

Министерство образования и науки Российской Федерации
«Южно-Уральский Государственный Университет»
Кафедра электротехники и возобновляемых источников энергии

620.9(075.8)
К434

И.М. Кирпичникова, Е.В.Соломин, А.С.Аникин

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЕ

Учебное пособие

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2014

УДК 620.9(075.8)
К434

*Одобрено
учебно-методической комиссией
энергетического факультета*

*Рецензенты:
Л.А.Саплин, А.Э.Арнольд*

Кирпичникова, И.М.
К434 Энергосбережение в социальной сфере: учебное пособие / И.М. Кирпичникова,
Е.В. Соломин, А.С. Аникин. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – 45 с.

Учебное пособие предназначено для преподавателей и студентов энергетического факультета, обучающихся по направлению 140400 – «Электротехника и электроэнергетика» магистерской программы «Комплексное использование возобновляемых источников энергии».

Пособие состоит из шестнадцати задач по разделам курса «Энергосбережение в социальной сфере». В каждом разделе имеется теоретическое пояснение, сформулированы условия задач и приведены необходимые рисунки, таблицы, справочные материалы и варианты задач.

УДК 620.9(075.8)

© Издательский центр ЮУрГУ, 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Задача 1. Расчет выбросов парниковых газов и оксидов азота.....	4
Задача 2. Расчет эффективности использования электробытовых приборов.....	6
Задача 3. Расчет количества светильников при заданной освещенности методом коэффициента использования.....	8
Задача 4. Расчет эффективности использования датчиков движения в освещении помещений.....	11
Задача 5. Изучение схем включения датчиков движения в осветительную сеть.....	13
Задача 6. Расчет сопротивления светодиодов.....	15
Задача 7. Расчет сопротивления группы светодиодов.....	16
Задача 8. Расчет количества светильников на основе светодиодов	18
Задача 9. Выбор светодиодной ленты по величине светоотдачи.....	20
Задача 10. Расчет электрической системы «теплый пол» в сравнении с конвективными (водяными) системами отопления.....	23
Задача 11. Расчет и выбор ПЛЭН.....	27
Задача 12. Расчет стоимости тепловой энергии от различных источников.....	29
Задача 13. Использование энергосберегающих светопрозрачных пленок для снижения тепловых потерь.....	32
Задача 14. Расчет экономии тепловой энергии за счет установки теплоотражающих панелей.....	34
Задача 15. Расчет экономии воды за счет использования водосберегающих устройств...37	
Задача 16. Расчет экономии воды и электроэнергии за счет дроссельного регулирования производительности насоса.....	38
Библиографический список.....	41
Приложение.....	41

ЗАДАЧА 1.

РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ И ОКСИДОВ АЗОТА

Условия задачи:

Рассчитать выбросы углекислого газа CO_2 и оксидов азота NO в атмосферу при сжигании топлива на ТЭЦ для получения электрической энергии на бытовые нужды и работу автомобиля для одного человека в сутки, проживающего в помещении, площадью S , м^2 и имеющего 1 автомобиль. Данные для расчетов взять в табл. 1.1 и 1.2.

Методика расчета

1. Мощность электрических ламп для освещения помещения определяется:

$$P=N \cdot S, \text{ Вт} \quad (1.1)$$

где $N = 25\text{-}30 \text{ Вт/м}^2$ – нормы освещения для жилого помещения; S , м^2 – площадь помещения.

2. Потребление электроэнергии

$$\text{— кВт}\cdot\text{ч}, \quad (1.2)$$

где T_1 – время работы осветительных приборов.

3. Количество теплоты, необходимое для нагрева воды в электрическом чайнике

$$Q=C \cdot m \cdot \Delta t, \text{ Дж}, \quad (1.3)$$

где $C=4200 \text{ Дж/кг}\cdot\text{°C}$ – удельная теплоемкость воды; m – масса воды, л; $\Delta t=t_k-t_n$ – разница конечной и начальной температур нагрева, °C .

4. Перевести полученное значение в кВт, учитывая, что $1 \text{ кВт}=3,6 \text{ МДж}$.

5. Рассчитать количество электроэнергии, расходуемой на нагрев воды в чайнике.

$$\text{— кВт}\cdot\text{ч}, \quad (1.4)$$

где T_2 – время использования электрочайника.

6. Определить массу трех видов топлива, сжигаемого на ТЭЦ для получения требуемого расхода энергии в течение суток

- при сжигании мазута и угля:

$$\text{— кг}, \quad (1.5)$$

где $n_{\text{уд}}$ – удельная теплота сгорания мазута и угля, $\text{кВт}\cdot\text{ч/кг}$ (Таблица 1.2).

- при сжигании природного газа:

$$\text{— м}^3, \quad (1.6)$$

где $n_{\text{уд}}$ – удельная теплота сгорания природного газа, $\text{кВт}\cdot\text{ч/м}^3$ (Таблица 1.2).

7. Определить объем углекислого газа, выделившегося при сгорании трех видов топлива:

- при сжигании нефти и угля:

$$, \text{ кг} \quad (1.7)$$

- при сжигании природного газа:

$$, \text{ м}^3 \quad (1.8)$$

где K_{y0} = удельное количество образующегося углекислого газа, $\text{м}^3/\text{кг}$ (Таблица 1.2).

8. Рассчитать выбросы оксидов азота NO при сгорании бензина в ДВС автомобиля за сутки его работы.

$$, \text{ кг} \quad (1.9)$$

где $0,15 \text{ кг/км}$ – средний расход бензина на 1 км; $z=0,5$ – соотношение оксидов азота к объему сгораемого бензина; L - суточный пробег автомобиля, км.

9. Рассчитать выбросы углекислого газа и оксидов азота, получаемых при покрытии потребления энергии жильцами девятиэтажного шести-подъездного дома. Принять количество квартир на лестничной площадке – 4, средний состав семьи в квартире – 3 человека. Количество автомобилей принять равным 20% от количества жителей.

Таблица 1.1

Варианты задачи

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Площадь помещения S , м^2	8	10	16	12	18	12	11	14	18	12
Время работы осветительных приборов T_1 , ч.	5	6	4,5	8	7	6	5	6	7	5
Масса воды для нагрева m , кг	0,2	0,4	0,6	0,5	1,2	1,0	0,4	0,75	0,8	1,5
Начальная температура нагрева $t_{\text{нач}}$, $^{\circ}\text{C}$	15	10	12	16	20	18	22	14	13	17
Время использования электрочайника T_2 , ч.	0,1	0,12	0,4	0,18	0,2	0,34	0,26	0,12	0,17	0,21
Пробег автомобиля L , км	90	85	100	110	76	92	84	102	116	98

Характеристика энергоносителей

Вид топлива	Удельная теплота сгорания, $n_{уд}$	Удельное количество образующегося углекислого газа $K_{уд}$
Уголь	8,1 кВт·ч/кг	1,7 м ³ /кг
Нефть	12,8 кВт·ч/кг	1,5 м ³ /кг
Природный газ	11,4 кВт·ч/м ³	1,2 м ³ /м ³

ЗАДАЧА 2

РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОБЫТОВЫХ ПРИБОРОВ

Условия задачи:

Изучить характеристику электробытовых приборов и оборудования для индивидуального использования, определить режим их работы в течение суток по месяцам, рассчитать потребление электрической энергии электробытовыми приборами и годовые затраты на электроэнергию. Сделать выводы, определить мероприятия по энергосбережению. Рассчитать расходы электроэнергии с использованием энергосберегающего оборудования и экономию электроэнергии в кВт·ч и рублях.

Методика расчета

1. Для оборудования, установленного в квартире, офисе или др. помещениях, по их установленной мощности и количеству, рассчитать суммарную мощность. Определить режим работы оборудования в сутки. Данные занести в табл.2.1.

Таблица 2.1

Характеристики электробытовых приборов

Оборудование	$P_{уст},$ Вт	Кол- во $k,$ шт.	Месяцы												$P_{сум},$ Вт	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
			Время работы в сутки, t_{pi} ч.													
Осветит. приборы																
Нагреват. приборы																
Прочие приборы																
Всего																

2. Суммарная мощность приборов по группам потребителей определяется:

$$P_i = P_{уст_i} \cdot k_i, \quad \text{Вт}, \quad (2.1)$$

где $P_{уст_i}$ – установленная мощность электроприбора, Вт; k_i – количество приборов данного класса.

Для дальнейших расчетов рекомендуется заполнить таблицу 2.2.

Таблица 2.2

Расчет расхода электроэнергии

Оборудование	P _i , Вт	Кол- во, к	Месяцы												Π _i , кВт·ч
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
			Время работы прибора в месяц, T _i ч												
Осветит. приборы															
Нагреват. приборы															
Прочие приборы															
Всего															

3. Рассчитывается время работы каждой группой приборов в месяц:

$$T_i = t_{pi} \cdot N_i, \text{ ч}, \quad (2.2)$$

где t_{pi} – время работы i -го прибора в сутки, ч; N_i – количество дней, в которых прибор работал t_p часов в сутки.

4. Рассчитывается потребление электрической энергии каждой из групп приборов за 12 месяцев:

$$\Pi_i = \frac{\sum_{i=1}^{12} T_i \cdot P_i}{1000}, \quad \text{кВт·ч}. \quad (2.3)$$

5. Рассчитывается суммарное годовое потребление электроэнергии всеми группами приборов:

$$\Pi_r = \sum_{i=1}^{12} \Pi_1 + \Pi_2 + \dots + \Pi_n, \quad \text{кВт·ч}. \quad (2.4)$$

6. Определяются годовые затраты на электроэнергию:

$$З = \Pi_r \cdot Ц, \text{ руб}, \quad (2.5)$$

где $Ц$ – стоимость 1кВт·ч электроэнергии (1,38 руб/кВт·ч).

Данные расчетов занести в Таблицу 2.2.

7. Рассчитывается процент потребления энергии каждой из групп потребителей от общего потребления электроэнергии.

8. Проводится анализ эффективности использования электроприборов, и предлагаются мероприятия по экономии электроэнергии.

9. Рассчитываются потребление и экономия электроэнергии с учетом энергосберегающих мероприятий (табл. 2.3).

Таблица 2.3.

Расчет расхода электроэнергии с учетом энергосберегающих мероприятий

Оборудование		Существующее оборудование				С учетом энергосберегающих мероприятий				Экономия	
		Р, Вт	Кол-во, к	П _г		Р, Вт	Кол-во к	П _г		кВт·ч	Руб.
				кВт·ч	Руб.			кВт·ч	Руб.		
Осветит. приборы											
Нагреват приборы											
Прочие приборы											
Всего											

10. Рассчитывается эквивалент потребления электроэнергии (кВт·ч) выбросам CO₂ в тоннах для исходного варианта и с учетом энергосберегающих мероприятий. (1 кВт·ч электричества эквивалентен 0,7 кг выбросов CO₂).

ЗАДАЧА 3

РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА СВЕТИЛЬНИКОВ ПРИ ЗАДАННОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ МЕТОДОМ КОЭФФИЦИЕНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Условия задачи:

Рассчитать количество светильников для заданного помещения, имеющего размеры a и b и высоту h . Потолок подвесной, светильники распределены равномерно по потолку. Для установки примем встраиваемый люминесцентный светильник с растровой решеткой типа ARS/R. Данные для расчетов приведены в табл.3.1

Методика расчета

1. Определяется площадь помещения:

$$S = a \cdot b, \text{ м}^2 \quad (3.1)$$

2. Определяется индекс помещения:

$$\varphi = \frac{S}{h - h_{p.n.} \cdot (a + b)} \quad (3.2)$$

где h – высота помещения; $h_{p.n.}$ – высота расчетной плоскости (рабочая поверхность), принимается высота рабочей поверхности стола, равная 0,8 м.

3. Выбирается тип светильника (табл.3.1), в соответствии с вариантом выписываются его технические характеристики (табл.3.2).

