„Приложение № 24
към чл. 198

МЕТОДИКА

за изчисляване на отоплителен товар на сгради

1. ВЪВЕДЕНИЕ

С тази методика се определят правилата за изчисляване на топлинната мощност, необходима за постигане на изискваната вътрешна температура при стандартни изчислителни условия.

Изчислителният топлинен товар се определя, както следва:

– стая по стая или отоплявано пространство по отоплявано пространство, за да се оразмерят отоплителните тела;

– за част от сградата или за цялата сграда, за да се определи топлинната мощност, с която те ще бъдат осигурени.

Основните случаи обхващат сгради:

– с ограничена височина на стаята (не повече от 5 m);

– които е прието да бъдат отоплявани при постоянна по време температура на външния въздух, равна на изчислителната температура.

Примери за такива сгради са: къщи, офис сгради и административни сгради, училища, библиотеки, болници, сгради за развлечения, сгради за търговия с хранителни стоки, универсални магазини и други сгради за бизнес цели, индустриални сгради и др.

В приложенията към методиката е дадена информация и за специални случаи, като:

– сгради с голяма етажна височина и халета;

– сгради, в които температурата на въздуха и средната радиационна температура се различават съществено.

Методиката за изчисляване на отоплителния товар и Методиката за изчисляване на показателите за разход на енергия и на енергийните характеристики на сгради (приложение № 3 от Наредба № 7 от 2004 г. за енергийна ефективност на сгради (ДВ, бр. 5 от 2005 г.) имат много сходни елементи, тъй като физиката на топлопреноса е една и съща. И към двете методики са дадени опростени методи за определяне на отоплителната мощност или на необходимата топлинна енергия, използвани за експресни оценки, предпроектни проучвания и идейни проекти. Основните разлики са следните: по първата методика се определя количеството необходима топлина (първична енергия), а по втората – последователността на определяне на общия отоплителен товар и оразмеряване на отоплителната мощност; различни климатични данни (изчислителни температури и параметри на външния въздух и на микроклимата, съответно климатични данни); при изчисляване на отоплителния товар не се отчитат притоците от вътрешни източници, слънчево греене и др.

2. ПОЗОВАВАНИЯ

Тази методика е разработена въз основа на европейските стандарти и добрите европейски практики. В нея са включени изисквания на стандарти, като позоваванията на тях са направени на съответните места в текста, както следва:

– БДС EN 673 „Стъкло за строителството. Определяне на коефициента на топлопреминаване (U-стойност). Изчислителен метод“;

– БДС EN ISO 6946 „Строителни елементи. Съпротивление на топлопреминаване и коефициент на топлопреминаване. Изчислителен метод“;

– БДС EN ISO 10077-1 „Топлинни характеристики на прозорци, врати и капаци. Изчислителен метод. Част 1: Опростен метод“;

– БДС EN ISO 13789 „Топлинни характеристики на сградите. Коефициент на топлинните загуби. Изчислителен метод“;

– БДС EN ISO 13370 „Топлинни характеристики на сградите. Топлопренасяне през земята. Изчислителен метод“;

– БДС EN ISO 10077-2 „Термично поведение на прозорци, врати и жалузи. Изчисляване на топлопреминаването. Част 2: Числен метод за рамки (ISO/DIS 10077-2:1998)“;

– БДС EN ISO 10211-1 „Топлинни мостове в конструкцията на сградата. Топлинни потоци и повърхностни температури. Част 1: Общи изчислителни методи (ISO 10211-1:1995)“;

– БДС EN ISO 10211-2 „Топлинни мостове в конструкцията на сградата. Топлинни потоци и повърхностни температури. Част 2: Линейни топлинни мостове (ISO 10211-2:2001)“;

– БДС EN ISO 10456 „Материали и продукти за сградата – процедура за определяне на обявените и проектните термични стойности (ISO 10456:1999)“;

– БДС EN 12524 „Строителни материали и продукти. Топло- и влаготехнически свойства. Таблични проектни стойности“;

– БДС EN ISO 14683 „Топлинни мостове в конструкцията на сградата. Линейно топлопреминаване – опростени методи и нормативни стойности (ISO 14683:1999)“.

3. ОСНОВНИ ОЗНАЧЕНИЯ, ЕДИНИЦИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ И ИЗПОЛЗВАНИ СИМВОЛИ

Таблица 1

Символи и единици

Символ	Наименование	Единица
a,b,c,f	Различни корекционни фактори	-
A	Площ	m^2
B'	Пространствена характеристика на пода	m
c_p	Специфичен топлинен капацитет при постоянно налягане	J/(kg.K)
D	Дебелина	m
e_i	Коефициент на защитно ограждение	-
e_k,e_l	Корекционни фактори за изложение	-
G_w	Корекционен фактор за подпочвени води	-
H	Коефициент на топлопредаване	$W/(m^2K)$
H	Коефициент на общи топлинни загуби	W/K
l	Дължина	m
n	Кратност на въздухообмена	h^{-1}
n_{50}	Кратност на въздухообмена при разлика между налягането във и извън сградата 50 Pa	h^{-1}
P	Периметър на подовата плоча	m
Q	Количество топлина, количество енергия	J
T	Термодинамична температура по скалата на Келвин	K
U	Коефициент на топлопреминаване	$W/(m^2K)$
v	Скорост на вятъра	m/s
V	Обем	m^3
$\dot{V}$	Дебит	m^3/s
ε	Корекционен фактор за височина	-
Φ	Топлинни загуби, топлинна мощност	W
Φ_{HL}	Топлинен товар	W
η	Коефициент на полезно действие	%
λ	Коефициент на топлопроводност	W/(m.K)
θ	Температура по скалата на Целзий	^oC
ρ	Плътност на въздуха	kg/m^3
Ψ	Линеен коефициент на топлопреминаване	W/(m.K)

Таблица 2

Индекси

a	въздух	h	височина	o	усещане
A	част от сградата	inf	инфилтрация	r	средна радиационна
bdg,B	сграда	int	вътрешен	RH	допълнително загряване
bf	под на сутерен	i,j	отоплявано пространство	su	приточен
bw	стена на сутерен	k	елемент от сградата	T	преминаване
e	външен, външна страна	l	топлинен мост	tb	тип на сградата
env	обвивка	m	средногодишно	u	неотоплявано пространство
equiv	еквивалент	mech	механично	V	вентилация
ex	отработен	min	минимален	$\Delta\theta$	по-висока вътрешна температура
g	земя	nat	естествен	W	вода, прозорец/стена

По смисъла на тази методика:

„Сутерен“ – стая се разглежда като сутерен, ако повече от 70 % от външната площна стена е в контакт със земята.

„Елемент на сградата“ – сградна ограждаща конструкция или елемент, като стена, под и др.

„Обособена част от сградата“ – общ обем на отопляваните пространства, обслужвани от една обща отоплителна система (т.е. самостоятелни жилища), където топлоснабдяването към всяко самостоятелно жилище може да бъде контролирано от обитателя.

„Проектна температурна разлика“ – разликата между вътрешната и външната изчислителна температура.

„Изчислителни топлинни загуби“ – количеството топлина за единица време, напускащо сградата към околната среда при определени изчислителни условия

„Коефициент на топлинни загуби“ – топлинни загуби за единица температурна разлика.

„Топлопреминаване“ – топлината, преминала през ограждащите конструкции и елементи в резултат на температурната разлика.

„Топлинен товар“ – необходимата топлина за постигане на зададени вътрешни изчислителни условия.

„Загуби от топлопреминаване на разглежданото пространство“ – топлинни загуби към външната среда като резултат от топлопроводност през ограждащите повърхности, както и на топлопреминаване между отопляваните пространства в сградата

„Вентилационни загуби на разглежданото пространство“ – топлинни загуби от вентилация или инфилтрация през ограждащите елементи на сградата и преминаване на въздух от едно пространство към друго пространство.

„Външна температура на въздуха“ – температурата на въздуха извън сградата.

„Външна изчислителна температура“ – външната температура на въздуха, която се използва за изчисляване на топлинните загуби.

„Отоплявано пространство“ – пространство, което трябва да се отоплява до определена вътрешна температура.

„Вътрешна температура на въздуха“ – температура на въздуха вътре в сградата.

„Вътрешна изчислителна температура“ – температура на усещането в центъра на отопляваното пространство (помещение) (във височина 0,6 – 1,6 m), която се използва за изчисляване на топлинните загуби.

„Средногодишна външна температура“ – средната стойност на външната температура през годината

„Температура на усещане“ – средноаритметично между вътрешната температура на въздуха и средната радиационна температура.

„Топлинна зона“ – част от отопляваното пространство, което е със зададена температура и с незначителни пространствени изменения на тази температура.

„Неотоплявано пространство“ – помещение, което не е част от отопляваното пространство.

„Вентилационна система“ – система, която осигурява определен дебит пресен въздух.

„Зона“ – група от помещения, които имат сходни топлинни свойства.

4. ПРИНЦИПИ НА ИЗЧИСЛИТЕЛНИЯ МЕТОД

За основните случаи изчислителният метод се основава на следните хипотези:

– температурното разпределение (температурата на въздуха и изчислителната температура) се приема да бъде равномерно;

– топлинните загуби се изчисляват при стационарни условия, приемайки постоянни стойности за температурата, характеристиката на строителните елементи и т.н.

За основните случаи процедурата може да се използва за по-голяма част от сградите:

– с етажна височина не по-голяма от 5 m;

– отоплявани или приемайки да бъдат отоплявани със зададени постоянни температури;

– където е възможно температурата на въздуха и температурата на усещане да се приемат с еднакви стойности.

В лошо изолираните сгради и/или през периоди на дозагряване с топлоотдаващи системи с мощно конвективно топлоотдаване или с големи отопляващи повърхности със значителни лъчисти елементи (например подово лъчисто отопление) може да има значителни разлики между температурата на въздуха и температурата на усещане, както и отклонение от равномерността на температурата в стаята. Тези случаи са разгледани като специални случаи в приложение Б. Случаят на неравномерност на температурното разпределение е разгледан също и в т. 7.1.4.

Първоначално се изчисляват топлинните загуби, след което резултатите от тях се използват за определяне на топлинния товар.

За изчисляване на топлинните загуби на отоплявано пространство трябва да бъдат разгледани следните елементи:

– изчислителните загуби от топлопреминаване, които са топлинни загуби в резултат на топлопроводност през ограждащите елементи, както и на топлопреминаване към съседни помещения, отоплявани до различна температура;

– топлинните загуби от вентилация, които са топлинни загуби за загряване на външен въздух от вентилация или инфилтрация или на постъпил от съседно, по-студено помещение въздух.

5. ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ

5.1. ИЗЧИСЛИТЕЛЕН МЕТОД ЗА ОТОПЛЯВАНО ПРОСТРАНСТВО

Стъпките при изчислителния метод за отоплявано пространство са показани на фиг.1 и са, както следва:

а) определяне стойностите на външната изчислителна температура и на средногодишната външна температура;

б) определяне на вида на пространството (отоплявано или неотоплявано) и на стойностите на вътрешната температура за всяко пространство;

в) определяне на всички размери и топлинни характеристики на строителните елементи за всяко отоплявано и неотоплявано пространство;

г) изчисляване на коефициента на топлопреминаване и умножаване с температурната разлика, за да се получат топлинните загуби от топлопреминаване в отопляваното пространство;

д) изчисляване на коефициента за вентилация и умножаване с температурната разлика, за да се получат топлинните загуби от вентилация в отопляваното пространство;

е) получаване на пълните топлинни загуби в отопляваното пространство като сума на топлинните загуби от топлопреминаване и топлинните загуби от вентилация;

ж) изчисляване на топлинната мощност за донагряване на отопляваното пространство, т.е. допълнително необходимата мощност, която да компенсира ефекта на прекъсване на отоплението;

з) получаване на топлинния товар на отопляваното пространство чрез сумиране на топлинните загуби и мощността за донагряване.

5.2. ИЗЧИСЛИТЕЛЕН МЕТОД ЗА ЧАСТ ОТ СГРАДАТА ИЛИ ЗА ЦЯЛАТА СГРАДА

За оразмеряване на топлоснабдяването, т.е. на топлообменник в абонатна станция или котел, се изчисляват общите топлинни товари на частта от сградата или на цялата сграда. Процедурата се основава на резултатите от изчисленията „пространство по пространство“.

Стъпките на изчислителната процедура за частта от сградата или за цялата сграда са следните:

а) сумират се топлините загуби за всички отоплявани пространства, без да се има предвид топлопреминаването вътре в границите на системата, за да може да се изчислят общите топлинни загуби на частта от сградата или на цялата сграда;

б) сумират се загубите от вентилация за всички отоплявани пространства, без да се има предвид вентилацията вътре в границите на системата, за да може да се изчислят общите загуби от вентилация на частта от сградата или на цялата сграда;

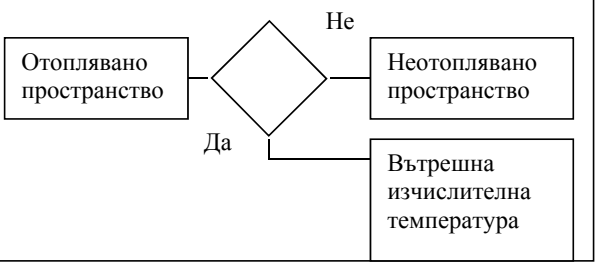
в) изчисляват се общите топлинни загуби на частта от сградата или на цялата сграда чрез сумиране на загубите от топлопреминаване и вентилационните загуби;

г) сумират се мощностите за донагряване на всички отоплявани пространства, за да се получи общата мощност за донагряване на частта от сградата или на сградата, необходима за компенсиране ефекта на прекъсване на отоплението;

д) изчислява се общият отоплителен товар на частта от сградата или на сградата като сума от общите топлинни загуби и общата мощност за донагряване.

5.3. ИЗЧИСЛИТЕЛЕН МЕТОД ЗА ОПРОСТЕНИ ИЗЧИСЛЕНИЯ

Изчисляването по опростения метод следва процедурите, описани в т. 5.1 и 5.2. Тези опростени изчисления се използват за съставяне на задание за проектиране, за изработване на идейни проекти, за извършване на експресни оценки, за прединвестиционни проучвания. Този метод е показан в т. 9.

Стъпка “а”	Определяне на основните данни: - външна изчислителна температура; - средногодишна външна температура	Климатични данни
Стъпка “б”	Дефиниция на всяко пространство от сградата  	Предназначение на всяко пространство и вътрешна изчислителна температура на всяко пространство
Стъпка “в”	Определяне на: - характерните размери; - топлинните характеристики за всички елементи на всяко отоплявано или неотоплявано пространство	Данни за сградата
Стъпка “г”	Изчисляване на топлинните загуби от топлопреминаване (изчислителен коефициент на загуби от топлопреминаване по изчислителна температурна разлика)	За топлинни загуби през: - огражденията на сградата; - неотоплявани пространства; - съседни пространства - земя
Стъпка “д”	Изчисляване на топлинните загуби от вентилация (изчислителен коефициент на загуби от вентилация х изчислителна температурна разлика)	Изчисляване на топлинните загуби за сградата
Стъпка “е”	Изчисляване на общите топлинни загуби (изчислителни загуби от топлопремина-ване + топлинни загуби от вентилация)	
Стъпка “ж”	Изчисляване на топлинната мощност за донагряване (допълнителна мощност, необходима за компенсиране прекъсването на отоплението)	Ефект на прекъсване на отоплението
Стъпка “з”	Изчисляване на общия топлинен товар (общи топлинни загуби + мощност за донагряване)	Определяне на изчислителния топлинен товар

Фиг. 1. Изчислителна процедура за отоплявано пространство

6. НЕОБХОДИМИ ДАННИ

Необходимите данни за определяне на топлинния товар са:

6.1. КЛИМАТИЧНИ ДАННИ

– външна изчислителна температура (θ_e) за изчисляване на топлинните загуби;

– средногодишна изчислителна температура ($\theta_{m,e}$) за изчисляване на топлинните загуби към земята.

6.2. ВЪТРЕШНА ИЗЧИСЛИТЕЛНА ТЕМПЕРАТУРА

Вътрешната температура, която се използва за изчисляване на топлинните загуби, е вътрешната изчислителна температура (θ_{int}). За основните случаи температурата на усещане и вътрешната температура на въздуха се приемат с еднакви стойности. В случаите, когато това е неприложимо, приложение Б съдържа повече информация.

6.3. ДАННИ ЗА СГРАДАТА

Входните данни, които се изискват за изчисляването „стая по стая“, са:

– V_i – вътрешен обем на всяка стая (отоплявани или неотоплявани пространства), m^3;

– A_k – площ на всеки елемент от сградата ,m^2;

– U_k – коефициент на топлопреминаване на всеки елемент от сградата, W/m^2K;

– Ψ_l – линеен коефициент на топлопреминаване на топлинен мост, W/m.K;

– l_l – дължина на топлинен мост, m.

Изчисляването на коефициента на топлопреминаване (U стойностите) на сградните елементи трябва да се прави с оглед на граничните условия и характеристиките на материала, които са дефинирани и препоръчани в конкретните стандарти. Обобщаването на всички параметри, които са използвани за изчисляването на U-стойностите на сградата, заедно с отнасянето към подходящи за използване стандарти, са дадени в табл. 3.

Таблица 3

Параметри за изчисляване на U стойности

Символи и единици	Наименование на параметъра	Стандарти
R_{si}(m^2.K/W)	Съпротивление на топлопредаване на вътрешната повърхност	БДС EN ISO 6946
R_{se}(m^2.K/W)	Съпротивление на топлопредаване на външната повърхност	БДС EN ISO 6946
λ (W/m.K)	Коефициент на топлопроводност (хомогенни материали)	
	• определяне на обявени и изчислителни стойности (процедура)	БДС EN ISO 10456
	• таблични проектни стойности	БДС EN 12524
	• типове земя	БДС EN ISO 13370
R(m^2K/W)	Термично съпротивление на (не)хомогенни материали	БДС EN ISO 6946
R_a(m^2K/W)	Термично съпротивление на въздушни слоеве или кухини	
	• невентилирани, слабо и добре вентилирани въздушни слоеве	БДС EN ISO 6946
	• слепени и двойни прозорци	БДС EN ISO 10077-1
U(W/m^2.K)	Коефициент на топлопреминаване	
	• общ метод за изчисляване	БДС EN ISO 6946
	• прозорци, врати (изчислени и таблични стойности)	БДС EN ISO 10077-1
	• рамки (числен метод)	БДС EN ISO 10077-2
	• остъкляване	БДС EN 673
Ψ (W/m.K)	Линеен коефициент на топлопреминаване (топлинни мостове)	
	• детайлизирано изчисляване (числено-3D)	БДС EN ISO 10211-1
	• детайлизирано изчисляване (2D)	БДС EN ISO 10211-2
	• опростено изчисляване	БДС EN ISO 14683
χ (W/K)	Точкова топлопроводност (3D топлинни мостове)	БДС EN ISO 10211-1

За изчисляване на коефициента на топлинни загуби от вентилация са използвани следващите величини:

– n_{min} – минимална кратност на въздухообмена на час, h^{-1};

– n_{50} – кратност на въздухообмена при разлика между наляганията във и извън сградата 50 Pa, h^{-1};

– $\dot{V}_{inf}$ – дебит на инфилтрирания въздушен поток през неуплътнените ограждащи елементи;

– $\dot{V}_{su}$ – дебит на приточния въздушен поток, m^3/s;

– $\dot{V}_{ex}$ – дебит на отработения въздушен поток, m^3/s;

– η_v – ефективност на система за оползотворяване топлината на отработения въздух.

Изборът на размерите на сградата трябва да бъде ясно посочен и да не се променя при изчисленията. Независимо от избора трябва да се включат загубите през пълната площ на външна стена. Съгласно БДС EN ISO 13789 може да се използват вътрешни, външни и осови размери, но стандартът не покрива подхода „стая по стая“.

7. ОБЩИ ТОПЛИННИ ЗАГУБИ ЗА ОТОПЛЯВАНИ ПРОСТРАНСТВА. ОСНОВНИ СЛУЧАИ

Пълните топлинни загуби за отопляваното пространство (i), (Φ_i) се изчисляват по формулата:

(1) $$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}, \text{ W},$$

където:

$\Phi_{T,i}$ са изчислителните топлинни загуби от топлопреминаване за отопляваното пространство (i), W,

$\Phi_{V,i}$ – изчислителните топлинни загуби от вентилация за отопляваното пространство(i), W.

7.1. ТОПЛИННИ ЗАГУБИ ОТ ТОПЛОПРЕМИНАВАНЕ

Топлинните загуби от топлопреминаване за отопляваното пространство (i) се изчисляват по формулата:

(2) $$\Phi_{T,i} = \left(H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}\right)\left(\theta_{\text{int},i} - \theta_e\right), \text{W},$$

където:

$H_{T,ie}$ е коефициентът на директни топлинни загуби от топлопреминаване през ограждащи елементи, граничещи с външния въздух, W/K;

$H_{T,iue}$ – коефициентът на топлинни загуби през неотоплявани пространства, W/K;

$H_{T,ig}$ – коефициентът на топлинни загуби при стационарен режим през елементи, разположени върху земята, W/K;

$H_{T,ij}$ – коефициентът на топлинни загуби от отопляваното пространство (i) към съседното пространство, отоплявано със значително по-различна температура (j), т.е.съседни отоплявани пространства в частта от сградата или отоплявано пространство в съседната част от сградата, W/K;

$\theta_{\text{int},j}$ – вътрешната изчислителна температура на отопляваното пространство (j), °C;

θ_e – външната изчислителна температура, °C.

