



**НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ**

---

Інженерне обладнання будинків і споруд

**ДИМОХОДИ**  
**МЕТОДИ ТЕПЛОТЕХНІЧНОГО ТА**  
**АЕРОДИНАМІЧНОГО РОЗРАХУНКІВ**

**ДСТУ Б EN 13384-2:2010**

**Частина 2. Димоходи з підключенням декількох теплогенераторів**

**(EN 13384-2:2003+A1:2009, 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 13384-2:2003+A1:2009 Chimneys - Thermal and fluid dynamic calculation methods - Part 2: Chimneys serving more than one heating appliance (Димоходи – Методи теплотехнічного та аеродинамічного розрахунків – Частина 2: Димоходи з підключенням декількох теплогенераторів)

Ступінь відповідності – ідентичний (ІДТ)

Переклад з англійської (en)

**УВЕДЕНО ВПЕРШЕ**

<b>ЗМІСТ</b>	<b>CONTENTS</b>	
Національний вступ	Introduction	VIII
1 Сфера застосування	1 Scope	1
2 Нормативні посилання	2 Normative references	2
3 Терміни, визначення	3 Terms and definitions	3
4 Символи, терміни та одиниці вимірювання	4 Symbols, terminology and units	6
5 Метод розрахунку	5 Calculation method	11
5.1 Загальні положення	5.1 General principles	11
5.2 Умова рівноваги тиску	5.2 Pressure equilibrium condition	14
5.2.1 Димоходи з розрідженням	5.2.1 Negative pressure chimneys	14
5.2.2 Димоходи з надлишковим тиском	5.2.2 Positive pressure chimneys	16
5.3 Вимоги масової витрати	5.3 Mass flow requirement	17
5.4 Вимоги тиску	5.4 Pressure requirements	17
5.4.1 Димоходи з розрідженням	5.4.1 Negative pressure chimneys	17
5.4.2 Димоходи з надлишковим тиском	5.4.2 Positive pressure chimneys	19
5.5 Температурні вимоги	5.5 Temperature requirement	21
5.6 Процедура розрахунку	5.6 Calculation procedure	22
6 Параметри димових газів, що характеризують теплогенератори	6 Flue gas data characterising the heating appliance	26
7 Дані по димоходам та з'єднувальним елементам	7 Data for chimney and connecting flue pipes	29
8 Основні дані для розрахунку	8 Basic data for the calculation	29
8.1 Температури повітря	8.1 Air temperatures	29
8.1.1 Температура зовнішнього повітря ( $T_L$ )	8.1.1 External air temperature ( $T_L$ )	29
8.1.2 Температура оточуючого повітря ( $T_u$ )	8.1.2 Ambient air temperature ( $T_u$ )	29
8.2 Тиск зовнішнього повітря ( $p_L$ )	8.2 External air pressure ( $p_L$ )	29
8.3 Газова стала	8.3 Gas constant	30
8.3.1 Газова стала повітря ( $R_L$ )	8.3.1 Gas constant of the air ( $R_L$ )	30
8.3.2 Газова стала димових газів ( $R$ )	8.3.2 Gas constant of flue gas ( $R$ )	30
8.4 Густина повітря ( $\rho_L$ )	8.4 Density of air ( $\rho_L$ )	30
8.5 Питома теплоємність димових газів ( $c_p$ )	8.5 Specific heat capacity of the flue gas ( $c_p$ )	30

8.6	Вміст водяної пари ( $\sigma(\text{H}_2\text{O})_{,j}$ ) та температури конденсації ( $T_{sp}$ )	8.6 Water vapour content ( $\sigma(\text{H}_2\text{O})_{,j}$ ) and condensing temperature ( $T_{sp}$ )	30
8.7	Поправковий коефіцієнт при температурній нестійкості ( $S_H$ )	8.7 Correction factor for temperature instability ( $S_H$ )	30
8.8	Аеродинамічний коефіцієнт безпеки ( $S_E$ )	8.8 Flow safety coefficient ( $S_E$ )	31
8.9	Коефіцієнт теплопередачі зовнішньої поверхні	8.9 External coefficient of heat transfer	31
9	Визначення температур	9 Determination of temperatures	31
10	Змішані розрахунки	10 Mixing calculations	34
10.1	Масова витрата димових газів ( $\dot{m}_{,j}$ )	10.1 Flue gas mass flow ( $\dot{m}_{,j}$ )	34
10.2	Температура димових газів на вході в ділянку димоходу ( $T_{e,j}$ )	10.2 Flue gas temperature at the inlet of the chimney segment ( $T_{e,j}$ )	34
10.3	Вміст $\text{CO}_2$ у димових газах на ділянці димоходу ( $\sigma(\text{CO}_2)_{,j}$ )	10.3 $\text{CO}_2$ -content of the flue gas in the chimney segment ( $\sigma(\text{CO}_2)_{,j}$ )	35
10.4	Вміст $\text{H}_2\text{O}$ у димових газах ( $\sigma(\text{H}_2\text{O})_{,j}$ )	10.4 $\text{H}_2\text{O}$ -content of the flue gas ( $\sigma(\text{H}_2\text{O})_{,j}$ )	35
10.5	Газова стала димових газів ( $R_j$ )	10.5 Gas constant of the flue gas ( $R_j$ )	35
10.6	Характеристики димових газів	10.6 Flue gas data	36
10.6.1	Питома теплоємність ( $c_{pv,j}$ ), ( $c_{p,j}$ )	10.6.1 Specific heat capacity ( $c_{pv,j}$ ), ( $c_{p,j}$ )	36
10.6.2	Коефіцієнт теплопровідності димових газів ( $\lambda_{AV,j}$ ), ( $\lambda_{V,j}$ )	10.6.2 Thermal conductivity of the flue gas ( $\lambda_{AV,j}$ ), ( $\lambda_{V,j}$ )	37
10.6.3	Динамічна в'язкість ( $\eta_{AV,j}$ ), ( $\eta_{A,j}$ )	10.6.3 Dynamic viscosity ( $\eta_{AV,j}$ ), ( $\eta_{A,j}$ )	37
11	Густина і швидкість димових газів	11 Density and velocity of the flue gas	38
12	Визначення тисків	12 Determination of the pressures	39
12.1	Тиски на вході в кожні ділянки димоходу	12.1 Pressures at each inlet of the chimney segments	39
12.1.1	Тяга	12.1.1 Draught	39
12.1.2	Надлишковий тиск	12.1.2 Positive pressure	40
12.1.3	Тяга, створена ефектом димоходу на ділянці димоходу ( $P_{H,j}$ )	12.1.3 Draught due to chimney effect in the chimney segment ( $P_{H,j}$ )	40

12.1.4 Втрати тиску на ділянці димоходу ( $P_{R,j}$ )	12.1.4 Pressure resistance in the chimney segment ( $P_{R,j}$ )	40
12.2 Мінімально і максимально допустима тяга в точці входу димових газів в димохід ( $P_{Ze}$ та $P_{Zemax}$ ) та максимальний і мінімальний тиск димових газів в точці входу в димохід ( $P_{ZOe}$ та $P_{ZOemin}$ )	12.2 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
12.2.1 Мінімально і максимально допустима тяга	12.2.1 Minimum required and maximum allowed draught	44
12.2.2 Максимально і мінімально допустимий опір тиску	12.2.2 Maximum available and minimum allowed differential pressure	45
12.2.3 Розрахунковий аеродинамічний опір з'єднувального елемента ( $P_{V,j}$ )	12.2.3 Calculated pressure resistance of the connecting flue pipe ( $P_{V,j}$ )	45
12.2.4 Розрахунковий аеродинамічний опір припливного повітря ( $P_{Bc,j}$ )	12.2.4 Calculated pressure resistance of the air supply ( $P_{Bc,j}$ )	49
13 Температура внутрішньої стінки	13 Inner wall temperature	50
14 Каскадні підключення	14 Cascade installations	51
14.1 Основні особливості методу розрахунку	14.1 Principle of the calculation method	51
14.2 Умова рівноваги тиску	14.2 Pressure equilibrium condition	51
14.2.1 Каскадні підключення з розрідженням	14.2.1 Negative pressure cascade installation	51
14.2.2 Каскадні підключення з надлишковим тиском	14.2.2 Positive pressure cascade installation	53
14.3 Вимоги масової витрати	14.3 Mass flow requirement	54
14.4 Вимоги тиску	14.4 Pressure requirements	55
14.4.1 Димоходи з розрідженням	14.4.1 Negative pressure chimneys	55
14.4.2 Димоходи з надлишковим тиском	14.4.2 Positive pressure chimneys	56
14.5 Температурні вимоги	14.5 Temperature requirement	58
14.6 Хід розрахунку	14.6 Calculation procedure	59
14.7 Тиски на виході з'єднувального елемента та тиски в точці входу на ділянку колектора	14.7 Pressures at the outlet of the connecting flue pipe and pressures at the inlet of the collector segment	59
14.7.1 Тиски в точці входу на ділянку	14.7.1 Pressure at the flue gas inlet into	59

коллектора ( $P_{ZC,j,l}$ або $P_{ZOC,j,l}$ )	the collector segment ( $P_{ZC,j,l}$ or $P_{ZOC,j,l}$ )	
14.7.2 Тиски допустимі на виході з'єднувального елемента ( $P_{ZeC,j,l}$ , $P_{ZeOC,j,l}$ )	14.7.2 Pressures required or available at the outlet of the connecting flue pipe ( $P_{ZeC,j,l}$ , $P_{ZeOC,j,l}$ )	65
14.8 Температура внутрішньої стінки ( $T_{iobC,j,l}$ )	14.8 Inner wall temperature ( $T_{iobC,j,l}$ )	68
15 Збалансований димохід	15 Balanced flue chimney	68
15.1 Методу розрахунку	15.1 Principle of the calculation method	68
15.2 Умова рівноваги тиску	15.2 Pressure equilibrium condition	69
15.3 Вимоги масової витрати	15.3 Mass flow requirement	69
15.4 Вимоги тиску	15.4 Pressure requirements	70
15.4.1 Димоходи з розрідженням	15.4.1 Negative pressure chimneys	70
15.4.2 Димоходи з надлишковим тиском	15.4.2 Positive pressure chimneys	71
15.5 Температурні вимоги	15.5 Temperature requirements	74
15.6 Хід розрахунку для збалансованих димоходів	15.6 Calculation procedure for balanced flue chimneys	74
15.7 Масова витрата припливного повітря	15.7 Mass flow of the supply air	77
15.8 Визначення температур у збалансованих димоходах	15.8 Determination of the temperatures in balanced flue chimneys	78
15.8.1 Окремі шахти	15.8.1 Separate ducts	78
15.8.2 Концентричні шахти	15.8.2 Concentric ducts	78
15.8.3 Концентричні з'єднувальні елементи	15.8.3 Concentric connection pipes	89
15.9 Тиски у шахтах повітропроводу	15.9 Pressures of the air supply ducts	99
15.9.1 Тяга, створена ефектом димоходу у шахті повітропроводу на ділянці димоходу j	15.9.1 Draught due to chimney effect of the air supply duct of chimney segment j	99
15.9.2 Тяга, створена ефектом димоходу в шахті повітропроводу з'єднувальних елементів	15.9.2 Draught due to chimney effect of the air supply duct of connection pipes	99
15.9.3 Аеродинамічний опір шахти повітропроводу на ділянці j димоходу ( $P_{RB,j}$ )	15.9.3 Pressure resistance of the air supply duct of the chimney segment j ( $P_{RB,j}$ )	100
15.10 Густина та швидкість припливного	15.10 Density and velocity of the supply	105

повітря	air	
15.10.1 Густина та швидкість припливного повітря у шахті повітропроводу по всій довжині ділянки димоходу	15.10.1 Density and velocity of the supply air in the air supply duct averaged over the length of the chimney segment	106
15.10.2 Густина і швидкість припливного повітря по всій довжині з'єднувальних елементів	15.10.2 Density and velocity of the supply air averaged over the length of the connection pipes	107
Додаток А Рекомендації	Annex A (informative) Recommendations	109
Додаток В Характеристики теплогенераторів	Annex B (informative) Characteristics for the heating appliance	111
Додаток Бібліографія		113

## НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей стандарт є тотожній переклад EN 13384-2:2003+A1:2009 Chimneys - Thermal and fluid dynamic calculation methods - Part 2: Chimneys serving more than one heating appliance (Димоходи – Методи теплотехнічного та аеродинамічного розрахунків – Частина 2: Димоходи з підключенням декількох теплогенераторів)

Стандарт містить вимоги, які відповідають чинному законодавству України.

До стандарту внесено такі редакційні зміни:

- слова «цей європейський стандарт» замінено на «цей стандарт»;
- структурні елементи стандарту: «Обкладинку», «Національний вступ», «Визначення понять», «Бібліографічні дані» - оформлено згідно з вимогами національної стандартизації ;
- «Передмову» («Foreword») із тексту цього стандарту вилучено. З «Передмови» EN 13384-2 у цей «Національний вступ» взято те, що безпосередньо стосується цього стандарту;
- у розділі «Нормативні посилання» наведено «Національне пояснення», виділене в тексті рамкою;
- 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 розрахунків, викладений у цьому стандарті, є комплексним, тому використовувати його доцільніше за допомогою комп'ютерної програми.

Цей стандарт розповсюджується на виконання умов технологічних норм щодо теплотехнічних та аеродинамічних характеристик (параметрів) при проектуванні та будівництві димоходів та димохідних систем, з підключенням декількох теплових генераторів.

Вимоги безпеки та охорони довкілля при проектуванні, будівництві, монтажу та експлуатації димоходів і димохідних систем, з підключенням декількох теплових генераторів, у цьому стандарті не регламентуються. Відповідним чинним національним стандартом є ДСТУ Б.В.2.5-33.



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

**Частина 2. Димоходи з підключенням декількох теплогенераторів**

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

**Часть 2. Дымоходы с подключением нескольких теплогенераторов**

**ENGINEERING EQUIPMENT OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS  
CHIMNEY  
THERMAL AND FLUID DYNAMIC CALCULATION METHODS**

**Part 2. Chimneys serving more than one heating appliance**

---

**Чинний від 2011-08-01**



## 1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Ця частина стандарту EN 13384 встановлює методи розрахунку теплотехнічних та аеродинамічних параметрів димоходів з підключенням декількох теплогенераторів.

Ця частина стандарту EN 13384 розповсюджується на наступні два випадки:

(1) До димоходу з мульти-входом підключається один або декілька теплогенераторів, за допомогою більш ніж одного з'єднувального елемента.

(2) При каскадному підключенні, до димоходу підключаються декілька теплогенераторів, за допомогою одного з'єднувального елемента.

У випадку каскадного підключення до димоходу з мульти-входом слід керуватися вимогами пункту 1.

Ця частина стандарту EN 13384 поширюється на димоходи, що працюють в режимі розрідження, з підключенням теплогенераторів, що працюють на рідкому, газоподібному та твердому паливі.

Ця частина стандарту EN 13384 не поширюється на:

– димоходи із різними термічними опорами або різними поперечними перетинами на різних ділянках димоходу. Ця частина стандарту не поширюється на розрахунок коефіцієнту передачі енергії.

– димоходи для відкритих джерел тепла, наприклад камінів, або димохід з входами,

## Scope

This part of EN 13384 specifies methods for calculation of the thermal and fluid dynamic characteristics of chimneys serving more than one heating appliance.

This part of EN 13384 covers both the cases, either

(1) where the chimney is connected with more than one connecting flue pipe from individual or several appliances in a multi-inlet arrangement or

(2) where the chimney is connected with an individual connecting flue pipe connecting more than one appliance in a cascade arrangement.

The case of multiple inlet cascade arrangement is covered by the case (1).

This part of EN 13384 deals with chimneys operating under negative pressure conditions (there can be positive pressure condition in the connecting flue pipe) and with chimneys operating under positive pressure conditions and is valid for chimneys serving heating appliances for liquid, gaseous and solid fuels.

This part of EN 13384 does not apply to:

– chimneys with different thermal resistance or different cross-section in the various chimney segments. This part does not apply to calculate energy gain.

– chimneys with open fire places, e.g. open fire chimneys or chimney inlets which are normally intended to operate open to the room

який зазвичай експлуатується в приміщенні з відкритими джерелами тепла;

– димоходи, які відводять суміш димових газів від вентиляторних пальників з надмірною тягою, або від теплогенераторів, що працюють на природній тязі. Теплогенератори, що працюють на природній тязі та мають регулятор тяги, розміщуються між вентиляторним пальником і димоходом.

– димоходи із можливістю підключення декількох теплогенераторів, які обслуговують будівлі заввишки більше ніж 5 поверхів ( не стосується систем ДСПГ).

– димоходи, до яких підключені теплогенератори з подачею повітря для горіння через повітряні отвори або повітряні канали, які не підключені в загальну шахту повітропроводу (наприклад прокладаються з одного боку будівлі).

Ця частина стандарту поширюється на димоходи з надлишковим тиском, лише у випадку, якщо теплогенератор, який не експлуатується, можливо легко демонтувати, для запобігання зворотного потоку газу.

## 2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

Наступні посилання даних документів є обов'язковими в рамках цього стандарту. Для датованих посилань діють деякі видання . Для недатованих посилань чинним є останнє видання (включаючи доповнення).

*EN 1443:2003 Chimneys – General requirements*

– chimneys which serve a mixture of fan assisted or forced draught burners or natural draught appliances. Fan assisted appliances with draught diverter between the fan and the chimney are considered as natural draught appliances.

– chimneys with multiple inlets from more than 5 storeys. (This does not apply to balanced flue chimney.)

– chimneys serving heating appliances with open air supply through ventilation openings or air ducts, which are not installed in the same air supply pressure region (e.g. same side of building).

For positive pressure chimneys this part only applies if any heating appliance which is out of action can be positively isolated to prevent flue gas back flow.

## 2 NORMATIVE REFERENCES

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

EN 1443:2003 Chimneys – General requirements

*EN 13384-1:2008 Chimneys – Thermal and fluid dynamic calculation methods – Part 1: Chimneys serving one appliance*

*EN 15287-1:2007 Chimneys – Design, installation and commissioning of chimneys – Part 1: Chimneys for non-roomsealed heating appliances*

*EN 15287-2:2008 Chimneys – Design, installation and commissioning of chimneys – Part 2: Chimneys for roomsealed appliances*

EN 13384-1:2008 Chimneys – Thermal and fluid dynamic calculation methods – Part 1: Chimneys serving one appliance

EN 15287-1:2007 Chimneys – Design, installation and commissioning of chimneys – Part 1: Chimneys for non-roomsealed heating appliances

EN 15287-2:2008 Chimneys – Design, installation and commissioning of chimneys – Part 2: Chimneys for roomsealed appliances

#### **НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ**

*EN 1443:2003 Димоходи – Загальні вимоги.*

*EN 13384-1:2008 Димоходи – методи теплотехнічного та аеродинамічного розрахунків – Частина 1: Димоходи з підключенням одного теплогенератора.*

*EN 15287-1:2007 Димоходи – конструкція, монтаж та введення в експлуатацію – Частина 1: Димоходи для теплогенераторів з відкритою камерою згоряння.*

*EN 15287-2:2008 Димоходи – конструкція, монтаж та введення в експлуатацію – Частина 2: Димоходи для теплогенераторів з закритою камерою згоряння.*

### **3 ТЕРМІНИ, ВИЗНАЧЕННЯ**

Нижче подано терміни та визначення понять, вжиті у стандартах EN 1443:2003, EN 13384-1:2002, EN 15287-1:2007, EN 15287-2:2008.

#### **3.1 ділянка димоходу (*chimney segment*)**

Частина димоходу, що розташована між двома послідовно з'єднаними елементами або між останнім з'єднувальним елементом та виходом із димоходу.

### **3 Terms and definitions**

For the purposes of this document, the terms and definitions given in EN 1443:2003, EN 13384-1:2002, EN 15287-1:2007, EN 15287-2:2008 and the following apply.

#### **3.1 chimney segment**

part of a chimney between two consecutive flue gas connections or between the last flue gas connection and the chimney outlet

### **3.2 ділянка збірної колектора (*collector segment*)** **3.2 collector segment**

Частина з'єднувального елемента, між двома точками з'єднання, що розташовані послідовно, або між останньою точкою з'єднання та входом в димохід.

### **3.3 система (ДСПГ) (*air-flue gas system*)** **3.3 air-flue gas system**

Система концентричних чи неконцентричних шахт, або паралельних шахт для транспортування повітря для горіння до теплогенераторів ззовні і продуктів згорання від теплогенераторів в атмосферу.

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

Маса димових газів, передана теплогенератором через підключений димохід за одиницю часу. В димоходах, з декількома підключеннями теплогенераторів, масова витрата димових газів визначає повітряну масу, що проходить крізь теплогенератор, який не експлуатується.

#### **3.4.1 заявлена масова витрата димових газів (*m<sub>w,j</sub>*) (*declared flue gas mass flow*)** **3.4.1 declared flue gas mass flow (*m<sub>w,j</sub>*)**

Масова витрата димових газів *j*, що використовується у розрахунку, з урахуванням теплопродуктивності, надається виробником теплогенератора.

#### **3.4.2 розрахункова масова витрата димових газів (*m<sub>wc,j</sub>*)** **3.4.2 calculated flue gas mass flow (*m<sub>wc,j</sub>*)**

*(calculated flue gas mass flow)*

Масова витрата димових газів, яку визначено при розрахунку тяги та умов експлуатації теплогенератора *j*.

flue gas mass flow calculated with respect to calculated draught and the working conditions of the heating appliance *j*

**3.5 розрахункова температура димових газів ( $T_{wc,j}$ )** (*calculated flue gas temperature*)

Температура димових газів на виході з теплогенератора  $j$  залежно від розрахункової масової витрати димових газів.

**3.6 розрахункова тяга димових газів теплогенератора ( $P_{wc,j}$ )** (*calculated draught of the flue gas of the heating appliance*)

Тяга димових газів на виході з теплогенератора  $j$  залежно від розрахункової масової витрати димових газів.

**3.7 клапан димових газів (*flue damper*)**

Пристрій, за допомогою якого частково або повністю закривається доступ у димохід.

**3.8 збалансований димохід (*balanced flue chimney*)**

Димохід, у 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.

**3.9 каскадне підключення (*cascade arrangement*)**

Підключення, в якому два або більше теплогенератори, встановлені в одному приміщенні, підключаються до димоходу одним загальним з'єднувальним елементом.

**3.5 calculated flue gas temperature ( $T_{wc,j}$ )**

flue gas temperature at the outlet of the heating appliance  $j$  depending on the calculated flue gas mass flow

**3.6 calculated draught of the flue gas of the heating appliance ( $P_{wc,j}$ )**

draught at the flue gas outlet of the heating appliance  $j$  depending on the calculated flue gas mass flow

**3.7 flue damper**

device to close or partially close the flue

**3.8 balanced flue chimney**

chimney where the point of air entry to the combustion air 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

**3.9 cascade arrangement**

arrangement where two or more appliances situated in the same space are connected by a common connecting flue pipe to the chimney

### **3.10 багаторазове підключення (*multi inlet arrangement*)**

Підключення, в якому два або більше теплогенератори, встановлені в різних приміщеннях, підключаються до димоходу окремими з'єднувальними елементами.

### **3.11 шахта повітропроводу (*air duct*)**

Незалежна шахта в будівлі або складова частина димоходу, що транспортує (подає) повітря для горіння до теплогенератора з закритою камерою згоряння.

### **3.12 перепускний отвір (*pressure equalising opening*)**

Отвір або шахта, які безпосередньо з'єднують шахту повітропроводу з димоходом.

## **4 СИМВОЛИ, ТЕРМІНИ ТА ОДИНИЦІ ВИМІРЮВАННЯ**

Для розуміння тексту стандарту, позначення фізичних величин, їх відповідні назви та позначення одиниць вимірювання наведені у таблиці 1. Індокси, додані до позначень літерами, з метою розрахунку димоходів з підключенням декількох теплогенераторів, стосуються однієї ділянки димоходу і/або ділянки з'єднувального елемента.

Приклад схеми з позначенням елементів, наведено на рисунках 1 та 2. Нумерація елементів повинна починатися з найменшого та найвіддаленішого від теплогенератора елемента. У разі підключення більш ніж однієї каскадної системи, схема нумерації елементів для розрахункових формул повинна будуватись

### **3.10 multi inlet arrangement**

arrangement where two or more appliances situated in different spaces are connected to the chimney by individual connecting flue pipes

### **3.11 air duct**

independent duct in a building or a structural part of a flue terminal conveying combustion air to a roomsealed appliance

### **3.12 pressure equalising opening**

opening or duct that directly connects the air duct with the flue at its base

## **4 Symbols, terminology, units**

Symbols, terminology and units are given to make the text of this standard understandable, although a part of them is already listed in part 1 of this standard series. Indices added to symbols for purposes of the calculation method for chimneys serving more than one heating appliance relate to one chimney segment and/or connection flue pipe section.

An example of an indices numbering scheme is given in Figures 1 and 2. Indices numbering shall begin at the lowest, farthest appliance connection. For more than one cascade system/connection, the indices numbering scheme for the calculation formula should be adopted in a similar manner to that for a single cascade scheme.



за аналогією зі схемою для одинарної каскадної системи.

Відповідні ділянки димоходу позначаються номером, через кому (наприклад  $H_{,1}$  – ефективна висота секції ділянки димоходу між виходом з'єднувального елемента найнижче розташованого теплогенератора й виходом з'єднувального елемента наступного теплогенератора).

Symbols assigned to a specific section will be indicated by the number of the section after the comma (e. g.  $H_{,1}$  is the effective height of a section of a chimney segment between the outlet of the connecting flue pipe of the heating appliance in the lowest position and the outlet of the connecting flue pipe of the next heating appliance).

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

Позначення	Термінологія	Terminology	Одиниці вимірювання
$A$	площа поперечного перетину ділянки димоходу	cross sectional area of the chimney	$m^2$
$c_p$	питома теплоємність димових газів	specific heat capacity of flue gas	$Дж/(кг \cdot К)$
$D$	діаметр	diameter	м
$D_h$	еквівалентний діаметр	hydraulic diameter	м
$g$	прискорення вільного падіння = 9,81	acceleration due to gravity = 9,81	$м/с^2$
$H_{,j}$	ефективна висота ділянки $j$ димоходу	effective height of the chimney segment $j$	м
$H_{v,j}$	ефективна висота з'єднувального елемента $j$	effective height of the connecting flue pipe $j$	м
$K_{,j}$	коефіцієнт охолодження ділянки димоходу $j$	coefficient of cooling of the chimney segment $j$	—
$k_j$	коефіцієнт теплопередачі ділянки димоходу $j$	coefficient of heat transmission of the chimney segment $j$	$Вт/(м^2 \cdot К)$
$k_{об,j}$	коефіцієнт теплопередачі на верхньому кінці ділянки димоходу $j$	coefficient of heat transmission at upper end of the chimney segment $j$	$Вт/(м^2 \cdot К)$
$K_{v,j}$	коефіцієнт охолодження з'єднувального елемента $j$	coefficient of cooling of the connecting flue pipe	—
$L_{,j}$	довжина ділянки димоходу $j$	length of the chimney segment $j$	м

Продовження табл. 1			
$\dot{m}_{j}$	масова витрата димових газів на ділянці димоходу $j$	flue gas mass flow in the chimney segment $j$	кг/с
$\dot{m}_{v,j}$	масова витрата димових газів у з'єднувальному елементі $j$	flue gas mass flow in the connecting flue pipe $j$	кг/с
$\dot{m}_{w,j}$	задана масова витрата димових газів теплогенератора $j$	declared flue gas mass flow of the heating appliance $j$	кг/с
$\dot{m}_{wc,j}$	розрахункова масова витрата димових газів теплогенератора $j$	calculated flue gas mass flow of the heating appliance $j$	кг/с
$N$	кількість теплогенераторів підключених до димоходу	number of heating appliances serving the chimney	—
$Nu$	показник Нуссельта	Nusselt number	—
$Q_{\min,j}$	мінімальна теплопродуктивність теплогенератора $j$	minimum heat output of the heating appliance $j$	кВт
$Q_{N,j}$	умовна теплопродуктивність теплогенератора $j$	nominal heat output of the heating appliance $j$	кВт
$P_{B,j}$	аеродинамічний опір припливного повітря теплогенератора $j$	pressure resistance of the air supply $j$ of the heating appliance $j$	Па
$P_{Bc,j}$	розрахунковий аеродинамічний опір припливного повітря теплогенератора $j$	calculated pressure resistance of the air supply of the heating appliance $j$	Па
$P_{H,j}$	теоретична тяга, створена ефектом димоходу на ділянці димоходу $j$	theoretical draught available due to chimney effect in chimney segment $j$	Па
$P_L$	динамічний тиск повітря	wind velocity pressure	Па
$p_L$	тиск атмосферного повітря	external air pressure	Па
$P_{R,j}$	аеродинамічний опір на ділянці димоходу $j$	pressure resistance of the chimney segment $j$	Па
$Pr$	показник Прандтля	Prandtl number	—
$P_{V,j}$	розрахунковий аеродинамічний опір з'єднувального елемента $j$	calculated pressure resistance of the connecting flue pipe $j$	Па
$P_{W,j}$	мінімальна тяга теплогенератора $j$	minimum draught for the heating appliance $j$	Па
$P_{Wc,j}$	розрахункова тяга теплогенератора $j$	calculated draught of the heating appliance $j$	Па
$P_{W\max,j}$	максимальна тяга теплогенератора $j$	maximum draught for the heating appliance $j$	Па
$P_{W0,j}$	максимальний перепад тиску теплогенератора	maximum differential pressure of the heating appliance $j$	Па
$P_{W0c,j}$	розрахунковий перепад надлишкового тиску теплогенератора $j$	calculated positive differential pressure of the heating appliance $j$	Па

Продовження табл. 1			
$P_{W0min,j}$	мінімальний перепад тиску теплогенератора $j$	minimum differential pressure of the heating appliance $j$	Па
$P_{Z,j}$	розрідження в точці входу димових газів на ділянку димоходу $j$	draught at the flue gas inlet into the chimney segment $j$	Па
$P_{Z,min,j}$	мінімальна тяга в точці входу димових газів на ділянку димоходу $j$	minimum draught at the flue gas inlet into the chimney segment $j$	Па
$P_{Zmax,j}$	максимальна тяга в точці входу димових газів на ділянку димоходу $j$	maximum draught at the flue gas inlet into the chimney segment $j$	Па
$P_{Ze,j}$	мінімальна тяга, що необхідна в точці входу димових газів на ділянку димоходу $j$	minimum draught required at the flue gas inlet into the chimney segment $j$	Па
$P_{Zemax,j}$	максимально допустима тяга, що необхідна в точці входу димових газів на ділянку димоходу $j$	maximum allowed draught at the flue gas inlet into the chimney segment $j$	Па
$P_{ZO,j}$	максимальний надлишковий тиск в точці входу димових газів на ділянку димоходу $j$	maximum positive pressure at the flue gas inlet into the chimney segment $j$	Па
$P_{ZOmin,j}$	мінімальний надлишковий тиск в точці входу димового газу на ділянку димоходу $j$	minimum positive pressure at the flue gas inlet into the chimney segment $j$	Па
$P_{ZOe,j}$	максимальний перепад тиску в точці входу димових газів на ділянку димоходу $j$	maximum differential pressure at the flue gas inlet into the chimney segment $j$	Па
$P_{ZOemin,j}$	мінімальний перепад тиску в точці входу димових газів на ділянку димоходу $j$	minimum differential pressure at the flue gas inlet into the chimney segment $j$	Па
$R$	газова стала димових газів	gas constant of the flue gas	Дж/(кг·К)
$r$	еквівалентна шорсткість внутрішньої стінки	mean value of roughness value of the inner wall	м
$Re$	показник Рейнольдса	Reynolds number	—
$R_L$	газова стала повітря	gas constant of the air	Дж/(кг·К)
$S_E$	коефіцієнт безпеки потоку	flow safety coefficient	—
$S_H$	поправковий коефіцієнт при відсутності температурної інерції	correction factor of temperature instability	—
$T_{e,j}$	температура димових газів в точці входу на ділянку димоходу $j$	flue gas temperature at the inlet of the chimney segment $j$	К
$T_{g,j}$	температурна межа стінки ділянки димоходу $j$	temperature limit of the chimney segment $j$	К

Кінець табл. 1			
$T_{iob,j}$	температура внутрішньої стінки на виході ділянки димоходу $j$ при температурній рівновазі	inner wall temperature at the outlet of chimney segment $j$ at temperature equilibrium	К
$T_L$	температура зовнішнього повітря	external air temperature	К
$T_{m,j}$	середня температура димових газів на ділянці димоходу $j$	mean temperature of the flue gas in the chimney segment $j$	К
$T_{o,j}$	температура димових газів в точці виходу з ділянки димоходу $j$	flue gas temperature at the outlet of the chimney segment $j$	К
$T_{u,j}$	температура оточуючого повітря на ділянці димоходу $j$	ambient air temperature of the chimney segment $j$	К
$T_{w,j}$	задана температура димових газів теплогенератора $j$	declared flue gas temperature of the heating appliance $j$	К
$T_{wc,j}$	розрахункова температура димових газів теплогенератора $j$	calculated flue gas temperature of the heating appliance $j$	К
$U$	внутрішній перетин димоходу	internal circumference of the chimney	м
$w_{m,j}$	середня швидкість по встановленій довжині поперечного перетину на ділянці димоходу $j$	mean velocity over the length and over the cross section of the chimney segment $j$	м/с
$\alpha_i$	внутрішній коефіцієнт димоходу	internal coefficient of heat transfer of the flue	Вт/(м <sup>2</sup> ·К)
$\gamma$	кут напрямків потоку, наприклад, між з'єднувальним елементом та ділянкою димоходу	angle between flow directions e. g. between connecting flue pipe and the chimney segment	°С
$\eta_A$	динамічна в'язкість димових газів	dynamic viscosity of flue gas	Н·с/м <sup>2</sup>
$1/\lambda$	термічний опір	thermal resistance	м <sup>2</sup> ·К/Вт
$\lambda_A$	коефіцієнт теплопровідності димових газів	coefficient of thermal conductivity of flue gas	Вт/(м·К)
$\rho_{m,j}$	середня густина димових газів по всій довжині й площі перетину ділянки димоходу $j$	density of flue gas averaged over the length and over the cross section of the chimney segment $j$	кг/м <sup>3</sup>
$\psi$	коефіцієнт місцевого опору внаслідок тертя димоходу	coefficient of flow resistance due to friction of the flue	—
$\xi$	коефіцієнт місцевого опору внаслідок зміни напрямку потоку й/або перетину й/або масової витрати димових газів у димоході	coefficient of flow resistance due to a directional and/or cross sectional and/or mass flow change in the flue	—

## 5 МЕТОД РОЗРАХУНКУ

### 5.1 Загальні положення

Метод розрахунку ґрунтується на визначенні розподілу масової витрати димових газів у димоході. При цьому умови для створення необхідного тиску (формула 1) повинні виконуватись в кожній точці входу димових газів у димохід (згідно з рис. 1).

Після того як цей розподіл виконаний, необхідне виконання наступних трьох умов із забезпечення:

- 1) масової витрати димових газів (формули 4 та 5);
- 2) вимоги до тиску для мінімальної тяги або максимального надлишкового тиску (формули 6 або 6b та 6c)
- 3) вимоги до тиску для максимальної тяги або мінімального надлишкового тиску (формули 6a або 6d)
- 4) характеристика температури (формула 7)

**Примітка 1.** На розрахунок впливають вимоги щодо монтажу. Вказівки щодо монтажу теплогенераторів й з'єднувальних елементів димоходу містяться у додатку А.

**Примітка 2.** 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).

Для перевірки зовнішніх умов використовуються два типи розрахунків:

- розрахунок мінімальної тяги та максимального надлишкового тиску здійснюється за умови, що потужність димоходу є мінімальною (тобто висока зовнішня температура); а також
- розрахунок максимальної тяги й мінімального надлишкового тиску та температури внутрішньої стінки за умови,

## 5 Calculation method

### 5.1 General principles

The calculation is based upon determining the mass flow distribution in the chimney which fulfils the pressure equilibrium condition (formula 1) at each flue gas inlet to the chimney (see Figure 1).

After such a distribution has been found four requirements shall be verified:

- (1) the mass flow requirement (Equations 4 and 5)
- (2) the pressure requirement for minimum draught or maximum positive pressure (Equations 6 or 6b and 6c)
- (3) the pressure requirement for maximum draught or minimum positive pressure (Equation 6a or 6d)
- (4) the temperature requirement (Equation 7)

**NOTE 1** The calculation is affected by the specific installation design. For recommendations for the installation of appliance and connection flue pipes see Annex A.

**NOTE 2** 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 (draught) 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

що внутрішня температура димоходу є мінімальною (тобто низька зовнішня температура).

Вимоги до масової витрати димових газів й характеристики тиску повинні визначатись умовами роботи з урахуванням температури зовнішнього й оточуючого повітря відповідно до EN 13384-1:

- всі теплогенератори працюють одночасно з умовною теплопродуктивністю;
- всі теплогенератори працюють одночасно з найменшою умовною теплопродуктивністю;
- один з теплогенераторів працює з умовною теплопродуктивністю, а всі інші теплогенератори не експлуатуються (всі можливі випадки)
- один з теплогенераторів працює з найменшою теплопродуктивністю, а всі інші теплогенератори не експлуатуються (всі можливі випадки)

Якщо за допомогою системи регулювання можливо забезпечити режим, який дозволяє експлуатувати не всі теплогенератори одночасно, то призначення умов для масової витрати димових газів та характеристика тиску при максимальній кількості працюючих теплогенераторів можуть проводитися для різних експлуатаційних режимів.

Допускається не враховувати вимоги до масової витрати димових газів і характеристик тиску теплогенераторів, які експлуатуються з найменшою теплопродуктивністю у наступних випадках:

- у теплогенераторах відсутнє регулювання

temperature with conditions for which the inside temperature of the chimney is minimal (i.e. low outside temperature).

The validation of the mass flow requirement and pressure requirement shall be done at following working conditions, using the external and ambient air temperatures specified in EN 13384-1:

- All heating appliances are simultaneously operating at nominal heat output.
- All heating appliances are simultaneously operating at minimum heat output
- A single heating appliance operating at nominal heat output and all other appliances out of action (all possible cases)
- A single heating appliance operating at minimum heat output and all other appliances out of action (all possible cases)

If the control of the installation guarantees that not all appliances will be in operation simultaneously, the validation of the mass flow requirement and pressure requirement may be done with the maximum number of appliances which will be in operation under the most adverse condition.

The validation for the mass flow requirement and pressure requirement for working conditions with heating appliances at minimum heat output is not required in the following cases:

- the heating appliances do not have any heat

діапазону потужності.

– теплогенератори мають обмеження теплопродуктивності, яка вказана на етикетці теплогенератора. У цьому випадку умовна теплопродуктивність, вказується на етикетці.

– теплогенератори, що працюють на твердому паливі не мають вентилятора та системи регулювання припливного повітря.

Допускається не враховувати вимоги до масової витрати димових газів теплогенераторів, що працюють з умовною теплопродуктивністю у наступному випадку:

— якщо теплогенератори при найменшій теплопродуктивності мають більшу або однакову умовну теплопродуктивність масової витрати димових газів.

Характеристика температури повинна витримуватись в наступних режимах експлуатації і температурних умовах оточуючого й зовнішнього повітря відповідно до EN 13384-1:

- теплогенератори на твердому паливі без вентилятора та системи регулювання припливного повітря з умовною теплопродуктивністю;

– теплогенератори для приготування гарячої води з відключеним регулятором тяги. Для роботи теплогенераторів даного типу необхідна значна кількість вторинного повітря. (Вони працюють тільки короткочасно й тому можливо допустити, що конденсація не стане причиною пошкодження або ризику для безпеки експлуатації);

– теплогенератори, які працюють в діапазоні

output range.

– the heating appliances have a heat output which is limited to a fixed value as specified on a label on the appliance. In this case the nominal heat output is the given heat output on the label.

– heating appliances heated with solid fuels without fan and appliances with regulated air supply.

The validation of the mass flow requirement for working conditions with appliances at nominal heat output is not required in the following case:

– the heating appliances have a flue gas mass flow at minimum heat output higher than or equal to the flue gas mass flow at nominal heat output.