4. Определяется количество светильников:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K_3}{K_{II} \cdot n \cdot \Phi_{\text{л}}} \text{ шт.} \quad (3.3)$$

где E – требуемая освещенность на рабочей поверхности заданного помещения (табл.3.4), лк; K_3 – коэффициент запаса, учитывающий снижение светового потока лампы к концу срока службы и запыление отражателя или рассеивателя светильника (для люминесцентных светильников в учебных аудиториях $K_3= 1,2-1,3$); $\Phi_{\text{л}}$ – световой поток одной лампы, лм; K_{II} – коэффициент использования, учитывающий, какая часть светового потока лампы достигла расчетной поверхности помещения (табл.3.3); n – число ламп в светильнике.

5. Определяется расчетная мощность осветительной установки

$$P = N \cdot P_{\text{л}} \cdot n \cdot K_{\text{ПРА}}, \text{ Вт} \quad (3.4)$$

где $K_{\text{ПРА}}$ – коэффициент потерь в пускорегулирующей аппаратуре для светильников с электромагнитными балластами, $K_{\text{ПРА}}=1,2-1,25$.

6. Прорисовать в масштабе план помещения и размещение светильников с учетом их габаритных размеров (табл.3.2).

Таблица 3.1

Варианты заданий для решения задачи 3

№ вар	Вид помещения	Размеры, м			Тип светильника	Коэффициент отражения		
		a	b	h		потолка	стен	пола
1	Актный зал	15	10	6	ARS/R 218	0,7	0,5	0,3
2	Книгохранилище	4,5	4	3,0	ARS/R 236	0,8	0,5	0,3
3	Учебная лаборатория	8,3	6	3,2	ARS/R 436	0,5	0,5	0,3
4	Лекционная аудитория	11	6	3,5	ARS/R 236	0,7	0,5	0,3
5	Читальный зал	7	4,5	3,2	ARS/R 418	0,7	0,3	0,3
6	Преподавательская	4	3	3	ARS/R 418	0,5	0,3	0,1
7	Лаборатория	9	6	3,2	ARS/R 218	0,8	0,5	0,3
8	Учебная аудитория	8	5,2	3,2	ARS/R 436	0,5	0,5	0,3
9	Библиотека	10	7	3,5	ARS/R 218	0,7	0,5	0,3

Для освещения учебных аудиторий, офисов, и других помещений социального назначения используются светильники серии ARS/R (рис.3.1).



Рис. 3.1. Общий вид светильника серии ARS/R.

Таблица 3.2

Модификации светильников

Тип светильника	Номинальное напряжение	Тип применяемых ламп	Количество и мощность ламп	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
ARS/R 218	220	ЛБ/ЛД	2x18	300x595x75	2,50
ARS/R 236	220	ЛБ/ЛД	2x36	300x1195x75	5,00
ARS/R 418	220	ЛБ/ЛД	4x18	605x605x75	4,00
ARS/R 418	220	ЛБ/ЛД	4x18	595x595x75	4,70
ARS/R 436	220	ЛБ/ЛД	4x36	595x1195x75	8,90
ARS/S 418	220	ЛБ/ЛД	4x18	615x625x80	5,00

Таблица 3.3

Значение коэффициентов использования

Индекс помещения	Коэффициент отражения: потолок, стен, пола																	
	0,8	0,5	0,3	0,7	0,5	0,3	0,7	0,3	0,3	0,5	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3	0,5	0,3	0,1
0,6	0,39			0,38			0,33			0,37			0,33			0,32		
0,8	0,46			0,45			0,40			0,44			0,39			0,38		
1,0	0,52			0,51			0,46			0,49			0,45			0,43		
1,25	0,57			0,56			0,51			0,54			0,50			0,48		
1,5	0,61			0,6			0,55			0,57			0,53			0,51		
2,0	0,67			0,65			0,61			0,62			0,59			0,55		
2,5	0,7			0,68			0,65			0,65			0,62			0,58		
3,0	0,73			0,71			0,68			0,67			0,68			0,60		
43,0	0,76			0,74			0,71			0,70			0,68			0,62		
5,0	0,78			0,75			0,73			0,71			0,69			0,64		

Таблица 3.4.

Рекомендуемые нормы освещения для лекционных аудиторий, актовых залов и библиотек

Тип помещения	Номинальная освещенность, E_n , лк	Цвет света	Индекс цветопередачи, R_a
---------------	--------------------------------------	------------	-----------------------------

Лекционные аудитории с окнами и классы	500	Теплый белый/ нейтральный белый	80
Лекционные аудитории без окон	700	Теплый белый/ нейтральный белый	80
Актовые залы	100	Теплый белый/ нейтральный белый	80-100
Многофункциональные помещения	300	Теплый белый/ нейтральный белый	80
Библиотеки	300	Теплый белый/ нейтральный белый	80
Читальные залы	500	Теплый белый/ нейтральный белый	80
Книгохранилища	200	Теплый белый/ нейтральный белый	80
Лестницы	100	Теплый белый/ нейтральный белый	80

ЗАДАЧА 4

РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАТЧИКОВ ДВИЖЕНИЯ В ОСВЕЩЕНИИ ПОМЕЩЕНИЙ

Условия задачи

Рассчитать годовое потребление электроэнергии в помещении с временным пребыванием людей при освещении их стандартными лампами накаливания и при их замене на компактные люминесцентные лампы (КЛЛ). Рассчитать экономический эффект от использования КЛЛ с применением датчиков движения (рис.4.1). Расчет произвести для 8-часового использования источников освещения в помещении. Принять, что использование датчиков движения сокращает время работы источников света до 1-2 часов в сутки. Данные для расчета по вариантам представлены в табл.4.1. Выписать технические характеристики датчика, соответствующего варианту.

Методика расчета

1. Определяется годовое потребление электроэнергии на освещение помещений с временным пребыванием людей с использованием ламп накаливания, кВт·ч:

$$W_{ЛН} = n_{ЛН} \cdot P_{ЛН} \cdot t_p \cdot N \cdot 10^{-3} \text{ кВт}\cdot\text{ч} \quad (4.1)$$

где $n_{ЛН}$ – количество ламп накаливания в помещении с временным пребыванием людей, шт;
 $P_{ЛН}$ – мощность лампы накаливания Вт; t_p – время работы лампы, ч ; N – количество рабочих дней в году.

2. Выбирается тип датчиков движения из табл. 4.2. и определяется время работы источников света при использовании датчиков.

3. Определяется расход электроэнергии на освещение помещений после установки датчиков движения и замены ЛН на КЛЛ при том же световом потоке в соответствии с таблицей 4.3

$$W_{\text{КЛЛ}} = n_{\text{КЛЛ}} \cdot P_{\text{КЛЛ}} \cdot t_{p(\partial)} \cdot N \cdot 10^{-3} \quad (4.2)$$

где $n_{\text{КЛЛ}}$ – количество КЛЛ в помещении с временным пребыванием людей, шт; $P_{\text{КЛЛ}}$ – мощность КЛЛ, Вт; $t_{p(\partial)}$ – время работы ламп при их замене и использовании датчиков движения, ч; N – количество рабочих дней в году

4. Определяется экономия электроэнергии при замене ЛН на КЛЛ и использовании датчиков

$$\Delta W = W_{\text{ЛН}} - W_{\text{КЛЛ}}, \text{ кВт}\cdot\text{ч} \quad (4.3)$$

5. Определяется экономическая эффективность внедрения энергосберегающего мероприятия

$$\mathcal{E} = \Delta W \cdot C \cdot 10^{-3}, \text{ руб.} \quad (4.4)$$

где C – стоимость 1кВт·ч электроэнергии (1,38 руб./кВт·ч).

Таблица 4.1

Варианты к решению задачи 4.

№ вар.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вид помещения	коридор	туалет	подвал	гардероб	подсобное помещение	склад	чердачное помещение	ванная	кладовая	лестница
Мощность ЛН, Р _{ЛН}	60	40	40	60	75	60	100	60	40	75
Количество ламп, n	6	1	5	4	2	4	3	2	1	3
Тип датчика Camelion	LX-08	LX-39	LX-03C	LX-28B	LX-2000	LX-453	LX-48A	LX-03C	LX-451	LX-39

Таблица 4.2.

Соответствие мощностей ЛН и КЛЛ

№	Мощность КЛЛ, Вт	Мощность ЛН, Вт	Световой поток, Лм
1	5	25	250
2	8	40	400
3	12	60	630
4	15	75	900
5	20	100	1200
6	24	120	1500
7	30	150	1900

Таблица 4.3

Технические характеристики датчиков движения Camelion

Тип датчика	LX-2000	LX-453	LX-28B	LX-48A	LX-03C	LX-118	LX-39	LX-451	LX-08
Рабочее напряжение, В	220-240	220-240	220-240	220-240	220-240	220-240	220-240	220-240	220-240
Максимальная мощность подключаемой	500	1200	1200	1200	1200	1200	1200	60	100

нагрузки, Вт									
Угол зрения, град.	140	360	360	220	120	180	180	360	120
Дальность действия (чувствительность), м	12	6	12	12	5 - 12 (настраивается)	12	12	6	12
Задержка времени выключения	5 сек. - 9 мин.	8 сек. - 6 мин.	8 сек. - 7 мин.	8 сек. - 7 мин.	5 сек. - 9 мин.	5 сек. - 9 мин.	5 сек. - 9 мин.	5 сек. - 2 мин.	-
Высота установки, м	0,4 - 1,8	2,5 - 4	1,5 - 3,6	1,5 - 2,5	1,8 - 2,5	1,5 - 3,5	1,8 - 2,5	2 - 3	1,5 - 3,5

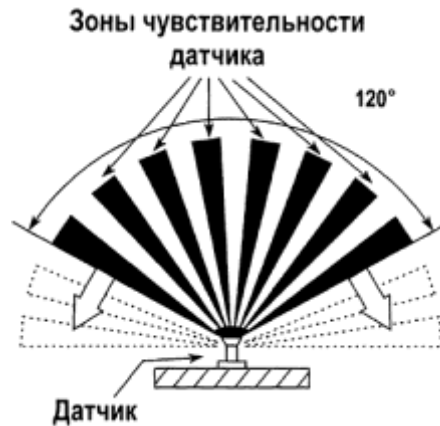


Рис.4.1. Зона чувствительности датчика движения

ЗАДАЧА 5

ИЗУЧЕНИЕ СХЕМ ВКЛЮЧЕНИЯ ДАТЧИКОВ ДВИЖЕНИЯ В ОСВЕТИТЕЛЬНУЮ СЕТЬ

Условия задачи

Изучить назначение, принцип действия и схемы включения датчиков движения в бытовую осветительную сеть. Нарисовать схему включения двух датчиков движения для максимального радиуса действия устройства.

Методика

1. Датчики движения предназначены для обеспечения безопасности и временного включения освещения в помещениях и местах с непостоянным пребыванием людей. Общий вид датчиков движения показан на рис.5.1. Принцип действия датчика заключается в следующем. При появлении движения в зоне обнаружения он замыкает цепь, тем самым включая подсоединенные к нему приборы. При отсутствии движения цепь автоматически размыкается, отключая все приборы.

Датчики движения обычно устанавливаются на стене или на потолке помещения (в зависимости от угла обзора конкретной модели датчика), вблизи к управляемому датчиком электроприбору. Максимальный угол обзора помещения (до 360°) имеют потолочные датчики движения. Модели для настенного крепления имеют меньший угол обзора ($90 - 240^{\circ}$) и контролируют часть помещения: пространство перед дверью или окном, лестничное пространство, часть коридора, площадку перед гаражом или стоянкой автомобиля и т.д.



Рис.5.1. Общий вид датчиков движения

Настройка датчиков потенциометрами может производиться по трем параметрам (рис.5.2.):

- уровню освещенности (LUX);
- временному интервалу для отключения (TIME);
- уровню чувствительности (SENS).

