МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ПОДМАЗКО О.С., ПІЩАНСЬКА Н.О.

ПРОЦЕСИ ТА ЕЛЕМЕНТНА БАЗА СИСТЕМ НЕТРАДИЦІЙНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ПО РОЗРАХУНКУ ТЕПЛО ПРИПЛИВІВ

ОДЕСА 2019

Укладачі: доц., к.т.н. Подмазко О.С.
доц.,к.т.н. Піщанська Н.О.

Рецензент проф..Тітлов О.С.

Методичні вказівки розглянуті на засіданні кафедри
термодинаміки та відновлюваної енергетики та запропоновані до видання.
Протокол № __ від _____ 2019 р.

Зав. кафедрою термодинаміки
та відновлюваної енергетики проф.. Дорошенко О.В.

ВСТУП

При використанні джерел відновлюваної енергії доволі часто постає питання: а скільки потрібно тепла (холоду) для тих, або інших будівельних споруд? Завдання теплових розрахунків в спортивних будівлях, універсальних магазинах, бібліотеках, музеях, в адміністративних будівлях, театрах і кінотеатрах полягає в забезпеченні санітарно-гігієнічних вимог до параметрів повітряного середовища, що забезпечують комфортне самопочуття людей і умову експлуатації самих будівель. Здоров'я, працездатність, та і просто самопочуття людини значною мірою визначаються умовами мікроклімату і повітряного середовища в житлових і громадських приміщеннях, де вона проводить значну частину свого часу.

У міру насичення будівель сучасними опалювальними і вентиляційними системами, освітлювальною технікою і різноманітним електропобутовим устаткуванням усе більш очевидним стає вираження: "Будинок - це машина для житла". Якщо говорити про фізіологічну дію на людину навколишнього повітря, то слід нагадати, що людина на добу споживає близько 3 *кг* їжі і 15 *кг* повітря.

Що це за повітря, яка його свіжість і чистота, задушливо, жарко або холодно людині в приміщенні, багато в чому залежить від інженерних систем, спеціально призначених для забезпечення повітряного комфорту.

Серед таких систем можна виділити: систему вентиляції, систему опалювання (або комбіновану опалювально-вентиляційну систему) і систему кондиціонування повітря (СКП). Повітряне опалювання, поєднане з вентиляцією, створює в приміщенні цілком задовільний мікроклімат і забезпечує сприятливі умови повітряного середовища.

В методичних вказівках представлений приклад разрахунку тепло припливів для розважального центра.

1 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК (ЛІТНІЙ ПЕРІОД)

1.1 Вихідні дані

Місто: Одеса, географічна широта 44°, розрахункова зовнішня температура влітку 30,5° *С*, взимку - 6° *С*, ентальпія влітку 64,5 *кДж/кг*, взимку -2,5 *кДж/кг*.

Напрямок фасаду: Південь

Таблиця 1.1 - Характеристика огороджуючих конструкцій приміщення

№	Конструкція і матеріал	Щільність ρ, $кг/м^3$	Товщина δ, *м*	Коефіцієнти			
				Питома теплопровідність λ, *Вт/(мК)*	Теплозасвоєння, *S*, $Вт/(м^2К)$	Термічний опір, *R*, $(м^2К/Вт)$	Теплова інерція *ΣD*
1	Вікна – подвійні склопакети в металевих рамах					0,34	
2	Зовнішня стіна						
	Гнейс	2800	0,06	3,49	25,4	0,017	0,44
	Залізобетон	2500	0,17	2,04	18,95	0,083	1,58
	Пінополістирол	40	0,05	0,05	0,49	1	0,49
	Цементно-шлаковий розчин	1400	0,04	0,64	8,11	0,625	5,07
3	Внутрішні перегородки						
	Штукатурка	1600	0,01	0,7	9,7	0,0285	0,277
	Цегляна кладка	2500	0,12	0.76	18,7	0,0245	0,458
	Штукатурка	1600	0,01	0,7	9,7	0,0285	0,277

H, B – висота і ширина вікон: *H* = 1,8 *м*, *B* = 1,8 *м*

Площа одного вікна - *F* = 3,25 $м^2$

Прийняття внутрішніх розрахункових параметрів повітря згідно зі СНіП 2.04.05-91:

$t_в$ = 22 ˚*C*, $\varphi_в$ = 40-60% - Літо

$t_в$ = - 20 ˚*C*, $\varphi_в$ = не менше 40% - Зима

1.2. Приплив теплоти через зовнішні стіни, перекриття

Так як над частиною санаторія, в якій нам необхідно проводити кондиціонування повітря, знаходиться другий поверх з номерами, що кондиціонуються, не враховую теплопритоків від сонячної радіації.

Коефіцієнт теплопередачі для стін:

$$k_{ст} = \left(\frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_н} \right)^{-1}, \ Вт/(м^2К),$$

де $\alpha_{вн}$ = 8,7 *Вт/(м²К)* – коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої поверхні стіни до повітря в приміщенні;

δ_i та λ_i – товщина і коефіцієнт теплопровідності *i*-го шару огорожі;

$\alpha_з$ = 17 *Вт/(м²К)* – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні стіни.

$$k_{ст} = \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,06}{3,49} + \frac{0,17}{2,04} + \frac{0,05}{0,05} + \frac{0,04}{0,64} + \frac{1}{17} \right)^{-1} = 0,75$$

Для прикладу розрахуємо теплоприпливи для приміщення, наприклад, 15-го – ізоляційна палата з санвузлом; для 13-ти годин.

Приміщення 15 знаходиться у східній частині санаторія, і контактує з однією зовнішньою стіною – східною, відповідно.

