



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

Інженерне обладнання будинків і споруд

ДИМОХОДИ
МЕТОДИ ТЕПЛОТЕХНІЧНОГО ТА
АЕРОДИНАМІЧНОГО РОЗРАХУНКІВ

ДСТУ Б EN 13384-1:2010

Частина 1. Димоходи з підключенням одного теплогенератора
(EN 13384-1:2002+A2:2008, IDT)

Київ
Міністерство регіонального розвитку та будівництва України
2011

ПЕРЕДМОВА

ВНЕСЕНО: Міжнародна громадська організація

«Міжнародний Консультативний Форум»

ЗА УЧАСТІ:

ВАТ «УкрНДІнжпроект» - П. Зембицький

«ПЕРЕКЛАД І НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ РЕДАГУВАННЯ» - Н. Кульбіда; О. Потапенко
(керівник розробки).

НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Мінрегіонбуду України від 10.12.2010 № 175

Національний стандарт відповідає EN 13384-1:2002+A2:2008, Chimneys - Thermal and fluid dynamic calculation methods - Part 1: Chimneys serving one appliance (Димоходи – Методи теплотехнічного та аеродинамічного розрахунків – Частина 1: Димоходи з підключенням одного теплогенератора)

Ступінь відповідності – ідентичний (ІДТ)

Переклад з англійської (en)

УВЕДЕНО ВПЕРШЕ

ЗМІСТ**CONTENTS**

Національний вступ		VI
1 Сфера застосування	1 Scope	1
2 Нормативні посилання	2 Normative references	1
3 Терміни, визначення	3 Terms and definitions	3
4 Символи, терміни та одиниці вимірювання	4 Symbols, terminology and units	10
5 Метод розрахунку незбалансованих димоходів	5 Calculation method for non-balanced flue chimneys	14
5.1 Загальні принципи	5.1 General principles	14
5.2 Вимоги тиску	5.2 Pressure requirements	15
5.3 Температурні вимоги	5.3 Temperature requirement	17
5.4 Методика розрахунку	5.4 Calculation procedure	18
5.5 Параметри димових газів, що характеризують теплогенератор	5.5 Flue gas data characterising the heating appliance	20
5.6 Основні дані для розрахунку	5.6 Characteristic data for the calculation	25
5.7 Основні значення для розрахунку	5.7 Basic values for the calculation	27
5.8 Визначення температур	5.8 Determination of the temperatures	32
5.9 Визначення густини димових газів й швидкості димових газів	5.9 Determination of the density of the flue gas and the velocity of the flue gas	38
5.10 Визначення тисків	5.10 Determination of the pressures	39
5.11 Мінімальна тяга, що необхідна в точці входу димових газів в димохід і максимально допустима тяга (P_{Ze} та P_{Zemax}) та максимальний і мінімальний перепад тиску в точці входу димових газів в димохід (P_{ZOe} та P_{ZOemin})	5.11 Minimum draught required at the flue gas inlet into the chimney and maximum allowed draught (P_{Ze} and P_{Zemax}) and maximum and minimum differential pressure at the flue gas inlet into the chimney (P_{ZOe} and P_{ZOemin})	44
5.12 Розрахунок температури внутрішньої стінки на виході димоходу (T_{iob})	5.12 Calculation of the inner wall temperature at the chimney outlet (T_{iob})	51
6 Вторинне повітря для димоходів з розрідженням	6 Secondary air for negative pressure chimneys	53
6.1 Загальні положення	6.1 General	53
6.2 Метод розрахунку	6.2 Calculation method	54

6.3 Основні значення для розрахунку вторинного повітря	6.3 Basic values for the calculation of secondary air	54
6.4 Тиски	6.4 Pressures	57
6.5 Температурні вимоги при використанні вторинного повітря	6.5 Temperature requirement with secondary air	62
7 Метод розрахунку для збалансованих димоходів	7 Calculation method for balanced flue chimneys	62
7.1 Загальні положення	7.1 General principles	62
7.2 Вимоги тиску	7.2 Pressure requirements	64
7.3 Температурні вимоги	7.3 Temperature requirements	65
7.4 Методика розрахунку	7.4 Calculation procedure	65
7.5 Параметри димових газів, що характеризують теплогенератор	7.5 Flue gas data characterising the heating appliance	66
7.6 Основні дані для розрахунку	7.6 Characteristic data for the calculation	66
7.7 Основні значення для розрахунку	7.7 Basic values for the calculation	67
7.8 Визначення температур	7.8 Determination of the temperatures	68
7.9 Визначення густини та швидкості	7.9 Determination of densities and velocities	101
7.10 Визначення тисків	7.10 Determination of pressures	103
7.11 Мінімальна тяга, необхідна в точці входу димових газів в димохід і максимально допустима тяга (P_{Ze} та P_{Zemax}) та максимальний і мінімальний перепад тиску в точці входу димових газів в димохід (P_{ZOe} та P_{ZOemin})	7.11 Minimum draught required at the flue gas inlet into the chimney and maximum allowed draught (P_{Ze} and P_{Zemax}) and maximum and minimum differential pressure at the flue gas inlet into the chimney (P_{ZOe} and P_{ZOemin})	104
7.12 Розрахунок температури внутрішньої стінки на виході димоходу (T_{iob})	7.12 Calculation of the inner wall temperature at the chimney outlet (T_{iob})	110
8 Теплота конденсації водяної пари димових газів	8 Consideration of the condensation heat of the flue gas water vapour	110
8.1 Загальні положення	8.1 General	110
8.2 Початок конденсації	8.2 Onset of condensation	111
8.3 Розрахунок температури димових газів на виході ділянки димоходу з конденсацією ($j \geq NsegK$)	8.3 Calculation of the flue gas temperature at the outlet of a chimney segment with condensation ($j \geq NsegK$)	116

Додаток А Розрахунок термічного опору	Annex A(informative) Calculation of thermal resistance	125
Додаток В Таблиці	Annex B (informative) Tables	126
Додаток С Вихід димоходу й прилеглої будівлі	Annex C (informative) Chimney outlet with regard to adjacent buildings	142
Додаток Д Класифікатор граничних кривих для регулятора тяги	Annex D (informative) Limit curves of the classification for the draught regulator	143
Додаток Е Визначення газової сталої R з урахуванням конденсації	Annex E (informative) Determination of the gas constant R considering the condensation	144
Додаток Бібліографія	Bibliography	146

НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей стандарт є тотожний переклад EN 13384-1:2002+A2:2008, Chimneys - Thermal and fluid dynamic calculation methods - Part 1: Chimneys serving one appliance (Димоходи – Методи теплотехнічного та аеродинамічного розрахунку – Частина 1: Димоходи з підключенням одного теплогенератора)

Стандарт містить вимоги, які відповідають чинному законодавству України.

До стандарту внесено такі редакційні зміни:

- слова «цей міжнародний стандарт» замінено на «цей стандарт»;
- структурні елементи стандарту: «Обкладинку», «Передмову», «Національний вступ», «Визначення понять», «Бібліографічні дані» - оформлено згідно з вимогами національної стандартизації ;
- у розділі «Нормативні посилання» наведено «Національне пояснення», виділене в тексті рамкою;
- «Передмову» («Foreword») із тексту цього стандарту вилучено. З «Передмови» EN 13384-1 у цей «Національний вступ» взято те, що безпосередньо стосується цього стандарту;
- крапку замінено на кому як вказівник десяткових знаків;
- позначки одиниць вимірювання відповідають серії стандартів ДСТУ 3651:1997 Метрологія. Одиниці фізичних величин.

Міжнародні документи, на які є посилання у тексті стандарту, не прийняті в Україні як національні стандарти, і чинні документи замість них відсутні. Копії цих документів можна отримати в Національному фонді нормативних документів.

Метод розрахунку, викладений у цьому стандарті, є комплексним, тому використовувати його доцільніше за допомогою комп'ютерної програми.

Цей стандарт розповсюджується на виконання умов технологічних норм виготовлення димоходів, з підключенням одного теплогенератора.

Відповідна технологічна норма визначає межі та вимоги техніки безпеки у зв'язку з плануванням, будівництвом, введенням в експлуатацію та технічним наглядом димоходів, з підключенням одного теплогенератора (в цьому стандарті ця норма не регламентується).

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

**ІНЖЕНЕРНЕ ОБЛАДНАННЯ БУДИНКІВ І СПОРУД
ДИМОХОДИ
МЕТОДИ ТЕПЛОТЕХНІЧНОГО ТА АЕРОДИНАМІЧНОГО
РОЗРАХУНКІВ**

Частина 1. Димоходи з підключенням одного теплогенератора

**ИНЖЕНЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ
ДЫМОХОДЫ
МЕТОДЫ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО И АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО РАСЧЕТА**

Часть 1. Дымоходы с подключением одного теплогенератора

**ENGINEERING EQUIPMENT OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS
CHIMNEYS
THERMAL AND FLUID DYNAMIC CALCULATION METHODS
Part 1. Chimneys serving one appliance**

Чинний від 2011-08-01

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Цей стандарт визначає методи розрахунку термодинамічних і аеродинамічних характеристик димоходів для одного теплогенератора.

Методи, описані в даній частині Європейського стандарту, розповсюджуються на димоходи, які працюють як в режимі розрідження так і в режимі з надлишковим тиском, як у присутності вологи так і у сухих робочих умовах. Вони дійсні для димоходів з теплогенераторами, на різних видах палива, при виконанні розрахунків необхідно враховувати відмінності характеристик димових газів при використанні різних видів палива.

Методи, описані в даній частині Європейського стандарту, стосуються димоходів з підключенням одного теплогенератора.

Методи, описані в частині 2 Європейського стандарту, стосуються димоходів з підключенням декількох теплогенераторів.

В частині 3 описані методи розробки діаграм та таблиць для димоходів з одним теплогенератором.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

Цей стандарт містить у собі датовані й не датовані посилання й положення інших видань.

Нормативні посилання надаються в певних розділах у тексті та в зазначених нижче виданнях. Датовані посилання стосовно

1 SCOPE

This European Standard specifies methods for the calculation of the thermal and fluid dynamic characteristics of chimneys serving one appliance.

The methods in this Part of this European Standard are applicable to negative or positive pressure chimneys with wet or dry operating conditions. It is valid for chimneys with heating appliances for fuels subject to the knowledge of the flue gas characteristics which are needed for the calculation.

The methods in this Part of this European Standard are applicable to chimneys with one inlet connected with one appliance.

The methods in Part 2 of this European Standard are applicable to chimneys with multiple inlets and one inlet with multiple appliances.

Part 3 describes methods for the development of diagrams and tables for chimneys serving one heating appliance.

2 NORMATIVE REFERENCES

This European Standard incorporates by dated or undated reference, provisions from other publications.

These normative references are cited at the appropriate places in the text and the publications are listed hereafter. For dated

додатків або змін у деяких із цих видань стосуються Європейського стандарту лише в тому разі, коли вони внесені в нього або надаються в доповненнях і змінах. Для недатованих посилань чинним є останнє видання (включаючи доповнення).

references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications apply to this European Standard only when incorporated in it by amendment or revision. For undated references the latest edition of the publication referred to applies (including amendments).

EN 1443:2003 *Chimneys - General requirements*

EN 1443:2003 Chimneys - General requirements

EN 1856-1:2009 *Chimneys – Requirements for metal chimneys – Part 1: System chimney products*

EN 1856-1:2009 Chimneys – Requirements for metal chimneys – Part 1: System chimney products.

EN 1859:2009 *Chimneys - Metal chimneys- Test methods*

EN 1859:2009 Chimneys - Metal chimneys - Test methods

EN 13502:2002 *Chimneys – Clay/Ceramic Flue Terminals – Requirements and test methods*

EN 13502:2002 Chimneys – Clay/Ceramic Flue Terminals – Requirements and test methods

CEN/TR 1749:2005 *European scheme for the classification of gas appliances according to the method of evacuation of the products of combustion (Types)*

CEN/TR 1749:2005 European scheme for the classification of gas appliances according to the method of evacuation of the products of combustion (Types)

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

EN 1443:2003 *Димоходи - загальні вимоги*

EN 1856-1:2009 *Димоходи – вимоги до металевих димоходів - Частина 1: Деталі димохідної системи*

EN 1859:2009 *Димоходи – Металеві димоходи- Методи випробувань*

EN 13502:2002 *Димоходи - Глиняні/керамічні кінцеві ділянки димоходу - Вимоги й методи випробувань.*

CEN/TR 1749:2005 *Європейська шкала кваліфікації газових пристроїв відповідно до методу видалення продуктів горіння (Типи).*

3 ТЕРМІНИ, ВИЗНАЧЕННЯ

Нижче подано терміни та визначення понять, вжиті у стандарті EN 1443

3.1 теплопродуктивність (Q) (*heat output*)

Кількість тепла, виробленого теплогенератором за одиницю часу.

3.1.1 умовна теплопродуктивність (Q_N) (*nominal heat output*)

Тривала теплопродуктивність, зазначена виробником теплогенератора для окремих видів палива.

3.1.2 обсяг теплопродуктивності (*heat output range*)

Обсяг теплопродуктивності, що не перевищує умовну теплопродуктивність, зазначену виробником, яку може використовувати теплогенератор

3.2 тепла потужність (Q_F) (*heat input*)

Кількість тепла, що утворюється в теплогенераторі за рахунок палива, з урахуванням його найменшої теплоти горіння за одиницю часу, H_u .

3.3 коефіцієнт корисної дії теплогенератора (η_w) (*efficiency of the heating appliance*)

Відношення теплопродуктивності теплогенератора (Q) до теплової потужності (Q_F).

3.4 масова витрата димових газів (m) (*flue gas mass flow*)

Маса димових газів, що відводиться теплогенератором у з'єднувальний димохід за одиницю часу.

3 Terms and definitions

For the purposes of this European Standard, the terms and definitions given in EN 1443 and the following apply.

3.1 heat output (Q)

amount of heat produced by a heating appliance per unit of time

3.1.1 nominal heat output (Q_N)

continuous heat output specified by the manufacturer of the heating appliance related to specified fuels

3.1.2 heat output range

range of output below the nominal heat output specified by the manufacturer over which the appliance can be used

3.2 heat input (Q_F)

amount of heat in unit time which is supplied to the heating appliance by the fuel based on its net calorific value H_u

3.3 efficiency of the heating appliance (η_w)

ratio of the heat output (Q) from the appliance to the heat input (Q_F)

3.4 flue gas mass flow (m)

mass of flue gas leaving the heating appliance through the connecting flue pipe per time unit

3.5 розрахункова висота димоходу (H) 3.5 effective height of the chimney (H)

(effective height of the chimney)

Різниця у висоті між віссю входу і виходу димових газів в димохід.

difference in height between the axis of the flue gas inlet into the chimney and the outlet of the chimney

3.6 розрахункова висота з'єднувального димоходу (H_V) (effective height of the connecting flue pipe) 3.6 effective height of the connecting flue pipe (H_V)

Різниця у висоті між віссю виходу димових газів теплогенератора й віссю входу димових газів в димохід.

Difference in height between the axis of the flue gas chimney outlet of the heating appliance and the axis of the flue gas inlet into the chimney.

Якщо йдеться про димоходи для джерел тепла з відкритою топкою, H_V є різницею у висоті між висотою нижньої рами топкової камери й віссю входу димових газів в димохід.

In the case of open fire chimneys, H_V is the difference in height between the height of the upper frame of the furnace and the axis of the flue gas inlet into the chimney.

3.7 розрідження в димоході (draught)

Значення тиску розрідження в димоході.

3.7 draught

positive value of the negative pressure in the flue

3.8 теоретична тяга, створена ефектом димоходу (P_H) (theoretical draught available due to chimney effect) 3.8 theoretical draught available due to chimney effect (P_H)

Перепад тиску, обумовлений різницею маси між стовпом повітря, що дорівнює розрахунковій висоті зовні димоходу, і стовпом димових газів, що дорівнює розрахунковій висоті усередині димоходу.

pressure difference caused by the difference in weight between the column of air equal to the effective height outside a chimney and the column of flue gas equal to the effective height inside the chimney

3.9 аеродинамічний опір димоходу (P_R) 3.9 pressure resistance of the chimney (P_R) *(pressure resistance of the chimney)*

Тиск, необхідний для подолання опору масової витрати димових газів, при проходженні димових газів через димохід.

pressure which is necessary to overcome the resistance of the flue gas mass flow which exists when carrying the flue gases through the chimney

3.10 динамічний тиск повітря (P_L) (wind velocity pressure) 3.10 wind velocity pressure (P_L)

Тиск, який виникає внаслідок руху повітря в димоході pressure generated on the chimney due to wind

3.11 мінімальна тяга в точці входу димових газів в димохід (P_Z) (minimum draught at the flue gas inlet into the chimney) 3.11 minimum draught at the flue gas inlet into the chimney (P_Z)

Різниця між мінімальною теоретичною тягою та сумою максимального аеродинамічного опору димоходу та тиску повітря difference between the minimum theoretical draught and the sum of the maximum pressure resistance of the chimney and the wind velocity pressure

3.12 максимальна тяга в точці входу димових газів в димохід (P_{Zmax}) (maximum draught at the flue gas inlet into the chimney) 3.12 maximum draught at the flue gas inlet into the chimney (P_{Zmax})

Різниця між максимальною теоретичною тягою та мінімальним аеродинамічним опором в димоході difference between the maximum theoretical draught and the minimum pressure resistance in the chimney

3.13 мінімальна тяга для теплогенератора (P_W) (minimum draught for the heating appliance) 3.13 minimum draught for the heating appliance (P_W)

Різниця між статичним тиском повітря приміщення, у якому встановлений теплогенератор, та статичним тиском димових газів на виході з'єднувального димоходу теплогенератора, що необхідна для забезпечення стійкої роботи теплогенератора difference between the static air pressure of the room of installation of the heating appliance and the static pressure of the flue gas at the chimney outlet of the appliance which is necessary to maintain the correct operation of the heating appliance

3.14 максимальна тяга для теплогенератора (P_{Wmax}) (maximum draught for the heating appliance) 3.14 maximum draught for the heating appliance (P_{Wmax})

Різниця між статичним тиском повітря приміщення, у якому встановлений теплогенератор, та статичним тиском димових газів на виході з'єднувального димоходу теплогенератора, що необхідна для забезпечення стійкої роботи теплогенератора difference between the static air pressure of the room of installation of the heating appliance and the static pressure of the flue gas at the outlet of the appliance which is the maximum allowed to maintain the correct operation of the heating appliance

3.15 фактичний аеродинамічний опір з'єднувального димоходу (P_{FV}) (*effective pressure resistance of the connecting flue pipe*) **3.15 effective pressure resistance of the connecting flue pipe (P_{FV})**

Перепад статичного тиску між віссю входу з'єднувального димоходу й віссю виходу димоходу, що виникає внаслідок впливу теоретичної тяги й аеродинамічного опору. static pressure difference between the axis of the inlet of the connecting flue pipe and the axis of the chimney outlet due to the theoretical draught and pressure resistance

3.16 фактичний аеродинамічний опір подачі повітря (P_B) (*effective pressure resistance of the air supply*) **3.16 effective pressure resistance of the air supply (P_B)**

Різниця між статичним тиском ззовні й статичним тиском повітря в приміщенні, де встановлений теплогенератор, на такій самій висоті. difference between the static pressure in the open air and the static air pressure in the room of installation of the heating appliance at the same height

3.17 мінімальна тяга димових газів в точці входу в димохід (P_{Ze}) (*minimum draught required at the flue gas inlet into the chimney*) **3.17 minimum draught required at the flue gas inlet into the chimney (P_{Ze})**

Сума мінімальної тяги, необхідної для роботи теплогенератора й тяги, необхідної для подолання фактичного аеродинамічного опору з'єднувального димоходу й надлишкового тиску димових газів на вході в димохід. sum of the minimum draught required for the heating appliance and the draught required to overcome the effective pressure resistance of the connecting flue pipe and the effective pressure resistance of the air supply

3.18 максимально допустима тяга, що необхідна в точці входу димових газів в димохід ($P_{Z_{max}}$) (*maximum allowed draught required at the flue gas inlet into the chimney*) **3.18 maximum allowed draught at the flue gas inlet into the chimney ($P_{Z_{max}}$)**

Сума максимальної тяги, необхідної для теплогенератора й тяги, необхідної для подолання фактичного аеродинамічного опору з'єднувального димоходу й надлишкового тиску димових газів в точці входу в димохід. sum of the maximum draught allowed for the heating appliance and the draught required to overcome the effective pressure resistance of the connecting flue pipe and the effective pressure resistance of the air supply

<p>3.19 максимальний надлишковий тиск в точці входу димових газів в димохід (P_{ZO}) (<i>maximum positive pressure at the flue gas inlet into the chimney</i>)</p>	<p>3.19 maximum positive pressure at the flue gas inlet into the chimney (P_{ZO})</p>
<p>Сума різниці максимального аеродинамічного опору та мінімальної теоретичної тяги димоходу й тиску повітря</p>	<p>sum of the difference of the maximum pressure resistance and the minimum theoretical draught of the chimney and the wind velocity pressure</p>
<p>3.20 мінімальний надлишковий тиск в точці входу димових газів в димохід (P_{ZOmin}) (<i>minimum positive pressure at the flue gas inlet into the chimney</i>)</p>	<p>3.20 minimum positive pressure at the flue gas inlet into the chimney (P_{ZOmin})</p>
<p>Різниця мінімального аеродинамічного опору та максимальної теоретичної тяги димоходу.</p>	<p>difference of the minimum pressure resistance and the maximum theoretical draught of the chimney</p>
<p>3.21 максимальний перепад тиску теплогенератора (P_{WO}) (<i>maximum differential pressure of the heating appliance</i>)</p>	<p>3.21 maximum differential pressure of the heating appliance (P_{WO})</p>
<p>Максимальна різниця між статичним тиском димових газів на виході з'єднувального димоходу теплогенератора й статичним тиском повітря на вході теплогенератора, що визначається стійкою роботою теплогенератора.</p>	<p>maximum difference between the static pressure of the flue gas at the chimney outlet of the appliance and the static pressure of the air at the inlet to the heating appliance specified for its correct operation</p>
<p>3.22 мінімальний перепад тиску теплогенератора (P_{WOmin}) (<i>minimum differential pressure of the heating appliance</i>)</p>	<p>3.22 minimum differential pressure of the heating appliance (P_{WOmin})</p>
<p>Мінімальна різниця між статичним тиском димових газів на виході з'єднувального димоходу теплогенератора й статичним тиском повітря на вході теплогенератора, що визначається стійкою роботою теплогенератора. Значення може бути менше атмосферного.</p>	<p>minimum difference between the static pressure of the flue gas at the chimney outlet of the appliance and the static pressure of the air at the inlet to the heating appliance specified for its correct operation. This can be a negative value.</p>
<p>3.23 максимальний перепад тиску в точці входу димових газів в димохід (P_{ZOe})</p>	<p>3.23 maximum differential pressure at the flue gas inlet into the chimney (P_{ZOe})</p>

(maximum differential pressure at the flue gas inlet into the chimney)

Різниця між максимальним перепадом тиску теплогенератора й сумою значень фактичного аеродинамічного опору з'єднувального димоходу й надлишкового тиску димових газів в точці входу в димохід.

3.24 вторинне повітря (*secondary air*)

Оточуюче повітря, що приєднується до димових газів в додаток до умовної масової витрати димових газів.

3.25 мінімальний перепад тиску в точці входу димових газів в димохід (P_{ZOemin})

(minimum differential pressure at the flue gas inlet into the chimney)

Різниця між мінімальним перепадом тиску теплогенератора й сумою значень фактичного аеродинамічного опору з'єднувального димоходу й надлишкового тиску димових газів в точці входу в димохід.

3.26 пристрій подачі вторинного повітря (*secondary air device*)

Регулятор тяги або обмежувач тяги.

3.27 регулятор тяги (*draught regulator*)

Пристосування, що автоматично подає оточуюче повітря в димохід, з'єднувальний димохід або теплогенератор.

3.28 обмежувач тяги (*draught diverter*)

Пристрій, розміщений у каналі для продуктів горіння теплогенератора, призначений для підтримки якості горіння в певних межах і підтримки стійкого горіння за певних умов недостатньої й надлишкової тяги.

difference between the maximum differential pressure of the heating appliance and the sum of the effective pressure resistance of the connecting flue pipe and the effective pressure resistance of the air supply

3.24 secondary air

ambient air added to the flue gas in addition to the nominal flue gas mass flow

3.25 minimum differential pressure at the flue gas inlet into the chimney (P_{ZOemin})

difference between the minimum differential pressure of the heating appliance and the sum of the effective pressure resistance of the connecting flue pipe and the effective pressure resistance of the air supply

3.26 secondary air device

draught regulator or a draught diverter

3.27 draught regulator

component which automatically supplies ambient air to the chimney, the connecting flue pipe or the heating appliance

3.28 draught diverter

device, placed in the combustion products passage of the heating appliance, that is intended to maintain the quality of combustion within certain limits and to keep the combustion stable under certain conditions of updraught and downdraught

<p>3.29 температурна межа внутрішньої стінки (T_g) (<i>temperature limit of the inner wall</i>) Припустима мінімальна температура внутрішньої стінки на виході димоходу.</p>	<p>3.29 temperature limit of the inner wall (T_g) allowed minimum temperature of the inner wall of the chimney outlet</p>
<p>3.30 система газового повітропроводу (<i>air-flue gas system</i>) Система концентричних або неконцентричних труб для транспортування повітря для горіння в теплогенератор та транспортування продуктів горіння з теплогенератора у навколишнє середовище</p>	<p>3.30 air-flue gas system system of concentric or non-concentric ducts for transport of combustion air from the open air to the heating appliance and products of combustion from the heating appliance to the open air</p>
<p>3.31 повітряно-припливна труба (<i>air-supply duct</i>) Пристосування або компоненти паралельні димоходу (відокремлені або концентричні), що спрямовують повітря для горіння з атмосфери до входу в з'єднувальні повітряно-припливні труби для подачі повітря в теплогенератор</p>	<p>3.31 air-supply duct component or components parallel to the chimney (separate or concentric) that conveys combustion air from the outside atmosphere to the inlet of the connecting air supply pipe</p>
<p>3.32 збалансований димохід (<i>balanced flue chimney</i>) Димохід, в якому точка входу повітря в повітропровід, суміжна з точкою вивільнення продуктів горіння зі з'єднувального димоходу теплогенератора, вхід та вихід розміщуються таким чином, щоб забезпечити постійний збалансований вплив повітря</p>	<p>3.32 balanced flue chimney chimney where the point of air entry to the air supply duct is adjacent to the point of discharge of combustion products from the flue, the inlet and outlet being so positioned that wind effects are substantially balanced</p>
<p>3.33 ділянка димоходу (<i>chimney segment</i>) Розрахункова одиниця димоходу</p>	<p>3.33 chimney segment calculation part of a chimney</p>
<p>3.34 масовий потік конденсату ($\Delta\dot{m}_D$) (<i>condensate mass flow</i>) Маса водяної пари в димових газах, яка конденсується у теплогенераторі, з'єднувальному димоході або димоході за одиницю часу</p>	<p>3.34 condensate mass flow ($\Delta\dot{m}_D$) mass of water vapour of the flue gas condensed in the heating appliance, connecting flue pipe or the chimney per time unit</p>

3.35 з'єднувальний елемент подачі повітря 3.35 connecting air supply pipe

(connecting air supply pipe)

Пристосування або компоненти, які component or components connecting the air з'єднують випускний отвір повітропроводу з supply duct outlet with the room-sealed heating випускним отвором теплогенератора appliance combustion air inlet

3.36 коефіцієнт конденсації (f_K) 3.36 condensation factor (f_K)

(condensation factor (f_K))

Пропорційне відношення максимальної proportion of the theoretical maximum конденсації, яка condensation mass flow usable in the calculation використовується в розрахунку

4 СИМВОЛИ, ТЕРМІНИ ТА ОДИНИЦІ 4 Symbols, terminology and units

ВИМІРЮВАННЯ

За потреби, позначення наведені у цьому документі, можуть доповнюватися одним або більше показниками [табл. 1].

The symbols given in this clause can be completed by one or more indices to indicate location or materials if necessary.

Таблиця 1 - Символи, терміни та одиниці вимірювання Table 1 - Symbols, terminology and units

Позначення	Термінологія	Terminology	Одиниці вимірювання
A	площа поперечного перетину	cross section area	m^2
c	питома теплоємність	specific heat capacity	Дж/(кг·К)
c_p	питома теплоємність димових газів	specific heat capacity of flue gas	Дж/(кг·К)
d	товщина перетину	thickness of the section	м
D	діаметр	diameter	м
D_h	еквівалентний діаметр	hydraulic diameter	м
H	розрахункова висота димоходу	effective height of the chimney	м
k	коефіцієнт теплопередачі	coefficient for heat transmission	Вт/($m^2 \cdot K$)
K	коефіцієнт охолодження	coefficient of cooling	-
L	довжина	length	м
\dot{m}	масова витрата димових газів	flue gas mass flow	кг/с
Nu	показник Нуссельта	Nusselt number	-
p	статичний тиск	static pressure	Па
p_L	тиск зовнішнього повітря	external air pressure	Па
P_B	аеродинамічний опір подачі повітря для масового потоку димових газів	pressure resistance of the air supply for a flue gas mass flow	Па
P_E	аеродинамічний опір, що виникає внаслідок тертя і опору форми димоходу	pressure resistance due to friction and form resistance of the chimney	Па

Продовження табл. 1			
P_{FV}	фактичний аеродинамічний опір з'єднувального димоходу	effective pressure resistance of the connecting flue pipe	Па
P_G	різниця тиску, обумовлена зміною швидкості димових газів в димоході	difference in pressure caused by change of velocity of flue gas in the chimney	Па
P_H	теоретична тяга, що виникає внаслідок ефекту димоходу	theoretical draught available due to chimney effect	Па
P_{HV}	теоретична тяга, що виникає внаслідок ефекту димоходу з'єднувального елемента	theoretical draught available chimney effect of the connecting flue pipe	Па
P_L	динамічний тиск повітря	wind velocity pressures	Па
P_{NL}	тяги, що необхідна для пристроїв подачі вторинного повітря	draught required for secondary air devices	Па
P_R	аеродинамічний опір димоходу	pressure resistance of the chimney	Па
P_{RV}	аеродинамічний опір з'єднувального димоходу	pressure resistance of the connecting flue pipe	Па
P_W	мінімальна тяга теплогенератора	minimum draught for the heating appliance	Па
P_{Wmax}	максимальна тяга теплогенератора	maximum draught for the heating appliance	Па
P_{WO}	максимальний перепад тиску теплогенератора	maximum differential pressure of the heating appliance	Па
P_{WOmin}	мінімальний перепад тиску теплогенератора	minimum differential pressure of the heating appliance	Па
P_Z	мінімальна тяга в точці входу димових газів в димохід	minimum draught at the flue gas inlet into the chimney	Па
P_{Zmax}	максимальна тяга в точці входу димових газів в димохід	maximum draught at the flue gas inlet into the chimney	Па
P_{ZE}	мінімальна тяга, що необхідна в точці входу димових газів в димохід	minimum draught required at the flue gas inlet into the chimney	Па
P_{ZEmax}	максимально допустима тяга, що необхідна в точці входу димових газів в димохід	maximum allowed draught at the flue gas inlet into the chimney	Па
P_{ZO}	максимальний надлишковий тиск в точці входу димових газів в димохід	maximum positive pressure at the flue gas inlet into the chimney	Па
P_{ZOmin}	мінімальний надлишковий тиск в точці входу димових газів в димохід	minimum positive pressure at the flue gas inlet into the chimney	Па
P_{ZOe}	максимальний перепад тиску в точці входу димових газів в димохід	maximum differential pressure at the flue gas inlet into the chimney	Па
P_{ZOemin}	мінімальний перепад тиску в точці входу димових газів в димохід	minimum differential pressure at the flue gas inlet into the chimney	Па
Pr	показник Прандтля	Prandtl number	--
Q	теплопродуктивність	heat output	кВт
q_c	транспортування тепла димоходу до зовнішнього отвору	heat transfer from the flue to the outer surface	К
Q_F	теплова потужність	heat input	кВт
Q_N	умовна теплопродуктивність	nominal heat output	кВт

Продовження табл. 1			
r	еквівалентна шорсткість внутрішньої стінки, м	mean value of roughness of the inner wall	--
R	газова стала димових газів	gas constant of the flue gas	Дж/(кг·К)
R_L	газова стала повітря	gas constant of the air	Дж/(кг·К)
Re	показник Рейнольдса	Reynolds number	--
s	площа перетину	cross section	
S_E	коефіцієнт безпеки потоку	flow safety coefficient	--
S_H	поправковий коефіцієнт при відсутності температурної інерції	correction factor for temperature instability	--
t	температура	temperature	°C
T	температура, абсолютна	temperature, absolute	К
T_g	температурна межа	temperature limit	К
T_{io}	температура внутрішньої стінки на виході димоходу	inner wall temperature at chimney outlet	К
T_{iob}	температура внутрішньої стінки на виході димоходу при температурній рівновазі	inner wall temperature at the chimney outlet at temperature equilibrium	К
T_L	температура зовнішнього повітря	external air temperature	К
T_m	середня температура димових газів	mean temperature of the flue gas	К
T_P	точка роси води	water dew point	К
T_{sp}	температура конденсації	condensing temperature	К
T_u	температура оточуючого повітря	ambient air temperature	К
T_{ub}	температура оточуючого повітря в котельні	ambient air temperature of the boiler room	К
T_{uh}	температура оточуючого повітря в опалювальних приміщеннях	ambient air temperature for heated areas	К
T_{uo}	температура оточуючого повітря на виході димоходу	ambient air temperature at the chimney outlet	К
T_{ul}	температура оточуючого повітря навколо будівлі	ambient air temperature for areas external to the building	К
T_{uu}	температура оточуючого повітря в не опалювальних приміщеннях усередині будинку	ambient air temperature for unheated areas inside the house	К
T_W	температура димових газів теплогенератора	flue gas temperature of the appliance	К
T_{WN}	температура димових газів теплогенератора при умовній теплопродуктивності	flue gas temperature of the appliance at nominal heat output	К
T_{Wmin}	температура димових газів теплогенератора при мінімально можливій теплопродуктивності	flue gas temperature of the appliance at the lowest possible heat output	К
U	параметр внутрішньої ділянки	internal chimney segment parameter	м
W	середня швидкість у межах площі перетину	mean velocity within a cross section	м/с
w_m	середня швидкість по встановленій довжині	mean velocity over a defined length	м/с
y	значення форми	form value	--
Кінець табл. 1			

z	висота над рівнем моря	height above sea level	М
α	коефіцієнт тепловіддачі	coefficient of heat transfer	Вт/(м ² ·К)
β	відношення масової витрати горіння повітря до масової витрати димових газів	ratio of the combustion air mass flow to the flue gas mass flow	
λ	кут між напрямками потоку	angle between flow directions	° С
δ	товщина стінки	wall thickness	М
ζ	коефіцієнт місцевого опору, що виникає внаслідок зміни напрямку й/або перетину й/або масової витрати в димоході	coefficient of flow resistance due to a directional and/or cross sectional and/or mass flow change in the flue	
η	динамічна в'язкість	dynamic viscosity	Н·с/м ²
η_w	коефіцієнт корисної дії теплогенератора	efficiency of the heating appliance	--
η_{wn}	коефіцієнт корисної дії теплогенератора при умовній теплопродуктивності	efficiency of the heating appliance at nominal heat output	--
λ	коефіцієнт теплопровідності	coefficient of thermal conductivity	Вт/(м·К)
ρ	густина	density	кг/м ³
ρ_L	густина зовнішнього повітря	density of the external air	-
ρ_m	середня густина димових газів стосовно встановленої довжини й площі перетину	mean density of flue gas averaged over a defined length and over the cross section	кг/м ³
$\sigma(CO_2)$	об'ємна концентрація CO ₂	volume-concentration of CO ₂	%
$\sigma(H_2O)$	об'ємна концентрація H ₂ O (пара)	volume-concentration of H ₂ O (vapour)	%
σ_{Rad}	кількість випромінювання чорноти	black body radiation number	Вт/(м ² ·К ⁴)
Ψ	коефіцієнт місцевого опору, що виникає внаслідок тертя	coefficient of flow resistance due to friction of the flue	----
$\left(\frac{1}{\Lambda}\right)$	термічний опір	thermal resistance	м ² ·К/Вт

Таблиця 2 - Додаткові символи

Table 2 - Additional subscripts

Позначення	Термінологія	Terminology	Одиниці вимірювання
a	зовні	outside	—
A	димові гази	flue gas	—
b	умова рівноважності температури	equilibrium temperature condition	—
B	повітря для горіння	combustion air	—
e	вхід	entrance	—
G	зміна швидкості	change in velocity	—
i	усередині	inside	—
L	зовнішнє повітря (зовні)	open air (outside)	—
m	середнє значення	mean value	—
M	суміш	mixture	—
n	показник рахунку	counting index	—

Продовження табл. 2

N	умовне значення	nominal value	–
NL	вторинне повітря	secondary air	–
o	вихід димоходу	chimney outlet	–
O	надлишковий тиск	positive pressure	–
tot	разом по всіх секціях (ділянках)	totalized over all sections (segments)	–
u	оточуюче повітря	ambient air	–
V	з'єднувальний димохід	connecting flue pipe	–
W	теплогенератор	heating appliance	–

5 МЕТОД РОЗРАХУНКУ ДЛЯ НЕЗБАЛАНСОВАНИХ ДИМОХОДІВ

5 Calculation method for non-balanced flue chimneys

5.1 Загальні положення

5.1 General principles

Розрахунок внутрішніх розмірів (площа перетину) димоходів з розрідженням ґрунтується на наступних чотирьох критеріях:

The calculation of inside dimensions (cross section) of negative pressure chimneys is based on the following four criteria:

– мінімальна тяга в точці входу димових газів в димохід повинна дорівнювати або бути більшою, ніж мінімальна тяга, що необхідна в точці входу димових газів в димохід;

- the minimum draught at the flue gas inlet into the chimney shall be equal to or greater than the minimum draught required at the flue gas inlet into the chimney;

– мінімальна тяга в точці входу димових газів в димохід повинна дорівнювати або бути більшою, ніж надлишковий тиск димових газів на вході в димохід.

- the minimum draught at the flue gas inlet to the chimney shall be equal to or greater than the effective pressure resistance of the air supply;

– максимальна тяга в точці входу димових газів в димохід повинна дорівнювати або бути меншою, ніж максимально допустима тяга на вході димових газів в димохід;

- the maximum draught at the flue gas inlet to the chimney shall be equal to or less than the maximum allowed draught at the flue gas inlet into the chimney;

– температура внутрішньої стінки на виході димоходу повинна дорівнювати або бути більшою, ніж температурна межа.

- the temperature of the inner wall at the outlet of the chimney shall be equal to or greater than the temperature limit.

Розрахунок надлишкового тиску для внутрішніх розмірів (площа перетину) ґрунтується на наступних чотирьох критеріях:

The calculation of inside dimensions (cross section) of positive pressure is based on the following four criteria:

– максимальний надлишковий тиск в точці входу димових газів в димохід повинен

– the maximum positive pressure at the flue gas inlet into the chimney shall be equal or less than

дорівнювати або бути більшим, ніж the maximum differential pressure at the flue gas inlet into the chimney;

максимальний перепад тиску в точці входу димових газів в димохід; – the maximum positive pressure in the connecting flue pipe and in the chimney shall not be higher than the excess pressure for which both are designated;

– максимальний надлишковий тиск у з'єднувальному димоході й у димоході не повинен перевищувати надлишковий тиск, на який вони розраховані; – the minimum positive pressure at the flue gas inlet into the chimney shall be equal or greater than the minimum differential pressure at the flue gas inlet into the chimney;

– мінімальний надлишковий тиск в точці входу димових газів в димохід повинен дорівнювати або бути більшим, ніж мінімальний перепад тиску в точці входу димових газів в димохід; – the temperature of the inner wall at the chimney outlet of the chimney shall be equal to greater than the temperature limit.

– температура внутрішньої стінки на виході димоходу повинна дорівнювати або бути більшою, ніж температурна межа. NOTE The pressure requirements for maximum draught or minimum positive pressure are only required if there is a limit for the maximum draught for the negative pressure heating appliance or a minimum differential pressure of the positive pressure heating appliance.

Примітка. Характеристики тиску для максимальної тяги чи мінімального надлишкового тиску необхідні, якщо існує межа для максимальної тяги для теплогенератора з розрідженням або мінімальний перепад тиску теплогенератора з надлишковим тиском. In order to verify the criteria two sets of external conditions are used:

Для того щоб перевірити критерії, використовуються дві умови: – розрахунок мінімальної тяги та максимального надлишкового тиску здійснюється за умови, що навантаження димоходу є мінімальним (тобто висока зовнішня температура); а також – the calculation of the minimum draught and maximum positive pressure is made with conditions for which the capacity of the chimney is minimal (i.e. high outside temperature); and also

– розрахунок максимальної тяги і мінімального надлишкового тиску та температури внутрішньої стінки за умов, що внутрішня температура димоходу є мінімальною (тобто низька зовнішня температура). – the calculation of the maximum draught and minimum positive pressure and of the inner wall temperature with conditions for which the inside temperature of the chimney is minimal (i.e. low outside temperature).

5.2 Вимоги тиску 5.2 Pressure requirements

5.2.1 Димоходи з розрідженням 5.2.1 Negative pressure chimneys

Необхідно перевірити таке співвідношення: The following relationships shall be verified:

$$P_Z = P_H - P_R - P_L \geq P_W + P_{FV} + P_B = P_{Ze}, \quad \text{Па} \quad (1)$$

$$P_Z \geq P_B, \quad \text{Па} \quad (2)$$

$$P_{Z\max} = P_H - P_R \leq P_{W\max} + P_{FV} + P_B = P_{Z\max}, \quad \text{Па} \quad (2a)$$

де:

P_B – фактичний аеродинамічний опір подачі повітря (згідно з 5.11.3), Па;

P_{FV} – фактичний аеродинамічний опір з'єднувального димоходу, Па;

P_H – теоретична тяга, що виникає внаслідок ефекту димоходу, Па

P_L – динамічний тиск повітря, Па;

P_R – аеродинамічний опір димоходу, Па;

P_W – мінімальна тяга для теплогенератора, Па;

$P_{W\max}$ – максимальна тяга для теплогенератора, Па;

P_Z – мінімальна тяга в точці входу димових газів в димохід (згідно з 5.10), Па;

$P_{Z\max}$ – максимальна тяга в точці входу димових газів в димохід (згідно з 5.10), Па;

P_{Ze} – мінімальна тяга, що необхідна в точці входу димових газів в димохід (згідно з 5.11), Па.

$P_{Z\max}$ – максимально допустима тяга в точці входу димових газів в димохід

Примітка Значення P_H та P_R у формулах (1) і (2a) зазвичай відрізняються через різні умови.

5.2.2 Димоходи з надлишковим тиском

Необхідно перевірити таке співвідношення:

$$P_{ZO} = P_R - P_H + P_L \leq P_{WO} - P_B - P_{FV} = P_{ZOe}, \quad \text{Па} \quad (3)$$

$$P_{ZO} \leq P_{Z\text{ excess}}, \quad \text{Па} \quad (4)$$

$$P_{ZO} + P_{FV} \leq P_{ZV\text{ excess}}, \quad \text{Па} \quad (5)$$

$$P_{ZO\min} = P_R - P_H \geq P_{WO\min} - P_B - P_{FV} = P_{ZO\min}, \quad \text{Па} \quad (5a)$$

Where

P_B is the effective pressure resistance of air supply (see 5.11.3), in Pa;

P_{FV} is the effective pressure resistance of the connecting flue pipe, in Pa;

P_H is the theoretical draught available due to chimney effect, in Pa;

P_L is the wind velocity pressure, in Pa;

P_R is the pressure resistance of the chimney, in Pa;

P_W is the minimum draught for the heating appliance, in Pa;

$P_{W\max}$ is the maximum draught for the heating appliance, in Pa;

P_Z is the minimum draught at the flue gas inlet into the chimney (see 5.10), in Pa;

$P_{Z\max}$ is the maximum draught at the flue gas inlet into the chimney (see 5.10), in Pa;

P_{Ze} is the minimum draught required at the flue gas inlet into the chimney (see 5.11), in Pa.

$P_{Z\max}$ is the maximum allowed draught at the flue gas inlet into the chimney (see 5.11), in Pa.

NOTE The values of P_H and P_R in Equations (1) and (2a) are normally different because the conditions are different.

5.2.2 Positive pressure chimneys

The following relationships shall be verified:

де:

P_B – фактичний аеродинамічний опір подачі повітря, Па;

P_{FV} – фактичний аеродинамічний опір з'єднувального димоходу, Па;

P_H – теоретична тяга, що виникає внаслідок ефекту димоходу, Па;

P_L – динамічний тиск повітря, Па;

P_R – аеродинамічний опір димоходу, Па;

P_{WO} – максимальний перепад тиску теплогенератора, Па;

P_{WOmin} – мінімальний перепад тиску теплогенератора, Па;

P_{ZO} – максимальний надлишковий тиск в точці входу димових газів в димохід, Па;

P_{ZOmin} – мінімальний надлишковий тиск в точці входу димових газів в димохід, Па;

P_{ZOe} – максимальний перепад тиску в точці входу димових газів в димохід, Па

P_{ZOemin} – мінімальний перепад тиску в точці входу димових газів в димохід, Па

$P_{Z\ excess}$ – максимально припустимий тиск для певного димоходу, Па

$P_{ZV\ excess}$ – максимально припустимий тиск для певного димоходу, Па

Примітка. Значення P_H та P_R у формулах (3) та (5a) зазвичай відрізняються через різні умови

5.3 Температурні вимоги

Необхідно перевірити таке співвідношення:

$$T_{iob} \geq T, \quad \text{К} \quad (6)$$

де:

T_{iob} – температура внутрішньої стінки на виході димоходу при температурній

Where

P_B is the effective pressure resistance of air supply, in Pa;

P_{FV} is the effective pressure resistance of the connecting flue pipe, in Pa;

P_H is the theoretical draught available due to chimney effect, in Pa;

P_L is the wind velocity pressure, in Pa;

P_R is the pressure resistance of the chimney, in Pa;

P_{WO} is the maximum differential pressure of the heating appliance, in Pa;

P_{WOmin} is the minimum differential pressure of the heating appliance, in Pa;

P_{ZO} is the maximum positive pressure at the flue gas inlet into the chimney, in Pa;

P_{ZOmin} is the minimum positive pressure at the flue gas inlet into the chimney, in Pa;

P_{ZOe} is the maximum differential pressure at the flue gas inlet into the chimney, in Pa;

P_{ZOemin} is the minimum differential pressure at the flue gas inlet into the chimney, in Pa;

$P_{Z\ excess}$ is the maximum allowed pressure from the designation of the chimney, in Pa;

$P_{ZV\ excess}$ is the maximum allowed pressure from the designation of the connecting flue pipe, in Pa.

NOTE The values of P_H and P_R in Equations (3) and (5a) are normally different because the conditions are different

5.3 Temperature requirement

The following relationship shall be verified:

Where

T_{iob} is the inner wall temperature at the chimney outlet at temperature equilibrium, in K;

рівновазі, К;

T_g – температурна межа, К.

Якщо димохід, встановлений на даху, має додаткову ізоляцію, необхідно перевірити зазначені нижче співвідношення:

$$T_{irb} \geq T_g, \quad \text{К} \quad (7)$$

де:

T_{irb} – це температура внутрішньої стінки безпосередньо перед додатковою ізоляцією, в К.

Температурна межа T_g димоходів при роботі в сухих умовах повинна розглядатися як температура конденсації T_{sp} димових газів (згідно з 5.7.6).

Температурні межі T_g димоходів при наявності вологи при роботі повинні розглядатися як 273,15 К, що запобігає утворенню льоду на виході димоходу.

Примітка. Порівняння температури внутрішньої стінки перед додатковою ізоляцією T_{irb} при припустимому обмеженні температури димових газів T_g не потрібно, якщо значення термічного опору додаткової ізоляції не перевищує 0,1 (м²·К)/Вт.

Що стосується димоходів, що працюють при присутності вологи, порівняння не виконується, якщо значення температури оточуючого повітря безпосередньо перед додатковою ізоляцією > 0 °С.

5.4 Методика розрахунку

Для розрахунку значень тиску й температури у формулах (1), (2), (2a), (3),(4), (5), (5a) і (6) повинні бути отримані значення параметрів димових газів згідно з 5.5.

Дані, зазначені в 5.6 повинні бути отримані для димоходу та з'єднувального димоходу. Для нових димоходів, необхідно

T_g is the temperature limit, in K.

If the chimney above the roof has additional insulation the following relationship shall also be verified:

Where:

T_{irb} is the inner wall temperature immediately before the additional insulation, in K.

The temperature limit T_g of chimneys with dry operating conditions shall be taken as the condensing temperature T_{sp} of the flue gas (see 5.7.6).

The temperature limits T_g of chimneys with wet operating conditions shall be taken as 273,15 K which prevents the formation of ice at the chimney outlet.

NOTE The comparison of the inner wall temperature before the additional insulation T_{irb} with the admissible limit temperature of the flue gas T_g is not necessary, if the value of the thermal resistance of the additional insulation is not more than 0,1(m²·K)/W.

For chimneys operating under wet conditions the comparison is not necessary, if the value of the ambient air temperature immediately before the additional insulation is > 0 °C.

5.4 Calculation procedure

For the calculation of the pressure and temperature values for the relationships of equations (1), (2), (2a), (3),(4), (5), (5a) and (6) the values of the flue gas data characterising according to 5.5 shall be obtained for the appliance.

The data specified in 5.6 shall be obtained for the chimney and its connecting flue pipe. For new built chimneys, a pre-estimated value for

використовувати попереднє орієнтовне значення розміру димоходу. the flue size should be used.

У 5.7 до 5.11 надаються розрахунки, необхідні для проведення остаточних термодинамічних і аеродинамічних розрахунків димоходу. У формулі 5.7 використовується для розрахунку основних даних, необхідних для подальших розрахунків. In 5.7 to 5.11 provide calculations needed to finalise the chimney thermal and fluid dynamic calculations. In 5.7 the formulae provide the calculation of the basic data which are needed for further calculation.

У 5.5.3 і 5.8 надається формула для розрахунків основних температур. Формула густини димових газів і його швидкості надається в 5.9. In 5.5.3 and 5.8 the formulae for the calculations of the relevant temperatures are compiled. The formulae for the density of the flue gas and its velocity are compiled in 5.9.

Методика, зазначена в 5.10 і 5.11, використовується для визначення вимог до тиску. Методика, зазначена в 5.12, використовується для визначення характеристики температури. The procedure in 5.10 and 5.11 shall be used to validate the pressure requirement. The procedure in 5.12 shall be used to validate the temperature requirement.

Визначення тиску й характеристики температури виконуються двічі: The validation for pressure and temperature requirement shall be conducted twice:

- для умовної теплопродуктивності теплогенератора; - for the nominal heat output of the heating appliance;
- для найменшого значення теплопродуктивності, що зазначається виробником теплогенератора. - for the lowest value of the heat output range which is indicated by the manufacturer of the heating appliance.

Якщо вимоги до тиску для максимальної тяги (2a) чи характеристики температур у формулах (6) і (7) для димоходів з розрідженням не визначені, визначення температури може здійснюватися періодично шляхом урахування додаткового вторинного повітря для димових газів згідно з розділом 6. If the pressure requirement for maximum draught (2a) or the temperature requirements in equations (6) and (7) of negative pressure chimneys are not fulfilled the validation of the temperature condition can occasionally be achieved by taking additional secondary air to the flue gas into account according to clause 6.

Примітка. Характеристика температури не повинна співпадати за наведених нижче умов, якщо характеристика температури не задовольняє, то не можна гарантувати, що не з'явиться волога. **NOTE** The temperature requirement need not be met for the following conditions provided that it is accepted that in case the requirement for temperature is not fulfilled no guarantee can be given that no moisture appears.

Умови:

– якщо теплогенератор замінюється приладом, який має теплову потужність менше < 30 кВт, і

– якщо втрати димових газів теплогенератора становлять щонайменше 8%, і

– якщо теплогенератор має пристрій відводу тяги, який забезпечує необхідну вентиляцію у димоході, у режимі очікування чи в режимі невеликої тепловіддачі. Це можливо досягти шляхом збільшення тепловіддачі теплогенератора.

5.5 Параметри димових газів, що характеризують теплогенератор

5.5.1 Загальні положення

Для визначення значень температур і тиску повинні бути отримані основні параметри димових газів теплогенератора, до яких відносять масову витрату димових газів, температуру димових газів й мінімальну тягу, що необхідна для теплогенератора, або максимальний перепад тиску теплогенератора. Додатково повинні бути визначені тип палива, що використовується, об'ємна концентрація CO₂ димових газів й геометрія з'єднувального димоходу.

Типові характеристики деяких видів палива зазначені в таблиці В.1 додатка В.

Типові характеристики деяких видів теплогенераторів зазначені в таблицях В.2 і В.3 додатка В.

5.5.2 Масова витрата димових газів

5.5.2.1 Масова витрата димових газів

при умовній теплопродуктивності

The conditions are:

- where the heating appliance is replaced by an appliance that has an output of < 30 kW, and

- that the flue gas loss of the heating appliance is at least 8 %, and

- that the heating appliance has a draught diverter which provides adequate ventilation in the chimney during standby periods or periods of low output. This may be achieved by oversizing the heating appliance output.

5.5 Flue gas data characterising the heating appliance

5.5.1 General

For the calculation of temperatures and pressure values the relevant flue gas data which characterises the heating appliance, consisting of flue gas mass flow, flue gas temperature and the minimum draught required for the heating appliance or the maximum differential pressure of the heating appliance shall be obtained. Additionally the kind of the fuel supplied, the volume concentration of CO₂ of the flue gas and the geometry of the connecting flue pipe shall be specified.

Typical data for some fuels are given in Table B.1.

Typical data for some heating appliances are given in Tables B.2 and B.3.

5.5.2 Flue gas mass flow

5.5.2.1 Flue gas mass flow at nominal heat output of the heating appliance

теплогенератора

Для розрахунку значень тиску й температури відповідно до формул (1), (2), (2а) (3), (4), (5), (5а) і (6) повинні бути визначені масова витрата димових газів для теплогенератора та умовна теплопродуктивність.

Якщо дані відсутні, масову витрату димових газів й об'ємну концентрацію CO₂ визначають за формулами таблиць В.1, В.2 або В.3 додатка В.

Якщо димохід з'єднаний з комбінованим теплогенератором, розрахунок розмірів здійснюють з урахуванням усіх видів палива, що використовують у пристрої.

У разі якщо теплогенератор оснащений пристроєм відводу тяги, використовують потік димових газів пристрою відводу тяги.

Масова витрата димових газів \dot{m} при відкритому полум'ї залежить від його інтенсивності та обчислюється за формулою:

$$\dot{m} = f_{mf} \cdot A_F, \quad \text{кг/с} \quad (8)$$

де:

f_{mf} – коефіцієнт масової витрати при відкритому полум'ї, кг/(с·м²)

A_F – площа перетину отвору відкритого полум'яного простору, м²;

Для відкритого полум'я з висотою отвору, меншою або, що дорівнює їхній ширині $f_{mf} = 0,139$ кг/(с·м²). Для відкритого полум'я з висотою отвору, що перевищує їхню ширину $f_{mf} = 0,167$ кг/(с·м²). Вміст CO₂ у димових газах для відкритого полум'я береться як $\sigma(\text{CO}_2) = 1$ %.

For the calculation of pressure and temperature values according to relationships of equations (1), (2), (2a) (3), (4), (5), (5a) and (6) the flue gas mass flow at nominal heat output conditions for the heating appliance shall be obtained.

If the data is not available the flue gas mass flow and the volume concentration of CO₂ can be determined from the formulae in Tables B.1, B.2 or B.3

If the chimney is connected to a multi-fuel heating appliance the calculation and dimensioning should be carried out by considering all the fuels suited to the appliance.

In the case of heating appliances with a draught diverter the flue gas mass flow downstream of the draught diverter shall be used.

The flue gas mass flow \dot{m} of an open fire place depends on its opening. For the calculation use the following formula:

Where

f_{mf} is the mass flow factor of an open fire place, in kg/(s·m²);

A_F is the cross section of the opening of the open fire place, in m²;

For open fire places with an opening height less than or equal its width $f_{mf} = 0,139$ kg/(s·m²).

For open fire places with an opening height greater than its width $f_{mf} = 0,167$ kg/(s·m²).

The CO₂- content of the flue gas for open fire places may be taken as $\sigma(\text{CO}_2) = 1$ %.

5.5.2.2 Масова витрата димових газів при мінімально припустимій теплопродуктивності

Якщо теплогенератор сконструйований для роботи за помірними умовами, слід провести додаткову перевірку тиску й характеристик температури масової витрати димових газів при максимально можливій і припустимій теплопродуктивності теплогенератора.

Якщо виробник не надав параметри димових газів для найменшої теплопродуктивності, масова витрата повинна становити одну третину масової витрати димових газів при умовній теплопродуктивності.

5.5.2.3 Масова витрата димових газів з максимальною тягою чи мінімальним перепадом тиску теплогенератора

Для розрахунку максимальної тяги чи мінімального надлишкового тиску в димоході, масова витрата димових газів з максимальною тягою чи мінімальним перепадом тиску теплогенератора надається виробником теплогенератора.

5.5.2.4 Масова витрата димових газів із вторинним повітрям

Якщо вторинне повітря подається за допомогою регулятора тяги або пристрою відводу тяги, розрахунок потоку повітря визначається згідно з 6.3 з урахуванням фактичної різниці тиску в приміщенні, де встановлений теплогенератор, і тиску димоходу або з'єднувального елемента.

5.5.3 Температура димових газів

5.5.3.1 Температура димових газів при умовній теплопродуктивності (T_{WN})

5.5.2.2 Flue gas mass flow at the lowest permissible heat output

If the heating appliance is designed to operate under modulating conditions an additional check shall be conducted for the pressure and temperature requirement of the flue gas mass flow at the lowest possible and permissible heat output of the heating appliance.

If the manufacturer does not provide flue gas data for the lowest heat output use a mass flow of one third of the flue gas mass flow at nominal heat output.

5.5.2.3 Flue gas mass flow at the maximum draught or minimum differential pressure of the heating appliances

For the calculation of maximum draught or minimum positive pressure in a chimney the flue gas mass flow at maximum draught or minimum differential pressure of the heating appliance shall be obtained from the manufacturer of the heating appliance if appropriate.

5.5.2.4 Flue gas mass flow with secondary air

If secondary air is supplied by a draught regulator or draught diverter the air flow shall be calculated according to 6.3 depending on the actual difference of the pressure in the room of installation of the heating appliance and the chimney or connecting flue pipe.

5.5.3 Flue gas temperature

5.5.3.1 Flue gas temperature at nominal heat output (T_{WN})

Температура димових газів при умовній теплопродуктивності T_{WN} повинна бути зазначена виробником теплогенератора. При використанні теплогенератора із пристроєм відводу тяги слід враховувати температуру димових газів пристрою відводу тяги.

Якщо виробник надає дані про температуру димових газів пристрою відводу тяги щодо тяги, ці дані використовуються для розрахунку.

Якщо температура димових газів T_{WN} відкритого полум'я невідома, слід використовувати значення $t_{WN} = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ ($T_{WN} = 353,15 \text{ K}$).

5.5.3.2 Температура димових газів при мінімально можливій теплопродуктивності (T_{Wmin})

Найнижча зазначена температура димових газів T_{Wmin} зазначається виробником теплогенератора. Якщо такі дані відсутні, використовується температура димових газів в межах 2/3 значення температури димових газів в $^\circ\text{C}$ при умовній теплопродуктивності.

5.5.3.3 Температура димових газів з максимальною тягою або мінімальним перепадом тиску теплогенератора

Для розрахунку максимальної тяги або мінімального надлишкового тиску у димоході, дані щодо температури димових газів з максимальною тягою чи мінімальним перепадом тиску теплогенератора повинні бути надані виробником теплогенератора.

5.5.4 Мінімальна тяга для теплогенератора (P_w) димоходів з розрідженням

The flue gas temperature at nominal heat output T_{WN} shall be obtained from the heating appliance manufacturer. In the case of heating appliances with a draught diverter, the flue gas temperature downstream of the draught diverter shall be used.

If the manufacturer provides data showing flue gas temperature downstream of the draught diverter in relation to draught, such data shall be used for the calculation.

If the flue gas temperature T_{WN} of open fire places is not known a value of $t_{WN} = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ ($T_{WN} = 353,15 \text{ K}$) should be used.

5.5.3.2 Flue gas temperature at the lowest possible heat output (T_{Wmin})

The lowest designated flue gas temperature T_{Wmin} shall be obtained from the heating appliance manufacturer. If this data is not available, use as flue gas temperature 2/3 of the value of the flue gas temperature in $^\circ\text{C}$ at nominal heat output.

5.5.3.3 Flue gas temperature at the maximum draught or minimum differential pressure of the heating appliances

For the calculation of maximum draught or minimum positive pressure in a chimney the flue gas temperature at maximum draught or minimum differential pressure of the heating appliance shall be obtained from the manufacturer of the heating appliance if appropriate.

5.5.4 Minimum draught for the heating appliance (P_w) for negative pressure chimney

Для розрахунку димоходу з розрідженням значення мінімальної тяги для теплогенератора P_W повинно бути надано виробником теплогенератора.

Якщо значення невідомо, основні значення мінімальної тяги для теплогенератора повинні бути відібрані з основних стандартів для теплогенераторів. Якщо відсутні значення для котлів, за потреби використовують дані, наведені в таблиці B.2 додатка B.

Якщо наявне значення мінімальної тяги є негативним показником (при передбачуваному надлишковому тиску), у розрахунку слід використовувати значення $P_W = 0$.

При відсутності даних щодо пристрою відводу тяги від виробника, для газового теплогенератора, позначеного як B₁ відповідно до CEN/TR 1749, використовується значення 3 Па для мінімальної тяги й значення 10 Па для всіх інших газових пристроїв, оснащених пристроєм відводу тяги.

Мінімальна тяга P_W для роботи відкритого полум'я розраховується з урахуванням масової витрати димових газів й площі перетину виходу димоходу відкритого полум'я.

Теоретична тяга, що виникає внаслідок ефекту димоходу у відкритому полум'яному просторі й у колекторі димових газів, не приймається до уваги. Місцевий опір у колекторі димових газів (збірнику) враховується шляхом використання

For the calculation of a negative pressure chimney the value of the minimum draught for the heating appliance P_W shall be obtained from the manufacturer of the heating appliance.

If no values are available, the relevant values of the minimum draught for the heating appliance should be selected from relevant product standards for heating appliances. If no values for boilers are available see Table B.2.

If the available value of the minimum draught is a negative number (implying a positive pressure operation) a value of $P_W = 0$ shall be used in the calculations.

If no valid data for the draught diverter from the manufacturer is available, for gas fired appliances designated as B₁ according to CEN/TR 1749 use a value of 3 Pa for the minimum draught and use the value of 10 Pa for all other gas fired appliances equipped with a draught diverter.

The minimum draught P_W for the operation of fire places should be calculated with the flue gas mass flow and the cross section of the chimney outlet of the open fire place.

The theoretical draught available due to chimney effect in open fire place and the flue gas collector should be neglected. The local resistance in the flue gas collector (gather) is taken into account by using a flow safety coefficient $S_E = 1,5$.

коефіцієнта безпеки потоку $S_E = 1,5$.

$$P_W = \frac{\dot{m}^2}{2 \cdot \rho_W \cdot A_W^2} \cdot S_E, \quad \text{Па} \quad (9)$$

де:

\dot{m} – масова витрата димових газів, кг/с;

S_E – коефіцієнт безпеки потоку;

ρ_W – густина димових газів на виході димоходу відкритого полум'я, кг/м³;

A_W – площа перетину виходу димоходу відкритого полум'я, м².

5.5.5 Максимальна тяга теплогенератора (P_{Wmax}) для димоходу з розрідженням

Для розрахунку тиску димоходу з розрідженням, значення максимальної тяги для теплогенератора P_{Wmax} надається виробником теплогенератора.

5.5.6 Максимальний перепад надлишкового тиску теплогенератора (P_{W0}) для димоходу із надлишковим тиском

Для розрахунку тиску димоходу із надлишковим тиском, значення максимального перепаду тиску для теплогенератора P_{W0} надається виробником теплогенератора.

5.6 Основні дані для розрахунку

5.6.1 Загальні положення

Для розрахунку основних значень тиску й температури, необхідно визначити шорсткість внутрішньої стінки й термічний опір з'єднувального елемента та димоходу.

5.6.2 Еквівалентна шорсткість (r)

Еквівалентна шорсткість вказується виробником продукту. Еквівалентна

Where

\dot{m} is the flue gas mass flow, in kg/s;

S_E is the flow safety coefficient;

ρ_W is the density of flue gas in the chimney outlet of the open fire place, in kg/m³;

A_W is the cross section of the chimney outlet of the open fire place, in m².

5.5.5 Maximum draught for the heating appliance (P_{Wmax}) for negative pressure chimney

For the calculation of a negative pressure chimney the value of the maximum draught for the heating appliance P_{Wmax} shall be obtained from the manufacturer of the heating appliance if appropriate.

5.5.6 Maximum differential pressure of the heating appliance (P_{W0}) for positive pressure chimney

For the calculation of a positive pressure chimney the value of the maximum differential pressure for the heating appliance P_{W0} shall be obtained from the manufacturer of the heating appliance.

5.6 Characteristic data for the calculation

5.6.1 General

In order to calculate the relevant pressure and temperature values the roughness of the inner wall and the thermal resistance of the connecting flue pipe and the chimney shall be determined.

5.6.2 Roughness value (r)

The mean value for roughness of the inner liner shall be obtained from the product manufacturer.

шорсткість найбільш використовуваних матеріалів перерахована в таблиці В.4 додатка В. The mean values of roughness of inner liners of materials normally used are listed in Table B.4.

5.6.3 Термічний опір (1/Λ)

Термічний опір 1/Λ для димоходів вказується виробником продукту.

Значення термічного опору 1/Λ складових елементів отримується від виробника продукту й включати ефекти теплового мосту (наприклад з'єднання).

Примітка: Розрахунки, пов'язані з термічним опором для димоходів системи й/або пристосувань, виконуються з використанням значень, отриманих при середній робочій температурі. Можуть використовуватися значення термічного опору, отримані при визначенні температури.

Для мульти-стінних димоходів термічний опір обчислюють за формулою:

$$\left(\frac{1}{\Lambda}\right) = D_h \sum_n \left[\left(\frac{1}{\Lambda}\right)_n \frac{1}{D_{h,n}} \right], \quad \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}. \quad (10)$$

де:

D_h – внутрішній еквівалентний діаметр, м;

$D_{h,n}$ – еквівалентний діаметр кожного внутрішнього шару, м

$\left(\frac{1}{\Lambda}\right)_n$ – термічний опір внутрішньої поверхні димоходу, $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Якщо конкретні дані для окремих пристосувань невідомі, термічний опір визначається відповідно до додатку А. Термічний опір закритих повітряних прошарків наведено в таблиці В.6.

5.7 Основні значення для розрахунку

5.7.1 Температури повітря

5.7.1.1 Загальні положення

Що стосується димоходів, які проходять

5.6.3 Thermal resistance (1/Λ)

The thermal resistance 1/Λ of the system chimney shall be obtained from the product manufacturer.

The thermal resistance 1/Λ of the components shall be obtained from the product manufacturer and should include the effects of thermal bridges (e.g. joints).

NOTE Calculations involving thermal resistance for system chimneys and/or components should normally be undertaken using values obtained at the mean operating temperature. The thermal resistance value obtained at the designation temperature may be used.

For multiwall custom built chimneys the thermal resistance shall be determined using the following formula:

Where

D_h is the internal hydraulic diameter, in m;

$D_{h,n}$ is the hydraulic diameter of the inside of each layer, in m;

$\left(\frac{1}{\Lambda}\right)_n$ -is the thermal resistance of a pipe shell, referring to its internal surface, in $\text{m}^2 \cdot \text{К/W}$.

Where the specific data for individual components is not known the thermal resistance can be determined in accordance with Annex A. The thermal resistance of closed air gaps is given in Table B.6.

5.7 Basic values for the calculation

5.7.1 Air temperatures

5.7.1.1 General

On chimneys which pass through heated areas, a

через нагріті ділянки, слід визначити різницю між температурою зовнішнього повітря й температурою оточуючого повітря.

5.7.1.2 Температура зовнішнього повітря (T_L)

Температура зовнішнього повітря T_L розглядається як максимальна температура зовнішнього повітря, при якій передбачається експлуатація димоходу.

Температура зовнішнього повітря T_L для опалювальних систем звичайно визначається з використанням

$T_L = 288,15 \text{ K}$ ($t_L = 15 \text{ °C}$) для розрахунку мінімальної тяги чи максимального надлишкового тиску при надходженні димових газів в димохід;

$T_L = 258,15 \text{ K}$ ($t_L = -15 \text{ °C}$) для розрахунку максимальної тяги чи мінімального надлишкового тиску при надходженні димових газів в димохід.

Інші значення для T_L можуть використовуватися на підставі затверджених національних даних.

5.7.1.3 Температура оточуючого повітря (T_u)

Для перевірки відповідності тиску для мінімальної тяги чи максимального надлишкового тиску, температурне значення оточуючого повітря повинне становити $T_u = T_L$. Для перевірки відповідності тиску та мінімального надлишкового тиску і відповідності температури,

використовуються зазначені нижче значення температури оточуючого повітря T_u :
-для димоходів без вентиляції повітряних

differentiation shall be made between the external air temperature and the ambient air temperatures.

5.7.1.2 External air temperature (T_L)

The external air temperature T_L shall be taken as the maximum temperature of external air at which the chimney is intended to be used.

The external air temperature T_L for heating systems is normally calculated using

$T_L = 288,15 \text{ K}$ ($t_L = 15 \text{ °C}$) for the calculation of minimum draught or maximum positive pressure at the flue gas inlet into the chimney;

$T_L = 258,15 \text{ K}$ ($t_L = -15 \text{ °C}$) for the calculation of maximum draught or minimum positive pressure at the flue gas inlet into the chimney.

Other values for T_L may be used based on national accepted data.

5.7.1.3 Ambient air temperature (T_u)

To check that the pressure requirement for the minimum draught or maximum positive pressure has been met the ambient air temperature $T_u = T_L$ shall be used. To check that the pressure requirement for the maximum draught or minimum positive pressure and the temperature requirement have been met the following values for ambient air temperatures T_u shall be used:

- for chimneys without ventilated air gaps:

прошарків:

для димоходів, що працюють при присутності вологи	$T_{uo} = 258,15 \text{ K } (t_{uo} = -15 \text{ }^\circ\text{C})$	for chimneys operating under wet conditions
для димоходів, що працюють в сухих умовах	$T_{uo} = 273,15 \text{ K } (t_{uo} = 0 \text{ }^\circ\text{C})$	for chimneys operating under dry conditions
	$T_{ub} = 288,15 \text{ K } (t_{ub} = 15 \text{ }^\circ\text{C})$	
	$T_{uh} = 293,15 \text{ K } (t_{uh} = 20 \text{ }^\circ\text{C})$	
	$T_{ul} = T_{uo} (t_{ul} = t_{uo})$	
	$T_{uu} = 273,15 \text{ K } (t_{uu} = 0 \text{ }^\circ\text{C})$	

димоходів з вентиляцією повітряних прошарків у тому самому, що й димовий газ: for chimneys with ventilated air gaps in the same direction as the flue gas:

для димоходів, що працюють при присутності вологи, у випадку, коли висота не опалювальної ділянки усередині будинку й зовні будинку перевищує 5 м	$T_{uo} = 258,15 \text{ K } (t_{uo} = -15 \text{ }^\circ\text{C})$	for chimneys operating under wet conditions if the height of the unheated area inside the building and external to the building does exceed 5 m
для димоходів, що працюють у сухих умовах і для димоходів, що працюють при присутності вологи, якщо висота не опалювальної ділянки усередині будинку й зовні будинку не перевищує 5 м	$T_{uo} = 273,15 \text{ K } (t_{uo} = 0 \text{ }^\circ\text{C})$	for chimneys operating under dry conditions and for chimneys operating under wet conditions if the height of the unheated area inside the building and external to the building does not exceed 5 m
	$T_{ub} = 288,15 \text{ K } (t_{ub} = 15 \text{ }^\circ\text{C})$	
	$T_{uh} = 293,15 \text{ K } (t_{uh} = 20 \text{ }^\circ\text{C})$	
якщо висота не опалювальної ділянки усередині будинку й зовні будинку не перевищує 5 м	$T_{ul} = 288,15 \text{ K } (t_{ul} = 15 \text{ }^\circ\text{C})$	if the height of the unheated area inside the building and external to the building does not exceed 5 m
якщо висота не опалювальної ділянки усередині будинку й зовні будинку перевищує 5 м	$T_{ul} = T_{uo} (t_{ul} = t_{uo})$	if the height of the unheated area inside the building and external to the building does exceed 5 m
якщо висота не опалювальної ділянки усередині будинку й зовні будинку не перевищує 5 м	$T_{uu} = 288,15 \text{ K } (t_{uu} = 15 \text{ }^\circ\text{C})$	if the height of the unheated area inside the building and external to the building does not exceed 5 m
якщо висота не опалювальної ділянки усередині будинку й зовні будинку перевищує 5 м	$T_{uu} = 273,15 \text{ K } (t_{uu} = 0 \text{ }^\circ\text{C})$	if the height of the unheated area inside the building and external to the building does exceed 5 m

Інші значення для T_{uo} можуть застосовуватись на підставі національних даних. Other values for T_{uo} may be used based on national accepted data.

Для ділянок димоходу, які розташовані в Parts of the chimney which are in areas with

місцях з різною температурою оточуючого повітря, розрахунок здійснюється як для ділянок з однаковою температурою оточуючого середовища, так і з урахуванням температури оточуючого повітря ділянок зовнішньої поверхні за формулою:

$$T_u = \frac{(T_{ub} \cdot A_{ub}) + (T_{uh} \cdot A_{uh}) + (T_{uu} \cdot A_{uu}) + (T_{ul} \cdot A_{ul})}{A_{ub} + A_{uh} + A_{uu} + A_{ul}}, \text{ K.} \quad (11)$$

де:

T_{uo} – температура оточуючого повітря на виході димоходу, К;

T_{ub} – температура оточуючого повітря котельні, К;

T_{uh} – температура оточуючого повітря в опалювальних приміщеннях, К;

T_{ul} – температура оточуючого повітря ділянок прилеглих до будівлі, К;

T_{uu} – температура оточуючого повітря не нагрітих ділянок усередині будинку, К;

A_{ub} – площа зовнішньої поверхні димоходу в котельні, м²;

A_{uh} – площа зовнішньої поверхні димоходу в нагрітій ділянці, м²;

A_{ul} – площа зовнішньої поверхні димоходу зовні будинку, м²;

A_{uu} – площа зовнішньої поверхні димоходу в не нагрітій ділянці усередині будинку, м².

Примітка: якщо ділянки зовнішньої поверхні димоходів без зворотної вентиляції ззовні будинку й не нагріті ділянки не перевищують 1/4 загальний зовнішньої поверхні димоходу, температура оточуючого повітря T_u становить 288,15 К ($t_u = 15^\circ\text{C}$).

Якщо висота димоходів з повітряними прошарками, вентиляльованими в тому-ж напрямку, що й димові гази ззовні будинку, і ділянки, що обігріваються не, не перевищують 5 м, температура оточуючого повітря T_u становить 288,15 К ($t_u = 15^\circ\text{C}$).

Якщо висота димоходів з повітряними прошарками,

different ambient air temperature should either be calculated in sections with the same ambient temperature or the ambient air temperature corresponding to the parts of the outer surface be determined for the calculation using the following formula:

Where

T_{uo} is the ambient air temperature at the chimney outlet, in K;

T_{ub} is the ambient air temperature for boiler room, in K;

T_{uh} is the ambient air temperature for heated areas, in K;

T_{ul} is the ambient air temperature for areas external to the building, in K;

T_{uu} is the ambient air temperature for unheated areas inside the building, in K;

A_{ub} is the outer surface area of the chimney in the boiler room, in m²;

A_{uh} is the outer surface area of the chimney in heated areas, in m²;

A_{ul} is the outer surface area of the chimney external to the building, in m²;

A_{uu} is the outer surface area of the chimney in unheated areas inside the building, in m².

NOTE If parts of the outer surface of chimneys without back ventilation in areas external to the building and unheated areas do not exceed 1/4 of the total outer surface of the chimney, the ambient air temperature T_u may be taken as 288,15 K ($t_u = 15^\circ\text{C}$).

If the height of chimneys with air gaps ventilated in the same direction as the flue gas in areas external to the building and unheated areas do not exceed 5 m, the ambient air temperature T_u may be taken as 288,15 K ($t_u = 15^\circ\text{C}$).

If the height of chimneys with air gaps ventilated in the opposite

вентильованими в напрямку, протилежному напрямку димових газів ззовні будинку, і не опалювальні ділянки не перевищують 5 м, температура оточуючого повітря T_u становить 273,15 K ($t_u = 0$ °C).

5.7.2 Тиск зовнішнього повітря (p_L)

Тиск зовнішнього повітря p_L , з урахуванням висоти над рівнем моря обчислюють за формулою:

$$p_L = 97000 \cdot e^{(-g \cdot z)/(R_L T_L)}, \quad \text{Па. (12)}$$

де:

g – прискорення вільного падіння = 9,81 м/с²;

R_L – газова стала повітря, Дж/(кг·К);

T_L – температура зовнішнього повітря, К;

z – висота над рівнем моря, м;

97000 – тиск зовнішнього повітря над рівнем моря враховуючи зміни погоди, Па.

5.7.3 Газова стала

5.7.3.1 Газова стала повітря (R_L)

Газова стала повітря R_L становить 288 Дж/(кг·К) (вміст води $\sigma(\text{H}_2\text{O})$ при відносному обсязі 1,1 %).

5.7.3.2 Газова стала димових газів (R)

Газова стала димових газів R визначається за формулами, зазначеними в таблицях В.1 і В.3 додатка В.

5.7.4 Густина зовнішнього повітря (ρ_L)

Густину зовнішнього повітря ρ_L обчислюють за формулою:

$$\rho_L = \frac{p_L}{R_L \cdot T_L}, \quad \text{кг/м}^3 \quad (13)$$

де:

p_L – тиск зовнішнього повітря, Па;

R_L – газова стала повітря, Дж/(кг·К);

T_L – температура зовнішнього повітря, К.

direction as the flue gas in areas external to the building and unheated areas do not exceed 5 m, the ambient air temperature T_u may be taken as 273,15 K ($t_u = 0$ °C).

5.7.2 External air pressure (p_L)

The external air pressure p_L shall be determined as follows dependent on the height above sea level using the following formula:

Where

g is the acceleration due to gravity = 9,81 m/s²;

R_L is the gas constant of the air, in J/(kg·K);

T_L is the external air temperature, in K

z is the height above sea level, in m;

97000 is the external air pressure at sea level corrected for weather influence, in Pa.

5.7.3 Gas constant

5.7.3.1 Gas constant of the air (R_L)

The gas constant of the air R_L shall be taken as 288 J/(kg·K) (water content $\sigma(\text{H}_2\text{O})$ as a volume fraction of 1,1 %).

5.7.3.2 Gas constant of the flue gas (R)

The gas constant of the flue gas R shall be determined using the formula in Tables B.1 and B.3.

5.7.4 Density of the external air (ρ_L)

The density of the external air ρ_L shall be calculated using the following formula:

Where

p_L is the external air pressure, in Pa;

R_L is the gas constant of the air, in J/(kg·K);

T_L is the external air temperature, in K.

5.7.5 Питома теплоємність димових газів (c_p) **5.7.5** Specific heat capacity of the flue gas (c_p)

Питома теплоємність c_p димових газів визначається за формулами, що зазначені в таблицях В 1 і В.4 додатка В. The specific heat capacity c_p of the flue gas shall be calculated using the formula in Tables B.1 and B.4.

5.7.6 Температура конденсації (T_{sp}) **5.7.6** Condensing temperature (T_{sp})

Для опалення газом та рідким паливом, температура конденсації T_{sp} димових газів визначається за допомогою точки роси води T_p . У цьому випадку: For gas and domestic heating oil, the condensing temperature T_{sp} of the flue gas shall be identified by the water dew point T_p . In these the cases:

$$T_{sp} = T_p. \quad (14)$$

Точка роси води T_p димових газів для різних видів палива й концентрація обсягу CO_2 у димових газах визначається за формулами (B.5), (B.6) і (B.7). The water dew point T_p of the flue gas for different fuels and concentrations by volume of CO_2 in the flue gas shall be calculated using the formulae (B.5), (B.6) and (B.7).

Що стосується вугілля, топкового мазуту й дров, температура конденсації димових газів – це точка роси кислоти T_{sp} . У цьому випадку: For coal, residual fuel oil and wood, the condensing temperature of the flue gas is the acid dew point T_{sp} . In these the cases:

$$T_{sp} = T_p + \Delta T_{sp}, \quad (15)$$

Зростання точки роси за рахунок сірчаного газу в димових газах (ΔT_{sp}) визначається за формулами таблиці В.1. Для точного визначення точки роси кислоти необхідно знати реакцію перетворення сірчастого газу в сірчаний газ (коефіцієнт перетворення K_f). Для визначення приблизного значення припускається, що концентрація об'єму сірчаного газу (SO_3) становить приблизно 2 % від сірчастого газу (SO_2). Для застосування дров, зростання точки роси (ΔT_{sp}) з урахуванням конденсації кислоти становитиме 15 К. The rise in the dew point through sulphur trioxide in the flue gas (ΔT_{sp}) can be calculated using formula in Table B.1. For the exact determination of the acid dew point, knowledge of the conversion from sulphur dioxide into sulphur trioxide (conversion factor K_f) is required. As an approximate value, it can be assumed that the concentration by volume of sulphur trioxide (SO_3) is approximately 2 % of that of the sulphur dioxide (SO_2). For wood, the rise in the dew point (ΔT_{sp}) to take into account the acid condensation should be 15 K.

$$\Delta T_{sp} = 15 \text{ K.}$$

5.7.7 Поправковий коефіцієнт при температурній нестійкості (S_H) **5.7.7** Correction factor for temperature instability (S_H)

Для розрахунку мінімальної тяги чи максимального надлишкового тиску, поправковий коефіцієнт S_H при температурній нестійкості становить 0,5.

Для розрахунку максимальної тяги чи мінімального надлишкового тиску, поправковий коефіцієнт S_H при температурній нестійкості становить 1.

5.7.8 Коефіцієнт безпеки потоку (S_E) **5.7.8** Flow safety coefficient (S_E)

Для розрахунку мінімальної тяги димоходів з розрідженням використовується коефіцієнт безпеки $S_E = 1,5$, за винятком тих випадків, коли значення 1,2 використовується для встановлених пристроїв та димоходів, і для теплогенератора з закритою камерою згоряння.

Для розрахунку максимальної тяги димоходів з надлишковим тиском, коефіцієнт безпеки S_E становить не менш 1,2.

Для розрахунку максимальної тяги чи мінімального розрідження, коефіцієнт безпеки S_E становить 1.

5.8 Визначення температур **5.8** Determination of the temperatures

5.8.1 Загальні положення **5.8.1** General

Для визначення тиску й температури, слід визначити середню температуру димових газів й температуру димових газів на виході димоходу.

Середню температуру димових газів T_m обчислюють за формулою:

$$T_m = T_u + \frac{T_e - T_u}{K} \cdot (1 - e^{-K}) \quad , \quad K \quad (16)$$

Температуру димових газів на виході **The flue gas temperature at the chimney outlet**

димоходу T_o обчислюють за формулою:

T_o shall be calculated using the following formula:

$$T_o = T_u + (T_e - T_u) \cdot e^{-K} , \quad \text{К.} \quad (17)$$

Середню температуру димових газів у з'єднувальному димороді T_{mV} обчислюють за формулою:

The mean temperature of the flue gas in the connecting flue pipe T_{mV} shall be calculated in accordance using the following formula:

$$T_{mV} = T_u + \frac{T_W - T_u}{K_V} \cdot (1 - e^{-K_V}) , \quad \text{К.} \quad (18)$$

Температуру димових газів на вході димороду T_e обчислюють за формулою:

The flue gas temperature at the chimney inlet T_e shall be calculated using the following formula:

$$T_e = T_u + (T_W - T_u) \cdot e^{-K_V} , \quad \text{К.} \quad (19)$$

де:

Where

K – коефіцієнт охолодження (згідно з 5.8.1);

K is the coefficient of cooling (see 5.8.1);

K_V – коефіцієнт охолодження з'єднувального димороду (згідно з 5.8.1);

K_V is the coefficient of cooling of the connecting flue pipe (see 5.8.1);

T_e – температура димових газів на вході димороду, К;

T_e is the flue gas temperature at the chimney inlet, in K;

T_u – температура оточуючого повітря (згідно з 5.7.1.2), К;

T_u is the ambient air temperature (see 5.7.1.2), in K;

T_W – температура димових газів теплогенератора, К.

T_W is the flue gas temperature of the heating appliance, in K.

5.8.2 Розрахунок коефіцієнта охолодження (K)

5.8.2 Calculation of the coefficient of cooling (K)

Коефіцієнт охолодження K обчислюють за формулою:

The coefficient of cooling K shall be calculated using the following formula:

$$K = \frac{U \cdot k \cdot L}{\dot{m} \cdot c_p} , \quad (20)$$

де:

Where

c_p – питома теплоємність димових газів (згідно з 5.7.5), Дж/(кг·К);

c_p is the specific heat capacity of the flue gas (see 5.7.5), in J/(kg·K);

k – коефіцієнт теплопередачі (згідно з 5.8.2), Вт/(м²·К);

k is the coefficient of heat transmission (see 5.8.2), in W/(m²·K);

L – довжина димоходу, м;	L is the length of the chimney, in m;
\dot{m} – масова витрата димових газів (згідно з 5.5.1), кг/с;	\dot{m} is the flue gas mass flow (see 5.5.1), in kg/s;
U – внутрішня окружність димоходу, м	U is the internal chimney circumference, in m.

Що стосується коефіцієнта охолодження K_V з'єднувального димоходу, використовуються відповідні параметри з'єднувального димоходу.

5.8.3 Коефіцієнт теплопередачі (k_b)

5.8.3 Coefficient of heat transmission (k_b)

5.8.3.1 Загальні положення

5.8.3.1 General

Коефіцієнт теплопередачі димоходу при температурній рівновазі k_b обчислюють за формулою:

The coefficient of heat transmission of the chimney at temperature equilibrium k_b shall be calculated using the following formula:

$$k_b = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \left(\frac{1}{\Lambda}\right) + \frac{D_h}{D_{ha} \cdot \alpha_a}}, \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}). \quad (21)$$

Коефіцієнт теплопередачі димоходу при відсутності температурної рівноваги k обчислюється за формулою:

The coefficient of heat transmission of the chimney for no temperature equilibrium k shall be calculated using the following formula:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + S_H \cdot \left[\left(\frac{1}{\Lambda}\right) + \frac{D_h}{D_{ha} \cdot \alpha_a} \right]}, \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}). \quad (22)$$

де:

Where

D_h – внутрішній еквівалентний діаметр, м;	D_h is the internal hydraulic diameter, in m;
D_{ha} – зовнішній еквівалентний діаметр, м;	D_{ha} is the external hydraulic diameter, in m;
S_H – поправковий коефіцієнт при відсутності температурної інерції (згідно з 5.7.7);	S_H is the correction factor for temperature instability (see 5.7.7);
α_a – зовнішній коефіцієнт тепловіддачі (згідно з 5.8.2.2), Вт/(м ² К);	α_a is the external coefficient of heat transfer (see 5.8.2.2, in W/(m ² ·K);
α_i – внутрішній коефіцієнт тепловіддачі (згідно з 5.8.2.1), Вт/(м ² К);	α_i is the internal coefficient of heat transfer (see 5.8.2.1, in W/(m ² ·K);
$\left(\frac{1}{\Lambda}\right)$ – термічний опір (згідно з 5.6.2), м ² ·К/Вт.	$\left(\frac{1}{\Lambda}\right)$ is the thermal resistance (see 5.6.2), in m ² ·K/W.

5.8.3.2 Коефіцієнт тепловіддачі

внутрішньої поверхні (α_i)

Коефіцієнт теплопередачі в димоході α_i обчислюють за формулою:

$$\alpha_i = \frac{\lambda_A \cdot Nu}{D_h}, \quad \text{Вт/(м}\cdot\text{К)}. \quad (23)$$

де:

D_h – внутрішній еквівалентний діаметр, м;

Nu – показник Нуссельта;

λ_A – коефіцієнт теплопровідності димових газів, Вт/(м·К).

Коефіцієнт теплопровідності димових газів λ_A визначається з урахуванням середньої температури димових газів за формулами, зазначеними в таблицях В.1 і В.8 додатка В.

Середній показник Нуссельта Nu для висоти димоходу обчислюється за допомогою наступної формули:

$$Nu = \left(\frac{\psi}{\psi_{\text{smooth}}} \right)^{0.67} \cdot 0,0214 \cdot (Re^{0.8} - 100) \cdot Pr^{0.4} \cdot \left[1 + \left(\frac{D_h}{L_{\text{tot}}} \right)^{0.67} \right], \quad (24)$$

де:

D_h – внутрішній еквівалентний діаметр, м;

L_{tot} – загальна відстань від місця входу димових газів в димохід до виходу димоходу (L_{tot} , що може використовуватись для з'єднувального димоходу: загальна фактична відстань від з'єднання для димових газів теплогенератора до місця входу димових газів в димохід), м;

Pr – показник Прандтля;

Re – показник Рейнольдса;

ψ – коефіцієнт місцевого опору, що виникає внаслідок тертя для гідравлічно-нерівномірного потоку (згідно з 5.10.2.2)

ψ_{smooth} – значення коефіцієнта опору потоку,

5.8.3.2 Internal coefficient of heat transfer (α_i)

The coefficient of heat transfer in the chimney α_i shall be calculated using the following formula:

Where

D_h is the internal hydraulic diameter, in m;

Nu is the Nusselt number;

λ_A is the coefficient of thermal conductivity of the flue gas, in W/(m·K).

The coefficient of thermal conductivity of the flue gas λ_A shall be calculated depending on the mean flue gas temperature using the formula in Annex B, table B.1 and B.8.

The mean Nusselt number Nu over the height of the chimney shall be calculated using the following formula:

Where

D_h is the internal hydraulic diameter, in m;

L_{tot} is the total length from flue gas inlet into the chimney to the chimney outlet (L_{tot} is similarly valid for the connecting flue pipe: total effective length from flue gas connection of the heating appliance to the flue gas inlet into the chimney), in m;

Pr is the Prandtl number;

Re is the Reynolds number;

ψ is the coefficient of the flow resistance due to friction for hydraulically rough flow (see 5.10.2.2)

ψ_{smooth} is the coefficient of the flow resistance

що виникає внаслідок тертя для гідравлічно-рівномірного плинного потоку (згідно з 5.10.2.2 для $r = 0$)

Формула застосовується для $2\,300 < Re < 10\,000\,000$ та $\left(\frac{\psi}{\psi_{\text{smooth}}}\right) < 3$, а також $0,6 < Pr < 1,5$.

Для середньої швидкості димових газів $w_m < 0,5$ м/с використовується показник Нуссельта для $w_m = 0,5$ м/с. Для показника Рейнольдса менше 2 300 використовується показник Нуссельта для $Re = 2\,300$. Показник Прандтля Pr обчислюють за формулою:

$$Pr = \frac{\eta_A \cdot c_p}{\lambda_A}, \quad (25)$$

Показник Рейнольдса Re обчислюють за формулою:

$$Re = \frac{w_m \cdot D_h \cdot \rho_m}{\eta_A}, \quad (26)$$

де:

c_p – питома теплоємність димових газів, Дж/(кг·К);

D_h – внутрішній еквівалентний діаметр, м;

w_m – середня швидкість димових газів (згідно з 5.9), м/с;

η_A – динамічна в'язкість димових газів, Н·с/м²;

λ_A – коефіцієнт теплопровідності димових газів, Вт/(м·К);

ρ_m – середня густина димових газів (згідно з 5.9), кг/м³.

Динамічну в'язкість η_A визначають з урахуванням температури димових газів за формулою (B.10), згідно з таблицею B.1.

friction for hydraulically smooth flow (see 5.10.2.2 for $r = 0$)

The formula can be used for $2\,300 < Re < 10\,000\,000$ and $\left(\frac{\psi}{\psi_{\text{smooth}}}\right) < 3$ as well as $0,6 < Pr < 1,5$.

For mean flue gas velocity $w_m < 0,5$ m/s, take Nusselt number appropriate to $w_m = 0,5$ m/s. For Reynolds numbers below 2 300, take Nusselt number appropriate to $Re = 2\,300$. The Prandtl number Pr shall be calculated using the following formula:

For mean flue gas velocity $w_m < 0,5$ m/s, take Nusselt number appropriate to $w_m = 0,5$ m/s.

For Reynolds numbers below 2 300, take Nusselt number appropriate to $Re = 2\,300$.

The Prandtl number Pr shall be calculated using the following formula:

The Reynolds number Re shall be calculated using the following formula:

Where

c_p is the specific heat capacity of the flue gas, in J/(kg·K);

D_h is the internal hydraulic diameter, in m;

w_m is the mean flue gas velocity (see 5.9), in m/s;

η_A is the dynamic viscosity of the flue gas, in N·s/m²;

λ_A is the coefficient of thermal conductivity of the flue gas, in W/(m·K);

ρ_m is the mean density of the flue gas (see 5.9), in kg/m³.

The dynamic viscosity η_A shall be calculated dependent on the flue gas temperature using formula (B.10) in Table B.1.

Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні α_i може визначатися для димоходу, що працює при присутності вологи, за потреби. При цьому теплота конденсації не береться до уваги.

5.8.3.3 Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні (α_a)

Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні α_a становить 8 Вт/(м²·К) для з'єднувальних елементів і димоходів усередині будинку, а також з'єднувальних елементів і димоходів ззовні будинку 23 Вт/(м²·К).

Що стосується з'єднувальних елементів і димоходів, частково розташованих ззовні будинку, враховується коефіцієнт тепловіддачі α_a .

Якщо елементи димоходів виходять назовні будинку, і існує повітряний прошарок зі стіною не менш 1 см і не більше 5 см, коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні α_a становить 8 Вт/(м²·К).

Для димоходів (включаючи димоходи із внутрішньою футерівкою) з вентиляльованим повітряним прошарком коефіцієнт становить 8 Вт/(м²·К). Для не вентиляльованих ділянок такого димоходу, якщо довжина не вентиляльованої поверхні зовні будинку менше $\leq 3 D_h$, він становить 8 Вт/(м²·К), а в інших випадках 23 Вт/(м²·К).

5.9 Визначення густини димових газів й швидкості димових газів

5.9.1 Густина димових газів (ρ_m)

Середня густина димових газів ρ_m обчислюється за формулою:

The internal coefficient of heat transfer α_i can also be calculated on wet designated chimneys as indicated, if the heat of condensation is not taken into account.

5.8.3.3 External coefficient of heat transfer (α_a)

The external coefficient of heat transfer α_a shall be 8 W/(m²·K) for connecting flue pipes and chimneys, internal to the building, for connecting flue pipes and chimneys external to the building using 23 W/(m²·K).

For connecting flue pipes and chimneys which lie partially external to the building, the coefficient of heat transfer α_a shall be interpolated.

Where parts of the chimneys are external to the building but are shielded with an air gap of at least 1 cm but not more than 5 cm then the external coefficient of heat transfer α_a shall be 8 W/(m²·K).

For a chimney (including relined chimneys) with a ventilated air gap 8 W/(m²·K) shall be used.

For nonventilated parts of such a chimney if the non-ventilated length external to the building is $\leq 3 D_h$ then 8 W/(m²·K) shall be used, otherwise 23 W/(m²·K) shall be used.

5.9 Determination of the density of the flue gas and the velocity of the flue gas

5.9.1 Density of the flue gas (ρ_m)

The mean density of the flue gas ρ_m shall be determined using the following formula:

$$\rho_m = \frac{p_L}{R \cdot T_m}, \quad \text{кг/м}^3 \quad (27)$$

де:

p_L – тиск зовнішнього повітря (згідно з 5.7.2), Па;

R – газова стала димових газів (згідно з 5.7.3.2), Дж/(кг·К);

T_m – середня температура димових газів (згідно з 5.8), К.

Для середньої густини димових газів ρ_{mV} у з'єднувальному димоході використовуються відповідні значення, встановлені для з'єднувального димоходу.

5.9.2 Швидкість димових газів (w_m)

Середня швидкість димових газів w_m обчислюється за формулою:

$$w_m = \frac{\dot{m}}{A \cdot \rho_m}, \quad \text{м/с} \quad (28)$$

де:

A – площа внутрішнього перетину димоходу, м²;

\dot{m} – масова витрата димових газів (згідно з 5.5.1), кг/с;

ρ_m – середня густина димових газів, кг/м³.

Для середньої швидкості димових газів w_{mV} у з'єднувальному димоході використовуються відповідні значення, встановлені для з'єднувального димоходу.

5.10 Визначення тисків

5.10.1 Тиск при надходженні димових газів в димохід

5.10.1.1 Тяга в точці входу димових газів в димохід з розрідженням (P_Z та P_{Zmax})

Мінімальна та максимальна тяга на вході димових газів в димохід з розрідженням P_Z та

Where

p_L is the external air pressure (see 5.7.2), in Pa;

R is the gas constant of the flue gas (see 5.7.3.2), in J/(kg·K);

T_m is the mean temperature of the flue gas (see 5.8), in K.

For the mean density of the flue gas ρ_{mV} in the connecting flue pipe, the corresponding values of the connecting flue pipe shall be used.

5.9.2 Velocity of the flue gas (w_m)

The mean flue gas velocity w_m shall be calculated using the following formula:

Where

A is the internal cross section of the chimney, in m²;

\dot{m} is the flue gas mass flow (see 5.5.1), in kg/s;

ρ_m is the mean density of the flue gas, in kg/m³.

For the mean flue gas velocity w_{mV} in the connecting flue pipe, the corresponding values of the connecting flue pipe shall be used.

5.10 Determination of the pressures

5.10.1 Pressure at the flue gas inlet into the chimney

5.10.1.1 Draught at the flue gas inlet into the negative pressure chimney (P_Z and P_{Zmax})

The minimum and maximum draught at the flue gas inlet into the negative pressure chimney P_Z

P_{Zmax} залежить, насамперед, від масової витрати димових газів й температури димових газів, фактичної висоти димоходу, перетину й конструкційних характеристик (шорсткість й термічний опір) димоходу.

Мінімальна та максимальна тяга в точці входу димових газів в димохід P_Z та P_{Zmax} обчислюється за формулами:

$$P_Z = P_H - P_R - P_L, \quad \text{Па} \quad (29)$$

$$P_{Zmax} = P_H - P_R, \quad \text{Па} \quad (29a)$$

де:

P_H – теоретична тяга, що виникає внаслідок ефекту димоходу, Па;

P_L – динамічний тиск повітря, Па;

P_R – це аеродинамічний опір димоходу, Па.

P_Z – мінімальна тяга на вході димових газів, Па;

P_{Zmax} – максимальна тяга на вході димових газів, Па.

Примітка. Значення P_H та P_R у формулах (29) та (29a) зазвичай відрізняються через різні умови.

5.10.1.2 Надлишковий тиск в точці входу димових газів в димохід з надлишковим тиском (P_{ZO} та P_{ZOmin})

Максимальний та мінімальний надлишковий тиск в точці входу димових газів в димохід з надлишковим тиском P_{ZO} та P_{ZOmin} залежить, насамперед, від масової витрати димових газів й температури димових газів, фактичної висоти димоходу, площі перетину й конструкційних характеристик (шорсткість й термічний опір) димоходу.

Максимальний та мінімальний надлишковий тиск в точці входу димових газів в димохід

and P_{Zmax} are primarily dependent on the flue gas mass flow and the flue gas temperature, the effective chimney height, the cross-section and the characteristic values of design (roughness and thermal resistance) of the chimney.

The minimum and maximum draught at the flue gas inlet into the chimney P_Z and P_{Zmax} shall be calculated using the following equations:

Where

P_H is the theoretical draught available due to chimney effect, in Pa;

P_L is the wind velocity pressure, in Pa;

P_R is the pressure resistance of the chimney, in Pa.

P_Z is the minimum draught at the flue gas inlet, in Pa;

P_{Zmax} is the maximum draught at the flue gas inlet, in Pa.

NOTE The values of P_H and P_R in Equations (29) and (29a) are normally different because the conditions are different.

5.10.1.2 Positive pressure at the flue gas inlet into the positive pressure chimney (P_{ZO} and P_{ZOmin})

The maximum and minimum positive pressure at the flue gas inlet into the positive pressure chimney P_{ZO} and P_{ZOmin} are primarily dependent on the flue gas mass flow and the flue gas temperature, the effective chimney height, the cross-section and the characteristic values of design (roughness and thermal resistance) of the chimney.

The maximum and minimum positive pressure at the flue gas inlet into the chimney P_{ZO} and

P_{ZO} та P_{ZOmin} обчислюють за формулами:

$$P_{ZO} = P_R - P_H + P_L, \quad \text{Па (30)}$$

$$P_{ZOmin} = P_R - P_H, \quad \text{Па (30a)}$$

де:

P_H – теоретична тяга димоходу, Па;

P_L – динамічний тиск повітря, Па;

P_R – аеродинамічний опір димоходу, Па;

P_{ZO} – максимальний перепад тиску в точці входу димових газів, Па

P_{ZOmin} – мінімальний перепад тиску в точці входу димових газів, Па.

Примітка. Значення P_R та P_H у формулах (30) та (30a) зазвичай відрізняються через різні умови.

5.10.2 Теоретична тяга, що виникає внаслідок ефекту димоходу (P_H)

Теоретичну тягу, що виникає внаслідок ефекту димоходу P_H обчислюють за формулою:

$$P_H = H \cdot g \cdot (\rho_L - \rho_m), \quad \text{Па (31)}$$

де:

H – розрахункова висота димоходу, м;

g – прискорення вільного падіння = 9,81 м/сек²;

ρ_L – густина зовнішнього повітря (згідно з 5.7.4), кг/м³;

ρ_m – середня густина димових газів (згідно з 5.9.1), кг/м³.

5.10.3 Аеродинамічний опір димоходу (P_R)

5.10.3.1 Загальні положення

Аеродинамічний опір димоходу P_R обчислюють за формулою:

$$P_R = S_E \cdot P_E + S_{EG} \cdot P_G, \quad \text{Па (32)}$$

P_{ZOmin} shall be calculated using the following equations:

Where

P_H is the theoretical draught of the chimney, in Pa;

P_L is the wind velocity pressure, in Pa;

P_R is the pressure resistance of the chimney, in Pa;

P_{ZO} is the maximum differential pressure at the flue gas inlet, in Pa.

P_{ZOmin} is the minimum differential pressure at the flue gas inlet, in Pa.

NOTE The values of P_R and P_H in Equations (30) and (30a) are normally different because the conditions are different.

5.10.2 Theoretical draught available due to chimney effect (P_H)

The theoretical draught available due to chimney effect P_H shall be calculated using the following formula:

Where

H is the effective height of the chimney, in m;

g is the acceleration due to gravity = 9,81 m/s²;

ρ_L is the density of the external air (see 5.7.4), in kg/m³;

ρ_m is the mean density of the flue gas (see 5.9.1), in kg/m³.

5.10.3 Pressure resistance of the chimney (P_R)

5.10.3.1 General

The pressure resistance of the chimney P_R shall be calculated using the following formula:

$$P_R = S_E \cdot \left(\psi \cdot \frac{L}{D_h} + \sum_n \zeta_n \right) \frac{\rho_m}{2} \cdot w_m^2 + S_{EG} \cdot P_G, \text{ Па} \quad (33)$$

$$P_G \geq 0 \quad S_{EG} = S_E$$

$$\text{для: } P_G < 0 \quad S_{EG} = 1,0,$$

де:

D_h – внутрішній еквівалентний діаметр, м;

L – довжина димоходу, м;

P_E – аеродинамічний опір, що виникає внаслідок тертя й опір форми димоходу, Па;

P_G – різниця в тиску, обумовлена зміною швидкості димових газів в димоході, Па;

S_E – коефіцієнт безпеки потоку (згідно з 5.7.8);

S_{EG} – коефіцієнт безпеки потоку для різниці в тиску внаслідок зміни швидкості;

w_m – середня швидкість димових газів (згідно з 5.9.2), м/с;

ρ_m – середня густина димових газів (згідно з 5.9.1), кг/м³;

ψ – коефіцієнт місцевого опору, що виникає внаслідок впливу тертя потоку;

$\sum_n \zeta_n$ – сума коефіцієнтів опору потоку, що виникає внаслідок змін напрямку й/або перетину й/або масової витрати в димоході.

5.10.3.2 Різниця тиску, що обумовлена зміною швидкості димових газів в димоході (P_G)

Різницю тиску, що обумовлена зміною швидкості димових газів в димоході P_G обчислюють за формулою:

Where

D_h is the internal hydraulic diameter, in m;

L is the length of chimney, in m;

P_E is the pressure resistance friction and form resistance of the chimney, in Pa;

P_G is the difference in pressure caused by change of velocity of the flue gas in the chimney, in Pa;

S_E is the flow safety coefficient (see 5.7.8);

S_{EG} is the flow safety coefficient for difference in pressure through velocity change;

w_m is the mean flue gas velocity (see 5.9.2), in m/s;

ρ_m is the mean density of the flue gas (see 5.9.1), in kg/m³;

ψ is the coefficient of flow resistance due to the friction of the flue;

$\sum_n \zeta_n$ sum of the coefficients of flow resistance directional and/or cross sectional and/or mass flow changes in the flue.

5.10.3.2 Difference in pressure caused by change of velocity of the flue gas in the chimney (P_G)

The difference in pressure caused by the change of velocity of the flue gas in the chimney P_G shall be calculated using the following formula:

$$P_G = \frac{\rho_2}{2} \cdot w_2^2 - \frac{\rho_1}{2} \cdot w_1^2, \text{ Па.} \quad (34)$$

де:

w_1 – швидкість димових газів до її зміни, м/с;

w_2 – швидкість димових газів після її зміни, м/с;

ρ_1 – густина димових газів до зміни швидкості димових газів, кг/м³;

ρ_2 – густина димових газів після зміни швидкості димових газів, кг/м³.

Для w_1 і w_2 , а також для ρ_1 і ρ_2 , можуть використовуватися середні значення до і після зміни швидкості.

5.10.3.3 Коефіцієнт місцевого опору, що виникає внаслідок тертя потоку (ψ)

Коефіцієнт місцевого опору, що виникає внаслідок тертя потоку ψ для різної еквівалентної шорсткості обчислюють за формулою:

$$\frac{1}{\sqrt{\psi}} = -2 \cdot \log \left(\frac{2,51}{\text{Re} \cdot \sqrt{\psi}} + \frac{r}{3,71 \cdot D_h} \right), \quad (35)$$

де:

D_h – еквівалентний діаметр, м;

r – еквівалентна шорсткість, м;

Re – Показник Рейнольдса (згідно з 5.8.2.1);

Ψ – це коефіцієнт місцевого опору, що виникає внаслідок тертя потоку.

Для показника Рейнольдса менше 2 300 застосовується коефіцієнт, встановлений для показника Рейнольдса, що дорівнює 2 300.

Дані по середній шорсткості надаються виробником. При відсутності даних від виробника використовуються типові значення еквівалентної шорсткості для

Where

w_1 is the flue gas velocity before velocity change, in m/s;

w_2 is the flue gas velocity after velocity change, in m/s;

ρ_1 is the density of the flue gas before velocity change, in kg/m³;

ρ_2 is the density of the flue gas after velocity change, in kg/m³.

For w_1 and w_2 as well ρ_1 and ρ_2 the mean values of section before and after the change of the velocity may be used.

5.10.3.3 Coefficient of flow resistance due to friction of the flue (ψ)

The coefficient of flow resistance due to friction of the flue ψ for different roughness shall be calculated using the following formula.

Where

D_h is the hydraulic diameter, in m;

r is the mean value of roughness of the inner wall, in m;

Re is the Reynolds number (see 5.8.2.1);

Ψ is the coefficient of flow resistance due to friction of the flue.

For Reynold numbers below 2 300 take the coefficient appropriate to the Reynolds number equal to 2 300.

The values for mean roughness shall be given by the manufacturer. In the absence of values from the manufacturer typical mean roughness values for various materials are given in Table B.4.

різних матеріалів, зазначені в таблиці В.4 додатка В.

5.10.3.4 Коефіцієнти опору потоку (ζ), що виникає внаслідок змін напрямку й/або перетину й/або масової витрати в димоході

Дані щодо опору потоку, що виникає внаслідок змін напрямку й/або перетину й/або масової витрати в димоході надаються виробником. При відсутності даних від виробника використовуються типові значення опору потоку, зазначені в таблиці В.8 додатка В.

Коефіцієнт місцевого опору для розширення площі перетину на виході димоходу не застосовується, якщо не приймається до уваги зміна тиску внаслідок зміни швидкості.

5.10.4 Динамічний тиск повітря (P_L)

Динамічний тиск повітря P_L становить 25 Па для регіонів (розташованих на відстані більше 20 км від узбережжя) і 40 Па для прибережних регіонів з наростанням тиску в димоході в напрямку потоку. Вихід димоходу вважається зоною з наростанням тиску в напрямку потоку, якщо вихід димоходу розташований на відстані менш чим 0,4 м над нерівністю, і відстань горизонтальної лінії від виходу димоходу до перетинання з дахом чи виступ нерівності над дахом до виходу димоходу на відстані менш ніж 2,3 м, а вихід димоходу розташований:

- на даху з ухилом вище 40° або
- на даху з ухилом вище 25°, якщо отвір повітря для горіння й верх димоходу розташовані з різних сторін нерівності, а

5.10.3.4 Coefficients of flow resistance (ζ) due to a directional and/or cross sectional change and/or mass flow change in the flue

The values of the flow resistance due to a directional and/or cross section and/or mass flow change in the flue shall be taken from the manufacturer. In the absence of values from the manufacturer, typical values of flow resistance are given in Table B.8.

The coefficient of flow resistance for the enlargement of the cross-section at the chimney outlet should not apply if the pressure change through velocity change is not taken into account at this point.

5.10.4 Wind velocity pressure (P_L)

The wind velocity pressure P_L shall be 25 Pa for inland regions (more than 20 km from the coast) and 40 Pa for coastal regions if the chimney outlet is in an adverse pressure. The chimney outlet is considered to be in an adverse pressure zone if the chimney outlet position is less than 0,4 m above the ridge and the distance of a horizontal line from the intersection with the roof, or the projection of the ridge above the roof, to the chimney outlet is less than 2,3 m, and the chimney outlet is situated:

- on a roof with a slope of more than 40° or
- on a roof with a slope of more than 25° if the opening for combustion air and the top of the chimney are on different sides of the ridge and

відстань по горизонталі від верху нерівності перевищує 1,0 м.

Примітка. На димохід може негативно впливати близькість прилягаючих об'єктів, таких як будинки, дерева, гори. Вихід димоходу в межах 15 метрів від прилягаючих будов під горизонтальним кутом 30° і нижньою межею більш ніж 10° над обрієм (вид з терміналу виходу) може бути підданий впливу повітря (згідно з додатком С). Цього можна уникнути шляхом удосконалювання аеродинамічних характеристик терміналу.

Значення P_L додається в тому разі, коли димохід має термінал зі специфічними аеродинамічними характеристиками. У всіх інших випадках P_L становить 0 Па.

5.11 Мінімальна тяга, що необхідна в точці входу димових газів в димохід і максимально допустима тяга (P_{Ze} та P_{Zemax}) та максимальний і мінімальний перепад тиску в точці входу димових газів в димохід (P_{ZOe} та P_{ZOemin})

5.11.1 Загальні положення

Мінімальна тяга, що необхідна в точці входу димових газів в димохід з розрідженням P_{Ze} , і максимально допустима тяга P_{Zemax} обчислюються за формулами:

$$P_{Ze} = P_W + P_{FV} + P_B, \quad \text{Па.} \quad (36)$$

$$P_{Zemax} = P_{Wmax} + P_{FV} + P_B, \quad \text{Па.} \quad (36a)$$

де:

P_{Ze} – мінімальна тяга, що необхідна в точці входу димових газів в димохід, Па;

P_{Zemax} – максимально допустима тяга в точці входу димових газів в димохід, Па;

P_W – мінімальна тяга для теплогенератора, Па;

P_{Wmax} – максимально допустима тяга для теплогенератора, Па;

P_{FV} – фактичний аеродинамічний опір з'єднувального димоходу, Па;

horizontal distance from the top to the ridge is more than 1,0 m.

NOTE A chimney may also be considered to be adversely affected by the proximity of adjacent obstructions e.g. buildings, trees, mountains. A chimney outlet within 15 m from adjacent structures which extends over a horizontal angle of 30° and their upper boundary raises more than 10° above the horizon as seen from the terminal outlet may be affected by wind turbulence (see Annex C). This may be overcome by an aerodynamic terminal.

The value P_L shall be amended if the chimney has a terminal with specified aerodynamic performance. In all other cases P_L shall be 0 Pa.

5.11 Minimum draught required at the flue gas inlet into the chimney and maximum allowed draught (P_{Ze} and P_{Zemax}) and maximum and minimum differential pressure at the flue gas inlet into the chimney (P_{ZOe} and P_{ZOemin})

5.11.1 General

The minimum draught required at the flue gas inlet into the negative pressure chimney P_{Ze} and the maximum allowed draught P_{Zemax} shall be calculated with the following equations:

Where

P_{Ze} is the minimum draught required at the flue gas inlet into the chimney, in Pa;

P_{Zemax} maximum allowed draught at the flue gas inlet into the chimney, in Pa;

P_W is the minimum draught for the heating appliance, in Pa;

P_{Wmax} maximum draught for the heating appliance, in Pa;

P_{FV} is the effective pressure resistance of the connecting flue pipe, in Pa;

P_B – аеродинамічний опір подачі повітря для масової витрати димових газів, Па.

Примітка. Значення P_{FV} та P_B у формулах (36) та (36a) можуть відрізнятися через різні умови.

Максимальний та мінімальний перепад тиску P_{ZOe} та P_{ZOemin} в точці входу димових газів в димохід з надлишковим тиском обчислюється за наступними формулами:

$$P_{ZOe} = P_{WO} - P_B - P_{FV}, \quad \text{Па.} \quad (37)$$

$$P_{ZOemin} = P_{WOmin} - P_B - P_{FV}, \quad \text{Па.} \quad (37a)$$

де:

P_{ZOe} – максимальний перепад тиску в точці входу димових газів в димохід, Па;

P_{ZOemin} – мінімальний перепад тиску в точці входу димових газів в димохід, Па;

P_{WO} – максимальний перепад тиску на вході теплогенератора, Па;

P_{WOmin} – мінімальний перепад тиску на вході теплогенератора, Па;

P_{FV} – фактичний аеродинамічний опір з'єднувального димоходу, Па;

P_B – аеродинамічний опір подачі повітря для масової витрати димових газів, Па.

Примітка. Значення P_{FV} та P_B у формулах (37) та (37a) можуть відрізнятися через різні умови.

5.11.2 Мінімальна та максимальна тяга для теплогенератора (P_W та P_{Wmax}) і максимальний та мінімальний перепад тиску теплогенератора (P_{WO} та P_{WOmin})

Мінімальна та максимальна тяга для теплогенератора (P_W та P_{Wmax}) і максимальний та мінімальний перепад тиску теплогенератора (P_{WO} та P_{WOmin}) повинні

P_B is the pressure resistance of the air supply for a flue gas mass flow, in Pa.

NOTE The values of P_{FV} and P_B in Equations (36) and (36a) may be different because the conditions are different.

The maximum and minimum differential pressure at the flue gas inlet into the positive pressure chimney P_{ZOe} and P_{ZOemin} shall be calculated with the following equations:

Where

P_{ZOe} is the maximum differential pressure at the flue gas inlet into the chimney, in Pa;

P_{ZOemin} minimum differential pressure at the flue gas inlet into the chimney, in Pa;

P_{WO} is the maximum differential pressure at the outlet of the heating appliance, in Pa;

P_{WOmin} minimum differential pressure at the outlet of the heating appliance, in Pa;

P_{FV} is the effective pressure resistance of the connecting flue pipe, in Pa;

P_B is the pressure resistance of the air supply for a flue gas mass flow, in Pa.

NOTE The values of P_{FV} and P_B in Equations (37) and (37a) may be different because the conditions are different.

5.11.2 Minimum and maximum draught for the heating appliance (P_W and P_{Wmax}) and maximum and minimum differential pressure of the heating appliance (P_{WO} and P_{WOmin})

The minimum and maximum draught for the heating appliance (P_W and P_{Wmax}) or the maximum and minimum differential pressure of the heating appliance (P_{WO} and P_{WOmin}) shall be

розраховуватись відповідно до 5.5.4, 5.5.5 або 5.5.6.

5.11.3 Фактичний аеродинамічний опір з'єднувального димоходу (P_{FV})

5.11.3.1 Загальні положення

Фактичний аеродинамічний опір з'єднувального димоходу P_{FV} обчислюється за формулою:

$$P_{FV} = P_{RV} - P_{HV}, \quad \text{Па.} \quad (38)$$

де:

P_{HV} – теоретична тяга наявного з'єднувального димоходу, Па;

P_{RV} – аеродинамічний опір з'єднувального димоходу, Па.

Якщо з'єднувальний димохід складається з декількох окремих ділянок різної конструкції, розрахунок здійснюється для кожної ділянки. Аеродинамічний опір й теоретична тяга окремих ділянок підсумовуються.

5.11.3.2 Теоретична тяга, що виникає внаслідок впливу ефекту димоходу з'єднувального димоходу (P_{HV}).

Теоретична тяга, що виникає внаслідок впливу ефекту димоходу з'єднувального димоходу P_{HV} , обчислюється за формулою:

$$P_{HV} = H_V \cdot g \cdot (\rho_L - \rho_{mV}), \quad \text{Па.} \quad (39)$$

де:

g – прискорення вільного падіння = 9,81 м/с²;

H_V – розрахункова висота з'єднувального димоходу, м;

ρ_L – густина зовнішнього повітря (згідно з

obtained in accordance with 5.5.4, 5.5.5 or 5.5.6.

5.11.3 Effective pressure resistance of the connecting flue pipe (P_{FV})

5.11.3.1 General

The effective pressure resistance of the connecting flue pipe P_{FV} shall be calculated using the following formula:

Where

P_{HV} is the theoretical draught available of the connecting flue pipe, in Pa;

P_{RV} is the pressure resistance of the connecting flue pipe, in Pa.

If the connecting flue pipe consists of several different sections of different design, the calculation shall be carried out for each section. The pressure resistance and the theoretical draught of the individual sections shall be totalled.

5.11.3.2 Theoretical draught available due to the chimney effect of the connecting flue pipe (P_{HV})

The theoretical draught available due to the chimney effect of the connecting flue pipe P_{HV} shall be calculated using the following formula:

Where

g is the acceleration due to gravity = 9,81 m/s²;

H_V is the effective height of the connecting flue pipe, in m;

ρ_L is the density of the external air (see 5.7.4), in kg/m³;

5.7.4), кг/м³;

ρ_{mV} – середня густина димових газів у з'єднувальному димоході, кг/м³

Якщо точка входу димових газів в димохід розташована нижче ніж точка з'єднання димових газів з теплогенератором, значення P_{HV} буде негативним.

5.11.3.3 Аеродинамічний опір

з'єднувального димоходу (P_{RV})

Аеродинамічний опір з'єднувального димоходу P_{RV} обчислюється за формулою:

$$P_{RV} = S_E \cdot P_{EV} + S_{EG} \cdot P_{GV}, \quad \text{Па.} \quad (40)$$

$$P_{RV} = S_E \cdot \left(\psi_V \cdot \frac{L_V}{D_{hV}} + \sum_n \zeta_{Vn} \right) \frac{\rho_{mV}}{2} \cdot w_{mV}^2 + S_{EGV} \cdot P_{GV}, \quad \text{Па.} \quad (41)$$

Для: $P_{GV} \geq 0$ $S_{EGV} = S_E$

Для: $P_{GV} < 0$ $S_{EGV} = 1,0$

де:

D_{hV} – внутрішній еквівалентний діаметр з'єднувального димоходу, м;

L_V – довжина з'єднувального димоходу, м;

P_{EV} – аеродинамічний опір, що виникає внаслідок тертя й опору форми у з'єднувальному димоході, Па;

P_{GV} – різниця в тиску, обумовлена зміною швидкості димових газів у з'єднувальному димоході, Па;

S_E – коефіцієнт безпеки потоку;

S_{EGV} – коефіцієнт безпеки потоку для різниці з тиском внаслідок зміни швидкості у з'єднувальному димоході;

w_{mV} – середня швидкість димових газів у з'єднувальному димоході, м/с;

ρ_{mV} – середня густина димових газів в

ρ_{mV} is the mean density of the flue gas in the connecting flue pipe, in kg/m³.

If the flue gas inlet into the chimney is lower than the flue gas connection of the heating appliance, P_{HV} becomes negative.

5.11.3.3 Pressure resistance of the connecting flue pipe (P_{RV})

The pressure resistance of the connecting flue pipe P_{RV} shall be calculated from:

Where

D_{hV} is the internal hydraulic diameter of the connecting flue pipe, in m;

L_V is the length of the connecting flue pipe, in m;

P_{EV} is the pressure resistance due to friction and form resistance in the connecting flue pipe in Pa;

P_{GV} is the difference in pressure caused by change of velocity of the flue gas in the connecting flue pipe, in Pa;

S_E is the flow safety coefficient;

S_{EGV} is the flow safety coefficient for differences in pressure through velocity change in the connecting flue pipe;

w_{mV} is the mean velocity of the flue gas in the connecting flue pipe, in m/s;

ρ_{mV} is the mean density of the flue gas in the

з'єднувальному димоході, кг/м^3 ;

ψ_V – коефіцієнт тертя потоку з'єднувального димоходу (згідно з 5.10.3.2);

$\sum_n \zeta_{v_n}$ – сума коефіцієнта опору потоку при зміні напрямку й площі перетину з'єднувального димоходу, м.

Середня швидкість w_{mV} димових газів у з'єднувальному димоході обчислюється за формулою (28) з відповідними значеннями для з'єднувального димоходу.

Коефіцієнт місцевого опору, що виникає внаслідок тертя потоку для з'єднувального димоходу визначається за формулою (35) з відповідними значеннями для з'єднувального димоходу.

Примітка. Сума окремих коефіцієнтів опору $\sum_n \zeta_{v_n}$ для з'єднувального димоходу залежить від змін площі перетину й напрямку між з'єднувальним елементом теплогенератора й димоходом. Значення ζ зазначені в таблиці В.8 для типових змін площі перетину й напрямку.

Різниця в тиску, обумовлена зміною швидкості димових газів у з'єднувальному димоході P_{GV} , визначається за формулою (34) з відповідними значеннями для з'єднувального димоходу.

5.11.4 Аеродинамічний опір подачі повітря (P_B)

Аеродинамічний опір подачі повітря P_B визначається відповідно до характеристик місця установки (розмір, тип і кількість вікон і дверей, оснащення вентиляційними системами й додатковим теплогенератором, тощо).

connecting flue pipe, in кг/м^3 ;

ψ_V is the coefficient of friction of the flue of the connecting flue pipe (see 5.10.3.2);

$\sum_n \zeta_{v_n}$ is the sum of the coefficient of flow resistance of directional and cross sectional changes of the connecting flue pipe, in m.

The mean velocity w_{mV} of the flue gas in the connecting flue pipe shall be calculated using formula (28) with the corresponding values for the connecting flue pipe.

The coefficient of flow resistance due to friction of the flue for the connecting flue pipe shall be calculated using formula (35) with the corresponding values for the connecting flue pipe.

NOTE The sum of the individual coefficients of resistance $\sum_n \zeta_{v_n}$ for the connecting flue pipe is dependent on the cross-sectional and directional changes between the flue gas connection of the heating appliance and chimney ζ values are quoted in Table B.8 for the typical cross-sectional and directional changes.

The difference in pressure caused by the change of velocity of the flue gas in the connecting flue pipe P_{GV} shall be calculated using formula (34) with the corresponding values for the connecting flue pipe.

5.11.4 Pressure resistance of the air supply (P_B)

The pressure resistance of the air supply P_B shall be determined according to the nature of the installation area (size, type and number of windows and doors, equipment with ventilation systems and additional heating appliances, etc.).

У випадку відсутності вентиляційних отворів P_B становить 4 Па.

Якщо повітря для горіння подається в приміщення через вентиляційні отвори, або повітропровід, що мають постійний поперечний перетин по всій довжині, значення P_B обчислюється за формулою:

$$P_B = S_{EB} \cdot \left(\psi_B \cdot \frac{L_B}{D_{hB}} + \sum_n \zeta_{B,n} \right) \frac{\rho_B}{2} \cdot w_B^2, \quad \text{Па} \quad (42)$$

де:

D_{hB} – внутрішній еквівалентний діаметр вентиляційних отворів або повітропроводу, м;

L_B – довжина вентиляційних отворів або повітропроводу, м;

S_{EB} – коефіцієнт безпеки потоку для подачі повітря (S_{EB} звичайно становить 1,2);

w_B – швидкість повітря у вентиляційних отворах або повітропроводі, м/с;

ρ_B – густина повітря, що спалюється, кг/м³;

ψ_B – коефіцієнт місцевого опору, що виникає внаслідок тертя у вентиляційних отворах або повітропроводі;

$\sum_n \zeta_{B,n}$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів потоку, що виникає внаслідок змін напрямку, і/або перетину й/або масової витрати повітря у вентиляційних отворах або повітропроводі.

Примітка. Для полегшення розрахунку на підставі національного законодавства, приймають постійне значення P_B , рівне 3 Па.

Коефіцієнт місцевого опору, що виникає внаслідок тертя у вентиляційних отворах або повітропроводі ψ_B обчислюється за формулами (35).

For areas without ventilation openings P_B shall be 4 Pa.

If the air for combustion is conveyed to the installation room through ventilation openings or combustion air pipes with constant cross-section over the length, P_B shall be derived using the following formula:

Where

D_{hB} is the internal hydraulic diameter of the ventilation openings or combustion air pipe, in m;

L_B is the length of the ventilation openings or combustion air pipe, in m;

S_{EB} is the flow safety coefficient for air supply (S_{EB} usually is 1,2);

w_B is the velocity in the ventilation openings or combustion air pipe, in m/s;

ρ_B is the density of the combustion air, in kg/m³;

ψ_B is the coefficient of the flow resistance due to friction of the ventilation openings or combustion air pipe;

$\sum_n \zeta_{B,n}$ – is the sum of the coefficients of flow resistance due to a directional and/or cross sectional and/or mass flow change in the ventilation openings or combustion air pipe.

NOTE In order to simplify calculation depending on local regulations P_B may be assumed to have a constant value of 3 Pa.

The coefficient of flow resistance due to friction of the ventilation openings or combustion air pipe ψ_B shall be calculated by using formula (35).

Сума коефіцієнтів опору потоку внаслідок змін напрямку й/або площі перетину й/або масової витрати повітря у вентиляційних

The sum of the coefficients of flow resistance due to a directional and/or cross sectional and/or mass flow changes in the ventilation openings or

отворах або повітропроводі $\sum_n \zeta_{B.n}$ для входів, виходів і змін напрямку в трубі повинна бути абсолютною по всій довжині вентиляційного отвору або повітропроводу.

combustion air pipes $\sum_n \zeta_{B.n}$ for the inlet, the outlet and directional changes in the pipe shall be totalled over the entire length of ventilation opening or of the pipe.

При відсутності даних від виробника необхідно застосовувати значення наведені в таблиці В.8 додатка В.

In the absence of manufactures data the values may be taken from Table B.8.

Швидкість повітря у повітропроводі w_B обчислюється за формулою:

The velocity in the combustion air pipe w_B shall be derived using the following formula:

$$w_B = \frac{\beta \cdot \dot{m}}{A_B \cdot \rho_B}, \quad \text{м/с.} \quad (43)$$

де:

Where

A_B – площа поперечного перетину повітропроводу, м^2 ;

A_B is the cross-section of the combustion air pipe, in m^2 ;

\dot{m} – масова витрата димових газів, кг/с ;

\dot{m} is the flue gas mass flow, in kg/s ;

β – відношення масової витрати горіння повітря до масової витрати димових газів;

β is the ratio of the combustion air mass flow to the flue gas mass flow;

ρ_B – густина повітря горіння, кг/м^3 .

ρ_B is the density of the combustion air, in kg/m^3 .

Примітка. За приблизне можливо використання значення $\beta = 0,9$.

NOTE As an approximation $\beta = 0,9$ can be assumed.

Густина повітря, визначається за формулою (13) з урахуванням відповідних значень для температури повітря й тиску.

The density of the combustion air shall be determined using formula (13) with the corresponding values for air temperature and pressure.

5.12 Розрахунок температури внутрішньої стінки на виході димоходу (T_{iob})

5.12 Calculation of the inner wall temperature at the chimney outlet (T_{iob})

Температура внутрішньої стінки на виході димоходу при температурній рівновазі T_{iob} обчислюється за формулою:

The inner wall temperature at the chimney outlet at temperature equilibrium T_{iob} shall be determined using the following formula:

$$T_{iob} = T_{ob} - \frac{k_{ob}}{\alpha_i} (T_{ob} - T_{uo}), \quad \text{К.} \quad (44)$$

де:

Where

k_{ob} – коефіцієнт теплопередачі на виході димоходу при температурній рівновазі, Вт/(м²·К);

T_{ob} – температура димових газів на виході димоходу при температурній рівновазі, К;

T_{uo} – температура оточуючого повітря на виході димоходу, К;

α_i – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні, Вт/(м²·К).

Коефіцієнт теплопередачі на виході димоходу k_{ob} при температурній рівновазі обчислюється за формулою:

$$k_{ob} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \left(\frac{1}{\Lambda}\right) + \left(\frac{1}{\Lambda}\right)_o + \frac{D_h}{D_{hao} \cdot \alpha_{ao}}}, \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К.} \quad (45)$$

де:

D_h – внутрішній еквівалентний діаметр, м;

D_{hao} – зовнішній еквівалентний діаметр на виході димоходу, м;

α_i – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні на виході димоходу, Вт/(м²·К);

α_{ao} – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні на виході димоходу, Вт/(м²·К):

$\left(\frac{1}{\Lambda}\right)$ – термічний опір, м²·К/Вт;

$\left(\frac{1}{\Lambda}\right)_c$ – термічний опір будь-якої додаткової установки для димоходу над дахом стосовно внутрішнього еквівалентного діаметра димоходу, м²·К/Вт.

Якщо ділянка димоходу над дахом має додаткову ізоляцію, температура внутрішньої стінки визначається для ділянки безпосередньо перед додатковою ізоляцією. Температура внутрішньої стінки T_{irb} безпосередньо перед додатковою ізоляцією

k_{ob} is the coefficient of heat transmission at the chimney outlet at temperature equilibrium, in W/(m²·K);

T_{ob} is the flue gas temperature at the chimney outlet at temperature equilibrium, in K;

T_{uo} is the ambient air temperature at the chimney outlet, in K;

α_i is the internal coefficient of heat transfer, in W/(m²·K).

The coefficient of heat transmission at the chimney outlet k_{ob} at temperature equilibrium shall be determined from the following formula:

Where

D_h is the internal hydraulic diameter, in m;

D_{hao} is the external hydraulic diameter at the chimney outlet, in m;

α_i is the internal coefficient of heat transfer at the chimney outlet, in W/(m²·K);

α_{ao} is the external coefficient of heat transfer at the chimney outlet, in W/(m²·K):

$\left(\frac{1}{\Lambda}\right)$ is the thermal resistance, in m²·K/W;

$\left(\frac{1}{\Lambda}\right)_c$ is the thermal resistance of any additional insulation for the chimney part above the roof related to the internal hydraulic diameter to the chimney, in m²·K/W.

If the chimney part above the roof has additional insulation, the inner wall temperature shall be calculated for the part immediately before the additional insulation. The inner wall temperature T_{irb} immediately before the additional insulation

обчислюється за формулою:

shall be determined using the following formula:

$$T_{\text{irb}} = T_{\text{rb}} - \frac{k_b}{\alpha_i} (T_{\text{rb}} - T_{\text{ur}}), \quad (46)$$

де:

Where

T_{rb} – температура димових газів безпосередньо перед додатковою ізоляцією при температурній рівновазі, К;

T_{rb} is the flue gas temperature immediately before the additional insulation at temperature equilibrium, in K;

k_b – коефіцієнт теплопередачі димоходу при температурній рівновазі, Вт/(м²·К);

k_b is the coefficient of heat transmission of the chimney at temperature equilibrium, in W/(m²·K);

T_{ur} – температура оточуючого повітря безпосередньо перед додатковою ізоляцією, К;

T_{ur} is the ambient air temperature immediately before the additional insulation, in K;

Додатковий термічний опір на виході димоходу $(1/\Lambda)_0$ визначається згідно з 5.6.3 для додаткових шарів ізоляції по обидва боки. Для шарів повітря товщиною менш ніж 1 см додатковий термічний опір $(1/\Lambda)_0$ не визначається. Значення для вентильованого покриття $(1/\Lambda)_0 = 0$ (м²·К)/Вт діють для всіх шарів зовні вентильованого прошарку.

Additional thermal resistance at the chimney outlet $(1/\Lambda)_0$ shall be calculated as specified in 5.6.3 for additional layers of insulation applied on all sides. Layers of air of a thickness of less than 1 cm shall not be deemed to provide additional thermal resistance $(1/\Lambda)_0$.

In the case of ventilated cladding $(1/\Lambda)_0 = 0$ (m²·K)/W shall apply generally to all layers on the outside of the ventilated gap.

Примітка. Значення $(1/\Lambda)_0 = 0,1$ (м²·К)/Вт може використовуватися без додаткової перевірки, якщо площа перетину димоходу над дахом збільшується за рахунок кам'яної кладки (коефіцієнт теплопровідності $\lambda < 0,85$ Вт/(м·К) при мінімальній товщині 11,5 см, або коли є додаткова ізоляція не менш ніж 3 см з усіх боків (коефіцієнт теплопровідності $\lambda < 0,1$ Вт/(м·К)).

NOTE A value of $(1/\Lambda)_0 = 0,1$ (m²·K)/W may be used without any further proof if the chimney section above the roof is encased by masonry (coefficient of thermal conductivity $\lambda < 0,85$ W/(m·K)) of a minimum thickness of 11,5 cm or has a minimum of 3 cm additional insulation on all sides (coefficient of thermal conductivity $\lambda < 0,1$ W/(m·K)).

6 ВТОРИННЕ ПОВІТРЯ ДЛЯ ДИМОХОДІВ З РОЗРІДЖЕННЯМ

6 Secondary air for negative pressure chimneys

6.1 Загальні положення

6.1 General

Якщо характеристики температури згідно з 5.3 недостатні для визначення температури внутрішньої стінки відповідно до формул (44) або (46) без подачі вторинного повітря в димохід, слід передбачити подачу вторинного повітря. У цьому випадку необхідно зробити додатковий розрахунок для визначення, чи достатні характеристики температури при умові подачі вторинного повітря в димохід.

Якщо характеристики тиску згідно з 5.2 для максимальної тяги (2a) недостатні для визначення тиску відповідно до формул (28a та 35a) без подачі вторинного повітря в димохід, слід передбачити подачу вторинного повітря. У цьому випадку необхідно провести додатковий розрахунок для визначення чи достатні характеристики тиску для максимальної тяги при подачі вторинного повітря в димохід.

За умови, що характеристики тиску згідно з 5.2 для мінімальної тяги (1 та 2) достатні для визначення тиску без подачі вторинного повітря.

6.2 Метод розрахунку

Розрахунок проводиться на ділянках від з'єднувального димоходу теплогенератора до місця встановлення пристрою подачі вторинного повітря й від нього з урахуванням змін масової витрати димових газів, температури димових газів й вмісту

If the temperature requirement in 5.3 is not satisfied when the inner wall temperature is calculated according to formula (44) or (46) without the introduction of secondary air into the chimney, it can be possible to meet the requirement by the introduction of secondary air. In this the case further calculation shall be undertaken to establish whether the temperature requirement can be satisfied when secondary air is introduced into the chimney.

If the pressure requirement of 5.2 for maximum draught (2a) is not satisfied when pressures are calculated according to formula (28a and 35a) without the introduction of secondary air into the chimney, it may be possible to meet the requirement by the introduction of a secondary air. In this case further calculation shall be undertaken to establish whether the pressure requirement for maximum draught can be satisfied when secondary air is introduced into the chimney.

It is a condition that the pressure requirements of 5.2 for minimum draught (1 and 2) are satisfied when calculated without secondary air.

6.2 Calculation method

The calculation shall be carried out in sections from the flue gas connection of the appliance to the place of installation of the secondary air device and from there, with changed values for the flue gas mass flow, the flue gas temperature and the flue gas

димових газів й до виходу димоходу.

При розрахунку вторинного повітря масова витрата вторинного повітря додається до масової витрати димових газів. Змішана температура й вміст вторинного повітря/суміші димових газів за входом вторинного повітря визначається на підставі температури й вмісту димових газів й вторинного повітря. При додатковому розрахунку визначаються фізичні характеристики (c_p , R , η_A , T_p , λ_A) залежно від вмісту димових газів – суміші вторинного повітря.

З урахуванням обраного потоку вторинного повітря розрахунок виконується кілька разів до досягнення відповідності умовам експлуатації або усунення додаткової тяги ($P_Z = P_{Ze}$ чи $P_{Zmax} = P_{Zemax}$).

Для газового теплогенератора із пристроєм відводу тяги, приймається до розрахунку лише вторинне повітря на додаток до встановленої масової витрати димових газів.

6.3 Основні значення для розрахунку вторинного повітря

6.3.1 Загальні положення

Температура вторинного повітря T_{NL} повинна визначатись як температура оточуючого повітря простору, з якого дане повітря надходить.

Для перевірки характеристик температури, температура зовнішнього повітря визначається з використанням $T_L = T_{uo}$ (згідно з 5.7.1.3). Для розрахунку масової витрати вторинного повітря використовуються

composition, to the chimney outlet.

For consideration of the secondary air, a secondary air mass flow shall be added to the flue gas mass flow. The mixed temperature and the composition of the secondary air/flue gas mixture behind the secondary air inlet shall be calculated from the temperature and composition of the flue gas and of the secondary air. For the additional calculation, the physical properties (c_p , R , η_A , T_p , λ_A) dependent on the composition of the flue gas-secondary air mixture shall be calculated.

The calculation, assuming a chosen secondary air flow, shall be carried out repeatedly until the operational requirements are fulfilled or until the surplus draught is exhausted ($P_Z = P_{Ze}$ or $P_{Zmax} = P_{Zemax}$).

In the case of gas fire heating appliances with a draught diverter, only the secondary air in addition to the scheduled flue gas mass flow shall be considered.

6.3 Basic values for the calculation of secondary air

6.3.1 General

The temperature of the secondary air T_{NL} shall be taken as the ambient temperature of the air of the space from which the air is taken.

For the check of the temperature requirements the external air temperature shall be calculated using $T_L = T_{uo}$ (see 5.7.1.3). In order to calculate the secondary air mass flow the ambient temperature values of 5.7.1.3 for validating the

значення температури оточуючого повітря, temperature requirement shall be used. зазначені в 5.7.1.3, з урахуванням вимог по температурі.

6.3.2 Змішані розрахунки

6.3.2 Mixing calculations

Потік маси після змішування потоку вторинного повітря \dot{m}_M обчислюється за формулою: The mass flow after admixture of secondary air \dot{m}_M shall be derived from the following formula:

$$\dot{m}_M = \dot{m} + \dot{m}_{NL}, \quad \text{кг/с.} \quad (47)$$

Температуру димових газів після змішування з вторинним повітрям T_M обчислюють за формулою: The flue gas temperature after admixture of secondary air T_M shall be derived from the following formula:

$$T_M = \frac{\dot{m} \cdot c_{pA} \cdot T_A + \dot{m}_{NL} \cdot c_{pNL} \cdot T_{NL}}{\dot{m} \cdot c_{pA} + \dot{m}_{NL} \cdot c_{pNL}}, \quad \text{К.} \quad (48)$$

Концентрацію об'єму CO_2 і H_2O після додавання вторинного повітря обчислюють за формулою: The concentration by volume of CO_2 and H_2O after admixture of secondary air shall be derived from the following formula:

$$\sigma(\text{CO}_2)_M = \frac{\dot{m} \cdot R \cdot [100 - \sigma(\text{H}_2\text{O})] \cdot \sigma(\text{CO}_2)}{\dot{m} \cdot R \cdot [100 - \sigma(\text{H}_2\text{O})] + \dot{m}_{NL} \cdot R_L \cdot [100 - \sigma(\text{H}_2\text{O})_{NL}]}, \quad \%, \quad (49)$$

$$\sigma(\text{H}_2\text{O})_M = \frac{\dot{m} \cdot R \cdot \sigma(\text{H}_2\text{O}) + \dot{m}_{NL} \cdot R_L \cdot \sigma(\text{H}_2\text{O})_{NL}}{\dot{m} \cdot R + \dot{m}_{NL} \cdot R_L}, \quad \%, \quad (50)$$

Вміст водяної пари вторинного повітря приймається за 1,1%. Дане значення відповідає 60 % відносної вологості при температурі 15 °C. The water vapour content of the secondary air may be taken as 1,1 %. This value corresponds to 60 % relative humidity at 15 °C.

де:

Where

c_{pA} – питома теплоємність димових газів перед додаванням вторинного повітря, Дж/кг·К; c_{pA} is the specific heat capacity of the flue gas before admixture of secondary air, in J/(kg·K);

c_{pNL} – питома теплоємність вторинного повітря, Дж/кг·К; c_{pNL} is the specific heat capacity of the secondary air, in J/(kg·K);

\dot{m} – масова витрата димових газів перед \dot{m} is the flue gas mass flow before admixture of

додаванням вторинного повітря, кг/с;	secondary air, in kg/s;
\dot{m}_M – масова витрата димових газів після додавання вторинного повітря, кг/с;	\dot{m}_M is the flue gas mass flow after admixture of secondary air, in kg/s;
\dot{m}_{NL} – масова витрата вторинного повітря, кг/с;	\dot{m}_{NL} is the secondary air mass flow, in kg/s;
R – газова стала димових газів перед додаванням вторинного повітря, Дж/кг · К	R is the gas constant of the flue gas before admixture of secondary air, in J/(kg · K);
R_L – газова стала повітря, Дж/кг · К;	R_L is the gas constant of the air, in J/(kg · K);
T_A – температура димових газів перед додаванням вторинного повітря, К;	T_A is the temperature of the flue gas before admixture of secondary air, in K;
T_M – температура димових газів після додавання вторинного повітря, К;	T_M is the temperature of the flue gas after admixture of secondary air, in K;
T_{NL} – температура вторинного повітря, К;	T_{NL} is the temperature of the secondary air, in K;
$\sigma(\text{CO}_2)$ – концентрація обсягу CO_2 димових газів перед додаванням вторинного повітря, %	$\sigma(\text{CO}_2)$ is the concentration by volume of CO_2 of the flue gas before admixture of secondary air, in %;
$\sigma(\text{CO}_2)_M$ – концентрація обсягу CO_2 димових газів після додавання вторинного повітря, %	$\sigma(\text{CO}_2)_M$ is the concentration by volume of CO_2 of the flue gas after admixture of secondary air, in %
$\sigma(\text{H}_2\text{O})$ – концентрація обсягу H_2O (водяна пара) димових газів перед додаванням вторинного повітря, %	$\sigma(\text{H}_2\text{O})$ is the concentration by volume of H_2O (water vapour) of the flue gas before admixture of secondary air, in %;
$\sigma(\text{H}_2\text{O})_M$ – концентрація обсягу H_2O (водяна пара) димових газів після додавання вторинного повітря, %	$\sigma(\text{H}_2\text{O})_M$ is the concentration by volume of H_2O (water vapour) of the flue gas after admixture of secondary air, in %;
$\sigma(\text{H}_2\text{O})_{NL}$ – це концентрація обсягу H_2O (водяна пара) вторинного повітря, %	$\sigma(\text{H}_2\text{O})_{NL}$ is the concentration by volume of H_2O (water vapour) of secondary air, in %.

6.4 Тиски

6.4.1 Аеродинамічний опір при подачі вторинного повітря (P_{BNL})

Для місць без вентиляційних отворів, фактичний аеродинамічний опір подачі вторинного повітря P_{BNL} і умовна теплопродуктивність обчислюються за

6.4 Pressures

6.4.1 Pressure resistance for the air supply with secondary air (P_{BNL})

For areas without ventilation openings the effective pressure resistance for the air supply P_{BNL} with secondary air and nominal heat output shall be derived from the following formula:

формулою:

$$P_{B_{NL}} = P_B \cdot \left(1 + \frac{\dot{m}_{NL}}{\beta \cdot \dot{m}} \right)^{1,5}, \quad \text{Па} \quad (51)$$

де:

Where

\dot{m}_{NL} – масова витрата вторинного повітря, кг/с;

\dot{m}_{NL} is the secondary air mass flow, in kg/s;

\dot{m} – масова витрата димових газів перед додаванням вторинного повітря, кг/с;

\dot{m} is the flue gas mass flow before admixture of secondary air, in kg/s;

P_B – надлишковий тиск димових газів на вході в димохід без вторинного повітря (згідно з 5.11.3);

P_B is the effective pressure resistance of the air supply without secondary air (see 5.11.3);

β – відношення масової витрати горіння повітря до масової витрати димових газів (згідно з 5.11.3)

β is the ratio of the combustion air mass flow to the flue gas mass flow (see 5.11.3).

Якщо повітря для горіння подається через вентиляційні отвори або труби з постійним поперечним перетином по всій довжині, $P_{B_{NL}}$ обчислюється за формулою:

If the air for combustion is conveyed through ventilation openings or pipes with constant cross-section over the length, $P_{B_{NL}}$ shall be derived from the following formula:

$$P_{B_{NL}} = S_{EB} \cdot \left(\psi_{B_{NL}} \cdot \frac{L_B}{D_{hB}} + \sum_n \zeta_{B,n} \right) \frac{\rho_B}{2} w_{B_{NL}}^2, \quad (52)$$

де:

Where

D_{hB} – внутрішній еквівалентний діаметр вентиляційних отворів або повітропроводу (згідно з 5.11.3), м;

D_{hB} is the internal hydraulic diameter of the ventilation openings or combustion air pipe (see 5.11.3), in m;

L_B – довжина вентиляційних отворів або повітропроводу (згідно з 5.11.3), м;

L_B is the length of the ventilation openings or combustion air pipe (see 5.11.3), in m;

S_{EB} – коефіцієнт безпеки потоку для подачі повітря (згідно з 5.11.3);

S_{EB} is the flow safety coefficient for air supply (see 5.11.3);

$W_{B_{NL}}$ – швидкість подачі повітря у вентиляційних отворах або повітропроводі з урахуванням вторинного повітря, м/с;

$W_{B_{NL}}$ is the velocity in the ventilation openings or combustion air pipes taking in account the secondary air, in m/s

ρ_B – густина повітря горіння й вторинного повітря (згідно з 5.11.3), кг/м³;

ρ_B is the density of the combustion and the secondary air (see 5.11.3), in kg/m³;

$\psi_{B_{NL}}$ – коефіцієнт тертя повітря горіння у

$\psi_{B_{NL}}$ is the coefficient of friction of the pipe of

вентиляційних отворах або повітропроводі з урахуванням вторинного повітря; $\sum \zeta_{B,n}$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів подачі повітря для горіння або вентиляційних отворах (згідно з 5.11.3).

Для визначення коефіцієнта тертя у вентиляційних отворах або повітропроводі з урахуванням вторинного повітря ψ_{BNL} слід використовувати 5.10.3.3.

Швидкість повітря у вентиляційних отворах або повітропроводі з урахуванням вторинного повітря w_{BNL} обчислюється за формулою:

$$w_{BNL} = \frac{\beta \cdot \dot{m} + \dot{m}_{NL}}{A_B \cdot \rho_B}, \quad (53)$$

де: A_B – площа поперечного перетину вентиляційних отворів або повітропроводу (згідно з 5.11.3)

\dot{m} – масова витрата димових газів перед додаванням вторинного повітря, кг/с;

\dot{m}_{NL} – масова витрата вторинного повітря, кг/с;

β – відношення масової витрати горіння повітря до масової витрати димових газів (згідно з 5.11.3)

ρ_B – густина повітря для горіння й вторинного повітря (згідно з 5.11.3), кг/м³

6.4.2. Необхідна тяга для пристроїв подачі вторинного повітря (P_{NL})

Тягу, необхідну для регулятора тяги P_{NL} , обчислюють за формулою:

$$P_{NL} = a_0 + a_1 \cdot \dot{m}_{NL} + a_2 \cdot \dot{m}_{NL}^2 + S_E \cdot (1 + \zeta_{2-3}) \cdot \frac{\rho_M}{2} w_M^2, \quad \text{Па.} \quad (54)$$

Тягу, необхідну для пристрою відводу тяги P_{NL} обчислюють за формулою: P_{NL} shall be derived from the following formula:

$$P_{NL} = P_w \left(\frac{\dot{m}_{NL} + \dot{m}}{m} \right)^2, \quad \text{Па.} \quad (55)$$

де:

Where

a_0 – опорна величина регулятора тяги на вході, Па;

a_0 is the reference input value of the draught regulator, in Pa;

a_1 – власні значення пристроїв подачі вторинного повітря (регулятор тяги) (відповідно до таблиці В.7 додатка В), Па/(кг/с);

a_1 - is the characteristic value for secondary air devices (draught regulator) (see Table B.7), in Pa/(kg/s)

a_2 – власні значення пристроїв подачі вторинного повітря (регулятор тяги) (відповідно до таблиці В.7 додатка В), Па/(кг/с)²;

a_2 is the characteristic value for secondary air devices (draught regulator) (see Table B.7), in Pa/(kg/s)²;

\dot{m} – масова витрата димових газів;

\dot{m} is the flue gas mass flow;

\dot{m}_{NL} – масова витрата вторинного повітря, кг/с;

\dot{m}_{NL} is the secondary air mass flow, in kg/s;

P_w – мінімальна тяга для теплогенератора, Па

P_w is the minimum draught for the heating appliance, in Pa;

S_E – коефіцієнт безпеки потоку;

S_E is the flow safety coefficient;

w_M – швидкість суміші димових газів після додавання вторинного повітря, м/с;

w_M is the velocity of the flue gas mixture after admixture of secondary air, in m/s;

ρ_M – густина суміші димових газів після додавання вторинного повітря, кг/м³

ρ_M is the density of the flue gas mixture after admixture of secondary air, in kg/m³;

ζ_{2-3} – індивідуальний коефіцієнт опору для входу вторинного повітря (відповідно до № 5 таблиці В.7 додатка В).

ζ_{2-3} is the individual coefficient of resistance for secondary air inlet (see in Table B.7, № 5).

Опорне значення повітря пристрою подачі вторинного повітря a_0 визначається на підставі суми мінімальної або максимальної тяги для теплогенератора P_w або P_{wmax} і подачі димових газів до пристрою подачі вторинного повітря.

The reference input value of the secondary air device a_0 shall be derived from the sum of minimum or maximum draught for the heating appliance P_w or P_{wmax} and for the flue gas route to the secondary air device.

Для характеристики температури

For the check of the temperature requirements

застосовують формули:

$$\text{- для } P_W + P_{FV1} < 10 \quad a_0 = 10, \quad \text{Па.} \quad (56)$$

$$\text{- і для } P_W + P_{FV1} \geq 10 \quad a_0 = P_W + P_{FV1}, \quad \text{Па.} \quad (57)$$

Для перевірки характеристики тиску для максимальної тяги використовують формулу:

$$a_0 = P_{W_{\max}} + P_{FV1}, \quad \text{Па.} \quad (57a)$$

де:

P_{FV1} – фактичний аеродинамічний опір для даної ділянки з'єднувального димоходу перед регулятором тяги, Па;

P_W – мінімальна тяга для теплогенератора, Па;

$P_{W_{\max}}$ – максимальна тяга для теплогенератора, Па.

6.4.3 Аеродинамічний опір для заданої ділянки з'єднувального димоходу перед пристроєм вторинного повітря (P_{FV1})

Фактичний аеродинамічний опір для заданої ділянки з'єднувального димоходу перед регулятором тяги P_{FV1} визначається відповідно до 5.11.2.

Примітка. Якщо регулятор тяги розташований у димоході, секція димоходу до регулятора тяги може розглядатися як окрема ділянка з використанням даних, що стосуються даного димоходу. P_{FV1} для пристроїв відводу тяги повинно прийматись рівне 0.

6.4.4 Характеристики тиску при використанні вторинного повітря

Для кожної масової витрати вторинного повітря мінімальна тяга або максимально допустима тяга, що необхідна на вході димових газів в димохід P_{Ze} або $P_{Z_{\max}}$, визначається і дорівнює тязі в даній точці P_Z або $P_{Z_{\max}}$.

the following equation is valid:

For the check of the pressure requirement for maximum draught the following equation is valid:

Where

P_{FV1} is the effective pressure resistance for that part of the connecting flue pipe before the draught regulator, in Pa;

P_W is the minimum draught for the heating appliance, in Pa.

$P_{W_{\max}}$ is the maximum draught for the heating appliance, in Pa.

6.4.3 Pressure resistance for that part of the connecting flue pipe before the secondary air device (P_{FV1})

The effective pressure resistance for that part of the connecting flue pipe before the draught regulator P_{FV1} shall be determined in accordance with 5.11.2.

NOTE If the draught regulator is arranged in the chimney, the chimney section up to the draught regulator can be treated as a separate part using the data appropriate to the chimney. P_{FV1} shall be taken as 0 for a draught diverter.

6.4.4 Pressure requirement with secondary air

For each secondary air mass flow, the minimum draught required or the maximum allowed draught at the flue gas inlet into the chimney P_{Ze} or $P_{Z_{\max}}$ shall be determined and compared with the draught at this point P_Z or $P_{Z_{\max}}$.

For the check of the temperature requirements

Для характеристики температур the following equation shall be fulfilled:
застосовують формулу:

$$P_Z = P_H - P_R - P_L \geq P_{BNL} + P_{NL} + P_{FV2} = P_{Ze}, \quad \text{Па} \quad (58)$$

Для характеристики тиску для максимальної тяги застосовують формулу: For the check of the pressure requirement for maximum draught the following equation shall be fulfilled:

$$P_{Zmax} = P_H - P_R \leq P_{BNL} + P_{NL} + P_{FV2} = P_{Zemax}, \quad \text{Па} \quad (58a)$$

де:

P_{BNL} – тяга, що необхідна для подачі повітря із вторинним повітрям, Па;

P_{FV2} – фактичний аеродинамічний опір для даної ділянки з'єднаної труби після регулятора тяги або після регулятора тяги або пристрою відводу тяги, Па;

P_H – теоретична тяга, що виникає внаслідок ефекту димоходу, Па;

P_L – динамічний тиск повітря, Па;

P_{NL} – тяга, що необхідна для регулятора тяги або пристрій відводу тяги, Па

P_R – аеродинамічний опір димоходу, Па.

Where

P_{BNL} is the draught required for air supply with secondary air, in Pa;

P_{FV2} is the effective pressure resistance for that part of the connecting flue pipe after the draught regulator or after the draught diverter, in Pa;

P_H is the theoretical draught available due to chimney effect, in Pa;

P_L is the wind velocity pressure, in Pa;

P_{NL} is the draught required for the draught regulator or the draught diverter, in Pa;

P_R is the pressure resistance of the chimney, in Pa.

Примітка. Значення P_H та P_R у формулах (58), (58a) можуть відрізнятися через різні умови.

NOTE The values of P_H and P_R in Equations (58) and (58a) may be different because the conditions may be different.

Для регулятора тяги, розташованого в димоході над точкою входу димових газів, необхідно перевірити тиск після регулятора тяги.

For a draught regulator which is located in the chimney above the flue gas inlet, the pressure requirement after the draught regulator shall be proven.

6.5 Температурні вимоги при використанні вторинного повітря

6.5 Temperature requirement with secondary air

Температурні вимоги на виході димоходу слід перевірити відповідно до 5.8 і 5.12 з урахуванням фізичних характеристик димових газів - вторинної повітряної суміші.

The temperature requirement at the chimney outlet shall be proven in accordance with 5.8 and 5.12 with the physical properties of the flue gas-secondary air mixture.

7 МЕТОД РОЗРАХУНКУ ДЛЯ ЗБАЛАНСОВАНИХ ДИМОХОДІВ

7 Calculation method for balanced flue chimneys

7.1 Загальні положення

Розрахунок внутрішніх розмірів (площі перетину) димоходів з розрідженням ґрунтується на наступних чотирьох критеріях:

- мінімальна тяга в точці входу димових газів в димохід повинна дорівнювати або бути більшою за мінімальну тягу необхідну в точці входу димових газів в димохід;
- мінімальна тяга в точці входу димових газів в димохід повинна дорівнювати або бути більшою за фактичний аеродинамічний опір на виході шахти повітропроводу ;
- максимальна тяга в точці входу димових газів в димохід повинна дорівнювати або бути меншою за максимально допустиму тягу в точці входу димових газів в димохід
- температура внутрішньої стінки на виході димоходу повинна дорівнювати або бути більшою за температурну межу.

Розрахунок внутрішніх розмірів (площі перетину) димоходів з надлишковим тиском ґрунтується на наступних чотирьох критеріях:

- максимальний надлишковий тиск в точці входу димових газів в димохід повинен дорівнювати або бути більшим за максимальний перепад тиску в точці входу димових газів в димохід;
- максимальний надлишковий тиск у з'єднувальному елементі й у димоході не повинен перевищувати різницю між надлишковим тиском і тиском оточуючого припливного повітря;
- мінімальний надлишковий тиск в точці

7.1 General principles

The calculation of inside dimensions (cross section) of negative pressure chimneys is based on the following four criteria:

- the minimum draught at the flue gas inlet into the chimney shall be equal to or greater than the minimum draught required at the flue gas inlet into the chimney;
- the minimum draught at the flue gas inlet to the chimney shall be equal to or greater than the effective pressure resistance at the outlet of the air supply duct;
- the maximum draught at the flue gas inlet into the chimney shall be equal to or less than the maximum allowed draught at the flue gas inlet into the chimney.
- the temperature of the inner wall at the outlet of the chimney shall be equal to or greater than the temperature limit.

The calculation of inside dimensions (cross section) of positive pressure is based on the following four criteria:

- the maximum positive pressure at the flue gas inlet into the chimney shall be equal or less than the maximum differential pressure at the flue gas inlet into the chimney;
- the maximum positive pressure in the connecting flue pipe and in the chimney shall not be higher than the difference between the excess pressure for which both are designated and the pressure of surrounding supply air;
- the minimum positive pressure at the flue gas

входу димових газів в димохід повинен дорівнювати або бути більшим за мінімальний перепад тиску в точці входу димових газів в димохід;

– температура внутрішньої стінки на виході димоходу повинна дорівнювати або бути більшою, ніж температурна межа.

Примітка. Характеристики тиску для максимальної тяги чи мінімального надлишкового тиску - необхідні, у разі існування межі максимальної тяги для теплогенератора з розрідженням або мінімальний перепад тиску теплогенератора з надлишковим тиском.

Для перевірки критеріїв, використовуються два види зовнішніх умов:

– розрахунок мінімальної тяги та максимального надлишкового тиску здійснюється за умов, що потужність димоходу є мінімальною (тобто висока зовнішня температура); а також

– розрахунок максимальної тяги і мінімального надлишкового тиску та температури внутрішньої стінки за умов, що внутрішня температура димоходу є мінімальною (тобто низька зовнішня температура).

Для проведення розрахунку, збалансований димохід та повітропровід необхідно розділити на ділянки N_{seg} однакової довжини, максимальна довжина 0,5 м. Якщо термічний опір між димоходом (димохідною шахтою) і повітропроводом більший ніж $0,65 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, тоді поділ на ділянки не потрібний ($N_{seg} = 1$).

З'єднувальний димохід та повітропровід розділяються на $N_{seg}V$ з'єднувальні ділянки димоходу однакової довжини 0,5 м. Якщо

inlet into the chimney shall be equal or greater than the minimum differential pressure at the flue gas inlet into the chimney;

– the temperature of the inner wall at the outlet of the chimney shall be equal to greater than the temperature limit.

NOTE The pressure requirements for maximum draught or minimum positive pressure are only required if there is a limit for the maximum draught for the negative pressure heating appliance or a minimum differential pressure of the positive pressure heating appliance.

In order to verify the criteria two sets of external conditions are used:

– the calculation of the minimum draught and maximum positive pressure is made with conditions for which the capacity of the chimney is minimal (i.e. high outside temperature); and also

– the calculation of the maximum draught and minimum positive pressure and of the inner wall temperature with conditions for which the inside temperature of the chimney is minimal (i.e. low outside temperature).

For the calculation, a balanced flue chimney and its air supply duct shall be divided into N_{seg} chimney segments of equal lengths each with a maximum length of 0,5 m. When the thermal resistance between the chimney (flue duct) and the air supply duct is higher than $0,65 \text{ m}^2 \text{K}/\text{W}$ then they need not to be divided into segments ($N_{seg} = 1$).

The connecting flue pipe and the connecting air supply pipe shall be divided into $N_{seg}V$ connecting flue pipe segments of equal lengths

термічний опір між з'єднувальним димоходом та повітропроводом більший ніж $0,65 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, тоді поділ на ділянки не потрібний ($N_{segV}=1$).

7.2 Вимоги тиску

Слід перевірити співвідношення (1), (2a) та (59), для димоходів з розрідженням (3), (5a), (60) та (61) для димоходів із надлишковим тиском, в усіх можливих умовах роботи.

$$P_Z \geq P_{RB} + P_{HB}, \quad \text{Па.} \quad (59)$$

$$P_{ZO} \leq P_{Z_{excess}} - (P_{RB} + P_{HB}), \quad \text{Па.} \quad (60)$$

$$P_{ZO} + P_{FV} \leq P_{ZV_{excess}} - P_B, \quad \text{Па.} \quad (61)$$

де:

P_Z – тяга на вході димових газів в димохід, Па;

P_{ZO} – надлишковий тиск в точці входу димових газів у димохід, Па;

P_{RB} – аеродинамічний опір в шахті повітропроводу, Па;

P_{HB} – теоретична тяга, що виникає внаслідок ефекту шахти повітропроводу, Па;

P_{FV} – фактичний аеродинамічний опір з'єднувального димоходу, Па;

$P_{Z_{excess}}$ – максимально припустимий тиск для з'єднувального димоходу, Па

$P_{ZV_{excess}}$ – максимально припустимий тиск для з'єднувального димоходу, Па

Аеродинамічний опір для припливного повітря P_B обчислюється за формулою:

$$P_B = P_{RB} + P_{HB} + P_{RBV} + P_{HBV}, \quad \text{Па.} \quad (62)$$

де:

each with a maximum length of 0,5 m. When the thermal resistance between the connecting flue pipe and the connecting air supply pipe is higher than $0,65 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{W}$ then the configuration need not to be divided into segments ($N_{segV}=1$).

7.2 Pressure requirements

The relationships (1), (2a) and (59), for negative pressure chimneys or (3), (5a), (60) and (61) for positive pressure chimneys shall be verified for all relevant operating conditions.

where

P_Z is the draught at the flue gas inlet into the chimney, in Pa;

P_{ZO} is the positive pressure at the flue gas inlet into the chimney, in Pa;

P_{RB} is the pressure resistance of the air supply duct, in Pa;

P_{HB} is the theoretical draught available due to chimney effect of the air supply duct, in Pa;

P_{FV} is the effective pressure resistance of the connecting flue pipe, in Pa;

$P_{Z_{excess}}$ is the maximum allowed pressure from the designation of the chimney, in Pa;

$P_{ZV_{excess}}$ is the maximum allowed pressure from the designation of the connecting flue pipe, in Pa.

The pressure resistance for the air supply P_B shall be calculated using the following equation:

where

P_B – фактичний аеродинамічний опір постачання повітря, Па;

P_{RB} – аеродинамічний опір повітропроводу, Па;

P_{HB} – теоретична тяга, що виникає внаслідок ефекту шахти повітропроводу, Па;

P_{RB} – аеродинамічний опір в шахті повітропроводу, Па;

P_{HBV} – теоретична тяга, що виникає внаслідок ефекту димоходу з'єднувального повітропроводу, Па.

7.3 Температурні вимоги

Необхідно перевірити співвідношення (6) та (7).

7.4 Методика розрахунку

Для розрахунку значень тиску й температури у формулах (1),(2a),(3),(5a),(6),(59),(60) та (61) значення параметрів димових газів отримуються відповідно до 5.5. Дані, зазначені в 7.6, необхідно отримати для димоходу, з'єднувального димоходу, з'єднувальної труби, шахти повітропроводу. Для нових димоходів, необхідно використовувати попереднє орієнтовне значення розміру димоходу.

У 7.7 до 7.11 надаються розрахунки, необхідні для проведення остаточних термодинамічних і аеродинамічних розрахунків димоходу. У 7.7 формули використовуються для розрахунку основних даних, необхідних для подальших розрахунків.

У 5.5.3 і 7.8 наведено формули для розрахунків основних температур. Формула густини димових газів і його швидкості

P_B is the effective pressure resistance of air supply, in Pa;

P_{RB} is the pressure resistance of the air supply duct, in Pa;

P_{HB} is the theoretical draught available due to chimney effect of the air supply duct, in Pa;

P_{RBV} is the pressure resistance of the connecting air supply pipe, in Pa;

P_{HBV} is the theoretical draught available due to chimney effect of the connecting air supply pipe, in Pa.

7.3 Temperature requirements

The relationships (6) and (7) shall be verified.

7.4 Calculation procedure

For the calculation of the pressure and temperature values for the relationships of equations (1),(2a),(3),(5a),(6),(59),(60) and (61) the values of the flue gas data, characterised according to 5.5 shall be obtained for the appliance. The data specified in 7.6 shall be obtained for the chimney, the connecting flue pipe, the air supply duct and connecting air supply pipe. For new built chimneys, a pre-estimated value for the flue size should be used.

7.7 to 7.11 provide calculations needed to finalise the chimney thermal and fluid dynamic calculations. In 7.7 the equations provide the calculation of the basic data which are needed for further calculation.

The equations for the calculations of the relevant temperatures are compiled in 5.5.3 and 7.8. The equations for the density of the flue gas and its

наведена в 7.9.

Методика, зазначена в 7.10 і 7.11, використовується для визначення вимог щодо тиску. Методика, зазначена в 7.12, застосовується для визначення характеристики температури.

Визначення тиску й характеристики температури виконуються двічі:

- для умовної теплопродуктивності теплогенератора;
- для найменшого значення теплопродуктивності, що зазначається виробником теплогенератора.

7.5 Параметри димових газів, що характеризують теплогенератор

Параметри димових газів теплогенератора, розраховуються згідно з 5.5.

7.6 Основні дані для розрахунку

Основні дані розраховуються згідно з 5.6.

Еквівалентна шорсткість шахти повітропроводу r_B та з'єднувального повітропроводу r_{BV} зазначається виробником продукту. Середні значення шорсткості використовуваних матеріалів перераховані в таблиці В.4 додатку В.

Термічний опір шахти повітропроводу $(1/\Lambda)_B$ та з'єднувального повітропроводу $(1/\Lambda)_{BV}$ вказано у 5.6.3. У формулі (10) D_h - еквівалентний діаметр внутрішньої поверхні шахти повітропроводу D_{hiB} або з'єднувального повітропроводу D_{hiBV} .

7.7 Основні значення для розрахунку

velocity are compiled in 7.9.

The procedure in 7.10 and 7.11 shall be used to validate the pressure requirement. The procedure in 7.12 shall be used to validate the temperature requirement.

The validation for pressure and temperature requirement shall be conducted twice:

- for the nominal heat output of the heating appliance and
- for the lowest value of the heat output range which is indicated by the manufacturer of the heating appliance.

7.5 Flue gas data characterising the heating appliance

The flue gas data characterizing the heating appliance shall be calculated in accordance with 5.5.

7.6 Characteristic data for the calculation

The characteristic data shall be calculated in accordance with 5.6.

The mean value for roughness of the air supply duct r_B and the connecting air supply pipe r_{BV} should be obtained from the product manufacturer. The mean values of roughness of materials normally used are listed in Table B.4.

The thermal resistance of the air supply duct $(1/\Lambda)_B$ and the connecting air supply pipe $(1/\Lambda)_{BV}$ can be determined as described in 5.6.3 for chimneys. In Equation (10) D_h is the hydraulic diameter of the inside of the air supply duct D_{hiB} or of the connecting air supply pipe D_{hiBV} .

7.7 Basic values for the calculation

7.7.1 Температури повітря

7.7.1 Air temperatures

7.7.1.1 Загальні положення

7.7.1.1 General

Для димоходів, що проходять крізь нагріті ділянки, слід визначити різницю між температурою зовнішнього повітря й температурою оточуючого повітря.

A differentiation shall be made between the external air temperature and the ambient air temperatures for chimneys which pass through heated areas.

7.7.1.2 Температура зовнішнього повітря (T_L)

7.7.1.2 External air temperature (T_L)

Аеродинамічний опір слід розглядати як температуру зовнішнього повітря T_L для опалювальних систем і визначати з використанням:

To check that the pressure requirement has been met the external air temperature T_L for heating systems is normally calculated using:

$T_L = 288,15 \text{ K}$ ($t_L = 15 \text{ °C}$) для розрахунку мінімальної тяги чи максимального надлишкового тиску при надходженні димових газів в димохід;

$T_L = 288,15 \text{ K}$ ($t_L = 15 \text{ °C}$) for the calculation of minimum draught or maximum positive pressure at the flue gas inlet into the chimney.

$T_L = 258,15 \text{ K}$ ($t_L = 15 \text{ °C}$) для розрахунку максимальної тяги чи мінімального надлишкового тиску при надходженні димових газів в димохід.

$T_L = 258,15 \text{ K}$ ($t_L = 15 \text{ °C}$) for the calculation of maximum draught or minimum positive pressure at the flue gas inlet into the chimney.

Інші значення для T_L можуть використовуватися на підставі затверджених національних даних.

Other values for T_L may be used based on national accepted data.

7.7.1.3 Температура оточуючого повітря (T_u)

7.7.1.3 Ambient air temperature (T_u)

Для перевірки відповідності тиску мінімальної тяги чи максимального надлишкового тиску, значення температури оточуючого повітря повинно становити $T_u = T_L$. Для перевірки відповідності тиску та мінімального надлишкового тиску і відповідності температури, використовуються нижче зазначені показники температури оточуючого повітря T_u :

To check that the pressure requirement for the minimum draught or maximum positive pressure has been met the ambient air temperature $T_u = T_L$ shall be used. To check that the pressure requirement for the maximum draught or minimum positive pressure and the temperature requirement have been met the following values for ambient air temperatures T_u shall be used:

$$T_{uo} = T_L \quad (t_{uo} = t_L)$$

$$T_{ub} = 288,15 \text{ K} \quad (t_{ub} = 15 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$T_{uh} = 293,15 \text{ K} \quad (t_{uh} = 20 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$T_{ul} = T_{uo} \quad (t_{ul} = t_{uo})$$

$$T_{uu} = 273,15 \text{ K} \quad (t_{uu} = 0 \text{ }^\circ\text{C})$$

Інші значення для T_{uo} можливо використовувати на підставі затверджених національних даних.

де:

T_{uo} – температура оточуючого повітря на виході димоходу, К;

T_{ub} – температура оточуючого повітря котельні, К;

T_{uh} – температура оточуючого повітря в опалювальних приміщеннях, К;

T_{ul} – температура оточуючого повітря для ділянок прилеглих до будівлі, К;

T_{uu} – температура оточуючого повітря не опалювальних ділянок усередині будинку, К;

7.7.2 Тиск зовнішнього повітря (p_L)

Інші значення розраховуються згідно з 5.7.2 до 5.7.6 та 5.7.8.

7.8 Визначення температур

7.8.1 Неконцентричні (окремі) димоходи

Якщо термічний опір між димохідною шахтою та шахтою повітропроводу більший ніж $0,65 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$, визначення температур димових газів для окремих шахт проводиться згідно таблиці 5. Температура припливного повітря і температура усередині повітряних шахт має бути однаковою з температурою зовнішнього повітря.

В іншому випадку, визначення температур розраховується, згідно з 7.8.2 або 7.8.3.

Where

T_{uo} is the ambient air temperature at the chimney outlet, in K;

T_{ub} is the ambient air temperature for boiler room, in K;

T_{uh} is the ambient air temperature for heated areas, in K;

T_{ul} is the ambient air temperature for areas external to the building, in K;

T_{uu} is the ambient air temperature for unheated areas inside the building, in K;

7.7.2 External air pressure (p_L)

Other basic values shall be calculated in accordance with 5.7.2 to 5.7.6 and 5.7.8.

7.8 Determination of the temperatures

7.8.1 Non-concentric (separate) ducts

When the thermal resistance between the flue duct and the air supply duct is higher than $0,65 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ the determination of the temperatures of the flue gas for separate ducts shall be calculated according to Clause 5. The temperature of the supply air within the air ducts shall be taken equal to the external air temperature.

Otherwise the determination of the temperatures shall be undertaken in a similar way as described in 7.8.2 or 7.8.3.

7.8.2 Концентричні димоходи – розрахунок ґрунтується на поправковому коефіцієнті для теплового випромінювання

7.8.2.1 Загальні положення

Для визначення характеристик тиску для концентричних димоходів, використовується розрахунок при температурній рівновазі.

Для розрахунку значень температури в концентричному димоході слід використовувати ітераційний метод.

Рекомендується розпочати розрахунок з першої ділянки з'єднувального елемента $j = 1$, використовуючи попереднє орієнтовне значення для температури припливного повітря на виході концентричного повітропроводу $T_{обV,1}$.

Тоді $T_{обV,1}$ визначається повторно, використовуючи формулу наведену у 7.8.2, поки визначаються наступні умови:

$$\left| T_{еB,Nseg} - T_L \right| \leq \varepsilon, \quad \text{К} \quad (63)$$

де:

$T_{обV,1}$ – температура припливного повітря на виході ділянки 1 з'єднувального повітропроводу, К;

$T_{еB,Nseg}$ – температура припливного повітря на вході ділянки димоходу $Nseg$, К;

T_L – температура зовнішнього повітря, К;

T_{uo} – температура оточуючого повітря на виході димоходу, К;

$Nseg$ – кількість ділянок димоходу, які використовуються у розрахунку;

ε – максимальна похибка у К і може припускатися ≤ 1 К.

7.8.2.2 Температури у з'єднувальних

7.8.2 Concentric ducts – calculation based on a correction factor for heat radiation

7.8.2.1 General

For concentric ducts, also the values to satisfy the pressure requirements shall be used for calculating for temperature equilibrium.

For the calculation of the temperature values in a concentric duct an iterative procedure is necessary.

It is recommended to start the calculation at the first connecting flue pipe segment $j = 1$ using a pre-estimated value for the temperature of the supply air at the outlet of the concentric connecting air supply pipe $T_{обV,1}$.

Then $T_{обV,1}$ shall be searched iteratively using the equations in 7.8.2 until the following conditions are fulfilled:

where

$T_{обV,1}$ is the temperature of the supply air at the outlet of the connecting air supply pipe segment 1, in K;

$T_{еB,Nseg}$ is the temperature of the supply air at the inlet of the chimney segment $Nseg$, in K;

T_L is the temperature of the external air, in K;

T_{uo} is the ambient air temperature at the chimney outlet, in K;

$Nseg$ is the number of chimney segments used in the calculation;

ε is the maximal convergence error in K and shall be taken as ≤ 1 K.

7.8.2.2 Temperatures in the connecting flue pipe

елементах та ділянках повітропроводу

and connecting air supply pipe segments

Якщо термічний опір між з'єднувальними елементами та ділянками з'єднувального повітропроводу більший ніж $0,65 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$, тоді температури розраховуються згідно з таблицею 5. Враховується попереднє значення температури припливного повітря на початку ділянки з'єднувального повітропроводу $j = N_{\text{segV}} T_{\text{eB},N_{\text{segV}}}$ замість температури на кінці ділянки з'єднувального повітропроводу $j = 1 T_{\text{oB},1}$ (згідно з 7.8.2.1).

When the thermal resistance between the connecting flue pipe and the connecting air supply pipe is higher than $0,65 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ then the temperatures in the connecting flue pipe and the connecting air supply pipe shall be calculated in accordance to Clause 5. Then the temperature of the supply air at the beginning of the connecting air supply pipe segment $j = N_{\text{segV}} T_{\text{eB},N_{\text{segV}}}$ has to be pre-estimated instead of the temperature at the end of the connecting air supply pipe segment $j = 1 T_{\text{oB},1}$ (see 7.8.2.1).

В іншому випадку, визначення температур з'єднувального елемента розраховується наступним чином:

Otherwise the determination of the temperatures in the connecting flue pipe and in the connecting air supply pipe shall be undertaken as follows:

Температура димових газів на вході ділянки з'єднувального елемента, тобто на початку першої ділянки з'єднувального елемента $j = 1 T_{\text{eV},1}$:

The flue gas temperature at the connecting flue pipe inlet, that means the beginning of the first connecting flue pipe segment $j = 1 T_{\text{eV},1}$ is:

$$T_{\text{eV},1} = T_{\text{W}} \quad , \quad \text{K.} \quad (64)$$

Температура димових газів на початку ділянки з'єднувального елемента $j > 1 T_{\text{e},j}$:

The flue gas temperature at the beginning of the connecting flue pipe segments $j > 1 T_{\text{e},j}$ is:

$$T_{\text{eV},j} = T_{\text{oV},j-1} \quad , \quad \text{K.} \quad (65)$$

де:

Where

$T_{\text{eV},j}$ – температура димових газів на початку ділянки з'єднувального елемента j , К;

$T_{\text{eV},j}$ is the temperature of the flue gas at the beginning of the connecting flue pipe segment j , in K;

T_{W} – температура димових газів на виході теплогенератора, К;

T_{W} is the temperature of the flue gas at the outlet of the appliance, in K;

$T_{\text{oV},j}$ – температура димових газів на кінці ділянки з'єднувального елемента j , К.

$T_{\text{oV},j}$ is the temperature of the flue gas at the end of the connecting flue pipe segment j , in K.

Має враховуватися попереднє значення температури припливного повітря на кінці

The temperature of the supply air at the end of the connecting air supply segment $j = 1 T_{\text{oB},1}$ has

ділянки з'єднувального елемента $j=1$ $T_{oB,1}$ to be pre-estimated (see 7.8.2.1).
(згідно з 7.8.2.1).

Примітка 1. Також мають враховуватися характеристики температури димоходу, температура припливного повітря на кінці ділянки з'єднувального повітропроводу $j = 1$ $T_{oBV,1}$ якщо виробником надана максимальна температура повітря на вході теплогенератора.

Температура припливного повітря на кінці ділянок з'єднувального повітропроводу повітря $j > 1$ $T_{oB,j}$

$$T_{oBV,j} = T_{eBV,j-1}, \quad \text{K.} \quad (66)$$

де:

$T_{oB,j}$ – температура припливного повітря на кінці ділянки з'єднувального повітропроводу j , K;

$T_{eV,j}$ – температура припливного повітря на початку ділянки з'єднувального повітропроводу j , K.

Температура димових газів на кінці ділянки концентричного з'єднувального димоходу j $T_{oV,j}$ обчислюється за формулою:

$$T_{oV,j} = \frac{(2 - K_{V,j}) \cdot (2 - K_{BV,j}) \cdot T_{eV,j} + 2 \cdot K_{V,j} \cdot (E_{V,j} \cdot T_{eV,j} - 2 \cdot T_{oBV,j} + K_{BV,j} \cdot T_{uV,j})}{(2 + K_{V,j}) \cdot (2 - K_{VB,j}) - 2 \cdot K_{V,j} \cdot E_{V,j}}, \quad \text{K} \quad (67)$$

$$\text{разом з} \quad E_{V,j} = \frac{\dot{m} \cdot c_{pV,j}}{\dot{m}_B \cdot c_{pBV,j}}, \quad (68)$$

де:

$T_{oV,j}$ – температура димових газів на кінці ділянки з'єднувального димоходу j , K;

$T_{eV,j}$ – температура димових газів на початку ділянки з'єднувального димоходу j , K;

$T_{oBV,j}$ – температура припливного повітря на

NOTE 1 In addition to checking the temperature requirement of the chimney, a check of the supply air temperature at the end of the connecting air supply pipe segment $j = 1$ $T_{oBV,1}$ may also be undertaken if there exists a maximum air inlet temperature for the heating appliance given by the manufacturer.

The temperature of the supply air at the end of connecting air supply pipe segments $j > 1$ $T_{oB,j}$

where

$T_{oB,j}$ is the temperature of the supply air at the end of connecting air supply pipe segment j , in K;

$T_{eV,j}$ is the temperature of the supply air at the beginning of connecting air supply pipe segment j , in K.

The flue gas temperature at the end of the concentric connecting flue pipe segment j $T_{oV,j}$ shall be calculated using the following equation:

where

$T_{oV,j}$ is the temperature of the flue gas at the end of connection flue pipe segment j , in K;

$T_{eV,j}$ is the temperature of the flue gas at the beginning of connecting flue pipe segment j , in K;

$T_{oBV,j}$ is the temperature of the supply air at the

кінці ділянки з'єднувального повітропроводу j , К;	end of the connecting air supply pipe segment j , in K;
$T_{uv,j}$ – температура оточуючого повітря на ділянці з'єднувального димоходу j , К;	$T_{uv,j}$ is the temperature of the ambient air of the connecting flue pipe segment j , in K;
$K_{v,j}$ – коефіцієнт охолодження ділянки з'єднувального димоходу j , К;	$K_{v,j}$ is the coefficient of cooling of connecting flue pipe segment j , in K;
$K_{BV,j}$ – коефіцієнт охолодження ділянки з'єднувального повітропроводу j , К;	$K_{BV,j}$ is the coefficient of cooling of the connecting air supply pipe segment j , in K;
\dot{m} – масова втрата димових газів, К;	\dot{m} is the mass flow of the flue gas, in K;
$c_{pV,j}$ – питома теплоємність димових газів на ділянці з'єднувального димоходу j , К;	$c_{pV,j}$ is the specific heat capacity of the flue gas in connecting flue pipe segment j , in K;
\dot{m}_B – масова втрата припливного повітря, К;	\dot{m}_B is the mass flow of the supply air, in K;
$c_{pBV,j}$ – питома теплоємність припливного повітря на ділянці з'єднувального повітропроводу j , К;	$c_{pBV,j}$ is the specific heat capacity of the supply air in connecting air supply pipe segment j , in K;
$E_{v,j}$ – теплоємність потоків між димовими газами та повітрям для горіння на ділянці з'єднувального димоходу j , К;	$E_{v,j}$ is the heat flux ratio between the flue gas and the combustion air in the connecting flue pipe segment j , in K;
Температура припливного повітря на початку ділянки з'єднувального повітропроводу j $T_{eBV,j}$ обчислюється за формулою:	The supply air temperature at the beginning of the concentric connecting air supply pipe segment j $T_{eBV,j}$ shall be calculated using following equation:

$$T_{eBV,j} = T_{eV,j} + T_{oV,j} - T_{oBV,j} - \frac{2}{K_{v,j}} (T_{eV,j} - T_{oV,j}), \quad \text{К.} \quad (69)$$

де:	where
$T_{eBV,j}$ – температура припливного повітря на початку ділянки з'єднувального повітропроводу j , К;	$T_{eBV,j}$ is the temperature of the supply air at the beginning of connecting air supply pipe segment j , in K;
$T_{eV,j}$ – температура димових газів на початку ділянки з'єднувального димоходу j , К;	$T_{eV,j}$ is the temperature of the flue gas at the beginning of connecting flue pipe segment j , in K;
$T_{oV,j}$ – температура димових газів на кінці ділянки з'єднувального димоходу j , К;	$T_{oV,j}$ is the temperature of the flue gas at the end of the flue of the connecting flue pipe segment j , in K;
$T_{oBV,j}$ – температура подачі повітря на кінці	$T_{oBV,j}$ is the temperature of the supply air at the

ділянки з'єднувального повітропроводу j , К;

end of connecting air supply pipe segment j ,

in K;

$K_{V,j}$ – коефіцієнт охолодження димоходу ділянки з'єднувального димоходу j , К.

$K_{V,j}$ is the coefficient of cooling of the flue of connecting flue pipe segment j , in K.

Примітка 2. Формули наведені вище визначають, що теплообмін може приблизно розраховуватися різницею у значеннях температур.

NOTE 2 The equations above are derived assuming that the heat exchange can be approximately calculated from the difference in mean temperatures.

Температура димових газів стосовно довжини ділянки концентричного з'єднувального димоходу j $T_{mV,j}$ обчислюється за формулою:

The temperature of the flue gas averaged over the length of the concentric connecting flue pipe segment j $T_{mV,j}$ shall be calculated using the following equation:

$$T_{mV,j} = \frac{T_{eV,j} + T_{oV,j}}{2}, \quad \text{К.} \quad (70)$$

де:

where

$T_{mV,j}$ – температура димових газів по всій довжині ділянки концентричного з'єднувального димоходу j , К;

$T_{mV,j}$ is the temperature of the flue gas averaged over the length of the connecting flue pipe segment j , in K;

$T_{eV,j}$ – температура димових газів на початку ділянки з'єднувального димоходу j , К;

$T_{eV,j}$ is the temperature of the flue gas at the beginning of the connecting flue pipe segment j , in K;

$T_{oV,j}$ – температура димових газів в кінці ділянки з'єднувального димоходу j , К;

$T_{oV,j}$ is the temperature of the flue gas at the end of the connecting flue pipe segment j , in K;

Температура припливного повітря по всій довжині ділянки концентричного з'єднувального повітропроводу j $T_{mBV,j}$ обчислюється за формулою:

The temperature of the supply air averaged over the length of the concentric connecting air supply pipe segment j $T_{mBV,j}$ shall be calculated using the following equation:

$$T_{mBV,j} = \frac{T_{eBV,j} + T_{oBV,j}}{2}, \quad \text{К.} \quad (71)$$

де:

where

$T_{mBV,j}$ – температура припливного повітря по всій довжині ділянки концентричного з'єднувального повітропроводу j , К;

$T_{mBV,j}$ is the temperature of the supply air averaged over the length of the connecting air supply pipe segment j , in K;

$T_{eBV,j}$ – температура ділянки повітря на початку ділянки з'єднувального повітропроводу j , К;

$T_{eBV,j}$ is the temperature of the supply air at the beginning of connecting air supply pipe segment j , in K;

$T_{oBV,j}$ – температура припливного повітря на

$T_{oBV,j}$ is the temperature of the supply air at the

кінці ділянки з'єднувального повітропроводу j , у К.

7.8.2.3 Температури у димоході та на ділянках повітропроводу

Температура димових газів на вході димоходу, тобто на початку першої ділянки димоходу $j=1$ $T_{e,1}$:

$$T_{e,1} = T_{oV,NsegV}, \quad \text{К. (72)}$$

Температура димових газів на початку ділянки димоходу $j > 1$ $T_{e,j}$:

$$T_{e,j} = T_{o,j-1}, \quad \text{К. (73)}$$

де:

$T_{e,j}$ – температура димових газів на початку ділянки димоходу j , К;

$T_{oV,NsegV}$ – температура димових газів в кінці ділянки з'єднувального димоходу $NsegV$, К;

$T_{o,j}$ – температура димових газів в кінці ділянки димоходу j , К.

Температура припливного повітря на кінці ділянки повітропроводу $j = 1$ $T_{oB,1}$:

$$T_{oB,1} = T_{eBV,NsegV}, \quad \text{К. (74)}$$

Температура припливного повітря в кінці ділянки повітропроводу $j > 1$ $T_{oB,j}$:

$$T_{oB,j} = T_{eB,j-1}, \quad \text{К. (75)}$$

де:

$T_{oB,j}$ – температура подачі припливного повітря на кінці ділянки повітропроводу j , К;

$T_{eBV,NsegV}$ – температура припливного повітря на початку ділянки з'єднувального димоходу $NsegV$, К;

$T_{eB,j}$ – температура припливного повітря на початку ділянки подачі повітря j , К.

end of connecting air supply pipe segment j , in К.

7.8.2.3 Temperatures in the chimney and air supply duct segments

The flue gas temperature at the chimney inlet, that means the beginning of the first chimney segment $j=1$ $T_{e,1}$ is:

$$T_{e,1} = T_{oV,NsegV}, \quad \text{К. (72)}$$

The flue gas temperature at the beginning of the chimney segments $j > 1$ $T_{e,j}$ is:

$$T_{e,j} = T_{o,j-1}, \quad \text{К. (73)}$$

where

$T_{e,j}$ is the temperature of the flue gas at the beginning of the chimney segment j , in К;

$T_{oV,NsegV}$ is the temperature of the flue gas at the end of the connecting flue pipe segment $NsegV$, in К;

$T_{o,j}$ is the temperature of the flue gas at the end of the chimney segment j , in К.

The temperature of the supply air at the end of the air supply duct segment $j = 1$ $T_{oB,1}$ is:

$$T_{oB,1} = T_{eBV,NsegV}, \quad \text{К. (74)}$$

The temperature of the supply air at the end of air supply duct segments $j > 1$ $T_{oB,j}$ is:

$$T_{oB,j} = T_{eB,j-1}, \quad \text{К. (75)}$$

where

$T_{oB,j}$ is the temperature of the supply air at the end of the air supply duct segment j , in К;

$T_{eBV,NsegV}$ is the temperature of the supply air at the beginning of the connecting air supply pipe segment $NsegV$, in К;

$T_{eB,j}$ is the temperature of the supply air at the beginning of the air supply segment j , in К

Температура димових газів в кінці ділянки концентричного димоходу j $T_{o,j}$ обчислюється за формулою:

The flue gas temperature at the end of the concentric chimney segment j $T_{o,j}$ shall be calculated using the following equation:

$$T_{o,j} = \frac{(2 - K_{,j}) \cdot (2 - K_{B,j}) \cdot T_{e,j} + 2 \cdot K_{,j} \cdot (E_{,j} \cdot T_{e,j} - 2 \cdot T_{oB,j} + K_{B,j} \cdot T_{u,j})}{(2 + K_{,j}) \cdot (2 - K_{B,j}) - 2 \cdot K_{,j} \cdot E_{,j}}, \quad \text{К} \quad (76)$$

разом з
$$E_{,j} = \frac{\dot{m} \cdot c_{p,j}}{\dot{m}_B \cdot c_{pB,j}}, \quad (77)$$

де:

where

$T_{o,j}$ – температура димових газів в кінці ділянки j димоходу, К;

$T_{o,j}$ is the temperature of the flue gas at the end of the chimney segment j , in K;

$T_{e,j}$ – температура димових газів на початку ділянки j димоходу, К;

$T_{e,j}$ is the temperature of the flue gas at the beginning of the chimney segment j , in K;

$T_{oB,j}$ – температура припливного повітря на початку ділянки j повітропроводу, К;

$T_{oB,j}$ is the temperature of the supply air at the end of air supply duct segment j , in K;

$T_{u,j}$ – температура оточуючого повітря ділянки димоходу j , К;

$T_{u,j}$ is the ambient air temperature of the chimney segment j , in K;

$K_{,j}$ – коефіцієнт охолодження j ділянки шахти димоходу;

$K_{,j}$ is the coefficient of cooling of the flue duct of the chimney segment j ;

$K_{B,j}$ – коефіцієнт охолодження ділянки j повітропроводу;

$K_{B,j}$ is the coefficient of cooling of the air supply duct of the air supply duct segment j ;

\dot{m} – масова витрата димових газів, кг/с;

\dot{m} is the mass flow of the flue gas, in kg/s

$c_{p,j}$ – питома теплоємність димових газів на ділянці j димоходу, Дж/(кг·К);

$c_{p,j}$ is the specific heat capacity of the flue gas in the chimney segment j , in J/(kg·K);

\dot{m}_B – масова витрата припливного повітря, кг/с;

\dot{m}_B is the mass flow of the supply air, in kg/s;

$c_{pB,j}$ – питома теплоємність припливного повітря у ділянці j повітропроводу, Дж/(кг·К);

$c_{pB,j}$ is the specific heat capacity of the supply air in the air supply duct segment j , in J/(kg·K);

$E_{,j}$ – теплоємність потоків між димовими газами та припливним повітрям в ділянці j димоходу.

$E_{,j}$ is the heat flux ratio between the flue gas and the supply air in the chimney segment j .

Температура припливного повітря на початку ділянки j повітропроводу $T_{eB,j}$

The supply air temperature at the beginning of the concentric air supply duct segment j $T_{eB,j}$

обчислюється за формулою:

shall be calculated using the following equation:

$$T_{eB,j} = T_{e,j} + T_{o,j} - T_{oB,j} - \frac{2}{K_j}(T_{e,j} - T_{o,j}), \quad \text{K.} \quad (78)$$

де:

where

$T_{eB,j}$ – температура припливного повітря на ділянці j повітропроводу, К;

$T_{eB,j}$ is the temperature of the supply air at the beginning of air supply duct segment j , in K;

$T_{e,j}$ – температура димових газів на початку ділянки j димоходу, К;

$T_{e,j}$ is the temperature of the flue gas at the beginning of chimney segment j , in K;

$T_{o,j}$ – температура димових газів в кінці ділянки j димоходу, К;

$T_{o,j}$ is the temperature of the flue gas at the end of chimney segment j , in K;

$T_{oB,j}$ – температура припливного повітря на кінці ділянки j повітропроводу, К;

$T_{oB,j}$ is the temperature of the supply air at the end of air supply duct segment j , in K;

K_j – коефіцієнт охолодження ділянки j димоходу, К.

K_j is the coefficient of cooling of the flue duct of chimney segment j , in K.

Примітка. Формули наведені вище визначають, що теплообмін може приблизно розраховуватися різницею у значеннях температур.

NOTE The equations above are derived assuming that the heat exchange can be approximately calculated from the difference in mean temperatures.

Температура димових газів по всій довжині ділянки j концентричного з'єднувального димоходу $T_{m,j}$ обчислюється за формулою:

The temperature of the flue gas averaged over the length of the concentric chimney segment j $T_{m,j}$ shall be calculated using the following equation:

$$T_{m,j} = \frac{T_{e,j} + T_{o,j}}{2}, \quad \text{K} \quad (79)$$

де:

where

$T_{m,j}$ – температура димових газів по всій довжині ділянки j димоходу, К;

$T_{m,j}$ is the temperature of the flue gas averaged over the length of the chimney segment j , in K;

$T_{e,j}$ – температура димових газів на початку ділянки j димоходу, К;

$T_{e,j}$ is the temperature of the flue gas at the beginning of the chimney segment j , in K;

$T_{o,j}$ – температура димових газів в кінці ділянки j димоходу, К.

$T_{o,j}$ is the temperature of the flue gas at the end of chimney segment j , in K.

Температура припливного повітря по всій довжині ділянки j повітропроводу $T_{mB,j}$ обчислюється за формулою:

The temperature of the supply air averaged over the length of the concentric air supply duct segment j $T_{mB,j}$ shall be calculated using the following equation:

$$T_{mB,j} = \frac{T_{eB,j} + T_{oB,j}}{2}, \quad \text{K} \quad (80)$$

де:

$T_{mB,j}$ – температура припливного повітря по всій довжині ділянки j повітропроводу, К;

$T_{eB,j}$ – температура припливного повітря на початку ділянки j повітропроводу, К;

$T_{oB,j}$ – температура припливного повітря в кінці ділянки j повітропроводу, К.

where

$T_{mB,j}$ is the temperature of the supply air averaged over the length of air supply duct segment j , in K;

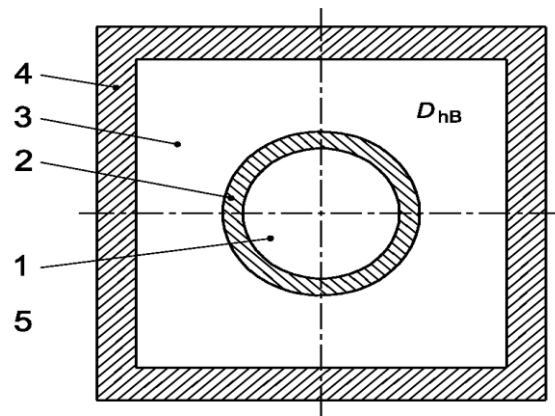
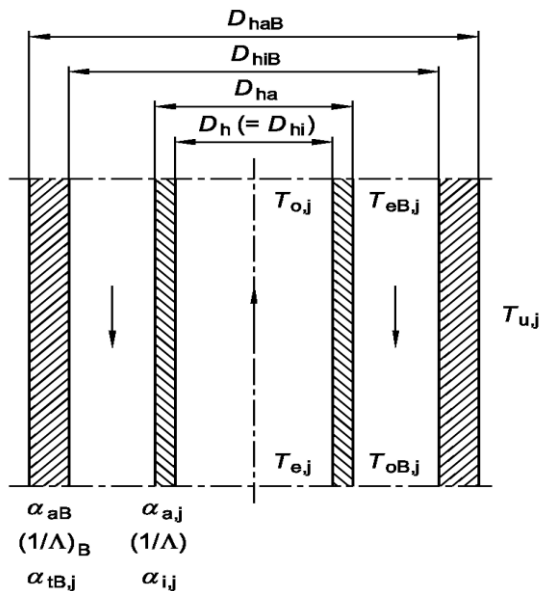
$T_{eB,j}$ is the Temperature of the supply air at the beginning of air supply duct segment j , in K;

$T_{oB,j}$ is the temperature of the supply air at the end of air supply duct segment j , in K.

Рисунок 1 – Позначки величин, які використовуються для розрахунку.

Рис [1].

Figure 1 – Definition of the symbols used for the calculation of concentric balanced flue systems



Key

- 1 димохід (з димовими газами)
- 2 димохідна труба
- 3 прохід припливного повітря (з подачею повітря)
- 4 повітропровід
- 5 оточуюче повітря

- 1 flue (with flue gas)
- 2 flue duct
- 3 air supply passage (with supply air)
- 4 air supply duct
- 5 ambient air

7.8.2.4 Розрахунок коефіцієнта охолодження
Коефіцієнт охолодження димохідної труби ділянки j з'єднувального димоходу $K_{V,j}$ обчислюється за формулою:

7.8.2.4 Calculation of coefficient of cooling
The coefficient of cooling of the flue duct of the connecting flue pipe segment j $K_{V,j}$ shall be calculated using the following equation:

$$K_{V,j} = \frac{k_{V,j} \cdot U_V \cdot L_V}{\dot{m} \cdot c_{pV,j} \cdot NsegV}, \quad (81)$$

де:

$K_{V,j}$ – коефіцієнт охолодження ділянки j з'єднувального димоходу;

$k_{V,j}$ – коефіцієнт теплопередачі між димоходом та проходом припливного повітря ділянки j з'єднувального димоходу, Вт/(м²·К);

U_V – окружність з'єднувального елемента димоходу, м;

L_V – довжина з'єднувального елемента димоходу, м;

\dot{m} – масова витрата димових газів, кг/с;

$c_{pV,j}$ – питома теплоємність димових газів на ділянці j з'єднувального елемента, Дж/(кг·К);

$NsegV$ – кількість ділянок з'єднувального димоходу.

Коефіцієнт охолодження з'єднувальної труби повітропроводу K_{BV} обчислюється за формулою:

Where

$K_{V,j}$ is the coefficient of cooling of the connecting flue pipe segment j ;

$k_{V,j}$ is the coefficient of heat transmission between flue and the air supply passage of connecting flue pipe segment j , in W/(m²·K);

U_V is the circumference of the flue of the connecting flue pipe j , in m;

L_V is the length of connecting flue pipe, in m;

\dot{m} is the flue gas mass flow, in kg/s;

$c_{pV,j}$ is the specific heat capacity of the flue gas in the connecting flue pipe segment j , in J/(kg·K);

$NsegV$ is the number of connecting flue pipe segments.

The coefficient of cooling of the air supply duct of the connecting air supply pipe K_{BV} shall be calculated using the following equation:

$$K_{BV,j} = \frac{k_{BV,j} \cdot U_{iBV} \cdot L_{BV}}{\dot{m}_B \cdot c_{pBV,j} \cdot NsegV}, \quad (82)$$

де:

$K_{BV,j}$ – коефіцієнт охолодження ділянки j труби припливного повітря;

$k_{BV,j}$ – коефіцієнт теплопередачі між оточуючим повітрям для ділянки j з'єднувального повітропроводу, Вт/(м²·К);

U_{iBV} – внутрішнє коло шахти припливного повітря у з'єднувальному повітропроводі, м;

where

$K_{BV,j}$ is the coefficient of cooling of connecting air supply pipe segment j ;

$k_{BV,j}$ is the coefficient of heat transmission between the supply air and the ambient air for the connecting air supply pipe segment j , in W/(m²·K);

U_{iBV} is the circumference of the inside of the air supply duct of the connecting air supply pipe, in

L_{BV} – довжина з'єднувального повітропроводу, м; L_{BV} is the length of the connecting air supply pipe, in m;
 \dot{m}_B – масова витрата припливного повітря, кг/с; \dot{m}_B is the mass flow of the supply air, in kg/s;
 $c_{pBV,j}$ – питома теплоємність припливного повітря в ділянці j повітропроводу, Дж/(кг·К); $c_{pBV,j}$ is the specific heat capacity of the supply air in the connecting air supply pipe segment j , in J/(kg·K);
 $NsegV$ – кількість ділянок з'єднувальних елементів. $NsegV$ is the number of connecting flue pipe segments.
 Коефіцієнт охолодження ділянки j димохідної шахти $K_{,j}$ обчислюють за формулою: The coefficient of cooling of the flue duct segment j $K_{,j}$ shall be calculated using the following equation:

$$K_{,j} = \frac{k_j \cdot U \cdot L}{\dot{m} \cdot c_{p,j} \cdot Nseg}, \quad (83)$$

де: where
 $K_{,j}$ – коефіцієнт охолодження ділянки j димохідної шахти; $K_{,j}$ is the coefficient of cooling of the flue duct of the chimney segment j ;
 $k_{,j}$ – коефіцієнт теплопередачі між димоходом та проходом припливного повітря на ділянці j димоходу, Вт/(м²·К); $k_{,j}$ is the coefficient of heat transmission between flue and the air supply passage of the chimney segment j , in W/(m²·K);
 U – окружність димоходу, м; U is the circumference of the flue, in m;
 L – довжина ділянки димоходу, м; L is the length of the chimney segment, in m;
 \dot{m} – масова витрата димових газів, кг/с; \dot{m} is the mass flow of the flue gas, in kg/s;
 $c_{p,j}$ – питома теплоємність димових газів на ділянці j димоходу, Дж/(кг·К); $c_{p,j}$ is the specific heat capacity of the flue gas in the chimney segment j , in J/(kg·K);
 $Nseg$ – кількість ділянок димоходу. $Nseg$ is the number of chimney segments.
 Коефіцієнт охолодження ділянки j повітропроводу $K_{B,j}$ обчислюється за формулою: The coefficient of cooling of the air supply duct segment j $K_{B,j}$ shall be calculated using the following equation:

$$K_{B,j} = \frac{k_{B,j} \cdot U_{iB} \cdot L_B}{\dot{m}_B \cdot c_{pB,j} \cdot Nseg}, \quad (84)$$

де: where
 $K_{B,j}$ – коефіцієнт охолодження ділянки j

повітропроводу в димоході;

$k_{B,j}$ – коефіцієнт теплопередачі між припливним повітрям та оточуючим повітрям ділянки димоходу j , Вт/(м²·К);

U_{iB} – внутрішня окружність повітропроводу j , м;

L_B – довжина шахти припливного повітря, м;

\dot{m}_B – масова витрата припливного повітря, кг/с;

$c_{pB,j}$ – питома теплоємність припливного повітря в ділянці димоходу j , Дж/(кг·К);

N_{seg} – кількість ділянок димоходу.

7.8.2.5 Коефіцієнт теплопередачі

7.8.2.5.1 Коефіцієнт теплопередачі між димовими газами та припливним повітрям концентричної з'єднувальної труби ($k_{V,j}$)

Коефіцієнт теплопередачі між димовими газами та припливним повітрям ділянки j $k_{V,j}$ з'єднувального повітропроводу обчислюється за формулою:

$$k_{V,j} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{iV,j}} + \left(\frac{1}{\Lambda}\right)_V + \frac{D_{hV}}{D_{haV} \cdot \alpha_{aV,j} \cdot S_{rad}}}, \quad \text{Вт/(м}^2\cdot\text{К)} \quad (85)$$

де:

$k_{V,j}$ – коефіцієнт теплопередачі між димовими газами та припливним повітрям ділянки з'єднувального димоходу, Вт/(м²·К);

$\left(\frac{1}{\Lambda}\right)_V$ – термічний опір з'єднувальної димовідної труби димоходу, Вт/(м²·К);

D_{hV} – еквівалентний діаметр з'єднувальної труби димоходу, м;

D_{haV} – зовнішній еквівалентний діаметр димовідної труби з'єднувального димоходу, м;

$\alpha_{iV,j}$ – коефіцієнт тепловіддачі

duct of the chimney segment j ;

$k_{B,j}$ is the coefficient of heat transmission between the supply air and the ambient air of the chimney segment j , in W/(m²·K);

U_{iB} is the circumference of the inside of the air supply duct, in m;

L_B is the length of the air supply duct, in m;

\dot{m}_B is the mass flow of the supply air, in g/s;

$c_{pB,j}$ is the specific heat capacity of the supply air in the chimney segment j , in J/(kg·K);

N_{seg} is the number of chimney segments.

7.8.2.5 Coefficient of heat transmissions

7.8.2.5.1 Coefficient of heat transmissions between the flue gas and the supply air of the concentric connection pipe ($k_{V,j}$)

The coefficient of heat transmission between the flue gas and the supply air of the connecting air supply pipe segment j $k_{V,j}$ shall be calculated using the following equation:

where

$k_{V,j}$ is the coefficient of heat transmission between the flue gas and the supply air of the connecting flue pipe segment j , in W/(m²·K);

$\left(\frac{1}{\Lambda}\right)_V$ is the thermal resistance of the flue duct of the connecting flue pipe, in W/(m²·K);

D_{hV} is the hydraulic diameter of the flue of connecting flue pipe, in m;

D_{haV} is the hydraulic diameter of the outside of the flue duct of the connecting flue pipe, in m;

$\alpha_{iV,j}$ is the coefficient of heat transfer between

внутрішньої поверхні димохідної труби та димоходу, Вт/(м²·К);

$\alpha_{av,j}$ – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні димохідної труби та димоходу, Вт/(м²·К);

S_{rad} – поправковий коефіцієнт для тепловіддачі випромінювання.

Для того щоб порахувати ефект випромінювання від зовнішньої поверхні димоходу до внутрішньої поверхні повітропроводу концентричних з'єднувальних труб, розрахунок для k_v включає в себе поправковий для випромінювання S_{rad} , в якому враховується значення 2.

Значення $S_{rad} = 1$ враховується для концентричних з'єднувальних труб, в яких температура внутрішньої стінки димоходу завжди нижча, ніж температура конденсації для димових газів. Коефіцієнт тепловіддачі $\alpha_{iv,j}$ у з'єднувальних трубах, обчислюється за формулою:

$$\alpha_{iv,j} = \frac{\lambda_{AV,j} \cdot Nu_{v,j}}{D_{hV}}, \quad \text{Вт/(м}^2\cdot\text{К)}. \quad (86)$$

де:

D_{hV} – внутрішній еквівалентний діаметр ділянки з'єднувальної димохідної труби, м;

$Nu_{v,j}$ – показник Нуссельта на ділянці з'єднувальної димохідної труби j ;

$\lambda_{AV,j}$ – коефіцієнт теплопровідності димових газів на ділянці з'єднувальної димохідної

the flue gas and the inner surface of the flue duct of the connecting flue pipe segment j , in Вт/(м²·К);

$\alpha_{av,j}$ is the coefficient of heat transfer between the supply air and the outer surface of the flue duct of the connecting flue pipe segment j , in Вт/(м²·К);

S_{rad} is the correction factor for the heat transfer by radiation.

In order to account for the effects of radiation from the outer surface of the flue duct to the inner surface of the air supply duct of the concentric connection pipes the calculation of k_v includes a correction factor for radiation S_{rad} , for which the value 2 shall be taken.

For concentric connection pipes in which the inner wall temperature of the flue duct is always lower than the condensing temperature of the flue gas the value $S_{rad} = 1$ should be taken.

The coefficient of heat transfer in the connection pipe $\alpha_{iv,j}$ shall be calculated using the following equation:

where

D_{hV} is the internal hydraulic diameter of the connecting flue pipe segment j , in m;

$Nu_{v,j}$ is the Nusselt number in the connecting flue pipe segment j ;

$\lambda_{AV,j}$ is the coefficient of thermal conductivity of the flue gas in the connecting flue pipe segment

труби j , Вт/(м·К).

Коефіцієнт теплопровідності димових газів λ_{AV} визначається з урахуванням середньої температури димових газів на ділянці j з'єднувальної димохідної труби за формулами, зазначеними в таблицях В.1 і В.8 додатка В.

Середній показник Нуссельта $Nu_{V,j}$ для довжини ділянки j концентричної з'єднувальної труби димоходу обчислюється за формулою:

$$Nu_{V,j} = \left(\frac{\psi_{V,j}}{\psi_{smoothV,j}} \right)^{0,67} \cdot 0,0214 \cdot (Re_{V,j}^{0,8} - 100) \cdot Pr_{V,j}^{0,4} \cdot \left[1 + \left(\frac{D_{hV}}{L_{totV}} \right)^{0,67} \right], \quad (87)$$

де:

D_{hV} – внутрішній еквівалентний діаметр з'єднувальної димохідної труби, м;

L_{totV} – загальна відстань з'єднувального димоходу від місця виходу димових газів теплогенератора до місця входу димових газів в димохід, м;

$Pr_{V,j}$ – показник Прандтля;

$Re_{V,j}$ – показник Рейнольдса;

$\psi_{V,j}$ – коефіцієнт місцевого опору, що виникає внаслідок тертя для гідравлічно-нерівномірного потоку (згідно з 7.10.3.3);

$\psi_{smoothV,j}$ – коефіцієнт місцевого опору, що виникає внаслідок тертя для гідравлічно-рівномірного потоку (згідно з 7.10.3.3 для $r = 0$).

Формула застосовується для $2\,300 < Re_{V,j} < 10\,000\,000$ та $\left(\frac{\psi_{V,j}}{\psi_{smoothV,j}} \right) < 3$ а також $0,6 < Pr_{V,j} < 1,5$.

Для середньої швидкості димових газів $w_{mV,j} < 0,5$ м/с застосовується показник Нуссельта

j , in W/(m·K).

The coefficient of thermal conductivity of the flue gas λ_{AV} shall be calculated depending on the mean flue gas temperature in the connecting flue pipe segment j using the equation in Annex B, Tables B.1 and B.8.

The mean Nusselt number $Nu_{V,j}$ over the length of the concentric connecting flue pipe segment j shall be calculated using the following equation:

Where

D_{hV} is the internal hydraulic diameter of the connecting flue pipe, in m;

L_{totV} is the total length of the connecting flue pipe from the flue gas outlet of the heating appliance to the flue gas inlet into the chimney, in m;

$Pr_{V,j}$ is the Prandtl number;

$Re_{V,j}$ is the Reynolds number;

$\psi_{V,j}$ is the coefficient of the flow resistance due to friction for hydraulically rough flow (see 7.10.3.3);

$\psi_{smoothV,j}$ is the coefficient of the flow resistance due to friction for hydraulically smooth flow (7.10.3.3 for $r = 0$).

The equation can be used for $2\,300 < Re_{V,j} < 10\,000\,000$ and $\left(\frac{\psi_{V,j}}{\psi_{smoothV,j}} \right) < 3$ as well as $0,6 < Pr_{V,j} < 1,5$.

For mean flue gas velocity $w_{mV,j} < 0,5$ m/s, take Nusselt number appropriate to $w_{mV,j} = 0,5$ m/s.

для $w_{mV,j} = 0,5$ м/с. Для показника Рейнольдса менше 2 300 використовується показник Нуссельта для $Re_{V,j} = 2 300$.

Показник Прандтля $Pr_{V,j}$ обчислюється за формулою:

$$Pr_{V,j} = \frac{\eta_{AV,j} \cdot c_{pV,j}}{\lambda_{AV,j}}, \quad (88)$$

Показник Рейнольдса $Re_{V,j}$ обчислюється за формулою:

$$Re_{V,j} = \frac{w_{mV,j} \cdot D_{hV} \cdot \rho_{mV,j}}{\eta_{AV,j}}, \quad (89)$$

де:

$c_{pV,j}$ – питома теплоємність димових газів, Дж/(кг·К);

D_{hV} – внутрішній еквівалентний діаметр з'єднувальної труби димоходу, м;

$w_{mV,j}$ – середня швидкість димових газів (згідно з 7.9.1), м/с;

$\eta_{AV,j}$ – динамічна в'язкість димових газів, Н·с/м²;

$\lambda_{AV,j}$ – коефіцієнт теплопровідності димових газів, Вт/(м·К);

$\rho_{mV,j}$ – середня густина димових газів (згідно з 7.9.1), кг/м³.

Динамічна в'язкість $\eta_{AV,j}$ визначається з урахуванням температури димових газів за формулою В.10, відповідно до таблиці В.1 додатка В.

Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні $\alpha_{iV,j}$ за потреби може визначатися для димоходів, що працюють при присутності вологи. При цьому теплота конденсації не приймається до уваги.

Для визначення $\alpha_{av,j}$ застосовується

For Reynolds numbers below 2 300, take Nusselt number appropriate to $Re_{V,j} = 2 300$.

The Prandtl number $Pr_{V,j}$ shall be calculated using the following equation:

The Reynolds number $Re_{V,j}$ shall be calculated using the following equation:

where

$c_{pV,j}$ is the specific heat capacity of the flue gas, in J/(kg·K);

D_{hV} is the internal hydraulic diameter of the connecting flue pipe, in m;

$w_{mV,j}$ is the mean flue gas velocity (see 7.9.1), in m/s;

$\eta_{AV,j}$ is the dynamic viscosity of the flue gas, in N·s/m²;

$\lambda_{AV,j}$ is the coefficient of thermal conductivity of the flue gas, in W/(m·K);

$\rho_{mV,j}$ is the mean density of the flue gas (see 7.9.1), in kg/m³.

The dynamic viscosity $\eta_{AV,j}$ shall be calculated dependent on the flue gas temperature using Equation B.10 in Annex B, Table B.1.

The internal coefficient of heat transfer $\alpha_{iV,j}$ can also be calculated on wet designated chimneys as indicated, if the heat of condensation is not taken into account.

For $\alpha_{av,j}$ the following equation shall be used:

формула:

$$\alpha_{aV,j} = \frac{\lambda_{BV,j} \cdot Nu_{aV,j}}{D_{hBV}}, \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}). \quad (90)$$

разом з

$$D_{hBV} = \frac{4 \cdot A_{BV}}{U_{aV} + U_{iBV}}, \quad \text{м}. \quad (91)$$

$$Nu_{aV,j} = 0,86 \cdot \left(\frac{D_{hBV}}{D_{hVa}} \right)^{0,16} \cdot Nu_{BV,j}, \quad (92)$$

$$Nu_{BV,j} = \left[\frac{\psi_{BV,j}}{\psi_{\text{smoothBV},j}} \right]^{0,67} \cdot 0,0214 \cdot (Re_{BV,j}^{0,8} - 100) \cdot Pr_{BV,j}^{0,4} \cdot \left(1 + \frac{D_{hBV}}{L_{\text{totBV}}} \right)^{0,67}, \quad (93)$$

$$Re_{BV,j} = \frac{w_{mBV,j} \cdot D_{hBV} \cdot \rho_{mBV,j}}{\eta_{BV,j}}, \quad (94)$$

де:

$\lambda_{BV,j}$ – коефіцієнт теплопровідності подачі повітря у ділянку концентричної з'єднувальної труби, Вт/(м²·К);

$Nu_{aV,j}$ – показник Нуссельта для зовнішньої сторони шахти димоходу з'єднувального повітропроводу;

D_{hBV} – еквівалентний діаметр з'єднувального повітропроводу, м;

A_{BV} – площа перетину з'єднувального повітропроводу, м²;

D_{hVa} – зовнішній еквівалентний діаметр шахти димоходу з'єднувальної труби димоходу, м;

U_{iBV} – внутрішня окружність труби з'єднувального повітропроводу j , м;

U_{aVi} – зовнішня окружність труби з'єднувального повітропроводу j , м;

$Nu_{BV,j}$ – показник Нуссельта для опорного потоку для ділянки повітропроводу j ;

$\psi_{BV,j}$ – найбільше значення коефіцієнту тертя усередині повітропроводу та зовні труби ділянки з'єднувального димоходу j ;

where

$\lambda_{BV,j}$ is the thermal conductivity of the supply air in the concentric connecting air supply pipe segment j , in W/(m²·K);

$Nu_{aV,j}$ is the Nusselt number for the outside of the flue duct of the connecting air supply pipe;

D_{hBV} is the hydraulic diameter of connecting air supply pipe, in m;

A_{BV} is the cross-sectional area of connecting air supply pipe, in m²;

D_{hVa} is the hydraulic diameter of the outside of the flue duct of the connecting flue pipe, in m;

U_{iBV} is the circumference of the inside of connecting air supply pipe, in m;

U_{aVi} is the circumference of the outside of connecting air supply pipe, in m;

$Nu_{BV,j}$ is the Nusselt number for a reference pipe flow for connecting air supply pipe segment j ;

$\psi_{BV,j}$ is the higher of the value of the coefficient of friction of the inside of the air supply duct and the outside of the flue duct of the connecting

$\Psi_{\text{smoothBV},j}$ – коефіцієнт тертя ділянки з'єднувального повітропроводу для гідравлічно-рівномірного потоку j ;

$Re_{\text{BV},j}$ – показник Рейнольдса ділянки з'єднувального повітропроводу j ;

$Pr_{\text{BV},j}$ – показник Прандтля припливного повітря на ділянці з'єднувального повітропроводу j ;

L_{totBV} – загальна відстань з'єднувального повітропроводу від місця виходу припливного повітря до місця входу припливного повітря в теплогенератор, м;

$w_{\text{mBV},j}$ – середня швидкість димових газів припливного повітря в ділянці повітропроводу j (згідно з 7.9.2), м/с;

$\rho_{\text{mBV},j}$ – густина припливного повітря в ділянці повітропроводу j , кг/м³;

$\eta_{\text{BV},j}$ – динамічна в'язкість припливного повітря у ділянці повітропроводу j , Н·с/м².

7.8.2.5.2 Коефіцієнт теплопередачі між припливним повітрям та оточуючим повітрям для концентричних з'єднувальних труб ($k_{\text{BV},j}$)

Коефіцієнт теплопередачі між припливним повітрям та оточуючим повітрям для концентричних з'єднувальних труб $k_{\text{BV},j}$ обчислюється за формулою:

$$k_{\text{BV},j} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{iBV},j}} + \left(\frac{1}{\lambda}\right)_{\text{BV}} + \frac{D_{\text{hiBV}}}{D_{\text{haBV}} \cdot \alpha_{\text{aBV},j}}}, \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}). \quad (95)$$

де:

$k_{\text{BV},j}$ – коефіцієнт теплопередачі між припливним повітрям та оточуючим повітрям для ділянки з'єднувального

flue pipe segment j ;

$\Psi_{\text{smoothBV},j}$ is the coefficient of friction of the connecting air supply pipe segment j for hydraulically smooth flow;

$Re_{\text{BV},j}$ is the Reynolds number of the air supply in connecting air supply pipe segment j ;

$Pr_{\text{BV},j}$ is the Prandtl number of the supply air in connecting air supply pipe segment j ;

L_{totBV} is the total length of the connecting air supply pipe from the supply air outlet of the air supply duct to the supply air inlet into the heating appliance, in m;

$w_{\text{mBV},j}$ is the mean flue gas velocity of the supply air in the connecting air supply pipe segment j (see 7.9.2), in m/s;

$\rho_{\text{mBV},j}$ is the mean density of the supply air in the connecting air supply pipe segment j , in kg/m³;

$\eta_{\text{BV},j}$ is the dynamic viscosity of the supply air in the connecting air supply pipe segment j , N·s/m².

7.8.2.5.2 Coefficient of heat transmissions between the supply air and the ambient air for concentric connection pipes ($k_{\text{BV},j}$)

The coefficient of heat transmission between the supply air and the ambient air for concentric connection pipes $k_{\text{BV},j}$ shall be calculated using the following equation:

where

$k_{\text{BV},j}$ is the coefficient of heat transmission between the supply air and the ambient air for the connecting flue pipe segment j , in W/(m²·K);

димоходу j , в Вт/(м²·К);

$\alpha_{iBV,j}$ – коефіцієнт теплопередачі між припливним повітрям та внутрішньою поверхнею шахти припливного повітря ділянки з'єднувального димоходу, Вт/(м²·К);

$\left(\frac{1}{A}\right)_{BV}$ – термічний опір з'єднувального елемента повітропроводу, Вт/(м²·К);

D_{hiBV} – внутрішній еквівалентний діаметр повітропроводу, м;

D_{haBV} – зовнішній еквівалентний діаметр повітропроводу, м;

$\alpha_{aBV,j}$ – коефіцієнт тепловіддачі між зовнішньою поверхнею ділянки з'єднувального димоходу j та оточуючим повітрям, Вт/(м²·К).

Розрахунок $\alpha_{iVB,j}$ обчислюється за формулами:

$$\alpha_{iBV,j} = \frac{\lambda_{BV,j} \cdot Nu_{iBV,j}}{D_{hBV}}, \quad \text{Вт/(м}^2\text{·К)}. \quad (96)$$

разом з

$$Nu_{iBV,j} = \left[1 - 0,14 \cdot \left(\frac{D_{haV}}{D_{hiB}} \right)^{0,6} \right] \cdot Nu_{BV,j}, \quad (97)$$

D_{hBV} згідно з формулою (91) та $Nu_{BV,j}$ згідно з формулою (93).

де:

$\lambda_{BV,j}$ – коефіцієнт теплопровідності припливного повітря на ділянці повітропроводу, Вт/(м²·К);

$Nu_{BV,j}$ – показник Нуссельта для опорного потоку труби для ділянки з'єднувальної труби припливного повітря j ;

$Nu_{iBV,j}$ – показник Нуссельта внутрішньої ділянки труби припливного повітря j ;

D_{hBV} – еквівалентний діаметр з'єднувального

$\alpha_{iBV,j}$ is the coefficient of heat transfer between the supply air and the inner surface of the air supply duct of the connecting flue pipe segment j , in W/(m²·K);

$\left(\frac{1}{A}\right)_{BV}$ is the thermal resistance of the connecting air supply pipe, in W/(m²·K);

D_{hiBV} is the hydraulic diameter of the inside of the connecting air supply pipe, in m;

D_{haBV} is the hydraulic diameter of the outside of the connecting air supply pipe, in m;

$\alpha_{aBV,j}$ is the coefficient of heat transfer between the outside of the connecting air supply pipe segment j and the ambient air, in W/(m²·K).

For the calculation of $\alpha_{iVB,j}$ the following equations shall be used:

D_{hBV} according to Equation (91) and $Nu_{BV,j}$ according to Equation (93).

where

$\lambda_{BV,j}$ is the thermal conductivity of the supply air in the connecting air supply pipe segment j , in W/(m²·K);

$Nu_{BV,j}$ is the Nusselt number for a reference pipe flow for connecting air supply pipe segment j ;

$Nu_{iBV,j}$ is the Nusselt number of the inside of the connecting air supply pipe segment j ;

D_{hBV} is the hydraulic diameter of the connecting

димоходу, м;

D_{hiBV} – внутрішній еквівалентний діаметр ділянки з'єднувальної труби припливного повітря, м;

D_{haV} – зовнішній еквівалентний діаметр шахти димоходу з'єднувальної труби димоходу, м.

7.8.2.5.3 Коефіцієнт теплопередачі між димоходом та проходом припливного повітря для концентричних димохідних труб (k_j)

Для розрахунку коефіцієнта теплопередачі між димоходом та проходом припливного повітря для концентричних димохідних труб k_j (рисунок 1) застосовується формула:

air supply pipe, in m;

D_{hiBV} is the hydraulic diameter of the inside of the connecting air supply pipe, in m;

D_{haV} is the hydraulic diameter of the outside of the flue duct of the connecting flue pipe, in m.

7.8.2.5.3 Coefficient of heat transmissions between the flue and the air supply passage for concentric ducts (k_j)

For the calculation of the coefficient of heat transmission between the flue and the air supply passage for concentric ducts k_j (see Figure 1) the following equation shall be used:

$$k_j = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{i,j}} + \left(\frac{1}{\lambda}\right) + \frac{D_h}{D_{ha} \cdot \alpha_{a,j} \cdot S_{rad}}}, \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}). \quad (98)$$

де:

k_j – коефіцієнт теплопередачі між димоходом та проходом припливного повітря ділянки димоходу j , Вт/(м²·К);

$\alpha_{i,j}$ – коефіцієнт теплопередачі між димовими газами та внутрішньою поверхнею шахти ділянки димоходу, Вт/(м²·К);

$\alpha_{a,j}$ – коефіцієнт теплопередачі між припливним повітрям та зовнішньою поверхнею шахти труби ділянки димоходу, Вт/(м²·К);

D_h – внутрішній еквівалентний діаметр димоходу, м;

D_{ha} – зовнішній еквівалентний діаметр димоходу, м;

$\left(\frac{1}{\lambda}\right)$ – термічний опір шахти димоходу,

where

k_j is the coefficient of heat transmission between the flue and the air supply passage of the chimney segment j , in W/(m²·K);

$\alpha_{i,j}$ is the coefficient of heat transfer between the flue gas and the inner surface of the flue duct of the chimney segment j , in W/(m²·K);

$\alpha_{a,j}$ is the coefficient of heat transfer between the supply air and the outer surface of the flue duct of the chimney segment j , in W/(m²·K);

D_h is the hydraulic diameter of the flue, in m;

D_{ha} is the hydraulic diameter of the outside of the flue duct, in m;

$\left(\frac{1}{\lambda}\right)$ is the thermal resistance of the flue duct,

Вт/(м²·К);

S_{rad} – поправковий коефіцієнт для випромінювання від зовнішньої поверхні до внутрішньої поверхні повітропроводу.

Для розрахунку ефекту випромінювання від зовнішньої поверхні димоходу до внутрішньої поверхні повітропроводу, необхідно застосувати поправковий коефіцієнт теплопередачі $k_{i,j}$ для випромінювання з поправковим коефіцієнтом S_{rad} , в якому враховується значення 2.

Для ділянок димоходу, в яких температура внутрішньої стінки димоходу менша температури конденсації димових газів, необхідно враховувати значення $S_{\text{rad}} = 1$.

Коефіцієнт теплопередачі у ділянці димоходу $\alpha_{i,j}$ обчислюється за формулою:

$$\alpha_{i,j} = \frac{\lambda_{A,j} \cdot Nu_j}{D_h}, \quad \text{Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}. \quad (99)$$

де:

D_h – зовнішній еквівалентний діаметр димоходу, м;

Nu_j – показник Нуссельта димоходу у ділянці димоходу j ;

$\lambda_{A,j}$ – коефіцієнт теплопровідності димових газів у ділянці димоходу j , Вт/(м·К);

Коефіцієнт теплопровідності димових газів $\lambda_{A,j}$ визначається з урахуванням температури димових газів за формулами згідно таблиць В.1 та В.8 додатка В.

Середній показник Нуссельта Nu_j для висоти димоходу обчислюється за формулою:

in W/(m²·K);

S_{rad} is the correction factor for radiation from the outer surface of the flue duct to the inner surface of the air supply duct.

In order to account for the effects of radiation from the outer surface of the flue duct to the inner surface of the air supply duct the calculation of the coefficient of heat transmission $k_{i,j}$ includes a correction factor for radiation S_{rad} , for which the value 2 shall be taken.

For chimney segments in which the inner wall temperature of the flue duct is always lower than the condensing temperature of the flue gas the value $S_{\text{rad}} = 1$ should be taken.

The coefficient of heat transfer in the chimney segment $\alpha_{i,j}$ shall be calculated using the following equation:

where

D_h is the internal hydraulic diameter of the flue, in m;

Nu_j is the Nusselt number of the flue in the chimney segment j ;

$\lambda_{A,j}$ is the coefficient of thermal conductivity of the flue gas in the chimney segment j , in W/(m·K).

The coefficient of thermal conductivity of the flue gas $\lambda_{A,j}$ shall be calculated depending on the mean flue gas temperature using the equation in Annex B, Tables B.1 and B.8.

The mean Nusselt number Nu_j over the height of the chimney shall be calculated using the

following equation:

$$Nu_j = \left(\frac{\psi_{,j}}{\psi_{smooth,j}} \right)^{0,67} \cdot 0,0214 \cdot (Re_j^{0,8} - 100) \cdot Pr_j^{0,4} \cdot \left[1 + \left(\frac{D_h}{L_{tot}} \right)^{0,67} \right], \quad (100)$$

де:

D_h – внутрішній еквівалентний діаметр димоходу, м;

L_{tot} – загальна відстань з'єднувального димоходу від місця входу димових газів димоходу до місця виходу в димохід, м;

Pr_j – показник Прандтля димових газів в ділянці димоходу j ;

Re_j – показник Рейнольдса димових газів в ділянці димоходу j ;

$\psi_{,j}$ – коефіцієнт місцевого опору, що виникає внаслідок тертя для гідравлічно-нерівномірного потоку ділянки димоходу j (відповідно до 7.10.2.2);

$\psi_{smooth,j}$ – коефіцієнт місцевого опору, що виникає внаслідок тертя для гідравлічно-рівномірного потоку ділянки димоходу j (7.10.2.2 для $r = 0$).

Формула застосовується для $2\,300 < Re_j < 10\,000\,000$ та

$$\left(\frac{\psi_{,j}}{\psi_{smooth,j}} \right) < 3 \quad \text{а також} \quad 0,6 < Pr_j < 1,5.$$

Для середньої швидкості димових газів $w_{m,j} < 0,5$ м/с слід застосовувати показник Нуссельта для $w_{m,j} = 0,5$ м/с. Для показника Рейнольдса менше 2 300 використовується показник Нуссельта для $Re_j = 2\,300$.

Показник Прандтля Pr_j обчислюється за формулою:

$$Pr_j = \frac{\eta_{A,j} \cdot c_{p,j}}{\lambda_{A,j}}, \quad (101)$$

where

D_h is the internal hydraulic diameter of the flue, in m;

L_{tot} is the total length from flue gas inlet into the chimney to the chimney outlet, in m;

Pr_j is the Prandtl number of the flue gas in chimney segment j ;

Re_j is the Reynolds number of the flue gas in chimney segment j ;

$\psi_{,j}$ is the coefficient of the flow resistance due to friction for hydraulically rough flow of the chimney segment j (see 7.10.2.2);

$\psi_{smooth,j}$ is the coefficient of the flow resistance due to friction for hydraulically smooth flow of the chimney segment j (see 7.10.2.2 for $r = 0$).

The equation can be used for $2\,300 < Re_j < 10\,000\,000$ and

$$\left(\frac{\psi_{,j}}{\psi_{smooth,j}} \right) < 3 \quad \text{as well as} \quad 0,6 < Pr_j < 1,5.$$

For mean flue gas velocity $w_{m,j} < 0,5$ m/s, take Nusselt number appropriate to $w_{m,j} = 0,5$ m/s. For Reynolds numbers below 2 300, take Nusselt number appropriate to $Re_j = 2\,300$.

The Prandtl number Pr_j shall be calculated using the following equation:

Показник Рейнольдса Re обчислюється за формулою: The Reynolds number Re shall be calculated using the following equation:

$$Re_j = \frac{w_{mj} \cdot D_h \cdot \rho_{mj}}{\eta_{A,j}}, \quad (102)$$

де:

$c_{p,j}$ – питома теплоємність димових газів в ділянці димоходу, Дж/(кг·К);

D_h – внутрішній еквівалентний діаметр димоходу, м;

$w_{m,j}$ – середня швидкість димових газів в ділянці димоходу (згідно з 7.9.3), м/с;

$\eta_{A,j}$ – динамічна в'язкість димових газів в ділянці димоходу j , Н·с/м²;

$\lambda_{A,j}$ – коефіцієнт теплопровідності димових газів в ділянці димоходу, Вт/(м·К);

$\rho_{m,j}$ – середня густина димових газів в ділянці димоходу (згідно з 7.9.3), кг/м³.

where

$c_{p,j}$ is the specific heat capacity of the flue gas in the chimney segment j , in J/(kg·K);

D_h is the internal hydraulic diameter of the flue, in m;

$w_{m,j}$ is the mean flue gas velocity in the chimney segment j (see 7.9.3), in m/s;

$\eta_{A,j}$ is the dynamic viscosity of the flue gas in the chimney segment j , in N·s/m²;

$\lambda_{A,j}$ is the coefficient of thermal conductivity of the flue gas in the chimney segment j , in W/(m·K);

$\rho_{m,j}$ is the mean density of the flue gas in the chimney segment j (see 7.9.3), in kg/m³.

$$\alpha_{a,j} = \frac{\lambda_{B,j} \cdot Nu_{a,j}}{D_{hB}}, \quad \text{Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}. \quad (103)$$

разом з

with

$$D_{hB} = \frac{4 \cdot A_B}{U_a + U_{iB}}, \quad \text{м} \quad (104)$$

$$Nu_{a,j} = 0,86 \cdot \left(\frac{D_{hB}}{D_{ha}} \right)^{0,16} \cdot Nu_{B,j}, \quad (105)$$

$$Nu_{B,j} = \left(\frac{\psi_{B,j}}{\psi_{smoothB,j}} \right)^{0,67} \cdot 0,0214 \cdot (Re_{B,j}^{0,8} - 100) \cdot Pr_{B,j}^{0,4} \cdot \left(1 + \frac{D_{hB}}{L_{Btot}} \right)^{0,67}, \quad (106)$$

$$Re_{B,j} = \frac{w_{mB,j} \cdot D_{hB} \cdot \rho_{mB,j}}{\eta_{B,j}}, \quad (107)$$

де:

where

$\alpha_{a,j}$ – коефіцієнт теплопередачі між припливним повітрям та зовнішньою поверхнею ділянки димоходу j , Вт/(м²·К);

$\alpha_{a,j}$ is the coefficient of heat transfer between the supply air and the outer surface of the flue duct of the chimney segment j , W/(m²·K);

$\lambda_{B,j}$ – теплопровідність припливного повітря на ділянці димоходу j , Вт/(м·К); $\lambda_{B,j}$ is the thermal conductivity of the supply air in the chimney segment j , W/(m·K);

$Nu_{a,j}$ – показник Нуссельта зовнішньої сторони шахти ділянки димоходу j ; $Nu_{a,j}$ is the Nusselt number for the outside of the flue duct of the chimney segment j ;

D_{hB} – еквівалентний діаметр повітропроводу, м; D_{hB} is the hydraulic diameter of the air supply duct, in m;

A_B – площа перетину повітропроводу, м²; A_B is the cross-sectional area of the air supply duct, in m²;

U_{iB} – внутрішня окружність повітропроводу, м; U_{iB} is the circumference of the inside of the air supply duct, in m;

U_a – зовнішня окружність шахти димоходу, м; U_a is the circumference of the outside of the flue duct, in m;

D_{ha} – зовнішній еквівалентний діаметр шахти димоходу, м; D_{ha} is the hydraulic diameter of the outside of the flue duct, in m;

$Nu_{B,j}$ – показник Нуссельта для опорного потоку труби; $Nu_{B,j}$ is the Nusselt number for a reference pipe flow;

$\Psi_{B,j}$ – найбільше значення коефіцієнту тертя внутрішнього повітропроводу та зовнішньої ділянки шахти димоходу j ; $\Psi_{B,j}$ is the higher of the value of the coefficient of friction of the inside of the air supply duct and the outside of the flue duct segment j ;

$\Psi_{smoothB,j}$ – коефіцієнт тертя припливного повітря для гідравлічно-рівномірного потоку ділянки шахти припливного повітря j ; $\Psi_{smoothB,j}$ is the coefficient of friction of the air supply for hydraulically smooth flow of the air supply duct segment j ;

$Re_{B,j}$ – показник Рейнольдса припливного повітря у повітропроводі j ; $Re_{B,j}$ is the Reynolds number of the air supply in air supply duct segment j ;

$Pr_{B,j}$ – показник Прандтля припливного повітря на ділянці повітропроводу j ; $Pr_{B,j}$ is the Prandtl number of the supply air in air supply duct segment j ;

L_{Btot} – загальна довжина шахти припливного повітря від місця входу повітря з атмосфери до місця входу у з'єднувальний повітропровід, м; L_{Btot} is the total length of the air supply duct from the supply air inlet at the outside atmosphere to the supply air inlet of the connecting air supply pipe, in m;

$w_{mB,j}$ – середня швидкість припливного повітря на ділянці повітропроводу j , м/с; $w_{mB,j}$ is the average velocity of the supply air in air supply duct segment j , in m/s;

$\rho_{mB,j}$ – густина припливного повітря по всій довжині ділянки повітропроводу j , кг/м³; $\rho_{mB,j}$ is the density of the supply air averaged over the length of the air supply duct segment j , in kg/m³;

$\eta_{B,j}$ – динамічна в'язкість припливного повітря на ділянці повітропроводу j , $\text{м}^2 \cdot \text{с}$.

$\eta_{B,j}$ is the dynamic viscosity of the supply air in air supply duct segment j , in $\text{m}^2 \cdot \text{s}$.

7.8.2.5.4 Коефіцієнт теплопередачі між припливним повітрям та оточуючим повітрям для концентричних труб ($k_{B,j}$)

7.8.2.5.4 Coefficient of heat transmissions between the supply air and the ambient air for concentric ducts ($k_{B,j}$)

Коефіцієнт теплопередачі між припливним повітрям та оточуючим повітрям для концентричних труб $k_{B,j}$ обчислюється за формулою:

The coefficient of heat transmission between the supply air and the ambient air $k_{B,j}$ shall be calculated using the following equation in case of concentric ducts:

$$k_{B,j} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{iB,j}} + \left(\frac{1}{\lambda}\right)_B + \frac{D_{hiB}}{D_{haB} \cdot \alpha_{aB,j}}}, \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}). \quad (108)$$

де:

where

$k_{B,j}$ – коефіцієнт теплопередачі між припливним повітрям та оточуючим повітрям для ділянки димоходу j , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

$k_{B,j}$ is the coefficient of heat transmission between the supply air and the ambient air of chimney segment j , in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;

$\alpha_{iB,j}$ – коефіцієнт теплопередачі між припливним повітрям та внутрішньою поверхнею шахти припливного повітря ділянки димоходу j , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

$\alpha_{iB,j}$ is the coefficient of heat transfer between the supply air and the inner surface of the air supply duct of chimney segment j , in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;

$\left(\frac{1}{\lambda}\right)_B$ – термічний опір повітропроводу, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

$\left(\frac{1}{\lambda}\right)_B$ is the thermal resistance of the air supply duct, in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;

D_{haB} – еквівалентний діаметр зовнішнього повітропроводу, м;

D_{haB} is the hydraulic diameter of the outside of the air supply duct, in m;

D_{hiB} – еквівалентний діаметр внутрішнього повітропроводу, м;

D_{hiB} is the hydraulic diameter of the inside of the air supply duct, in m;

$\alpha_{aB,j}$ – коефіцієнт теплопередачі між зовнішнім повітропроводом та оточуючим повітрям.

$\alpha_{aB,j}$ is the coefficient of heat transfer between the outside of the air supply duct and the ambient air.

Коефіцієнт $\alpha_{iB,j}$ обчислюється за формулою:

For the calculation of $\alpha_{iB,j}$ the following equation shall be used:

$$\alpha_{iB,j} = \frac{\lambda_{Bj} \cdot Nu_{iB,j}}{D_{hiB}}, \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}). \quad (109)$$

$$Nu_{iB,j} = \left[1 - 0,14 \cdot \left(\frac{D_{ha}}{D_{hiB}} \right)^{0,6} \right] \cdot Nu_{B,j}, \quad (110)$$

та D_{hB} згідно формули (104) та $Nu_{B,j}$ згідно формули (106).

де:

$\lambda_{B,j}$ – теплопровідність припливного повітря на ділянці димоходу j , Вт/(м²·К);

$Nu_{iB,j}$ – показник Нуссельта для внутрішньої ділянки повітропроводу j ;

$Nu_{B,j}$ – показник Нуссельта для опорного потоку труби;

D_{hB} – еквівалентний діаметр повітропроводу, м;

D_{hiB} – еквівалентний діаметр внутрішнього повітропроводу, м;

D_{ha} – еквівалентний діаметр зовнішньої сторони шахти димових газів димоходу, м;

7.8.3 Концентричні труби – розрахунок ґрунтується на розрахунку теплового випромінювання

7.8.3.1 Загальні положення

Розрахунок теплопередачі ґрунтується на поправковому коефіцієнті для випромінювання між зовнішньою поверхнею покриття та внутрішньою поверхнею повітропроводу, при цьому показник випромінювання береться лише для обмеженого обсягу температури, а також для обмеженого обсягу швидкостей димових газів. У разі якщо розрахунок робиться не лише для визначення площі перетину димоходу, а також для визначення теплопередачі припливного повітря прилеглих приміщень, розрахунок слід

and D_{hB} according to Equation (104) and $Nu_{B,j}$ according to Equation (106).

where

$\lambda_{B,j}$ is the thermal conductivity of the supply air in of the chimney segment j , in W/(m²·K);

$Nu_{iB,j}$ is the Nusselt number for the inside of the air supply duct segment j ;

$Nu_{B,j}$ is the Nusselt number for a reference pipe flow;

D_{hB} is the hydraulic diameter of the air supply duct, in m;

D_{hiB} is the hydraulic diameter of the inside of the air supply duct, in m;

D_{ha} is the hydraulic diameter of the outside of the flue duct of the chimney, in m.

7.8.3 Concentric ducts – calculation based on calculated heat radiation

7.8.3.1 General

The calculation of the heat transfer based on a standardised correction factor for the radiation between the outer surface of the flue liner and the inner surface of the air supply duct can only consider the radiation for a limited temperature range and also for a limited range of flue gas velocities. Especially when the calculation is to be done not only for the determination of the cross section of the chimney but also for the determination of the heat transfer to the supply air or to adjacent rooms, it is necessary to do the calculation with a higher degree of accuracy. In this case it is necessary to

здійснювати максимально точно. В цьому випадку необхідно розрахувати температури в димоході та в повітропроводі таким способом, який найбільш практично визначає теплопередачу крізь випромінювання.

В наступному пункті наведено метод для такого розрахунку. Розрахунок проводиться системою формул, які описують процес теплопередачі крізь випромінювання в димоході, згідно з 7.8.2, з урахуванням температури димових газів в кінці ділянки $T_{o,j}$ та в кінці ділянки повітропроводу $T_{ob,j}$. Через те, що система формул більш складна для розрахунку, який базується на стандартизованому поправковому коефіцієнті для випромінювання, результати можуть бути складнішими, ніж у 7.8.2. В даному документі наводиться система формул і користувач самостійно розраховує значення за формулою найбільш прийнятними математичними методами. Систему формул можна розраховувати з урахуванням температур димових газів та припливного повітря, як зазначено у 7.8.2. Також можна розрахувати змішані процеси теплопередачі, особливо для теплопередачі від димоходу до припливного повітря і від повітропроводу до прилеглих приміщень.

7.8.3.2 Система формул

Для розрахунку температур димових газів ділянок димоходу та ділянок з'єднувальної димовідної труби для відповідних температур припливного повітря

calculate the temperatures in the chimney and in the air supply duct with a calculation method which considers the heat transfer by radiation in a more precise way.

The following clause gives a method for this calculation. In principle it is possible to solve the system of equations, which describe the heat transfer process in the chimney with consideration of the radiation in the same way as it is given in 7.8.2 with solutions for the flue gas temperature at the end of a chimney segment $T_{o,j}$ and at the end of the air supply duct segment $T_{ob,j}$. Because the system of equations in this case is far more complex than in the case of a calculation based on a standardised correction factor for the radiation, the results are far more complex than in 7.8.2. It is considered not practicable to give the solution of the system of equations in this document, but only to give the system of equations and to allow the user to solve this system of equations with commonly used mathematical methods. Normally the system of equations will be solved to get the temperatures of the flue gas and of the supply air as in 7.8.2. It is also possible to get the solutions for the different heat transfer processes, especially for the heat transfer from the chimney to the supply air and also from the air supply duct to the surrounding rooms.

7.8.3.2 System of equations

For the calculation of the flue gas temperatures of the chimney segments and of the segments of the connecting flue pipe and for the corresponding supply air temperatures solve the

використовується система 15 формул з following system of 15 equations, with the unknown values $q_{C,j}$, $q_{a,j}$, $q_{iB,j}$, $q_{B,j}$, $q_{u,j}$, $q_{rad,j}$, $T_{m,j}$, $q_{rad,j}$, $T_{m,j}$, $T_{o,j}$, $T_{ma,j}$, $T_{mB,j}$, $T_{eB,j}$ (або $T_{oB,j}$ в $T_{o,j}$, $T_{ma,j}$, $T_{mB,j}$, $T_{eB,j}$ (or $T_{oB,j}$ dependent on the kind of iteration), $T_{miB,j}$, $k^*_{,j}$, $k^*_{iB,j}$, $\alpha_{Rad,j}$.

Теплопередача від зовнішньої поверхні димоходу $q_{C,j}$ обчислюється за формулою: heat transfer from the flue to the outer surface of the chimney $q_{C,j}$ shall be calculated using to the following equation:

$$q_{C,j} = \frac{U \cdot L}{\left[\frac{1}{\alpha_{i,j}} + \left(\frac{1}{A} \right) \right] \cdot Nseg} \cdot (T_{m,j} - T_{ma,j}), \quad (111)$$

де:

U – внутрішній перетин димоходу, м;

L – довжина димоходу, м;

$T_{m,j}$ – середня температура димових газів по довжині ділянки j димоходу, К;

$T_{ma,j}$ – середня температура зовнішньої стінки по довжині ділянки j димоходу, К;

$\alpha_{i,j}$ – коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої поверхні по довжині ділянки димоходу j , (за формулою (99)), Вт/(м²·К);

$\left(\frac{1}{A} \right)$ – термічний опір димоходу, м²·К/Вт;

$Nseg$ – кількість ділянок димоходу для розрахунку.

where

U is the internal circumference of the chimney, in m;

L is the length of the chimney, in m;

$T_{m,j}$ is the mean temperature of the flue gas in segment j , in K;

$T_{ma,j}$ is the mean temperature at the outer wall of the chimney segment j , in K;

$\alpha_{i,j}$ is the internal coefficient of heat transfer of the flue of segment j (see Equation (99)), in W/(m²·K);

$\left(\frac{1}{A} \right)$ is the thermal resistance of the chimney, in m²·K/W;

$Nseg$ is the number of chimney segments used in the calculation.

$$q_{C,j} = \dot{m} \cdot c_{p,j} \cdot (T_{e,j} - T_{o,j}), \quad \text{Вт.} \quad (112)$$

де:

\dot{m} – масова витрата димових газів, кг/с;

$c_{p,j}$ – питома теплоємність димових газів по довжині ділянки j , Дж/(кг·К);

$T_{e,j}$ – температура димових газів на вході в ділянку димоходу j , К;

$T_{o,j}$ – температура димових газів в усті

where

\dot{m} is the flue gas mass flow, in kg/s;

$c_{p,j}$ is the specific heat capacity of the flue gas in segment j , in J/(kg·K);

$T_{e,j}$ is the flue gas temperature at the inlet of chimney segment j , in K;

$T_{o,j}$ is the flue gas temperature at the outlet of

ділянки j димоходу.

Теплопередача від зовнішньої стінки димоходу до подачі повітря $q_{a,j}$ обчислюється за формулою:

$$q_{a,j} = \frac{U_a \cdot L \cdot \alpha_{a,j}}{Nseg} \cdot (T_{ma,j} - T_{mb,j}), \text{ Вт.} \quad (113)$$

де:

U_a – зовнішній периметр димоходу, м;

L – довжина димоходу, м;

$\alpha_{a,j}$ – коефіцієнт тепловіддачі припливного повітря по довжині ділянки димоходу j , Вт/(м²·К);

$T_{ma,j}$ – середня температура зовнішньої стінки по довжині ділянки j димоходу, К;

$T_{mb,j}$ – середня температура припливного повітря по довжині ділянки j , К;

$Nseg$ – кількість ділянок димоходу для розрахунку.

Теплопередача від внутрішньої стінки повітропроводу $q_{iB,j}$ обчислюється за формулою:

chimney segment j .

The heat transfer from the outer wall of the chimney to the supply air $q_{a,j}$ shall be calculated using to the following equation:

where

U_a is the outside circumference of the chimney, in m;

L is the length of the chimney, in m;

$\alpha_{a,j}$ is the internal coefficient of heat transfer of the supply air of segment j (on the chimney side), in W/(m²·K);

$T_{ma,j}$ is the mean temperature of the outer wall of the chimney in segment j , in K;

$T_{mb,j}$ is the mean temperature of the supply air in segment j , in K;

$Nseg$ is the number of chimney segments used in the calculation.

The heat transfer from the supply air to the inner wall of the air supply duct $q_{iB,j}$ shall be calculated using to the following equation:

$$q_{iB,j} = \frac{U_{iB} \cdot L \cdot \alpha_{iB,j}}{Nseg} \cdot (T_{mb,j} - T_{miB,j}), \text{ Вт.} \quad (114)$$

де:

U_{iB} – внутрішній периметр повітропроводу повітря, м;

L – довжина димоходу, м;

$\alpha_{iB,j}$ – коефіцієнт тепловіддачі припливного повітря по довжині ділянки димоходу (на ділянці повітропроводу) j , Вт/(м²·К);

$T_{mb,j}$ – середня температура припливного повітря по довжині ділянки j , К;

$T_{miB,j}$ – середня температура внутрішньої стінки на ділянці j повітропроводу, К;

where

U_{iB} is the inner circumference of the air supply duct, in m;

L is the length of the chimney, in m;

$\alpha_{iB,j}$ is the internal coefficient of heat transfer of the supply air of segment j (on the air supply duct side), in W/(m²·K);

$T_{mb,j}$ is the mean temperature of the supply air of segment j , in K;

$T_{miB,j}$ is the mean temperature of the inner wall of the air supply duct segment j , in K;

N_{seg} – кількість ділянок димоходу для розрахунку. N_{seg} is the number of chimney segments used in the calculation.

Теплопередачу припливного повітря j обчислюють за формулою: $q_{B,j}$ The heat transfer to the supply air in segment j shall be calculated using to the following equation:

$$q_{B,j} = \dot{m}_B \cdot c_{pB,j} \cdot (T_{oB,j} - T_{eB,j}), \quad \text{Вт.} \quad (115)$$

де:

where

\dot{m}_B – масова витрата припливного повітря, кг/с; \dot{m}_B is the supply air mass flow, in kg/s;

$c_{pB,j}$ – питома теплоємність припливного повітря по довжині ділянки j , Дж/(кг·К); $c_{pB,j}$ is the specific heat capacity of the supply air in segment j , in J/(kg·K);

$T_{oB,j}$ – температура припливного повітря наприкінці ділянки j димоходу, К; $T_{oB,j}$ is the temperature at the outlet of segment j of the supply air, in K;

$T_{eB,j}$ – температура припливного повітря на вході в ділянку j димоходу, К. $T_{eB,j}$ is the temperature at the inlet of segment j of the supply air, in K.

Теплопередача від внутрішньої стінки повітропроводу до оточуючого повітря обчислюється за формулою: $q_{u,j}$ The heat transfer from the inner wall of the air supply duct to the ambient air $q_{u,j}$ shall be calculated using to the following equation:

$$q_{u,j} = \frac{U_{iB} \cdot L}{\left[\left(\frac{1}{\Lambda} \right)_B + \frac{D_{hiB}}{D_{haB} \cdot \alpha_{aB,j}} \right] \cdot N_{seg}} \cdot (T_{miB,j} - T_{u,j}), \quad \text{Вт.} \quad (116)$$

де:

where

U_{iB} – внутрішній периметр повітропроводу, м; U_{iB} is the inner circumference of the air supply duct, in m;

L – довжина димоходу, м; L is the length of the chimney, in m;

$T_{miB,j}$ – середня температура внутрішньої стінки ділянки j повітропроводу, К; $T_{miB,j}$ is the mean temperature of the inner wall of the air supply duct segment j , in K;

$T_{u,j}$ – температура оточуючого повітря на ділянці j димоходу, К; $T_{u,j}$ is the ambient air temperature at segment j , in K;

$\left(\frac{1}{\Lambda} \right)_B$ – термічний опір повітропроводу, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$; $\left(\frac{1}{\Lambda} \right)_B$ the thermal resistance of the air supply duct, in $(\text{m}^2 \cdot \text{K}) / \text{W}$;

D_{hiB} – еквівалентний внутрішній діаметр повітропроводу, м; D_{hiB} is the hydraulic diameter of the inner wall of the air supply duct, in m;

D_{haB} – еквівалентний зовнішній діаметр повітропроводу, м; D_{haB} is the hydraulic diameter of the outer wall of the air supply duct, in m;

$\alpha_{aB,j}$ – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні повітропроводу j , Вт/(м²·К); $\alpha_{aB,j}$ is the outer coefficient of heat transfer of the air supply duct segment j , in W/(m²·K);

N_{seg} – кількість ділянок димоходу для розрахунку. N_{seg} is the number of chimney segments used in the calculation.

Теплопередачу, яка базується на тепловому випромінюванні q_{Rad} обчислюють за формулою: The heat transfer based on radiation q_{Rad} shall be calculated using to the following equation:

$$q_{Rad,j} = \frac{U_a \cdot L \cdot \sigma_{Rad,j}}{\left[\frac{1}{\epsilon_a} + \frac{D_{ha}}{D_{hiB}} \cdot \left(\frac{1}{\epsilon_{iB}} - 1 \right) \right]} \cdot N_{seg} \cdot (T_{ma,j}^4 - T_{miB,j}^4), \text{ Вт.} \quad (117)$$

де: where

U_a – зовнішній периметр димоходу, м; U_a is the outside circumference of the chimney, in m;

L – довжина димоходу, м; L is the length of the chimney, in m;

$T_{ma,j}$ – середня температура зовнішньої стінки по довжині ділянки димоходу j , К; $T_{ma,j}$ is the mean temperature at the outer wall of the chimney of segment j , in K;

$T_{miB,j}$ – середня температура внутрішньої стінки по довжині ділянки j повітропроводу димоходу, К; $T_{miB,j}$ is the mean temperature of the inner wall of the air supply duct of segment j , in K;

σ_{Rad} – кількість випромінювання чорноти $\sigma_{Rad} = 5,67 \cdot 10^{-8}$, Вт/(м²·К⁴); σ_{Rad} is the black body radiation number $\sigma_{Rad} = 5,67 \cdot 10^{-8}$, in W/(m²·K⁴);

ϵ_a – ступінь чорноти зовнішньої поверхні димоходу; ϵ_a is the proportion of black body radiation emitted by the outer surface of the chimney;

ϵ_{iB} – ступінь чорноти внутрішньої поверхні повітропроводу; ϵ_{iB} is the proportion of black body radiation emitted by the inner surface of the air supply duct;

D_{ha} – еквівалентний діаметр зовнішньої стінки димоходу, м; D_{ha} is the hydraulic diameter of the outer wall of the chimney, in m;

D_{hiB} – еквівалентний діаметр внутрішньої стінки повітропроводу, м; D_{hiB} is the hydraulic diameter of the inner wall of the air supply duct, in m;

N_{seg} – кількість ділянок димоходу для розрахунку.

N_{seg} is the number of chimney segments used in the calculation.

Тепловий баланс розраховується за наступними формулами:

The heat balance shall be calculated using to the following equations:

Тепловий баланс між димоходом, припливним повітрям та оточуючим повітрям

Heat balance between the flue, the supply air and the ambient air

$$q_{C,j} = q_{u,j} + q_{B,j} , \quad \text{Вт.} \quad (118)$$

Тепловий баланс зовнішньої стінки димоходу

Heat balance at the outer wall of the chimney

$$q_{C,j} = q_{a,j} + q_{Rad,j} , \quad \text{Вт.} \quad (119)$$

Тепловий баланс внутрішньої стінки повітропроводу

Heat balance at the inner wall of the air supply duct

$$q_{u,j} = q_{iB,j} + q_{Rad,j} , \quad \text{Вт.} \quad (120)$$

Для ділянок з невеликою довжиною з середніми температурами застосовують формули:

For segments with short length the following relations for the mean temperatures can be used:

$$T_{m,j} = \frac{T_{e,j} + T_{o,j}}{2} , \quad \text{К.} \quad (121)$$

$$T_{mB,j} = \frac{T_{eB,j} + T_{oB,j}}{2} , \quad \text{К.} \quad (122)$$

7.8.3.3 Коефіцієнт охолодження

7.8.3.3 Coefficient of cooling

Розрахунок коефіцієнту охолодження проводиться згідно з 7.8.2.4.

For the calculation of the coefficient of cooling see 7.8.2.4.

7.8.3.4 Коефіцієнт теплопередачі

7.8.3.4 Coefficient of heat transmission

Розрахунок коефіцієнту теплопередачі проводиться згідно з 7.8.2.5.

For the calculation of the coefficient of heat transmission see 7.8.2.5.

7.8.4 Середні температури для розрахунку тиску

7.8.4 Mean temperatures for pressure calculation

Середня температура димових газів по всій довжині димоходу T_m обчислюється за формулою:

The mean temperature of the flue gas averaged over the length of the chimney T_m shall be calculated using the following equation:

$$T_m = \frac{N_{seg}}{\sum_{j=1}^{N_{seg}} \frac{1}{T_{m,j}}} , \quad \text{К.} \quad (123)$$

Середня температура димових газів по всій довжині з'єднувального елемента T_{mV} обчислюється за формулою:

$$T_{mV} = \frac{NsegV}{\sum_{j=1}^{NsegV} \frac{1}{T_{mV,j}}}, \quad \text{К. (124)}$$

Середня температура припливного повітря по всій довжині повітропроводу T_{mB} обчислюється за формулою:

$$T_{mB} = \frac{Nseg}{\sum_{j=1}^{Nseg} \frac{1}{T_{mB,j}}}, \quad \text{К. (125)}$$

Середня температура припливного повітря по всій довжині з'єднувального елемента припливного повітря T_{mBV} обчислюється за формулою:

$$T_{mBV} = \frac{NsegV}{\sum_{j=1}^{NsegV} \frac{1}{T_{mBV,j}}}, \quad \text{К. (126)}$$

де:

T_m – середня температура димових газів по всій довжині димоходу, К;

$T_{m,j}$ – середня температура димових газів по всій довжині ділянки j димоходу, К;

T_{mV} – середня температура димових газів по всій довжині з'єднувального елемента j , К;

$T_{mV,j}$ – середня температура димових газів по всій довжині ділянки j димоходу, К;

T_{mB} – середня температура припливного повітря по всій довжині повітропроводу, К;

$T_{mB,j}$ – середня температура припливного

The mean temperature of the flue gas averaged over the length of the connecting flue pipe T_{mV} shall be calculated using the following equation:

The mean temperature of the supply air averaged over the length of the air supply duct T_{mB} shall be calculated using the following equation:

The mean temperature of the supply air averaged over the length of the connecting air supply pipe T_{mBV} shall be calculated using the following equation:

where

T_m is the mean temperature of the flue gas averaged over the length of the chimney, in K;

$T_{m,j}$ is the mean temperature of the flue gas averaged over the length of the chimney segment j , in K;

T_{mV} is the mean temperature of the flue gas averaged over the length of the connecting flue pipe, in K;

$T_{mV,j}$ is the mean temperature of the flue gas averaged over the length of the connecting flue pipe segment j , in K;

T_{mB} is the mean temperature of the supply air averaged over the length of the air supply duct, in K;

$T_{mB,j}$ is the mean temperature of the supply air

повітря по всій довжині ділянки j повітропроводу, К;	averaged over the length of the air supply duct segment j , in K;
T_{mBV} – середня температура припливного повітря по всій довжині з'єднувальних елементів припливного повітря, К;	T_{mBV} is the mean temperature of the supply air averaged over the length of the connecting air supply pipe, in K;
$T_{mBV,j}$ – середня температура припливного повітря по всій довжині ділянки j з'єднувального повітропроводу, К;	$T_{mBV,j}$ is the mean temperature of the supply air averaged over the length of the connecting air supply pipe segment j , in K;
N_{seg} – кількість ділянок димоходу;	N_{seg} is the number of chimney segments;
N_{segV} – кількість ділянок з'єднувального димоходу.	N_{segV} is the number of connecting flue pipe segments.

7.9 Визначення густини та швидкості

7.9 Determination of densities and velocities

7.9.1 Густина та швидкість димових газів

7.9.1 Density and velocity of the flue gas

Густина та швидкість димових газів відносно середньої довжини димоходу ρ_m та w_m і з'єднувального димоходу ρ_{mV} та w_{mV} розраховується згідно з 5.9.

The density and velocity of the flue gas averaged over the length of the chimney ρ_m and w_m and of the connecting flue pipe ρ_{mV} and w_{mV} shall be calculated according to 5.9.

7.9.2 Густина та швидкість припливного повітря

7.9.2 Density and velocity of the supply air

Густина припливного повітря по всій довжині з'єднувальної труби ρ_{mBV} обчислюється за формулою:

The density of the supply air averaged over the length of the connection pipe ρ_{mBV} shall be calculated with the following equation:

$$\rho_{mBV} = \frac{p_L}{R_L \cdot T_{mBV}}, \quad \text{кг/м}^3. \quad (127)$$

де:

where

ρ_{mBV} – густина припливного повітря по всій довжині з'єднувального повітропроводу, кг/м^3 ;

ρ_{mBV} is the density of the supply air averaged over the length of the connecting air supply pipe, in kg/m^3 ;

p_L – парціальний тиск, Па;

p_L is the pressure of the external air, in Pa;

R_L – газова стала повітря, Дж/(кг К);

R_L is the gas constant of the air, in $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$;

T_{mBV} – середня температура припливного повітря по всій довжині з'єднувального повітропроводу, К.

T_{mBV} is the mean temperature of the supply air averaged over the length of the connecting air supply pipe, in K.

Швидкість припливного повітря по всій довжині з'єднувального повітропроводу w_{mBV} обчислюється за формулою: The velocity of the supply air averaged over the length of the connecting air supply pipe w_{mBV} shall be calculated using the following equation:

$$w_{mBV} = \frac{\dot{m}_B}{A_{BV} \cdot \rho_{mBV}}, \quad \text{м/с.} \quad (128)$$

де: where
 w_{mBV} – швидкість припливного повітря по всій довжині з'єднувального повітропроводу, м/с; w_{mBV} is the velocity of the supply air averaged over the length of the connecting air supply pipe, in m/s;
 \dot{m}_B – масова витрата припливного повітря, К; \dot{m}_B is the mass flow of the supply air, in K;
 A_{BV} – площа поперечного перетину з'єднувального повітропроводу, Па; A_{BV} is the cross-sectional area of the connecting air supply pipe, in Pa;
 ρ_{mBV} – густина припливного повітря по всій довжині з'єднувального повітропроводу, кг/м³. ρ_{mBV} is the density of the supply air averaged over the length of the connecting air supply pipe, in kg/m³.
 Густина припливного повітря по всій довжині повітропроводу ρ_{mB} обчислюється за формулою: The density of the supply air averaged over the length of the air supply duct ρ_{mB} shall be calculated with the following equation:

$$\rho_{mB} = \frac{p_L}{R_L \cdot T_{mB}}, \quad \text{кг/м}^3. \quad (129)$$

де: where
 ρ_{mB} – густина припливного повітря по всій довжині повітропроводу, кг/м³; ρ_{mB} is the density of the supply air averaged over the length of the air supply duct, in kg/m³;
 p_L – парціальний тиск, Па; p_L is the pressure of the external air, in Pa;
 R_L – газова стала повітря, Дж/(кг К); R_L is the gas constant of the air, in J/(kg·K);
 T_{mB} – середня температура припливного повітря по всій довжині повітропроводу, К. T_{mB} is the mean temperature of the supply air averaged over the length of the air supply duct, in K.

Швидкість припливного повітря по всій довжині повітропроводу w_{mB} обчислюється за формулою: The velocity of the supply air averaged over the length of the air supply duct w_{mB} shall be calculated using the following equation:

$$w_{mB} = \frac{\dot{m}_B}{A_B \cdot \rho_{mB}}, \quad \text{м/с.} \quad (130)$$

де: where

w_{mB} – швидкість припливного повітря по всій довжині повітропроводу, м/с;

\dot{m}_B – масова витрата припливного повітря, К;

A_B – площа поперечного перетину повітропроводу, Па;

ρ_{mB} – густина припливного повітря по всій довжині повітропроводу, кг/м³.

7.10 Визначення тисків

7.10.1 Тиск при надходженні димових газів в димохід

Розрахунок тиску при надходженні димових газів в димохід проводиться згідно з 5.10.1 та 7.2.

7.10.2 Теоретична тяга, що виникає внаслідок ефекту димоходу в ділянці димоходу (P_H)

Розрахунок теоретичної тяги, що виникає внаслідок ефекту димоходу в ділянці димоходу P_H проводиться згідно з 5.10.2.

7.10.3 Аеродинамічний опір в ділянці димоходу (P_R)

Розрахунок аеродинамічного опору на ділянці димоходу (P_R) проводиться згідно з 5.10.3.

7.10.4 Динамічний тиск вітру (P_L)

Вхід/вихід конструкції вважаються такими, що мінімізують ефекти повітря. Тому $P_L = 0$.

7.11 Мінімальна тяга, необхідна в точці входу димових газів в димохід і максимально допустима тяга (P_{Ze} та P_{Zemax}) та максимальний і мінімальний перепад тиску в точці входу димових газів в димохід (P_{ZOe} та P_{ZOemin})

7.11.1 Загальні положення

Загальні положення наведено в 5.11.1.

w_{mB} is the velocity of the supply air averaged over the length of the air supply duct, in m/s;

\dot{m}_B is the mass flow of the supply air, in K;

A_B is the cross-sectional area of the air supply duct, in Pa;

ρ_{mB} is the density of the supply air averaged over the length of the air supply duct, in kg/m³.

7.10 Determination of pressures

7.10.1 Pressure at the flue gas inlet into the chimney

For the calculation of the pressure at the flue gas inlet into the chimney see 5.10.1 and 7.2.

7.10.2 Theoretical draught due to chimney effect in the chimney segment (P_H)

For the calculation of the theoretical draught due to chimney effect in the chimney segment (P_H) see 5.10.2.

7.10.3 Pressure resistance in the chimney segment (P_R)

For the calculation of the pressure resistance in the chimney segment (P_R) see 5.10.3.

7.10.4 Wind velocity pressure (P_L)

The inlet/outlet construction is assumed to be designed such that wind effects are minimised.

Consequently $P_L = 0$.

7.11 Minimum draught required at the flue gas inlet into the chimney and maximum allowed draught (P_{Ze} and P_{Zemax}) and maximum and minimum differential pressure at the flue gas inlet into the chimney (P_{ZOe} and P_{ZOemin})

7.11.1 General

For the general purpose see the text in 5.11.1.

7.11.2. Мінімальна та максимальна тяга для теплогенератора (P_W та P_{Wmax}) і максимальний та мінімальний перепад тиску теплогенератора (P_{WO} та P_{WOmin})

Мінімальна та максимальна тяга для теплогенератора (P_W та P_{Wmax}) і максимальний та мінімальний перепад тиску теплогенератора (P_{WO} та P_{WOmin}) розраховуються згідно з 5.5.4, 5.5.5 або 5.5.6.

7.11.3 Фактичний аеродинамічний опір з'єднувального димоходу (P_{FV})

Розрахунок фактичного аеродинамічного опору з'єднувального димоходу (P_{FV}) проводиться згідно з 5.11.3.

7.11.4 Аеродинамічний опір припливного повітря

7.11.4.1 Тяга, що виникає внаслідок ефекту димоходу труби припливного повітря (P_{HB})

Тяга, що виникає внаслідок ефекту димоходу в повітропроводі, обчислюється за формулою:

$$P_{HB} = H_B \cdot g \cdot (\rho_L - \rho_{mB}), \text{ Па.} \quad (131)$$

де:

P_{HB} – тяга, що виникає внаслідок ефекту димоходу в повітропроводі, Па;

H_B – висота повітропроводу, м;

g – прискорення вільного падіння = 9,81, м/с²;

ρ_L – густина оточуючого повітря, кг/м³;

ρ_{mB} – густина припливного повітря по всій довжині повітропроводу, кг/м³.

Примітка. Досвід свідчить про те, що обмеження має стосуватися мінімальної площі перетину повітропроводу та концентричних систем димоходу. Рекомендується показник 1,5 стосовно площі перетину димоходу.

7.11.4.2 Тяга, що виникає внаслідок ефекту

7.11.2 Minimum and maximum draught for the heating appliance (P_W and P_{Wmax}) and maximum and minimum differential pressure of the heating appliance (P_{WO} and P_{WOmin})

The minimum and maximum draught for the heating appliance (P_W and P_{Wmax}) or the maximum and minimum differential pressure of the heating appliance (P_{WO} and P_{WOmin}) shall be obtained in accordance with 5.5.4, 5.5.5 or 5.5.6.

7.11.3 Effective pressure resistance of the connection pipe (P_{FV})

For the calculation of the effective pressure resistance of the connection pipe (P_{FV}) see 5.11.3.

7.11.4 Pressure resistance of the air supply

7.11.4.1 Draught due to chimney effect of the supply air duct (P_{HB})

The draught due to the chimney effect of the air supply duct shall be calculated using the following equation:

where

P_{HB} is the draught due to chimney effect in the air supply duct, in Pa;

H_B is the height of the air supply duct, in m;

g is the acceleration due to gravity, shall be taken as 9,81, in m/s²;

ρ_L is the density of ambient air, in kg/m³;

ρ_{mB} is the density of supply air averaged over the length of the air supply duct, in kg/m³.

NOTE Experience shows that a limit should be applied to the minimum cross sectional area of the air supply duct of concentric air flue systems. A factor of 1,5 times the flue cross sectional area is recommended.

7.11.4.2 Draught due to chimney effect of the

димоходу з'єднувального повітропроводу connecting air supply pipe (P_{HBV}) (P_{HBV})

Тяга, що виникає внаслідок ефекту димоходу The draught due to chimney effect of the у з'єднувальному повітропроводі, connecting air supply pipe shall be calculated обчислюється за формулою: using the following equation:

$$P_{HBV} = H_{BV} \cdot g \cdot (\rho_L - \rho_{mBV}), \quad \text{Па.} \quad (132)$$

де:

where

P_{HBV} – тяга, що виникає внаслідок ефекту P_{HBV} is the draught due to chimney effect in the димоходу у з'єднувальному повітропроводі, connecting air supply pipe, in Pa;

Па;

H_{BV} – висота з'єднувального повітропроводу, H_{BV} is the height of the connecting air supply pipe, in m;

g – прискорення вільного падіння = 9,81, м/с²; g is the acceleration due to gravity, shall be taken as 9,81, in m/s²;

ρ_L – густина оточуючого повітря, кг/м³; ρ_L is the density of the ambient air, in kg/m³;

ρ_{mBV} – густина припливного повітря по всій довжині з'єднувального повітропроводу, кг/м³. ρ_{mBV} is the density of supply air averaged over the length of the connecting air supply pipe, in kg/m³.

7.11.4.3 Аеродинамічний опір

7.11.4.3 Pressure resistance of the air supply duct (P_{RB})

повітропроводу (P_{RB})

Аеродинамічний опір повітропроводу P_{RB} The pressure resistance of the air supply duct P_{RB} shall be calculated using the following обчислюється за формулою: equation:

$$P_{RB} = S_{EB} \cdot \left(\psi_B \cdot \frac{L}{D_{hB}} + \sum \zeta_B \right) \cdot \frac{\rho_{mB}}{2} \cdot w_{mB}^2 + S_{EGB} \cdot P_{GB}, \quad \text{Па.} \quad (133)$$

де:

where

P_{RB} – аеродинамічний опір повітропроводу P_{RB} is the pressure resistance of the air supply димоходу, Па; duct of the chimney, in Pa;

P_{GB} – тиск, що виникає внаслідок зміни P_{GB} is the pressure change due to change in швидкості потоку у повітропроводі velocity of the flow in the air supply duct of the димоходу, Па; chimney, in Pa;

ψ_B – коефіцієнту тертя повітропроводу в ψ_B is the coefficient of friction of the air supply димоході; duct of the chimney;

L – довжина димоходу, м;

L is the length of the chimney, in m;

D_{hB} – еквівалентний діаметр повітропроводу димоходу, м; D_{hB} is the hydraulic diameter of the air supply duct of the chimney, in m;

$\Sigma\zeta_{\text{B}}$ – сума коефіцієнтів опору потоку у повітропроводі димоходу; $\Sigma\zeta_{\text{B}}$ is the sum of coefficients of flow resistance in the air supply duct of the chimney;

ρ_{mB} – густина припливного повітря по всій довжині димоходу, кг/м^3 . ρ_{mB} is the density of the supply air averaged over the length of the chimney, in kg/m^3 ;

w_{mB} – швидкість припливного повітря по всій довжині повітропроводу, м/с; w_{mB} velocity of the supply air averaged over the length of in the air supply duct, in m/s;

S_{EB} – аеродинамічний коефіцієнт безпеки для повітропроводу; S_{EB} is the flow safety coefficient for the air supply duct;

S_{EGB} – аеродинамічний коефіцієнт безпеки для опору тиску, що виникає внаслідок зміни потоку швидкості в димоході ($S_{\text{EGB}} = S_{\text{EB}}$ для $P_{\text{GB}} \geq 0$ і $S_{\text{EGB}} = 1,0$ для $P_{\text{GB}} < 0$). S_{EGB} is the flow safety coefficient for the pressure resistance due to change of flow velocity in the chimney ($S_{\text{EGB}} = S_{\text{EB}}$ for $P_{\text{GB}} \geq 0$ and $S_{\text{EGB}} = 1,0$ for $P_{\text{GB}} < 0$).

Коефіцієнт місцевого опору, що виникає внаслідок тертя повітропроводу Ψ_{B} для різної еквівалентної шорсткості обчислюється за формулою: The coefficient of flow resistance due to friction of the air supply duct Ψ_{B} for different roughness shall be calculated using the following equation:

$$\frac{1}{\sqrt{\Psi_{\text{B}}}} = -2 \cdot \log \left(\frac{2,51}{\text{Re}_{\text{B}} \cdot \sqrt{\Psi_{\text{B}}}} + \frac{r_{\text{B}}}{3,71 \cdot D_{\text{hB}}} \right), \quad (134)$$

де: where

D_{hB} – еквівалентний діаметр повітропроводу, м; D_{hB} is the hydraulic diameter of the air supply duct, in m;

r_{B} – еквівалентна шорсткість внутрішнього повітропроводу, м; r_{B} is the mean value of roughness of the inner wall of the air supply duct, in m;

Re_{B} – показник Рейнольдса в повітропроводі (згідно з 7.8.2.5.3); Re_{B} is the Reynolds number in the air supply duct (see 7.8.2.5.3);

Ψ_{B} – коефіцієнт опору потоку, що виникає внаслідок тертя повітропроводу. Ψ_{B} is the coefficient of flow resistance due to friction of the air supply duct.

Для показника Рейнольдса нижче 2 300 використовується коефіцієнт відповідний до показника Рейнольдса, який рівний 2 300. For Reynolds numbers below 2 300 take the coefficient appropriate to the Reynolds number equal to 2 300.

Значення для еквівалентної шорсткості надається виробником. У випадку The values for mean roughness shall be given by the manufacturer. In the absence of values from

відсутності значень від виробника, типові значення для еквівалентної шорсткості наведені у таблиці В.4 додатка В.

Зміна тиску, що виникає внаслідок зміни швидкості потоку P_{GB} у повітропроводі обчислюється за формулою:

$$P_{GB} = \frac{\rho_{mB}}{2} \cdot w_{mB}^2, \text{ Па.} \quad (135)$$

де:

ρ_{mB} – середня густина припливного повітря по всій довжині повітропроводу, кг/м^3 .

P_{GB} – зміни тиску, що виникає внаслідок зміни швидкості потоку в повітропроводі, Па;

w_{mB} – середня швидкість припливного повітря по всій довжині повітропроводу, м/с.

7.11.4.4 Аеродинамічний опір з'єднувального повітропроводу (P_{RBV})

Аеродинамічний опір з'єднувального повітропроводу P_{RBV} обчислюється за формулою:

$$P_{RBV} = S_{EB} \cdot \left(\psi_{BV} \cdot \frac{L_{BV}}{D_{hBV}} + \sum \zeta_{BV} \right) \cdot \frac{\rho_{mBV}}{2} \cdot w_{mBV}^2 + S_{EGBV} \cdot P_{GBV}, \text{ Па.} \quad (136)$$

де:

P_{RBV} – аеродинамічний опір з'єднувального повітропроводу, Па;

P_{GBV} – зміна тиску, що виникає внаслідок зміни швидкості потоку припливного повітря у з'єднувальному повітропроводі, Па;

ψ_{BV} – коефіцієнт тертя потоку у з'єднувальному повітропроводі;

L_{BV} – довжина з'єднувального повітропроводу, м;

D_{hBV} – еквівалентний діаметр з'єднувального

the manufacturer typical mean roughness values for various materials are given in Annex B, Table B.4.

The pressure change due to change of velocity of the flow P_{GB} in the air supply duct shall be calculated with the following equation:

where

ρ_{mB} is the density of the supply air averaged over the length of the air supply duct, in kg/m^3 ;

P_{GB} is the pressure change due to change in velocity of the flow in the air supply duct, in Pa;

w_{mB} is the velocity of the supply air averaged over the length of in the air supply duct, in m/s.

7.11.4.4 Pressure resistance of the connecting air supply pipe (P_{RBV})

The pressure resistance of the connecting air supply pipe P_{RBV} shall be calculated with the following equation:

where

P_{RBV} is the pressure resistance of the connecting air supply pipe, in Pa;

P_{GBV} is the pressure change due to change in velocity of the flow in the air supply connecting air supply pipe, in Pa;

ψ_{BV} is the coefficient of friction of the connecting air supply pipe;

L_{BV} is the length of the connecting air supply pipe, in m;

D_{hBV} is the hydraulic diameter of the air supply

повітропроводу, м;

$\Sigma\zeta_{BV}$ – сума коефіцієнтів опору потоку у з'єднувальному повітропроводі;

ρ_{mBV} – густина припливного повітря по всій довжині повітропроводу, кг/м³;

w_{mBV} – швидкість припливного повітря по всій довжині з'єднувального повітропроводу, м/с;

S_{EB} – аеродинамічний коефіцієнт безпеки для з'єднувального повітропроводу;

S_{EGBV} – аеродинамічний коефіцієнт безпеки для аеродинамічного опору, що виникає внаслідок зміни швидкості у з'єднувальному повітропроводі ($S_{EGBV} = S_{EB}$ для $P_{GBV} \geq 0$ та $S_{EGBV} = 1,0$ для $P_{GBV} < 0$).

Коефіцієнт місцевого опору в димоході Ψ_{BV} при різній еквівалентній шорсткості обчислюється за формулою:

$$\frac{1}{\sqrt{\Psi_{BV}}} = -2 \cdot \log \left(\frac{2,51}{Re_{BV} \cdot \sqrt{\Psi_{BV}}} + \frac{r_{BV}}{3,71 \cdot D_{hBV}} \right), \quad (137)$$

де:

D_{hBV} – еквівалентний діаметр з'єднувального повітропроводу, м;

r_{BV} – еквівалентна шорсткість з'єднувального повітропроводу, м;

Re_{BV} – показник Рейнольдса у з'єднувальному повітропроводі (згідно з 7.8.2.5.3);

Ψ_{BV} – коефіцієнтів опору потоку, що виникає внаслідок тертя з'єднувального повітропроводу.

Для показника Рейнольдса нижче 2 300 використовується коефіцієнт відповідний до

of the connecting air supply pipe, in m;

$\Sigma\zeta_{BV}$ is the sum of coefficients of flow resistance in the connecting air supply pipe;

ρ_{mBV} is the density of the supply air averaged over the length of the connecting air supply pipe, in kg/m³;

w_{mBV} is the velocity of the supply air averaged over the length of in the connecting air supply pipe, in m/s;

S_{EB} is the flow safety coefficient for the connecting air supply pipe;

S_{EGBV} is the flow safety coefficient for the pressure resistance due to change of flow velocity in the connecting air supply pipe ($S_{EGBV} = S_{EB}$ for $P_{GBV} \geq 0$ and $S_{EGBV} = 1,0$ for $P_{GBV} < 0$).

The coefficient of flow resistance due to friction of the flue Ψ_{BV} for different roughness shall be calculated using the following equation:

where

D_{hBV} is the hydraulic diameter of the connecting air supply pipe, in m;

r_{BV} is the mean value of roughness of the inner wall of the connecting air supply pipe, in m;

Re_{BV} is the Reynolds number in the connecting air supply pipe (see 7.8.2.5.3);

Ψ_{BV} is the coefficient of flow resistance due to friction of the connecting air supply pipe.

For Reynolds numbers below 2 300 take the coefficient appropriate to the Reynolds number

показника Рейнольдса, який дорівнює 2 300.

Значення для середньої еквівалентної шорсткості надається виробником. У разі відсутності значень від виробника, типові значення для еквівалентної шорсткості наведені у, таблиці В.4 додатка В.

Зміна тиску, що виникає внаслідок зміни швидкості потоку у з'єднувальному повітропроводі P_{GBV} обчислюється за формулою:

$$P_{GBV} = \frac{\rho_{mBV}}{2} \cdot w_{mBV}^2 - \frac{\rho_{mB}}{2} \cdot w_{mB}^2, \quad \text{Па.} \quad (138)$$

де:

P_{GBV} – зміна тиску, що виникає внаслідок зміни у швидкості потоку припливного повітря у з'єднувальному повітропроводі, Па;

ρ_{mBV} – густина припливного повітря по всій довжині повітропроводу, кг/м³;

ρ_{mB} – густина припливного повітря по всій довжині повітропроводу, кг/м³;

w_{mBV} – швидкість припливного повітря по всій довжині з'єднувального повітропроводу, м/с;

w_{mB} – швидкість припливного повітря по всій довжині повітропроводу, м/с;

7.12 Розрахунок температури внутрішньої стінки димоходу на виході (T_{iob})

Температура внутрішньої стінки димоходу на виході при температурній рівновазі T_{iob} обчислюється за формулою:

$$T_{iob} = T_{o,Nseg} - \frac{k_{Nseg}}{\alpha_{i,Nseg}} \cdot (T_{o,Nseg} - T_{uo}), \quad \text{К.} \quad (139)$$

де:

equal to 2 300.

The values for mean roughness shall be given by the manufacturer. In the absence of values from the manufacturer typical mean roughness values for various materials are given in Annex B, Table B.4.

The change of pressure change of the flow velocity in the air supply duct of the connecting air supply pipe P_{GBV} shall be calculated with the following equation:

where

P_{GBV} is the pressure change due to change in velocity of the flow in the connecting air supply pipe, in Pa;

ρ_{mBV} is the density of the supply air averaged over the length of the connecting air supply pipe, in kg/m³;

ρ_{mB} is the density of the supply air averaged over the length of the air supply duct, in kg/m³;

w_{mBV} is the velocity of the supply air averaged over the length of in the connecting air supply pipe, in m/s;

w_{mB} is the velocity of the supply air averaged over the length of in the air supply duct, in m/s.

7.12 Calculation of the inner wall temperature at the chimney outlet (T_{iob})

The inner wall temperature at the chimney outlet at temperature equilibrium T_{iob} shall be determined using the following equation:

where

T_{iob} – температура внутрішньої стінки наприкінці димоходу при температурній рівновазі, К;

$T_{o,Nseg}$ – температура димових газів на кінці останньої ділянки димоходу $Nseg$, К;

$k_{,Nseg}$ – коефіцієнт теплопередачі між димоходом та проходом припливного повітря останньої ділянки димоходу $Nseg$, Вт/(м²·К);

$\alpha_{i,Nseg}$ – коефіцієнт теплопередачі між димовими газами та внутрішньою поверхнею шахти димоходу останньої ділянки димоходу $Nseg$, Вт/(м²·К);

T_{uo} – температура оточуючого повітря на виході димоходу, К.

8 ТЕПЛОТА КОНДЕНСАЦІЇ ВОДЯНОЇ ПАРИ ДИМОВИХ ГАЗІВ

8.1 Загальні положення

У попередньому пункті зазначений розрахунок параметрів для роботи димоходу в умовах присутності вологи без урахування можливої теплоти від конденсації водяної пари димових газів. Цей розділ описує розрахунок наявної теплоти від конденсації водяної пари (прихована теплота плавлення) та температурного ефекту у димоході. Цю інформацію необхідно використовувати в разі, якщо характеристика температури не задовольняє 5.3.

Характеристика тиску у даному пункті не зазначена.

Примітка. Газова стала R внаслідок конденсації визначається згідно з додатком E.

Теплота конденсації, яка врахована при розрахунку – дуже велика, тому теплопередача та передача маси здійснюється переважно у трьох-вимірах. Як

T_{iob} is the inner wall temperature at the chimney outlet at temperature equilibrium, in K;

$T_{o,Nseg}$ is the temperature of the flue gas at the end of the last chimney segment $Nseg$, in K;

$k_{,Nseg}$ is the coefficient of heat transmission between the flue and the air supply passage of the last chimney segment $Nseg$, in W/(m²·K);

$\alpha_{i,Nseg}$ is the coefficient of heat transfer between the flue gas and the inner surface of the flue duct of the last chimney segment $Nseg$, in W/(m²·K);

T_{uo} is the ambient air temperature at the chimney outlet, in K.

8 Consideration of the condensation heat of the flue gas water vapour

8.1 General

The preceding clause enables calculation of the parameters for a chimney operating under wet conditions without taking account of the available heat from the condensing water vapour in the flue gas. This clause describes the calculation of the available heat from condensing water vapour (latent heat of liquefaction), and the effect on the temperatures in the chimney. It is recommended to be used when the temperature requirement, see 5.3, is not fulfilled.

The effect on the pressure requirement is not dealt with in this clause.

NOTE The gas constant R considering the condensation may be determined using Annex E.

The condensation heat, which can be considered in the calculation, is very complex because the heat and mass transfer will be mostly 3-dimensional. As an example, the condensate

приклад, конденсат, можливо, стікає по внутрішній стінці димоходу і випаровується в області з вищою температурою. Метод розрахунку, наведений у цьому стандарті лише зазначає ефект конденсації водяної пари на внутрішній стінці димоходу, якщо температура внутрішньої стінки менша або дорівнює температурі точки роси димових газів, і метод розрахунку дозволяє зменшити максимальну кількість конденсату, коефіцієнт $f_K < 100\%$ як показує досвід.

Для розрахунку з конденсацією, димохід розділяється на ділянки N_{seg} , довжина ділянок має бути однаковою але не більше 0,5 м. З'єднувальний елемент також ділиться на ділянки з'єднувальної труби, максимальна довжина яких складає 0,5 м, якщо температура внутрішньої стінки на виході з'єднувальної труби димоходу менша ніж точка роси димових газів.

8.2 Початок конденсації

Щоб знайти ділянку N_{segK} та/або N_{segKV} , де починається конденсація, слід розрахувати температуру внутрішньої стінки на кінці кожної ділянки j $T_{iob,j}$ починаючи з першої ділянки з'єднувального елемента або димоходу, де може відбуватися конденсація, згідно з розділами 5 або 7, доки наступне співвідношення не буде виконане:

$$T_{iob,j} - T_{pe,1} < 0, \quad K. \quad (140)$$

разом з

with

$$T_{iob,j} = T_{ob,j} - \frac{k_{b,j}}{\alpha_{i,j}} \cdot (T_{ob,j} - T_{u,j}), \quad K. \quad (141)$$

де:

where

may flow down at the inner wall of the chimney and evaporate at an area with higher temperature. The calculation method given in this document only considers the effect of the condensation of water vapour at the inner wall of the chimney, when the inner wall temperature is lower or equal to the dew point temperature of the flue gas, but allows to reduce the maximum amount of condensate by a factor $f_K < 100\%$ in accordance with practical experience.

For the calculation with condensation a chimney shall be divided into N_{seg} chimney segments of equal length each with a maximum length of 0,5 m. The connecting flue pipe shall also be divided into N_{segV} connecting flue pipe segments of equal length each with a maximum length of 0,5 m, if the inner wall temperature at the outlet of the connecting flue pipe is lower than the water dew point of the flue gas.

8.2 Onset of condensation

To find the segment N_{segK} and/or N_{segKV} where condensation begins, calculate the inner wall temperature at the end of each segment j $T_{iob,j}$ starting with the first segment of the connecting flue pipe or chimney where condensation can occur in accordance to Clause 5 or Clause 7 until the following relationship is fulfilled:

$T_{iob,j}$ – температура внутрішньої стінки наприкінці ділянки j при температурній рівновазі, К;

$T_{pe,1}$ – точка роси на вході першої ділянки, К;

$k_{b,j}$ – коефіцієнт теплопередачі ділянки j при температурній рівновазі (згідно з таблицею 5 або таблицею 7), Вт/(м²·К);

$\alpha_{i,j}$ – коефіцієнт теплопередачі для конвекції ділянки j (згідно з таблицею 5 або таблицею 7), Вт/(м²·К);

$T_{ob,j}$ – температура димових газів на виході ділянки при температурній рівновазі j (згідно з таблицею 5 або таблицею 7), К;

$T_{u,j}$ – температура оточуючого повітря для площі ділянки j , К.

Примітка 1. Необхідно перевірити, що умова у формулі (140) витримується, особливо, якщо присутні зміни у розмірах димоходу або у значенні термічного опору з'єднувального елемента та/або димоходу, особливо на вході димоходу.

Точка роси на вході першої ділянки з'єднувального елемента $T_{peV,1}$ залежить від вмісту водяної пари димових газів на виході пристрою. Для неконденсованих котлів $T_{peV,1} = T_p$. Для конденсованих котлів, значення для вмісту водяної пари димових газів $\sigma(H_2O)_W$ повинно надаватися виробником. Значення часткового тиску точки роси на виході теплогенератора p_{DW} та точка роси $T_{peV,1}$ можна розрахувати за формулами наведеними у таблицях (B.6) та (B.7) додатка В.

Примітка 2. Якщо коефіцієнти відомі, температура води у котлі T_{bf} приймається, як значення точки роси $T_{peV,1} = T_{bf}$. Відповідний парціальний тиск водяної пари p_{DW} розраховується наступним рівнянням (B.13).

$T_{iob,j}$ is the inner wall temperature at the outlet of segment j at temperature equilibrium, in K;

$T_{pe,1}$ is the water dew point at the inlet of the first segment, in K;

$k_{b,j}$ is the coefficient of heat transmission of segment j at temperature equilibrium (see Clause 5 or Clause 7), in W/(m²·K);

$\alpha_{i,j}$ is the coefficient of heat transfer for convection of segment j (see Clause 5 or Clause 7), in W/(m²·K);

$T_{ob,j}$ is the flue gas temperature at the outlet of segment j at temperature equilibrium (see Clause 5 or Clause 7), in K;

$T_{u,j}$ is the ambient temperature for the area of segment j , in K.

NOTE 1 It is necessary to check that the condition in Equation (140) is fulfilled, especially if there are changes in the dimensions of the flue or in the value of the thermal resistance of the connecting flue pipe and/or the chimney, in particular at the entry to the chimney.

The water dew point at the inlet of the first segment of the connecting flue pipe $T_{peV,1}$ depends on the water vapour content of the flue gas at the outlet of the appliance. For non-condensing boilers $T_{peV,1} = T_p$.

For condensing boilers the value for the water vapour content of the flue gas $\sigma(H_2O)_W$ should be obtained from the appliance manufacturer. With this value the water vapour-partial pressure at the heating appliance outlet p_{DW} and the water dew point $T_{peV,1}$ can be determined using Equations (B.6) and (B.7) in Annex B.

NOTE 2 If no value is known the normal return water temperature to the boiler T_{bf} should be taken as water dew point $T_{peV,1} = T_{bf}$. The corresponding water vapour partial pressure p_{DW} can be determined with Equation (B.13).

Якщо масова витрата димових газів на виході конденсуючого котла \dot{m}_w не враховується, при фактичній конденсації у теплогенераторі, масова витрата димових газів обчислюється за формулою:

$$\dot{m}_w = \dot{m} - \Delta\dot{m}_{DW}, \quad \text{кг/с.} \quad (142)$$

разом з

with

$$\Delta\dot{m}_{DW} = \dot{m} \cdot \frac{R}{R_D} \cdot \left(1 - \frac{p_D}{p_L}\right) \cdot \left(\frac{p_D}{p_L - p_D} - \frac{p_{DW}}{p_L - p_{DW}}\right), \quad \text{кг/с.} \quad (143)$$

де:

where

\dot{m}_w – масова витрата димових газів на виході теплогенератора і враховується зміна масової витрати через конденсацію у пристрої, кг/с;

\dot{m}_w is the flue gas mass flow at the outlet of the heating appliance taking into account the change of mass flow by condensation in the appliance, in kg/s;

$\Delta\dot{m}_{DW}$ – масова витрата конденсату теплогенератора, кг/с;

$\Delta\dot{m}_{DW}$ is the condensate mass flow of the heating appliance, in kg/s;

\dot{m} – масова витрата димових газів перед конденсацією, кг/с;

\dot{m} is the flue gas mass flow before condensation, in kg/s;

R – газова стала димових газів перед конденсацією, Дж/(кг·К);

R is the gas constant of the flue gas before condensation, in J/(kg·K);

R_D – газова стала водяної пари димових газів становить 496, Дж/(кг·К);

R_D is the gas constant of water vapour and shall be taken as 496, in J/(kg·K);

p_L – парціальний тиск, Па;

p_L is the external air pressure, in Pa;

p_D – парціальний тиск водяної пари димових газів перед конденсацією, Па;

p_D is the water vapour partial pressure before condensation, in Pa;

p_{DW} – парціальний тиск водяної пари димових газів на виході теплогенератора, Па.

p_{DW} is the water vapour partial pressure at the heating appliance outlet, in Pa.

Якщо $N_{segKV} = 1$ слід застосовувати такі формули:

If $N_{segKV} = 1$ the following equations apply:

$$\dot{m}_{ov,0} = \dot{m}_w, \quad \text{кг/с.} \quad (144)$$

$$T_{obv,0} = T_w, \quad \text{кг/с.} \quad (145)$$

$$T_{iobv,0} = T_w - \frac{k_{bV,1}}{\alpha_{iV,1}} \cdot (T_w - T_{uV,1}), \quad \text{кг/с.} \quad (146)$$

де:

$\dot{m}_{ov,0}$ – масова витрата димових газів на вході в першу ділянку, кг/с;

$T_{obV,0}$ – температура димових газів на вході в першу ділянку при температурній рівновазі, К;

$T_{iobV,0}$ – температура внутрішньої стінки на вході в першу ділянку при температурній рівновазі, К;

T_W – температура димових газів на виході теплогенератора при температурній рівновазі, К;

$k_{bV,1}$ – коефіцієнт теплопередачі першої ділянки при температурній рівновазі, Вт/(м²·К);

$\alpha_{iv,1}$ – коефіцієнт теплопередачі першої ділянки, Вт/(м²·К);

$T_{uv,1}$ – температура оточуючого повітря на першій ділянці, К.

Точка роси на вході першої ділянки димоходу $T_{pe,1}$ залежить від вмісту водяної пари димових газів на виході з'єднувального елемента. Якщо не має конденсації у з'єднувальному елементі, $T_{pe,1} = T_{pV,1}$.

В іншому випадку, слід застосовувати формулу:

$$\sigma(H_2O)_{V,NsegV} = \frac{\frac{R}{R_D} \cdot \frac{p_D}{p_L} - \frac{\Delta\dot{m}_{DW} + \Delta\dot{m}_{DV}}{\dot{m}}}{\frac{R}{R_D} - \frac{\Delta\dot{m}_{DW} + \Delta\dot{m}_{DV}}{\dot{m}}} \cdot 100, \quad \text{кг/с.} \quad (147)$$

разом з

$$\Delta\dot{m}_{DV} = \sum_{j=NsegKV}^{NsegV} \Delta\dot{m}_{D,j}, \quad \text{кг/с.} \quad (148)$$

де:

where

$\dot{m}_{ov,0}$ is the flue gas mass flow at the inlet in the first segment, in kg/s;

$T_{obV,0}$ is the flue gas temperature at the inlet in the first segment at temperature equilibrium, in K;

$T_{iobV,0}$ is the inner wall temperature at the inlet in the first segment at temperature equilibrium, in K;

T_W is the flue gas temperature at the outlet of the heating appliance at temperature equilibrium, in K;

$k_{bV,1}$ is the coefficient of heat transmission of the first segment at temperature equilibrium, in W/(m²·K);

$\alpha_{iv,1}$ is the coefficient of heat transfer of the first segment, in W/(m²·K);

$T_{uv,1}$ is the ambient air temperature at the first segment, in K.

The water dew point at the inlet of the first segment of the chimney $T_{pe,1}$ depends on the water vapour content of the flue gas at the outlet of the connecting flue pipe. If no condensation occurs in the connecting flue pipe $T_{pe,1} = T_{pV,1}$ can be used.

Otherwise the following equation can be used:

with

where

$\sigma(\text{H}_2\text{O})_{V,Nseg}$ – вміст водяної пари димових газів на виході з'єднувального елемента, %; $\sigma(\text{H}_2\text{O})_{V,Nseg}$ is the water vapour content of the flue gas at the outlet of the connecting flue pipe, in %;

R – газова стала димових газів перед конденсацією, Дж/(кг·К); R is the gas constant of the flue gas before condensation, in J/(kg·K);

R_D – газова стала водяної пари складає 496, Дж/(кг·К); R_D is the gas constant of water vapour and shall be taken as 496, in J/(kg·K);

p_L – тиск навколишнього повітря, Па; p_L is the external air pressure, in Pa;

p_D – парціальний тиск водяної пари перед конденсацією, Па; p_D is the water vapour partial pressure before condensation, in Pa;

$\Delta\dot{m}_{DW}$ – масова витрата конденсату теплогенератора, кг/с; $\Delta\dot{m}_{DW}$ is the condensate mass flow of the heating appliance, in kg/s;

$\Delta\dot{m}_{DV}$ – масова витрата конденсату з'єднувального елемента, кг/с; $\Delta\dot{m}_{DV}$ is the condensate mass flow of the connecting flue pipe, in kg/s;

\dot{m} – масова витрата димових газів перед конденсацією, кг/с; \dot{m} is the flue gas mass flow before condensation, in kg/s;

$NsegV$ – кількість ділянок з'єднувального димоходу; $NsegV$ is number of segments of the connecting flue pipe;

$NsegKV$ – кількість ділянок з'єднувального димоходу, в яких починається конденсація. $NsegKV$ is number of the segment of the connecting flue pipe where the condensation begins.

Із значенням вмісту водяної пари димових газів на виході з'єднувального елемента $\sigma(\text{H}_2\text{O})_{V,NsegV}$, відповідний парціальний тиск водяної пари димових газів $p_{DV,NsegV}$ та точки роси $T_{pe,1}$ наведено у формулах (B.6) та (B.7) додатку В. With the value of the water vapour content of the flue gas at the outlet of the connecting flue pipe $\sigma(\text{H}_2\text{O})_{V,NsegV}$ the corresponding water vapour partial pressure $p_{DV,NsegV}$ and the water dew point $T_{pe,1}$ can be determined using Equations (B.6) and (B.7) in Annex B.

Якщо $NsegK = 1$ застосовується формула: If $NsegK = 1$ the following equations apply:

$$\dot{m}_{o,0} = \dot{m}_W - \Delta\dot{m}_{DV}, \quad \text{кг/с.} \quad (149)$$

$$T_{ob,0} = T_{eb}, \quad \text{К.} \quad (150)$$

$$T_{iob,0} = T_{eb} - \frac{k_{b,1}}{\alpha_{i,1}} \cdot (T_{eb} - T_{u,1}), \quad \text{К.} \quad (151)$$

де: where

$\dot{m}_{o,0}$ – масова витрата димових газів на вході $\dot{m}_{o,0}$ is the flue gas mass flow at the inlet in the

на першу ділянку, кг/с;

$\Delta \dot{m}_{DV}$ – масова витрата конденсату з'єднувального елемента, кг/с;

$T_{ob,0}$ – температура димових газів на вході в першу ділянку при температурній рівновазі, К;

$T_{iob,0}$ – температура внутрішньої стінки на вході в першу ділянку при температурній рівновазі, у К;

T_{eb} – температура димових газів на вході в димохід при температурній рівновазі, у К;

$k_{b,1}$ – коефіцієнт теплопередачі першої ділянки при температурній рівновазі, Вт/(м²·К);

$\alpha_{i,1}$ – коефіцієнт теплопередачі першої ділянки, Вт/(м²·К);

$T_{u,1}$ – температура оточуючого повітря на першій ділянці, К.

8.3 Розрахунок температури димових газів на виході ділянки димоходу з конденсацією ($j \geq N_{segK}$)

Наступні формули дають можливість розрахувати температуру димових газів на виході ділянки димоходу j $T_{ob,j}$ ітераційним способом.

Примітка 1. Рекомендується розпочати розрахунок зі значення для $T_{ob,j}$, яке розраховується без конденсації.

Примітка 2. Формули для ділянки димоходу також використовуються для з'єднувального елемента, із застосуванням відповідних значень.

Температуру внутрішньої стінки на виході ділянки j $T_{iob,j}$ обчислюють за формулою:

$$T_{iob,j} = T_{ob,j} - \frac{k_{obtot,j}}{\alpha_{iotot,j}} \cdot (T_{ob,j} - T_{u,j}), \quad \text{К.} \quad (152)$$

де:

first segment, in kg/s;

$\Delta \dot{m}_{DV}$ is the condensate mass flow of the connecting flue pipe, in kg/s;

$T_{ob,0}$ is the flue gas temperature at the inlet in the first segment at temperature equilibrium, in K;

$T_{iob,0}$ is the inner wall temperature at the inlet in the first segment at temperature equilibrium, in K;

T_{eb} is the flue gas temperature at the inlet in the chimney at temperature equilibrium, in K;

$k_{b,1}$ is the coefficient of heat transmission of the first segment at temperature equilibrium, in W/(m²·K);

$\alpha_{i,1}$ is the coefficient of heat transfer of the first segment, in W/(m²·K);

$T_{u,1}$ is the ambient air temperature at the first segment, in K.

8.3 Calculation of the flue gas temperature at the outlet of a chimney segment with condensation ($j \geq N_{segK}$)

The following equations allow the flue gas temperature at the outlet of a chimney segment j $T_{ob,j}$ to be calculated in an iterative way.

NOTE 1 It is recommended to start the iteration with a value for $T_{ob,j}$ calculated without condensation.

NOTE 2 The equations for the chimney segment also apply for the connecting flue pipe using the appropriate values.

For the inner wall temperature at the outlet of the segment j $T_{iob,j}$ the following equation applies:

where

$T_{iob,j}$ – температура внутрішньої стінки на вході ділянки при температурній рівновазі, К;

$T_{ob,j}$ – температура димових газів на виході ділянки при температурній рівновазі j , К;

$T_{u,j}$ – температура оточуючого повітря для площі ділянки j , К.

$k_{obtot,j}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі на виході ділянки j при температурній рівновазі, Вт/(м²·К);

$\alpha_{iotot,j}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі для конвекції та конденсації на виході ділянки j , Вт/(м²·К).

Розрахунок сумарного коефіцієнту тепловіддачі для конвекції та конденсації ділянки

$\alpha_{iotot,j}$ для сумарного коефіцієнту теплопередачі $k_{btot,j}$ обчислюють за формулою:

$$\alpha_{iotot,j} = \alpha_{io,j} + \alpha_{ioK,j}, \quad \text{Вт/(м}^2\cdot\text{К)}. \quad (153)$$

$$k_{obtot,j} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{iotot,j}} + \left(\frac{1}{\Lambda}\right) + \frac{D_h}{D_{ha} \cdot \alpha_a}}, \quad \text{Вт/(м}^2\cdot\text{К)}. \quad (154)$$

де:

$\alpha_{iotot,j}$ – загальний коефіцієнт тепловіддачі для конвекції та конденсації на виході ділянки j , Вт/(м²·К);

$\alpha_{io,j}$ – коефіцієнт тепловіддачі для конвекції ділянки j (див. таблицю 5 або таблицю 7, розрахунок для $T_{ob,j}$), Вт/(м²·К);

$k_{ioK,j}$ – коефіцієнт тепловіддачі для конденсації на виході ділянки j , Вт/(м²·К);

$k_{obtot,j}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі

$T_{iob,j}$ is the inner wall temperature at the outlet of segment j at temperature equilibrium, in K;

$T_{ob,j}$ is the flue gas temperature at the outlet of segment j at temperature equilibrium, in K;

$T_{u,j}$ is the ambient temperature for the area of segment j , in K;

$k_{obtot,j}$ is the total coefficient of heat transmission at the outlet of segment j at temperature equilibrium, in W/(m²·K);

$\alpha_{iotot,j}$ is the total coefficient of heat transfer for convection and condensation at the outlet of segment j , in W/(m²·K).

For the total coefficient of heat transfer for convection and condensation of the segment

$\alpha_{iotot,j}$ and the total coefficient of heat transmission $k_{btot,j}$ the following equations apply:

where

$\alpha_{iotot,j}$ is the total coefficient of heat transfer for convection and condensation at the outlet of segment j , in W/(m²·K);

$\alpha_{io,j}$ is the coefficient of heat transfer for convection of segment j (see Clause 5 or Clause 7, calculated for $T_{ob,j}$), in W/(m²·K);

$k_{ioK,j}$ is the coefficient of heat transfer by condensation at the outlet of segment j in W/(m²·K);

$k_{obtot,j}$ is the total coefficient of heat transmission

на виході ділянки j при температурній рівновазі, Вт/(м²·К);

$\left(\frac{1}{\Lambda}\right)$ – термічний опір, м²·К/Вт;

D_h – внутрішній еквівалентний діаметр, м;

D_{ha} – зовнішній еквівалентний діаметр, м;

α_a – зовнішній коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м²·К).

Коефіцієнт тепловіддачі при конденсації $\alpha_{iK,j}$, обчислюють за формулою:

$$\alpha_{i0K,j} = \frac{q_{K,j} \cdot Nseg}{l_{c,j} \cdot U \cdot L \cdot (T_{ob,j} - T_{iob,j})}, \quad \text{Вт/(м}^2 \cdot \text{К)} \quad (155)$$

$$l_{c,j} = 1 \quad \text{для } j > NsegK \quad \text{або } NsegK = 1 \quad \text{та } T_{iob,0} \leq T_{pe,1}, \quad (156)$$

$$l_{c,j} = \frac{T_{pe,1} - T_{iob,j}}{T_{iob,j-1} - T_{iob,j}}, \quad (157)$$

$$\text{для } j = NsegK \quad \text{та } NsegK > 1 \quad \text{або } NsegK = 1 \quad \text{та } T_{iob,0} > T_{pe,1},$$

де:

$\alpha_{iK,j}$ – передача тепла при конденсації від димових газів до внутрішньої стінки ділянки j , Вт/(м²·К);

$q_{K,j}$ – тепло конденсації ділянки j , Вт;

$Nseg$ – кількість ділянок;

$l_{c,j}$ – розмір поверхні ділянки з конденсацією j ;

U – внутрішній перетин, м;

L – довжина димоходу, м;

$T_{pe,1}$ – точка роси на вході першої ділянки, К;

$T_{iob,NsegK}$ – температура внутрішньої стінки на виході ділянки $NsegK$ при температурній рівновазі, К.

Тепло конденсації $q_{K,j}$ обчислюють за формулою:

at the outlet of segment j at temperature equilibrium, in W/(m²·K);

$\left(\frac{1}{\Lambda}\right)$ is the thermal resistance, in m²·K/W;

D_h is the internal hydraulic diameter, in m;

D_{ha} is the external hydraulic diameter, in m;

α_a is the external coefficient of heat transfer, in W/(m²·K).

For the coefficient of heat transfer by condensation $\alpha_{iK,j}$, the following equation applies:

where

$\alpha_{iK,j}$ is the heat transfer by condensation from the flue gas to the inner wall of segment j , in W/(m²·K);

$q_{K,j}$ is the condensation heat of segment j , in W;

$Nseg$ is the number of segments;

$l_{c,j}$ is the proportion of condensation surface of segment j ;

U is the internal circumference, in m;

L is the length of the chimney, in m;

$T_{pe,1}$ is the water dew point at the inlet of the first segment, in K;

$T_{iob,NsegK}$ is the inner wall temperature at the outlet of segment $NsegK$ at temperature equilibrium, in K.

For the condensation heat $q_{K,j}$ the following equation applies:

$$q_{K,j} = \Delta \dot{m}_{D,j} \cdot r_D, \quad \text{Вт.} \quad (158)$$

де:

$q_{K,j}$ – тепло конденсації для ділянки j , Вт;

$\dot{m}_{D,j}$ – масова витрата конденсату ділянки j , кг/с;

r_D – енталпія внутрішньої енергії води, що випаровується = 2 400 000, Дж/кг.

Розрахунок масової витрати конденсату обчислюють за формулою:

$$\Delta \dot{m}_{D,j} = \dot{m} \cdot \frac{R}{R_D} \cdot \left(1 - \frac{p_D}{p_L}\right) \cdot \left(\frac{p_{D0,j-1}}{p_L - p_{D0,j-1}} - \frac{p_{D0,j}}{p_L - p_{D0,j}}\right) \cdot \frac{f_K}{100}, \quad \text{кг/с.} \quad (159)$$

разом з

$$p_{D0,j} = e^{\left(23,6448 - \frac{4077,9}{T_{\text{io},j} - 36,48}\right)}, \quad \text{Па.} \quad (160)$$

де:

$\Delta \dot{m}_{D,j}$ – масова витрата конденсату ділянки j , кг/с;

\dot{m} – масова витрата димових газів перед конденсацією, кг/с;

R – газова стала димових газів перед конденсацією, Дж/(кг·К);

R_D – значення газової сталої водяної пари димових газів 496, Дж/(кг·К);

p_D – парціальний тиск водяної пари перед конденсацією, Па;

$p_{D0,j}$ – парціальний тиск водяної пари відносно температури внутрішньої стінки на виході ділянки j при температурній рівновазі, Па;

p_L – парціальний тиск, Па;

f_K – корисна частина конденсації;

$T_{\text{io},j}$ – температура внутрішньої стінки на виході ділянки j при температурній рівновазі, К.

Для f_K слід користуватись формулами (161)

where

$q_{K,j}$ is the condensation heat for segment j , in W;

$\dot{m}_{D,j}$ is the condensate mass flow of segment j , in kg/s;

r_D is the enthalpy of evaporated water and shall be taken as 2 400 000, in J/kg.

For the mass flow of condensate the following equation applies:

with

where

$\Delta \dot{m}_{D,j}$ is the condensate mass flow of segment j in kg/s;

\dot{m} is the flue gas mass flow before condensation, in kg/s;

R is the gas constant of the flue gas before condensation, in J/(kg·K);

R_D is the gas constant of water vapour and shall be taken as 496, in J/(kg·K);

p_D is the water vapour-partial pressure before condensation, in Pa;

$p_{D0,j}$ is the water vapour-partial pressure due to the inner wall temperature at the outlet of segment j at temperature equilibrium, in Pa;

p_L is the external air pressure, in Pa;

f_K is the useful part of the condensation;

$T_{\text{io},j}$ is the inner wall temperature at the outlet of segment j at temperature equilibrium, in K.

та (162) та рисунком 2. Для температури димових газів f_K на вході в димохід застосовують значення T_e . У разі, якщо у з'єднувальному елементі спостерігається конденсація, то для цієї частини f_{KV} застосовується значення T_W для температури димових газів теплогенератора.

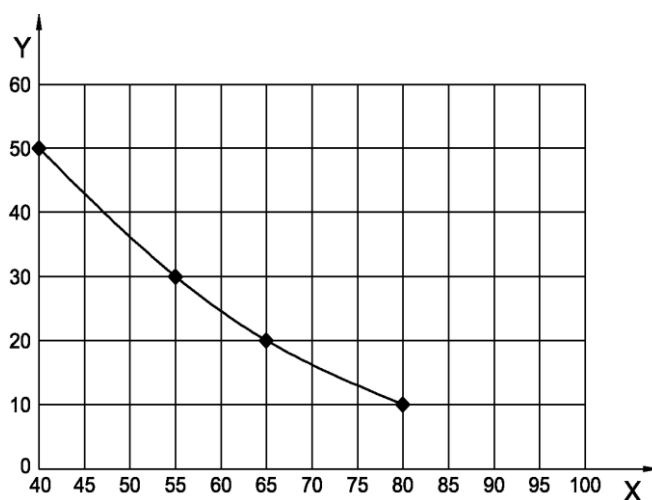
For f_K see Equations (161) and (162) and Figure 2. For f_K the flue gas temperature at the inlet into the chimney T_e shall be used. If there is already condensation in the connecting flue pipe, for this part of f_{KV} the flue gas temperature of the appliance T_W shall be used.

Рисунок 2 - Коефіцієнт конденсації f_K

базується на вхідній температурі димових газів t_e або t_W

Figure 2 - Condensation factor f_K based on the flue gas entry temperature t_e or t_W

Рис [2].



Key

X t_e або t_W у °C
Y f_K або f_{KV} у %

X t_e or t_W in °C
Y f_K or f_{KV} in %

$$f_{KV} = 132,7 - 2,6 \cdot t_W + 0,0133 \cdot t_W^2, \quad \% \quad (161)$$

та

and

$$f_K = 132,7 - 2,6 \cdot t_e + 0,0133 \cdot t_e^2, \quad \% \quad (162)$$

де:

where

t_W – температура димових газів генератора, °C;

t_W is the flue gas temperature of the appliance, in °C;

t_e – температура димових газів в точці входу в димохід, °C.

t_e is the flue gas temperature at the chimney inlet, in °C.

Формула може використовуватися для $40 \text{ °C} \leq t_W \leq 80 \text{ °C}$ та $40 \text{ °C} \leq t_e \leq 80 \text{ °C}$. Для $t_W < 40$

The equation can be used for $40 \text{ °C} \leq t_W \leq 80 \text{ °C}$ and $40 \text{ °C} \leq t_e \leq 80 \text{ °C}$. For $t_W < 40$ is $f_{KV} =$

°C це $f_{KV} = 50\%$ та для $t_e < 40$ °C це $f_K = 50\%$. 50 % and for $t_e < 40$ °C is $f_K = 50\%$.

Масова витрата димових газів на виході ділянки $\dot{m}_{o,j}$ обчислюється за формулою: For the flue gas mass flow at the outlet of the segment $\dot{m}_{o,j}$ the following equation applies:

$$\dot{m}_{o,j} = \dot{m}_{o,j-1} - \Delta\dot{m}_{D,j}, \quad \text{Вт.} \quad (163)$$

де:

where

$\dot{m}_{o,j-1}$ – масова витрата димових газів на виході ділянки j , кг/с;

$\dot{m}_{o,j-1}$ is the flue gas mass flow at the outlet of segment j , in kg/s;

$\Delta\dot{m}_{D,j}$ – масова витрата конденсату ділянки j , кг/с.

$\Delta\dot{m}_{D,j}$ is the condensate mass flow of segment j in kg/s.

Для нового розрахунку температури димових газів на виході ділянки $T_{ob,j}$ застосовуються формули:

For the new calculated flue gas temperature at the outlet of the segment $T_{ob,j}$ the following equations apply:

$$T_{ob,j} = \frac{\left(\frac{\dot{m}_{o,j-1} \cdot c_{po,j-1} - \frac{K_{b,j}}{2}}{\dot{m}_{o,j} \cdot c_{po,j}} \right) \cdot T_{ob,j-1} + \frac{q_{K,j}}{\dot{m}_{o,j} \cdot c_{po,j}} + K_{b,j} \cdot T_{u,j}}{1 + \frac{K_{b,j}}{2}}, \quad \text{К.} \quad (164)$$

разом з

with

$$K_{b,j} = \frac{U \cdot k_{btot,j} \cdot L}{\dot{m}_{o,j} \cdot c_{po,j} \cdot Nseg}, \quad (165)$$

$$k_{btot,j} = (1 - l_{c,j}) \cdot k_{b,j-1} + l_{c,j} \cdot k_{btot,j} \quad \text{для } j = NsegK, \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}). \quad (166)$$

$$k_{btot,j} = \frac{k_{btot,j-1} + k_{btot,j}}{2} \quad \text{для } j > NsegK, \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}). \quad (167)$$

де:

where

$T_{ob,j}$ – новий розрахунок температури димових газів на виході ділянки j , К;

$T_{ob,j}$ is the new calculated flue gas temperature at the outlet of segment j , in К;

$\dot{m}_{o,j}$ – масова витрата димових газів на виході ділянки j , кг/с;

$\dot{m}_{o,j}$ is the flue gas mass flow at the outlet of segment j , in kg/s;

$c_{po,j}$ – питома теплоємність димових газів на виході ділянки j , Дж/(кг·К);

$c_{po,j}$ is the specific heat capacity of the flue gas at the outlet of segment j , in J/(kg·К);

$K_{b,j}$ – коефіцієнт охолодження ділянки j при температурній рівновазі;

$K_{b,j}$ is the coefficient of cooling of segment j at temperature equilibrium;

$T_{ob,j-1}$ – температура димових газів на виході ділянки $j-1$ при температурній рівновазі, К;

$T_{ob,j-1}$ is the flue gas temperature at the outlet of segment $j-1$ at temperature equilibrium, in К;

$q_{K,j}$ – тепло конденсація ділянки j , Вт; $q_{K,j}$ is the condensation heat of segment j , in W;
 $T_{u,j}$ – температура оточуючого повітря для площі ділянки j , К; $T_{u,j}$ is the ambient temperature for the area of segment j , in K;
 U – внутрішній переріз димоходу, м; U is the internal circumference, in m;
 $k_{btot,j}$ – коефіцієнт теплопередачі на ділянці j при температурній рівновазі, Вт/(м²·К); $k_{btot,j}$ is the coefficient of heat transmission of segment j at temperature equilibrium, in W/(m²·K);
 L – довжина, м; L is the length, in m;
 $Nseg$ – кількість ділянок; $Nseg$ is the number of segments;
 $l_{c,j}$ – співвідношення конденсації поверхні ділянки j ; $l_{c,j}$ is the proportion of condensation surface of segment j ;
 $k_{b,j-1}$ – коефіцієнт теплопередачі ділянки $j-1$ при температурній рівновазі, Вт/(м²·К); $k_{b,j-1}$ is the coefficient of heat transmission of segment $j-1$ at temperature equilibrium, in W/(m²·K);
 $k_{obtot,j}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі на виході ділянки j при температурній рівновазі, Вт/(м²·К). $k_{obtot,j}$ is the total coefficient of heat transmission at the outlet of segment j at temperature equilibrium, in W/(m²·K).
 Для точного розрахунку, слід застосовувати формули: For the exactness of the iteration the following equations apply:

$$|q_{A,j} - q_{C,j}| \leq \varepsilon_f \cdot q_{A,j}, \quad \text{Вт.} \quad (168)$$

Разом з

with

$$q_{A,j} = \dot{m}_{o,j-1} \cdot c_{po,j-1} \cdot T_{ob,j-1} - \dot{m}_{o,j} \cdot c_{po,j} \cdot T_{ob,j} + q_{K,j}, \quad \text{Вт.} \quad (169)$$

$$q_{C,j} = \frac{\alpha_{itot,j} \cdot U \cdot L}{Nseg} \cdot \frac{T_{ob,j-1} - T_{iob,j-1} + T_{ob,j} - T_{iob,j}}{2}, \quad \text{Вт.} \quad (170)$$

де:

where

$q_{A,j}$ – енталпія тепловмісту димових газів між входом на ділянку та виходом з неї j , К;

$q_{A,j}$ is the enthalpy difference of the flue gas between the inlet and the outlet of segment j , in K;

$q_{C,j}$ – загальний потік тепла газів димоходу до внутрішньої стінки ділянки j , К;

$q_{C,j}$ is the total heat flow from the flue gas to the inner wall of segment j , in K;

ε_f – максимальна похибка = 0,02;

ε_f is the maximal convergence error and shall be taken as 0,02;

$\dot{m}_{o,j}$ – масова витрата димових газів на виході ділянки j , кг/с;

$\dot{m}_{o,j}$ is the flue gas mass flow at the outlet of segment j , in kg/s;

$c_{po,j}$ – питома теплоємність димових газів на виході ділянки j , Дж/(кг·К);

$T_{ob,j}$ – температура димових газів на виході ділянки j при температурній рівновазі, К;

$q_{K,j}$ – тепло конденсації ділянки j , у Вт;

$\alpha_{iotot,j}$ – загальний коефіцієнт тепловіддачі для конвекції та конденсації на виході ділянки j , Вт/(м²·К);

U – внутрішній перетин димоходу, м;

L – довжина димоходу, м;

N_{seg} – кількість ділянок;

$T_{iob,j}$ – температура внутрішньої стінки на виході ділянки j при температурній рівновазі, К.

Для збалансованих димоходів з концентричними шахтами, застосовуються формули від (140) до (170), з наступними змінами:

- Замість $T_{u,j}$ використовується $T_{mbB,j}$

- Замість $T_{uV,j}$ використовується $T_{mbBV,j}$

- Замість α_a використовується $\alpha_{a,j}$

$T_{mB,j}$, $T_{mBV,j}$ та $\alpha_{a,j}$ обчислюються за відповідними формулами згідно таблиці 7.

$c_{po,j}$ is the specific heat capacity of the flue gas at the outlet of segment j , in J/(kg·K);

$T_{ob,j}$ is the flue gas temperature at the outlet of segment j at temperature equilibrium, in K;

$q_{K,j}$ is the condensation heat of segment j , in W;

$\alpha_{iotot,j}$ is the total coefficient of heat transfer for convection and condensation at the outlet of segment j , in W/(m²·K);

U is the internal circumference, in m;

L is the length of the chimney, in m;

N_{seg} is the number of segments;

$T_{iob,j}$ is the inner wall temperature at the outlet of segment j at temperature equilibrium, in K.

For balanced flue chimneys with concentric ducts the Equations (140) to (170) can be used with the following changes:

-Instead of $T_{u,j}$ use $T_{mbB,j}$

-Instead of $T_{uV,j}$ use $T_{mbBV,j}$

-Instead of α_a use $\alpha_{a,j}$

$T_{mB,j}$, $T_{mBV,j}$ and $\alpha_{a,j}$ can be calculated with the appropriate formulae of Clause 7.

РОЗРАХУНОК ТЕРМІЧНОГО ОПОРУ

Термічний опір димоходу $\left(\frac{1}{\lambda}\right)_n$ можливо визначити на підставі коефіцієнтів теплопровідності будівельних матеріалів за формулою:

$$\left(\frac{1}{\lambda}\right) = y \cdot \sum_n \left[\frac{D_h}{2 \cdot \lambda_n} \cdot \ln \left(\frac{D_{h,n+1}}{D_{h,n}} \right) \right], \quad \text{м}^2/\text{К} \cdot \text{Вт}. \quad (\text{A.1})$$

де:

D_h – внутрішній еквівалентний діаметр, м;

$D_{h,n}$ – еквівалентний діаметр кожного внутрішнього шару, м;

y – коефіцієнт форми:

= 1,0 для круглих і овальних поперечних перетинів;

= 1,10 для квадратних і прямокутних поперечних перетинів до 1:1,5;

λ_n – коефіцієнт теплопровідності матеріалу при робочій температурі (відповідно до таблиці В.5), Вт/(м·К).

Вплив теплових мостів на металеві димоходи враховується при розрахунку коефіцієнта, зазначеного в EN 1859.

Calculation of thermal resistance

The thermal resistance of a chimney $\left(\frac{1}{\lambda}\right)_n$ may be determined with knowledge of the coefficients of thermal conductivity of the materials of construction and should be determined using the following formula:

Where

D_h is the internal hydraulic diameter, in m;

$D_{h,n}$ is the hydraulic diameter of the inside of each layer, in m;

y is the coefficient of form:

= 1,0 for round and oval cross-sections;

= 1,10 for square and rectangular cross-sections up to a ratio of a side of 1:1,5;

λ_n is the coefficient of thermal conductivity of the material of the layer at the operating temperature (see Table B.5), in W/(m·K).

The influence of the thermal bridges for metal system chimneys should be taken into account by a factor described in EN 1859.

Додаток В
(довідковий)
ТАБЛИЦІ

Таблиця В.1 – Величини для визначення масової витрати димових газів m , специфічної газової сталої R , питомої теплоємності c_p , точки роси t_p , зростання точки роси ΔT_{sp} , коефіцієнта теплопровідності λ_A і динамічної в'язкості η_A димових газів (c_p , λ_A і η_A при 400 °С)

Annex B
(informative)
Tables

Table B.1 – Values for determination of the flue gas mass flow m , the specific gas constant R , the specific heat capacity c_p , the water dew point t_p , the rise in the dew point ΔT_{sp} , the coefficient of thermal conductivity λ_A and dynamic viscosity η_A of flue gas (c_p , λ_A and η_A to 400 °C)

Тип палива kind of fuel	Характеристики палива - Characteristic fuel data						Коефіцієнти для розрахунку параметрів димових газів - Coefficients for calculation of flue gas data													
	H_u	$V_{Air\ min}$	V_{Lmin}	V_{H_2O}	$\sigma(CO_2)$ <i>max</i>	$\sigma(SO_2)$	f_{m1}	f_{m2}	f_R без конд. without cond.	f_R з конд. with cond.	f_{R1}	f_{R2}	f_{c0}	F_{c1}	f_{c2}	f_{c3}	f_w	f_{s1}	f_{s2}	
	кВт·ч/кг кВт·ч/м ³	м ³ /кг або м ³ / м ³	м ³ /кг або м ³ / м ³	м ³ /кг або м ³ / м ³	%	%	г%/ (кВт с)	г/(кВт с)	1/%	1/%	1/%	1/%	Дж/(кгК %)	Дж/(кгК ² %)	Дж/(кгК ³ %)	1/%	%	К	К	
Кокс coke	8,06	7,64	7,66	0,13	20,60	0,09	7,06	0,033	-0,0036	-0,0038	0,0036	-0,0040	3,4	0,014	-0,000014	0,0046	1,235	99	7	
Кам. вугілля (антрацит) stone coal (anthracite)	9,24	8,37	8,55	0,44	19,05	0,10	6,23	0,036	-0,0028	-0,0033	0,003 6	-0,0039	5,6	0,014	-0,000013	0,0057	370	93	7	
Буре вугілля brown coal	5,42	5,09	5,17	0,68	19,48	0,04	6,61	0,055	-0,0014	-0,0026	0,003 7	-0,004 0	10,3	0,015	-0,000012	0,0083	149	80	7	
Мазут < 4% S RFO < 4% S	9,43	9,91	10,48	1,15	16,17	0,28	6,14	0,052	-0,0012	-0,0024	0,003 7	-0,003 9	10,7	0,014	-0,000012	0,0082	142	94	7	
Мазут < 2% S RFO < 2% S	9,61	10,06	10,67	1,21	16,15	0,14	6,11	0,052	-0,001	-0,0023	0,003 7	-0,003 8	11,0	0,014	-0,000011	0,0083	137	89	7	
Мазут < 1% S RFO < 1% S	9,74	10,17	10,79	1,25	16,09	0,07	6,07	0,052	-0,0009	-0,0022	0,003 7	-0,003 8	11,2	0,014	-0,000011	0,0084	134	85	7	
Рідке паливо domestic heating oil	11,86	10,52	11,26	1,49	15,40	0,00	4,94	0,046	-0,0002	-0,0018	0,003 8	-0,003 7	13,0	0,014	-0,000011	0,0093	111	0	0	
Керосин kerosene	12,09	11,36	12,14	1,57	15,00	0,00	5,09	0,047	-0,0002	-0,0018	0,003 8	-0,003 6	13,0	0,014	-0,000011	0,0093	111	0	0	
Природний газ типу Н natural gas H	10,03	8,67	9,57	1,86	12,00	0,00	3,75	0,053	0,0032	0,0002	0,003 9	-0,003 2	23,0	0,015	-0,000007	0,0142	57	0	0	
Природний газ типу L natural gas L	9,03	7,87	8,63	1,70	11,80	0,00	3,72	0,054	0,0033	0,0003	0,003 9	-0,003 2	23,5	0,015	-0,000007	0,0144	56	0	0	
Зріджений газ liquid gas	26,67	22,46	24,51	4,10	13,80	0,00	4,20	0,049	0,0013	-0,0009	0,003 8	-0,003 5	17,6	0,015	-0,000009	0,0116	77	0	0	
Дрова (волог. 23,1%) wood (23,1% moisture)	3,70	3,44	3,45	0,80	20,50	0,00	6,89	0,076	0,0001	-0,0018	0,003 8	-0,004 1	15,4	0,016	-0,000011	0,0111	90	15	0	
Дрова (волог. 33,3%) wood (33,3% moisture)	3,12	2,98	2,99	0,86	20,50	0,00	7,08	0,090	0,001	-0,0013	0,003 8	-0,004 2	18,5	0,016	-0,000010	0,0128	72	15	0	
Гранульовані дрова гранульована деревина	5,27	4,78	4,81	0,78	20,31	0,00	6,66	0,060	-0,001	-0,0024	0,003 7	-0,004 1	11,6	0,015	-0,000012	0,0091	127	15	0	

Продовження табл. В.1

Продовження табл. В.1	Table B.1 (continued)	
f_{m1}	коефіцієнт для розрахунку масової витрати димових газів, г·%/(кВт·с);	is the coefficient for calculation of flue gas mass flow, in g·%/(kW·s);
f_{m2}	коефіцієнт для розрахунку масової витрати димових газів, г/(кВт·с);	is the coefficient for calculation of flue gas mass flow, in g/(kW·s);
f_R	коефіцієнт для розрахунку газової сталої димових газів, 1/%;	is the coefficient for calculation of gas constant of the flue gas, in 1/%;
f_{c0}	коефіцієнт для розрахунку питомої теплоємності димових газів, Дж/(кг·К·%);	is the coefficient for calculation of specific heat capacity of the flue gas, in J/(kg·K·%);
f_{c1}	коефіцієнт для розрахунку питомої теплоємності димових газів, Дж/(кг·К ² ·%);	is the coefficient for calculation of specific heat capacity of the flue gas, in J/(kg·K ² ·%);
f_{c2}	коефіцієнт для розрахунку питомої теплоємності димових газів, Дж/(кг·К ³ ·%);	is the coefficient for calculation of specific heat capacity of the flue gas, in J/(kg·K ³ ·%);
f_{c3}	коефіцієнт для розрахунку питомої теплоємності димових газів, 1/%;	is the coefficient for calculation of specific heat capacity of the flue gas, in 1/%;
f_{R1}	коефіцієнт для розрахунку газової сталої димових газів, де постійна водяної пари в димових газах, 1/%;	is the coefficient for calculation of gas constant of the flue gas where the water vapour content of the flue gas is known, in 1/%;
f_{R2}	коефіцієнт для розрахунку газової сталої димових газів, де постійна водяної пари в димових газах, 1/%;	is the coefficient for calculation of gas constant of the flue gas where the water vapour content of the flue gas is known, in 1/%;
f_w	коефіцієнт для розрахунку вмісту водяної пари в димових газах, %;	is the coefficient for calculation of water vapour content of the flue gas, in %;
f_{s1}	коефіцієнт для розрахунку зростання точки роси, К;	is the coefficient for calculation of rise in dew point, in K;
f_{s2}	коефіцієнт для розрахунку зростання точки роси, К;	is the coefficient for calculation of rise in dew point, in K;
H_u	енергоємність палива, кВт·г/кг або кВт·г/м ³ ;	is the energy content of the fuel, in kWh/kg or kWh/m ³ ;
$V_{Atr\ min}$	відносний мінімальний обсяг сухих димових газів й маси палива або обсягу палива за нормальних умов (273,15 К, 101325 Па), м ³ /кг або м ³ /м ³ ;	is the relation of minimum dry flue gas volume and fuel mass or flue volume under normal condition (273,15 K, 101325 Pa), in m ³ /kg or m ³ /m ³ ;
$V_{L\ min}$	відносний мінімальний обсяг повітря для горіння й маси палива або обсягу палива за нормальних умов (273,15 К, 101325 Па), м ³ /кг або м ³ /м ³ ;	is the relation of minimum combustion air volume and fuel mass or flue volume under normal condition (273,15 K, 101325 Pa), in m ³ /kg or m ³ /m ³ ;
V_{H_2O}	відносний мінімальний обсяг водяної пари в димових газах й маси палива або обсягу палива за нормальних умов (273,15 К, 101325 Па), м ³ /кг або м ³ /м ³ ;	is the relation of water vapour volume in the flue gas and fuel mass or flue volume under normal condition (273,15 K, 101325 Pa), in m ³ /kg or m ³ /m ³ ;
$\sigma(CO_2)_{\max}$	максимальний вміст вуглекислого газу в сухому димовому газі, %;	is the maximum carbon dioxide content of dry flue gas, in %;
$\sigma(SO_2)_{\max}$	максимальний вміст сірчистого газу в сухому димовому газі, %.	is the maximum sulphur dioxide content of dry flue gas, in %.

Продовження табл. В.1

$$\dot{m} = \left(\frac{f_{m1}}{\sigma(CO_2)} + f_{m2} \right) \cdot Q_F$$

$$Q_F = \frac{100}{\eta_W} \cdot Q$$

$$R = R_L \cdot [1 + f_R \cdot \sigma(CO_2)]$$

$$c_p = \frac{1011 + 0,05 \cdot t_m + 0,0003 \cdot t_m^2 + (f_{c0} + f_{c1} \cdot t_m + f_{c2} \cdot t_m^2) \cdot \sigma(CO_2)}{1 + f_{c3} \cdot \sigma(CO_2)}$$

$$\sigma(H_2O) = \frac{100}{1 + \frac{f_w}{\sigma(CO_2)}} + 1,1$$

$$p_D = \frac{\sigma(H_2O)}{100} \cdot p_L$$

$$t_p = \frac{4077,9}{23,6448 - \ln(p_D)} - 236,67$$

$$\Delta T_{sp} = f_{s1} + f_{s2} \cdot \ln(K_f)$$

$$\lambda_A = 0,0223 + 0,000065 \cdot t_n$$

$$\eta_A = 15 \cdot 10^{-6} + 47 \cdot 10^{-9} \cdot t_m - 20 \cdot 10^{-12} \cdot t_m^2$$

$$R = R_L \cdot \left\{ 0,996 + f_{R1} \cdot \sigma(H_2O) + f_{R2} \cdot \left[1 - \frac{\sigma(H_2O)}{100} \right] \cdot \sigma(CO_2) \right\}$$

Table B.1 (continued)

B.1	\dot{m}	- масова витрата димових газів, г/с;	is the flue gas mass flow, in g/s;
	$\sigma(CO_2)$	- вміст сірчаного газу в сухому димовому газі, %;	is the carbon dioxide content of dry flue gas, in %;
B.2	Q_F	- теплова потужність теплогенератора, кВт;	is the heat input of heating appliance, in kW;
	Q	- теплопродуктивність теплогенератора, кВт;	is the heat output of heating appliance, in kW;
B.3	η_W	- коефіцієнт корисної дії теплогенератора, %;	is the efficiency of heating appliance, in %;
B.4	R	- газова стала димових газів, Дж/(кг·К); - вміст газу в повітрі = 288 Дж/(кг·К);	is the gas constant of the flue gas, in J/(kg·K); is the gas content of the air = 288 J/(kg·K);
	R_L		
B.5	c_p	- питома теплоємність димових газів, Дж/(кг·К);	is the specific heat capacity of the flue gas, in J/(kg·K);
B.6	t_m	- середня температура димових газів, °С;	is the mean flue gas temperature, in °C;
	$\sigma(H_2O)$	- вміст водяної пари в димових газах, %;	is the water vapour content of the flue gas, in %;
B.7	p_D	- парціальний тиск водяної пари, Па;	is the water vapour-partial pressure, in Pa;
	p_L	- тиск зовнішнього повітря, Па;	is the external air pressure, in Pa;
B.8	t_p	- температура точки роси, °С;	is the dew point temperature, in °C
B.9	ΔT_{sp}	- зростання точки роси, К;	is the rise in dew point, in K;
B.10	K_f	- коефіцієнт перетворення SO ₂ на SO ₃ , %;	is the conversion factor SO ₂ in SO ₃ , in %;
	λ_A	- коефіцієнт теплопровідності димових газів, Вт/(м·К);	is the coefficient of thermal conductivity of the flue gas, in W/(m·K);
	η_A	- динамічна в'язкість димових газів, Н·с/м ² .	is the dynamic viscosity of the flue gas, in N·s/m ² .
B.11			

Кінець табл. В.1

Table B.1(ending)

$$\sigma(\text{H}_2\text{O}) = \frac{p_{\text{D}}}{p_{\text{L}}} \cdot 100$$

B.12

$$p_{\text{D}} = e^{\left(23,6448 - \frac{4077,9}{T_{\text{p}} - 36,48}\right)}$$

B.13

Примітка. «fr без конденсації» використовується для димоходів, що працюють у сухих умовах.
«fr з конденсацією» використовується для димоходів, що працюють в умовах присутності вологи.

NOTE “fr without condensation” should be used for chimneys operating under dry conditions. “fr with condensation” should be used for chimneys operating under wet conditions.

Таблиця В.2 – Значення для опалювальних котлів

Table B.2 – Values for heating boilers

Паливо - Fuel	Формули для P_w, η_w і $\sigma(\text{CO}_2)$ - Equation for P_w, η_w and $\sigma(\text{CO}_2)$		
Кокс- Coke, кам'яне вугілля, mineral coal. буре вугілля в брикетах - brown coal briquettes	$P_w =$	$\begin{cases} 15 \cdot \text{Ig } Q_N & \text{у Па для} & Q_N < 100 \text{ кВт} \\ -70 + 50 \cdot \text{Ig } Q_N & \text{у Па для } 100 \text{ кВт} < & Q_N < 1\,000 \text{ кВт} \\ 80 \text{ Па} & \text{для} & Q_N > 1\,000 \text{ кВт} \end{cases}$	
		$\eta_w = 68,65 + 4,35 \cdot \text{Ig } Q_N$	в % для $Q_N < 2\,000 \text{ кВт}$
		$\sigma(\text{CO}_2) = \begin{cases} 9,5 \% & \text{для} & Q_N < 100 \text{ кВт} \\ 4,1 + 2,7 \cdot \text{Ig } Q_N & \text{в \% для } 100 \text{ кВт} < & Q_N < 2\,000 \text{ кВт} \end{cases}$	
Дрова - Wood (23,1 % вологості) (23,1 % moisture)	$P_w =$	$\begin{cases} 15 \cdot \text{Ig } Q_N & \text{у Па для} & Q_N < 50 \text{ кВт} \\ 27 + 13 \cdot \text{Ig } Q_N & \text{у Па для } 10 \text{ кВт} < & Q_N < 350 \text{ кВт} \\ & \text{спеціальні котли} & \end{cases}$	
		$\eta_w = 51,6 + 8,4 \cdot \text{Ig } Q_N$	в % для $Q_N < 1\,000 \text{ кВт}$
		$\delta(\text{CO}_2) = \begin{cases} 8,0 \% & \text{для} & Q_N < 10 \text{ кВт} \\ 6,0 + 2,0 \cdot \text{Ig } Q_N & \text{в \% для } 10 \text{ кВт} < & Q_N < 1\,000 \text{ кВт} \end{cases}$	
Нафта й газ Oil and gas (котли з і без примусової тяги) (with and without forced draught burner)	$P_w =$	$\begin{cases} 15 \cdot \text{Ig } Q_N & \text{у Па для} & Q_N < 100 \text{ кВт} \\ -47 + 38,5 \cdot \text{Ig } Q_N & \text{у Па для} & Q_N > 100 \text{ кВт} \end{cases}$	
		$\eta_w = 85,0 + 1,0 \cdot \text{Ig } Q_N$	% для $Q_N < 1\,000 \text{ кВт}$
	$\begin{cases} 88,0 \% & \text{для} & Q_N > 1\,000 \text{ кВт} \end{cases}$		
	$\delta(\text{CO}_2) = \begin{cases} \frac{f_{x1}}{1 - f_{x2} \cdot \text{Ig } Q_N} & \% \text{ для } & \text{в} & Q_N < 100 \text{ кВт} \\ f_{x3} & \% \text{ для} & & Q_N > 100 \text{ кВт} \end{cases}$		

Таблиця В.3 – Величини для визначення $\sigma(\text{CO}_2)$ згідно Таблиці В.2 при використуванні рідкого та газоподібного паливаTable B.3 – Values for the determination of $\sigma(\text{CO}_2)$ according to Table B.2 using oil- and gas burners

Паливо Fuel	Котли із примусовою тягою forced draught burner			Котли із природною тягою natural draught burner ^a		
	f_{x1}	f_{x2}	f_{x3}	f_{x1}	f_{x2}	f_{x3}
Рідке паливо - Oil	11,2	0,076	13,2	-	-	-
Природний газ Н Natural gas Н	8,6	0,078	10,2	5,1	0,075	6,0
Зріджений газ Liquid gas	10,0	0,080	11,9	5,9	0,079	7,0

^a Величини після обмежувача тяги.- Values after the draught diverter.

Таблиця В.4 – Типові значення для еквівалентної шорсткості r деяких футеровочних матеріалів/конструкцій

Table B.4 – Typical values for mean roughness r of some liner materials/constructions

Футеровочний матеріал	Типові величини еквівалентної шорсткості $r, \mu\text{m}$ Typical values for mean roughness r, m	Materials of the liner
Сталь зварювальна	0,001	welded steel
Скло	0,001	glass
Пластик	0,001	plastic
Алюміній	0,001	aluminium
Покриття керамічне	0,0015	clay ceramic flue liners
Цегла	0,005	bricks
Метал паяний	0,002	soldered metal
Бетон	0,003	concrete
Кладка цегляна	0,005	masonry
Метал гофрований	0,005	corrugated metal

Таблиця В.5 – Коефіцієнт теплопровідності λ , густина ρ і питома теплоємність деяких

Table B.5 – Coefficient of thermal conductivity λ , density ρ and specific heat capacity c of some

Матеріал Material	ρ кг/м³	c КДж(кг·К)	t °C	λ Вт/(м·К)
Алюміній - aluminium	2 800	0,88	-	160
Сталь - steel	7 800	0,45	10	50
Нержавіюча сталь - stainless steels	7 900	0,46	10	17
Кам'яна кладка - masonry				
Надміцна цегла й клінкер (див. EN 1745:2002, Таблиця А.1) impervious bricks and clinker (see EN 1745:2002, Table A.1)	1 800	1,00	10	0,55
	2 000	-	-	0,64
	2 200	-	-	0,74
Цільна цегли,перфорована цегла (див. EN 1745:2002, Таблиця А.1) - solid bricks, perforated bricks (see EN 1745:2002, Table A.1)	1 200	.	10	0,33
	1 400	-	-	0,40
	1 600	-	-	0,47
	1 800	-	-	0,55
Силікатна цегла (див. EN 1745:2002, Таблиця А.2) calcium silicate units (see EN 1745:2002, Table A.2)	1 000	-	10	0,30
	1 200	-	-	0,36
	1 400	-	-	0,46
	1 600	-	-	0,61
	1 800	-	-	0,81
Суцільна цегла легкої ваги з іншими додатками легкої ваги (див. EN 1745:2002, Таблиця А.9) light-weight concrete-solid units with other lightweight aggregates (see EN 1745:2002, Table A.9)	800	-	10	0,33
	1 000	-	-	0,41
	1 200	-	-	0,52
	1 400	-	-	0,66
	1 600	-	-	0,83
	1 800	-	-	1,08
Цільна цегла легкої ваги із глинистими додатками (див. EN 1745:2002, Таблиця А.9) light-weight concrete-solid blocks with expanded clay aggregates (see EN 1745:2002, Table A.9)	800	-	10	0,25
	1 000	-	-	0,32

Кінець табл. В.5

Table B.5 (ending)

Матеріал Material	ρ кг/м ³	c КДж/(кг·К)	t °С	λ Вт/(м·К)
	1 200			0,41
	1 400			0,51
	1 600			0,63
Бетон на щільних заповнювачах – dense aggregate concrete	2 400	1,00	10	1,72
Штукатурка, вапняно-цементний розчин plaster, lime mortar, lime cement mortar	1 800	1,00	10	0,93
Покриття керамічне / блоки clay ceramic flue liner / block		1,00	20	1,000
	2 000	0,92	200	1,100
Волокно мінеральне mineral fibre	100	0,75	20	0,035
			100	0,045
			200	0,065
Скло glass	2 200	0,80	20	1,070
			100	1,200
			200	1,370
PVDF (полівиниліденфторид) PVDF (Polyvinyliden fluoride)	1 800	0,96	Від 20 до 150	0,190
PP (поліпропілен) PP (Polypropylene)	900	1,70	-	0,220

Таблиця В.6 – Термічний опір закритих повітряних прошарків з урахуванням повітряних прошарків шириною d_n і температури поверхні стінок, що передають тепло (концентричний кільцевий прошарок при вертикальному розташуванні). Термічний опір

Table В.6 – Thermal resistance of closed air gaps, dependent on the air gap width d_n and the surface temperature of the heat emitting wall (concentric annular clearance, vertically arranged). Thermal resistance of sealed air gaps, dependent on the gap thickness d and the

герметичних повітряних прошарків з урахуванням товщини прошарків d і температури поверхні стінок, що передають тепло (концентричний кільцевий прошарок при вертикальному розташуванні).

surface temperature of the heat emitting wall (concentric annular clearance, vertically arranged)

Ширина повітряних прошарків $d_n(m)$ air gap width $d_n(m)$	Термічний опір $(1/\Lambda)_n, m^2 \cdot K/W$ Thermal resistance $(1/\Lambda)_n, in m^2 \cdot K/W$				
	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
40 °C	0,123	0,147	0,153	0,152	0,150
100 °C	0,087	0,101	0,101	0,100	0,099
150 °C	0,065	0,075	0,075	0,074	0,074
200 °C	0,050	0,055	0,055	0,055	0,054

Примітка. Фактичний коефіцієнт теплопровідності X_n закритих повітряних прошарків обчислюється за допомогою наступної формули

NOTE The effective coefficient of heat conductivity X_n of closed air gaps can be calculated using the following formula:

$$\lambda_n = y \frac{D_{h,n}}{2 \left(\frac{1}{\Lambda} \right)_n} \cdot \ln \left(\frac{D_{h,n} + 2d_n}{D_{h,n}} \right)$$

у Вт/м·К

де:

Where

y - коефіцієнт форми (див. Додаток А);

y is the coefficient of form (see Annex A);

$D_{h,n}$ - зовнішній еквівалентний діаметр внутрішньої стінки з повітряним прошарком, м;

$D_{h,n}$ is the external hydraulic diameter of the inner wall bounding the air gap, in m;

$\left(\frac{1}{\Lambda} \right)_n$ - це термічний опір повітряного прошарку, $m^2 \cdot K/W$;
 d_n - ширина повітряного прошарку, м.

$\left(\frac{1}{\Lambda} \right)_n$ is the thermal resistance of the air gap, in $m^2 \cdot K/W$;
 d_n is the air gap width, in m.

Таблиця В.7 – Характеристичні значення для регуляторів тяги

Table B.7 – Characteristic values for draught regulators

зазор регулятора тяги draught regulator group	a_1	a_2
	Па·сек/кг	Па·(сек/кг) ²
1	400	120 000
2	200	30 000
3	140	11 400
4	97	5 000
5	74	2 800
6	48	1 260

Примітка. Дані для визначення характеристичних значень a_1 і a_2 обираються з однієї із шести груп, установлених для регулятора тяги.

NOTE Data for the characteristic values a_1 and a_2 are selected by categorising the draught regulator into one of six groups.

Для визначення, до якої із груп віднесений регулятор тяги, необхідно побудувати криву КПД. Крива КПД будується шляхом визначення об'ємної витрати через регулятор тяги для трьох значень тиску - 5 Па, 10 Па й 40 Па щодо опорного значення входу a_0 (відповідно до формул (56) і (57)).

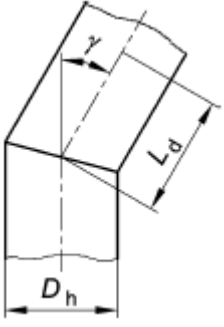
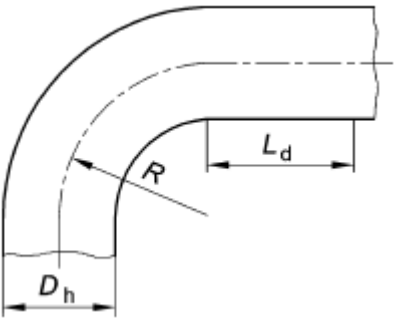
In order to determine into which group a draught regulator is categorised, a performance curve is required. The performance curve is obtained by determining the volume flow through the draught regulator for the three pressure values of 5 Pa, 10 Pa and 40 Pa above the reference input value a_0 (as determined from the criteria of equations (56) and (57)).

Регулятор тяги припускає наявність групового значення, для якого всі частини кривій КПД (всі три обмірюваних значення потоку) перебувають над межами окремої групової кривої, як зазначено в Додатку D.

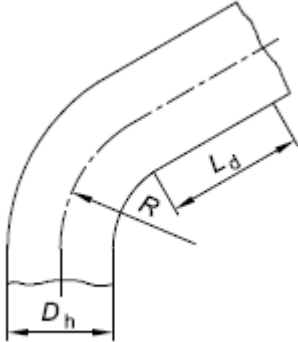
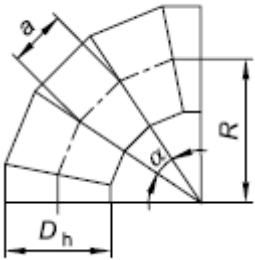
The draught regulator is assigned that group value for which all parts of the performance curve (all three measured values of flow) are above a particular group curve as given in Annex D.

Таблиця В.8 – Величини місцевого опору для деяких форм

Table B.8 - Individual coefficients of resistance for some shapes

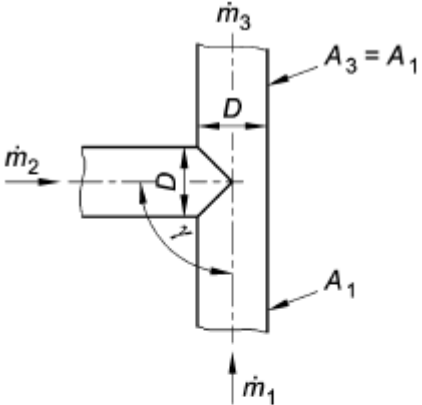
№	Рисунки Shapes	Геометричні розміри Geometric dimensions	ζ – величини ζ – values	
			$L_d/D_h \geq 30$	$30 > L_d/D_h \geq 2$
1		Кут $\gamma_{в}^{\circ}$ Angle γ_{in}° 10 30 45 60 90	$L_d/D_h \geq 30$	$30 > L_d/D_h \geq 2$
			0,1 0,2 0,3 0,5 1,2	0,1 0,3 0,4 0,7 1,6
2		$R = D_h$ 0,5 0,75 1,0 1,5 2,0	90°- коліно 90° - bend	
			$L_d/D_h \geq 30$	$30 > L_d/D_h \geq 2$
	коліна bends		1,0 0,4 0,25 0,2 0,2	1,2 0,5 0,3 0,2 0,2
Дані параметри можуть доповнюватися. Interpolations between the cited parameters are admissible.				

Продовження табл. В.8

№	Рисунки Shapes	Геометричні розміри Geometric dimensions	ζ – величини ζ – values																				
1		$R = D_h$ 0,5 0,75 1,0 1,5 2,0	60° - коліно 60° - bend <table border="1" data-bbox="1027 300 1468 685"> <thead> <tr> <th>$L_d/D_h \geq 30$</th> <th>$30 > L_d/D_h \geq 2$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,6</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td>0,3</td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <td>0,2</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td>0,2</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>0,1</td> <td>0,1</td> </tr> </tbody> </table>			$L_d/D_h \geq 30$	$30 > L_d/D_h \geq 2$	0,6	1,0	0,3	0,4	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1						
$L_d/D_h \geq 30$	$30 > L_d/D_h \geq 2$																						
0,6	1,0																						
0,3	0,4																						
0,2	0,3																						
0,2	0,2																						
0,1	0,1																						
2		$a = 2 \cdot R \cdot \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ $a : D_h$ 1,0 1,5 2,0 3,0 5,0	90° - коліно 90° - bend № ділянок No. of segments <table border="1" data-bbox="1027 1151 1468 1536"> <thead> <tr> <th>2 x 45°</th> <th>3 x 30°</th> <th>4 x 22,5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,4</td> <td>0,25</td> <td>0,17</td> </tr> <tr> <td>0,3</td> <td>0,18</td> <td>0,13</td> </tr> <tr> <td>0,3</td> <td>0,17</td> <td>0,12</td> </tr> <tr> <td>0,35</td> <td>0,19</td> <td>0,13</td> </tr> <tr> <td>0,4</td> <td>0,20</td> <td>0,15</td> </tr> </tbody> </table>			2 x 45°	3 x 30°	4 x 22,5	0,4	0,25	0,17	0,3	0,18	0,13	0,3	0,17	0,12	0,35	0,19	0,13	0,4	0,20	0,15
2 x 45°	3 x 30°	4 x 22,5																					
0,4	0,25	0,17																					
0,3	0,18	0,13																					
0,3	0,17	0,12																					
0,35	0,19	0,13																					
0,4	0,20	0,15																					
Дані параметри можуть доповнюватися. Interpolations between the cited parameters are admissible.																							

Продовження табл. В.8

№	Рисунки Shapes	Геометричні розміри Geometric dimensions	ζ – величини		
---	-------------------	---	--------------	--	--

				ζ – values		
5	трійники branches	 <p>Умова: W_3 Condition: W_3</p>	Кут $\gamma = 90^\circ$ angle $\gamma = 90^\circ$ $A_3/A_2 = 1,0$	$\dot{m}_2 : \dot{m}_3$ 0,0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0	ζ_{2-3} -0,92 -0,38 0,10 0,53 0,89 1,20	ζ_{1-3} 0,03 0,20 0,35 0,47 0,56 0,62
			Кут $\gamma = 45^\circ$ angle $\gamma = 45^\circ$ $A_3/A_2 = 1,6$	$\dot{m}_2 : \dot{m}_3$ 0,0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0	ζ_{2-3} -0,92 -0,42 0,04 0,22 0,35 0,35	ζ_{1-3} 0,03 0,16 0,17 0,06 -0,18 -0,53
Дані параметри можуть доповнюватися. Interpolations between the cited parameters are admissible.						

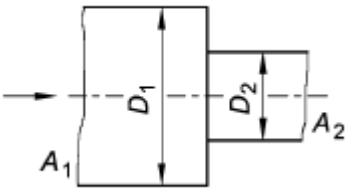
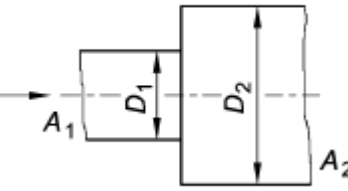
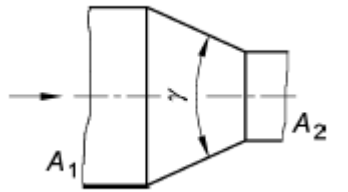
Продовження табл. В.8

№	Рисунки Shapes	Геометричні розміри Geometric dimensions	ζ – величини ζ – values
---	-------------------	---	--

<p>Формула для розрахунку коефіцієнтів місцевого опору і для з'єднань ^a: Formula to calculate the individual coefficients of resistance on compositions ^a:</p> $\zeta_{2-3} = -0,92 \left(1 - \frac{\dot{m}_2}{\dot{m}_3} \right)^2 - \left(\frac{\dot{m}_2}{\dot{m}_3} \right)^2 \left[1,2 \left(\frac{A_3}{A_2} \cos \gamma - 1 \right) + 0,8 \left(1 - \left(\frac{A_3}{A_2} \right)^2 \right) - \left(1 - \left(\frac{A_3}{A_2} \right)^{-1} \right) \cdot \frac{A_3}{A_2} \cos \gamma \right] + \left(2 - \left(\frac{A_3}{A_2} \right)^{-1} \right) \cdot \frac{\dot{m}_2}{\dot{m}_3} \left(1 - \frac{\dot{m}_2}{\dot{m}_3} \right);$ $\zeta_{1-3} = 0,03 \left(1 - \frac{\dot{m}_2}{\dot{m}_3} \right)^2 - \left(\frac{\dot{m}_2}{\dot{m}_3} \right)^2 \left[1 + 1,62 \left(\frac{A_3}{A_2} \cos \gamma - 1 \right) - 0,38 \left(1 - \left(\frac{A_3}{A_2} \right)^{-1} \right) \right] + \left(2 - \left(\frac{A_3}{A_2} \right)^{-1} \right) \cdot \frac{\dot{m}_2}{\dot{m}_3} \left(1 - \frac{\dot{m}_2}{\dot{m}_3} \right);$ <p>$\frac{A_3}{A_2} \geq 1; 0 \leq \frac{\dot{m}_2}{\dot{m}_3} \leq 1,0; 0^\circ < \gamma \leq 90^\circ$</p> <p>³</p> <p>для $\frac{A_3}{A_2} < 1$ індивідуальний опір структури визначається як сума індивідуальних опорів $\frac{A_3}{A_2} = 1$. конструкция з поперечним перетином (див. відповідно № 6 і № 8) і структура $\frac{A_3}{A_2} = 1$. the individual resistance of composition can be determined as sum of the individual resistance of a $\frac{A_3}{A_2} = 1$. crosssectional constriction (see No. 6 respectively No. 8) and a composition $\frac{A_3}{A_2} = 1$.</p>			
<p>^a за Гарделем. ^a according to Gardel. Дані параметри можуть доповнюватися. Interpolations between the cited parameters are admissible.</p>			

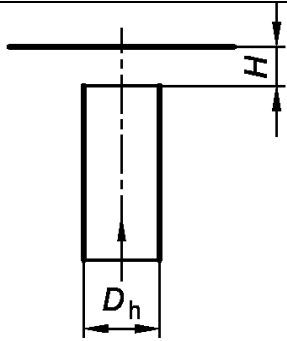
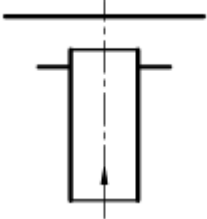
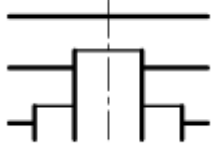
Продовження табл. В.8

№	Рисунки Shapes	Геометричні розміри Geometric dimensions	ζ – величини ζ – values
---	-------------------	---	----------------------------

6	Елементи перехідника transitional parts	 <p>Умова: W_2 Condition: W_2</p>	$A_2 : A_1$ 0,4 0,6 0,8	0,33 0,25 0,15 із закругленим входом on rounded inlet edge $\zeta = 0$		
7		 <p>Умова: W_1 Condition: W_1</p>	$A_1 : A_2$ 0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0	1,0 0,7 0,4 0,2 0,1 0		
8		 <p>Умова: W_2 Condition: W_2</p>	$A_2 : A_1$ 0,10 0,25 0,45 1,0	$\gamma = 30^\circ$ 0,05 0,04 0,05 0,0	$\gamma = 60^\circ$ 0,08 0,07 0,07 0,0	$\gamma = 90^\circ$ 0,19 0,17 0,14 0,0

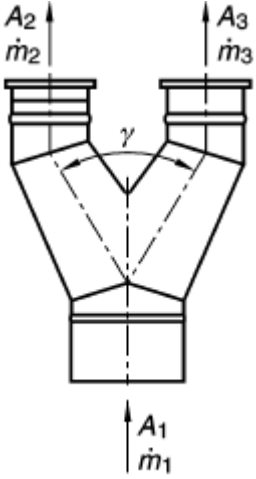
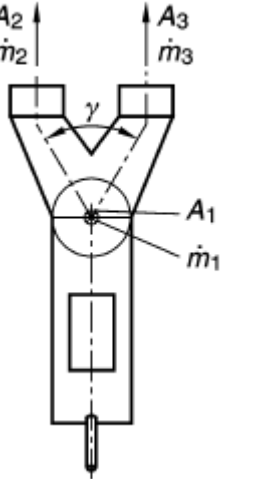
Продовження табл. В.8

№	Рисунки Shapes	Геометричні розміри Geometric dimensions	ζ – величини ζ – values
---	-------------------	---	--

9	захисний оголовок rain caps		H/D_h 0,5 1,0	1,5 1,0
10		 <p>Насадка ($P_L=0$) згідно з проектом EN 1856-1. flue terminal ($P_L=0$) according to EN 1856-1</p>		1,6
11	насадки Terminals	 <p>Аеродинамічна насадка для димохідної системи з надлишковим тиском до якої підключений теплогенератор, що незалежно розташований в приміщенні ($P_L = 0$) згідно з проектом EN 1856-1.</p> <p>Aerodynamic air flue terminal for positive pressure chimney and room sealed appliance ($P_L = 0$) according to EN 1856-1</p>		5,2 ($\zeta_{\text{вихід}}=3,2$) ($\zeta_{\text{вихід}}=2,0$)

Кінець табл. В.8

№	Рисунки Shapes	Геометричні розміри Geometric dimensions	ζ – величини ζ – values
---	-------------------	---	--

12	Трійник branches	 <p>Умова: W_2 або W_3 Condition: W_2 or W_3</p>	$\gamma \approx 60^\circ$ $\frac{A_3}{A_2} = 1$ $\frac{A_3}{A_1} = 0,5$ $\frac{\dot{m}_3}{\dot{m}_2} = 1$ $\frac{\dot{m}_3}{\dot{m}_1} = 0,5$	0,5
13	Трійник branches	 <p>Умова: W_2 або W_3 Condition: W_2 or W_3</p>	$\gamma \approx 60^\circ$ $\frac{A_3}{A_2} = 1$ $\frac{A_3}{A_1} = 0,5$ $\frac{\dot{m}_3}{\dot{m}_2} = 1$ $\frac{\dot{m}_3}{\dot{m}_1} = 0,5$	2,6

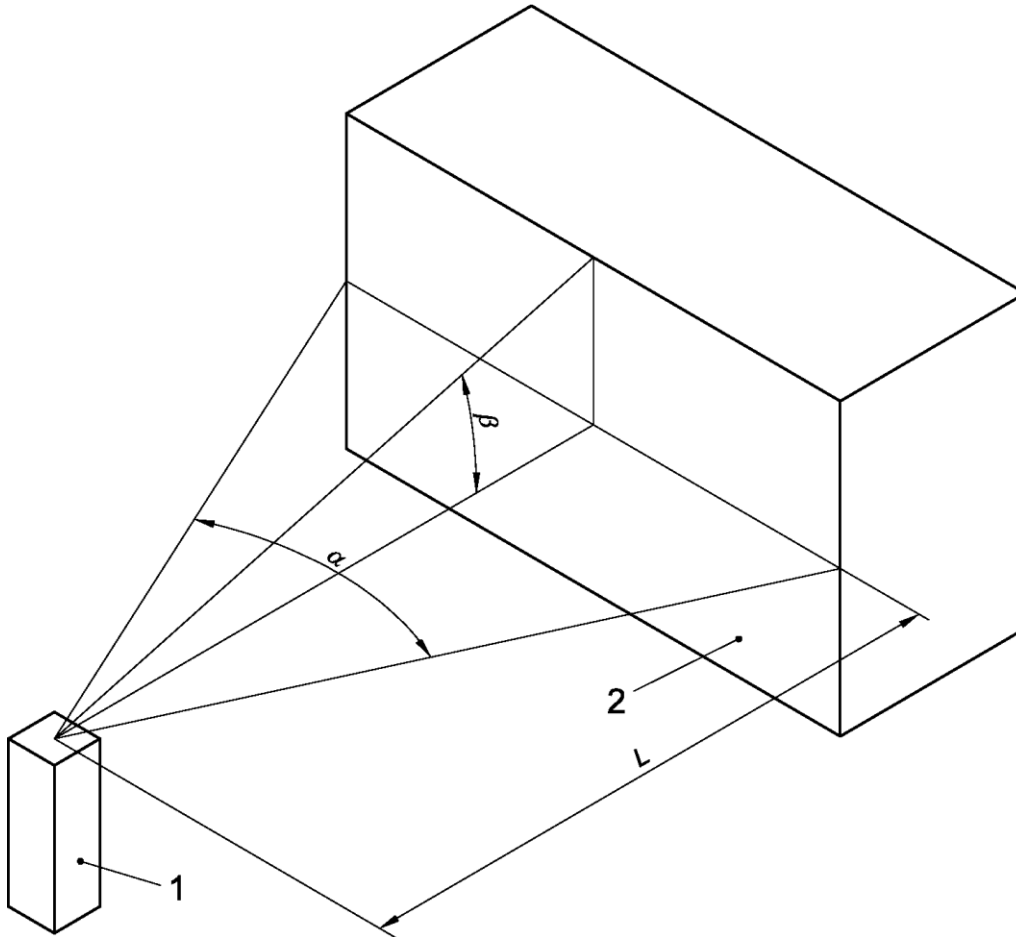


Рисунок С.1 - Вихід димоходу (дивіться текст)

Вихід димоходу піддається впливу прилеглої будівлі, якщо:

- горизонтальна відстань L між виходом і будівлею менша ніж 15 м; та
- будівля відносно виходу димоходу розташована під горизонтальним кутом більш ніж 30° ; та
- верхня межа будівлі, відносно виходу димоходу, здіймається більш ніж на 10° над горизонтом (кут β).

1 димохід
2 будівля

Figure C.1 - Chimney outlet position (see text)

A chimney outlet is deemed within the influence of an adjacent building when:

- the horizontal distance L between the outlet and the building is less than 15 m; and
- the building as seen from the chimney outlet extends over a horizontal angle α of more than 30° ; and
- the upper boundary of the building as seen from the chimney outlet rises more than 10° above the horizon (angle β).

Key

1 chimney
2 building

(ДОВІДКОВИЙ)
**КЛАСИФІКАТОР ГРАНИЧНИХ КРИВИХ
 ДЛЯ РЕГУЛЯТОРА ТЯГИ**

(informative)
Limit curves of the classification for the draught regulator

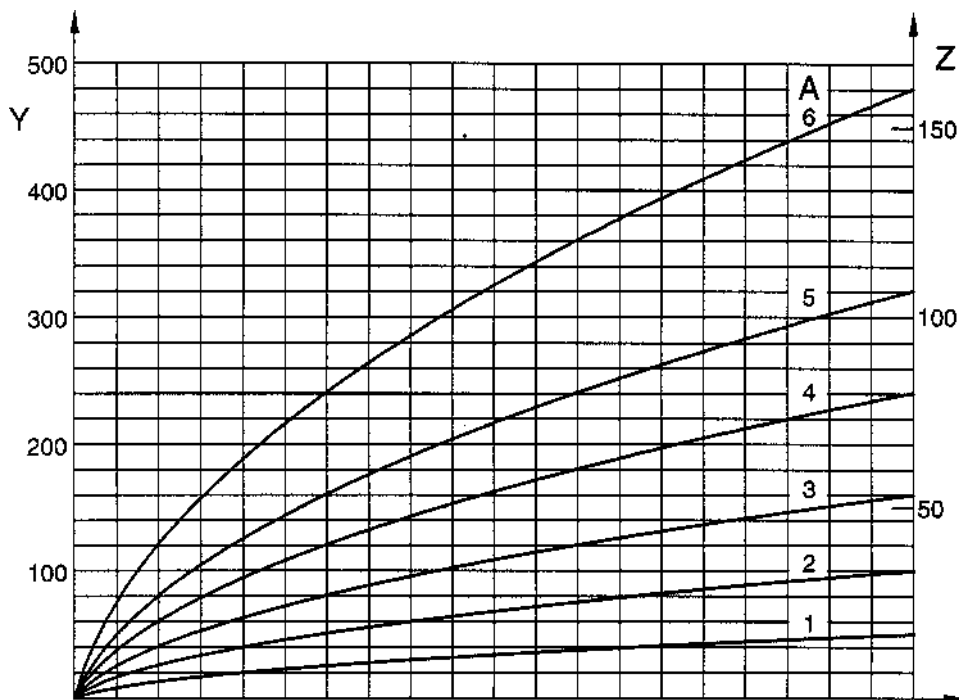


Рисунок D.1 – Класифікатор граничних кривих для регулятора тяги

A група регуляторів тяги
 X стандартне відхилення, Па
 Y обсяг маса-потік, м³/г
 Z масова витрата димових газів, г/с

Figure D.1 - Limit curves of the classification for the draught regulator

Key
 A group of draught regulators
 X standard deviation in Pa
 Y volume mass-flow in m³/h
 Z flue gas mass flow in g/s

Додаток Е
(довідковий)

ВИЗНАЧЕННЯ ГАЗОВОЇ СТАЛОЇ R З УРАХУВАННЯМ КОНДЕНСАЦІЇ

У таблиці В.1 рівняння (В.3) – вказаний метод для розрахунку газової сталої димових газів R з використанням коефіцієнту f_R в залежності від типу палива як без урахування конденсації та і з урахуванням конденсації. Метод розрахунку конденсації не суперечить впливу інтенсивності конденсації і тому надається значення для f_R урахуваючи велику кількість конденсату. Як результат – низьке значення для газової постійної R та для теоретичної тяги P_H .

У наступному методі розрахунку надана газова постійна R , що враховує інтенсивність конденсації. Метод оснований на розрахунку, зазначеному у таблиці 8. Для визначення газової сталої димових газів слід зробити розрахунок, використовуючи температуру оточуючого повітря за умови тиску. У примітці до таблиці 8 стосовно безпеки, розрахунок необхідно вести враховуючи велику кількість конденсату. Тому, для частини з теплом конденсації, у розрахунку використовується значення $f_K = 100\%$.

Оскільки цей метод надає величини для температури димових газів вище ніж у реальності, він не може використовуватися для визначення температури димових газів у димоході або у з'єднувальному елементі. Такий розрахунок проводиться відповідно до таблиці 5 або таблиці 8.

Для середньої постійної димових газів R використовують формулу (В.11) наведену у таблиці В.1:

$$R = \frac{\frac{R_{o,0}}{2} + \sum_{j=1}^{N_{seg}-1} R_{o,j} + \frac{R_{o,N_{seg}}}{2}}{N_{seg}} \quad \text{Дж/(кг·К)} \quad (\text{E.1})$$

де:

R - середня постійна димових газів, Дж/(кг·К);

Annex E
(informative)

Determination of the gas constant R considering the condensation

Table B.1 gives in Equation (B.3) a normal method for the calculation of the gas constant of the flue gas R using a coefficient f_R depending on the kind of fuel once for a value without condensation and once for a value with condensation. The method for condensation does not differ between the influences of the intensity of the condensation and therefore gives a value for f_R assuming a relative high amount of condensate. This results in a low value for the gas constant R and for the theoretical draught P_H .

In the following a method calculating the gas constant R considering the intensity of condensation is given. The method follows the calculation given in Clause 8 for the calculation of the condensation heat. For the determination of the gas constant of the flue gas it is necessary to do this calculation using the external air temperature for the pressure condition. In deviation to Clause 8 under safety aspects it is necessary to calculate with a high amount of condensation. Therefore for the part of condensation heat used in calculation f_K a value of 100 % is to be used.

Because this method gives values for the flue gas temperature that are higher than in reality this method can not be used for the determination of the flue gas temperature in the chimney or in the connecting flue pipe. For this calculation the method given in Clause 5 or in Clause 8 can be used.

Using Equation (B.11) in Table B.1 for the mean gas constant of the flue gas R the following equation applies:

where

R is the mean gas constant of the flue gas, in J/(kg·K);

$R_{o,0}$ is the gas constant of the flue gas at the inlet

$R_{o,0}$ - постійна димових газів на вході першої ділянки, Дж/(кг·К);	of the first segment, in J/(kg·K);
$R_{o,j}$ - постійна димових газів на виході ділянки j , Дж/(кг·К);	$R_{o,j}$ is the gas constant of the flue gas at the outlet of segment j , in J/(kg·K);
$R_{o,Nseg}$ - постійна димових газів на виході останньої ділянки, Дж/(кг·К);	$R_{o,Nseg}$ is the gas constant of the flue gas at the outlet of the last segment, in J/(kg·K);
$Nseg$ – кількість ділянок.	$Nseg$ is the number of segments.

Бібліографія

EN 1745:2002, Masonry and masonry products – Methods for determining declared and desithermal values (Цегляна кладка й продукти цегляної кладки - встановлені методи визначення й величини).

EN 12391-1, Chimneys - Execution standard for metal chimneys - Part 1: Chimneys for non-roomsealed heating appliances. Димоходи – Положення щодо застосування металевих димоходів – Частина 1: Димоходи для теплогенераторів з відкритою камерою згоряння.

Код УКНД 91.060.40

Ключові слова: димоходи, димові гази, теплогенератор, підключення, збалансовані димоходи, надлишковий тиск, розрідження, аеродинамічний опір