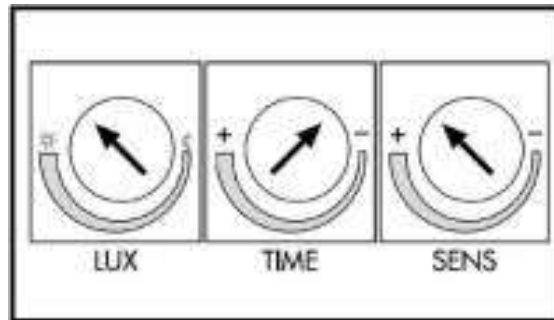


Рис.5.2. Регулировка датчика движения

2. Схемы подключения датчиков движения

Датчики движения являются частью системы управления освещением. Чувствительный элемент датчика движения распознаёт тепло, которое излучает человек, зашедший в помещение, и дает сигнал на автоматическое включение света. Чувствительный элемент устройства также фиксирует момент, когда человек покидает помещение и дает команду на отключение света. Электрическая схема подключения датчика аналогична подключению светильника через выключатель (рис.5.3).

3. Нарисовать схему подключения выключателя параллельно датчику движения для случая необходимости постоянной работы светильника при условии полного отсутствия какого-либо перемещения. При этом, при включении выключателя лампа освещения должна будет подключена по другой цепи в обход датчика, а при отключенном выключателе контроль над состоянием освещения остается за датчиком движения.

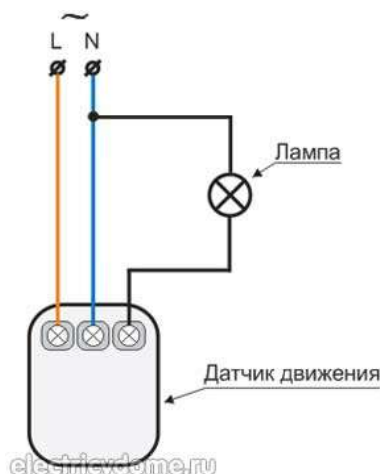


Рис. 5.3 Схема подключения датчика движения

4. Нарисовать схему параллельного подключения двух датчиков движения для случая, когда один датчик не может охватить всей площади помещения.

Внимание: При такой схеме оба датчика движения должны подключаться от одной и той же фазы, а не от разных фаз, иначе возникнет межфазное короткое замыкание!

ЗАДАЧА 6

РАСЧЕТ СОПРОТИВЛЕНИЯ СВЕТОДИОДОВ

Условия задачи

Рассчитать сопротивление R , требуемое для включения светодиода в цепь постоянного тока. В качестве источника напряжения $U_{и}$ использовать выход USB-разъема компьютера (5В), выход адаптера мобильного телефона (5В), или выход адаптера или аккумулятора (12В) для разных групп студентов.

Методика расчета

1. Таблица П 6.1 приведена для информации. Выбрать светодиод из таблицы П.6.2 согласно варианту. Определить рабочее напряжение диода $U_{д}$ по формуле

$$U_{д} = P_{д} / I_{д}, \text{ В}, \quad (6.1)$$

где $U_{д}$ – напряжение питания диода (В), $P_{д}$ – номинальная мощность диода (Вт), $I_{д}$ – потребляемый ток при комнатной температуре 20°C (А).

2. Определить разницу напряжений ΔU между напряжением питания диода и напряжением источника:

$$\Delta U = U_{и} - U_{д}, \text{ В} \quad (6.2)$$

3. Определить сопротивление резистора, необходимого для получения необходимого напряжения питания светодиода:

$$R_{д} = \Delta U / I_{д}, \text{ Ом} \quad (6.3)$$

Таблица 6.1

Таблица примерных напряжений светодиодов в зависимости от цвета

Цветовая характеристика	Длина волны	Напряжение
Инфракрасные	от 760 нм	до 1.9 В
Красные	610 – 760 нм	от 1.6 до 2.03 В
Оранжевые	590 – 610 нм	от 2.03 до 2.1 В
Желтые	570 – 590 нм	от 2.1 до 2.2 В
Зеленые	500 – 570 нм	от 2.2 до 3.5 В
Синие	450 – 500 нм	от 2.5 до 3.7 В
Фиолетовые	400 – 450 нм	2.8 до 4 В
Ультрафиолетовые	до 400 нм	от 3.1 до 4.4 В
Белые	Широкий спектр	от 3 до 3.7 В

Таблица 6.2

Таблица параметров светодиодов

Вариант	Светодиод	Яркость (величина светового потока) Φ_D , лм	Угол свечения, градусы	Мощность P_D , Вт	Потребляемый ток I_D , А	Рабочий диапазон температур, $^{\circ}\text{C}$	Цена, руб
1	Vcare T10-5050- 1	6,5	160	0,1	0,046	-30 ... +70	30
2	Vcare T10-HP-7	8	120	0,3	0,02	-30 ... +70	40
3	DIP	18	120	0,6	0,02	-20 ... +70	50
4	9555W2C- HSB-B	35	100	0,6	0,02	-20 ... +70	250
5	Vcare T10-5050- 3	40	320	1,2	0,08	-30 ... +70	80

ЗАДАЧА 7

РАСЧЕТ СОПРОТИВЛЕНИЯ ГРУППЫ СВЕТОДИОДОВ

Условия задачи

Рассчитать сопротивление $R_{св}$ резистора, требуемого для включения группы светодиодов (светильник) в цепь выбранного постоянного напряжения $U_{п}$. Количество светодиодов и схема их включения предоставлены в табл. 7.1

Методика расчета

Схемы параллельного и последовательного включения светодиодов приведены на рис. 7.1.

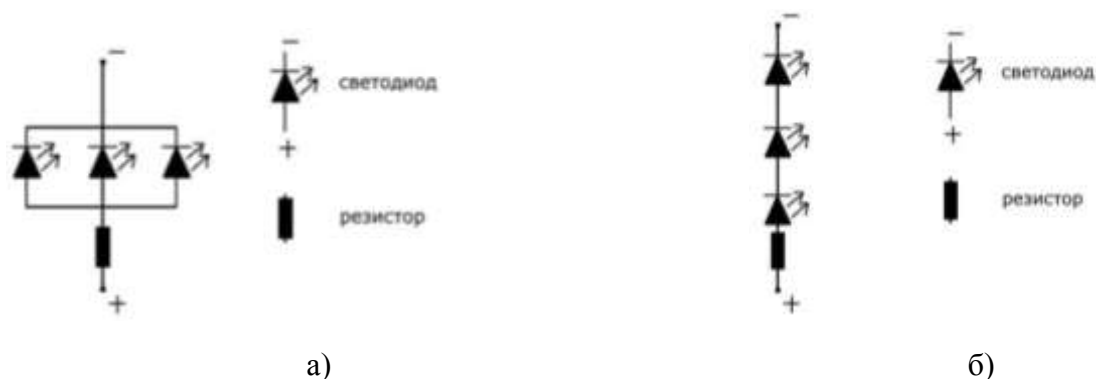


Рис. 7.1 Схема параллельного (а) и последовательного (б) подключения светодиодов с сопротивлением

1. При последовательном включении в светильник светодиодов, каждый из которых рассчитан на определенный ток I_d и напряжение U_d , напряжение каждого светодиода U_d складывается:

$$U_{св} = U_1 + U_2 + \dots + U_n, \text{ В}, \quad (7.1)$$

где $U_{св}$ – питающее напряжение светильника, n – количество подключаемых светодиодов.

При этом необходимо соблюдать правило

$$U_{св} \leq U_n \quad (7.2)$$

2. Тогда излишнее напряжение $\Delta U_{св}$ будет равно:

$$\Delta U_{св} = U_n - U_{св}, \text{ В} \quad (7.3)$$

3. И тогда сопротивление резистора $R_{св}$, необходимого для подключения группы светодиодов (светильника) к питающему напряжению U_n , будет

$$R_{св} = \Delta U_{св} / I_d \quad (7.4)$$

4. Правило: если при расчете получается, что напряжение на светодиодах равно напряжению источника, в цепь в любом случае необходимо добавить один резистор сопротивлением 1 Ом, так как светодиоды очень чувствительны к силе тока, а резистор данного номинала не повлияет на яркость свечения, но в то же время будет обеспечивать надежную работу светильника.

5. При параллельном включении светодиодов в светильник суммируется сила тока каждого из них $I_{дi}$. Соответственно, напряжение остается неизменным на каждом светодиоде:

$$U_{св} = U_1 = U_2 = \dots = U_n, \text{ В}, \quad (7.5)$$

6. Тогда, как и в случае последовательного соединения, при параллельном соединении $\Delta U_{св}$ рассчитывается так же:

$$\Delta U_{св} = U_n - U_{св}, \text{ В} \quad (7.6)$$

7. И тогда сопротивление резистора $R_{св}$, необходимого для подключения группы светодиодов (светильника) к питающему напряжению $U_{и}$, будет

$$R_{св} = \Delta U_{св} / I_{д} \quad (7.7)$$

Таблица 7.1

Таблица количества светодиодов и схемы их подключения

№ Варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество светодиодов, п, шт	3	3	4	4	5	5	6	6	7
Схема подключения	Последовательное	Параллельное	Последовательное	Параллельное	Последовательное	Параллельное	Последовательное	Параллельное	Последовательное

ЗАДАЧА 8

РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА СВЕТИЛЬНИКОВ НА ОСНОВЕ СВЕТОДИОДОВ

Условия задачи

Рассчитать количество светильников на основе светодиодов для заданного помещения, имеющего размеры a , b и h . При этом принимаем, что количество светильников будет зависеть от количества светодиодов в каждом светильнике и мощности каждого светодиода, при условии, что светодиоды подключены по схемам, рассчитанным в задачах 6 и 7. Потолок подвесной, светильники распределены равномерно по потолку. Для установки примем светодиодный светильник, состоящий из $N=6 \cdot i$ (i – номер варианта) одинаковых среднестатистических четырехкристалльных суперярких светодиодов на основе постоянного напряжения соответствующей мощности. Данные для расчетов берутся из задач 6 и 7, параметры светодиодов и помещения приведены в табл. 6.2.

Методика расчета

1. Определяется площадь помещения:

$$S = a \cdot b, м^2 \quad (8.1)$$

2. Определяется индекс помещения:

$$\varphi = \frac{S}{h \cdot h_{р.п.} \cdot (a + b)}, \quad (8.2)$$

где h – высота помещения; $h_{р.п.}$ – высота расчетной плоскости (рабочая поверхность), принимается высота рабочей поверхности стола, равная 0,8 м.

3. Выбирается вариант помещения из задачи 3 (табл.3.1), из задач 6 и 7 берутся технические характеристики диодов и результаты расчета светильников.

4. Определяется количество светильников:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K_3}{K_{и} \cdot n \cdot \Phi_{д}} \text{ шт.} \quad (8.3)$$

где $E, \text{лк}$ – требуемая освещенность на рабочей поверхности заданного помещения (табл.3.4); K_3 – коэффициент запаса, учитывающий снижение светового потока диода (замутнение) к концу срока службы и загрязнение отражателя или рассеивателя светильника (для светодиодных светильников в учебных аудиториях $K_3= 1,1-1,2$); $\Phi_{\text{л}}$ – световой поток одного светильника, лм; $K_{\text{И}}$ – коэффициент использования, учитывающий, какая часть светового потока лампы достигла расчетной поверхности помещения (табл.3.3); n – число светодиодов в светильнике.

Принимаем, что в целом световой поток будет складываться из потоков каждого светильника, или

$$\Phi_{\text{л}} = n \cdot \Phi_{\text{ли}} \quad (8.4)$$

где $\Phi_{\text{ли}}$ – световой поток i -ого светильника, который в свою очередь равен сумме потоков от каждого светодиода $\Phi_{\text{д}}$, входящего в светильник. При этом освещенность E соотносится с величиной светового потока $\Phi_{\text{л}}$ следующим образом:

$$E = \Phi_{\text{л}} / S, \text{лк} \quad (8.5)$$

5. Определяется расчетная мощность осветительной установки

$$P = N \cdot P_{\text{л}} \cdot n \cdot K_{\text{ПРА}}, \text{Вт} \quad (8.6)$$

где $K_{\text{ПРА}}$ – коэффициент потерь в адаптере для светодиодных светильников, $K_{\text{ПРА}}=1,1-1,2$.

