
**ОПРЕДЕЛЯНЕ НА НАТОВАРВАНЕТО ОТ СНЕЖНИ ТОРБИ
ПРИ ВЪТРЕШНИ ДЕНИВЕЛАЦИИ НА ПОКРИВИ
СЪГЛАСНО БДС EN1991-1-3 И НАРЕДБА № 04/3**

В. Кърджиев¹

Ключови думи: товарни въздействия, сняг, снежна торба

Научна област: стоманобетон и стоманобетонни конструкции

РЕЗЮМЕ

Разгледани са методиките за определяне на натоварването от снежни торби в зоната на денивелации между два различни по височина покрива съгласно изискванията на БДС EN 1991-1-3 [1] и на Наредба № 04/03 за основните положения за проектиране на конструкциите на строежите и за въздействията върху тях [2] и са дадени разяснения по тяхното определяне.

Дадени са примерни варианти за определяне на стойностите на товарните въздействия от снежни торби при различни варианти на денивелации между покривите.

1. Въведение

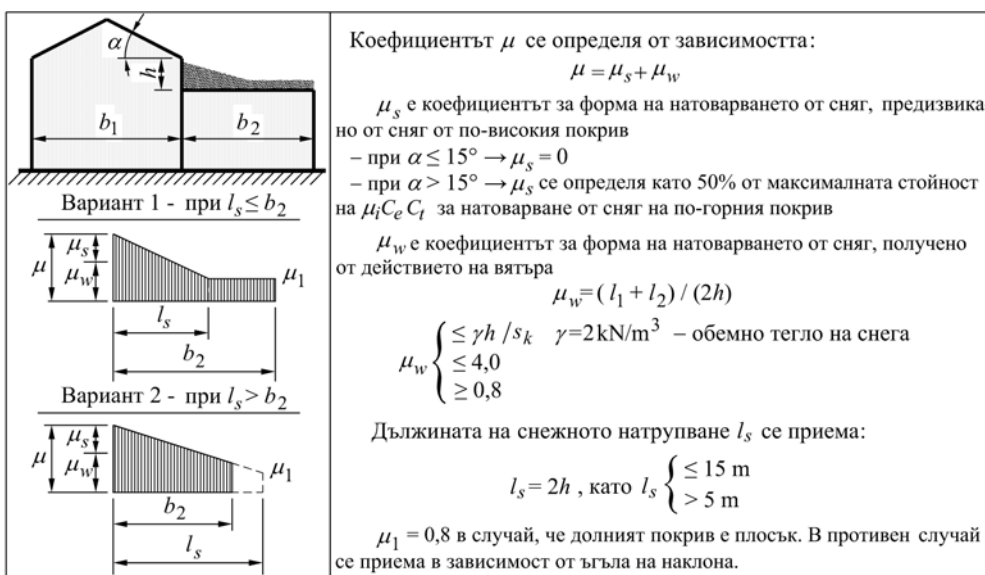
Образуването на снежни торби върху по-ниските покриви в зоната на контакт с по-високите или в зоните с прегради или парапети по покривите е в резултат на силата на вятъра и събарянето от по-високия върху по-ниския покрив на част от натрупаната снежна покривка при посока на вятъра в това направление, както и в резултат на пренасянето на част от снежната покривка върху по-ниския покрив в посока на денивелацията при посока на вятъра в това направление. При наличие на прегради или парапети върху покрива това натрупване се получава вследствие на завихрянето на вятъра в зоната на препятствието.

При определяне на натоварването от снежни торби е необходимо първоначално приемането на характеристичната стойност на натоварването от сняг върху земната повърхност – s_k в kN/m^2 .