Кількість теплоти, що надходить у приміщення через зовнішні стіни площею *F*:

$$Q_{огор} = q_{вн.} \cdot F$$

Середня кількість тепла, що поступає на зовнішню поверхню огородження, протягом доби і залежно від орієнтації стіни до сторін світу, може бути записана в наступному вигляді:

$$q_{зов\ ср} = 1 / R_0 (t_{ум}^{ср} - t_в),\ Вт,$$

де R_0 – термічний опір огородження

$$R_0 = 1 / \alpha_{зов} + \Sigma(\delta / \lambda) + 1/ \alpha_{вн}$$

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,06}{3,49} + \frac{0,17}{2,04} + \frac{0,05}{0,05} + \frac{0,04}{0,64} + \frac{1}{17} = 1,34$$

Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огородження - $\alpha_{зов}$, визначають по формулі для вертикального огородження:

$$\alpha_{зов.} = 5,8 + 11,6\sqrt{\omega},$$

де ω - швидкість вітру, СНіП 2.04.05-91*

$$\alpha_{зов.} = 5,8 + 11,6\sqrt{1} = 17$$

Проведемо заміну періодичних змін умовної температури гармонійними коливаннями з амплітудою $At_{ум}$ біля середнього значення рівного

№ Приміщення	стіни (без скління) $Fст$, $м^2$
1	26,565
	26,565
2	18,72
3	16,62
4	20,04
	13,61
5	9,7
6	9,024
7	26,16
8	9,7
9	15,255
10	9,024
11	12,94
12	9,7
13	9,7
14	8,1
15	18,552
16	10,7
17	18,72
18	19,86
19	39,42
22	0
23	9,36
	9,36
	21,96
	14,82
	21,96
24	26,565
	11,76

$$t_{ум}{}^{ср} = t_{з.ср.} + \rho \cdot J_{ср} / \alpha_{зов} ,$$

де $t_{з.ср}$ - середня за добу температура повітря в найжаркіший місяць літа (параметри Б СНіП 2.04.05-91*);

$J_{ср}$ - середньодобова кількість тепла за добу для даної стіни з урахуванням її орієнтації по сторонах світу (слід пам'ятати, що дані $J_{пр}$, $J_р$ в таблиці приведені для істинного сонячного часу, наприклад Одеса - часовий пояс + 2 *год.*, тобто дані треба скоректувати на дві години);

Північ	72
Схід	180
Південь	128
Захід	180

ρ - коефіцієнт поглинання тепла сонячної радіації поверхнею.

$t_{ум.ср.}$ (Схід) = 30,5 + 0,65 · 180 / 17 = 37,2 ^{o}C

$q_{зовн.\ ср}$ (Схід) = 1 / 1,34 · (37,2 - 22) = 11,4 *Вт*

$q_{зовн.}$(Пн)	8,4	$t_{ум.ср.}$(Пн)	33,2
$q_{зовн.}$ (Сх)	11,4	$t_{ум.ср.}$ (Сх)	37,2
$q_{зовн.}$ (Пд)	9,9	$t_{ум.ср.}$ (Пд)	35,3
$q_{зовн.}$ (З)	11,4	$t_{ум.ср.}$ (З)	37,2

$$A_{t1сх.} = \frac{(t_{ум.сх.} - t_{ум.ср.сх.})_{\max} - (t_{ум.сх.} - t_{ум.ср.сх.})_{\min}}{2}$$

$$A_{t1сх.} = \frac{21,5 - (-10,9)}{2} = 16,2$$

$$t_{ум.сх} = t_B + 0.5 \cdot t_H \cdot (-\cos(2\pi \cdot (\tau - \tau_{декр} - \tau_{літ}) / 24)) + \rho_{ст} \cdot \Sigma J_{сх} / \alpha_{нар}$$

ΣJ - сумарна кількість тепла сонячної радіації (прямої і розсіяної), що надходить на вертикальну стіну, *Вт / м* ^{2} (поправка на 1 *год.* літнього часу для 44 ^{o} пн.ш.).

Значення ΣJ :

Час	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
ΣJ Пн	53	177	193	124	96	86	81	80	80	81	86	96	124	193	177	53
ΣJ Сх	106	411	665	756	726	587	387	203	87	81	81	80	73	59	30	6
ΣJ Пд	7	31	73	103	205	309	389	428	428	389	309	205	103	73	31	7
ΣJ З	6	30	59	73	80	81	81	87	203	387	587	726	756	665	411	106

$$t_{ум.сх} = 22 + 0,5 \cdot 30,5 \cdot (-\cos(2\pi \cdot (13-2-1)/24)) + 0,65 \cdot 203/17 =$$

$$= 14,53\ ^oC$$

Амплітуда коливань кількості тепла, що поступає на зовнішнє обгороджування, може бути представлена у виді:

$$A_{q1сх} = A_{t1.сх} / R_0$$

$$A_{q1сх} = 16,2 / 1,34 = 12,1$$

Значення A_{t1} та A_{q1} для всіх сторін світу:

At1 (Пн) = 6,8	*At1* (Сх) = 16,2	*At1* (Пд) = 12,1	*At1* (З) = 17,7
Aq1 (Пн) = 5,1	*Aq1* (Сз) = 12,1	*Aq1* (Пд) = 9,1	*Aq1* (З) = 13,3

Отримані дані дозволяють розрахувати кількість тепла, що надходить на зовнішню поверхню стіни, $q_{зовн.}$:

$$q = q_{зовн.сх.} + A_{q1сх.} \cdot (-\cos(2\pi \cdot (\tau - \tau_{декр.} - \tau_{літ} + 3)/24))$$

