

R E P U B L I C A M O L D O V A



N O R M A T I V Î N C O N S T R U C Ț I I

G.04.XX

REȚELE ȘI ECHIPAMENTE AFERENTE CONSTRUCȚIILOR

NCM G.04.XX:20XX

Instalații termice, de ventilare și condiționare a aerului

**Coșuri colective de fum pentru clădiri rezidențiale.
Partea 2: Proiectarea coșurilor colective de fum care
deservesec mai multe aparate de încălzire.**

EDIȚIE OFICIALĂ

MINISTERUL ECONOMIEI ȘI INFRASTRUCTURII

CHIȘINĂU 2019

NORMATIV ÎN CONSTRUCȚII**NCM G.04.XX:20XX**ICS 91.140.40

Coșuri colective de fum pentru clădiri rezidențiale.**Partea 2: Proiectarea coșurilor colective de fum care deserveșc mai multe aparate de încălzire.**

Cuvinte cheie: segment de coș de fum, debit masic calculat al gazelor de ardere, rezistența la presiunea de alimentare cu aer.

Preambul

- 1 ELABORAT Institutul de Cercetări Științifice în Construcții „INCERCOM” Î. S.: ing. Eremencov N. - conducătorul temei, ing. Efremov C., ing. Para G.
- 2 ACCEPTAT de către Comitetul Tehnic pentru Normare Tehnică și Standardizare în Construcții CT-C 10 G "Instalații termice de ventilare și condiționare a aerului", procesul-verbal nr. din2019.
- 3 APROBAT ȘI PUS ÎN APLICARE prin ordinul Ministerului Economiei și Infrastructurii nr. din2019 (Monitorul Oficial al Republicii Moldova, 2019, nr., art.), cu aplicare din 2019.
- 4 ELABORAT PENTRU PRIMA DATĂ

Cuprins

Introducere.....	6
1 Domeniu de aplicare	1
2 Referințe normative	2
3 Termeni și definiții	2
4 Simboluri și abrevieri generale	7
5 Metodă de calcul	12
5.1 Principii generale.....	12
5.2 Condițiile pentru presiunea de echilibru	14
5.2.1. Coșuri de fum la presiune negativă	14
5.2.2. Coșuri de fum la presiune pozitivă.....	16
5.3 Cerința de debit masic.....	16
5.4 Cerințe de presiune	17
5.4.1. Coșuri la presiune negativă	17
5.4.2. Coșuri la presiune pozitivă	18
5.5 Cerința de temperatură.....	19
5.6 Procedura de calcul.....	19
6 Date privind gazele de ardere, caracteristice aparatului de încălzire	22
7 Date privind coșul de fum și conductele de racordare	24
8 Date fundamentale de calcul	24
8.1 Temperatura aerului	24
8.1.1. Temperatura aerului exterior (T_i)	24
8.1.2. Temperatura aerului ambiant (T_u).....	24
8.2 Presiunea aerului exterior (p_i).....	25
8.3 Constanta gazelor	25
8.3.1. Constanta gazelor pentru aer (R_i).....	25
8.3.2. Constanta gazelor pentru gazele de ardere (R).....	25
8.6 Densitatea aerului (ρ_i).....	25
8.4 Capacitatea calorică specifică a gazelor de ardere (c_p)	25
8.6 Conținutul de vapori de apă ($\sigma(\text{H}_2\text{O})_{ij}$) și temperature de condensare (T_{sp}).....	25
8.7 Coeficientul de corecție a instabilității temperaturii (S_H)	25
8.8 Coeficient de siguranță al debitului (S_E).....	25
8.9 Coeficient exterior de transfer termic	26

9	Determinarea temperaturilor.....	26
10	Calcul de amestec.....	26
10.1	Debitul masic al gazelor de ardere ($\dot{m}_j$).....	26
10.2	Temperatura gazelor de ardere la intrarea în segmentul de coș de fum ($T_{e,j}$).....	27
10.3	Conținutul de CO_2 din gazele de ardere din segmentul de coș de fum ($\sigma(CO_2)_j$).....	27
10.4	Conținutul de H_2O din gazele de ardere ($\sigma(H_2O)_j$).....	31
10.5	Constanta gazelor pentru gazele de ardere (R_j).....	31
10.6	Date despre gazele de ardere.....	31
10.6.4	Capacitatea calorică specifică ($c_{pv,j}$), ($c_{p,j}$).....	31
10.6.4	Conductivitatea termică a gazelor de ardere ($\lambda_{av,j}$), ($\lambda_{a,j}$).....	32
10.6.4	Viscozitatea dinamică ($\eta_{av,j}$), ($\eta_{a,j}$).....	32
11	Densitatea și viteza gazelor de ardere.....	33
12	Determinarea presiunilor.....	34
12.1	Presiuni la fiecare intrare a segmentului de coș.....	34
12.1.1	Tirajul.....	34
12.1.2	Presiunea pozitivă.....	34
12.1.2	Tiraj datorat efectului de coș în segmentul de coș ($P_{H,j}$).....	34
12.1.2	Rezistența la presiune în segmentul de coș ($P_{R,j}$).....	34
12.2	Tirajul minim cerut la intrarea gazelor de ardere în coș și tirajul maxim admis (P_{ze} și P_{zemax}) și presiunea diferențială maximă și minimă la intrarea în coș (P_{zoe} și P_{zoemin}).....	37
12.2.1	Tirajul minim necesar și maxim admis.....	37
12.2.2	Presiunea diferențială maximă disponibilă și minimă admisă.....	37
12.2.3	Rezistența la presiune calculată a canalului de racordare ($P_{v,j}$).....	37
12.2.4	Rezistența la presiune calculată a aerului de alimentare ($P_{Bc,j}$).....	40
13	Temperatura peretelui interior.....	41
14	Instalări în cascadă.....	41
14.1	Principiul metodei de calcul.....	41
14.2	Condiția de echilibru pentru presiune.....	42
14.2.1	Instalarea în cascadă la presiunea negativă.....	42
15	Metoda de calcul pentru coșurile de fum neechilibrate.....	43
15.1	Principii generale.....	43
15.2	Condiții referitoare la presiune.....	44
15.2.1	Coșuri de fum care funcționează la presiuni negative.....	44
15.2.2	Coșuri de fum care funcționează la presiuni pozitive.....	45
15.2.3	Condiții referitoare la temperatură.....	46

15.2.4	Procedură de calcul.....	46
15.2.5	Date aplicabile gazelor de ardere care caracterizează aparatul de încălzire.....	47
Anexa A (obligatorie)	Simboluri, terminologie și unități de măsură	50
Anexa B (obligatorie)	Recomandări.....	53
Anexa C (informativă)	Caracteristici pentru aparatul de încălzire	54
Bibliografie		56
Traducerea prezentului document normativ în limba rusă		57

Introducere

Prezentul NCM reflectă un postament normativ pentru gestionarea efectivă și reglementarea proiectării coșurilor colective de fum pentru clădiri cu termogeneratoare, ce stabilește criteriile de instalare și de proiectare pentru sistemele de coșuri de fum și tubarea coșurilor existente de realizare ale activității specifice al sistemului în condiții de acces, disponibilitate, fiabilitate, continuitate, competitivitate, transparență, cu respectarea normelor de calitate, siguranță și protecția mediului ambiant.

Valorificarea potențialului coșurilor colective de fum conferă premise reale de realizare a unor obiective strategice privind creșterea siguranței în armonizare cu standardele europene, ce conferă prin calculele termotehnice și aerodinamice ale sistemului excluderea gazelor de ardere pentru mai multe termogeneratoare, care permit utilizarea acestor metode în construcția sau reconstrucția de clădiri rezidențiale și publice.

Punerea în aplicare a standardelor europene EN 13384-1, SM EN 13384-2, SM EN 13384-3 printr-un standard național oferă un primordial sprijin de reglementare a industriei în proiectarea și construcția coșurilor colective de fum și de a îmbunătăți siguranța proiectelor de construcție, inclusiv construcția de noi tehnologii și soluții de proiectare folosind coșurile de fum, ceea ce îndeplinesc standardele europene moderne pentru construcții noi și renovarea clădirilor existente.

Obiectul standardizării reflectă metodele termotehnice și aerodinamice de calcul pentru coșurile colective de fum cu mai multe termogeneratoare, precum și specificațiile și conformitatea acestora cu cerințele în vigoare. Astăzi, în Republica Moldova, singurul standard, ce prevalează și stabilește cerințele pentru coșurile de fum și sistemele acestora este NCM G.04.04-2012 "Alimentare cu căldură pe apartamente a blocurilor de locuit cu termogeneratoare pe combustibil gazos".

Aceste metode vor satisface abordarea pentru optimizarea efectuării prin calcularea suprafeței totale a coșului clădirii, ceea ce va permite sporirea în mod semnificativ eficiența încălzirii dispozitivelor, ceea ce prevalează preponderent prin economii substanțiale de energie.

Metoda de calcul descrisă în prezentul normativ este complexă, deci se presupune eficient și efectiv de a utiliza un program de calculator.

Astfel, respectivele norme tehnologice relevante determină și definesc limitele cerințelor de siguranță în legătură cu planificarea, construcția, punerea în funcțiune, exploatarea și supravegherea tehnică a coșurilor de fum, la care se conectează termogeneratorul (această prevedere nu este reglementată în prezentul document normativ).

Prezentul Document Normativ este destinat să îndeplinească cerințele standardelor tehnologice în conformitate cu parametrii (caracteristicile) termotehnice și aerodinamice în proiectarea și construcția coșurilor de fum colective și sistemelor de coș cu mai multe aparate de încălzire racordate.

Calcululele descrise în prezentul Document Normativ sunt complexe și sunt destinate să fie utilizate pe un program de calculator. Principiile generale ale metodei de calcul din EN 13384-1 sunt aplicate de asemenea în acest normativ.

Prezentul Normativ de execuție definește limitările și considerațiile de securitate privind proiectarea și instalarea, punerea în funcțiune și întreținerea coșului de fum, care deservește mai multe aparate de încălzire (acestea nu fac obiectul acestei metode de calcul).

Aceste cerințe trebuie respectate în conformitate cu documentele normative naționale de reglementare a Republicii Moldova.

N O R M A T I V Î N C O N S T R U C Ț I I

Coșuri colective de fum pentru clădiri rezidențiale.

Partea 2: Proiectarea coșurilor colective de fum care deserveșc mai multe aparate de încălzire.

Проектирование коллективных дымоходов для жилых многоквартирных зданий.

Часть 2. Проектирование коллективных дымоходных систем с подключением нескольких теплогенераторов

Designing collective chimneys for buildings serving heating appliances.

Data punerii în aplicare: 20XX-XX-XX

1 Domeniu de aplicare

1.1 Presentul document normativ în construcții (denumit în continuare Normativ) este destinat pentru proiectarea coșurilor colective de fum pentru clădiri de locuit cu mai multe apartamente.

1.2 Presentul NCM stabilește metodele de calcul ale caracteristicilor termodinamice ale coșurilor de fum, care deserveșc mai multe aparate de încălzire.

1.3 Presentul Normativ tratează ambele cazuri:

1) când coșul de fum este conectat mai mult decât unul singur cu un canal de racordare, pentru câte un aparat individual de încălzire sau pentru mai multe aparate de încălzire; sau

2) când la coșul de fum este conectat un singur canal de racordare utilizat pentru mai multe aparate aranjate în cascadă. Cazul sistemului de racordare cu mai multe intrări aranjate în cascadă este acoperit cazul 1.

1.4 Presentul NCM tratează coșurile de fum care funcționează în condiții de presiune negativă (pot fi condiții de presiune pozitivă în conductele de racordare) și de coșurile de fum care funcționează în condiții de presiune pozitivă și se aplică coșurilor, care deserveșc aparatele de încălzire pentru combustibili lichizi, gazoși și solizi.

1.5 Presentul NCM nu se aplică la:

- coșuri de fum cu rezistențe termice diferite sau cu secțiuni transversale diferite în segmente de coș diferite. Această parte nu se aplică la calculul economiei de energie;
- coșuri de fum pentru focare deschise, de exemplu, coșuri de fum pentru șeminee deschise sau cu racorduri de coș care sunt destinate să funcționeze în spațiu deschis;
- coșuri de fum care deserveșc diferite tipuri de aparate de încălzire cu tiraj natural, ventilator, tiraj forțat sau motor cu combustie. Aparatele de încălzire ajutate de ventilator cu întrerupător de tiraj, între ventilator și coșul de fum sunt considerate aparate cu tiraj natural;
- coșuri de fum cu multiple intrări care deserveșc mai mult de 5 etaje (acestea nu sunt valabile pentru coșurile în echilibru);
- coșuri de fum care deserveșc mai multe aparate de încălzire cu alimentare de aer din exterior prin orificii de ventilare sau conducte de aer, care nu sunt instalate în aceeași zonă de presiune a aerului de alimentare (de exemplu în aceeași parte a construcției).

1.6 Presentul NCM se aplică la coșurile de fum cu presiune pozitivă, numai în cazul dacă fiecare aparat de încălzire care este oprit poate să fie izolat pentru a evita o întoarcere în aceste aparate a gazelor de ardere.

1.7 Atunci când se efectuează calcule, este necesar să se țină seama de diferențele dintre caracteristicile gazelor de ardere atunci când se utilizează diferite tipuri de combustibil.

2 Referințe normative

Următoarele documente, în întregime sau parțial, sunt referințe normative în acest standard și sunt indispensabile pentru aplicarea acestuia.

SM SR EN 1443:2011	Coșuri de fum. Condiții generale
SM SR EN 13384-1:2016	Coșuri de fum. Metode de calcul de termodinamica fluidelor. Partea 1: Coșuri care deserveșc un singur aparat
SM SR EN 13384-2:2015	Coșuri de fum. Metode de calcul de termodinamica fluidelor. Partea 2: Coșuri care deserveșc mai multe aparate de încălzire
SM SR EN 13384-3:2011	Coșuri de fum. Metode de calcul de termodinamica fluidelor. Partea 3: Metode de elaborare diagrame și tabele pentru coșuri de fum care deserveșc un singur aparat de încălzire
SM SR EN 15287-1+A1:2011	Coșuri de fum. Proiectare, instalare și punere în funcțiune a coșurilor de fum. Partea 1: Coșuri de fum pentru aparate de încălzire neetanșe
SM SR EN 15287-2:2011	Coșuri de fum. Proiectare, instalare și punere în funcțiune a coșurilor de fum. Partea 2: Coșuri de fum pentru aparate etanșe
NCM G.04.XX:20XX	Coșuri colective de fum pentru clădiri rezidențiale. Norme de proiectare. Generalități.
NCM G.04.XX:20XX	Coșuri colective de fum pentru clădiri rezidențiale. Partea 1: Proiectarea coșurilor colective de fum care deserveșc un singur aparat de încălzire.
NCM G.04.XX:20XX	Coșuri colective de fum pentru clădiri rezidențiale. Partea 3: Metode termotehnice și aerodinamice de calcul.

NOTĂ - La utilizarea prezentului NCM este rațional să se verifice acțiunea standardelor de referință și a clasificatorilor în sistemul public de informare – pe site-ul oficial al organelor naționale de standardizare din Republica Moldova în rețeaua Internet sau în baza indicatorului de informare anual „Standarde Naționale”, ce este publicat la data de 01 ianuarie a anului curent și conform indicatorilor de informare publicate lunar. Dacă documentul de referință este înlocuit (modificat), atunci prin aplicarea prezentului NCM, trebuie să se ghideze în baza documentului înlocuit (modificat). Dacă documentul de referință este anulat fără substituie, atunci prevederea la care se face trimitere, se aplică în măsura în care nu atinge această referință.

3 Termeni și definiții

Pentru scopul acestui standard se aplică termenii și definițiile indicate în SM SR EN 1443, EN 13384-1, SM SR EN 15287-1, SM SR EN 15287-2.

3.1

segment de coș de fum: Parte a unui coș de fum situat între două racorduri consecutive de gaze de ardere sau între ultimul racord de gaze și gura de evacuare.

3.2

segment colector: Parte a unei conducte de racordare situată între două racorduri consecutive de gaze de ardere sau dintre ultimul racord și orificiul de intrare în canalul de fum vertical.

3.3

sistem de coș de fum: Component sau componente (separate sau concentrice), paralele cu canalele de fum, care au ca funcție conducerea aerului de ardere din atmosfera exterioară pentru ardere în aparatul de încălzire, precum și a produselor de ardere de la aparatul de încălzire către atmosfera exterioară.

3.4

debit masic al gazelor de ardere ($\dot{m}$): Masa gazelor de ardere care ies din aparatul de încălzire, prin canalul de racordare, pe unitatea de timp. În cazul în care coșul deservește mai multe aparate de încălzire, aerul care trece printr-un aparat oprit se numește de asemenea debit masic al gazelor de ardere.

3.4.1

debit masic declarat al gazelor de ardere ($\dot{m}_{wc,j}$): Debit masic al gazelor de ardere declarat de fabricantul aparatului de încălzire j în conformitate cu puterea termică utilizată în calcul.

3.4.2

debit masic calculat al gazelor de ardere ($\dot{m}_{wc,j}$): Debit masic calculat al gazelor de ardere în funcție de tirajul calculat și de condițiile de funcționare ale aparatului de încălzire j .

3.5

temperatura calculată a gazelor de ardere ($T_{wc,j}$): Temperatura gazelor de ardere la ieșirea din aparatul de încălzire j care depinde de debitul masic calculat al gazelor de ardere.

3.6

tirajul calculat al gazelor de ardere al aparatului de încălzire ($P_{wc,j}$): Tiraj al gazelor de ardere la ieșirea din aparatul de încălzire j care depinde de debitul masic calculat al gazelor de ardere.

3.7

clapetă de obturare: dispozitiv de închidere totală sau parțială a canalului.

3.8

coș de fum echilibrat: Coș de fum la care punctul de intrare a aerului pentru ardere în conductă este adiacent cu punctul de evacuare al gazelor de ardere din canal, orificiul de intrare și ieșire fiind poziționate, astfel încât efectele vântului să fie echilibrate substanțial.

3.9

dispunere în cascadă: Dispunere în care două sau mai multe aparate de încălzire situate în același spațiu, sunt racordate la coșul de fum printr-o conductă de racordare comună.

3.10

dispunere pentru mai multe intrări: Dispunere în care două sau mai multe aparate de încălzire sunt racordate la coșul de fum prin conducte de racordare distincte.

3.11

canal de aer: Conductă independentă într-o clădire sau parte constructivă a coșului de fum, care transportă aer pentru ardere în camera de ardere etanșă a aparatului.

3.12

orificiu pentru egalizarea presiunii: Orificiu sau conductă care leagă direct, la baza coșului, canalul de aer de canalul de fum.

3.13

putere utilă (Q): Cantitate de căldură degajată de un aparat de încălzire pe unitatea de timp.

3.14

putere utilă nominală (Q_N): Putere utilă continuă specificată de producător pentru aparatul de încălzire, în funcție de combustibilul stabilit.

3.15

domeniul puterii utile: Domeniu puterilor mai mici decât puterea utilă nominală specificată de producător, la care poate fi utilizat aparatul.

3.16

debit de căldură (Q_F): Cantitate de căldură furnizată de combustibilul aparatului de încălzire pe unitatea de timp; această cantitate depinde de puterea calorifică inferioară a combustibilului H_u .

3.17

randamentul aparatului de încălzire (η_w): Raport dintre puterea utilă a aparatului și debitul de căldură furnizat de combustibil (Q_F).

3.18

debit masic al gazelor de ardere (m): Masa gazelor de ardere evacuate de la aparatul de încălzire prin canalul de racordare pe unitatea de timp.

3.19

înălțimea utilă a coșului de fum (H): Diferența de înălțime dintre axa orificiului de admisie a gazelor de ardere în canalul de fum vertical și gura de evacuare a acestuia.

3.20

înălțimea utilă a canalului de racordare a gazelor de ardere (H_V): Diferența de înălțime dintre axa orificiului de ieșire a gazelor de ardere din aparatul de încălzire și axa orificiului de admisie a gazelor de ardere în canalul de fum vertical. În cazul coșurilor pentru focare deschise, H_V este diferența de înălțime dintre structura superioară a focarului și axa orificiului de admisie a gazelor de ardere în coșul de fum.

3.21

tiraj: Valoare pozitivă a presiunii negative din canal.

3.22

tiraj teoretic disponibil datorat efectului de coș (P_H): Diferența de presiune datorată diferenței de densitate între coloana de aer, echivalentă cu înălțimea utilă la exteriorul coșului de fum și coloana gazelor de ardere egală cu înălțimea utilă la interiorul coșului.

3.23

rezistența coșului de fum la presiune (P_R): Presiune necesară pentru a depăși rezistența la curgere a debitului masic al gazelor de ardere în canalul de fum vertical.

3.24

presiunea dată de viteza vântului (P_L): Presiunea generată de vânt în coșul de fum.

3.25

tiraj minim la nivelul de admisie a gazelor de ardere în coș (P_z): Diferența dintre tirajul teoretic minim și suma pierderilor de presiune datorate rezistențelor maxime de presiune în coșul de fum și presiunii din viteza vântului.

3.26

Tiraj maxim la nivelul de admisie a gazelor de ardere în coș (P_{zmax}): Diferența dintre tirajul teoretic maxim și pierderea de presiune minimă în coșul de fum.

3.27

tiraj minim al aparatului de încălzire (P_w): Diferența dintre presiunea statică a aerului din încăperea în care este instalat aparatul de încălzire și presiunea statică a gazelor de ardere la ieșirea din aparat, necesară pentru a menține o funcționare corectă a aparatului de încălzire.

3.28

tiraj maxim al aparatului de încălzire (P_{wmax}): Diferența maximă admisă între presiunea statică a aerului din încăperea în care este instalat aparatul de încălzire și presiunea statică a gazelor de ardere la ieșirea din aparat, pentru a menține o funcționare corectă a aparatului de încălzire.

3.29

rezistența la presiunea gazelor de ardere din canalul de racordare (P_{FV}): diferența de presiune statică, care există la nivelul axei de admisie a gazelor de ardere în canalul de racordare și al axei la ieșire, ca urmare a tirajului teoretic și a rezistenței la presiune.

3.30

rezistența la presiunea de alimentare cu aer (P_B): Diferența dintre presiunea statică a aerului din exterior și presiunea statică a aerului din încăperea de instalare a aparatului de încălzire la aceeași înălțime.

3.31

tiraj minim cerut la nivelul de admisie a gazelor de ardere în coș (P_{ze}): Suma tirajului minim cerut de aparatul de încălzire și a tirajului necesar pentru a depăși rezistența la presiune din canalul de racordare a gazelor de ardere și rezistența la presiune de alimentare cu aer.

3.32

tiraj maxim admis la nivelul de admisie a gazelor de ardere în coș (P_{zemax}): Suma tirajului admis de aparatul de încălzire și a tirajului necesar pentru a depăși rezistența utilă la presiunea din canalul de racordare a gazelor de ardere și rezistența utilă la presiunea de alimentare cu aer.

3.33

presiunea pozitivă maximă la nivelul de admisie a gazelor de ardere în coș (P_{zo}): Suma diferenței dintre pierderea de presiune maximă și tirajul teoretic minim al coșului de fum, pe de o parte și pierderea de presiune dată de viteza vântului, pe de altă parte.

3.34

presiunea pozitivă minimă la nivelul de admisie a gazelor de ardere în coș (P_{zomin}): Diferența dintre pierderea de presiune minimă și tirajul teoretic maxim al coșului de fum.

3.35

presiunea diferențială maximă a aparatului de încălzire (P_{wo}): Diferența maximă între presiunea statică a gazelor de ardere la ieșirea din aparat și presiunea statică a aerului la orificiul de admisie al aparatului de încălzire pentru ca aparatul să funcționeze corect.

3.36

pierdere de presiune a aparatului de încălzire (P_{womin}): Diferența minimă între presiunea statică a gazelor de ardere la ieșirea din aparat și presiunea statică a aerului din orificiul de admisie în aparatul de încălzire pentru care aparatul funcționează corect. Această diferență de presiune minimă poate avea valoare negativă.

3.37

presiunea diferențială maximă la nivelul admisiei gazelor de ardere în coș (P_{zo}): Diferența dintre presiunea diferențială maximă a aparatului de încălzire și suma rezistenței la presiunea din canalul de racordare a gazelor de ardere și a rezistenței la presiunea de alimentare cu aer.

3.38

aer secundar: Aer din mediu ambiant adăugat la debitul masic nominal al gazelor de ardere.

3.39

Presiunea diferențială minimă la nivelul admisiei gazelor de ardere în coș (P_{zoemin}): Diferența dintre presiunea diferențială maximă a aparatului de încălzire și suma pierderii de presiune din canalul de racordare a gazelor de ardere și pierderea de presiune din canalul de alimentare cu aer.

3.40

dispozitiv de aer secundar: Regulator de tiraj sau schimbare de tiraj.

3.41

regulator de tiraj: Dispozitiv care alimentează automat coșul de fum, canalul de racordare a gazelor de ardere sau aparatul de încălzire cu aer din mediul ambiant.

3.42

schimbător de tiraj: Dispozitiv amplasat în circuitul produselor de ardere al aparatului de încălzire, pentru a menține calitatea arderii în anumite limite și să asigure stabilitatea arderii în anumite condiții ale curentului ascendent și descendent.

3.43

temperatura limită a peretelui interior (T_g): Temperatura minimă admisă a peretelui interior la ieșirea din coșul de fum.

3.44

canal de alimentare cu gaz: Component sau componente (separate sau concentrice), care au ca funcție conducerea aerului de ardere în aparatul de încălzire și transportarea produselor de ardere din aparatul de încălzire în atmosfera exterioară.

3.45

canal de alimentare cu aer: Component sau componente (separate sau concentrice), paralele cu canalele de fum, care au ca funcție conducerea aerului de ardere din atmosfera exterioară către orificiul de admisie al canalului de racordare al alimentării cu aer.

3.46

coș de fum echilibrat: Coș de fum în care punctul de intrare a aerului în canalul de alimentare cu aer este adiacent punctului de evacuare a produselor de ardere, intrarea și ieșirea fiind poziționate astfel încât să echilibreze sensibil efectele vântului.

3.47

segment de coș de fum: parte de cacul al unui coș de fum.

3.48

debit masic al condensului ($\Delta \dot{m}_D$): Masa vaporilor de apă pe unitatea de timp, conținută în gazele de ardere și formată prin condensare în aparatul de încălzire, în canalul de racordare a gazelor de ardere sau în coșul de fum.

3.49

canal de racordare al alimentării cu aer: Component sau componente care leagă ieșirea din canalul de alimentare cu aer de orificiul de admisie a aerului de ardere al aparatului de încălzire etanș, independent de aerul din spațiul de amplasare.

3.50

factor de condensare (f_k): proporția debitului masic teoretic maxim de condensare utilizabil în calcul.

4 Simboluri și abrevieri generale

4.1 Simbolurile, terminologia și unitățile de măsură sunt indicate pentru înțelegerea textului prezentului NCM în tabelele 1, 2 și 3.

4.2 Indicii adăugați simbolurilor în scopul aplicării metodei de calcul a coșurilor de fum, care deserveșc mai multe aparate de încălzire racordate se referă la un segment de coș și/sau o secțiune de conductă de racordare.

În figurile 1 și 2 sunt prezentate exemple de numerotare a indicilor.

4.3 Numerotarea indicilor trebuie să înceapă de la cel mai depărtat aparat racordat.

4.4 Pentru mai mult de un sistem/racordare în cascadă, schema de numerotare a indicilor pentru formula de calcul se recomandă să fie adoptată similar cu modul de numerotare pentru schema cu o singură cascadă.

4.5 Simbolurile atribuite unei anumite secțiuni sunt indicate prin numărul secțiunii, după virgulă (de exemplu: $H_{,1}$ – este înălțimea utilă a unei secțiuni a segmentului de coș de fum cuprins între ieșirea din conducta de racordare a aparatului de încălzire cel mai de jos și conducta de racordare a următorului aparat de încălzire).

Tabelul 1. Simboluri, terminologie și unități de măsură

Simbol	Unitate de măsură	Terminologie
A	m ²	Aria secțiunii transversale a segmentului de coș
c_p	J/(kg·K)	Capacitatea calorică specifică a gazelor de ardere
D	m	diametru
D_h	m	Diametrul hidraulic
g	m/s ²	Accelerație gravitațională = 9,81
$H_{,j}$	m	Înălțimea utilă a segmentului de coș de fum j
$H_{v,j}$	m	Înălțimea utilă a canalului de racordare j
$K_{,j}$	-	Coeficient de răcire a segmentului de coș de fum j
k_j	W/(m ² ·K)	Coeficient de transmisie termică segmentului de coș de fum j
$k_{ob,j}$	W/(m ² ·K)	Coeficient de transmisie termică la sfârșitul segmentului de coș de fum j

$K_{v,j}$	-	Coeficient de răcire a canalului de racordare j
$L_{,j}$	m	Lungimea segmentului de coș de fum j
$\dot{m}_{,j}$	kg/s	Debitul masic al gazelor de ardere pe segmnetul de coș j
$\dot{m}_{v,j}$	kg/s	Debitul masic al gazelor de ardere în canalul de racordare j
$\dot{m}_{w,j}$	kg/s	Debitul masic declarat al aparatului de încălzire j
$\dot{m}_{wc,j}$	kg/s	Debitul masic calculat al aparatului de încălzire j
N	-	Numărul aparatelor de încălzire racordate la coș
Nu	-	Numărul lui Nusselt
$Q_{min,j}$	kW	Puterea calorică minimă a aparatului de încălzire j
$Q_{N,j}$	kW	Debit de căldură convențional al aparatului de încălzire
$P_{B,j}$	Pa	Rezistența la presiunea proiectată minimă a aerului de alimentare pentru aparatul de încălzire j
$P_{BC,j}$	Pa	Rezistența calculată la presiunea (negativă) a aerului de alimentare j
$P_{H,j}$	Pa	Tirajul teoretic datorat efectului de coș în conducta de aer de alimentare a segmentului de coș j
P_L	Pa	Presiunea vitezei vântului
p_L	Pa	Presiunea aerului exterior
$P_{R,j}$	Pa	Rezistența la presiune în segmentul de coș j
Pr	-	Numărul lui Prandtl
$P_{V,j}$	Pa	Rezistența calculată la presiune, a conductei de racordare în segmentul de coș j
$P_{W,j}$	Pa	Tirajul minim al aparatului de încălzire j
$P_{WC,j}$	Pa	Tirajul calculat al aparatului de încălzire j
$P_{Wmax,j}$	Pa	Tirajul maxim al aparatului de încălzire j
$P_{WO,j}$	Pa	Presiunea maximă diferențială a aparatului de încălzire j
$P_{Woc,j}$	Pa	Presiunea diferențială calculată a aparatului de încălzire j
$P_{Womin,j}$	Pa	Presiunea minimă diferențială a aparatului de încălzire j
$P_{Z,j}$	Pa	Tirajul în orificiul de admisie în segmentul de coș j
$P_{Zmin,j}$	Pa	Tirajul minim al gazelor de ardere la orificiul de intrare în segmentul de coș j
$P_{Zmax,j}$	Pa	Tirajul maxim al gazelor de ardere la orificiul de intrare în segmentul de coș j
$P_{Ze,j}$	Pa	Tirajul minim cerut la nivelul de admisie a gazelor de ardere în segmentul de coș j
$P_{Zemax,j}$	Pa	Tiraj maxim admis la nivelul de admisie a gazelor de ardere în segmentul de coș j
$P_{ZO,j}$	Pa	Presiunea maximă pozitivă la nivelul de admisie a gazelor de ardere în segmentul de coș j
$P_{ZOmin,j}$	Pa	Presiunea minimă pozitivă la nivelul de admisie a gazelor de ardere în segmentul de coș j
$P_{ZOe,j}$	Pa	Presiunea maximă diferențială la intrarea gazelor de fum din

		segmentul de coș j
$P_{zoemin,j}$	Pa	Presiunea minimă diferențială la intrarea gazelor de fum din segmentul de coș j
R	J/(kg·K)	Constantă a gazelor pentru gazele de ardere
r	m	valoare medie a rugozității peretelui interior
Re	-	Numărul lui Reynolds
R_L	J/(kg·K)	Constantă a gazelor pentru aer
S_E	-	Coeficient de siguranță al debitului
S_H	-	Coeficient de corecție a instabilității temperaturii
$T_{e,j}$	K	Temperatura gazelor de ardere în orificiul de admisie în segmentul de coș j
$T_{g,j}$	K	Temperatura limită pentru segmentul de coș j
$T_{iob,j}$	K	Temperatura peretelui interior la ieșirea din segmentul de coș
T_L	K	Temperatura aerului exterior
$T_{m,j}$	K	Temperatura medie a gazelor de ardere în segmentul de coș j
$T_{o,j}$	K	Temperatura gazelor de ardere la ieșirea din segmentul de coș j
$T_{u,j}$	K	Temperatura aerului exterior în segmentul de coș j
$T_{W,j}$	K	Temperatură gaze de ardere din aparatul de încălzire j
$T_{Wc,j}$	K	Temperatura calculată a gazelor de ardere a aparatului de încălzire j
U	M	Parametru al segmentului interior al canalului
$w_{m,j}$	m/c	Viteza medie a gazelor de ardere în segmentul de coș j
α_i	W/(m ² ·K)	Coeficient de transfer termic
γ	°C	Unghiul de racordare dintre conducta de racordare și segmentul de coș
η_A	(N·s)/m ²	Viscozitatea dinamică a gazelor de ardere
$1/\lambda$	(m ² ·K)/W	Rezistență termică
λ_A	W/(m·K)	Coeficient de conductivitate termică
$\rho_{m,j}$	kg/m ³	Densitatea medie a gazelor de ardere în segmentul colector j
ψ	-	Coeficient de frecare al canalului în segmentul colector
ξ	-	Coeficient de rezistență la presiune pentru schimbarea direcției gazelor de ardere și amestecului în zona orificiului de admisie în segmentul de coș

Fiecare simbol și fiecare abreviere sunt explicitate după fiecare formulă în care acestea sunt utilizate. Dacă este necesar, denumirile din prezentul document pot fi completate cu unul sau mai mulți indicatori.

