

**ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ АРЕНДНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
ПРОМСТРОЙПРОЕКТ**

ПОСОБИЕ 9.91 к СНиП 2.04.05-91

**ГОДОВОЙ РАСХОД ЭНЕРГИИ СИСТЕМАМИ ОТОПЛЕНИЯ,
ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ**

Москва, 1993 г.

Рекомендовано к изданию решением Технического Совета арендного предприятия Промстройпроект.

Пособие 9.91 к [СНиП 2.04.05-91](#). Годовой расход энергии системами отопления, вентиляции и кондиционирования. /Промстройпроект М. 1993г./

Пособие 9.91 к [СНиП 2.04.05-91](#). «Годовой расход энергии системами отопления, вентиляции и кондиционирования» разработано Промстройпроектом (канд. техн. наук Б.В. Баркалов) при участии МИСИ им. В.В. Куйбышева (доктор техн. наук Ю.Я. Кувшинов) взамен раздела 15 [пособия к СНиП 2.04.05-86](#) «Расчеты годовых расходов энергии системами вентиляции и кондиционирования», разработанного МИСИ им. В.В. Куйбышева, рассмотренное и утвержденное кафедрой Отопления и вентиляции, протокол № 12 от 6.02.1989г.

Пособие переработано и дополнено новыми материалами по расходу энергии системами отопления, предоставленными Ю.Я. Кувшиновым.

Пособие предназначено для специалистов в области отопления и вентиляции.

Рецензент доктор технических наук В.П. Титов
Редактор инженер Н.В. Агафонова

Годовые расходы теплоты и электроэнергии для систем вентиляции (СВ), кондиционирования воздуха (СКВ) и холода для СКВ рассчитываются для рабочей смены или части суток (далее смены) с последующим суммированием при работе систем в две или большее число смен.

1. Определяются средние параметры наружного воздуха за время работы систем в теплый и холодный периоды года:

а) температура, °С, и энтальпия, кДж/кг, наружного воздуха

$$t_T = t_{cp,T} + 0,5A_T K_1 K_2 \quad (1)$$

$$t_X = t_{cp,X} + 0,5A_X K_1 K_2 \quad (2)$$

$$J_T = J_{cp,T} + A_T K_1 K_2 \quad (3)$$

$$J_X = J_{cp,X} + A_X K_1 K_2 \quad (4)$$

где - $t_{cp,T}$, $t_{cp,X}$, $J_{cp,T}$, $J_{cp,X}$ - средняя температура воздуха самого жаркого и холодного месяцев, определяемая по [СНиП 2.01.01-82](#), и средняя энтальпия самого жаркого и холодного месяцев года, определяемая по [таблице 1](#);

A_T , A_X , $A_{э,T}$, $A_{э,X}$ - средняя амплитуда температуры, °С, и амплитуда энтальпии, кДж/кг, самого жаркого и холодного месяцев в году, определяемая для температуры по приложению 2 к [СНиП 2.01.01-82](#), а для энтальпии по [таблице 1](#);

K_1 - коэффициент, определяемый по [таблице 2](#) в зависимости от продолжительности работы систем в течение суток;

K_2 - коэффициент, определяемый по [таблице 2](#) в зависимости от времени, приходящегося на середину суточного периода работы системы.

б) средняя за время работы систем в году температура и энтальпия наружного

воздуха:

$$t_{\Gamma} = t_{\text{cp},\Gamma} + 0,25(A_{\Gamma} + A_{\text{X}})K_1K_2 \quad (5)$$

$$J_{\Gamma} = J_{\text{cp},\Gamma} + 0,5(A_{\text{э},\Gamma} + A_{\text{э},\text{X}})K_1K_2 \quad (6)$$

где $t_{\text{cp},\Gamma}$, $J_{\text{cp},\Gamma}$ - среднегодовая температура и энтальпия, определяемые соответственно по таблице [СНиП 2.01.01-82](#) и по [таблице 1](#);

A_{Γ} , A_{X} , $A_{\text{э},\Gamma}$, $A_{\text{э},\text{X}}$ - амплитуды температуры и энтальпии, определяемые по [п.п. "а"](#);

K_1 , K_2 - коэффициенты, определяемые по [таблице 2](#).

2. Годовой расход теплоты на нагревание приточного воздуха для прямоточной СВ, работающей в одну смену, кДж/Г:

$$Q = 0,143nmcG_{\text{п}}\Delta t M_1 K_3 K_4 \quad (7)$$

где n - число рабочих дней в неделе;

m - продолжительность смены, ч;

c - удельная теплоемкость воздуха, равная 1,005 кДж/кг $^{\circ}$ С;

$G_{\text{п}}$ - максимальный расход приточного воздуха, кг/ч; для СВ, работающей с переменным расходом за $G_{\text{п}}$ принимается средний расход воздуха за холодный период года; для систем, работающих с рециркуляцией, кроме $G_{\text{п}}$ учитывается минимальный расход наружного воздуха G , кг/ч, см. [формулу \(9\)](#);

$\Delta t_{\text{к}}$ - разность температур воздуха до и после подогрева в самый холодный месяц года, определяемая по формулам:

а) для прямоточной СВ

$$\Delta t_{\text{к}} = t_{\text{п}} - t_{\text{X}} \quad (8)$$

б) для СВ с применением рециркуляции

$$\Delta t_{\text{к}} = t_{\text{п}} - [t_{\text{рц}}(1 - G/G_{\text{п}}) + t_{\text{X}}G/G_{\text{п}}] \quad (9)$$

t_{X} - температура наружного воздуха в холодный период года, $^{\circ}$ С, определяется по [формуле \(2\)](#);

$t_{\text{п}}$ - средняя температура приточного воздуха в самый холодный период года;

$t_{\text{рц}}$ - температура рециркулирующего воздуха в холодный период года;

G , $G_{\text{п}}$ - расход наружного и приточного воздуха, кг/ч;

M_1 - длительность периода потребления теплоты воздухонагревателем СВ, суток;

$$M_1 = 182,5(\Delta t_{\text{к}}/\Delta t_{\text{к},\Gamma})^{0,5} \quad (10)$$

$\Delta t_{\text{к}}$ - по [формуле \(8\)](#) или [\(9\)](#);

$\Delta t_{\text{к},\Gamma}$ для прямоточной СВ

$$\Delta t_{\text{к},\Gamma} = t_{\Gamma} - t_{\text{X}} \quad (11)$$

$\Delta t_{\text{к},\Gamma}$ - Для СВ с рециркуляцией воздуха принимается как разность температур:

а) смеси рециркулирующего воздуха с наружным при среднегодовой температуре t_{Γ} ;

б) смеси рециркулирующего воздуха с наружным при средней температуре самого холодного месяца t_{X} ;

$\Delta t_{\text{к},\Gamma}$ определяется по формуле:

$$\Delta t_{\text{к},\Gamma} = [t_{\text{рц}}(1 - G/G_{\text{п}}) + t_{\Gamma}G/G_{\text{п}}] - [t_{\text{рц}}(1 - G/G_{\text{п}}) + t_{\text{X}}G/G_{\text{п}}] = (t_{\Gamma} - t_{\text{X}})G/G_{\text{п}} \quad (12)$$

K_3 и K_4 - коэффициенты, определяемые по [табл. 3](#) в зависимости от длительности периода потребления теплоты.

Число часов работы воздухонагревателя в течение года определяется по формуле:

$$N_1 = 0,143M_1nmK_3 \quad (13)$$

где M_1 , n , m - как для [формулы \(7\)](#).

3. Годовой расход теплоты на первый подогрев воздуха для проточной СКВ и при применении рециркуляции:

$$Q=0,143nmG_n\Delta J_k M_2 K_3 K_4 \quad (14)$$

где n , m , G_n , G , K_3 , K_4 - как для формулы (7);

ΔJ_k - разность энтальпий воздуха в самый холодный месяц года, кДж/кг;
для проточной СКВ

$$\Delta J_k = J_{\phi,x} - J_x \quad (15)$$

для СКВ с применением первой рециркуляции

$$\Delta J_k = J_{\phi,x} - [J_{\text{рц}}(1-G/G_n) + J_x G/G_n] \quad (16)$$

здесь $J_{\phi,x}$ - энтальпия воздуха на выходе из форсуночной камеры или воздухонагревателя в холодный период года, кДж/кг;

J_x - энтальпия воздуха на входе в воздухонагреватель в самый холодный месяц года;

$J_{\text{рц}}$ - энтальпия рециркулирующего воздуха в самый холодный месяц года;

$$M_2 = 182,5(\Delta J_k / \Delta J_{k,\Gamma})^{0,5} \quad (17)$$

ΔJ_k - по формуле (15) или (16);

$\Delta J_{k,\Gamma}$ - среднегодовая разность энтальпий:

для проточной СКВ

$$\Delta J_{k,\Gamma} = J_{\Gamma} - J_x \quad (18)$$

для СКВ с применением первой рециркуляции, аналогично формуле (12)

$$\Delta J_{k,\Gamma} = (J_{\Gamma} - J_c)G/G_n \quad (19)$$

J_{Γ} - среднегодовая энтальпия наружного воздуха, определяется по формуле (6).

