

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**к практическим занятиям
по дисциплине «Энергоаудит»**

по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство»

**направленность (профиль) «Теплогазоснабжение населенных мест и
предприятий»**

Тема 6. Проведение энергоаудита

Практическое занятие № 1-2

Расчет объемов потребления газа газоиспользующими агрегатами на основе данных учета газа

Цель: Изучение методики расчета объемов потребления газа газоиспользующими агрегатами на основе данных учета газа

Теоретическая часть

Расход топлива на работу парового теплогенератора, определяется уравнением

$$B = \frac{D_{II}(i_n - i_{nb}) + D_{np}(i_{кв} - i_{пв})}{Q_p^P \cdot \eta_{Т.Г.}^{Бр}} 100, \text{ кг/с.}$$

Для водогрейных ТГ, расход топлива равен

$$B = \frac{G_{ГВ}(i_{ГВ}^{БЫХ} - i_{ГВ}^{ВХ})}{Q_p^P \cdot \eta_{ТГ}^{Бр}} \cdot 100, \text{ кг/с.}$$

Расчетный расход топлива равен

$$B_p = B(1 - \frac{q_4}{100}).$$

где $G_{ГВ}$ - расход горячей воды через водогрейный ТГ, кг/с;

$i_{ГВ}^{ВХ}, i_{ГВ}^{БЫХ}$ - теплосодержание горячей воды на входе и выходе водогрейного ТГ, Дж/кг.

D_{II} - расход пара (паропроизводительность ТГ), кг/с;

D_{np} - расход продувной воды из ТГ, кг/с;

i_n - энтальпия пара вырабатываемого в ТГ, Дж/кг т.;

$i_{кв}$ - энтальпия котловой воды (продувки), Дж/кг т.;

$i_{пв}$ - энтальпия питательной воды ТГ, Дж/кг т.

Величина КПД ТГ определяется двумя способами. Для работающего ТГ при проведении теплотехнических испытаний определяется КПД ТГ по прямому балансу.

Для проектируемого ТГ или при выполнении поверочного расчета, величина КПД ТГ определяется по обратному балансу.

Вопросы и задания

Задание 1. Определить расход топлива для водогрейного теплогенератора мощностью 2 МВт с параметрами теплоносителя 115/70°C на газообразном топливе с теплотворной способностью топлива $Q_p^H = 35,5 \text{ МДж/м}^3$.

Задание 2. Определить расход топлива для парового теплогенератора мощностью 2 МВт с параметрами пара 1,3 МПа (пар насыщенный) на газообразном топливе с теплотворной способностью топлива $Q_p^H = 35,5 \text{ МДж/м}^3$.

Вопросы

1. Как определяется расчетный расход топлива?
2. Назначение непрерывной продувки теплогенератора?
3. Назначение периодической продувки теплогенератора?
4. Как определить энтальпию питательной воды?
5. Как определить энтальпию котловой воды?

Практическое занятие № 3-4

Расчет КПД теплогенерирующих установок на основе данных измерений

Цель: Изучение методики расчета КПД теплогенерирующих установок на основе данных измерений

Теоретическая часть

Коэффициентом полезного действия (КПД) теплогенератора (брутто) называется отношение $\eta_{Т.Г.}^{бр} = \frac{Q_1}{Q_P} 100\%$.

Из уравнения теплового баланса в относительных единицах

$$\eta_{Т.Г.}^{бр} = q_1 = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6)$$

Потеря тепла с уходящими газами в ТГ- Q_2 ($q_2\%$)- количество тепловой энергии, уносимое в окружающую среду газообразными продуктами сгорания топлива покидающих ТГ, в расчете на 1 кг топлива определяется из уравнения

$$Q_2 = (I_{yx} - I_{x.в.}) \left(1 - \frac{q_4}{100}\right), \text{ Дж/кг т. (нм}^3\text{)}, \quad q_2 = \frac{Q_2}{Q_P} 100\%.$$

Потеря тепла от химической неполноты сгорания топлива Q_3 ($q_3\%$) – суммарная теплота сгорания горючих газов (CO , H_2 , CH_4 и др.) содержащихся в продуктах сгорания топлива на $кг/нм^3$, за счет неполноты протекания химических реакций горения в топке и топочном устройстве равна

$$Q_3 = V_{co} Q_{co} + V_{H_2} Q_{H_2} + V_{CH_4} Q_{CH_4}, \text{ Дж/кг т. (нм}^3\text{)}, \quad q_3 = \frac{Q_3}{Q_P} 100\%.$$

Потеря тепла от механической неполноты сгорания топлива Q_4 ($q_4\%$)- суммарная теплота сгорания несгоревших частиц твердого топлива, содержащихся в шлаке, провале и уносе и остающихся после полного окончания горения твердого топлива. Величина Q_4 определяется из уравнения

$$Q_4 = Q_4^{шл} + Q_4^{пр} + Q_4^{ун}, \text{ Дж/кг т.}, \quad q_4 = \frac{Q_4}{Q_P} \cdot 100\%.$$

$$Q_4 = \left(a_{шл} \cdot \frac{\Gamma_{шл}}{100 \cdot \Gamma_{шл}} + a_{пр} \cdot \frac{\Gamma_{пр}}{100 \cdot \Gamma_{пр}} + a_{ун} \cdot \frac{\Gamma_{ун}}{100 - \Gamma_{ун}} \right) \cdot \frac{A^p}{100} \cdot 32,7 \cdot 10^6,$$

где $a_{шл}$, $a_{пр}$, $a_{ун}$ - доля золы топлива приходящаяся на шлаки, провал и унос;

$\Gamma_{шл}$, $\Gamma_{пр}$, $\Gamma_{ун}$ - процентное содержание горючих частей топлива в шлаке, провале и уносе, %;

Потеря тепла в окружающую среду через стенки ТГ – Q_5 ($q_5\%$) суммарное количество тепловой энергии, отдаваемое в окружающую среду за счет теплопередачи через ограждающие конструкции ТГ от продуктов сгорания топлива.

Она зависит от размеров площади ограждающих поверхностей, термического сопротивления конструкций ограждений, разности температур и др.

$$Q_5 = \frac{\sum K_i F_i \Delta t_{cp}^i}{B}. \text{ Дж/кг.т.}$$

где K_i - коэффициент теплопередачи для i - той поверхности ограждения ТГ от дымовых газов к наружному воздуху, $Вт/м^2К$;

F_i - площадь i -товой поверхности ограждения ТГ, $м^2$;

Δt_{cp}^i - средняя разность температур между дымовыми газами и наружным воздухом для i -той поверхности ограждений ТГ.

$$q_5 = \frac{Q_5}{Q_P} 100\%.$$

Потеря тепла $Q_6(q_6\%)$ суммарное физическое тепло шлаков твердого топлива, удаляемых из топочного объема. Эта потеря зависит от температуры и количества шлаков

$$Q_6 = (1 - a_{уп}) C_{шл} t_{шл} \cdot \frac{A^p}{100}, \text{ Дж/кг.т.}, q_6 = \frac{Q_6}{Q_p} 100\%.$$

где $a_{уп}$ - доля уноса золы топлива, которая не учитывается, т.к. оседает в газоходах и золоуловителе при низких температурах;

- $C_{шл}$ - теплоемкость шлаков, $C_{шл}=960 \text{ Дж/кгК}$;
- $t_{шл}$ - температура удаляемых из топки шлаков, принимается при сухом золоудалении $600-700^\circ\text{C}$, а при жидком шлакоудалении $1200-1300^\circ\text{C}$.

Вопросы и задания

Задание 1. Определить КПД теплогенератора, работающего на газообразном топливе, если потеря тепла с уходящими газами составляет 10%, от химической неполноты сгорания – 0,5%, потеря тепла в окружающую среду через стенки теплогенератора – 6%.

Задание 2. Как изменится КПД теплогенератора, если температура уходящих газов понизится с 250°C до 140°C .

Задание 3. Определить КПД теплогенератора, работающего на жидком топливе, если потеря тепла с уходящими газами составляет 12%, от химической неполноты сгорания – 1%, потеря тепла в окружающую среду через стенки теплогенератора – 8%.

Задание 4. Определить КПД теплогенератора, работающего на твердом топливе, если потеря тепла с уходящими газами составляет 14%, от химической неполноты сгорания – 5%, от механической неполноты сгорания – 5%, потеря тепла в окружающую среду через стенки теплогенератора – 8%, потеря тепла с теплом шлаков твердого топлива – 9%.

Вопросы

1. Определение КПД теплогенератора по прямому балансу
2. Определение КПД теплогенератора по обратному балансу
3. Характеристика тепловых потерь теплогенератора

Практическое занятие № 5-6

Расчет объемов тепловой энергии, отпущенной потребителю на основе данных измерений

Цель: Изучение методики расчета объемов тепловой энергии, отпущенной потребителю на основе данных измерений

Теоретическая часть

Тепловая мощность системы теплоснабжения определяется как сумма максимальных тепловых нагрузок на технологию, горячее водоснабжение, отопление и вентиляцию с учетом сезонной загрузки предприятия по формуле:

$$Q_p = K(Q_o + Q_v + Q_{г.в.} + Q_m), \text{ Вт},$$

где K – коэффициент, учитывающий потери тепла в теплопроводах;

$Q_o, Q_v, Q_{г.в.}, Q_m$ – максимальная тепловая нагрузка на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и технологические аппараты соответственно.

Максимальная тепловая нагрузка на отопление определяется теплопотерями наружными ограждениями зданий при расчетной температуре наружного воздуха. В общем случае она может быть определена по укрупненным характеристикам здания: строительному объему (V_i) и удельной отопительной характеристике (q_{oi}) из формулы:

$$Q_{oi} = (1 + \mu) q_{oi} \alpha V_i (t_B^p - t_{н.о.}^p), \text{ Вт}$$

где μ – коэффициент инфильтрации, учитывающий расход тепла на подогрев воздуха, поступающего в здание инфильтрацией через неплотности в ограждениях.