Tabelul 2 – Simboluri, terminologie și unități de măsură

Simbol	Terminologie	Unități de măsură
A	arie	m ²
c	capacitate calorică specifică	J/(kg·K)
c_p	capacitate calorică specifică a gazelor de ardere	J/(kg·K)
d	grosime secțiune	m
D	diametru	m
D_h	diametru hidraulic	m
H	înălțime utilă a coșului de fum	m
k	coeficient de transmisie termică	W/(m ² ·K)

K	coeficient de răcire	-
L	lungime	m
$\dot{m}$	debit masic al gazelor de ardere	kg/s
Nu	numărul lui nusselt	-
p	presiune statică	Pa
P_L	presiune atmosferică exterioară	Pa
P_B	rezistență la presiunea efectivă de alimentare cu aer	Pa
P_E	rezistența la presiunea datorată frecărilor și formei secțiunii coșului de fum	Pa
P_{FV}	rezistență utilă la presiunea din canalul de racordare a gazelor de ardere	Pa
P_G	diferență de presiune datorată schimbării vitezei gazelor de ardere în canal	Pa
P_H	tiraj teoretic disponibil datorat efectului de coș	Pa
P_{HV}	tiraj teoretic disponibil, datorat efectului de coș, din canalul de racordare a gazelor de ardere	Pa
P_L	presiune a vitezei vântului	Pa
P_{NL}	tiraj cerut pentru dispozitivele de aer secundar	Pa
P_R	rezistență la presiune a coșului de fum	Pa
P_{RV}	rezistență la presiunea din canalul de racordare a gazelor de ardere	Pa
P_W	tiraj minim al aparatului de încălzire	Pa
P_{Wmax}	tiraj maxim al aparatului de încălzire	Pa
P_{WO}	presiunea diferențială maximă a aparatului de încălzire	Pa
P_{WOmin}	presiune diferențială minimă a aparatului de încălzire	Pa
P_Z	tiraj minim la nivelul de admisie a gazelor de ardere în canal	Pa
P_{Zmax}	tiraj maxim admis la nivelul de admisie a gazelor de ardere în canal	Pa
P_{ZE}	tiraj minim cerut la nivelul de admisie a gazelor de ardere în canal	Pa
P_{ZEmax}	tiraj maxim admis la nivelul de admisie a gazelor de ardere în canal	Pa
P_{ZO}	presiune maximă pozitivă la nivelul de admisie a gazelor de ardere în canal	Pa
P_{ZOmin}	presiunea pozitivă minimă la nivelul de admisie a gazelor de ardere în canal	Pa
P_{ZOe}	presiune diferențială maximă la nivelul de admisie a gazelor de ardere în canal	Pa
P_{ZOemin}	presiune diferențială minimă la nivelul de admisie a gazelor de ardere în canal	Pa
Pr	numărul lui Prandtl	--
Q	putere utilă	kW
q_C	transfer termic din interior la suprafața exterioară	K

Q_f	debit de căldură	kW
Q_n	putere utilă nominală	kW
r	valoare medie a rugozității peretelui interior	--
R	constantă a gazelor pentru gazele de ardere	J/(kg·K)
R_L	constantă a gazelor pentru aer	J/(kg·K)
Re	numărul lui Reynolds	--
s	secțiune transversală	
S_E	coeficient de siguranță a debitului	--
S_H	coeficient de corecție a instabilității temperaturii	--
t	temperatură	°C
T	temperatură absolută	K
T_g	temperatură limită	K
T_{io}	temperatură perete interior la ieșirea din canal	K
T_{iob}	temperatură perete interior la ieșirea din canal la temperatura din canal	K
T_L	temperatură atmosferică exterioară	K
T_m	temperatură medie a gazelor de ardere	K
T_p	punct de rouă al apei	K
T_{sp}	temperatură de condensare	K
T_u	temperatură aer ambiant	K
T_{ub}	temperatură aer ambiant în sala aparatelor de încălzire	K
T_{uh}	temperatură aer ambiant în zonele încălzite	K
T_{uo}	temperatură aer ambiant la ieșirea din canal	K
T_{ul}	temperatură aer ambiant a zonelor exterioare a construcției	K
T_{uu}	temperatură aer ambiant a zonelor neîncălzite din construcție	K
T_W	temperatură gaze de ardere din aparat	K
T_{WN}	temperatura gazelor de ardere din aparat la puterea utilă nominală	K
T_{Wmin}	temperatură gaze de ardere din aparat la puterea utilă cea mai scăzută posibilă	K
U	parametru al segmentului interior al canalului	m
W	viteză medie a secțiunii transversale	m/c
w_m	viteză medie pe o lungime definită	m/s
y	valoare de formă	--
z	înălțime deasupra nivelului mării	m
α	coeficient de transfer termic	W/(m ² ·K)
β	raport dintre debitul maxim al aerului de ardere și debitul masic al gazelor de ardere	
λ	unghi dintre direcțiile debitului	° C
δ	grosime perete	m

ζ	coeficient de rezistență la curgere, datorat schimbării debitului masic și/sau secțiunii transversale și/sau direcției gazelor de ardere	
η	viscozitate dinamică	N·s/m ²
η_w	randament al aparatului de încălzire	--
η_{wN}	randament al aparatului de încălzire la putere utilă nominală	--
λ	coeficient de conductivitate	W/(m·K)
ρ	densitate	kg/m ³
ρ_L	densitate a aerului exterior	-
ρ_m	densitate medie a gazelor de ardere pe o lungime definită și pe secțiunea transversală	kg/m ³
$\sigma(CO_2)$	concentrație de CO ₂ în volum	%
$\sigma(H_2O)$	concentrație de H ₂ O (vapori), în volum	%
σ_{Rad}	coeficient de radiație al corpurilor negre	W/(m ² ·K ⁴)
ψ	coeficient de rezistență la curgere al gazelor de ardere datorat rugozității	----
$\left(\frac{1}{\Lambda}\right)$	rezistență termică	m ² ·K/W

Tabelul 3 – Indici suplimentari

Simbol	Terminologie	Unități de măsură
a	exterior	—
A	gaze de ardere	—
b	stare la temperatura de echilibru	—
B	aer de ardere	—
e	intrare	—
G	schimbare de viteză	—
i	interior	—
L	aer liber (exterior)	—
m	valoare medie	—
M	amestec	—
n	indice de numărare	—
N	valoare nominală	—
NL	aer secundar	—
o	ieșire din coșul de fum	—
O	presiune pozitivă	—
tot	total, pe toate secțiunile (segmentele)	—
u	aer ambiant	—
V	canal de racordare a gazelor de ardere	—
W	aparat de încălzire	—

5 Metodă de calcul

5.1 Principii generale

5.1.1 Calculul se bazează pe determinarea distribuției debitului masic în coșul de fum.

5.1.2 Condiția de echilibru a presiunii (formula 1) trebuie să se efectueze la fiecare orificiu de admisie a gazelor de ardere în coșul de fum (a se vedea figura 1).

5.1.3 Atunci când această distribuție a fost definită, următoarele patru cerințe trebuie verificate:

- 1) cerința privind debitul masic (formulele 4 și 5);
- 2) cerința de tiraj minim sau de presiune pozitivă maximă (formulele 6 sau 6b și 6c);
- 3) cerința de tiraj maxim sau de presiune minimă pozitivă (formula 6a sau 6d);
- 4) cerința referitoare la temperatură (formula 7).

NOTĂ:

1. Calculul este influențat de proiectul de instalare specific. Pentru recomandări de instalare a aparatelor și canalele de racordare, a se vedea Anexa B.

2. Cerințele de presiune pentru tirajul maxim sau presiunea minimă pozitivă sunt cerute numai dacă există o limită a tirajului maxim pentru (presiune negativă) a aparatului de încălzire sau presiunea minimă diferențială (presiune pozitivă) a aparatului de încălzire.

5.1.4 Pentru verificarea criteriului sunt utilizate două seturi de condiții:

- calculul tirajului minim și presiunea maximă pozitivă (tirajul) este realizat în condițiile pentru care capacitatea coșului este minimă (adică, temperatura exterioară crescută); și de asemenea
- calculul tirajului maxim sau presiune minimă pozitivă și temperatura peretelui interior cu condițiile pentru care temperatura interioară a coșului este minimă (adică temperatura exterioară este scăzută).

5.1.5 Validarea cerinței de debit masic și a celei de presiune trebuie efectuate în următoarele condiții de funcționare, utilizând temperatura aerului exterior și ambiant, specificate în EN 13384-1:

- toate aparatele de încălzire funcționează simultan la puterea calorică nominală;
- toate aparatele de încălzire funcționează simultan la puterea calorică minimă;
- un singur aparat de încălzire funcționează la puterea calorică nominală, iar celelalte aparate sunt oprite (toate cazurile posibile);
- un singur aparat de încălzire funcționează la puterea calorică minimă, iar celelalte aparate sunt oprite (toate cazurile posibile).

5.1.6 Dacă, ca urmare a reglajelor instalației se garantează că nu toate aparatele vor funcționa simultan, validarea cerinței de debit masic al gazelor de ardere și a cerinței de presiune, pot fi date de numărul maxim de aparate de încălzire care sunt în funcțiune, în cele mai defavorabile condiții.

5.1.7 Validarea cerinței de debit masic al gazelor de ardere și a cerinței de presiune pentru condițiile de funcționare cu aparate de încălzire la puterea calorică minimă, nu se cere în următoarele cazuri:

- aparatele de încălzire nu dispun de niciun interval de putere calorică;

- aparatele de încălzire au putere calorică limitată la valoarea indicată pe eticheta aparatului. În acest caz puterea calorică nominală este cea indicată pe etichetă;
- aparatele de încălzire funcționează cu combustibili solizi, fără ventilator sau aparat pentru aer suplimentar dirijat.

5.1.8 Validarea cerinței de debit masic al gazelor de ardere, în condiții de funcționare cu aparate de încălzire la putere nominală, nu se cere în cazul când aparatele de încălzire au un debit masic al gazelor de ardere, la puterea calorică minimă, mai mare sau egală cu cea a debitului masic la puterea calorică nominală.

5.1.9 Cerința de temperatură trebuie validată pentru următoarele condiții de funcționare relevante, folosind temperaturile mediului ambiant și a aerului exterior conform EN 13384-1:

- aparatele de încălzire cu combustibili solizi, fără ventilator și aparate de încălzire cu reglare a aerului suplimentar, care sunt în funcțiune la puterea calorică nominală;
- aparatele de încălzire cu întrerupător de triaj, prevăzute numai pentru apă caldă, care sunt scoase din funcțiune. Aceste aparate de încălzire funcționează cu o cantitate corespunzătoare de aer secundar (acestea funcționează numai pentru scurt timp și se poate accepta că, procesul de condensare nu cauzează degradări sau riscuri de securitate);
- aparatele de încălzire cu domeniu de putere stabilit, sunt în funcțiune la această putere calorică (nominală);
- toate cecelalte aparate de încălzire sunt în funcțiune la puterea calorică minimă.

5.1.10 Când coșurile de fum corespunzătoare pentru funcționare în mediu umed sunt amplasate în interiorul unei clădiri, verificarea cerinței de temperatură este necesară numai pentru partea terminală a coșului.

Validarea cerinței de temperatură nu este necesară atunci când coșul deservește numai un încălzitor cu recirculare de apă caldă, funcționând cu gaz convențional și încălzitoare de apă caldă cu gaz convențional, cu acumulare.

5.1.11 Dacă sistemul de coș include un întrerupător de tiraj, sistemul este tratat ca un sistem în cascadă.

5.2 Condițiile pentru presiunea de echilibru

5.2.1. Coșuri de fum la presiune negativă

Trebuie îndeplinite formulele următoare pentru fiecare segment de coș de fum j în toate condițiile de funcționare relevante:

$$|P_{Z,j} - P_{Ze,j}| \leq 0,1, \text{ Pa} \quad (1)$$

$$P_{Z,j} = -P_L + \sum_{k=j}^N (P_{H,k} - P_{R,k}), \text{ Pa} \quad (2)$$

$$P_{Ze,j} = P_{Wc,j} + P_{V,j} + P_{Bc,j}, \text{ Pa} \quad (3)$$

în care:

$P_{Z,j}$ – tirajul gazelor la orificiul de intrare în segmentul de coș j, în Pa;

$P_{H,k}$ – tirajul teoretic datorat efectului de coș în segmentul de coș k, în Pa;

$P_{R,k}$ – rezistența la presiunea din segmentul de coș k, în Pa;

$P_{Wc,j}$ – tirajul calculat al aparatului de încălzire, în Pa;

$P_{V,j}$ – rezistența la presiune calculată a conductei de racordare a segmentului de coș j, în Pa;

$P_{Bc,j}$ – rezistența la presiunea calculată a aerului de alimentare pentru aparatul de încălzire j, în Pa;

$P_{Ze,j}$ – tirajul cerut la orificiul de intrare a gazelor în segmentul de coș j, în Pa;

P_L – presiunea vitezei vântului, în Pa;

N – numărul aparatelor de încălzire.

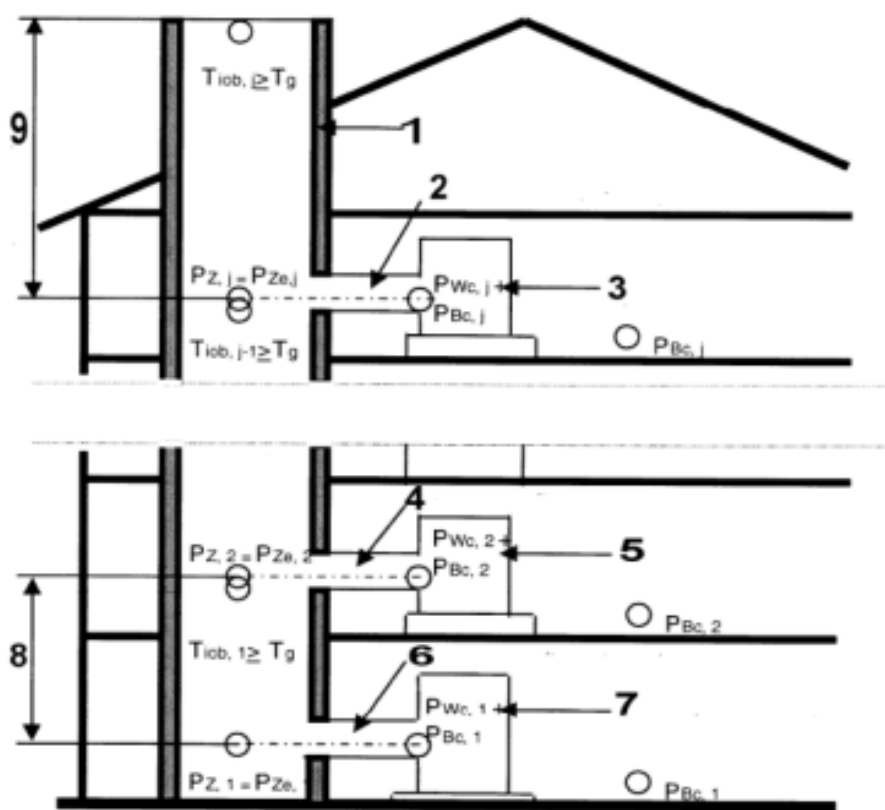


Figura 1. Exemplu de dispunere a racordurilor multiple și numerotarea valorilor de presiune și a valorilor de temperatură ale coșului de fum, care deservește mai multe aparate de încălzire

Legendă

- 1 coș de fum. 2 conductă de racordare j. 3 aparat de încălzire j. 4 conductă de racordare 2. 5 aparat de încălzire 2. 6 conductă de racordare 1. 7 aparat de încălzire 1. 8 segment de coș 1. 9 segment de coș j

5.2.2. Coșuri de fum la presiune pozitivă

Trebuie îndeplinite formulele următoare pentru fiecare segment de coș de fum j în toate condițiile de funcționare relevante:

$$\left| P_{ZOe,j} - P_{ZO,j} \right| \leq 0.1, \text{ Pa} \quad (3a)$$

$$P_{ZO,j} = P_L + \sum_{k=j}^N (P_{R,k} - P_{H,k}), \text{ Pa} \quad (3b)$$

$$P_{ZOe,j} = P_{WOc,j} - P_{V,j} - P_{Bc,j}, \text{ Pa} \quad (3c)$$

în care:

$P_{ZO,j}$ – presiunea pozitivă a gazelor de ardere la orificiul de intrare în segmentul de coș j , în Pa;

$P_{H,k}$ – tirajul calculat datorat efectului de coș în segmentul de coș k , în Pa;

$P_{R,k}$ – rezistența la presiune în segmentul de coș k , în Pa;

$P_{WOc,j}$ – presiunea maximă diferențială pozitivă calculată pentru aparatul de încălzire j , în Pa;

$P_{V,j}$ – rezistența calculată la presiune, a conductei de racordare în segmentul de coș j , în Pa;

$P_{Bc,j}$ – rezistența la presiunea calculată a aerului de alimentare pentru aparatul de încălzire j , în Pa;

$P_{ZOe,j}$ – presiunea maximă diferențială la intrarea gazelor de fum din segmentul de coș j , în Pa;

P_L – presiunea vitezei vântului, în Pa;

N – numărul de aparate de încălzire.

5.3 Cerința de debit masic

Trebuie să se verifice formulele 4 respectiv 5 pentru toate condițiile de funcționare relevante (a se vedea 5.6).

Pentru fiecare aparat de încălzire în funcțiune la putere calorică nominală sau minimă:

$$\dot{m}_{wc,j} \geq \dot{m}_{w,j}, \text{ kg/c} \quad (4)$$

și pentru fiecare aparat de încălzire scos din funcțiune:

$$\dot{m}_{wc,j} \geq 0, \text{ kg/c} \quad (5)$$

în care:

$\dot{m}_{wc,j}$ – debitul masic calculat al aparatului de încălzire, kg/s;

$\dot{m}_{w,j}$ – debitul masic declarat al aparatului de încălzire, kg/s.

Acolo unde se aplică o clapetă de obturare, rezistența la debit trebuie să se ia 0, dacă nu sunt disponibile date adiționale.

5.4 Cerințe de presiune

5.4.1. Coșuri la presiune negativă

Suplimentar, pentru coșurile la presiune negativă, se verifică dacă presiunea negativă (tirajul minim) din coșul de ($P_{Z,j}$), este mai mare sau egală cu presiunea negativă din spațiul în care se află amplasat aparatul de încălzire la tirajul calculat la condițiile pentru aerul de alimentare.

Verificarea cerinței de presiune trebuie efectuată folosind aceleași condiții specificate pentru verificarea cerinței de debit masic (a se vedea 5.3 și 5.6). Trebuie să se verifice formulele următoare:

$$P_{Z,j} > P_{Bc,j}, \text{ Pa} \quad (6)$$

în care:

$P_{Z,j}$ – tirajul în orificiul de admisie în segmentul de coș j , în Pa;

$P_{Bc,j}$ – rezistența calculată la presiune a aerului de alimentare a aparatului de încălzire j , în Pa.

Dacă se cere, se verifică suplimentar dacă presiunea negativă (tirajul) în coș ($P_{Zmax,j}$) este mai mică sau egală cu tirajul maxim autorizat ($P_{Zemax,j}$), al aparatului de încălzire.

Formula 6a trebuie verificată pentru toate condițiile de funcționare relevante (a se vedea 5.6).

Verificarea acestei cerințe de presiune trebuie efectuată prin calcul distinct utilizând noile debite masice, care îndeplinesc condițiile de echilibru al presiunilor pentru temperatura aerului exterior de $T_L = 258,15 \text{ K}$ ($t_L = \text{minus } 15 \text{ }^\circ\text{C}$ conform EN 13384-1).

$$P_{Zmax} = \sum_{k=j}^N (P_{H,k} - P_{R,k}) \leq P_{Wmax,j} + P_{V,j} + P_{Bc,j} = P_{Zemax,j}, \text{ Pa} \quad (6a)$$

în care:

$P_{Zmax,j}$ – tirajul maxim al gazelor de ardere la orificiul de intrare în segmentul de coș j , în Pa;

$P_{Zemax,j}$ – tirajul maxim autorizat al gazelor de ardere la orificiul de intrare în segmentul de coș j , în Pa;

$P_{H,k}$ – tirajul calculat datorat efectului de coș în segmentul k , în Pa;

$P_{R,k}$ – rezistența la presiune a segmentului k , în Pa;

$P_{Wmax,j}$ – tirajul maxim pentru aparatul de încălzire j , în Pa;

$P_{V,j}$ – rezistența la presiune calculată în canalul de racordare a segmentului de coș j , în Pa;

$P_{Bc,j}$ – rezistența la presiune calculată la intrarea aerului în aparatul de încălzire j , în Pa.

NOTĂ: Valorile $P_{H,k}$ și $P_{R,k}$ din formulele (2) și (6a) sunt în general diferite din cauza condițiilor diferite.

5.4.2. Coșuri la presiune pozitivă

Suplimentar, pentru coșurile la presiune pozitivă, se verifică dacă presiunea maximă pozitivă din canalul de racordare ($P_{ZO,j} + P_{V,j}$) și din coșul de fum ($P_{ZO,j}$) nu este mai mare decât suprapresiunea pentru care cele două sunt proiectate ($P_{ZVexcess}$ și $P_{Zexcess}$).

Verificarea cerinței de presiune trebuie să se facă folosind aceleași condiții specificate pentru verificarea cerinței de debit masic (a se vedea 5.3 și 5.6). Trebuie să se verifice formulele următoare:

$$P_{ZO,j} \leq P_{Zexcess}, \text{ Pa} \quad (6b)$$

$$(P_{ZO,j} + P_{V,j}) \leq P_{ZVexcess}, \text{ Pa} \quad (6c)$$

în care:

$P_{ZO,j}$ – presiunea pozitivă la intrarea gazelor de ardere în segmentul al coșului de fum j, în Pa;

$P_{V,j}$ – rezistența la presiunea calculată a canalului de racordare al segmentului j, în Pa;

$P_{Zexcess}$ – este presiunea maximă autorizată de proiectantul coșului de fum, în Pa;

$P_{ZVexcess}$ – este presiunea maximă autorizată de proiectantul canalului de racordare, în Pa.

Dacă se cere, se verifică suplimentar că presiunea pozitivă minimă în coș ($P_{ZOmin,j}$) este mai mare sau egală cu presiunea pozitivă minimă autorizată ($P_{ZOemin,j}$) al aparatului de încălzire.

Formula (6d) trebuie verificată pentru toate condițiile de funcționare relevante (a se vedea 5.6).

Verificarea acestei cerințe de presiune trebuie efectuată prin calculul distinct utilizându-se noile debite masice care îndeplinesc condițiile de echilibru al presiunilor pentru temperatura aerului exterior de $T_L = 258,15 \text{ K}$ ($t_L = \text{minus } 15^\circ \text{C}$ conform EN 13384-1).

$$P_{ZOmin,j} = \sum_{k=j}^N (P_{R,k} - P_{H,k}) \geq P_{WOmin,j} - P_{Bc,j} - P_{V,j} = P_{ZOemin,j}, \text{ Pa} \quad (6d)$$

în care:

$P_{ZOmin,j}$ – presiunea pozitivă minimă la intrarea gazelor de ardere în segmentul de coș j, în Pa;

$P_{ZOemin,j}$ – presiunea diferențială minimă la intrarea gazelor de ardere în segmentul de coș j, în Pa;

$P_{H,k}$ – tirajul teoretic datorat efectului de coș în segmentul de coș k, în Pa;

$P_{R,k}$ – rezistența la presiune în segmentul de coș j, în Pa;

$P_{WOmin,j}$ – presiunea pozitivă minimă a aparatului de încălzire j, în Pa;

$P_{Bc,j}$ – rezistența la presiune calculată la alimentarea cu aer a aparatului de încălzire j, în Pa;

$P_{V,j}$ – rezistența la presiune calculată la canalul de racordare a segmentului de coș j, în Pa.

NOTĂ: Valorile $P_{H,k}$ și $P_{R,k}$ în formulele (3b) și (6d) sunt în general diferite pentru că condițiile sunt diferite.

5.5 Cerința de temperatură

Trebuie să se verifice formula 7 pentru toate condițiile de funcționare relevante (a se vedea 5.6).

Verificarea cerinței de temperatură trebuie efectuată printr-un calcul separat utilizând debitul masic din canal calculat ultimul, care îndeplinește condițiile de echilibru al presiunii, la o temperatură a aerului exterior $T_{uo,j}$ (conform EN 13384-1):

$$T_{iob,j} \geq T_{g,j}, K \quad (7)$$

în care:

$T_{iob,j}$ – temperatura peretelui interior la ieșirea din segmentul de coș j , K;

$T_{g,j}$ – temperatura limită pentru segmentul de coș j , K.

Temperatura limită $T_{g,j}$ pentru coșurile de fum, corespunzătoare pentru condiții de funcționare în mediu uscat, este egală cu temperatura de condensare $T_{sp,j}$ a gazului (conform 8.6): $T_{g,j} = T_{sp,j}$.

Temperatura limită $T_{g,j}$ pentru coșurile de fum corespunzătoare pentru condiții de funcționare în mediu umed, este egală cu temperatura de îngheț al apei: $T_{g,j} = 273,15$ K.

NOTĂ:

Următoarele cazuri sunt excepții de la asigurarea cerinței de temperatură, aceasta însemnând că în cazul în care este acceptată neîndeplinirea cerinței de temperatură, nu se recomandă să existe o garanție că nu se va forma umiditate.

În aceste cazuri se recomandă izolarea termică:

- aparatele de încălzire înlocuite, racordate la un coș existent, care este deja în funcțiune și;
- puterea calorică a aparatelor de încălzire care sunt racordate și/sau înlocuite nu depășește 30 kW pentru fiecare și;
- pierderile de gaze de ardere prin coș sunt mai mici sau egale cu 8%;
- o circulație eficientă a aerului prin coș în perioada de nefuncționare este asigurată de întrerupătorul de tiraj sau clapete de obturare și;
- există suficiente perioade de nefuncționare (de exemplu puterea calorică minimă în regim staționar a aparatului de încălzire, care nu este mai scăzută de 20% din necesarul de căldură).

5.6 Procedura de calcul

Pentru calculul valorilor presiunii și temperaturii în coșul de fum care deservește mai multe aparate de încălzire, este necesară o procedură iterativă.

Această procedură de calcul se bazează pe utilizarea formulelor de conservare a masei și energiei în condiții de regim cvasistaționar.

În fiecare punct de conectare între diferitele conducte (la capătul conductelor de racordare, la începutul și capătul segmentelor de coș), la toate nodurile considerate (a se vedea figura 2), trebuie să se folosească următoarea procedură – debitul masic și temperatura trebuie calculate cu formulele 8 și 9.

$$\dot{m}_{j-1} + \dot{m}_{V,j} = \dot{m}_j, \text{ kg/s} \quad (8)$$

$$\dot{m}_{j-1} * c_{p,j-1} * T_{o,j-1} + \dot{m}_{V,j} * c_{pV,j} * T_{oV,j} = \dot{m}_j * c_{p,j} * T_{e,j}, \text{ Дж/с} \quad (9)$$

în care:

$\dot{m}_{j-1}$ – debitul masic al segmentului de coș j-1, în kg/s;

$\dot{m}_{V,j}$ – debitul masic în conducta de racordare j, în kg/s;

$\dot{m}_j$ – debitul masic în segmentul de coș j, în kg/s;

$c_{p,j-1}$ – capacitatea calorică specifică a gazelor de ardere în segmentul de coș j-1, în J/(kg·K);

$c_{pV,j}$ – capacitatea calorică specifică a gazelor de ardere în conducta de racordare j, în J/(kg·K);

$c_{p,j}$ – capacitatea calorică specifică a gazelor de ardere în segmentul de coș j, în J/(kg·K);

$T_{o,j-1}$ – temperatura gazelor de ardere la ieșirea din segmentul de coș j-1, în K;

$T_{oV,j}$ – temperatura gazelor de ardere la ieșirea din conducta de racordare j, în K;

$T_{e,j}$ – temperatura gazelor de ardere în orificiul de admisie în segmentul de coș j, în K.

Tirajul sau presiunea pozitivă la începutul segmentului de coș (în punctul 3), provine din tirajul sau presiunea pozitivă a acestor segmente de coș și din toate secțiunile succesive, conform formulei 2.

NOTĂ: Dacă debitul masic al aparatului de încălzire nu variază mai mult de 10% față de valoarea nominală într-un interval cuprins între valoarea nominală și valoarea calculată pentru tiraj sau presiune pozitivă, nu este necesară o iterație. În acest caz trebuie îndeplinite cerințele din EN 13384-1, 5.2.1 sau 5.2.2 pentru fiecare aparat.

Pentru fiecare iterație trebuie să se obțină următorii parametri:

- Pentru fiecare nod j, presiunea reală ($P_{ze,j}$, $P_{z,j}$ sau $P_{ZOe,j}$, $P_{ZO,j}$ și când se cere $P_{Zemax,j}$, $P_{Zmax,j}$ sau $P_{ZOemin,j}$, $P_{ZOmin,j}$) și valorile de temperatură ($T_{o,j-1}$ în punctul 1, $T_{oV,j}$ în punctul 2, $T_{e,j}$ în punctul 3);
- Pentru fiecare secțiune dintre două noduri, valorile medii ale temperaturii reale, debitul masic și viteza gazelor.

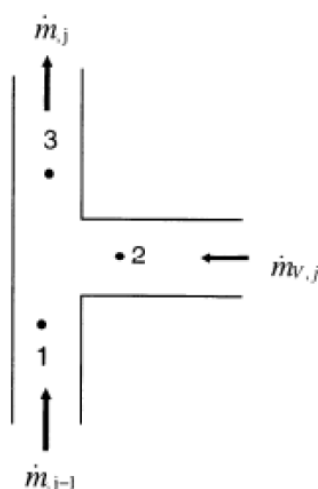


Figura 2 – Notarea și numerotarea debitului masic pentru fiecare nod j (a se vedea formulele 8 și 9)

Înainte de prima iterație, este necesară o estimare a debitului masic calculat al gazelor la ieșirea din aparatul de încălzire. Este posibil să se utilizeze o valoare de pornire a debitului masic al aparatului de încălzire $\dot{m}_{w,j}$.

Fiecare iterație constă din următoarele două faze:

Faza 1: Variabilele de calcul pornind din nodul cel mai de jos până la ieșirea în atmosferă după cum urmează:

- Debitul masic calculat/estimat al gazelor de ardere la ieșirea din aparat;
- Pentru fiecare conductă de racordare se calculează debitul masic (formula 14):
 - densitatea medie a debitului masic (formula 29)
 - viteza medie a gazelor de ardere din canal (formula 30)
 - temperatura gazelor de ardere la ieșirea din canal (conform EN 13384-1, 5.8);
 - temperatura gazelor de ardere la ieșirea din canal (conform EN 13384-1, 5.8).
- pentru fiecare segment al coșului de fum se calculează debitul masic după confluența pe fiecare segment (punctul 3 din figura 2) (formula 13);
 - temperatura gazelor de ardere după confluență (formula 15);
 - densitatea medie a gazelor de ardere (formula 27);
 - viteza medie a gazelor de ardere (formula 28);
 - temperatura gazelor de ardere la ieșire din canal (conform EN 13384-1, 5.8);
 - temperatura medie a gazelor de ardere (conform EN 13384-1, 5.8).

Faza 2: Valorile de calcul ale tirajului sau presiunea pozitivă în fiecare nod de trecere a conductei de gaze de evacuare, pornind de la ieșirea din atmosferă până în nodul de jos care este la cea mai mare distanță:

- tirajul necesar sau presiunea diferențială disponibilă la intrarea gazelor în coș (formula 3 sau 3 c);
- tirajul datorat efectului de coș la intrarea în segmentul de coș (formula 31);
- rezistența la presiune în segmentul de coș (formula 32);
- tirajul la intrare sau presiunea pozitivă în segmentul de coș (formula 2 sau 3b).

Iterația descrisă mai sus (faza 1 și faza2) la condițiile de lucru luate în considerare (de exemplu, la sarcină nominală, minimă și scos din funcțiune), trebuie continuate până se îndeplinește condiția presiunii de echilibru (formula 1).

Când condiția de presiune de echilibru este îndeplinită, valoarea calculată la ultima iterație poate fi considerată, conform normelor standardului, ca fiind cea de funcționare a coșului.

Dacă condiția de echilibru nu este îndeplinită, se estimează o nouă valoare a lui m_w , bazată pe diferențele stabilite între $P_{Z,j}$ și $P_{Ze,j}$ sau $P_{ZO,j}$ și $P_{ZOe,j}$ și trebuie să se facă o nouă iterație.

6 Date privind gazele de ardere, caracteristice aparatului de încălzire

Pentru calculul valorilor de temperatură și presiune trebuie să se specifice datele relevante privind gazele de ardere care caracterizează aparatul de încălzire. Aceasta cuprinde:

- tirajul minim declarat sau presiunea maximă diferențială declarată al aparatului de încălzire ($P_{w,j}$ sau $P_{wo,j}$);
- temperatura declarată a gazelor aparatului de încălzire ($t_{w,j}$).

Ambele valori trebuie indicate în expresie în funcție de debitul masic al gazelor de ardere al aparatului de încălzire, în condiții de lucru variate (în funcțiune, scos din funcțiune).

Tirajul calculat $P_{wc,j}$ sau presiunea diferențială $P_{woc,j}$ al aparatului de încălzire trebuie indicat pentru ambele condiții de lucru, sub forma polinomului de gradul 4 (formula 10).

$$P_{wc,j} = b_0 + b_1 * \left(\frac{\dot{m}_{wc,j}}{\dot{m}_{wj}} \right) + b_2 * \left(\frac{\dot{m}_{wc,j}}{\dot{m}_{wj}} \right)^2 + b_3 * \left(\frac{\dot{m}_{wc,j}}{\dot{m}_{wj}} \right)^3 + b_4 * \left(\frac{\dot{m}_{wc,j}}{\dot{m}_{wj}} \right)^4, \text{ Pa} \quad (10)$$

$$P_{woc,j} = c_0 + c_1 * \left(\frac{\dot{m}_{wc,j}}{\dot{m}_{wj}} \right) + c_2 * \left(\frac{\dot{m}_{wc,j}}{\dot{m}_{wj}} \right)^2 + c_3 * \left(\frac{\dot{m}_{wc,j}}{\dot{m}_{wj}} \right)^3 + c_4 * \left(\frac{\dot{m}_{wc,j}}{\dot{m}_{wj}} \right)^4, \text{ Pa} \quad (10a)$$

$$t_{wc,j} = y_0 + y_1 * \left(\frac{\dot{m}_{wc,j}}{\dot{m}_{w,j}} \right)^{y_2}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (11)$$

în care:

b_0, b_1, b_2, b_3, b_4 – factori pentru polinom în formula pentru calculul tirajului aparatului de încălzire j;

y_0, y_1, y_2 – factori exponențiali în formula de calcul a temperaturii gazelor de ardere al aparatului de încălzire j;

$\dot{m}_{wc,j}$ – debitul masic calculat al aparatului de încălzire j, în kg/s;

$\dot{m}_{w,j}$ – debitul masic declarat al aparatului de încălzire j, în kg/s;

$P_{wc,j}$ – tirajul calculat al aparatului de încălzire, în Pa;

$P_{woc,j}$ – presiunea diferențială calculată a aparatului de încălzire, în Pa;

$T_{wc,j}$ – temperatura calculată a gazelor de ardere al aparatului de încălzire, °C;

c_0, c_1, c_2, c_3, c_4 – factorii pentru polinomul formulei diferenței de presiune calculată al aparatului de încălzire j.

Pentru coșurile de fum la presiune negativă, b și y trebuie să se obțină separat pentru condițiile „în funcțiune” și „oprit”.

În cazul în care aceste valori nu sunt indicate, datele gazelor de ardere care caracterizează aparatul de încălzire, sunt indicate în Anexa B.

Pentru coșurile de fum la presiune pozitivă, valorile c și y trebuie obținute pentru condițiile „în funcțiune”, pentru datele constructorului aparatelor de încălzire.

NOTA 1:

Dacă datele pentru condițiile „în funcțiune” nu sunt disponibile, calculul nu este posibil.

Pentru condiția „oprit” c_0, c_1, c_3, c_4 и y_0, y_1, y_2 trebuie să fie 0 și $c_2 = -1000000$.

NOTA 2:

Pentru aplicații la presiune pozitivă, validarea debitului masic depinde de imposibilitatea refulării gazelor de ardere prin aparatul de încălzire oprit.

În completare trebuie să se declare concentrația, în volume, de CO_2 , a gazelor de ardere la condiții de lucru relevante (putere calorică nominală și puterea calorică minimă a aparatului ($\sigma(CO_2)_{w,j}$).

Conținutul de CO_2 declarat al gazelor de ardere pentru două condiții de lucru, se poate, de asemenea, determina utilizând tabelele B.1 și B.2 EN 13384-1.

Conținutul de CO_2 calculat al gazelor de ardere al aparatului de încălzire j $\sigma(CO_2)_{w,j}$ trebuie să se determine pentru două condiții de lucru „în funcțiune la puterea calorică nominală” și „în funcțiune la puterea calorică minimă” utilizându-se formula următoare:

- pentru aparatele de încălzire cu combustibil lichid sau gazos și aparate de încălzire cu combustibil solid cu alimentare automatizată

$$\sigma(CO_2)_{w,j} = \frac{1}{\left(\frac{\dot{m}_{wc,j}}{\dot{m}_{w,j}}\right) \frac{1}{\sigma(CO_2)_{w,j}} \left[\left(\frac{\dot{m}_{wc,j}}{\dot{m}_{w,j}}\right) - 1\right] \frac{f_{m2}}{f_{m1}}}, \% \quad (12)$$

- în alte cazuri

$$\sigma(CO_2)_{wc,j} = \sigma(CO_2)_{w,j}$$

în care:

$\sigma(CO_2)_{w,j}$ – conținutul de CO_2 declarat al gazelor de ardere din canalul aparatului de încălzire j, în vol. %;

$\sigma(CO_2)_{wc,j}$ – conținutul de CO_2 calculat al gazelor de ardere aparatului din canalul aparatului de încălzire j, în vol. %;

f_{m1}, f_{m2} – coeficienți conform EN 13384-1;

$\dot{m}_{wc,j}$ debitul masic calculat al gazelor din canalul aparatului de încălzirej, în kg/s;

$\dot{m}_{w,j}$ – debitul masic declarat al gazelor de ardere al aparatului de încălzire j, kg/s;

Pentru calculul coșului de fum la presiune negativă, valoarea tirajului maxim pentru aparatul de încălzire P_{wmax} și pentru calculul coșului de fum la presiune pozitivă valoarea minimă a diferenței de presiune a aparatului de încălzire P_{wOmin} trebuie obținută de la producătorul aparatului de încălzire, dacă este cazul.