Число часов работы первого подогрева при односменной работе

$$N_2 = 0,143nmM_2K_3 \quad (20)$$

где n , m , M_2 , K_3 - по предыдущему.

4. Годовой расход теплоты на второй подогрев для проточной СКВ и при применении рециркуляции:

$$Q_2 = 52mn[(G_n - G_{\text{рц},2})\Delta J_{\Gamma} - 3,6Q_{\Gamma,\text{ср}}], \quad (21)$$

где: G_n - расход приточного воздуха, кг/ч;

$G_{\text{рц},2}$ - расход воздуха помещения, поступающего на вторую рециркуляцию, кг/ч;

$Q_{\Gamma,\text{ср}}$ - среднегодовые, средние за смену теплоизбытки (по полному теплу) обслуживаемого помещения в Вт;

ΔJ_{Γ} - среднегодовая разность энтальпий воздуха помещения и воздуха на выходе из форсуночной камеры или поверхностного воздухоохладителя в кДж/кг:

$$\Delta J_{\Gamma} = 0,5(J_{\text{рц},\Gamma} + J_{\text{рц},\chi} - J_{\phi,\Gamma} - J_{\phi,\chi}) \quad (22)$$

где: $J_{\text{рц},\Gamma}$, $J_{\text{рц},\chi}$ - энтальпия рециркулирующего воздуха помещения, соответственно для теплого и холодного периодов, кДж/кг;

$J_{\phi,\Gamma}$, $J_{\phi,\chi}$ - энтальпия воздуха на выходе из оросительной камеры или поверхностного воздухоохладителя соответственно для теплого и холодного периода, кДж/кг.

Среднегодовые избытки теплоты $Q_{\Gamma,\text{ср}}$, Вт, следует определять расчетом при среднегодовых значениях параметров наружного климата, а при их отсутствии допустимо принимать величину $Q_{\Gamma,\text{ср}}$ - средней между избытками теплоты в теплый и холодный периоды года. Если воздухонагреватели второго или зонального подогрева СКВ обслуживают несколько помещений, то величина $Q_{\Gamma,\text{ср}}$ - определяется как сумма для всех обслуживаемых помещений.

5. Годовой расход холода приточной СКВ, кДж/г, определяется по формуле:

$$Q=0,143nmG_n\Delta J_T M_3 K_3 K_4 \quad (23)$$

где: n , m , K_3 , K_4 - как для [формулы \(7\)](#);

$$\Delta J_T = J_T - J_{ф,Т} \quad (24)$$

J_T - энтальпия воздуха самого жаркого месяца, определяемая по [формуле \(3\)](#);

$J_{ф,Т}$ энтальпия воздуха на выходе из форсуночной камеры или воздухоохладителя в теплый период года;

M_3 - длительность периода потребления холода за год, сут.:

$$M_3 = 182,5 (\Delta J_T / \Delta J_{Т,Г})^{0,5} \quad (25)$$

где: ΔJ_T - по [формуле \(24\)](#);

$$\Delta J_{Т,Г} = J_T - J_G \quad (26)$$

J_G - среднегодовая энтальпия наружного воздуха, определяемая по [формуле \(6\)](#).

Число часов потребления холода за год определяется по формуле

$$N_3 = 0,143nmM_3 K_3 \quad (27)$$

где: n , m , M_3 , K_3 - по предыдущему.

6. Годовой расход холода для СКВ с первой рециркуляцией, кДж/г, определяется по формуле

$$Q_{рц,1} = Q - \Delta Q_{Г,э} \quad (28)$$

где: Q - годовой расход приточной системы, определяемый по [формуле \(23\)](#);

$\Delta Q_{Г,э}$ - годовая экономия холода, кДж/г, определяемая по формуле

$$\Delta Q_{Г,э} = 0,143nm(G_n - G_{рц})\Delta J_{Т,рц} M_{рц} K_3 K_4 \quad (29)$$

n , m , G_n , K_3 , K_4 - по предыдущему;

$$\Delta J_T = J_T - J_{рц} \quad (30)$$

$J_{рц}$ - энтальпия воздуха, рециркулирующего в теплое время года;

$M_{рц}$ - продолжительность периода работы СКВ с первой рециркуляцией, определяется по [формуле \(25\)](#), при $\Delta J_T = \Delta J_{Т,рц}$

$G_{рц}$ - расход рециркулируемого воздуха, кг/ч.

7. Годовой расход холода для СКВ со второй рециркуляцией, кДж/г:

$$Q_{рц,2} = (1 - G_2 / G_n) Q, \quad (31)$$

где: Q - годовой расход холода по [формуле \(23\)](#);

G_2 - расход воздуха на вторую рециркуляцию, кг/ч;

G_n - расход приточного воздуха, кг/ч.

8. Годовой расход теплоты на отопление зависит от вида регулирования и тепловой мощности системы.

При отпуске теплоты на отопление по графику централизованного качественного регулирования годовой расход теплоты на отопление определяется средней температурой отопительного периода и его продолжительностью.

При автоматическом регулировании отопления каждого помещения следует учитывать как теплопотери, так и теплопоступления в помещение.

а) суммарная тепловая нагрузка на систему отопления помещения, $Q_{со}$ Вт, складывается из теплопотерь через наружные ограждения, потерь от инфильтрации и поступлении теплоты солнечной радиации и от внутренних источников рассчитывается для трех месяцев года: января Q_I , апреля Q_{IV} и октября Q_X . На основании этих величин определяются:

продолжительность отопительного периода в сутках

$$Z=183[Q_V/(Q_I-Q_{co,r})]^{0,5} \quad (32)$$

годовой расход теплоты, Вт-часов при автоматическом регулировании

$$Q_{от,r}=116m[Q_I/(Q_I-Q_{co,r})]^{0,5} \quad (33)$$

среднегодовая мощность системы, Вт

$$Q_{co,r}=0,5(Q_{IV}+Q_X) \quad (34)$$

б) тепловая нагрузка на систему отопления от помещения рассчитывается по среднемесячным потерям и поступлениям теплоты, Вт:

при круглосуточной работе

$$Q_{co}=Q_{п}-Q_s-Q_p-Q_v \quad (35)$$

при работе m часов в сутки

$$Q_{co}=1/\eta_c(Q_{п}-Q_s-3\eta_s Q_p \eta_r - Q_v \eta_v) \quad (36)$$

где: $Q_{п}$ - теплопотери через наружные ограждения за счет разности температур и инфильтрации, Вт;

Q_s и Q_p - поступления теплоты от прямой или рассеянной радиации, Вт, определяемые по [формулам \(43\) и \(44\)](#);

Q_v - среднесуточные поступления теплоты от внутренних источников, Вт;

η_c - коэффициент общей тепловой нагрузки на систему

$$\eta_c=m/24+(K_{пт}/\Sigma A_i)[(0,5-0,04m/24)/\rho_c+0,1-0,01m] \quad (37)$$

$\eta_{s,p}$ - коэффициент нагрузки от прямой или рассеянной радиации

$$\eta_{s,p}=1+(K_{пт}/\Sigma A_i)(K_{и}/m-0,13) \quad (38)$$

η_v - коэффициент поступлений теплоты от оборудования

$$\eta_v=1+(K_{пт}/\Sigma A_i)[(12/m-0,04)/\rho_c+2,4/m-0,24] \quad (39)$$

где:

$$K_{пт}=K_1 A_1 + K_2 A_2 + \dots + K_n A_n \quad (40)$$

$K_{пт}$ - показатель теплопередачи помещения Вт/(°С·м²), равен сумме произведений коэффициентов теплопередачи на площади наружных ограждений и тех внутренних ограждений, которые отделяют данное помещение от других помещений с температурой на 3°С и более отличающуюся от температуры данного помещения;

$\Sigma A_i=A_1+A_2+\dots+A_n$ - сумма, площадей всех поверхностей ограждений данного помещения, обращенных внутрь этого помещения, м²;

ρ_c - доля тепловых потоков, вносимых в помещение конвективными струями, принимается по [табл. 4](#);

$$K_{и}=K_{кон}-K_{нач}; \quad (41)$$

коэффициент использования солнечной радиации для отопления помещения; $K_{кон}$ и $K_{нач}$ - определяются по [табл.5](#), для конца и начала части суток, когда работает отопление;

в) среднемесячные теплопотери через наружные ограждения теплопередачей рассчитываются относительно средней условной температуры

$$t_y=t_{cm}+\rho(S_{го}K_s+P_{го}K_p)/\alpha_n \quad (42)$$

где: t_{cm} - среднемесячная температура, наружного воздуха, °С, определяемая по [СНиП 2.01.01-82](#);

$S_{\text{го}}$ - среднемесячная интенсивность прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность, Вт/м², определяемая по [табл. 6](#);

$P_{\text{го}}$ - среднемесячная интенсивность рассеянной солнечной радиации на горизонтальную поверхность, Вт/м², определяемая по [табл. 6](#);

K_s, K_p - коэффициенты для пересчета среднемесячной интенсивности солнечной радиации с горизонтальной на вертикальную поверхность, K_s - по [табл. 7](#); $K_p=0,7$;

ρ - коэффициент поглощения теплоты солнечной радиации поверхностью стен и перекрытий; определяется по приложению 7 к СНиП II-3-79**;

α_n - коэффициент теплообмена на наружной поверхности, Вт/м²°С, определяемый по табл. 6* СНиП II-3-79**.