α – поправочный коэффициент, учитывающий действительное значение расчетной температуры наружного воздуха, т. к. q_{oi} приводится для температуры $t_{н.о.}^p = -30^\circ\text{C}$. Расход тепла на вентиляцию равен количеству тепла, затрачиваемому на подогрев наружного воздуха, подаваемого извне для вентиляции цехов, зданий и отдельных помещений.

При этом, также может быть использован метод расчета по укрупненным показателям, по формуле:

$$Q_{vi} = q_{vi} V_i (t_в^p - t_{н.в.}^p), \text{ Вт},$$

где q_{vi} – удельный расход тепла на вентиляцию здания, Вт/(м³ К);

$t_{н.в.}^p$ – расчетная температура наружного воздуха для вентиляции.

Максимальная тепловая нагрузка на горячее водоснабжение определяется количеством тепла, затрачиваемого на подогрев холодной водопроводной воды, используемой для нужд горячего водоснабжения, исходя из норм расхода горячей воды и часовой неравномерности потребления по формуле:

$$Q_{г.в.} = \sum n_i a_i c (t_{г.в.} - t_{х.в.}^3) K_{ч.н.} / (24 \cdot 3600), \text{ Вт},$$

где n_i – норма расхода горячей воды, кг/сутки;

a_i – показатель, на который дана норма расхода горячей воды (число технологических аппаратов; число производственных рабочих для цехов и т. п.);

c – теплоемкость воды;

$t_{г.в.}, t_{х.в.}^3$ – температура горячей воды у потребителя и температура холодной водопроводной воды в зимний период;

$K_{ч.н.}$ – коэффициент часовой неравномерности потребления горячей воды, определяемый по эмпирической формуле:

$$K_{ч.н.} = 7,5(an)^{-0,1}.$$

Расход тепла на технологические процессы рассчитывают, используя формулы, применяемые в технологии. Нагрузка на аппараты, в которых не происходит фазовых превращений продукта (плавление, кипение), определяется по формуле:

$$Q_m = Ac(t_k - t_n) K_p, \text{ Вт},$$

где A – производительность аппарата по продукту;

c – удельная теплоемкость продукта;

t_k и t_n – конечная и начальная температуры продукта;

K_p – коэффициент регенерации тепла в аппарате.

Вопросы и задания

Задание 1. Определить максимальную тепловую нагрузку на отопление гражданского здания, расположенного в г. Ставрополе, строительным объемом 2600 м³.

Задание 2. Определить максимальную тепловую нагрузку на вентиляцию гражданского здания, расположенного в г. Ставрополе, строительным объемом 2600 м³.

Задание 3. Определить максимальную тепловую нагрузку на горячее водоснабжение административного здания с расчетным числом работников 200 чел.

Вопросы

1. Поправочный коэффициент, учитывающий действительное значение расчетной температуры наружного воздуха

2. Коэффициент инфильтрации

3. Коэффициент часовой неравномерности потребления горячей воды

Практическое занятие № 7-8

Расчет КПД котельной на основе данных энергетического обследования

Цель: Изучение методики расчета КПД котельной на основе данных энергетического обследования

Теоретическая часть

Тепловой расчет схемы выполняют в начале для максимального зимнего, а затем для минимального летнего графиков отпуска тепловой энергии.

Расчет выполняют путем составления и решения уравнений материального и теплового баланса, сначала для внешних узлов оборудования и потоков теплоносителя в тепловой схеме и заканчивают уравнениями баланса для деаэратора.

Исходными данными для расчета являются данные об отпуске тепловой энергии потребителя (Q_t и $Q_{тс}$), параметры пара в теплогенераторе $P_{тг}$, $t_{тг}$, $P_{тг}$, $i_{тг}$, $i_{тг}$, параметры теплоносителей пара и горячей воды у потребителей и в оборудовании ТГУ. Выбирают давление пара в деаэраторе и трубопроводе собственных нужд ТГУ- $D_{сн}$ и, соответственно, находим $t_{сн}$, $i_{сн}$, $i_{сн}$ и т.д.

Задачей расчета является определение величин расходов всех потоков по схеме и их основных параметров.

Расчеты выполняются на основе балансов узлов тепловой схемы: материального баланса; теплового баланса.

Вопросы и задания

Задание 1. Выполнить расчет теплового баланса расширителя непрерывной продувки парового котла мощностью 10 МВт. Параметры пара – пар насыщенный с давлением 1,3 МПа.

Задание 2. Выполнить расчет теплового баланса дроссельно-регулирующего устройства парового котла мощностью 10 МВт. Параметры пара – пар насыщенный с давлением 1,3 МПа. Деаэратор атмосферного типа. Расход на собственные нужды котельной принять равным 15%.

Вопросы

1. Тепловой расчет схемы для максимального зимнего графика отпуска тепловой энергии.
2. Тепловой расчет схемы для минимального летнего графика отпуска тепловой энергии.
3. Расчет балансов узлов тепловой схемы по уравнениям материального баланса.
4. Расчет балансов узлов тепловой схемы по уравнениям теплового баланса.

Практическое занятие №9.

Разработка расходной части топливно-энергетического баланса

Цель: Разработка расходной части топливно-энергетического баланса

Теоретическая часть

Расходы включают в себя:

- по котельному топливу только технологические нужды на выпуск товарной продукции;

- по тепловой и электрической энергии – общецеховые и общепроизводственные расходы, а также потребление этих энергоресурсов вспомогательными цехами.

Общепроизводственные затраты тепловой и электрической энергии (P^n_o) включают:

- наружное освещение промплощадки предприятия;
- освещение, вентиляцию, отопление, горячее водоснабжение административных помещений, общих складских помещений, центральных лабораторий, а также вспомогательных цехов и столовых буфетов, заводских прачечных, находящихся на территории предприятия (по форме ХХ-СН статья «Прочее производственное потребление»).

Собственные энергозатраты вспомогательных цехов (P^B_o) включают:

- общецеховые затраты (P^B_{oc}) (на освещение, вентиляцию, горячее водоснабжение и т.д.);

- технологические затраты (P^B_T) (сварка, металлообработка, сушка изделий и полуфабрикатов и т.д.).

Собственные энергозатраты основных цехов (P^o_o) включают:

- общецеховые затраты (P^o_{oc}) (на освещение, вентиляцию, горячее водоснабжение и т.д.);

- технологические затраты (P^o_T) – в соответствии с технологической картой (регламентом) производства.

Все виды энергозатрат для нормализованных балансов рассчитываются по утвержденным индивидуальным нормам и нормативам удельных расходов энергоресурсов или проекту, теоретическим расчетам и т.п.

Распределение общепроизводственных затрат энергоресурсов (P^n_o) производится пропорционально доле энергопотребления цеха вспомогательного или основного) в их суммарном энергопотреблении:

$$\Delta^o_o = \frac{P^o_o}{P^B_o + P^o_o} * P^n_o, \quad (1)$$

где Δ^o_o – добавка общепроизводственных расходов к цеховым (для основных цехов);

$$\Delta^B_o = \frac{P^B_o}{P^B_o + P^o_o} * P^n_o, \quad (2)$$

Δ^B_o – добавка общепроизводственных расходов к цеховым (для вспомогательных цехов).

Учитываемый расход энергоресурса составит:

$$P^B_y = P^B_o + \Delta^B_o - \text{для вспомогательных цехов;} \quad (3)$$

$$P^o_y = P^o_o + \Delta^o_o - \text{для основных цехов.} \quad (4)$$

Плановая цеховая энергоемкость продукции (услуг, работ и т.д.) будет:

$$H^B_{ц} = P^B_y : \Pi^B - \text{для вспомогательных цехов;} \quad (5)$$

$$H^o_{ц} = P^o_y : \Pi^o - \text{для основных цехов,} \quad (6)$$

где Π^B и Π^o – планируемые объемы выпуска продукции, услуг, работ и т.д. в соответствующих натуральных или денежных единицах.

Рассчитывается полная («выпускная») энергоемкость для товарной продукции основных цехов. В товарную продукцию может входить как номенклатурная продукция, так и товары народного потребления, а также полуфабрикаты, услуги и изделия вспомогательных цехов, продаваемые на сторону.

Полная энергоемкость включает и энергоемкость полуфабрикатов, услуг и работ вспомогательных цехов, используемых в деятельности основных цехов.

Если объем использованных услуг, полуфабрикатов, работ и т.д. – $\Phi^0_{\text{в}}$, то учитываемые затраты основных цехов по продукции вспомогательных:

$$P^0_{\text{в}} = H^{\text{в}}_{\text{ц}} \times \Phi^0_{\text{в}}, \quad (7)$$

Тогда полные затраты основных цехов:

$$P^0_{\Sigma} = P^0_o + \Delta^0_o + P^0_{\text{в}}, \quad (8)$$

И полная («выпускная») энергоемкость продукции основных цехов:

$$H^0_{\Sigma} = P^0_{\Sigma} : \Pi^0, \quad (9)$$

Вопросы и задания

Определить собственные энергозатраты вспомогательных цехов.

Определить собственные энергозатраты основных цехов.

Вопросы

1. Как распределяются общепроизводственные затраты энергоресурсов по энергопотреблению цеха вспомогательного или основного в их суммарном энергопотреблении.
2. Что включают общепроизводственные затраты тепловой и электрической энергии.

Практическое занятие №10-11.