7 Date privind coșul de fum și conductele de racordare

Valoarea rugozității medii pentru peretele interior (r_j și/sau ($r_{v,j}$) și rezistența termică ($[1/\lambda]_{j,i}$) și/sau $[1/\lambda]_{v,j}$) pentru fiecare conductă de racordare și fiecare segment de coș de fum, trebuie identificate (conform EN 13384- 1, 5.6.2).

8 Date fundamentale de calcul

Datele fundamentale pentru calcul trebuie identificate pentru fiecare segment de coș, în afară de cazul când se specifică altfel.

8.1 Temperatura aerului

8.1.1. Temperatura aerului exterior (T_L)

Pentru calculul temperaturii aerului exterior (T_L) se efectuează conform EN 13384-1, 5.7.1.2, pentru toate segmentele de coș de fum este relevantă o singură valoare.

8.1.2. Temperatura aerului ambiant (T_u)

Pentru calculul temperaturii mediului ambiant (T_u) se efectuează conform EN 13384-1, 5.7.1.3.

8.2 Presiunea aerului exterior (p_L)

Pentru calculul presiunii aerului exterior (p_L) se efectuează conform EN 13384-1, 5.7.2, este relevantă o singură valoare pentru toate segmentele de coș de fum.

8.3 Constanta gazelor

8.3.1. Constanta gazelor pentru aer (R_L)

Pentru calculul constantei gazelor pentru aer (R_L) se efectuează conform EN 13384-1, 5.7.3.1, este relevantă o singură valoare pentru toate segmentele de coș de fum.

8.3.2. Constanta gazelor pentru gazele de ardere (R)

Pentru calculul constantei gazelor (R) se efectuează conform EN 13384-1, 5.7.3.2. Pentru amestec de gaze se utilizează formula 19 din prezentul NCM.

8.6 Densitatea aerului (ρ_L)

Pentru calculul densității aerului (ρ_L) se efectuează conform EN 13384-1, 5.7.4.

Pentru toate segmentele de coș de fum este relevantă o singură valoare.

8.4 Capacitatea calorică specifică a gazelor de ardere (c_p)

Pentru calculul capacității calorice specifice a gazelor (c_p) se efectuează conform EN 13384-1, 5.7.5.

Pentru amestec de gaze se utilizează formulele 20, 21, 22 al prezentului NCM.

8.6 Conținutul de vapori de apă ($\sigma(H_2O)_{ij}$) și temperature de condensare (T_{sp})

Pentru calculul conținutului de vapori de apă ($\sigma(H_2O)_{ij}$) și a temperaturii de condensare (T_{sp}) se efectuează conform EN 13384-1, 5.7.6.

Pentru amestec de gaze se folosește formula 18 al prezentului NCM.

8.7 Coeficientul de corecție a instabilității temperaturii (S_H)

Pentru toate segmentele de coș de fum este relevantă o singură valoare.

Pentru verificarea cerinței de debit masic și verificarea cerinței de presiune pentru tirajul minim și presiunea pozitivă maximă, $S_H = 0,5$ trebuie să se utilizeze pentru fiecare segment de coș pentru tirajul maxim sau presiunea pozitivă minimă, coeficientul de corecție a instabilității temperaturii S_H trebuie să fie 1.

8.8 Coeficient de siguranță al debitului (S_E)

Pentru calculul tirajului minim al coșului la presiune negativă, trebuie să se utilizeze un coeficient de siguranță $S_E = 1,5$, exceptând valoarea de $1,2$, care trebuie folosită la aparatele de încălzire strict controlate și la instalațiile coșului de fum (de exemplu, instalații industriale cu supraveghere permanentă) și pentru aparatele de încălzire etanșe cu arzător cu ventilator.

Pentru calculul la presiunea pozitivă maximă a coșurilor de fum cu presiune pozitivă, coeficientul de siguranță al debitului trebuie să fie $S_E = 1,2$.

Pentru canalul de alimentare cu aer, coeficientul de siguranță al debitului trebuie să fie $S_{EB} = 1,2$.

Pentru calculul tirajului maxim sau presiunii pozitive minime, coeficienții de siguranță S_E și S_{EB} trebuie să fie 1.

8.9 Coeficient exterior de transfer termic

Pentru calculul coeficientului exterior de transfer termic se efectuează conform EN 13384-1, 5.8.3.3.

9 Determinarea temperaturilor

În conformitate cu EN 13384-1, 5.8, trebuie să se determine următoarele valori de temperatură:

- temperaturile calculate ale gazelor de ardere a aparatului de încălzire ($T_{wc,j}$), folosind datele gazelor de ardere ale aparatului (formula 11);
- temperaturile medii ale gazelor de ardere din conductele de racordare ($T_{mv,j}$);
- temperaturile gazelor de ardere la ieșirea din conductele de racordare ($T_{ov,j}$);
- temperaturile gazelor de ardere după amestecarea la intrarea în segmentele de coș de fum ($T_{e,j}$), (formula 7);
- temperaturile medii ale gazelor de ardere în segmentul de coș ($T_{m,j}$);
- temperaturile gazelor de ardere la ieșirea din segmentul de coș ($T_{o,j}$);
- temperaturile peretelui interior la ieșirea din segmentele de coș ($T_{io,j}$).

Formulele corespunzătoare pentru calculul temperaturilor sunt prezentate în tabelul 2.

Debitul masic și conținutul de CO_2 al gazelor de ardere în conductele de racordare trebuie calculate cu formulele 14 și 17.

10 Calcule de amestec

În toate orificiile de admisie a gazelor de ardere în segmentul de coș, debitul masic, temperatura gazelor de ardere și conținutul de CO_2 și H_2O , cât și constanta gazelor și puterea calorică specifică trebuie calculate.

10.1 Debitul masic al gazelor de ardere ($\dot{m}_j$)

Debitul masic al gazelor de ardere în segmentul de coș j $\dot{m}_j$ trebuie calculat conform formulelor 13 și 14:

$$\dot{m}_j = \dot{m}_{j-1} + \dot{m}_{V,j}, \text{ kg/c} \quad (13)$$

$$\dot{m}_{V,j} = \dot{m}_{Wc,j}, \text{ kg/c} \quad (14)$$

10.2 Temperatura gazelor de ardere la intrarea în segmentul de coș de fum ($T_{e,j}$)

Temperatura gazelor de ardere $T_{e,j}$ în segmentul de coș j trebuie calculată conform formulei 15.

$$T_{e,j} = \frac{\dot{m}_{j-1}c_{p,j-1}T_{o,j-1} + \dot{m}_{V,j}c_{pV,j}T_{o,j}}{\dot{m}_{j-1}c_{p,j-1} + \dot{m}_{V,j}c_{pV,j}} \dot{m}_{V,j} = \dot{m}_{Wc,j}, \text{ K} \quad (15)$$

10.3 Conținutul de CO_2 din gazele de ardere din segmentul de coș de fum ($\sigma(\text{CO}_2)_{ij}$)

Conținutul de CO_2 în segmentul de coș j $\sigma(\text{CO}_2)_j$ trebuie calculat cu formula 16:

$$\sigma(\text{CO}_2)_{j,j} = \frac{\dot{m}_{j-1}R_{j-1}[100 - \sigma(\text{H}_2\text{O})_{j-1}]\sigma(\text{H}_2\text{O})_{j-1} + \dot{m}_{V,j-1}R_{V,j}[100 - \sigma(\text{H}_2\text{O})_{V,j}]\sigma(\text{CO}_2)_{V,j}}{\dot{m}_{j-1}R_{j-1}[100 - \sigma(\text{H}_2\text{O})_{j-1}] + \dot{m}_{V,j}R_{V,j}[100 - \sigma(\text{H}_2\text{O})_{V,j}]} \%, \quad (16)$$

Conținutul de CO_2 din gazele de ardere din conducta de racordare trebuie calculat cu formula 17:

$$\sigma(\text{CO}_2)_{V,j} = \sigma(\text{CO}_2)_{Wc,j}, \quad \% \quad (17)$$

Tabelul 2. Calculul temperaturilor

Terminologie	Formule	Unități de măsură
Temperatura medie a gazelor de ardere în conducta de ardere $T_{mV,j}$	$T_{mV,j} = T_{uV,j} + \frac{T_{Wc,j} - T_{uV,j}}{K_{V,j}} \cdot [1 - \exp(-K_{V,j})]$	K
Temperatura gazelor de ardere la ieșirea din conducta de racordare $T_{oV,j}$	$T_{oV,j} = T_{uV,j} + (T_{Wc,j} - T_{uV,j}) \cdot \exp(-K_{V,j})$	K
Coeficientul de răcire a conductei de racordare $K_{V,j}$	$K_{V,j} = \frac{U_{V,j} \cdot k_{V,j} \cdot L_{V,j}}{\dot{m}_{V,j} \cdot c_{pV,j}}$	-
Coeficient de transmisie termică al conductei de racordare $k_{V,j}$ (verificare, debit masic și presiune)	$k_{V,j} = \left[\frac{1}{\alpha_{iV,j}} + Sh \left[\left(\frac{1}{A} \right)_{V,j} + \left(\frac{D_{hV,j}}{D_{hVa,j} \cdot \alpha_{aV,j}} \right) \right] \right]$	W/m ² ·K
Coeficient de transmisie termică al conductei de racordare $k_{V,j}$ verificare temperatură)	$k_{V,j} = \left[\frac{1}{\alpha_{iV,j}} + \left(\frac{1}{A} \right)_{V,j} + \left(\frac{D_{hV,j}}{D_{hVa,j} \cdot \alpha_{aV,j}} \right) \right]^{-1}$	W/m ² ·K
Coeficient interior de transfer termic din conducta de racordare $\alpha_{iV,j}$	$\alpha_{iV,j} = \max \left(\frac{\lambda_{AV,j} \cdot Nu_{V,j}}{D_{hV,j}}, 4 \right)$	W/m ² ·K

Numărul lui Nusselt $Nu_{V,j}$	$Nu_{V,j} = \left[\frac{\psi}{\psi_{smooth,j}} \right]^{0,67} \cdot 0,0214 \cdot (Re_{V,j}^{0,8} - 100) \cdot Pr_{V,j}^{0,4} \cdot \left[1 + \left(\frac{D_{hV,j}}{L_{V,j}} \right)^{0,67} \right]$	-
Numărul lui Prandtl $Pr_{V,j}$	$Pr_{V,j} = \frac{\eta_{AV,j} \cdot c_{pV,j}}{\lambda_{AV,j}}$	-
Numărul lui Reynolds $Re_{V,j}$	$Re_{V,j} = \frac{w_{mV,j} \cdot D_{hV,j} \cdot \rho_{mV,j}}{\eta_{AV,j}}$	-
Temepratura medie a gazelor de ardere $T_{m,j}$	$T_{m,j} = T_{u,j} + \frac{T_{e,j} - T_{u,j}}{K_{,j}} \cdot [1 - \exp(-K_{,j})]$	K
Temperatura gazelor de ardere la ieșirea din segmentul de coș j $T_{o,j}$	$T_{o,j} = T_{u,j} + (T_{e,j} - T_{u,j}) \cdot \exp(-K_{,j})$	K
Coeficientul de răcire a segmentului de coș j $K_{,j}$	$K_{,j} = \frac{U_{,j} \cdot k_{,j} \cdot L_{,j}}{m_{,j} \cdot c_{p,j}}$	-
Coeficientul de transmisie termică k_j (verificare debit masic și presiune)	$k_{,j} = \left[\frac{1}{\alpha_{i,j}} + S_H \cdot \left[\left(\frac{1}{\Lambda} \right)_{,j} + \left(\frac{D_{hi}}{D_{ha} \cdot \alpha_{a,j}} \right) \right] \right]^{-1}$	W/m ² ·K

Coeficient transmisie termică k_j (verificare temperatură)	$k_j = \left[\frac{1}{\alpha_{i,j}} + \left(\frac{1}{\Lambda} \right)_{,j} + \left(\frac{D_{hi}}{D_{ha} \cdot \alpha_{a,j}} \right) \right]^{-1}$	W/m ² ·K
Coeficient de transfer termic $\alpha_{i,j}$	$\alpha_{i,j} = \max \left(\frac{\lambda_{A,j} \cdot Nu_{,j}}{D_h}, 4 \right)$	W/m ² ·K
Numărul lui Nusselt $Nu_{,j}$	$Nu_{,j} = \left[\frac{\psi}{\psi_{smooth}} \right]_{V,j}^{0,67} \cdot 0,0214 \cdot (Re_{,j}^{0,8} - 100) \cdot Pr_{,j}^{0,4} \cdot \left[1 + \left(\frac{D_{hV,j}}{L_j} \right)^{0,67} \right]$	-
Numărul lui Prandtl $Pr_{,j}$	$Pr_{,j} = \frac{\eta_{A,j} \cdot c_{p,j}}{\lambda_{A,j}}$	-
Numărul lui Reynolds $Re_{,j}$	$Re_{,j} = \frac{w_{m,j} \cdot D_{h,j} \cdot \rho_{m,j}}{\eta_{A,j}}$	-

10.4 Conținutul de H₂O din gazele de ardere ($\sigma(H_2O)_j$)

Conținutul de H₂O în segmentul de coș j $\sigma(H_2O)_j$ trebuie calculat cu formula 18:

$$\sigma(CO_2)_j = \frac{\dot{m}_{j-1} R_{j-1} \sigma(H_2O)_{j-1} + \dot{m}_{V,j} R_{V,j} \sigma(H_2O)_{V,j}}{\dot{m}_{j-1} R_{j-1} + \dot{m}_{V,j} R_{V,j}}, \% \quad (18)$$

Valoarea $\sigma(H_2O)_{V,j}$ trebuie preluat din tabelul B.1 din EN 13384-1 pentru fiecare tip de combustibil pentru aparatul de încălzire j.

10.5 Constanta gazelor pentru gazele de ardere (R_j)

Constanta gazelor pentru gazele de ardere R_j din segmentul de coș j trebuie calculată cu formula 19:

$$R_j = \frac{\dot{m}_{j-1} R_{j-1} + \dot{m}_{V,j} R_{V,j}}{\dot{m}_{j-1} + \dot{m}_{V,j}}, \text{ J/kg} \cdot \text{K} \quad (19)$$

Valoarea $R_{V,j}$ trebuie să fie preluată din tabelul B.1 din EN 13384-1, pentru fiecare tip de combustibil pentru aparatul de încălzire.

10.6 Date despre gazele de ardere

10.6.4 Capacitatea calorică specifică ($c_{pV,j}$), ($c_{p,j}$)

Capacitatea calorică specifică a gazelor de ardere din conducta de racordare $c_{pV,j}$ trebuie calculată cu formula 20:

$$c_{pV,j} = \frac{1011 + 0,05 \cdot t_{mV,j} + 0,0003 \cdot t_{mV,j}^2 + (f_{cO,j} + f_{c1,j} \cdot t_{mV,j} + f_{c2,j} \cdot t_{mV,j}^2) \sigma(CO_2)_{V,j}}{1 + f_{c3,j} \cdot \sigma(CO_2)_{V,j}}, \text{ J/(kg} \cdot \text{K)} \quad (20)$$

Coeficienții $f_{cO,j}$, $f_{c1,j}$, $f_{c2,j}$ și $f_{c3,j}$ pentru determinarea lui $c_{pV,j}$ trebuie preluați din tabelul B.1 din EN 13384-1.

Capacitatea calorică specifică a gazelor de ardere din segmentul de coș $c_{p,j}$ trebuie calculată cu formula 21:

$$c_{p,j} = \frac{1011 + 0,05 \cdot t_{m,j} + 0,0003 \cdot t_{m,j}^2 + (f_{cO,j} + f_{c1,j} \cdot t_{m,j} + f_{c2,j} \cdot t_{m,j}^2) \sigma(CO_2)_j}{1 + f_{c3,j} \cdot \sigma(CO_2)_j}, \text{ J/(kg} \cdot \text{K)} \quad (21)$$

Coeficienții $f_{ci,j}$ pentru determinarea lui $c_{p,j}$ trebuie calculată cu formula următoare:

$$f_{ci,j} = \frac{1}{\sigma(CO_2)_j} \times \frac{\frac{\dot{m}_{j-1} \cdot f_{ci,j-1} \sigma(CO_2)_{j-1} + \dot{m}_{V,j} \cdot f_{ciV,j} \sigma(CO_2)_{V,j}}{1 + f_{c3,j-1} \sigma(CO_2)_{j-1}} + \frac{1 + f_{c3V,j} \sigma(CO_2)_{V,j}}{\dot{m}_{V,j}}}{\frac{\dot{m}_{j-1}}{1 + f_{c3,j-1} \sigma(CO_2)_{j-1}} + \frac{\dot{m}_{V,j}}{1 + f_{c3V,j} \sigma(CO_2)_{V,j}}}, \text{ J/(kg} \cdot \text{K)} \quad (22)$$

Atunci când toate aparatele deservite de coșul de fum care folosesc același combustibil, coeficienții $f_{ci,j}$ ($f_{cO,j}$, $f_{c1,j}$, $f_{c2,j}$ și $f_{c3,j}$) se pot determina conform EN 13384-1 din tabelul B.1.

10.6.4 Conductivitatea termică a gazelor de ardere ($\lambda_{AV,j}$), ($\lambda_{A,j}$)

Conductivitatea termică a gazelor de ardere din conducta de racordare $\lambda_{AV,j}$ și/sau din segmentul de coș $\lambda_{A,j}$ trebuie calculată cu formula următoare:

$$\lambda_{AV,j} = 0,0223 + 0,000065 \cdot t_{mV,j}, \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \quad (23)$$

$$\lambda_{A,j} = 0,0223 + 0,000065 \cdot t_{m,j}, \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \quad (24)$$

10.6.4 Viscositatea dinamică ($\eta_{AV,j}$), ($\eta_{A,j}$)

Viscositatea dinamică $\eta_{AV,j}$ și/sau $\eta_{A,j}$ trebuie calculată cu formula următoare:

$$\eta_{AV,j} = 15 \cdot 10^{-6} + 47 \cdot 10^{-9} \cdot t_{mV,j} - 20 \cdot 10^{-12} t_{mV,j}^2, \text{ (N} \cdot \text{s)/m}^2 \quad (25)$$

$$\eta_{A,j} = 15 \cdot 10^{-6} + 47 \cdot 10^{-9} \cdot t_{m,j} - 20 \cdot 10^{-12} t_{m,j}^2, \text{ (N} \cdot \text{s)/m}^2 \quad (26)$$

în care:

Legendă pentru formulele din capitolul 10 sunt redată mai jos:

$c_{p,j}$ – capacitatea calorică specifică a gazelor de ardere din segmentul de coș j, J/(kg·K);

$c_{pV,j}$ – capacitatea calorică specifică a gazelor de ardere în conducta de racordare j, J/(kg·K);

$f_{ci,j}$ – coeficienți pentru determinarea capacității calorice specifice pentru fiecare aparat de încălzire j, (EN 13384-1, tabelul B1);

$\dot{m}_{j-1}$ – debitul masic al gazelor de ardere în segmentul de coș j-1, kg/s;

$\dot{m}_{V,j}$ – debitul masic al gazelor de ardere în conducta de racordare j, kg/s;

R_{j-1} – constanta specifică a gazelor pentru gazele de ardere din segmental de coș j, J/(kg·K);

$R_{V,j}$ – constanta specifică a gazelor pentru gazele de ardere din conducta de racordare j, J/(kg·K);

$t_{m,j}$ – temperatura medie a gazelor de ardere din segmentul de coș j, °C;

$t_{mV,j}$ - temperatura medie a gazelor de ardere în conducta de racordare j, °C;

$t_{o,j-1}$ - temperatura gazelor de ardere la ieșirea din segmentul de coș j-1, K;

$T_{oV,j-1}$ temperatura gazelor de ardere la ieșirea din conducta de racordare j, K;

$\sigma(\text{CO}_2)_{,j}$ – concentrația de CO₂ în volum, în segmentul de coș j, în vol. %;

$\sigma(\text{CO}_2)_{j-1}$ – concentrația de CO₂ în volum, în segmentul de coș j-1, în vol. %;

$\sigma(\text{CO}_2)_{V,j}$ – concentrația de CO₂ în volum, în conducta de racordare j, în vol. %;

$\sigma(\text{H}_2\text{O})_{j-1}$ – concentrația de H₂O în volum, în segmentul de coș j-1, în vol. %;

$\sigma(\text{H}_2\text{O})_{V,j}$ – concentrația de H₂O în volum, în conducta de racordare j, în vol. %.

11 Densitatea și viteza gazelor de ardere

Densitatea medie a gazelor de ardere în segmentul de coș $\rho_{m,j}$ trebuie calculată cu formula următoare:

$$\rho_{m,j} = \frac{p_L}{R_{,j} * T_{m,j}}, \text{ kg/m}^3 \quad (27)$$

Viteza medie a gazelor de ardere în segmentul de coș $w_{m,j}$ trebuie calculată cu formula următoare:

$$w_{m,j} = \frac{\dot{m}_j}{A_{,j} * \rho_{m,j}}, \text{ m/s} \quad (28)$$

Densitatea medie a gazelor în conducta de racordare $\rho_{mV,j}$ trebuie calculată cu formula:

$$\rho_{mV,j} = \frac{p_L}{R_{V,j} * T_{mV,j}}, \text{ kg/m}^3 \quad (29)$$

Viteza medie a gazelor de ardere în conducta de racordare $w_{mV,j}$ trebuie calculată cu formula:

$$w_{mV,j} = \frac{\dot{m}_{V,j}}{A_{V,j} * \rho_{mV,j}}, \text{ kg/m}^3 \quad (30)$$

în care:

Legenda pentru formulele din capitolul 11 sunt prezentate mai jos:

A_j – aria secțiunii transversale a segmentului de coș j, m²;

$A_{V,j}$ – aria secțiunii transversale a conductei de racordare j, m²;

$\dot{m}_j$ – debitul masic al gazelor de ardere din segmentul de coș j, kg/s;

$\dot{m}_{V,j}$ – debitul masic al gazelor de ardere din conducta de racordare j, kg/s;

p_L – presiunea aerului exterior, Pa;

R_j – constanta specifică a gazelor pentru gazele de ardere din segmentul de coș j, J/(kg·K);

$R_{V,j}$ - constanta specifică a gazelor pentru gazele de ardere din conducta de racordare j, J/(kg·K);

$T_{m,j}$ – temperatura medie a gazelor de ardere în segmentul de coș j, K;

$T_{mV,j}$ – temperatura medie a gazelor de ardere în conducta de racordare j, K;

$\rho_{m,j}$ – densitatea medie a gazelor de ardere în segmentul de coș j, kg/m³;

$\rho_{mV,j}$ – densitatea medie a gazelor de ardere în conducta de racordare j, kg/m³.

12 Determinarea presiunilor

12.1 Presiuni la fiecare intrare a segmentului de coș

12.1.1 Tirajul

Tirajul maxim și minim în orificiul de admisie în segmentul de coș j ($P_{Z,j}$ и $P_{Zmax,j}$) – rezultat din diferența dintre suma tirajului datorat efectului de coș și suma rezistenței la presiune a tuturor segmentelor de coș care sunt situate deasupra orificiului de admisie și trebuie calculate folosind formulele 2 și 6a.

12.1.2 Presiunea pozitivă

Presiunea maximă și minimă la intrarea în segmentul de coș j ($P_{ZO,j}$ și $P_{ZOmin,j}$) – rezultate din diferența dintre suma rezistenței la presiune și suma tirajului datorat efectului de coș a tuturor segmentelor de coș care sunt situate deasupra intrării și trebuie calculate cu formulele 3b și 6d.

12.1.2 Tiraj datorat efectului de coș în segmentul de coș ($P_{H,j}$)

Tirajul datorat efectului de coș $P_{H,j}$ în segmentul de coș j trebuie calculat cu formula următoare:

$$P_{H,j} = H_{,j} \cdot g \cdot (\rho_L - \rho_{m,j}), \text{ Па} \quad (31)$$

în care:

$H_{,j}$ – înălțimea efectivă a segmentului de coș j , m;

g – accelerația gravitațională = 9,81 m/s²;

ρ_L – densitatea aerului exterior, kg/m³;

$\rho_{m,j}$ – densitatea medie a gazelor de ardere în secțiunea j , kg/m³.

12.1.2 Rezistența la presiune în segmentul de coș ($P_{R,j}$)

12.1.4.1 Generalități

Rezistența la presiune $P_{R,j}$ în segmentul de coș j trebuie calculată cu formula următoare:

$$P_{R,j} = S_E \left(\Psi_{,j} \frac{L_{,j}}{D_h} + \sum \xi_{,j} \right) \frac{\rho_{m,j}}{2} w_{m,j}^2 + S_{EM,j} P_{13,j} + S_{EG,j} P_{G,j}, \text{ Па} \quad (32)$$

în care:

$P_{G,j}$ – schimbarea presiunii datorată schimbării vitezei gazelor de ardere din segmentul de coș j în secțiunea $j+1$, Pa;

$P_{13,j}$ – schimbarea de presiune datorată amestecului de gaze în zona orificiului de admisie în segmentul de coș $j+1$, Pa;

S_E – coeficient de siguranță al debitului;

$S_{EG,j}$ – coeficient de siguranță al debitului pentru schimbarea presiunii datorată schimbării vitezei gazului ($S_{EG,j} = S_E$ pentru $P_{G,j} \geq 0$; $S_{EG,j} = 1,0$ pentru $P_{G,j} < 0$);

$S_{EM,j}$ - coeficient de siguranță al debitului pentru schimbarea presiunii datorată trecerii debitului prin racord ($S_{EM,j} = S_E$ pentru $P_{13,j} > 0$; $S_{EM,j} = 1,0$ pentru $P_{13,j} < 0$);

ψ_j – coeficient de rezistență la curgere în segmentul de coș j;

L_j – lungimea segmentului de coș j, m;

$D_{h,j}$ – diametrul hidraulic interior al segmentului de coș j, m;

$\Sigma \zeta_j$ suma coeficienților de rezistență la curgere în segmentul de coș j;

$\rho_{m,j}$ – densitatea medie a gazelor de ardere în segmentul de coș j, kg/m^3 ;

$w_{m,j}$ – viteza medie a gazelor de ardere din segmentul de coș j, în m/s.

12.1.4.2 Coeficient de rezistență la curgere datorat frecării gazelor de ardere (ψ)

Pentru calculul coeficientului de rezistență la curgere datorat frecării gazelor de ardere (ψ_j) pentru segmentul de coș j se efectuează conform EN 13384-1, 5.10.3.3.

Pentru calculul valorii medii a rugozității pentru peretele interior (segment de perete și conductă de racordare) se efectuează conform tabelului B.4 din EN 13384-1.

12.1.4.3 Coeficienți de rezistență la presiune

Pentru calculul coeficienților de rezistență la presiune a se vedea EN 13384-1, tabelul B.7.

12.1.4.4 Schimbarea presiunii în gazele de ardere datorată schimbării vitezei de curgere a gazelor de ardere

Pentru calculul schimbării presiunii în gazele de ardere datorată schimbării vitezei lor de curgere a se vedea EN 13384-1, 5.10.

Schimbarea presiunii $P_{G,j}$ din segmentul de coș j la j+1 trebuie calculată cu formula următoare:

$$P_{G,j} = \frac{\rho_{m,j+1}}{2} \cdot w_{m,j+1}^2 - \frac{\rho_{m,j}}{2} \cdot w_{m,j}^2, \text{ Pa} \quad (33)$$

în care

$\rho_{m,j}$ – densitatea medie a gazelor de ardere din segmentul de coș j, kg/m^3 ;

$w_{m,j}$ – viteza medie a gazelor de ardere în segmentul de coș j, m/s;

La ultimul segment (ieșirea din coș): $P_{G,N} = 0$.

12.1.4.5 Pierdere de presiune datorată amestecării în zona orificiului de intrare în segmentul de coș (P_{13})

Pierdere de presiune datorată amestecării în orificiul de intrare în segmentul de coș $P_{13,j}$ (a se vedea figura 3), este inclusă în rezistența la presiune a segmentului de coș j , situat sub orificiul de admisie și trebuie calculate cu formulele următoare:

$$P_{13,j} = \xi_{13,j+1} \cdot \frac{\rho_{m,j+1}}{2} \cdot w_{m,j+1}^2, \text{ Pa} \quad (34)$$

$$\xi_{13,j+1} = 0,03 \cdot \left(1 - \frac{\dot{m}_{V,j+1}}{\dot{m}_{j+1}}\right)^2 - \left(\frac{\dot{m}_{V,j+1}}{\dot{m}_{j+1}}\right)^2 \left[1 + 1,162 \left[\left(\frac{A}{A_{V,j+1}}\right) \cos \gamma - 1\right] - 0,38 \cdot \left(1 - \left(\frac{A}{A_{V,j+1}}\right)^{-1}\right)\right] + \quad (35)$$

$$+ \left[2 - \left(\frac{A}{A_{V,j+1}}\right)^{-1}\right] \cdot \frac{\dot{m}_{V,j+1}}{\dot{m}_{j+1}} \cdot \left(1 - \frac{\dot{m}_{V,j+1}}{\dot{m}_{j+1}}\right)$$

Formula 35 este aplicabilă numai dacă nu se schimbă diametrul coșului cu

$$\frac{A}{A_{V,j+1}} \geq 1; \quad 0 \leq \frac{\dot{m}_{V,j+1}}{\dot{m}_{j+1}} \leq 1,0; \quad 0^\circ < \gamma \leq 90^\circ$$

Pentru $\frac{A}{A_{V,j+1}} < 1$ rezistența individuală a punctului de racordare se poate determina ca sumă a rezistențelor individuale a secțiunii transversale diminuate (în conformitate cu capitolele 6 și 8, și tabelul B.8 din EN 13384-1) și un punct de racordare $\frac{A}{A_{V,j+1}} = 1$

în care:

A – aria secțiunii transversale a coșului, m^2 ;

$A_{V,j+1}$ – aria secțiunii transversale a conductei de racordare $j+1$, m^2 ;

γ_{j+1} – unghiul de conectare dintre conducta de racordare $j+1$ și segmentul de coș $j+1$, $^\circ$ (grade);

$\xi_{13,j+1}$ – coeficient de rezistență la presiune al conectării dintre conducta de racordare $j+1$ și segmentul de coș $j+1$;

$\rho_{m,j+1}$ – densitatea medie a gazelor de ardere în segmentul de coș $j+1$, kg/m^3 ;

$w_{m,j+1}$ – viteza medie a gazelor de ardere în segmentul de coș $j+1$, m/s ;

$\dot{m}_{V,j+1}$ – debitul masic al gazelor de ardere în conducta de racordare $j+1$, kg/s ;

$\dot{m}_{j+1}$ – debitul masic al gazelor de ardere în segmentul de coș $j+1$, kg/s .

Valoarea coeficientului de rezistență la presiune, folosită la metoda de calcul, prezumă că nu există o interferență de debit între punctele individuale de conectare ale aparatelor de încălzire.

Poate fi mai adecvată o separare a direcției debitului.

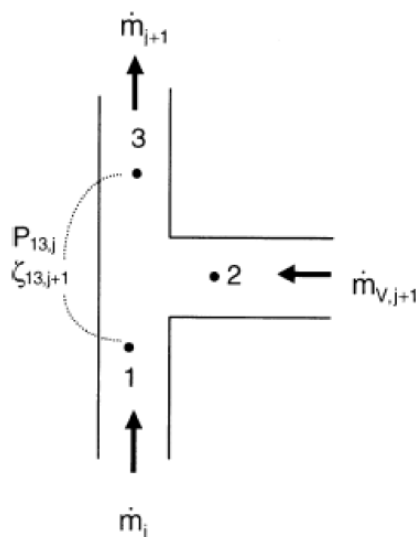


Fig. 3. Schimbarea de presiune datorată amestecului de gaze de ardere în zona orificiului de admisie în segmentul de coș j+1

12.2 Tirajul minim cerut la intrarea gazelor de ardere în coș și tirajul maxim admis (P_{Ze} și P_{Zemax}) și presiunea diferențială maximă și minimă la intrarea în coș (P_{ZOe} și P_{ZOemin})

12.2.1 Tirajul minim necesar și maxim admis

Tirajul minim cerut $P_{Ze,j}$ la ieșirea din conducta de racordare j – este suma calculată a tirajului $P_{Wc,j}$ al aparatului de încălzire j și rezistența la presiune calculată a canalului gazelor de ardere $P_{V,j}$ și rezistența la presiune calculată a aerului de alimentare $P_{Bc,j}$ și trebuie să se calculeze folosind formula 3.

Tirajul maxim admis $P_{Zemax,j}$ la ieșirea din conducta de racordare j – este suma tirajului calculate $P_{Wc,j}$ al aparatului de încălzire j și rezistența la presiune calculată a canalului gazelor de ardere $P_{V,j}$, și rezistența la presiune calculată a aerului de alimentare $P_{Bc,j}$ trebuie să se calculeze folosind formula 6a.

NOTĂ: Valorile $P_{Wc,j}$, $P_{V,j}$ și $P_{Bc,j}$ din formulele (3) și (6a) pot să fie diferite pentru că și condițiile sunt diferite.

12.2.2 Presiunea diferențială maximă disponibilă și minimă admisă

Presiunea diferențială maximă (presiunea pozitivă disponibilă) $P_{ZOe,j}$ la ieșirea din conducta de racordare j este diferența dintre presiunea diferențială pozitivă calculată $P_{WOC,j}$ a aparatului de încălzire j și suma dintre rezistența la presiune calculate a canalului gazelor de ardere $P_{V,j}$ și rezistența la presiune calculată a aerului de alimentare $P_{Bc,j}$ trebuie calculată folosind formula 3c.

Presiunea minimă diferențială admisă $P_{ZOemin,j}$ la ieșirea din conducta de racordare j este diferența dintre presiunea diferențială pozitivă calculată $P_{WOC,j}$ a aparatului de încălzire j și suma dintre rezistența la presiune calculate a canalului gazelor de ardere $P_{V,j}$ și rezistența la presiune calculată a aerului de alimentare suplimentar $P_{Bc,j}$ trebuie calculată folosind formula 6d.

NOTĂ: Valorile $P_{Wc,j}$, $P_{V,j}$ și $P_{Bc,j}$ din formulele (3c) și (6d) pot să fie diferite pentru că și condițiile sunt diferite.

12.2.3 Rezistența la presiune calculată a canalului de racordare ($P_{V,j}$)

12.2.3.1 Generalități

Rezistența de presiune calculată a canalului de racordare $P_{V,j}$ trebuie calculate cu formula următoare:

$$P_{V,j} = P_{RV,j} - P_{HV,j}, \text{ Pa} \quad (36)$$

12.2.3.2 Tirajul datorat efectului de coș în conducta de racordare ($P_{HV,j}$)

Pentru calculul tirajului datorat efectului de coș în conducta de racordare ($P_{HV,j}$), a se vedea EN 13384-1, 5.11.3.2.