Среднемесячные потери теплоты от инфильтрации рассчитываются по СНиП 2.01.05-91 с применением среднемесячной температуры наружного воздуха и среднемесячной скорости ветра, приведенных в [СНиП 2.01.01-82](#).

Среднесуточный тепловой поток от прямой Q_s и рассеянной Q_p солнечной радиации, поступающей через окна

$$Q_s = S_{\Gamma} K_s \beta_1 \beta_2 \beta_3 A_{\text{ок}}, \quad (43)$$

$$Q_p = 0,74 P_{\Gamma} K_p \beta_3 A_{\text{ок}} \quad (44)$$

где: $\beta_1 \beta_2 \beta_3$ - коэффициенты: проникания радиации в помещение, определяемый по [табл. 8](#); затенения, определяемый по формуле

$$\beta_2 = (1 - \overline{I} \operatorname{tg} \alpha)(1 - \overline{h} \operatorname{tg} \alpha / \cos \alpha) \quad (45)$$

и теплопроникания солнцезащитных устройств по приложению 8 к СНиП II-3-79**

K_s, K_p - по предыдущему;

$A_{\text{ок}}$ - площадь оконных проемов, м².

\overline{h} и α - высота стояния и азимут солнца, град, определяемые по [табл. 9](#);

\overline{I} и \overline{l} - относительные размеры затеняющего выступа по [рис. 1](#) по отношению к высоте окна и по отношению к ширине окна.

9. Годовой расход электрической энергии на перемещение воздуха системами вентиляции и кондиционирования воздуха, кВт часов в год, определяется по формуле

$$N_j = 52 n m N_l \quad (46)$$

n и m - число часов работы в смену и число рабочих дней в неделе. N_l - мощность, расходуемая СВ и СКВ, кВт.

10. Расчет расходов тепловой и электрической энергии рекомендуется производить, используя "Программу для расчета эксплуатационных показателей работы центральных СКВ при вариантном проектировании" "АСЕ".

Программное средство хранится в МОФАП ЦНИИпроекта шифр: N 589.249 9947.14330-01, разработчики: Латгипропром Госстроя Латвийской ССР, МИСИ им. В. В. Куйбышева, Рижский политехнический институт и ГПИ СантехНИИпроект.

11. Примеры расчетов

Пример 1. Определить годовой расход теплоты для приточной и рециркуляционной систем приточной вентиляции цеха, работающего в две смены 5 дней в неделю в Москве. Продолжительность каждой смены 8 часов, первая смена с 7 до 15 часов, вторая с 15 до 23 часов. Расход приточного воздуха 12000 кг/ч при минимальном расходе наружного воздуха 7000 кг/ч. Температура воздуха в помещении 18°С, температура приточного воздуха 13°С.

Решение. По [СНиП 2.01.01-82](#) среднегодовая температура наружного воздуха в Москве $t_{\text{ср,г}}=3,8^{\circ}\text{C}$, самого холодного месяца $t_{\text{ср,х}}=-10,2^{\circ}\text{C}$, средняя амплитуда самого холодного месяца $A_x=6,2^{\circ}\text{C}$.

Середина первой смены приходится на $0,5(7+15)=11$ ч, а второй $0,5(15+23)=19$ ч. Для

обеих смен по [табл.2](#) находим одинаковые коэффициенты: для продолжительности смены $K_1=0,83$ и для середины смены $K_2=0,5(0,26+0,71)\cong 0,5$. Следовательно, расходы теплоты для обеих смен будут одинаковые.

1. Расход теплоты для прямоточной СВ за 1 смену определяем по [формуле \(7\)](#):

$$Q=0,143\cdot 5\cdot 8\cdot 1,005\cdot 12000\cdot \Delta t_k M_1 K_3 K_4$$

где: Δt_k по [формуле \(8\)](#) $\Delta t_k = 13 - (-8,9) = 21,9^\circ\text{C}$, при этом t_x по [формуле \(2\)](#) $t_x = -10,2 + 0,5\cdot 6,2\cdot 0,83\cdot 0,5 = -8,9^\circ\text{C}$; по [формуле \(10\)](#) - длительность периода потребления теплоты $M_1 = 182,5[21,9/(5,5 - (-8,9))]^{0,5} = 225$ суток; здесь по [формуле \(5\)](#) $t_r = 3,8 + 0,25(10,4 + 6,2)\cdot 0,83\cdot 0,5 = 5,5^\circ\text{C}$. При этих условиях $Q = 68983,2\cdot 21,9\cdot 225\cdot 1,06\cdot 0,62 = 223,4\cdot 10^6 = 223,4$ гДж/г; здесь по таблице 3 $K_3 = 1,06$ и $K_4 = 0,62$

Число часов работы воздухонагревателя в течение года по [формуле \(13\)](#)

$$N_1 = 0,143\cdot 225\cdot 5\cdot 8\cdot 1,06 = 1364 \text{ ч/г}$$

2. Расход теплоты для этой системы с применением рециркуляции при отношении минимального расхода наружного воздуха к общему расходу приточного воздуха $7000/12000 = 7/12$, по [формуле \(7\)](#) и предыдущим расчетам

$$Q = 68983,2\cdot \Delta t_k M_1 K_3 K_4$$

где по [формуле \(9\)](#) $\Delta t_k = 13 - [18(1 - 7/12) + (-8,9\cdot 7/12)] = 10,7^\circ\text{C}$.

Среднегодовая разность температур по [формуле \(12\)](#), при $t_r = 5,5^\circ$ и $t_x = -8,9^\circ\text{C}$; $\Delta t_{к,г} = (5,5 + 8,9)/12 = 8,4^\circ\text{C}$; тогда по [формуле \(10\)](#)

$$M_1 = 182,5(10,7/8,4)^{0,5} = 206 \text{ суток.}$$

Расход теплоты по [формуле \(7\)](#) составит при односменной работе

$$Q = 68983,2\cdot 10,7\cdot 206\cdot 1,03\cdot 0,63 = 98,7 \text{ гДж/г.}$$

Число часов работы воздухонагревателя в течение года по [формуле \(13\)](#) равно $N_j = 0,143\cdot 206\cdot 5\cdot 8\cdot 1,03 = 1214 \text{ ч/г}$

3. Годовой расход теплоты системой за 2 смены соответственно составит: для прямоточной $223,4\cdot 2 = 446,8$ гДж/г и системы с использованием рециркуляции $98,7\cdot 2 = 197,4$ гДж/г.

4. Число часов работы воздухонагревателя за 2 смены будет соответственно $1364\cdot 2 = 2728$ ч и $1214\cdot 2 = 2428$ ч.

Пример 2. Определить годовые расходы теплоты, холода и электроэнергии центральной СКВ, работающей 5 дней в неделю по 9 часов в сутки с 8 до 17 часов в Ташкенте. Расход воздуха 12000 кг/ч, минимальный расход наружного воздуха 7000 кг/ч.

Средняя энтальпия воздуха в помещении в холодный период $J_{ср,х} = 40$ кДж/кг, в теплый период $J_{ср,т} = 52$ кДж/кг, энтальпия воздуха на выходе из форсуночной камеры в холодный период $J_{ф,х} = 25$ кДж/кг и в теплый период $J_{ф,т} = 35$ кДж/кг. Среднегодовые избытки теплоты $Q_{г,ср} = 32500$ Вт. Мощность, потребляемая электродвигателями приточного вентилятора, 2 кВт, и рециркуляционного 1 кВт.

Решение. По [табл.1](#) для Ташкента среднее значение энтальпии наружного воздуха самого холодного месяца $J_{ср,х} = 6$ кДж/кг, амплитуда этой энтальпии $A_{э,х} = 4,8$ кДж/кг. Энтальпия самого жаркого месяца $J_{ср,т} = 51,3$ кДж/кг и амплитуда $A_{э,т} = 5,9$ кДж/кг. Среднегодовая энтальпия $J_{ср,г} = 27,7$ кДж/кг.