Анализ расходной части топливно-энергетического баланса

Цель: Количество теплоты, отпускаемой от водогрейной котельной

Теоретическая часть

Количество теплоты, отпускаемой от водогрейной котельной, рассчитывается в зависимости от схемы установки приборов учета.

При установке расходомеров воды на подающем, обратном и подпиточном трубопроводах:

$$Q_{\text{отп}}^{\text{вод}} = N(G_1^{\phi} t_1 - G_2^{\phi} t_2 - G_{\text{пв}}^{\phi} t_{\text{пв}}) 10^{-3}, \text{ ккал} \quad (1)$$

При установке расходомеров воды на подающем и подпиточном трубопроводах:

$$Q_{\text{отп}}^{\text{вод}} = N(G_1^{\phi} (t_1 - t_2) + G_{\text{пв}}^{\phi} (t_2 - t_{\text{пв}})) 10^{-3}, \text{ ккал} \quad (2)$$

При установке расходомеров воды на обратном и подпиточном трубопроводах:

$$Q_{\text{отп}}^{\text{вод}} = N(G_2^{\phi} (t_1 - t_2) + G_{\text{пв}}^{\phi} (t_1 - t_{\text{пв}})) 10^{-3}, \text{ ккал} \quad (3)$$

При установке расходомеров воды на подающем и обратном трубопроводах:

$$Q_{\text{отп}}^{\text{вод}} = N(G_1^{\phi} (t_1 - t_{\text{пв}}) + G_{\text{пв}}^{\phi} (t_2 - t_{\text{пв}})) 10^{-3}, \text{ ккал} \quad (4)$$

где N - число суток отпуска теплоты в отчетном периоде;

Далее все величины - среднесуточные за отчетный период.

D_{ϕ} - фактический среднесуточный отпуск пара котельной, т/сутки; $i_{\text{п}}$ - его теплосодержание, ккал/кг; $G_{\text{к}}^{\phi}$ - среднесуточное количество возвращаемого конденсата, т/сутки; G_1^{ϕ} , G_2^{ϕ} , $G_{\text{пв}}^{\phi}$ - фактические среднесуточные расходы воды по подающему, обратному и подпиточному трубопроводам, т/сутки; t_1 , t_2 , $t_{\text{пв}}$, $t_{\text{к}}$ - температура воды в подающем, обратном, подпиточном и конденсатном трубопроводах.

Вопросы и задания

Дать схему установки приборов учета тепла, отпускаемого водогрейной котельной для случаев 1-4..

Вопросы

1. Как перевести ккал в кДж?
2. Типы расходомеров воды.

Цель работы: Учет выработки (расхода) паровой котельной

Теоретическая часть

Учет выработки (расхода) паровой котельной при отсутствии расходомеров пара можно производить на основе учета расхода подпиточной воды и возвратного конденсата. В этом случае:

$$D_{\phi} = G_{\text{к}}^{\phi} + G_{\text{пв}}^{\phi}, \text{ т/ч} \quad (1)$$

Количество теплоты, отпускаемой от паровой котельной при наличии самопишущих расходомеров, манометров и термометров определяется по формуле:

$$Q_{\text{отп}}^{\text{пар}} = N(D_{\phi} i_{\text{п}} - (G_{\text{к}}^{\phi} t_{\text{к}} - (D_{\phi} - G_{\text{к}}^{\phi}) t_{\text{пв}})) 10^{-3}, \text{ ккал} \quad (2)$$

Вопросы и задания

Дать схему установки приборов учета тепла, отпускаемого паровой котельной.

Вопросы

1. Методы измерения расхода пара.
2. Типы манометров.
3. Методы измерения температуры.

Практическое занятие №12.

Расчет норм и нормативов энергопотребления предприятия

Цель работы: Расчет норм и нормативов энергопотребления предприятия

Теоретическая часть

Годовой расход тепла определяют по формуле:

$$Q_{Г.В.}^{ГОД} = [Q_{ч.СР} \cdot Z_{ОТ} + Q_{ч.СР.Л} \cdot (8400 - Z_{ОТ})] \cdot 10^{-3} \quad ,$$

где $Q_{ч.СР}$ – среднечасовая нагрузка в сутки отопительного периода, кДж/ч;

$$Q_{ч.СР.Л} = Q_{ч.СР} \cdot \frac{t_{Г} - t_{Х.Л}}{t_{Г} - t_{Х.З}} \cdot \beta_{л} \quad - \text{среднечасовая нагрузка в сутки летнего периода;}$$

$\beta_{л} = 0,8$ – коэффициент снижения нагрузки в летний период;

$t_{Х.Л} = +15, t_{Х.З} = +5^{\circ}C$ – температура исходной воды соответственно в летний и зимний период;

8400 – общее число часов работы в году системы горячего водоснабжения, с учетом 15-ти суточного перерыва на профилактику и ремонты.

Годовые расходы тепла технологических потребителей определяются на основании графиков суточной загрузки оборудования и годовой производственной программы.

Вопросы и задания

Рассчитать годовой лимит газообразного топлива котельной в г. Ставрополе мощностью 7,5 МВт.

Вопросы

1. Виды энергетических обследований?
2. Цели и задачи первичного обследования?
3. Какими документами оформляются результаты энергетического обследования?
4. Указать основные разделы отчета по энергетическому обследованию. Кто утверждает отчет?

Практическое занятие №13-14.

Приборное обеспечение энергоаудита, технические измерения.

Цель: Изучение методики проведения измерений

Реальная картина энергопотребления невозможна без приборного учета, так как это основной орган соединяющий заказчика с энергосберегающей организацией, выявляющий возможности энергосбережения.

Основой приборного учета следует считать штатные приборы, установленные на объекте. К измерениям приборами энергоаудиторской лаборатории следует прибегать после анализа расчетно-нормативной и проектной документации, чтобы получить представление о характере и порядке измеряемых величин, их полноте представления в следующих случаях:

- при возникших разногласиях между энергоснабжающей и энергопотребляющей организациями;
- при отсутствии приборов учета или недоступности к ним по каким-то причинам;
- при сомнении в надежности показаний штатными приборами;
- при необходимости сбора измерительной информации за определенный срок для последующего анализа.

При проведении инструментального энергоаудита используются как статические, так и динамические модели процессов и объектов. И если в первом случае мы получаем достаточно надежную информацию за достаточно короткий срок, то при использовании динамических моделей (в частности – мониторинга) необходимо проводить длительные измерения, для чего применяются измерительные регистраторы (цифровые измерители-регистраторы (накопители данных)) и анализаторы (персональные компьютеры промышленного стандарта и соответствующая периферия). В основном при инструментальном энергоаудите применяются **цифровые средства измерения**.

В связи со специфическими условиями эксплуатации измерительных приборов для энергоаудита (передвижной характер работы энергоаудитора, ограниченная доступность объектов измерения, невозможность перерывов в работе энергетического оборудования и др.) они должны удовлетворять следующим требованиям: компактность и небольшой вес; удобство калибровки и настройки; возможность монтажа в технологическую схему без нарушения ритма производственного процесса; высокий класс защиты от внешних воздействий: влаги, пыли, вибрации, ударов и т.п.; широкий диапазон измерений; возможность хранения, передачи и обработки измерительной информации.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Средствами измерений называют технические средства, используемые при измерениях и имеющие нормируемые метрологические характеристики, оказывающие влияние на результаты и погрешности измерений.

Основными видами средств измерений являются:

меры, предназначенные для воспроизведения физической величины заданного размера (разновесы, линейки, штангенциркули, метры);

измерительные приборы, предназначенные для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия (манометры, термометры, потенциометры, логометры, μV и т. п.);

измерительные преобразователи, предназначенные для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, преобразования, обработки и хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию (термопары, термометры сопротивления, сужающие устройства);

измерительные устройства, состоящие из измерительных приборов и измерительных преобразователей.

Методы измерений

Метод измерений – это совокупность приемов использования принципов и средств измерений.

Метод противопоставления – метод измерения, при котором измеряемая величина и величина воспроизводимая мерой, одновременно воздействуют на измерительное устройство сравнения, с помощью которого устанавливается соотношение между этими величинами. Например, измерение длины линейкой, объема жидкости мерным сосудом.

Метод совпадений (метод нониуса) – метод сравнения с мерой, при котором разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, измеряется с использованием отметок шкал. Этот метод используется, когда ступени (кванты) деления меры велики для измерения величины X с требуемой точностью).

Нулевой метод (метод уравнивания) – метод, при котором применяется однозначная регулируемая мера и одно измерительное устройство сравнения, которое фиксирует равенство измеряемой меры x и регулируемой меры x_k , т. е. $\Delta x = x - x_k \leq \Delta x_0$, где Δx_0 – минимальная степень меры.

Дифференциальный (разностный) метод – измеряемая величина измеряется по частям.

Метод градуировки – выполняется в два этапа: сначала градуируется (калибруется) шкала, а затем производится измерение.

Метод замещения – производится в 2 этапа. Например, настройка по стандартным размерам.

Классификация измерительных приборов

Измерительные приборы, показания которых являются *непрерывной функцией* измеряемой величины, называют **аналоговыми**.

Если показания прибора о измерительной информации представлены в дискретной (цифровой) форме, то прибор называется **цифровым**.

Измерительный прибор, допускающий только отсчитывание показаний, называется **показывающим**.

Измерительный прибор, в котором предусмотрена запись показаний, называется **регистрирующим (рисунок 1)**.