12.2.3.3 Rezistența la presiune a conductei de racordare ($P_{RV,j}$)

Rezistența la presiune a conductei de racordare $P_{RV,j}$ trebuie calculată cu formula următoare:

$$P_{RV,j} = S_E \left[\left(\Psi_{V,j} \frac{L_{V,j}}{D_{hV,j}} + \sum \xi_{V,j} \right) \frac{\rho_{mV,j}}{2} w_{mV,j}^2 \right] + S_{EMV,j} P_{23,j} + S_{EGV,j} P_{GV,j}, \text{ Pa} \quad (37)$$

Diferența de presiune $P_{GV,j}$ este datorată diferenței dintre viteza gazelor de ardere în conducta de racordare corespunzătoare segmentului de coș j. Aceasta trebuie calculată cu formula următoare:

$$P_{GV,j} = \frac{\rho_{m,j}}{2} w_{m,j}^2 - \frac{\rho_{mV,j}}{2} w_{mV,j}^2, \text{ Pa} \quad (38)$$

în care:

S_E – coeficient de siguranță al debitului;

$S_{EGV,j}$ – coeficient de siguranță al debitului pentru schimbarea de presiune datorată schimbării vitezei gazelor de ardere ($S_{EGV,j} = S_E$ pentru $P_{GV,j} \geq 0$; $S_{EGV,j} = 1$ pentru $P_{GV,j} < 0$)

$S_{EMV,j}$ – coeficient de siguranță al debitului pentru $P_{23,j}$ ($S_{EMV,j} = S_E$ pentru $P_{23,j} \geq 0$; $S_{EMV,j} = 1$ pentru $P_{23,j} < 0$)

$\Psi_{V,j}$ – coeficient de frecare al conductei de gaze j

$L_{V,j}$ – lungimea conductei de racordare j, m

$D_{hV,j}$ – diametrul hidraulic interior al conductei de gaze, m

$\sum \xi_{V,j}$ – suma coeficienților de rezistență ai conductei de racordare (exclusiv efectele amestecului la orificiul de admisie în coș)

$\rho_{mV,j}$ – densitatea medie a gazelor de ardere din conducta de racordare, kg/ m³

$w_{mV,j}$ – viteza medie a gazelor de ardere în conducta de racordare, m/s

Scăderea de presiune $P_{23,j}$ (figura 4) este datorată schimbării direcției debitului și amestecului de gaze de ardere în zona orificiului de admisie în segmentul de coș j. Aceasta trebuie calculată cu formula următoare:

$$P_{23,j} = \zeta_{23,j} \frac{\rho_{m,j}}{2} w_{m,j}^2, \text{ Pa} \quad (39)$$

$$\zeta_{23,j} = -0,92 * \left(1 - \frac{\dot{m}_{v,j}}{\dot{m}_j}\right)^2 - \left(\frac{\dot{m}_{v,j}}{\dot{m}_j}\right)^2 \left[1,2 \left(\frac{A}{A_{v,j}} \cos \gamma_{,j} - 1 \right) + 0,8 \left(1 - \left(\frac{A}{A_{vj}} \right)^2 \right) - \left(1 - \left(\frac{A}{A_{vj}} \right)^{-1} \right) * \frac{A}{A_{vj}} \cos \gamma_{,j} \right] + \left(2 - \left(\frac{A}{A_{v,j}} \right)^{-1} \right) * \frac{\dot{m}_{v,j}}{\dot{m}_j} * \left(1 - \frac{\dot{m}_{v,j}}{\dot{m}_j} \right) \quad (40)$$

cu

$$\frac{A}{A_{v,j}} \geq 1; 0 \leq \frac{\dot{m}_{v,j}}{\dot{m}_j} \leq 1, 0; 0^\circ < \gamma \leq 90^\circ$$

Pentru $\frac{A}{A_{v,j+1}} < 1$ rezistența individuală a punctului de racordare, se poate determina ca sumă a rezistențelor individuale a reducerii secțiunii transversale (a se vedea configurațiile 6 și 8, sau, din tabelul B.8, EN 13384-1), și a punctului de racordare $\frac{A}{A_{v,j+1}} = 1$

în care:

$\xi_{23,j}$ – coeficient de rezistență la presiune pentru schimbarea direcției gazelor de ardere și amestecului în zona orificiului de admisie j în segmentul de coș j;

$\rho_{m,j}$ – densitatea medie a gazelor de ardere în segmentul de coș j, kg/m³;

$w_{m,j}$ – viteza medie a gazelor de ardere în segmentul de coș j, m/s;

$\dot{m}_{v,j}$ – debitul masic al gazelor de ardere în conducta de racordare j, kg/s;

$\dot{m}_j$ – debitul masic al gazelor de ardere în segmentul de coș j, kg/s;

$A_{v,j}$ – aria secțiunii transversale a conductei de racordare j, m²;

A - aria secțiunii transversale a coșului, m²;

$\gamma_{,j}$ – unghiul de racordare dintre conducta de racordare și segmentul de coș, ° (grade);

Valorile coeficientului de rezistență la presiune, folosite la metoda de calcul, presupun că nu există interferență a debitului între punctele individuale de racordare ale aparatelor de încălzire.

Aceasta se poate obține printr-o separare adecvată a punctelor de racordare sau prin folosirea de deflectoare ale debitului..

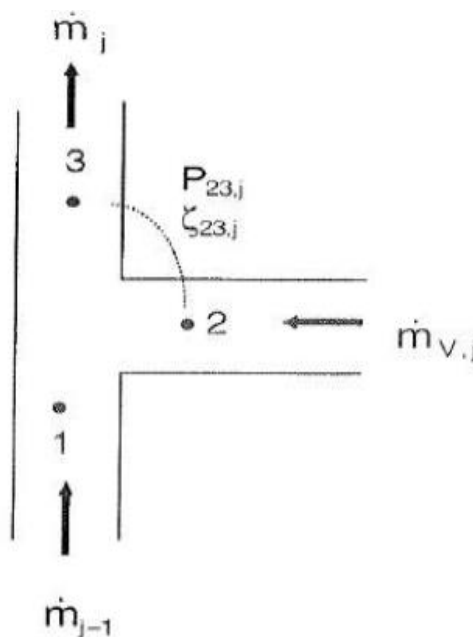


Fig. 4. Pierdere de presiune $P_{23,j}$ datorată schimbării direcției debitului și amestecării gazelor de ardere în zona de intrare în segmentul de coș j

12.2.3.4 Coeficient de rezistență la curgere (ζ)

Pentru calculul coeficientului de rezistență la curgere (ζ) a se vedea EN 13384-1, 5.10.3.3.

Valorile pentru dispozitivele care izolează în mod pozitiv aparatul de încălzire pentru a evita refularea fumului trebuie furnizate de producător.

12.2.4 Rezistența la presiunea calculată a aerului de alimentare ($P_{Bc,j}$)

Rezistența la presiunea aerului de alimentare ($P_{Bc,j}$) trebuie calculate în conformitate cu EN 13384-1 5.11.4.

Rezistența calculată la presiunea (negativă) a aerului de alimentare $P_{Bc,j}$ se calculează cu următoarea formulă:

$$P_{Bc,j} = P_{B,j} \cdot \left(\frac{\dot{m}_{wc,j}}{\dot{m}_{w,j}} \right)^n, \text{ Pa} \quad (41)$$

în care:

$P_{B,j}$ – rezistența la presiunea proiectată minimă a aerului de alimentare pentru aparatul de încălzire j , Pa;

$\dot{m}_{wc,j}$ – debitul masic al gazelor de ardere calculat pentru aparatul de încălzire j , g/s;

$\dot{m}_{w,j}$ – debitul masic al gazelor de ardere declarat al aparatului de încălzire j , g/s;

n - exponent care depinde de tipul aerului de alimentare:

- în cazul unui orificiu (de exemplu cameră pentru aparat de încălzire cu un orificiu pentru aer de alimentare): $n = 2$;
- în cazul fantelor (de exemplu ramă de fereastră în cameră de zi): $n = 1,5$.

În cazul în care la orificiu de admisie în segmentul de coș, sunt racordate mai multe aparate de încălzire într-o cameră, pentru suma debitelor masice ale gazelor, $\dot{m}_{w,c,j}$ și $\dot{m}_{w,j}$, trebuie folosită formula 41.

13 Temperatura peretelui interior

Temperatura peretelui interior al coșului de fum $T_{iob,j}$ al segmentului de coș j trebuie calculată similar cu EN 13384-1, 5.12, folosind formula din tabelul 3.

Tabelul 3. Formule pentru calculul temperaturii peretelui interior la ieșirea din segmentul de coș

Terminologie	Formule	Unități de măsură
Coeficient de transmisie termică la ieșirea din segmentul de coș de fum, $k_{ob,j}$	$k_{ob,j} = \left(\frac{1}{\alpha_{i,j}} + \left(\frac{1}{\lambda} \right)_{,j} + \left(\frac{1}{\lambda} \right)_{o,j} + \frac{D_h}{D_{hao,j} \cdot \alpha_{ao,j}} \right)^{-1}$	W/(m ² ·K)
Temperatura peretelui interior al canalului $T_{iob,j}$	$T_{iob,j} = T_{ob,j} - \frac{k_{ob,j}}{\alpha_{i,j}} \cdot (T_{ob,j} - T_{uo,j})$ $T_{iob,j}$ см. таблицы 2	K
secțiune $j < N$	$\alpha_{ao,j} = 23$, în cazul oricărei părți exterioare a segmentului de coș; $\alpha_{ao,j} = 8$, în cazul în care segmentul de coș este în interiorul clădirii; $(1/\lambda)_{o,j} = 0$, în cazul în care întregul segment de coș nu este izolat.	Bт/(m ² ·K)
secțiune $j = N$	În cazul unei construcții ventilate cu căptușeală cu straturi de aer de la 1 până la 5 cm, se poate utiliza $\alpha_{ao,j} = 8$, $\alpha_{ao,j} = 23$ în celelalte cazuri de terminale neizolate la vârful coșului sau când rezistența suplimentară la transfer termic a unui terminal de coș de fum este inclusă în calcule, $(1/\lambda)_{o,j}$ = calculat în conformitate cu EN 13384-1, A.1	Bт/(m ² ·K)

14 Instalări în cascadă

14.1 Principiul metodei de calcul

Calculul se bazează pe determinarea distribuției debitului masic în colectori (a se vedea figura 5), care să îndeplinească condiția de echilibru a presiunii (formula 42) la fiecare orificiu de admisie a gazelor de ardere în segmentul colector.

După fiecare astfel de distribuție, trebuie verificate patru cerințe:

- 1) cerința privind debitul masic (formulele 45 și 46);
- 2) cerința privind presiunea pentru tirajul minim sau presiunea pozitivă maximă (formulele 47 sau 47b și 47c);
- 3) cerința privind presiunea pentru tirajul maxim sau presiunea pozitivă minimă (formulele 47a sau 47d);
- 4) cerința privind temperatura (formula 48).

Se admite că intrarea/ieșirea coșului este proiectată și construită în scopul reducerii pe cât posibil a efectelor vântului. În consecință $P_L = 0$ se poate elimina din formule.

14.2 Condiția de echilibru pentru presiune

14.2.1 Instalarea în cascadă la presiunea negativă

Formulele următoare trebuie îndeplinite de fiecare segment collector $j,1$ pentru toate condițiile de funcționare relevante:

$$\left| P_{ZC,j,1} - P_{ZeC,j,1} \right| \leq 0,1, \text{ Pa} \quad (42)$$

$$P_{ZC,j,1} = P_{Z,j} + \sum_{n=i}^{NCj} (P_{HC,j,n} - P_{RC,j,n}), \text{ Pa} \quad (43)$$

$$P_{ZeC,j,1} = P_{Wc,j,1} + P_{W,j,1} + P_{Bc,j,1}, \text{ Pa} \quad (44)$$

în care:

$P_{ZC,j,1}$ – tirajul la orificiul de intrare al gazelor de ardere în segmentul collector $j,1$, Pa

$P_{HC,j,n}$ – tirajul teoretic datorat efectului de coș în segmentul collector j,n , Pa

$P_{RC,j,n}$ – rezistența la presiune a segmentului collector j,n , Pa

$P_{Wc,j,1}$ – tirajul calculat al aparatului de încălzire $j,1$, Pa

$P_{V,j,1}$ – rezistența calculată la presiune, a conductei de racordare a aparatului de încălzire $j,1$, Pa

$P_{Bc,j,1}$ – rezistența calculată la presiune a aerului suplimentar pentru aparatul de încălzire $j,1$, Pa

$P_{ZeC,j,1}$ – tirajul cerut la orificiul de intrare al gazelor de ardere în segmentul collector $j,1$, Pa

$P_{Z,j}$ – tirajul gazelor de ardere la orificiul de admisie în segmentul de coș j , Pa

NC_j – numărul aparatelor de încălzire racordate la colectorul j .

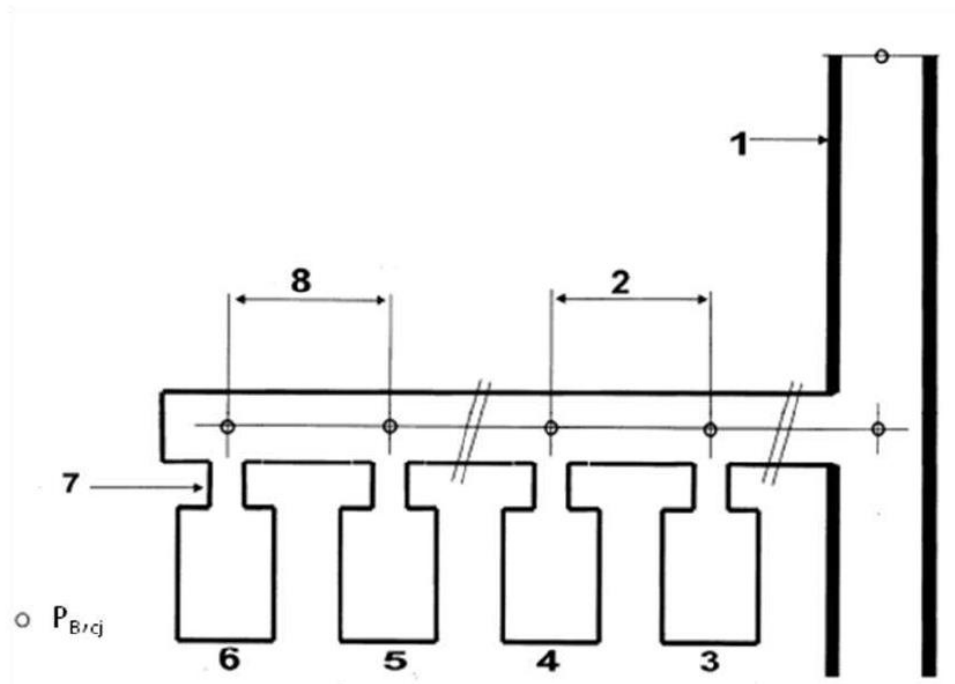


Fig. 5. Exemplu de dispunere în cascadă și numerotare a aparatelor de încălzire și a segmentelor colectoare

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 coș de fum | 5 aparat de încălzire j, 2. |
| 2 segment colector j, 1. | 6 aparat de încălzire j, 1. |
| 3 aparat de încălzire j, 1. | 7 conductă de racordare |
| 4 aparat de încălzire j, p. | 8 Segment colector j, 1 |

15 Metoda de calcul pentru coșurile de fum neechilibrate

15.1 Principii generale

Calculul dimensiunilor interioare (secțiunea transversală) a coșurilor de fum cu presiune negativă se bazează pe următoarele trei criterii:

- tirajul minim la nivelul de admisie a gazelor de ardere în canalul de fum vertical, trebuie să fie mai mare sau egal cu tirajul minim cerut la nivelul de admisie a gazelor de ardere în canalul de fum vertical;
- tirajul minim la nivelul de admisie a gazelor de ardere în canalul de fum vertical, trebuie să fie mai mare sau egal cu rezistența la presiunea de alimentare cu aer;
- tirajul maxim la nivelul de admisie a gazelor de ardere în canalul de fum vertical, trebuie să fie mai mic sau egal cu tirajul maxim admis la nivelul de admisie a gazelor de ardere în canalul de fum vertical;
- temperatura peretelui interior la ieșirea din coșul de fum, trebuie să fie mai mare sau egală cu temperatura limită.

Calculul dimensiunilor interioare (secțiunea transversală) ale coșurilor de fum la presiunea pozitivă, se bazează pe următoarele patru criterii:

- presiunea pozitivă maximă, la nivelul de admisie a gazelor de ardere în canalul de fum vertical, trebuie să fie mai mică sau egală cu presiunea maximă acceptabilă la nivelul de admisie a gazelor de ardere în canalul de fum vertical;
- presiunea pozitivă maximă, în canalul de racordare a gazelor de ardere și în coșul de fum, nu trebuie să fie mai mare decât suprapresiunea care se admite prin notare;
- presiunea pozitivă minimă, la nivelul de admisie a gazelor de ardere în canalul de fum vertical, trebuie să fie mai mare sau egală cu suprapresiunea minimă necesară la nivelul de admisie a gazelor de ardere în canal;
- temperatura peretelui interior la ieșirea din coșul de fum, trebuie să fie mai mare sau egală cu temperatura limită.

NOTĂ: Condițiile referitoare la presiune privind tirajul maxim sau presiunea pozitivă minimă sunt cerute numai dacă există o limită pentru tirajul maxim a aparatului de încălzire la presiune negativă sau la presiune diferențială minimă a aparatului de încălzire la presiune pozitivă.

Pentru a verifica criteriile, sunt utilizate două seturi de condiții exterioare:

- calculul tirajului minim și a presiunii pozitive maxime este realizat în condiții de capacitate minimă a coșului de fum (temperatura exterioară ridicată); și
- calculul tirajului maxim și a presiunii pozitive minime precum și a temperaturii peretelui interior este efectuat în condiții de capacitate maximă a coșului de fum (temperatură exterioară scăzută).

15.2 Condiții referitoare la presiune

15.2.1 Coșuri de fum care funcționează la presiuni negative

Următoarele relații trebuie verificate:

$$P_Z = P_H - P_R - P_L \geq P_W + P_{FV} + P_B = P_{Ze}, \text{ Pa} \quad (45)$$

$$P_Z \geq P_B, \text{ Pa} \quad (46)$$

$$P_{Z\max} = P_H - P_R \leq P_{W\max} + P_{FV} + P_B = P_{Z\max}, \text{ Pa} \quad (46a)$$

în care:

P_B – rezistența utilă la presiunea de alimentare cu aer (a se vedea 5.11.3), Pa;

P_{FV} – rezistența utilă la presiunea gazelor de ardere în canalul de racordare, Pa;

P_H – tirajul teoretic disponibil datorat efectului coșului, Pa;

P_L – presiunea vitezei vântului, Pa;

P_R – rezistența la presiunea din coșul de fum, Pa;

P_W – tirajul minim al aparatului de încălzire, Pa;

$P_{W\max}$ – tirajul maxim al aparatului de încălzire, Pa;

P_Z – tirajul minim la nivelul de admisie a gazelor de ardere în canal (a se vedea 5.10), Pa;

P_{Zmax} – tirajul maxim la nivelul de admisie a gazelor de ardere în canal (a se vedea 5.11), Pa;

P_{Ze} – tirajul minim cerut la nivelul de admisie al gazelor de ardere în canal, Pa.

P_{Zemax} – tirajul maxim admis la nivelul de admisie al gazelor de ardere în canal, Pa.

NOTĂ: Este normal ca valorile P_H și P_R în formulele (1) și (2a) să fie diferite deoarece condițiile sunt diferite.

15.2.2 Coșuri de fum care funcționează la presiuni pozitive

Următoarele relații trebuie verificate:

$$P_{ZO} = P_R - P_H + P_L \leq P_{WO} - P_B - P_{FV} = P_{ZOe}, \text{ Pa} \quad (47)$$

$$P_{ZO} \leq P_{Z \text{ excess}}, \text{ Pa} \quad (48)$$

$$P_{ZO} + P_{FV} \leq P_{ZV \text{ excess}}, \text{ Pa} \quad (49)$$

$$P_{ZOmin} = P_R - P_H \geq P_{WOmin} - P_B - P_{FV} = P_{Zoemin}, \text{ Pa} \quad (49a)$$

în care:

P_B – rezistența utilă la presiunea de alimentare cu aer, Pa;

P_{FV} – rezistența utilă la presiunea canalului de racordare a gazelor de ardere, Pa;

P_H – tirajul teoretic valabil datorat efectului coșului, Pa;

P_L – presiunea din viteza vântului, Pa;

P_R – rezistența la presiunea din coșul de fum, Pa;

P_{WO} – presiunea diferențială maximă a aparatului de încălzire, Pa;

P_{WOmin} – presiunea diferențială minimă a aparatului de încălzire, Pa;

P_{ZO} – presiunea pozitivă la nivelul de admisie a gazelor de ardere în coșul de fum, Pa;

P_{ZOmin} – presiunea pozitivă minimă la nivelul de admisie a gazelor de ardere în coșul de fum, Pa;

P_{ZOe} – presiunea diferențială maximă la nivelul de admisie a gazelor de ardere în coșul de fum, Pa;

P_{Zoemin} – presiunea diferențială minimă la nivelul de admisie a gazelor de ardere în coșul de fum, Pa;

$P_{Z \text{ excess}}$ – presiunea maximă admisă prin notarea canalului de gaze arse, Pa;

$P_{ZVexcess}$ – presiunea maximă admisă prin notarea canalului de racordare a gazelor arse, Pa.

NOTĂ: Este normal ca valorile P_H și P_R în relațiile (3) și (5a) să fie diferite deoarece condițiile sunt diferite.

15.2.3 Condiții referitoare la temperatură

Următoarele relații trebuie verificate:

$$T_{iob} \geq T_{PZO} \leq P_{Z\text{ excess}}, K \quad (50)$$

În care:

T_{iob} – temperatura peretelui interior la ieșirea din canal, la temperatura de echilibru, K;

T_g – temperatura limită, K.

Dacă coșul de fum dispune de o izolație suplimentară deasupra acoperișului, trebuie să se verifice de asemenea și următoarea expresie:

$$T_{irb} \geq T_g, K \quad (51)$$

În care:

T_{irb} – temperatura peretelui interior imediat înainte de izolația suplimentară, в K.

Temperatura limită T_g a coșurilor de fum care funcționează în mediu uscat, trebuie să fie temperatura de condensare T_{sp} a gazelor de ardere (a se vedea 5.7.6).

Temperatura limită T_g a coșurilor de fum care funcționează în mediu umed, trebuie să fie 273,15 K, care să împiedece formarea gheții la ieșirea din canal.

NOTĂ:

Dacă valoarea rezistenței termice a izolației suplimentare nu este mai mare de 0,1 (m²·K)/W, nu este necesar să se compare temperatura peretelui interior, înainte de izolarea suplimentară T_{irb} cu temperatura limită a gazelor de ardere.

Pentru coșurile de fum care funcționează în mediu umed, dacă valoarea temperaturii aerului ambiant, chiar înainte de izolarea suplimentară, este > 0 °C, nu este necesară comparația.

15.2.4 Procedură de calcul

Pentru a calcula valorile presiunii și temperaturii din formulele (45), (46), (46a), (47), (48), (49), (49a) și (50) pentru aparat, trebuie cunoscute valorile datelor privind gazele de ardere, conform 5.5.

Datele indicate în 5.6 trebuie obținute pentru coșul de fum și pentru canalul său de racordare.

Pentru canalele noi, trebuie să se utilizeze o valoare prestabilită pentru datele dimensionale ale canalelor.

Calcululele necesare pentru a finaliza calcululele termodinamice ale coșului de fum, sunt detaliate de la 5.7 până la 5.11. Expresiile indicate în 5.7 indică cum se obțin datele de bază necesare pentru alte calcule.

Expresiile relevante, aplicabile pentru calculul temperaturilor, sunt grupate în 5.5.3 și 5.8. Expresiile pentru calculul densității gazelor de ardere și a vitezei lui, sunt indicate în 5.9.

Condiția privind presiunea trebuie validată conform procedurii descrise în 5.10 și 5.11.

Condiția privind temperatura, trebuie validată conform procedurii descrise în 5.12.

Validarea cerințelor de presiune și temperatură trebuie realizată:

- fie pentru puterea calorică nominală, declarată de producător, a aparatului de încălzire;
- fie pentru puterea calorică nominală și pentru cea mai mică valoare a domeniului de putere calorică, declarată de producătorul aparatului de încălzire.

Dacă condiția referitoare la presiune privind tirajul maxim (46a) sau condițiile de temperatură (50) și (51) pentru coșurile de fum care funcționează la presiune negativă, nu sunt satisfăcute, validarea condițiilor de presiune sau de temperatură poate fi efectuată luându-se în calcul aerul secundar suplimentar aplicabil gazelor de ardere, conform 6.

NOTĂ: Dacă condițiile expuse mai sus sunt îndeplinite, nu este necesar să se respecte condiția referitoare la temperatură, dar absența umidității nu poate fi în acest caz garantată.

Aceste condiții sunt:

- dacă aparatul de încălzire este înlocuit cu un aparat care are o putere $<30 \text{ kW}$, și
- pierderile de gaze de ardere ale aparatului de încălzire sunt de minimum 8%, și
- aparatul de încălzire este echipat cu o clapetă de siguranță, care asigură o ventilație adecvată în coșul de fum în perioadele de repaus și de funcționare la putere redusă.

Această condiție poate fi îndeplinită supradimensionând puterea aparatului de încălzire.

15.2.5 Date aplicabile gazelor de ardere care caracterizează aparatul de încălzire

15.2.5.1 Generalități

Pentru calculul valorilor de temperatură și presiune, trebuie obținute date aplicabile gazelor de ardere, care caracterizează aparatul de încălzire; trebuie știut debitul masic al gazelor de ardere, temperatura gazelor de ardere și tirajul minim necesar sau presiunea diferențială maximă a aparatului de încălzire. În plus, trebuie specificate tipul combustibilului furnizat, concentrația de CO_2 , în volum a gazelor de ardere și geometria canalului de racordare.

Tabelul B.1 furnizează date tip pentru anumiți combustibili.

Tabelele B.2 și B.3 indică datele tip pentru anumite aparate de încălzire.

15.2.5.2 Debitul masic al gazelor de ardere

Debit masic al gazelor de ardere la puterea utilă nominală a aparatului de încălzire

Pentru a calcula valorile presiunii și temperaturii conform formulelor (45), (46), (46a), (47), (48), (49), (49a) și (50) trebuie să se obțină debitul masic al gazelor de ardere, în condițiile puterii utile nominale a aparatului de încălzire.

Dacă datele nu sunt disponibile, debitul masic al gazelor de ardere și concentrația de CO_2 , în volum, pot fi determinate plecând de la formulele indicate în tabelele B.1, B.2 sau B.3, Anexa B.

Dacă coșul de fum este racordat la un aparat de încălzire, care utilizează mai mulți combustibili, calculul și dimensionarea să se facă ținându-se seama de fiecare tip de combustibil, corespunzător aparatului.

Dacă aparatele de încălzire sunt echipate cu un dispozitiv de reglare a tirajului, debitul masic a gazelor de ardere, utilizat, trebuie să fie cel care domină în aval de opritorul de tiraj.

Debitul masic al gazelor de ardere $\dot{m}$ al unui focar deschis depinde de deschiderea sa. Pentru calcul, se utilizează formula următoare:

$$\dot{m} = f_{mf} \cdot A_F, \text{ kg/s} \quad (52)$$

în care:

f_{mf} – coeficientul de debit masic al unui focar deschis, $\text{kg}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$;

A_F – secțiunea transversală a deschiderii focarului, m^2 ;

Pentru focare deschise cu înălțimea deschiderii mai mică sau egală cu lățimea, $f_{mf} = 0,139 \text{ kg}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$.

Pentru focare deschise, cu înălțimea deschiderii mai mare ca lățimea, $f_{mf} = 0,167 \text{ kg}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$.

Pentru focarele deschise, conținutul de CO_2 – al gazelor de ardere poate fi considerat $\sigma(\text{CO}_2) = 1 \%$.

Debit masic al gazelor de ardere la puterea utilă admisă cea mai scăzută

Dacă aparatul de încălzire este proiectat să funcționeze în condiții schimbătoare, trebuie să se facă un control suplimentar asupra condițiilor de presiune și temperatură ale debitului masic al gazelor de ardere, la puterea utilă cea mai scăzută a aparatului de încălzire.

Dacă producătorul nu furnizează date privind debitul masic al gazelor de ardere la puterea utilă cea mai scăzută, se utilizează o treime din debitul masic al gazelor de ardere sau a canalului de racordare.

Debit masic al gazelor de ardere la nivelul unui tiraj maxim sau la presiune diferențială minimă pentru aparatele de încălzire

Pentru calculul tirajului maxim sau presiunii pozitive minime în coșul de fum, debitul masic al gazelor de ardere la nivelul unui tiraj maxim sau la presiune diferențială minimă pentru aparatul de încălzire trebuie furnizat de producător dacă este cazul.

Debit masic al gazelor de ardere cu aer secundar

Dacă aerul secundar este furnizat printr-un regulator de tiraj sau un opritor de tiraj, debitul de aer trebuie calculat conform 6.3 în funcție de diferența reală de presiune în încăperea de instalare a aparatului de încălzire și în coșul de fum sau canalul de racordare.

15.2.5.3 Temperatura gazelor de ardere

Temperatura gazelor de ardere la puterea utilă nominală (T_{WN})

Temperatura gazelor de ardere la puterea utilă nominală (T_{WN}), trebuie comunicată de producătorul aparatului de încălzire.

Dacă aparatele de încălzire sunt echipate cu opritor de tiraj, temperatura de utilizare a gazelor de ardere, trebuie să fie cea care domină în aval de opritorul de tiraj.

Dacă producătorul furnizează date care indică temperatura gazelor de ardere în aval de opritorul de tiraj, acestea se utilizează pentru calcul.

Dacă temperatura gazelor de ardere din focare deschise nu este cunoscută, se admite să se folosească valoarea $t_{WN} = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($T_{WN} = 353,15\text{ K}$).

Temperatura gazelor de ardere la presiunea utilă cea mai scăzută posibil (T_{Wmin})

Temperatura specificată cea mai scăzută T_{Wmin} a gazelor de ardere trebuie să fie comunicată de producătorul aparatului de încălzire.

Dacă aceste date nu sunt disponibile, temperatura utilizată este 2/3 din valoarea temperaturii gazelor de ardere, în $^{\circ}\text{C}$, la puterea utilă nominal.

Temperatura gazelor de ardere la tirajul maxim sau la presiune diferențială minimă a aparatelor de încălzire

Pentru calculul tirajului maxim sau presiunii pozitive minime în coșul de fum, temperatura gazelor de ardere la nivelul unui tiraj maxim sau la presiune diferențială minimă pentru aparatul de încălzire trebuie furnizat de producător dacă este cazul.

15.2.5.4 Tiraj minim al aparatului de încălzire (P_W) pentru coșurile de fum care funcționează la presiune negativă

Pentru calculul unui coș de fum, care funcționează la presiune negativă, valoarea minimă a tirajului aparatului de încălzire P_W , trebuie comunicată de producătorul aparatului de încălzire.

Dacă nu este cunoscută nicio valoare, se admite alegerea unei valori credibile din standardele de produse corespunzătoare, pentru tirajul minim al aparatului de încălzire.

Dacă nu este cunoscută nici o valoare pentru cazane, a se vedea tabelul B.2, Anexa B.

Dacă valoarea cunoscută a tirajului minim este un număr negativ (care implică o funcționare la presiune pozitivă), în calcule trebuie să se utilizeze valoarea lui $P_W = 0$.

Dacă nu este comunicată de producător nici o dată valabilă aplicabilă întrerupătorului de tiraj antirefulare, se utilizează o valoare de 3 Pa pentru tirajul minim al aparatului, care funcționează cu combustibili gazeși și notați ca B1 conform CEN/TR 1749 și o valoare de 10 Pa pentru toate celelalte aparate, care folosesc combustibili gazeși și sunt echipate cu întrerupător de tiraj – refulare.

Pentru funcționarea focarelor, se calculează tirajul minim P_W , folosind debitul masic al gazelor de ardere și secțiunea transversală de la ieșirea din coșul de fum a focarului deschis.

Se recomandă ignorarea tirajului teoretic disponibil datorat efectului de coș din focar deschis și colectorul de fum. Rezistența locală, în colectorul de fum, se ia în considerare prin folosirea unui coeficient de siguranță al debitului $S_E = 1,5$.

Anexa A
(obligatorie)

Simboluri, terminologie și unități de măsură

Tabelul A.1 Simboluri, terminologie și unități de măsură

Simbol	Unitate de măsură	Terminologie (rom.)	Terminologie (engl.)
A	m ²	Aria secțiunii transversale a segmentului de coș	cross sectional area of the chimney
c _p	J/(kg·K)	Capacitatea calorică specifică a gazelor de ardere	specific heat capacity of flue gas
D	m	diametru	diameter
D _h	m	Diametrul hidraulic	hydraulic diameter
g	m/s ²	Accelerație gravitațională = 9,81	acceleration due to gravity = 9,81
H _j	m	Înălțimea utilă a segmentului de coș de fum j	effective height of the chimney segment j
H _{v,j}	m	Înălțimea utilă a canalului de racordare j	effective height of the connecting flue pipe j
K _j	-	Coeficient de răcire a segmentului de coș de fum j	coefficient of cooling of the chimney segment j
k _j	W/(m ² ·K)	Coeficient de transmisie termică segmentului de coș de fum j	coefficient of heat transmission of the chimney segment j
k _{ob,j}	W/(m ² ·K)	Coeficient de transmisie termică la sfârșitul segmentului de coș de fum j	coefficient of heat transmission at upper end of the chimney segment j
K _{v,j}	-	Coeficient de răcire a canalului de racordare j	coefficient of cooling of the connecting flue pipe
L _j	m	Lungimea segmentului de coș de fum j	length of the chimney segment j
ṁ _j	kg/s	Debitul masic al gazelor de ardere pe segmentul de coș j	flue gas mass flow in the chimney segment j
ṁ _{v,j}	kg/s	Debitul masic al gazelor de ardere în canalul de racordare j	flue gas mass flow in the connecting flue pipe j
ṁ _{w,j}	kg/s	Debitul masic declarat al aparatului de încălzire j	declared flue gas mass flow of the heating appliance j
ṁ _{wc,j}	kg/s	Debitul masic calculat al aparatului de încălzire j	calculated flue gas mass flow of the heating appliance j
N	-	Numărul aparatelor de încălzire racordate la coș	number of heating appliances serving the chimney
Nu	-	Numărul lui Nusselt	Nusselt number
Q _{min,j}	kW	Puterea calorică minimă a aparatului de încălzire j	minimum heat output of the heating appliance j
Q _{N,j}	kW	Debit de căldură convențional al aparatului de încălzire	nominal heat output of the heating appliance j
P _{B,j}	Pa	Rezistența la presiunea proiectată minimă a aerului de alimentare pentru aparatul de încălzire j	pressure resistance of the air supply j of the heating appliance j
P _{Bc,j}	Pa	Rezistența calculată la presiunea (negativă) a aerului de alimentare j	calculated pressure resistance of the air supply of the heating appliance j
P _{H,j}	Pa	Tirajul teoretic datorat efectului de coș în	theoretical draught available due to chim-

		conducta de aer de alimentare a segmentului de coș j	ney effect in chimney segment j
P_L	Pa	Presiunea vitezei vântului	wind velocity pressure
p_L	Pa	Presiunea aerului exterior	external air pressure
$P_{R,j}$	Pa	Rezistența la presiune în segmentul de coș j	pressure resistance of the chimney segment j
Pr	-	Numărul lui Prandtl	Prandtl number
$P_{V,j}$	Pa	Rezistența calculată la presiune, a conductei de racordare în segmentul de coș j	calculated pressure resistance of the connecting flue pipe j
$P_{W,j}$	Pa	Tirajul minim al aparatului de încălzire j	minimum draught for the heating appliance j
$P_{WC,j}$	Pa	Tirajul calculat al aparatului de încălzire j	calculated draught of the heating appliance j
$P_{Wmax,j}$	Pa	Tirajul maxim al aparatului de încălzire j	maximum draught for the heating appliance j
$P_{WO,j}$	Pa	Presiunea maximă diferențială a aparatului de încălzire j	maximum differential pressure of the heating appliance j
$P_{WOc,j}$	Pa	Presiunea diferențială calculată a aparatului de încălzire j	calculated positive differential pressure of the heating appliance j
$P_{Womin,j}$	Pa	Presiunea minimă diferențială a aparatului de încălzire j	minimum differential pressure of the heating appliance j
$P_{Z,j}$	Pa	Tirajul în orificiul de admisie în segmentul de coș j	draught at the flue gas inlet into the chimney segment j
$P_{Zmin,j}$	Pa	Tirajul minim al gazelor de ardere la orificiul de intrare în segmentul de coș j	minimum draught at the flue gas inlet into the chimney segment j
$P_{Zmax,j}$	Pa	Tirajul maxim al gazelor de ardere la orificiul de intrare în segmentul de coș j	maximum draught at the flue gas inlet into the chimney segment j
$P_{Ze,j}$	Pa	Tirajul minim cerut la nivelul de admisie a gazelor de ardere în segmentul de coș j	minimum draught required at the flue gas inlet into the chimney segment j
$P_{Zemax,j}$	Pa	Tiraj maxim admis la nivelul de admisie a gazelor de ardere în segmentul de coș j	maximum allowed draught at the flue gas inlet into the chimney segment j
$P_{ZO,j}$	Pa	Presiunea maximă pozitivă la nivelul de admisie a gazelor de ardere în segmentul de coș j	maximum positive pressure at the flue gas inlet into the chimney segment j
$P_{ZOmin,j}$	Pa	Presiunea minimă pozitivă la nivelul de admisie a gazelor de ardere în segmentul de coș j	minimum positive pressure at the flue gas inlet into the chimney segment j
$P_{ZOe,j}$	Pa	Presiunea maximă diferențială la intrarea gazelor de fum din segmentul de coș j	maximum differential pressure at the flue gas inlet into the chimney segment j
$P_{ZOemin,j}$	Pa	Presiunea minimă diferențială la intrarea gazelor de fum din segmentul de coș j	minimum differential pressure at the flue gas inlet into the chimney segment j
R	J/(kg·K)	Constantă a gazelor pentru gazele de ardere	gas constant of the flue gas
r	m	valoare medie a rugozității peretelui interior	mean value of roughness value of the inner wall
Re	-	Numărul lui Reynolds	Reynolds number

R_L	$J/(kg \cdot K)$	Constantă a gazelor pentru aer	gas constant of the air
S_E	-	Coeficient de siguranță al debitului	flow safety coefficient
S_H	-	Coeficient de corecție a instabilității temperaturii	correction factor of temperature instability
$T_{e,j}$	K	Temperatura gazelor de ardere în orificiul de admisie în segmentul de coș j	flue gas temperature at the inlet of the chimney segment j
$T_{g,j}$	K	Temperatura limită pentru segmentul de coș j	temperature limit of the chimney segment j
$T_{iob,j}$	K	Temperatura peretelui interior la ieșirea din segmentul de coș	inner wall temperature at the outlet of chimney segment j at temperature equilibrium
T_L	K	Temperatura aerului exterior	external air temperature
$T_{m,j}$	K	Temperatura medie a gazelor de ardere în segmentul de coș j	mean temperature of the flue gas in the chimney segment j
$T_{o,j}$	K	Temperatura gazelor de ardere la ieșirea din segmentul de coș j	flue gas temperature at the outlet of the chimney segment j
$T_{u,j}$	K	Temperatura aerului exterior în segmentul de coș j	ambient air temperature of the chimney segment j
$T_{W,j}$	K	Temperatură gaze de ardere din aparatul de încălzire j	declared flue gas temperature of the heating appliance j
$T_{Wc,j}$	K	Temperatura calculată a gazelor de ardere a aparatului de încălzire j	calculated flue gas temperature of the heating appliance j
U	m	Parametru al segmentului interior al canalului	internal circumference of the chimney
$w_{m,j}$	m/c	Viteza medie a gazelor de ardere în segmentul de coș j	mean velocity over the length and over the cross section of the chimney segment j
α_i	$W/(m^2 \cdot K)$	Coeficient de transfer termic	internal coefficient of heat transfer of the flue
γ	$^{\circ}C$	Unghiul de racordare dintre conducta de racordare și segmentul de coș	angle between flow directions e. g. between connecting flue pipe and the chimney segment
η_A	$(N \cdot s)/m^2$	Viscozitatea dinamică a gazelor de ardere	dynamic viscosity of flue gas
$1/\lambda$	$(m^2 \cdot K)/W$	Rezistență termică	thermal resistance
λ_A	$W/(m \cdot K)$	Coeficient de conductivitate termică	coefficient of thermal conductivity of flue gas
$\rho_{m,j}$	kg/m^3	Densitatea medie a gazelor de ardere în segmentul colector j	density of flue gas averaged over the length and over the cross section of the chimney segment j
ψ	-	Coeficient de frecare al canalului în segmentul colector	coefficient of flow resistance due to friction of the flue
ξ	-	Coeficient de rezistență la presiune pentru schimbarea direcției gazelor de ardere și amestecului în zona orificiului de admisie în segmentul de coș	coefficient of flow resistance due to a directional and/or cross sectional and/or mass flow change in the flue

Anexa B (obligatorie)

Recomandări

Proiectarea coșului de fum care deservește mai mult decât un aparat de încălzire necesită o anumită experiență. Câteva recomandări sunt prezentate în continuare. Aceste recomandări trebuie luate în considerare în timpul calculelor, dacă sunt relevante.