6. Определить среднестатистическую площадь светодиодного светильника квадратной формы по формуле

$$S_{\text{св}} = n \cdot 25 \cdot 10^{-2}, \text{м}^2 \quad (8.7)$$

7. Прорисовать в масштабе план помещения и размещение светильников с учетом их габаритных размеров (табл.3.1).

Применяемые в освещении светодиоды приведены на рис. 8.1.



Рис. 8.1. Светодиоды различной формы и цвета

ЗАДАЧА 9

ВЫБОР СВЕТОДИОДНОЙ ЛЕНТЫ ПО ВЕЛИЧИНЕ СВЕТООТДАЧИ

Условия задачи

Рассчитать длину светодиодной ленты для освещения требуемого помещения, рассчитать освещение с применением конкретной светодиодной ленты, сравнить результаты с лампами накаливания.

Методика расчета

Главной светотехнической характеристикой является интенсивность светового потока, которая выражается в люменах на метр (лм/м). Величина светового потока определяется типом и количеством светодиодов, установленных на ленте (рис. 9.1). Зная тип светодиодов и их количество, можно определить световой поток и, соответственно, создать необходимую освещенность для требуемого помещения.



Рис. 9.1 Светодиодная лента

1. Выбрать светодиод из таблицы 8.1 согласно своему варианту. Рассчитать световой поток Φ_m с метра светодиодной ленты, исходя из следующих данных: на каждом метре светодиодной ленты установлено n светодиодов, имеющих световой поток Φ_d каждый. Данные берутся из табл. 9.1 и/или 9.2.

$$n \approx 1 / l, \text{ шт/м} \quad (9.1)$$




(выбор n также сразу без расчета может осуществляться из диапазона 30...120 шт/м из табл. 9.2)

Тогда

$$\Phi_m = n \cdot \Phi_d, \text{ лм} \quad (9.2)$$

(Φ_d в таблице 9.1 выбирается по минимальному уровню диапазона)

Таблица основных технических характеристик наиболее популярных SMD светодиодов используемых для освещения

Вариант	Внешний вид светодиода	Тип светодиода	Цвет свечения	Размер lxb, мм	Световой поток $\Phi_{д}$, лм	Угол, град.	Ток I, mA	Напряжение U, В
1		LED-WW-SMD3528	белый теплый	3,5×2,8	3,2-3,5	120-140	20	3,4-3,6
2		LED-CW-SMD3528		3,5×2,8	5,0-5,5	120-140	20	3,4-3,6
3		LED-B-SMD3528	синий	3,5×2,8	0,6-0,85	120-140	20	3,3-3,6
4		LED-G-SMD3528	зеленый	3,5×2,8	2,8-3,5	120-140	20	3,2-3,6
5		LED-Y-SMD3528	желтый	3,5×2,8	1,2-1,6	120-140	20	2,0-2,5
6		LED-R-SMD3528	красный	3,5×2,8	1,2-1,6	120-140	20	2,0-2,5
7		LED-RGB-SMD3528	RGB	3,5×2,8	0,6	120-140	20	2,0-2,5
8				3,5×2,8	1,6		20	3,2-3,6
9				3,5×2,8	0,3		20	3,3-3,6
10			LED-WW-SMD5050	белый теплый	5,0×5,0	10,0-12,0	120-140	3×20
11	LED-CW-SMD5050			5,0×5,0	11,0-14,0	120-140	3×20	3,4-3,6
12	LED-B-SMD5050		синий	5,0×5,0	2,0-2,5	120-140	3×20	3,3-3,6
13	LED-G-SMD5050		зеленый	5,0×5,0	8,0-8,5	120-140	3×20	3,2-3,6
14	LED-Y-SMD5050		желтый	5,0×5,0	4,5-5,0	120-140	3×20	2,0-2,5
15	LED-R-SMD5050		красный	5,0×5,0	4,5-5,0	120-140	3×20	2,0-2,5
16	LED-RGB-SMD5050		RGB	5,0×5,0	1,6	120-140	20	2,0-2,5
17				5,0×5,0	2,5		20	3,2-3,6
18				5,0×5,0	0,6		20	3,3-3,6
19		LED-SMD5730-05		5,7×3,0	45	120	180	3,1-3,3
20		LED-SMD5730-1		5,7×3,0	110	120	350	3,1-3,3
21		LED3500Am1W-A120	белый теплый	5,0×5,0	40-60	120-140	350	3,2-4,0
22		LED6000Am1W-A120		5,0×5,0	60-80	120-140	350	3,2-4,0
23		LED470Am1W-A120	синий	5,0×5,0	15-20	120-140	350	3,2-4,0

24		LED515Am1W-A120	зеленый	5,0×5,0	40-50	120-140	350	3,2-4,0
25		LED625Am1W-A120	красный	5,0×5,0	30-40	120-140	350	2,0-2,8

Таблица 9.2

Основные технические характеристики светодиодных лент на напряжение 12 В
(справочно)

Тип светодиода	Размер светодиода lxb, мм	Количество n светодиодов на один метр длины светодиодной ленты, шт.	Потребляемая мощность P _м одного метра длины светодиодной ленты, Вт	Световой поток метра длины светодиодной ленты, лм	Эквивалентная мощность лампы накаливания, Вт
SMD3528	2,8×3,5	30	2,4	150	10
		60	4,8	300	20
		120	9,6	600	40
SMD5050	5,0×5,0	30	7,2	360	24
		60	14,4	720	48

2. Рассчитать длину ленты для освещения помещения. Для этого необходимо выбрать разумную площадь помещения S (м²) и определить его периметр П (м). Выбирать площадь S рекомендуется не более 20-30 м². Периметр в этом случае определяется как сумма длин стен помещения. Длина ленты в случае размещения по периметру L = П (м). Для мягкого, не яркого освещения световой поток ленты Φ_{ленты} должен составить

$$\Phi_{\text{ленты}} = L \cdot \Phi_{\text{м}}, \text{ лм} \quad (9.3)$$

Провести проверку из расчета, что Φ_{ленты} по требованиям освещенности не может быть удельно меньше, чем 150 лм/м². Таким образом, должно выполняться условие.

$$\Phi_{\text{ленты}} \geq 150 \cdot S, \text{ лм} \quad (9.4)$$

Если условие не выполняется, необходимо добавить количество светодиодов на погонный метр ленты или разместить вторую ленту для усиления освещенности.

3. Определить мощность потребления метра светодиодной ленты при условии, что напряжение U и ток I для каждого светодиода находятся из таблицы 9.1 согласно выбранному варианту.

$$P_{\text{м}} = n \cdot U \cdot I, \text{ Вт} \quad (9.5)$$

Напряжение U берется по верхнему пределу.

Рассчитать мощность P_{ленты} для освещения помещения:

$$P_{\text{ленты}} = L \cdot P_{\text{м}}, \text{ Вт} \quad (9.6)$$

4. Рассчитать альтернативную мощность ламп накаливания, требуемых для освещения помещения. Принять требование по освещенности лампами накаливания из расчета $P_i = 10$ Вт мощности на создание светового потока Φ_i 150 лм/м² освещаемого помещения:

$$P_{\text{ламп}} = S \cdot P_i, \text{ Вт} \quad (9.7)$$

5. С учетом того, что $\Phi_{\text{ленты}} = \Phi_{\text{ламп}}$, сравнить полученные данные мощности ламп накаливания $P_{\text{ламп}}$ с соответствующим значением мощности светодиодной ленты $P_{\text{ленты}}$. Для проверки значений служит таблица 9.3, данные могут отличаться на 10-30%.

Таблица 9.3

Соотношение мощности и светового потока для прозрачных ламп накаливания, цоколь E27, 220В

Мощность $P_{\text{л}}$, Вт	Световой поток $\Phi_{\text{л}}$, лм	Световая отдача, лм/Вт
200	3100	15,5
150	2200	14,6
100	1360	13,6
75	940	12,5
60	720	12
40	420	10,5
25	230	9,2
15	90	6

Расчет делается для ленты со светодиодами, направленными вниз. Однако, если лента будет находиться в нише, необходимо учесть потери на отражение от потолка, которые составляют не менее 50%. Для гарантированной освещенности помещения в этом случае нужно выбрать ленту с большим в два раза световым потоком.

6. Вычислить ежемесячную экономию средств в рублях от замены ламп накаливания на светодиодную ленту, исходя из однотарифной системы оплаты электроэнергии.

В соответствие с Постановлением ГК «Единый тарифный орган» Челябинской области № 7/1 от 17 февраля 2014 г. однотарифная система оплаты за электроэнергию составляет – 2,51 руб/ кВт•ч;

Сделать вывод об энергосбережении.

ЗАДАЧА 10

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «ТЕПЛЫЙ ПОЛ» В СРАВНЕНИИ С КОНВЕКТИВНЫМИ (ВОДЯНЫМИ) СИСТЕМАМИ ОТОПЛЕНИЯ

Теплый пол является одним из оптимальных средств обогрева помещения, т.к. нагретый воздух от источника поднимается вверх, отапливая все помещение (рис.10.1)

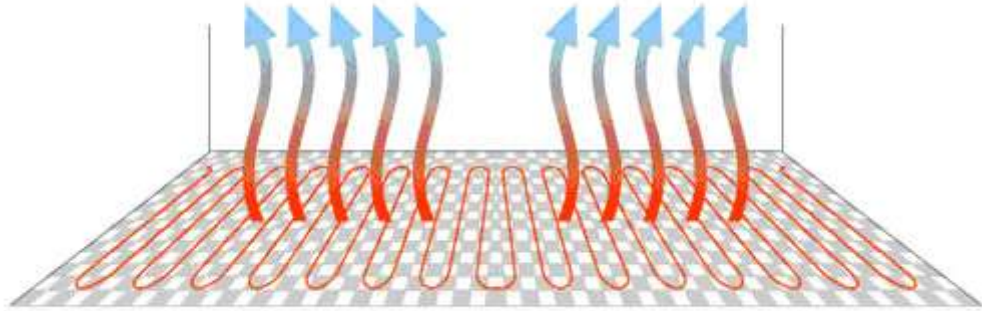


Рис.10.1 Схема движения тепловых потоков от теплого пола

Электрические теплые полы позволяют более точно регулировать температуру в помещении и стоят значительно дешевле жидкостных аналогов. Особенностью использования теплого пола является наличие термостатов или терморегуляторов, которые могут идентифицировать температуру в помещении, включаться по таймеру, самостоятельно контролировать тепловые характеристики помещения. Применение программируемого термостата в режиме аккумуляции тепла в бетонной стяжке снижает расходы на оплату электроэнергии (с применением двухтарифного счетчика) на 20 – 30%.

Условия задачи:

Рассчитать затраты энергии в кВт·ч и в рублях при использовании системы «Теплый пол» для квартиры, расположенной на 1 этаже многоквартирного дома. Учесть теплопотери вниз через перекрытия в подвальное помещение. Температура воздуха в котором +5 °С. Сравнить отопление от теплого пола с конвективной (от водяных радиаторов) системой отопления.

- Принять в расчетах следующие параметры для условий г.Челябинска:
 - Средняя температура наружного воздуха за отопительный период: $t_{ср} = -6,5^{\circ}\text{C}$;
 - Продолжительность отопительного периода: $T = 218$ дней;
 - Расчетная минимальная температура наружного воздуха: $t_{нар} = -34^{\circ}\text{C}$;
 - Максимальная часовая нагрузка на отопление: $Q_{max} = 0,039$ Гкал·ч
- Варианты задачи представлены в табл.9.1.