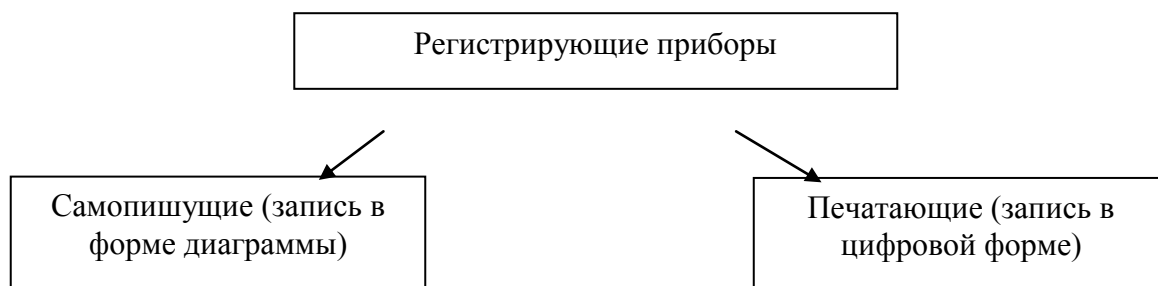


Рисунок 1

Сигнализирующие приборы – предназначены для выработки сигнала о предельных значениях измеряемой величины.

Измерительный прибор, в котором измерительная информация передаётся *в одном направлении*, называется прибором *прямого* действия. В системах регулирования – с обратной связью.

Измерительный прибор, в котором измеряемая величина подвергается *интегрированию по времени (суммированию)*, называется **интегрирующим**.

Классификация измерительных преобразователей

Первичный преобразователь (датчик) – преобразователь, к которому подводится измеряемая величина (термопара, сужающее устройство, термометр сопротивления и т. п.)

Передающий преобразователь – преобразователь предназначенный для дистанционной передачи сигнала измерительной информации.

Масштабный преобразователь – предназначен для изменения величины в заданное число раз. (Например, трансформатор тока, делитель напряжения, измерительный усилитель и т. п.)

Классификация измерительных устройств

1. Первичные приборы (с отчетными устройствами и без них).
2. Промежуточные приборы, снабжённые передающими преобразователями.
3. Вторичные приборы.

Оценка и учёт погрешностей при технических измерениях

Под техническими измерениями понимают измерение практически постоянных (статических) величин, выполняемые **однократно** (т. к. случайные погрешности не являются определяющими) с помощью **рабочих** средств измерений, точность которых оценивается предельной погрешностью:

$$\Delta_{\max} = \pm(\Delta + \Delta_m), \quad (1)$$

где Δ – пределы основной допускаемой погрешности;

Δ_m – методическая погрешность, равная сумме погрешностей отдельных измерений.

К техническим измерениям относятся и оперативный контроль и сигнализация.

Таким образом, оценка точности технических измерений не производится, а измерительная информация принимается за действительную.

Метрологические характеристики технических средств измерений должны удовлетворять необходимым требованиям, по точности подтверждаемым периодической госповеркой.

Общие сведения о динамических характеристиках средств измерений

Ранее говорилось об измерении статических характеристик. Подробно исследования динамических характеристик систем измерения и автоматического регулирования рассматривался в курсе «Автоматическое регулирование».

Для количественной оценки абсолютной динамической погрешности (Δy) необходимо знать:

- 1) закон изменения входной величины $x(t)$;
- 2) закон изменения выходной величины $y(t)$, который зависит не только от вида входной величины, но и от динамических характеристик средства измерений.

На рисунке 2 показаны примеры таких зависимостей.

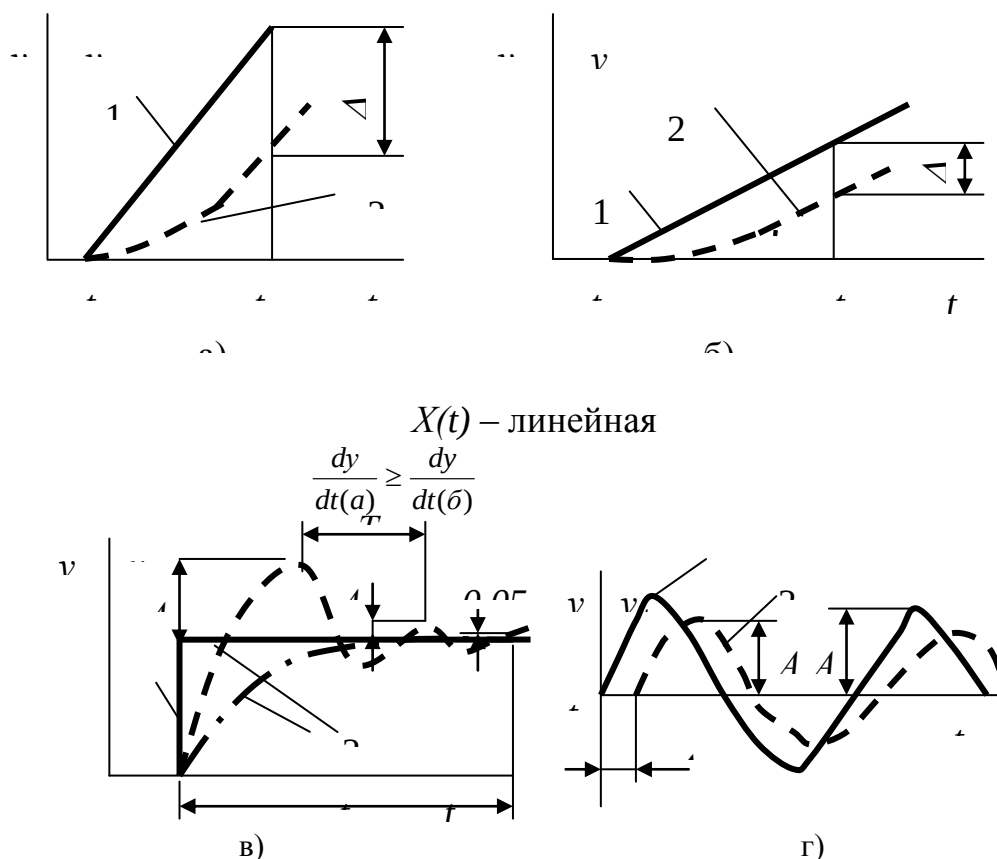


Рисунок 2:

1 – выходная величина идеального прибора $y(t) = kx(t)$;

2 – выходная величина реального прибора $y(t)$.

В справочниках приводятся стандартные входные функции и выходные характеристики приборов.

Параметры, характеризующие динамические свойства средства измерения:

1. Время установления показаний (переходного процесса) $t_{y.n.}$, когда $y(t) = y_y \pm 0,05y_y$ (рисунок 3.4в).

2. Длительность периода колебаний T .

3. Первый выброс выходной величины $Y_1 = A_1 / X_N$.

4. Степень затухания $\psi = 1 - A_3 / A_1$ и др.

Вопросы и задания

1. Классификация средств измерения.

2. Определить коэффициент затухания колебаний прибора, если амплитуда первого выброса $A_1=300$ В, а третьего – $A_3=3$ В.

3. Определить коэффициент затухания колебаний прибора, если амплитуда первого выброса $A_1=500$ мВ, а третьего – $A_3=10$ мВ.

4. Сколько раз необходимо выполнить техническое измерение?

5. Как будет представлен результат измерения, если считанное с прибора значение – 10 кВт; допускаемая основная погрешность прибора – 0,1 кВт; методическая погрешность – 0,2 кВт.

6. Определить согласованность шкалы прибора, если его допускаемая основная погрешность выражается $\Delta = \pm(0,001 + 0,0005 N)$ В, для значения $N=300$ В. Цена деления шкалы 5 В

Практическое занятие №15-16.

Разработка энергосберегающих мероприятий

Цель: Оценка энергосберегающих мероприятий

Теоретическая часть

Разработанные мероприятия рекомендуется приводить в порядке возрастания их стоимости:

- 1) беззатратные мероприятия (управленческие):
 - повышение сознательности и ответственности работников;
 - изменение графика работы и т.п.
- 2) низкзатратные мероприятия (системное решение):
 - установка контрольного оборудования.
- 3) высокзатратные мероприятия (технические решения):
 - модификация оборудования и сетей;
 - замена морально и физически изношенного оборудования на современное энергоэффективное.

Вопросы и задания

Совершенствование систем отопления

Повышение требований к тепловому комфорту вызывают необходимость совершенствования систем отопления. Для этого разделяют систему на пофасадные части с целью оснащения приборами автоматического регулирования; устанавливают элеваторы с регулируемым соплом или с регулируемым смесительным насосом; применяют системы отопления с другими устройствами.

Системы отопления с индивидуальным вводом и поквартирным учетом тепла (с индивидуальным тепловым пунктом ИТП)

Для этой цели применяют горизонтальные двухтрубные поквартирные разводки (рисунок 1), однако их использование ограничено: для систем с верхней разводкой и естественной циркуляцией – радиусом действия, не более 15 м, а применение насосных горизонтальных двухтрубных систем советуют избегать, или выполнять их с попутным движением теплоносителя в трубах, из-за сложности увязки гидравлических сопротивлений в различных циркуляционных кольцах.