Для середины рабочего времени $0,5(8+17) = 12,5$ ч по [табл. 2](#) $K_1 = 0,79$ и $K_2 = 0,78$.

Средняя за время работы системы энтальпия наружного воздуха для самого холодного месяца по [формуле \(4\)](#) $J_x = 6 + 4,8\cdot 0,79\cdot 0,78 = 9$ кДж/кг для самого жаркого месяца $J_r = 51,3 + 5,9\cdot 0,79\cdot 0,78 = 54,9$ кДж/кг. Средняя годовая энтальпия по [формуле \(6\)](#)

$$J_T=27,7+0,5(5,9+4,8)\cdot 0,79\cdot 0,78=31 \text{ кДж/кг.}$$

1. Расход теплоты на первый подогрев для прямоточной СКВ по [формуле \(14\)](#) равен:

$$Q=0,143\cdot 5\cdot 9\cdot 12000(25-9)^{156}\cdot 0,98\cdot 0,65=122,8\cdot 10^6=122,8\text{ГДж/Г,}$$

где по [формуле \(17\)](#) $M_2=182,5[(25-9)/(31-9)]^{0,5}=156$ суток; $K_3=0,98$; $K_4=0,65$ по [табл. 3](#).

2. Число часов работы первого подогрева по [формуле \(20\)](#)

$$N_2=0,143\cdot 5\cdot 9\cdot 156\cdot 0,98=984 \text{ ч/Г.}$$

3. Расход теплоты для СКВ, работающей с первой рециркуляцией, по [формуле \(14\)](#) и по [табл. 3](#), где $K_3=0,92$ и $K_4=0,65$:

$$Q=0,143\cdot 5\cdot 9\cdot 12000\cdot 3,08\cdot 89,5\cdot 0,92\cdot 0,65=12,7 \text{ ГДж/Г,}$$

где, по [формуле \(16\)](#) $\Delta J_k=25-[40(1-7/12)+9\cdot 7/12]=3,08$ кДж/кг; а M_2 по [формуле \(17\)](#) равна:

$$M_2=182,5\left[\frac{3,08}{(31-9)\cdot 7/12}\right]^{0,5}=89,5 \text{ суток.}$$

Экономия теплоты за счет рециркуляции: $122,8-12,7=110,1$ ГДж/Г. Число часов работы первого подогрева по [формуле \(20\)](#).

$$N_2=0,143\cdot 5\cdot 9\cdot 89,5\cdot 0,92=530 \text{ ч/Г.}$$

4. Годовой расход теплоты на второй подогрев для СКВ прямоточной и с рециркуляцией по [формуле \(21\)](#) с учетом среднегодовых избытков теплоты в помещении 32500 Вт:

$$Q=52\cdot 5\cdot 9(12000\cdot 16-3,6\cdot 32500)=176 \text{ ГДж/Г,}$$

здесь среднегодовая разность энтальпий по [формуле \(22\)](#):

$$\Delta J_T=0,5(52+40-35-25)=16 \text{ кДж/кг.}$$

5. Годовой расход холода по [формуле \(23\)](#) и [табл. 3](#) для прямоточной СКВ:

$$Q=0,143\cdot 5\cdot 9\cdot 12000(54,9-35)^{167}\cdot 0,98\cdot 0,65=163\text{ГДж/Г,}$$

где: $M_3=182,5[(54,9-35)/(54,9-31)]^{0,5}=167$ суток.

Число часов потребления холода по [формуле \(27\)](#).

$$N_3=0,143\cdot 5\cdot 9\cdot 167\cdot 0,98=1053 \text{ ч.}$$

6. Годовой расход холода при работе с первой рециркуляцией по [формуле \(28\)](#).

$$Q_{pc,1}=163-3,5=159,5\text{ГДж/Г,}$$

где : $\Delta Q_{г,э}$ определена по [формуле \(29\)](#)

$$\Delta Q_{г,э}=0,143\cdot 5\cdot 9(12-7)10^3(54,9-52)^{64}\cdot 0,91\cdot 0,65=3,5 \text{ ГДж/Г,}$$

при M_3 , определенной по [формуле \(25\)](#) и $\Delta J_T=\Delta J_{T,г}$:

$$M_3=182,5[(54,9-52)/(54,9-31)]^{0,5}=64 \text{ сут.}$$

$K_3=0,91$; $K_4=0,65$ по [табл. 3](#).

7. Годовой расход электроэнергии по [формуле \(46\)](#)

$$N=52\cdot 5\cdot 9(2+1)=7020 \text{ кВт часов/Г.}$$

Пример 3. Определить годовой расход теплоты на отопление помещения общественного здания в Москве (56 гр.с.ш.) при круглосуточной работе конвекторной системы отопления и индивидуальном автоматическом регулировании температуры

помещения, имеющего стены $A = 24\text{ м}^2$ с коэффициентом теплопередачи $K=1,17\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{С})$, окна $A=30\text{ м}^2$, $K=3,3\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{С})$, пол и потолок площадью по $A=144\text{ м}^2$, внутренние стены $A=162\text{ м}^2$. Средние за сутки внутренние тепловыделения 1238 Вт , при доле конвективной составляющей $\rho_l=0,63$.

Окно расположено на ЮЗ фасаде, относительные размеры затеняющего выступа окна (по [рис.1](#)) $\bar{l}=0,05$, $\bar{h}=0,1$. Расход инфильтрующегося воздуха через окно в январе $G_{\text{п}}=8,2\text{ кг}/\text{м}^2\text{ч}$, в октябре $G_{\text{п}}=5,4$, в апреле $G_{\text{п}}=5,4$. Температура воздуха в помещении 22°С .

Решение. По [СНиП 2.01.01-82](#) среднемесячная температура наружного воздуха в январе $t_{\text{н}}=-10,3$, апреле $3,7$, октябре $-4,1$. По [табл. 6](#) для Москвы в январе $S_{\text{г}}=1\text{ Вт}/\text{м}^2$, $\rho_{\text{г}}=15$, в апреле $S_{\text{г}}=49$, $\rho_{\text{г}}=63$, в октябре $S_{\text{г}}=14$, $\rho_{\text{г}}=28$. По [табл.7](#) коэффициенты пересчета прямой радиации для Юго-Запада в январе $k_{\text{с}}=2,6$, в апреле $k_{\text{с}}=0,74$, в октябре $k_{\text{с}}=1,83$. По [табл. 8](#) коэффициенты пропускания прямой радиации в январе $\beta_1=0,84$, в апреле $\beta_1=0,85$, в октябре $\beta_1=0,83$.

Коэффициенты по СНиП II-33-79**:

- а) теплообмена на наружной поверхности стены $\alpha_{\text{н}}=23\text{ Вт}/\text{м}^2\cdot^\circ\text{С}$;
- б) поглощения солнечной радиации $\rho=0,7$;
- в) солнцезащиты $\beta_3=0,9$.

Средняя условная температура наружной среды $t_{\text{у}}$ для наружной стены по [формуле \(42\)](#):

январь $-10,3+0,7(1\cdot 2,6+0,7\cdot 15)/23=-9,9$
апрель $3,7+0,7(49\cdot 0,74+63\cdot 0,7)/23=6,1$
октябрь $-4,1+0,7(14\cdot 1,83+0,7\cdot 28)/23=-2,7$

Средние месячные теплотери $Q_{\text{п}}$, Вт, через наружные ограждения за счет разности температур:

январь $1,17\cdot 24(22+9,9)+3,3\cdot 30(22+10,3)=4093$;
апрель $1,17\cdot 24(22-6,1)+3,3\cdot 30(22-3,7)=2258$;
октябрь $1,17\cdot 24(22+2,7)+3,3\cdot 30(22+4,1)=3277\text{ Вт}$.

Коэффициенты затенения окон β_2 по [формуле \(45\)](#) и [табл. 9](#):

январь $(1-0,05\tan 50)(1-0,1\tan 14/\cos 50)=0,9$;
апрель $(1-0,05\tan 60)(1-0,1\tan 34/\cos 60)=0,79$;
октябрь $(1-0,05\tan 54)(1-0,1\tan 36/\cos 54)=0,82$.

Теплопоступления $Q_{\text{с}}$, Вт, от прямой солнечной радиации по [формуле \(43\)](#):

январь $1\cdot 2,6\cdot 0,84\cdot 0,90\cdot 0,90\cdot 30=53$;
апрель $49\cdot 0,74\cdot 0,85\cdot 0,79\cdot 0,90\cdot 30=657$;
октябрь $14\cdot 1,83\cdot 0,84\cdot 0,82\cdot 0,90\cdot 30=476$.

Теплопоступления от рассеянной солнечной радиации $Q_{\text{р}}$, Вт, по [формуле \(43\)](#):

январь $0,74\cdot 15\cdot 0,7\cdot 0,90\cdot 30=210$;
апрель $0,74\cdot 63\cdot 0,7\cdot 0,90\cdot 30=881$;
октябрь $0,74\cdot 28\cdot 0,7\cdot 0,90\cdot 30=392$.

Теплотери от инфильтрации через окна $Q_{\text{и}}$, Вт:

январь $0,28\cdot 8,2\cdot 1\cdot 30(22+10,3)=2224$;
апрель $0,28\cdot 5,4\cdot 1\cdot 30(22-3,7)=830$;
октябрь $0,28\cdot 5,4\cdot 1\cdot 30(22-4,1)=812$.

Тепловая нагрузка $Q_{\text{со}}$, Вт, на систему отопления по [формуле \(35\)](#):

январь $4093+2224-1238-53-210=4816\text{ Вт}$;
апрель $2219+812-1238-476-392=925\text{ Вт}$;
октябрь $3277+830-1238-657-881=1331\text{ Вт}$.

Среднегодовая тепловая мощность системы отопления по [формуле \(34\)](#):

$$Q_{\text{со,г}}=0,5(925+1331)=1128\text{ Вт}.$$

Продолжительность отопительного периода при автоматическом регулировании тепловой мощности по [формуле \(32\)](#)

$$\Delta Z_{\text{от}}=183[4816/(4816-1128)]^{0,5}=209 \text{ суток.}$$

Годовой расход теплоты на отопление при автоматическом регулировании тепловой мощности по [формуле \(33\)](#)

$$Q_{\text{от,г}}=116 \cdot 24 \cdot 4816 [4816/(4816-1128)]^{0,5}=15,3 \cdot 10^3 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Годовой расход теплоты на отопление при централизованном регулировании и средней температуре отопительного периода $t_{\text{от}}=-3,7$, при продолжительности отопительного периода $Z=209$ сут.

$$Q_{\text{от,г}}=116 \cdot 24 \cdot 209(22+3,7)=15,0 \cdot 10^3 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Пример 4. Определить годовой расход теплоты на отопление для условий примера 3 при работе системы с 7 до 16 ч (по истинному времени).

Решение. По [табл. 4](#) доля конвективной теплоотдачи системы отопления $\rho_c=0,85$. По [табл. 5](#) коэффициенты использования прямой солнечной радиации для начала рабочего времени $K_{\text{нач}}=-0,08$, для конца работы $K_{\text{кон}}=-0,62$, для рассеянной солнечной радиации $K_{\text{нач}}=-0,8$, $K_{\text{кон}}=0,39$.

Величина показателя теплопередачи помещения в [формулах \(37\)-\(39\)](#) $K_{\text{пт}}=1,17 \cdot 24+3,3 \cdot 30=127 \text{ Вт}/^\circ\text{C}$, $\Sigma A_i=24+33+144+144+162=507 \text{ м}^2$, продолжительность рабочего времени $m=16-7=9$ ч.

Коэффициент η_c по [формуле \(37\)](#)

$$\frac{127}{9/24+507 [(0,5-0,04 \cdot 9/24)0,85+0,1-0,01 \cdot 9]}=0,48.$$

Коэффициент η_b по [формуле \(39\)](#)

$$\frac{127}{1+507 [(12/9-0,04)0,63+2,4/9-0,24]}=1,21.$$

Коэффициент η_s по [формуле \(38\)](#)

$$\frac{127}{1+507 [(-0,62+0,08)/9-0,13]}=0,96.$$

Коэффициент η_p по [формуле \(38\)](#)

$$\frac{127}{1+507 [(0,39+0,8)/9-0,13]} \approx 1.$$

Тепловая нагрузка $Q_{\text{со}}$, Вт, на систему отопления по [формуле \(36\)](#)

- для января $(4093-2224)/0,48-1238 \cdot 1,16/0,48-53 \cdot 0,96/0,48-210 \cdot 1/0,48=9500 \text{ Вт}$;

- для апреля $(2258+830)/0,48-1238 \cdot 1,16/0,48-657 \cdot 0,96/0,48-881 \cdot 1/0,48=260 \text{ Вт}$;

- для октября $(3277+812)/0,48-1238 \cdot 1,16/0,48-476 \cdot 0,96/0,46-392 \cdot 1/0,48=3760 \text{ Вт}$.

Среднегодовая тепловая нагрузка на систему по [формуле \(34\)](#)

$$Q_{\text{со,г}}=0,5(3760+360)=1960 \text{ Вт.}$$

Продолжительность отопительного периода по [формуле \(32\)](#)

$$Z=183[9500/(9500-1960)]^{0,5}=205 \text{ суток.}$$

Годовой расход теплоты по [формуле \(33\)](#):

$$Q_{\text{от,г}}=116 \cdot 9 \cdot 9500 [9500/(9500-1960)]^{0,5}=11,13 \cdot 10^3 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Из приведенных расчетов видно, что при периодическом действии системы отопления годовой расход теплоты на отопление оказывается меньше, чем при

круглосуточной ее работе. Однако при периодическом действии системы значительно понижается температура воздуха в нерабочее время, что требует отопления и в нерабочее время.

Таблица 1

Характеристики годового хода энтальпии наружного воздуха

№№ пп	Наименование пункта	Средние значения энтальпии, кДж/кг			Амплитуда энтальпии, кДж/кг	
		за год	самого жаркого месяца	самого холодного месяца	самого жаркого месяца	самого холодного месяца
		$J_{ср,г}$	$J_{ср,г}$	$J_{ср,х}$	$A_{э,г}$	$A_{э,х}$
1	2	3	4	5	6	7
1	Абакан	10,3	46,0	-18,1	5,4	1,7
2	Алдан	1,6	39,2	-26,7	6,1	1,0
3	Актюбинск	14,0	43,1	-12,4	1,9	1,2
4	Александров-Сахалинский	10,6	40,7	-16,5	5,5	4,6
5	Алма-Ата	20,9	47,6	-4,1	7,0	5,3
6	Архангельск	11,2	36,8	-8,6	4,3	0,5
7	Астрахань	25,4	56,6	-1,3	3,5	2,0
8	Ашхабад	31,7	53,5	12,2	5,5	4,2
9	Ачинск	11,1	45,0	-15,2	4,3	2,0
10	Байкит (Красноярский край)	3,3	43,7	-27,7	3,9	1,1
11	Баку	34,0	59,1	14,4	1,6	1,1
12	Балашов (Саратовская область)	16,7	46,0	-8,0	2,3	0,9
13	Барнаул	11,7	44,5	-15,2	4,6	2,9
14	Батуми	36,5	58,4	18,1	5,4	3,6
15	Березники (Пермская область)	12,2	41,4	-12,4	5,0	1,0
16	Березово (Тюменская область)	4,3	36,9	-20,7	2,4	0,4
17	Бикин (Хабаровский край)	13,6	51,7	-21,5	7,0	5,5
18	Бийск	12,9	46,1	-13,9	6,9	2,6
19	Бисер (Пермская область)	7,9	36,2	-14,2	5,8	0,5
20	Благовещенск	11,4	52,9	-23,0	5,3	5,2
21	Бодайбо	3,5	43,5	-30,8	7,1	0,0
22	Боровичи	15,7	41,1	-4,9	4,8	0,8
23	Братск	6,5	42,3	-22,1	5,6	2,9
24	Брест	22,2	43,7	2,5	4,1	1,5
25	Брянск	17,9	42,8	-3,2	5,9	0,9
26	Василевичи	20,3	44,4	-0,4	6,1	1,4
27	Великие Луки	18,1	42,8	-2,3	5,6	0,8
28	Вентспилс	20,5	41,4	3,8	3,0	1,9
29	Верхотурье (Свердловская область)	9,9	38,9	-14,6	6,0	2,2
30	Верхоянск	-9,9	32,8	-48,7	4,5	0,7
31	Вилуйск	-2,0	39,2	-37,8	3,9	1,3
32	Вильнюс	19,8	41,9	1,3	5,0	0,7
33	Винница	20,8	43,6	-0,1	6,2	1,3
34	Витебск	18,2	42,2	-1,8	2,8	0,5
35	Владивосток	17,1	51,7	-12,4	3,8	3,2
36	Владимир	15,5	42,7	-6,8	5,6	0,6
37	Вологда	13,9	38,5	-7,7	6,9	0,6
38	Волгоград	20,5	48,7	-5,1	5,9	1,5
39	Воркута	0,6	32,0	-22,0	1,8	0,0
40	Воронеж	18,0	44,4	-4,5	4,4	0,5
41	Луганск	21,4	46,6	-1,2	6,4	1,5
42	Вышний Волочек	15,9	41,0	-4,8	3,6	0,5
43	Гарм (Таджикистан)	21,2	45,6	1,6	5,6	2,3
44	Горки (Могилевская область)	18,8	43,3	-1,7	3,8	1,0
45	Горький	14,4	41,3	-7,8	4,1	0,2
46	Грозный	28,4	56,2	3,0	6,8	3,0
47	Гурьев	21,6	53,5	-5,8	3,7	2,1
48	Даугавпилс	18,7	41,4	-0,2	4,3	0,3

№№ пп	Наименование пункта	Средние значения энтальпии, кДж/кг			Амплитуда энтальпии, кДж/кг	
		за год	самого жаркого месяца	самого холодного месяца	самого жаркого месяца	самого холодного месяца
		$J_{ср,г}$	$J_{ср,г}$	$J_{ср,х}$	$A_{э,г}$	$A_{э,х}$
1	2	3	4	5	6	7
49	Джамбул	21,3	43,7	-0,2	11,7	6,1
50	Дербент	32,5	59,7	10,3	4,6	2,2
51	Днепропетровск	22,7	47,6	0,2	5,9	1,3
52	Дудинка	-4,0	30,7	-26,4	3,2	0,8
53	Душанбе	29,9	49,6	9,7	6,9	4,6
54	Ейск	29,0	54,6	5,9	8,0	2,8
55	Елабуга	15,0	43,4	-9,4	4,2	0,7
56	Енисейск	7,2	42,8	-20,5	5,7	2,0
57	Ербогачен (Иркутская область)	0,6	38,2	-30,0	4,2	1,9
58	Ереван	26,7	51,2	0,5	4,4	2,5
59	Жиганск (Якутия)	-5,2	35,8	-40,8	2,5	1,3
60	Запорожье	22,5	47,2	0,5	4,9	2,0
61	Заметчино	16,3	43,9	-7,2	4,7	1,4
62	Златоуст	11,2	39,8	-12,3	6,0	2,4
63	Иваново	14,8	42,2	-7,1	6,3	0,6
64	Измаил	25,5	49,0	4,7	5,5	0,8
65	Илимск (Иркутская область)	12,5	40,8	-24,0	9,9	5,2
66	Ирбит (Свердловская область)	12,5	43,0	-13,2	4,2	1,4
67	Иргиз (Актюбинская область)	16,1	44,1	-12,1	4,9	2,2
68	Иркутск	8,3	41,4	-19,1	7,5	4,7
69	Казалинск	20,1	50,4	-7,7	5,8	3,4
70	Казань	15,0	43,4	-9,4	4,2	0,7
71	Калинин	16,2	42,1	-5,1	4,4	1,1
72	Калининград	21,3	41,3	4,6	1,8	0,7
73	Калуга	17,0	43,0	-4,7	7,5	1,1
74	Камышин	17,1	44,7	-7,9	3,8	2,3
75	Караганда	12,3	40,2	-12,3	4,1	2,8
76	Каргополь (Архангельская область)	13,7	39,7	-6,4	3,6	0,5
77	Карпинск (Свердловская область)	9,2	38,7	-16,0	5,1	2,9
78	Каунас	20,3	41,6	1,3	1,9	1,6
79	Кежма (Красноярский край)	4,8	41,5	-25,6	7,4	3,6
80	Кемерово	9,8	42,6	-16,3	4,1	1,5
81	Кемь	10,8	34,0	-6,5	5,9	0,0
82	Кзыл-Орда	21,3	48,9	-4,7	6,7	2,9
83	Керчь	28,9	53,4	8,6	2,7	0,6
84	Киев	20,9	44,0	0,3	5,9	1,2
85	Киренск (Иркутская область)	5,7	43,1	-25,6	7,0	2,3
86	Киров	12,5	41,0	-10,8	5,5	0,2
87	Кировоград	21,7	45,4	0,9	4,5	1,4
88	Кишинев	24,4	47,0	3,2	3,7	1,4
89	Ключи (Красноярский край)	8,8	41,6	-15,2	2,4	1,2
90	Кокчетав	11,8	42,4	-13,6	4,8	2,0
91	Комсомольск-на-Амуре	10,6	49,1	-24,5	3,7	2,6
92	Конотоп	20,5	45,8	-1,9	7,0	1,4
93	Корсаков	14,8	43,7	-8,4	3,1	2,5
94	Кострома	14,9	42,1	-7,5	5,2	0,3
95	Котлас	12,1	39,8	-12,3	3,3	1,7
96	Красноводск	33,6	59,3	11,4	2,0	1,5
97	Краснодар	29,0	54,6	5,9	8,0	2,8
98	Красноуфимск	10,4	41,4	-13,6	6,0	1,8
99	Красноярск	11,2	48,9	-14,8	2,4	1,2
100	Самара	15,2	44,3	-10,3	2,5	0,7
101	Купино (Новосибирская область)	9,8	43,5	-17,5	3,7	1,2
102	Курган	12,2	44,0	-15,4	5,1	2,0
103	Курск	18,2	43,7	-3,9	6,0	0,7
104	Кустанай	11,2	42,9	-14,8	5,8	1,7

№№ пп	Наименование пункта	Средние значения энтальпии, кДж/кг			Амплитуда энтальпии, кДж/кг	
		за год	самого жаркого месяца	самого холодного месяца	самого жаркого месяца	самого холодного месяца
		$J_{ср,г}$	$J_{ср,г}$	$J_{ср,х}$	$A_{э,г}$	$A_{э,х}$
1	2	3	4	5	6	7
105	Кутаиси	32,6	57,8	14,1	6,2	4,2
106	Кушка	27,7	44,5	12,2	6,3	5,6
107	Кызыл (Тува)	-3,8	41,1	-33,2	8,7	4,2
108	Ленинабад (Таджикистан)	29,6	54,0	6,4	8,9	2,6
109	Ленинакан	19,4	44,5	-5,0	5,9	4,4
110	Ленинград	16,1	39,6	-2,3	2,8	0,1
111	Лиепая	20,3	40,2	5,0	3,5	1,0
112	Липецк	17,9	44,5	1,6	3,1	1,0
113	Львов	22,7	44,4	3,4	4,8	1,5
114	Магнитогорск	11,5	41,0	-14,2	7,8	3,4
115	Малый Узень (Саратовская область)	16,2	45,7	-8,1	6,0	1,5
116	Мариинск (Кемеровская область)	10,2	43,2	-15,8	6,5	4,0
117	Мариуполь	23,8	51,4	2,0	7,0	0,5
118	Махачкала	30,1	56,6	7,3	4,7	1,7
119	Мезень	7,7	31,8	-11,0	4,5	0,7
120	Минск	18,7	42,3	-0,7	4,8	0,6
121	Минусинск	10,1	44,8	-19,3	5,1	5,0
122	Мичуринск	17,4	44,8	-5,7	4,8	0,8
123	Москва	15,7	41,8	-5,6	4,9	0,4
124	Мурманск	8,8	28,0	-6,8	2,5	0,6
125	Наманган	29,9	54,6	4,3	13,0	4,7
126	Нарьян-Мар	4,2	28,7	-14,9	3,3	1,0
127	Нарым (Томская область)	8,1	43,4	-20,1	7,2	1,3
128	Нерчинский завод	5,9	44,0	-28,2	7,9	4,0
129	Нижнеудинск	8,4	42,4	-19,2	7,5	3,5
130	Нижний Тагил	10,2	37,7	-13,3	5,1	3,6
131	Николаев	24,8	48,4	3,3	4,8	1,6
132	Николаевск-на-Амуре	7,5	40,3	-22,7	4,7	3,0
133	Новгород	16,2	40,4	-3,1	4,7	0,3
134	Новокузнецк	9,8	42,6	-16,3	4,1	1,5
135	Новороссийск	31,2	54,3	12,5	5,7	1,1
136	Новосибирск	9,8	43,5	-16,7	5,1	1,7
137	Нукус	23,8	51,5	-0,4	4,4	5,7
138	Одесса	25,5	49,0	4,7	5,5	0,8
139	Олекминск	1,5	42,1	-33,1	4,8	1,5
140	Оленек	-7,6	31,2	-40,5	3,7	0,7
141	Омск	11,3	44,4	-17,0	5,2	1,5
142	Онега	9,1	36,2	-7,8	3,8	0,2
143	Владикавказ	25,0	50,1	2,5	6,5	3,1
144	Орел	17,4	43,0	-4,3	6,2	1,2
145	Оренбург	15,3	45,2	-11,8	5,8	1,3
146	Орск	14,3	44,6	-13,6	5,8	2,0
147	Охотск	2,9	33,7	-21,6	3,2	1,3
148	Павлодар (Казахстан)	10,9	38,9	-15,5	5,0	2,3
149	Пенза	16,0	43,3	-8,0	6,8	0,6
150	Пермь	12,2	41,4	-12,4	5,0	1,0
151	Петрозаводск	13,5	37,2	-5,1	3,5	0,2
152	Петропавловск	11,0	42,2	-16,5	6,4	1,8
153	Петропавловск-Камчатский	12,0	33,8	-4,9	3,5	1,9
154	Полоцк	18,3	41,8	-1,1	3,2	0,6
155	Полтава	20,2	44,8	-1,7	6,0	1,5
156	Порецкое (Чувашия)	15,6	44,4	-8,6	4,7	1,1
157	Поти	36,7	62,3	16,4	3,9	2,1
158	Псков	17,3	40,7	-1,6	3,4	0,1
159	Пярну	18,7	41,6	1,5	3,6	0,2
160	Пятигорск	24,6	49,4	2,1	7,8	4,1

№№ пп	Наименование пункта	Средние значения энтальпии, кДж/кг			Амплитуда энтальпии, кДж/кг	
		за год	самого жаркого месяца	самого холодного месяца	самого жаркого месяца	самого холодного месяца
		$J_{ср,г}$	$J_{ср,г}$	$J_{ср,х}$	$A_{э,г}$	$A_{э,х}$
1	2	3	4	5	6	7
161	Рига	19,8	42,0	2,4	3,4	0,3
162	Репетек (Туркменистан)	30,9	54,9	8,4	6,9	4,0
163	Ровно	21,6	43,6	1,1	7,0	1,6
164	Ростов-на-Дону	23,6	50,2	-0,1	4,3	1,1
165	Рязань	16,6	43,7	-6,2	4,8	0,1
166	Салехард	1,1	32,0	-21,5	3,4	1,1
167	Самарканд	28,5	49,5	7,7	7,6	5,1
168	Саранск	16,0	43,3	-8,0	6,8	0,6
169	Саратов	16,7	46,0	-8,0	2,3	0,9
170	Екатеринбург	11,4	40,1	-12,8	4,1	2,1
171	Севастополь	30,0	52,7	11,7	6,9	2,2
172	Семипалатинск	16,2	44,9	-13,6	5,7	2,7
173	Серафимович (Волгоградская область)	19,1	45,0	-4,0	5,4	3,7
174	Симферополь	25,3	46,5	7,5	7,8	3,7
175	Сковородимо	4,4	43,2	-28,0	9,4	7,0
176	Славянок	21,8	46,8	-0,8	6,6	1,3
177	Смоленск	17,2	42,0	-3,2	4,7	0,5
178	Сочи	33,9	56,9	15,3	5,2	4,3
179	Среднеколымск (Якутия)	-6,7	30,7	-37,8	2,7	0,6
180	Стерлитамак	14,1	44,6	-12,4	5,6	1,3
181	Сургут (Тюменская область)	6,1	39,1	-20,3	3,9	0,5
182	Сыктывкар	10,9	37,9	-12,1	4,2	0,1
183	Талды-Курган	18,7	44,8	-7,0	7,8	0,6
184	Таллин	17,7	39,5	-0,4	3,5	1,3
185	Тамбов	17,5	45,4	-6,0	3,6	0,9
186	Тара (Омская область)	9,7	42,6	17,8	8,8	8,9
187	Тарту	18,2	41,2	-0,4	1,5	0,0
188	Татарск (Новосибирская область)	9,9	42,2	-17,6	5,9	2,2
189	Ташкент	27,7	51,3	6,0	5,9	4,8
190	Тбилиси	24,4	51,3	8,2	4,4	3,7
191	Тернополь	21,2	43,1	0,7	6,0	2,1
192	Термез	32,8	54,1	12,1	10,3	5,6
193	Тобольск	10,3	41,6	-16,0	3,7	0,8
194	Томск	10,0	43,9	-16,9	5,7	1,8
195	Тула	17,4	43,7	-4,9	5,3	1,0
196	Туой-Хая (Якутия)	-0,9	37,3	-32,9	5,0	2,7
197	Тургай (Кустапайская область)	13,8	42,8	-14,2	4,8	2,0
198	Туркестан	23,1	44,4	0,9	7,9	3,6
199	Туруханск	0,0	36,0	-27,1	3,2	0,5
200	Тюмень	12,1	43,3	-14,2	3,5	1,5
201	Ужгород	25,6	46,3	4,5	8,3	2,2
202	Улан-Удэ	7,4	44,1	-24,1	7,8	4,7
203	Ульяновск	14,8	23,2	-10,1	3,8	1,4
204	Умань	21,1	44,7	0,6	6,9	1,1
205	Уральск	15,5	44,9	-11,3	5,5	2,2
206	Урюпинск	18,2	45,1	-5,3	7,8	1,3
207	Усть-Большерецк (Камчатская область)	9,6	31,1	-8,9	2,5	2,3
208	Усть-Каменогорск	14,8	47,7	-13,3	7,5	3,3
209	Усть-Камчатск	8,6	31,6	-8,3	2,8	0,0
210	Усть-Мая	-2,4	40,6	-42,3	5,9	2,0
211	Усть-Хайрюзово (Камчатская область)	7,7	31,5	-12,3	3,9	2,9
212	Уфа	13,9	43,4	-11,4	5,3	1,0
213	Фергана	29,6	55,0	4,5	8,8	5,4

№№ пп	Наименование пункта	Средние значения энтальпии, кДж/кг			Амплитуда энтальпии, кДж/кг	
		за год	самого жаркого месяца	самого холодного месяца	самого жаркого месяца	самого холодного месяца
		$J_{ср,г}$	$J_{ср,г}$	$J_{ср,х}$	$A_{э,г}$	$A_{э,х}$
1	2	3	4	5	6	7
214	Форт-Шевченко	27,3	58,0	3,8	2,3	1,7
215	Фрунзе	22,7	45,8	-0,8	5,5	5,8
216	Хабаровск	13,6	52,3	-21,2	3,9	3,2
217	Харауз (Бурятия)	9,0	38,6	-16,5	2,6	3,6
218	Харьков	20,0	45,2	-1,9	5,8	1,3
219	Херсон	24,9	51,2	4,3	8,0	2,1
220	Хибины	8,2	32,5	-8,8	2,4	1,3
221	Целиноград	11,0	40,7	-14,0	4,1	2,1
222	Чарджоу	30,9	54,9	8,4	6,9	4,0
223	Чебоксары	14,6	42,3	-9,2	4,9	1,1
224	Челябинск	12,7	42,5	-12,9	5,1	2,7
225	Чердынь (Пермская область)	10,0	39,3	-14,3	5,7	0,1
226	Чернигов	20,7	45,2	-0,6	4,2	0,9
227	Чита	6,2	43,6	-25,7	6,9	5,1
228	Шадринск	12,3	43,5	-13,5	5,4	1,7
229	Эльтон	19,2	47,6	-6,5	6,9	1,1
230	Якутск	-3,0	40,0	-43,0	4,6	1,8
231	Ялта	30,2	52,0	13,6	7,0	2,1
232	Ямск (Магаданская область)	3,1	30,7	-18,6	3,2	2,3
233	Ярославль	15,4	42,2	-6,3	5,0	0,1

Таблица 2

Значения коэффициентов: K_1 - для продолжительности работы в ч и K_2 - для времени середины продолжительности работы

Коэффициенты	Продолжительность работы системы в сутки									
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
K_1	0,95	0,9	0,83	0,74	0,64	0,53	0,41	0,3	0,19	0,09
K_2	-0,97	-0,71	-0,26	0,6	0,71	0,97	0,97	0,71	0,26	-0,26

Таблица 3

Значения коэффициентов K_3 и K_4 для определения продолжительности периода потребления теплоты или холода в сутках

Коэффициенты	30*	60	90	120	150	180	210	240	270	300 суток
K_3	0,9	0,91	0,92	0,94	0,97	1	1,04	1,08	1,14	1,21
K_4	1	0,65	0,65	0,65	0,65	0,64	0,62	0,61	0,59	0,57

* и менее суток

Таблица 4

Доля конвективной составляющей тепловых потоков p_c

Тепловой поток	Доля конвективной составляющей p_c
Системы вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления	1
Системы отопления	
конвекторами	0,85
радиаторами	0,25
отопительными панелями	0,4
Люди, при температуре воздуха	
20°	0,5
22	0,63
24	0,73
Искусственное освещение	0,45

Тепловой поток		Доля конвективной составляющей p_c
Нагретые поверхности с температурой	30°	0,45
	80	0,51
	180	0,45
	280	0,39

Таблица 5

Коэффициенты $\Delta K_n = K_{нач} - K_{кон}$ использования солнечной радиации для отопления

Время начала или конца рабочей части суток, ч	Коэффициенты $K_{нач}$ и $K_{кон}$ для вертикальных поверхностей по сторонам света и горизонтальной поверхности								
	Ю	В	З	ЮВ	ЮЗ	СВ	СЗ	С	Гор.
1	0,46	-0,29	0,93	-0,08	0,92	-0,56	1,03	0,27	0,44
4	-0,09	-1,05	0,64	-0,79	0,48	-1,32	0,71	-0,77	-0,11
5	-0,31	-1,33	0,49	-1,06	0,31	-1,57	0,6	-1,11	-0,33
6	-0,55	-1,55	0,33	-1,29	0,13	-1,69	0,5	-0,94	-0,56
7	-0,8	-1,51	0,14	-1,39	-0,08	-1,33	0,38	-0,03	-0,8
8	-1,04	-1,18	-0,06	-1,3	-0,3	-0,61	0,22	0,48	-0,97
9	-1,19	-0,65	-0,29	-1,03	-0,53	0,05	0,01	0,71	-1,06
10	-1,22	-0,05	-0,52	-0,62	-0,79	0,42	-0,28	0,73	-1,06
11	-1,11	0,42	-0,78	-0,15	-1,06	0,68	-0,56	0,58	-0,96
12	-0,89	0,68	-1,05	0,29	-1,29	0,87	-0,84	0,43	-0,77
13	-0,57	0,84	-1,33	0,61	-1,39	1,01	-1,09	0,27	-0,52
14	-0,2	0,94	-1,55	0,8	-1,3	1,06	-1,32	-0,01	-0,22
15	0,17	0,97	-1,51	0,9	-1,03	1,03	-1,57	-0,4	0,09
16	0,5	0,97	-1,18	0,95	-0,62	0,95	-1,69	-0,77	0,39
17	0,73	0,93	-0,65	0,95	-0,15	0,83	-1,33	-1,11	0,63
18	1,03	0,86	-0,05	0,94	0,29	0,71	-0,61	-0,94	0,79
19	0,91	0,76	0,42	0,92	0,61	0,6	0,05	-0,03	0,86
20	0,91	0,64	0,68	0,74	0,8	0,5	0,42	0,48	0,87
21	0,88	0,49	0,84	0,64	0,9	0,38	0,68	0,71	0,85
22	0,82	0,33	0,94	0,48	0,95	0,22	0,87	0,73	0,79
23	0,72	0,14	0,97	0,31	0,95	-0,01	1,01	0,58	0,7
24	0,6	-0,06	0,97	0,13	0,94	-0,28	1,06	0,43	0,58

Примечания: 1. Для рассеянной радиации коэффициенты принимаются равными коэффициентам для горизонтальной поверхности.

2. Время - солнечное.

Пример. Время начала рабочей смены 9 ч и окончания 17 ч гражданского времени, которое по Постановлению правительства на 1 час позже солнечного времени (возможны варианты). Определить коэффициент использования солнечной радиации K для окна на ЮЗ фасаде. По формуле (41) $\Delta K_n = K_{нач} - K_{кон} = K_{16} - K_8 = -0,62 - (-0,3) = -0,31$, для прямой радиации и $\Delta K_n = K_{16} - K_8 = 0,39 - (-0,97) = 1,36$. В среднем в 1 час для прямой $\Delta K_n / 8 = -0,32 / 8 = -0,04$; $\Delta K_n = 1,36 / 8 = 0,17$.

Таблица 6

Населенные пункты	Среднемесячная интенсивность солнечной радиации, Вт/м ² на горизонтальную поверхность по месяцам года					
	Прямая $s_{го}$			Рассеянная $\rho_{го}$		
	январь	апрель	октябрь	январь	апрель	октябрь
Архангельск	0	44	7	4	56	14
Бишкек	31	80	58	34	77	42
Верхоянск	0	79	12	2	56	18
Волгоград	41	162	88	18	36	26
Душанбе	31	86	80	34	65	45
Ереван	20	92	86	35	69	42
Крым	16	74	51	28	65	39
Каунас	2	51	15	14	59	27
Киев	7	54	29	20	63	34
Кишинев	13	62	42	22	71	37
Кострома	2	54	7	11	61	23
Красноярский край	2	58	8	12	74	28
Минск	5	52	16	14	61	29

Населенные пункты	Среднемесячная интенсивность солнечной радиации, Вт/м ² на горизонтальную поверхность по месяцам года					
	Прямая $s_{г0}$			Рассеянная $\rho_{г0}$		
	январь	апрель	октябрь	январь	апрель	октябрь
Москва	1	49	14	15	63	23
Новосибирская обл.	11	79	21	17	61	28
Рига	2	54	12	8	51	24
Самара	7	71	23	18	59	28
С-Петербург	0	48	6	6	46	15
Сочи	66	168	104	13	33	24
Тарту	2	54	12	9	58	23
Ташкент	27	94	74	27	52	35
Тбилиси	22	74	57	28	61	37
Хабаровский край	16	83	41	18	62	29
Южно-Сахалинск	46	166	98	18	43	20

Таблица 7

Коэффициенты пересчета интенсивности прямой солнечной радиации k_s с горизонтальной поверхности на вертикальную

Ориентация	Значение величин k_s для географической широты (град)											
	январь						октябрь					
	40	45	50	55	60	65	40	45	50	55	60	65
Ю	1,79	2,58	2,94	3,1	6,01	11,22	1,25	1,54	1,89	2,38	1,75	3,87
В; 3	0,51	0,67	0,68	0,61	1,02	1,36	0,51	0,57	0,64	2,98	2,16	0,98
ЮВ; ЮЗ	1,29	1,85	2,1	2,19	4,25	7,94	0,98	1,18	1,42	0,72	0,07	2,79
СВ; СЗ	0,03	0,03	0,02	0	0	0	0,09	0,09	0,08	0,83	0,06	0,05
	апрель											
Ю	0,41	0,49	0,62	0,74	0,9	1,1						
С	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05						
В; 3	0,42	0,43	0,47	0,52	0,6	0,71						
ЮВ; ЮЗ	0,49	0,52	0,62	0,72	0,85	1,03						
СВ; СЗ	0,2	0,19	0,2	0,21	0,24	0,3						

Таблица 8

Коэффициенты проникания солнечной радиации β_1 в помещение

Ориентация	Значение величин β_1 для географической широты (град)											
	январь						октябрь					
	40	45	50	55	60	65	40	45	50	55	60	65
Ю	0,87	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,86	0,86	0,87	0,87	0,87	0,88
В; 3	0,79	0,79	0,78	0,76	0,74	0,71	0,8	0,8	0,8	0,8	0,78	0,76
ЮВ; ЮЗ	0,83	0,83	0,83	0,84	0,85	0,86	0,8	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85
СВ; СЗ	0,47	0,47	0,4	0,33	0	0	0,65	0,63	0,58	0,52	0,45	0,34
	апрель											
Ю	0,69	0,73	0,73	0,82	0,83	0,84						
С	0,48	0,5	0,54	0,6	0,65	0,72						
В; 3	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83						
ЮВ; ЮЗ	0,8	0,82	0,84	0,85	0,85	0,86						
СВ; СЗ	0,83	0,79	0,81	0,84	0,87	0,88						

Таблица 9

Высота стояния h и азимут α солнца

Ориентация	величина	Значение высоты h и азимута α в град стояния солнца для географической широты (град)											
		январь						октябрь					
		40	45	50	55	60	65°	40	45	50	55	60	65°
гор	h	25	18	17	13	9	5	30	20	22	19	16	12
Ю		33	33	29	25	22	17	44	42	40	36	34	32
В; 3	α	76	77	78	80	81	83	73	74	75	76	77	78

ЮВ; ЮЗ		52	53	51	50	49	47	56	55	55	54	53	52	
СВ; СЗ		89	89	90	90	90	90	87	87	88	89	89	89	
		апрель												
гор	h	44	42	39	35	30	26							
Ю		66	63	60	59	58	58							
С	α	89	89	89	89	89	89							
В; 3		66	67	68	69	69	71							
ЮВ; ЮЗ		62	61	60	60	60	60							
СВ; СЗ		79	80	81	82	82	82							

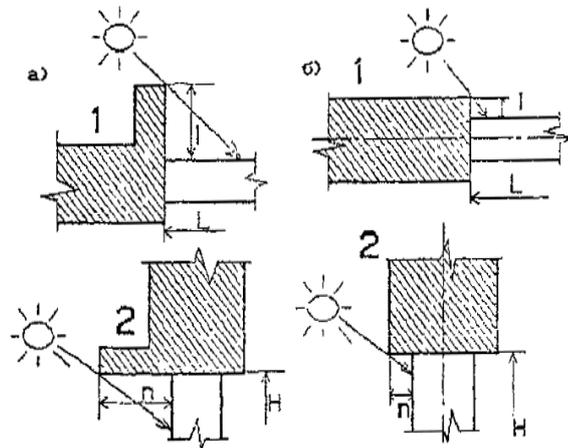


Рис. 1 Для определения относительных размеров затеняющих плоскостей
а) специальных солнцезащитных плоскостей

б) затенение оконным откосом

1 - план; 2 - разрез г; $\bar{n} = h/H$; $\bar{l} = l/L$.