B.1 Recomandări pentru coșul de fum și aparatele de încălzire

Aparatele de încălzire care sunt scoase din funcțiune pentru o perioadă lungă de timp trebuie închise cu dispozitive.

Aceste dispozitive se recomandă să fie închise pe perioadele în care nu are loc nici o ardere. În orice caz ușa camerei de ardere și deschiderile pentru aerul de alimentare a aparatelor de încălzire trebuie închise.

B.2 Recomandări pentru conductele de racordare

Conductele de racordare se recomandă să se ridice vertical și să aibă un traseu direct, de la orificiul de ieșire al aparatului către coșul de fum.

Dacă acest lucru nu este posibil, se recomandă ca lungimea conductei să nu depășească 0,5 m.

Ridicarea pe verticală, direct de la orificiul de ieșire al aparatului, se recomandă să depășească jumătatea lungimii totale. Lungimea totală a conductei de racordare se recomandă să nu depășească 2,5 m.

Secțiunea transversală utilă a conductelor de racordare se recomandă să aibă forma și dimensiunile constante și să aibă minimum același diametru hidraulic ca al orificiului de ieșire al gazelor de ardere din aparatul de încălzire.

În cazul când două aparate de încălzire sunt legate la un coș de fum printr-un singur canal de racordare, se recomandă să se calculeze secțiunea transversală liberă a conductei comune conform metodei de calcul indicată în acest standard pentru suma puterilor calorice nominale a ambelor aparate de încălzire.

Anexa C

(informativă)

Caracteristici pentru aparatul de încălzire

În cazul coeficienților b_0 , b_1 și b_2 , și coeficienților y_0 , y_1 , y_2 folosiți în formulele 10 și 11 și nespecificați de către producătorul aparatului de încălzire, tabelul C.1 se recomandă să se utilizeze în cazul valorilor relevante disponibile ale gazelor de ardere; tabelul C.2 se recomandă să se utilizeze în cazul când valorile gazelor de ardere nu sunt indicate.

Tabelul C.1 – Specificații ale caracteristicilor gazelor de ardere ale aparatelor de încălzire, cu valori cunoscute ale gazelor de ardere

$P_{Wc,j}$					$t_{Wc,j}$			Aparat de încălzire
b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	y_0	y_1	y_2	
0	0	0	0	$P_{W,j}$	0	$t_{W,j}$	0,8	Aparat de încălzire cu ardere pentru combustibili solizi, fără ventilator
0	0	$P_{W,j}$	0	0	$t_{uV,j}$	0	0	
0	0	$P_{W,j}$	0	0	$t_{W,j}$	0	0	Aparat de încălzire cu ardere pentru combustibil lichizi fără ventilator
0	0	$P_{W,j}$	0	0	$t_{uV,j}$	0	0	
0	0	$P_{W,j}$	0	0	$t_{uV,j}$	$t_{W,j} - t_{uV,j}$	-1	Aparat de încălzire cu întrerupător de tiraj pentru combustibili gazoși
0	0	$P_{W,j}$	0	0	$t_{uV,j}$	0	0	
$-P_{WG,j}$	0	$P_{W,j} + P_{WG,j}$	0	0	$t_{W,j}$	0	0	Aparat de încălzire fără întrerupător de tiraj pentru combustibili gazoși, cu ventilator
0	0	$P_{W,j} + P_{WG,j}$	0	0	$t_{uV,j}$	0	0	

în care:

$t_{uV,j}$ – temperatura aerului ambiant din spațiul de instalare a aparatului termic;

$t_{W,j}$ – temperatura gazelor de ardere provenite din aparatul de încălzire j;

$P_{W,j}$ – necesarul de tiraj al aparatului de încălzire j

$P_{WG,j}$ – diferența de presiune garantată, creată de ventilator la puterea calorică nominală.

Tabelul C.2 – Specificație a caracteristicilor gazelor de ardere ale aparatelor de încălzire fără valori cunoscute ale gazelor de ardere

Specificație a caracteristicilor gazelor de ardere ale aparatelor de încălzire fără valori cunoscute ale gazelor de ardere					
$t_{Wc,j}$			$\dot{m}_{W,j} / Q_{N,j}$ $\text{g}/(\text{c}^*\text{kBt})$	$(\text{CO}_2)_{W,j}$ %	Aparat de încălzire
$y_0, ^\circ\text{C}$	$y_1, ^\circ\text{C}$	$y_2, ^\circ\text{C}$			
0	250	0,8	1,2	8,1	Aparat de încălzire cu ardere pentru combustibili solizi fără ventilator
$t_{uV,j}$	0	0	1,2	0	
250	0	0	0,85	0,7	Aparat de încălzire cu ardere pentru combustibili lichizi fără ventilator
$t_{uV,j}$	0	0	0,85	0	
$t_{uV,j}$	130- $t_{uV,j}$	0	0,84	5,4	Aparat de încălzire cu întrerupător de tiraj pentru combustibili gazoși
$t_{uV,j}$	0	0	0,84	0	
$t_{W,j}$	0	0	-	-	Aparate de încălzire fără întrerupător de tiraj pentru combustibili gazoși cu ventilator
$t_{uV,j}$	0	0	-	-	

Bibliografia

- [1] СНиП 23.01.99 – Строительная климатология. Москва, 2003.

Traducerea prezentului document normativ în limba rusă

Начало перевода

1 Область применения

1.1 Настоящие Нормы предназначены для проектирования коллективных дымоходных систем для жилых многоквартирных зданий.

1.2 Настоящие Нормы устанавливают методы расчета теплотехнических и аэродинамических параметров дымоходов с подключением нескольких теплогенераторов.

1.3 Настоящие Нормы применяются в следующих двух случаях:

1) к дымоходу с мультивходом с помощью более чем одного соединительного элемента подключается один или несколько теплогенераторов;

2) при каскадном подключении к дымоходу с помощью одного соединительного элемента подключаются несколько теплогенераторов. В случае каскадного подключения несколько теплогенераторов к дымоходу с мультивходом следует руководствоваться подпунктом 1.

1.4 Настоящие Нормы распространяется на дымоходы, работающие в режиме разрежения, с подключением теплогенераторов, работающих на жидком, газообразном и твердом топливе.

1.5 Настоящие Нормы не распространяется на:

- дымоходы с различными термическими сопротивлениями или различными поперечными сечениями на различных участках дымохода. Эта часть стандарта не распространяется на расчет коэффициента передачи энергии;
- дымоходы для открытых источников тепла, например, каминов, или дымоход с входами, который обычно эксплуатируется в помещении с открытыми источниками тепла;
- дымоходы, которые отводят дымовые газы от вентиляторных горелок с чрезмерной тягой, или от теплогенераторов, работающих на естественной тяге. Теплогенераторы, работающие на естественной тяге и имеющие регулятор тяги, размещаются между вентиляторной горелкой и дымоходом;
- дымоходы с возможностью подключения нескольких теплогенераторов, которые обслуживают здания высотой более 5 этажей (не касается систем сбалансированных дымоходов);
- дымоходы, к которым подключены теплогенераторы с подачей воздуха для горения через воздушные отверстия или воздушные каналы, неподключенные в общую шахту воздухо-вода (например, прокладываются с одной стороны здания).

1.6 Настоящие Нормы распространяются на дымоходы с избыточным давлением только в случае, если теплогенератор не эксплуатируется, его можно легко демонтировать для предотвращения обратного потока газа.

1.7 При выполнении расчетов необходимо учитывать различия характеристик дымовых газов при использовании различных видов топлива.

2 Нормативные ссылки

Ниже приведенные ссылки нормативных документов являются обязательными в рамках настоящих Норм.

SM SR EN 1443:2011	Coșuri de fum. Condiții generale
SM SR EN 13384-1:2016	Coșuri de fum. Metode de calcul de termodinamica fluidelor. Partea 1: Coșuri care deserveșc un singur aparat
SM SR EN 13384-2:2015	Coșuri de fum. Metode de calcul de termodinamica fluidelor. Partea 2: Coșuri care deserveșc mai multe aparate de încălzire
SM SR EN 13384-3:2011	Coșuri de fum. Metode de calcul de termodinamica fluidelor. Partea 3: Metode de elaborare diagrame și tabele pentru coșuri de fum care deserveșc un singur aparat de încălzire
SM SR EN 15287-1+A1:2011	Coșuri de fum. Proiectare, instalare și punere în funcțiune a coșurilor de fum. Partea 1: Coșuri de fum pentru aparate de încălzire neetanșe
SM SR EN 15287-2:2011	Coșuri de fum. Proiectare, instalare și punere în funcțiune a coșurilor de fum. Partea 2: Coșuri de fum pentru aparate etanșe
NCM G.04.XX:20XX	Coșuri colective de fum pentru clădiri rezidențiale. Norme de proiectare. Generalități.
NCM G.04.XX:20XX	Coșuri colective de fum pentru clădiri rezidențiale. Partea 1: Proiectarea coșurilor colective de fum care deserveșc un singur aparat de încălzire.
NCM G.04.XX:20XX	Coșuri colective de fum pentru clădiri rezidențiale. Partea 3: Metode termotehnice și aerodinamice de calcul.

NOTĂ - La utilizarea prezentului NCM este rațional să se verifice acțiunea standardelor de referință și a clasificatorilor în sistemul public de informare – pe site-ul oficial al organelor naționale de standardizare din Republica Moldova în rețeaua Internet sau în baza indicatorului de informare anual „Standarde Naționale”, ce este publicat la data de 01 ianuarie a anului curent și conform indicatorilor de informare publicate lunar. Dacă documentul de referință este înlocuit (modificat), atunci prin aplicarea prezentului NCM, trebuie să se ghideze în baza documentului înlocuit (modificat). Dacă documentul de referință este anulat fără substituie, atunci prevederea la care se face trimitere, se aplică în măsura în care nu atinge această referință.

3 Термины и определения

Ниже приведены термины и определения, принятые в стандартах SM SR EN 1443, EN 13384-1, SM SR EN 15287-1, SM SR EN 15287-2.

3.1

участок дымохода: Часть дымохода, расположенная между двумя последовательно соединенными элементами или между последним соединительным элементом и выходом из дымохода.

3.2

участок сборного коллектора: Часть соединительного элемента, между двумя точками соединения, расположенные последовательно, или между последней точкой соединения и входом в дымоход.

3.3

система дымоотвода: Система концентрических или неконцентрических шахт, либо параллельных шахт для транспортировки воздуха извне для горения в теплогенераторов, а также продуктов сгорания от теплогенераторов в атмосферу.

3.4

массовый расход дымовых газов ($\dot{m}$): Масса дымовых газов, выделенная теплогенератором через подключенный дымоход за единицу времени. В дымоходах, с несколькими подключениями теплогенераторов, массовый расход дымовых газов определяет воздушную массу, которая проходит через теплогенератор, когда он не эксплуатируется.

3.4.1

заявленный массовый расход дымовых газов ($\dot{m}_{w,j}$): Массовый расход дымовых газов j , который используется в расчете с учетом тепловой мощности, предоставляется производителем теплогенератора.

3.4.2

расчетный массовый расход дымовых газов ($\dot{m}_{wc,j}$): Массовый расход дымовых газов, который определен при расчете тяги и условий эксплуатации теплогенератора j .

3.5

расчетная температура дымовых газов ($T_{wc,j}$): Температура дымовых газов на выходе из теплогенератора j в зависимости от расчетного массового расхода дымовых газов.

3.6

расчетная тяга дымовых газов теплогенератора ($P_{wc,j}$): Тяга дымовых газов на выходе из теплогенератора j в зависимости от расчетного массового расхода дымовых газов.

3.7

клапан дымовых газов: Устройство, с помощью которого частично или полностью закрывается доступ в дымоход.

3.8

сбалансированный дымоход: Дымоход, в котором точка входа воздуха в воздуховод рядом с точкой выхода продуктов сгорания из соединительного дымохода теплогенератора, вход и выход размещаются таким образом, чтобы обеспечить постоянный сбалансированный приток воздуха.

3.9

каскадное подключение: Подключение, в котором два или более теплогенераторы, установленные в одном помещении, подключаются к дымоходу одним общим соединительным элементом.

3.10

многократное подключение: Подключение, в котором два или более теплогенераторы, установленные в разных помещениях, подключаются к дымоходу отдельными соединительными элементами.

3.11

шахта воздуховода: Независимая шахта в здании или составляющая часть дымохода, транспортирующая (подающая) воздух для горения к теплогенератору с закрытой камерой сгорания.

3.12

пропускное отверстие: Отверстие или шахта, непосредственно соединяющая шахту воздуховода с дымоходом.

3.13

теплопроизводительность (Q): Количество тепла, производимого теплогенератором за единицу времени.

3.14

условная теплопроизводительность (Q_N): Длительная теплопроизводительность, указанная производителем теплогенератора для отдельных видов топлива.

3.15

объем тепловой мощности: Объем тепловой мощности, не превышающей условную теплопроизводительность, указанную производителем, который может использовать теплогенератор

3.16

тепловая мощность (Q_F): Количество тепла, образующегося в теплогенераторе за счет топлива, с учетом его низшей теплоты сгорания за единицу времени, H_U .

3.17

коэффициент полезного действия теплогенератора (η_w): Отношение теплопроизводительности теплогенератора (Q) к тепловой мощности (Q_F).

3.18

массовый расход дымовых газов (m): Масса дымовых газов, которая отводится теплогенератором в соединительный дымоход за единицу времени.

3.19

расчетная высота дымохода (H): Разница по высоте между осью входа и выхода дымовых газов в дымоход.

3.20

расчетная высота соединительного дымохода (H_V): Разница в высоте между осью выхода дымовых газов теплогенератора и осью входа дымовых газов в дымоход. Если речь идет о дымоходах для источников тепла с открытой топкой, H_V является разницей по высоте между верхней нижней рамы топочной камеры и осью входа дымовых газов в дымоход.

3.21

разрежения в дымоходе: Значение давления разрежения в дымоходе.

3.22

теоретическая тяга, созданная эффектом дымохода (P_H): Перепад давления, обусловленный разницей массы между столбом воздуха, равной расчетной высоте снаружи дымохода, и столбом дымовых газов равна расчетной высоте внутри дымохода.

3.23

аэродинамическое сопротивление дымохода (P_R): Давление, необходимое для преодоления сопротивления массового расхода дымовых газов при прохождении дымовых газов через дымоход.

3.24

динамическое давление воздуха (P_L): Давление, которое возникает в результате движения воздуха в дымоходе.

3.25

минимальная тяга в точке входа дымовых газов в дымоход (P_Z): Разница между минимальной теоретической тягой и суммой максимального аэродинамического сопротивления дымохода и давления воздуха.

3.26

максимальная тяга в точке входа дымовых газов в дымоход (P_{Zmax}): Разница между максимальной теоретической тягой и минимальным аэродинамическим сопротивлением в дымоходе.

3.27

минимальная тяга для теплогенератора (P_W): Разница между статическим давлением воздуха помещения, в котором установлен теплогенератор, и статическим давлением дымовых газов на выходе связующего дымохода теплогенератора, которая необходима для обеспечения устойчивой работы теплогенератора.

3.28

максимальная тяга для теплогенератора (P_{Wmax}): Разница между статическим давлением воздуха помещения, в котором установлен теплогенератор, и статическим давлением дымовых газов на выходе связующего дымохода теплогенератора, которая необходима для обеспечения устойчивой работы теплогенератора.

3.29

фактическое аэродинамическое сопротивление соединительного дымохода (P_{FV}): Перепад статического давления между осью входа соединительного дымохода и осью выхода дымохода, возникающее вследствие воздействия теоретической тяги и аэродинамического сопротивления.

3.30

фактическое аэродинамическое сопротивление подачи воздуха (P_B): Разница между статическим давлением извне и статическим давлением воздуха в помещении, где установлен теплогенератор, на той же высоте.

3.31

минимальная тяга дымовых газов в точке входа в дымоход (P_{Ze}): Сумма минимальной тяги, необходимой для работы теплогенератора и тяги, необходимой для преодоления фактического аэродинамического сопротивления соединительного дымохода и избыточного давления дымовых газов на входе в дымоход.

3.32

максимально допустимая тяга, которая необходима в точке входа дымовых газов в дымоход (P_{Zemax}): Сумма максимальной тяги, необходимой для теплогенератора и тяги, необходимой для преодоления фактического аэродинамического сопротивления соединительного дымохода и избыточного давления дымовых газов в точке входа в дымоход.

3.33

максимальное избыточное давление в точке входа дымовых газов в дымоход (P_{zo}): Сумма разницы максимального аэродинамического сопротивления и минимальной теоретической тяги дымохода и давления воздуха.

3.34

минимальное избыточное давление в точке входа дымовых газов в дымоход (P_{zomin}): Разница минимального аэродинамического сопротивления и максимальной теоретической тяги дымохода.

3.35

максимальный перепад давления теплогенератора (P_{wo}): Максимальная разница между статическим давлением дымовых газов на выходе связующего дымохода теплогенератора и статическим давлением воздуха на входе теплогенератора, который определяется устойчивой работой теплогенератора.

3.36

минимальный перепад давления теплогенератора (P_{womin}): Минимальная разница между статическим давлением дымовых газов на выходе связующего дымохода теплогенератора и статическим давлением воздуха на входе теплогенератора, который определяется устойчивой работой теплогенератора. Значение может быть меньше атмосферного.

3.37

максимальный перепад давления в точке входа дымовых газов в дымоход ($P_{zo\epsilon}$): Разница между максимальным перепадом давления теплогенератора и суммой значений фактического аэродинамического сопротивления соединительного дымохода и избыточного давления дымовых газов в точке входа в дымоход.

3.38

вторичный воздух: Окружающий воздух, который присоединяется к дымовым газам в дополнение к условному массовому расходу дымовых газов.

3.39

минимальный перепад давления в точке входа дымовых газов в дымоход (P_{zoemin}): Разница между минимальным перепадом давления теплогенератора и суммой значений фактического аэродинамического сопротивления соединительного дымохода и избыточного давления дымовых газов в точке входа в дымоход.

3.40

устройство подачи вторичного воздуха: Регулятор тяги или ограничитель тяги.

3.41

регулятор тяги: Приспособление, которое автоматически подает окружающий воздух в дымоход, соединительный дымоход или теплогенератор.

3.42

ограничитель тяги: Устройство, размещенное в канале для продуктов горения теплогенератора, предназначенное для поддержания качества горения в определенных пределах и поддержания устойчивого горения при определенных условиях недостаточной и избыточной тяги.

3.43

температурный предел внутренней стенки (T_g): Допустимая минимальная температура внутренней стенки на выходе дымохода

3.44

система газового воздуховода: Система концентрических или неконцентрических труб для транспортировки воздуха для горения в теплогенератор и транспортировки продуктов горения из теплогенератора в окружающую среду.

3.45

воздушно-приточная труба: Приспособления или компоненты параллельные дымоходу (обособленные или концентрические), которые направляют воздух для горения из атмосферы до входа в соединительные воздушно-приточные трубы для подачи воздуха в теплогенератор.

3.46

сбалансированный дымоход: Дымоход, в котором точка входа воздуха в воздуховод, смежная с точкой высвобождения продуктов горения из связующего дымохода теплогенератора, вход и выход размещаются таким образом, чтобы обеспечить постоянное сбалансированное влияние воздуха.

3.47

участок дымохода: Расчетная единица дымохода.

3.48

Массовый поток конденсата ($\Delta \dot{m}_D$): Масса водяного пара в дымовых газах, которая конденсируется в теплогенератор, связующем дымоходе или дымоходе за единицу времени

3.49

соединительный элемент подачи воздуха: Приспособления или компоненты, которые соединяют выпускное отверстие воздуховода с впускным отверстием теплогенератора

3.50

коэффициент конденсации (f_k):

Пропорциональное отношение максимальной теоретической массового расхода конденсации, которая используется в расчете

4 Обозначения, величины в формулах, названия, единицы измерения

4.1 Для понимания текста в настоящих Нормах все обозначения физических величин, их соответствующие названия и обозначения единиц измерения приведены в таблице 1, 2 и 3.

4.2 Обозначенные буквами индексы относятся к одному участку дымохода и/или участку соединительного элемента.

Пример схемы с обозначением элементов, приведены на рисунках 1 и 2.

4.3 Нумерация элементов должна начинаться с наименьшего и самого отдаленного от теплогенератора элемента.

4.4 В случае подключения более чем одной каскадной системы, схема нумерации элементов для расчетных формул должна строиться по аналогии со схемой для одинарной каскадной системы.

4.5 Соответствующие участки дымохода обозначаются номером через запятую (например: $H_{1,1}$ - эффективная высота секции участка дымохода между выходом соединительного элемента низкорасположенного теплогенератора и выходом соединительного элемента следующего теплогенератора).

Таблица 1. Символы, термины и единицы измерения

Обозначения	Единица измерения	Термины
A	m^2	площадь поперечного сечения участка дымохода
c_p	$Дж/(кг \cdot K)$	удельная теплоемкость дымовых газов
D	m	диаметр
D_h	m	эквивалентный диаметр
g	m/c^2	ускорение свободного падения = 9,81
$H_{i,j}$	m	эффективная высота участка j дымохода
$H_{v,j}$	m	эффективная высота соединительного элемента j
$K_{i,j}$	-	коэффициент охлаждения участка дымохода j
k_j	$Вт/(m^2 \cdot K)$	коэффициент теплопередачи участка дымохода j
$k_{ob,j}$	$Вт/(m^2 \cdot K)$	коэффициент теплопередачи на верхнем конце участка дымохода j
$K_{v,j}$	-	коэффициент охлаждения соединительного элемента j
$L_{i,j}$	m	длина участка дымохода j
$\dot{m}_{i,j}$	$кг/с$	массовый расход дымовых газов на участке дымохода j
$\dot{m}_{v,j}$	$кг/с$	массовый расход дымовых газов в соединительном элементе j
$\dot{m}_{w,i,j}$	$кг/с$	заданный массовый расход дымовых газов теплогенератора j
$\dot{m}_{wc,i,j}$	$кг/с$	расчетный массовый расход дымовых газов теплогенератора j
N	-	количество теплогенераторов подключенных к дымоходу
Nu	-	Число Нуссельта
$Q_{min,i,j}$	$кВт$	минимальная производительность теплогенератора j
$Q_{N,i,j}$	$кВт$	условная теплопроизводительность теплогенератора j
$P_{B,i,j}$	$Па$	аэродинамическое сопротивление приточного воздуха теплогенератора j
$P_{BC,i,j}$	$Па$	расчетное аэродинамическое сопротивление приточного воздуха теплогенератора j
$P_{H,i,j}$	$Па$	теоретическая тяга, созданная эффектом дымохода на участке дымохода j
P_L	$Па$	динамическое давление воздуха
ρ_L	$Па$	давление атмосферного воздуха
$P_{R,i,j}$	$Па$	аэродинамическое сопротивление на участке дымохода j
Pr	-	Число Прандтля
$P_{v,i,j}$	$Па$	расчетное аэродинамическое сопротивление соединительного элемента j
$P_{w,i,j}$	$Па$	минимальная тяга теплогенератора j
$P_{wc,i,j}$	$Па$	расчетная тяга теплогенератора j
$P_{wmax,i,j}$	$Па$	максимальная тяга теплогенератора j
$P_{wo,i,j}$	$Па$	максимальный перепад давления теплогенератора j
$P_{woc,i,j}$	$Па$	расчетный перепад избыточного давления теплогенератора j
$P_{womin,i,j}$	$Па$	минимальный перепад давления теплогенератора j
$P_{Z,i,j}$	$Па$	разрежение в точке входа дымовых газов на участке дымохода j

$P_{Zmin, j}$	Па	минимальная тяга в точке входа дымовых газов на участке дымохода j
$P_{Zmax, j}$	Па	максимальная тяга в точке входа дымовых газов на участке дымохода j
$P_{Ze, j}$	Па	минимальная тяга, которая необходима в точке входа дымовых газов на участке дымохода j
$P_{Zemax, j}$	Па	максимально допустимая тяга необходимо в точке входа дымовых газов на участке дымохода j
$P_{ZO, j}$	Па	максимальное избыточное давление в точке входа дымовых газов на участке дымохода j
$P_{ZOmin, j}$	Па	минимальное избыточное давление в точке входа дымового газа на участке дымохода j
$P_{ZOe, j}$	Па	максимальный перепад давления в точке входа дымовых газов на участке дымохода j
$P_{ZOemin, j}$	Па	минимальный перепад давления в точке входа дымовых газов на участке дымохода j
R	Дж/(кг·К)	газовая постоянная дымовых газов
r	м	эквивалентная шероховатость внутренней стенки
Re	-	число Рейнольдса
R_L	Дж/(кг·К)	газовая постоянная воздуха
S_E	-	коэффициент безопасности потока
S_H	-	поправочный коэффициент при отсутствии температурной инерции
$T_{e, j}$	К	температура дымовых газов в точке входа на участке дымохода j
$T_{g, j}$	К	температурный предел стенки участка дымохода j
$T_{iob, j}$	К	температура внутренней стенки на выходе участка дымохода j при температурном равновесии
T_L	К	температура наружного воздуха
$T_{m, j}$	К	средняя температура дымовых газов на участке дымохода j
$T_{o, j}$	К	температура дымовых газов в точке выхода с участка дымохода j
$T_{u, j}$	К	температура окружающего воздуха на участке дымохода j
$T_{W, j}$	К	заданная температура дымовых газов теплогенератора j
$T_{Wc, j}$	К	расчетная температура дымовых газов теплогенератора j
U	м	внутреннее сечение дымохода
$w_{m, j}$	м/с	средняя скорость по установленной длине поперечного сечения на участке дымохода j
α_i	Вт/(м ² ·К)	внутренний коэффициент дымохода
γ	°С	угол направлений потока, например, между соединительным элементом и участком дымохода
η_A	(Н·с)/м ²	динамическая вязкость дымовых газов
$1/\lambda$	(м ² ·К)/Вт	термическое сопротивление
λ_A	Вт/(м·К)	коэффициент теплопроводности дымовых газов
$\rho_{m, j}$	кг/м ³	средняя плотность дымовых газов по всей длине и площади сечения участка дымохода j
ψ	-	коэффициент местного сопротивления вследствие трения дымохода
ξ	-	коэффициент местного сопротивления вследствие изменения направления потока и/или пересечения и/или массовый расход дымовых газов в дымоходе

При необходимости обозначения, приведенные в этом документе, могут дополняться одним или более показателями.

Таблица 2 - Обозначение, терминология и обозначения единиц измерения физических величин

обозначение	Название	Единицы измерения
A	площадь поперечного сечения	м^2
c	удельная теплоемкость	$\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$
c_p	удельная теплоемкость дымовых газов	$\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$
d	толщина сечения	м
D	диаметр	м
D_h	эквивалентный диаметр	м
H	расчетная высота дымохода	м
k	коэффициент теплопередачи	$\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$
K	коэффициент охлаждения	-
L	длина	м
$\dot{m}$	массовый расход дымовых газов	$\text{кг}/\text{с}$
Nu	показатель Нуссельта	-
p	статическое давление	Па
p_L	давление наружного воздуха	Па
p_B	аэродинамическое сопротивление воздуха для массового потока дымовых газов	Па
p_E	аэродинамическое сопротивление, возникающее вследствие трения и сопротивления формы дымохода	Па
p_{FV}	фактическое аэродинамическое сопротивление соединительного дымохода	Па
p_G	разница давления, обусловленная изменением скорости дымовых газов в дымоходе	Па
p_H	теоретическая тяга, возникающая вследствие эффекта дымохода	Па
p_{HV}	теоретическая тяга, возникающая вследствие эффекта дымохода соединительного элемента	Па
p_L	динамическое давление воздуха	Па
p_{NL}	тяга, необходимая для устройств подачи вторичного воздуха	Па
p_R	аэродинамическое сопротивление дымохода	Па
p_V	аэродинамическое сопротивление соединительного дымохода	Па
p_W	минимальная тяга теплогенератора	Па
$p_{W\max}$	максимальная тяга теплогенератора	Па
p_{WO}	максимальный перепад давления теплогенератора	Па

P_{WOmin}	минимальный перепад давления теплогенератора	Па
P_Z	минимальная тяга в точке входа дымовых газов в дымоход	Па

P_{Zmax}	максимальная тяга в точке входа дымовых газов в дымоход	Па
P_{ZE}	минимальная тяга, которая необходима в точке входа дымовых газов в дымоход	Па
P_{ZEmax}	максимально допустимая тяга, которая необходима в точке входа дымовых газов в дымоход	Па
P_{ZO}	максимальное избыточное давление в точке входа дымовых газов в дымоход	Па
P_{ZOmin}	минимальное избыточное давление в точке входа дымовых газов в дымоход	Па
P_{ZOe}	максимальный перепад давления в точке входа дымовых газов в дымоход	Па
P_{ZOemin}	минимальный перепад давления в точке входа дымовых газов в дымоход	Па
Pr	показатель Прандтля	--
Q	теплопроизводительность	кВт
q_c	транспортировка тепла дымохода до наружного отверстия	К
Q_f	тепловая мощность	кВт
Q_n	условная теплопроизводительность	кВт
r	эквивалентная шероховатость внутренней стенки, м	--
R	газовая постоянная дымовых газов	Дж/(кг·К)
R_L	газовая постоянная воздуха	Дж/(кг·К)
Re	показатель Рейнольдса	--
s	площадь сечения	
S_E	коэффициент безопасности потока	--
S_H	поправочный коэффициент при отсутствии температурной инерции	--
t	температура	°C
T	температура, абсолютная	К
T_g	температурный предел	К
T_{io}	температура внутренней стенки на выходе дымохода	К
T_{iob}	температура внутренней стенки на выходе дымохода при температурном равновесии	К
T_L	температура наружного воздуха	К
T_m	средняя температура дымовых газов	К
T_p	точка росы воды	К
T_{sp}	температура конденсации	К
T_u	температура окружающего воздуха	К
T_{ub}	температура окружающего воздуха в котельной	К

T_{uh}	температура окружающего воздуха в отапливаемых помещениях	К
T_{uo}	температура окружающего воздуха на выходе дымохода	К
T_{ul}	температура окружающего воздуха вокруг здания	К
T_{uu}	температура окружающего воздуха в не отапливаемых помещениях внутри дома	К
T_W	температура дымовых газов теплогенератора	К
T_{WN}	температура дымовых газов теплогенератора при условной теплопроизводительности	К
T_{Wmin}	температура дымовых газов теплогенератора при минимально возможной тепловой мощности	К
U	параметр внутреннего участка	м
W	средняя скорость в пределах площади сечения	м/с
w_m	средняя скорость по установленной длине	м/с
y	значение формы	--
z	высота над уровнем моря	м
α	коэффициент теплоотдачи	Вт/(м ² ·К)
β	отношение массового расхода горения воздуха в массовом расходе дымовых газов	
λ	угол между направлениями потока	° С
δ	толщина стенки	м
ζ	коэффициент местного сопротивления, возникающий в результате изменения направления и / или пересечения и / или массового расхода в дымоходе	
η	динамическая вязкость	Н·с/м ²
η_w	коэффициент полезного действия теплогенератора	--
η_{WN}	коэффициент полезного действия теплогенератора при условной теплопроизводительности	--
λ	коэффициент теплопроводности	Вт/(м·К)
ρ	плотность	кг/м ³
ρ_L	плотность наружного воздуха	-
ρ_m	средняя плотность дымовых газов по установленной длине и площади сечения	кг/м ³
$\sigma(CO_2)$	объемная концентрация CO ₂	%
$\sigma(H_2O)$	объемная концентрация of H ₂ O (пара)	%
σ_{Rad}	количество излучения черноты	Вт/(м ² ·К ⁴)
ψ	коэффициент местного сопротивления, возникающего в результате трения	----
$\left(\frac{1}{\Lambda}\right)$	термическое сопротивление	м ² ·К/Вт

Таблица 3 - Дополнительные символы

Обозначения	Название	единицы измерения
a	снаружи	—
A	дымовые газы	—
b	условие равновесности температуры	—
B	воздух для горения	—
e	вход	—
G	изменение скорости	—
i	внутри	—
L	наружный воздух (снаружи)	—
m	среднее значение	—
M	смесь	—
n	показатель счета	—
N	условное значение	—
NL	вторичный воздух	—
o	выход дымохода	—
O	избыточное давление	—
tot	вместе по всем секциям (участкам)	—
u	окружающий воздух	—
V	соединительный дымоход	—
W	теплогенератор	—

5 Метод расчета

5.1 Общие положения

5.1.1 Метод расчета основывается на определении распределения массового расхода дымовых газов в дымоходе.

