пара на котель- ной $D_{\text{час}}$, т/ч | Число часов использо- вания установ- ленной мощности турбо- агрегата $T_{\text{уст}}$, ч/год | Установ- ленная мощность турбоаг- регата $N_{\text{уст}}$, кВт | КПД котельной нетто $\eta_{\text{к}}^{\text{нетто}}$, о.е. | КПД турбоагрегата $\eta_{\text{тг}}$, о.е. (марка турбоагрегата) | Удельные капитало- вложения в турбоагрегат $k_{\text{уд}}$, у.е./кВт |
|---|--|--|--|--|---|
| 21 | 3000 | 500 | 0,9 | 0,86 (ТГ-0,5А/0,4 Р13/3,7) | 220 |

Методические рекомендации по решению задания 5

1. Определяется количество теплоты на выработку электроэнергии на выбранном турбоагрегате за год:

$$Q_{\text{ЭЭ}} = N_{\text{уст}} \cdot T_{\text{уст}} \cdot k_{\text{Э}} \cdot 10^{-3} / \eta_{\text{тг}}, \text{ Гкал}, \quad (5.1)$$

где $N_{\text{уст}}$ – установленная мощность турбогенератора, кВт; $T_{\text{уст}}$ – число часов использования установленной мощности, ч; $k_{\text{Э}}$ – коэффициент перевода электрической энергии в тепловую (0,86); $\eta_{\text{тг}}$ – коэффициент полезного действия турбоагрегата, о.е.

2. Рассчитывается расход условного топлива на выработку электроэнергии на выбранном турбоагрегате за год:

$$B_{\text{ЭЭ}} = Q_{\text{ЭЭ}} / (Q_{\text{н}}^{\text{п}} \cdot \eta_{\text{к}}^{\text{нетто}} \cdot \eta_{\text{тг}}), \text{ т у.т.}, \quad (5.2)$$

где Q_H^p – низшая теплотворная способность условного топлива, равная 7000 ккал/кг; $\eta_K^{\text{нетто}}$ – коэффициент полезного действия котельной нетто после установки турбоагрегата с учетом роста среднечасовой паровой нагрузки, о.е.; $\eta_{\text{тр}}$ – коэффициент полезного действия транспорта пара, о.е. (при нормальном состоянии теплоизоляции КПД транспорта пара составляет 0,98 внутри котельной и 0,96 при установке турбогенератора в отдельностоящем здании с прокладкой наружных паропроводов).

3. Определяется количество выработанной электроэнергии турбоагрегатом за год:

$$\mathcal{E}_{\text{выр}} = N_{\text{уст}} \cdot T_{\text{уст}}, \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (5.3)$$

где $N_{\text{уст}}$ – установленная мощность турбоагрегата, кВт; $T_{\text{уст}}$ – число часов использования установленной мощности, час.

4. Определяется количество отпущенной электроэнергии от выбранного турбоагрегата:

$$\mathcal{E}_{\text{отп}}^{\text{тг}} = \mathcal{E}_{\text{выр}} \cdot (1 - \alpha_{\text{сн}}^{\text{эз}} / 100), \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (5.4)$$

где $\alpha_{\text{сн}}^{\text{эз}}$ – коэффициент потребления электроэнергии на собственные нужды турбоагрегата (на работу насосов техводоснабжения, пускового маслонасоса и др. электрического оборудования), в зависимости от выбранной схемы технического водоснабжения составляет ориентировочно: при включении в схему технического водоснабжения предприятия – 0,5-1%, при индивидуальной схеме технического водоснабжения – 3-8%.

5. Необходимое количество отпущенной электроэнергии с шин электростанций ГПО «Белэнерго» с учетом потерь в электрических сетях на транспорт электроэнергии до вводов токоприемников предприятия составляет:

$$\mathcal{E}_{\text{отп}}^{\text{эс}} = \mathcal{E}_{\text{отп}}^{\text{тг}} \cdot (1 - k_{\text{пот}} / 100), \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (5.5)$$

где $\mathcal{E}_{\text{отп}}^{\text{тг}}$ – отпущенная с шин турбоагрегатом и потребленная предприятием электроэнергия, кВт·ч; $k_{\text{пот}}$ – коэффициент потерь в электрических сетях на транспорт электроэнергии в системе ГПО «Белэнерго», %.

6. Определение экономии топлива от установки выбранного турбоагрегата на котельной предприятия:

$$\Delta B^{\text{тг}} = \mathcal{E}_{\text{отп}}^{\text{эс}} \cdot b_{\text{эз}}^{\text{зам}} \cdot 10^{-6} - B_{\text{эз}}, \text{ т у.т.}, \quad (5.6)$$

где $b_{\text{эз}}^{\text{зам}}$ – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии, принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме (Лукомльской ГРЭС) за год, предшествующий составлению расчета, г у.т./кВт·ч; $B_{\text{эз}}$ – годовой расход топлива на выработку электроэнергии выбранным турбоагрегатом, т у.т.