7.1.1. ДИРЕКТНИ ТОПЛИННИ ЗАГУБИ. КОЕФИЦИЕНТ НА ДИРЕКТНИ ТОПЛИННИ ЗАГУБИ $H_{T,ie}$

Коефициентът на директни топлинни загуби се отнася за всички елементи на сградата и за линейните топлинни мостове, разделящи отопляваното пространство от околната среда, като стени, подове, тавани, врати, прозорци. Той се изчислява по формулата:

(3) $$H_{T,ie} = \sum_k A_k U_k e_k + \sum_l \Psi_l l_l e_l, \text{ W/K},$$

където:

A_k е площта на елемент от сградата (к), m^2;

e_k, e_l са корекционните фактори за изложение, които отчитат климатични влияния, като различна изолация, абсорбиране на влагата от елементите на сградата, скорост и температура вятъра, като се приема, че тези влияния не са взети предвид при изчисляване на U стойностите (БДС EN ISO 6946); стойностите на $e_к$ и e_l са дадени в 10.4.1;

U_k е коефициентът на топлопреминаване за елемент на сградата, изчислен съгласно следните стандарти:

– БДС EN ISO 6946 – за непрозрачни елементи;

– БДС EN ISO 10007-1 – за врати и прозорци;

l_l – дължината на линеен топлинен мост (l) между вътрешността и околната среда, m;

Ψ_l – линейният коефициент на топлопреминаване на топлинен мост (l), W/m.K, който може да се изчисли по един от двата начина:

– за груба оценка се изпозват табличните стойности съгласно БДС EN ISO 14683;

– изчисляване съгласно БДС EN ISO 10211-2.

Табличните стойности на ψ_l в БДС EN ISO 14683 могат да се използват при подхода „изчисляване на сградата като цяло“ и не се прилагат при подхода „стая по стая“. Пропорционалното разделяне на ψ_l стойностите между стаите е по преценка на проектанта.

Нелинейните топлинни мостове не се третират в това изчисление.

<u>Опростени методи за отчитане на линейните загуби от топлопреминаване</u>

За изчисляване на линейните загуби от топлопреминаване може да се използва следният опростен метод:

(4) $$U_{KC} = U_k + \Delta U_{tb}, \text{ W/m}^2\text{.K},$$

където:

U_{KC} е коригираният коефициент на топлопреминаване на елементите на сградата (k), като се имат предвид линейните топлинни мостове, $W/m^2.K$;

U_K – коефициентът на топлопреминаване за елементите на сградите, $W/m^2.K$;

ΔU_{tb} – корекционен фактор, който зависи от вида на елемента на сградата, $W/m^2.K$.

Нормативни стойности са дадени в 10.4.1.

7.1.2. ТОПЛИННИ ЗАГУБИ ПРЕЗ НЕОТОПЛЯВАНИ ПРОСТРАНСТВА. КОЕФИЦИЕНТ НА ТОПЛИННИ ЗАГУБИ $H_{T,iue}$

Ако между отопляваното пространство (i) и външната среда (e) има неотоплявано пространство (u), изчислителният коефициент на топлинните загуби ($H_{T,iue}$) от отопляваното пространство навън се изчислява, както следва:

(5) $H_{T,iue} = b_U \left[\sum_k A_k U_k + \sum_l \Psi_l I_l \right]$,

където b_U е факторът за намаляване на температурата, който отчита температурната разлика между неотопляваното пространство и външната изчислителна температура.

Този фактор се изчислява по един от следните три метода:

а) ако температурата на неотопляваното пространство θ_u е приета или изчислена при изчислителни условия, b_U се определя по формулата:

(6) $b_U = \dfrac{\theta_{\text{int},i} - \theta_u}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e}$;

б) ако стойността на θ_u е неизвестна, b_u се определя по формулата:

(7) $b_U = \dfrac{H_{iu}}{H_{iu} + H_{ue}}$,

където:

H_{iu} е коефициентът на топлинни загуби от отопляваното пространство (i) към неотопляваното пространство (u), W/K, като се имат предвид:

– топлинните загуби от топлопреминаване (от отоплявано към неотоплявано пространство);

– топлинните загуби от вентилация (дебитът на въздуха между отопляваното и неотопляваното пространство);

H_{ue} – коефициентът на топлинни загуби от неотопляваното пространство (u) към външната среда (e), W/K, като се имат предвид:

– топлинните загуби от топлопреминаване (към външната среда и земята);

– топлинните загуби от вентилация (между неотопляваното пространство и външната среда);

в) нормативни стойности на b_u са дадени в 10.4.2.

7.1.3. ТОПЛИННИ ЗАГУБИ ПРИ СТАЦИОНАРЕН РЕЖИМ ПРЕЗ ЕЛЕМЕНТИ, РАЗПОЛОЖЕНИ ВЪРХУ ЗЕМЯТА. КОЕФИЦИЕНТ НА ТОПЛИННИ ЗАГУБИ $H_{T,ig}$

Топлинните загуби през подовете и сутеренните стени, директно или индиректно в контакт със земята, зависят от няколко фактора: площта и изложения периметър на подовата плоча, дълбочината на подовата плоча под земното ниво и термичните свойства на земята.

Топлинните загуби могат да се изчислят съгласно БДС EN ISO 13370, както следва:

– по детайлизиран начин;

– по опростения метод показан по-долу; в този случай топлинните загуби през топлинните мостове не са взети предвид.

Изчислителният стационарен коефициент на топлинни загуби през под $H_{T,ig}$ от отопляваното пространство (i) към земята (g) се определя, както следва:

(8) $H_{T,g} = f_{g1} f_{g2} \left(\sum_k A_k U_{equiv,k} \right) G_w$, W/K,

където:

f_{g1} е корекционен фактор, зависещ от средногодишното изменение на външната температура; нормативните му стойности са дадени в 10.4.3;

f_{g2} – температурният фактор, отчитащ разликата между средногодишната температура и изчислителната външна температура; определя се по формулата:

(9) $f_{g2} = \dfrac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{m,e}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e}$;

A_k – площта на елемент от сградата (k) в контакт с почвата, m²;

$U_{equiv,k}$ – коефициентът на еквивалентно топлопреминаване на елемент на сградата (k), W/m²K, изчислен в зависимост от вида на пода (виж фиг. 3 – 6 и табл. 4 – 6);

G_W – корекционен фактор, отчитащ влиянието на подпочвените води, което се взема предвид, ако разстоянието между приетото водно ниво и нивото на пода на сутерена (подова плоча) е по-малко от 1 m; този фактор може да бъде изчислен по БДС EN ISO 13370; нормативните му стойности са дадени в 10.4.3.

На фиг. 3 – 6 и табл. 4 – 7 са дадени стойностите на $U_{equiv,k}$ за различните видове подове съгласно БДС EN ISO 13370 като функция на U стойностите на елементи на сградата и пространствената характеристика B′. В тези фигури и таблици топлопроводността на почвата е приета λ_g=2 W/m.K, като ефектите на крайната изолация не са взети предвид.

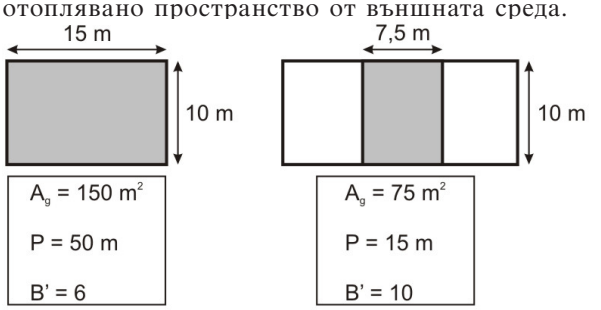
Пространствената характеристика B′ се определя по следния начин (виж фиг. 2):

(10) $B' = \dfrac{A_g}{0.5P}$,

където:

Ag е площта на земната основа, m²; за цялата сграда Ag е общата площ на приземния под; за част от сградата Ag е площта на приземния под, която се разглежда;

P – периметърът на земната основа, m; за цялата сграда P е общият периметър на сградата; за част от сградата P включва само дължината на външните стени, отделящи разглежданото отоплявано пространство от външната среда.



Фиг. 2. Определяне на пространствената характеристика B′

В БДС EN ISO 13370 пространствената характеристика B′ е изчислена за сградата като цяло. При подхода „стая по стая“ тя може да бъде определена по един от следните три начина:

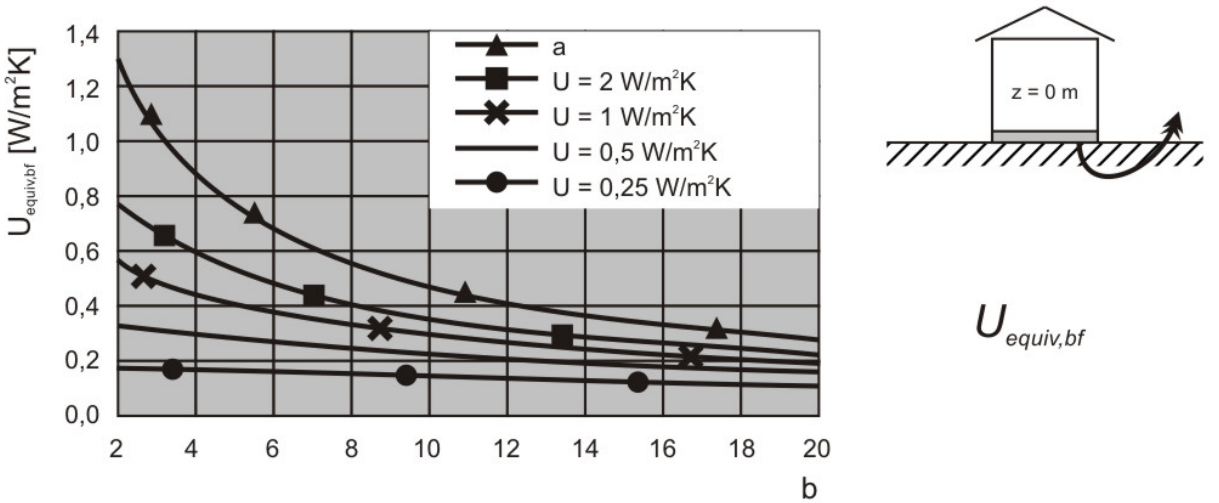
– за всички стаи без външните стени, които разделят разглежданото отоплявано пространство от външната околна среда, се използват стойностите на пространствената характеристика B′, изчислени за цялата сграда;

– за всички стаи с добре изолиран под (U_{floor}<0,5 W/m²K) се използват стойностите на пространствената характеристика B′, изчислени за цялата сграда;

– за всички други стаи пространствената характеристика B′ се изчислява поотделно – „стая по стая“.

Подова плоча на земното ниво

Коефициентът на еквивалентно топлопреминаване на пода на сутерена е даден на фиг. 3 и табл. 4 като функция на коефициента на топлопреминаване през пода и пространствената характеристика B′.