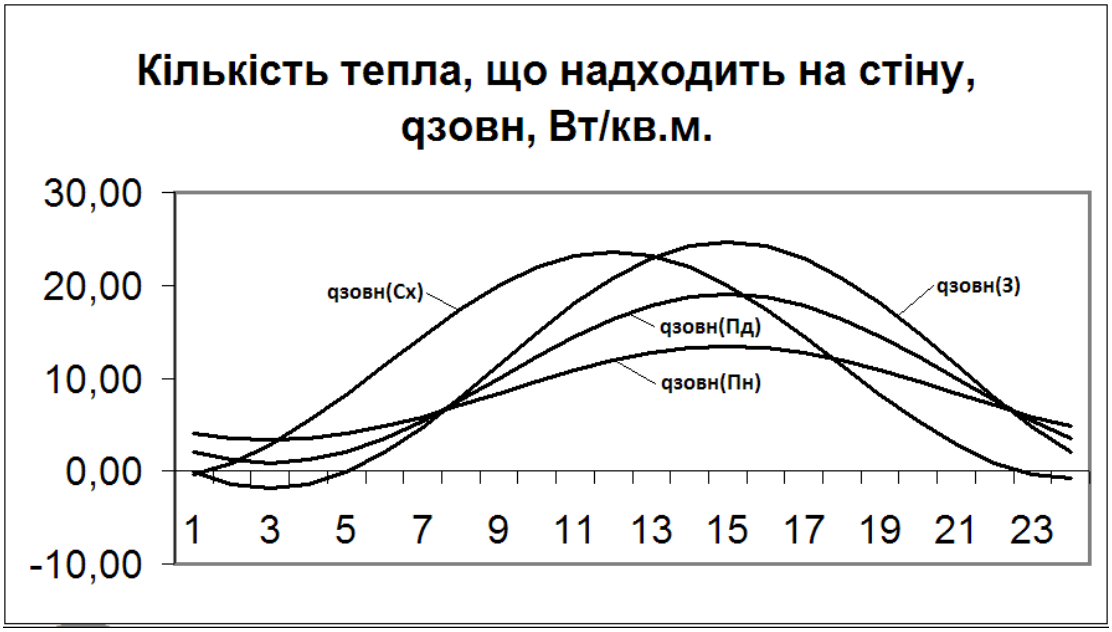
$$q_{зовн.13год.} = 11,4 + 12,1 \cdot (-\cos(2\pi \cdot (13-2-1+3)/24)) = 23,1 Вт/м^2$$

Таблиця 1.2 - Значення $q_{зовн.}$ для кожної сторони світу, для кожної години за добу:

Час	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$q_{зовн.}$ (Пн)	4,00	3,49	3,32	3,49	4,00	4,80	5,85	7,07	8,38	9,69	10,91	11,96
$q_{зовн.}$ (Сх)	-0,3	0,9	2,8	5,3	8,3	11,4	14,5	17,5	20,0	21,9	23,1	23,5
$q_{зовн.}$ (Пд)	2,1	1,2	0,9	1,2	2,1	3,5	5,4	7,6	9,9	12,3	14,5	16,4
$q_{зовн.}$ (З)	-0,1	-1,4	-1,9	-1,4	-0,1	2,0	4,8	8,0	11,4	14,8	18,0	20,8

Час	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$q_{зовн.}$ (Пн)	12,76	13,26	13,44	13,26	12,76	11,96	10,91	9,69	8,38	7,07	5,85	4,80
$q_{зовн.}$ (Сх)	23,1	21,9	20,0	17,5	14,5	11,4	8,3	5,3	2,8	0,9	-0,3	-0,7
$q_{зовн.}$ (Пд)	17,8	18,7	19,0	18,7	17,8	16,4	14,5	12,3	9,9	7,6	5,4	3,5
$q_{зовн.}$ (З)	22,9	24,2	24,7	24,2	22,9	20,8	18,0	14,8	11,4	8,0	4,8	2,0

Графік зміни $q_{зовн.}$ на протязі доби:



Розрахуємо кількість тепла, що надходить у приміщення через зовнішні стіни, $q_{вн.}$:

$$q_{вн.} = q_{зовн.сер.сх.} + A_{q1сх.} \cdot (-\cos(2\pi \cdot (\tau - \tau_{декр.} - \tau_{літ.} + \varepsilon + 3)/24))/\nu$$

Час запізнювання ε залежить від теплової інерції огороджуючої конструкції D і чисельно дорівнює:

$$\varepsilon = 2{,}7 \cdot \Sigma D - 0{,}4$$

$$\varepsilon = 2{,}7 \cdot 0{,}67 - 0{,}4 = 1{,}421 \text{ б/р}$$

Показник загасання коливань залежить від теплофізичних властивостей матеріалів обгороджування і чисельно рівний:

$$\nu = 2^{\Sigma D}(0{,}83 + 3 \cdot (R_3 + R_5)/\Sigma D) \cdot (0{,}85 + 0{,}15 \cdot S_5/S_3)$$

$$\nu = 2^{0{,}67} \cdot (0{,}83 + 3 \cdot (0{,}03 + 0{,}05)/0{,}67) \cdot (0{,}85 + 0{,}15 \cdot 0{,}49/18{,}95) = 1{,}636 \text{ разів}$$

Розрахуємо кількість тепла, що надходить у приміщення через зовнішні стіни о13-ій годині, $q_{вн.}$:

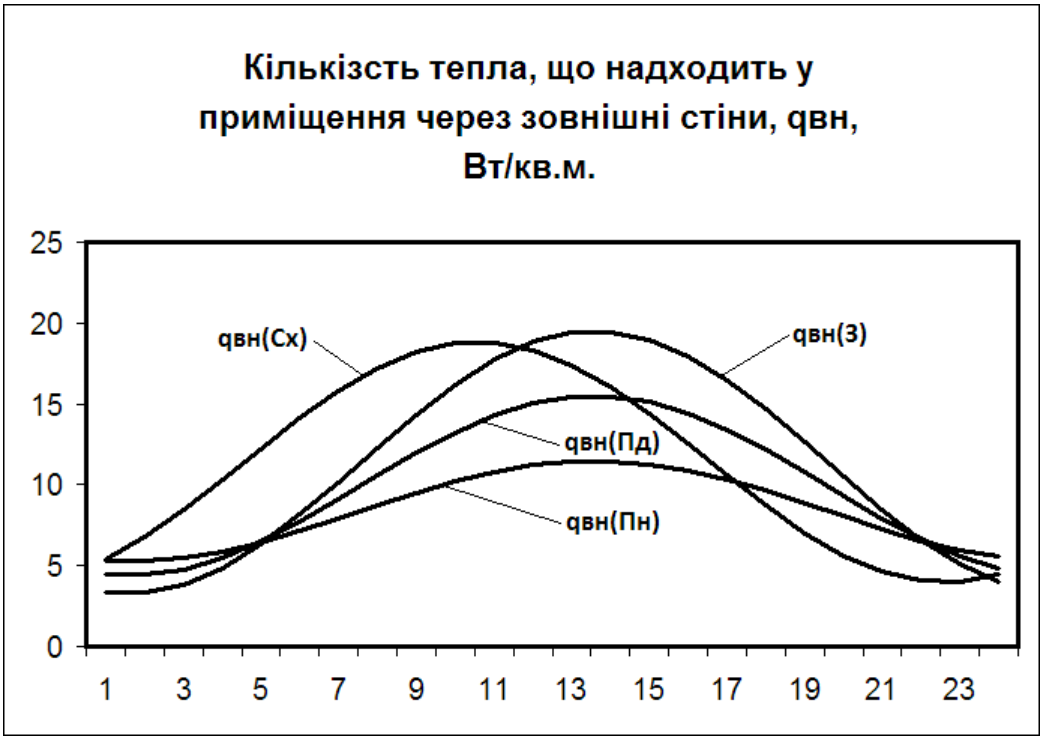
$$q_{вн.13год.} = 11{,}4 + 12{,}1 \cdot (-\cos(2\pi \cdot (13 - 2 -$$
$$-1 + 1{,}421 + 3)/24))/1{,}636 = 17 Вт/м^2$$

Таблиця 1.3 - Значення $q_{зов.}$ для кожної сторони світу, для кожної години за добу:

Час	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$q_{вн.}$ (Пн)	5	5	5	6	6	7	8	9	10	10	11	11
$q_{вн.}$ (Сх)	5	7	8	10	12	14	16	17	18	19	19	18
$q_{вн.}$ (Пд)	4	4	5	5	6	8	9	11	12	13	14	15
$q_{вн.}$ (З)	3	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	19

Час	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$q_{вн.}$ (Пн)	11	11	11	11	10	10	9	8	7	7	6	6
$q_{вн.}$ (Сх)	17	16	14	13	11	9	7	6	5	4	4	4
$q_{вн.}$ (Пд)	15	15	15	14	13	12	11	9	8	7	6	5
$q_{вн.}$ (З)	19	19	19	18	16	15	13	11	8	7	5	4

Графік зміни $q_{вн.}$ на протязі доби:



Таким чином, теплоприплив у приміщення №15 о 13-ій годині складає:

$$Q_{огор} = 17 \cdot 18{,}55 = 315\ Вт$$

1.3 Теплоприплив через вертикальне скління (вікна)

Розрахуємо кількість теплоти, *Вт*, що поступає в приміщення №15 о 13-ій годині розрахункової доби через вікна площею $F_{ск}$ від сонячної радіації і теплопровідності:

$$Q_{с.р.} = \left(q_{с.р.} + q_{тепл}\right) F_{ск}$$

Теплоприплив від сонячної радіації, *Вт*, для вертикального заповнення світлових отворів:

$$q_{с.р} = \left(q_п^в K_{инс.в} + q_р^в K_{обл}\right) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \tau_2,$$

де $q_п$ *і* $q_р$ - поверхнева щільність теплового потоку, $Вт/м^2$, через засклений світловий отвір, для м. Одеси:

Час……..	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$q_{пряма}$ (Пн)	84	42											42	84
$q_{розсіяна}$ (Пн)	42	70	77	71	64	60	59	59	60	64	71	77	70	42
$q_{пряма}$ (Сх)	292	452	500	490	371	193	37							
$q_{розсіяна}$ (Сх)	58	112	130	121	100	81	72	65	60	60	59	55	44	22
$q_{пряма}$ (Пд)			0	66	162	245	288	288	245	162	66	0		
$q_{розсіяна}$ (Пд)	23	55	71	79	81	84	85	85	84	81	79	71	55	23
$q_{пряма}$ (З)								37	193	371	490	500	452	292
$q_{розсіяна}$ (З)	22	44	55	59	60	60	65	72	81	100	121	130	112	58

K_1 – коефіцієнт теплопропускання сонцезахисних світлових отворів (штори, карнизи, жалюзі та ін. вироби заводського виготовлення), що приймається по доп. 8 СНіП II - 3-79**.

K_1 = 0,60 *б/р*

K_2 = 0,61 *б/р*

τ_2 = 0,7 затінювання світлових отворів рамою вікна.

$$K_{инс.в} = \left(1 - \frac{L_г ctg\beta - a}{H}\right)\left(1 - \frac{L_в tgA_{с.о} - c}{B}\right),$$

де $L_г$, $L_в$ – розмір горизонтальних і вертикальних виступаючих елементів затінювання, *м*; у нашоми випадку - $L_г$ = 0,15 *м* та $L_в$ = 0,15 *м*;

$A_{с.о}$ – сонячний азимут скління (для вертикально затінюючих пристроїв), тобто кут між горизонтальною проекцією сонячного променя і нормалі до даної площини скління:

$A_{с.о}$ (Схід) = 90 - $A_с$ = 90 – 13 *год*

β – кут (для горизонтальних затінюючих пристроїв), град. між вертикальною площиною скління і проекцією сонячного променя на вертикальну площину, перпендикулярну даній площині скління:

$$\beta = arctg\left(ctgh \cdot \cos A_{с.о}\right) = arctg\left(\frac{\cos A_{с.о.}}{tgh}\right),$$

β (Схід) = arctg (cos $A_{с.о.}$ / tg$h$) = arctg(cos(90) / tg(66)) = 0 – 13 год.

Таблиця 1.4 – Отримані значення кута β

Час……..	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
β в град (Пн)	27												27	66
β в град (Сх.)	71	0	49	37	23	8	0							
β в град (Пд)	0	0	14	20	23	24	24	24	23	20	14	0	0	0
β в град (З)							0	29	40	37	30	0	24	24

$K_{інс}$ (Схід) = (1 – 0,15 · ctg(0) / 1,8) · (1 – 0,15 · tg(66) / 1,8) = 0 – 13 год.