7. Определение укрупненных капиталовложений в установку турбоагрегата малой мощности на котельных предприятий с созданием малых ТЭЦ проводится по следующим статьям:

– стоимость выбранного турбоагрегата ($C_{\text{тг}}$) – определяется по результатам тендера;

– стоимость электротехнических устройств ($C_{\text{эту}}$) – составляет ориентировочно 10-15 % от стоимости турбоагрегата;

– стоимость тепломеханической части ($C_{\text{тмч}}$) – 15-20% от стоимости турбоагрегата (паропроводы, трубопроводы технической воды и т.д.);

– стоимость строительно-монтажных работ ($C_{\text{смп}}$) – в зависимости от расположения турбоагрегата: в котельной – 15-20% от стоимости оборудования; в отдельно стоящем строении – 20-30% от стоимости оборудования;

– стоимость проектно-изыскательных работ ($C_{\text{пир}}$) – 5-10% от стоимости строительно-монтажных работ;

– стоимость пуско-наладочных работ ($C_{\text{пнр}}$) – 3-5% от стоимости оборудования.

Стоимость оборудования:

$$C_{\text{об}} = C_{\text{тг}} + (0,1 \div 0,15) \cdot C_{\text{тг}} + (0,15 \div 0,2) \cdot C_{\text{тг}}, \text{ руб.} \quad (5.7)$$

Таким образом, капиталовложения в мероприятие составят:

$$K_{\text{тг}} = C_{\text{об}} + (0,05 \div 0,1) \cdot C_{\text{смп}} + (0,15 \div 0,3) \cdot C_{\text{об}} + (0,03 \div 0,05) \cdot C_{\text{об}}, \text{ руб.} \quad (5.8)$$

Результаты расчетов свести в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Капиталовложения в мероприятие

| Показатели | Значение, руб. |
|--|----------------|
| Стоимость выбранного турбоагрегата | |
| Стоимость электротехнических устройств | |
| Стоимость тепломеханической части | |
| Итого стоимость оборудования | |
| Стоимость строительно-монтажных работ | |
| Стоимость проектно-изыскательных работ | |
| Стоимость пуско-наладочных работ | |
| Всего | |

8. Определяется простой срок окупаемости мероприятия:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{тг}}}{\Delta B_{\text{тг}} \cdot C_{\text{топл}}}, \text{ лет,} \quad (5.9)$$

где $K_{\text{тг}}$ – капиталовложения в мероприятие, руб.; $\Delta B_{\text{тг}}$ – экономия топлива от внедрения мероприятия, т у.т.; $C_{\text{топл}}$ – стоимость 1 т у.т. (уточняется на момент составления расчета), руб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андрижиевский, А. А. Энергосбережение и энергетический менеджмент: учеб. пособие / А.А. Андрижиевский, В.И. Володин. – Минск: Вышэйшая школа, 2005. – 294 с.

2. Врублевский, Б. И. Основы энергосбережения: практикум / Б. И. Врублевский, С. Н. Лебедева, А. Б. Невзорова. – Гомель: Белкоопсоюз, Белорус. торг.-экон. ун-т потреб. кооперации, 2011. – 92 с.

3. Котова, С. Н. Организация и планирование производства. Управление предприятием : лабораторный практикум по одноименному курсу для студентов специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение» дневной формы обучения / С. Н. Котова, О. А. Полозова, Г. А. Прокопчик. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009. – 62 с.

4. Методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий: утв. Департаментом по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Респ. Беларусь, 11 нояб. 2020 г. [Электронный ресурс] // Департамент по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Респ. Беларусь. – Минск. – Режим доступа: http://energoeffekt.gov.by/programs/forming/20201118_tepem. – Дата доступа: 17.02.2021.

Содержание

| | |
|------------------------------|----|
| Практическое задание 1 | 3 |
| Практическое задание 2 | 7 |
| Практическое задание 3 | 9 |
| Практическое задание 4 | 13 |
| Практическое задание 5 | 18 |
| Литература | 22 |

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АУДИТ

**Практикум
для студентов специальности 1-43 01 05
«Промышленная теплоэнергетика»
дневной и заочной форм обучения**

Составители: **Вальченко** Николай Адамович
Рудченко Галина Анатольевна

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 03.11.22.

Рег. № 47Е.
<http://www.gstu.by>