Фиг. 3. $U_{equiv,bf}$ – стойност за подова плоча върху земя като функция на коефициента на топлопреминаване през пода и пространствената характеристика B′: a – бетонен под (няма изолация); b – пространствена характеристика B′, m

Таблица 4

$U_{equiv,bf}$ – стойност за подова плоча върху земя като функция на коефициента на топлопреминаване през пода и пространствената характеристика B′

B′, m	$U_{equiv,bf}$ (за z = 0 m), W/m²K				
	без изолация	U_{floor}=2,0 W/m²K	U_{floor}=1,0 W/m²K	U_{floor}=0,5 W/m²K	U_{floor}=0,25 W/m²K
2	1,30	0,77	0,55	0,33	0,17
4	0,88	0,59	0,45	0,30	0,17
6	0,68	0,48	0,38	0,27	0,17
8	0,55	0,41	0,33	0,25	0,16
10	0,47	0,36	0,30	0,23	0,15
12	0,41	0,32	0,27	0,21	0,14
14	0,37	0,29	0,24	0,19	0,14
16	0,33	0,26	0,22	0,18	0,13
18	0,31	0,24	0,21	0,17	0,12
20	0,28	0,22	0,19	0,16	0,12

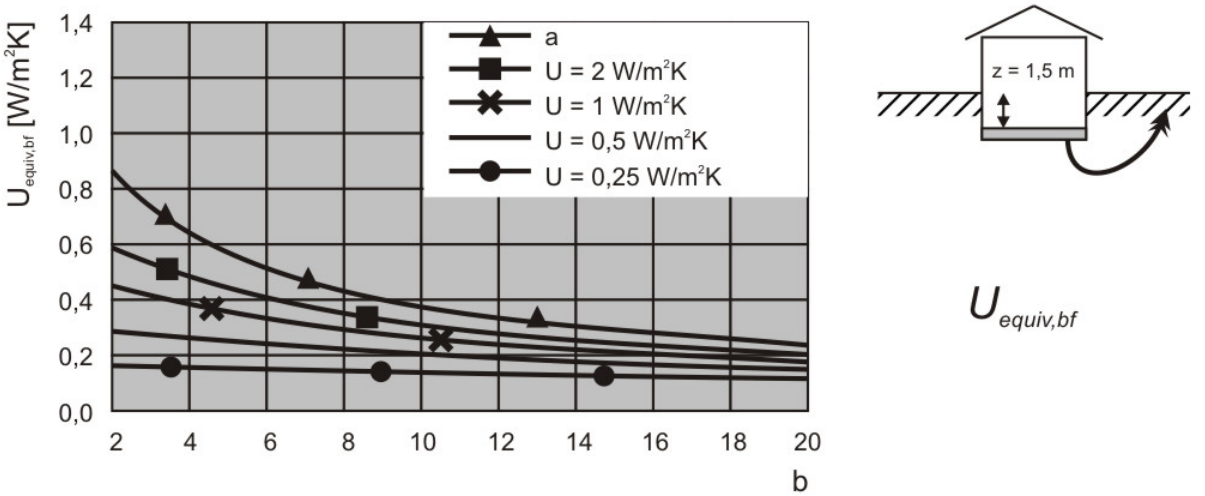
Отопляван сутерен с подова плоча под земното ниво

Основата за изчисляване на еквивалентния коефициент на топлопреминаване за отоплявани сутерени частично или изцяло под земното ниво е подобна на тази за подова плоча върху земя, но включва два типа елементи на сградата, т.е. $U_{equiv,bf}$ – за подови елементи, и $U_{equiv,bw}$ – за елементи на стената.

Еквивалентният коефициент на топлопреминаване за подовите елементи е даден на фиг. 4 и 5 и табл. 5 и 6 като функция на коефициента на топлопреминаване през пода и пространствената характеристика B′.

Еквивалентният коефициент на топлопреминаване за стенни елементи е даден на фиг. 6 и табл. 7 като функция на коефициента на топлопреминаване на стената и дълбочината под земното ниво.

За отоплявани сутерени частично под земното ниво топлинните загуби директно към външната среда от тази част на сутерена, която е над земното ниво, се изчисляват съгласно т. 7.1.1 без никакви влияния от земята, като се отчитат само тези части от елементите на сградата, които са над земното ниво.

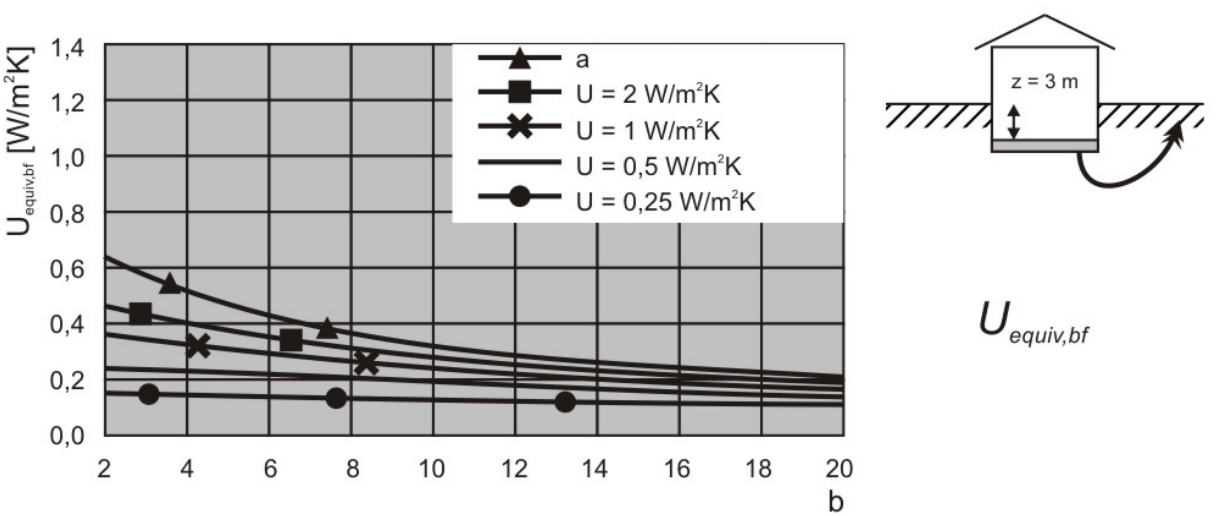


Фиг. 4. $U_{equiv,bf}$ – стойности за подова плоча 1,5 m под земното ниво като функция на коефициента на топлопреминаване през пода и пространствената характеристика B′: a – бетонен под (няма изолация); b – пространствена характеристика B′, m

Таблица 5

$U_{equiv,bf}$ – стойности за подова плоча 1,5 m под земното ниво като функция на коефициента на топлопреминаване през пода и пространствената характеристика B′

B′, m	$U_{equiv,bf}$ (за z = 1,5 m), W/m²K				
	без изолация	U_{floor}=2,0 W/m²K	U_{floor}=1,0 W/m²K	U_{floor}=0,5 W/m²K	U_{floor}=0,25 W/m²K
2	0,86	0,58	0,44	0,28	0,16
4	0,64	0,48	0,38	0,26	0,16
6	0,52	0,40	0,33	0,25	0,15
8	0,44	0,35	0,29	0,23	0,15
10	0,38	0,31	0,26	0,21	0,14
12	0,34	0,28	0,24	0,19	0,14
14	0,30	0,25	0,22	0,18	0,13
16	0,28	0,23	0,20	0,17	0,12
18	0,25	0,22	0,19	0,16	0,12
20	0,24	0,20	0,18	0,15	0,11

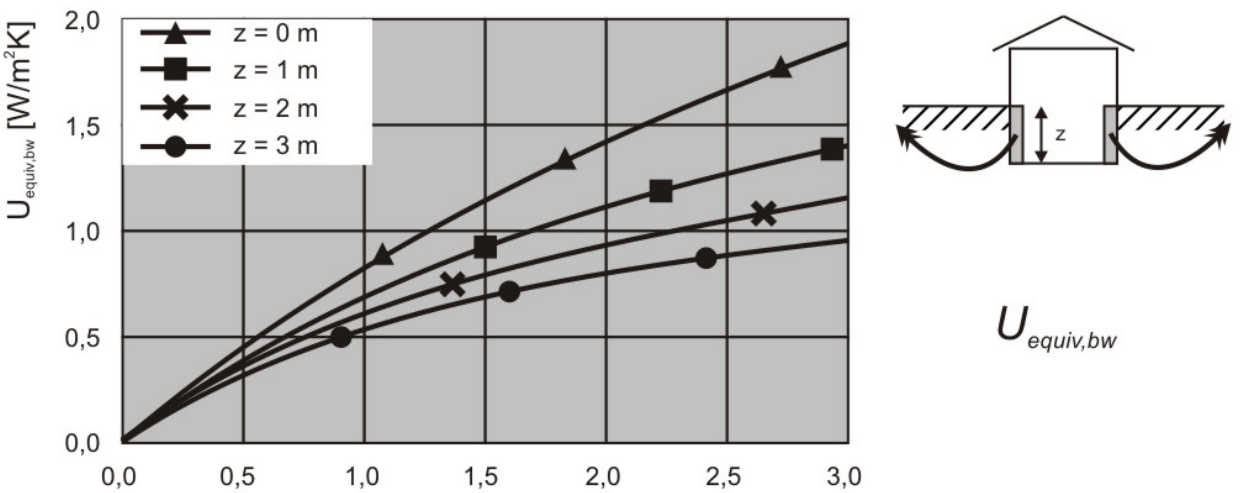


Фиг. 5. $U_{equiv,bf}$ – стойности за подова плоча 3 m под земното ниво като функция на коефициента на топлопреминаване през пода и пространствената характеристика B′: a – бетонен под (няма изолация); b – пространствена характеристика B′, m

Таблица 6

$U_{equiv,bf}$ – стойности за подова плоча 3 m под земното ниво като функция на коефициента на топлопреминаване през пода и пространствената характеристика B′

B′, m	$U_{eqiuv,bf}$ (за z = 3,0 m), W/m²K				
	без изолация	U_{floor}=2,0 W/m²K	U_{floor}=1,0 W/m²K	U_{floor}=0,5 W/m²K	U_{floor}=0,25 W/m²K
2	0,63	0,46	0,35	0,24	0,14
4	0,51	0,40	0,33	0,24	0,14
6	0,43	0,35	0,29	0,22	0,14
8	0,37	0,31	0,26	0,21	0,14
10	0,32	0,27	0,24	0,19	0,13
12	0,29	0,25	0,22	0,18	0,13
14	0,26	0,23	0,20	0,17	0,12
16	0,24	0,21	0,19	0,16	0,12
18	0,22	0,20	0,18	0,15	0,11
20	0,21	0,18	0,16	0,14	0,11



Фиг. 6. $U_{equiv,bw}$ – стойности за стената в отопляваното пространство като функция на коефициента на топлопреминаване през пода и дълбочината z под земното ниво: а – U – стойности на стената, W/m²K

Таблица 7

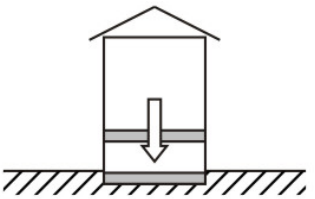
$U_{equiv,bw}$ – стойности за стените на отопляван сутерен като функция на коефициента на топлопреминаване през стените и дълбочината z под земното ниво

U_{wall}, W/m²k	$U_{equiv,bw}$, W/m²K			
	z =0 m	z=1m	z=2 m	z=3m
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,50	0,44	0,39	0,35	0,32
0,75	0,63	0,54	0,48	0,43
1,00	0,81	0,68	0,59	0,53
1,25	0,98	0,81	0,69	0,61
1,50	1,14	0,92	0,78	0,68
1,75	1,28	1,02	0,85	0,74
2,00	1,42	1,11	0,92	0,79
2,25	1,55	1,19	0,98	0,84
2,50	1,67	1,27	1,04	0,88
2,75	1,78	1,34	1,09	0,92
3,00	1,89	1,41	1,13	0,96

Неотопляван сутерен

Коефициентът на топлопреминаване през под, разделящ отопляваното пространство от неотопляван сутерен, се изчислява съгласно т. 7.1.2. U стойностите на пода се изчисляват по същия начин, както за под, без никакви влияния от почвата (уравнение (8) и фактори f_{g1}, f_{g2} и G_w не се включват).

Окачен под



Стойностите на коефициента на топлопреминаване на окачен под се изчисляват съгласно т. 7.1.2. U стойностите на окачения под се изчисляват по същия начин, както за под, без никакви влияния от почвата (уравнение 8 и фактори f_{g1}, f_{g2} и G_w не се включват).

7.1.4. ТОПЛИННИ ЗАГУБИ КЪМ ИЛИ ОТ ОТОПЛЯВАНИ ПРОСТРАНСТВА С РАЗЛИЧНА ТЕМПЕРАТУРА. КОЕФИЦИЕНТ НА ТОПЛИННИ ЗАГУБИ $H_{T,ij}$

Коефициентът на топлинни загуби $H_{T,ij}$ изразява преминаването на топлина от отоплявано пространство (i) към съседно отоплявано пространство (j) при значително различна температура. Това може да бъде съседна стая вътре в частта от сградата (например баня, стая за медицинско изследване, килер, стая, принадлежаща на съседна част от сградата (апартамент), или стая, намираща се в съседна сграда, която не е отоплявана.

Коефициентът на топлинни загуби $H_{T,ij}$ се изчислява, както следва:

(11) $H_{T,ij} = \sum f_{ij} A_k U_k$, W/K,

където:

f_{ij} е факторът за намаляване на температурата, който отчита разликата между температурата на съседното помещение и външната изчислителна температура:

(12) $f_{ij} = \dfrac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{adjacent..space}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e}$.

Нормативни стойности на $H_{T,ij}$ са дадени в 10.4.4.

$A_к$ – площта на елемент от сградата(к), m^2;

U_k – коефициентът на топлопреминаване на елемент на сградата (к), W/m^2K.

Ефектът на топлинните мостове не е взет предвид при тези изчисления.

7.2. ТОПЛИННИ ЗАГУБИ ОТ ВЕНТИЛАЦИЯ

Изчислителните топлинни загуби от вентилация на отоплявани пространства се определят, както следва:

(13) $\Phi_{V,i} = H_{V,i}\left(\theta_{\text{int},i} - \theta_e\right)$, W,

където:

$H_{V,i}$ е изчислителният коефициент на топлинни загуби от вентилация, W/K;

$\theta_{\text{int},i}$ – вътрешната изчислителна температура на отопляваното пространство (i), °C;

θ_e – външната изчислителна температура, °C.

Изчислителният коефициент на топлинни загуби от вентилация на отопляваното пространство се определя, както следва:

(14) $H_{V,i} = \dot{V}_i \rho c_p$, W/K,

където:

$\dot{V}_i$ е дебитът на въздуха за отопляваното пространство (i), m^3/s;

ρ – плътността на въздуха при $\theta_{\text{int},i}$, kg/m^3;

c_p – специфичният топлинен капацитет на въздуха при $\theta_{\text{int},i}$, J/kgK.

При приемане на константни ρ и c_p уравнение (14) добива вида:

(15) $H_{V,i} = 0.34\dot{V}_i$, W/K,

където $\dot{V}_i$ в случая се изразява в m^3/h.

Изчислителната процедура за определяне на съответния дебит $\dot{V}_i$ зависи от избрания случай, т.е. със или без вентилационна система.

Без вентилационна система

Когато няма вентилационна система, се приема, че приточният въздух е със същите топлинни характеристики както външния въздух. Затова топлинните загуби са пропорционални на разликата между вътрешната изчислителна температура и външната температура на въздуха.

От стойностите на дебита на въздуха за отопляваното пространство (i), които се използват за изчисляването на коефициента на загуби на топлина от вентилация, се избира по-голямата стойност между инфилтрационния дебит вследствие дебита през пукнатините и фугите в ограждащите елементи и минималния дебит по санитарно-хигиенни норми:

(16) $\dot{V}_i = \max(\dot{V}_{\text{inf},i}, \dot{V}_{\text{min},i})$, m^3/h,

където:

$\dot{V}_{\text{inf},i}$ трябва да се изчисли съгласно т. 7.2.2;

$\dot{V}_{\text{min},i}$ трябва да се изчисли съгласно т. 7.2.1.

С вентилационна система

Когато има вентилационна система, подаваният въздух е с температура, различна от температурата на външния въздух, и има различни от него стойности на топлинните характеристики.

Температурният редукционен фактор се представя, като се вземе предвид разликата между температурата на подавания въздух и външната изчислителна температура.

За системи с по-голям дебит на отработения от приточния въздух разликата се покрива от въздух, навлизащ през огражденията на сградата, което също се взема предвид.

Уравнението за изчисляване на дебита на въздуха за отопляваното пространство (i), което се използва за определяне на изчислителния коефициент на топлинните загуби от вентилация, е:

(17) $\dot{V}_i = \dot{V}_{\text{inf},i} + \dot{V}_{\text{su},i} f_{V,i} + \dot{V}_{\text{mech,inf},i}$, m^3/h,

където:

$\dot{V}_{\text{inf},i}$ е инфилтрационният дебит на отопляваното пространство (i), m^3/h;

$\dot{V}_{su}$ – дебитът на приточния въздух за отопляваното пространство (i), m^3/h;

$\dot{V}_{mech,inf,i}$ – дебитът на отработения в повече въздух спрямо приточния въздух за отопляваното пространство (i), m^3/h, изчислен съгласно т. 7.2.3.2;

$f_{V,i}$ – температурният редукционен фактор, който се определя по следния начин:

$$(18)\quad f_{V,i} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{su,i}}{\theta_{int,i} - \theta_e};$$

$\theta_{su,\,i}$ – температурата на приточния въздух в отопляваното пространство (i) (или от централната въздушна отоплителна система, или от съседни отоплявани или неотоплявани пространства, или от външната среда), °C; ако се използва отпадната топлина, $\theta_{su,\,i}$ може да се изчисли от ефективността на системата; за целта $\theta_{su,\,i}$ може да бъде по-ниска или по-висока от вътрешната температура;

$\dot{V}_i$ трябва да бъде равен или по-голям от минималния дебит съгласно т. 7.2.1.

Прецизен метод за изчисляване на дебита на въздуха в сгради е посочен в prEN 13465.

Опростени методи за определянето на дебита са дадени в т. 7.2.2 и 7.2.3.

7.2.1. ДЕБИТ НА ВЪЗДУХА $\dot{V}_{min,i}$

За нуждите на хигиената се изисква минимален дебит на пресен въздух. Минималният дебит на въздуха за отопляваното пространство може да се определи по следния начин:

$$(19)\quad \dot{V}_{min,i} = n_{min}\, V_i,\ m^3/h,$$

където:

n_{min} е минималната кратност на въздухообмена за час, h^{-1};

V_i – обемът на отопляваното пространство (i); изчислява се на базата на вътрешните размери, m^3.

Нормативни стойности на минималната кратност на въздухообмена са дадени в 10.5.1. Кратностите, дадени в 10.5.1, се основават на вътрешните размери. Ако при изчисленията се използват външните размери, стойностите на дебита, дадени в 10.5.1, ще се умножат със съотношението между външния и вътрешния обем на помещението (приблизително стойността е 0,8).

За отворени камини трябва да се вземе предвид по-високият вентилационен поток въздух, необходим за изгарянето.

7.2.2. ИНФИЛТРАЦИЯ ПРЕЗ ОГРАЖДЕНИЯТА НА СГРАДАТА. ДЕБИТ НА ВЪЗДУШНИЯ ПОТОК $\dot{V}_{inf,i}$

Дебитът на инфилтрирания въздух в отопляваното пространство (i), причинен от вятъра и коминния ефект, може да се изчисли по следния начин:

$$(20)\quad \dot{V}_{inf,i} = 2\, V_i\, n_{50}\, e_i\, \varepsilon_i,\ m^3/h,$$

където:

n_{50} е кратността на въздухообмена при разлика в наляганията във и извън сградата 50 Pa, h^{-1}, като се отчита и ефектът на входовете за въздух;

e_i – коефициентът за защитеност;

ε_i е височинен корекционен фактор, който отчита нарастването на скоростта на вятъра в зависимост от височината над земното ниво.

Множителят „2“ в уравнение (20) е заложен, тъй като n_{50} стойности са дадени за цялата сграда. При изчисляването трябва да се вземе предвид най-лошият случай, в който въздухът от инфилтрация навлиза от едната страна на сградата.

Стойността на $\dot{V}_{inf,i}$ ще бъде равна или по-голяма от нула.

Нормативни стойности за различни конструкции на сгради са дадени в 10.5.2, 10.5.3 и 10.5.4.

7.2.3. ДЕБИТ НА ВЪЗДУШНИЯ ПОТОК ОТ ВЕНТИЛАЦИОННАТА СИТЕМА

7.2.3.1. Приточен дебит $\dot{V}_{su,i}$

Ако вентилационната система е непозната, загубите от вентилация се изчисляват както за инсталация без вентилационна система.

Ако вентилационната система е позната, приточният дебит на въздуха $\dot{V}_{su,i}$ на отопляваното пространство (i) се изчислява от проектанта при оразмеряване на вентилационната система.

Ако постъпващият въздух е от съседните стаи, той има топлинните характеристики на тези стаи. Ако постъпващият въздух навлиза през канал, той обикновено е загрят. И в двата случая въздушният поток ще бъде определен и подходящият дебит ще бъде изчислен за разглежданите стаи.

7.2.3.2. По-голям дебит на отработения въздух от приточния $\dot{V}_{mech,inf,i}$

При по-голям дебит на отработения въздух от приточния за някои вентилационни системи разликата се замества от външния въздух, който влиза през огражденията на сградата.

Ако разликата не е определена по друг начин, той може да се изчисли за цялата сграда, както следва:

$$(21)\quad \dot{V}_{mech,inf} = \max\left(\dot{V}_{ex} - \dot{V}_{su}, 0\right),\ m^3/h,$$

където:

$\dot{V}_{ex}$ е дебитът на отработения въздух за цялата сграда, m^3/h;

$\dot{V}_{su}$ – приточният дебит за цялата сграда, m^3/h.

За жилищни сгради приточният дебит за цялата сграда често се приема да е равен на нула.

Първоначално $\dot{V}_{mech,inf,i}$ се определя за цялата сграда. Впоследствие разпределението на този дебит на външен въздух за всяко пространство от сградата се изчислява от въздухопропускливостта* на пространството, пропорционално на пропускливостта на цялата сграда. Ако няма никакви стойности за пропускливостта, разпределението на дебита на външния въздух се извършва по опростен метод във функция от обема на всяко пространство, както следва:

$$(22)\quad \dot{V}_{mech,inf,i} = \dot{V}_{mech,inf}\,\frac{V_i}{\sum V_i},\ m^3/h,$$

където V_i е обемът на пространството (i).

Това уравнение може да се използва и за определянето на приточния дебит за всяко пространство, ако е даден приточният въздух за цялата сграда.

7.3. ОТОПЛЯВАНИ С ПРЕКЪСВАНЕ ПРОСТРАНСТВА

Отопляваните с прекъсване пространства изискват отоплителна мощност, за да се постигне

исканата изчислителна вътрешна температура след понижаването ѝ в даден период. Тази топлинна мощност зависи от:

– топлинния капацитет на елементите на сградата;

– времето за донагряване;

– температурния спад при понижаване на температурата;

– характеристиката на автоматиката.

Отоплителната мощност за донагряване невинаги може да е необходима, например ако:

– автоматиката е способна да преодолее влошаването през най-студените дни;

– топлинните (вентилационните) загуби могат да се намалят през периода на понижаване на температурата.

Отоплителната мощност за донагряване се съгласува с потребителя.

Отоплителната мощност може да бъде определена по детайлизиран начин чрез динамични изчислителни процедури.

В следващите случаи даденият по-долу опростен изчислителен метод може да се използва за определяне на допълнителната отоплителна мощност (за донагряване) на топлинния генератор и отоплителните тела:

• за жилищни сгради:

– периодът на ограничение (нощно понижение) е 8 часа;

– ако конструкцията на сградата не е лека (като конструкция с дървени рамки);

• за административни сгради:

– периодът на ограничение е 48 часа (понижаване през почивните дни);

– периодът на обитаване през работните дни е повече от 8 часа на ден;

– вътрешната изчислителна температура е 20 – 22 °C.

За отоплителни тела с висока топлинна маса трябва да се има предвид, че е необходимо по-дълго време за донагряване.

Опростен метод за определяне на отоплителната мощност за донагряване

Отоплителната мощност за донагряване, необходима за компенсиране ефекта на отопление с прекъсване ($\Phi_{RH,i}$) в отопляваното пространство (i), се изчислява, както следва:

(23) $\Phi_{RH,i} = A_i\ f_{RH}$, W,

където:

A_i е площта на пода на отопляваното пространство, m^2;

f_{RH} – корекционен фактор, който зависи от времето за донагряване и приетия пад на вътрешната температура, W/m^2.

Нормативни стойности на корекционния фактор са дадени в 10.6, като тези данни не са приложими за акумулиращи отоплителни системи.

8. ИЗЧИСЛИТЕЛЕН ТОПЛИНЕН ТОВАР

Изчислителният топлинен товар може да се определи за отопляваното пространство, за част от сградата и за цялата сграда, за да се оразмерят отоплителното тяло, топлообменникът, топлинният източник и др.

8.1. ИЗЧИСЛИТЕЛЕН ТОПЛИНЕН ТОВАР ЗА ОТОПЛЯВАНО ПРОСТРАНСТВО

За отоплявано пространство (i) изчислителният топлинен товар се определя, както следва:

(24) $\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i}$, W,

където:

$\Phi_{T,i}$ са топлинните загуби от топлопреминаване (i), W;

$\Phi_{V,i}$ – топлинните загуби от вентилация за отопляваното пространство (i), W;

$\Phi_{RH,i}$ – отоплителната мощност за донагряване, която да компенсира ефекта на отопление с прекъсване в отопляваното пространство (i), W.

8.2. ИЗЧИСЛИТЕЛЕН ТОПЛИНЕН ТОВАР ЗА ЧАСТ ОТ СГРАДАТА ИЛИ ЗА ЦЯЛАТА СГРАДА

Изчислителният топлинен товар за част от сградата или за цялата сградат (Φ_{HL}) се определя по следния начин:

(25) $\Phi_{HL} = \sum\Phi_{T,i} + \sum\Phi_{V,i} + \sum\Phi_{RH,i}$, W,

където:

$\sum\Phi_{T,i}$ е сумата на топлинните загуби от топлопреминаване на всички отоплявани пространства, като се изключи топлопреминаването вътре в частта от сградата или в цялата сграда, W;

$\sum\Phi_{V,i}$ – топлинните загуби от вентилация на всички отоплявани пространства, като се изключи пренесената топлина вътре в частта от сградата или в цялата сграда, W.

Уравнение (25) съдържа общия дебит за сградата. Доколкото дебитът на всяко помещение се основава на най-лошия случай за него, не е уместно да се сумират дебитите за всички пространства, тъй като най-лошият случай се наблюдава в част от помещенията едновременно. Дебитът за сградата $\sum\dot{V}_i$ се изчислява, както следва:

При система без вентилация:

(26) $\sum\dot{V}_i = \max\left(0.5\sum\dot{V}_{inf,i}, \sum\dot{V}_{min,i}\right)$;

При система с вентилация:

(27) $\sum\dot{V}_i = 0.5\sum\dot{V}_{inf,i} + (1-\eta_V)\sum\dot{V}_{su,i} + \sum\dot{V}_{mech,inf,i}$,

където η_V е ефективността на системите за оползотворяване на топлината на отработения въздух; в случай че няма такава система, $\eta_V = 0$.

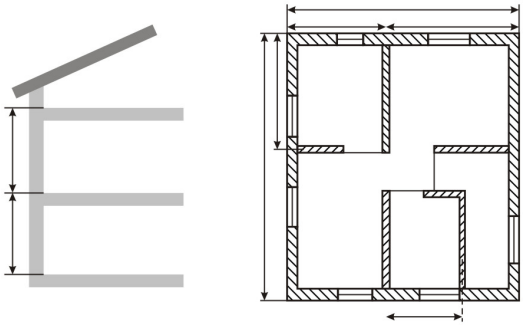
За оразмеряването на топлинния генератор се използва осреднена 24-часова стойност. Ако приточният въздух се загрява в съседна система, необходимият топлинен товар ще бъде изчислен за нея.

$\sum\Phi_{RH,i}$ – сумата на топлинните мощности на всички отоплявани пространства, необходими за компенсиране ефекта на прекъсваното отопление, W.

9. ОПРОСТЕН ИЗЧИСЛИТЕЛЕН МЕТОД

Опростеният изчислителен метод се прилага за съставяне на задание за проектиране, за изработване на идейни проекти, за прединвестиционни проучвания, за извършване на експресни оценки.

При тези изчисления външните размери се използват като основни (фиг. 7). При определяне на вертикалните размери дебелината на пода на сутерена може да не се взема предвид. При определяне на хоризонталните размери вътрешните стени могат да се разглеждат с половината от тяхната дебелина.



Фиг. 7. Примери за външни размери при опростения изчислителен метод

9.1. ИЗЧИСЛИТЕЛНИ ТОПЛИННИ ЗАГУБИ ЗА ОТОПЛЯВАНО ПРОСТРАНСТВО

9.1.1. ОБЩИ ИЗЧИСЛИТЕЛНИ ТОПЛИННИ ЗАГУБИ

Общите изчислителни топлинни загуби (Φ_I) за отоплявано пространство (i) се определят, както следва:

(28) $\Phi_i = \left(\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}\right) f_{\Delta\theta,i}$, W,

където:

$\Phi_{T,i}$ са изчислителните топлинни загуби от топлопреминаване за отоплявано пространство (i) ,W;

$\Phi_{V,i}$ – изчислителните топлинни загуби от вентилация за отоплявано пространство (i), W;

$f_{\Delta\theta,i}$ – температурен корекционен фактор, който отчита допълнителните топлинни загуби от стаите, отоплявани с по-висока температура, към съседните отоплявани стаи.

Нормативни стойности на $f_{\Delta\theta,i}$ са дадени в 10.7.3.

9.1.2. ИЗЧИСЛИТЕЛНИ ТОПЛИННИ ЗАГУБИ ОТ ТОПЛОПРЕМИНАВАНЕ

Изчислителните топлинни загуби от топлопреминаване ($\Phi_{T,i}$) за отоплявано пространство (i) се определят, както следва:

(29) $\Phi_{T,i} = \sum_k f_k\, A_k\, U_k \left(\theta_{\text{int},i} - \theta_e\right)$, W,

където:

f_k е температурният корекционен фактор за елементи на сградата (k), който отчита разликата между конкретната температура в случая и външната изчислителна температура;

A_k – площта на елемент на сградата (k), m^2;

U_k – коефициентът на топлопреминаване на елемент на сградата (k) ,W/m^{2}K.

Стойности на f_k са дадени в 10.7.2.

9.1.3. ИЗЧИСЛИТЕЛНИ ТОПЛИННИ ЗАГУБИ ОТ ВЕНТИЛАЦИЯ

Изчислителните загуби от вентилация ($\Phi_{V,i}$) за отоплявано пространство (i) се определят по следния начин:

(30) $\Phi_{V,i} = 0.34\,\dot{V}_{\min,i}\left(\theta_{\text{int},i} - \theta_e\right)$, W,

където:

$\dot{V}_{\min,i}$ е минималният приточен дебит на въздуха за отопляваното пространство (i), необходим по санитарно-хигиенни съображения, m^3/h; определя се по формулата:

(31) $\dot{V}_{\min,i} = n_{\min} V_i$, m^3/h,

където:

$n_{\min}$ е минималната кратност на въздухообмена на час, h^{-1};

V_i – обемът на отопляваното пространство (i), m^3, изчислен въз основа на вътрешните размери; за сравнение този обем е 0,8 пъти от обема на пространството, изчисляван въз основа на външните размери.

Нормативни стойности на $n_{\min}$ са дадени в 10.5.1.

Забележка. При механична вентилационна система дебитът на въздуха зависи от изчисляването и оразмеряването на системата. Еквивалентната кратност на въздухообмена с външен въздух може да се изчисли за всяко механично вентилирано пространство въз основа на дебита, температурата на приточния въздух и въздушния обем.

9.2. ИЗЧИСЛИТЕЛЕН ТОПЛИНЕН ТОВАР ЗА ОТОПЛЯВАНО ПРОСТРАНСТВО

9.2.1. ОБЩ ИЗЧИСЛИТЕЛЕН ТОПЛИНЕН ТОВАР

Общият топлинен товар ($\Phi_{HL,i}$) за отоплявано пространство (i) се изчислява, както следва:

(32) $\Phi_{HL,i} = \Phi_i + \Phi_{RH,i}$, W,

където:

Φ_i са общите изчислителни топлинни загуби на отопляваното пространство (i), W;

$\Phi_{RH,i}$ – топлинният товар за донагряване на отопляваното пространство (i), W.

9.2.2. ОТОПЛЯВАНИ С ПРЕКЪСВАНЕ ПРОСТРАНСТВА

Топлиният товар за донагряване трябва да компенсира ефекта на отопляването с прекъсване ($\Phi_{RH,i}$) в отопляваното пространство (i) и се определя по формулата:

(33) $\Phi_{RH,i} = A_i\, f_{RH}$, W,

където:

A_i е площта на пода на отопляваното пространство (i), m^2;

f_{RH} – факторът за донагряване, който зависи от вида и конструкцията на сградата, времето и приетия пад на вътрешната температура по време на прекъсването.

Нормативни стойности на f_{RH} са дадени в 10.6.

9.3. ТОПЛИНЕН ТОВАР ЗА ЧАСТ ОТ СГРАДАТА ИЛИ ЗА ЦЯЛАТА СГРАДА

Общият изчислителен топлинен товар за част от сградата или за цялата сграда (Φ_{HL}) се определя, както следва:

(34) $\Phi_{HL} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i}$, W,

където:

$\sum \Phi_{T,i}$ е сумата от топлинните загуби от топлопреминаване на всички отоплявани пространства, като се изключи преносът на топлина вътре в частта от сградата или в цялата сграда;

$\sum \Phi_{V,i}$ – топлинните загуби от вентилация на всички отоплявани пространства, като се изключи преносът на топлина вътре в частта от сградата или в цялата сграда;

$\sum \Phi_{RH,i}$ – сумата на мощностите за донагряване на всички отоплявани пространства за компенсиране ефекта на отопляване с прекъсване.

10. НОРМАТИВНИ ДАННИ И СТОЙНОСТИ ЗА ИЗЧИСЛЕНИЯТА ПО Т. 6 – 9

В това приложение са определени въведените нормативни данни и стойности, които се използват за определяне на изчислителния отоплителен товар в т. 6 – 9.

10.1. КЛИМАТИЧНИ ДАННИ

Външната изчислителна температура θ_e и средногодишната външна температура $\theta_{m,e}$ се определят съгласно приложение № 11 от Наредба № 15 от 2005 г. за технически правила и нормативи за проектиране, изграждане и експлоатация на обектите и съоръженията за производство, пренос и разпределение на топлинна енергия (обн., ДВ, бр. 68 от 2005 г.; попр., бр. 78 от 2005 г.; изм., бр. 20 от 2006 г.).

10.2. ВЪТРЕШНА ИЗЧИСЛИТЕЛНА ТЕМПЕРАТУРА (виж т. 6.2)

Нормативните стойности на вътрешната изчислителна температура $\theta_{\text{int},i}$ са дадени в табл. 10.1 за различни видове сгради.

Таблица 10.1

Вътрешна изчислителна температура

Вид на сградата/ пространството	$\theta_{\text{int},i}$, $^{\circ}C$
Офис	20
Офис без преградни стени	20
Зала за конференции	20
Аудитория	20
Кафене/ресторант	20
Класна стая	20
Детска ясла	20
Универсален магазин	16
Къща	20
Баня	24
Църква	15
Музей/галерия	16

10.3. ДАННИ ЗА СГРАДАТА (виж т. 6.3)

Външните размери ще се използват като основни при изчислението (виж т. 9, фиг. 7).

10.4. ТОПЛИННИ ЗАГУБИ ОТ ТОПЛОПРЕМИНАВАНЕ

10.4.1. ДИРЕКТНИ ТОПЛИННИ ЗАГУБИ $H_{T,ie}$ (виж т. 7.1.1)

Корекционни фактори за изложение $e_к$ и e_i:

Нормативната стойност за $e_к$ и e_i е 1,0.

Линейни загуби от топлопреминаване – корекционен фактор ΔU_{tb}

Нормативните стойности на корекционния фактор ΔU_{tb} са дадени в табл. 10.2а – 10.2с.

Таблица 10.2а

Корекционен фактор ΔU_{tb} за вертикални елементи на сградата

Брой на „пробиващите“ подове	Брой на „пробиващите“ стени	ΔU_{tb} за вертикални строителни елементи, W/m²*K	
		пространство с обем ≤100 m³	пространство с обем >100 m³
0	0	0,05	0
	1	0,10	0
	2	0,15	0,05
1	0	0,20	0,10
	1	0,25	0,15
	2	0,30	0,20
2	0	0,25	0,15
	1	0,30	0,20
	2	0,35	0,25
*Виж фиг. 10.1.			

Таблица 10.2в

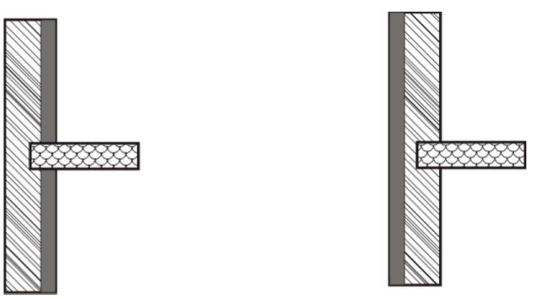
Корекционен фактор ΔU_{tb} за хоризонтални елементи на сградата

Строителни елементи			ΔU_{tb} за хоризонтални строителни елементи, W/m²K
Лек под (дърво, метал и др.)			0
Тежък под (бетон и др.)	Брой на ограждащите външни елементи	1	0,05
		2	0,10
		3	0,15
		4	0,20

Таблица 10.2с

Корекционен фактор ΔU_{tb} за отвори

Площ на строителния елемент, m²	ΔU_{tb} за отвори, W/m²K
0 – 2	0,50
> 2 – 4	0,40
> 4 – 9	0,30
> 9 – 20	0,20
> 20	0,10



„Пробиващи“ сградни елементи

„Непробиващи“ сградни елементи

Фиг. 10.1. Пример за „пробиващи“ и „непробиващи“ сградни елементи

10.4.2. ТОПЛИННИ ЗАГУБИ ПРЕЗ НЕОТОПЛЯВАНИ ПРОСТРАНСТВА $H_{T,iue}$ (виж т. 7.1.2)

Нормативните стойности на фактора за намаляване на температурата (b_u) са дадени в табл. 10.3.

Таблица 10.3

Фактор за намаляване на температурата b_u

Неотоплявано пространство	b_u
Стая	
Само с една външна стена	0,4
Поне с 2 външни стени без външни врати	0,5
Поне с 2 външни стени с външна врата (като коридори, гараж)	0,6
С 3 външни стени (като външно стълбище)	0,8
Сутерен	
Без прозорци/външни врати	0,5
С прозорци/външни врати	0,8
Таванско пространство	
Висока кратност на въздухообмена за тавански пространства (например тавански покрив от керемиди или от друг материал, осигуряващ прекъсващо покритие), без покривен картон или дъски	1,0
Друг неизолиран покрив	0,9
Изолиран покрив	0,7
Вътрешни площи за преминаване (без външни стени, кратност на въздухообмена, по-малка от 0,5 h^{-1})	0
Свободно вентилиране на площи за преминаване (площ от отвори/обем на пространството > 0,005 m^2/m^3)	1,0
Окачен под (под над въздушно пространство)	0,8

Стаята може да се разглежда като сутерен, ако повече от 70 % от площта на външните стени са в контакт с почвата.

10.4.3. ТОПЛИННИ ЗАГУБИ ПРИ СТАЦИОНАРЕН РЕЖИМ ПРЕЗ ЕЛЕМЕНТИ, РАЗПОЛОЖЕНИ ВЪРХУ ЗЕМЯТА, $H_{T,g}$ (виж т. 7.1.3)

Нормативните стойности на корекциония фактор f_{g1} и G_w са, както следва:

– f_{g1} =1,45;

– G_w =1,00, ако разстоянието между приетото водно ниво и плочата на пода е повече от 1 m;

– G_w =1,15, ако разстоянието между приетото водно ниво и плочата на пода е по-малко от 1 m.

10.4.4. ТОПЛИННИ ЗАГУБИ КЪМ ИЛИ ОТ ПРОСТРАНСТВА, ОТОПЛЯВАНИ С РАЗЛИЧНА ТЕМПЕРАТУРА, $H_{T,ij}$ (виж т. 7.1.4)

Нормативните стойности на температурата на съседно отоплявано пространство са дадени в табл. 10.4.

Таблица 10.4

Температура на съседно отоплявано пространство

Топлина, пренесена от отопляемо пространство (i), към:	$\theta_{adjacent\ space}$, °C
Съседна стая, вътре, в същата част от сградата	$\theta_{adjacent\ space}$ трябва да е уточнено: – например за баня, килер; – например въздействието на вертикалния топлинен градиент
Съседна стая, принадлежаща на друга част от сградата (например апартамент)	$\frac{\theta_{int,i} + \theta_{m,e}}{2}$
Съседна стая, принадлежаща на друга сграда (отоплена или неотоплена)	$\theta_{m,e}$

$\theta_{m,e}$ е средногодишната външна температура.

10.5. ТОПЛИННИ ЗАГУБИ ОТ ВЕНТИЛАЦИЯ

10.5.1. МИНИМАЛНА КРАТНОСТ НА ВЪЗДУХООБМЕНА С ВЪНШЕН ВЪЗДУХ n_{min} (виж т. 7.2.1 и 9.1.3)

Нормативните стойности на минималната кратност на въздухообмена n_{min} са дадени в табл. 10.5.

Таблица 10.5

Минимална кратност на въздухообмена с външен въздух n_{min}

Тип на стаята	n_{min}, h^{-1}
Обитаема стая (нормативно)	0,5
Кухня или баня с прозорец	1,5
Офис стая	1,0
Стая за срещи, класна стая	2,0

10.5.2. КРАТНОСТ НА ВЪЗДУХООБМЕНА n_{50} (виж т. 7.2.2)

Нормативните стойности на кратността на въздухообмена n_{50} за цялата сграда в резултат на разликата в налягането от 50 Pa между външния и вътрешния въздух са дадени в табл. 10.6.

Таблица 10.6

Кратност на въздухообмена за цялата сграда n_{50}

Въздухопропускливост на сградата	Сгради с ниско, средно или високо застрояване при n_{50}, h^{-1}	Едно- и двуфамилна сграда при n_{50}, h^{-1}
Малка	от 0,5 до 2,0	от 1,0 до 3,0
Средна	от 2,0 до 4,0	от 3,0 до 8,0
Голяма	от 4,0 до 10,0	от 8,0 до 20,0

Кратността на въздухообмена за цялата сграда може да бъде представена за други разлики в наляганията под 50 Pa, но тези резултати трябва да се преработят за уравнение (17) по т. 7.2.2.

10.5.3. КОЕФИЦИЕНТ ЗА ЗАЩИТЕНОСТ *e* (виж т. 7.2.2)

Нормативните стойности на коефициента за защитеност *e* са дадени в табл. 10.7.

Таблица 10.7

Коефициент за защитеност *e*

Разположение на сградата	Коефициент за защитеност от вятър *e*	
	при повече от една фасада, изложена на вятъра	при една фасада, изложена на вятъра
Свободно	0,10	0,03
Полусвободно	0,07	0,02
Защитено	0,04	0,01
Коефициент *f*	15	20

10.5.4. КОРЕКЦИОНЕН ФАКТОР ЗА ВИСОЧИНА ε (виж т. 7.2.2)

Нормативните стойности на корекционния фактор за височина ε са дадени в табл. 10.8.

Таблица 10.8

Корекционен фактор за височина ε

Височина на отопляваното пространство над земното равнище (центърът от височината на стаята до земното равнище), m	ε
0 – 10	1,0
>10 – 30	1,2
>30	1,5

10.6. ПРОСТРАНСТВА, ОТОПЛЯВАНИ С ПРЕКЪСВАНЕ

Нормативните стойности на фактора за донагряване f_{RH} са дадени в табл. 10.9а и 10.9б. Тези таблици са съставени въз основа на вътрешните размери на пода и могат да се използват за стаи със средна височина не по-голяма от 3,5 m.

Ефективната сградна маса е дадена за три категории, както следва:

– голяма маса на сградата (бетонни подове и тавани, комбинирани с тухлени или бетонни стени);

– средно тежки сгради (бетонни подове и тавани и леки стени);

– лека сградна маса (окачени тавани и повдигнати подове и леки стени).

Таблица 10.9а

Фактор за донагряване f_{RH} за нежилищни сгради с нощна продължителност на понижение на температурата максимум 12 h

Време за донагряване, h	f_{RH}, W/m²								
	Приет пад на вътрешната температура по време на понижението*								
	2 K			3 K			4 K		
	Маса на сградата			Маса на сградата			Маса на сградата		
	ниска	средна	висока	ниска	средна	висока	ниска	средна	висока
1	18	23	25	27	30	27	36	27	31
2	9	16	22	18	20	23	22	24	25
3	6	13	18	11	16	18	18	18	18
4	4	11	16	6	13	16	11	16	16

* В добре изолирани и плътни сгради приетият пад на вътрешната температура по време на понижение повече от 2 до 3 K не е много вероятен. Той ще зависи от климатичните условия и топлинната маса на сградата.

Таблица 10.9б

Фактор за донагряване f_{RH} за жилищни сгради с нощна продължителност на понижение на температурата максимум 8 h

Време за донагряване, h	f_{RH}, W/m²		
	Приет пад на вътрешната температура по време на понижението*		
	1 K	2 K	3 K
	Маса на сградата/ голям	Маса на сградата/ голям	Маса на сградата/ голям
1	11	22	45
2	6	11	22
3	4	9	16
4	2	7	13

* В добре изолирани и плътни сгради приетият пад на вътрешната температура по време на понижение повече от 2 до 3 K не е много вероятен. Той ще зависи от климатичните условия и топлинната маса на сградата.

10.7. ОПРОСТЕН ИЗЧИСЛИТЕЛЕН МЕТОД (виж т. 9)

10.7.1. ТЕМПЕРАТУРЕН КОРЕКЦИОНЕН ФАКТОР f_k (виж т. 9.1.2)

Нормативните стойности на температурния корекционен фактор f_k са дадени в табл. 10.10.

Таблица 10.10

Температурен корекционен фактор f_k за опростен изчислителен метод

Топлинни загуби	f_k	Забележки
Директно към външната среда	1,00 1,40 1,00	Ако топлинните мостове са изолирани. Ако топлинните мостове не са изолирани. За врати и прозорци.
През неотоплявано пространство	0,80 1,12	Ако топлинните мостове са изолирани. Ако топлинните мостове не са изолирани.
През земята	0,3 0,42	Ако топлинните мостове са изолирани. Ако топлинните мостове не са изолирани.
През покривното пространство	0,90 1,26	Ако топлинните мостове са изолирани. Ако топлинните мостове не са изолирани.
Окачен под	0,90 1,26	Ако топлинните мостове са изолирани. Ако топлинните мостове не са изолирани.
Към съседна сграда	0,50 0,70	Ако топлинните мостове са изолирани. Ако топлинните мостове не са изолирани.
Към съседен апартамент	0,30 0,42	Ако топлинните мостове са изолирани. Ако топлинните мостове не са изолирани.

10.7.2. ТЕМПЕРАТУРЕН КОРЕКЦИОНЕН ФАКТОР $f_{\Delta\theta}$ (виж т. 9.1.1)

Нормативните стойности на температурния корекционен фактор $f_{\Delta\theta}$ за стаи, отоплявани с по-висока температура от съседните стаи (например баня), са дадени в табл. 10.11.

Таблица 10.11

Температурен корекционен фактор $f_{\Delta\theta}$

Вътрешна изчислителна температура на стаята	$f_{\Delta\theta}$
Нормална	1,0
По-висока	1,6

11. ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА ТОПЛИННИТЕ ЗАГУБИ ПРИ СПЕЦИАЛНИ СЛУЧАИ

11.1. ТАВАННА ВИСОЧИНА И ГОЛЕМИ ПРОСТРАНСТВА

За основните случаи топлинните загуби се изчисляват, като се приеме еднаква температура на отопляваното пространство с височина 5 m или по-малка. Такова приемане не е валидно, ако височината на стаята надвишава 5 m, тъй като вертикалният температурен градиент повишава топлинните загуби особено през тавана и в този случай той не може да бъде пренебрегнат.

Вертикалният температурен градиент нараства с нарастването на височината на стаята и зависи съществено от общите изчислителни топлинни загуби (нивото на изолация на сградата и външната изчислителна температура) и от вида и мястото на отоплителните тела.

Тези ефекти трябва да бъдат взети предвид с добавки към изчислителните топлинни загуби. Допълнителните топлинни загуби се определят най-добре, като се използват резултатите от динамичните симулационни изчисления, тъй като те отчитат индивидуалните свойства на сградата.

За сгради с изчислителни топлинни загуби, по-малки или равни на 60 W/m^2 от пода, общите изчислителни топлинни загуби (Φ_i) за пространства с високи тавани могат да бъдат коригирани с въвеждането на корекционен коефициент за таванна височина ($f_{h,i}$):

(1) $\Phi_i = \left(\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}\right) f_{h,i}$,

където стойностите на $f_{h,i}$ са дадени в табл. 11.1.

Таблица 11.1

Корекционен коефициент за таванна височина $f_{h,i}$

	Височина на отопляваното пространство, m	
	от 5 до 10	от 10 до 15
Преобладаващо лъчисто отопление	1	1
Топъл под		
Топъл таван (температурно ниво < 40 °C)	1,15	Не е подходящ за това приложение
Излъчване надолу от голяма височина от тела със средна и висока температура	1	1,15
Преобладаващо конвективно отопление	1,15	Не е подходящ за това приложение
Естествена конвекция на топъл въздух		
Принудително, с топъл въздух		
Кръстосан поток на ниско ниво	1,30	1,60
Надолу от голяма височина	1,21	1,45
Кръстосан въздушен поток от средно ниво със средна и висока температура	1,15	1,30

11.2. СГРАДИ, В КОИТО ТЕМПЕРАТУРАТА НА ВЪЗДУХА И СРЕДНАТА РАДИАЦИОННА ТЕМПЕРАТУРА СЕ РАЗЛИЧАВАТ СЪЩЕСТВЕНО

За основния случай се приема, че температурата на въздуха, средната радиационна температура и работната температура на усещане са с еднакви стойности. Затова топлинните загуби от топлопреминаване и вентилация се изчисляват, като се използва температурата на усещане.

За пространства, където има съществена разлика между температурата на въздуха и средната радиационна температура, изчисляването на топлинните загуби с използването на температурата на усещане води до некоректни резултати.

За тези случаи загубите от топлопреминаване все още се изчисляват, като се използва температурата на усещане. Изчисляването на топлинните загуби от вентилация обаче трябва да се извършва с вътрешната температура на въздуха. В противен случай изчисленията за топлинните загуби от вентилация (инфилтрация) ще дадат прекалено големи стойности за радиационната отопляваща система и прекалено ниски стойности за конвективната отоплителна система.

Това се взема предвид, ако грешката при изчисляване на топлинните загуби от вентилация е повече от 5 %.

Например при изчислителна температурна разлика 30 K разликата между температурата на въздуха и температурата на усещане е 1,5 K, което съответства на 5 % разлика за топлинните загуби от вентилация. Това съответства на 3 K разлика между температурата на въздуха и средната радиационна температура.

За пространства, където средните U стойности на прозорци/стени удовлетворяват израза по-долу, е необходимо да се коригира разликата между температурата на въздуха и температурата на усещане:

(2) $U_w > \frac{50}{\theta_{\text{int}} - \theta_e}$, W/m^2.K,

където:

U_w са средните U стойности на прозорец/стена, W/m^2.K;

θ_{int} – вътрешната изчислителна температура на въздуха, °C;

θ_e – външната изчислителна температура на въздуха, °C.

За тези случаи средната радиационна температура се изчислява по вътрешната повърхностна температура. Вътрешната повърхностна температура може да бъде изчислена за дадени U-стойности, вътрешна изчислителна температура, външна изчислителна температура и повърхностна температура на отоплителното тяло. Ако изчислената средна радиационна температура се отклонява повече от 1,5 K от вътрешната изчислителна температура, топлинните загуби от вентилация могат да бъдат изчислени, като се използва температурата на въздуха θ_a:

(3) $\theta_a = 2\theta_0 - \theta_r$, °C,

където:

θ_0 е температурата на усещане, °C;

θ_r – средната радиационна температура, °C.

В някои индустриални помещения, където скоростта на въздуха надвишава 0,20 m/s, по-коректната връзка между температурата на усещане, температурата на въздуха и средната радиационна температура се определя по следния начин:

(4) $\theta_0 = F_B\,\theta_a + (1 - F_B)\theta_r$, °C,

където:

$F_B = 0{,}5$ – за скорост на въздуха, по-малка от 0,2 m/s;

$F_B = 0{,}6$ – за скорост на въздуха 0,2 – 0,6 m/s;

$F_B = 0{,}7$ – за скорост на въздуха, по-голяма от 0,6 m/s.“