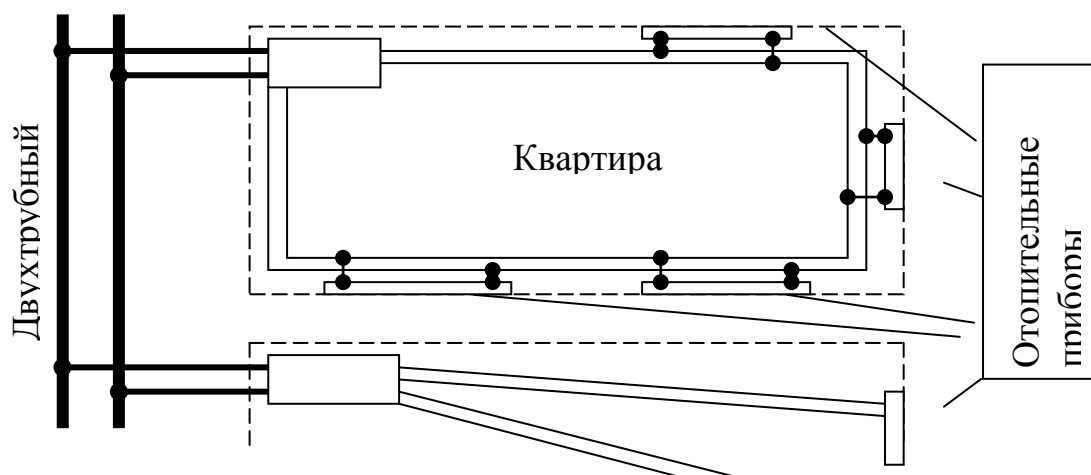


Рисунок 1

Двухтрубная система водяного отопления с повышенной тепловой устойчивостью

Тепловой комфорт в помещениях (и соответственно экономия тепла) может быть достигнут при независимой подаче воды в каждый прибор поэтому двухтрубные системы более предпочтительны, однако двухтрубные системы были заменены одноконтурными в целях экономии металла, в связи с большой унификацией и улучшенных заготовительно-монтажных показателей. Кроме этого была достигнута более высокая гидравлическая устойчивость.

Для доведения показателей двухконтурной системы до показателей одноконтурной, необходимо повысить потери давления в подводках в отопительных приборах, путем установки кранов КРП. При этом стояки можно выполнять из труб малого диаметра по всей высоте стояков (до 5 этажей) и составными из двух калибров труб – до 8 этажей.

Одноконтурная система водяного отопления с термосифонными отопительными приборами

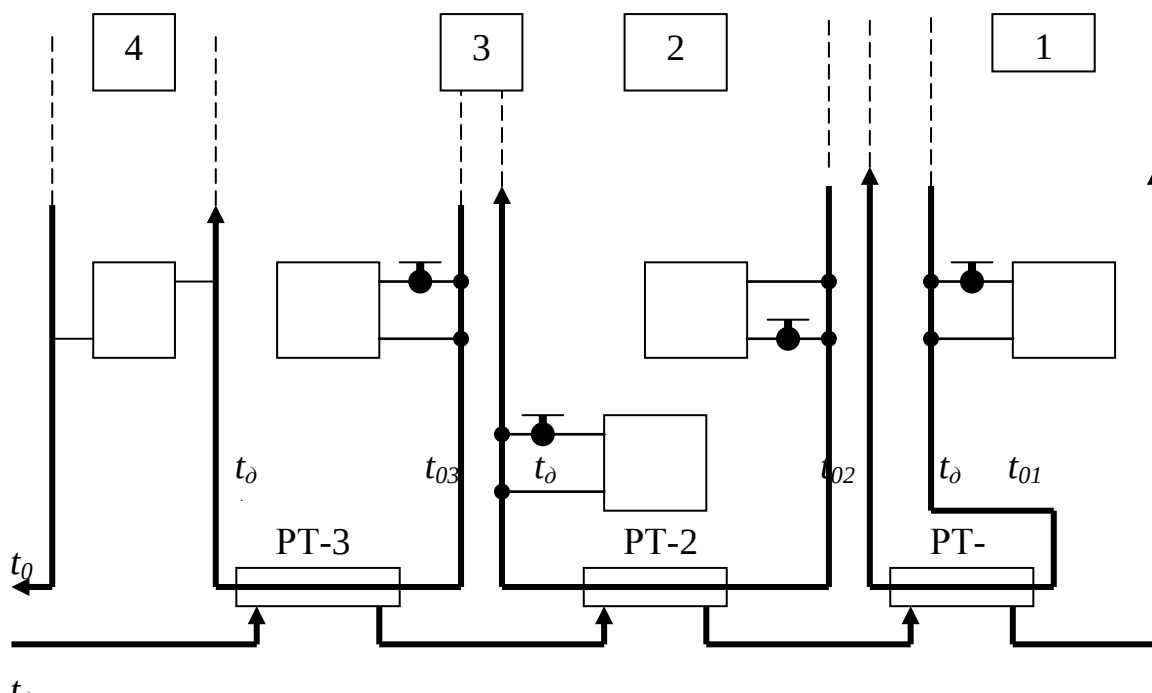
Такие системы применяются для отопления высотных домов. Эти приборы используют промежуточный теплоноситель с фазовыми переходами.

Отопление со ступенчатой регенерацией теплоты (Гершкович В. Ф. Отопление со ступенчатой регенерацией теплоты. – Киев: Будивэльник, 1989. – 176 с.)

В отличие от традиционных отопительных систем с рециркуляцией теплоносителя, к которым относятся системы с подмешиванием воды из обратного трубопровода, осуществляемым при помощи водоструйных или механических насосов, в системах со ступенчатой регенерацией теплоты (СРТ) приготовление воды нужной температуры происходит в результате теплообмена между потоками теплоносителя.

Принципиальная схема системы СРТ показана на рисунке 8.4, а на рисунок 8.5 показан процесс ступенчатой регенерации теплоты в диаграмме $I-Q$ и его сравнение с прямоточной системой отопления с рециркуляцией.

На рисунке 2 показаны 4 подсистемы с различным подключением отопительных приборов.



РТ – рекуперационные теплообменники

Рисунок 2

Если теплоноситель подается в прямоточную систему отопления с энтальпией I_1 , то после того, как от него отбирается тепловая энергия Q , его энтальпия равна I_0 . Процесс охлаждения изображается линией 1-0. Тогда расход теплоносителя:

$$G = \frac{Q}{I_1 - I_0} = \operatorname{ctg} \alpha.$$

В системах с рециркуляцией теплоты потенциал воды снижается из-за санитарных норм и этот процесс изобразится линией 1-3-0. Причем точка 3 определяется из соотношения:

$$\operatorname{tg} = I_3 / C.$$

Расход смешанной воды увеличится, и будет определяться на диаграмме величиной $\operatorname{ctg} \beta$.

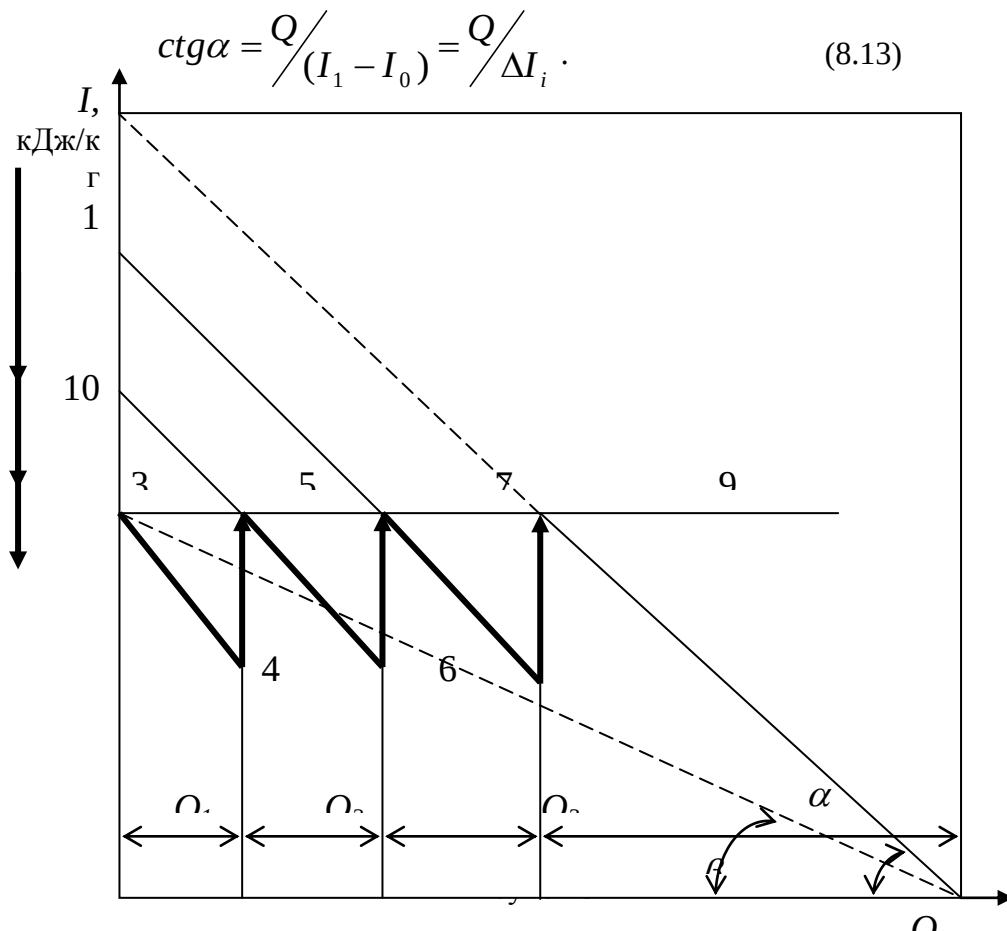
$$\operatorname{ctg} \beta = G_{см} = Q / (I_3 - I_0).$$

Сравнивая линии 1-0 и 3-0 видим, что в первом случае средняя температура теплоносителя выше, чем во втором. А это, как известно, приводит к снижению теплоотдачи приборов и увеличению расходов материалов на трубы, т. к. $G < G_{см}$.

Однако можно поднять среднюю температуру теплоносителя в системе, не превышая t_d , если осуществить процесс по линии 1-3-4-5-6-7-8-9-0, таким образом, чтобы по линиям 4-5, 6-7, 8-9, происходил подогрев с восстановлением температуры t_d .

Отбор теплоты для указанного подогрева происходит по линии 1-10-11-3.