Таблиця 1.5 – Отримані значення $K_{інс}$

Час……..	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$K_{інс.}$(Пн)	0,456												0,456	0,305
$K_{інс.}$ (Сх)	0,224	0	0,673	0,764	0,812	0,715	0							
$K_{інс.}$ (Пд)			0,567	0,743	0,812	0,856	0,88	0,856	0,812	0,743	0,567	0		
$K_{інс.}$(З)								0,632	0,708	0,764	0,826	0	0,869	0,854

a, c – відстані від горизонтального і вертикального елементів затінювання до укосу світлового отвору, *м*, у нашому випадку їх немає;

$K_{опр}$ – коефіцієнт опромінення, залежний від кутів

$$\gamma_1 = arctg\,\frac{L_в}{B+c} \ldots i \ldots \beta_1 = arctg\,\frac{L_г}{H+a}$$

$$K_{опр} = K_{опр.г} \cdot K_{опр.в}$$

Дорівнює множенню коефіцієнтів опромінення $K_{опр.г}$ і, $K_{опр.в}$, відповідно для горизонтальної і вертикальної сонцезахисної конструкції, що приймаються залежно від розрахованого відповідного кута

$$\gamma_1 = arctg(0{,}15 / 1{,}8) = 4{,}76;$$

$$\beta_1 = arctg(0{,}15 / 1{,}8) = 4{,}76;$$

$$K_{опр.} = 0{,}84 \cdot 0{,}84 = 0{,}71$$

$$q_{с.р} = \left(q_п^в K_{інс.в} + q_р^в K_{опр}\right) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \tau_2.$$

$q_{с.р}$ (Схід) = (37 · 0 + 72 · 0,71) · 0,6 · 0,61 · 0,7 = 18 *Вт* – 13 *год*.

Таблиця 1.6 – Отримані значення $q_{с.р}$

Час……..	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$q_{с.р}$ (Пн)	21	18	20	18	16	15	15	15	15	16	18	20	23	17
$q_{с.р}$ (Сх)	32	29	120	127	103	56	18	17	15	15	15	14	11	6
$q_{с.р}$ (Пд)	6	14	18	33	54	75	87	85	72	52	30	18	14	6
$q_{с.р}$ (З)	6	11	14	15	15	15	17	24	56	98	135	33	129	79

Теплоприпливи обумовлені теплопередачею.

Умовна температура зовнішнього середовища при вертикальному заповненні світлових отворів:

$$t_{в.ум} = t_{зов.ср.} + 0,5A_{t_{зовн.}}\beta_2 + \frac{J_{пр}K_{инс.в} + J_{р}K_{опр}}{\alpha_н}\rho \cdot \tau_2, ^oC$$

β_2 – коефіцієнт, що враховує гармонійну зміну температури зовнішнього повітря, для кожної години доби.

β_2 = - 0,5 - Північ.

β_2 = 0 - Схід.

β_2 = 0,87 - Південь.

β_2 = 0,71 - Захід.

де τ_2 – коефіцієнт, що враховує затінювання світлового отвору рамою вікна;

τ_2 = 0,7..0,9;

$t_{зовн..}$ – температура зовнішнього повітря;

$J_{пр}$, $J_р$ – кількість теплоти відповідно до прямої і розсіяної радіації, що поступає в кожну годину розрахункової доби на вертикальну поверхню:

Час….	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Jпр Пн	45	125	99											99	125	45
Jр Пн	8	52	94	104	96	86	81	80	80	81	86	96	104	94	52	8
Jпр Сх	90	332	514	579	563	452	279	105								
Jр Сх	16	79	151	177	163	135	108	98	87	81	81	80	73	59	30	6
Jпр Пд				7	99	199	276	314	314	276	199	99	7			
Jр Пд	7	31	73	96	106	110	113	114	114	113	110	106	96	73	31	7
Jпр З									105	279	452	563	579	514	332	90
Jр З	6	30	59	73	80	81	81	87	98	108	135	163	177	151	79	16

ρ – приведений коефіцієнт поглинання сонячної радіації заповненням світлових отворів;

$\alpha_{зов}$ – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні обгороджування, *Вт/(м2·⁰С)*, залежний від швидкості вітру.

$$t_{в.ум}(\text{Схід}) = 30{,}5 + 0{,}5 \cdot 12{,}3 \cdot 0 + ((105 \cdot 0 + 98 \cdot 0{,}71) / 17) \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}8 = 27{,}3$$

– 13 *год*.

Таблиця 1.7 – Отримані значення $t_{в.ум}$

Час….	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$t_{ум.}$ (Пн)	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	2,4	30,6	26,3	29,1	26,8	23,9	22,5
$t_{ум.}$ (Сх)	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	4,6	43,1	42,3	158,6	165,9	140,4	85,9
$t_{ум.}$ (Пд)	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	2,1	8,8	20,4	27,9	50,2	75,9	97,7
$t_{ум.}$ (З)	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	1,8	8,5	16,5	20,4	22,3	22,5	22,5

Час…….	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$t_{ум.}$ (Пн)	22,3	22,3	22,6	24,1	27,0	29,3	39,2	25,5	2,6	0,4	0,4	0,5
$t_{ум.}$ (Сх)	27,3	24,3	22,6	22,7	22,5	20,6	16,8	8,7	2,0	0,4	0,4	0,5
$t_{ум.}$ (Пд)	109,1	107,1	94,3	72,2	45,5	27,0	20,7	9,0	2,3	0,4	0,4	0,5
$t_{ум.}$ (З)	24,2	45,9	85,5	134,5	176,0	49,7	167,5	101,8	4,8	0,4	0,4	0,5