5.1.2 Условия для создания необходимого давления (формула 1) должны выполняться в каждой точке входа дымовых газов в дымоход (согласно рис. 1).

5.1.3 После распределения массового расхода дымовых газов в дымоходе необходимо выполнить следующие условия по обеспечению:

- 1) массового расхода дымовых газов (формулы 4 и 5);
- 2) требования к давлению для минимальной тяги или максимального избыточного давления (формулы 6 или 6b и 6c);
- 3) требования к давлению для максимальной тяги или минимального избыточного давления (формулы 6a или 6d);
- 4) характеристика температуры (формула 7).

ПРИМЕЧАНИЕ:

1. Требования по монтажу влияют на расчет. Указания по монтажу теплогенераторов и соединительных элементов дымохода содержатся в приложении А.

2. Характеристики давления для максимальной тяги или минимального избыточного давления необходимы, если существует предел для максимальной тяги для теплогенератора (с разрежением) или минимальный перепад давления теплогенератора (с избыточным давлением).

5.1.4 Для проверки внешних условий необходимо использовать два типа расчетов:

- расчет минимальной тяги и максимального избыточного давления необходимо выполнять при условии, что мощность дымохода является минимальной (то есть высокая внешняя температура);
- расчет максимальной тяги, минимального избыточного давления и температуры внутренней стенки необходимо выполнять при условии, что внутренняя температура дымохода является минимальной (то есть при низкой внешней температуре).

5.1.5 Требования к массовому расходу дымовых газов и характеристикам давления должны быть определены условиями работы с учетом температуры внешнего и окружающего воздуха согласно EN 13384-1:

- все теплогенераторы работают одновременно с условной теплопроизводительностью;
- все теплогенераторы работают одновременно с наименьшей условной теплопроизводительностью;
- один из теплогенераторов работает с условной теплопроизводительностью, а все остальные теплогенераторы не эксплуатируются (все возможные случаи);
- один из теплогенераторов работает с наименьшей теплопроизводительностью, а все остальные теплогенераторы не эксплуатируются (все возможные случаи).

5.1.6 Если с помощью системы регулирования возможно обеспечение режима, который позволяет эксплуатировать все теплогенераторы одновременно, то признание условий для массового расхода дымовых газов и характеристики давления при максимальном количестве работающих теплогенераторов могут проводиться для различных эксплуатационных режимов.

5.1.7 Допускается не учитывать требования к массовому расходу дымовых газов и давлению теплогенераторов, которые эксплуатируются с наименьшей теплопроизводительностью в следующих случаях:

- в теплогенераторах отсутствует регулирование диапазона мощности;
- теплогенераторы имеют ограничения по теплопроизводительности, которые указаны на этикетке теплогенератора. В этом случае условная теплопроизводительность, указывается на этикетке;
- теплогенераторы, работающие на твердом топливе, не имеют вентилятор и системы регулирования приточного воздуха.

5.1.8 Допускается не учитывать требования к массовому расходу дымовых газов теплогенераторов, работающих с условной теплопроизводительностью, в случае если теплогенераторы при меньшей тепловой мощности имеют большую или равную условную теплопроизводительность массового расхода дымовых газов.

5.1.9 Согласно EN 13384-1 характеристика температуры должна выдерживаться при следующих режимах эксплуатации и температурных условиях окружающего и наружного воздуха:

- теплогенераторы на твердом топливе без вентилятора и системы регулирования приточного воздуха с условной теплопроизводительностью;
- теплогенераторы для приготовления горячей воды с отключенным регулятором тяги. Для работы теплогенераторов данного типа необходимо значительное количество вторичного воздуха. (Они работают только кратковременно и поэтому возможно допустить, что конденсация не станет причиной повреждения или риска для безопасности при эксплуатации);
- теплогенераторы, которые работают в диапазоне (условной) тепловой мощности;
- для всех теплогенераторов, которые работают с наименьшей теплопроизводительностью.

5.1.10 Для дымоходов, которые чувствительны к работе во влажных условиях и которые расположены внутри зданий, необходимо проверить характеристику температуры на входе в дымоход.

Допускается не соблюдать температурные условия в случае, если к дымоходу подключены только проточные или емкостные водонагреватели, работающие на газовом топливе.

5.1.11 Если дымоходная система оснащена регулятором тяги, то она рассчитывается по аналогии с системой с каскадным подключением.

5.2 Условие равновесия давления

5.2.1. Дымоходы под разряжением

Всевозможные условия эксплуатации для каждого участка дымохода j необходимо рассчитывать по следующим формулам:

$$|P_{Z,j} - P_{Ze,j}| \leq 0,1, \text{ Па} \quad (1)$$

$$P_{Z,j} = -P_L + \sum_{k=j}^N (P_{H,k} - P_{R,k}), \text{ Па} \quad (2)$$

$$P_{Ze,j} = P_{wc,j} + P_{V,j} + P_{Bc,j}, \text{ Па} \quad (3)$$

где:

$P_{Z,j}$ - разрежение в точке входа дымовых газов на участок дымохода j , Па;

$P_{H,k}$ - теоретическая тяга, созданная эффектом дымохода на участке дымохода k , Па;

$P_{R,k}$ - аэродинамическое сопротивление участка дымохода k , Па;

$P_{Wc,j}$ - расчетная тяга теплогенератора, Па;

$P_{V,j}$ - расчетное аэродинамическое сопротивление соединительного элемента участка дымохода j , Па;

$P_{Bc,j}$ - расчетное аэродинамическое сопротивление приточного воздуха теплогенератора j , Па;

$P_{Ze,j}$ - необходимая тяга в точке входа дымовых газов на участок дымохода j , Па;

P_L - динамическое давление воздуха, Па;

N - количество теплогенераторов.

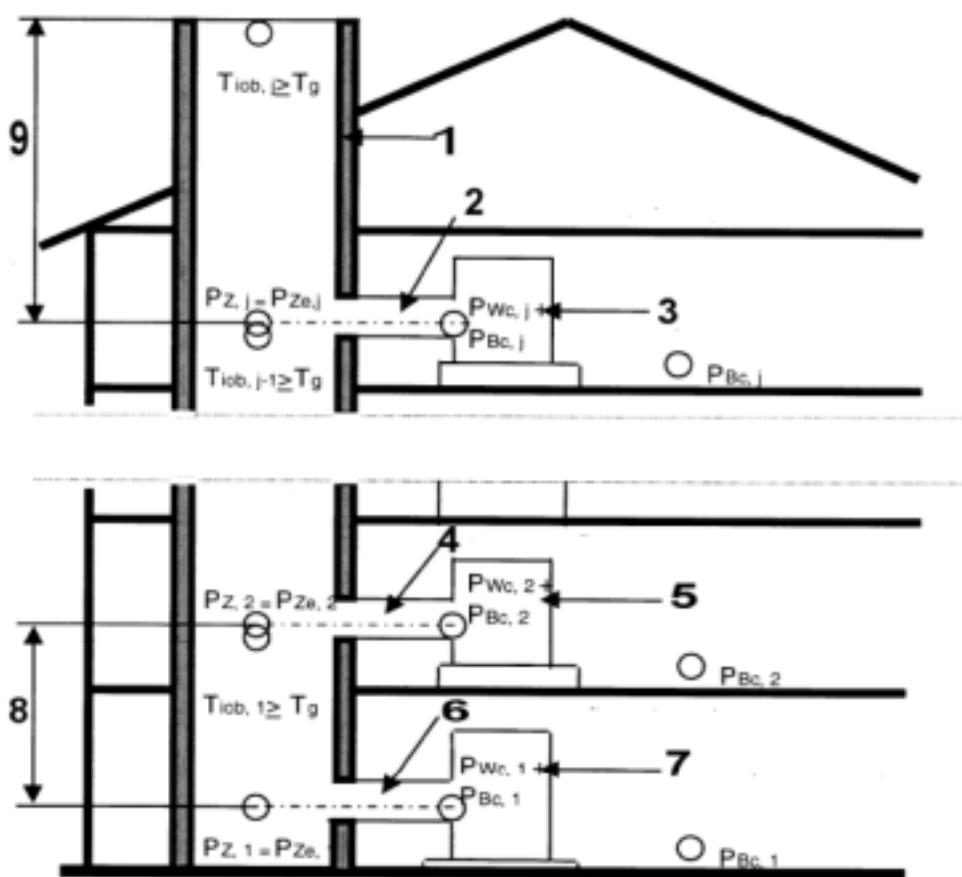


Рис. 1. Пример подключения нескольких теплогенераторов

1 Дымоход. 2 Соединительный элемент j . 3 Теплогенератор j . 4 Соединительный элемент 2. 5 Теплогенератор 2.
6 Соединительный элемент 1. 7 Теплогенератор 1. 8 Участок дымохода 1. 9 Участок дымохода j

5.2.2. Дымоходы под избыточным давлением

Всевозможные условия эксплуатации для каждого участка дымохода j необходимо рассчитывать по следующим формулам:

$$\left| P_{ZOe,j} - P_{ZO,j} \right| \leq 0.1, \text{ Па} \quad (3a)$$

$$P_{ZO,j} = P_L + \sum_{k=j}^N (P_{R,k} - P_{H,k}), \text{ Па} \quad (3b)$$

$$P_{ZOe,j} = P_{WOC,j} - P_{V,j} - P_{Bc,j}, \text{ Па} \quad (3c)$$

где:

$P_{ZO,j}$ - избыточное давление в точке входа дымовых газов на участок дымохода j , Па;

$P_{H,k}$ - теоретическая тяга, созданная эффектом дымохода на участке дымохода k , Па;

$P_{R,k}$ - аэродинамическое сопротивление на участке дымохода k , Па;

$P_{WOC,j}$ - расчетный перепад давления теплогенератора j , Па;

$P_{V,j}$ - расчетное аэродинамическое сопротивление соединительного элемента участка дымохода j , Па;

$P_{Bc,j}$ - расчетное аэродинамическое сопротивление теплогенератора j , Па;

$P_{ZOe,j}$ - максимальный перепад давления в точке входа дымовых газов на участок дымохода j , Па;

P_L - скорость давления воздуха, Па;

N - количество теплогенераторов, Па.

5.3 Требования к массовому расходу

Формулы 4 и/или 5 необходимо проверять при всех режимах эксплуатации (согласно 5.6).

Для каждого теплогенератора, работающего в режиме условной или минимальной теплопроизводительности, действует условие:

$$\dot{m}_{wc,j} \geq \dot{m}_{w,j}, \text{ кг/с} \quad (4)$$

а для каждого неработающего теплогенератора:

$$\dot{m}_{wc,j} \geq 0, \text{ кг/с} \quad (5)$$

где:

$\dot{m}_{wc,j}$ - расчетный массовый расход дымовых газов теплогенератора, кг/с;

$\dot{m}_{w,j}$ - указанный массовый расход дымовых газов теплогенератора, кг/с.

При наличии предохранительного клапана дымовых газов аэродинамическое сопротивление приравнивается к нулю, если нет других дополнительных данных.

5.4 Требования давления

5.4.1. Дымоходы под разрежением

При расчете тяги приточного воздуха для дымоходов под разрежением, дополнительно необходимо проверить условие, при котором давление (минимальная тяга) в дымоходе ($P_{Z,j}$) было больше или равно давлению в помещении, в котором установлен теплогенератор.

Проверку характеристик давления и массового расхода дымовых газов необходимо проводить при одинаковых условиях (согласно 5.3 и 5.6) по формуле:

$$P_{Z,j} > P_{Bc,j}, \text{ Па} \quad (6)$$

где:

$P_{Z,j}$ - тяга на входе в участок дымохода j , Па;

$P_{Bc,j}$ - расчетное аэродинамическое сопротивление приточного воздуха теплогенератора j , Па.

Дополнительно необходимо проверить, чтобы разрежение (тяга) в дымоходе ($P_{Zmax,j}$) было меньше или равно максимально допустимому давлению ($P_{Zemax,j}$), которое создает теплогенератор.

Согласно 5.6 уравнение (6а) действительно для всех возможных условий эксплуатации.

Проверка характеристики давления необходимо проводить во время каждого отдельного расчета, используя предварительные расчеты массовых расходов дымовых газов, удовлетворяющих требованиям обеспечения равновесия давления при температуре наружного воздуха $T_L = 258,15 \text{ К}$ ($t_L = \text{минус } 15 \text{ }^\circ\text{C}$ согласно EN 13384-1).

$$P_{Z \max} = \sum_{k=j}^N (P_{H,k} - P_{R,k}) \leq P_{W \max, j} + P_{V, j} + P_{Bc, j} = P_{Ze \max, j}, \text{ Па} \quad (6a)$$

где:

$P_{Zmax,j}$ - максимальная тяга в точке входа дымовых газов на участке дымохода j , Па;

$P_{Zemax,j}$ - минимальная допустимая тяга в точке входа дымовых газов на участке дымохода j , Па;

$P_{H,k}$ - теоретическая тяга, созданная эффектом дымохода на участке дымохода k , Па;

$P_{R,k}$ - аэродинамическое сопротивление участка дымохода k , Па;

$P_{Wmax,j}$ - максимальная тяга теплогенератора j , Па;

$P_{V,j}$ - расчетное аэродинамическое сопротивление соединительного элемента участка дымохода j , Па;

$P_{Bc,j}$ - расчетное аэродинамическое сопротивление приточного воздуха теплогенератора j , Па.

ПРИМЕЧАНИЕ: Значения $P_{H,k}$ и $P_{R,k}$ в формулах (2) и (6а) обычно отличаются при разных условиях.

5.4.2. Дымоходы под избыточным давлением

Дополнительно необходимо проверить, чтобы максимальное избыточное давление в соединительном элементе ($P_{ZO,j} + P_{V,j}$) и в дымоходе ($P_{ZO,j}$) было не более, чем избыточное давление для дымохода и соединительного элемента ($P_{ZVexcess}$ и $P_{Zexcess}$).

Проверку характеристики давления следует проводить в таких же условиях, что и при проверке условия для массового расхода (согласно 5.3 и 5.6). В этом случае следует соблюдать следующие условия:

$$P_{ZO,j} \leq P_{Zexcess}, \text{ Па} \quad (6b)$$

$$(P_{ZO,j} + P_{V,j}) \leq P_{ZVexcess}, \text{ Па} \quad (6c)$$

где:

$P_{ZO,j}$ - избыточное давление в точке входа дымовых газов на участке дымохода j , Па;

$P_{V,j}$ - расчетное аэродинамическое сопротивление соединительного элемента участка дымохода j , Па;

$P_{Zexcess}$ - максимально допустимое давление относительно расчета дымохода, Па;

$P_{ZVexcess}$ - максимально допустимое давление относительно расчета соединительного элемента, Па.

Дополнительно необходимо проверить, чтобы минимальное избыточное давление в дымоходе ($P_{ZOmin,j}$) был большим или равным минимально допустимому давлению ($P_{ZOemin,j}$) теплогенератора.

Согласно 5.6 уравнение (6d) действительно для всех возможных условий эксплуатации.

Проверка характеристики давления проводится во время каждого отдельного расчета, используя предварительные расчеты массовых расходов дымовых газов, удовлетворяющие требованиям обеспечения равновесия давления при температуре наружного воздуха $T_L = 258,15 \text{ K}$ ($t_L = \text{минус } 15 \text{ }^\circ\text{C}$ согласно EN 13384-1).

$$P_{ZOmin,j} = \sum_{k=j}^N (P_{R,k} - P_{H,k}) \geq P_{WOmin,j} - P_{Bc,j} - P_{V,j} = P_{ZOemin,j}, \text{ Па} \quad (6d)$$

где:

$P_{ZOmin,j}$ - минимальное избыточное давление в точке входа дымовых газов на участке дымохода j , Па;

$P_{ZOemin,j}$ - минимальный перепад давления в точке входа дымовых газов на участке дымохода j , Па;

$P_{H,k}$ - теоретическая тяга, созданная эффектом дымохода на участке дымохода k , Па;

$P_{R,k}$ - аэродинамическое сопротивление участка дымохода k , Па;

$P_{W\text{Omin},j}$ - минимальный перепад давления теплогенератора j , Па;

$P_{Bc,j}$ - расчетное аэродинамическое сопротивление приточного воздуха теплогенератора j , Па;

$P_{V,j}$ - расчетное аэродинамическое сопротивление соединительного элемента участка дымохода j , Па.

ПРИМЕЧАНИЕ: Значение $P_{H,k}$ и $P_{R,k}$ в формулах (3b) и (6d) обычно отличаются через разные условия.

5.5 Температурные требования

Формулу 7 необходимо проверять при всех режимах эксплуатации (согласно 5.6).

Проверку характеристики температуры необходимо проводить при каждом отдельном расчете, используя предыдущие расчеты дымовых газов по массе, которые удовлетворяют требованиям обеспечения равновесия давления при температуре наружного воздуха $T_{uo,j}$ (согласно EN 13384-1):

$$T_{iob,j} \geq T_{g,j}, \text{ К} \quad (7)$$

где:

$T_{iob,j}$ - температура внутренней стенки в конце участка дымохода j , К;

$T_{g,j}$ - температурная граница участка дымохода j , К.

Температурный предел $T_{g,j}$ дымоходов при эксплуатации в сухих условиях должен быть равен температуре точки росы дымовых газов $T_{sp,j}$ (согласно 8.6): $T_{g,j} = T_{sp,j}$.

Температурный предел $T_{g,j}$ дымоходов при эксплуатации во влажных условиях должен соответствовать точке замерзания воды: $T_{g,j} = 273,15 \text{ К}$.

ПРИМЕЧАНИЕ:

При выполнении температурных условий указанные требования не обязательны, если указано, что не гарантируется отсутствие конденсата в системе при выполнении температурного режима.

В этом случае рекомендуется применять тепловую изоляцию в условиях, когда:

- теплогенераторы подключены к дымоходу и находятся в эксплуатации;
- тепловая мощность подключаемых и/или заменяемых теплогенераторов не превышает 30 кВт;
- потери дымовых газов не более или равны 8%;
- обеспечена общая циркуляция воздуха дымохода через предохранитель и регулятор тяги дымовых газов в период отсутствия эксплуатации теплогенераторов;

- при эксплуатации минимальная теплопроизводительность теплогенератора составляет не менее 20% от номинальной тепловой мощности.

5.6 Процедура расчета

При расчете давления и значений температуры в дымоходе с подключением нескольких теплогенераторов необходимо применять итерационные методы расчета.

Ход расчета базируется на формуле баланса массы и энергии с учетом статических условий.

Во всех точках, к которым подключаются шахты (на конце соединительных элементов, в начале и в конце одного из участков дымохода), во всех узловых точках (рисунок 2) действуют следующие формулы - массовый расход и температура, которые вычисляются по формулам 8 и 9.

$$\dot{m}_{j-1} + \dot{m}_{V,j} = \dot{m}_j, \text{ кг/с} \quad (8)$$

$$\dot{m}_{j-1} * c_{p,j-1} * T_{o,j-1} + \dot{m}_{V,j} * c_{pV,j} * T_{oV,j} = \dot{m}_j * c_{p,j} * T_{e,j}, \text{ Дж/с} \quad (9)$$

где:

$\dot{m}_{j-1}$ - массовый расход дымовых газов на участке дымохода j-1, кг/с;

$\dot{m}_{V,j}$ - массовый расход дымовых газов в соединительном элементе j, кг/с;

$\dot{m}_j$ - массовый расход дымовых газов на участке дымохода j, кг/с;

$c_{p,j-1}$ - удельная теплоемкость дымовых газов на участке дымохода j-1, Дж/(кг·К);

$c_{pV,j}$ - удельная теплоемкость дымовых газов в соединительном элементе j, Дж/(кг·К);

$c_{p,j}$ - удельная теплоемкость дымовых газов на участке дымохода j, Дж/(кг·К);

$T_{o,j-1}$ - температура дымовых газов на конце участка дымохода j-1, К;

$T_{oV,j}$ - температура дымовых газов в конце соединительного элемента j, К;

$T_{e,j}$ - температура дымовых газов в точке входа на участок дымохода j, К.

Тяга или избыточное давление в начале участка дымохода (для точки 3) определяется из показателей тяги или избыточного давления этого участка и всех последующих участков по формуле 2.

ПРИМЕЧАНИЕ: В случае использования теплогенераторов, оснащенных вентилятором, согласно данным производителя, принимается, что массовый расход не зависит от разрежения или избыточного давления в дымоходе. Это предположение ограничивает количество итераций (повторных расчетов).

При каждой итерации необходимо определить следующие параметры:

- для каждой узловой точки j, действительное давление ($P_{Ze,j}$, $P_{Z,j}$ или $P_{ZOe,j}$, $P_{ZO,j}$ на входе $P_{Zmax,j}$, $P_{Zmin,j}$ или $P_{ZOmin,j}$, $P_{ZOmin,j}$) и величины температур ($T_{o,j-1}$ точки 1, $T_{oV,j}$ точки 2, $T_{e,j}$ точки 3);

- для каждого участка между двумя узловыми точками, средние значения действительной температуры, массового расхода и скорости дымовых газов.

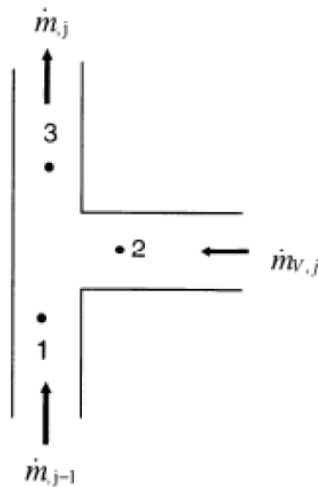


Рис. 2 - Пример обозначения и расчет для каждой узловой точки j (Формулы 8 и 9)

Перед проведением первой итерации следует задать расчетный массовый расход дымовых газов на выходе из теплогенератора. Одним из возможных стартовых значений расчетного массового расхода - заявленный массовый расход дымовых газов теплогенератора $\dot{m}_{w,j}$.

Каждая итерация включает следующие две стадии.

Стадия 1: Вычислить переменные начиная от нижней узловой точки и заканчивая выходом дымовых газов в атмосферу, следующим образом:

- расчет/определение массового расхода дымовых газов на выходе из теплогенератора;
- расчет массового расхода дымовых газов в соединительном элементе (формула 14):
 - средняя плотность дымовых газов (формула 29)
 - средняя скорость дымовых газов (формула 30)
 - температура дымовых газов на конце (согласно EN 13384-1, 5.8);
 - средняя температура дымовых газов (согласно EN 13384-1, 5.8).
- на каждом участке дымохода расчетный массовый расход после смешивания потоков каждого участка (точка 3 рисунок 2) (формула 13);
 - температура дымовых газов после смешивания (Формула 15);
 - средняя плотность дымовых газов (формула 27);
 - средняя скорость дымовых газов (формула 28);
 - температура дымовых газов в конце (согласно EN 13384-1, 5.8);
 - средняя температура дымовых газов (согласно EN 13384-1, 5.8).

Стадия 2: Вычислить значение тяги или значение избыточного давления в каждой узловой точке, начиная от шахты дымохода до наиболее удаленной узловой точки:

- необходимая тяга или перепад давления в точке входа дымовых газов в дымоход (формула 3 или 3 с);
- тяга, созданная эффектом дымохода на входе в участок дымохода (формула 31);
- аэродинамическое сопротивление на участке дымохода (формула 32);
- тяга или избыточное давление на входе в участок дымохода (формула 2 или 3б).

Итерации, описанные выше (стадия 1 и стадия 2) следует проводить для соответствующих условий эксплуатации (условная, минимальная мощность и отключенный теплогенератор) пока не будут соблюдены условия равновесия давления (Формула 1).

Если условие равновесия давления соблюдены, то значение последней итерации могут рассматриваться как соблюдение условий дымохода, в соответствии с нормами стандарта.

Если условие равновесия давления не соблюдены, то проводится повторная предыдущая оценка величины m_w , основанной на установленной разнице давлений между $P_{z,j}$ и $P_{ze,j}$ или $P_{zo,j}$ и $P_{zoe,j}$ и на основе которой проводится следующая итерация.

6 Параметры отходящих дымовых газов, характеризующие теплогенераторы

Для расчета температуры и давления дымовых газов теплогенератора необходимы следующие данные:

- минимальная заявленная тяга или максимальный заявленный перепад давления в теплогенераторе ($P_{w,j}$ или $P_{wo,j}$);
- заявленная температура дымовых газов теплогенератора ($t_{w,j}$).

Оба значения должны указываться в зависимости от массового расхода дымовых газов при различных условиях эксплуатации теплогенераторов (эксплуатируется, не эксплуатируется).

Расчетная тяга $P_{wc,j}$ или перепад давления $P_{woc,j}$ теплового генератора для обоих режимов указывается в форме многочлена в четвертой степени (формула 10).

$$P_{wc,j} = b_0 + b_1 * \left(\frac{\dot{m}_{wc,j}}{\dot{m}_{wj}} \right) + b_2 * \left(\frac{\dot{m}_{wc,j}}{\dot{m}_{wj}} \right)^2 + b_3 * \left(\frac{\dot{m}_{wc,j}}{\dot{m}_{wj}} \right)^3 + b_4 * \left(\frac{\dot{m}_{wc,j}}{\dot{m}_{wj}} \right)^4, \text{ Па} \quad (10)$$

$$P_{woc,j} = c_0 + c_1 * \left(\frac{\dot{m}_{wc,j}}{\dot{m}_{wj}} \right) + c_2 * \left(\frac{\dot{m}_{wc,j}}{\dot{m}_{wj}} \right)^2 + c_3 * \left(\frac{\dot{m}_{wc,j}}{\dot{m}_{wj}} \right)^3 + c_4 * \left(\frac{\dot{m}_{wc,j}}{\dot{m}_{wj}} \right)^4, \text{ Па} \quad (10a)$$

$$t_{wc,j} = y_0 + y_1 * \left(\frac{\dot{m}_{wc,j}}{\dot{m}_{w,j}} \right)^{y_2}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (11)$$

где:

b_0, b_1, b_2, b_3, b_4 - коэффициенты для многочлена в формуле расчетной тяги теплогенератора j ;

y_0, y_1, y_2 - коэффициенты показателей в формуле для расчета температуры дымовых газов теплогенератора j ;

$\dot{m}_{wc,j}$ - расчетный массовый расход дымовых газов теплогенератора j , кг/с;

$\dot{m}_{w,j}$ - указан массовый расход дымовых газов теплогенератора j , кг/с;

$P_{wc,j}$ - расчетная тяга теплогенератора, Па;

$P_{woc,j}$ - расчетный перепад давления теплогенератора, Па;

$T_{wc,j}$ - расчетная температура дымовых газов теплогенератора, $^\circ\text{C}$;

c_0, c_1, c_2, c_3, c_4 - коэффициенты для многочлена в формуле для расчета перепада давления теплогенератора j .

Для дымоходов с разрежением значение коэффициентов b и y для обоих режимов эксплуатации указывают отдельно.

Если эти данные не представлены, следует использовать параметры дымовых газов, характеризующие теплогенераторы, указанные в приложении В.

Для дымоходов с избыточным давлением значения коэффициентов c и y для режима «Эксплуатируется», указываются производителем.

ПРИМЕЧАНИЕ 1:

Если данные для режима «эксплуатируется» не указаны производителем, то расчет невозможен.

Для режима «не эксплуатируется», коэффициенты c_0, c_1, c_3, c_4 и y_0, y_1, y_2 принимают равным нулю, а $c_2 = -1000000$.

ПРИМЕЧАНИЕ 2:

Для теплогенераторов с избыточным давлением требования для массового расхода дымовых газов невозможны из-за обратного потока дымовых газов через теплогенератор, который не эксплуатируется.

Дополнительно указываются сведения об объемной концентрации CO_2 , содержащейся в дымовых газах обеих величин тепловой мощности (условной тепловой мощности и минимальной мощности теплогенератора) ($\sigma(\text{CO}_2)_{w,j}$).

Указанная объемная концентрация CO_2 дымовых газов может быть также определена для обоих значений тепловой мощности по таблицам В.1 и В.2 EN 13384-1.

Расчетное содержание CO_2 в дымовых газах теплового генератора j $\sigma(\text{CO}_2)_{w,at,j}$ определяется для двух режимов эксплуатации «Эксплуатируется при условной тепловой мощности» и «Эксплуатируется при минимальной тепловой мощности» по формуле:

- для теплогенераторов на жидком и газообразном топливе, а также для теплогенераторов на твердом топливе с автоматической подпиткой

$$\sigma(CO_2)_{wc,j} = \frac{1}{\left(\frac{\dot{m}_{wc,j}}{\dot{m}_{w,j}}\right) \frac{1}{\sigma(CO_2)_{w,j}} \left[\left(\frac{\dot{m}_{wc,j}}{\dot{m}_{w,j}}\right) - 1\right] \frac{f_{m2}}{f_{m1}}}}, \% \quad (12)$$

- в других случаях

$$\sigma(CO_2)_{wc,j} = \sigma(CO_2)_{w,j}$$

где:

$\sigma(CO_2)_{w,j}$ - заявленное содержание CO_2 в дымовых газах теплогенератора j, % объема;

$\sigma(CO_2)_{wc,j}$ - расчетное содержание CO_2 в дымовых газах теплогенератора j, % объема;

f_{m1}, f_{m2} - коэффициенты согласно EN 13384-1;

$\dot{m}_{wc,j}$ - расчетный массовый расход дымовых газов теплогенератора j, кг/с;

$\dot{m}_{w,j}$ - заявленный массовый расход дымовых газов теплогенератора j, кг/с;

В дымоходе с разрежением для расчета значений максимальной тяги теплогенераторов P_{wmax} и значений минимального перепада давления P_{wOmin} для дымохода с избыточным давлением, при необходимости, значения предоставляются производителем.

7 Данные дымоходов и соединительных элементов

Эквивалентная шероховатость для внутренней стенки (r_j и/или ($r_{v,j}$)), термическое сопротивление ($[1/\lambda]_{j,i}$ и/или $[1/\lambda]_{v,j,i}$) определяются для каждого соединительного элемента и для каждого участка дымохода (согласно EN 13384- 1, 5.6.2).

8 Основные данные для расчета

Основные данные для расчета необходимо определять для каждого участка дымохода, если не указан другой метод расчета.

8.1 Температуры воздуха

8.1.1. Температура наружного воздуха (T_L)

Расчет температуры наружного воздуха (T_L) проводится согласно EN 13384-1, 5.7.1.2, значение единое для всех участков дымохода.

8.1.2. Температура окружающего воздуха (T_u)

Расчет температуры окружающего воздуха (T_u) проводится согласно SM EN 13384-1, 5.7.1.3.

8.2 Давление наружного воздуха (p_L)

Расчет давления наружного воздуха (p_L) проводится согласно EN 13384-1, 5.7.2, значение единое для всех участков дымохода.

8.3 Газовая постоянная

8.3.1. Газовая постоянная воздуха (R_L)

Расчет газовой постоянной воздуха (R_L) проводится согласно 13384-1, 5.7.3.1, значение единое для всех участков дымохода.

8.3.2. Газовая постоянная дымовых газов (R)

Расчет газовой постоянной дымовых газов (R) проводится в соответствии с SM EN 13384-1, 5.7.3.2. Для процесса смешивания газов применяется формула 19 настоящих Норм.

8.4 Плотность воздуха (ρ_L)

Расчет плотности воздуха (ρ_L) проводится согласно EN 13384-1, 5.7.4.

Значение единое для всех участков дымохода.

8.5 Удельная теплоемкость дымовых газов (c_p)

Расчет удельной теплоемкости дымовых газов (c_p) проводится согласно EN 13384-1, 5.7.5.

Для процесса смешивания газов применяются формулы 20, 21, 22 настоящих Норм.

8.6 Содержание водяного пара ($\sigma(H_2O)_{,i}$) и температуры конденсации (T_{sp})

Расчет содержания водяного пара ($\sigma(H_2O)_{,i}$) и температуры конденсации (T_{sp}) проводят согласно EN 13384-1, 5.7.6.

Для смешивания газов применяют формулу 18 настоящих Норм.

8.7 Поправочный коэффициент при температурной неустойчивости (S_H)

Значение единое для всех участков дымохода.

При проверке условий массового расхода дымовых газов и характеристик давления для минимальной тяги и для максимального избыточного давления значение $S_H = 0,5$ единое для всех

участков дымохода; для максимальной тяги или минимального избыточного давления поправочный коэффициент при температурной неустойчивости $S_H = 1$.

8.8 Аэродинамический коэффициент безопасности (S_E)

Для расчета минимальной тяги дымохода под разрежением, коэффициент безопасности составляет $S_E = 1,5$, за исключением значения 1,2, что используется для теплогенераторов и дымоходов, которые находятся под постоянным наблюдением, а также для теплогенераторов с закрытой камерой сгорания.

Для расчета максимального избыточного давления в дымоходах коэффициент безопасности составляет $S_E = 1,2$.

Для воздуховода применяют аэродинамический коэффициент безопасности, который составляет $S_{EB} = 1,2$.

Для расчета максимальной тяги или минимального избыточного давления коэффициенты безопасности S_E и S_{EB} равны 1.

8.9 Коэффициент теплоотдачи внешней поверхности

Расчет коэффициента теплоотдачи внешней поверхности производится согласно SM EN 13384-1, 5.8.3.3.

9 Определение температуры

Приведенные ниже значения температуры рассчитываются согласно SM EN 13384-1, 5.8:

- расчетные температуры дымовых газов теплогенератора ($T_{wc,j}$) с учетом характеристик теплогенератора (формула 11);
- средняя температура дымовых газов в соединительных элементах ($T_{mv,j}$);
- температуры дымовых газов в конце соединительных элементов ($T_{ov,j}$);
- температуры смешивания при входе в участки дымохода ($T_{e,j}$), (формула 7);
- средняя температура дымовых газов на отдельном участке дымохода ($T_{m,j}$);
- температуры дымовых газов на конце каждой участки дымохода ($T_{o,j}$);
- температуры внутренней стенки на конце каждого участка дымохода ($T_{iob,j}$).

Соответствующие формулы для расчета температур указаны в таблице 2.

Массовый расход и содержание CO_2 в дымовых газах и соединительных элементах вычисляются по формулами 14 и 17.

10 Смешанные расчеты

В точке входа дымовых газов на участке дымохода необходимо рассчитывать температуру дымовых газов, содержание CO_2 и H_2O , а также газовую постоянную и удельную теплоемкость.

10.1 Массовый расход дымовых газов ($\dot{m}_{i,j}$)

Массовый расход дымовых газов $\dot{m}_j$ на участке j дымохода рассчитывается по формулам 13 и 14:

$$\dot{m}_{i,j} = \dot{m}_{i,j-1} + \dot{m}_{V,j}, \text{ кг/с} \quad (13)$$

$$\dot{m}_{V,j} = \dot{m}_{WC,j}, \text{ кг/с} \quad (14)$$

10.2 Температура дымовых газов на входе в участок дымохода ($T_{e,j}$)

Температура дымовых газов $T_{e,j}$ на участке дымохода рассчитывается по формуле 15.

$$T_{e,j} = \frac{\dot{m}_{i,j-1} c_{p,j-1} T_{o,j-1} + \dot{m}_{V,j} c_{pV,j} T_{o,j}}{\dot{m}_{i,j-1} c_{p,j-1} + \dot{m}_{V,j} c_{pV,j}} \quad \dot{m}_{V,j} = \dot{m}_{WC,j}, \text{ К} \quad (15)$$

10.3 Содержание CO_2 в дымовых газах на участке дымохода ($\sigma(\text{CO}_2)_{i,j}$)

Содержание CO_2 $\sigma(\text{CO}_2)_j$ на участке дымохода вычисляется по формуле 16:

$$\sigma(\text{CO}_2)_{i,j} = \frac{\dot{m}_{i,j-1} R_{j-1} [100 - \sigma(\text{H}_2\text{O})_{i,j-1}] \sigma(\text{H}_2\text{O})_{i,j-1} + \dot{m}_{V,j-1} R_{V,j} [100 - \sigma(\text{H}_2\text{O})_{V,j}] \sigma(\text{CO}_2)_{V,j}}{\dot{m}_{i,j-1} R_{j-1} [100 - \sigma(\text{H}_2\text{O})_{i,j-1}] + \dot{m}_{V,j-1} R_{V,j} [100 - \sigma(\text{H}_2\text{O})_{V,j}]} \cdot 100, \% \quad (16)$$

Содержание CO_2 в дымовых газах в соединительном элементе вычисляется по формуле 17:

$$\sigma(\text{CO}_2)_{V,j} = \sigma(\text{CO}_2)_{WC,j}, \% \quad (17)$$

Таблица 2. Расчет температур

Величина	Формула	Единица измерения
Средняя температура дымовых газов в соединительном элементе $T_{mV,j}$	$T_{mV,j} = T_{uV,j} + \frac{T_{wc,j} - T_{uV,j}}{K_{V,j}} \cdot [1 - \exp(-K_{V,j})]$	К
Температура дымовых газов на конце соединительного элемента $T_{oV,j}$	$T_{oV,j} = T_{uV,j} + (T_{wc,j} - T_{uV,j}) \cdot \exp(-K_{V,j})$	К
Коэффициент охлаждения соединительного элемента $K_{V,j}$	$K_{V,j} = \frac{U_{V,j} \cdot k_{V,j} \cdot L_{V,j}}{\dot{m}_{V,j} \cdot c_{pV,j}}$	-
Коэффициент теплоотдачи соединительного элемента $k_{V,j}$ (проверка массового расхода и давления)	$k_{V,j} = \left[\frac{1}{\alpha_{iV,j}} + Sh \left[\left(\frac{1}{A} \right)_{V,j} + \left(\frac{D_{hV,j}}{D_{hVa,j} \cdot \alpha_{aV,j}} \right) \right] \right]$	Вт/м ² ·К
Коэффициент теплопередачи соединительного элемента $k_{V,j}$ (проверка температуры)	$k_{V,j} = \left[\frac{1}{\alpha_{iV,j}} + \left(\frac{1}{A} \right)_{V,j} + \left(\frac{D_{hV,j}}{D_{hVa,j} \cdot \alpha_{aV,j}} \right) \right]^{-1}$	Вт/м ² ·К
Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности соединительного элемента $\alpha_{iV,j}$	$\alpha_{iV,j} = \max \left(\frac{\lambda_{AV,j} \cdot Nu_{V,j}}{D_{hV,j}}, 4 \right)$	Вт/м ² ·К

Число Нуссельта $Nu_{V,j}$	$Nu_{V,j} = \left[\frac{\psi}{\psi_{smooth,V,j}} \right]^{0,67} \cdot 0,0214 \cdot (Re_{V,j}^{0,8} - 100) \cdot Pr_{V,j}^{0,4} \cdot \left[1 + \left(\frac{D_{hV,j}}{L_{V,j}} \right)^{0,67} \right]$	-
Число Прандтля $Pr_{V,j}$	$Pr_{V,j} = \frac{\eta_{AV,j} \cdot c_{pV,j}}{\lambda_{AV,j}}$	-
Число Рейнольдса $Re_{V,j}$	$Re_{V,j} = \frac{w_{mV,j} \cdot D_{hV,j} \cdot \rho_{mV,j}}{\eta_{AV,j}}$	-
Средняя температура дымовых газов $T_{m,j}$	$T_{m,j} = T_{u,j} + \frac{T_{e,j} - T_{u,j}}{K_{,j}} \cdot [1 - \exp(-K_{,j})]$	К
Температура дымовых газов на конце участка j дымохода $T_{o,j}$	$T_{o,j} = T_{u,j} + (T_{e,j} - T_{u,j}) \cdot \exp(-K_{,j})$	К
Коэффициент охлаждения участка j дымохода $K_{,j}$	$K_{,j} = \frac{U_{,j} \cdot k_{,j} \cdot L_{,j}}{m_{,j} \cdot c_{p,j}}$	-
Коэффициент теплопередачи $k_{,j}$ (проверка массового расхода и давления)	$k_{,j} = \left[\frac{1}{\alpha_{i,j}} + S_H \cdot \left[\left(\frac{1}{\Lambda} \right)_{,j} + \left(\frac{D_{hi}}{D_{ha} \cdot \alpha_{a,j}} \right) \right] \right]^{-1}$	Вт/м²·К

Коэффициент теплопередачи k_j (проверка температуры)	$k_j = \left[\frac{1}{\alpha_{i,j}} + \left(\frac{1}{\Lambda} \right)_{,j} + \left(\frac{D_{hi}}{D_{ha} \cdot \alpha_{a,j}} \right) \right]^{-1}$	Вт/м ² ·К
Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности $\alpha_{i,j}$	$\alpha_{i,j} = \max \left(\frac{\lambda_{A,j} \cdot Nu_{,j}}{D_h}, 4 \right)$	Вт/м ² ·К
Число Нуссельта $Nu_{,j}$	$Nu_{,j} = \left[\frac{\psi}{\psi_{smooth}} \right]_{V,j}^{0,67} \cdot 0,0214 \cdot (Re_{,j}^{0,8} - 100) \cdot Pr_{,j}^{0,4} \cdot \left[1 + \left(\frac{D_{hV,j}}{L_j} \right)^{0,67} \right]$	-
Число Прандтля $Pr_{,j}$	$Pr_{,j} = \frac{\eta_{A,j} \cdot c_{p,j}}{\lambda_{A,j}}$	-
Число Рейнольдса $Re_{,j}$	$Re_{,j} = \frac{w_{m,j} \cdot D_{h,j} \cdot \rho_{m,j}}{\eta_{A,j}}$	-

10.4 Содержание H_2O в дымовых газах ($\sigma(H_2O)_j$)

Содержание H_2O в дымовых газах $\sigma(H_2O)_j$ на участке j дымохода рассчитывается по формуле 18:

$$\sigma(CO_2)_j = \frac{\dot{m}_{j-1} R_{j-1} \sigma(H_2O)_{j-1} + \dot{m}_{V,j} R_{V,j} \sigma(H_2O)_{V,j}}{\dot{m}_{j-1} R_{j-1} + \dot{m}_{V,j} R_{V,j}}, \% \quad (18)$$

Величину $\sigma(H_2O)_{V,j}$ определяют для всех видов топлива для теплогенератора j согласно таблицей В.1 EN 13384-1.

10.5 Газовая постоянная дымовых газов (R_j)

Газовая постоянная дымовых газов R_j на участке j дымохода рассчитывается по формуле 19:

$$R_j = \frac{\dot{m}_{j-1} R_{j-1} + \dot{m}_{V,j} R_{V,j}}{\dot{m}_{j-1} + \dot{m}_{V,j}}, \text{ Дж/кг·К} \quad (19)$$

Величина $R_{V,j}$ приведена для всех видов топлива для теплогенератора j в таблице В.1 EN 13384-1.

10.6 Характеристики дымовых газов

10.6.1. Удельная теплоемкость ($c_{pV,j}$), ($c_{p,j}$)

Удельная теплоемкость дымовых газов в соединительном элементе $c_{pV,j}$ вычисляется по формуле 20:

$$c_{pV,j} = \frac{1011 + 0,05 \cdot t_{mV,j} + 0,0003 \cdot t_{mV,j}^2 + (f_{CO,j} + f_{C1,j} \cdot t_{mV,j} + f_{C2,j} \cdot t_{mV,j}^2) \sigma(CO_2)_{V,j}}{1 + f_{C3,j} \cdot \sigma(CO_2)_{V,j}}, \text{ Дж/(кг·К)} \quad (20)$$

Значения коэффициентов $f_{CO,j}$, $f_{C1,j}$, $f_{C2,j}$ и $f_{C3,j}$ для определения $c_{pV,j}$ для всех видов топлива для теплогенератора j приведены в таблице В.1 EN 13384-1.

Удельная теплоемкость дымовых газов $c_{p,j}$ на участке j дымохода рассчитывается по формуле 21:

$$c_{p,j} = \frac{1011 + 0,05 \cdot t_{m,j} + 0,0003 \cdot t_{m,j}^2 + (f_{CO,j} + f_{C1,j} \cdot t_{m,j} + f_{C2,j} \cdot t_{m,j}^2) \sigma(CO_2)_j}{1 + f_{C3,j} \cdot \sigma(CO_2)_j}, \text{ Дж/(кг·К)} \quad (21)$$

Значение $f_{Ci,j}$ для определения $c_{p,j}$ вычисляется по следующей формуле:

$$f_{Ci,j} = \frac{1}{\sigma(CO_2)_j} \times \frac{\frac{\dot{m}_{j-1} \cdot f_{Ci,j-1} \sigma(CO_2)_{j-1}}{1 + f_{C3,j-1} \sigma(CO_2)_{j-1}} + \frac{\dot{m}_{V,j} \cdot f_{CiV,j} \sigma(CO_2)_{V,j}}{1 + f_{C3V,j} \sigma(CO_2)_{V,j}}}{\frac{\dot{m}_{j-1}}{1 + f_{C3,j-1} \sigma(CO_2)_{j-1}} + \frac{\dot{m}_{V,j}}{1 + f_{C3V,j} \sigma(CO_2)_{V,j}}}, \text{ Дж/(кг·К)} \quad (22)$$

Если все теплогенераторы, подключенные к дымоходу, работающих на одинаковом топливе, значения коэффициентов $f_{Ci,j}$ ($f_{CO,j}$, $f_{C1,j}$, $f_{C2,j}$ и $f_{C3,j}$) могут определяться по таблице В.1 согласно EN 13384-1.

10.6.2. Коэффициент теплопроводности дымовых газов ($\lambda_{AV,j}$), ($\lambda_{A,j}$)

Коэффициент теплопроводности дымовых газов в соединительном элементе $\lambda_{AV,j}$ и/или на участке дымохода $\lambda_{A,j}$ вычисляется по следующим формулам:

$$\lambda_{AV,j} = 0,0223 + 0,000065 \cdot t_{mV,j}, \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)} \quad (23)$$

$$\lambda_{A,j} = 0,0223 + 0,000065 \cdot t_{m,j}, \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)} \quad (24)$$

10.6.3. Динамическая вязкость ($\eta_{AV,j}$), ($\eta_{A,j}$)

Динамическая вязкость $\eta_{AV,j}$ и/или $\eta_{A,j}$ вычисляется по формулам:

$$\eta_{AV,j} = 15 \cdot 10^{-6} + 47 \cdot 10^{-9} \cdot t_{mV,j} - 20 \cdot 10^{-12} t_{mV,j}^2, \text{ (Н} \cdot \text{с)/м}^2 \quad (25)$$

$$\eta_{A,j} = 15 \cdot 10^{-6} + 47 \cdot 10^{-9} \cdot t_{m,j} - 20 \cdot 10^{-12} t_{m,j}^2, \text{ (Н} \cdot \text{с)/м}^2 \quad (26)$$

где:

условные обозначения для формул, приведенных в главе 10, представлены ниже:

$c_{p,j}$ - удельная теплоемкость дымовых газов на участке дымохода j , Дж/(кг·К);

$c_{pV,j}$ - удельная теплоемкость дымовых газов в соединительном элементе j , Дж/(кг·К);

$f_{ci,j}$ - факторы для определения удельной теплоемкости для каждого теплогенератора j , (SM EN 13384-1, таблица B1);

$\dot{m}_{j-1}$ - массовый расход дымовых газов на участке $j-1$ дымохода, кг/с;

$\dot{m}_{V,j}$ - массовый расход дымовых газов в соединительном элементе j , кг/с;

R_{j-1} - удельная газовая постоянная дымовых газов на участке дымохода j , Дж/(кг·К);

$R_{V,j}$ - удельная газовая постоянная дымовых газов в соединительном элементе j , Дж/(кг·К);

$t_{m,j}$ - средняя температура дымовых газов на участке дымохода j , °С;

$t_{mV,j}$ - средняя температура дымовых газов в соединительном элементе j , °С;

$t_{o,j-1}$ - температура дымовых газов на выходе из участка дымохода $j-1$, К;

$T_{oV,j-1}$ температура дымовых газов на конце соединительного элемента j , К;

$\sigma(\text{CO}_2)_j$ - объемная концентрация CO_2 на участке j дымохода, % объема;

$\sigma(\text{CO}_2)_{j-1}$ - объемная концентрация CO_2 на участке $j-1$ дымохода, % объема;

$\sigma(\text{CO}_2)_{V,j}$ - объемная концентрация CO_2 в соединительном элементе j , % объема;

$\sigma(\text{H}_2\text{O})_{j-1}$ - объемная концентрация H_2O на участке $j-1$ дымохода, % объема;

$\sigma(\text{H}_2\text{O})_{V,j}$ - объемная концентрация H_2O в соединительном элементе j , % объема.

11 Плотность и скорость дымовых газов

Средняя плотность $\rho_{m,j}$ дымовых газов на участке дымохода рассчитывается по формуле:

$$\rho_{m,j} = \frac{P_L}{R_{,j} * T_{m,j}}, \text{ кг/м}^3 \quad (27)$$

Средняя скорость $w_{m,j}$ дымовых газов на участке дымохода рассчитывается по формуле:

$$w_{m,j} = \frac{\dot{m}_j}{A_{,j} * \rho_{m,j}}, \text{ м/с} \quad (28)$$

Средняя плотность $\rho_{mV,j}$ дымовых газов в соединительном элементе вычисляется по формуле:

$$\rho_{mV,j} = \frac{P_L}{R_{V,j} * T_{mV,j}}, \text{ кг/м}^3 \quad (29)$$

Средняя скорость $w_{mV,j}$ дымовых газов в соединительном элементе вычисляется по формуле:

$$w_{mV,j} = \frac{\dot{m}_{V,j}}{A_{V,j} * \rho_{mV,j}}, \text{ кг/м}^3 \quad (30)$$

где:

условные обозначения для формул, приведенных в главе 11, представлены ниже:

$A_{,j}$ - площадь поперечного сечения участка дымохода j , м^2 ;

$A_{V,j}$ - площадь поперечного сечения соединительного элемента j , м^2 ;

$\dot{m}_j$ - массовый расход дымовых газов на участке дымохода j , кг/с ;

$\dot{m}_{V,j}$ - массовый расход дымовых газов в соединительном элементе j , кг/с ;

p_L - давление наружного воздуха, Па ;

$R_{,j}$ - удельная газовая постоянная дымовых газов на участке дымохода j , $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$;

$R_{V,j}$ - удельная газовая постоянная дымовых газов в соединительном элементе j , $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$;

$T_{m,j}$ - средняя температура дымовых газов на участке j дымохода, К ;

$T_{mV,j}$ - средняя температура дымовых газов в соединительном элементе j , К ;

$\rho_{m,j}$ - средняя плотность дымовых газов на участке j дымохода, кг/м^3 ;

$\rho_{mV,j}$ - средняя плотность дымовых газов в соединительном элементе j , кг/м^3 .

12 Определение давления

12.1 Давление на входе в каждый участок дымохода

12.1.1 Тяга

Минимальная и максимальная тяга на входе в участок j дымохода ($P_{z,j}$ и $P_{zmax,j}$) - это разница между суммой тяги, созданная эффектом дымохода, и суммой аэродинамического сопротивления на всех участках дымохода, которые располагаются перед входом и вычисляются по формулам 2 и 6а.

12.1.2 Избыточное давление

Максимальное и минимальное избыточное давление на входе в участок j дымохода ($P_{zo,j}$ и $P_{zomin,j}$) - это разница между суммой аэродинамического сопротивления и суммой тяги, созданной эффектом дымохода, на всех участках дымохода, которые расположены перед входом и вычисляются по формулам 3б и 6д.

12.1.3 Тяга, созданная эффектом дымохода на участке дымохода ($P_{H,j}$)

Тяга, созданная эффектом дымохода, $P_{H,j}$ на участке дымохода j вычисляется по формуле:

$$P_{H,j} = H_{,j} \cdot g \cdot (\rho_L - \rho_{m,j}), \text{ Па} \quad (31)$$

где:

$H_{,j}$ - эффективная высота участка дымохода j , м;

g - ускорение свободного падения = 9,81 м/с²;

ρ_L - плотность наружного воздуха, кг/м³;

$\rho_{m,j}$ - средняя плотность дымовых газов на участке j , кг/м³.

12.1.4 Потери давления на участке дымохода ($P_{R,j}$)

12.1.4.1 Общие положения

Аэродинамическое сопротивление $P_{R,j}$ на участке j дымохода рассчитывается по формуле:

$$P_{R,j} = S_E \left(\Psi_{,j} \frac{L_{,j}}{D_h} + \sum \xi_{,j} \right) \frac{\rho_{m,j}}{2} w_{m,j}^2 + S_{EM,j} P_{13,j} + S_{EG,j} P_{G,j}, \text{ Па} \quad (32)$$

где:

$P_{G,j}$ - изменение давления вследствие изменения скорости дымовых газов от участка j к участку $j+1$ дымохода, Па;

$P_{13,j}$ - изменение давления вследствие смешивания в области входа дымовых газов на участке $j+1$ дымохода, Па;

S_E - аэродинамический коэффициент безопасности;

$S_{EG,j}$ - аэродинамический коэффициент безопасности при изменении давления вследствие изменения скорости дымовых газов ($S_{EG,j} = S_E$ при $P_{G,j} \geq 0$; $S_{EG,j} = 1,0$ при $P_{G,j} < 0$);

$S_{EM,j}$ - аэродинамический коэффициент безопасности при изменении давления в результате притока дымовых газов от одного из ответвлений ($S_{EM,j} = S_E$ при $P_{13,j} > 0$; $S_{EM,j} = 1,0$ при $P_{13,j} < 0$);

ψ_j - коэффициент трения трубы на участке дымохода j ;

L_j - длина участка дымохода j , м;

$D_{h,j}$ - внутренний эквивалентный диаметр участка дымохода j , м;

$\sum \zeta_j$ - сумма коэффициентов аэродинамического сопротивления участка дымохода j ;

$\rho_{m,j}$ - средняя плотность дымовых газов на участке дымохода j , кг/м³;

$w_{m,j}$ - средняя скорость дымовых газов на участке дымохода j , в м/с.

12.1.4.2 Эквивалентная шероховатость внутренней стенки (участки дымохода и соединительные элементы)

Расчет эквивалентной шероховатости внутренней стенки (участка дымохода и соединительного элемента) проводится в соответствии с таблицей В.4 SM EN 13384-1.

12.1.4.3 Коэффициенты аэродинамического сопротивления

Расчет коэффициентов аэродинамического сопротивления осуществляется согласно таблице В.7 SM EN 13384-1.

12.1.4.4 Изменение давления дымовых газов вследствие изменения скорости дымовых газов

Расчет изменения давления дымовых газов вследствие изменения скорости дымовых газов, осуществляется в соответствии с 5.10, SM EN 13384-1.

Изменение давления $P_{G,j}$ от участка дымохода j к участку $j+1$ рассчитывается по следующей формуле:

$$P_{G,j} = \frac{\rho_{m,j+1}}{2} \cdot w_{m,j+1}^2 - \frac{\rho_{m,j}}{2} \cdot w_{m,j}^2, \text{ Па} \quad (33)$$

где:

$\rho_{m,j}$ - средняя плотность дымовых газов на участке j дымохода, кг/м³;

$w_{m,j}$ - средняя скорость дымовых газов на участке j дымохода, м/с;

На последнем участке дымохода (выход дымохода): $P_{G,N} = 0$.

12.1.4.5 Потери давления вследствие смешивания в зоне входа в участок дымохода (P_{13}).

Потери давления вследствие смешивания дымовых газов на входе в участок дымохода $P_{13,j}$ (рисунок 3), включая потери давления на участке дымохода j , ниже входа, вычисляются по формуле:

$$P_{13,j} = \xi_{13,j+1} \cdot \frac{\rho_{m,j+1}}{2} \cdot w_{m,j+1}^2, \text{ Па} \quad (34)$$

$$\zeta_{13,j+1} = 0,03 \cdot \left(1 - \frac{\dot{m}_{V,j+1}}{\dot{m}_{j+1}}\right)^2 - \left(\frac{\dot{m}_{V,j+1}}{\dot{m}_{j+1}}\right)^2 \left[1 + 1,162 \left[\left(\frac{A}{A_{V,j+1}}\right) \cos \gamma - 1\right] - 0,38 \cdot \left(1 - \left(\frac{A}{A_{V,j+1}}\right)^{-1}\right)\right] + \quad (35)$$

$$+ \left[2 - \left(\frac{A}{A_{V,j+1}}\right)^{-1}\right] \cdot \frac{\dot{m}_{V,j+1}}{\dot{m}_{j+1}} \cdot \left(1 - \frac{\dot{m}_{V,j+1}}{\dot{m}_{j+1}}\right)$$

Формула 35 действует в случае, если диаметр дымохода не меняется.

$$\frac{A}{A_{V,j+1}} \geq 1; \quad 0 \leq \frac{\dot{m}_{V,j+1}}{\dot{m}_{j+1}} \leq 1,0; \quad 0^\circ < \gamma \leq 90^\circ$$

$\frac{A}{A_{V,j+1}} < 1$ сопротивление в точке смешивания может рассматриваться как сумма сопротивлений соответствующих сечений (в соответствии с разделами 6 и 8, и таблицы B.8 EN 13384-1) и в точке смешивания действует равенство $\frac{A}{A_{V,j+1}} = 1$

где:

A - площадь поперечного сечения дымохода, м²;

$A_{V,j+1}$ - площадь поперечного сечения соединительного элемента j+1, м²;

γ_{j+1} - угол соединения между соединительным элементом j+1 и участком j+1 дымохода, ° (градус);

$\zeta_{13,j+1}$ - коэффициент аэродинамического сопротивления в точке подключения между соединительным элементом j+1 и участком j+1 дымохода;

$\rho_{m,j+1}$ - средняя плотность дымовых газов на участке j+1 дымохода, кг/м³;

$w_{m,j+1}$ - средняя скорость дымовых газов на участке j+1 дымохода, м/с;

$\dot{m}_{V,j+1}$ - массовый расход дымовых газов в соединительном элементе j+1, кг/с;

$\dot{m}_{j+1}$ - массовый расход дымовых газов на участке j+1 дымохода, кг/с.

Значение коэффициента потери давления, которое используются в расчете, основывается на предположении, что между отдельными точками соединения теплогенераторов нет преград.

Помехи могут возникать при прерывании или изменении направления движения потока.

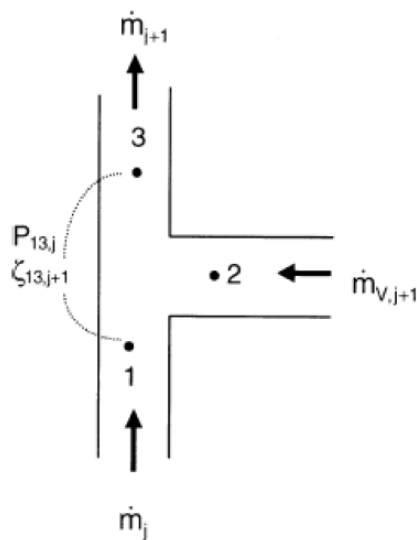


Рис. 3. Изменение давления в результате смешивания дымовых газов на входе в участок j+1 дымохода

12.2 Минимально и максимально допустимая тяга в точке входа дымовых газов в дымоход (P_{Ze} и P_{Zemax}) и максимальное и минимальное давление дымовых газов в точке входа в дымоход (P_{ZOe} и P_{ZOemin})

12.2.1 Минимально и максимально допустимая тяга

Минимально допустимая тяга $P_{Ze,j}$ на выходе из соединительного элемента j - это сумма расчетной тяги $P_{wc,j}$ теплогенератора j, расчетного аэродинамического сопротивления воздуховода $P_{v,j}$ и расчетного аэродинамического сопротивления приточного воздуха $P_{bc,j}$ вычисляются по формуле 3.

Максимально допустимая тяга $P_{Zemax,j}$ на выходе из соединительного элемента j - это сумма расчетной тяги $P_{wc,j}$ теплогенератора j, расчетного аэродинамического сопротивления воздуховода $P_{v,j}$ и расчетного аэродинамического сопротивления приточного воздуха $P_{bc,j}$ вычисляются по формуле 6а.

ПРИМЕЧАНИЕ: Значение $P_{wc,j}$, $P_{v,j}$ та $P_{bc,j}$ в формулах (3) и (6а) могут отличаться из-за разных условий.

12.2.2 Максимально и минимально допустимое сопротивление давления

Максимальное сопротивление давления (допустимое избыточное давление) $P_{ZOe,j}$ на выходе из соединительного элемента j - это разница расчетного избыточного давления $P_{woc,j}$ теплогенератора j и суммы расчетного аэродинамического сопротивления воздуховода $P_{v,j}$ и расчетного аэродинамического сопротивления приточного воздуха $P_{bc,j}$ вычисляются по формуле 3с.

Минимальный (допустимый) перепад давления $P_{ZOemin,j}$ на выходе из соединительного элемента j это разница расчетного перепада избыточного давления $P_{woc,j}$ теплогенератора j и суммы расчетного аэродинамического сопротивления воздуховода $P_{v,j}$ и расчетного аэродинамического сопротивления приточного воздуха $P_{bc,j}$ вычисляется по формуле 6d.

ПРИМЕЧАНИЕ: Значение $P_{wc,j}$, $P_{v,j}$ та $P_{bc,j}$ в формулах (3с) и (6d) могут отличаться из-за разных условий.

12.2.3 Расчетное аэродинамическое сопротивление соединительного элемента ($P_{v,j}$)

12.2.3.1 Общие положения

Расчетное аэродинамическое сопротивление соединительного воздуховода $P_{V,j}$ вычисляется по формуле:

$$P_{V,j} = P_{RV,j} - P_{HV,j}, \text{ Па} \quad (36)$$

12.2.3.2 Тяга, созданная эффектом дымохода в соединительном элементе ($P_{HV,j}$)

Для расчета тяги, созданной эффектом дымохода в соединительном элементе ($P_{HV,j}$), см. SM EN 13384-1, 5.11.3.2.

12.2.3.3 Местные потери давления ($P_{RV,j}$)

Местные потери давления $P_{RV,j}$ вычисляются по следующей формуле:

$$P_{RV,j} = S_E \left[\left(\Psi_{V,j} \frac{L_{V,j}}{D_{hV,j}} + \sum \xi_{V,j} \right) \frac{\rho_{mV,j}}{2} w_{mV,j}^2 \right] + S_{EMV,j} P_{23,j} + S_{EGV,j} P_{GV,j}, \text{ Па} \quad (37)$$

Перепад давления $P_{GV,j}$ вследствие изменения скорости дымовых газов в соединительном элементе и соответствующем участке дымохода j вычисляется по следующей формуле:

$$P_{GV,j} = \frac{\rho_{m,j}}{2} w_{m,j}^2 - \frac{\rho_{mV,j}}{2} w_{mV,j}^2, \text{ Па} \quad (38)$$

где:

S_E - аэродинамический коэффициент безопасности

$SE_{GV,j}$ - аэродинамический коэффициент безопасности при изменении давления вследствие изменения скорости дымовых газов ($SE_{GV,j} = S_E$ для $P_{GV,j} \geq 0$; $SE_{GV,j} = 1$ для $P_{GV,j} < 0$)

$SE_{MV,j}$ - аэродинамический коэффициент безопасности для $P_{23,j}$ ($SE_{MV,j} = S_E$ для $P_{23,j} \geq 0$; $SE_{MV,j} = 1$ для $P_{23,j} < 0$)

$\psi_{V,j}$ - коэффициент трения соединительного элемента j

$L_{V,j}$ - длина соединительного элемента j , м

$D_{hV,j}$ - внутренний эквивалентный диаметр соединительного элемента, м

$\sum \zeta_{V,j}$ - сумма коэффициентов сопротивления соединительного элемента (без учета эффекта смешивания при входе в дымоход)

$\rho_{mV,j}$ - средняя плотность дымовых газов в соединительном элементе, кг / м³

$w_{mV,j}$ - средняя скорость дымовых газов в соединительном элементе, м / с

Потери давления $P_{23,j}$ (рисунок 4) вследствие поворота и смешивании в области входа дымовых газов в область дымохода j вычисляются по формулам:

$$P_{23,j} = \zeta_{23,j} \frac{\rho_{m,j}}{2} w_{m,j}^2, \text{ Па} \quad (39)$$

$$\xi_{23,j} = -0,92 * \left(1 - \frac{\dot{m}_{V,j}}{\dot{m}_j}\right)^2 - \left(\frac{\dot{m}_{V,j}}{\dot{m}_j}\right)^2 \left[1,2 \left(\frac{A}{A_{V,j}} \cos \gamma_{,j} - 1 \right) + 0,8 \left(1 - \left(\frac{A}{A_{V,j}} \right)^2 \right) - \left(1 - \left(\frac{A}{A_{V,j}} \right)^{-1} \right) * \frac{A}{A_{V,j}} \cos \gamma_{,j} \right] +$$

$$+ \left(2 - \left(\frac{A}{A_{V,j}} \right)^{-1} \right) * \frac{\dot{m}_{V,j}}{\dot{m}_j} * \left(1 - \frac{\dot{m}_{V,j}}{\dot{m}_j} \right) \quad (40)$$

при

$$\frac{A}{A_{V,j}} \geq 1; 0 \leq \frac{\dot{m}_{V,j}}{\dot{m}_j} \leq 1, 0; 0^\circ < \gamma \leq 90^\circ$$

Для формулы $\frac{A}{A_{V,j+1}} < 1$ коэффициент сопротивления в точке смешивания может рассчитываться

как сумма отдельных коэффициентов местных сопротивлений соответствующих поперечных сечений (согласно разделам 6 и 8, или, в соответствии с таблицей В.8, EN 13384-1), и точка

смешивания $\frac{A}{A_{V,j+1}} = 1$

где:

$\xi_{23,j}$ - коэффициент аэродинамического сопротивления при изменении направления потока дымовых газов и смешивании потоков на входе в участок j дымохода;

$\rho_{m,j}$ - средняя плотность дымовых газов на участке дымохода j, кг/м³;

$w_{m,j}$ - средняя скорость дымовых газов на участке дымохода j, м/с;

$\dot{m}_{V,j}$ - массовый расход дымовых газов в соединительном элементе j, кг/с;

$\dot{m}_j$ - массовый расход дымовых газов на участке j дымохода, кг/с;

$A_{V,j}$ - площадь поперечного сечения соединительного элемента j, м²;

A - площадь поперечного сечения дымохода, м²;

γ_j - угол подключения соединительного элемента и участка дымохода, ° (градус);

Значения коэффициента аэродинамического сопротивления, которые используются в расчете, основываются на предположении, что между отдельными точками соединения теплогенераторов нет никаких препятствий.

Это достигается соответствующим разрешением точек соединения или использованием перегородок.

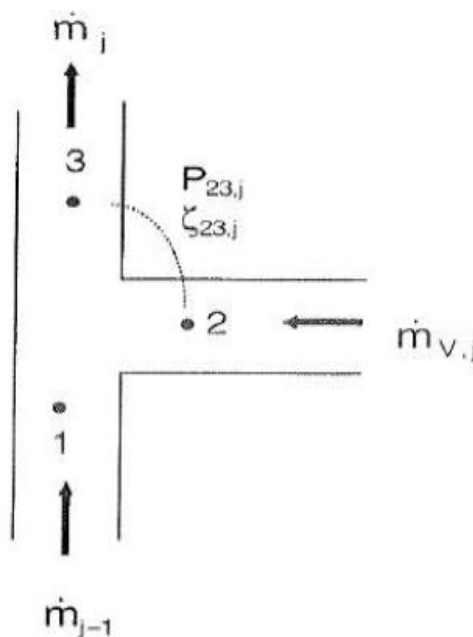


Рис. 4. Потери давления $P_{23,j}$ в результате изменения направления потока дымовых газов и смешивания в точке входа в участок j дымохода

12.2.3.4 Коэффициент сопротивления потока (ζ)

Расчет коэффициента сопротивления потока (ζ) производить в соответствии с 5.10.3.3, SM EN 13384-1.

Параметры для устройств, которые предотвращают обратный поток дымовых газов в теплогенератор, должны предоставляться изготовителем устройства.

12.2.4 Расчетное аэродинамическое сопротивление приточного воздуха ($P_{Bc,j}$)

Аэродинамическое сопротивление приточного воздуха ($P_{Bc,j}$) рассчитываются согласно 5.11.4, SM EN 13384-1.

Аэродинамическое сопротивление (разрежения) приточного воздуха $P_{Bc,j}$ вычисляется по следующей формуле:

$$P_{Bc,j} = P_{B,j} \cdot \left(\frac{\dot{m}_{Wc,j}}{\dot{m}_{W,j}} \right)^n, \text{ Па} \quad (41)$$

где:

$P_{B,j}$ - минимальный, заявленный аэродинамический сопротивление приточного воздуха теплогенератора j , Па;

$\dot{m}_{Wc,j}$ - расчетный массовый расход дымовых газов теплогенератора j , г/с;

$\dot{m}_{W,j}$ - заявленный массовый расход дымовых газов теплогенератора j , г/с;

n - экспонента (показатель степени) для варианта подачи приточного воздуха:

- сквозь имеющееся отверстие (например, помещения, в которых установлен теплогенератор с отверстием для приточного воздуха): $n = 2$;

- сквозь имеющиеся щели (например, оконные рамы в помещениях общего назначения): $n = 1,5$.

Если в помещении общего назначения до входа в участок дымохода подключено несколько теплогенераторов, то сумма потока дымовых газов вычисляется по формуле 41 для $\dot{m}_{wc,j}$ и $\dot{m}_{w,j}$.

13 Температура внутренней стенки

Температура внутренней стенки $T_{iob,j}$ на участке j дымохода рассчитывается согласно 5.12, EN 13384-1 с применением формул таблицы 3.

Таблица 3. Формулы для расчета температур внутренней стенки на конце участка дымохода

Величина	Формула	Единица измерения
Коэффициент теплопередачи на конце участка дымохода, $k_{ob,j}$	$k_{ob,j} = \left(\frac{1}{\alpha_{i,j}} + \left(\frac{1}{\lambda} \right)_{,j} + \left(\frac{1}{\lambda} \right)_{o,j} + \frac{D_h}{D_{hao,j} \cdot \alpha_{ao,j}} \right)^{-1}$	Вт/(м ² ·К)
Температура дымовых газов на внутренней стенке $T_{iob,j}$	$T_{iob,j} = T_{ob,j} - \frac{k_{ob,j}}{\alpha_{i,j}} \cdot (T_{ob,j} - T_{uo,j})$ $T_{iob,j}$ см. таблицу 2	К
Участок $j < N$	$\alpha_{ao,j} = 23$, если любой участок дымохода расположен снаружи; $\alpha_{ao,j} = 8$, если участок дымохода полностью расположен в здании; $(1/\lambda)_{o,j} = 0$, если участок дымохода полностью не изолирован.	Вт/(м ² ·К)
Участок $j = N$	В случае вентилируемой конструкции с обшивкой воздушными прослойками от 1 до 5 см, может устанавливаться величина $\alpha_{ao,j} = 8$, $\alpha_{ao,j} = 23$ во всех других случаях, при отсутствии изоляции верхней части дымохода или с учетом расчетного дополнительного термического сопротивления изолированной верхней части дымохода, $(1/\lambda)_{o,j}$ = определение в соответствии с приложением А.1, EN 13384-1	Вт/(м ² ·К)

14 Каскадные подключения

14.1 Основные особенности метода расчета

Расчет базируется на определении распределения массовых потоков в коллекторах (рисунок 5), при этом должно выполняться условие равновесия давления (формула 42) на каждом входе дымовых газов в участок коллектора.

Если подобное распределение было определено, следует подтвердить следующие условия:

- 5) массовый расход дымовых газов (формулы 45 и 46);
- 6) характеристика давления для минимальной тяги или максимального избыточного давления (Формулы 47 или 47b и 47c);
- 7) характеристика давления для максимальной тяги или минимального избыточного давления (Формулы 47a или 47d);
- 8) характеристика температуры (формула 48).

Вход/выход дымохода должен проектироваться таким образом, чтобы воздействие ветровых нагрузок было незначительным. Поэтому значение $P_L = 0$ допускается не учитывать в формулах.

14.2 Условие равновесия давления

14.2.1 Каскадные подключения с разрежением

Для каждого участка $j,1$ коллектора при всех режимах эксплуатации следует выполнять условия формул:

$$|P_{ZC,j,1} - P_{ZeC,j,1}| \leq 0,1, \text{ Па} \quad (42)$$

$$P_{ZC,j,1} = P_{Z,j} + \sum_{n=1}^{NCj} (P_{HC,j,n} - P_{RC,j,n}), \text{ Па} \quad (43)$$

$$P_{ZeC,j,1} = P_{Wc,j,1} + P_{W,j,1} + P_{Bc,j,1}, \text{ Па} \quad (44)$$

где:

$P_{ZC,j,1}$ - тяга на входе дымовых газов в участок $j,1$ коллектора, Па

$P_{HC,j,n}$ - теоретическая тяга, созданная эффектом дымохода на участке j,n коллектора, Па

$P_{RC,j,n}$ - аэродинамическое сопротивление на участке j,n коллектора, Па

$P_{Wc,j,1}$ - расчетная тяга теплогенератора $j, 1$, Па

$P_{V,j,1}$ - расчетное аэродинамическое сопротивление соединительного элемента теплогенератора $j,1$, Па

$P_{Bc,j,1}$ - расчетное аэродинамическое сопротивление приточного воздуха теплогенератора $j,1$, Па

$P_{ZeC,j,1}$ - допустимая тяга на входе дымовых газов в область $j,1$ коллектора, Па

$P_{Z,j}$ - тяга на входе дымовых газов в область j дымохода, Па

NC,j - количество теплогенераторов, подключенных к коллектору j .

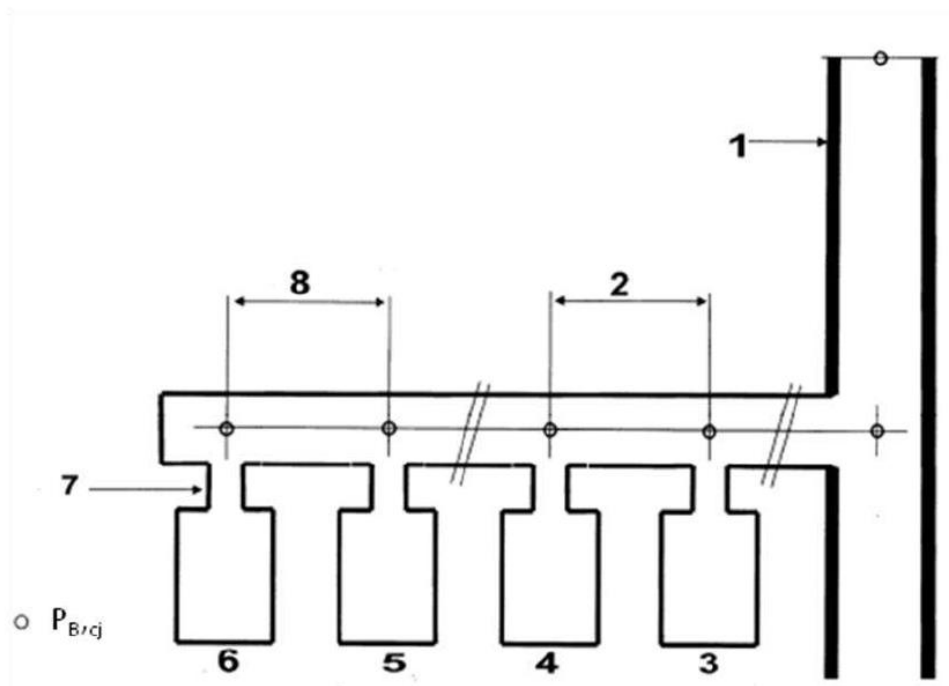


Рис. 5. Пример каскадного подключения и нумерация теплогенераторов и участков коллектора

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 1 Дымоход. | 5 Теплогенератор j , 2. |
| 2 Участок коллектора j , 1. | 6 Теплогенератор j , 1. |
| 3 Теплогенератор j , 1. | 7 Соединительный элемент |
| 4 Теплогенератор j , p . | 13 Участок коллектора j , 1 |

15 Метод расчета для несбалансированных дымоходов

15.1 Общие положения

Расчет внутренних размеров (площадь сечения) дымоходов с разрежением основывается на следующих четырех условиях:

- минимальная тяга в точке входа дымовых газов в дымоход должна равняться или быть больше, чем минимальная тяга, которая необходима в точке входа дымовых газов в дымоход;
- минимальная тяга в точке входа дымовых газов в дымоход должна равняться или быть больше, чем избыточное давление дымовых газов на входе в дымоход;
- максимальная тяга в точке входа дымовых газов в дымоход должна быть равна или меньше, чем максимально допустимая тяга на входе дымовых газов в дымоход;
- температура внутренней стенки на выходе дымохода должна равняться или быть больше, чем температурный предел.

Расчет избыточного давления для внутренних размеров (площадь сечения) основывается на следующих четырех условиях:

- максимальное избыточное давление в точке входа дымовых газов в дымоход должно равняться или быть больше, чем максимальный перепад давления в точке входа дымовых газов в дымоход;

- максимальное избыточное давление в связующем дымоходе и в дымоходе не должно превышать избыточное давление, на которое они рассчитаны;
- минимальное избыточное давление в точке входа дымовых газов в дымоход должно равняться или быть больше, чем минимальный перепад давления в точке входа дымовых газов в дымоход;
- температура внутренней стенки на выходе дымохода должна равняться или быть больше, чем температурный предел.

ПРИМЕЧАНИЕ: Характеристики давления для максимальной тяги или минимального избыточного давления необходимы, если существует предел для максимальной тяги для теплогенератора с разрежением или минимальный перепад давления теплогенератора с избыточным давлением.

Для того чтобы проверить критерии, используются два условия:

- расчет минимальной тяги и максимального избыточного давления осуществляется при условии, что нагрузка дымохода является минимальной (т.е. высокая внешняя температура);
- расчет максимальной тяги и минимального избыточного давления и температуры внутренней стенки при условии, что внутренняя температура дымохода является минимальной (то есть низкая внешняя температура).

15.2 Характеристики давления

15.2.1 Дымоходы с разрежением

Необходимо проверить такое соотношение:

$$P_Z = P_H - P_R - P_L \geq P_W + P_{FV} + P_B = P_{Ze}, \text{ Па} \quad (45)$$

$$P_Z \geq P_B, \text{ Па} \quad (46)$$

$$P_{Z\max} = P_H - P_R \leq P_{W\max} + P_{FV} + P_B = P_{Z\max}, \text{ Па} \quad (46a)$$

где:

P_B - фактическое аэродинамическое сопротивление подачи воздуха (согласно 5.11.3), Па;

P_{FV} - фактическое аэродинамическое сопротивление соединительного дымохода, Па;

P_H - теоретическая тяга, возникающая вследствие эффекта дымохода, Па;

P_L - динамическое давление воздуха, Па;

P_R - аэродинамическое сопротивление дымохода, Па;

P_W - минимальная тяга для теплогенератора, Па;

$P_{W\max}$ - максимальная тяга для теплогенератора, Па;

P_Z - минимальная тяга в точке входа дымовых газов в дымоход (по 5.10), Па;

$P_{Z\max}$ - максимальная тяга в точке входа дымовых газов в дымоход (по 5.10), Па;

P_{Ze} - минимальная тяга, которая необходима в точке входа дымовых газов в дымоход (по 5.11), Па.
 P_{Zemax} - максимально допустимая тяга в точке входа дымовых газов в дымоход.

ПРИМЕЧАНИЕ: Значение P_H и P_R в формулах (1) и (2а) обычно отличаются через различные условия.

15.2.2 Дымоходы с избыточным давлением

Необходимо проверить такое соотношение:

$$P_{ZO} = P_R - P_H + P_L \leq P_{WO} - P_B - P_{FV} = P_{ZOe}, \text{ Па} \quad (47)$$

$$P_{ZO} \leq P_{Z \text{ excess}}, \text{ Па} \quad (48)$$

$$P_{ZO} + P_{FV} \leq P_{ZV \text{ excess}}, \text{ Па} \quad (49)$$

$$P_{ZOmin} = P_R - P_H \geq P_{WOmin} - P_B - P_{FV} = P_{ZOemin}, \text{ Па} \quad (49a)$$

где:

P_B - фактическое аэродинамическое сопротивление подачи воздуха, Па;

P_{FV} - фактическое аэродинамическое сопротивление соединительного дымохода, Па;

P_H - теоретическая тяга, возникающая вследствие эффекта дымохода, Па;

P_L - динамическое давление воздуха, Па;

P_R - аэродинамическое сопротивление дымохода, Па;

P_{WO} - максимальный перепад давления теплогенератора, Па;

P_{WOmin} - минимальный перепад давления теплогенератора, Па;

P_{ZO} - максимальное избыточное давление в точке входа дымовых газов в дымоход, Па;

P_{ZOmin} - минимальное избыточное давление в точке входа дымовых газов в дымоход, Па;

P_{ZOe} - максимальный перепад давления в точке входа дымовых газов в дымоход, Па;

P_{ZOemin} - минимальный перепад давления в точке входа дымовых газов в дымоход, Па;

$P_{Z \text{ excess}}$ - максимально допустимое давление для определенного дымохода, Па;

$P_{ZVexcess}$ - максимально допустимое давление для определенного дымохода, Па.

ПРИМЕЧАНИЕ: Значение P_H и P_R в формулах (3) и (5а) обычно отличаются через различные условия.

15.2.3 Характеристики температуры

Необходимо проверить такое соотношение:

$$T_{\text{job}} \geq T_{P_{ZO}} \leq P_{Z \text{ excess}}, \text{ K} \quad (50)$$

где

T_{job} - температура внутренней стенки на выходе дымохода при температурном равновесии, К;

T_g - температурный предел, К.

Если дымоход, установленный на крыше, имеет дополнительную изоляцию, необходимо проверить следующие соотношения:

$$T_{\text{irb}} \geq T_g, \text{ K} \quad (51)$$

где:

T_{irb} - это температура внутренней стенки непосредственно перед дополнительной изоляцией, в К. Температурный предел T_g дымоходов при работе в сухих условиях должен рассматриваться как температура конденсации T_{sp} дымовых газов (согласно 5.7.6).

Температурные пределы T_g дымоходов при наличии влаги при работе должны рассматриваться как 273,15 К, что предотвращает образование льда на выходе дымохода.

ПРИМЕЧАНИЕ:

Сравнение температуры внутренней стенки перед дополнительной изоляцией T_{irb} при допустимом ограничении температуры дымовых газов T_g не нужно, если значение термического сопротивления дополнительной изоляции не превышает 0,1 (м²·К)/Вт.

Что касается дымоходов, работающих в присутствии влаги, сравнение не выполняется, если значение температуры окружающего воздуха непосредственно перед дополнительной изоляцией > 0 °С.

15.2.4 Методика расчета

Для расчета значений давления и температуры в формулах (45), (46), (46a), (47), (48), (49), (49a) и (50) должны быть получены значения параметров дымовых газов согласно 5.5.

Данные, указанные в 5.6 должны быть получены для дымохода и соединительного дымохода.

Для новых дымоходов, необходимо использовать предварительное ориентировочное значение размера дымохода.

В 5.7 до 5.11 предоставляются расчеты, необходимые для проведения окончательных термодинамических и аэродинамических расчетов дымохода. В формуле 5.7 используется для расчета основных данных, необходимых для дальнейших расчетов.

В 5.5.3 и 5.8 предоставляется формулы для расчетов основных температур. Формула плотности дымовых газов и его скорости предоставляется в 5.9.

Методика, указанная в 5.10 и 5.11, используется для определения требований к давлению.

Методика, указанная в 5.12, используется для определения характеристики температуры.

Определение давления и характеристики температуры выполняются дважды:

- для условной теплопроизводительности теплогенератора;

- для наименьшего значения тепловой мощности, что отмечается производителем теплогенератора.

Если требования к давлению для максимальной тяги (46а) или характеристики температур в формулах (50) и (51) для дымоходов с разрежением не определены, определение температуры может осуществляться периодически путем учета дополнительного вторичного воздуха для дымовых газов согласно разделу 6.

Примечание: Характеристика температуры не должна совпадать при следующих условиях, если характеристика температуры не удовлетворяет, то нельзя гарантировать, не появится влага.

Условия:

- если теплогенератор заменяется прибором, который имеет тепловую мощность менее <30 кВт, и
- если потери дымовых газов теплогенератора составляют не менее 8%, и
- если теплогенератор имеет устройство отвода тяги, который обеспечивает необходимую вентиляцию в дымоходе, в режиме ожидания или в режиме небольшой теплоотдачи.

Эти условия можно достичь путем увеличения теплоотдачи теплогенератора.

15.2.5 Параметры дымовых газов, характеризующие теплогенератор

15.2.5.1 Общие положения

Для определения значений температур и давления должны быть получены основные параметры дымовых газов теплогенератора, включающих в себя массовый расход дымовых газов, температуру дымовых газов и минимальную тягу, необходимую для теплогенератора, или максимальный перепад давления теплогенератора. Дополнительно должны быть определены тип используемого топлива, объемная концентрация CO_2 дымовых газов и геометрия связующего дымохода.

Типичные характеристики некоторых видов топлива указаны в таблице В.1 приложения В. Типичные характеристики некоторых видов теплогенераторов указаны в таблицах В.2 и В.3 приложения В.

15.2.5.2 Массовый расход дымовых газов

Массовый расход дымовых газов при условной теплопроизводительности теплогенератора.

Для расчета значений давления и температуры согласно формулам ((45), (46), (46а), (47), (48), (49), (49а) и (50) должны быть определены массовый расход дымовых газов для теплогенератора и условная теплопроизводительность.

Если данные отсутствуют, массовый расход дымовых газов и объемная концентрация CO_2 определяются по формуле, предоставленной в таблицах В.1, В.2 или В.3 приложения В.

Если дымоход соединен с комбинированным теплогенератором, расчет размеров производится с учетом всех видов топлива, используемых в устройстве.

В случае если теплогенератор оснащен устройством отвода тяги, используется поток дымовых газов устройства отвода тяги.

Массовый расход дымовых газов $\dot{m}$ при открытом пламени зависит от его интенсивности и вычисляется по формуле:

$$\dot{m} = f_{mf} \cdot A_F, \text{ кг/с} \quad (52)$$

где:

f_{mf} - коэффициент массового расхода при открытом пламени, кг/(с·м²);

A_F - площадь сечения отверстия открытого пламенного пространства, м²;

Для открытого пламени с высотой проема меньше или равной его ширине $f_{mf} = 0,139 \text{ кг/(с·м}^2\text{)}$.

Для открытого пламени с высотой проема, превышающей его ширину, $f_{mf} = 0,167 \text{ кг/(с·м}^2\text{)}$.

Содержание CO₂ - в дымовых газах открытого пламени принимается равным $\sigma(\text{CO}_2) = 1 \%$.

Массовый расход дымовых газов при минимально допустимой тепловой мощности

Если теплогенератор сконструирован для работы по умеренным условиям, следует провести дополнительную проверку давления и характеристик температуры массового расхода дымовых газов при максимально возможной и допустимой тепловой мощности теплогенератора.

Если производитель не предоставил параметры дымовых газов для маленькой тепловой мощности, массовый расход должен составлять одну треть массового расхода дымовых газов при условной теплопроизводительности.

Массовый расход дымовых газов с максимальной тягой или минимальным перепадом давления теплогенератора

Для расчета максимальной тяги или минимального избыточного давления в дымоходе, массовый расход дымовых газов с максимальной тягой или минимальным перепадом давления теплогенератора предоставляется производителем теплогенератора.

Массовый расход дымовых газов с вторичным воздухом

Если вторичный воздух подается с помощью регулятора тяги или устройства отвода тяги, расчет потока воздуха определяется согласно 6.3 с учетом фактической разницы давления в помещении, где установлен теплогенератор, и давления дымохода или связующего элемента.

15.2.5.3 Температура дымовых газов

Температура дымовых газов при условной теплопроизводительности (T_{WN})

Температура дымовых газов при условной теплопроизводительности T_{WN} должна быть указана производителем теплогенератора.

При использовании теплогенератора с устройством отвода тяги следует учитывать температуру дымовых газов устройства отвода тяги.

Если производитель предоставляет данные о температуре дымовых газов устройства отвода тяги по тяге, то эти данные используются для расчета.

Если температура дымовых газов T_{WN} открытого пламени неизвестна, следует использовать значение $t_{WN} = 80 \text{ °C}$ ($T_{WN} = 353,15 \text{ K}$).

Температура дымовых газов при минимально возможной тепловой мощности (T_{Wmin})

Самая низкая температура дымовых газов T_{Wmin} назначается производителем теплогенератора.

Если такие данные отсутствуют, то используется температура дымовых газов в пределах 2/3 значения температуры дымовых газов в °C при условной теплопроизводительности.

Температура дымовых газов с максимальной тягой или минимальным перепадом давления теплогенератора

Для расчета максимальной тяги или минимального избыточного давления в дымоходе, данные по температуре дымовых газов с максимальной тягой или минимальным перепадом давления теплогенератора должны быть предоставлены производителем теплогенератора.

15.2.5.4 Минимальная тяга для теплогенератора (P_w) с дымоходом с разрежением

Для расчета дымохода с разрежением значение минимальной тяги для теплогенератора P_w должно быть предоставлено производителем теплогенератора.

Если значение неизвестно, основные значения минимальной тяги для теплогенератора должны быть отобраны из основных стандартов для теплогенераторов.

Если недостающие значения для котлов, при необходимости используют данные, приведенные в таблице В.2 приложения В.

Если значение минимальной тяги является отрицательным показателем (при предполагаемом избыточном давлении), в расчете следует использовать значение $PW = 0$.

При отсутствии данных на устройство отвода тяги от производителя, газового теплогенератора, обозначенного как В1 согласно CEN / TR 1749, используется значение 3 Па для минимальной тяги и значение 10 Па для всех других газовых устройств, оснащенных устройством отвода тяги.

Минимальная тяга PW для работы открытого пламени рассчитывается с учетом массового расхода дымовых газов и площади сечения выхода дымохода открытого пламени.

Теоретическая тяга, возникающая вследствие эффекта дымохода в открытом огне пространстве и в коллекторе дымовых газов, принимается во внимание. Местное сопротивление в коллекторе дымовых газов (сборнике) учитывается путем использования коэффициента безопасности потока $SE = 1,5$.

Приложение А

(обязательное)

Символы, термины и единицы измерения

Таблица А.1 Символы, термины и единицы измерения

Обозначения	Единица измерения	Терминология –рус.	Терминология –англ.
A	м ²	площадь поперечного сечения участка дымохода	cross sectional area of the chimney
c _p	Дж/(кг·К)	удельная теплоемкость дымовых газов	specific heat capacity of flue gas
D	м	диаметр	diameter
D _h	м	эквивалентный диаметр	hydraulic diameter
g	м/с ²	ускорение свободного падения = 9,81	acceleration due to gravity = 9,81
H _j	м	эффективная высота участка j дымохода	effective height of the chimney segment j
H _{v,j}	м	эффективная высота соединительного элемента j	effective height of the connecting flue pipe j
K _j	-	коэффициент охлаждения участка дымохода j	coefficient of cooling of the chimney segment j
k _j	Вт/(м ² ·К)	коэффициент теплопередачи участка дымохода j	coefficient of heat transmission of the chimney segment j
k _{obj,j}	Вт/(м ² ·К)	коэффициент теплопередачи на верхнем конце участка дымохода j	coefficient of heat transmission at upper end of the chimney segment j
K _{v,j}	-	коэффициент охлаждения соединительного элемента j	coefficient of cooling of the connecting flue pipe
L _j	м	длина участка дымохода j	length of the chimney segment j
$\dot{m}_{j}$	кг/с	массовый расход дымовых газов на участке дымохода j	flue gas mass flow in the chimney segment j
$\dot{m}_{v,j}$	кг/с	массовый расход дымовых газов в соединительном элементе j	flue gas mass flow in the connecting flue pipe j
$\dot{m}_{w,j}$	кг/с	заданный массовый расход дымовых газов теплогенератора j	declared flue gas mass flow of the heating appliance j
$\dot{m}_{wc,j}$	кг/с	расчетный массовый расход дымовых газов теплогенератора j	calculated flue gas mass flow of the heating appliance j
N	-	количество теплогенераторов подключенных к дымоходу	number of heating appliances serving the chimney
Nu	-	Число Нуссельта	Nusselt number
Q _{min,j}	кВт	минимальная производительность теплогенератора j	minimum heat output of the heating appliance j
Q _{N,j}	кВт	условная теплопроизводительность теплогенератора j	nominal heat output of the heating appliance j
P _{B,j}	Па	аэродинамическое сопротивление приточного воздуха теплогенератора j	pressure resistance of the air supply j of the heating appliance j
P _{bc,j}	Па	расчетное аэродинамическое сопротивление приточного воздуха теплогенератора j	calculated pressure resistance of the air supply of the heating appliance j
P _{H,j}	Па	теоретическая тяга, созданная эф-	theoretical draught available due to chim-

		фектом дымохода на участке дымохода j	ney effect in chimney segment j
P_L	Па	динамическое давление воздуха	wind velocity pressure
p_L	Па	давление атмосферного воздуха	external air pressure
$P_{R,j}$	Па	аэродинамическое сопротивление на участке дымохода j	pressure resistance of the chimney segment j
Pr	-	Число Прандтля	Prandtl number
$P_{V,j}$	Па	расчетное аэродинамическое сопротивление соединительного элемента j	calculated pressure resistance of the connecting flue pipe j
$P_{W,j}$	Па	минимальная тяга теплогенератора j	minimum draught for the heating appliance j
$P_{WC,j}$	Па	расчетная тяга теплогенератора j	calculated draught of the heating appliance j
$P_{Wmax,j}$	Па	максимальная тяга теплогенератора j	maximum draught for the heating appliance j
$P_{WO,j}$	Па	максимальный перепад давления теплогенератора j	maximum differential pressure of the heating appliance j
$P_{WOC,j}$	Па	расчетный перепад избыточного давления теплогенератора j	calculated positive differential pressure of the heating appliance j
$P_{Womin,j}$	Па	минимальный перепад давления теплогенератора j	minimum differential pressure of the heating appliance j
$P_{Z,j}$	Па	разрежение в точке входа дымовых газов на участке дымохода j	draught at the flue gas inlet into the chimney segment j
$P_{Zmin,j}$	Па	минимальная тяга в точке входа дымовых газов на участке дымохода j	minimum draught at the flue gas inlet into the chimney segment j
$P_{Zmax,j}$	Па	максимальная тяга в точке входа дымовых газов на участке дымохода j	maximum draught at the flue gas inlet into the chimney segment j
$P_{Ze,j}$	Па	минимальная тяга, которая необходима в точке входа дымовых газов на участке дымохода j	minimum draught required at the flue gas inlet into the chimney segment j
$P_{Zemax,j}$	Па	максимально допустимая тяга необходимо в точке входа дымовых газов на участке дымохода j	maximum allowed draught at the flue gas inlet into the chimney segment j
$P_{ZO,j}$	Па	максимальное избыточное давление в точке входа дымовых газов на участке дымохода j	maximum positive pressure at the flue gas inlet into the chimney segment j
$P_{ZOmin,j}$	Па	минимальное избыточное давление в точке входа дымового газа на участке дымохода j	minimum positive pressure at the flue gas inlet into the chimney segment j
$P_{ZOe,j}$	Па	максимальный перепад давления в точке входа дымовых газов на участке дымохода j	maximum differential pressure at the flue gas inlet into the chimney segment j
$P_{ZOemin,j}$	Па	минимальный перепад давления в точке входа дымовых газов на участке дымохода j	minimum differential pressure at the flue gas inlet into the chimney segment j
R	Дж/(кг·К)	газовая постоянная дымовых газов	gas constant of the flue gas
r	м	эквивалентная шероховатость внутренней стенки	mean value of roughness value of the inner wall
Re	-	число Рейнольдса	Reynolds number
R_L	Дж/(кг·К)	газовая постоянная воздуха	gas constant of the air
S_E	-	коэффициент безопасности потока	flow safety coefficient

S_H	-	поправочный коэффициент при отсутствии температурной инерции	correction factor of temperature instability
$T_{e,j}$	K	температура дымовых газов в точке входа на участке дымохода j	flue gas temperature at the inlet of the chimney segment j
$T_{g,j}$	K	температурный предел стенки участка дымохода j	temperature limit of the chimney segment j
$T_{iob,j}$	K	температура внутренней стенки на выходе участка дымохода j при температурном равновесии	inner wall temperature at the outlet of chimney segment j at temperature equilibrium
T_L	K	температура наружного воздуха	external air temperature
$T_{m,j}$	K	средняя температура дымовых газов на участке дымохода j	mean temperature of the flue gas in the chimney segment j
$T_{o,j}$	K	температура дымовых газов в точке выхода с участка дымохода j	flue gas temperature at the outlet of the chimney segment j
$T_{u,j}$	K	температура окружающего воздуха на участке дымохода j	ambient air temperature of the chimney segment j
$T_{W,j}$	K	заданная температура дымовых газов теплогенератора j	declared flue gas temperature of the heating appliance j
$T_{Wc,j}$	K	расчетная температура дымовых газов теплогенератора j	calculated flue gas temperature of the heating appliance j
U	м	внутреннее сечение дымохода	internal circumference of the chimney
$w_{m,j}$	м/с	средняя скорость по установленной длине поперечного сечения на участке дымохода j	mean velocity over the length and over the cross section of the chimney segment j
α_i	Вт/(м ² ·K)	внутренний коэффициент дымохода	internal coefficient of heat transfer of the flue
γ	°C	угол направлений потока, например, между соединительным элементом и участком дымохода	angle between flow directions e. g. between connecting flue pipe and the chimney segment
η_A	Н·с/м ²	динамическая вязкость дымовых газов	dynamic viscosity of flue gas
$1/\lambda$	м ² ·K/Вт	термическое сопротивление	thermal resistance
λ_A	Вт/(м·K)	коэффициент теплопроводности дымовых газов	coefficient of thermal conductivity of flue gas
$\rho_{m,j}$	кг/м ³	средняя плотность дымовых газов по всей длине и площади сечения участка дымохода j	density of flue gas averaged over the length and over the cross section of the chimney segment j
ψ	-	коэффициент местного сопротивления вследствие трения дымохода	coefficient of flow resistance due to friction of the flue
ξ	-	коэффициент местного сопротивления вследствие изменения направления потока и / или пересечения и / или массовый расход дымовых газов в дымоходе	coefficient of flow resistance due to a directional and/or cross sectional and/or mass flow change in the flue

Приложение В (обязательное)

Рекомендации

Приведенные указания и рекомендации обязательно необходимо учитывать при проведении расчета.

В.1 Рекомендации относительно дымоходов и теплогенераторов

Теплогенератор, который длительное время не будет эксплуатироваться, должен закрываться клапаном или шибером для перекрытия дымовых газов, если это допустимо.

Эти устройства должны закрываться, когда горение топлива не происходит.

Во всех случаях дверцы камер сгорания и отверстий для подачи приточного воздуха в теплогенераторы должны быть закрыты.

В.2 Рекомендации относительно соединительных элементов

Соединительные элементы должны быть вертикальными и подключаться непосредственно от выхода из теплогенератора до входа в дымоход.

Если соединительный элемент располагается не вертикально от теплогенератора до дымохода его длина не должна превышать 0,5 м.

Вертикально расположенный участок соединительного элемента должна превышать половину полной длины.

Поперечное сечение соединительного элемента должно быть одинаковым по форме и размерам и иметь, как минимум, тот же эквивалентный диаметр, что и на выходе дымовых газов из теплогенератора.

Если два теплогенератора подключаются к дымоходу одним общим соединительным элементом, то поперечное сечение общего соединительного элемента рассчитывается по методике расчета, предоставленной в этих Нормах, с учетом суммы условной тепловой мощности обоих теплогенераторов.

Приложение С

(справочное)

Характеристики теплогенераторов

Если производителем не заданы значения коэффициентов b_0 , b_1 и b_2 , и значение коэффициентов y_0 , y_1 , y_2 для применения в формулах 10 и 11 и приведены показатели дымовых газов, то следует пользоваться таблицей С.1; и таблицей С.2, если показатели дымовых газов отсутствуют.

Таблица С.1 - Параметры дымовых газов теплогенераторов предоставленным производителем показателями дымовых газов

$P_{Wc,j}$					$t_{Wc,j}$			Heating appliance
b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	y_0	y_1	y_2	
0	0	0	0	$P_{W,j}$	0	$t_{W,j}$	0,8	Heating appliances fired for solid fuels without fan
0	0	$P_{W,j}$	0	0	$t_{uV,j}$	0	0	
0	0	$P_{W,j}$	0	0	$t_{W,j}$	0	0	Heating appliances fired for liquid fuels without fan
0	0	$P_{W,j}$	0	0	$t_{uV,j}$	0	0	
0	0	$P_{W,j}$	0	0	$t_{uV,j}$	$t_{W,j} - t_{uV,j}$	-1	Heating appliances with draught diverters for gaseous fuels
0	0	$P_{W,j}$	0	0	$t_{uV,j}$	0	0	
$-P_{WG,j}$	0	$P_{W,j} + P_{WG,j}$	0	0	$t_{W,j}$	0	0	Heating appliances without draught diverters for gaseous fuels with fan
0	0	$P_{W,j} + P_{WG,j}$	0	0	$t_{uV,j}$	0	0	

где:

$t_{uV,j}$ - температура окружающего воздуха вокруг котельной;

$t_{W,j}$ - температура дымовых газов теплогенератора j ;

$P_{W,j}$ - необходимая тяга в теплогенераторе j

$P_{WG,j}$ - гарантированная разница давлений, обеспеченная вентилятором при условной тепловой мощности.

Таблица С.2 - Параметры дымовых газов теплогенераторов, для которых не представлены данные по дымовым газам

Specification of flue gas characteristics of heating appliances without available flue gas values					
$t_{w,j}$			$\dot{m}_{w,j} / Q_{N,j}$ $\Gamma / (c \cdot k_B T)$	$(CO_2)_{w,j}$ %	Heating appliance
$y_0, ^\circ C$	$y_1, ^\circ C$	$y_2, ^\circ C$			
0	250	0,8	1,2	8,1	Heating appliances fired for solid fuels without fan
$t_{uV,j}$	0	0	1,2	0	
250	0	0	0,85	0,7	Heating appliances fired for liquid fuels without fan
$t_{uV,j}$	0	0	0,85	0	
$t_{uV,j}$	130- $t_{uV,j}$	0	0,84	5,4	Heating appliances with draught diverters for gaseous fuels
$t_{uV,j}$	0	0	0,84	0	
$t_{W,j}$	0	0	-	-	Heating appliances without draught diverters for gaseous fuels with fan
$t_{uV,j}$	0	0	-	-	

Библиография

СНиП 23.01.99 – Строительная климатология. Москва, 2003.

Содержание:

1	Область применения	57
2	Нормативные ссылки.....	58
3	Термины и определения.....	58
4	Обозначения, величины в формулах, названия, единицы измерения	63
5	Метод расчета.....	69
5.1	Общие положения.....	69
5.2	Условие равновесия давления.....	71
5.2.1.	Дымоходы под разряжением.....	71
5.2.2.	Дымоходы под избыточным давлением	72
5.3	Требования к массовому расходу	73
5.4	Требования давления.....	74
5.4.1.	Дымоходы под разрежением.....	74
5.4.2.	Дымоходы под избыточным давлением	75
5.5	Температурные требования	76
5.6	Процедура расчета	77
6	Параметры отходящих дымовых газов, характеризующие теплогенераторы.....	79
7	Данные дымоходов и соединительных элементов	81
8	Основные данные для расчета	81
8.1	Температуры воздуха	81
8.1.1.	Температура наружного воздуха (T_I).....	81
8.1.2.	Температура окружающего воздуха (T_U).....	82
8.2	Давление наружного воздуха (p_I)	82
8.3	Газовая постоянная	82
8.3.1.	Газовая постоянная воздуха (R_I).....	82
8.3.2.	Газовая постоянная дымовых газов (R).....	82
8.4	Плотность воздуха (ρ_I)	82
8.5	Удельная теплоемкость дымовых газов (c_p).....	82
8.6	Содержание водяного пара ($\sigma(H_2O)_{ij}$) и температуры конденсации (T_{sp}).....	82
8.7	Поправочный коэффициент при температурной неустойчивости (S_H)	82
8.8	Аэродинамический коэффициент безопасности (S_E).....	83
8.9	Коэффициент теплоотдачи внешней поверхности	83
9	Определение температуры	83

10	Смешанные расчеты.....	83
10.1	Массовый расход дымовых газов ($\dot{m}_j$).....	84
10.2	Температура дымовых газов на входе в участок дымохода ($T_{e,j}$).....	84
10.3	Содержание CO_2 в дымовых газах на участке дымохода ($\sigma(CO_2)_j$).....	84
10.4	Содержание H_2O в дымовых газах ($\sigma(H_2O)_j$).....	88
10.5	Газовая постоянная дымовых газов (R_j)	88
10.6	Характеристики дымовых газов	88
10.6.1.	Удельная теплоемкость ($c_{pv,j}$), ($c_{p,j}$).....	88
10.6.2.	Коэффициент теплопроводности дымовых газов ($\lambda_{av,j}$), ($\lambda_{a,j}$).....	89
10.6.3.	Динамическая вязкость ($\eta_{av,j}$), ($\eta_{a,j}$)	89
11	Плотность и скорость дымовых газов.....	90
12	Определение давления	90
12.1	Давление на входе в каждый участок дымохода	91
12.1.1	Тяга.....	91
12.1.2	Избыточное давление	91
12.1.3	Тяга, созданная эффектом дымохода на участке дымохода ($P_{H,j}$).....	91
12.1.4	Потери давления на участке дымохода ($P_{R,j}$)	91
12.2	Минимально и максимально допустимая тяга в точке входа дымовых газов в дымоход (P_{ze} и P_{zemax}) и максимальное и минимальное давление дымовых газов в точке входа в дымоход (P_{zoe} и P_{zoemin}).....	94
12.2.1	Минимально и максимально допустимая тяга	94
12.2.2	Максимально и минимально допустимое сопротивление давления	94
12.2.3	Расчетное аэродинамическое сопротивление соединительного элемента ($P_{v,j}$)	94
12.2.4	Расчетное аэродинамическое сопротивление приточного воздуха ($P_{Bc,j}$)	97
13	Температура внутренней стенки.....	98
14	Каскадные подключения.....	98
14.1	Основные особенности метода расчета.....	98
14.2	Условие равновесия давления.....	99
14.2.1	Каскадные подключения с разрежением	99
15	Метод расчета для несбалансированных дымоходов	100
15.1	Общие положения.....	100
15.2	Характеристики давления	101
15.2.1	Дымоходы с разрежением	101
15.2.2	Дымоходы с избыточным давлением	102
15.2.3	Характеристики температуры	102

15.2.4	Методика расчета	103
15.2.5	Параметры дымовых газов, характеризующие теплогенератор	104
	Приложение А (обязательное) Символы, термины и единицы измерения	107
	Приложение В (обязательное) Рекомендации.....	110
	Приложение С (справочное) Характеристики теплогенераторов	111
	Библиография.....	113

Membrii Comitetului tehnic pentru normare tehnică și standardizare în construcții
CT-C 10 G „Instalații termice de ventilare și condiționare a aerului”:

Președinte	Leu Vasile	Inginer
Secretar	David Maria	Inginer
Membri	Retiș Liudmila	Inginer
	Colomeițeva Tatiana	Inginer
	Maximuk Evghenii	Inginer
	Rotari Elena	Inginer
	Chircu Liudmila	Inginer
	Doncenco Vladimir	Inginer
	Burcut Irina	Inginer
	Galagan Ion	Inginer
	Șevcenco Alexandru	Inginer
Reprezentant al MEI	Boșneaga Alexei	Arhitector

Utilizatorii documentului normativ sînt răspunzători de aplicarea corectă a acestuia. Este important ca utilizatorii documentelor normative să se asigure că sînt în posesia ultimei edi ii  i a tuturor amendamentelor.

Informa iile referitoare la documentele normative (data aplicării, modificării, anulării etc.) sînt publicate în "Monitorul Oficial al Republicii Moldova", Catalogul documentelor normative în construcții, în publica ii periodice ale organului central de specialitate al administra iei publice în domeniul construcțiilor, pe Portalul Na ional "e-Documente normative în construcții" (www.ednc.gov.md), precum  i în alte publica ii periodice specializate (numai după publicare în Monitorul Oficial al Republicii Moldova, cu prezentarea referin elor la acesta).

Amendamente după publicare:

Indicativul amendamentului	Publicat	Punctele modificate

Ediție oficială

NORMATIV ÎN CONSTRUCȚII
NCM G.04.XX:20XX

Proiectarea coșurilor colective de fum pentru clădiri cu termogeneratoare.
Norme de proiectare.
Responsabil de ediție ing.

Tiraj 100 ex. Comanda nr. _____

Tipărit ICȘC "INCERCOM" Î.S.
Str. Independenței 6/1
www.incercom.md