Расход теплоносителя во всех подсистемах одинаков, поэтому угол наклона всех линий охлаждения одинаков:



Для расчетов системы СРТ используют понятие удельной мощности подсистемы:

$$q_i = Q_i / Q.$$

Величиной Q_i определяются температурные границы подсистемы:

$$\Delta t_i = q_i(t_1 - t_0); \quad \Delta I_i = q_i(I_1 - I_0).$$

Разработать мероприятия по модификации оборудования тепловых сетей.

Вопросы

1. Виды контрольного оборудования
2. Моральный и физический износ оборудования.

Тема 8. Оценка эффективности инвестиционных проектов

Практическое занятие № 17-18.

Расчет показателей мероприятий по энергосбережению

Цель: Изучение методики расчета показателей мероприятий по энергосбережению

Теоретическая часть

1. Срок окупаемости (PB), рассчитываемый как простое отношение капиталовложений I_0 к годовому экономическому эффекту B_0 ($B_0 = R_0 - Z_0$),

$$PB = I_0 / B_0,$$

и может служить в качестве первой самой грубой оценки рентабельности проекта.

2. Чистый дисконтированный доход (NPV) – превышение интегральных (за расчетный период времени) дисконтированных результатов над интегральными дисконтированными затратами, обусловленными реализацией инвестиционного проекта

$$NPV = \sum (R_t - Z_t) \alpha_t - I_0,$$

где R_t – финансовый результат на t -ом шаге;

Z_t – затраты на t -ом шаге за исключением капиталовложений (в частности эксплуатационные затраты);

I_0 – сумма дисконтированных (если они распределены во времени) капиталовложений.

3. Индекс прибыльности (PI) (доходности инвестиций) – отношение интегральных дисконтированных доходов к интегральным дисконтированным капиталовложениям

$$PI = \frac{\sum (R_t - Z_t) \alpha_t}{I_0},$$

4. Внутренняя норма прибыли (IRR) (синонимы – внутренняя норма рентабельности, внутренняя норма доходности) – норма дисконтирования, обращающая в нуль величину интегрального экономического эффекта (или обеспечивающая равенство интегральных дисконтированных капиталовложений и доходов).

5. Время выплаты (PO) (синоним – период возмещения) – минимальный период времени, в течении которого интегральный экономический эффект становится положительным (или интегральные дисконтированные капиталовложения возмещаются интегральными дисконтированными доходами от реализации проекта)

$$\sum_{t=0}^T I_t * \alpha_t \leq \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t) * \alpha_t$$

4. Отчет о движении наличности (Cashflow). Отчет о движении наличности включает в себя временной график баланса наличности по проекту и временной график накопленной чистой прибыли, представляется в виде таблицы или графика.

Рассчитывается движение наличности следующим образом:

$$CF_t = R_t - Z_t - T_t + CF_{t-1},$$

где R_t – поступления на шаге t ;

Z_t – расходы на шаге t ;

T_t – выплата налогов на шаге t ;

CF_{t-1} – наличность за предыдущий период.

Вопросы и задания

Задание 1. Выполнить оценку эффективности инвестиционного энергосберегающего проекта по следующим данным:

Расчетный срок эксплуатации оборудования для всех проектов составляет 5 лет.

Ежегодные затраты на эксплуатацию для всех проектов – 100 000 руб.

Банковский кредит принять по ставке центробанка на данный период.

Инфляцию принять по официальным данным на текущий период.

Инвестиции, 2000 тыс. руб.

Годовой экономический эффект от внедрения, 800 тыс. руб.

Вопросы

1. Как определяется изменение денежных потоков обусловленное проектом.
2. Как определяется ставка дисконтирования
3. Как определяется текущая стоимость.
4. Как определяется срок окупаемости.
5. Как определяется чистый дисконтированный доход.
6. Как определяется индекс прибыльности.
7. Как определяется внутренняя норма прибыли.
8. Как определяется время выплаты.
9. Как составляется отчет о движении наличности.

Список рекомендуемой литературы

1. Перечень основной литературы:
 1. Котомкин, В. Н. Энергоаудит. Разработка энергосберегающих проектов для зданий / В. Н. Котомкин. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 288 с.
 2. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях : учебник / А. Б. Гаряев, И. В. Яковлев, А. В. Клименко [и др.]. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : НИУ МЭИ, 2021. — 504 с.
2. Перечень дополнительной литературы:
 1. Крылов, Д. В. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии. Методика энергетического обследования предприятий и организаций, потребляющих энергоресурсы : учебное пособие / Д. В. Крылов, С. И. Степанов. — Санкт-Петербург : ПГУПС, 2022. — 39 с
 2. Малышев, В. С. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии. Холод и энергосбережение / В. С. Малышев, С. П. Пантеев. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 96 с.
 3. Филин, Ю. И. Энергосбережение и энергоаудит : учебно-методическое пособие / Ю. И. Филин. — Брянск : Брянский ГАУ, 2023. — 54 с.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к расчетно-графической работе

по дисциплине «Энергоаудит»

по направлению 08.04.01 «Строительство»

**направленность (профиль) «Теплогазоснабжение населенных мест
и предприятий»**

Содержание

1. Цели и задачи расчетно-графической работы
2. Задание на расчетно-графическую работу и ее объем
3. Указания к выполнению
4. Порядок защиты и ответственность студента за выполнение задания
5. Список рекомендуемой литературы

Введение

Целью изучения дисциплины «Энергоаудит» является формирование компетенций ПК-2, ПК-3 будущего магистра по направлению подготовки 08.04.01 Строительство, направленность (профиль) Теплогазоснабжение населенных мест и предприятий.

Задачами дисциплины являются получение знаний об основных методах энергоаудита, мероприятиях по энергосбережению, оценке их энергетического потенциала.

В методических указаниях к выполнению расчетно-графических работ по дисциплине «Энергоаудит» для студентов магистратуры по направлению 08.04.01 «Строительство» по магистерской программе «Теплогазоснабжение населенных мест и предприятий» приведены исходные данные и рекомендации по расчету теплотерь в трубопроводах. Методические указания могут быть использованы для практических расчетов в инженерной практике.

По дисциплине «Энергоаудит» студенты магистратуры по направлению 08.04.01 «Строительство» по магистерской программе «Теплогазоснабжение населенных мест и предприятий» должен изучить основные мероприятия по экономии тепловой энергии.

Изучение курса «Энергоаудит» предусматривает усвоение теоретической части и практических материалов, приобретение навыков по решению задач энергоаудита, что необходимо для успешного применения при проектировании и эксплуатации систем теплогазоснабжения и вентиляции.

Методические указания выполнены согласно программе по дисциплине «Энергоаудит».

1. Цели и задачи расчетно-графической работы

Одним из видов самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины «Энергоаудит» является выполнение расчетно-графической работы.

Цель выполнения расчетно-графической работы:

- систематизация и закрепление изучаемого материала;
- увязка теоретических основ дисциплины с решением практических задач;
- формирование умения сделать оценку теоретических положений и использовать их в инженерной деятельности;
- приобретение умений практического принятия инженерных решений.

Подбор и изучение необходимого материала, самостоятельное выполнение расчетно-графической работы позволит студенту в большей степени подготовиться к принятию инженерных решений.

2. Задание на расчетно-графическую работу и ее объем

2.1 Задание

Задание №1. Определить потери тепла неизолированного паропровода диаметром 80 мм, длиной 1 м. на открытом воздухе при наружной температуре $t_a = -25^\circ \text{C}$ и скорости ветра $w = 4 \text{ м/сек.}$

Температура теплоносителя $t_{\text{т.д.с.}} = 190^\circ \text{C}$.

Задание №2. Определить потери тепла неизолированным паропроводом, указанным в примере №1, проложенном в помещении при температуре воздуха в помещении $t_a = +25^\circ \text{C}$. Соответствует ли она нормативу? (См. табл.1.)

Задание №3. . Определить потери тепла неизолированным паропроводом, указанным в примере №1, проложенном в грунте.

Температура грунта $t_{\text{гр}} = +5^\circ \text{C}$. Глубина заложения паропровода $a = 0,5 \text{ м}$.

Нарисуйте схему температурного поля паропровода в грунте.

2.2 Состав РГР

РГР состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части.

2.2.1 Расчетно-пояснительная записка

- введение;
- определение потерь тепла неизолированного паропровода на открытом воздухе;
- определение потерь тепла неизолированного паропровода проложенном в помещении;
- определение потерь тепла неизолированного паропровода проложенном в грунте;

Объем расчетно-пояснительной записки 5-10 листов

2.2.2 Графическая часть

Графическая часть выполняется на листе формата А4.

2.2.3 Требования к оформлению

В ходе выполнения РГР необходимо выполнить следующие требования:

- выписать текст задания и исходные данные для расчета;
- решения сопровождать кратким пояснительным тестом, в котором указывать, какая величина определяется и по какой формуле, какие величины подставляются в формулу и откуда они взяты;
- вычисления производить в системе СИ, если это не оговорено особо;
- РГР оформлять на листах формата А4;
- В конце работы привести список используемой литературы;
- Оформленная РГР должна иметь титульный лист и скреплена;

3. Указания к выполнению

Экономия тепловой энергии при проведении теплоизоляционных работ.

1. Тепловой изоляцией должны покрываться все объекты с температурой теплоносителя свыше 45°C .

2. Количество тепловой энергии, теряемой в окружающую среду неизолированной нагретой поверхностью, определяется по формулам:

для плоских поверхностей:

$$Q' = f(t_{i\partial\partial} - t_a)H, \text{Вт (ккал/час)}, \quad (1)$$

для трубопроводов:

$$Q'' = \pi \cdot d \cdot a(t_{i\partial\partial} - t_a) \cdot L, \text{Вт (ккал/час)}, \quad (2)$$

где:

a - суммарный коэффициент теплоотдачи, $\frac{\hat{A}_o}{i^2 \cdot \hat{E}}$ (ккал/ i^2 час.гр.)