Методика расчета

1. Определяются теплопотери через стены здания:

$$Q_c = S_c \cdot q_c, \text{ Вт} \tag{10.1}$$

где S – общая площадь стен дома (без учета окон), м^2 ; q_c – удельные теплопотери на 1 м^2 площади, $\text{Вт}/\text{м}^2$.

Удельные теплопотери через стены определяются по выражению:

$$q_c = \frac{t_{вн} - t_{нар}}{R_c}, \text{ Вт}/\text{м}^2 \tag{10.2}$$

где: $t_{нар}$ - минимальная температура наружного воздуха для наиболее холодного периода года, $^{\circ}\text{C}$; $t_{вн}$ - расчетная средняя температура внутри квартиры; R_c - сопротивления теплопередаче стен (табл.10.2).

Аналогичным образом считаются теплотери через окна $Q_{ок}$ и пол $Q_{п}$. Потерями через потолок пренебречь.

2. Определяются общие теплотери в доме:

$$, \text{ Вт} \quad (10.3)$$

3. Выбирается мощность кабельной системы отопления $P_{ТП}$ исходя из условия, что

$$P_{ТП} \geq Q_{Общ} \quad (10.4)$$

При выборе системы обогрева «Теплый пол» необходимо принимать во внимание, что система работает не постоянно, а включается/выключается автоматически с помощью термостата, исходя из заданных значений температуры пола и воздуха в помещении. При этом потребляется минимум энергии, необходимой и достаточной для отопления дома и создания комфортной температуры.

4. Производится расчет расхода электроэнергии на отопление за счет теплого пола при самой низкой температуре наружного воздуха:

$$W_{\max} = P_{ТП} \cdot T_p, \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (10.5)$$

где T_p – время работы системы «Теплый пол», ч.

5. Рассчитываются затраты на оплату электроэнергии для двух вариантов систем оплаты в соответствии с Информационным письмом ГК «Единый тарифный орган» Челябинской области № 02/2983 от 29.12.2011 г.:

– одностарифная система оплаты (K_1) - 1,379 руб/ кВт·ч;

- двухтарифная система оплаты (K_2) - 1,63 руб/ кВт·ч.

$$C_{\max 1} = W_{\max} \cdot K_1, \text{ руб.} \quad (10.6)$$

$$C_{\max 2} = W_{\max} \cdot K_2, \text{ руб.}$$

6. Рассчитывается потребление электроэнергии $W_{ср}$ и расход на ее оплату $C_{ср.}$, исходя из расчетного значения средней температуры наружного воздуха $t_{ср}$ в отопительный период по формулам (10.1-10.6).

7. Рассчитываются расходы на оплату электроэнергии при использовании программируемого термостата в режиме аккумуляции тепла в бетонной стяжке при использовании двухставочного тарифа:

$$C_{T.\max 2} = 0,75 \cdot W_{T.\max} \quad (10.7)$$

$$C_{T.ср2} = 0,75 \cdot W_{T.ср}$$

Для сравнения систем отопления рассчитывается традиционное централизованное отопление водяными радиаторами

8. Среднее потребление энергии системой централизованного отопления:

$$Q_{ср} = Q_{\max} \cdot \frac{t_{вн} - t_{ср}}{t_{вн} - t_{нар}}, \text{ Гкал/час} \quad (10.8)$$

9. Общее потребление энергии за отопительный период:

$$Q = 24 \cdot Q_{cp} \cdot T, \text{ Гкал} \quad (10.9)$$

10. Рассчитываются затраты на тепловую энергию в соответствии с тарифами (Постановление ГК ЕТО Челябинской области №42/15 от 30.11.2011 года.)

$$C_p = Q \cdot K_3, \text{ руб.} \quad (10.10)$$

где $K_3=747,48$ руб/Гкал – тариф за тепловую энергию.

11. Сравнить затраты при использовании системы отопления «Теплый пол» и централизованной (конвективной) системы отопления водяными радиаторами. Сделать выводы.

Таблица 10.1.

Параметры	Номер варианта								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Площадь стен $S_c, \text{ м}^2$	58	59	80	38	38	41	80	80	56
Площадь окон $S_{ок}, \text{ м}^2$	7,95	7,95	10,2	5,7	5,7	5,7	14,45	10,2	7,95
Площадь пола $S_{п}, \text{ м}^2$	22,3	19,6	28,7	11,7	11,7	15,7	69,7	28,7	19,6
Расчетная температура внутри помещения $t_{вн}, \text{ }^\circ\text{C}$	22	20	23	20,5	20,4	21	21,8	21,5	23

Таблица 10.2.

Сопротивление теплопередаче $R, \text{ м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$

Сопротивление теплопередаче стен, R_c	3,92
Сопротивление теплопередаче окон, $R_{ок}$	0,64
Сопротивление теплопередаче пола, $R_{пол}$	1,43

ЗАДАЧА 11

РАСЧЕТ И ВЫБОР ПЛЭН

Пленочный лучистый электронагреватель (ПЛЭН) является одним из оптимальных средств обогрева помещений. Тепловые лучи длиной волны 9 мкм, излучаемые прибором, нагревают пол и находящиеся в помещении предметы (рис. 11.1). Тепло находит аккумуляцию в предметах обстановки, в полу, которые, в свою очередь, отдают в окружающую среду вторичное тепло. Таким образом, чтобы получить комфортную температуру в помещении, воздух в нем нагревать не обязательно, как это принято в конвективных системах (рис. 11.1). Длинноволновый обогрев можно сравнить со световыми лучами. Правильно распределив в комнате источники света, можно добиться комфортабельного, равномерного освещения. Точно так же распределяются и инфракрасные излучатели.

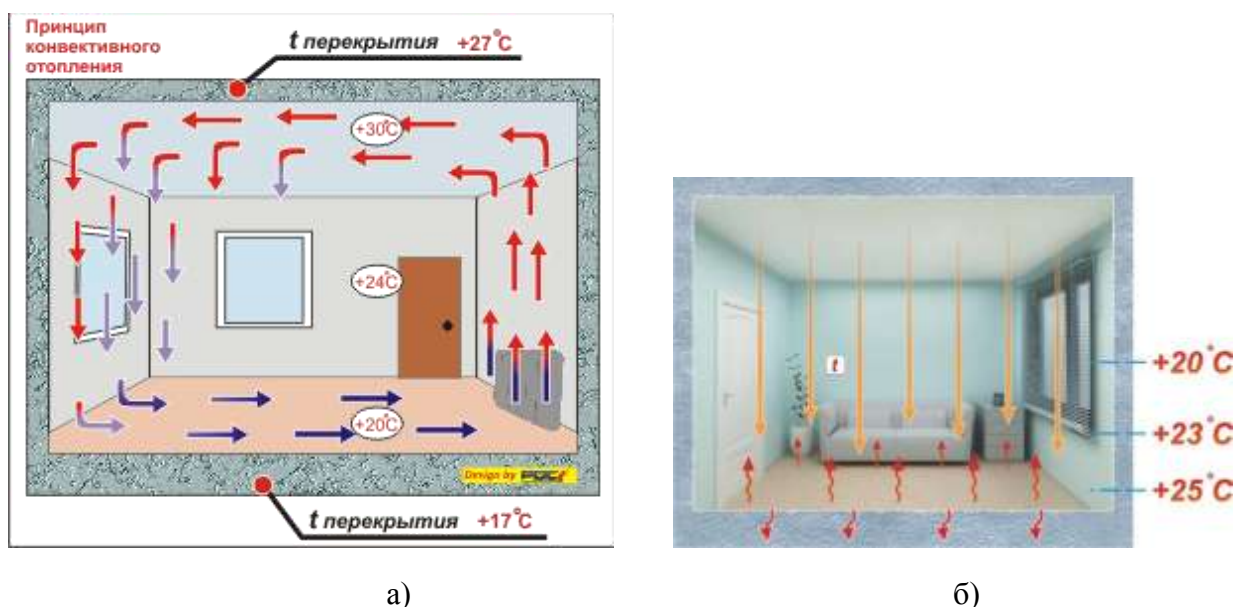


Рис. 11.1 Схема конвективной системы (а) и ПЛЭН (б)

Условия задачи:

Рассчитать мощность ПЛЭН в кВт и цену в рублях при использовании системы «ПЛЭН» для квартиры, расположенной в многоквартирном доме. Пренебречь теплопотерями через стены, потолок и пол на основе допущения, что данные потери являются минимальными в связи с принципом работы ПЛЭН.

Характеристики ПЛЭН:

Толщина всех типоразмеров пленочного электронагревателя – 0,25 мм.

Напряжение питания U – 220 В (или согласно требованию заказчика, возможно постоянное напряжение).

Частота тока – 50 Гц (синусоида, квазисинусоида – модифицированный синус).

Масса 1 м^2 – 300-550 г.

Длина тепловой волны – 8.8 - 9.5 мкм.

Пиковая удельная потребляемая мощность $P_{\text{пик}}$ - 200 Вт/м² (в режиме разогрева).

Номинальная потребляемая мощность $P_{\text{ном}}$ - 15 Вт/м².

Гарантийный срок эксплуатации - 25 лет с момента монтажа.
 Срок эксплуатации с момента установки - 50 лет и более.
 Цена $C_{\text{ПЛЭН}}$ за 1 м^2 – 1000 руб. с учетом монтажных работ.
 Цена регулятора C_p – 2000 руб/кВт установленной мощности.

Система может эксплуатироваться совместно с ветроэнергетической установкой, комплектом солнечных батарей и т.д. без дополнительного оборудования. В этом случае электрические и тепловые потери минимизируются.

Коэффициент покрытия потолочной поверхности определяется по таблице 11.1 в зависимости от климатической зоны и температуры самой холодной пятидневки в конкретном регионе:

Таблица 11.1

Климатическая зона и температуры самой холодной пятидневки

Варианты	1	2	3	4	5	6	7
Средняя зимняя температура за холодную пятидневку, °С	-50	-45	-40	-35	-25	-15	выше -15
Коэффициент покрытия K_p	1.00	0.90	0.80	0.65	0.60	0.55	0.50
Площадь помещения $S, \text{ м}^2$	20	25	30	35	40	45	50

Методика расчета

1. Из таблицы 11.1 выбирается коэффициент K_p , соответствующий конкретному региону.
2. Для каждого варианта выбирается площадь помещения S (м^2):
3. Рассчитывается потребность площади ПЛЭН $S_{\text{ПЛЭН}}$ для отопления помещения площадью S , т.е. какую площадь потолка (стены) необходимо покрыть ПЛЭН:

$$S_{\text{ПЛЭН}} = S \cdot K_p, \text{ м}^2$$

4. Рассчитать установленную (пиковую) мощность на тепловое инфракрасное отопление:

$$P = S_{\text{ПЛЭН}} \cdot P_{\text{пик}} \quad (11.1)$$

5. Рассчитать стоимость установки ПЛЭН $C_{\text{ПЛЭН}}$ для вычисленной мощности P :

$$C_{\text{ПЛЭН}} = C_{\text{ПЛЭН}} \cdot S_{\text{ПЛЭН}} + C_p \quad (11.2)$$

6. Рассчитать энергопотребление ПЛЭН $E_{\text{ПЛЭН}}$ в месяц в нормальном (номинальном) режиме для двух вариантов систем оплаты в соответствии с Постановлением ГК «Единый тарифный орган» Челябинской области № 7/1 от 17 февраля 2014 г. однотарифная система оплаты за электроэнергию составляет $K=2,51$ руб/ кВт•ч.

$$E_{\text{ПЛЭН}} = P_{\text{ном}} \cdot K \cdot 24 \cdot 30 \quad (11.3)$$

В случае, если суммарной установленной мощности не хватает для целей отопления и бытовых приборов, целесообразно использовать реле отключения неприоритетной нагрузки, которое позволяет временно отключать часть нагревательных контуров системы, когда суммарная нагрузка на сеть превышает разрешенную. Т.к., каждая из отапливаемых зон работает не более 10 минут в час, то нет целесообразности включать несколько зон одновременно. Таким образом, необходимую установленную для отопления мощность можно снизить до 4 раз без ущерба для него за счет применения логических реле либо контролеров. Тогда

$$E_{\text{ПЛЭН}} = P_{\text{ном}} \cdot K \cdot 24 \cdot 30 / 4 \quad (11.4)$$

ЗАДАЧА 12

РАСЧЕТ СТОИМОСТИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Условия задачи

Рассчитать тепловую производительность водонагревателей отопления и горячего водоснабжения.

Методика расчета

Расчетную тепловую производительность водонагревателей Q^{sp} (Вт) следует принимать по расчетным тепловым потокам на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, приведенным в проектной документации зданий и сооружений (рис. 12.1). При отсутствии проектной документации допускается определять расчетные тепловые потоки в соответствии с указаниями СНиП 2.04.07-86 (по укрупненным показателям).

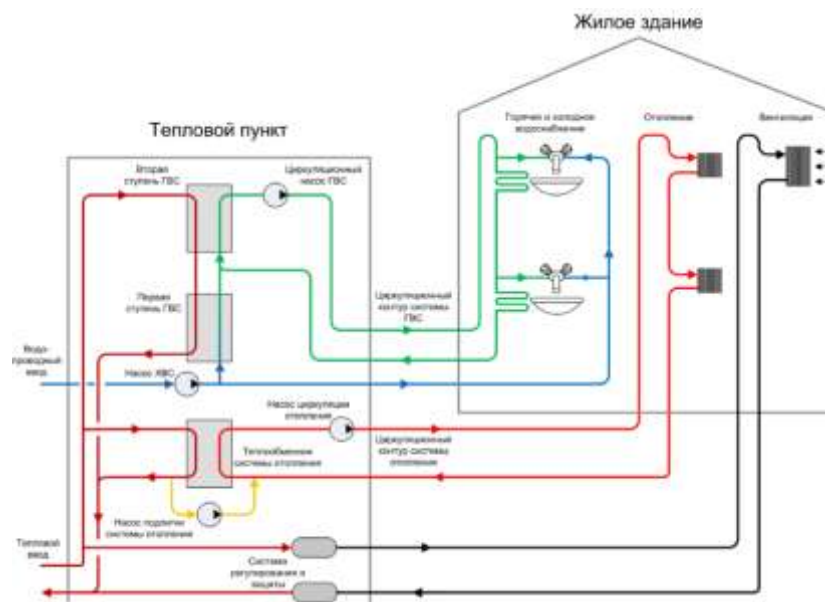


Рис. 12.1 Система отопления и горячего водоснабжения здания

1. Рассчитать тепловую производительность водонагревателей для систем отопления Q^{sp} , при расчетной температуре наружного воздуха t_o ($^{\circ}\text{C}$) для проектирования отопления и максимальным тепловым потокам Q_{max} .

1.1. Выбрать общую площадь жилого здания A (m^2) согласно своему варианту (табл. 12.1).

Таблица 12.1

Общая площадь жилого здания (m^2)

Варианты										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
50	100	200	300	400	500	1000	2000	5000	10000	20000

1.2. Выбрать укрупненные показатели максимального теплового потока на отопление жилых зданий q_0 (Вт) на $1m^2$ общей площади согласно таблице 12.2 по вариантам. Этажность жилой постройки выбрать самостоятельно.

Таблица 12.2

Укрупненные показатели максимального теплового потока на отопление жилых зданий q_0 (Вт)

Этажность жилой постройки	Характеристика зданий	Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления $t_0, ^\circ C$										
		Варианты										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		минус 5	минус 10	минус 15	минус 20	минус 25	минус 30	минус 35	минус 40	минус 45	минус 50	минус 55
		Для постройки до 1985 г.										
1 - 2	Без учета и внедрения энергосберегающих мероприятий	148	154	160	205	213	230	234	237	242	255	271
3 - 4		95	102	109	117	126	134	144	150	160	169	179
5 и более		65	70	77	79	86	88	98	102	109	115	122
1 - 2	С учетом внедрения энергосберегающих мероприятий	147	153	160	194	201	218	222	225	230	242	257
3 - 4		90	97	103	111	119	128	137	140	152	160	171
5 и более		65	69	73	75	82	88	92	96	103	109	116
		Для постройки после 1985 г.										
1 - 2	По новым типовым проектам	145	152	159	166	173	177	180	187	194	200	208
3 - 4		74	80	86	91	97	101	103	109	116	123	130
5 и более		65	67	70	73	81	87	87	95	100	102	108

Примечания:

- Энергосберегающие мероприятия обеспечиваются проведением работ по утеплению зданий при капитальных и текущих ремонтах, направленных на снижение тепловых потерь.

- Укрупненные показатели зданий по новым типовым проектам приведены с учетом внедрения прогрессивных архитектурно-планировочных решений и применения строительных конструкций с улучшенными теплофизическими свойствами, обеспечивающими снижение тепловых потерь.

1.3. Вычислить максимальный тепловой поток $Q_{o\max}$ (Вт), на отопление жилых и общественных зданий в соответствии со СНиП 2.04.07-86*:

$$Q_{o\max} = q_0 A(1 + k_1); \text{ Вт} \quad (12.1)$$

где k_1 - коэффициент, учитывающий тепловой поток на отопление общественных зданий; при отсутствии данных следует принимать равным 0,25; k_2 - коэффициент, учитывающий тепловой поток на вентиляцию общественных зданий (при отсутствии данных следует принимать равным: для общественных зданий, построенных до 1985 г. - 0,4, после 1985 г. - 0,6).

1.4. Принять максимальные тепловые потоки на вентиляцию $Q_{v\max}$ не менее 15% от $Q_{o\max}$

$$Q_{vmax} = 0,15 \dots 0,30 \cdot Q_{omax}, \text{ Вт} \quad (12.2)$$

1.5. Рассчитать тепловую производительность водонагревателя Q_o^{sp} (Вт). При независимом присоединении систем отопления и вентиляции через общий водонагреватель расчетная тепловая производительность водонагревателя (Вт), определяется по сумме максимальных тепловых потоков на отопление Q_{omax} и вентиляцию Q_{vmax} :

$$Q_o^{sp} = Q_{omax} + Q_{vmax}, \text{ Вт} \quad (12.3)$$

2. Рассчитать ежемесячные затраты на работу теплового пункта $\Pi_{мес}$ (руб).

Из таблиц 12.3 согласно варианту взять затраты ресурса $V_{рес}$ и рассчитать $\Pi_{сут}$, $\Pi_{мес}$, $\Pi_{сез}$ для помещения 100 м^2 .

$$\Pi_{сут} = V_{рес} \cdot 24 \quad (12.4)$$

$$\Pi_{мес} = \Pi_{сут} \cdot 30 \quad (12.5)$$

$$\Pi_{сез} = \Pi_{мес} \cdot 5 \quad (12.6)$$

Полученные результаты занести в таблицу согласно варианту.

Вычислить ежемесячные затраты на ресурс на помещение 100 м^2 :

$$\Pi_{мес} = \Pi_{мес} \cdot \Pi_{рес}, \text{ руб} \quad (12.7)$$

Таблица 12.3

Показатели различных энергоносителей из расчета на помещение площадью 100 м^2

ЗАТРАТЫ НА ТОПЛИВО							ПОТРЕБНОСТЬ		
№ варианта	Тип отопления (ресурс)	Единица ресурса	Расход ресурса на 1 кВт/час, $P_{тп}$	Цена за единицу ресурса $\Pi_{рес}$, руб	Цена за 1 кВт. час, руб	Затраты ресурса на помещение за 1 час, $V_{рес}$	сутки, $\Pi_{сут}$	месяц, $\Pi_{мес}$	сезон, $\Pi_{сез}$
1	дрова	кг	0,45	1,5	0,675	4,725			
2	газ автономный	литр	0,16	15	2,4	16,8			
3	газ магистральный	м.куб.	0,1	3	0,3	2,1			
4	диз.топливо	литр	0,1	14	1,4	9,8			
5	электричество	квт/час	1	3	3	21			
6	уголь	кг	0,2	7	1,4	9,8			
7	печное топливо	литр	0,1	14	1,4	9,8			
8	отработка	литр	0,1	14	1,4	9,8			
9	тепловой насос	квт/час	0,25	3	3	5,25			

Из п. 1.1 взять площадь здания A и рассчитать стоимость отопления здания в месяц Π :

$$\Pi = \Pi_{мес} \cdot A / 100, \text{ руб} \quad (12.8)$$

Сравнить полученный результат с другими вариантами ресурсов.

3. Рассчитать ежегодные затраты на отопление $\Pi_{от}$ с учетом первоначальных капиталовложений K . Отопление является сезонным мероприятием. Поэтому расчет необходимо вести не из расчета за месяц, а за сезон. Срок службы (окупаемости) условно принимается 20 лет. Из таблицы 12.4 взять $\Pi_{об}$

$$\Pi_{от} = \Pi_{об}/20 + \Pi_{сез} \quad (12.9)$$

Данные занести в таблицу 12.4 согласно варианту.

Таблица 12.4

Капиталовложения на оборудование

ЗАТРАТЫ НА ОБОРУДОВАНИЕ, К, руб				ОБЩИЕ ЗАТРАТЫ В ГОД, при делении на 20 лет, $\Pi_{от}$
№ варианта	Тип отопления	Разовые, $\Pi_{об}$	на 20 лет	
1	дрова	15000	750	
2	газ автономный	450000	22500	
3	газ магистральный	450000	22500	
4	диз.топливо	60000	3000	
5	электричество	40000	2000	
6	уголь	40000	2000	
7	печное топливо	60000	3000	
8	отработка	60000	3000	
9	тепловой насос	450000	22500	

Сравнить полученные варианты.

ЗАДАЧА 13

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ ПЛЕНОК ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ

Для снижения потерь тепловой энергии через окна применяется светопрозрачная пленка, которая устанавливается с внутренней стороны окна или в межрамное пространство. Стекла со светозащитным покрытием позволяют существенно сэкономить затраты на кондиционирование летом и на отопление зимой, т.к., пленка обладает способностью задерживать тепловые лучи и не давать им свободно перетекать из помещения наружу и наоборот (рис.13.1). Одна пленка может заменить целый стеклопакет, что значительно сокращает затраты на отопление.



Рис.13.1 – Принцип действия энергосберегающей пленки

Условия задачи

Рассчитать теплопотери помещения через остекление окна при использовании обычного стеклопакета и при установке светопрозрачной пленки. Определить величину сэкономленной тепловой энергии при использовании пленок. Термическое сопротивление окон с двойным остеклением в спаренных переплетах составляет $R_1 = 0,4 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Методика расчета

1. Определяются теплопотери помещения Q_1 через светопрозрачные ограждения:

$$Q_1 = F \cdot R_1 \cdot (t_{в} - t_{н}), \text{ Вт} \quad (13.1)$$

где F – площадь остекления, м^2 ; R_1 – сопротивление теплопередаче стандартного остекления до установки пленки, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$; $t_{в}$ – температура воздуха внутри помещения, °C ; $t_{н}$ – температура наружного воздуха (средняя за отопительный период), °C .

2. Термическое сопротивление стеклопакета R_2 при установке в межрамное пространство энергосберегающей прозрачной пленки составляет $R = 0,54 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. С учетом этого, теплопотери помещения после установки пленки в межрамное пространство окон будет равно:

$$Q_2 = F \cdot R \cdot (t_{в} - t_{н}), \text{ Вт} \quad (13.2)$$

3. Определяется процент снижения тепловых потерь при выполнении данного энергосберегающего мероприятия.

4. Определяется экономия тепловой энергии ΔQ за отопительный период:

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2 \quad (13.3)$$

где T – длительность отопительного периода, ч;

5. Определяется годовая денежная экономия:

$$, \text{ тыс. руб.} \quad (13.4)$$

где $T_{ТЭ}$ – тариф на тепловую энергию, руб./Гкал.

Таблица 13.1

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Площадь остекления F , m^2										
Температура воздуха внутри помещения $t_{в}$, $^{\circ}C$										
Температура наружного воздуха $^{\circ}C$										
Длительность отопительного периода T , ч										

ЗАДАЧА 14

РАСЧЕТ ЭКОНОМИИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ЗА СЧЕТ УСТАНОВКИ ТЕПЛООТРАЖАЮЩИХ ПАНЕЛЕЙ

Установка теплоотражающих панелей за отопительными приборами (радиаторами) может существенно снизить тепловые потери. В качестве панелей используется, например, пенофол или лист изолон с низким коэффициентом теплопроводности (около $0,05 \text{ Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$) (рис.14.1)

Условия задачи

Определить потери тепла в помещении с радиаторами отопления и при установке за ними теплоотражающих панелей. Рассчитать экономию тепловой энергии для единичного радиатора и для многоквартирного дома.

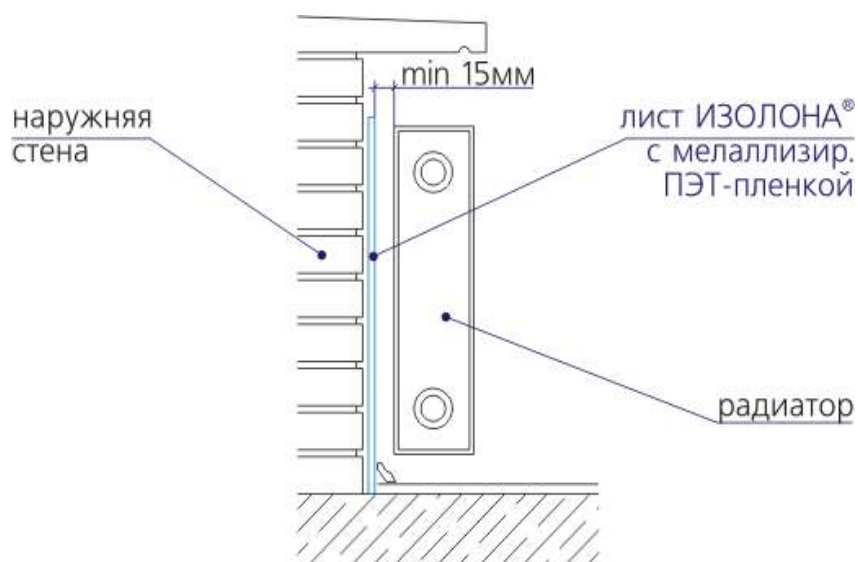


Рис.14.1. Установка теплоотражающих панелей за радиаторами отопления

Методика расчета

1. Потери тепла в помещении определяются:

$$Q_{\text{пот}} = \alpha_{\text{вн}} \cdot F_{\text{пр}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}) \cdot R_{\text{ст}} \quad (14.1)$$

где $t_{\text{вн}}$ - средняя температура воздуха между стеной и батареей, °С; $t_{\text{н}}$ - средняя температура наружного воздуха за отопительный период в расчетной местности °С; $F_{\text{пр}}$ - площадь проекции радиатора на стену, м²; $R_{\text{ст}}$ - сопротивление теплопередаче стены, м²·°С/Вт, которое определяется:

$$R_{\text{ст}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} \quad (14.2)$$

где $\alpha_{\text{вн}}$ - коэффициент теплоотдачи от внутреннего воздуха к ограждению, Вт/м²·°С (берется из табл.14.1) d - толщина стены, м; λ - коэффициент теплопроводности материала стен, Вт/м·°С

(Приложение 1, таблица П.1.1); $\alpha_{\text{вн}}$ - коэффициент теплоотдачи от внутреннего воздуха к ограждению Вт/м²·°С (табл. 14.2).

Таблица 14.1

Коэффициент теплоотдачи от внутреннего воздуха к внутренней поверхности ограждающей конструкции

Внутренняя поверхность ограждающих конструкций	$\alpha_{\text{вн}}$
1. Стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими рёбрами при отношении высоты рёбер к расстоянию между гранями соседних рёбер $\frac{h}{a} \geq 0,1$	8,7
2. Потолков с выступающими рёбрами при отношении высоты h рёбер к расстоянию a между гранями соседних рёбер $\frac{h}{a} < 0,1$	7,6
3. Окон	8,0

4. Зенитных фонарей	9,9
---------------------	-----

Таблица 14.2

Коэффициент теплоотдачи от внешней поверхности ограждающей конструкции к окружающей среде

Внутренняя поверхность ограждающих конструкций	—
1. Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной-климатической зоне	23
2. Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольями в Северной строительной-климатической зоне	17
3. Перекрытий чердачных и над неотапливаемыми подвалами со световыми проёмами в стенах, а также наружных стен с воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом	12
4. Перекрытий над неотапливаемыми подвалами без световых проёмов в стенах, расположенных выше уровня земли, и над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными выше уровня земли	6

2. Определяются потери тепла через наружную стену после установки теплоотражающего экрана
- $$(14.3)$$

где λ – коэффициент теплопроводности материала теплоотражающего экрана, $t_{в}$ – расчетная температура воздуха в помещении, $t_{ср}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период в рассматриваемой местности.

3. Определяется объем тепловой энергии, сэкономленной за отопительный период:
- $$(14.4)$$

где $E_{э}$ – экономия тепловой энергии за год от внедрения мероприятия, T – длительность отопительного периода, C – коэффициент перевода кВт·час в Гкал и равен $0,86 \cdot 10^{-3}$.

4. Определяется годовая экономия в денежном выражении:
- $$(14.5)$$

где C –

5. Определяется экономия для всего здания для общего количества батарей m

Таблица 14.1

Варианты задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

ЗАДАЧА 15

РАСЧЕТ ЭКОНОМИИ ВОДЫ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОСБЕРЕГАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Условия задачи

Рассчитать экономию воды для административного здания с четырьмя унитазами в м³ и в рублях при замене двух обычных с V=6-ти литровых сливных бачка в унитазе на двухрежимные бачки с объемом V=3 литра. Численность персонала M_{перс}=40 человек, численность посетителей M_{пос}=30 человек. Принимаем количество спусков воды для персонала и посетителей n_{перс} = n_{пос} =1. Возможное количество энергосберегающих пусков воды 85%. Период работы здания- t=246 дней в году.

Рассчитать сокращение потерь воды при замене обычных смесителей в туалетной комнате на автоматические сенсорные смесители.

Рассчитать годовое потребление воды в туалетных комнатах университета с использованием обычных смесителей и при их замене на автоматические сенсорные смесители. Рассчитать сокращение потерь воды при установке новых смесителей и экономический эффект от данного энергосберегающего мероприятия. Данные для расчета взять в табл.

Методика расчета

1. Рассчитаем объем воды при сливе с четырьмя обычными бачками:

$$V_{об.} = 0,85 \cdot M_{перс} \cdot n_{перс} + M_{пос} \cdot n_{пос} \cdot V_i \cdot N_{бач} \cdot t, \text{ м}^3 \quad (15.1)$$

2. Аналогичным образом рассчитывается объем воды при замене 2-х бачков на энергосберегающие.

3. Рассчитывается экономия воды в денежном выражении:

$$\mathcal{E} = \Delta V \cdot \text{Ц}, \text{ руб.} \quad (15.2)$$

где ΔV - разность объемов воды при замене сливных бачков; Ц- тариф на холодную водоснабжение и водоотведение составляет 24,3 руб/м³ (Решение ЕТО от 30.11.2011г. № 42/48)

4. Рассчитывается годовое сокращение воды при замене обычных смесителей на автоматические сенсорные смесители.

Автоматические сенсорные смесители позволяют значительно экономить холодную и горячую воду, их отличает простота в использовании, т.к. не требуется специальных вентилей и обеспечение высокой гигиены мытья рук (рис.15.1).



Рис.15.1. Автоматический сенсорный смеситель

Годовое сокращение потерь воды с установленным автоматическим сенсорным смесителем определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{ACC} = V \cdot K_{эф.}, \quad \text{Гкал} \quad (15.3)$$

где V - объем воды, потребляемый при обычных смесителях воды (считается отдельно для горячей и холодной воды), м^3 ; $K_{эф.}$ - коэффициент экономии автоматических сенсорных смесителей

5. Общая годовая экономия в денежном выражении определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = \Delta V_{г} \cdot Ц_{гор} + \Delta V_{х} \cdot Ц_{хол}, \text{ руб.}, \text{ где} \quad (15.4)$$

$\Delta V_{г}$ - годовая экономия горячей воды, $\Delta V_{х}$ - годовая экономия холодной воды, $Ц_{гор}$ - тариф на горячую воду, руб./ м^3 , $Ц_{хол}$ - тариф на холодную воду, руб./ м^3 .

6. Затраты на замену всех смесителей определяются затратами на установку одного автоматического сенсорного смесителя с учетом материалов и стоимости работ, (руб) и количеству смесителей.

ЗАДАЧА 16

РАСЧЕТ ЭКОНОМИИ ВОДЫ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЗА СЧЕТ ДРОССЕЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ НАСОСА

Условия задачи.

На насосной станции установлен насос марки 6К-8, обеспечивающий поддержание заданного напора в системе холодного водоснабжения. Производительность насоса регулируется дросселированием в ручном режиме. В соответствии с графиком водопотребления насосной станции и напора в системе, определить годовую экономию воды и электроэнергии. Напор на входе насоса $H_{вх}$ принять равным 0,5 м.

Методика расчета

1. Выписываются номинальные параметры насоса и приводного электродвигателя (табл.16.1).

2. Определяется средний расход воды Q_{cp} за сутки по диаграмме (рис. 16.1):

$$Q_{cp} = \frac{\sum_{i=0}^{n=24} Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n}{24}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (16.1)$$

где Q_{i1}, Q_{i2}, \dots соответственно значения расхода по часам в течение суток, $\text{м}^3/\text{ч}$

3. Определяется минимальный необходимый напор H_{min} по суточному графику (рис.16.1)

4. С учетом среднего расхода воды Q_{cp} определяется средний напор на выходе насоса H_{cp} по характеристике насоса $Q-H$ (рис.16.2):

5. Определяется напор на выходе насоса:

$$H_{вых.ср} = H_{cp} + H_{вх}, \text{ м} \quad (16.2)$$

6. Определяется КПД насосного агрегата $\eta_{нас}$ в соответствие с графиком $Q-\eta$ (рис. 16.2)

7. Определяется годовая экономия воды по формуле:

$$\Delta B_{год} = 0,007 \cdot (H_{вых.ср} - H_{min}) \cdot Q_{cp} \cdot t_{год}, \text{ м}^3, \quad (16.3)$$

где $t_{год}$ – время работы насоса в год, ч.

8. Определяется годовая экономия электроэнергии:

$$\Delta \mathcal{E}_{год} = \frac{(H_{вых.ср} - H_{min}) \cdot Q_{cp}}{367 \cdot \eta_{нас} \cdot \eta_{дв.ном}} \cdot t_{год}, \text{ кВт}\cdot\text{ч} \quad (16.4)$$

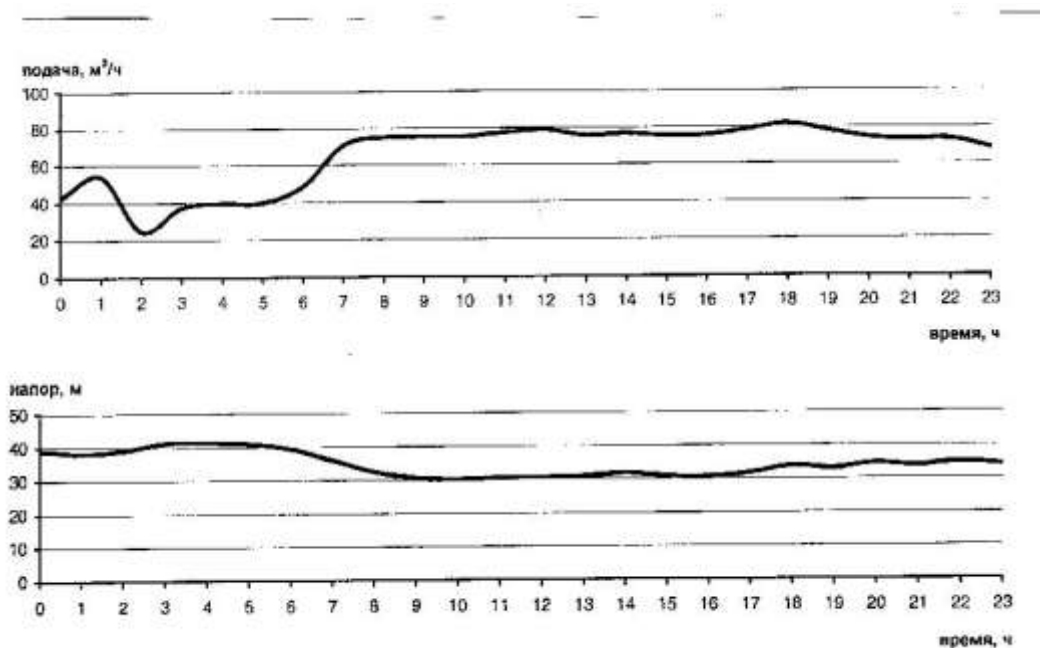


Рис.16.1 Суточные графики водопотребления и напора (после дросселя)

Технические характеристики насоса и электродвигателя

Насос 6К-8		
$Q_{\text{НОМ}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$H_{\text{НОМ}}, \text{ м}$	$\eta_{\text{НОМ}}, \%$
162	32,5	78
Приводной электродвигатель		
$P_{\text{НОМ}}, \text{ кВт}$		$\eta_{\text{НОМ. ДВ}}, \%$
20		90

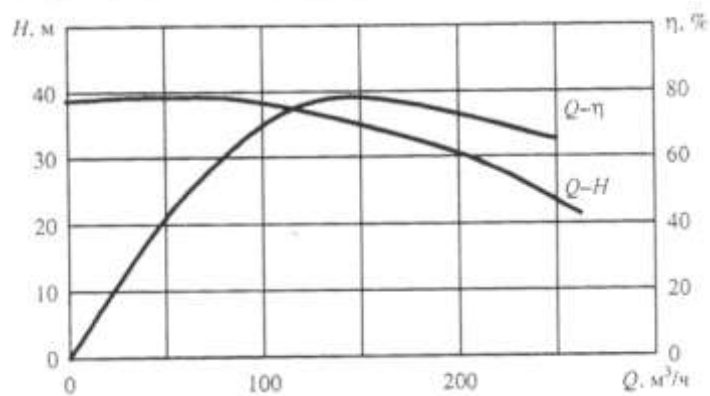


Рис.16.2. Характеристики Q-H и Q-η насоса 6К-8

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методические рекомендации по оценке эффективности энергосберегающих мероприятий - Москва: Институт качества высшего образования НИТУ «МИСиС», 2014. – 96 с.
2. Федеральный закон РФ от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
3. Теория и практика энергосбережения в образовательных учреждениях. Справочно-методическое пособие. – Нижний Новгород: НГТУ, НИЦЭ, 2006. – 188 с.
4. Данилов Н.И., Щелоков Я.М. Основы энергосбережения: учебник. Екатеринбург: ГУ СО «Институт энергосбережения», 2008.- 526с.
5. ГОСТ 24866-99 Стеклопакеты клееные строительного назначения. СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование
6. Ливчак В.И. Энергосбережение при строительстве и реконструкции жилых зданий в России. Энергосбережение №5/2001.
7. СНиП 2.04.14-88. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов
8. СНиП 23-01-99* «Строительная климатология»
9. СНиП 23-05-95 Руководство по обогреву и энергосбережению. Выпуск 2, май 1998г.
10. Теплоэнергетика и теплотехника. Книга 2. Под общей редакцией В.А. Григорьева и В.М. Зорина. Москва,: Энергоатомиздат, 1988.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица П.1

Коэффициенты теплопроводности материала

Материал	Коэффициент теплопроводности — при условиях эксплуатации	
	А	Б
<i>1. Бетоны и растворы</i>		
А. Бетоны на природных плотных заполнителях		
Железобетон	1,92	2,04
Бетон на гравии или щебне из природного камня	1,74	1,86
Б. Бетоны на природных пористых заполнителях		
Туфобетон	0,87	0,99
Туфобетон	0,7	0,81
Туфобетон	0,52	0,58
Туфобетон	0,41	0,47
Пемзобетон	0,62	0,68
Пемзобетон	0,49	0,54
Пемзобетон	0,4	0,43
Пемзобетон	0,3	0,34
Пемзобетон	0,22	0,26
В. Бетоны на искусственных пористых заполнителях		
Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитопенобетон	0,8	0,92
Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитопенобетон	0,67	0,89
Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитопенобетон	0,56	0,65

Материал	Коэффициент теплопроводности — при условиях эксплуатации	
	А	Б
Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитопенобетон	0,44	0,52
Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитопенобетон	0,33	0,41
Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитопенобетон	0,24	0,31
Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитопенобетон	0,2	0,26
Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитопенобетон	0,17	0,43
Керамзитобетон на кварцевом песке с поризацией	0,52	0,58
Керамзитобетон на кварцевом песке с поризацией	0,41	0,47
Керамзитобетон на кварцевом песке с поризацией	0,29	0,35
Г. Бетоны ячеистые		
Газобетон и пенобетон	0,41	0,47
Газобетон и пенобетон	0,33	0,И337
Газобетон и пенобетон	0,22	0,26
Газобетон и пенобетон	0,14	0,15
Газобетон и пенобетон	0,11	0,13
Д. Цементные, известковые и гипсовые растворы		
Цементно-песчаный	0,76	0,93
Сложный (песок, известь, цемент)	0,70	0,87
Известково-песчаный	0,70	0,81
<i>II. Кирпичная кладка и облицовка природным камнем</i>		
А. Кирпичная кладка из сплошного кирпича		
Глиняный обыкновенный кирпич на цементно-песчаном растворе	0,70	0,81
Силикатный кирпич на цементно-песчаном растворе	0,76	0,87
Б. Кирпичная кладка из кирпича керамического и силикатного пустотного		
Керамический пустотный кирпич плотностью 1400 — (брутто) на цементно-песчаном растворе	0,58	0,64
Керамический пустотный кирпич плотностью 1300 — (брутто) на цементно-песчаном растворе	0,52	0,58
Керамический пустотный кирпич плотностью 1000 — (брутто) на цементно-песчаном растворе	0,47	0,52
Силикатный одиннадцатипустотный кирпич на цементно-песчаном растворе	0,70	0,81
Силикатный четырнадцатипустотный кирпич на цементно-песчаном растворе	0,64	0,76
В. Облицовка природным камнем		
Гранит, базальт	3,49	3,49
Мрамор	2,91	2,91
Известняк	1,16	1,28
Известняк	0,93	1,05
Известняк	0,73	0,81
Известняк	0,56	0,58
<i>III. Дерево, и изделия из него</i>		
Сосна и ель поперек волокон	0,14	0,18
Сосна ель вдоль волокон	0,29	0,35

Материал	Коэффициент теплопроводности — при условиях эксплуатации	
	А	Б
Дуб поперёк волокон	0,18	0,23
Дуб вдоль волокон	0,35	0,41
Фанера клееная	0,15	0,18
Картон строительный многослойный	0,15	0,18
Плиты древесноволокнистые и древесностружечные	0,23	0,29
Плиты древесноволокнистые и древесностружечные	0,19	0,23
Плиты древесноволокнистые и древесностружечные	0,13	0,16
Плиты древесноволокнистые и древесностружечные	0,11	0,13
Плиты древесноволокнистые и древесностружечные	0,07	0,08
<i>IV. Теплоизоляционные материалы</i>		
А. Минераловатные и стекловолоконные		
Маты минераловатные прошивные и на синтетическом связующем	0,064	0,07
Маты минераловатные прошивные и на синтетическом связующем	0,06	0,064
Маты минераловатные прошивные и на синтетическом связующем	0,052	0,06
Плиты мягкие, полужёсткие и жёсткие минераловатные на органофосфатном связующем	0,09	0,11
Плиты мягкие, полужёсткие и жёсткие минераловатные на органофосфатном связующем	0,087	0,09
Плиты мягкие, полужёсткие и жёсткие минераловатные на органофосфатном связующем	0,076	0,08
Плиты мягкие, полужёсткие и жёсткие минераловатные на органофосфатном связующем	0,06	0,07
Плиты мягкие, полужёсткие и жёсткие минераловатные на органофосфатном связующем	0,052	0,06
Плиты минераловатные повышенной жёсткости на органофосфатном связующем	0,07	0,076
Б. Полимерные		
Пенополистирол	0,052	0,06
Пенополистирол	0,041	0,052
Пенополитстирол	0,041	0,05
Экструзионный пенополистирол	0,028	0,03
Пенопласт ПХВ-1	0,06	0,064
Пенопласт ПХВ-1	0,05	0,052
Пенополиуретан	0,05	0,05
Пенополиуретан	0,041	0,041
Пенополиуретан	0,04	0,04
В. Засыпки		
Гравий керамзитовый	0,052	0,06
Гравий керамзитовый	0,17	0,20
Гравий керамзитовый	0,13	0,14
Гравий керамзитовый	0,12	0,13
Гравий керамзитовый	0,11	0,12

Материал	Коэффициент теплопроводности — при условиях эксплуатации	
	А	Б
Щебень из доменного шлака	0,21	0,26
Щебень из доменного шлака	0,14	0,16
Щебень из доменного шлака	0,111	0,12
Г. Пеностекло или газостекло		
Пеностекло или газостекло	0,12	0,14
Пеностекло или газостекло	0,11	0,12
Пеностекло или газостекло	0,08	0,09
<i>IV. Материалы кровельные, гидроизоляционные, облицовочные и рулонные покрытия для полов</i>		
Листы асбестоцементные плоские	0,47	0,52
Битумы нефтяные строительные и кровельные	0,27	0,27
Битумы нефтяные строительные и кровельные	0,22	0,22
Битумы нефтяные строительные и кровельные	0,17	0,17
Асфальтобетон	1,05	1,05
Рубероид, пергамин	0,17	0,17
Линолеум поливинилхлоридный многослойный	0,38	0,38
Линолеум поливинилхлоридный многослойный	0,33	0,33
Линолеум поливинилхлоридный на тканевой подоснове	0,35	0,35
Линолеум поливинилхлоридный на тканевой подоснове	0,29	0,29
Линолеум поливинилхлоридный на тканевой подоснове	0,23	0,23
V. Металлы и стекло		
Сталь стержневая арматурная	58	58
Стекло оконное	0,76	0,76

ПРИМЕЧАНИЕ: перед определением — следует определить условия эксплуатации: А или Б по таблицам П.2, П.3.

Таблица П.2

Условия эксплуатации ограждающей конструкции

Режим	Условия эксплуатации А и Б в зонах влажности		
	сухая	нормальная	влажная
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный или мокрый	Б	Б	Б

Таблица П.3.

Влажностный режим внутри помещений

Режим	Влажность внутреннего воздуха; % при температуре		
	До 12°С	От 12 до 24°С	Выше 24°С
Сухой	До 60	До 60	До 60
Нормальный	От 60 до 75	От 50 до 60	От 40 до 50
Влажный	Свыше 75	От 60 до 71	Свыше 75
Мокрый		Свыше 75	



Рисунок П.1 Карта нормируемых термических сопротивлений