Питома кількість теплоти, *Вт*, що поступає в приміщення в кожну годину розрахункової доби через вікна від сонячної радіації і теплопровідності:

$$q_{скл} = q_{с.р} + (t_{ум} - R_{0\ потр.}) / R_{вікна}$$

$$q_{скл}\ (\text{Схід}) = 18 + (27{,}3 - 0{,}2) / 0{,}34 = 98\ Вт\ - 13\ год.$$

Таблиця 1.8 – Отримані значення $q_{скл}$

Час…….	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
q (Пн)	1	1	0	0	0	6	110	95	105	96	86	81
q (Сх)	1	1	0	0	0	13	158	152	585	614	515	308
q (Пд)	1	1	0	0	0	6	31	74	100	180	277	362
q (З)	1	1	0	0	0	5	30	59	73	80	81	81

Час…….	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
q (Пн)	80	80	81	87	97	105	137	92	7	1	1	1
q (Сх)	98	87	81	81	81	74	60	31	5	1	1	1
q (Пд)	407	399	349	263	163	97	74	32	6	1	1	1
q (З)	87	159	307	493	652	179	621	378	14	1	1	1

Отже, теплоприплив в приміщення №15 о 13-ій годині ранку буде складати:

$$Q_{скл.} = q_{скл} \cdot n_{вікон}, Вт$$

$$Q_{скл.} = 98 \cdot 2 = 196\ Вт$$

1.4 Розрахунок теплоприплива від штучного освітлення

$$Q_{осв.} = \beta_{осв.} \cdot \Phi \cdot F_n\ ,$$

де $\beta_{осв.}$ – коефіцієнт, що враховує частку теплоти, яка передається у вищеросташоване приміщення;

Φ - питома теплота від освітлення;

F_n – площа підлоги приміщення.

Розрахуємо теплоприпливи від штучного освітлення у 15-му приміщенні, площа якого 35 $м^2$:

$$Q_{осв.} = 0{,}5 \cdot 15 \cdot 35 = 262\ Вт$$

1.5 Розрахунок теплоприплива від людей

$$Q_{люд} = n \cdot q_{люд}$$

Для прикладу розрахуємо теплоприпливи від людей у 15-му приміщенні.

$n = 6$ – кількість людей;

$q_{люд} = 106{,}7\ Вт$ – тепловиділення від однієї людини в стані спокою.

$$Q_{люд} = 6 \cdot 106{,}7 = 640{,}2\ Вт$$

1.6 Розрахунок теплоприплива від устаткування

$$Q_{уст.} = k_{одноч.} \cdot k_{завант.} \cdot \zeta \cdot \sum_{i=1}^{n} N_y \quad Вт$$

де $k_{одноч.}$ – коефіцієнт одночасності;

$k_{завант.}$ – коефіцієнт завантаження, що характеризує відношення дійсної потужності до номінальної або встановленої;

ζ – витрачена частина потужності і теплоти;

N_y – настановна потужність обладнання.

Розрахуємо теплонадходження від устаткування у 15-му приміщенні санаторія, в якому розташовано два компьютери:

$$Q_{уст.} = 0{,}85 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}7 \cdot (350 \cdot 2) = 291\ Вт.$$

1.7 Загальний теплоприплив у приміщення №15

Загальним теплоприпливом є сумарний теплоприплив від усіх джерел тепла, що знаходяться у даному (№ 15) приміщенні:

$$Q = Q_{огор.} + Q_{склін.} + Q_{освю} + Q_{люд.} + Q_{уст.}\ Вт$$

$$Q = 436 + 1170 + 640 + 291 + 261 = 2800\ \text{Вт} = 2{,}8\ кВт$$

Таблиця 1.9 - Результати розрахунку теплоприпливів влітку по кожному приміщенню

№ Приміщення	Площа зовнішньої стіни (без скління) $F_{ст}$, $м^2$	Площа скління $F_{скл}$, $м^2$	Теплонадходження через зовнішні стіни $Q_{ст}$, $Вт/1м^2$	Теплонадходження через зовнішні стіни $Q_{ст.}$, $Вт$	Теплонадходження через вікна $Q_{скл}$, $Вт$	Тепловиділення від людей $Q_{люд}$, $Вт$	Тепловиділення від обладнання $Q_{обл.}$, $Вт$	Тепловиділення від освітлення $Q_{осв.}$, $Вт$	Теплопритоки загальні $Q_{заг.}$, $Вт$
1	26,565	0	19	504,735	0	445,5	499,8	275,25	1725,285
	26,565	0	15	624,2775	0				624,2775
2	18,72	6,48	11	251,5968	274	213,4	145,775	124,5	1009,2718
3	16,62	6,48	19	390,57	1170	640,2	616,42	240,75	3057,94
4	20,04	6,48	11	269,3376	274	533,5	874,65	135,75	2087,2376
	13,61	0	19	319,835	0				319,835
5	9,7	3,24	19	227,95	585	106,7	145,775	130,5	1195,925
6	9,024	3,24	19	212,064	585	445,5	333,2	123,75	1699,514
7	26,16	3,24	19	614,76	585	960,3	1332,8	309	3801,86
8	9,7	3,24	19	227,95	585	640,2	499,8	130,5	2083,45
9	15,255	6,48	19	376,7985	1304	1604,8	924,63	241,5	4451,7285
10	9,024	3,24	19	222,8928	652	106,7	0	123	1104,5928
11	12,94	0	19	319,618	0	742,5	437,325	132	1631,443
12	9,7	3,24	19	227,95	585	533,5	437,325	132	1915,775
13	9,7	3,24	19	227,95	585	213,4	249,9	123	1399,25
14	8,1	3,24	19	190,35	585	533,5	666,4	114	2089,25
15	18,552	6,48	19	435,972	1170	640,2	291,55	261,75	2799,472
16	10,7	3,24	19	251,45	585	320,1	291,55	142,5	1590,6
17	18,72	6,48	19	439,92	1170	533,5	437,325	264	2844,745
18	19,86	3,24	19	490,542	652	1188	437,325	240	3007,867
19	39,42	9,72	19	973,674	1956	1930,5	1666	521,25	7047,424
22	0	0	19	0	0	297	0	107,25	404,25
23	9,36	3,24	19	125,7984	137	4455	583,1	1818	7118,8984
	9,36	3,24	19	177,84	399				576,84
	21,96	3,24	19	542,412	652				1194,412
	14,82	3,24	19	366,054	652				1018,054
	21,96	3,24	19	542,412	585				1127,412
24	26,565	0	19	504,735	0	148,5	833	116,25	1602,485
	11,76	0	15	290,472	0				290,472

Всього	**464,46**	**97,2**		**10341**	**15727**	**17232**	**11704**	**5806,5**	**60819,57**

2 РОЗРАХУНОК ВОЛОГОВИДІЛЕНЬ ВІД РІЗНИХ ДЖЕРЕЛ

2.1 Вологовиділення від людей

$$W_л = n \cdot w_л \text{, кг/с,}$$

де $w_л$ - кількість вологи, яку виділяє одна людина, залежно від температури приміщення та важкості навантаження на людину, *кг/с*;

n – кількість людей у приміщенні.

Розрахуємо вологовиділення від людей у приміщенні №15, в якому люди знаходяться у стані спокою при температурі 22^oC:

$$W_л = 5 \cdot 0{,}000012 = 0{,}00006 \text{ кг/с}$$

2.2 Вологовиділення від вологого прибирання

$$W = \sigma \cdot F \cdot (d_B^{''} \cdot d_B) \cdot \psi,$$

σ – коефіцієнт вологовипаровування:

$$\sigma = \alpha_в / C^{В.П.}, \text{ кг}_{с.в.}/(м^2 \cdot с)$$

$$\sigma = 17 / 24{,}4 = 0{,}7 \text{ кг}_{с.в.}/(м^2 \cdot с);$$

$C^{В.П.}$ – теплоємність вологого повітря:

$$C_p^{В.П.} = C_p^c + C_p^п \cdot d_{сер.} \text{, кДж/(кг·К)}$$

$$C_p^{В.П.} = 1{,}006 + 1{,}86 \cdot 12{,}6 = 24{,}4 \text{ кДж/(кг·К)};$$

$$d_{сер} = (d_w + d_в)/2, \text{ кг/кг}_{с.в.}$$

$$d_{сер} = (16{,}8 + 8{,}4) / 2 = 12{,}6 \text{ кг/кг}_{с.в.};$$

$\alpha_в$ – коефіцієнт тепловіддачі, *Вт/(м^2·К);*

F – площа відкритої поверхні води або підлоги, *м^2*;

$d^{//}_в$ – вологовміст насиченого повітря в приміщенні, *кг/кг$_{с.в.}$*

$d_в$ – вологовміст повітря в приміщенні, *кг/кг$_{с.в.}$*

ψ – коефіцієнт, що показує час, який підлога мокра за добу, приймаємо $\psi=10\%$.

Розрахуємо вологовиділення від вологого прибирання у приміщенні №15:

$$W = 0,7 \cdot 35 \cdot ((16,8 - 8,4) \cdot 10^{-3}) \cdot 0,1 = 0,00025 \; кг/с$$

Таблиця 2.1 - Результати розрахунків вологовиділень по кожному окремому приміщенні

№ Приміщення	Площа приміщення $F_{пр}$, $м^2$	Кількість людей, *n*	Вид навантаження	Кількість тепла, яке виділяється однією людиною *ап. Вт/люд*	Вологовиділення однієї людини $W_л$, *кг/с*	Вологовиділення від людей $W_{люд.}$, *кг/с*	Вологовиділення від вологого прибирання *Wвол.пр.*, *кг/с*	**Вологовиділення загальні *Wзаг.*, *кг/с***
1	36,7	3	Легке	148,5	0,000025	0,000075	0,0002605	0,000335535
2	16,6	2	Спокій	106,7	0,000012	0,000024	0,0001178	0,000141844
3	32,1	6	Спокій	106,7	0,000012	0,000072	0,0002279	0,000299879
4	18,1	5	Спокій	106,7	0,000012	0,00006	0,0001285	0,000188492
5	17,4	1	Спокій	106,7	0,000012	0,000012	0,0001235	0,000135523
6	16,5	3	Легке	148,5	0,000025	0,000075	0,0001171	0,000192134
7	41,2	9	Спокій	106,7	0,000012	0,000108	0,0002925	0,00040048
8	17,4	6	Спокій	106,7	0,000012	0,000072	0,0001235	0,000195523
9	32,2	8	Середнє	200,6	0,000044	0,000352	0,0002286	0,000580589
10	16,4	1	Спокій	106,7	0,000012	0,000012	0,0001164	0,000128424
11	17,6	5	Легке	148,5	0,000025	0,000125	0,0001249	0,000249943
12	17,6	5	Спокій	106,7	0,000012	0,00006	0,0001249	0,000184943
13	16,4	2	Спокій	106,7	0,000012	0,000024	0,0001164	0,000140424
14	15,2	5	Спокій	106,7	0,000012	0,00006	0,0001079	0,000167905
15	34,9	6	Спокій	106,7	0,000012	0,000072	0,0002478	0,000319756
16	19	3	Спокій	106,7	0,000012	0,000036	0,0001349	0,000170882
17	35,2	5	Спокій	106,7	0,000012	0,00006	0,0002499	0,000309886
18	32	8	Легке	148,5	0,000025	0,0002	0,0002272	0,000427169
19	69,5	13	Легке	148,5	0,000012	0,000156	0,0004934	0,000649383
22	14,3	2	Легке	148,5	0,000012	0,000024	0,0001015	0,000125516
23	242,4	30	Легке	148,5	0,000012	0,00036	0,0017208	0,002080806
24	15,5	1	Легке	148,5	0,000012	0,000012	0,00011	0,000122035

	774,2	**12 9**				**0,002051**	**0,0054961**	**0,007547071**

3 ВТРАТИ ТЕПЛОТИ ЧЕРЕЗ ОГОРОДЖУЮЧІ КОНСТРУКЦІЇ ПРИМІЩЕНЬ В ЗИМОВИЙ ПЕРІОД РОКУ

3.1 Втрати теплоти через зовнішні стіни

Основні і додаткові втрати теплоти слід визначати підсумовуючи втрати теплоти через окремі обгороджуючі конструкції *Q*, *Вт*, з округленням до 10 *Вт* для приміщень по формулі:

$$Q = 0,5 \cdot k \cdot F \cdot (t_{зовн.} - t_{в.}),$$

де *k* – коефіцієнт теплопередачі для стін;

$t_в$ – розрахункова температура повітря, в приміщенні для зимового періоду року;

$t_{зовн}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для холодного періоду року при розрахунку втрат теплоти через зовнішні обгороджування, або температуру повітря холоднішого приміщення - при розрахунку втрат теплоти через внутрішні обгороджування.

Визначимо втрати теплоти через зовнішні стіни для приміщення №15:

$$Q = 0,5 \cdot 0,75 \cdot 18,55 \cdot (-6 - 20) = -181 \ Вт$$

3.2 Втрати теплоти через дах

Втрати теплоти через дах не враховуються, т.я. над приміщеннями, які нам треба кондиціонувати, знаходиться поверх з номерами, які теж кондиціонуються.

3.3 Втрати теплового потоку скління для приміщення

$$Q_{склін.} = 0{,}5 \cdot k_{склін.} \cdot F_{склін.} \, (t_{зовн.} - t_{в.})$$

$$Q = 0{,}5 \cdot 1{,}2 \cdot 6.5 \cdot (-6 - 20) = -101 \; Вт$$

3.4 Загальна кількість втрат тепла

Загальним теплоприпливом є сумарний теплоприплив від усіх джерел тепла, що знаходяться у даному (№ 15) приміщенні:

$$Q = Q_{огор.} + Q_{склін.} + Q_{освю} + Q_{люд.} + Q_{уст.,} \; Вт$$

$$Q = -181 + (-101) + 640 + 291 + 261 = 910 \; Вт = 0{,}91 \; кВт$$

Таблиця 3.1 - Результати розрахунків теплоприпливів у всі приміщення в холодний період року, отримані для кожного приміщення

№ Приміщення	зовнішньої стіни (без скління) $F_{скл}$,	Площа скління $F_{скл}$, $м^2$	Тепловиділення від людей $Q_{люд}$, $Вт$	Тепловиділення від обладнання $Q_{об}$, $Вт$	Тепловиділення від освітлення $Q_{осв}$, $Вт$	Теплотрати у холодний період року через стіни, Q, $Вт$	у холодний період року через вікна, Q, $Вт$	Теплоприпливи у холодний період року, Q_x, $Вт$
1	26,565	0	445,5	499,8	275,25	-259,00875	0	961,54125
	26,565	0				-259,00875	0	-259,00875
2	18,72	6,48	213,4	145,775	124,5	-182,52	-101,088	200,067
3	16,62	6,48	640,2	616,42	240,75	-162,045	-101,088	1234,237
4	20,04	6,48	533,5	874,65	135,75	-195,39	-101,088	1247,422
	13,61	0				-132,6975	0	-132,6975
5	9,7	3,24	106,7	145,775	130,5	-94,575	-50,544	237,856
6	9,024	3,24	445,5	333,2	123,75	-87,984	-50,544	763,922
7	26,16	3,24	960,3	1332,8	309	-255,06	-50,544	2296,496
8	9,7	3,24	640,2	499,8	130,5	-94,575	-50,544	1125,381
9	15,255	6,48	1604,8	924,63	241,5	-148,73625	-101,088	2521,10575
10	9,024	3,24	106,7	0	123	-87,984	-50,544	91,172
11	12,94	0	742,5	437,325	132	-126,165	0	1185,66
12	9,7	3,24	533,5	437,325	132	-94,575	-50,544	957,706
13	9,7	3,24	213,4	249,9	123	-94,575	-50,544	441,181
14	8,1	3,24	533,5	666,4	114	-78,975	-50,544	1184,381
15	18,552	6,48	640,2	291,55	261,75	-180,882	-101,088	911,53
16	10,7	3,24	320,1	291,55	142,5	-104,325	-50,544	599,281
17	18,72	6,48	533,5	437,325	264	-182,52	-101,088	951,217
18	19,86	3,24	1188	437,325	240	-193,635	-50,544	1621,146
19	39,42	9,72	1930,5	1666	521,25	-384,345	-151,632	3581,773
22	0	0	297	0	107,25	0	0	404,25
23	9,36	3,24	4455	583,1	1818	-91,26	-50,544	6714,296
	9,36	3,24				-91,26	-50,544	-141,804
	21,96	3,24				-214,11	-50,544	-264,654
	14,82	3,24				-144,495	-50,544	-195,039
	21,96	3,24				-214,11	-50,544	-264,654
24	26,565	0	148,5	833	116,25	-259,00875	0	838,74125
	11,76	0				-114,66	0	-114,66
	464,46	**97,2**	**17232,5**	**11703,65**	**5806,5**	**-4528,485**	**-1516,32**	**28697,845**

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Стомахина Г.И.,БобровицкийИ.И.,Малявина Е.Г.,Плотникова Л.В. Отопление,вентиляция и кондиционирование воздуха:Жилые здания со встроено- пристроенными помещениями общественного назначения и стоянками автомобилей.Коттеджи: Справочное пособие.-М.:«Пантори», Москва.2003.-308с.:ил.

2. Быков А.В. Различные области применения холода. –Москва: «Агропромиздат», 1985. - 207с

3. Быков А.В. Холодильная компрессоры. – Москва: Лёгкая и пищевая промышленность. 1981. –279 с.

4. Погорелов А.И. Тепломассообмен. – Одесса: «Черноморье», 1999. – 123с.

5. Кошкин Н.Н. Тепловые и конструктивне расчеты холодильних машин. Л.,«Машиностроение»,(Ленингр.отд-ние),1976. 464с. ил.

6. Явнель Б.К. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: «Агропромиздат», 1989. - 223 с.: ил.