$t_{i\partial\partial}$ - средняя температура наружной поверхности, гр.

t_a - средняя температура окружающего воздуха, гр.

$\hat{I}$ - поверхность, i^2

L - длина трубопровода, i .

Для приближенных расчетов a для нагретой поверхности, находящейся в помещении, подсчитывается по формуле:

для плоских поверхностей:

$$a = 8.4 - 0.06 \cdot (t_{i\partial\partial} - t_a), \quad \frac{\hat{A}_o}{i^2 \cdot \hat{E}} \text{ (ккал/} i^2 \text{ час. гр.)} \quad (3)$$

для цилиндрических поверхностей диаметром до 2 м.

$$a = 8.1 - .045(t_{i\partial\partial} - t_a), \quad \frac{\hat{A}_o}{i^2 \cdot \hat{E}} \text{ (ккал/} i^2 \text{ час. гр.)} \quad (4)$$

для объектов, находящихся на открытом воздухе:

$$\dot{a} = 10 + 6\sqrt{\omega_a}, \quad \frac{\hat{A}_o}{i^2 \cdot \hat{E}} \text{ (ккал/} i^2 \text{ час. гр.)} \quad (5)$$

ω_a - скорость ветра, м/сек.

3. Потери тепла неизолированной трубой в грунте определяются по формуле:

$$Q = \frac{2\pi(t_{i\partial\partial} - t_{\partial\partial})\lambda_{\partial\partial}}{\ln \frac{2a}{r}}, \quad \frac{\hat{A}_o}{i} \text{ (ккал/} i \text{ час)}, \quad (6)$$

где:

$\lambda_{\text{г}}$ -коэффициент теплопроводности грунта, $\frac{\hat{A}_0}{i \cdot \hat{E}}$ (ккал/и час.гр.),

Для влажных грунтов можно принимать $\lambda=1.5$, для грунтов средней влажности $\lambda=1.0$ и для сухих грунтов $\lambda=0.5$.

$t_{\text{г}}$ -температура грунта, гр.

r -радиус поверхности трубы, соприкасающейся с грунтом, м.

a -глубина заложения оси теплопровода от поверхности земли, м.

4.Порядок защиты и ответственность студента за выполнение задания

Выполненная расчетно-графическая работа проверяется руководителем, который дает допуск к защите или возвращает ее на доработку. При подготовке к защите расчетно-графической работы студент обязан повторить теоретический материал дисциплины и подготовить доклад по материалу расчетно-графической работы. В докладе следует изложить сущность работы, методы решения задач, наиболее важные результаты и выводы по расчетно-графической работе. После доклада студенту могут быть заданы вопросы, как по содержанию проекта, так и по курсу в целом.

Оценка уровня выполнения расчетно-графической работы, а также степени усвоения теоретического материала производится преподавателем-руководителем расчетно-графической работы

Результаты защиты оцениваются – зачтено или не зачтено.

5.Список рекомендуемой литературы

1. Перечень основной литературы:
3. Котомкин, В. Н. Энергоаудит. Разработка энергосберегающих проектов для зданий / В. Н. Котомкин. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 288 с.
4. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях : учебник / А. Б. Гаряев, И. В. Яковлев, А. В. Клименко [и др.]. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : НИУ МЭИ, 2021. — 504 с.
2. Перечень дополнительной литературы:
4. Крылов, Д. В. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии. Методика энергетического обследования предприятий и организаций, потребляющих энергоресурсы : учебное пособие / Д. В. Крылов, С. И. Степанов. — Санкт-Петербург : ПГУПС, 2022. — 39 с
5. Малышев, В. С. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии. Холод и энергосбережение / В. С. Малышев, С. П. Пантеев. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 96 с.
6. Филин, Ю. И. Энергосбережение и энергоаудит : учебно-методическое пособие / Ю. И. Филин. — Брянск : Брянский ГАУ, 2023. — 54 с.

Таблица №1. Нормы тепловых потерь

Наружн. диаметр	Температура теплоносителя, °C							
	50	75	100	150	200	250	300	350
неизоли- рованных труб								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	7	12	18	30	41	53	61	76
20	10	16	23	37	50	64	77	90
32	12	20	28	43	58	74	90	105
48	13	22	31	49	65	84	102	119
57	14	23	32	53	70	90	108	127
76	15	25	37	58	78	99	120	141
89	16	27	39	62	82	105	126	149
108	22	34	45	68	90	113	137	160
133	27	40	53	76	101	120	152	176
159	31	45	60	84	112	140	166	192
194	35	50	66	93	124	153	182	212
219	38	52	70	100	132	165	196	227
273	42	59	78	111	146	183	218	253
325	45	65	85	122	160	200	240	278
377	50	70	92	131	175	218	260	300
426	53	75	98	140	190	235	280	322
478	60	83	109	155	205	253	303	340
529	66	90	120	170	220	270	325	375
630	82	110	140	195	253	310	370	425
720	95	125	160	220	280	340	405	470
820	110	145	180	250	315	380	445	515
920	135	165	205	275	345	415	480	555
1020	150	190	225	300	370	450	525	600
1420	210	260	300	400	500	585	680	780
1820	265	320	370	490	600	720	830	940
2000	290	355	410	540	660	780	900	1030
плоская поверх- ность	50	58	65	80	95	109	124	138

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**по организации и проведению самостоятельной
работы по дисциплине «Энергоаудит»**

по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство»

**направленность (профиль) «Теплогазоснабжение населенных мест и
предприятий»**

Содержание

Введение

1. Общая характеристика самостоятельной работы обучающегося при изучении дисциплины
2. План-график выполнения самостоятельной работы
3. Контрольные точки и виды отчетности по ним
4. Методические рекомендации по изучению теоретического материала
5. Методические указания для обучающихся по освоению учебной дисциплины
6. Список рекомендуемой литературы

Введение

Дисциплина «Энергоаудит» осваивается студентами в объеме 108 часов. Часть этого времени отводится на аудиторные формы работы (лекционные, практические занятия), которые организуются непосредственно преподавателем. Часть установленных стандартом часов отводится для самостоятельной, или внеаудиторной, работы студентов и предназначена для подготовки к сдаче экзамена.

Дисциплина «Энергоаудит» относится к вариативной части основной профессиональной образовательной программы высшего образования Б1.В.07.

Самостоятельная работа студентов – самостоятельная учебная деятельность студента, организуемая и осуществляемая без непосредственного руководства преподавателя, но по его заданиям и под его контролем.

Цель организации самостоятельной работы по дисциплине «Энергоаудит» состоит в создании условий (ресурсов) для выполнения определённых видов самостоятельной работы, обеспечивающих формирование компонентов заданных дисциплинарных компетенций ПК-2, ПК-3.

Указанная цель может быть реализована выполнением следующих задач:

- проектирование структуры самостоятельной работы по видам и формам выполнения;
- проектирование компонентной структуры заданных дисциплинарных компетенций, формируемых при выполнении видов самостоятельной работы;
- распределение компонентов заданных дисциплинарных компетенций по формам самостоятельной работы;
- определение требований к образовательным технологиям, используемым при выполнении видов самостоятельной работы;
- определение требований к основным видам выполнения самостоятельной работы.

1. Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины

Самостоятельная работа является одним из видов учебной деятельности обучающихся, способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности обучающихся: творческой инициативы, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развития исследовательских умений.

При изучении дисциплины «Энергоаудит» предусмотрены следующие виды самостоятельной работы:

1. Самостоятельное изучение теоретического материала;
2. Подготовка к лекционным занятиям;
3. Подготовка к практическим занятиям;
4. Выполнение расчетно-графической работы.

2. План-график выполнения самостоятельной работы

Код реализуемой компетенции	Вид деятельности студентов	Форма контроля	Сроки выполнения
2 курс			
ПК-2, ПК-3	Изучение литературы по темам дисциплины	Конспект Собеседование	Еженедельно
ПК-2, ПК-3	Подготовка к лекциям	Конспект Собеседование	Еженедельно
ПК-2, ПК-3	Подготовка к практическим занятиям	Отчет по практическим занятиям Собеседование	Еженедельно
ПК-2, ПК-3	Выполнение РГР	Защита РГР	16-17 неделя

3. Контрольные точки и виды отчетности по ним

Рейтинговая система е предусмотрена

4. Методические рекомендации по изучению теоретического материала

При изучении дисциплины «Энергоаудит» учебным планом предусмотрены аудиторные занятия (лекции и практические), а также самостоятельная работа студентов (СРС) по изучению основной и дополнительной литературы.

Основными формами работы и контроля СРС в данной дисциплине является самостоятельное изучение основного и дополнительного теоретического материала по темам, представленным в рабочей программе дисциплины. Отчет по данной форме контроля представляется в форме конспекта. Данное мероприятие сочетает письменную и устную формы деятельности студента; выявляет аналитические умения, навыки выделения смысловых центров текста.

Оценка знаний с помощью собеседования

Проверка знаний материала лекционных и практических занятий проводится в виде собеседования. Предполагается, что отдельные вопросы тем дисциплины изучаются студентами самостоятельно. Знания указанных вопросов проверяется наличием конспектов, отчетов по практическим занятиям и собеседованием. Ниже приведены вопросы для собеседования по темам дисциплины «Энергоаудит».