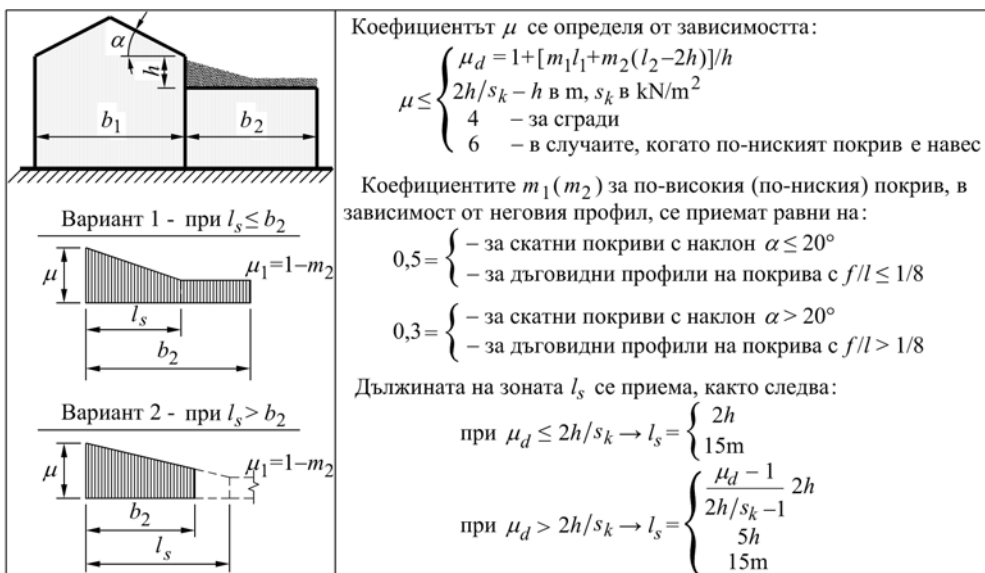
¹ Васил Кърджиев, доц. д-р инж., кат. „Масивни конструкции”, УАСГ, ул. „Христо Смирненски” № 1, каб. 445, 1046 София, e-mail: kardjiev@mail.bg

2. Методики за определяне на натоварването от снежни торби

В обичайните случаи коефициентите за натоварването от сняг за покриви, допиращи се до по-високи сгради и дължината на снегонатрупването, съответстващи на влиянието на вятъра съгласно БДС EN 1991-1-3 [1], са показани на фиг. 1.



Фиг. 1. Методика за определяне на натоварването от снежна торба съгласно БДС EN 1991-1-3



Фиг. 2. Методика за определяне на натоварването от снежна торба съгласно БДС EN 1991-1-3

А съгласно Наредба № 04/3 [2] са дадени на фиг. 2. За да е възможно да се направи сравнение в двете методики, са приети същите означения, използвани в БДС EN 1991-1-3 [1].

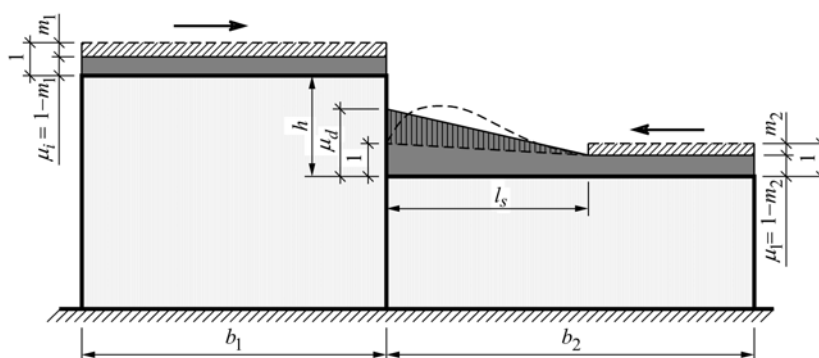
Дадените формули в БДС EN 1991-1-3 [1] са получени експериментално от проведените във ветрови тунел тестове, а тези в Наредба № 04/3 [2] са от приемането на допълнителното натоварване от снежна торба във вид на триъгълник с максимална ордината $(\mu_d - 1)s_k$ и основа $l_s = 2h$ (защрихованото с вертикална штриховка на фиг. 3), площта на която е равна на теглото на снега, пренесено към денивелацията от горния и долния покрив (косата штриховка на фиг. 3) вследствие на ветровото въздействие

$$0,5s_k l_s (\mu_d - 1) = s_k m_1 b_1 + s_k m_2 (b_2 - l_s), \quad (1)$$

откъдето, като се отчита, че $l_s = 2h$, се получава дадената формула в Наредба № 04/3 [2]:

$$\mu_d = 1 + \frac{1}{h} [m_1 b_1 + m_2 (b_2 - 2h)]. \quad (2)$$

В обичайните случаи и в двата нормативни документа се приема, че независимо от направлението на ветровото въздействие, количеството на пренасяната снежна покривка при относително плоски покриви е относително еднаква – по 50%.



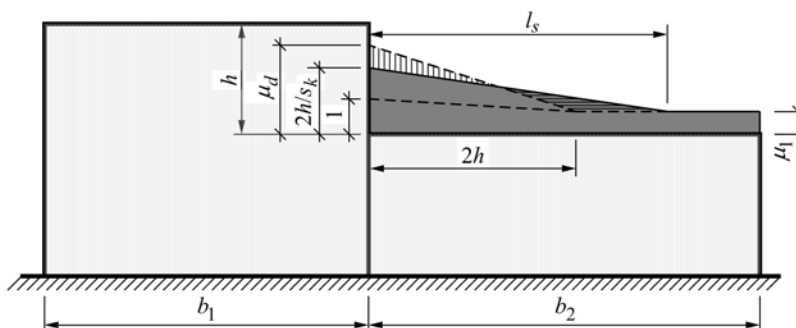
Фиг. 3. Определяне на коефициента за форма на натоварването от сняг, получено от действието на вятъра съгласно Наредба № 04/3

За разлика от Наредба № 04/3 [2], в БДС EN 1991-1-3 [1] се отчита и ъгълът на наклона на по-горния покрив и за наклон $\alpha \leq 15^\circ$ не се отчита допълнително натоварване от този покрив ($\mu_s = 0$), също така от по-горния покрив се приема 50% от максималната стойност на натоварването му от сняг, като въпреки че не е изрично подчертано, е необходимо то да бъде определено, като за този покрив се отчетат и коефициентите C_e за изложение и топлинният коефициент C_t , т.е. при $\alpha > 15^\circ - \mu_s = 0,5\mu_i C_e C_t$, където μ_i е коефициентът за сняг върху по-горния покрив в зависимост от формата му. В Наредба № 04/3 [2] и за долния, и за горния покрив е прието $m_1 = m_2 = 0,5$, като за по-стръмни покрития и при по-сложна тяхна форма количеството на пренасяната снежна маса се намалява до 30%, т.е. $m_1 = m_2 = 0,3$.

В Наредба № 04/3 [2] е включено и допълнително условие, в случай на по-тесни сгради (с широчина по-малка от 21 m), при които се отчита, че част от снежната покривка на по-високия покрив при ветрово въздействие, действащо под ъгъл спрямо денивелацията на сградата, пада директно на земната повърхност. Това е отчетено чрез корекция на коефициента m_2 , която отчита широчината на по-ниската сграда a , а също така и профила и наклона на покрива ѝ:

$$m_2 = 0,5k_1k_2k_3 \geq 0,1, \quad (3)$$

където $k_1 = \sqrt{a/21}$; $k_2 = 1 - \beta/35$; $k_3 = 1 - \phi/30 \geq 0,3$, като β е наклонът в градуси на по-ниския покрив в посока на денивелацията на сградите, а ϕ е наклонът в градуси на същия покрив в другото направление.



Фиг. 4. Определяне на увеличената дължина на снежната торба при стойност на коефициента μ_d , по-голяма от граничната $2h/s_k$ съгласно Наредба № 04/3

В Наредба № 04/3 [2] е отчетено, че ако стойността на коефициента μ_d , определен по формула **Error! Reference source not found.**, се получи по-голяма от граничната стойност $2h/s_k$, което отговаря на пунктирната форма на снежната торба, показана на фиг. 4, то е необходимо частта, попадаща над граничната стойност (вертикалната штриховка), да се преразпредели, като се увеличи дължината на зоната със снежна торба l_s (хоризонталната штриховка)

$$\frac{2h}{2}(\mu_d - 1) = \frac{l_s}{2} \left(\frac{2h}{s_k} - 1 \right), \text{ откъдето } l_s = \frac{\mu_d - 1}{\frac{2h}{s_k} - 1} 2h. \quad (4)$$

Наблюденията на снежни торби и експерименталните резултати показват, че практически стойността на ширината на снежната торба l_s не надвишава петкратната височина на денивелацията h или 15 m. В БДС EN 1991-1-3 [1] е отчетена като горна граница само втората стойност ($l_s \leq 15 \text{ m}$), докато в Наредба № 04/3 [2] са фиксирани и двете стойности – $l_s \leq \min(5h; 15 \text{ m})$. За разлика от Наредба № 04/3 [2] в БДС EN 1991-1-3 [1] е фиксирана и долна граница на дължината на снежната торба – $l_s \geq 5 \text{ m}$.

При големи стойности на ширините на двата покрива b_1 и b_2 и при относително малка денивелация h е възможно тя цялата да е покрита със сняг. Ето защо и в

двата нормативни документа се въвежда допълнителна гранична стойност на μ , която може да се запише с неравенството

$$\mu s_k \leq \gamma h, \text{ откъдето } \mu \leq \gamma h / s_k, \quad (1)$$

където γ е относителното обемно тегло на снега, което може да се приеме $\gamma = 2,0 \text{ kN/m}^3$.

По този начин първото ограничение на стойността на коефициента μ се диктува от височината на денивелацията h ($\mu \leq 2h/s_k$). Второто ограничение е напълно емпирично. Многогодишният опит от експлоатацията на сградите е показал, че в много редки зими със значителни снежни натоварвания не са довели до аварии на покривните конструкции при ограничаване на коефициента $\mu \leq 4$. Ето защо и тази гранична стойност е приета и в двата нормативни документа. За разлика от БДС EN 1991-1-3 [1] в Наредба № 04/3 [2] се изисква за навеси и козирки без външни стени, които по правило се изпълняват със сравнително по-олекотена покривна конструкция, да се приеме завишена гранична стойност на коефициента $\mu \leq 6$, с която да се обхванат и физически най-големите възможни стойности на коефициента за тези конструкции.

Коефициентът μ_1 , определящ стойността на снежното натоварване на по-ниския покрив извън зоната на снежната торба е оставащата част от снежната покривка след преноса на частта от нея в посока на денивелацията. В полза на сигурността в БДС EN 1991-1-3 [1] тя е приета без редукция, т.е. взема се със съответната стойност в зависимост от формата на покрива и неговия наклон (за покриви с наклон $\alpha \leq 30^\circ$ – $\mu_1 = 0,8$). Докато в Наредба № 04/3 [2] тя се приема $\mu_1 = 1 - m_2 = 0,5$, в традиционните случаи и $\mu_1 = 0,7$ при по-голям наклон и при по-сложна форма на по-ниския покрив.

И в двата нормативни документа се изисква да се отчитат и допълнително възможните натоварвания от сняг и за двата покрива съгласно техните наклони и форма.

Ако дължината на снежната торба се получи по-голяма от ширината на по-ниския покрив ($l_s > b_2$), то стойността на коефициента в края на по-ниския покрив се получава чрез интерполация между μ_1 и μ – фиг. 1 и фиг. 2.

3. Коефициенти за форма на натоварването от сняг при извънредно големи снежни натрупвания съгласно БДС EN 1991-1-3

Съгласно БДС EN 1991-1-3/NA за районите на гр. Шумен и Бургас е необходимо допълнително и отчитане на извънредно големи натрупвания от сняг за извънредна изчислителна ситуация, като това натоварване представлява особено въздействие и се определя със зависимостта

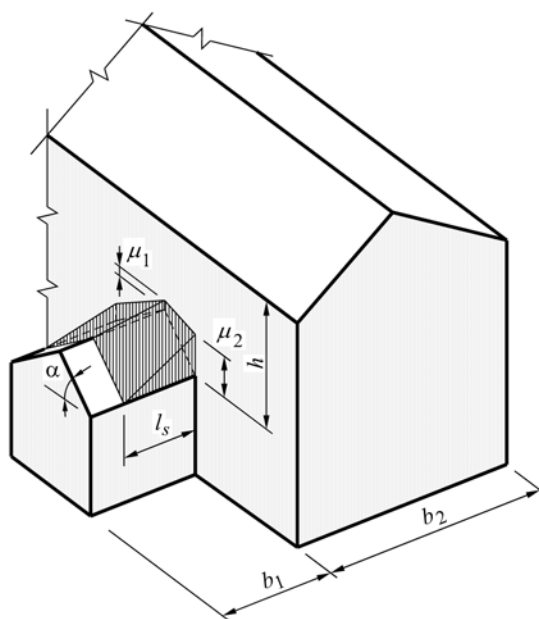
$$s = \mu C_e C_t s_{Ad} = \mu C_e C_t C_{esl} s_k, \quad (2)$$

където $C_{esl} = 2$ е коефициент за извънредно големи натоварвания от сняг.

Коефициентите за форма на натоварването от извънредно големи снежни натрупвания, които трябва да се използват за покрив, който е долепен до по-висока конструкция, са дадени на фиг. 6 и в табл. 1.

Трябва да се има предвид, че в тези случаи трябва да се приеме, че става въпрос за особено големи снежни натрупвания и върху останалата част от покрива няма натоварване от сняг – фиг. 6.

В определени случаи за един и същ участък от покрива може да има повече видове натоварвания от снежни натрупвания, тогава тези случаи трябва да се разглеждат поотделно.



Фиг. 6. Коефициенти за форма и дължини при извънредно големи снежни натрупвания върху покриви, които са долепени или са в близост до по-високи конструкции

Таблица 1. Коефициенти за форма от извънредно големи снежни натрупвания

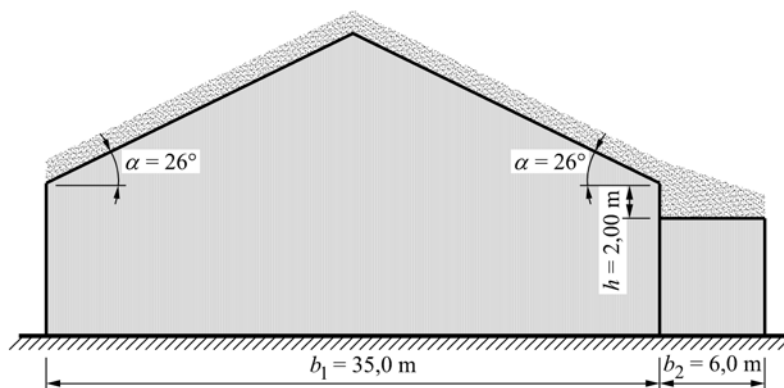
Ъгъл на наклона на покрива α	$0^\circ \leq \alpha \leq 15^\circ$	$15^\circ < \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	μ_3	$\mu_3[(30-\alpha)/15]$	0	0
μ_2	μ_3	μ_3	$\mu_3[(60-\alpha)/30]$	0

Забележка: μ_3 е най-малката стойност между стойностите $2h/s_k$, $2b/l_s$ или 8. Тук b е по-голямата стойност между стойностите b_1 и b_2 , а l_s е най-малката стойност между стойностите $5h$, b_1 или 15m.

Показаното на фиг. 6 разположение на натоварването от сняг е валидно и за покриви, които не са долепени, но са близки до по-висока сграда. Като приблизително правило съседни по-високи конструкции трябва да се отчитат само когато са на разстояние по-малко от 1,50 m.

4. Числени примери

Пример 1. Да се определи натоварването от снежна торба за дадения на фиг. 7 строеж в съответствие с Наредба № 04/03 и БДС EN 1991-1-3. Прието е, че обектът е с местонахождение в гр. Хасково.



Фиг. 7. Напречен разрез през разглежданите сгради, разположени в гр. Хасково

- Наредба № 04/03

За района на гр. Хасково е отчетено характеристично натоварване от сняг върху земната повърхност – $s_k = 1,18 \text{ kN/m}^2$.

За по-високия покрив, тъй като ъгълът на наклона $\alpha = 26^\circ > 20^\circ$, то $m_1 = 0,3$, а за по-ниския покрив – $\alpha = 0^\circ < 20^\circ$ и $m_2 = 0,5$. Стойността на коефициента μ_d се определя по формула **Error! Reference source not found.**

$$\mu_d = 1 + \left[m_1 b_1 + m_2 (b_2 - 2h) \right] / h = 1 + \left[0,3 \cdot 35,0 + 0,5 (6,0 - 2 \cdot 2,0) \right] / 2,0 = 6,75.$$

Тъй като $\mu_d = 6,75 > 2h / s_k = 3,39$, то дължината на зоната със снежна торба се получава по формула (4) – $l_s = \frac{\mu_d - 1}{2h / s_k - 1} 2h = \frac{6,75 - 1}{3,39 - 1} 2 \cdot 2,0 = 9,62 \text{ m}$. За получената стойност е спазено условието $l_s = 9,62 \text{ m} < \min(5h; 15,0) = \min(5 \cdot 2,0; 15,0) = 10,0 \text{ m}$. Следователно дължината на снежната торба е $l_s = 9,62 \text{ m}$.

Коефициентът за формата се получава

$$\mu = \min(\mu_d; 2h / s_k; 4,0) = \min(6,75; 3,39; 4,0) = 3,39,$$

а стойността на коефициента μ_1 в края на снежната торба е: $\mu_1 = 1 - m_2 = 1 - 0,5 = 0,5$.

Тъй като $l_s = 9,62 \text{ m} > b_2 = 6,0 \text{ m}$, то се търси стойността на коефициента μ'_1 в края на по-ниския покрив – фиг. 8

$$\mu'_1 = \mu_1 + \frac{(\mu - \mu_1)(l_s - b_2)}{l_s} = 0,5 + \frac{(3,39 - 0,5)(9,62 - 6,0)}{9,62} = 1,59.$$

Следователно окончателно характеристично натоварване от снежна торба за по-ниския покрив се получава:

$$s_{n1} = \mu s_k = 3,39 \cdot 1,18 = 4,00 \text{ kN/m}^2 \quad \text{и} \quad s_{n2} = \mu'_1 s_k = 1,59 \cdot 1,18 = 1,88 \text{ kN/m}^2.$$

- БДС EN 1991-1-3

За района на гр. Хасково е отчетено характеристично натоварване от сняг върху земната повърхност съгласно БДС EN 1991-1-3/NA – $s_k = 1,78 \text{ kN/m}^2$.

И за двата покрива, тъй като ъгълът на наклона им е $< 30^\circ$, то $\mu_1 = 0,8$, а коефициентът за форма на натоварването от сняг, предизвикано от сняг от по-високия покрив, при приети $C_e = C_t = 1,0$, се получава за $\alpha = 26^\circ > 15^\circ$:

$$\mu_s = 0,5 \mu_i C_e C_t = 0,5 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,4.$$

Коефициентът за форма на натоварването от сняг, получено от действието на вятъра се получава:

$$\mu_w = (b_1 + b_2) / (2h) = (35,00 + 6,00) / (2 \cdot 2,00) = 10,25.$$

Трябва да се спазени изискванията:

$$0,8 \leq \mu_w \leq \min[\gamma_s h / s_k ; 4,0] = \min[2,0 \cdot 2,0 / 1,78 ; 4,0] = \min[2,25 ; 4,0] = 2,25.$$

Следователно окончателно се приема $\mu_w = 2,25$ и сумарният коефициент на формата се получава – $\mu = \mu_s + \mu_w = 0,4 + 2,25 = 2,65$.

Дължината на снежното натрупване се определя както следва:

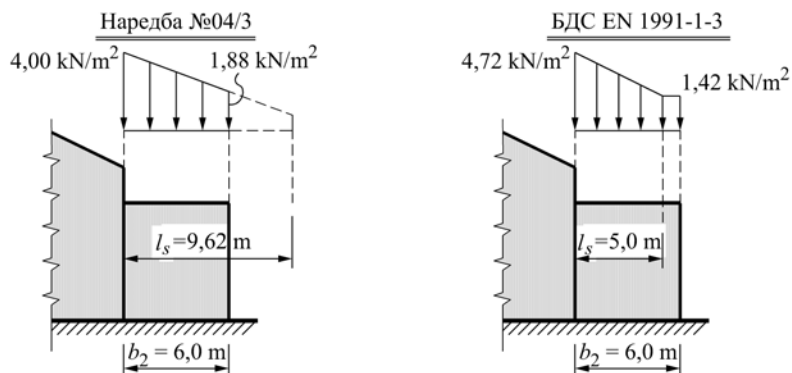
$$l_s = 2h = 2 \cdot 2,00 = 4,00 \begin{cases} < 15 \text{ m} \\ > 5 \text{ m} \end{cases} \rightarrow \text{Приема се } l_s = 5 \text{ m}, \text{ което е } < b_2 = 6,0 \text{ m}.$$

За района на град Хасково не е необходимо да се отчита извънредно снежно натрупване и следователно окончателното характеристично натоварване от снежна торба за по-ниския покрив се получава:

$$s_1 = \mu_1 C_e C_t s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,78 = 1,42 \text{ kN/m}^2;$$

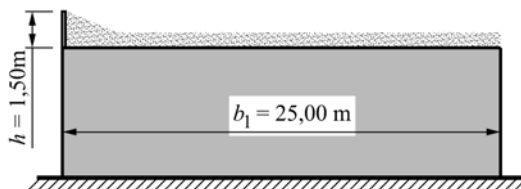
$$s_2 = \mu C_e C_t s_k = 2,65 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,78 = 4,72 \text{ kN/m}^2.$$

Сравнението във формата и големината на действащото характеристично натоварване от снежна торба за по-ниския покрив съгласно Наредба № 04/03 и БДС EN 1991-1-3 е показано на фиг. 8.



Фиг. 8. Сравнение в характеристикното натоварване от снежна торба, определено съгласно Наредба № 04/3 и БДС EN 1991-1-3

Пример 2. Да се определи натоварването от снежно натрупване зад масивен парапет за дадения на фиг. 9 строеж в съответствие с Наредба № 04/03 и БДС EN 1991-1-3. Прието е, че обектът е с местонахождение в гр. София.



Фиг. 9. Напречен разрез през разглежданата сграда, разположена в гр. София

- Наредба № 04/03

За района на гр. София е отчетено характеристикно натоварване от сняг върху земната повърхност – $s_k = 1,42 \text{ kN/m}^2$.

Коефициентът за форма на натоварването от сняг за плосък покрив е $\mu_1 = 1,0$.

В зависимост от височината на парапета се определя схемата за натоварване от снежна торба в зоната на парапета. В разглеждания случай:

$$h = 1,50 \text{ m} > s_k / 2 = 1,42 / 2 = 0,71 \text{ m} \rightarrow \mu = 2h / s_k = 2 \cdot 1,50 / 1,42 = 2,11 < 3.$$

Дължината на снежното натрупване е: $b = 2h = 2 \cdot 1,50 = 3,00 \text{ m}$.

Характеристичното натоварване от снежна торба в зоната до парапета е:

$$s_{n1} = \mu_1 s_k = 1,0 \cdot 1,42 = 1,42 \text{ kN/m}^2 \quad \text{и} \quad s_{n2} = \mu_1 s_k = 2,11 \cdot 1,42 = 3,00 \text{ kN/m}^2.$$

- БДС EN 1991-1-3

За района на гр. София е отчетено характеристикно натоварване от сняг върху земната повърхност съгласно БДС EN 1991-1-3/NA – $s_k = 1,28 \text{ kN/m}^2$.

Коефициентът за форма на натоварването от сняг за плосък покрив е $\mu_1 = 1,0$.

Коефициентът μ_2 за снежното натрупване е: $\mu_2 = \gamma h / s_k = 2.1,50/1,28 = 2,34$, където $\gamma = 2,0 \text{ kN/m}^3$ е обемното тегло на снега.

Дължината на снежното натрупване се определя както следва:

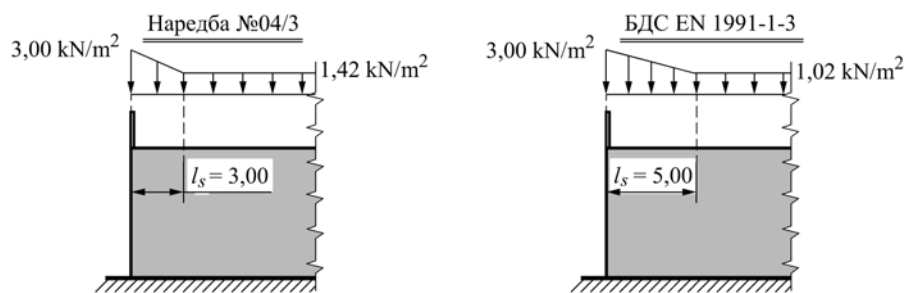
$$l_s = 2h = 2.1,50 = 3,00 \begin{cases} < 15 \text{ m} \\ > 5 \text{ m} \end{cases} \rightarrow \text{Приема се } l_s = 5 \text{ m}, \text{ което е } < b_1 = 25,0 \text{ m}.$$

За района на град София не е необходимо да се отчита извънредно снежно натрупване и следователно окончателното характеристично натоварване от снежна торба за по-ниския покрив се получава:

$$s_1 = \mu_1 C_e C_t s_k = 0,8.1,0.1,0.1,28 = 1,02 \text{ kN/m}^2;$$

$$s_2 = \mu_2 C_e C_t s_k = 2,34.1,0.1,0.1,28 = 3,00 \text{ kN/m}^2.$$

Сравнението във формата и големината на действащото характеристично натоварване от снежна торба в зоната до парапета съгласно Наредба №04/03 и БДС EN 1991-1-3 е показано на фиг. 10.



Фиг. 10. Сравнение в характеристичното натоварване от снежна торба, определено съгласно Наредба № 04/3 и БДС EN 1991-1-3

От направените сравнения в натоварванията от снежни торби по двата нормативни документа се вижда, че изискванията на Наредба № 04/3 са малко по-строги от тези в БДС EN 1991-1-3.

ЛИТЕРАТУРА

1. БДС EN 1991-1-3:2006. Еврокод 1: Въздействия върху строителни конструкции. Част 1-3. Основни въздействия. Натоварване от сняг, БИС.
2. Наредба № 04/3 за основните положения за проектиране на конструкциите на строежите и за въздействията върху тях, МРРБ, 2004 год.

Постъпила: февруари 2015 г.

SNOW LOADS IN CASE OF ROOF ABUTTING AND CLOSE TO TALLER CONSTRUCTION WORKS ACCORDING TO BULGARIAN AND EUROPEAN NORMS

V. Kardjiev¹

Keywords: load cases, snow load

Research area: concrete and reinforced concrete structures

ABSTRACT

The paper discusses the methods for determining the snow loads in case of roof abutting and close to taller construction works according to Bulgarian norms and Eurocode. Some examples for determination of snow load in these cases are also provided.

¹Vasil Kardjiev, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. “Reinforced Concrete Structures”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd, Sofia 1046, e-mail: kardjiev@mail.bg