The temperature requirement shall be validated for the following relevant working condition, using the ambient and external air temperatures as specified in EN 13384-1:

– heating appliances for solid fuels without fan and heating appliances with regulated air supply are in operation at nominal heat output;

– heating appliances with a draught diverter which provide domestic hot water only are out of action. These heating appliances operate with a considerable secondary air (These operate only a short time and therefore it can be assumed that condensation will not cause damage or a lack in safety);

– heating appliances with a fixed output range

(умовної) теплопродуктивності;  
 – для усіх інших теплогенераторів, які працюють з найменшою теплопродуктивністю.

are in operation at this (nominal) heat output;  
 – all other heating appliances are in operation at minimum heat output.

Для димоходів, які чутливі до роботи у вологих умовах, що розташовані усередині будівель, необхідно перевірити характеристику температури на вході в димохід.

When chimneys suitable for operating under wet conditions are located inside a building the check of the temperature requirement is necessary only for the top of the chimney.

Допускається не дотримуватись температурних умов в разі, якщо до димоходу підключені тільки проточні або ємкісні водонагрівачі, що працюються на газовому паливі.

The validation of the temperature requirement is not necessary when the chimney serves only domestic gas fired water heaters with instantaneous production and domestic gas fired storage water heaters.

Якщо димохідна система оснащена регулятором тяги, вона розраховується за аналогією до системи з каскадним підключенням.

If the chimney system includes a draught regulator, the system is handled as a cascade system.

## 5.2 Умова рівноваги тиску

## 5.2 Pressure equilibrium condition

### 5.2.1 Димоходи з розрідженням

### 5.2.1 Negative pressure chimneys

За всіх можливих умов експлуатації для кожної ділянки димоходу  $j$  використовуються наступні формули:

The following formulae shall be fulfilled for each chimney segment  $j$  at all relevant working conditions:

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

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

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

де:

Where:

$P_{Z,j}$  – розрідження у точці входу димових газів на ділянці димоходу  $j$ , Па

$P_{Z,j}$  draught at the flue gas inlet to the chimney segment  $j$  in Pa

$P_{H,k}$  – теоретична тяга, створена ефектом димоходу на ділянці димоходу  $k$ , Па

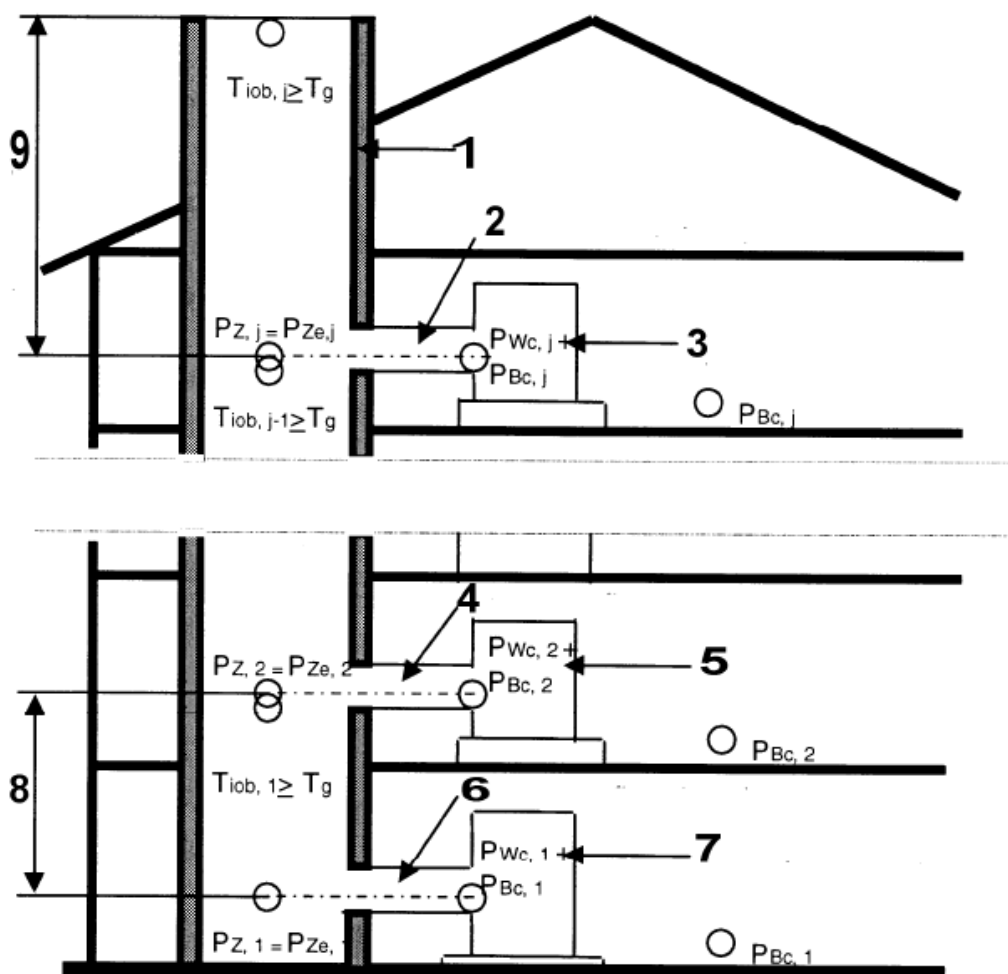
$P_{H,k}$  theoretical draught due to chimney effect in chimney segment  $k$  in Pa



$P_{R,k}$ – аеродинамічний опір ділянки димоходу k, Па	$P_{R,k}$ pressure resistance of the chimney segment k in Pa
$P_{wc,j}$ – розрахункова тяга теплогенератора, Па	$P_{wc,j}$ calculated draught of the heating appliance in Pa
$P_{V,j}$ – розрахунковий аеродинамічний опір з'єднувального елемента ділянки димоходу j, Па	$P_{V,j}$ calculated pressure resistance of the connecting flue pipe of chimney segment j in Pa
$P_{Bc,j}$ – розрахунковий аеродинамічний опір припливного повітря теплогенератора j, Па	$P_{Bc,j}$ calculated pressure resistance of the air supply for the heating appliance j in Pa
$P_{Ze,j}$ – необхідна тяга в точці входу димових газів на ділянку димоходу j, Па	$P_{Ze,j}$ required draught at the flue gas inlet to the chimney segment j in Pa
$P_L$ – динамічний тиск повітря, Па	$P_L$ wind velocity pressure in Pa
$N$ – кількість теплогенераторів	$N$ number of heating appliances

**Рисунок 1 – Приклад підключення декількох теплогенераторів та позначення значень тиску й температури димоходу**  
Рис [1]

**Figure 1 - Example of multiple inlet arrangement and numbering pressure values and temperature values of a chimney serving more than one heating appliance**



	<b>Key</b>
1 Димохід	1 Chimney
2 З'єднувальний елемент j	2 Connecting flue pipe j
3 Теплогенератор j	3 Heating appliance j
4 З'єднувальний елемент 2	4 Connecting flue pipe 2
5 Теплогенератор 2	5 Heating appliance 2
6 З'єднувальний елемент 1	6 Connecting flue pipe 1
7 Теплогенератор 1	7 Heating appliance 1
8 Ділянка димоходу 1	8 Chimney segment 1
9 Ділянка димоходу j	9 Chimney segment j

### 5.2.2 Димоходи з надлишковим тиском

За всіх можливих умов експлуатації для кожної ділянки димоходу j використовуються наступні формули:

### 5.2.2 Positive pressure chimneys

The following equations shall be fulfilled for each chimney segment j at all relevant working conditions:

$$\left| P_{ZOe,j} - P_{ZO,j} \right| \leq 0,1, \quad \text{Па.} \quad (3a)$$

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

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

де:

$P_{ZO,j}$  – надлишковий тиск в точці входу димових газів на ділянку димоходу j, Па  
 $P_{H,k}$  – теоретична тяга, створена ефектом димоходу на ділянці димоходу k, Па  
 $P_{R,k}$  – аеродинамічний опір на ділянці димоходу k, Па  
 $P_{Woc,j}$  – розрахунковий перепад тиску теплогенератора j, Па  
 $P_{V,j}$  – розрахунковий аеродинамічний опір з'єднувального елемента ділянки димоходу j, Па  
Па

where

$P_{ZO,j}$  positive pressure at the flue gas inlet to the chimney segment j in Pa  
 $P_{H,k}$  theoretical draught due to chimney effect in chimney segment k in Pa  
 $P_{R,k}$  pressure resistance of the chimney segment k in Pa  
 $P_{Woc,j}$  calculated positive differential pressure of the heating appliance j in Pa  
 $P_{V,j}$  calculated pressure resistance of the connecting flue pipe of chimney segment j in Pa  
 $P_{Bc,j}$  calculated pressure resistance of the air

$P_{Bc,j}$  – розрахунковий аеродинамічний опір теплогенератора  $j$ , Па

$P_{ZOe,j}$  – максимальний перепад тиску в точці входу димових газів на ділянку димоходу  $j$ , Па

$P_L$  – швидкість тиску повітря, Па

$N$  – кількість теплогенераторів, Па

### 5.3 Вимоги масової витрати

Формули 4 та/або 5 необхідно перевірити при всіх режимах експлуатації (згідно з 5.6). Для кожного теплогенератора, що працює в режимі умовної або мінімальної теплопродуктивності діє умова:

$$\dot{m}_{Wc,j} \geq \dot{m}_{W,j}, \quad \text{кг/с.} \quad (4)$$

а для кожного непрацюючого теплогенератора:

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

де:

$\dot{m}_{Wc,j}$  – розрахункова масова витрата димових газів теплогенератора, кг/с

$\dot{m}_{W,j}$  – зазначена масова витрата димових газів теплогенератора, кг/с

У разі наявності запобіжного клапану димових газів, аеродинамічний опір прирівнюється до нуля, якщо немає інших додаткових даних.

### 5.4 Вимоги тиску

#### 5.4.1 Димоходи з розрідженням

Під час розрахунку тяги припливного повітря для димоходів з розрідженням, додатково необхідно перевірити умову, за якої тиск (мінімальна тяга) в димоході ( $P_{Z,j}$ ) був більшим або дорівнював тиску в приміщенні,

supply for the heating appliance  $j$  in Pa

$P_{ZOe,j}$  maximum differential pressure at the flue gas inlet to the chimney segment  $j$  in Pa

$P_L$  wind velocity pressure in Pa

$N$  number of heating appliances

### 5.3 Mass flow requirement

Equations 4 and/or 5 shall be verified for all relevant working conditions (see 5.6).

For each heating appliance in operation at nominal or minimum heat output:

and for each heating appliance out of action:

Where:

$\dot{m}_{Wc,j}$  calculated mass flow of the heating appliance in kg/s

$\dot{m}_{W,j}$  declared mass flow of the heating appliance in kg/s

Where a damper is applied, flow resistance shall be taken as 0 unless additional data are available.

### 5.4 Pressure requirements

#### 5.4.1 Negative pressure chimneys

For negative pressure chimneys it has to be additionally checked that the negative pressure (minimum draught) in the chimney ( $P_{Z,j}$ ) is more than or equal to the negative pressure in the room where the heating appliance is placed at

у якому встановлено теплогенератор. Перевірку характеристики тиску і масової витрати димових газів необхідно проводити за однакових умов (згідно з 5.3 і 5.6). У цьому випадку слід використовувати наступні формули:

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

де:

$P_{Z,j}$  – тяга на вході у ділянку димоходу  $j$ , Па  
 $P_{Bc,j}$  – розрахунковий аеродинамічний опір припливного повітря теплогенератора  $j$ , Па  
 Додатково необхідно перевірити, щоб розрідження (тяга) в димоході ( $P_{Zmax,j}$ ) була меншою або дорівнювала максимально допустимому тиску ( $P_{Zemax,j}$ ), який створює теплогенератор. Формула (6а) діє для всіх можливих умов експлуатації (згідно з 5.6).

Перевірка характеристики тиску проводиться під час кожного окремого розрахунку, використовуючи попередні розрахунки масових витрат димових газів, які задовольняють вимогам забезпечення рівноваги тиску при температурі зовнішнього повітря  $T_L = 258,15 \text{ K}$  ( $t_L = -15 \text{ °C}$ , згідно з EN 13384-1).

calculated draught conditions for air supply. The check on this pressure requirement shall be done using the same conditions as specified for the check on the mass flow requirement (see 5.3 and 5.6). The following relations shall be verified:

where

$P_{Z,j}$  draught at the inlet to the chimney segment  $j$  in Pa  
 $P_{Bc,j}$  calculated pressure resistance of the air supply for the heating appliance  $j$  in Pa  
 If required it has to be additionally checked that the negative pressure (draught) in the chimney ( $P_{Zmax,j}$ ) is less than or equal to the maximum allowed draught ( $P_{Zemax,j}$ ) caused by the heating appliance. The relation (6a) shall be verified for all relevant working conditions (see 5.6).

The check of this pressure requirement shall be done with a separate calculation using the newly calculated flue mass flows that fulfil the pressure equilibrium conditions at an external air temperature of  $T_L = 258,15 \text{ K}$  ( $t_L = -15 \text{ °C}$ , see EN 13384-1).

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

де:

$P_{Zmax,j}$  – максимальна тяга в точці входу димових газів на ділянку димоходу  $j$ , Па  
 $P_{Zemax,j}$  – мінімальна допустима тяга в точці входу димових газів на ділянку димоходу  $j$ , Па

$P_{Zmax,j}$  maximum draught at the flue gas inlet into the chimney segment  $j$  in Pa  
 $P_{Zemax,j}$  maximum allowed draught at the flue gas inlet into the chimney segment  $j$  in Pa

Па

$P_{H,k}$  – теоретична тяга, створена ефектом димоходу на ділянці димоходу  $k$ , Па  $P_{H,k}$  theoretical draught due to chimney effect in chimney segment  $k$  in Pa

$P_{R,k}$  – аеродинамічний опір ділянки димоходу  $k$ , Па  $P_{R,k}$  pressure resistance of the chimney segment  $k$  in Pa

$P_{Wmax,j}$  – максимальна тяга теплогенератора  $j$ , Па  $P_{Wmax,j}$  maximum draught for the heating appliance  $j$  in Pa

$P_{V,j}$  – розрахунковий аеродинамічний опір з'єднувального елемента ділянки димоходу  $j$ , Па  $P_{V,j}$  calculated pressure resistance of the connecting flue pipe of chimney segment  $j$  in Pa

$P_{Bc,j}$  – розрахунковий аеродинамічний опір припливного повітря теплогенератора  $j$ , Па  $P_{Bc,j}$  calculated pressure resistance of the air supply for the heating appliance  $j$  in Pa

**Примітка.** Значення  $P_{H,k}$  та  $P_{R,k}$  у формулах (2) та (6а) зазвичай відрізняються через різні умови. **NOTE** The values of  $P_{H,k}$  and  $P_{R,k}$  in Equations (2) and (6a) are normally different because the conditions are different.

#### 5.4.2 Димоходи з надлишковим тиском

#### 5.4.2 Positive pressure chimneys

Додатково необхідно перевірити, щоб максимальний надлишковий тиск у з'єднувальному елементі ( $P_{ZO,j} + P_{V,j}$ ) та у димоході ( $P_{ZO,j}$ ) був не більшим ніж надлишковий тиск для димоходу та з'єднувального елемента ( $P_{ZVexcess}$  та  $P_{Zexcess}$ ). Перевірку характеристики тиску слід проводити в таких самих умовах, що і при перевірці умови для масової витрати (згідно з 5.3 та 5.6). В цьому випадку слід дотримуватись наступних умов:

For positive pressure chimneys it has to be additionally checked that the maximum positive pressure in the connecting flue pipe ( $P_{ZO,j} + P_{V,j}$ ) and in the chimney ( $P_{ZO,j}$ ) is not higher than the excess pressure for which both are designated ( $P_{ZVexcess}$  and  $P_{Zexcess}$ ). The check on the pressure requirement shall be done using the same conditions as specified for the check on the mass flow requirement (see 5.3 and 5.6). The following relations shall be verified:

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

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

де:

where

$P_{ZO,j}$  – надлишковий тиск в точці входу димових газів на ділянку димоходу  $j$ , Па  $P_{ZO,j}$  positive pressure at the flue gas inlet to the chimney segment  $j$  in Pa

$P_{V,j}$  – розрахунковий аеродинамічний опір з'єднувального елемента ділянки димоходу  $j$ , Па  $P_{V,j}$  calculated pressure resistance of the connecting flue pipe of chimney segment  $j$  in Pa

$P_{Zexcess}$  – максимально допустимий тиск відносно розрахунку димоходу, Па  $P_{Zexcess}$  is the maximum allowed pressure from the designation of the chimney in Pa

$P_{ZVexcess}$  – максимально допустимий тиск відносно розрахунку з'єднувального елемента, Па.

Додатково необхідно перевірити, щоб мінімальний надлишковий тиск в димоході ( $P_{ZOmin,j}$ ) був більшим або дорівнював мінімально допустимому тиску ( $P_{ZOemin,j}$ ), теплогенератора.

Формула (6d) діє для всіх режимів експлуатації (згідно з 5.6).

Перевірка характеристики тиску проводиться під час кожного окремого розрахунку, використовуючи попередні розрахунки масових витрат димових газів, які задовольняють вимогам забезпечення рівноваги тиску при температурі зовнішнього повітря  $T_L = 258,15$  К ( $t_L = -15$  °С, згідно з EN 13384-1).

$P_{ZVexcess}$  is the maximum allowed pressure from the designation of the connecting flue pipe in Pa

If required it has to be additionally checked that the minimum positive pressure in the chimney ( $P_{ZOmin,j}$ ) is more than or equal to the minimum allowed positive pressure ( $P_{ZOemin,j}$ ) caused by the heating appliance.

The relation (6d) shall be verified for all relevant working conditions (see 5.6).

The check of this pressure requirement shall be done with a separate calculation using the newly calculated flue mass flows that fulfil the pressure equilibrium conditions at an external air temperature of  $T_L = 258,15$  K ( $t_L = -15$  °C, see EN 13384-1).

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

де:

$P_{ZOmin,j}$  – мінімальний надлишковий тиск в точці входу димових газів на ділянку димоходу j, Па

$P_{ZOemin,j}$  – мінімальний перепад тиску в точці входу димових газів на ділянку димоходу j, Па

$P_{H,k}$  – теоретична тяга, створена ефектом димоходу на ділянці димоходу k, Па

$P_{R,k}$  – аеродинамічний опір ділянки димоходу k, Па

$P_{WOmin,j}$  – мінімальний перепад тиску теплогенератора j, Па

$P_{Bc,j}$  – розрахунковий аеродинамічний опір

where:

$P_{ZOmin,j}$  minimum positive pressure at the flue gas inlet into the chimney segment j in Pa

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

$P_{H,k}$  theoretical draught due to chimney effect in chimney segment k in Pa

$P_{R,k}$  pressure resistance of the chimney segment k in Pa

$P_{WOmin,j}$  minimum differential pressure of the heating appliance j in Pa

$P_{Bc,j}$  calculated pressure resistance of the air

припливного повітря теплогенератора  $j$ , Па  
 $P_{V,j}$  – розрахунковий аеродинамічний опір з'єднувального елемента ділянки димоходу  $j$ , Па

**Примітка:** Значення  $P_{H,k}$  та  $P_{R,k}$  у формулах (3b) та (6d) зазвичай відрізняються через різні умови.

### 5.5 Температурні вимоги

Формулу 7 необхідно перевірити при всіх режимах експлуатації (згідно з 5.6).

Перевірка характеристики температури проводиться під час кожного окремого розрахунку, використовуючи попередні розрахунки димових газів за масою, які задовольняють вимогам забезпечення рівноваги тиску при температурі зовнішнього повітря  $T_{uo,j}$  (згідно з EN 13384-1).

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

де:

$T_{iob,j}$  – температура внутрішньої стінки наприкінці ділянки димоходу  $j$ , К

$T_{g,j}$  – температурна межа ділянки димоходу  $j$ , К

Температурна межа  $T_{g,j}$  димоходів, при експлуатації в сухих умовах, дорівнює температурі точки роси димових газів  $T_{sp,j}$  (згідно з 8.6).  $T_{g,j} = T_{sp,j}$

Температурна межа  $T_{g,j}$  димоходів, при експлуатації у вологих умовах, відповідає точці замерзання води:  $T_{g,j} = 273,15$  К.

**Примітка.** У наступних випадках допускається не дотримуватися температурних умов, в разі недотримання цих умов відсутня гарантія того, що не з'явиться волога. У цьому випадку рекомендується застосовувати теплову ізоляцію.

— підключення теплогенераторів до димоходу, що вже знаходяться в експлуатації, та

— теплова потужність теплогенераторів, що підключаються й/або замінюються, не перевищує 30 кВт,

supply for the heating appliance  $j$  in Pa

$P_{V,j}$  calculated pressure resistance of the connecting flue pipe of chimney segment  $j$  in Pa

**NOTE:** The values of  $P_{H,k}$  and  $P_{R,k}$  in Equations (3b) and (6d) are normally different because the conditions are different.

### 5.5 Temperature requirement

The relations (7) shall be verified for all relevant working conditions (see 5.6).

The check of the temperature requirement shall be done with a separate calculation using the newly calculated flue mass flows that fulfil the pressure equilibrium conditions at an external air temperature of  $T_{uo,j}$  (see EN 13384-1)

Where:

$T_{iob,j}$  temperature of the inner wall of the chimney segment  $j$  at the end in K

$T_{g,j}$  temperature limit for chimney segment  $j$  in K

The temperature limit  $T_{g,j}$  for chimneys suitable for operating under dry conditions is equal to the condensing temperature  $T_{sp,j}$  of the flue gas (see 8.6).  $T_{g,j} = T_{sp,j}$

The temperature limit  $T_{g,j}$  for chimneys suitable for operating under wet conditions is equal to the freezing point of water:  $T_{g,j} = 273,15$  K.

**NOTE** The following cases can be exempted from meeting the temperature requirement provided that it is accepted that in case the requirement for temperature should be not fulfilled no guarantee can be given that no moisture appears.

In this cases insulation is recommended.

– heating appliances which are substituted to a usual chimney which is already in operation and

– the heat output of the heating appliances which are connected and/or substituted does not exceed 30 kW for each

та

- втрати димових газів не більш або дорівнюють 8 %, та
- забезпечено загальну циркуляцію повітря димоходу, крізь запобіжник та регулятор тяги димових газів у період відсутності експлуатації, та
- при експлуатації теплогенераторів (наприклад мінімальна теплопродуктивність теплогенератора при експлуатації становить не менш 20% номінальної теплової потужності).

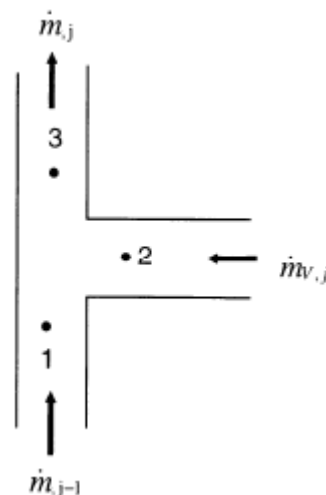
## 5.6 Процедура розрахунку

При розрахунку тиску та значень температури в димоході з підключенням декількох теплогенераторів необхідно застосовувати ітераційні методи розрахунку. Хід розрахунку базується на формулі балансу маси та енергії з урахуванням статичних умов.

У всіх точках, до яких підключаються шахти (на кінці з'єднувальних елементів, початку і кінці однієї із ділянок димоходу), у всіх вузлових точках (рисунок 2) діють наступні формули:

**Рисунок 2 — Приклад позначення й розрахунок для кожної вузлової точки j (формули 8 і 9)**

Рис [2]



— масова витрата та температура обчислюються за формулами 8 та 9.

and

- the flue gas losses are not more or equal than 8 % and
- an effective air conditioning of the chimney during standstill periods is given by draught diverters or dampers and
- sufficient standstill periods are given (e. g. the minimum steady state heat output of the heating appliance is not less than 20 % as the required heat).

## 5.6 Calculation procedure

For the calculation of the pressure and temperature values in a chimney serving more than one heating appliance an iterative procedure is necessary. This calculation procedure is based on the application of mass and energy conservation formulae under quasi steady state conditions.

In each point of connection between various ducts (at the end of connecting flue pipes, the beginning and the end of the chimney segments), all called nodes (see Figure 2), the following procedure shall be used:

**Figure 2 - Designation of flow numbering for each node j (see formulae 8 and 9)**

- The mass flow and the temperature shall be calculated with formulae 8 and 9.



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

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

де:

$\dot{m}_{j-1}$  – масова витрата димових газів на ділянці димоходу j-1, кг/с

$\dot{m}_{V,j}$  – масова витрата димових газів у з'єднувальному елементі j, кг/с

$\dot{m}_j$  – масова витрата димових газів на ділянці димоходу j, кг/с

$c_{p,j-1}$  – питома теплоємність димових газів на ділянці димоходу j-1, Дж/кг·К

$c_{pV,j}$  – питома теплоємність димових газів у з'єднувальному елементі j, Дж/кг·К

$c_{p,j}$  – питома теплоємність димових газів на ділянці димоходу j, Дж/кг·К

$T_{o,j-1}$  – температура димових газів на кінці ділянки димоходу j-1, К

$T_{oV,j}$  – температура димових газів наприкінці з'єднувального елемента j, К

$T_{e,j}$  – температура димових газів в точці входу на ділянку димоходу j, К

– Тяга або надлишковий тиск на початку ділянки димоходу (для точки 3) визначається з показників тяги або надлишкового тиску цієї ділянки і всіх наступних ділянок за формулою 2.

**Примітка.** У випадку використання теплогенераторів, оснащених вентилятором, згідно з даними виробника приймається, що масова витрата не залежить від розрідження чи надлишкового тиску в димоході. Це припущення обмежує кількість ітерацій (повторних розрахунків).

При кожній ітерації необхідно визначити наступні параметри:

– для кожної вузлової точки j, дійсний тиск  $P_{Ze,j}$ ,  $P_{Zj}$  або  $P_{ZOe,j}$ ,  $P_{ZOj}$  на вході  $P_{Zemax,j}$ ,

where:

$\dot{m}_{j-1}$  flue gas mass flow in chimney segment j-1 in kg/s

$\dot{m}_{V,j}$  flue gas mass flow in connecting flue pipe in kg/s

$\dot{m}_j$  flue gas mass flow in chimney segment j in kg/s

$c_{p,j-1}$  specific heat capacity of flue gas in chimney segment j-1 in J/(kg·K)

$c_{pV,j}$  specific heat capacity of flue gas in connecting flue pipe j in J/(kg·K)

$c_{p,j}$  specific heat capacity of flue gas in chimney segment j in J/(kg·K)

$T_{o,j-1}$  temperature of the flue gas at the end of chimney segment j-1 in K

$T_{oV,j}$  temperature of the flue gas at the end of connecting flue pipe j in K

$T_{e,j}$  temperature of the flue gas at the inlet of chimney segment j in K

- The draught or positive pressure at the beginning of the chimney segment (at point 3), is derived from the draught or positive pressure of this chimney segment and all succeeding segments according to Equation 2.

**NOTE** For certain fan assisted heating appliances according to the information of the manufacturer it can be assumed that the mass flow is independent of the draught or positive pressure in the chimney. This information can be used to limit the number of iterations.

For each iteration the following parameters shall be obtained:

- for each node j, the actual pressure ( $P_{Ze,j}$ ,  $P_{Zj}$  or  $P_{ZOe,j}$ ,  $P_{ZOj}$  and where required  $P_{Zemax,j}$ ,  $P_{Zmax,j}$  or

$P_{Zmax,j}$  або  $P_{ZOemin,j}$ ,  $P_{ZOmin,j}$ ) й величини  $P_{ZOemin,j}$ ,  $P_{ZOmin,j}$ ) and temperature values ( $T_{o,j-1}$  температур ( $T_{o,j-1}$  точки 1,  $T_{oV,j}$  точки 2,  $T_{e,j}$  at point 1,  $T_{oV,j}$  at point 2,  $T_{e,j}$  at point 3), точки 3),

– для кожної ділянки між двома вузловими точками, середні значення дійсної температури, масової витрати й швидкості димових газів. - for each segment between two nodes, the average values of the actual temperature, mass flow and velocity of the flue gas.

Перед проведенням першої ітерації слід задати розрахункову масову витрату димових газів на виході з теплогенератора. Одне з можливих стартових значень розрахункової масової витрати – заявлена масова витрата димових газів теплогенератора  $\dot{m}_{w,j}$ . Before the first iteration an estimate of the calculated flue gas mass flow at the appliance outlet is necessary. A possible starting value for the calculated mass flow is the declared flue gas mass flow of the appliance  $\dot{m}_{w,j}$ .

Кожна ітерація охоплює наступні дві стадії: Each iteration consists of the following two phases:

**Стадія 1:** Обчисліть змінні починаючи від найнижчої вузлової точки й закінчуючи виходом димових газів в атмосферу, наступним чином: **Phase 1:** Calculate variables starting from the lowest node up to the outlet to the atmosphere as follows:

– розрахунок/визначення масової витрати димових газів на виході з теплогенератора; - calculated/estimated flue gas mass flow at the appliance outlet;  
– розрахунок масової витрати димових газів у з'єднувальному елементі (формула 14); - in each connecting flue pipe calculated mass flow (Equation 14);

середня густина димових газів (формула 29); average density of the flue gas (formula 29);  
середня швидкість димових газів (формула 30); average velocity of the flue gas (formula 30);

температура димових газів на кінці (згідно з EN 13384-1, 5.8); flue gas temperature at the end (see EN 13384-1:2002, 5.8);

середня температура димових газів (згідно з EN 13384-1, 5.8). average flue gas temperature (see EN 13384-1:2002, 5.8).

– на кожній ділянці димоходу розрахункова масова витрата після змішування потоків кожної ділянки (точка 3 рисунок 2) (формула 13); - in each segment section of the flue calculated mass flow after the confluence of each segment (point 3 in Figure 2) (Equation 13);

температура димових газів після змішування (формула 15);	temperature of the flue gas after the confluence (formula 15);
середня густина димових газів (формула 27);	average density of the flue gas (formula 27);
середня швидкість димових газів (формула 28);	average velocity of the flue gas (formula 28);
температура димових газів в кінці (згідно з EN 13384-1, 5.8);	flue gas temperature at the end (see EN 13384-1:2002, 5.8);
середня температура димових газів (згідно з EN 13384-1, 5.8).	average flue gas temperature (see EN 13384-1:2002, 5.8).
<b>Стадія 2:</b> Обчисліть значення тяги або значення надлишкового тиску в кожній вузловій точці, починаючи від шахти димоходу до найбільш віддаленої вузлової точки:	<b>Phase 2:</b> Calculate the draught or positive pressure values in each node tracking the flue duct backwards from the outlet into the atmosphere down to the node that is at the greatest distance:
– необхідна тяга або перепад тиску в точці входу димових газів у димохід (формула 3 або 3c);	- draught required or differential pressure available at the flue gas inlet into the chimney (Equation 3 or 3c);
– тяга, створена ефектом димоходу на вході у ділянку димоходу (формула 31);	- draught due to chimney effect at the inlet of the chimney segment (formula 31);
– аеродинамічний опір на ділянці димоходу (формула 32);	- pressure resistance in the chimney segment (using formula 32);
– тяга або надлишковий тиск на вході у ділянку димоходу (формула 2 або 3b);	- draught or positive pressure at the inlet of the chimney segment (using Equation 2 or 3b);
Ітерації описані вище (стадія 1 і стадія 2) проводяться для відповідних умов експлуатації (умовна, мінімальна потужності, і відключений теплогенератор) доки не будуть дотримані умови рівноваги тиску (формула 1).	The iteration described above (phase 1 and phase 2) at the working conditions under consideration (i.e. nominal, minimum load and out of action) shall be continued until the pressure equilibrium condition is fulfilled (formula 1).
Якщо умову щодо рівноваги тиску дотримано, значення останньої ітерації можуть розглядатися як дотримання умов димоходу, у відповідності до норм стандарту.	When the pressure equilibrium condition is fulfilled, the values calculated at the last iteration can be considered, for the purpose of this standard, to be those regarding the operation of the chimney.
Якщо умову щодо рівноваги тиску не	If the pressure equilibrium condition is not

дотримано, проводиться повторна попередня оцінка величини  $m_w$ , яка ґрунтується на встановленій різниці тисків між  $P_{Z,j}$  та  $P_{Ze,j}$  або  $P_{ZO,j}$  та  $P_{Zoe,j}$  і з урахуванням якої проводиться наступна ітерація.

## 6 ПАРАМЕТРИ ДИМОВИХ ГАЗІВ, ЩО ХАРАКТЕРИЗУЮТЬ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРИ

Для розрахунку температури й тиску димових газів теплогенератора, необхідні наступні дані:

- мінімальна заявлена тяга або максимальний заявлений перепад тиску у теплогенераторі ( $P_{W,j}$  або  $P_{WO,j}$ )
- заявлена температура димових газів теплогенератора ( $t_{W,j}$ ).

Обидва значення повинні вказуватися залежно від масової витрати димових газів при різних умовах експлуатації теплогенераторів (експлуатується, не експлуатується). Розрахункова тяга  $P_{Wc,j}$  або перепад тиску  $P_{Woc,j}$  теплового генератора для обох режимів вказують у формі багаточлена 4-ого ступеня (формула 10).

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

$$P_{Woc,j} = c_0 + c_1 \cdot \left( \frac{\dot{m}_{Wc,j}}{\dot{m}_{Wj}} \right) + c_2 \cdot \left( \frac{\dot{m}_{Wc,j}}{\dot{m}_{Wj}} \right)^2 + c_3 \cdot \left( \frac{\dot{m}_{Wc,j}}{\dot{m}_{Wj}} \right)^3 + c_4 \cdot \left( \frac{\dot{m}_{Wc,j}}{\dot{m}_{Wj}} \right)^4, \text{ Па.} \quad (10a)$$

$$t_{Wc,j} = y_0 + y_1 \cdot \left( \frac{\dot{m}_{Wc,j}}{\dot{m}_{Wj}} \right)^{y_2}, \text{ }^\circ\text{C.} \quad (11)$$

fulfilled a new estimate of  $m_w$  based on the observed difference between  $P_{Z,j}$  and  $P_{Ze,j}$  or  $P_{ZO,j}$  and  $P_{Zoe,j}$  and a new iteration shall be made.

## 6 Flue gas data characterising the heating appliance

For the calculation of the temperature and pressure values the relevant flue gas data characterising the heating appliance shall be specified. This includes:

- minimum, declared draught or maximum declared differential pressure of the heating appliance ( $P_{W,j}$  or  $P_{WO,j}$ )
- declared flue gas temperature of the heating appliance ( $t_{W,j}$ )

Both values shall be given in relation to the flue gas mass flow at various working conditions of the heating appliances (in operation, out of action). The calculated draught  $P_{Wc,j}$  or differential pressure  $P_{Woc,j}$  of the heating appliance shall be given for both working conditions in form of a 4th degree polynomial (formula 10).

де:

$b_0, b_1, b_2, b_3, b_4$  – коефіцієнти для багаточлена у формулі розрахункової тяги теплогенератора  $j$ , –

$y_0, y_1, y_2$  – коефіцієнти показників у формулі для розрахунку температури димових газів теплогенератора  $j$ , –

$\dot{m}_{Wc, j}$ , – розрахункова масова витрата димових газів теплогенератора  $j$ , кг/с

$\dot{m}_{W, j}$  – вказана масова витрата димових газів теплогенератора  $j$ , кг/с

$P_{Wc, j}$  – розрахункова тяга теплогенератора, Па

$P_{Woc, j}$  – розрахункових перепад тиску теплогенератора, Па

$T_{Wc, j}$  – розрахункова температура димових газів теплогенератора, °C

$c_0, c_1, c_2, c_3, c_4$  – коефіцієнти для багаточлена у формулі для розрахунку перепаду тиску теплогенератора  $j$ .

Для димоходів з розрідженням, значення коефіцієнтів  $b$  та  $y$  для обох режимів експлуатації вказують окремо. Якщо ці дані не надані, слід використовувати параметри димових газів, що характеризують теплогенератори, зазначені у додатку В.

Для димоходів з надлишковим тиском, значення коефіцієнтів  $c$  та  $y$  для режиму «експлуатується», вказуються виробником.

**Примітка 1.** Якщо дані для режиму «експлуатується» не вказані виробником, то розрахунок неможливий.

Для режиму «не експлуатується», коефіцієнти  $c_0, c_1, c_3, c_4$  та  $y_0, y_1, y_2$  приймають за нуль, а  $c_2 = -1\,000\,000$ .

**Примітка 2.** Для теплогенераторів з надлишковим тиском вимоги для масової витрати димових газів унеможливають зворотній потік димових газів через теплогенератор, який не

Where:

$b_0, b_1, b_2, b_3, b_4$  factors for the poly-nominal in the equation for calculated draught of heating appliance  $j$

$y_0, y_1, y_2$  factors for the exponential in the equation for calculated flue gas temperature of heating appliance  $j$

$\dot{m}_{Wc, j}$  calculated flue gas mass flow of heating appliance  $j$  in kg/s

$\dot{m}_{W, j}$  declared flue gas mass flow of heating appliance  $j$  in kg/s

$P_{Wc, j}$  calculated draught of the heating appliance in Pa

$P_{Woc, j}$  calculated differential pressure of the heating appliance in Pa

$T_{Wc, j}$  calculated flue gas temperature of the heating appliance in °C

$c_0, c_1, c_2, c_3, c_4$  factors for the poly-nominal in the equation for calculated differential pressure of heating appliance  $j$

For negative pressure chimneys the values for  $b$  and  $y$  shall be obtained for “in operation” and “out of action” conditions separately. In case these values are not given, the flue gas data characterising the appliance are given in Annex B.

For positive pressure chimneys the values for  $c$  and  $y$  shall be obtained for the “in operation” conditions, from the heating appliance manufacture’s data.

NOTE 1 If the data for the “in operation” conditions are not available the calculation is not possible.

For the “out of action” condition  $c_0, c_1, c_3, c_4$  and  $y_0, y_1, y_2$  shall be 0 and  $c_2 = -1\,000\,000$ .

NOTE 2 For positive pressure applications the validation of the mass flow relies in the fact that there is no possibility of

експлуатується.

Додатково вказуються відомості про об'ємну концентрацію CO<sub>2</sub>, що міститься в димових газах для обох величин теплової потужності (умовної теплової потужності й мінімальної потужності теплогенератора) ( $\sigma(\text{CO}_2)_{w,j}$ ). Вказана об'ємна концентрація CO<sub>2</sub> димових газів може бути також визначена для обох значень теплової потужності за таблицями В.1 та В.2 EN 13384-1.

Розрахунковий вміст CO<sub>2</sub> у димових газах теплового генератора  $j$   $\sigma(\text{CO}_2)_{w_{\text{tat},j}}$  визначається для двох режимів експлуатації «експлуатується при умовній тепловій потужності» і «експлуатується при мінімальній тепловій потужності» за формулою:

– для теплогенераторів на рідкому і газоподібному паливі, а також для теплогенераторів на твердому паливі з автоматичним підживленням

$$\sigma(\text{CO}_2)_{w_{c,j}} = \frac{1}{\left(\frac{\dot{m}_{w_{c,j}}}{\dot{m}_{w,j}}\right) \frac{1}{\sigma(\text{CO}_2)_{w,j}} + \left[\left(\frac{\dot{m}_{w_{c,j}}}{\dot{m}_{w,j}}\right) - 1\right] \frac{f_{m2}}{f_{m1}}}, \quad \%. \quad (12)$$

– в інших випадках

$$\sigma(\text{CO}_2)_{w_{c,j}} = \sigma(\text{CO}_2)_{w,j}, \quad \%. \quad (12)$$

де:

$\sigma(\text{CO}_2)_{w,j}$  – заявлений вміст CO<sub>2</sub> у димових газах теплогенератора  $j$ , % об'єму

$\sigma(\text{CO}_2)_{w_{c,j}}$  – розрахунковий вміст CO<sub>2</sub> у димових газах теплогенератора  $j$ , % об'єму

$f_{m1}, f_{m2}$  – коефіцієнти згідно EN 13384-1

$\dot{m}_{w_{c,j}}$  – розрахункова масова витрата димових

backflow of flue gas through a heating appliance that is out of action.

In addition the declared volumetric concentration of CO<sub>2</sub> of the flue gases at the relevant working conditions (nominal heat output and minimum heat output for the appliances  $\sigma(\text{CO}_2)_{w,j}$  shall be specified. The declared content of CO<sub>2</sub> of the flue gases at the two working conditions can also be determined with Table B.1 and Table B.2 of EN 13384-1:2002.

The calculated CO<sub>2</sub> content of the flue gas of the heating appliance  $j$   $\sigma(\text{CO}_2)_{w_{\text{tat},j}}$  shall be determined for the two working conditions "in operation at nominal heat output" and "in operation at minimum output" using the following formula:

– for heating appliances for liquid and gaseous fuels and heating appliances for solid fuels with automatic feed

Where:

$\sigma(\text{CO}_2)_{w,j}$  declared CO<sub>2</sub> content of the flue gas of heating appliance  $j$  in Vol.-%

$\sigma(\text{CO}_2)_{w_{c,j}}$  calculated CO<sub>2</sub> content of the flue gas of heating appliance  $j$  in Vol.-%

$f_{m1}, f_{m2}$  coefficients according to EN 13384-1

$\dot{m}_{w_{c,j}}$  calculated flue gas mass flow of heating

газів теплогенератора  $j$ , кг/с

$\dot{m}_{w,j}$  – заявлена масова витрата димових газів теплогенератора  $j$ , кг/с

У димоході з розрідженням для розрахунку значень максимальної тяги теплогенераторів  $P_{Wmax}$  і значень мінімального перепаду тиску  $P_{W0min}$  для димоходу з надлишковим тиском, за необхідності значення надаються виробником.

## **7 ДАНІ ПО ДИМОХОДАМ ТА З'ЄДНУВАЛЬНИМ ЕЛЕМЕНТАМ**

Еквівалентна шорсткість для внутрішньої стінки ( $r_j$  та/або ( $r_{v,j}$ ); термічний опір ( $[1/\lambda]_j$ ) та/або  $[1/\lambda]_{v,j}$ ) визначаються для кожного з'єднувального елемента та для кожної ділянки димоходу (згідно з EN 13384-1, 5.6.2).

## **8 ОСНОВНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ**

Основні дані для розрахунку необхідно визначати для кожної ділянки димоходу, якщо не вказаний інший метод розрахунку.

### **8.1 Температури повітря**

#### **8.1.1 Температура зовнішнього повітря ( $T_L$ )**

Розрахунок температури зовнішнього повітря ( $T_L$ ) проводиться згідно з EN 13384-1, 5.7.1.2; значення єдине для всіх ділянок димоходу.

#### **8.1.2 Температура оточуючого повітря ( $T_u$ )**

Розрахунок температури оточуючого повітря ( $T_u$ ) проводиться згідно з EN 13384-1, 5.7.1.3.

#### **8.2 Тиск зовнішнього повітря ( $p_L$ )**

Розрахунок тиску зовнішнього повітря ( $p_L$ ) проводиться згідно з EN 13384-1, 5.7.2,

appliance  $j$  in kg/s

$\dot{m}_{w,j}$  declared flue gas mass flow of heating appliance  $j$  in kg/s

For the calculation of a negative pressure chimney the value of the maximum draught for the heating appliance  $P_{Wmax}$  and for the calculation of a positive pressure chimney the value of the minimum differential pressure of the heating appliance  $P_{W0min}$  shall be obtained from the manufacturer of the heating appliance if appropriate.

## **7 Data for chimney and connecting flue pipes**

The mean roughness value for the inner wall ( $r_j$  and/or ( $r_{v,j}$ ) and the thermal resistance ( $[1/\lambda]_j$ ) and/or  $[1/\lambda]_{v,j}$ ) for each connecting flue pipe and each chimney segment shall be identified (see EN 13384-1:2002, 5.6.2).

## **8 Basic data for the calculation**

The basic data for the calculation shall be identified for each chimney segment unless otherwise specified in this clause.

### **8.1 Air temperatures**

#### **8.1.1 External air temperature ( $T_L$ )**

For the calculation of the external air temperature ( $T_L$ ) see EN 13384-1:2002, 5.7.1.2; a single value is relevant for all chimney segments.

#### **8.1.2 Ambient air temperature ( $T_u$ )**

For the calculation of the ambient air temperature ( $T_u$ ) see EN 13384-1:2002, 5.7.1.3.

#### **8.2 External air pressure ( $p_L$ )**

For the calculation of the external air pressure ( $p_L$ ) see EN 13384-1:2002, 5.7.2, a single value

значення єдине для всіх ділянок димоходу.

### 8.3 Газова стала

#### 8.3.1 Газова стала повітря ( $R_L$ )

Розрахунок газової сталої повітря ( $R_L$ ) проводиться згідно з EN 13384-1, 5.7.3.1, значення єдине для всіх ділянок димоходу.

#### 8.3.2 Газова стала димових газів ( $R$ )

Розрахунок газової сталої димових газів ( $R$ ) проводиться згідно з EN 13384-1, 5.7.3.2. Для процесу змішування газів застосовується формула 19 цього стандарту.

### 8.4 Густина повітря ( $\rho_L$ )

Розрахунок густини повітря ( $\rho_L$ ) проводиться згідно з EN 13384-1, 5.7.4. Значення єдине для всіх ділянок димоходу.

### 8.5 Питома теплоємність димових газів ( $c_p$ )

Розрахунок питомої теплоємності димових газів ( $c_p$ ) проводиться згідно з EN 13384-1, 5.7.5. Для процесу змішування газів застосовуються формули 20, 21, 22 цього стандарту.

### 8.6 Вміст водяної пари ( $\sigma(H_2O)_{,j}$ ) та температури конденсації ( $T_{sp}$ )

Розрахунок вмісту водяної пари ( $\sigma(H_2O)_{,j}$ ) і температури конденсації ( $T_{sp}$ ) проводять згідно з EN 13384-1, 5.7.6. Для змішування газів застосовують формулу 18 цього стандарту.

### 8.7 Поправковий коефіцієнт при температурній нестійкості ( $S_H$ )

Значення єдине для всіх ділянок димоходу.

При перевірці умов масової витрати димових газів і характеристик тиску для мінімальної тяги та для максимального надлишкового

is relevant for all chimney segments.

### 8.3 Gas constant

#### 8.3.1 Gas constant of the air ( $R_L$ )

For the calculation of the gas constant of the air ( $R_L$ ) see EN 13384-1:2002, 5.7.3.1, a single value is relevant for all chimney segments.

#### 8.3.2 Gas constant of flue gas ( $R$ )

For the calculation of the gas constant of flue gas ( $R$ ) see EN 13384-1:2002, 5.7.3.2.

For gas mixing use formula 19 in this standard.

### 8.4 Density of air ( $\rho_L$ )

For the calculation of the density of air ( $\rho_L$ ) see EN 13384-1:2002, 5.7.4. A single value is relevant for all chimney segments.

### 8.5 Specific heat capacity of the flue gas ( $c_p$ )

For the calculation of the specific heat capacity of the flue gas ( $c_p$ ) see EN 13384-1:2002, 5.7.5.

For gas mixing use formulae 20, 21, 22 in this standard.

### 8.6 Water vapour content ( $\sigma(H_2O)_{,j}$ ) and condensing temperature ( $T_{sp}$ )

For the calculation of the water vapour content ( $\sigma(H_2O)_{,j}$ ) and condensing temperature ( $T_{sp}$ ) see EN 13384-1:2002, 5.7.6. For gas mixing use formula 18 in this standard.

### 8.7 Correction factor for temperature instability ( $S_H$ )

A single value is relevant for all chimney segments.

For the check of the mass flow requirement and for the check of the pressure requirement for minimum draught and maximum positive



тиску, значення  $S_H = 0,5$  - єдине для всіх ділянок димоходу; для максимальної тяги або мінімального надлишкового тиску, поправковий коефіцієнт  $S_H$  при температурній нестійкості складає 1.

### **8.8 Аеродинамічний коефіцієнт безпеки ( $S_E$ )**

Для розрахунку мінімальної тяги димоходу з розрідженням, коефіцієнт безпеки становить  $S_E = 1,5$ , за винятком значення 1,2, що використовується для теплогенераторів та димоходів, які перебувають під постійним наглядом, а також для теплогенераторів з закритою камерою згоряння.

Для розрахунку максимального надлишкового тиску в димоходах, коефіцієнт безпеки становить  $S_E = 1,2$ .

Для повітропроводу, застосовують аеродинамічний коефіцієнт безпеки, який становить  $S_{EB} = 1,2$

Для розрахунку максимальної тяги або мінімального надлишкового тиску, коефіцієнти безпеки  $S_E$  та  $S_{EB}$  дорівнюють 1.

### **8.9 Коефіцієнт теплопередачі зовнішньої поверхні**

Розрахунок коефіцієнту теплопередачі зовнішньої поверхні проводиться згідно з EN 13384-1, 5.8.3.3.

## **9 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУР**

Наведені нижче значення температури розраховуються згідно з EN 13384-1, 5.8 – розрахункові температури димових газів теплогенератора ( $T_{wc,j}$ ) з урахуванням характеристик теплогенератора (формула 11),

pressure  $S_H = 0,5$  shall be used for each chimney segment; for maximum draught or minimum positive pressure the correction factor  $S_H$  for temperature instability shall be 1.

### **8.8 Flow safety coefficient ( $S_E$ )**

For the calculation of minimum draught of negative pressure chimneys the safety coefficient  $S_E = 1,5$  shall be used, except a value of 1,2 shall be used for strictly controlled appliance and chimney installations, and for room sealed appliances with forced draught burners.

For the calculation of maximum positive pressure of positive pressure chimneys the safety coefficient  $S_E = 1,2$  shall be used.

For the air supply duct a flow safety coefficient  $S_{EB} = 1,2$  shall be used.

For the calculation of maximum draught or minimum positive pressure the safety coefficient  $S_E$  and  $S_{EB}$  shall be 1.

### **8.9 External coefficient of heat transfer**

For the calculation of the external coefficient of heat transfer see EN 13384-1:2002, 5.8.3.3.

## **9 Determination of temperatures**

The following temperature values shall be calculated according to EN 13384-1:2002, 5.8 – the calculated flue gas temperatures of the heating appliance ( $T_{wc,j}$ ) using flue gas data characterising the appliance (formula 11),

- середня температура димових газів у з'єднувальних елементах ( $T_{mV,j}$ ),
  - температури димових газів наприкінці з'єднувальних елементів ( $T_{oV,j}$ ),
  - температури змішування при вході в ділянки димоходу  $T_{e,j}$ , (формула 7),
  - середня температура димових газів на окремій ділянці димоходу ( $T_{m,j}$ ),
  - температури димових газів на кінці кожної ділянки димоходу ( $T_{o,j}$ ) та
  - температури внутрішньої стінки на кінці кожної ділянки димоходу ( $T_{iob,j}$ ).
- Відповідні формули для розрахунку температур зазначені у таблиці 2. Масова витрата й вміст  $CO_2$  у димових газах і з'єднувальних елементах обчислюються за формулами 14 та 17.

**Таблиця 2 – Розрахунок температур**

**Table 2 – Calculation of the temperatures**

Термінологія	Формула	Одиниця	Terminology
Середня температура димових газів у з'єднувальному елементі $T_{mV,j}$	$T_{mV,j} = T_{uV,j} + \frac{T_{Wc,j} - T_{uV,j}}{K_{V,j}} \cdot [1 - \exp(-K_{V,j})]$	К	mean flue gas temperature in connecting flue pipe $T_{mV,j}$
Температура димових газів на кінці з'єднувального елемента $T_{oV,j}$	$T_{oV,j} = T_{uV,j} + (T_{Wc,j} - T_{uV,j}) \cdot \exp(-K_{V,j})$	К	flue gas temperature at the end of the connecting flue pipe $T_{oV,j}$
Коефіцієнт охолодження з'єднувального елемента $K_{V,j}$	$K_{V,j} = \frac{U_{V,j} \cdot k_{V,j} \cdot L_{V,j}}{\dot{m}_{V,j} \cdot c_{pV,j}}$	—	cooling value of the connecting flue pipe $K_{V,j}$

Продовження табл. 2			
Коефіцієнт тепловіддачі з'єднувального елемента $k_{V,j}$ (перевірка масової витрати й тиску)	$k_{V,j} = \left[ \frac{1}{\alpha_{iV,j}} + S_H \left[ \left( \frac{1}{\lambda} \right)_{V,j} + \left( \frac{D_{hV,j}}{D_{hVa,j} \cdot \alpha_{aV,j}} \right) \right] \right]$	Вт/м <sup>2</sup> ·К	coefficient of heat transmission of the connecting flue pipe $k_{V,j}$ (mass flow and pressure check)
Коефіцієнт теплопередачі з'єднувального елемента $k_{V,j}$ (перевірка температури)	$k_{V,j} = \left[ \frac{1}{\alpha_{iV,j}} + \left( \frac{1}{\lambda} \right)_{V,j} + \left( \frac{D_{hV,j}}{D_{hVa,j} \cdot \alpha_{aV,j}} \right) \right]^{-1}$	Вт/м <sup>2</sup> ·К	coefficient of heat transmission of the connecting flue pipe $k_{V,j}$ (temperature check)
Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні з'єднувального елемента $\alpha_{iV,j}$	$\alpha_{iV,j} = \max \left( \frac{\lambda_{AV,j} \cdot Nu_{V,j}}{D_{hV,j}}, 4 \right)$	Вт/м <sup>2</sup> ·К	internal coefficient of heat transfer of the connecting flue pipe $\alpha_{iV,j}$
Показник Нуссельта $Nu_{V,j}$	$Nu_{V,j} = \left[ \frac{\psi}{\psi_{smooth}} \right]_{V,j}^{0,67} \cdot 0,0214 \cdot (Re_{V,j}^{0,8} - 100) \cdot Pr_{V,j}^{0,4} \cdot \left[ 1 + \left( \frac{D_{AV,j}}{L_{V,j}} \right)^{0,67} \right]$	—	Nusselt number $Nu_{V,j}$
Показник Прандтля $Pr_{V,j}$	$Pr_{V,j} = \frac{\eta_{AV,j} \cdot c_{pV,j}}{\lambda_{AV,j}}$	—	Prandtl number $Pr_{V,j}$
Показник Рейнольдса $Re_{V,j}$	$Re_{V,j} = \frac{w_{mV,j} \cdot D_{hV,j} \cdot \rho_{mV,j}}{\eta_{AV,j}}$	—	Reynolds number $Re_{V,j}$
Середня температура димових газів $T_{m,j}$	$T_{m,j} = T_{u,j} + \frac{T_{e,j} - T_{u,j}}{K_{j,j}} \cdot \left[ 1 - \exp(-K_{j,j}) \right]$	К	mean flue gas temperature $T_{m,j}$
Температура димових газів на кінці ділянки $j$ димоходу $T_{o,j}$	$T_{o,j} = T_{u,j} + (T_{e,j} - T_{u,j}) \cdot \exp(-K_{j,j})$	К	flue gas temperature at the end of the chimney segment $T_{o,j}$
Коефіцієнт охолодження ділянки $j$ димоходу $K_{j,j}$	$K_{j,j} = \frac{U_{j,j} \cdot k_{j,j} \cdot L_{j,j}}{m_{j,j} \cdot c_{p,j}}$	—	cooling value of the chimney segment $K_{j,j}$

Кінець табл. 2			
Коефіцієнт теплопередачі $k_{,j}$ (перевірка масової витрати і тиску)	$k_{,j} = \left[ \frac{1}{\alpha_{i,j}} + S_H \cdot \left[ \left( \frac{1}{\Lambda} \right)_{,j} + \left( \frac{D_{hi}}{D_{ha} \cdot \alpha_{a,j}} \right) \right] \right]^{-1}$	Вт/м <sup>2</sup> ·К	coefficient of heat transmission $k_{,j}$ (mass flow and pressure check)
Коефіцієнт теплопередачі $k_{,j}$ (перевірка температури)	$k_{,j} = \left[ \frac{1}{\alpha_{i,j}} + \left( \frac{1}{\Lambda} \right)_{,j} + \left( \frac{D_{hi}}{D_{ha} \cdot \alpha_{a,j}} \right) \right]^{-1}$	Вт/м <sup>2</sup> ·К	coefficient of heat transmission $k_{,j}$ (temperature check)
Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні $\alpha_{i,j}$	$\alpha_{i,j} = \max \left( \frac{\lambda_{A,j} \cdot Nu_{,j}}{D_h}, 4 \right)$	Вт/м <sup>2</sup> ·К	internal coefficient of heat transfer $\alpha_{i,j}$
Показник Нуссельта $Nu_{,j}$	$Nu_{,j} = \left[ \frac{\psi}{\psi_{smooth}} \right]_{V,j}^{-0,67} \cdot 0,0214 \cdot (Re_{,j}^{0,8} - 100) \cdot Pr_{,j}^{0,4} \cdot \left[ 1 + \left( \frac{D_{hV,j}}{L_j} \right)^{0,67} \right]$	—	Nusselt number $Nu_{,j}$
Показник Прандтля $Pr_{,j}$	$Pr_{,j} = \frac{\eta_{A,j} \cdot c_{p,j}}{\lambda_{A,j}}$	—	Prandtl number $Pr_{,j}$
Показник Рейнольдса $Re_{,j}$	$Re_{,j} = \frac{w_{m,j} \cdot D_{h,j} \cdot \rho_{m,j}}{\eta_{A,j}}$	—	Reynolds number $Re_{,j}$

### 10 ЗМІШАНІ РОЗРАХУНКИ

### 10 Mixing calculations

У точці входу димових газів на ділянку димоходу необхідно розраховувати температуру димових газів, вміст CO<sub>2</sub> та H<sub>2</sub>O, а також газову сталу й питому теплоємність.

At the point of the inlet to the chimney segment the flue gas mass flow, the flue gas temperature and the CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O-content as well as the gas constant and specific heat capacities shall be calculated.

#### 10.1 Масова витрата димових газів ( $\dot{m}_{,j}$ )

#### 10.1 Flue gas mass flow ( $\dot{m}_{,j}$ )

Масова витрата димових газів  $\dot{m}_{,j}$  на ділянці j димоходу обчислюється за формулами 13 та 14:

The flue gas mass flow in chimney segment j  $\dot{m}_{,j}$  shall be calculated with formulae 13 and 14:

$$\dot{m}_{,j} = \dot{m}_{,j-1} + \dot{m}_{V,j}, \quad \text{кг/с.} \quad (13)$$

$$\dot{m}_{V,j} = \dot{m}_{Wc,j}, \quad \text{кг/с.} \quad (14)$$

#### 10.2 Температура димових газів на вході в ділянку димоходу ( $T_{e,j}$ )

#### 10.2 Flue gas temperature at the inlet of the chimney segment ( $T_{e,j}$ )

Температура димових газів  $T_{e,j}$  на ділянці j

The flue gas temperature  $T_{e,j}$  in chimney

димоходу обчислюється за формулою 15. Для спрощення розрахунку, можна прийняти, що питома теплоємність димових газів у з'єднувальному елементі  $j$  та на розташованій перед ним ділянці  $j-1$  стосується середніх температур димових газів.

segment  $j$  shall be calculated with formula 15. To simplify the calculation the heat capacities of the flue gas in the connecting flue pipe  $j$  and in the previous chimney segment  $j-1$  are based on the mean flue gas temperatures.

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

### 10.3 Вміст CO<sub>2</sub> у димових газах на ділянці димоходу ( $\sigma(\text{CO}_2)_j$ )

### 10.3 CO<sub>2</sub>-content of the flue gas in the chimney segment ( $\sigma(\text{CO}_2)_j$ )

Вміст CO<sub>2</sub>  $\sigma(\text{CO}_2)_j$  на ділянці димоходу обчислюється за формулою 16:

The CO<sub>2</sub>-content  $\sigma(\text{CO}_2)_j$  in chimney segment  $j$  shall be calculated with formula 16:

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

Вміст CO<sub>2</sub> у димових газах у з'єднувальному елементі обчислюється за формулою 17:

The CO<sub>2</sub>-content of the flue gas in the connecting flue pipe shall be calculated with formula 17:

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

### 10.4 Вміст H<sub>2</sub>O у димових газах ( $\sigma(\text{H}_2\text{O})_j$ )

### 10.4 H<sub>2</sub>O-content of the flue gas ( $\sigma(\text{H}_2\text{O})_j$ )

Вміст H<sub>2</sub>O у димових газах  $\sigma(\text{H}_2\text{O})_j$  на ділянці  $j$  димоходу обчислюється за формулою 18:

The H<sub>2</sub>O-content  $\sigma(\text{H}_2\text{O})_j$  in chimney segment  $j$  shall be calculated with formula 18:

$$\sigma(\text{H}_2\text{O})_j = \frac{\dot{m}_{j-1}R_{j-1}\sigma(\text{H}_2\text{O})_{j-1} + \dot{m}_{V,j}R_{V,j}\sigma(\text{H}_2\text{O})_{V,j}}{\dot{m}_{j-1}R_{j-1} + \dot{m}_{V,j}R_{V,j}}, \quad \% \quad (18)$$

Величину  $\sigma(\text{H}_2\text{O})_{V,j}$  визначають для всіх видів палива для теплогенератора  $j$  згідно з таблицею B.1 EN 13384-1.

$\sigma(\text{H}_2\text{O})_{V,j}$  shall be taken from Table B.1 of EN 13384-1:2002 for each kind of fuel for heating appliance  $j$ .

### 10.5 Газова стала димових газів ( $R_j$ )

### 10.5 Gas constant of the flue gas ( $R_j$ )

Газова стала димових газів  $R_j$  на ділянці  $j$  димоходу розраховується за формулою 19:

The gas constant of the flue gas  $R_j$  in chimney segment  $j$  shall be calculated with formula 19:

$$R_{,j} = \frac{\dot{m}_{,j-1}R_{,j-1} + \dot{m}_{V,j}R_{V,j}}{\dot{m}_{,j-1} + \dot{m}_{V,j}}, \quad \text{Дж/кг}\cdot\text{К.} \quad (19)$$

Величину  $R_{V,j}$  наведено для всіх видів палива для теплогенератора  $j$  у таблиці В.1 EN 13384-1:2002 для кожного виду палива для нагрівального апарату  $j$ .

## 10.6 Характеристики димових газів

## 10.6 Flue gas data

### 10.6.1 Питома теплоємність ( $c_{pV,j}$ ), ( $c_{p,j}$ )

### 10.6.1 Specific heat capacity ( $c_{pV,j}$ ), ( $c_{p,j}$ )

Питома теплоємність димових газів у з'єднувальному елементі  $c_{pV,j}$  обчислюється за формулою 20: The specific heat capacity of the flue gas in the connecting flue pipe  $c_{pV,j}$  shall be calculated with formula 20:

$$c_{pV,j} = \frac{1011 + 0,05 \cdot t_{mV,j} + 0,0003 \cdot t_{mV,j}^2 + (f_{CO_2,j} + f_{C_1,j} \cdot t_{mV,j} + f_{C_2,j} \cdot t_{mV,j}^2) \sigma(CO_2)_{V,j}}{1 + f_{C_3,j} \cdot \sigma(CO_2)_{V,j}}, \quad \text{Дж/кг}\cdot\text{К.} \quad (20)$$

Значення коефіцієнтів  $f_{CO_2,j}$ ,  $f_{C_1,j}$ ,  $f_{C_2,j}$  та  $f_{C_3,j}$  для визначення  $c_{pV,j}$  для всіх видів палива для теплогенератора  $j$  наведено в таблиці В.1 EN 13384-1:2002. The factors  $f_{CO_2,j}$ ,  $f_{C_1,j}$ ,  $f_{C_2,j}$  and  $f_{C_3,j}$  for determination of  $c_{pV,j}$  shall be taken from Table B.1 of EN 13384-1:2002 for each kind of fuel for heating appliance  $j$ .

Питома теплоємність димових газів  $c_{p,j}$  на ділянці  $j$  димоходу обчислюється за формулою 21: The specific heat capacity of the flue gas in the chimney segment  $c_{p,j}$  shall be calculated with formula 21:

$$c_{p,j} = \frac{1011 + 0,05 \cdot t_{m,j} + 0,0003 \cdot t_{m,j}^2 + (f_{CO_2,j} + f_{C_1,j} \cdot t_{m,j} + f_{C_2,j} \cdot t_{m,j}^2) \sigma(CO_2)_{,j}}{1 + f_{C_3,j} \cdot \sigma(CO_2)_{,j}}, \quad \text{Дж/кг}\cdot\text{К.} \quad (21)$$

Значення  $f_{C_i,j}$  для визначення  $c_{p,j}$  обчислюється за наступною формулою: The factors  $f_{C_i,j}$  for determination of  $c_{p,j}$  shall be calculated with the following formula:

$$f_{C_i,j} = \frac{1}{\sigma(CO_2)_{,j}} \cdot \frac{\frac{\dot{m}_{,j-1} \cdot f_{C_i,j-1} \sigma(CO_2)_{,j-1}}{1 + f_{C_3,j-1} \sigma(CO_2)_{,j-1}} + \frac{\dot{m}_{V,j} \cdot f_{C_iV,j} \sigma(CO_2)_{V,j}}{1 + f_{C_3V,j} \sigma(CO_2)_{V,j}}}{\frac{\dot{m}_{,j-1}}{1 + f_{C_3,j-1} \sigma(CO_2)_{,j-1}} + \frac{\dot{m}_{V,j}}{1 + f_{C_3V,j} \sigma(CO_2)_{V,j}}}, \quad \text{Дж/кг}\cdot\text{К.} \quad (22)$$

Якщо всі теплогенератори, підключені до димоходу, працюють на однаковому паливі, то значення коефіцієнтів  $f_{C_i,j}$  ( $f_{CO_2,j}$ ,  $f_{C_1,j}$ ,  $f_{C_2,j}$  та  $f_{C_3,j}$ ) можуть визначатися за таблицею В.1 згідно з EN 13384-1. When all appliances served by the chimney operate with the same fuel the coefficient  $f_{C_i,j}$  ( $f_{CO_2,j}$ ,  $f_{C_1,j}$ ,  $f_{C_2,j}$  and  $f_{C_3,j}$ ) can be determined according to EN 13384-1:2002, Table B.1.

**10.6.2** Коефіцієнт теплопровідності димових газів ( $\lambda_{AV,j}$ ), ( $\lambda_{A,j}$ )

Коефіцієнт теплопровідності димових газів у з'єднувальному елементі  $\lambda_{AV,j}$  та/або на ділянці димоходу  $\lambda_{A,j}$  обчислюється за наступною формулою:

$$\lambda_{AV,j} = 0,0223 + 0,000065 \cdot t_{mV,j}, \quad \text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}. \quad (23)$$

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

**10.6.3** Динамічна в'язкість ( $\eta_{AV,j}$ ), ( $\eta_{A,j}$ )

Динамічна в'язкість  $\eta_{AV,j}$  і  $\eta_{A,j}$  обчислюється за формулою:

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

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

Умовні позначення для формул наведено у розділі 10

$c_{p,j}$  – питома теплоємність димових газів на ділянці димоходу  $j$ , Дж/кг·К

$c_{pV,j}$  – питома теплоємність димових газів у з'єднувальному елементі  $j$ , Дж/кг·К

$f_{ci,j}$  – фактори для визначення питомої теплоємності для кожного теплогенератора  $j$ , (EN 13384-1, таблиця В 1)

$\dot{m}_{j-1}$  – масова витрата димових газів на ділянці  $j-1$  димоходу, кг/с

$\dot{m}_{V,j}$  – масова витрата димових газів у з'єднувальному елементі  $j$ , кг/с

$R_{j-1}$  – питома газова стала димових газів на ділянці димоходу  $j$ , Дж/кг·К

$R_{V,j}$  – питома газова стала димових газів у з'єднувальному елементі  $j$ , Дж/кг·К

$t_{m,j}$  – середня температура димових газів на ділянці димоходу  $j$ , °С

**10.6.2** Thermal conductivity of the flue gas ( $\lambda_{AV,j}$ ), ( $\lambda_{A,j}$ )

The thermal conductivity of the flue gas in the connecting flue pipe  $\lambda_{AV,j}$  and/or in the chimney segment  $\lambda_{A,j}$  shall be calculated with the following formulae:

**10.6.3** Dynamic viscosity ( $\eta_{AV,j}$ ), ( $\eta_{A,j}$ )

The dynamic viscosity  $\eta_{AV,j}$  and  $\eta_{A,j}$  shall be calculated with the following formulae:

Legend for the formulae in clause 10

$c_{p,j}$  specific heat capacity of flue gas in chimney segment  $j$  in J/(kg·K)

$c_{pV,j}$  specific heat capacity of flue gas in connecting flue pipe  $j$  in J/(kg·K)

$f_{ci,j}$  factors for determination the specific heat capacity for each heating appliance  $j$  (see EN 13384-1:2002, Table B 1)

$\dot{m}_{j-1}$  flue gas mass flow in chimney segment  $j-1$  in kg/s

$\dot{m}_{V,j}$  flue gas mass flow in connecting flue pipe  $j$  in kg/s

$R_{j-1}$  specific gas constant of flue gas in chimney segment  $j$  in J/(kg·K)

$R_{V,j}$  specific gas constant of flue gas in connecting flue pipe  $j$  in J/(kg·K)

$t_{m,j}$  average temperature of flue gas in chimney segment  $j$  in °C

$t_{mV,j}$ – середня температура димових газів у з'єднувальному елементі $j$ , °C	$t_{mV,j}$ average temperature of flue gas in connecting flue pipe $j$ in °C
$t_{o,j-1}$ – температура димових газів на виході з ділянки димоходу $j-1$ , K	$t_{o,j-1}$ temperature of the flue gas at the end of chimney segment $j-1$ in K
$T_{oV,j-1}$ – температура димових газів на кінці з'єднувального елементу $j$ , K	$T_{oV,j-1}$ temperature of the flue gas at the end of connecting flue pipe $j$ in K
$\sigma(\text{CO}_2)_j$ – об'ємна концентрація $\text{CO}_2$ на ділянці $j$ димоходу, % об'єму	$\sigma(\text{CO}_2)_j$ volume concentration of $\text{CO}_2$ in chimney segment $j$ in Vol. %
$\sigma(\text{CO}_2)_{j-1}$ – об'ємна концентрація $\text{CO}_2$ на ділянці $j-1$ димоходу, % об'єму	$\sigma(\text{CO}_2)_{j-1}$ volume concentration of $\text{CO}_2$ in chimney segment $j-1$ in Vol. %
$\sigma(\text{CO}_2)_{V,j}$ – об'ємна концентрація $\text{CO}_2$ у з'єднувальному елементі $j$ , % об'єму	$\sigma(\text{CO}_2)_{V,j}$ volume concentration of $\text{CO}_2$ in connecting flue gas pipe $j$ in Vol. %
$\sigma(\text{H}_2\text{O})_{j-1}$ – об'ємна концентрація $\text{H}_2\text{O}$ на ділянці $j-1$ димоходу, % об'єму	$\sigma(\text{H}_2\text{O})_{j-1}$ volume concentration of $\text{H}_2\text{O}$ in chimney segment $j-1$ in Vol. %
$\sigma(\text{H}_2\text{O})_{V,j}$ – об'ємна концентрація $\text{H}_2\text{O}$ у з'єднувальному елементі $j$ , % об'єму	$\sigma(\text{H}_2\text{O})_{V,j}$ volume concentration of $\text{H}_2\text{O}$ in connecting flue gas pipe $j$ in Vol. %

## 11 ГУСТИНА І ШВИДКІСТЬ ДИМОВИХ ГАЗІВ 11 Density and velocity of the flue gas

Середня густина димових газів  $\rho_{m,j}$  на ділянці димоходу обчислюється за формулою: The average density of the flue gas in the chimney segment  $\rho_{m,j}$  shall be calculated with the following formula:

$$\rho_{m,j} = \frac{P_L}{R_{,j} \cdot T_{m,j}}, \quad \text{кг/м}^3. \quad (27)$$

Середня швидкість  $w_{m,j}$  димових газів на ділянці димоходу обчислюється за формулою: The average velocity of the flue gas in the chimney segment  $w_{m,j}$  shall be calculated with the following formula:

$$w_{m,j} = \frac{\dot{m}_{,j}}{A_{,j} \cdot \rho_{m,j}}, \quad \text{м/с}. \quad (28)$$

Середня густина  $\rho_{mV,j}$  димових газів у з'єднувальному елементі обчислюється за формулою: The average density of the flue gas in the connecting flue pipe  $\rho_{mV,j}$  shall be calculated with the following formula:

$$\rho_{mV,j} = \frac{P_L}{R_{V,j} \cdot T_{mV,j}}, \quad \text{кг/м}^3. \quad (29)$$



Середня густина  $w_{mV,j}$  димових газів у з'єднувальному елементі обчислюється за формулою: The average velocity of the flue gas in the connecting flue pipe  $w_{mV,j}$  shall be calculated with the following formula:

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

Умовні позначення для формул наведено у розділі 11: Legend to formulae in clause 11

$A_{j,j}$ – площа поперечного перетину ділянки димоходу $j$ , м <sup>2</sup>	$A_{j,j}$ cross sectional area of the chimney segment $j$ in м <sup>2</sup>
$A_{V,j}$ – площа поперечного перетину з'єднувального елемента $j$ , м <sup>2</sup>	$A_{V,j}$ cross sectional area of the connecting flue pipe $j$ in м <sup>2</sup>
$\dot{m}_{j,j}$ – масова витрата димових газів на ділянці димоходу $j$ , кг/с	$\dot{m}_{j,j}$ flue gas mass flow in the chimney segment $j$ in кг/с
$\dot{m}_{V,j}$ – масова витрата димових газів у з'єднувальному елементі $j$ , кг/с	$\dot{m}_{V,j}$ flue gas mass flow in the connecting flue pipe $j$ in кг/с
$p_L$ – тиск зовнішнього повітря, Па	$p_L$ external air pressure in Pa
$R_{j,j}$ – питома газова стала димових газів на ділянці димоходу $j$ , Дж/кг·К	$R_{j,j}$ specific gas constant of the flue gas in chimney segment $j$ in J/(кг·К)
$R_{V,j}$ – питома газова стала димових газів у з'єднувальному елементі $j$ , Дж/кг·К	$R_{V,j}$ specific gas constant of the flue gas in connecting flue pipe $j$ in J/(кг·К)
$T_{m,j}$ – середня температура димових газів на ділянці $j$ димоходу, К	$T_{m,j}$ average temperature of the flue gas in chimney segment $j$ in К
$T_{mV,j}$ – середня температура димових газів у з'єднувальному елементі $j$ , К	$T_{mV,j}$ average temperature of the flue gas in connecting flue pipe $j$ in К
$\rho_{m,j}$ – середня густина димових газів на ділянці $j$ димоходу, кг/м <sup>3</sup>	$\rho_{m,j}$ average density of the flue gas in chimney segment $j$ in кг/м <sup>3</sup>
$\rho_{mV,j}$ – середня густина димових газів у з'єднувальному елементі $j$ , кг/м <sup>3</sup>	$\rho_{mV,j}$ average density of flue gas in connecting flue pipe $j$ in кг/м <sup>3</sup>

## 12 ВИЗНАЧЕННЯ ТИСКІВ

## 12 Determination of the pressures

### 12.1 Тиски на вході в кожну ділянку димоходу

### 12.1 Pressures at each inlet of the chimney segments

#### 12.1.1 Тяга

#### 12.1.1 Draught

Мінімальна та максимальна тяга на вході у ділянку  $j$  димоходу ( $P_{Z,j}$  та  $P_{Zmax,j}$ ) це різниця між сумою тяги, створена ефектом димоходу

The minimum and maximum draught at the inlet of the chimney segment  $j$  ( $P_{Z,j}$  and  $P_{Zmax,j}$ ) results from the difference between the sum of

та сумою аеродинамічного опору на всіх ділянках димоходу, які розташовуються над входом і обчислюється за формулами 2 та 6а.

### 12.1.2 Надлишковий тиск

Максимальний та мінімальний надлишковий тиск на вході у ділянку  $j$  димоходу ( $P_{ZO,j}$  та  $P_{ZOmin,j}$ ) це різниця між сумою аеродинамічного опору та сумою тяги, створеної ефектом димоходу, на всіх ділянках димоходу, які розташовані над входом та обчислюється за формулами 3b та 6d.

### 12.1.3 Тяга, що створена ефектом димоходу на ділянці димоходу ( $P_{H,j}$ )

Тяга, створена ефектом димоходу  $P_{H,j}$  на ділянці димоходу  $j$  обчислюється за формулою:

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

де:

$H_j$  – ефективна висота ділянки димоходу  $j$ , м  
 $g$  – прискорення вільного падіння = 9,81 м/с<sup>2</sup>

$\rho_L$  – густина зовнішнього повітря, кг/м<sup>3</sup>

$\rho_{m,j}$  – середня густина димових газів на ділянці  $j$ , кг/м<sup>3</sup>

### 12.1.4 Втрати тиску на ділянці димоходу ( $P_{R,j}$ )

#### 12.1.4.1 Загальні положення

Аеродинамічний опір  $P_{R,j}$  на ділянці  $j$  димоходу обчислюється за формулою:

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

де:

draught due to chimney effect and the sum of the pressure resistance of all chimney segments which are located above the inlet and shall be calculated using Equations 2 and 6a.

### 12.1.2 Positive pressure

The maximum and minimum positive pressure at the inlet of the chimney segment  $j$  ( $P_{ZO,j}$  and  $P_{ZOmin,j}$ ) results from the difference between the sum of the pressure resistance and the sum of draught due to chimney effect of all chimney segments which are located above the inlet and shall be calculated using Equations 3b and 6d.

### 12.1.3 Draught due to chimney effect in the chimney segment ( $P_{H,j}$ )

The draught due to chimney effect  $P_{H,j}$  in chimney segment  $j$  shall be calculated with the following formula:

Where

$H_j$  effective height of chimney segment  $j$  in m  
 $g$  acceleration due to gravity = 9,81 m/s<sup>2</sup>

$\rho_L$  density of external air in kg/m<sup>3</sup>

$\rho_{m,j}$  average density of flue gas in section  $j$  in kg/m<sup>3</sup>

### 12.1.4 Pressure resistance in the chimney segment ( $P_{R,j}$ )

#### 12.1.4.1 General

The pressure resistance  $P_{R,j}$  in chimney segment  $j$  shall be calculated with the following formula:

Where:

$P_{G,j}$ – зміна тиску внаслідок зміни швидкості димових газів від ділянки $j$ до ділянки $j+1$ димоходу, Па	$P_{G,j}$ change of pressure due to change of flue gas velocity from chimney segment $j$ to section $j + 1$ in Pa
$P_{13,j}$ – зміна тиску внаслідок змішування в області входу димових газів на ділянку $j+1$ димоходу, Па	$P_{13,j}$ change of pressure due to flue gas mixing in the area of the inlet in chimney segment $j+1$ in Pa
$S_E$ – аеродинамічний коефіцієнт безпеки	$S_E$ flow safety coefficient
$S_{EG,j}$ – аеродинамічний коефіцієнт безпеки при зміні тиску внаслідок зміни швидкості димових газів ( $S_{EG,j} = S_E$ при $P_{G,j} \geq 0$ ; $S_{EG,j} = 1,0$ при $P_{G,j} < 0$ )-	$S_{EG,j}$ flow safety coefficient for change of pressure caused by change of velocity of the flue gas ( $S_{EG,j} = S_E$ for $P_{G,j} \geq 0$ ; $S_{EG,j} = 1,0$ for $P_{G,j} < 0$ ) -
$S_{EM,j}$ – аеродинамічний коефіцієнт безпеки при зміні тиску внаслідок припливу димових газів від одного з відгалужень ( $S_{EM,j} = S_E$ при $P_{13j} > 0$ ; $S_{EM,j} = 1,0$ при $P_{13j} < 0$ ),	$S_{EM,j}$ flow safety coefficient for change of pressure caused by flow passing a connection ( $S_{EM,j} = S_E$ for $P_{13,j} \geq 0$ ; $S_{EM,j} = 1,0$ for $P_{13,j} < 0$ ) -
$\psi_j$ – коефіцієнт тертя труби на ділянці димоходу $j$ , -	$\psi_j$ coefficient of friction of the flue of the chimney segment $j$ -
$L_j$ – довжина ділянки димоходу $j$ , м	$L_j$ length of chimney segment $j$ in m
$D_{h,j}$ – внутрішній еквівалентний діаметр ділянки димоходу $j$ , м	$D_{h,j}$ internal hydraulic diameter of chimney segment $j$ in m
$\Sigma\zeta_j$ – сума коефіцієнтів аеродинамічного опору ділянки димоходу $j$	$\Sigma\zeta_j$ sum of pressure resistance coefficients of the chimney segment $j$ -
$\rho_{m,j}$ – середня густина димових газів на ділянці димоходу $j$ , кг/м <sup>3</sup>	$\rho_{m,j}$ average density of flue gas in chimney segment $j$ in kg/m <sup>3</sup>
$w_{m,j}$ – середня швидкість димових газів на ділянці димоходу $j$ , у м/с	$w_{m,j}$ average velocity of flue gas in chimney segment $j$ in m/s
<b>12.1.4.2</b> Еквівалентна шорсткість внутрішньої стінки (ділянки димоходу та з'єднувального елемента)	<b>12.1.4.2</b> Mean roughness value for the inner wall (chimney segment and connecting flue pipe)
Розрахунок еквівалентної шорсткості внутрішньої стінки (ділянки димоходу та з'єднувального елемента) проводиться відповідно до таблиці В.4 EN 13384-1.	For the calculation of the mean roughness value for the inner wall (chimney segment and connecting flue pipe) see EN 13384-1:2002, Table B.4.
<b>12.1.4.3</b> Коефіцієнти аеродинамічного опору	<b>12.1.4.3</b> Pressure resistance coefficients
Розрахунок коефіцієнтів аеродинамічного	For the calculation of the pressure resistance

опору здійснюється згідно з таблицею В.7 EN 13384-1.

#### 12.1.4.4 Зміна тиску димових газів внаслідок зміни швидкості димових газів

Розрахунок зміни тиску димових газів внаслідок зміни швидкості димових газів, здійснюється згідно з 5.10, EN 13384-1.

Зміна тиску  $P_{G,j}$  від ділянки димоходу  $j$  до ділянки  $j+1$ , розраховується за наступною формулою:

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

де:

$\rho_{m,j}$  – середня густина димових газів на ділянці  $j$  димоходу,  $\text{кг/м}^3$

$w_{m,j}$  – середня швидкість димових газів на ділянці  $j$  димоходу,  $\text{м/с}$

На останній ділянці димоходу (вихід димоходу):  $P_{G,N} = 0$

#### 12.1.4.5 Втрати тиску внаслідок змішування в зоні входу в ділянку димоходу ( $P_{13}$ ).

Втрати тиску внаслідок змішування димових газів на вході в ділянку димоходу  $P_{13,j}$  (рисунок 3) включаючи втрати тиску на ділянці димоходу  $j$ , нижче входу, обчислюються за формулою:

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

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

coefficients see EN 13384-1:2002, Table B.7.

#### 12.1.4.4 Pressure change in flue gas due to change of the flue gas velocity

For the calculation of the pressure change in flue gas due to change of the flue gas velocity see EN 13384-1:2002, 5.10.

The change of pressure  $P_{G,j}$  from chimney segment  $j$  to  $j + 1$  shall be calculated with the following formula:

Where:

$\rho_{m,j}$  average density of flue gas in chimney segment  $j$  in  $\text{kg/m}^3$

$w_{m,j}$  average velocity of flue gas in chimney segment  $j$  in  $\text{m/s}$

At the last chimney segment (the chimney outlet):  $P_{G,N} = 0$

#### 12.1.4.5 Pressure loss due to mixing in the area of the inlet of the chimney segment ( $P_{13}$ )

The pressure loss due to flue gas mixing at the inlet of the chimney segment  $P_{13,j}$  (see Figure 3) is included in the pressure resistance of the chimney segment  $j$  below this inlet and it shall be calculated with the following formulae:

Формула 35 діє у разі, якщо діаметр димоходу не змінюється

Formula (35) is only applicable if there is no change in chimney diameter

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

$\frac{A}{A_{V,j+1}} < 1$  опір в точці змішування може розглядатися як сума опорів відповідних перетинів (відповідно до розділів 6 і 8, та таблиці В.8 EN 13384-1) і в точці змішування

For  $\frac{A}{A_{V,j+1}} < 1$  the individual resistance of the connection point can be determined as sum of the individual resistances of a cross-section constriction (see shape no. 6 and 8, respectively, of EN 13384-1:2002, Table B.8) and a

діє  $\frac{A}{A_{V,j+1}} = 1$  рівність

connection point  $\frac{A}{A_{V,j+1}} = 1$

де:

Where:

$A$  – площа поперечного перетину димоходу,  $m^2$

$A$  cross sectional area of the chimney in  $m^2$

$A_{V,j+1}$  – площа поперечного перетину з'єднувального елемента  $j+1$ ,  $m^2$

$A_{V,j+1}$  cross sectional area of the connecting flue pipe  $j+1$  in  $m^2$

$\gamma_{,j+1}$  – кут підключення між з'єднувальним елементом  $j+1$  та ділянкою  $j+1$  димоходу,  $^\circ C$

$\gamma_{j+1}$  angle of the connection between the connecting flue pipe  $j+1$  and the chimney segment  $j+1$  in  $^\circ$

$\zeta_{13,j+1}$  – коефіцієнт аеродинамічного опору в точці підключення між з'єднувальним елементом  $j+1$  та ділянкою  $j+1$  димоходу

$\zeta_{13,j+1}$  pressure resistance coefficient of the connection between the connecting flue pipe  $j+1$  and the chimney segment  $j+1$

$\rho_{m,j+1}$  – середня густина димових газів на ділянці  $j+1$  димоходу,  $kg/m^3$

$\rho_{m,j+1}$  average density of the flue gas in chimney segment  $j+1$  in  $kg/m^3$

$w_{m,j+1}$  – середня швидкість димових газів на ділянці  $j+1$  димоходу,  $m/s$

$w_{m,j+1}$  average velocity of the flue gas in chimney segment  $j+1$  in  $m/s$

$\dot{m}_{v,j+1}$  – масова витрата димових газів у з'єднувальному елементі  $j+1$ ,  $kg/s$

$\dot{m}_{v,j+1}$  flue gas mass flow in connecting flue pipe  $j+1$  in  $kg/s$

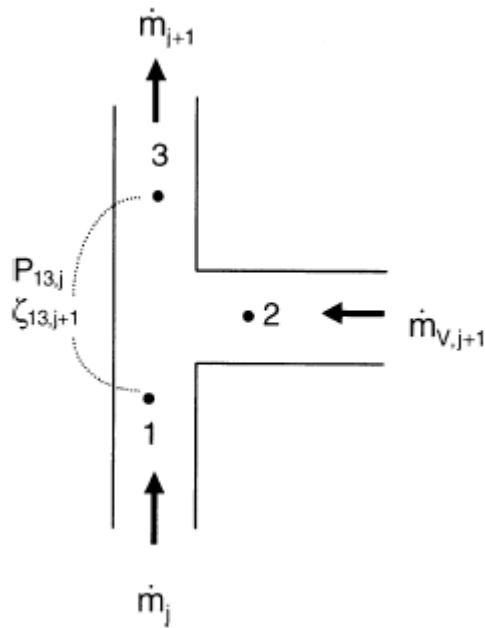
$\dot{m}_{,j+1}$  – масова витрата димових газів на ділянці  $j+1$  димоходу,  $kg/s$

$\dot{m}_{,j+1}$  flue gas mass flow in chimney segment  $j+1$  in  $kg/s$

**Рисунок 3 — Зміна тиску внаслідок змішування димових газів на вході в ділянку  $j+1$  димоходу**

**Figure 3 – Change of pressure due to flue gas mixing in the area of the inlet to chimney segment  $j+1$**

Рис [3]



Значення коефіцієнту втрати тиску, яке використовуються в розрахунку, ґрунтується на припущенні, що між окремими точками з'єднання теплогенераторів немає перешкод. Перешкоди можуть виникати при перериванні або зміні напрямку руху потоку.

**12.2 Мінімально і максимально допустима тяга в точці входу димових газів в димохід ( $P_{Ze}$  та  $P_{Zemax}$ ) та максимальний і мінімальний тиск димових газів в точці входу в димохід ( $P_{ZOe}$  та  $P_{ZOemin}$ )**

**12.2.1** Мінімально і максимально допустима тяга

Мінімально допустима тяга  $P_{Ze,j}$  на виході з'єднувального елемента  $j$  це сума розрахункової тяги  $P_{Ze,j}$  теплогенератора  $j$  і розрахунковий аеродинамічний опір повітропроводу  $P_{V,j}$  та розрахунковий аеродинамічний опір припливного повітря  $P_{Bc,j}$  обчислюються за формулою 3.

Максимально допустима тяга  $P_{Zemax,j}$  на виході з'єднувального елемента  $j$  це сума

The pressure resistance coefficient values used in the calculation method presumes that there is no flow interference between individual points of connection of appliances.

This may be by adequate separation or by flow directions.

**12.2 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  $P_{ZOemin}$ )**

**12.2.1** Minimum required and maximum allowed draught

The minimum required draught  $P_{Ze,j}$  at the outlet of the connecting flue pipe  $j$  is the sum of the calculated draught  $P_{Wc,j}$  of heating appliance  $j$  and the calculated pressure resistance of the flue gas pipe  $P_{V,j}$  and the calculated pressure resistance of the air supply  $P_{Bc,j}$  and it shall be calculated using Equation 3.

The maximum allowed draught  $P_{Zemax,j}$  at the outlet of the connecting flue pipe  $j$  is the sum of

розрахункової тяги  $P_{Wc,j}$  теплогенератора  $j$  і розрахунковий аеродинамічний опір повітропроводу  $P_{V,j}$  та розрахунковий аеродинамічний опір припливного повітря  $P_{Bc,j}$  обчислюються за формулою 6а.

**Примітка.** Значення  $P_{Wc,j}$ ,  $P_{V,j}$  та  $P_{Bc,j}$  у формулах (3) та (6а) можуть відрізнятись, через різні умови.

### 12.2.2 Максимально та мінімально допустимий опір тиску

Максимальний опір тиску (допустимий надлишковий тиск)  $P_{ZOe,j}$  на виході з'єднувального елемента  $j$  це різниця розрахункового надлишкового тиску  $P_{Woc,j}$  теплогенератора  $j$  та суми розрахункового аеродинамічного опору повітропроводу  $P_{V,j}$  та розрахункового аеродинамічного опору припливного повітря  $P_{Bc,j}$  обчислюються за формулою 3с.

Мінімальний (допустимий) перепад тиску  $P_{ZOemin,j}$  на виході з'єднувального елемента  $j$  це різниця розрахункового перепаду надлишкового тиску  $P_{Woc,j}$  теплогенератора  $j$  та суми розрахункового аеродинамічного опору повітропроводу  $P_{V,j}$  та розрахункового аеродинамічного опору припливного повітря  $P_{Bc,j}$  обчислюється за формулою 6д.

**Примітка.** Значення  $P_{Wc,j}$ ,  $P_{V,j}$  та  $P_{Bc,j}$  у формулах (3с) та (6д) можуть відрізнятись через різні умови.

### 12.2.3 Розрахунковий аеродинамічний опір з'єднувального елемента ( $P_{V,j}$ )

#### 12.2.3.1 Загальні положення

Розрахунковий аеродинамічний опір з'єднувального повітропроводу  $P_{V,j}$  обчислюється за формулою:

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

the calculated draught  $P_{Wc,j}$  of heating appliance  $j$  and the calculated pressure resistance of the flue gas pipe  $P_{V,j}$  and the calculated pressure resistance of the air supply  $P_{Bc,j}$  and it shall be calculated using Equation 6a.

**NOTE** Values of  $P_{Wc,j}$ ,  $P_{V,j}$  and  $P_{Bc,j}$  in Equations (3) and (6a) may be different because the conditions are different.

### 12.2.2 Maximum available and minimum allowed differential pressure

The maximum differential pressure (available positive pressure)  $P_{ZOe,j}$  at the outlet of the connecting flue pipe  $j$  is the difference of the calculated positive pressure differential  $P_{Woc,j}$  of the heating appliance  $j$  and the sum of the calculated pressure resistance of the flue gas pipe  $P_{V,j}$  and the calculated pressure resistance of the air supply  $P_{Bc,j}$  and it shall be calculated using Equation 3c.

The minimum (allowed) differential pressure  $P_{ZOemin,j}$  at the outlet of the connecting flue pipe  $j$  is the difference of the calculated positive pressure differential  $P_{Woc,j}$  of the heating appliance  $j$  and the sum of the calculated pressure resistance of the flue gas pipe  $P_{V,j}$  and the calculated pressure resistance of the air supply  $P_{Bc,j}$  and it shall be calculated using Equation 6d.

**NOTE** The values of  $P_{Wc,j}$ ,  $P_{V,j}$  and  $P_{Bc,j}$  in Equations (3c) and (6d) may be different because the conditions are different.

### 12.2.3 Calculated pressure resistance of the connecting flue pipe ( $P_{V,j}$ )

#### 12.2.3.1 General

The calculated pressure resistance of the connecting flue pipe  $P_{V,j}$  shall be calculated with the following formula:

**12.2.3.2** Тяга, створена ефектом димоходу у з'єднувальному елементі ( $P_{HV,j}$ )

Для розрахунку тяги, створеної ефектом димоходу у з'єднувальному елементі ( $P_{HV,j}$ ) див. EN 13384-1, 5.11.3.2.

**12.2.3.3** Місцеві втрати тиску ( $P_{RV,j}$ )

Місцеві втрати тиску  $P_{RV,j}$  обчислюються за наступною формулою:

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

Перепад тиску  $P_{GV,j}$  внаслідок зміни швидкості димових газів у з'єднувальному елементі та відповідній ділянці димоходу  $j$  обчислюється за наступною формулою:

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

де:

$S_E$  – аеродинамічний коефіцієнт безпеки

$S_{EGV,j}$  – аеродинамічний коефіцієнт безпеки при зміні тиску внаслідок зміни швидкості димових газів ( $S_{EGV,j} = S_E$  для  $P_{GV,j} \geq 0$ ;  $S_{EGV,j} = 1$  для  $P_{GV,j} < 0$ )

$S_{EMV,j}$  – аеродинамічний коефіцієнт безпеки для  $P_{23,j}$  ( $S_{EMV,j} = S_E$  для  $P_{23,j} \geq 0$ ;  $S_{EMV,j} = 1$  для  $P_{23,j} < 0$ )

$\psi_{V,j}$  – коефіцієнт тертя з'єднувального елемента  $j$

$L_{V,j}$  – довжина з'єднувального елемента  $j$ , м

$D_{hV,j}$  – внутрішній еквівалентний діаметр з'єднувального елемента, м

$\sum \zeta_{V,j}$  – сума коефіцієнтів опору

**12.2.3.2** Draught due to chimney effect in the connecting flue pipe ( $P_{HV,j}$ )

For the calculation of the draught due to chimney effect in the connecting flue pipe ( $P_{HV,j}$ ) see EN 13384-1:2002, 5.11.3.2.

**12.2.3.3** Pressure resistance of the connecting flue pipe ( $P_{RV,j}$ )

The pressure resistance of the connecting flue pipe  $P_{RV,j}$  shall be calculated with the following formula:

The pressure difference  $P_{GV,j}$  is due to the difference between the velocity of flue gas in the connecting flue pipe and in the corresponding chimney segment  $j$ . It shall be calculated with the following formula:

Where:

$S_E$  flow safety coefficient

$S_{EGV,j}$  flow safety coefficient for change of pressure caused by change of velocity of the flue gas  $S_{EGV,j} = S_E$  for  $P_{GV,j} \geq 0$ ;  $S_{EGV,j} = 1,0$  for  $P_{GV,j} < 0$

$S_{EMV,j}$  flow safety coefficient for  $P_{23,j}$  ( $S_{EMV,j} = S_E$  for  $P_{23,j} \geq 0$ ;  $S_{EMV,j} = 1,0$  for  $P_{23,j} < 0$ )

$\psi_{V,j}$  coefficient of friction of the flue gas pipe  $j$

$L_{V,j}$  length of the connecting flue gas pipe  $j$  in m

$D_{hV,j}$  internal hydraulic diameter of flue gas pipe in m

$\sum \zeta_{V,j}$  sum of resistance coefficients of the



з'єднувального елемента ( без урахування ефекту змішування при вході в димохід)

$\rho_{mV,j}$  – середня густина димових газів у з'єднувальному елементі, кг/м<sup>3</sup>

$w_{mV,j}$  – середня швидкість димових газів у з'єднувальному елементі, м/с

Втрати тиску  $P_{23,j}$  (рисунк 4) внаслідок повороту й змішуванні в області входу димових газів у ділянку димоходу  $j$  обчислюються за формулами:

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

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

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

Для формули  $\frac{A}{A_{V,j+1}} < 1$  коефіцієнт опору в точці змішування може розраховуватись як сума окремих коефіцієнтів місцевих опорів відповідних поперечних перетинів (згідно з розділами 6 і 8, або, відповідно до таблиці B.8, EN 13384-1), та точка змішування

$$\frac{A}{A_{V,j}} = 1$$

де:

$\zeta_{23,j}$  – коефіцієнт аеродинамічного опору при зміні напрямку потоку димових газів і змішуванні потоків на вході в ділянку  $j$  димоходу

$\rho_{m,j}$  – середня густина димових газів на

connecting flue pipe (exclusive of the mixing effects at the inlet to the chimney)

$\rho_{mV,j}$  average density of the connecting flue gas in the flue gas pipe in kg/m<sup>3</sup>

$w_{mV,j}$  average velocity of the connecting flue gas in the flue gas pipe in m/s

The pressure loss  $P_{23,j}$  (see Figure 4) is due to the change of flow direction and mixing of flue gas in the area of the inlet into chimney segment  $j$ . It shall be calculated with the following formulae:

For  $\frac{A}{A_{V,j+1}} < 1$  the individual resistance of the connection point can be determined as sum of the individual resistances of a cross-section constriction (see no. 6 and 8, respectively, of EN 13384-1:2002, Table B.8) and a connection point  $\frac{A}{A_{V,j}} = 1$

Where:

$\zeta_{23,j}$  pressure resistance coefficient for change in flue gas direction and mixing at the area of flue gas inlet  $j$  in chimney segment  $j$

$\rho_{m,j}$  average density of the flue gas in chimney

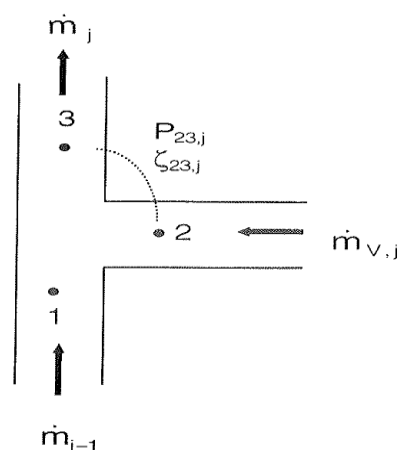
ділянці димоходу $j$ , $\text{кг/м}^3$	segment $j$ in $\text{kg/m}^3$
$w_{m,j}$ – середня швидкість димових газів на ділянці димоходу $j$ , $\text{м/с}$	$w_{m,j}$ average flue gas velocity in chimney segment $j$ in $\text{m/s}$
$\dot{m}_{v,j}$ – масова витрата димових газів у з'єднувальному елементі $j$ , $\text{кг/с}$	$\dot{m}_{v,j}$ flue gas mass flow in connecting flue gas pipe $j$ in $\text{kg/s}$
$\dot{m}_j$ – масова витрата димових газів на ділянці $j$ димоходу, $\text{кг/с}$	$\dot{m}_j$ flue gas mass flow in chimney segment $j$ in $\text{kg/s}$
$A_{v,j}$ – площа поперечного перетину з'єднувального елемента $j$ , $\text{м}^2$	$A_{v,j}$ cross sectional area of connecting flue pipe $j$ in $\text{m}^2$
$A$ – площа поперечного перетину димоходу, $\text{м}^2$	$A$ cross sectional area of chimney in $\text{m}^2$
$\gamma_j$ – кут підключення з'єднувального елемента і ділянки димоходу, $^\circ\text{C}$	$\gamma_j$ angle of connection between connecting flue pipe and the chimney segment in $^\circ\text{C}$
Значення коефіцієнту аеродинамічного опору, які використовуються в розрахунку, ґрунтуються на припущенні, що між окремими точками з'єднання	The pressure resistance coefficient values used in the calculation method presumes that there is no flow interference between individual points of connection of appliances.

теплогенераторів немає ніяких перешкод.

Це досягається відповідним розділенням точок з'єднання або використанням перегородок. This may be achieved by adequate separation of points of connection or by the use of flow deflectors.

**Рисунок 4 — Втрати тиску  $P_{23,j}$  внаслідок зміни напрямку потоку димових газів і змішування в точці входу у ділянку  $j$  димоходу** **Figure 4 – Pressure loss  $P_{23,j}$  due to the change of flow direction and mixing of flue gas in the area of the inlet into chimney segment  $j$**

Рис [4]



#### 12.2.3.4 Коефіцієнт опору потоку ( $\zeta$ )

Для розрахунку коефіцієнту опору потоку ( $\zeta$ ) відповідно до 5.10.3.3, EN 13384-1.

Виробник має надавати значення для приладів, що унеможливають виникнення зворотного потоку в теплогенератор.

#### 12.2.4 Розрахунковий аеродинамічний опір припливного повітря ( $P_{Bc,j}$ )

Аеродинамічний опір припливного повітря ( $P_{Bc,j}$ ) розраховуються згідно з 5.11.4, EN 13384-1.

Аеродинамічний опір (розрідження) припливного повітря  $P_{Bc,j}$  обчислюється за наступною формулою:

$$P_{Bc,j} = P_{B,j} \cdot \left( \frac{\dot{m}_{Wc,j}}{\dot{m}_{W,j}} \right)^n, \quad \text{Па.} \quad (41)$$

де:

$P_{B,j}$  – мінімальний, заявлений аеродинамічний опір припливного повітря теплогенератора  $j$ , Па

$\dot{m}_{Wc,j}$  – розрахункова масова витрата димових газів теплогенератора  $j$ , г/с

$\dot{m}_{W,j}$  – заявлена масова витрата димових газів теплогенератора  $j$ , г/с

$n$  – експонента (показник ступеня) для варіанту постачання припливного повітря:

– крізь наявний отвір (наприклад, приміщення, де встановлено теплогенератор з отвором для припливного повітря):  $n = 2$

– крізь наявні щілини (наприклад, віконні рами в приміщеннях загального призначення):  $n = 1,5$

Якщо в приміщенні загального призначення до входу в ділянку димоходу підключено більше

#### 12.2.3.4 Coefficient of flow resistance ( $\zeta$ )

For the calculation of the coefficient of flow resistance ( $\zeta$ ) see EN 13384-1:2002, 5.10.3.3.

Values for devices which positively isolate the heating appliance to prevent flue gas back flow shall be supplied by the device manufacturer.

#### 12.2.4 Calculated pressure resistance of the air supply ( $P_{Bc,j}$ )

The pressure resistance of the air supply ( $P_{B,j}$ ) shall be calculated in accordance to EN 13384-1:2002, 5.11.4.

The calculated (negative) pressure resistance for air supply  $P_{Bc,j}$  is calculated with the following formula:

Where:

$P_{B,j}$  minimum, projected pressure resistance of air supply for the heating appliance  $j$  in Pa

$\dot{m}_{Wc,j}$  calculated flue gas mass flow for heating appliance  $j$  in g/s

$\dot{m}_{W,j}$  declared flue gas mass flow of heating appliance  $j$  in g/s

$n$  exponent depending on the kind of air supply:

- in case of an opening (e.g. room for the heating appliance with an opening for air supply):  $n = 2$

- in case of slits (e.g. window frame in living rooms):  $n = 1,5$

In case more than one heating appliance in a room is connected to the inlet of the chimney

одного теплогенератора, то сума потоку segment the sum of the flue gas mass flows димових газів обчислюється за формулою 41 shall be used in formula 41 for  $\dot{m}_{wc,j}$  and  $\dot{m}_{w,j}$ . для  $\dot{m}_{wc,j}$  та  $\dot{m}_{w,j}$ .

### 13 ТЕМПЕРАТУРА ВНУТРІШНЬОЇ 13 Inner wall temperature СТІНКИ

Температура внутрішньої стінки  $T_{iob, j}$  на The temperature of the inner wall of the ділянці  $j$  димоходу обчислюється згідно з 5.12, chimney  $T_{iob,j}$  of a chimney segment  $j$  shall be EN 13384-1 із застосуванням формул таблиці calculated in analogy to EN 13384-1:2002, 3. 5.12 using formulae in Table 3.

**Таблиця 3 — Формули для розрахунку Table 3 - Formulae for calculation of inner температур внутрішньої стінки на кінці wall temperatures at the end of a chimney ділянки димоходу segment**

Термінологія	Формули	Одиниця	Terminology
Коефіцієнт теплопередачі на кінці ділянці димоходу, $k_{ob,j}$	$k_{ob,j} = \left( \frac{1}{\alpha_{i,j}} + \left( \frac{1}{\lambda} \right)_{,j} + \left( \frac{1}{\lambda} \right)_{o,j} + \frac{D_h}{D_{hao,j} \cdot \alpha_{ao,j}} \right)^{-1}$	Вт/м <sup>2</sup> К	coefficient of heat transmission at the end of the chimney segment
Температура димових газів на внутрішній стінці $T_{iob,j}$	$T_{iob,j} = T_{ob,j} - \frac{k_{ob,j}}{\alpha_{i,j}} \cdot (T_{ob,j} - T_{uo,j})$	К	flue gas temperature at the inner wall $T_{iob,j}$
Ділянка $j < N$	<p><math>T_{uo,j}</math> дивись таблицю 2</p> <p><math>\alpha_{ao,j} = 23</math>, якщо будь-яка ділянка димоходу розташована зовні</p> <p><math>\alpha_{ao,j} = 8</math>, якщо ділянка димоходу повністю розташована в будівлі</p>	К	
Ділянка $j = N$	<p><math>(1/\lambda)_{o,j} = 0</math>, якщо ділянка димоходу не повністю ізольована</p> <p>У випадку вентилярованої конструкції обшивки з повітряними прошарками від 1 до 5 см, може установлюватися величина <math>\alpha_{ao} = 8</math>.</p> <p><math>\alpha_{ao,j} = 23</math> в усіх інших випадках, при відсутності ізоляції верхньої частини димоходу або з урахуванням розрахункового додаткового термічного опору ізольованої верхньої частини димоходу</p> <p><math>(1/\lambda)_{o,j} =</math> визначення відповідно до додатку А.1, EN 13384-1</p>	Вт/м <sup>2</sup> К	section $j < N$  section $j = N$

## 14 КАСКАДНІ ПІДКЛЮЧЕННЯ

## 14 Cascade installations

### 14.1 Основні особливості методу розрахунку

### 14.1 Principle of the calculation method

Розрахунок базується на визначенні розподілу масових потоків у колекторах (рисунок 5), при цьому повинна виконуватися умова рівноваги тиску (формула 42) на кожному вході димових газів на ділянку колектора. Якщо подібний розподіл був визначений, слід підтвердити наступні три умови:

The calculation is based upon determining the mass flow distribution in the collectors (see Figure 5) which fulfils the pressure equilibrium condition (formula 42) at each flue gas inlet to each collector segment. After such a distribution has been found three requirements shall be verified:

- 1) масова витрата димових газів (формули 45 і 46)
- 2) характеристика тиску для мінімальної тяги або максимального надлишкового тиску (формули 47 або 47b та 47c)
- 3) характеристика тиску для максимальної тяги або мінімального надлишкового тиску (формули 47a або 47d)
- 4) характеристика температури (формула 48)

- (1) the mass flow requirement (formulae 45 and 46)
- (2) the pressure requirement for minimum draught or maximum positive pressure (Equation 47 or 47b and 47c)
- (3) the pressure requirement for maximum draught or minimum positive pressure (Equation 47a or 47d)
- (4) the temperature requirement (Equation 48)

Вхід/вихід димоходу проектується таким чином, щоб вплив вітрових навантажень був незначним.

The inlet/outlet construction is assumed to be designed in such a way that wind effects are minimised.

Тому значення  $P_L = 0$  дозволяється не приймати до уваги у формулах.

Consequently  $P_L = 0$  and is omitted from the formulae.

### 14.2 Умова рівноваги тиску

### 14.2 Pressure equilibrium condition

**14.2.1** Каскадні підключення з розрідженням  
Для кожної ділянки  $j, l$  колектора при всіх режимах експлуатації слід виконувати умови формул:

**14.2.1** Negative pressure cascade installation

The following formulae shall be fulfilled for each collector segment  $j, l$  at all relevant working conditions:

$$\left| P_{ZC,j,l} - P_{Z\epsilon C,j,l} \right| \leq 0,1, \quad \text{Па.} \quad (42)$$

$$P_{ZC,j,l} = P_{Z,j} + \sum_{n=l}^{NCj} (P_{HC,j,n} - P_{RC,j,n}), \quad \text{Па.} \quad (43)$$

$$P_{Z_{eC,j,l}} = P_{W_{c,j,l}} + P_{V,j,l} + P_{B_{c,j,l}}, \quad \text{Па.} \quad (44)$$

де:

$P_{Z_{c,j,l}}$  – тяга на вході димових газів у ділянку  $j,l$  колектора, Па  $P_{Z_{c,j,l}}$  draught at the flue gas inlet into the collector segment  $j,l$  in Pa

$P_{H_{c,j,n}}$  – теоретичний тяга, створена ефектом димоходу на ділянці  $j,n$  колектора, Па  $P_{H_{c,j,n}}$  theoretical draught due to chimney effect in collector segment  $j,n$  in Pa

$P_{R_{c,j,n}}$  – аеродинамічний опір на ділянці  $j,n$  колектора, Па  $P_{R_{c,j,n}}$  pressure resistance of the collector segment  $j,n$  in Pa

$P_{W_{c,j,l}}$  – розрахункова тяга теплогенератора  $j,l$ , Па  $P_{W_{c,j,l}}$  calculated draught of the heating appliance  $j,l$  in Pa

$P_{V,j,l}$  – розрахунковий аеродинамічний опір з'єднувального елемента теплогенератора  $j,l$ , Па  $P_{V,j,l}$  calculated pressure resistance of the connecting flue pipe of the heating appliance  $j,l$  in Pa

$P_{B_{c,j,l}}$  – розрахунковий аеродинамічний опір припливного повітря теплогенератора  $j,l$ , Па  $P_{B_{c,j,l}}$  calculated pressure resistance of the air supply for the heating appliance  $j,l$  in Pa

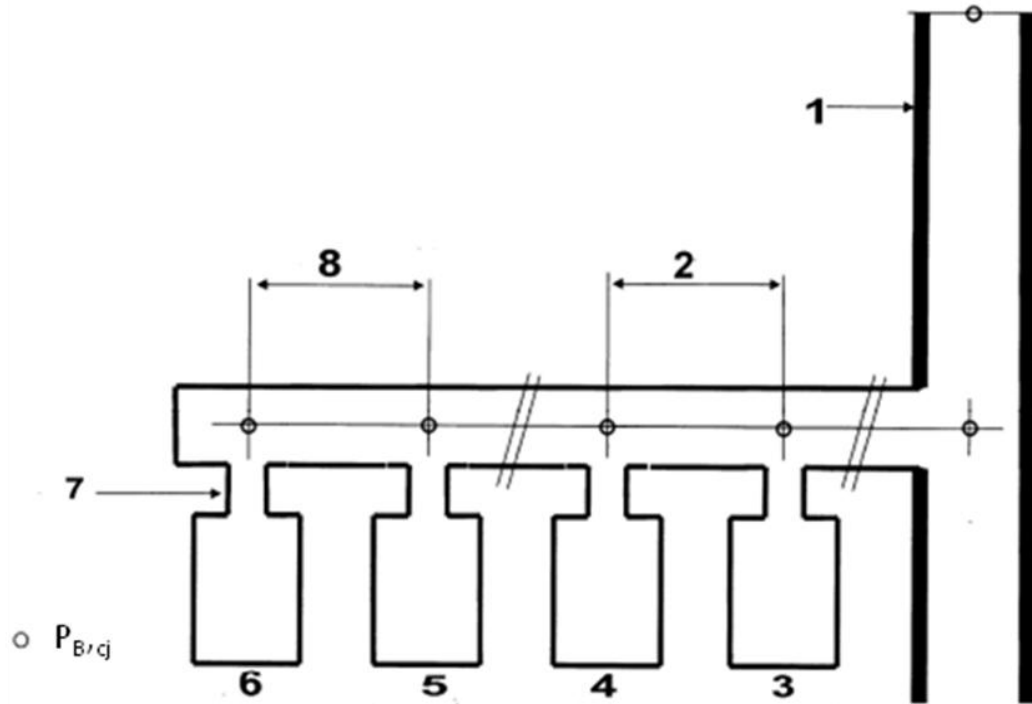
$P_{Z_{eC,j,l}}$  – допустима тяга на вході димових газів у ділянку  $j,l$  колектора, Па  $P_{Z_{eC,j,l}}$  required draught at the flue gas inlet into the collector segment  $j,l$  in Pa

$P_{Z_j}$  – тяга на вході димових газів у ділянку  $j$  димоходу, Па  $P_{Z_j}$  draught at the flue gas inlet to the chimney segment  $j$  in Pa

$NC_j$  – кількість теплогенераторів, підключених до колектора  $j$ .  $NC_j$  number of heating appliances of the collector  $j$

**Рисунок 5 — Приклад каскадного підключення та нумерація теплогенераторів й ділянок колектора** **Figure 5 — Example of cascade arrangement and numbering of heating appliances and collector segments**

Рис [5]



- 1 Димохід
- 2 Ділянка колектора j, l
- 3 Теплогенератор j, l+1
- 4 Теплогенератор j, p
- 5 Теплогенератор j, 2
- 6 Теплогенератор j, 1
- 7 З'єднувальний елемент
- 8 Ділянка колектора j, 1

**Key**

- 1 Chimney
- 2 Collector segment j, l
- 3 Heating appliance j, l+1
- 4 Heating appliance j, p
- 5 Heating appliance j, 2
- 6 Heating appliance j, 1
- 7 Connecting flue pipe
- 8 Collector segment j, 1

**14.2.2 Каскадні підключення з надлишковим тиском**

Для кожної ділянки j, l колектора при всіх режимах експлуатації повинні виконуватися умови наступних формул:

**14.2.2 Positive pressure cascade installation**

The following equations shall be fulfilled for each collector segment j, l at all relevant working conditions:

$$\left| P_{ZOeC,j,l} - P_{ZOC,j,l} \right| \leq 0,1 \quad , \quad \text{Па.} \quad (44a)$$

$$P_{ZOC,j,l} = P_{ZO,j} + \sum_{n=l}^{NCj} (P_{RC,j,n} - P_{HC,j,n}) \quad , \quad \text{Па.} \quad (44b)$$

$$P_{ZOeC,j,l} = P_{WOC,j,l} - P_{V,j,l} - P_{Bc,j,l} \quad , \quad \text{Па.} \quad (44c)$$

де:

$P_{ZOC,j,l}$  – надлишковий тиск на вході димових газів на ділянку  $j$  колектора,  $l$ , Па

$P_{HC,j,n}$  – теоретична тяга, створена ефектом димоходу, на ділянці колектора  $j$ ,  $n$ , Па

$P_{RC,j,n}$  – аеродинамічний опір тиску на ділянці колектора  $j$ ,  $n$ , Па

$P_{WOC,j,l}$  – розрахунковий перепад надлишкового тиску теплогенератора  $j$ ,  $l$ , Па

$P_{V,j,l}$  – розрахунковий аеродинамічний опір з'єднувального елемента теплогенератора  $j$ ,  $l$ , Па

$P_{BC,j,l}$  – розрахунковий аеродинамічний опір припливного повітря теплогенератора  $j$ ,  $l$ , Па

$P_{ZOec,j,l}$  – максимальний перепад тиску на вході димових газів на ділянку колектора  $j$ ,  $l$ , Па

$P_{ZO,j}$  – надлишковий тиск на вході на ділянку димоходу  $j$ , Па

$NC_j$  – кількість теплогенераторів, підключених до колектора  $j$

### 14.3 Вимоги масової витрати

Формули 45 та/або 46 використовуються для всіх умов експлуатації (згідно з 5.6).

Для кожного працюючого теплогенератора, умовна або мінімальна теплова потужність обчислюється:

$$\dot{m}_{wc,j,l} \geq \dot{m}_{w,j,l}, \text{ кг/с.} \quad (45)$$

для всіх теплогенераторів, що перебувають в експлуатації діє правило:

$$\dot{m}_{wc,j,l} \geq 0, \text{ кг/с.} \quad (46)$$

де:

$\dot{m}_{wc,j,l}$  – розрахункова масова витрата теплогенератора  $j,l$ , кг/с

where

$P_{ZOC,j,l}$  positive pressure at the flue gas inlet into the collector segment  $j$ ,  $l$  in Pa

$P_{HC,j,n}$  theoretical draught due to chimney effect in collector segment  $j$ ,  $n$  in Pa

$P_{RC,j,n}$  pressure resistance of the collector segment  $j$ ,  $n$  in Pa

$P_{WOC,j,l}$  calculated positive differential pressure of the heating appliance  $j$ ,  $l$  in Pa

$P_{V,j,l}$  calculated pressure resistance of the connecting flue pipe of the heating appliance  $j$ ,  $l$  in Pa

$P_{BC,j,l}$  calculated pressure resistance of the air supply for the heating appliance  $j$ ,  $l$  in Pa

$P_{ZOec,j,l}$  maximum differential pressure at the flue gas inlet into the collector segment  $j$ ,  $l$  in Pa

$P_{ZO,j}$  positive pressure at the inlet of the chimney segment  $j$  in Pa

$NC_j$  number of heating appliances of the collector  $j$

### 14.3 Mass flow requirement

Equation 45 and/or 46 shall be verified for all relevant working conditions (see 5.6).

For each heating appliance in operation at nominal or minimum heat output:

and for each heating appliance out of action:

Where:

$\dot{m}_{wc,j,l}$  calculated mass flow of the heating appliance  $j,l$  in kg/s



$\dot{m}_{w, j, l}$  – заявлена масова витрата димових газів теплогенератора  $j, l$ , кг/с

Якщо запобіжний клапан вмонтований, то опір потоку рівний нулю, при відсутності додаткових даних.

#### 14.4 Вимоги тиску

##### 14.4.1 Димоходи з розрідженням

Для розрахунку розрідження у випадку з каскадним підключенням, додатково необхідно перевірити, щоб розрідження (тяга) у колекторі ( $P_{ZC, j, l}$ ) було більшим або дорівнювало розрідженню в приміщенні, у якому встановлено теплогенератор. Перевірка характеристик тиску проводиться за умов, які діють для перевірки характеристик масової витрати (згідно з 14.3 та 14.6). Для цього застосовуються наступні формули:

$$P_{ZC, j, l} \geq P_{Bc, j, l}, \quad \text{Па.} \quad (47)$$

де:

$P_{ZC, j, l}$  – тяга на вході у ділянку колектора  $j, l$ , Па

$P_{Bc, j, l}$  – розрахунковий аеродинамічний опір припливного повітря теплогенератора  $j, l$  (див. 12.2.4), Па

За потреби, додатково необхідно перевірити, щоб розрідження (тяга) у колекторі ( $P_{ZCmax, j, l}$ ) було меншим або дорівнювало максимально допустимій тязі ( $P_{ZcCmax, j, l}$ ), яку створює теплогенератор. Формула (47а) діє для всіх експлуатаційних режимів (згідно з 5.6).

Перевірка характеристик тиску проводиться у кожному окремому випадку обчислення з урахуванням розрахованих даним способом

$\dot{m}_{w, j, l}$  declared mass flow of the heating appliance  $j, l$  in kg/s

Where a damper is applied, flow resistance shall be taken as 0 unless additional data are available.

#### 14.4 Pressure requirements

##### 14.4.1 Negative pressure chimneys

For negative pressure cascade installations it has to be additionally checked that the negative pressure (draught) in the collector ( $P_{ZC, j, l}$ ) is more than or equal to the negative pressure in the room where the heating appliance is placed at calculated draught conditions for air supply. The check on the pressure requirement shall be done using the same conditions as specified for the check on the mass flow requirement (see 14.3 and 14.6). The following relations shall be verified:

Where:

$P_{ZC, j, l}$  draught at the inlet into the collector segment  $j, l$  in Pa

$P_{Bc, j, l}$  calculated pressure resistance of the air supply for the heating appliance  $j, l$  (see 12.2.4) in Pa

If required it has to be additionally checked that the negative pressure (draught) in the collector ( $P_{ZCmax, j, l}$ ) is less than or equal to the maximum allowed draught ( $P_{ZcCmax, j, l}$ ) caused by the heating appliance. The relation (47a) shall be verified for all relevant working conditions (see 5.6).

The check of this pressure requirement shall be done with a separate calculation using the newly calculated flue mass flows that fulfil the pressure

масових витрат димових газів, які equilibrium conditions at an external air задовольняють вимоги, необхідні для temperature of  $T_L = 258,15$  К ( $t_L = -15$  °C, see забезпечення рівноваги тиску при EN 13384-1).  
 температури зовнішнього повітря  $T_L = 258,15$  К ( $t_L = -15$ °C, згідно з EN 13384-1).

$$P_{ZCmax,j,l} = P_{Z,j} + \sum_{n=l}^{N_{Cj}} (P_{HC,j,n} - P_{RC,j,n}) \leq P_{Wmax,j,l} + P_{V,j,l} + P_{Bc,j,l} = P_{ZeCmax,j,l} \quad , \text{ Па.} \quad (47a)$$

де:

$P_{ZCmax,j,l}$  – максимальна тяга в точці входу димових газів на ділянці колектора j,l Па

$P_{Z,j}$  – тяга в точці входу димових газів на ділянці димоходу j, Па

$P_{HC,j,n}$  – теоретична тяга, створена ефектом димоходу на ділянці колектора j,n, Па

$P_{RC,j,n}$  – аеродинамічний опір на ділянці колектора j,n, Па

$P_{Wmax,j,l}$  – максимальна тяга теплогенератора j, l, Па

$P_{V,j,l}$  – розрахунковий аеродинамічний опір з'єднувального елемента теплогенератора j, l, Па

$P_{Bc,j,l}$  – розрахунковий аеродинамічний опір припливного повітря теплогенератора j,l, (згідно з 12.2.4), Па

$P_{ZeCmax,j,l}$  – максимально допустима тяга в точці входу димових газів на ділянку колектора j, l, Па

$N_{Cj}$  – кількість теплогенераторів, які підключені до колектора j

**Примітка.** Значення  $P_{HC,j,n}$  та  $P_{RC,j,n}$  у формулах (43) та (47a) зазвичай відрізняються, через різні умови.

#### 14.4.2 Димоходи з надлишковим тиском

Для розрахунку надлишкового тиску у випадку з каскадним підключенням додатково необхідно перевірити, щоб

where

$P_{ZCmax,j,l}$  maximum draught at the flue gas inlet into the collector segment j,l in Pa

$P_{Z,j}$  draught at the flue gas inlet to the chimney segment j in Pa

$P_{HC,j,n}$  theoretical draught due to chimney effect in collector segment j,n in Pa

$P_{RC,j,n}$  pressure resistance of the collector segment j,n in Pa

$P_{Wmax,j,l}$  maximum draught of the heating appliance j, l in Pa

$P_{V,j,l}$  calculated pressure resistance of the connecting flue pipe of the heating appliance j, l in Pa

$P_{Bc,j,l}$  calculated pressure resistance of the air supply for the heating appliance j,l (see 12.2.4) in Pa

$P_{ZeCmax,j,l}$  maximum allowed draught at the flue gas inlet into the collector segment j, l in Pa

$N_{Cj}$  number of heating appliances of the collector j

**NOTE** The values of  $P_{HC,j,n}$  and  $P_{RC,j,n}$  in Equations (43) and (47a) are normally different because the conditions are different.

#### 14.4.2 Positive pressure chimneys

For positive pressure cascade installations it has to be additionally checked that the maximum positive pressure in the connecting flue pipe and

максимальний надлишковий тиск у in the collector is not higher than the excess з'єднувальному елементі та у колекторі був pressure for which both are designated. The не більшим ніж тиск для двох пристроїв. check on the pressure requirement shall be done Перевірка характеристик тиску проводиться using the same conditions as specified for the по схожих умовах, які діють для перевірки check on the mass flow requirement (see 14.3 характеристик масової витрати (згідно з 14.3 and 14.6). The following relations shall be та 14.6). При цьому використовуються verified: наступні формули:

$$P_{ZOC,j} \leq P_{ZC \text{ excess}}, \quad \text{Па.} \quad (47b)$$

$$P_{ZC \text{ excess}} + P_{V,j,l} \leq P_{ZV \text{ excess}}, \quad \text{Па.} \quad (47c)$$

де:

$P_{ZOC,j}$  – надлишковий тиск в точці входу димових газів на ділянку  $j$  димоходу, Па

$P_{V,j,l}$  – розрахунковий аеродинамічний опір з'єднувального елемента ділянки колектора  $j$ ,  $l$ , Па

$P_{ZC \text{ excess}}$  – максимальний допустимий тиск з колектора, Па

$P_{ZV \text{ excess}}$  – максимальний допустимий тиск з з'єднувального елемента, Па.

За потреби, додатково необхідно перевірити, щоб надлишковий тиск у колекторі ( $P_{ZOCmin,j,l}$ ) був більшим або дорівнював мінімально допустимому надлишковому тиску ( $P_{ZOCe \text{ min},j,l}$ ), створеному теплогенератором . Формула (47d) діє для всіх експлуатаційних режимів (згідно з 5.6).

Перевірка характеристик тиску проводиться у кожному окремому випадку розрахунку з урахуванням розрахованих даним способом масових витрат димових газів, які задовольняють вимоги, необхідні для забезпечення рівноваги тиску при температурі зовнішнього повітря  $T_L = 258,15$  К ( $t_L = -15$  °C, згідно з EN 13384-1).

where

$P_{ZOC,j}$  positive pressure at the flue gas inlet to the chimney segment  $j$  in Pa

$P_{V,j,l}$  calculated pressure resistance of the connecting flue pipe of collector segment  $j,l$  in Pa

$P_{ZC \text{ excess}}$  is the maximum allowed pressure from the designation of the collector in Pa

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

If required it has to be additionally checked that the positive pressure in the collector ( $P_{ZOCmin,j,l}$ ) is more than or equal to the minimum allowed positive pressure ( $P_{ZOCe \text{ min},j,l}$ ) caused by the heating appliance. The relation (47d) shall be verified for all relevant working conditions (see 5.6).

The check of this pressure requirement shall be done with a separate calculation using the newly calculated flue mass flows that fulfil the pressure equilibrium conditions at an external air temperature of  $T_L = 258,15$  К ( $t_L = -15$  °C, see EN 13384-1).

$$P_{ZOCmin,j,l} = P_{ZO,j} + \sum_{n=l}^{NCj} (P_{RC,j,n} - P_{HC,j,n}) \geq P_{WOmin,j,l} - P_{Bc,j,l} - P_{V,j,l} = P_{ZOCemin,j,l}, \text{ Па. (47d)}$$

де:

$P_{ZOCmin,j,l}$  мінімальний надлишковий тиск в точці входу димових газів на ділянку колектора  $j,l$ , Па

$P_{ZOCemin,j,l}$  мінімальний перепад тиску в точці входу димових газів в ділянку колектора  $j,l$ , Па

$P_{HC,j,n}$  теоретична тяга, створена ефектом димоходу на ділянці колектора  $j,n$ , Па

$P_{RC,j,n}$  аеродинамічний опір ділянки колектора  $j,n$ , Па

$P_{WOmin,j,l}$  мінімальний перепад тиску теплогенератора  $j,l$ , Па

$P_{Bc,j,l}$  розрахунковий аеродинамічний опір припливного повітря теплогенератора  $j,l$ , Па

$P_{V,j,l}$  розрахунковий аеродинамічний опір з'єднувального елемента ділянки колектора  $j,l$ , Па

**Примітка.** Значення  $P_{HC,j,n}$  та  $P_{RC,j,n}$  у формулах 44b та 47d зазвичай відрізняються через різні умови.

### 14.5 Температурні вимоги

Формула 48 повинна бути перевірена при всіх режимах експлуатації (згідно з 5.6).

Перевірка характеристики тиску проводиться у кожному окремому випадку розрахунку з урахуванням розрахованих даним способом масових витрат димових газів, які задовольняють вимоги, необхідні для забезпечення рівноваги тиску при температурі зовнішнього повітря  $T_L = T_{uo}$ .

where

$P_{ZOCmin,j,l}$  minimum positive pressure at the flue gas inlet into the collector segment  $j,l$  in Pa

$P_{ZOCemin,j,l}$  minimum differential pressure at the flue gas inlet into the collector segment  $j,l$  in Pa

$P_{HC,j,n}$  theoretical draught due to chimney effect in collector segment  $j,n$  in Pa

$P_{RC,j,n}$  pressure resistance of the collector segment  $j,n$  in Pa

$P_{WOmin,j,l}$  minimum differential pressure of the heating appliance  $j,l$  in Pa

$P_{Bc,j,l}$  calculated pressure resistance of the air supply for the heating appliance  $j,l$  in Pa

$P_{V,j,l}$  calculated pressure resistance of the connecting flue pipe of collector segment  $j,l$  in Pa

**NOTE** The values of  $P_{HC,j,n}$  and  $P_{RC,j,n}$  in Equations (44b) and (47d) are normally different because the conditions are different.

### 14.5 Temperature requirement

The relations 48 shall be verified for all relevant working conditions (see 5.6).

The check of the temperature requirement shall be done with a separate calculation using the newly calculated flue mass flows that fulfil the pressure equilibrium conditions at an external air temperature of  $T_L = T_{uo}$ .

$$T_{iob,j,l} \geq T_{g,j,l}, \quad \text{K.} \quad (48)$$

де:

$T_{iob,j,l}$  – температура внутрішньої стінки на кінці ділянки колектора  $j,l$ , К

$T_{g,j,l}$  – температурна межа на ділянці колектора  $j,l$ , К

Температурна межа  $T_{g,j,l}$  для сухого режиму експлуатації дорівнює температурі конденсації  $T_{sp,j,l}$  димових газів (див 8.6):  $T_{g,j,l} = T_{sp,j,l}$ .

Температурна межа  $T_{g,j,l}$  для режиму експлуатації присутності вологи дорівнює температурі замерзання води:  $T_{g,j,l} = 273,15$  К.

#### 14.6 Хід розрахунку

Хід розрахунку згідно з 5.6.

#### 14.7 Тиски на виході з'єднувального елемента та тиски в точці входу на ділянку колектора

**14.7.1** Тиски в точці входу димових газів на ділянку колектора ( $P_{ZC,j,l}$  або  $P_{ZOC,j,l}$ )

##### 14.7.1.1 Тяга

Мінімальна та максимальна тяга на вході ділянки колектора  $j,l$  ( $P_{ZC,j,l}$  та  $P_{ZCmax,j,l}$ ) обчислюється за формулами 43 та 47a.

##### 14.7.1.2 Надлишковий тиск

Максимальний та мінімальний перепад тиску на вході ділянки колектора  $j,l$  ( $P_{ZOC,j,l}$  та  $P_{ZOCmin,j,l}$ ) обчислюється за формулами 44b та 47d.

**14.7.1.3** Тяга, створена ефектом димоходу на ділянці колектора ( $P_{HC,j,l}$ )

Тяга, створена ефектом димоходу  $P_{HC,j,l}$  на ділянці колектора  $j,l$  обчислюється за формулою:

Where:

$T_{iob,j,l}$  temperature of the inner wall of the collector segment  $j,l$  at the end in K

$T_{g,j,l}$  temperature limit for collector segment  $j,l$  in K

The temperature limit  $T_{g,j,l}$  suitable for operating under dry conditions is equal to the condensing temperature  $T_{sp,j,l}$  of the flue gas (see 8.6):  $T_{g,j,l} = T_{sp,j,l}$ .

The temperature limit  $T_{g,j,l}$  suitable for operating under wet conditions is equal to the freezing point of water:  $T_{g,j,l} = 273,15$  K.

#### 14.6 Calculation procedure

For the calculation procedure see 5.6.

#### 14.7 Pressures at the outlet of the connecting flue pipe and pressures at the inlet of the collector segment

**14.7.1** Pressure at the flue gas inlet into the collector segment ( $P_{ZC,j,l}$  or  $P_{ZOC,j,l}$ )

##### 14.7.1.1 Draught

The minimum and maximum draught at the inlet of the collector segment  $j,l$  ( $P_{ZC,j,l}$  and  $P_{ZCmax,j,l}$ ) shall be calculated using Equations 43 and 47a.

##### 14.7.1.2 Positive pressure

The maximum and minimum differential pressure at the inlet of the collector segment  $j,l$  ( $P_{ZOC,j,l}$  and  $P_{ZOCmin,j,l}$ ) shall be calculated using Equations 44b and 47d.

**14.7.1.3** Draught due to chimney effect in the collector segment ( $P_{HC,j,l}$ )

The draught due to chimney effect  $P_{HC,j,l}$  in collector segment  $j,l$  shall be calculated with the following formula:

$$P_{HC,j,l} = H_{C,j,l} \cdot g \cdot (\rho_L - \rho_{mC,j,l}), \quad \text{Па.} \quad (49)$$

де:

$H_{C,j,l}$  – ефективна висота ділянки колектора  $j,l$ , м

$g$  – прискорення вільного падіння = 9,81, м/с<sup>2</sup>

$\rho_L$  – густина зовнішнього повітря, кг/м<sup>3</sup>

$\rho_{mC,j,l}$  – середня густина димових газів на ділянці  $j,l$ , кг/м<sup>3</sup>

**14.7.1.4** Аеродинамічний опір на ділянці колектора ( $P_{RC,j,l}$ )

Аеродинамічний опір  $P_{RC,j,l}$  на ділянці колектора  $j,l$  обчислюється за наступною формулою:

$$P_{RC,j,l} = S_E \left( \psi_{C,j,l} \frac{L_{C,j,l}}{D_{hC,j,l}} + \sum \zeta_{C,j,l} \right) \frac{\rho_{mC,j,l}}{2} w_{mC,j,l}^2 + S_{EMC,j,l} P_{13C,j,l} + S_{EGC,j,l} P_{GC,j,l}, \quad \text{Па.} \quad (50)$$

де:

$P_{GC,j,l}$  – зміна тиску внаслідок зміни швидкості димових газів від ділянки колектора  $j,l$  до ділянки  $j,l+1$ , Па

$P_{13C,j,l}$  – втрати тиску при змішуванні димових газів в точці входу на ділянку колектора  $j,l+1$ , Па

$S_E$  – аеродинамічний коефіцієнт безпеки;

$S_{EGC,j,l}$  – аеродинамічний коефіцієнт безпеки при зміні тиску внаслідок зміни швидкості димових газів ( $S_{EGC,j,l} = S_E$  при  $P_{GC,j,l} \geq 0$ ;  $S_{EGC,j,l} = 1$  при  $P_{GC,j,l} < 0$ ), -

$S_{EMC,j,l}$  - аеродинамічний коефіцієнт безпеки при зміні тиску внаслідок злиття потоків ( $S_{EMC,j,l} = S_E$  при  $P_{13C,j,l} \geq 0$ ;  $S_{EMC,j,l} = 1$  при  $P_{13C,j,l} < 0$ ), -

$\psi_{C,j,l}$  – коефіцієнт тертя димоходу на ділянці колектора  $i,l$ , -

Where

$H_{C,j,l}$  effective height of collector segment  $j,l$  in m

$g$  acceleration due to gravity = 9,81 in m/s<sup>2</sup>

$\rho_L$  density of external air in kg/m<sup>3</sup>

$\rho_{mC,j,l}$  average density of flue gas in section  $j,l$  in kg/m<sup>3</sup>

**14.7.1.4** Pressure resistance in the collector segment ( $P_{RC,j,l}$ )

The pressure resistance  $P_{RC,j,l}$  in collector segment  $j,l$  shall be calculated with the following formula:

Where

$P_{GC,j,l}$  change of pressure due to change of flue gas velocity from collector segment  $j,l$  to section  $j,l+1$  in Pa

$P_{13C,j,l}$  pressure loss due to mixing of flue gas in the area of the inlet into collector segment  $j,l+1$  in Pa

$S_E$  flow safety coefficient -

$S_{EGC,j,l}$  flow safety coefficient for change of pressure caused by change of velocity of the flue gas ( $S_{EGC,j,l} = S_E$  for  $P_{GC,j,l} \geq 0$ ;  $S_{EGC,j,l} = 1,0$  for  $P_{GC,j,l} < 0$ ) -

$S_{EMC,j,l}$  flow safety coefficient for change of pressure caused by flow passing a connection ( $S_{EMC,j,l} = S_E$  for  $P_{13C,j,l} \geq 0$ ;  $S_{EMC,j,l} = 1,0$  for  $P_{13C,j,l} < 0$ ) -

$\psi_{C,j,l}$  coefficient of friction of the flue of the collector segment  $i,l$  -

$L_{C,j,l}$ – довжина ділянки колектора $j,l$ , м	$L_{C,j,l}$ length of the collector segment $j,l$ in m
$D_{hC,j,l}$ – внутрішній еквівалентний діаметр ділянки колектора $j,l$ , м	$D_{hC,j,l}$ internal hydraulic diameter of the collector segment $j,l$ in m
$\Sigma\zeta_{C,j,l}$ – сума коефіцієнтів аеродинамічного опору ділянки колектора $j,l$ , -	$\Sigma\zeta_{C,j,l}$ sum of pressure resistance coefficients of the collector segment $j,l$ -
$\rho_{mC,j,l}$ – середня густина димових газів на ділянці колектора $j,l$ , кг/м <sup>3</sup>	$\rho_{mC,j,l}$ average density of flue gas in collector segment $j,l$ in kg/m <sup>3</sup>
$w_{mC,j,l}$ – середня швидкість димових газів на ділянці колектора $j,l$ , м/с	$w_{mC,j,l}$ average velocity of flue gas in collector segment $j,l$ in m/s
На останній ділянці колектора $j,NC_j$ (вхід у димохід) використовується значення $P_{23,j}$ замість значення $P_{13C,j,NC_j}$ .	At the last collector segment $j,NC_j$ (to the chimney inlet) put $P_{23,j}$ instead $P_{13C,j,NC_j}$
де:	Where
$P_{23,j}$ – втрати тиску внаслідок зміни напрямку й змішування димових газів на площі вході в ділянку $j$ димоходу, Па	$P_{23,j}$ pressure loss due to the change of flue direction and mixing of the flue gas in the area of the inlet into chimney segment $j$ in Pa
<b>14.7.1.4.1</b> Еквівалентна шорсткість для внутрішньої стінки (ділянки колектора та з'єднувального елемента)	<b>14.7.1.4.1</b> Mean roughness value for the inner wall (collector segment and connecting flue pipe)
Розрахунок еквівалентної шорсткості для внутрішньої стінки (ділянки колектора та з'єднувального елемента) проводиться згідно з таблицею В.4, EN 13384-1.	For the calculation of the mean roughness value for the inner wall (collector segment and connecting flue pipe) see EN 13384-1:2002, Table B.4.
<b>14.7.1.4.2</b> Коефіцієнти аеродинамічного опору	<b>14.7.1.4.2</b> Pressure resistance coefficients
Розрахунок коефіцієнтів аеродинамічного опору проводиться згідно з таблицею В.7, EN 13384-1.	For the calculation of the pressure resistance coefficients see EN 13384-1:2002, Table B.7.
<b>14.7.1.4.3</b> Зміна тиску внаслідок зміни швидкості димових газів ( $P_{GC,j,l}$ )	<b>14.7.1.4.3</b> Pressure change in flue gas due to change of the flue gas velocity ( $P_{GC,j,l}$ )
Розрахунок зміни тиску димових газів внаслідок зміни швидкості димових газів ( $P_{GC,j,l}$ ) проводиться згідно з 5.10.3.2, EN 13384-1.	For the calculation of the pressure change in flue gas due to change of the flue gas velocity ( $P_{GC,j,l}$ ) see EN 13384-1:2002, 5.10.3.2.
Зміна тиску $P_{G,j}$ від ділянки колектора $j,l$ до	The change of pressure $P_{G,j}$ from collector

ділянки j,l+1 обчислюється за формулою:

segment j,l to j,l+1 shall be calculated with the following formula:

$$P_{GC,j,l} = \frac{\rho_{mC,j,l+1}}{2} \cdot w_{mC,j,l+1}^2 - \frac{\rho_{mC,j,l}}{2} \cdot w_{mC,j,l}^2, \quad \text{Па.} \quad (51)$$

Для останньої ділянки колектора j,NCj (в точці входу димових газів у димохід):

At the last collector segment j,NCj (to the chimney inlet):

$$P_{GC,j,NCj} = \frac{\rho_{m,j}}{2} \cdot w_{m,j}^2 - \frac{\rho_{mC,j,NCj}}{2} \cdot w_{mC,j,NCj}^2, \quad \text{Па.} \quad (52)$$

де:

Where:

$\rho_{mC,j,l}$  – середня густина димових газів на ділянці колектора j,l, кг/м<sup>3</sup>

$\rho_{mC,j,l}$  average density of flue gas in collector segment j,l in kg/m<sup>3</sup>

$w_{mC,j,l}$  – середня швидкість димових газів на ділянці колектора j,l, м/с

$w_{mC,j,l}$  average velocity of flue gas in collector segment j,l in m/s

$\rho_{m,j}$  – середня густина димових газів на ділянці димоходу j, кг/м<sup>3</sup>

$\rho_{m,j}$  average density of flue gas in chimney segment j in kg/m<sup>3</sup>

$w_{m,j}$  – середня швидкість димових газів на ділянці димоходу j, м/с

$w_{m,j}$  average velocity of flue gas in chimney segment j in m/s

**14.7.1.4.4** Втрати тиску, що створюється внаслідок змішування в точці входу димових газів на ділянку колектора ( $P_{13C,j,l}$ )

**14.7.1.4.4** Pressure loss due to mixing of flue gas in the area of the inlet of the collector segment ( $P_{13C,j,l}$ )

Втрати тиску  $P_{13,j,l}$ , що створюється внаслідок змішування димових газів в точці входу на ділянку колектора враховуються як аеродинамічний опір ділянки колектора перед входом і обчислюються за наступними формулами:

The pressure loss due to flue gas mixing at the inlet of the collector segment  $P_{13,j,l}$  is included in the pressure resistance of the collector segment before this inlet and it shall be calculated with the following formulae:

$$P_{13C,j,l} = \zeta_{13C,j,l+1} \cdot \frac{\rho_{mC,j,l+1}}{2} \cdot w_{mC,j,l+1}^2, \quad \text{Па.} \quad (53)$$

$$\zeta_{13C,j,l+1} = 0,03 \left( 1 - \frac{\dot{m}_{V,j,l+1}}{\dot{m}_{C,j,l+1}} \right)^2 - \left( \frac{\dot{m}_{V,j,l+1}}{\dot{m}_{C,j,l+1}} \right)^2 \left\{ 1 + 1,62 \left( \frac{A_{C,j,l+1}}{A_{V,j,l+1}} \cos \gamma_{C,j,l+1} - 1 \right) - 0,38 \left[ 1 - \left( \frac{A_{C,j,l+1}}{A_{V,j,l+1}} \right)^{-1} \right] \right\} +$$

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

(54)



при  $\frac{A_{C,j,l+1}}{A_{V,j,l+1}} \geq 1; 0 \leq \frac{\dot{m}_{V,j,l+1}}{\dot{m}_{C,j,l+1}} \leq 1,0; 0^\circ < \gamma_{C,j,l+1} \leq 90^\circ$

При  $\frac{A_{C,j,l+1}}{A_{V,j,l+1}} < 1$  окремий опір з'єднання визначається як сума окремих опорів поперечного перетину (згідно з формами № 6 і 8, таблиці В.8, EN 13384-1) та з'єднання

$$\frac{A_{C,j,l+1}}{A_{V,j,l+1}} = 1$$

де:

$A_{C,j,l+1}$  – площа поперечного перетину ділянки колектора  $j, l+1$ ,  $m^2$

$A_{V,j,l+1}$  – площа поперечного перетину з'єднувального елемента  $j, l+1$ ,  $m^2$

$\gamma_{C,j,l+1}$  – кут з'єднання між з'єднувальним елементом  $j, l+1$  та ділянкою колектора  $j, l+1$ ,  $^\circ$

$\zeta_{13C,j,l+1}$  – коефіцієнт аеродинамічного опору в точці з'єднання між з'єднувальним елементом  $j, l+1$  та ділянкою колектора  $j, l+1$

$\rho_{mC,j,l+1}$  – середня густина димових газів на ділянці колектора  $j, l+1$ ,  $kg/m^3$

$w_{mC,j,l+1}$  – середня швидкість димових газів на ділянці колектора  $j, l+1$ ,  $m/s$

$\dot{m}_{V,j,l+1}$  – масова витрата димових газів у з'єднувальному елементі  $j, l+1$ ,  $kg/s$

$\dot{m}_{C,j,l+1}$  – масова витрата димових газів на ділянці колектора  $j, l+1$ ,  $kg/s$

**14.7.1.4.5** Втрати тиску внаслідок зміни напрямку та змішування димових газів в точці входу на ділянку димоходу ( $P_{23,j}$ )

Для розрахунку втрати тиску внаслідок зміни напрямку та змішування димових газів в

For  $\frac{A_{C,j,l+1}}{A_{V,j,l+1}} < 1$  the individual resistance of the junction shall be determined as the sum of the individual resistances of a cross-section reduction (see EN 13384-1:2002, Table B.8,

shape No. 6 and 8 and a junction  $\frac{A_{C,j,l+1}}{A_{V,j,l+1}} = 1$ .

Where:

$A_{C,j,l+1}$  cross sectional area of the collector segment  $j, l+1$  in  $m^2$

$A_{V,j,l+1}$  cross sectional area of the connecting flue pipe  $j, l+1$  in  $m^2$

$\gamma_{C,j,l+1}$  angle of the connection between the connecting flue pipe  $j, l+1$  and the collector segment  $j, l+1$  in  $^\circ$

$\zeta_{13C,j,l+1}$  pressure resistance coefficient of the connection between the connecting flue pipe  $j, l+1$  and the collector segment  $j, l+1$  -

$\rho_{mC,j,l+1}$  average density of the flue gas in collector segment  $j, l+1$  in  $kg/m^3$

$w_{mC,j,l+1}$  average velocity of the flue gas in collector segment  $j, l+1$  in  $m/s$

$\dot{m}_{V,j,l+1}$  flue gas mass flow in connecting flue pipe  $j, l+1$  in  $kg/s$

$\dot{m}_{C,j,l+1}$  flue gas mass flow in collector segment  $j, l+1$  in  $kg/s$

**14.7.1.4.5** Pressure loss due to the change of flue direction and mixing of the flue gas in the area of the inlet to the chimney segment ( $P_{23,j}$ )

For the calculation of pressure loss due to the change of flue direction and mixing of the flue gas in the area of the inlet to the chimney

точці входу на ділянку димоходу ( $P_{23,j}$ ) згідно з 12.2.3.3.

У формулі 40 замість  $A_{V,j}$  підставляється  $A_{C,j,NCj}$  та замість  $\dot{m}_{V,j}$  підставляється  $\dot{m}_{C,j,NCj}$ .

де:

$A_{C,j,NCj}$  – площа поперечного перетину ділянки колектора  $j,NCj$ ,  $m^2$

$\dot{m}_{C,j,NCj}$  – масова витрата димових газів на ділянці колектора  $j,NCj$ ,  $кг/с$

**14.7.1.5** Тиск на вході у ділянку димоходу ( $P_{Z,j}$  та  $P_{Zmax,j}$  або  $P_{ZO,j}$  та  $P_{ZOmin,j}$ )

**14.7.1.5.1** Тяга

Для розрахунку мінімальної та максимальної тяги на вході у ділянку димоходу ( $P_{Z,j}$  та  $P_{Zmax,j}$ ) див. 12.1.1.

У формулі 35 замість  $A_{V,j+1}$  підставляється  $A_{C,j+1,NC}$  та замість  $\dot{m}_{V,j+1}$  підставляється  $\dot{m}_{C,j+1,NC}$ .

де:

$A_{C,j+1,NCj+1}$  – площа поперечного перетину ділянки колектора  $j+1,NCj+1$ ,  $m^2$

$\dot{m}_{C,j+1,NCj+1}$  – масова витрата димових газів на ділянці колектора  $j+1,NCj+1$ ,  $кг/с$

**14.7.1.5.2** Надлишковий тиск

Для розрахунку максимального та мінімального перепаду тиску на вході у ділянку димоходу ( $P_{ZO,j}$  та  $P_{ZOmin,j}$ ) див.12.1.2.

У формулі 35 замість  $A_{V,j+1}$  підставляється  $A_{C,j+1,NC}$  та замість  $\dot{m}_{V,j+1}$  підставляється  $\dot{m}_{C,j+1,NC}$

де:

$A_{C,j+1,NC}$  – площа поперечного перетину ділянки колектора  $j+1,NC$ , у  $m^2$

$\dot{m}_{C,j+1,NC}$  – масова витрата димових газів на ділянці колектора  $j+1,NC$ ,  $кг/с$ .

segment ( $P_{23,j}$ ) see 12.2.3.3.

In formula 40 put  $A_{C,j,NCj}$  instead of  $A_{V,j}$  and,  $\dot{m}_{C,j,NCj}$  instead of  $\dot{m}_{V,j}$

Where:

$A_{C,j,NCj}$  cross sectional area of collector segment  $j,NCj$  in  $m^2$

$\dot{m}_{C,j,NCj}$  flue gas mass flow in collector segment  $j,NCj$  in  $kg/s$

**14.7.1.5** Pressure at the inlet of the chimney segment ( $P_{Z,j}$  and  $P_{Zmax,j}$  or  $P_{ZO,j}$  and  $P_{ZOmin,j}$ )

**14.7.1.5.1** Draught

For the calculation of minimum and maximum draught at the inlet of the chimney segment ( $P_{Z,j}$  and  $P_{Zmax,j}$ ) see 12.1.1.

In Equation 35 put  $A_{C,j+1,NC}$  instead of  $A_{V,j+1}$  and  $\dot{m}_{C,j+1,NC}$  instead of  $\dot{m}_{V,j+1}$ .

Where:

$A_{C,j+1,NCj+1}$  cross sectional area of collector segment  $j+1,NCj+1$  in  $m^2$

$\dot{m}_{C,j+1,NCj+1}$  flue gas mass flow in collector segment  $j+1,NCj+1$  in  $kg/s$

**14.7.1.5.2** Positive pressure

For the calculation of the maximum and minimum differential pressure at the inlet of the chimney segment ( $P_{ZO,j}$  and  $P_{ZOmin,j}$ ) see 12.1.2.

In Equation 35 put  $A_{C,j+1,NC}$  instead of  $A_{V,j+1}$  and  $\dot{m}_{C,j+1,NC}$  instead of  $\dot{m}_{V,j+1}$

where

$A_{C,j+1,NC}$  cross sectional area of collector segment  $j+1,NC$  in  $m^2$

$\dot{m}_{C,j+1,NC}$  flue gas mass flow in collector segment  $j+1,NC$  in  $kg/s$ .

**14.7.2** Тиски допустимі на виході з'єднувального елемента ( $P_{ZcC,j,l}$ ,  $P_{ZcOC,j,l}$ )

**14.7.2.1** Допустима тяга

Допустима тяга  $P_{ZcC,j,l}$  на виході з'єднувального елемента  $j,l$  являє собою суму розрахункової тяги  $P_{Wc,j,l}$  теплогенератора  $j,l$  та розрахункового аеродинамічного опору димоходу  $P_{V,j,l}$ , а також розрахунковий аеродинамічний опір припливного повітря  $P_{Bc,j,l}$ . Ця тяга обчислюється за формулою 44.

**14.7.2.2** Допустимий надлишковий тиск

Максимальний перепад тиску (доступний надлишковий тиск)  $P_{ZOcC,j,l}$  на виході з'єднувального елемента  $j,l$  представляє собою різницю розрахункового надлишкового тиску  $P_{WOc,j,l}$  теплогенератора  $j,l$  та суми розрахункового аеродинамічного опору димоходу  $P_{V,j,l}$  та розрахункового аеродинамічного опору припливного повітря  $P_{Bc,j,l}$  та обчислюється за формулою 44c.

**14.7.2.3** Розрахунковий аеродинамічний опір з'єднувального елемента ( $P_{V,j,l}$ )

Розрахунковий аеродинамічний опір з'єднувального елемента  $P_{V,j,l}$  обчислюються за формулою:

$$P_{V,j,l} = P_{RV,j,l} - P_{HV,j,l}, \quad \text{Па.} \quad (55)$$

**14.7.2.3.1** Тяга, створена ефектом димоходу у з'єднувальному елементі ( $P_{HV,j,l}$ )

Згідно з 5.11.3.2 EN 13384-1.

**14.7.2.3.2** Аеродинамічний опір з'єднувального елемента ( $P_{RV,j,l}$ )

Аеродинамічний опір з'єднувального елемента  $P_{RV,j}$ , обчислюється за наступною формулою:

**14.7.2** Pressures required or available at the outlet of the connecting flue pipe ( $P_{ZcC,j,l}$ ,  $P_{ZcOC,j,l}$ )

**14.7.2.1** Required draught

The required draught  $P_{ZcC,j,l}$  at the outlet of the connecting flue pipe  $j,l$  is the sum of the calculated draught  $P_{Wc,j,l}$  of heating appliance  $j,l$  and the calculated pressure resistance of the flue gas pipe  $P_{V,j,l}$  and the calculated pressure resistance of the air supply  $P_{Bc,j,l}$  and it shall be calculated using formula 44.

**14.7.2.2** Available positive pressure

The maximum differential pressure (available positive pressure)  $P_{ZOcC,j,l}$  at the outlet of the connecting flue pipe  $j,l$  is the difference of the calculated positive pressure differential  $P_{WOc,j,l}$  of the heating appliance  $j,l$  and the sum of the calculated pressure resistance of the flue gas pipe  $P_{V,j,l}$  and the calculated pressure resistance of the air supply  $P_{Bc,j,l}$  and it shall be calculated using Equation 44c.

**14.7.2.3** Calculated pressure resistance of the connecting flue pipe ( $P_{V,j,l}$ )

The calculated pressure resistance of the connecting flue pipe  $P_{V,j,l}$  shall be calculated with the following formula:

**14.7.2.3.1** Draught due to chimney effect in the connecting flue pipe ( $P_{HV,j,l}$ )

See EN 13384-1:2002, 5.11.3.2.

**14.7.2.3.2** Pressure resistance of the connecting flue pipe ( $P_{RV,j,l}$ )

The pressure resistance of the connecting flue pipe  $P_{RV,j}$  shall be calculated with the following formula:

$$P_{RV,j,l} = S_E \left[ \left( \psi_{V,j,l} \frac{L_{V,j,l}}{D_{hV,j,l}} + \sum \zeta_{V,j,l} \right) \frac{\rho_{mV,j,l}}{2} w_{mV,j,l}^2 \right] + S_{EMV,j,l} P_{23C,j,l} + S_{EGV,j,l} P_{GV,j,l} \quad , \quad \text{Па.} \quad (56)$$

Перепад тиску  $P_{GV,j,l}$  обчислюється за формулою як різниця швидкості димових газів у з'єднувальному елементі й відповідній ділянці димоходу j:

The pressure difference  $P_{GV,j,l}$  is due to the difference between the velocity of flue gas in the connecting flue pipe and in the corresponding chimney segment j. It shall be calculated with the following formula:

$$P_{GV,j,l} = \frac{\rho_{mC,j,l}}{2} \cdot w_{mC,j,l}^2 - \frac{\rho_{mV,j}}{2} \cdot w_{mV,j}^2 \quad , \quad \text{Па.} \quad (57)$$

де:

Where:

$S_E$  – аеродинамічний коефіцієнт безпеки

$S_E$  flow safety coefficient

$S_{EGV,j,l}$  – аеродинамічний коефіцієнт безпеки при зміні тиску внаслідок зміни швидкості димових газів  $S_{EGV,j,l} = S_E$  при  $P_{GV,j,l} \geq 0$ ;  $S_{EGV,j,l} = 1,0$  при  $P_{GV,j,l} < 0$

$S_{EGV,j,l}$  flow safety coefficient for change of pressure caused by change of velocity of the flue gas  $S_{EGV,j,l} = S_E$  for  $P_{GV,j,l} \geq 0$ ;  $S_{EGV,j,l} = 1,0$  for  $P_{GV,j,l} < 0$

$S_{EMV,j,l}$  – аеродинамічний коефіцієнт безпеки для  $P_{23C,j,l}$  ( $S_{EMV,j,l} = S_E$  при  $P_{23C,j,l} \geq 0$ ;  $S_{EMV,j,l} = 1,0$  при  $P_{23C,j,l} < 0$ )

$S_{EMV,j,l}$  flow safety coefficient for  $P_{23C,j,l}$  ( $S_{EMV,j,l} = S_E$  for  $P_{23C,j,l} \geq 0$ ;  $S_{EMV,j,l} = 1,0$  for  $P_{23C,j,l} < 0$ )

$\psi_{V,j,l}$  – коефіцієнт тертя димоходу j,l

$\psi_{V,j,l}$  coefficient of friction of the flue gas pipe j,l

$L_{V,j,l}$  – довжина з'єднувального елемента j,l, м

$L_{V,j,l}$  length of the connecting flue gas pipe j,l in m

$D_{hV,j,l}$  – внутрішній еквівалентний діаметр димоходу, м

$D_{hV,j,l}$  internal hydraulic diameter of flue gas pipe in m

$\sum \zeta_{V,j,l}$  – сума коефіцієнтів опору з'єднувального елемента (без ефектів змішування на вході у димохід)

$\sum \zeta_{V,j,l}$  sum of resistance coefficients of the connecting flue pipe (exclusive of the mixing effects at the inlet to the chimney)

$\rho_{mV,j,l}$  – середня густина димових газів у димоході, кг/м<sup>3</sup>

$\rho_{mV,j,l}$  average density of the connecting flue gas in the flue gas pipe in kg/m<sup>3</sup>

$w_{mV,j,l}$  – середня швидкість димових газів у димоході, м/с

$w_{mV,j,l}$  average velocity of the connecting flue gas in the flue gas pipe in m/s

Втрати тиску  $P_{23C,j,l}$  внаслідок зміни напрямку потоку й змішування димових газів на вході у ділянку колектора j,l обчислюються за наступною формулою:

The pressure loss  $P_{23C,j,l}$  is due to the change of flow direction and mixing of flue gas in the area of the inlet into collector segment j,l. It shall be calculated with the following formulae:

$$P_{23C,j,l} = \zeta_{23C,j,l} \cdot \frac{\rho_{mC,j,l}}{2} \cdot w_{mC,j,l}^2, \quad \text{Па.} \quad (58)$$

$$\zeta_{23C,j,l} = -0,92 \left( 1 - \frac{\dot{m}_{V,j,l}}{\dot{m}_{C,j,l}} \right)^2 - \left( \frac{\dot{m}_{V,j,l}}{\dot{m}_{C,j,l}} \right)^2 \cdot \left\{ 1,2 \left( \frac{A_{C,j,l}}{A_{V,j,l}} \cos \gamma_{C,j,l} - 1 \right) + 0,8 \left[ 1 - \left( \frac{A_{C,j,l}}{A_{V,j,l}} \right)^2 \right] - \left[ 1 - \left( \frac{A_{C,j,l}}{A_{V,j,l}} \right)^{-1} \right] \cdot \frac{A_{C,j,l}}{A_{V,j,l}} \times \cos \gamma_{C,j,l} \right\} +$$

$$+ \left[ 2 - \left( \frac{A_{C,j,l}}{A_{V,j,l}} \right)^{-1} \right] \cdot \frac{\dot{m}_{V,j,l}}{\dot{m}_{C,j,l}} \cdot \left( 1 - \frac{\dot{m}_{V,j,l}}{\dot{m}_{C,j,l}} \right) \quad (59)$$

при  $\frac{A_{C,j,l}}{A_{V,j,l}} \geq 1; 0 \leq \frac{\dot{m}_{V,j,l}}{\dot{m}_{C,j,l}} \leq 1,0; 0^\circ < \gamma_{C,j,l} \leq 90^\circ$

Для  $\frac{A_{C,j,l}}{A_{V,j,l}} < 1$  окремий опір з'єднання визначається як сума окремих опорів поперечного перетину (згідно з формою № 6 і 8, таблиця В.8, EN 13384-1) та з'єднання

For  $\frac{A_{C,j,l}}{A_{V,j,l}} < 1$  the individual resistance of the junction shall be determined as the sum of the individual resistances of a cross-section reduction (see EN 13384-1:2002, Table B.8, shape No. 6 and 8) and a junction

де:

$\zeta_{23C,j,l}$  – коефіцієнт аеродинамічного опору при зміні напрямку димових газів й змішуванні димових газів на вході в ділянку колектора j,l  
 $\zeta_{23C,j,l}$  pressure resistance coefficient for change in flue gas direction and mixing at the area of flue gas inlet into collector segment j,l

$\rho_{mC,j,l}$  – середня густина димових газів на ділянці колектора j,l, кг/м<sup>3</sup>  
 $\rho_{mC,j,l}$  average density of the flue gas in collector segment j,l in kg/m<sup>3</sup>

$w_{mC,j,l}$  – середня швидкість димових газів на ділянці колектора j,l, м/с  
 $w_{mC,j,l}$  average flue gas velocity in collector segment j,l in m/s

$\dot{m}_{V,j,l}$  – масова витрата димових газів у з'єднувальному елементі j,l, кг/с  
 $\dot{m}_{V,j,l}$  flue gas mass flow in connecting flue pipe j,l in kg/s

$\dot{m}_{C,j,l}$  – масова витрата димових газів на ділянці колектора j,l, кг/с  
 $\dot{m}_{C,j,l}$  flue gas mass flow in collector segment j,l in kg/s

$A_{V,j,l}$  – площа поперечного перетину з'єднувального елемента j,l, м<sup>2</sup>  
 $A_{V,j,l}$  cross sectional area of connecting flue pipe j,l in m<sup>2</sup>

$A_{C,j,l}$  – площа поперечного перетину ділянки колектора j,l, м<sup>2</sup>  
 $A_{C,j,l}$  cross sectional area of collector segment j,l in m<sup>2</sup>

$\gamma_{C,j,l}$  – кут з'єднання між з'єднувальним елементом і ділянкою колектора  $j,l$ , °C

#### 14.7.2.3.3 Коефіцієнт опору потоку ( $\zeta$ )

Розрахунок коефіцієнту опору потоку ( $\zeta$ ) згідно з 5.10.3.4, EN 13384-1.

#### 14.7.2.4 Аеродинамічний опір припливного повітря ( $P_{B,j,l}$ )

Розрахунок аеродинамічного опору припливного повітря ( $P_{B,j,l}$ ) згідно з 5.11.4, EN 13384-1.

#### 14.8 Температура внутрішньої стінки ( $T_{iobC,j,l}$ )

Розрахунок температури внутрішньої стінки ( $T_{iobC,j,l}$ ) згідно з 5.12, EN 13384-1.

### 15 ЗБАЛАНСОВАНИЙ ДИМОХІД

#### 15.1 Метод розрахунку

Розрахунок базується на визначенні розподілу масової витрати димових газів у димоході та на розподілі масової витрати у шахті повітропроводу, яка задовольняє умову рівноваги тиску для кожної точки входу димових газів в димохід (рисунок 6). Після встановлення розподілу, необхідно підтвердити виконання трьох умов:

- 1) характеристики масової витрати димових газів (формула 4 та 5)
- 2) характеристика тиску димових газів з мінімальною тягою та максимальним надлишковим тиском обчислюється за формулами 61 або 61a та 61b);
- 3) характеристика тиску максимальної тяги або мінімального надлишкового тиску (Формула **Помилка! Інша формула була наведена помилково!** або 6d).
- 4) Характеристика температури (формула 7).

$\gamma_{C,j,l}$  angle of connection between connecting flue pipe and the collector segment  $j,l$  in deg

#### 14.7.2.3.3 Coefficient of flow resistance ( $\zeta$ )

For the calculation of the coefficient of flow resistance ( $\zeta$ ) see EN 13384-1:2002, 5.10.3.4.

#### 14.7.2.4 Pressure resistance of the air supply ( $P_{B,j,l}$ )

For the calculation of the pressure resistance of the air supply ( $P_{B,j,l}$ ) see EN 13384-1:2002, 5.11.4.

#### 14.8 Inner wall temperature ( $T_{iobC,j,l}$ )

For the calculation of the inner wall temperature ( $T_{iobC,j,l}$ ) see EN 13384-1:2002, 5.12.

### 15 Balanced flue chimney

#### 15.1 Principle of the calculation method

The calculation is based upon determining the mass flow distribution of the flue gas in the chimney and the mass flow distribution of the supply air in the air supply duct which fulfils the pressure equilibrium condition at each flue gas inlet to the chimney (see Figure 6). After such a distribution has been found three requirements shall be verified:

- 1) the mass flow requirements (Equations 4 and 5)
- 2) the pressure requirement for the flue gas for minimum draught or maximum positive pressure (Equation 61 or 61a and 61b)
- 3) the pressure requirement for maximum draught or minimum positive pressure (Equation **Error!Reference source not found.** or 6d)
- 4) the temperature requirement (Equation 7)

## 15.2 Умова рівноваги тиску

Для димоходів з розрідженням необхідно виконати формули 1, 2 і 3 при всіх режимах експлуатації для кожної ділянки  $j$  димоходу, а також для перепускного отвору для  $j = 0$ .

Для димоходів з надлишковим тиском необхідно виконати формули 3а, 3б та 3с при всіх режимах експлуатації для кожної ділянки  $j$  димоходу. Аеродинамічний опір припливного повітря теплогенератора  $j$  з'єднаного зі збалансованим димоходом  $P_{Bc,j}$  обчислюється за формулою:

$$P_{Bc,j} = \sum_{k=j}^N (P_{RB,k} + P_{HB,k}) + (P_{RBV,j} + P_{HBV,j}) \quad (60)$$

де:

$P_{Bc,j}$  – аеродинамічний опір припливного повітря теплогенератора  $j$ , Па

$P_{RB,k}$  – аеродинамічний опір повітропроводу ділянки димоходу  $k$ , Па

$P_{HB,k}$  – тяга, створена ефектом димоходу у повітропроводі ділянки димоходу  $k$ , Па

$P_{RBV,j}$  – аеродинамічний опір повітропроводу з'єднувальних елементів  $j$ , Па

$P_{HBV,j}$  – тяга, створена ефектом димоходу у повітропроводі з'єднувальних елементів  $j$  Па

$N$  – кількість теплогенераторів, підключених до димоходу.

Вхід/вихід димоходу проектується таким чином, щоб вплив вітрових навантажень був незначним.

Тому  $P_L = 0$  дозволяється не приймати до уваги у формулах.

## 15.3 Вимоги масової витрати

Необхідно задовольняти вимоги формул 4 і 5.

## 15.2 Pressure equilibrium condition

For negative pressure chimneys the Equations 1, 2 and 3 shall be fulfilled at all relevant operating conditions for each chimney segment  $j$  and also at the pressure equalising opening for which  $j = 0$  shall be used.

For positive pressure chimneys the Equations 3a, 3b and 3c shall be fulfilled at all relevant operating conditions for each chimney segment  $j$ . The pressure resistance for the air supply of the heating appliance  $j$  connected to a balanced flue chimney  $P_{Bc,j}$  shall be calculated using the following formula:

Where:

$P_{Bc,j}$  pressure resistance of the air supply of the heating appliance  $j$  Pa

$P_{RB,k}$  pressure resistance of the air supply duct of the chimney segment  $k$  Pa

$P_{HB,k}$  draught due to chimney effect in the air supply duct of chimney segment  $k$  Pa

$P_{RBV,j}$  pressure resistance of the air supply duct of the connection pipes  $j$  Pa

$P_{HBV,j}$  draught due to chimney effect in the air supply duct of the connection pipes  $j$  Pa

$N$  number of appliances connected to the chimney -

The inlet/outlet construction is assumed to be designed such that wind effects are minimised.

Consequently  $P_L = 0$  and is omitted from the formulae.

## 15.3 Mass flow requirement

The formulae 4 and 5 shall be fulfilled.

## 15.4 Вимоги тиску

### 15.4.1 Димоходи з розрідженням

Для димоходів з розрідженням додатково необхідно перевірити, щоб розрідження (мінімальна тяга) у димоході ( $P_{Z,j}$ ) було більшим або дорівнювало розрідженню у повітропроводі. Перевірка характеристики тиску проводиться по схожих умовам, з умовами перевірки характеристик масової витрати (згідно з 5.3 та 5.6). Наступні формули застосовуються у випадках:

В усіх точках входу в димохід та при усіх режимах експлуатації:

$$P_{Z,j} \geq \sum_{k=j}^N (P_{RB,k} + P_{HB,k}) \quad (61)$$

де:

$P_{Z,j}$  – тяга в точці входу димових газів на ділянку  $j$  димоходу, Па

$P_{RB,k}$  – аеродинамічний опір повітропроводу ділянки димоходу  $k$ , Па

$P_{HB,k}$  – тяга, створена ефектом димоходу у повітропроводі ділянки димоходу  $k$ , Па

За потреби, додатково необхідно перевірити, щоб розрідження (тяга) у димоході ( $P_{Zmax,j}$ ) було меншим або дорівнювало максимально допустимій тязі ( $P_{Zemax,j}$ ), створеної теплогенератором. Формула 6а діє для всіх експлуатаційних режимів (згідно з 5.6).

Перевірка характеристики тиску проводиться під час кожного окремого розрахунку, використовуючи попередні розрахунки масових витрат димових газів, які задовольняють вимоги забезпечення

## 15.4 Pressure requirements

### 15.4.1 Negative pressure chimneys

For negative pressure chimneys it has to be additional checked that the negative pressure (minimum draught) in the chimney ( $P_{Z,j}$ ) is more than or equal to the negative pressure in the in air supply duct at the same point. The check on this pressure requirement shall be done using the same conditions as specified for the check on the mass flow requirement (see 5.3 and 5.6). The following relations shall be verified:

At all the entry points in the flue and for all the system operating conditions, the following formula shall be verified:

Where:

$P_{Z,j}$  draught at the flue gas inlet to the chimney segment  $j$  in Pa

$P_{RB,k}$  pressure resistance of the air supply duct of the chimney segment  $k$  in Pa

$P_{HB,k}$  draught due to chimney effect in the air supply duct of chimney segment  $k$  in Pa

If required it has to be additionally checked that the negative pressure (draught) in the chimney ( $P_{Zmax,j}$ ) is less than or equal to the maximum allowed draught ( $P_{Zemax,j}$ ) caused by the heating appliance. The relation (6a) shall be verified for all relevant working conditions (see 5.6).

The check of this pressure requirement shall be done with a separate calculation using the newly calculated flue mass flows that fulfil the pressure equilibrium conditions at an external air temperature of  $T_L = 258,15$  K ( $t_L = -15$  °C,



рівноваги тиску при температурі зовнішнього повітря  $T_L = 258,15 \text{ K}$  ( $t_L = -15 \text{ °C}$ , згідно з EN 13384-1).

#### 15.4.2 Димоходи з надлишковим тиском

Для димоходів з надлишковим тиском додатково необхідно перевірити, щоб максимальний перепад тиску між з'єднувальним елементом та/або повітропроводом був не вищим ніж тиск, який допустимий для кожного з елементів. Перевірка характеристики тиску повинна проводитись в таких умовах, як при перевірці характеристики масової витрати (згідно з 5.3 та 5.6). У цьому випадку використовують формули:

$$P_{ZO,j} + \sum_{k=j}^N (P_{RB,k} + P_{HB,k}) \leq P_{Zexcess}, \quad \text{Па.} \quad (61a)$$

$$P_{ZO,j} + P_{V,j} + \sum_{k=j}^N (P_{RB,k} + P_{HB,k}) + P_{RBV,j} + P_{HBV,j} \leq P_{ZVexcess}, \quad \text{Па.} \quad (61b)$$

де:

$P_{ZO,j}$  – надлишковий тиск в точці входу димових газів на ділянку димоходу  $j$ , Па

$P_{V,j}$  – розрахунковий аеродинамічний опір з'єднувального елемента ділянки димоходу  $j$ , Па

$P_{Zexcess}$  – максимально допустимий тиск димоходу, Па

$P_{ZVexcess}$  – максимально допустимий тиск з'єднувального елемента, Па

$P_{RB,k}$  – аеродинамічний опір повітропроводу ділянки димоходу  $k$ , Па

$P_{HB,k}$  – тяга, створена ефектом димоходу у повітропроводі ділянки димоходу  $k$ , Па

$P_{RBV,j}$  – аеродинамічний опір повітропроводу

see EN 13384-1).

#### 15.4.2 Positive pressure chimneys

For positive pressure chimneys it has to be additionally checked that the maximum pressure difference between the connecting flue pipe and/or in the chimney and the air supply duct is not higher than the excess pressure for which both are designated. The check on the pressure requirement shall be done using the same conditions as specified for the check on the mass flow requirement (see 5.3 and 5.6).

The following relations shall be verified:

where

$P_{ZO,j}$  positive pressure at the flue gas inlet to the chimney segment  $j$  in Pa

$P_{V,j}$  calculated pressure resistance of the connecting flue pipe of chimney segment  $j$  in Pa

$P_{Zexcess}$  the maximum allowed pressure from the designation of the chimney in Pa

$P_{ZVexcess}$  the maximum allowed pressure from the designation of the connecting flue pipe in Pa

$P_{RB,k}$  pressure resistance of the air supply duct of the chimney segment  $k$  in Pa

$P_{HB,k}$  draught due to chimney effect in the air supply duct of chimney segment  $k$  in Pa

$P_{RBV,j}$  pressure resistance of the air supply duct

з'єднувальних елементів  $j$ , Па

$P_{\text{HBV},j}$  – тяга, створена ефектом димоходу у повітропроводі з'єднувальних елементів  $j$ , Па

$N$  – кількість теплогенераторів підключених до димоходу -

За потреби, додатково необхідно перевірити, щоб надлишковий тиск у димоході ( $P_{\text{ZOmin},j}$ ) був більшим або дорівнював мінімально допустимому надлишковому тиску ( $P_{\text{ZOemin},j}$ ), створеному теплогенератором. Формула 6d застосовується для всіх експлуатаційних режимів (згідно з 5.6).

Перевірка характеристики тиску проводиться під час кожного окремого розрахунку, використовуючи попередні розрахунки масових витрат димових газів, які задовольняють вимоги забезпечення рівноваги тиску при температурі зовнішнього повітря  $T_L = 258,15 \text{ K}$  ( $t_L = -15 \text{ °C}$ , згідно з EN 13384-1).

**Рисунок 6 — Приклад для врахування значень тиску та температури збалансованих димоходів з підключенням декількох теплогенераторів**

Рис [ 6 ]

of the connection pipes  $j$  in Pa

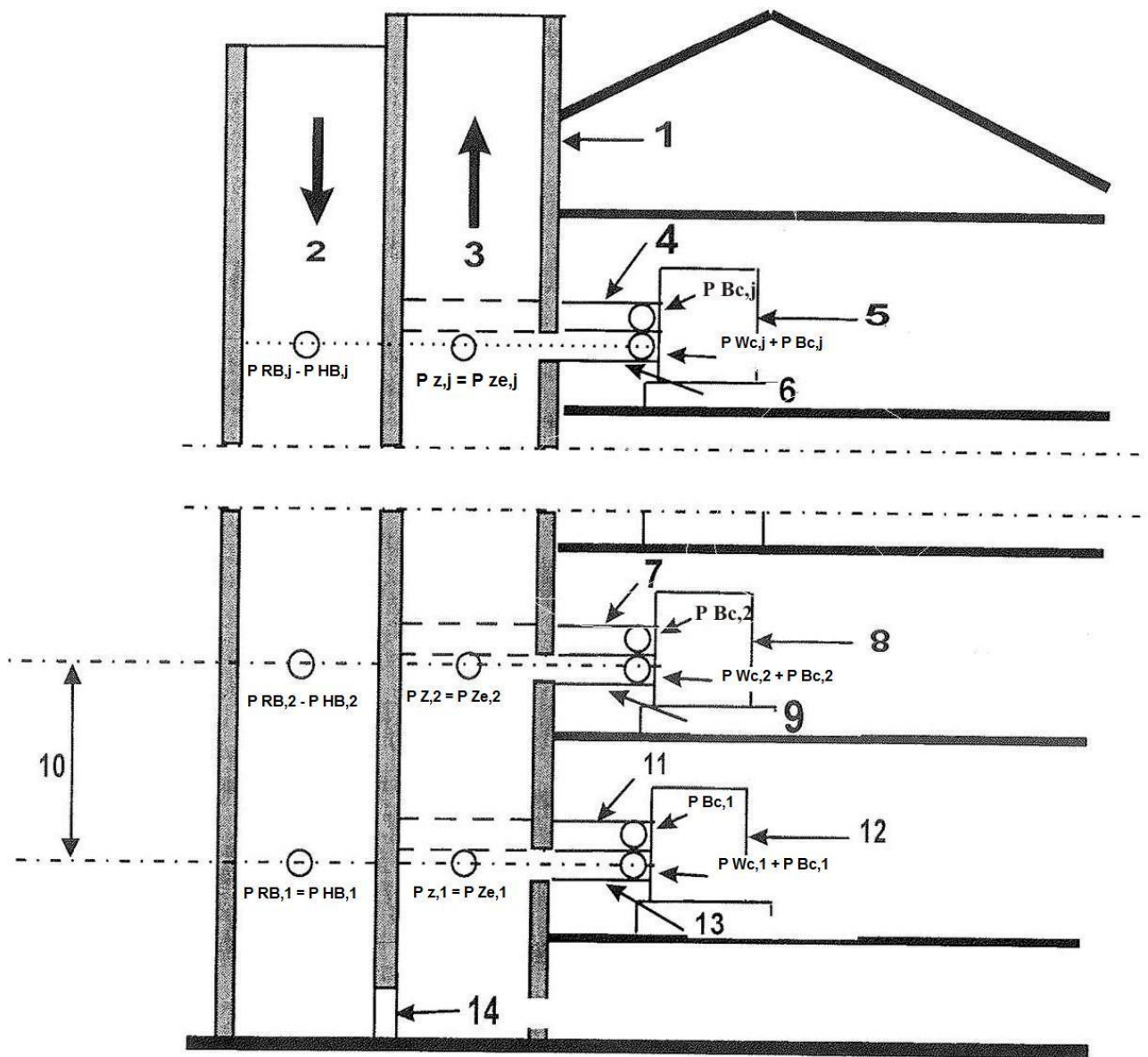
$P_{\text{HBV},j}$  draught due to chimney effect in the air supply duct of the connection pipes  $j$  in Pa

$N$  number of appliances connected to the chimney -

If required it has to be additionally checked that the positive pressure in the chimney ( $P_{\text{ZOmin},j}$ ) is more than or equal to the minimum allowed positive pressure ( $P_{\text{ZOemin},j}$ ) caused by the heating appliance. The relation (6d) shall be verified for all relevant working conditions (see 5.6).

The check of this pressure requirement shall be done with a separate calculation using the newly calculated flue mass flows that fulfil the pressure equilibrium conditions at an external air temperature of  $T_L = 258,15 \text{ K}$  ( $t_L = -15 \text{ °C}$ , see EN 13384-1).

**Figure 6 - Example for numbering pressure values and temperature values of balanced flue installations serving more than one heating appliance**



- 1 Збалансований димохід
- 2 Шахта повітропроводу
- 3 Шахта димоходу
- 4 З'єднувальний повітропровід j
- 5 Теплогенератор j
- 6 З'єднувальний елемент димоходу j
- 7 З'єднувальний повітропровід 2
- 8 Теплогенератор 2
- 9 З'єднувальний повітропровід 2
- 10 Ділянка димоходу 1
- 11 З'єднувальний елемент повітропроводу
- 12 Теплогенератор 1

**Key**

- 1 Balanced flue chimney
- 2 Combustion air duct
- 3 Flue duct
- 4 Connecting air pipe j
- 5 Heating appliance j
- 6 Connecting flue pipe j
- 7 Connecting air supply pipe 2
- 8 Heating appliance 2
- 9 Connecting flue pipe 2
- 10 Chimney segment 1
- 11 Connecting air supply pipe
- 12 Heating appliance 1

13 З'єднувальний повітропровід 1

14 Отвір для вирівнювання тиску (лише для димоходів з розрідженням)

### 15.5 Температурні вимоги

Обчислюється за формулою 7.

### 15.6 Хід розрахунку для збалансованих димоходів

Для розрахунку значень тиску й температури в збалансованих димоходах з підключеннями декількох теплогенераторів застосовується метод ітерації з попередніми значеннями (згідно з 15.8.2.9).

Хід розрахунку згідно з 5.6.

Кожна ітерація складається із двох стадій:

#### Стадія 1

Обчисліть змінні починаючи від найнижчої вузлової точки (рисунок 7) й закінчуючи виходом димових газів в атмосферу, наступним чином:

- для димоходів з розрідженням, у отворі для вирівнювання тиску, якщо він передбачений:
- масова витрата припливного повітря у отворі для вирівнювання тиску обчислюється за формулою

$$\dot{m}_{B,0} = \sqrt{\frac{2P_{Z,0} - P_{B,0}}{\rho_{\alpha} \cdot \zeta_{,0}}} \cdot A_0 \cdot \rho_{B,0} \quad (62)$$

де:

$\dot{m}_{B,0}$  – масова витрата припливного повітря на ділянці димоходу 0, кг/с

$\zeta_{,0}$  – коефіцієнт опору отвору для вирівнювання тиску. Використовується значення 3,0 якщо виробником не надані інші дані -

13 Connecting flue pipe 1

14 Pressure equalizing opening (only for negative pressure chimneys)

### 15.5 Temperature requirements

The formula 7 shall be fulfilled.

### 15.6 Calculation procedure for balanced flue chimneys

For the calculation of the pressure and temperature values in a balanced flue chimney serving more than one heating appliance an iterative procedure is necessary using pre-estimated values (see 15.8.2.9).

This calculation procedure is based on the procedure as described in 5.6.

Each iteration consists of the following two phases:

#### Phase 1

Calculate variables starting from the lowest node (see Figure 7) up to the outlet to the atmosphere as follows:

- for negative pressure chimneys at the pressure equalising opening, if any:
- mass flow of the supply air at the pressure equalising opening

Where:

$\dot{m}_{B,0}$  mass flow of the supply air in the chimney segment 0 kg/s

$\zeta_{,0}$  coefficient of flow resistance through the pressure equalising opening. A value of 3,0 shall be used unless other values are given by the manufacturer -

$P_{Z,0}$ – тяга в димоході над отвором для вирівнювання тиску (обчислюється згідно з 5.11, EN 13384-1), Па	$P_{Z,0}$ draught in the chimney at the pressure equalising opening (calculated according to EN 13384-1:2002, 5.11) Pa
$A_0$ – площа поперечного перетину отвору для вирівнювання тиску, м <sup>2</sup>	$A_0$ cross-sectional area of the pressure equalising opening m <sup>2</sup>
$\rho_{B,0}$ – густина припливного повітря на ділянці 0 димоходу, кг/м <sup>3</sup>	$\rho_{B,0}$ density of the supply air in the chimney segment 0 kg/m <sup>3</sup>
$P_{B,0}$ – тяга в шахті повітропроводу над отвором для вирівнювання тиску, Па	$P_{B,0}$ draught in the air supply duct at the pressure equalising opening Pa
– у кожному димоході й шахті повітропроводу з'єднувальних елементів:	– in each flue duct and air supply duct of the connection pipes:
масова витрата димових газів й припливного повітря (вони дорівнюють масовій витраті на виході та вході теплогенератора);	mass flow of the flue gas and supply air flow (they are equal to the mass flows at the outlet and inlet of the appliance);
середня густина димових газів обчислюється за формулою 27 та припливного повітря за формулою 116;	average density of the flue gas (using formula 27) and supply air (see 116);
середня швидкість димових газів за формулою 28 й припливного повітря за формулою 117;	average velocity of the flue gas (using formula 28) and supply air (see 117) ;
температура димових газів й припливного повітря на кінці з'єднувальних елементів (згідно з 5.8, EN 13384-1), або у випадку концентричних шахт за формулами 97 та 99);	temperature of the flue gas and supply air at the end of the connection pipes (see EN 13384-1:2002, 5.8, or in case of concentric ducts formulae 97 and 99);
середня температура димових газів й припливного повітря обчислюється (згідно з 5.8, EN 13384-1), або у випадку концентричних шахт – за формулами 100 і 101.	average temperature of the flue gas and supply air (see EN 13384-1:2002, 5.8 or in case of concentric ducts formulae 100 and 101).
–у кожній шахті димоходу й шахті повітропроводу ділянок димоходу:	– in each flue duct and air supply duct of the chimney segments:
масова витрата димових газів після змішування й масова витрата припливного повітря перед змішуванням обчислюється за	mass flow of the flue gas after merging and mass flow of the supply air before merging using formula 8 for flue gas and formula 63 for supply

формулою 8 для димових газів і за формулою 63 для припливного повітря;  
 температура димових газів/припливного повітря після змішування (обчислюється за формулою 9 для димових газів, при чому, температура припливного повітря має дорівнювати температурі повітря на вході в трубу і на вході в шахту);  
 середня густина димових газів обчислюється за формулою 28 та припливного повітря за формулою 116;  
 середня швидкість димових газів обчислюється за формулою 29 й припливного повітря за формулою 117;  
 Температура димових газів і температура припливного повітря обчислюється за формулами 75 і 77 або згідно з 5.8, EN 13384-1:2002);  
 Середня температура димових газів і припливного повітря розраховується відповідно до 5.8, EN 13384-1:2002, або у випадку концентричних шахт – за формулами 78 і 79).

## Стадія 2

Для димоходів з розрідженням, розрахунок дійсних значень тяги для кожної вузлової точки, а саме від виходу в атмосферу вниз до найвіддаленішої вузлової точки:

- тяга, створена ефектом димоходу ділянки димоходу (використання формул 31 і 104);
- аеродинамічний опір на ділянці димоходу (формула 32);
- тяга на вході в ділянку димоходу (формула 2);

## Phase 2

For negative pressure chimneys calculate the real draught values in each node tracking the chimney backwards from the outlet into the atmosphere down to the node that is at the greatest distance from it:

- draught due to chimney effect of the chimney segment (using Equations 31 and 104);
- pressure resistance in the chimney segment (using Equation 32);
- draught at the inlet of the chimney segment (using Equation 2);

- аеродинамічний опір на ділянці димоходу отвору для вирівнювання тиску, якщо він передбачений (використання формули 32);
- тяга на вході ділянки димоходу у отворі для вирівнювання тиску, якщо він передбачений (формула 2).

Для димоходів з надлишковим тиском, розрахунок дійсних значень тяги для кожної вузлової точки, а саме від виходу в атмосферу вниз до найвіддаленішої вузлової точки:

- тяга, створена ефектом димоходу на ділянці димоходу (формула 31 та 104);
- аеродинамічний опір на ділянці димоходу (формула 32);
- надлишковий тиск на вході в ділянку димоходу (формула 3b).

Цю ітерацію (стадія 1 і стадія 2) слід проводити для розглянутих умов експлуатації доки не буде виконана умова рівноваги тиску (формула 1).

### 15.7 Масова витрата припливного повітря

Для кожної точки з'єднання між шахтою повітропроводу ділянок димоходу та шахтою повітропроводу з'єднувальних елементів діє наступна формула:

$$\dot{m}_{B,j+1} = \dot{m}_{BV,j} + \dot{m}_{B,j} \quad (63)$$

де:

$\dot{m}_{B,j+1}$  ,  $\dot{m}_{BV,j}$  ,  $\dot{m}_{B,j}$  масова витрата припливного повітря у шахтах повітропроводу

— pressure resistance in the chimney segment at the pressure equalising opening, if any (using Equation 32);

— draught at the inlet of the chimney segment at the pressure equalising opening, if any, (using Equation 2).

For positive pressure chimneys calculate the real pressure values in each node tracking the chimney backwards from the outlet into the atmosphere down to the node that is at the greatest distance from it:

- draught due to chimney effect of the chimney segment (using Equations 31 and 104);
- pressure resistance in the chimney segment (using Equation 32);
- positive pressure at the inlet of the chimney segment (using Equation 3b).

The iteration described above (phase 1 and phase 2) at the working conditions under consideration shall be continued until the pressure equilibrium condition is fulfilled (Equation 1).

### 15.7 Mass flow of the supply air

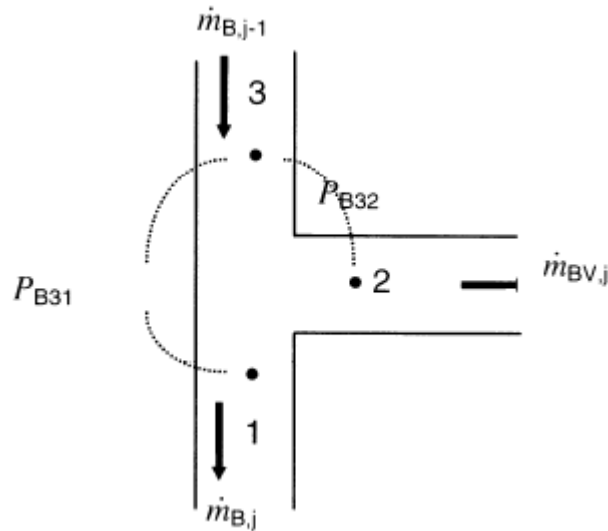
In each point of connection between the air supply duct of the chimney segments and the air supply duct of the connection pipes the following formula shall be used:

Where:

$\dot{m}_{B,j+1}$  ,  $\dot{m}_{BV,j}$  ,  $\dot{m}_{B,j}$  mass flow of the supply air in the air supply ducts

**Рисунок 7 – Втрати тиску  $P_{23,j}$  внаслідок зміни напрямку потоку димових газів й змішування димових газів в точці входу димових газів на ділянку димоходу  $j$**

Рис [7]



**Figure 7 – Pressure loss  $P_{23,j}$  due to the change of flow direction and mixing of flue gas in the area of the inlet into chimney segment  $j$**

## 15.8 Визначення температур у збалансованих димоходах

### 15.8.1 Окремі шахти

Якщо коефіцієнт теплопередачі шахти димоходу більший ніж  $0,65 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ , то визначення температур димових газів для окремих шахт розраховується відповідно до розділу 9.

За температуру припливного повітря у шахтах повітропроводу приймають температуру зовнішнього повітря.

В інших випадках температури визначають у відповідності до 15.8.2.

### 15.8.2 Концентричні шахти

Для ділянки димоходу довжиною до 3-х м включно діють розрахунки, наведені нижче. Для ділянок довжиною більш 3-х м необхідно розділити конструкцію на декілька ділянок і повторити відповідний розрахунок.

## 15.8 Determination of the temperatures in balanced flue chimneys

### 15.8.1 Separate ducts

When the thermal resistance of the flue duct is higher than  $0,65 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  the determination of the temperatures of the flue gas for separate ducts shall be calculated according to clause 9.

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 15.8.2.

### 15.8.2 Concentric ducts

The following calculations are valid for a segment length up to 3 m. For segments more than 3 m subdivide the construction into more segments and redo the calculation.



**15.8.2.1** Основний розрахунок по визначенню температури

Повторюючи методику розрахунку, викладену в 5.6, розрахунок температур у концентричних шахтах ґрунтується на припущенні ще невідомих початкових значеннях температур.

Формули представлені в 15.8.2 необхідно використовувати для ітерації доти, поки не будуть виконані умови розглянуті у 15.8.2.9.

**15.8.2.2** Коефіцієнт теплопередачі між димоходом та повітропроводом

Розрахунок коефіцієнта теплопередачі між димоходом та повітропроводом (рисунок 8) виконується за формулою:

$$k_{,j} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{i,j}} + S_H \cdot \left[ \left( \frac{1}{\Lambda} \right) + \frac{D_h}{D_{ha} \cdot \alpha_{a,j} \cdot S_{rad}} \right]}, \quad \text{Вт/м}^2 \cdot \text{К.} \quad (64)$$

де:

$k_{,j}$  – коефіцієнт теплопередачі між димоходом та повітропроводом на ділянці димоходу  $j$ , Вт/м<sup>2</sup>·К

$\alpha_{i,j}$  – коефіцієнт теплопродуктивності від димових газів до внутрішньої поверхні шахти на ділянці димоходу  $j$ , Вт/м<sup>2</sup>·К

$\alpha_{a,j}$  – коефіцієнт теплопродуктивності від зовнішньої стінки шахти до повітропроводу на ділянці димоходу  $j$ , Вт/м<sup>2</sup>·К

$D_h$  – еквівалентний діаметр димоходу, м

$D_{ha}$  – еквівалентний діаметр зовнішньої сторони шахти, м

$S_H$  – поправковий коефіцієнт для температурної інерції

**15.8.2.1** Principle of calculation for the determination of the temperature

In addition to procedure described in 5.6 the calculation of the temperatures in the concentric ducts depends on assuming initial values for unknown temperatures. The formulae in 15.8.2 are used iteratively until the conditions in 15.8.2.9 are fulfilled.

**15.8.2.2** Coefficient of heat transmission between the flue and the air supply passage

For the calculation of the coefficient of heat transmission between the flue and the air supply passage for concentric ducts (see Figure 8) the following formula shall be used:

Where:

$k_{,j}$  coefficient of heat transmission between the flue and the air supply passage of the chimney segment  $j$  in m W/m<sup>2</sup>·K

$\alpha_{i,j}$  coefficient of heat transfer between the flue gas and the inner surface of the flue duct of the chimney segment  $j$  in W/m<sup>2</sup>·K

$\alpha_{a,j}$  coefficient of heat transfer between the supply air and the outer surface of the flue duct of the chimney segment  $j$  in W/m<sup>2</sup>·K

$D_h$  hydraulic diameter of the flue in m

$D_{ha}$  hydraulic diameter of the outside of the flue duct in m

$S_H$  correction factor for temperature instability -

$\left(\frac{1}{\Lambda}\right)$  – термічний опір шахти димоходу,  
Вт/м<sup>2</sup>·К

$\left(\frac{1}{\Lambda}\right)$  thermal resistance of the flue duct  
in W/m<sup>2</sup>·K

$S_{rad}$  – поправковий коефіцієнт для випромінювання від зовнішньої поверхні шахти димоходу до внутрішньої поверхні шахти повітропроводу.

$S_{rad}$  correction factor for radiation from the outer surface of the flue duct to the inner surface of the air supply duct -

Для збалансованих димоходів з концентричними шахтами поправковий коефіцієнт  $S_H$  приймається рівним 1. Для врахування випромінювання від зовнішньої поверхні шахти димоходу до внутрішньої поверхні повітропроводу, необхідно прийняти при розрахунку коефіцієнт теплопередачі  $k_j$ , включаючи значення поправкового коефіцієнта випромінювання  $S_{rad} = 2$ .

For balanced flue chimneys with concentric ducts the correction factor  $S_H$  shall be taken as 1. 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  $k_j$  includes a correction factor for radiation  $S_{rad}$ , for which the value 2 shall be taken.

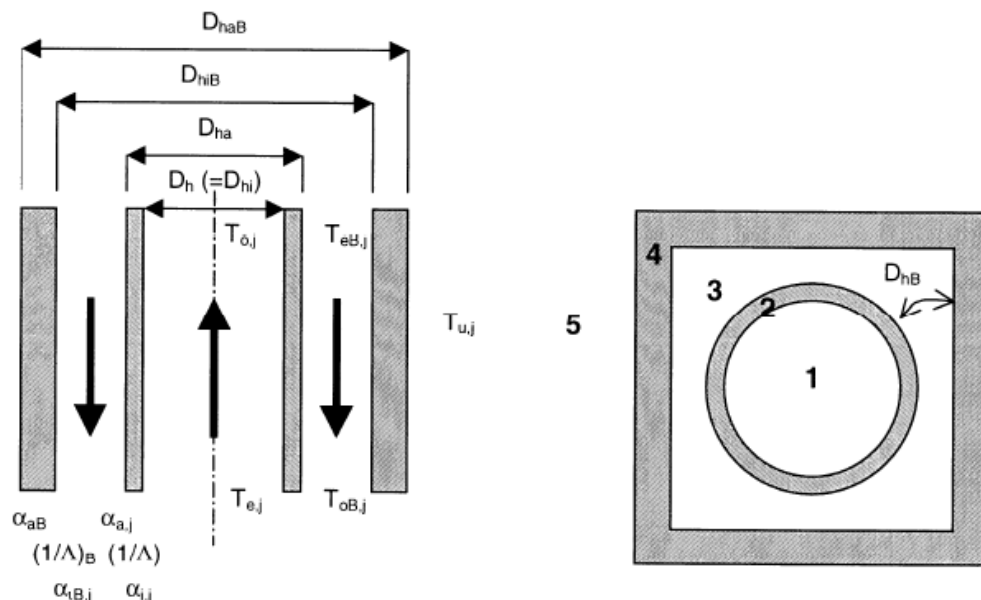
Для ділянок димоходу, у яких температура внутрішньої стінки шахти димоходу завжди нижча ніж температура конденсації димових газів, коефіцієнт  $S_{rad} = 1$ .

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  $S_{rad} = 1$  should be taken.

**Рисунок 8 – Визначення коефіцієнтів для розрахунку концентричних систем збалансованих димоходів**

**Figure 8 - Definition of the symbols used for the calculation of concentric balanced flue systems**

Рис [8]



- 1 Димохід (з димовими газами)
- 2 Шахта димоходу
- 3 Повітропровід (з припливним повітрям)
- 4 Шахта повітропроводу
- 5 Оточуюче повітря

Розрахунок коефіцієнта тепловіддачі між припливним повітрям та зовнішньою поверхнею шахти димоходу на ділянці  $\alpha_{a,j}$  димоходу  $j$  проводиться за формулами:

$$\alpha_{a,j} = \frac{\lambda_{B,j} \cdot Nu_{a,j}}{D_{hB}}, \quad \text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}. \quad (65)$$

при

$$D_{hB} = \frac{4A_B}{U_a + U_{iB}}, \quad \text{м}. \quad (66)$$

$$Nu_{a,j} = 0,86 \cdot \left( \frac{D_{hB}}{D_{ha}} \right)^{0,16} \cdot Nu_{B,j} \quad (67)$$

$$Nu_{B,j} = \left[ \frac{\psi_{B,j}}{\psi_{smoothB,j}} \right]^{0,67} \cdot 0,0214 \cdot (Re_{B,j}^{0,8} - 100) \cdot Pr_{B,j}^{0,4} \cdot \left( 1 + \frac{D_{hB}}{L_j} \right)^{0,67} \quad (68)$$

$$Re_{B,j} = \frac{w_{B,j} \cdot D_{hB}}{\nu_{B,j}} \quad (69)$$

де:

$\alpha_{a,j}$  – коефіцієнт тепловіддачі від припливного повітря до зовнішньої поверхні шахти димоходу на ділянці димоходу  $j$ ,  
Вт/м<sup>2</sup>·К

$\lambda_{B,j}$  – коефіцієнт теплопровідності припливного повітря на ділянці димоходу  $j$ ,  
Вт/м·К

$Nu_{a,j}$  – Показник Нуссельта для зовнішньої поверхні шахти димоходу на ділянці димоходу  $j$

$D_{hB}$  – еквівалентний діаметр повітропроводу, м

### Key

- 1 Flue (with flue gas)
- 2 Flue duct
- 3 Air supply passage (with supply air)
- 4 Air supply duct
- 5 Ambient air

For the calculation of the coefficient of heat transfer between the supply air and the outer surface of the flue duct of the chimney segment  $\alpha_{a,j}$  the following formulae shall be used:

Where:

$\alpha_{a,j}$  coefficient of heat transfer between the supply air and the outer surface of the flue duct of the chimney segment  $j$  in W/m<sup>2</sup>·K

$\lambda_{B,j}$  thermal conductivity of the supply air in the chimney segment  $j$  in W/m·K

$Nu_{a,j}$  Nusselt number for the outside of the flue duct of the chimney segment  $j$  –

$D_{hB}$  hydraulic diameter of the air supply passage, m

$A_B$ – поперечний перетин повітропроводу, $m^2$	$A_B$ cross-sectional area of the air supply passage in $m^2$
$U_{iB}$ – внутрішній периметр шахти повітропроводу, м	$U_{iB}$ circumference of the inside of the air supply duct in m
$U_a$ – зовнішній периметр шахти повітропроводу, м	$U_a$ circumference of the outside of the flue duct in m
$D_{ha}$ – еквівалентний діаметр зовнішньої сторони шахти димоходу, м	$D_{ha}$ hydraulic diameter of the outside of the flue duct in m
$Nu_{B,j}$ – Показник Нуссельта для опорного потоку в повітропроводі	$Nu_{B,j}$ Nusselt number for a reference pipe flow -
$\psi_{B,j}$ – найвище значення коефіцієнта тертя внутрішньої поверхні шахти повітропроводу та зовнішньої поверхні шахти димоходу на ділянці димоходу j	$\psi_{B,j}$ 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 chimney segment j -
$\psi_{smoothB,j}$ – коефіцієнт тертя припливного повітря для гідравлічного потоку на ділянці димоходу j -	$\psi_{smoothB,j}$ coefficient of friction of the air supply for hydraulically smooth flow of the chimney segment j -
$Re_{B,j}$ – Показник Рейнольдса для повітропроводу на ділянці димоходу j -	$Re_{B,j}$ Reynolds number of the air supply passage of chimney segment j -
$Pr_{B,j}$ – Показник Прандтля для припливного повітря на ділянці димоходу j -	$Pr_{B,j}$ Prandtl number of the supply air in chimney segment j -
$L_j$ – довжина ділянки димоходу j, м	$L_j$ length of the chimney segment j in m
$w_{B,j}$ – середня швидкість припливного повітря на ділянці димоходу j, м/с	$w_{B,j}$ average velocity of the supply air in chimney segment j m/s
$\nu_{B,j}$ – кінематична в'язкість припливного повітря на ділянці димоходу j, $m^2/s$	$\nu_{B,j}$ cinematic viscosity of the supply air in chimney segment j $m^2/s$
<b>15.8.2.3</b> Коефіцієнт теплопередачі між припливним повітрям і оточуючим повітрям	<b>15.8.2.3</b> Coefficient of heat transmission between the supply air and the ambient air
Для концентричних шахт коефіцієнт теплопередачі між припливним повітрям й оточуючим повітрям визначається за наступною формулою:	The coefficient of heat transmission between the supply air and the ambient air shall be calculated using the following formula in case of concentric ducts:

$$k_{B,j} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{iB,j}} + S_H \left[ \left( \frac{1}{A} \right)_B + \frac{D_{hiB}}{D_{haB} \cdot \alpha_{aB,j}} \right]}, \quad \text{Вт/м}^2 \cdot \text{К.} \quad (70)$$

де:

$k_{B,j}$  – коефіцієнт теплопередачі між припливним повітрям й оточуючим повітрям на ділянці димоходу  $j$ , Вт/м<sup>2</sup>·К

$\alpha_{iB,j}$  – коефіцієнт теплопродуктивності між припливним повітрям та внутрішньою поверхнею шахти повітропроводу на ділянці димоходу  $j$ , Вт/м<sup>2</sup>·К

$(l/\lambda)_B$  – термічний опір шахти повітропроводу, Вт/м<sup>2</sup>·К

$D_{haB}$  – зовнішній еквівалентний діаметр шахти повітропроводу, м

$D_{hiB}$  – внутрішній еквівалентний діаметр шахти повітропроводу, м

$\alpha_{aB,j}$  – коефіцієнт теплопродуктивності між зовнішньою поверхнею шахти повітропроводу та оточуючим повітрям, Вт/м<sup>2</sup>·К

$S_H$  – поправковий коефіцієнт для температурної нестійкості -

Для збалансованих димоходів з концентричними шахтами необхідно приймати поправковий коефіцієнт  $S_H = 1$ .

Для розрахунку  $\alpha_{iB,j}$  використовуються наступні формули:

$$\alpha_{iB,j} = \frac{\lambda_{B,j} \cdot Nu_{iB,j}}{D_{hB}}, \quad \text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}. \quad (71)$$

$$Nu_{iB,j} = \left[ 1 - 0,14 \cdot \left( \frac{D_{ha}}{D_{hiB}} \right)^{0,6} \right] \cdot Nu_{B,j} \quad (72)$$

та  $Nu_{B,j}$  – за формулою (68), та  $D_{hB,j}$  – за формулою (69).

де:

$\lambda_{B,j}$  – коефіцієнт теплопровідності припливного повітря на ділянці димоходу  $j$ ,

Where:

$k_{B,j}$  coefficient of heat transmission between the supply air and the ambient air of chimney segment  $j$  in m W/m<sup>2</sup>·K

$\alpha_{iB,j}$  coefficient of heat transfer between the supply air and the inner surface of the air supply duct of chimney segment  $j$  in W/m<sup>2</sup>·K

$(l/\lambda)_B$  thermal resistance of the air supply duct W/m<sup>2</sup>·K

$D_{haB}$  hydraulic diameter of the outside of the air supply duct in m

$D_{hiB}$  hydraulic diameter of the inside of the air supply duct in m

$\alpha_{aB,j}$  coefficient of heat transfer between the outside of the air supply duct and the ambient air in W/m<sup>2</sup>·K

$S_H$  correction factor for temperature instability -

For balanced flue chimneys with concentric ducts the correction factor  $S_H$  shall be taken as 1.

For the calculation of  $\alpha_{iB,j}$  the following formula shall be used:

and  $Nu_{B,j}$  according to formula (68) and  $D_{hB,j}$  according to (69).

where

$\lambda_{B,j}$  thermal conductivity of the supply air in of the chimney segment  $j$  in m W/m<sup>2</sup>·K

Вт/м К

$Nu_{iB,j}$  – Показник Нуссельта на внутрішній поверхні шахти повітропроводу на ділянці димоходу j -  $Nu_{iB,j}$  Nusselt number for the inside of the air supply duct of the chimney segment j -

$Nu_{B,j}$  – Показник Нуссельта для опорного потоку -  $Nu_{B,j}$  Nusselt number for a reference pipe flow -

$D_{hB}$  – еквівалентний діаметр повітропроводу, м  $D_{hB}$  hydraulic diameter of the air supply passage in m

$D_{hiB}$  – внутрішній еквівалентний діаметр шахти повітропроводу, м  $D_{hiB}$  hydraulic diameter of the inside of the air supply duct in m

$D_{ha}$  – зовнішній еквівалентний діаметр шахти димоходу, м  $D_{ha}$  hydraulic diameter of the outside of the flue duct in m

**15.8.2.4** Коефіцієнт охолодження шахти димоходу **15.8.2.4** Cooling value of the flue duct

Коефіцієнт охолодження шахти димоходу обчислюється за формулою: The cooling value of the flue duct shall be calculated using the following formula:

$$K_{,j} = \frac{k_{,j} \cdot U \cdot L_{,j}}{\dot{m}_{,j} \cdot c_{p,j}} \quad (73)$$

де:

where:

$K_{,j}$  – коефіцієнт охолодження шахти димоходу на ділянці димоходу j -  $K_{,j}$  cooling value of the flue duct of the chimney segment j -

$k_{,j}$  – коефіцієнт теплопередачі між димоходом та повітропроводом на ділянці димоходу j, Вт/м<sup>2</sup>·К  $k_{,j}$  coefficient of heat transmission between flue and the air supply passage of the chimney segment j in W/m<sup>2</sup>·K

$U$  – периметр димоходу, м  $U$  circumference of the flue in m

$L_{,j}$  – довжина ділянки димоходу j, м  $L_{,j}$  length of the chimney segment j in m

$\dot{m}_{,j}$  – масова витрата димових газів на ділянці димоходу j, кг/с  $\dot{m}_{,j}$  mass flow of the flue gas in the chimney segment j in kg/s

$c_{p,j}$  – питома теплоємність димових газів на ділянці димоходу j, Дж/кг·К  $c_{p,j}$  specific heat capacity of the flue gas in the chimney segment j J /kg·K

**15.8.2.5** Коефіцієнт охолодження шахти повітропроводу **15.8.2.5** Cooling value of the air supply duct

Коефіцієнт охолодження шахти повітропроводу обчислюється за формулою: The cooling value of the air supply duct shall be calculated using the following formula:

$$K_{B,j} = \frac{k_{B,j} \cdot U_{iB} \cdot L_{B,j}}{\dot{m}_{B,j} \cdot c_{pB,j}} \quad (74)$$

де:	where
$K_{B,j}$ – коефіцієнт охолодження шахти повітропроводу на ділянці димоходу j -	$K_{B,j}$ cooling value of the air supply duct of the chimney segment j -
$k_{B,j}$ – коефіцієнт теплопередачі між припливним та оточуючим повітрям на ділянці димоходу j, Вт/м <sup>2</sup> ·К	$k_{B,j}$ coefficient of heat transmission between the supply air and the ambient air of the chimney segment j in W/m <sup>2</sup> ·K
$U_{iB}$ – внутрішній периметр шахти повітропроводу, м	$U_{iB}$ circumference of the inside of the air supply duct in m
$L_{B,j}$ – довжина ділянки димоходу j, м	$L_{B,j}$ length of the chimney segment j in m
$\dot{m}_{B,j}$ – масова витрата припливного повітря на ділянці димоходу j, г/с	$\dot{m}_{B,j}$ mass flow of the supply air in the chimney segment j in g/s
$c_{pB,j}$ – питома теплоємність припливного повітря на ділянці димоходу j, Дж/кг·К	$c_{pB,j}$ specific heat capacity of the supply air in the chimney segment j in J/kg·K

**15.8.2.6** Температура димових газів наприкінці ділянки димоходу **15.8.2.6** Flue gas temperature at the end of the chimney segment

Температура димових газів наприкінці ділянки j шахти димоходу обчислюється за формулою 75, при цьому ітерація починається від початкового значення  $T_{eB,j}$

The flue gas temperature at the end of the flue duct of chimney segment j shall be calculated using formula 75 when starting the iteration from an initial estimate for each  $T_{eB,j}$

$$T_{o,j} = \frac{(2 - K_{i,j}) \cdot (2 + K_{B,j}) \cdot T_{e,j} + 2K_{i,j}(E_{i,j} \cdot T_{e,j} + 2T_{eB,j} + K_{B,j} \cdot T_{u,i,j})}{(2 + K_{i,j}) \cdot (2 + K_{B,j}) + 2K_{i,j} \cdot E_{i,j}}, \quad \text{К.} \quad (75)$$

або за формулою 76, якщо ітерація починається від початкового значення  $T_{oB,1}$ :

or formula 76 when starting the iteration from an estimate for  $T_{oB,1}$

$$T_{o,j} = \frac{(2 - K_{i,j}) \cdot (2 - K_{B,j}) \cdot T_{e,j} + 2K_{i,j}(E_{i,j} \cdot T_{e,j} - 2T_{oB,j} + K_{B,j} \cdot T_{u,i,j})}{(2 + K_{i,j}) \cdot (2 - K_{B,j}) - 2K_{i,j} \cdot E_{i,j}}, \quad \text{К.} \quad (76)$$

$$E_{i,j} = \frac{\dot{m}_{i,j} \cdot c_{p,i,j}}{\dot{m}_{B,j} \cdot c_{pB,j}} \quad (77)$$

де:	where
$T_{o,j}$ – температура димових газів на кінці ділянки димоходу j, К	$T_{o,j}$ temperature of the flue gas at the end of the chimney segment j in K
$T_{e,j}$ – температура димових газів на початку	$T_{e,j}$ temperature of the flue gas at the beginning

ділянки димоходу j, К	of the chimney segment j in К
$T_{oB,j}$ – температура припливного повітря на кінці ділянки димоходу j, К	$T_{oB,j}$ temperature of the supply air at the end of chimney segment j in К
$T_{eB,j}$ – температура припливного повітря на початку ділянки димоходу j, К	$T_{eB,j}$ temperature of the supply air at the beginning of the chimney segment j in К
$T_{u,j}$ – температура оточуючого повітря на ділянці димоходу j, К	$T_{u,j}$ ambient air temperature of the chimney segment j in К
$K_j$ – коефіцієнт охолодження шахти димоходу на ділянці j -	$K_j$ cooling value of the flue duct of the chimney segment j -
$K_{B,j}$ – коефіцієнт охолодження шахт повітропроводу ділянки димоходу j -	$K_{B,j}$ cooling value of the air supply duct of the chimney segment j -
$\dot{m}_j$ – масова витрата димових газів на ділянці димоходу j, кг/с	$\dot{m}_j$ mass flow of the flue gas in the chimney segment j in kg/s
$c_{p,j}$ – питома теплоємність димових газів на ділянці димоходу j, Дж/кг·К	$c_{p,j}$ specific heat capacity of the flue gas in the chimney segment j in J/kg·К
$\dot{m}_{B,j}$ – масова витрата припливного повітря на ділянці димоходу j, кг/с	$\dot{m}_{B,j}$ mass flow of the supply air in the chimney segment j in kg/s
$c_{pB,j}$ – питома теплоємність припливного повітря на ділянці димоходу j, Дж/кг·К	$c_{pB,j}$ specific heat capacity of the supply air in the chimney segment j in J /kg·К
$E_j$ – відношення теплових потоків димових газів та припливного повітря на ділянці димоходу j	$E_j$ heat flux ratio between the flue gas and the supply air in the chimney segment j
Температура припливного повітря на кінці ділянки димоходу j для концентричних шахт обчислюється за формулою 78, якщо ітерація починається від початкового значення для кожної $T_{eB,j}$	The supply air temperature at the end of the chimney segment j for concentric ducts shall be calculated using formula 78 when starting the iteration from an initial estimate for each $T_{eB,j}$

$$T_{oB,j} = T_{e,j} + T_{o,j} - T_{eB,j} - \frac{2}{K_j} (T_{e,j} - T_{o,j}), \quad \text{К. (78)}$$

або за формулою 79, якщо ітерація починається від початкового значення  $T_{oB,1}$  estimate for  $T_{oB,1}$

$$T_{eB,j} = T_{e,j} + T_{o,j} - T_{oB,j} - \frac{2}{K_j} (T_{e,j} - T_{o,j}), \quad \text{К. (79)}$$

де: where

$T_{o,j}$  – температура димових газів на кінці  $T_{o,j}$  temperature of the flue gas at the end of



ділянки димоходу j, К

$T_{e,j}$  – температура димових газів на початку ділянки димоходу j, К

$T_{oB,j}$  – температура припливного повітря наприкінці ділянки димоходу j, К

$T_{eB,j}$  – температура припливного повітря на початку ділянки j димоходу, К

$K_j$  – коефіцієнт охолодження ділянки шахти димоходу j, -

**Примітка.** Наведені вище формули виводяться на підставі припущення, що теплообмін спрощено обчислюється по різниці середніх температур.

**15.8.2.7** Середня температура димових газів по всій довжині ділянки димоходу

Середня температура димових газів по всій довжині ділянки димоходу j, для концентричної шахти обчислюється за формулою:

$$T_{m,j} = \frac{T_{e,j} + T_{o,j}}{2}, \quad \text{К.} \quad (80)$$

де:

$T_{m,j}$  – середня температура димових газів по всій довжині ділянки димоходу j, К

$T_{o,j}$  – температура димових газів на кінці ділянки димоходу j, К

$T_{e,j}$  – температура димових газів на початку ділянки димоходу j, К

**15.8.2.8** Середня температура припливного повітря по всій довжині ділянки димоходу

Середня температура припливного повітря по всій довжині ділянки димоходу для концентричної шахти, обчислюється за формулою:

$$T_{mB,j} = \frac{T_{eB,j} + T_{oB,j}}{2}, \quad \text{К.} \quad (81)$$

chimney segment j in К

$T_{e,j}$  temperature of the flue gas at the beginning of chimney segment j in К

$T_{oB,j}$  temperature of the supply air at the end of chimney segment j in К

$T_{eB,j}$  temperature of the supply air at the beginning of chimney segment j in К

$K_j$  cooling value of the flue duct of chimney segment j -

NOTE The formulae above are derived assuming that the heat exchange can be approximately calculated from the difference in mean temperatures.

**15.8.2.7** Temperature of the flue gas averaged over the length of a chimney segment

The temperature of the flue gas averaged over the length of the chimney segment j for a concentric duct shall be calculated using the following formula:

where

$T_{m,j}$  temperature of the flue gas averaged over the length of the chimney segment j in К

$T_{o,j}$  temperature of the flue gas at the end of the chimney segment j in К

$T_{e,j}$  temperature of the flue gas at the beginning of chimney segment j in К

**15.8.2.8** Temperature of the supply air averaged over the length of a chimney segment

The temperature of the supply air averaged over the length of the chimney segment for a concentric duct shall be calculated using the following formula:

де:

$T_{мв,j}$  – середня температура припливного повітря по всій довжині ділянки димоходу  $j$ , К

$T_{об,j}$  – температура припливного повітря на кінці ділянки димоходу  $j$ , К

$T_{ев,j}$  – температура припливного повітря на початку ділянки димоходу  $j$ , К

### 15.8.2.9 Ітерація

Для обчислення  $T_{о,j}$  і  $T_{об,j}$  необхідно знати відповідні температури припливного повітря  $T_{ев,j}$  у всіх вузлових точках. Для температури припливного повітря на вході в найвищу ділянку димоходу  $Nseg$  використовується формула:

$$T_{ев,Nseg} = T_L, \quad \text{К.} \quad (82)$$

Починаючи з початкового значення для  $T_{ев,j}$ , формули з (64) по (81) використовуються з відповідним повторенням доти, поки наближення до  $T_{ев,j}$  для  $j < Nseg$  не задовольнить наступні умови:

$$|T_{ев,j} - T_{об,j+1}| \leq \frac{\varepsilon}{Nseg} \quad \text{при} \quad j < Nseg, \quad \text{К.} \quad (83)$$

для розрахунку температур припливного повітря від фундаменту до вершини для концентрично збалансованих димоходів використовується наступна формула:

$$T_{об,j} = T_{ев,j-1} \quad \text{при} \quad j > 1, \quad \text{К} \quad (84)$$

Ітерацію по визначенню  $T_{об,1}$  необхідно продовжувати поки не буде задовольнятися наступна умова:

$$|T_{ев,Nseg} - T_L| \leq \varepsilon, \quad \text{К.} \quad (85)$$

where

$T_{мв,j}$  temperature of the supply air averaged over the length of chimney segment  $j$  in К

$T_{об,j}$  temperature of the supply air at the end of chimney segment  $j$  in К

$T_{ев,j}$  temperature of the supply air at the beginning of chimney segment  $j$  in К

### 15.8.2.9 Iteration

For the calculation of  $T_{о,j}$  and  $T_{об,j}$  it is necessary to know the relevant supply air temperatures  $T_{ев,j}$  for all nodes. For the supply air temperature at the entrance of the top most chimney segment  $Nseg$  the following formula shall be used:

Starting from an initial estimate for  $T_{ев,j}$  use the formulae (64) to (81) repeatedly, adapting  $T_{ев,j}$  for  $j < Nseg$  until the following conditions are fulfilled:

and when calculating the supply air temperatures from the bottom to the top of the concentric balanced flue chimney use:

$T_{об,1}$  shall be searched for iteratively until the following condition is fulfilled:

де:

$T_{eB,Nseg}$  – температура припливного повітря на вході в ділянку димоходу  $Nseg$ , К

$T_L$  – температура зовнішнього повітря, К

$T_{eB,j}$  – температура припливного повітря на вході в ділянку димоходу  $j$ , К

$T_{oB,j+1}$  – температура припливного повітря на кінці ділянки димоходу  $j+1$ , К

$Nseg$  – кількість ділянок димоходу для розрахунку -

$\mathcal{E}$  – максимальний фактор одночасності, приймається за 1(К), К

**Примітка.** Поки виконуються умови формул 85 та 87, для вирішення формул з (64) до (82) можуть використовуватись також інші математичні методи.

### 15.8.3 Концентричні з'єднувальні елементи

**15.8.3.1** Коефіцієнт теплопередачі між димоходом та повітропроводом концентричних з'єднувальних елементах

Коефіцієнт теплопередачі між димовими газами та припливним повітрям у концентричних з'єднувальних елементах  $j$  обчислюється за формулою.

$$k_{V,j} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{IV,j}} + S_H \left[ \left( \frac{1}{\Lambda} \right)_{V,j} + \frac{D_{hV,j}}{D_{haV,j} \cdot \alpha_{aV,j} \cdot S_{rad}} \right]}, \quad \text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}. \quad (86)$$

де:

$k_{V,j}$  – коефіцієнт теплопередачі між димовими газами та припливним повітрям з'єднувальних елементів  $j$ , Вт/м<sup>2</sup>·К

$S_H$  – поправковий коефіцієнт при температурній нестійкості -

$\left( \frac{1}{\Lambda} \right)_{V,j}$  – термічний опір між шахтою димоходу концентричних з'єднувальних елементів  $j$ , Вт/м<sup>2</sup>·К

where

$T_{eB,Nseg}$  temperature of the supply air at the entrance of chimney segment  $Nseg$  in К

$T_L$  temperature of the external air in К

$T_{eB,j}$  temperature of the supply air at the entrance of chimney segment  $j$  in К

$T_{oB,j+1}$  temperature of the supply air at the end of chimney segment  $j+1$  in К

$Nseg$  number of chimney segments used in the calculation -

$\mathcal{E}$  maximal convergence error, shall be taken as 1 (К) in К

**NOTE.** Other mathematical methods for solving the formulae (64) to (82) can be used as long as the conditions (85) and (87) are fulfilled.

### 15.8.3 Concentric connection pipes

**15.8.3.1** Coefficient of heat transmission between the flue and the air supply passage of concentric connection pipes

The coefficient of heat transmission between the flue gas and the supply air of concentric connection pipes  $j$  shall be calculated using the following formula.

Where:

$k_{V,j}$  coefficient of heat transmission between the flue gas and the supply air of the connection pipes  $j$  in W/m<sup>2</sup>·K

$S_H$  correction factor for temperature instability -

$\left( \frac{1}{\Lambda} \right)_{V,j}$  thermal resistance of the flue duct of the concentric connection pipes  $j$  in W/m<sup>2</sup>·K

$D_{hV,j}$  – еквівалентний діаметр димоходу у концентричних з'єднувальних елементах  $j$ , м  
 $D_{hV,j}$  hydraulic diameter of the flue of concentric connection pipes  $j$  in m

$D_{haV,j}$  – зовнішній еквівалентний діаметр шахти димоходу у концентричних з'єднувальних елементах  $j$ , м  
 $D_{haV,j}$  hydraulic diameter of the outside of the flue duct of the concentric connection pipes  $j$  in m

$\alpha_{iV,j}$  – коефіцієнт тепловіддачі між димовими газами та внутрішньою поверхнею шахти димоходу концентричних з'єднувальних елементів  $j$ , Вт/м<sup>2</sup>·К  
 $\alpha_{iV,j}$  coefficient of heat transfer between the flue gas and the inner surface of the flue duct of the concentric connection pipes  $j$  in W/m<sup>2</sup>·K

$\alpha_{aV,j}$  – коефіцієнт тепловіддачі між припливним повітрям та зовнішньою поверхнею шахти димоходу концентричних з'єднувальних елементів  $j$ , Вт/м<sup>2</sup>·К  
 $\alpha_{aV,j}$  coefficient of heat transfer between the supply air and the outer surface of the flue duct of the concentric connection pipes  $j$  in W/m<sup>2</sup>·K

$S_{rad}$  – поправковий коефіцієнт для передачі випромінювання -  
 $S_{rad}$  correction factor for the heat transfer by radiation -

Для концентричних з'єднувальних поправковий коефіцієнт  $S_H = 1$ .  
 For concentric connection pipes the correction factor  $S_H$  shall be taken as 1.

Для урахування впливу випромінювання від зовнішньої поверхні шахти димоходу до внутрішньої поверхні шахти повітропроводу концентричних з'єднувальних елементів, величина  $k_j$  містить поправковий коефіцієнт  $S_{rad}$ , значення якого приймається рівним 2.  
 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  $k_j$  includes a correction factor for radiation  $S_{rad}$ , for which the value 2 shall be taken.

Для концентричних з'єднувальних елементів, у яких температура внутрішньої стінки шахти димоходу завжди нижча температури конденсації димових газів, необхідно застосовувати значення  $S_{rad} = 1$ .  
 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.

Показник  $\alpha_{aV,j}$  слід обчислювати за формулами:

$$\alpha_{aV,j} = \frac{\lambda_{BV,j} \cdot Nu_{aV,j}}{D_{hBV,j}}, \quad \text{Вт/м}^2 \cdot \text{К.} \quad (87)$$

$$D_{hBV,j} = \frac{4 \cdot A_{BV,j}}{U_{aV,j} + U_{iBV,j}}, \quad \text{м.} \quad (88)$$

$$Nu_{av,j} = 0,86 \cdot \left( \frac{D_{hBV,j}}{D_{hVa,j}} \right)^{0,16} \cdot Nu_{BV,j} \quad (89)$$

$$Nu_{BV,j} = \left[ \frac{\psi_{BV,j}}{\psi_{smoothBV,j}} \right]^{0,67} \cdot 0,0214 \cdot (Re_{BV,j}^{0,8} - 100) \cdot Pr_{BV,j}^{0,4} \cdot \left( 1 + \frac{D_{hBV,j}}{L_{V,j}} \right)^{0,67} \quad (90)$$

$$Re_{BV,j} = \frac{w_{BV,j} \cdot D_{hBV,j}}{\nu_{BV,j}} \quad (91)$$

де:

$\lambda_{BV,j}$  – коефіцієнт теплопровідності припливного повітря у концентричних з'єднувальних елементах j, Вт/м<sup>2</sup>·К

$Nu_{av,j}$  – показник Нуссельта для зовнішньої поверхні шахти димоходу з'єднувальних елементів j

$D_{hBV,j}$  – еквівалентний діаметр повітропроводу у концентричних з'єднувальних елементах j, м

$A_{BV,j}$  – площа поперечного перетину повітропроводу у з'єднувальних елементах j, м<sup>2</sup>

$D_{hVai,j}$  – зовнішній еквівалентний діаметр шахти димоходу у концентричних з'єднувальних елементах j, м

$U_{iBV,j}$  – внутрішній периметр шахти повітропроводу у концентричних з'єднувальних елементах j, м

$U_{aVi,j}$  – зовнішній периметр шахти димоходу у концентричних з'єднувальних елементах j, м

$Nu_{BV,j}$  – показник Нуссельта для опорного потоку у концентричних з'єднувальних елементах j -

$\psi_{BV,j}$  – максимальна величина коефіцієнта тертя внутрішньої поверхні повітропроводу та зовнішньої поверхні шахти димоходу у

Where:

$\lambda_{BV,j}$  thermal conductivity of the supply air in the concentric connection pipes j in W/m<sup>2</sup>·K

$Nu_{av,j}$  Nusselt number for the outside of the flue duct of the connecting air pipes j

$D_{hBV,j}$  hydraulic diameter of the air supply passage of the concentric connection pipes j in m

$A_{BV,j}$  cross-sectional area of the air supply passage of the concentric connection pipes j in m<sup>2</sup>

$D_{hVai,j}$  hydraulic diameter of the outside of the flue duct of the concentric connection pipes j in m

$U_{iBV,j}$  circumference of the inside of the air supply duct of the concentric connection pipes j in m

$U_{aVi,j}$  circumference of the outside of the flue duct of the concentric connection pipes j in m

$Nu_{BV,j}$  Nusselt number for a reference pipe flow for concentric connection pipes j -

$\psi_{BV,j}$  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 concentric

концентричних з'єднувальних елементах j -	connection pipes j -
$\psi_{smoothBV,j}$ – коефіцієнт тертя повітропроводу концентричних з'єднувальних елементів j при гідравлічному потоці -	$\psi_{smoothBV,j}$ coefficient of friction of the air supply passage of the concentric connection pipes j for hydraulically smooth flow -
$Re_{BV,j}$ – показник Рейнольдса повітропроводу у концентричних з'єднувальних елементах j -	$Re_{BV,j}$ Reynolds number of the air supply passage of the concentric connection pipes j -
$Pr_{BV,j}$ – показник Прандтля припливного повітря у концентричних з'єднувальних елементах j -	$Pr_{BV,j}$ Prandtl number of the supply air in the concentric connection pipes j -
$L_{V,j}$ – довжина концентричного з'єднувального елемента j, м.	$L_{V,j}$ length of the concentric connection pipes j in m

**15.8.3.2** Коефіцієнт теплопередачі між припливним повітрям та оточуючим повітрям для концентричних з'єднувальних елементів

Коефіцієнт теплопередачі між припливним та оточуючим повітрям для концентричних з'єднувальних елементів обчислюється за наступною формулою:

$$k_{BV,j} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{iBV,j}} + S_H \cdot \left[ \left( \frac{1}{\Lambda} \right)_{BV,j} + \frac{D_{hiBV,j}}{D_{haBV,j} \cdot \alpha_{aBV,j}} \right]}, \quad \text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}. \quad (92)$$

де:  $k_{BV,j}$  – коефіцієнт теплопередачі між припливним та оточуючим повітрям у концентричних з'єднувальних елементах j,  $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}$

$\alpha_{iBV,j}$  – коефіцієнт тепловіддачі між припливним повітрям і внутрішньою поверхнею шахти повітропроводу у концентричних з'єднувальних елементах j,  $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}$

$\left( \frac{1}{\Lambda} \right)_{BV,j}$  – опір теплопровідності шахти

$\left( \frac{1}{\Lambda} \right)_{BV,j}$  thermal resistance of the air supply duct

повітропроводу у концентричних з'єднувальних елементах  $j$ ,  $W/m^2 \cdot K$

$D_{hiBV,j}$  – еквівалентний діаметр повітропроводу у концентричних з'єднувальних елементах  $j$ , м  
 $D_{hiBV,j}$  hydraulic diameter of the air supply passage of the concentric connection pipes  $j$  in m

$D_{haBV,j}$  – зовнішній еквівалентний діаметр шахти повітропроводу у концентричних з'єднувальних елементах  $j$ , м  
 $D_{haBV,j}$  hydraulic diameter of the outside of the air supply duct of the concentric connection pipes  $j$  in m

$S_H$  – поправковий коефіцієнт при температурній нестійкості -  
 $S_H$  correction factor for temperature instability

$\alpha_{aBV,j}$  – коефіцієнт тепловіддачі між зовнішньою поверхнею шахти повітропроводу у концентричних з'єднувальних елементах  $j$  та оточуючим повітрям,  $W/m^2 \cdot K$   
 $\alpha_{aBV,j}$  coefficient of heat transfer between the outside of the air supply duct of the concentric connection pipes  $j$  and the ambient air in  $W/m^2 \cdot K$

Для концентричних з'єднувальних елементів поправковий коефіцієнт  $S_H$  приймається за 1.  
 For concentric connection pipes the correction factor  $S_H$  shall be taken as 1.

Для розрахунку  $\alpha_{iVB,j}$  використовується наступна формула:  
 For the calculation of  $\alpha_{iVB,j}$  the following formulae shall be used:

$$\alpha_{iBV,j} = \frac{\lambda_{BV,j} \cdot Nu_{iBV,j}}{D_{hBV,j}}, \quad W/m^2 \cdot K. \quad (93)$$

при  
 with

$$Nu_{iBV,j} = \left[ 1 - 0,14 \cdot \left( \frac{D_{haV,j}}{D_{hiB,j}} \right)^{0,6} \right] \cdot Nu_{BV,j} \quad (94)$$

$Nu_{BV,j}$  обчислюється за формулою (90) та  $D_{hBV,j}$  обчислюється за формулою (91).  
 $Nu_{BV,j}$  according to (90) and  $D_{hBV,j}$  according to (91).

де:  
 where

$\lambda_{BV,j}$  – теплопровідність припливного повітря у концентричних з'єднувальних елементах  $j$ ,  $W/m^2 \cdot K$   
 $\lambda_{BV,j}$  thermal conductivity of the supply air in the concentric connection pipes  $j$  in  $W/m^2 \cdot K$

$Nu_{BV,j}$  – показник Нуссельта для опорного потоку у концентричних з'єднувальних елементах  $j$ , -  
 $Nu_{BV,j}$  Nusselt number for a reference pipe flow for concentric connection pipes  $j$  -

$Nu_{iBV,j}$  – показник Нуссельта внутрішньої  $Nu_{iBV,j}$  Nusselt number of the inside of the air

поверхні шахти повітропроводу у supply duct of the concentric connection pipes j  
концентричних з'єднувальних елементах j, - -

$D_{hBV,j}$  – еквівалентний діаметр  $D_{hBV,j}$  hydraulic diameter of the air supply  
повітропроводу у концентричних passage of the concentric connection pipes j  
з'єднувальних елементах j, м in m

$D_{hiBV,j}$  – внутрішній еквівалентний діаметр  $D_{hiBV,j}$  hydraulic diameter of the inside of the air  
шахти повітропроводу у концентричних supply duct of the concentric connection pipes j  
з'єднувальних елементах j, м in m

$D_{haV,j}$  – зовнішній еквівалентний діаметр  $D_{haV,j}$  hydraulic diameter of the outside of the  
шахти димоходу у концентричних flue duct of the concentric connection pipes j  
з'єднувальних елементах j, м in m

**15.8.3.2.1** Коефіцієнт охолодження шахти **15.8.3.2.1** Cooling value of the flue duct of  
димоходу у концентричних з'єднувальних concentric connecting pipes  
елементах

Коефіцієнт охолодження шахти димоходу у The cooling value of the flue duct of concentric  
концентричних з'єднувальних елементах connecting pipes shall be calculated using the  
обчислюється за формулою: following formula:

$$K_{V,j} = \frac{k_{V,j} \cdot U_{V,j} \cdot L_{V,j}}{\dot{m}_{V,j} \cdot c_{pV,j}} \quad (95)$$

де:

where

$K_{V,j}$  – коефіцієнт охолодження шахти  $K_{V,j}$  cooling value of the flue duct of the  
димоходу у концентричних з'єднувальних concentric connection pipes j -  
елементах j

$k_{V,j}$  – коефіцієнт теплопередачі між  $k_{V,j}$  coefficient of heat transmission between flue  
димоходом та повітропроводом у and the air supply passage of the concentric  
концентричних з'єднувальних елементах j, connection pipes j in  $W/m^2 \cdot K$   
 $Вт/м^2 \cdot K$

$U_{V,j}$  – окружність димоходу концентричних  $U_{V,j}$  circumference of the flue of the concentric  
з'єднувальних елементів j, м connection pipes j in m

$L_{V,j}$  – довжина концентричних з'єднувальних  $L_{V,j}$  length of the concentric connection pipes j in  
елементів j, м m

$\dot{m}_{V,j}$  – масова витрата димових газів у  $\dot{m}_{V,j}$  flue gas mass flow in the concentric  
концентричних з'єднувальних елементах j, connection pipes j in kg/s  
кг/с

$c_{pV,j}$  – питома теплоємність димових газів у  $c_{pV,j}$  specific heat capacity of the flue gas in the



концентричних з'єднувальних елементах  $j$ , concentric connection pipes  $j$  in J/ kg·K  
Дж/кг·К

**15.8.3.2.2** Коефіцієнт охолодження шахти повітропроводу у концентричних з'єднувальних елементах

**5.8.3.2.2** Cooling value of the air supply duct of concentric connection pipes

Коефіцієнт охолодження шахти повітропроводу у концентричних з'єднувальних елементах  $j$  обчислюється за наступною формулою:

The cooling value of the air supply duct of the concentric connection pipes  $j$  shall be calculated using the following formula:

$$K_{BV,j} = \frac{k_{BV,j} \cdot U_{iBV,j} \cdot L_{V,j}}{\dot{m}_{BV,j} \cdot c_{pBV,j}} \quad (96)$$

де:

where

$K_{BV,j}$  – коефіцієнт охолодження шахти повітропроводу у концентричних з'єднувальних елементах  $j$  -

$K_{BV,j}$  cooling value of the air supply duct of the concentric connection pipes  $j$  -

$k_{BV,j}$  – коефіцієнт теплопередачі між припливним і оточуючим повітрям у концентричних з'єднувальних елементах  $j$ , Вт/м<sup>2</sup>·К

$k_{BV,j}$  coefficient of heat transmission between the supply air and the ambient air for the concentric connection pipes  $j$  in W/ m<sup>2</sup>·K

$U_{iBV,j}$  – внутрішня окружність шахти повітропроводу у концентричних з'єднувальних елементах  $j$ , м

$U_{iBV,j}$  circumference of the inside of the air supply duct of the concentric connection pipes  $j$  in m

$L_{V,j}$  – довжина концентричних з'єднувальних елементів  $j$ , м

$L_{V,j}$  length of the concentric connection pipes  $j$  in m

$\dot{m}_{BV,j}$  – масовий потік припливного повітря у концентричних з'єднувальних елементах  $j$ , кг/с

$\dot{m}_{BV,j}$  mass flow of the supply air in the concentric connection pipes  $j$  in kg/s

$c_{pBV,j}$  – питома теплоємність припливного повітря у концентричних з'єднувальних елементах  $j$ , Дж/кг·К

$c_{pBV,j}$  specific heat capacity of the supply air in the concentric connection pipes  $j$  in J/ kg·K

**15.8.3.3** Температура димових газів на кінці димоходу концентричних з'єднувальних елементів ( $T_{ov,j}$ )

**15.8.3.3** Flue gas temperature at the end of the flue of concentric connection pipes ( $T_{ov,j}$ )

Температура димових газів на кінці димоходу концентричних з'єднувальних

The flue gas temperature at the end of the flue of the concentric connection pipes  $j$  shall be

елементів  $j$  обчислюється за формулами:

calculated using the following formula:

$$T_{ov,j} = \frac{(2 - K_{V,j}) \cdot (2 + K_{BV,j}) \cdot T_{W,j} + 2 \cdot K_{V,j} \cdot (E_{V,j} \cdot T_{W,j} + 2 \cdot T_{eBV,j} + K_{BV,j} \cdot T_{uV,j})}{(2 + K_{V,j}) \cdot (2 + K_{BV,j}) + 2 \cdot K_{V,j} \cdot E_{V,j}}, \quad \text{K.} \quad (97)$$

$$E_{V,j} = \frac{\dot{m}_{V,j} \cdot c_{pV,j}}{\dot{m}_{BV,j} \cdot c_{pBV,j}} \quad (98)$$

$$T_{eBV,j} = T_{oB,j} \quad (99)$$

де:

where

$T_{ov,j}$  – температура димових газів на кінці димоходу концентричних з'єднувальних елементів  $j$ , К

$T_{ov,j}$  temperature of the flue gas at the end of the flue of the concentric connection pipes  $j$  in K

$T_{W,j}$  – температура димових газів на виході з теплогенератора  $j$ , К

$T_{W,j}$  temperature of the flue gas at the outlet of the appliance  $j$  in K

$T_{eBV,j}$  – температура припливного повітря на початку концентричних з'єднувальних елементів  $j$ , К

$T_{eBV,j}$  temperature of the supply air at the beginning of the concentric connection pipes  $j$  in K

$T_{uV,j}$  – температура оточуючого повітря концентричних з'єднувальних елементів  $j$ , К

$T_{uV,j}$  temperature of the ambient air of the concentric connection pipes  $j$  in K

$K_{V,j}$  – коефіцієнт охолодження шахти димоходу у концентричних з'єднувальних елементах  $j$

$K_{V,j}$  cooling value of the flue duct of the concentric connection pipes  $j$  -

$K_{BV,j}$  – коефіцієнт охолодження у шахті повітропроводу у концентричних з'єднувальних елементах  $j$

$K_{BV,j}$  cooling value of the air supply duct of the concentric connection pipes  $j$

$\dot{m}_{V,j}$  – масова витрата димових газів у концентричних з'єднувальних елементах  $j$ , кг/с

$\dot{m}_{V,j}$  mass flow of the flue gas in the concentric connection pipes  $j$  in kg/s

$c_{pV,j}$  – питома теплоємність димових газів у концентричних з'єднувальних елементах  $j$ , Дж/кг·К

$c_{pV,j}$  specific heat capacity of the flue gas in the concentric connection pipes  $j$  in J/kg·K

$\dot{m}_{BV,j}$  – масова витрата припливного повітря концентричних з'єднувальних елементів  $j$ , кг/с

$\dot{m}_{BV,j}$  mass flow of the supply air in the concentric connection pipes  $j$  in kg/s

$E_{V,j}$  – питома теплоємність припливного

$E_{V,j}$  specific heat capacity of the supply air in the

повітря концентричних з'єднувальних concentric connection pipes j in J /kg K  
елементів j, Дж/кг·К

$E_{V,j}$  – відношення теплових потоків димових газів та повітря горіння у концентричних з'єднувальних елементах j,-  $E_{V,j}$  heat flux ratio between the flue gas and the combustion air in the concentric connection pipes j -

$T_{oB,j}$  – температура припливного повітря на кінці ділянки димоходу j, К  $T_{oB,j}$  temperature of the supply air at the end of chimney segment j in K

**Примітка 1.** Формула 97 обчислюється за припущенням, що теплообмін спрощено обчислюється за різницею середніх температур. **NOTE 1.** The formulae 97 is derived assuming that the heat exchange can be approximately calculated from the difference in mean temperatures.

Температура припливного повітря на кінці повітропроводу концентричних з'єднувальних елементів обчислюється за формулою: The supply air temperature at the end of the air supply passage of the concentric connection pipes j shall be calculated using following formula:

$$T_{oBV,j} = T_{W,j} + T_{oV,j} - T_{eBV,j} - \frac{2}{K_{V,j}} (T_{W,j} - T_{oV,j}), \quad \text{К.} \quad (100)$$

де:

where

$T_{oV,j}$  – температура димових газів на кінці димоходу у концентричних з'єднувальних елементах j, К  $T_{oV,j}$  temperature of the flue gas at the end of the flue of the concentric connection pipes j in K

$T_{W,j}$  – температура димових газів на виході з теплогенератора j, К  $T_{W,j}$  temperature of the flue gas at the outlet of the appliance j in K

$T_{oBV,j}$  – температура припливного повітря на кінці концентричних з'єднувальних елементів j, К  $T_{oBV,j}$  temperature of the supply air at the end of the concentric connection pipes j in K

$T_{eBV,j}$  – температура припливного повітря на початку концентричних з'єднувальних елементів j, К  $T_{eBV,j}$  temperature of the supply air at the beginning of the concentric connection pipes j in K

$K_{V,j}$  – коефіцієнт охолодження димоходу у концентричних з'єднувальних елементах j -  $K_{V,j}$  cooling value of the flue of the concentric connection pipes j -

**Примітка 2.** Додатково для перевірки характеристики температури димоходу також необхідна перевірка температури припливного повітря на кінці концентричного з'єднувального елемента  $T_{oBV,j}$ , якщо виробник теплогенератора вказує максимальну температуру в точці входу в теплогенератор. **NOTE 2.** In addition to the check of the temperature requirement of the chimney a check of the supply air temperature at the end of the air supply of the concentric connection pipe  $T_{oBV,j}$  can also be undertaken if there exists a maximum air inlet temperature for the heating appliance given by the manufacturer.

**15.8.3.4** Температура димових газів по всій довжині концентричних з'єднувальних елементів

Температура димових газів по всій довжині концентричних з'єднувальних елементів, обчислюється за формулою:

$$T_{mV,j} = \frac{T_{W,j} + T_{oV,j}}{2}, \quad \text{К.} \quad (101)$$

де:

$T_{mV,j}$  – температура димових газів по всій довжині концентричних з'єднувальних елементів  $j$ , К

$T_{oV,j}$  – температура димових газів на кінці димоходу концентричних з'єднувальних елементів  $j$ , К

$T_{W,j}$  – температура димових газів на виході з теплогенератора  $j$ , К

**15.8.3.5** Температура припливного повітря по всій довжині концентричних з'єднувальних елементів

Температура припливного повітря по всій довжині концентричних з'єднувальних елементів обчислюється за формулою:

$$T_{mBV,j} = \frac{T_{eBV,j} + T_{oBV,j}}{2}, \quad \text{К} \quad (102)$$

де:

$T_{mBV,j}$  – температура припливного повітря по всій довжині концентричних з'єднувальних елементів  $j$ , К

$T_{oBV,j}$  – температура припливного повітря на кінці димоходу концентричних з'єднувальних елементів  $j$ , К

$T_{eBV,j}$  – температура припливного повітря на початку повітропроводу концентричних з'єднувальних елементів  $j$ , К

**15.8.3.4** Temperature of the flue gas averaged over the length of the concentric connection pipes

The temperature of the flue gas average over the length of the concentric connection pipes  $j$  shall be calculated using the following formula:

where

$T_{mV,j}$  temperature of the flue gas averaged over the length of the concentric connection pipes  $j$  in K

$T_{oV,j}$  temperature of the flue gas at the end of the flue of the concentric connection pipes  $j$  in K

$T_{W,j}$  temperature of the flue gas at the outlet of the appliance  $j$  in K

**15.8.3.5** Temperature of the supply air averaged over the length of the concentric connection pipes

The temperature of the supply air averaged over the length of the concentric connection pipes  $j$  shall be calculated using the following formula:

where

$T_{mBV,j}$  temperature of the supply air averaged over the length of the concentric connection pipes  $j$  in K

$T_{oBV,j}$  temperature of the supply air at the end of the flue of concentric connection pipes  $j$  in K

$T_{eBV,j}$  temperature of the supply air at the beginning of the air supply passage of the concentric connection pipes  $j$  in K

## 15.9 Тиски у шахтах повітропроводу

**15.9.1** Тяга, створена ефектом димоходу у шахті повітропроводу на ділянці димоходу  $j$

Тяга, створена ефектом димоходу у шахті повітропроводу для збалансованих димоходів з окремими шахтами та для збалансованих димоходів з концентричними шахтами з коефіцієнтом теплопередачі більш ніж  $0,65 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$  слід приймати за нуль.

Тяга, створена ефектом димоходу у шахті повітропроводу на ділянці димоходу  $j$  інших збалансованих димоходів обчислюється за формулою:

$$P_{\text{НВ},j} = H_j g (\rho_L - \rho_{\text{мВ},j}), \quad \text{Па} \quad (103)$$

де:

$P_{\text{НВ},j}$  – тяга, створена ефектом димоходу у шахті повітропроводу на ділянці димоходу  $j$ , Па

$H_j$  – висота ділянки димоходу  $j$ , м

$g$  – прискорення вільного падіння  $9,81$ ,  $\text{м/с}^2$

$\rho_L$  – густина оточуючого повітря,  $\text{кг/м}^3$

$\rho_{\text{мВ},j}$  – густина припливного повітря по всій довжині ділянки димоходу  $j$ ,  $\text{кг/м}^3$

**Примітка.** Ґрунтуючись на досвіді, доцільно передбачити для поперечного перетину концентричної шахти повітропроводу мінімальні розміри. Рекомендується приймати значення, як  $1,5$  кратне значення поперечного перетину димоходу.

**15.9.2** Тяга, створена ефектом димоходу в шахті повітропроводу з'єднувальних елементів

Тяга, створена ефектом димоходу в шахті повітропроводу з'єднувальних елементів збалансованих димоходів з окремими шахтами та збалансованих димоходів з

## 15.9 Pressures of the air supply ducts

**15.9.1** Draught due to chimney effect of the air supply duct of chimney segment  $j$

The draught due to the chimney effect in the air supply duct for balanced flue chimney with separate ducts and for balanced flue chimney with concentric ducts with flue ducts with a thermal resistance higher  $0,65 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K}$  shall be taken as 0.

The draught due to the chimney effect of the air supply duct of chimney segment  $j$  of other balanced flue chimneys shall be calculated using the following formula:

where

$P_{\text{НВ},j}$  draught due to chimney effect of the air supply duct of chimney segment  $j$  in Pa

$H_j$  height of chimney segment  $j$  in m

$g$  acceleration due to gravity, shall be taken as  $9,81$  in  $\text{m/s}^2$

$\rho_L$  density of ambient air in  $\text{kg/m}^3$

$\rho_{\text{мВ},j}$  density of supply air averaged over the length of chimney segment  $j$  in  $\text{kg/m}^3$

**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.

**15.9.2** Draught due to chimney effect of the air supply duct of connection pipes

The draught due to the chimney effect of the air supply duct of connection pipes of balanced flue chimneys with separate ducts and of balanced flue chimneys with concentric ducts with flue ducts with a thermal resistance higher

концентричними шахтами з коефіцієнтом теплопередачі більш ніж 0,65 Вт/м<sup>2</sup>·К слід приймати за нуль.

Тяга, створена ефектом димоходу у шахті повітропроводу з'єднувальних елементів j обчислюється за формулою:

$$P_{HBV,j} = H_{V,j} g (\rho_L - \rho_{mBV,j}), \quad \text{Па.} \quad (104)$$

де:

$P_{HBV,j}$  – тяга, створена ефектом димоходу у шахті повітропроводу з'єднувальних елементів j, Па

$H_{V,j}$  – висота з'єднувального елемента j, м  
 $g$  – прискорення вільного падіння 9,81, м/с<sup>2</sup>

$\rho_L$  – густина оточуючого повітря, кг/м<sup>3</sup>  
 $\rho_{mBV,j}$  – густина припливного повітря по всій довжині шахти повітропроводу з'єднувальних елементів j, кг/м<sup>3</sup>

**15.9.3** Аеродинамічний опір шахти повітропроводу на ділянці j димоходу ( $P_{RB,j}$ )

Аеродинамічний опір шахти повітропроводу на ділянці j димоходу  $P_{RB,j}$  обчислюється за наступною формулою:

$$P_{RB,j} = S_{EB} \cdot \left( \psi_{B,j} \cdot \frac{L_j}{D_{hB}} + \sum \zeta_{B,j} \right) \cdot \frac{\rho_{mB,j}}{2} \cdot w_{mB,j}^2 + S_{EMB,j} \cdot P_{B31,j} + S_{EGB,j} \cdot P_{GB,j}, \quad \text{Па} \quad (105)$$

де:

$P_{RB,j}$  – аеродинамічний опір шахти повітропроводу на ділянці димоходу j, Па

$P_{B31,j}$  – втрати тиску через поділ потоку припливного повітря в точці входу в шахту повітропроводу на ділянці димоходу j+1, Па

$P_{GB,j}$  – перепад тиску через зміну швидкості

The draught due to chimney effect of the air supply duct of the connection pipes j shall be calculated using the following formula:

where

$P_{HBV,j}$  draught due to chimney effect in the air supply duct of the connection pipes j in Pa

$H_{V,j}$  height of the connection pipes j in m  
 $g$  acceleration due to gravity, shall be taken as 9,81 in m/s<sup>2</sup>

$\rho_L$  density of the ambient air in kg/m<sup>3</sup>  
 $\rho_{mBV,j}$  density of supply air averaged over the length of the air supply duct of the connection pipes j in kg/m<sup>3</sup>

**15.9.3** Pressure resistance of the air supply duct of the chimney segment j ( $P_{RB,j}$ )

The pressure resistance of the air supply duct of the chimney segment j  $P_{RB,j}$  shall be calculated using the following formula:

where

$P_{RB,j}$  pressure resistance of the air supply duct of the chimney segment j in Pa

$P_{B31,j}$  pressure loss due to the splitting of the air supply in the area of the inlet into the connecting air supply duct of the chimney segment j+1 in Pa

$P_{GB,j}$  pressure change due to change in velocity

поток у повітропроводі на ділянці димоходу j, Па	of the flow in the air supply passage of chimney segment j in Pa
$\psi_{B,j}$ – коефіцієнт тертя повітропроводу на ділянці димоходу j -	$\psi_{B,j}$ coefficient of friction of the air supply passage of the chimney segment j -
$L_j$ – довжина ділянки димоходу j, м	$L_j$ length of the chimney segment j in m
$D_{hB,j}$ – еквівалентний діаметр повітропроводу на ділянці димоходу j, м	$D_{hB,j}$ hydraulic diameter of the air supply passage of chimney segment j in m
$\Sigma\zeta_{B,j}$ – сума коефіцієнтів опору потоку у повітропроводі на ділянці димоходу j	$\Sigma\zeta_{B,j}$ sum of coefficients of flow resistance in the air supply passage of the chimney segment j -
$\rho_{mB,j}$ – густина припливного повітря по всій довжині ділянки димоходу j, кг/м <sup>3</sup>	$\rho_{mB,j}$ density of the supply air averaged over the length of the chimney segment j in kg/m <sup>3</sup>
$w_{mB,j}$ – швидкість припливного повітря на підставі середньої густини припливного повітря на ділянці димоходу j, м/с	$w_{mB,j}$ velocity of the supply air based on the average density of the supply air in the chimney segment j in m/s
$S_{EB}$ – коефіцієнт безпеки шахти повітропроводу -	$S_{EB}$ flow safety coefficient for the air supply duct -
$S_{EMB,j}$ – коефіцієнт безпеки аеродинамічного опору, що виникає внаслідок поділу припливного повітря ( $S_{EMB,j} = S_{EB}$ для $P_{B31,j} \geq 0$ та $S_{EMB,j} = 1,0$ для $P_{B31,j} < 0$ ) -	$S_{EMB,j}$ flow safety coefficient for the pressure resistance due to splitting of the air supply ( $S_{EMB,j} = S_{EB}$ for $P_{B31,j} \geq 0$ and $S_{EMB,j} = 1,0$ for $P_{B31,j} < 0$ ) -
$S_{EGB,j}$ – коефіцієнт безпеки аеродинамічного опору, що виникає внаслідок зміни швидкості потоку на ділянці димоходу j ( $S_{EGB,j} = S_{EB}$ для $P_{GB,j} \geq 0$ та $S_{EGB,j} = 1,0$ для $P_{GB,j} < 0$ ) -	$S_{EGB,j}$ flow safety coefficient for the pressure resistance due to change of flow velocity in the chimney segment j ( $S_{EGB,j} = S_{EB}$ for $P_{GB,j} \geq 0$ and $S_{EGB,j} = 1,0$ for $P_{GB,j} < 0$ ) -
Зміна тиску внаслідок зміни швидкості потоку $P_{GB,j}$ у повітропроводі на ділянці димоходу j обчислюється за формулами:	The pressure change due to change of velocity of the flow $P_{GB,j}$ in the air supply passage in chimney segment j shall be calculated with the following formula:

$$P_{GB,j} = \frac{\rho_{mB,j}}{2} \cdot w_{mB,j}^2 - \frac{\rho_{mB,j+1}}{2} \cdot w_{mB,j+1}^2, \quad \text{для } j < N \quad \text{Па.} \quad (106)$$

$$P_{GB,N} = \frac{\rho_{mB,N}}{2} \cdot w_{mB,N}^2, \quad \text{для } j = N \quad \text{Па.} \quad (107)$$

де:

$\rho_{mB,j}$  – густина припливного повітря по всій where  
 $\rho_{mB,j}$  density of the supply air averaged over the

довжині ділянки димоходу  $j$ ,  $\text{кг/м}^3$

$P_{\text{GB},j}$  – зміна тиску внаслідок зміни швидкості потоку у повітропроводі на ділянці димоходу  $j$ , Па

$w_{\text{мВ},j}$  – швидкість припливного повітря базується на підставі середньої густини припливного повітря на ділянці димоходу  $j$ , м/с

Втрати тиску  $P_{\text{ВЗ1},j}$  внаслідок поділу масових потоків в точці входу у шахту повітропроводу у з'єднувальних елементах  $j+1$  обчислюються за формулами:

$$P_{\text{ВЗ1},j} = \zeta_{\text{ВЗ1},j+1} \cdot \frac{\rho_{\text{мВ},j+1}}{2} \cdot w_{\text{мВ},j+1}^2, \quad \text{для } j < N \quad \text{Па.} \quad (108)$$

$$\zeta_{\text{ВЗ1},j+1} = 0,35 \cdot \left( \frac{\dot{m}_{\text{ВВ},j+1}}{\dot{m}_{\text{В},j+1}} \right)^2, \quad \text{для } j < N \quad \text{Па.} \quad (109)$$

$$P_{\text{ВЗ1},N} = 0, \quad \text{Па.} \quad (110)$$

де:

$P_{\text{ВЗ1},j}$  – втрати тиску внаслідок поділу масових потоків в точці входу у шахту повітропроводу у з'єднувальних елементах  $j+1$ , Па

$\rho_{\text{мВ},j}$  – густина припливного повітря по всій довжині ділянки димоходу  $j$ ,  $\text{кг/м}^3$

$\zeta_{\text{ВЗ1},j}$  – коефіцієнт опору потоку внаслідок поділу припливного повітря в точці входу у шахту повітропроводу з'єднувальних елементів  $j+1$

$\dot{m}_{\text{ВВ},j}$  – масовий потік припливного повітря у з'єднувальних елементах  $j$ ,  $\text{кг/с}$

$\dot{m}_{\text{В},j}$  – масовий потік припливного повітря на ділянці  $j$  димоходу,  $\text{кг/с}$

$\rho_{\text{мВ},j}$  – густина припливного повітря по всій довжині ділянки димоходу  $j$ ,  $\text{кг/м}^3$

length of the chimney segment  $j$  in  $\text{kg/m}^3$

$P_{\text{GB},j}$  pressure change due to change in velocity of the flow in the air supply passage of chimney segment  $j$  in Pa

$w_{\text{мВ},j}$  velocity of the supply air based on the average density of the supply air in the chimney segment  $j$  in m/s

The pressure loss  $P_{\text{ВЗ1},j}$  due to the splitting in the area of the inlet into air supply duct of the connection pipes  $j+1$  shall be calculated with the following formula:

Where:

$P_{\text{ВЗ1},j}$  pressure loss due to the splitting of the air supply in the area of the inlet into the air supply duct of the connection pipes  $j+1$  in Pa

$\rho_{\text{мВ},j}$  density of the supply air averaged over the length of the chimney segment  $j$  in  $\text{kg/m}^3$

$\zeta_{\text{ВЗ1},j}$  flow resistance coefficient due to splitting of the air supply in the area of the inlet into the air supply duct of the connection pipes  $j+1$

$\dot{m}_{\text{ВВ},j}$  mass flow of supply air in the connection pipes  $j$  kg/s

$\dot{m}_{\text{В},j}$  mass flow of the supply air in the chimney segment  $j$  kg/s

$\rho_{\text{мВ},j}$  density of the supply air averaged over the length of the chimney segment  $j$  in  $\text{kg/m}^3$



**15.9.4** Аеродинамічний опір шахти повітропроводу з'єднувальних елементів  $j(P_{RBV,j})$

Аеродинамічний опір шахти повітропроводу з'єднувальних елементів  $j$   $P_{RBV,j}$  обчислюється за формулою:

$$P_{RBV,j} = S_{EB} \cdot \left( \psi_{BV,j} \cdot \frac{L_{V,j}}{D_{hBV,j}} + \sum \zeta_{BV,j} \right) \cdot \frac{\rho_{mBV,j}}{2} \cdot w_{mBV,j}^2 + S_{EMBV,j} \cdot P_{B32,j} + S_{EGBV,j} \cdot P_{GBV,j}, \text{ Па. (111)}$$

де:

$P_{RBV,j}$  – аеродинамічний опір повітропроводу з'єднувальних елементів  $j$ , Па

$P_{B32,j}$  – втрати тиску завдяки поділу масових потоків припливного повітря на вході в шахту з'єднувальних повітропроводу на ділянці димоходу  $j+1$ , Па

$P_{GBV,j}$  – зміна тиску внаслідок зміни швидкості потоку у повітропроводі з'єднувальних елементів  $j$ , Па

$\psi_{BV,j}$  – коефіцієнт тертя повітропроводу у з'єднувальних елементах  $j$

$L_{V,j}$  – довжина з'єднувальних елементів  $j$ , м

$D_{hBV,j}$  – еквівалентний діаметр повітропроводу з'єднувальних елементів  $j$ , м

$\sum \zeta_{BV,j}$  – сума коефіцієнтів опору тиску у повітропроводі з'єднувальних елементів  $j$

$\rho_{mBV,j}$  – густина припливного повітря по всій довжині з'єднувальних елементів  $j$ , кг/м<sup>3</sup>

$w_{mBV,j}$  – швидкість припливного повітря базується на підставі середньої густини припливного повітря з'єднувальних елементів  $j$ , м/с

$S_{EB}$  – коефіцієнт безпеки для шахти повітропроводу

**15.9.4** Pressure resistance of the air supply duct of the connection pipes  $j$  ( $P_{RBV,j}$ )

The pressure resistance of the air supply duct of the connecting pipes  $j$   $P_{RBV,j}$  shall be calculated with the following formula:

where:

$P_{RBV,j}$  pressure resistance of the air supply duct of the connecting pipes  $j$  Pa

$P_{B32,j}$  pressure loss due to the splitting of the air supply in the area of the inlet into the connecting air supply duct of the chimney segment  $j+1$  in Pa

$P_{GBV,j}$  pressure change due to change in velocity of the flow in the air supply passage of the connection pipes  $j$  in Pa

$\psi_{BV,j}$  coefficient of friction of the air supply passage of the connection pipes  $j$

$L_{V,j}$  length of the connection pipes  $j$  in m

$D_{hBV,j}$  hydraulic diameter of the air supply passage of the connection pipes  $j$  in m

$\sum \zeta_{BV,j}$  sum of coefficients of flow resistance in the air supply passage of the connection pipes  $j$

$\rho_{mBV,j}$  density of the supply air averaged over the length of the connection pipes  $j$  in kg/m<sup>3</sup>

$w_{mBV,j}$  velocity of the supply air based on the average density of the supply air in the connection pipes  $j$  in m/s

$S_{EB}$  flow safety coefficient for the air supply duct

$S_{EMBV,j}$  – коефіцієнт безпеки аеродинамічного опору, що виникає внаслідок поділу потоків припливного повітря у з'єднувальних елементах  $j$  ( $S_{EMBV,j} = S_{EB}$  для  $P_{B32,j} \geq 0$  та  $S_{EMBV,j} = 1,0$  для  $P_{B32,j} < 0$ ) -

$S_{EGBV,j}$  – коефіцієнт безпеки аеродинамічного опору, що виникає внаслідок зміни швидкості потоку у з'єднувальних елементах  $j$  ( $S_{EGBV,j} = S_{EB}$  для  $P_{GBV,j} \geq 0$  і  $S_{EGBV,j} = 1,0$  для  $P_{GBV,j} < 0$ ),-

Зміна тиску внаслідок зміни швидкості потоку у шахті повітропроводу з'єднувальних елементів  $j$   $P_{GBV,j}$  обчислюється за формулою:

$$P_{GBV,j} = \frac{\rho_{mBV,j}}{2} \cdot w_{mBV,j}^2 - \frac{\rho_{mB,j}}{2} \cdot w_{mB,j}^2, \quad \text{Па.} \quad (112)$$

де:

$P_{GBV,j}$  – зміна тиску внаслідок зміни швидкості потоку у повітропроводі з'єднувальних елементів  $j$ , Па

$\rho_{mBV,j}$  – густина припливного повітря по всій довжині з'єднувальних елементів  $j$ ,  $\text{кг/м}^3$

$\rho_{mB,j}$  – густина припливного повітря по всій довжині ділянки димоходу  $j$ ,  $\text{кг/м}^3$

$w_{mBV,j}$  – швидкість припливного повітря базується на підставі середньої густини припливного повітря з'єднувальних елементів  $j$ , м/с

$w_{mB,j}$  – швидкість припливного повітря базується на підставі середньої густини припливного повітря на ділянці димоходу  $j$ , м/с

Втрати тиску  $P_{B32,j}$  внаслідок поділу потоків припливного повітря на вході у шахту

$S_{EGBV,j}$  flow safety coefficient for the pressure resistance due to change of flow velocity in the connection pipes  $j$  ( $S_{EGBV,j} = S_{EB}$  for  $P_{GBV,j} \geq 0$  and  $S_{EGBV,j} = 1,0$  for  $P_{GBV,j} < 0$ ) -

The change of pressure due to change of the flow velocity in the air supply duct of the connection pipes  $j$   $P_{GBV,j}$  shall be calculated with the following formula:

where:

$P_{GBV,j}$  pressure change due to change in velocity of the flow in the air supply passage of the connection pipes  $j$  in Pa

$\rho_{mBV,j}$  density of the supply air averaged over the length of the connection pipes  $j$  in  $\text{kg/m}^3$

$\rho_{mB,j}$  density of the supply air averaged over the length of the chimney segment  $j$  in  $\text{kg/m}^3$

$w_{mBV,j}$  velocity of the supply air based on the average density of the supply air in the connection pipes  $j$  in m/s

$w_{mB,j}$  velocity of the supply air based on the average density of the supply air in the chimney segment  $j$  in m/s

The pressure loss  $P_{B32,j}$  due to the splitting of the air supply in the area of the inlet into the air

повітропроводу з'єднувальних елементів  $j$  supply duct of the connection pipes  $j$  shall be обчислюються за формулами: calculated with the following formula:

$$P_{B32,j} = \zeta_{B32,j} \cdot \frac{\rho_{mB,j}}{2} \cdot w_{mB,j}^2, \quad \text{Па.} \quad (113)$$

із

$$\zeta_{B32,j} = \left[ 1 - 0,3 \cdot \left( \frac{A_B}{A_{BV,j}} \right)^{0,27} \cdot \left( \frac{\dot{m}_{BV,j}}{\dot{m}_{B,j}} \right)^{0,11} \right] \cdot \left[ 1 - 2 \cdot \frac{\dot{m}_{BV,j}}{\dot{m}_{B,j}} \cdot \frac{A_B}{A_{BV,j}} \cdot \cos \gamma_{,j} + \left( \frac{\dot{m}_{BV,j}}{\dot{m}_{B,j}} \cdot \frac{A_B}{A_{BV,j}} \right)^2 \right] \quad (114)$$

де:

$P_{B32,j}$  – втрати тиску внаслідок поділу потоків припливного повітря на вході у шахту повітропроводу на ділянці димоходу  $j+1$ , Па

$w_{mB,j}$  – швидкість припливного повітря базується на підставі середньої густини припливного повітря на ділянці димоходу  $j$ , м/с

$\rho_{mB,j}$  – густина припливного повітря по всій довжині ділянки димоходу  $j$ , кг/м<sup>3</sup>

$A_B$  – площа поперечного перетину повітропроводу димоходу, м<sup>2</sup>

$A_{BV,j}$  – площа поперечного перетину повітропроводу з'єднувальних елементів  $j$ , м<sup>2</sup>

$\dot{m}_{BV,j}$  – масова витрата припливного повітря у з'єднувальних елементах  $j$ , кг/с

$\dot{m}_{B,j}$  – масова витрата припливного повітря на ділянці димоходу  $j$ , кг/с

$\gamma_{,j}$  – кут підключення між шахтою повітропроводу з'єднувальних елементів  $j$  та шахтою повітропроводу на ділянці димоходу  $j$

Необхідно використовувати дані від виробника, якщо вони зазначені.

### 15.10 Густина і швидкість припливного повітря

Where:

$P_{B32,j}$  pressure loss due to the splitting of the air supply in the area of the inlet into the connecting air supply duct of the chimney segment  $j+1$  in Pa

$w_{mB,j}$  velocity of the supply air based on the average density of the supply air in the chimney segment  $j$  in m/s

$\rho_{mB,j}$  density of the supply air averaged over the length of the chimney segment  $j$  in kg/m<sup>3</sup>

$A_B$  cross-sectional area of the air supply passage of the chimney m<sup>2</sup>

$A_{BV,j}$  cross-sectional area of the air supply passage of the connection pipes  $j$  m<sup>2</sup>

$\dot{m}_{BV,j}$  mass flow of the supply air in the connection pipes  $j$  kg/s

$\dot{m}_{B,j}$  mass flow of the supply air in the chimney segment  $j$  kg/s

$\gamma_{,j}$  angle of connection between the air supply duct of the connection pipes  $j$  and the air supply duct of the chimney segment  $j$  -

Where a manufacturer supplies the data for his product, these values shall be used.

### 15.10 Density and velocity of the supply air

**15.10.1** Густина і швидкість припливного повітря у шахті повітропроводу по всій довжині ділянки димоходу.

При розрахунку збалансованого димоходу з однією шахтою для видалення димових газів, що має коефіцієнт теплопередачі не більше або, що дорівнює  $0,65 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$  температура припливного повітря буде варіюватися, тому необхідно послідовно проводити розрахунок густини.

Густина припливного повітря в шахті повітропроводу по всій довжині ділянки димоходу  $j$   $\rho_{\text{мв},j}$  обчислюється за формулою:

$$\rho_{\text{мв},j} = \frac{p_L}{R_L \cdot T_{\text{мв},j}}, \quad \text{кг/м}^3. \quad (115)$$

де:

$\rho_{\text{мв},j}$  – густина припливного повітря у шахті повітропроводу по всій довжині ділянки димоходу  $j$ ,  $\text{кг/м}^3$

$p_L$  – тиск зовнішнього повітря, Па

$R_L$  – газова стала повітря,  $\text{Дж/кг}\cdot\text{К}$

$T_{\text{мв},j}$  – температура припливного повітря у шахті повітропроводу на ділянці димоходу  $j$ , К

Швидкість припливного повітря у шахті повітропроводу по всій довжині ділянки  $j$  димоходу  $w_{\text{мв},j}$  обчислюється за формулою:

$$w_{\text{мв},j} = \frac{\dot{m}_{\text{в},j}}{A_{\text{в},j} \cdot \rho_{\text{мв},j}}, \quad \text{м/с}. \quad (116)$$

де:

$w_{\text{мв},j}$  – швидкість припливного повітря у шахті повітропроводу по всій довжині

**15.10.1** Density and velocity of the supply air in the air supply duct averaged over the length of the chimney segment

When calculating a balanced flue chimney with a flue duct with a thermal resistance less than or equal to  $0,65 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  the temperature of the supply air varies and consequently the density needs to be calculated.

The density of the supply air in the air supply duct averaged over the length of the chimney segment  $j$   $\rho_{\text{мв},j}$  shall be calculated with the following formula:

where:

$\rho_{\text{мв},j}$  density of the supply air in the air supply duct averaged over the length of the chimney segment  $j$  in  $\text{kg/m}^3$

$p_L$  pressure of the external air in Pa

$R_L$  gas constant of the air in  $\text{J/kg}\cdot\text{K}$

$T_{\text{мв},j}$  temperature of the supply air in the air supply duct of chimney segment  $j$  in K

The velocity of the supply air in the air supply duct averaged over the length of the chimney segment  $j$   $w_{\text{мв},j}$  shall be calculated using the following formula:

where:

$w_{\text{мв},j}$  velocity of the supply air in the air supply duct averaged over the length of chimney

ділянки димоходу  $j$ , Дж/кг·К  
 $\dot{m}_{B,j}$  – масова витрата припливного повітря у шахті повітропроводу на ділянці димоходу  $j$ , К  
 $A_{B,j}$  – площа поперечного перетину повітропроводу на ділянці димоходу  $j$ , Па  
 $\rho_{mB,j}$  – густина припливного повітря у шахті повітропроводу по всій довжині ділянки димоходу  $j$ , кг/м<sup>3</sup>

segment  $j$  in J /kg·K  
 $\dot{m}_{B,j}$  mass flow of the supply air in the air supply duct of chimney segment  $j$  in K  
 $A_{B,j}$  cross-sectional area of the air supply passage of the chimney segment  $j$  in Pa  
 $\rho_{mB,j}$  density of the supply air in the air supply duct averaged over the length of the chimney segment  $j$  in kg/m<sup>3</sup>

**15.10.2** Густина і швидкість припливного повітря по всій довжині з'єднувальних елементів  
 При розрахунку збалансованих димоходів з однією шахтою для видалення димових газів з коефіцієнтом теплопередачі не більшим або, що дорівнює 0,65 Вт/м<sup>2</sup>·К температура припливного повітря буде варіюватися, тому необхідно послідовно проводити розрахунок густини. Густина припливного повітря по всій довжині з'єднувальних елементів  $j$   $\rho_{mBV,j}$  обчислюється за формулою:

**15.10.2** Density and velocity of the supply air averaged over the length of the connection pipes  
 When calculating a balanced flue chimney with a flue duct with a thermal resistance less than or equal to 0,65 W/m<sup>2</sup>·K the temperature of the supply air varies and consequently the density needs to be calculated. The density of the supply air averaged over the length of the connection pipes  $j$   $\rho_{mBV,j}$  shall be calculated with the following formula:

$$\rho_{mBV,j} = \frac{p_L}{R_L \cdot T_{mB,j}}, \quad \text{кг/м}^3. \quad (117)$$

де:  
 $\rho_{mBV,j}$  – густина припливного повітря у шахті повітропроводу по всій довжині ділянки димоходу  $j$ , кг/м<sup>3</sup>  
 $p_L$  – тиск зовнішнього повітря, Па  
 $R_L$  – газова стала повітря, Дж/кг К  
 $T_{mBV,j}$  – температура припливного повітря у шахті повітропроводу на ділянці димоходу  $j$ , К

where:  
 $\rho_{mBV,j}$  density of the supply air in the air supply duct averaged over the length of the chimney segment  $j$  in kg/m<sup>3</sup>  
 $p_L$  pressure of the external air in Pa  
 $R_L$  gas constant of the air in J /kg K  
 $T_{mBV,j}$  temperature of the supply air in the air supply duct of chimney segment  $j$  in K

Швидкість припливного повітря по всій довжині з'єднувальних елементів  $j$   $w_{mBV,j}$  обчислюється за формулою:

The velocity of the supply air averaged over the length of the connection pipes  $j$   $w_{mBV,j}$  shall be calculated using the following formula:

$$w_{mBV,j} = \frac{\dot{m}_{BV,j}}{A_{BV,j} \cdot \rho_{mBV,j}}, \quad \text{м/с.} \quad (118)$$

де:

$w_{mBV,j}$  – швидкість припливного повітря по всій довжині з'єднувальних елементів  $j$ , J/kg·K

$\dot{m}_{BV,j}$  – масова витрата припливного повітря у шахті повітропроводу з'єднувальних елементів  $j$ , К

$A_{BV,j}$  – площа поперечного перетину повітропроводу з'єднувальних елементів  $j$ , Па

$\rho_{mBV,j}$  – густина припливного повітря по всій довжині з'єднувальних елементів  $j$ , кг/м<sup>3</sup>

where:

$w_{mBV,j}$  velocity of the supply air averaged over the length of the connection pipes  $j$  in J/kg·K

$\dot{m}_{BV,j}$  mass flow of the supply air in the air supply duct of the connection pipes  $j$  in K

$A_{BV,j}$  cross-sectional area of the air supply passage of the connection pipes  $j$  in Pa

$\rho_{mBV,j}$  density of the supply air averaged over the length of the connection pipes  $j$  in kg/m<sup>3</sup>

**РЕКОМЕНДАЦІЇ**

Проектування конструкцій димоходів з підключенням декількох теплогенераторів вимагає досвіду. Тут наведено вказівки, які, необхідно врахувати при проведенні розрахунку.

**A.1 Рекомендації відносно димоходів і теплогенераторів**

Теплогенератор, який тривалий час не експлуатується, має закриватися клапаном або шибером для перекриття димових газів, якщо це допустимо. Ці пристрої повинні закриватися, коли горіння не відбувається. У всіх випадках дверцята камер згоряння й отвори для подачі припливного повітря у теплогенератори повинні бути закритими.

**A.2 Рекомендації відносно з'єднувальних елементів**

З'єднувальні елементи повинні бути вертикальними й підключатися безпосередньо від виходу з теплогенератора до входу в димохід. Якщо з'єднувальний елемент розташовується не вертикально від теплогенератора до димоходу його довжина не повинна перевищувати 0,5 м. Вертикально розташована ділянка з'єднувального елемента повинна перевищувати половину повної довжини. Повна довжина з'єднувального елемента не повинна перевищувати 2,5 м.

Поперечний перетин з'єднувального елемента повинен бути однаковим по формі

**Recommendations**

The design of chimneys serving more than one heating appliance needs some experience. Some recommendations are provided here. These recommendations should be taken into account during the calculation if they are relevant.

**A.1 Recommendations for the chimney and heating appliances:**

– Heating appliances which are out of action over a longer time period should be closed with shut-off devices or dampers where this is allowed. These devices should be closed during periods when no combustion takes place. In any case, however, doors for the combustion chamber and openings for air supply of the heating appliances should be closed.

**A.2 Recommendations for connecting flue pipes:**

Connecting flue pipes should rise vertically and directly from the appliance outlet towards the chimney. Where the connecting flue pipe does not rise vertically and directly from the appliance outlet its length should not exceed 0,5 m. The vertically rise directly from the appliance outlet should exceed half of the total length. The total length of the connecting flue pipe should not exceed 2,5 m.

The free cross section of connecting flue pipes should be constant in form and size and have as

й розмірам і мати як мінімум той самий еквівалентний діаметр, що й на виході димових газів з теплогенератора. Якщо два теплогенератори підключаються до димоходу одним загальним з'єднувальним елементом, то поперечний перетин загального з'єднувального елемента розраховується за методикою розрахунку, що наданий в цьому стандарті, з урахуванням суми умовної теплової потужності обох теплогенераторів.

a minimum the same hydraulic diameter as the flue gas outlet of the heating appliance. In case two heating appliances are connected to a chimney by only one connecting flue pipe, the free cross area of the common pipe section should be calculated according to the calculation method given in this standard regarding the sum of the nominal heat outputs of both heating appliances.



**ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ТЕПЛОГЕНЕРАТОРІВ**

Якщо виробником не задані значення коефіцієнтів  $b_0$ ,  $b_1$  і  $b_2$ , та значення коефіцієнтів  $y_0$ ,  $y_1$ ,  $y_2$  для застосування у формулах 10 і 11, та наведені показники димових газів, слід користуватись таблицею В.1; та таблицею В.2, якщо показники димових газів відсутні.

**Таблиця В.1 – Параметри димових газів теплогенераторів з наданими виробником показниками димових газів**

**Characteristics for the heating appliance**

In case the factors  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  and the factors  $y_0$ ,  $y_1$ ,  $y_2$  used in formulae 10 and 11 are not specified by the manufacturer of the heating appliances Table B.1 should be used in case relevant flue gas values are available; Table B.2 should be used in case no flue gas values are given.

**Table B.1 – Specification of flue gas characteristics of heating appliances with available flue gas values**

Джерело тепла	Умови експлуатації	$P_{Wc,j}$					$t_{Wc,j}$			Heating appliance
		$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$y_0$	$y_1$	$y_2$	
Теплогенератори на твердому паливі без вентилятора	включено	0	0	0	0	$P_{W,j}$	0	$t_{W,j}$	0,8	Heating appliances fired for solid fuels without fan
	виключено	0	0	$P_{W,j}$	0	0	$t_{uV,j}$	0	0	
Теплогенератори на рідкому паливі без вентилятора	включено	0	0	$P_{W,j}$	0	0	$t_{W,j}$	0	0	Heating appliances fired for liquid fuels without fan
	виключено	0	0	$P_{W,j}$	0	0	$t_{uV,j}$	0	0	
Теплогенератори на газі з стабілізатором потоку	включено	0	0	$P_{W,j}$	0	0	$t_{uV,j}$	$t_{W,j}-t_{uV,j}$	-1	Heating appliances with draught diverters for gaseous fuels
	виключено	0	0	$P_{W,j}$	0	0	$t_{uV,j}$	0	0	
Теплогенератор на газі без стабілізатора потоку, з вентилятором	включено	$-P_{WG,j}$	0	$P_{W,j}+P_{WG,j}$	0	0	$t_{W,j}$	0	0	Heating appliances without draught diverters for gaseous fuels with fan
	виключено	0	0	$P_{W,j}+P_{WG,j}$	0	0	$t_{uV,j}$	0	0	

де:

$t_{uV,j}$  – температура оточуючого повітря котельні

$t_{W,j}$  – температура димових газів теплогенератора  $j$

$P_{W,j}$  – необхідна тяга у теплогенераторі  $j$

$P_{WG,j}$  – гарантована різниця тисків, забезпечена вентилятором при умовній тепловій потужності

Where:

$t_{uV,j}$  ambient air temperature of the boiler room

$t_{W,j}$  flue gas temperature of the appliance  $j$

$P_{W,j}$  minimum draught for the heating appliance  $j$

$P_{WG,j}$  guaranteed pressure difference created by the fan at nominal heat output

Таблиця В.2 – Параметри димових газів від теплогенераторів, для яких не надані дані по димовим газам							Table B.2 – Specification of flue gas characteristics of heating appliances without available flue gas values					
Джерело тепла	Умова експлуатації Working condition	$P_{w,c,j}$					$t_{w,c,j}$			$m_{w,j}/Q_{N,j}$ г/(с*кВт)	$(CO_2)_{w,j}$ %	Heating appliance
		$b_0$ , Па	$b_1$ , Па	$b_2$ , Па	$b_3$ , Па	$b_4$ , Па	$y_0$ , °C	$y_1$ , °C	$y_2$ , °C			
Теплогенератори на твердому паливі без вентилятора	включено	0	0	0	0	9	0	250	0,8	1,2	8,1	Heating appliances fired for solid fuels without fan
	виключено	0	0	13,5	0	0	$t_{uV,j}$	0	0	1,2	0	
Теплогенератори на рідкому паливі без вентилятора	включено	0	0	9	0	0	250	0	0	0,85	0,7	Heating appliances fired for liquid fuels without fan
	виключено	0	0	13,5	0	0	$t_{uV,j}$	0	0	0,85	0	
Теплогенератори на газі з стабілізатором потоку	включено	0	0	3,1	0	0	$t_{uV,j}$	130- $t_{uV,j}$	0	0,84	5,4	Heating appliances with draught diverters for gaseous fuels
	виключено	0	0	3,6	0	0	$t_{uV,j}$	0	0	0,84	0	
Теплогенератори на газі без стабілізатора потоку, з вентилятором	включено	-50	0	50	0	0	$t_{w,j}$	0	0	-	-	Heating appliances without draught diverters for gaseous fuels with fan
	виключено	0	0	50	0	0	$t_{uV,j}$	0	0	-	-	

## Бібліографія

- EN 1443:2003 Chimneys – General requirements. (Димоходи – Загальні вимоги)
- EN 13384-1:2008 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).
- EN 15287-1:2007 Chimneys – Design, installation and commissioning of chimneys – Part 1: Chimneys for non-roomsealed heating appliances (Димоходи – Конструкція, монтаж та введення в експлуатацію димоходів – Частина 1: Димоходи для теплогенераторів відкритого типу).
- EN 15287-2:2008 Chimneys – Design, installation and commissioning of chimneys – Part 2: Chimneys for roomsealed appliances. (Димоходи – Конструкція, монтаж та введення в експлуатацію димоходів – Частина 2: Димоходи для теплогенераторів закритого типу).

---

Код УКНД 91.060.40

Ключові слова: димоходи, димові гази, теплогенератор, каскадне підключення, збалансовані димоходи, надлишковий тиск, розрідження, аеродинамічний опір

---