Вопросы для собеседования

по дисциплине «Энергоаудит»:

Базовый уровень

1. Как определяется расчетный расход топлива?
2. Как определить энтальпию питательной воды?
3. Как определить энтальпию котловой воды?
4. Определение КПД теплогенератора по прямому балансу
5. Определение КПД теплогенератора по обратному балансу
6. Характеристика тепловых потерь теплогенератора
7. Поправочный коэффициент, учитывающий действительное значение расчетной температуры наружного воздуха
8. Коэффициент инфильтрации
9. Тепловой расчет схемы для максимального зимнего графика отпуска тепловой энергии.
10. Тепловой расчет схемы для минимального летнего графика отпуска тепловой энергии.
11. Расчет балансов узлов тепловой схемы по уравнениям материального баланса.
12. Расчет балансов узлов тепловой схемы по уравнениям теплового баланса.

13. Как определяется ставка дисконтирования
14. Как определяется текущая стоимость.
15. Как определяется срок окупаемости.
16. Как определяется чистый дисконтированный доход.
17. Как определяется индекс прибыльности.
18. Как определяется внутренняя норма прибыли.
19. Как определяется время выплаты.
20. Как составляется отчет о движении наличности.

Повышенный уровень

1. Назначение непрерывной продувки теплогенератора?
2. Назначение периодической продувки теплогенератора?
3. Коэффициент часовой неравномерности потребления горячей воды
4. Как определяется изменение денежных потоков обусловленное проектом.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя: беседу с преподавателем на темы изучаемой дисциплины в виде собеседования.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить компетенции: ПК-2, ПК-3. Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо изучить лекционный материал, материалы практических занятий, а также вопросы, выносимые на самостоятельное изучение.

Данное оценочное мероприятия проводится на практических занятии на основании материалов и знаний, полученных на лекциях, а также при изучении основной и дополнительной литературы. Для подготовки к данному оценочному мероприятию студенту необходимо подготовить устные ответы на вопросы собеседования, либо законспектировать данные ответы в тетрадь. При подготовке к испытанию студенту предоставляется право пользоваться своими конспектами.

При проверке задания, оцениваются полнота раскрытия проблемы, использование различных источников информации, четкость изложения ответа.

При проверке задания, оцениваются:

- правильность ответов;
- чёткое знание терминологии;
- умение грамотно, четко и последовательно излагать материал;
- использование дополнительной литературы при подготовке;
- умение анализировать теоретический материал и сопоставлять его с практикой;
- умение приводить конкретные примеры.

Критерии оценивания компетенций

Оценка «**отлично**» выставляется студенту, если студент дал полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, при этом показана совокупность осознанных знаний по теме дисциплины, доказательно раскрыты основные положения вопроса; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий. Ответ изложен литературным языком с использованием технической терминологии. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно в процессе ответа.

Оценка «**хорошо**» выставляется студенту, если студент дал полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, при этом показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен литературным языком с использованием технической терминологии. Могут быть допущены 2-3 неточности или незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью преподавателя.

Оценка «**удовлетворительно**» выставляется студенту, если студент дал недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Студент не

способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть значение обобщенных знаний не показано. Речевое оформление требует поправок, коррекции.

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется студенту, если ответ представляет собой разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь обсуждаемого вопроса с другими вопросами темы. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная, терминология не используется. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента, или ответ на вопрос полностью отсутствует или студент отказался от ответа.

5. Методические указания для обучающихся по освоению учебной дисциплины

На первом этапе необходимо ознакомиться с рабочей программой дисциплины, в которой рассмотрено содержание тем практических занятий, темы и виды самостоятельной работы. По каждому виду самостоятельной работы предусмотрены определённые формы отчетности.

Для успешного освоения дисциплины, необходимо выполнить следующие виды самостоятельной работы, используя рекомендуемые источники информации, которые приведены в конце методических указаний.

п/п	Виды самостоятельной работы	Рекомендуемые источники информации (№ источника)		
		Основная	Дополнительная	Интернет-ресурсы
	Изучение литературы по темам дисциплины	1-3	1-3	1-4
	Подготовка к лекциям	1-3	1-3	1-4
	Подготовка к практическим занятиям	1-3	1-3	1-4
	Выполнение РГР		1-3	1-4

Рекомендации по самостоятельному изучению литературы по темам дисциплины

Самостоятельная работа является важнейшим элементом учебного процесса, так как это один из основных методов освоения учебной дисциплины и овладения навыками профессиональной деятельности.

На лекциях преподаватель знакомит студентов с основными положениями темы, а дальнейшее усвоение материала связано с самостоятельной работой. Развитие умений самостоятельной работы происходит в процессе подготовки к занятиям. Развиваются умения самостоятельного поиска, отбора и переработки информации. Этому способствуют разные формы постановки заданий для подготовки к занятию – количество вопросов и их формулировка, указание конкретных источников, разделов, страниц – или предоставление студентам возможности самостоятельного поиска. Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета, статистическими данными является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме.

Рекомендации по подготовке к лекционным занятиям

Изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет. Студентам необходимо:

- вести конспектирование учебного материала, обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные

выводы и практические рекомендации. В рабочих конспектах лекций желательно оставлять поля, на которых делаются пометки при изучении рекомендованной литературы;

- перед каждой лекцией просматривать рабочую программу дисциплины, что позволит сэкономить время на записывание темы лекции, ее основных вопросов, рекомендуемой литературы;
- на отдельные лекции приносить соответствующий материал на бумажных носителях, представленный лектором на сайте кафедры или выданный персонально (таблицы, графики, схемы). Данный материал будет охарактеризован, прокомментирован, дополнен непосредственно на лекции;

- перед очередной лекцией необходимо просмотреть по конспекту материал предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратиться к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях.

Для подготовки к лекциям, а так же для самостоятельного или более глубокого изучения теоретического материала, излагаемого на лекционных занятиях по дисциплине «Энергоаудит», следует использовать литературу, приведенную в конце методических указаний.

Рекомендации по подготовке к практическим занятиям

Студентам следует:

- приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию;

- до очередного практического занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия;

- при подготовке к практическим занятиям следует обязательно использовать не только лекции, учебную литературу, но и нормативно-техническую документацию в области теплогазоснабжения и вентиляции;

- в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения;
- в ходе практического занятия давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов;
- на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

Рекомендации по выполнению РГР

Самостоятельная работа студентов включает в себя выполнение РГР, который ориентирован на более глубокое усвоение материала изучаемой дисциплины.

РГР выполняется на тему: «Оценка эффективности инвестиционного энергосберегающего проекта».

РГР выполняется студентами на основе самостоятельного изучения рекомендованной литературы, с целью систематизации, закрепления и расширения теоретических знаний, развития творческих способностей студентов, овладения навыками самостоятельной работы с научной, научно-методической, нормативно-правовой литературой, формирования умений анализировать и отвечать на вопросы, поставленные темой работы, делать выводы на основе проведенного анализа.

К выполнению РГР предъявляются следующие требования: задания должны выполняться самостоятельно и представляться в установленный срок, а также соответствовать требованиям по оформлению.

Студентам следует:

- руководствоваться графиком выполнения РГР, определенным рабочей программой дисциплины;

- выполнять все плановые задания, выдаваемые преподавателем для самостоятельного выполнения, и разбирать на практических занятиях и консультациях неясные вопросы.

РГР выполняется студентом самостоятельно и должен быть представлен к проверке и защите в установленные сроки.

Примерные вопросы к защите РГР

1. Как определяется изменение денежных потоков обусловленное проектом.
2. Как определяется ставка дисконтирования
3. Как определяется текущая стоимость.
4. Как определяется срок окупаемости.
5. Как определяется чистый дисконтированный доход.
6. Как определяется индекс прибыльности.
7. Как определяется внутренняя норма прибыли.
8. Как определяется время выплаты.
9. Как составляется отчет о движении наличности.

Критерии оценивания

Оценка **«отлично»** выставляется при выполнении работы в установленные сроки, в полном объеме и на высоком теоретическом уровне. Работа отличается глубиной проработки всех разделов содержательной части, оформлена с соблюдением установленных правил. Студент свободно владеет теоретическим материалом, умеет применить его при решении задач, сформулированных в работе; на все вопросы дает правильные и обоснованные ответы, убедительно защищает свою точку зрения.

Оценка **«хорошо»** выставляется при выполнении работы в установленные сроки, в полном объеме. В работе проработаны все разделы содержательной части, но выводы носят поверхностный характер. Работа оформлена с соблюдением установленных правил, но с незначительными замечаниями. Студент достаточно владеет теоретическим материалом, может применять его самостоятельно или по указанию преподавателя. На большинство вопросов даны правильные ответы, защищает свою точку зрения достаточно обосновано.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется при выполнении работы в установленные сроки, в основном правильно, но без достаточно глубокой проработки некоторых разделов. Студент усвоил только основные разделы теоретического материала и по указанию преподавателя (без инициативы и самостоятельности) применяет его практически; на вопросы отвечает неуверенно или допускает ошибки, неуверенно защищает свою точку зрения.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется в случае, если студент не выполняет работу в установленные сроки или выполняет ее с грубыми нарушениями требований по содержанию и оформлению. Заявленная тема работы не раскрыта. Студент не может защитить свои выводы, допускает грубые фактические ошибки при ответах на поставленные вопросы или не отвечает на них.

Рекомендации по подготовке к зачету с оценкой

Процедура зачета с оценкой как отдельное контрольное мероприятие не проводится, оценивание знаний обучающегося происходит по результатам текущего контроля.

Зачет выставляется по результатам работы в семестре, при сдаче всех форм отчетности, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине.

Критерии оценивания компетенций

Оценка **«отлично»** выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний; использует в ответе дополнительный материал все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному; анализирует полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Оценка **«хорошо»** выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки, при ответе на поставленный вопрос студент допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении программного материала.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, необходимые практические компетенции не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному.