

**НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ**

**Системи теплозабезпечення будівель**

**МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЕНЕРГОПОТРЕБИ  
ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ**

**Частина 2-3. Теплорозподілення в системі опалення  
(EN 15316-2-3:2007, IDT)**

**ДСТУ Б EN 15316-2-3:2011**

**Київ**

**Мінрегіон України**

**2012**

## ПЕРЕДМОВА

1 ВНЕСЕНО: ТК 306 "Інженерні мережі та споруди", ДІ "УкрНДІводоканалпроект" за участю "Данфосс ТОВ"

ПЕРЕКЛАД І НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ РЕДАГУВАННЯ: **В. Пирков**, канд. техн. наук; **О. Сізов**, канд. техн. наук (науковий керівник); **Н. Сізова**

2 ЗАТВЕРДЖЕНО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ:

наказ Міністерства України від 30.12.2011 р. № 433 та від 12.06.2012 р. № 300, чинний з 2013-01-01

3 Національний стандарт відповідає EN 15316-2-3:2007 "Heating systems in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies - Part 2-3: Space heating distribution systems" (Системи теплозабезпечення будівель. Методика розрахунку енергопотреби та енергоефективності системи. Частина 2-3. Теплорозподілення в системі опалення)

Ступінь відповідності - ідентичний (IDT)

Переклад з англійської (en)

Цей стандарт видано з дозволу CEN

4 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ

## ЗМІСТ

## CONTENTS

	с.	page
Національний вступ .....	V	
Вступ .....	VI	Introduction .....
1 Сфера застосування.....	1	1 Scope .....
2 Нормативні посилання.....	3	2 Normative references .....
3 Терміни та визначення понять .....	3	3 Terms and definitions, symbols and units .....
4 Умовні позначки, одиниці виміру та індекси .....	8	4 Symbols, units and indices .....
5 Засади методу та визначення .....	11	5 Principle of the method and definitions .....
6 Потреба у додатковій енергії .....	14	6 Auxiliary energy demand.....
6.1 Загальні положення.....	14	6.1 General .....
6.2 Проектна гідравлічна потужність .....	15	6.2 Design hydraulic power .....
6.3 Детальний розрахунковий метод	17	6.3 Detailed calculation method.....
6.4 Відхилення від детального розрахункового методу .....	29	6.4 Deviations from the detailed calculation method .....
6.5 Місячна потреба у додатковій енергії .....	31	6.5 Monthly auxiliary energy demand .
6.6 Додаткова енергія, яку утилізують .....	31	6.6 Recoverable auxiliary energy.....
7 Регулярні тепловтрати теплорозподільної складової системи .....	32	7 System thermal loss of distribution systems .....
7.1 Загальні положення.....	32	7.1 General .....
7.2 Детальний розрахунковий метод	32	7.2 Detailed calculation method.....
7.3 Розрахунок лінійного коефіцієнта теплопередачі, Вт/(м·К).....	36	7.3 Calculation of linear thermal transmittance [W/mK] .....
7.4 Розрахунок осередненої неповноти навантаження теплорозподільної складової системи в зоні.....	38	7.4 Calculation of mean part load of distribution per zone .....
8 Розрахунок темпе-ратури в подавальному та зворотному трубопроводах залежно від осередненої неповноти навантаження теплорозподільної складової системи.....	38	8 Calculation of supply and return temperature depending on mean part load of distribution .....
8.1 Тепловий розрахунок опалювальних приладів .....	38	8.1 Temperature calculation of heat emitters.....
8.2 Вплив байпаса.....	41	8.2 Effect of by-pass connections .....
8.3 Вплив змішувального клапана ...	42	8.3 Effect of mixing valves .....
8.4 Паралельне з'єднання розподільних контурів .....	43	8.4 Parallel connection of distribution circuits .....
8.5 Первинні контури .....	44	8.5 Primary circuits .....

Додаток А	Annex A
Переважний порядок розрахунків ....45	Preferred procedures ..... 45
А.1 Спрощений розрахунковий метод визначення річної потреби у додатковій енергії.....45	A.1 Simplified calculation method for determination of annual auxiliary energy demand ..... 45
А.2 Табличний розрахунковий метод для визначення річної потреби у додатковій енергії.....52	A.2 Tabulated calculation method for determination of annual auxiliary energy demand ..... 52
А.3 Спрощений розрахунковий метод для визначення річних регулярних тепловтрат .....57	A.3 Simplified calculation method for determination of annual system thermal loss ..... 57
А.4 Табличний розрахунковий метод визначення річних регулярних тепловтрат .....63	A.4 Tabulated calculation method for determination of annual system thermal loss ..... 63
А.5 Приклад .....66	A.5 Example..... 66
Додаток НА	
Перелік національних стандартів України (ДСТУ), ідентичних міжнародним та європейським стандартам, посилання на які є в EN 15316-2-3:2007 .....69	
Бібліографія.....70	Bibliography..... 70

## НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей стандарт є тотожним перекладом EN 15316-2-3:2007, Heating systems in buildings - Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies - Part 2-3: Space heating distribution systems - Part 1: General (Системи теплозабезпечення будівель. Методика розрахунку енергопотреби та енергоефективності системи. Частина 2-3. Теплорозподілення в системі опалення).

EN 15316-2-3:2007 підготовлено Технічним комітетом CEN/TC 228 "Heating systems in buildings" (Системи опалення будівель), секретаріатом якого керує DS.

До національного стандарту долучено англomовний текст.

На території України як національний стандарт діє ліва колонка тексту ДСТУ Б EN 15316-2-3:2011 "Системи теплозабезпечення будівель. Методика розрахунку енергопотреби та енергоефективності системи. Частина 2-3. Теплорозподілення в системі опалення (EN 15316-2-3:2007, IDT)", викладена українською мовою.

Згідно з ДБН А.1.1-1-93 "Система стандартизації та нормування в будівництві. Основні положення" цей стандарт відноситься до комплексу В.2.5 "Технічні НД. Об'єкти будівництва. Інженерне обладнання будинків і споруд. Внутрішні системи та обладнання".

Стандарт містить вимоги, які відповідають чинному законодавству.

Технічний комітет, відповідальний за цей стандарт, - ТК 306 "Інженерні мережі та споруди".

До стандарту внесено такі редакційні зміни:

- слова "цей європейський стандарт" замінено на "цей стандарт";
- структурні елементи цього стандарту - "Обкладинка", "Передмова", "Національний вступ", "Терміни та визначення понять", "Умовні позначки, одиниці виміру та індекси" та "Бібліографічні дані" - оформлено згідно з вимогами національної стандартизації України;
- з передмови до європейського стандарту EN 15316-2-3:2007 у цей структурний елемент "Національний вступ" взяте те, що безпосередньо стосується цього стандарту.

Перелік національних стандартів України (ДСТУ), ідентичних міжнародним та європейським стандартам, посилання на які є в EN 15316-2-3:2007, наведено у національному додатку НА.

## ВСТУП

У розподільній складовій системі теплозабезпечення будівлі енергію транспортують за допомогою рідини від місця генерування теплоти до місця тепловіддачі. Оскільки тепло-розподільна складова системи не є адіабатичною, частина перенесеної енергії виділяється (розсіюється) в навколишнє середовище. Енергія також потрібна для розподілення теплоносія-рідини в розподільній складовій системі. У більшості випадків це електрична енергія, яка потрібна для циркуляційних насосів. Це приводить до додаткової потреби в тепловій та електричній енергії.

Теплова енергія, яка виділяється (розсіюється) теплорозподільною складовою системи, та електрична енергія, яка потрібна для розподілення теплоносія, може бути частково утилізованою як теплота, якщо теплорозподільна складова системи знаходиться всередині теплової оболонки опалюваної будівлі.

Цей стандарт надає три методи розрахунку.

## INTRODUCTION

In a distribution system, energy is transported by a fluid from the heat generation to the heat emission. As the distribution system is not adiabatic, part of the energy carried is emitted to the surrounding environment. Energy is also required to distribute the heat carrier fluid within the distribution system. In most cases this is electrical energy required by the circulation pumps. This leads to additional thermal and electrical energy demand.

The thermal energy emitted by the distribution system and the electrical energy required for the distribution, may partially be recovered as heat, if the distribution system is placed inside the heated envelope of the building.

This European Standard provides three methods of calculation.

Детальний метод розрахунку описує основи та фізичне обґрунтування загального методу розрахунку. Необхідні вхідні дані, що є частиною детальних проектних даних, є доступними: довжина трубопроводу, тип теплоізоляції, характеристики насосів тощо. Детальний метод розрахунку забезпечує найбільш точні значення енергопотреби та тепловіддачі.

У спрощеному розрахунковому методі деякі припущення, зроблені для найбільш характерних випадків, знижують потребу у вхідних даних (наприклад, довжина трубопроводу розрахована виходячи із зовнішніх розмірів будівлі та приблизної ефективності насосів). Цей метод може застосовуватись навіть при деяких початкових даних (загальний розрахунок на ранніх етапах проектування). При використанні спрощеного методу розрахунку розрахована енергопотреба є взагалі завищеною ніж енергопотреба, яку розраховано за детальним методом. Припущення для спрощеного методу розрахунку залежать від національних особливостей проектування і внаслідок цього цей метод є довідковою частиною додатка А.

The detailed calculation method describes the basics and the physical background of the general calculation method. The required input data are part of the detailed project data assumed to be available (such as length of pipes, type of insulation, manufacturer's data for the pumps etc.). The detailed calculation method provides the most accurate energy demand and heat emission.

For the simplified calculation method, some assumptions are made for the most relevant cases, reducing the required input data (e.g. the lengths of pipes are calculated by approximations depending on the outer dimensions of the building and efficiency of pumps is approximated). This method may be applied if only few data are available (in general at an early stage of design). With the simplified calculation method, the calculated energy demand is generally higher than the calculated energy demand by the detailed calculation method. The assumptions made for the simplified method depend on national design, and therefore this method is part of informative Annex A.

Табличний метод розрахунку базується на спрощеному розрахунковому методі з деякими додатковими припущеннями. Для цього методу необхідні тільки вхідні дані, що мають найбільшу впливовість. Подальші припущення, які приймають при використанні цього методу, також залежать від національних особливостей проектування, внаслідок чого табличний метод також є довідковою частиною додатка А.

Інші фактори впливу, які не відображені табличними даними, повинні визначатись за спрощеним або детальним розрахунковими методами. Енергопотреба, визначена табличним методом розрахунку, у більшості випадків є завищеною порівняно з енергопотребою, визначеною за спрощеним розрахунковим методом. Використання цього методу можливе при мінімальній кількості вхідних даних.

Загальний розрахунковий метод потреби в електричній енергії для насосів складається з двох частин. Перша з них є розрахунком гідравлічної потреби розподільної складової системи, а друга є розрахунком коефіцієнта використання енергії насосом. Тут

The tabulated calculation method is based on the simplified calculation method, with some further assumptions being made. Only input data for the most important influences are required with this method. The further assumptions made for this method depend on national design as well, and therefore the tabulated method is also part of informative Annex A.

Other influences, which are not reflected by the tabulated values, shall be calculated by the simplified or the detailed calculation method. The energy demand determined from the tabulated calculation method is generally higher than the calculated energy demand by the simplified calculation method. Use of this method is possible with a minimum of input data.

The general calculation method for the electrical energy demand of pumps consists of two parts. The first part is calculation of the hydraulic demand of the distribution system, and the second part is calculation of the expenditure energy factor of the pump. Here, it is possible to



можливе об'єднання детального та спрощеного розрахункових методів. Наприклад, розрахунок втрат тиску та витрати може виконуватись за детальним методом розрахунку, а визначення коефіцієнта використання енергії - за спрощеним розрахунковим методом (якщо доступні дані по будівлі та недоступні дані по насосу) або навпаки.

У національних додатках як спрощений, так і табличний розрахункові методи можуть бути використані з урахуванням відповідних граничних умов для кожної країни, сприяючи спрощенню розрахунків та прискоренню отримання результатів. У національних додатках допускається змінювати тільки граничні умови та інші припущення. Розрахунковий метод слід застосовувати в тому вигляді, як його представлено в стандарті.

Частина додаткової енергії, яку утилізують, потребує задання її фіксованим відношенням, внаслідок чого її також легко визначити.

combine the detailed and the simplified calculation method. For example, calculation of pressure loss and flow may be done by the detailed calculation method and calculation of the expenditure energy factor may be done by the simplified calculation method (when the data of the building are available and the data of the pump are not available) or vice versa.

In national annexes, the simplified calculation method as well as the tabulated calculation method could be applied through a.o. relevant boundary conditions of each country, thus facilitating easy calculations and quick results. In national annexes, it is only allowed to change the boundary conditions and other assumptions. The calculation methods as described are to be applied.

The recoverable part of the auxiliary energy demand is given as a fixed ratio and is therefore also easy to determine.



## НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

Системи теплозабезпечення будівель

### МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЕНЕРГОПОТРЕБИ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ

Частина 2-3. Теплорозподілення в системі опалення

Системы теплообеспечения зданий

### МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭНЕРГОПОТРЕБНОСТИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ

Часть 2-3. Теплораспределение в системе отопления

Heating systems in buildings

### METHOD FOR CALCULATION OF SYSTEM ENERGY REQUIREMENTS AND SYSTEM EFFICIENCIES

Part 2-3. Space heating distribution systems

Чинний від **2013-01-01**

#### 1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Цей стандарт визначає методику розрахунку/ оцінки регулярних тепловтрат при розподіленні теплоти системою водяного опалення та потреби у додатковій енергії, а також частини кожного виду енергії, яку утилізують. Фактично утилізована енергія залежить від відношення теплонадходження до тепловтрат. Цей стандарт забезпечує різні ступені точності, які відповідають потребі користувачів та кількості вхідних даних, що доступні на кожному з етапів проектування, за допомогою різних розрахункових

#### 1 SCOPE

This European Standard provides a methodology to calculate/estimate the system thermal loss of water based distribution systems for heating and the auxiliary energy demand, as well as the recoverable part of each. The actual recovered energy depends on the gain to loss ratio. Different levels of accuracy, corresponding to the needs of the user and the input data available at each design stage of the project, are provided in this European Standard by different calculation methods, i.e. a detailed calculation method, a simplified calculation method

методів. Наприклад, детальний розрахунковий метод, спрощений розрахунковий метод та метод, що базується на табличних даних. Загальний метод розрахунку може застосовуватись з будь-яким часовим інтервалом (година, день, місяць або рік).

Довжину трубопроводів для децентралізованого теплопостачання обладнання систем повітряного опалення нежитлових будівель розраховують як для водяних систем опалення. Для централізованого теплопостачання обладнання систем повітряного опалення нежитлових будівель довжину цих трубопроводів визначають відповідно до їх розташування.

**Примітка.** Можливим є розрахунок регулярних тепловтрат та потреби в додатковій енергії для систем охолодження за такими ж розрахунковими методами, які представлені в цьому стандарті. Зокрема, визначення потреби у додатковій енергії базується на тих самих припущеннях про ефективність насосів, оскільки характеристика коефіцієнта корисної дії є приблизно відповідною для вбудованих та зовнішніх двигунів. Група стандартизації

and a method based on tabulated values. The general method of calculation can be applied for any time-step (hour, day, month or year).

Pipework lengths for the heating of decentralised, non-domestic ventilation systems equipment are to be calculated in the same way as for water based heating systems. For centralised, non-domestic ventilation systems equipment, the length is to be specified in accordance with its location.

**Note:** It is possible to calculate the system thermal loss and auxiliary energy demand for cooling systems with the same calculation methods as shown in this European Standard. Specifically, determination of auxiliary energy demand is based on the same assumptions for efficiency of pumps, because the efficiency curve applied is an approximation for in-line and external motors. It needs to be decided by the standardization group of CEN, whether or not the extension for

Європейського комітету зі стандартизації (CEN) приймає рішення щодо розширення положень цього стандарту відносно систем охолодження. Це також має відношення до гідравлічного розподілення у системах ОВКП (опалення, вентиляції та кондиціонування повітря), у тому числі з використанням спеціальних рідин.

## **2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ**

Наведені нижче стандарти, на які зроблені посилання, є обов'язковими для застосування цього стандарту. Для датованих посилань чинні тільки наведені видання. Для недатованих посилань чинним є останнє видання (включаючи будь-які зміни).

EN 12831 Системи опалення будівель. Метод розрахунку проектноі потужності

## **3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ**

У цьому стандарті застосовані наступні терміни та визначення.

### **3.1 інженерна система будівлі**

Технічне обладнання для опалення, охолодження, вентиляції, гарячого водопостачання (ГВП), освітлення та виробництва електроенергії, яке ском-

cooling systems should be made in this European Standard. This is also valid for distribution systems in HVAC (in ducts) and also for special liquids.

## **2 NORMATIVE REFERENCES**

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

EN 12831, Heating systems in buildings - Method for calculation of the design heat load

## **3 TERMS AND DEFINITIONS, SYMBOLS AND UNITS**

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

### **3.1 technical building system**

technical equipment for heating, cooling, ventilation, domestic hot water, lighting and electricity production composed by sub-systems

поноване у функціональні складові системи.

**Примітка 1.** Інженерна система будівлі може відноситись до однієї або декількох комунальних послуг (наприклад, система теплозабезпечення відноситься до опалення та ГВП).

**Примітка 2.** Виробництво електроенергії може включати когенерацію та фотогальванічні пристрої

### **3.2 функціональна складова інженерної системи будівлі**

Частина інженерної системи будівлі, що виконує окрему функцію (наприклад, генерування теплоти, теплорозподілення, тепловіддача)

#### **3.3 опалення**

Процес подачі теплоти для створення теплового комфорту

#### **3.4 додаткова енергія**

Електрична енергія, яку споживають інженерні системи будівлі при опаленні, охолодженні, вентиляції та/або ГВП для сприяння перетворенню енергії на задоволення енергопотреб.

**Примітка 1.** Ця енергія включає енергію для вентиляторів, насосів, електроніки тощо. Електрична енергія, що надходить до системи вентиляції

**Note 1.** A technical building system can refer to one or to several building services (e.g. heating system, space heating and domestic hot water system).

**Note 2.** Electricity production can include cogeneration and photovoltaic systems.

### **3.2 technical building subsystem**

part of a technical building system that performs a specific function (e.g. heat generation, heat distribution, heat emission)

#### **3.3 space heating**

process of heat supply for thermal comfort

#### **3.4 auxiliary energy**

electrical energy used by technical building systems for heating, cooling, ventilation and/or domestic hot water to support energy transformation to satisfy energy needs

**Note 1.** This includes energy for fans, pumps, electronics etc. Electrical energy input to the ventilation system for air transport and heat recovery is not considered as auxiliary energy, but as energy use for ventila-

tion.

ДСТУ Б EN 15316-2-3:2011

для транспортування повітря та утилізації теплоти, не розглядається як додаткова енергія, а як енергоспоживання при вентиляції.

**Примітка 2.** У ISO 9488 енергія, що використовується насосами та запірно-регулювальною арматурою, названа "паразитною енергією"

### **3.5 утилізація теплоти**

Отримання теплоти інженерною системою будівлі або поєднаною з експлуатацією будівлі системою (наприклад, ГВП), яку використано безпосередньо цією системою для зменшення теплоспоживання і запобігання марним тепловтратам (наприклад, через теплообмінник попередній підігрів продуктами згоряння повітря для горіння)

### **3.6 регулярні тепловтрати**

Тепловтрати інженерних систем будівлі: опалення, охолодження, ГВП, зволоження, осушення або вентиляція, що не здійснюють внеску до корисної віддачі системи.

**Примітка.** Теплову енергію, утилізовану безпосередньо у функціональній складовій системи, розглядають не як регулярні тепловтрати, а як утилізовану теплоту, яку безпосередньо визначають у відповідному системному стандарті

**Note 2.** In EN ISO 9488, the energy used for pumps and valves is called "parasitic energy".

### **3.5 heat recovery**

heat generated by a technical building system or linked to a building use (e.g. domestic hot water) which is utilised directly in the related system to lower the heat input and which would otherwise be wasted (e.g. preheating of the combustion air by flue gas heat exchanger)

### **3.6 system thermal loss**

thermal loss from a technical building system for heating, cooling, domestic hot water, humidification, dehumidification, ventilation or lighting that does not contribute to the useful output of the system

**Note:** Thermal energy recovered directly in the sub-system is not considered as a system thermal loss but as heat recovery and is directly treated in the related system standard.



**3.7 регулярні тепловтрати, які утилізують**

Частина регулярних тепловтрат, що можуть бути утилізовані для зниження енергопотреби для опалення чи охолодження, або енергоспоживання системи опалення чи охолодження

**3.8 регулярні утилізовані тепловтрати**

Частина регулярних тепловтрат, що були утилізовані для зниження енергопотреби для опалення чи охолодження, або енергоспоживання системи опалення чи охолодження

**3.9 розрахунковий інтервал**

Дискретний інтервал часу для розрахунків енергопотреби та енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, зволоженні та осушенні

**Примітка.** Типовими дискретними інтервалами часу є одна година, один місяць або один опалювальний період та/або період охолодження, робочі режими та інтервали (за bin-методом)

**3.10 розрахунковий період**

Період часу, для якого здійснено розрахунок.

**Примітка.** Розрахунковий період може бути розбитий на розрахункові інтервали

**3.7 recoverable system thermal loss**

part of the system thermal loss which can be recovered to lower either the energy need for heating or cooling or the energy use of the heating or cooling system

**3.8 recovered system thermal loss**

part of the recoverable system thermal loss which has been recovered to lower either the energy need for heating or cooling or the energy use of the heating or cooling system

**3.9 calculation step**

discrete time interval for the calculation of the energy needs and uses for heating, cooling, humidification and dehumidification

**Note:** Typical discrete time intervals are one hour, one month or one heating and/or cooling season, operating modes and bins.

**3.10 calculation period**

period of time over which the calculation is performed

**Note:** The calculation period can be divided into a number of calculation steps.

### 3.11 опалювальний період або період охолодження

Період року, протягом якого є потреба в суттєвій кількості енергії для опалення або охолодження.

**Примітка.** Тривалість періодів (опалення та охолодження) використовують для визначення тривалості періодів роботи інженерних систем.

## 4 УМОВНІ ПОЗНАКИ, ОДИНИЦІ ВИМІРУ ТА ІНДЕКСИ

У цьому стандарті застосовано наступні умовні позначки, одиниці виміру та індекси.

### *Умовні позначки та одиниці виміру*

$A_{h,z}$	площа опалюваної зони, м <sup>2</sup>
$c$	питома теплоємність, Дж/(кг·К)
$e_{dis}$	коефіцієнт витрати енергії при роботі циркуляційного насоса
$f_S$	поправочний коефіцієнт, що враховує регулювання температури теплоносія на вході
$f_{NET}$	поправочний коефіцієнт, що враховує схему розводки системи
$f_{SD}$	поправочний коефіцієнт, що враховує площу нагрівальної поверхні
$f_{HB}$	поправочний коефіцієнт, що враховує гідравлічну збалансованість
$f_{G,PM}$	поправочний коефіцієнт, що враховує наявність управління насосом, убудованим в теплогенератор
$f_{PL}$	поправочний коефіцієнт, що враховує параметри часткового навантаження
$f_c$	поправочний коефіцієнт, що враховує тип регулювання насоса

### 3.11 heating or cooling season

period of the year during which a significant amount of energy for heating or cooling is needed

**Note:** The season lengths are used to determine the operation period of technical systems.

## 4 SYMBOLS, UNITS AND INDICES

For the purposes of this document, the following symbols and units and indices apply.

### *Symbols and units*

$A_{h,z}$	Heated floor in the zone, m <sup>2</sup>
$c$	Specific heat capacity, J/kg·K
$e_{dis}$	Expenditure energy factor for operation of circulation pump
$f_S$	Correction factor for supply flow temperature control
$f_{NET}$	Correction factor for hydraulic networks (layout)
$f_{SD}$	Correction factor for heating surface design
$f_{HB}$	Correction factor for hydraulic balance
$f_{G,PM}$	Correction factor for generators with integrated pump management
$f_{PL}$	Correction factor for partial load characteristics
$f_c$	Correction factor for control of the pump

$f_{PSP}$	поправочний коефіцієнт, що враховує вибір робочої точки	$f_{PSP}$	Correction factor for selection of design point
$f_U$	поправочний коефіцієнт, що враховує різницю температури	$f_U$	Correction factor for differential temperature dimensioning
$F_q$	поправочний коефіцієнт, що враховує відносну поверхню теплового навантаження	$F_q$	Correction factor for surface related heating load
$f_\eta$	поправочний коефіцієнт, що враховує к.к.д.	$f_\eta$	Correction factor for efficiency
$h_{lev}$	висота поверху, м	$h_{lev}$	Floor height, m
$L_L$	довжина будівлі, м	$L_L$	Building length, m
$L_{max}$	максимальна довжина трубопроводу, м	$L_{max}$	Maximum length of pipe, m
$L_W$	ширина будівлі, м	$L_W$	Building width, m
$k_{by}$	коефіцієнт затікання	$k_{by}$	Ratio of flow over the heat emitter to flow in the ring
$n$	показник ступеня теплопередачі тепловіддавальної складової системи	$n$	Exponent of the heat emission system
$N_{lev}$	кількість поверхів	$N_{lev}$	Number of floors
$\Delta p_{des}$	перепад тиску в робочій точці, кПа	$\Delta p_{des}$	Differential pressure at design point, kPa
$\Delta p_{HS}$	перепад тиску в опалювальному приладі, кПа	$\Delta p_{HS}$	Differential pressure of heating surfaces, kPa
$\Delta p_{CV}$	перепад тиску в регулювальному клапані опалювального приладу, кПа	$\Delta p_{CV}$	Differential pressure of control valves for heating surfaces, kPa
$\Delta p_{ZV}$	перепад тиску в зональному клапані, кПа	$\Delta p_{ZV}$	Differential pressure of zone valves, kPa
$\Delta p_G$	наявний перепад тиску, кПа	$\Delta p_G$	Differential pressure of heat supply, kPa
$\Delta p_{FH}$	перепад тиску в системі підлогового опалення, кПа	$\Delta p_{FH}$	Differential pressure of floor heating systems, kPa
$\Delta p_{ADD}$	перепад тиску в додаткових опорах, кПа	$\Delta p_{ADD}$	Differential pressure of additional resistances, kPa
$P_{hydr,des}$	гідравлічна потужність у робочій точці, Вт	$P_{hydr,des}$	Hydraulic power at design point, W
$P_{el,pmp}$	фактична вхідна потужність, Вт	$P_{el,pmp}$	Actual power input, W
$P_{el,pmp,ref}$	початкова вхідна потужність, Вт	$P_{el,pmp,ref}$	Reference power input, W
$\Phi_H$	проектне теплове навантаження, кВт	$\Phi_H$	Design heating load, kW
$Q_{H,dis,aux,rbl}$	додаткова енергія, яку утилізують в теплорозподільній складовій системі, кВт·год/(часовий інтервал)	$Q_{H,dis,aux,rbl}$	Recoverable auxiliary energy in the distribution system, kWh/time step
$Q_{H,dis,aux,rvd}$	утилізована додаткова енергія в теплорозподільній складовій системі, кВт·год/(часовий інтервал)	$Q_{H,dis,aux,rvd}$	Recovered auxiliary energy in the distribution system, kWh/time step
$Q_{H,dis,ls,an}$	річні регулярні тепловтрати теплорозподільною складовою системою, кВт·год/рік	$Q_{H,dis,ls,a}$	Annual system thermal loss of the distribution system, kWh/year

$Q_{H,dis,ls,rbl,an}$	регулярні тепловтрати, які утилізують для опалення, кВт·год/рік	$Q_{H,dis,ls,rbl,an}$	Recoverable system thermal loss for space heating, kWh/year
$Q_{H,dis,ls,nrbl,an}$	неутилізовані регулярні тепловтрати, кВт·год/рік	$Q_{H,dis,ls,nrbl,an}$	Unrecoverable system thermal loss, kWh/year
$R$	питомі втрати тиску в трубопроводі, кПа/м	$R$	Pressure loss in pipe, kPa/m
$t_{op,an}$	опалювальний період у годинах за рік, год/рік	$t_{op,an}$	Heating hours per year, h/year
$\Psi$	лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К)	$\Psi$	Linear thermal transmittance, W/m·K
$\dot{V}_{des}$	витрата в робочій точці, м <sup>3</sup> /год	$\dot{V}_{des}$	Flow at design point, m <sup>3</sup> /h
$\dot{V}_{min}$	мінімальна об'ємна витрата, м <sup>3</sup> /год	$\dot{V}_{min}$	Minimum volume flow, m <sup>3</sup> /h
$W_{H,dis,aux,an}$	річна потреба у додатковій енергії, кВт·год/рік	$W_{H,dis,aux,an}$	Annual auxiliary energy demand, kWh/year
$W_{H,dis,aux,m}$	місячна потреба у додатковій енергії, кВт·год/міс	$W_{H,dis,aux,m}$	Monthly auxiliary energy demand, kWh/month
$W_{H,dis,hydr,an}$	річна потреба в гідравлічній енергії, кВт·год/рік	$W_{H,dis,hydr,an}$	Annual hydraulic energy demand, kWh/year
$f_{comp}$	доля втрат тиску в місцевих опорах	$f_{comp}$	Resistance ratio of components
$K$	коефіцієнт часу	$K$	Time factor
$k_b$	коефіцієнт часу форсованого режиму	$k_b$	Boost mode time factor
$k_r$	коефіцієнт часу нормального режиму	$k_r$	Regular mode time factor
$k_{setb}$	коефіцієнт часу чергового режиму	$k_{setb}$	Set back mode time faktor
$\Delta v_{dis,des}$	розрахунковий перепад температури системи опалення, К	$\Delta v_{dis,des}$	Design heating system temperature difference, K
$\eta_p$	коефіцієнт корисної дії насоса в робочій точці	$\eta_p$	Efficiency of pump at design point
$\beta_{dis}$	осереднена неповнота навантаження теплорозподільної складової системи	$\beta_{dis}$	Mean part load of the distribution
$\rho$	питома густина, кг/м <sup>3</sup>	$\rho$	Specific density, kg/m
$\theta_j$	температура навколишнього середовища, °С	$\theta_j$	Surrounding temperature, °C
$\theta_m$	середня температура теплоносія, °С	$\theta_m$	Mean medium temperature, °C
$\theta_u$	температура в неопалюваних приміщеннях, °С	$\theta_u$	Temperature in unheated space, °C
$\theta_s$	температура в подавальному трубопроводі, °С	$\theta_s$	Supply temperature, °C
$\theta_r$	температура у зворотному трубопроводі, °С	$\theta_r$	Return temperature, °C
$\theta_{s,des}$	розрахункова температура в подавальному трубопроводі, °С	$\theta_{s,des}$	Design supply temperature, °C
$\theta_{r,des}$	розрахункова температура у зворотному трубопроводі, °С	$\theta_{r,des}$	Design return temperature, °C

## 5 ЗАСАДИ МЕТОДУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

Цей метод визначає розрахунок регулярних тепловтрат та потребу у додатковій енергії для опалювальних контурів (первинних та вторинних) центральних водяних систем опалення, а також регулярні тепловтрати, які утилізують, та додаткову енергію, яку утилізують.

Як показано на рисунку 1, система опалення може бути розділена на три функціональні складові: тепловіддавальну та регулювальну, теплорозподільну, теплогенерувальну. Найпростіша система опалення має тільки один насос і не має бака-акумулятора, розподільника колектора. Складніші системи опалення складаються з більш ніж одного вторинного контуру опалення з різними опалювальними приладами. Часто такі великі системи мають більш ніж один генератор теплоти з одним загальним первинним контуром опалення або індивідуальними первинними контурами опалення (на рисунку 1 показано тільки один первинний контур опалення).

## 5 PRINCIPLE OF THE METHOD AND DEFINITIONS

The method allows the calculation of the system thermal loss and the auxiliary energy demand of water based distribution systems for heating circuits (primary and secondary), as well as the recoverable system thermal losses and the recoverable auxiliary energy.

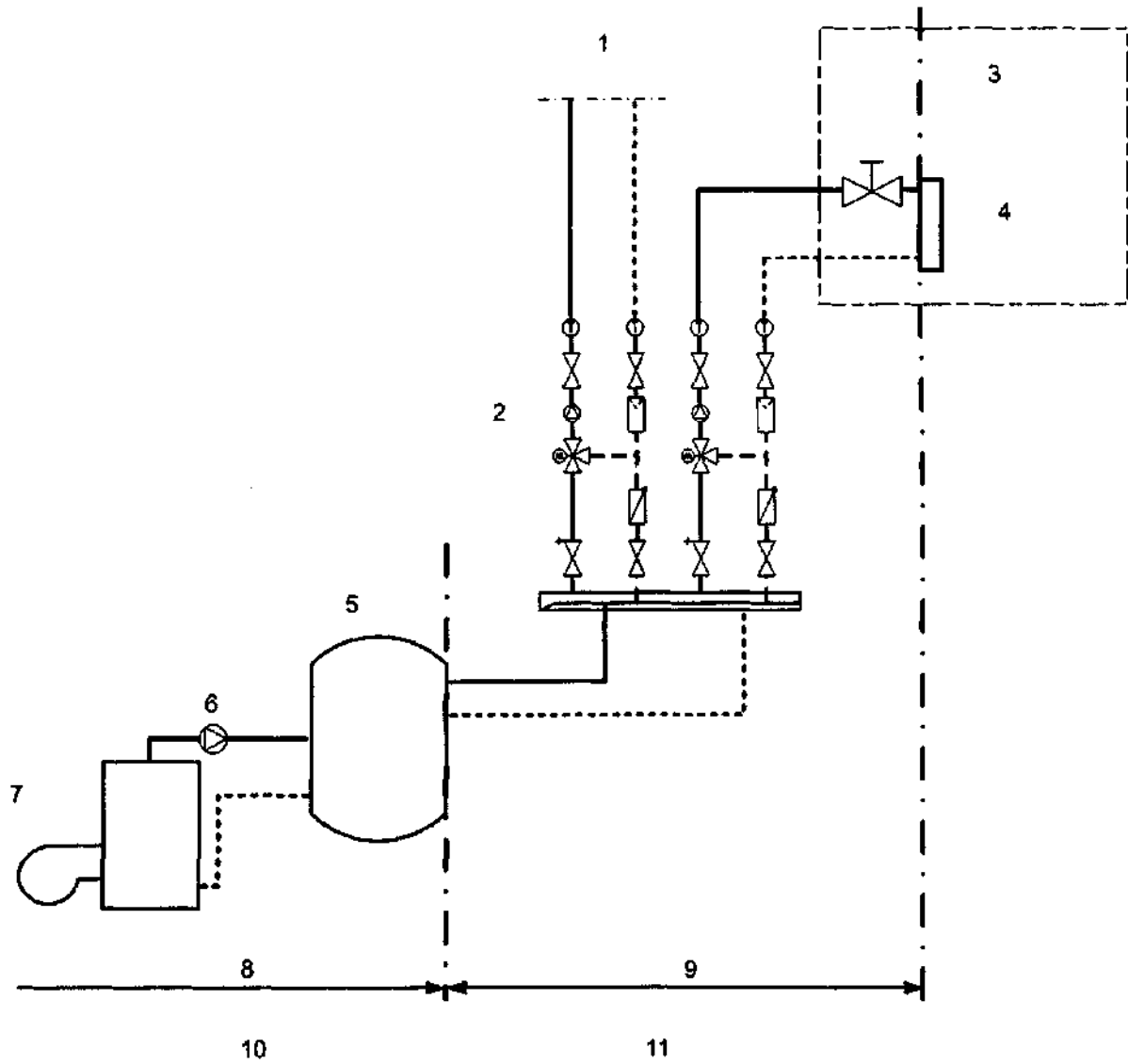
As shown in Figure 1, a heating system can be divided in three parts - emission and control, distribution and generation. A simple heating system has no buffer-storage, no distributor/collector, and only one pump is applied. Larger heating systems comprise more than one secondary heating circuit with different emitters. Often, such larger heating systems comprise also more than one heat generator with either one common primary heating circuit or individual primary heating circuits (in Figure 1, only one primary heating circuit is shown).

Розділення первинного та вторинного контурів системи опалення здійснюють будь-яким гідравлічним розділювачем, який може бути баком-акумулятором великого об'єму або гідравлічним розділювачем малого об'єму. У будь-якому разі цей розрахунковий метод придатний для опалювальних контурів закритих систем, тому формулу слід застосовувати для кожного циркуляційного контуру з відповідними числовими значеннями.

Регулювання при розподіленні здійснюють терморегуляторами на опалювальних приладах, якими змінюють витрату теплоносія, або кімнатними термостатами, які вмикають/вимикають насос. Регулювання насоса (зміна швидкості обертання) застосовують тільки при змінній витраті.

The subdivision of the heating system into primary and secondary circuits is given by any hydraulic separator, which can be a buffer-storage with a large volume or a hydraulic separator with a small volume. Anyhow, the calculation method is valid for a closed heating circuit, and therefore the equations have to be applied for each circuit taking into account the corresponding values.

Controls in distribution systems are thermostatic valves at the emitter which throttles the flow or room thermostats which shut on/off the pump. Only if the flow is throttled the control of the pump (speed control) is valid.



**Позначки:**

- 1 – інший опалювальний контур;
- 2 – насос;
- 3 – приміщення;
- 4 – тепловіддавальна складова системи;
- 5 – бак-акумулятор;
- 6 – насос;
- 7 – генератор теплоти;
- 8 – теплогенерувальна складова системи;
- 9 – теплорозподільна складова системи;
- 10 – первинні опалювальні контури;
- 11 – вторинні опалювальні контури

**Key:**

- 1 – next heating circuit;
- 2 – pump;
- 3 – room;
- 4 – emission;
- 5 – buffer-storage;
- 6 – pump;
- 7 – generator;
- 8 – generation;
- 9 – distribution;
- 10 – primary heating circuits;
- 11 – secondary heating circuits

**Рисунок 1 – Схема теплорозподілення та складові опалювальних контурів**

**Figure 1 – Scheme distribution and definitions of heating circuits**

## **6 ПОТРЕБА У ДОДАТКОВІЙ ЕНЕРГІЇ**

### **6.1 Загальні положення**

Потреба у додатковій енергії гідравлічної мережі залежить від витрати, яку розподіляють, втрат тиску та режиму роботи циркуляційного насоса. У той час, коли проектні витрата та втрати тиску є важливими для визначення типорозміру насоса, коефіцієнт, що враховує часткове навантаження, визначає енергопотребу в часовому інтервалі.

Гідравлічна потужність у робочій точці може бути визначена на фізичній основі. Однак, для розрахунку гідравлічної потужності під час експлуатації цього можна досягти тільки моделюванням. Таким чином, у цьому стандарті для детального розрахункового методу застосовано поправочні коефіцієнти, які відображають найбільш суттєвий вплив на потребу у додатковій енергії, такі як часткове навантаження, регулювання, проектні рішення.

Загальним для розрахунку є розділення гідравлічної енергопотреби, яка залежить від способу розводки, та

## **6 AUXILIARY ENERGY DEMAND**

### **6.1 General**

The auxiliary energy demand of hydraulic networks depends on the distributed flow, the pressure drop and the operation condition of the circulation pump. While the design flow and pressure drop is important for determining the pump size, the part load factor determines the energy demand in a time step.

The hydraulic power at the design point can be calculated from physical basics. However, for calculation of the hydraulic power during operation, this can only be achieved by a simulation. Therefore, for the detailed calculation method in this standard, correction factors are applied, which represent the most important influences on auxiliary energy demand, such as part load, controls, design criteria.

The general calculation approach is to separate the hydraulic demand, which depends on the design of the network,



витрати енергії для роботи циркуляційного насоса, яка враховує загальний к.к.д. насоса. Однак, для розрахунку витрати енергії під час роботи потрібно знати к.к.д. насоса в кожній робочій точці. Таким чином, у цьому стандарті для детального розрахункового методу використані поправочні коефіцієнти, які відображають найбільш суттєві впливові фактори на витрату енергії, такі як к.к.д., часткове навантаження, вибір робочих точок та регулювання.

Всі розрахунки виконують для зони будівлі, яку характеризують площею, довжиною, шириною, висотою поверхів та їх кількістю.

## 6.2 Проектна гідравлічна потужність

Для всіх розрахунків важливими є гідравлічна потужність та перепад тиску в робочій точці розподільної складової системи. Гідравлічну потужність визначають як:

$$P_{hydr,des} = 0,2778 \cdot \Delta p_{des} \cdot \dot{V}_{des}, \text{ Вт [W]}, \quad (1)$$

де:

$\dot{V}_{des}$  – витрата в робочій точці, м<sup>3</sup>/год;

$\Delta p_{des}$  – перепад тиску в робочій точці, кПа.

and the expenditure energy for operation of the circulation pump, which takes into account the efficiency of the pump in general. However, for calculation of the expenditure energy during operation, knowledge of the efficiency of the pump at each operation point is required. Therefore, for the detailed calculation method in this European Standard, correction factors are applied, which represent the most important influences on expenditure energy, such as efficiency, part load, design point selection and control.

All the calculations are made for a zone of the building with the affiliated area, length, width, floor height and number of floors.

## 6.2 Design hydraulic power

For all the calculations, the hydraulic power and the differential pressure of the distribution system at the design point are important. The hydraulic power is given by:

where:

$\dot{V}_{des}$  is the flow at design point [m<sup>3</sup>/h];

$\Delta p_{des}$  is the differential pressure at design point [kPa].

Витрату розраховують виходячи з теплового навантаження  $\Phi_{H,em,out}$  зони (проектне теплове навантаження вказують відповідно до стандарту EN 12831) та розрахункового перепаду температури системи опалення  $\Delta v_{dis,des}$ :

$$\dot{V}_{des} = \frac{3600 \cdot \Phi_{H,em,out}}{c \cdot \rho \cdot \Delta v_{dis,des}}, \text{ м}^3/\text{год} [\text{m}^3/\text{h}], \quad (2)$$

де:

$c$  – питома теплоємність, кДж/кг·К;

$\rho$  – густина, кг/м<sup>3</sup>;

$\Delta v_{dis,des}$  – розрахунковий перепад температури в системі опалення, К.

where:

$c$  is the specific heat capacity [kJ/kg K];

$\rho$  is the density [kg/m<sup>3</sup>];

$\Delta v_{dis,des}$  is design temperature difference [K].

Перепад тиску для зони в робочій точці визначають опором трубопроводів (включаючи компоненти) та додатковими опорами (найбільш важливі перераховані нижче):

$$\Delta p_{des} = (1 + f_{comp}) \cdot R \cdot L_{max} + \Delta p_{HS} + \Delta p_{CV} + \Delta p_{ZV} + \Delta p_G + \Delta p_{ADD}, \text{ кПа} [\text{kPa}], \quad (3)$$

де:

$f_{comp}$  – доля втрат тиску в місцевих опорах;

$R$  – питомі втрати тиску в трубопроводі, кПа/м;

$L_{max}$  – максимальна довжина трубопроводу опалювального контуру, м;

$\Delta p_{HS}$  – перепад тиску в опалювальному приладі, кПа;

$\Delta p_{CV}$  – перепад тиску в регулювальному клапані опалювального приладу, кПа;

$\Delta p_{ZV}$  – перепад тиску в зональному клапані, кПа;

$\Delta p_G$  – наявний перепад тиску, кПа;

$\Delta p_{ADD}$  – перепад тиску в додаткових опорах, кПа.

The differential pressure for a zone at the design point is determined by the resistance in the pipes (including components) and the additional resistances (the most important are listed below):

where:

$f_{comp}$  is the resistance ratio of components;

$R$  is the pressure loss per m [kPa/m];

$L_{max}$  is the maximum pipe length of the heating circuit [m];

$\Delta p_{HS}$  is the differential pressure of heating surface [kPa];

$\Delta p_{CV}$  is the differential pressure of control valve for heating surface [kPa];

$\Delta p_{ZV}$  is the differential pressure of zone valves [kPa];

$\Delta p_G$  is the differential pressure of heat supply [kPa];

$\Delta p_{ADD}$  is the differential pressure of additional resistances [kPa].

## 6.3 Детальний розрахунковий метод

## 6.3 Detailed calculation method

### 6.3.1 Вхідні/вихідні дані

### 6.3.1 Input/output data

Вхідні дані для детального розрахункового методу наведені нижче. Всі вони є частиною детальних проектних даних:

$P_{hydr,des}$  – гідравлічна потужність у робочій точці зони, Вт, яку розраховують за формулами (1) та (2);

$\Phi_{H,em,out}$  – проектне теплове навантаження зони відповідно до стандарту EN 12831;

$\Delta v_{dis,des}$  – розрахунковий перепад температури в теплорозподільній складовій системи в зоні, К;

The input data for the detailed calculation method are listed below. These are all part of the detailed project data:

$P_{hydr,des}$  – hydraulic power at the design point of the zone [W] – by calculation according to Equations (1) and (2);

$\Phi_{H,em,out}$  – design heat load of the zone according to EN 12831;

$\Delta v_{dis,des}$  – design temperature difference for the distribution system in the zone [K];

$L_{max}$  – максимальна довжина трубопроводу опалювального контуру зони, м;

$\Delta p$  – перепад тиску в контурі зони, кПа;

$\beta_{dis}$  – осереднена неповнота навантаження теплорозподільної складової системи;

$t_{op,an}$  – опалювальний період у годинах на рік, год/рік;

$f_S$  – поправочний коефіцієнт, що враховує регулювання температури теплоносія на вході;

$f_{NET}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує схему розводки системи;

$f_{SD}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує площу нагрівальної поверхні;

$f_{HB}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує гідравлічну збалансованість;

$e_{dis}$  – коефіцієнт використання енергії при роботі циркуляційного насоса;

$f_{\eta}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує к.к.д.;

$f_{PL}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує часткове навантаження;

$f_{PSP}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує вибір робочої точки;

$f_c$  – поправочний коефіцієнт, що враховує тип регулювання насоса.

Тип регулювання насоса.

Проектна температура.

Тип опалювального приладу.

Змінний режим роботи.

Вихідними даними детального розрахункового методу є:

$W_{H,dis,aux,an}$  – річна потреба у додатковій енергії, кВт·год/рік;

$W_{H,dis,aux,m}$  – місячна потреба у додатковій енергії, кВт·год/міс.;

$Q_{H,dis,aux,rvd}$  – утилізована додаткова енергія в теплорозподільній складовій системі, кВт·год/(часовий інтервал);

$Q_{H,dis,aux,rbl}$  – додаткова енергія, яку утилізують для опалення, кВт·год/(часовий інтервал).

### 6.3.2 Розрахунковий метод

Річну потребу у додатковій енергії для циркуляційних насосів водяних систем опалення розраховують за формулою:

$$W_{H,dis,aux,an} = W_{H,dis,hyrd,an} \cdot e_{dis}, \text{ кВт} \cdot \text{год/рік} [\text{kWh/year}], \quad (4)$$

$L_{max}$  – maximum pipe length of the heating circuit in the zone [m];

$\Delta p$  – differential pressure of the circuit in the zone [kPa];

$\beta_{dis}$  – mean part load of the distribution;

$t_{op,an}$  – heating hours per year [h/year];

$f_S$  – correction factor for supply flow temperature control;

$f_{NET}$  – correction factor for hydraulic networks;

$f_{SD}$  – correction factor for heating surface dimensioning;

$f_{HB}$  – correction factor for hydraulic balance;

$e_{dis}$  – expenditure energy factor for operation of the circulation pump;

$f_{\eta}$  – correction factor for efficiency;

$f_{PL}$  – correction factor for part load;

$f_{PSP}$  – correction factor for design point selection;

$f_c$  – correction factor for the pump.

Type of pump control.

Design temperature level.

Heat emitter type.

Intermittent operation.

The output data of the detailed calculation method are:

$W_{H,dis,aux,an}$  – annual auxiliary energy demand [kWh/year];

$W_{H,dis,aux,m}$  – monthly auxiliary energy demand [kWh/month];

$Q_{H,dis,aux,rvd}$  – recovered auxiliary energy in the distribution system [kWh/time step];

$Q_{H,dis,aux,rbl}$  – recoverable auxiliary energy for space heating [kWh/time step].

### 6.3.2 Calculation method

The annual auxiliary energy demand for circulation pumps for water based heating systems is calculated by:

де:

$W_{H,dis,aux,an}$  – річна потреба у додатковій енергії, кВт·год/рік;

$W_{H,dis,hydr,an}$  – річна потреба в гідравлічній енергії, кВт·год/рік;

$e_{dis}$  – коефіцієнт витрати енергії при роботі циркуляційного насоса.

Потребу в гідравлічній енергії для циркуляційних насосів системи опалення визначають виходячи з гідравлічної потужності  $P_{hydr,des}$  у робочій точці, осередненої неповноти навантаження теплорозподільної складової системи  $\beta_{dis}$  та кількості годин опалювального періоду в часовому інтервалі  $t_{op,an}$  :

$$W_{H,dis,hydr,an} = \frac{P_{hydr,des}}{1000} \cdot \beta_{dis} \cdot t_{op,an} \cdot f_s \cdot f_{NET} \cdot f_{SD} \cdot f_{HB} \cdot f_{G,PM}, \text{ кВт·год/рік [kWh/year]}, \quad (5)$$

де:

$P_{hydr,des}$  – гідравлічна потужність у робочій точці зони, Вт;

$\beta_{dis}$  – осереднена неповнота навантаження теплорозподільної складової системи;

$t_{op,an}$  – опалювальний період у годинах за рік, год/рік;

$f_s$  – поправочний коефіцієнт, що враховує регулювання температури теплоносія на вході;

$f_{NET}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує гідравлічну схему (розводку);

$f_{SD}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує площу нагрівальної поверхні;

$f_{HB}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує гідравлічну збалансованість;

$f_{G,PM}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує наявність управління насосом, убудованим у теплогенератор.

Поправочні коефіцієнти  $f_s$ ,  $f_{NET}$  та  $f_{SD}$  відносять до найбільш важливих параметрів, пов'язаних з розміром системи опалення. Коефіцієнт  $f_{HB}$  враховує гідравлічну збалансованість системи опалення.

Поправочний коефіцієнт  $f_{G,PM}$  для теплогенераторів з убудованим управлінням насоса враховує зниження часу роботи відносно опалювального періоду.

where:

$W_{H,dis,aux,an}$  – is the annual auxiliary energy demand [kWh/year];

$W_{H,dis,hydr,an}$  – is the annual hydraulic energy demand [kWh/year];

$e_{dis}$  – is the expenditure energy factor for operation of circulation pump.

The hydraulic energy demand for the circulation pumps in heating systems, is determined from the hydraulic power at the design point ( $P_{hydr,des}$ ), the mean part load of the distribution ( $\beta_{dis}$ ) and the heating hours in the time step  $t_{op,an}$  :

where:

$P_{hydr,des}$  – is the hydraulic power at design point [W];

$\beta_{dis}$  – is the mean part load of distribution;

$t_{op,an}$  – are the heating hours per year [h/year];

$f_s$  – is the correction factor for supply flow temperature control;

$f_{NET}$  – is the correction factor for hydraulic networks;

$f_{SD}$  – is the correction factor for heating surface dimensioning;

$f_{HB}$  – is the correction factor for hydraulic balance;

$f_{G,PM}$  – is the correction factor for generators with integrated pump management.

The correction factors  $f_s$ ,  $f_{NET}$  and  $f_{SD}$  include the most important parameters related to dimensioning of the heating system. The factor  $f_{HB}$  takes into account the hydraulic balance of the distribution system.

The correction factor  $f_{G,PM}$  for generators with integrated pump management, takes into account the reduction of operation time in relation to the heating time.

### **6.3.3 Поправочні коефіцієнти**

#### **6.3.3.1 Загальні положення**

Поправочні коефіцієнти засновані на великій кількості моделювань різних розводок. Деякі поправочні коефіцієнти не можуть бути змінені без заміни методу розрахунку. Поправочні коефіцієнти, які засновані на припущеннях, можуть бути змінені на національному рівні у додатках (див. А. 1.3).

**6.3.3.2 Поправочний коефіцієнт  $f_s$ , що враховує регулювання температури теплоносія на вході:**

$f_s = 1$  - коефіцієнт для систем з регулюванням за погодними умовами;

$f_s$  - коефіцієнт для систем без регулювання за погодними умовами (тобто з постійною температурою теплоносія) або при значно завищеній температурі теплоносія порівняно з потрібною визначають згідно з графіком, представленим на рисунку 2.

### **6.3.3 Correction factors**

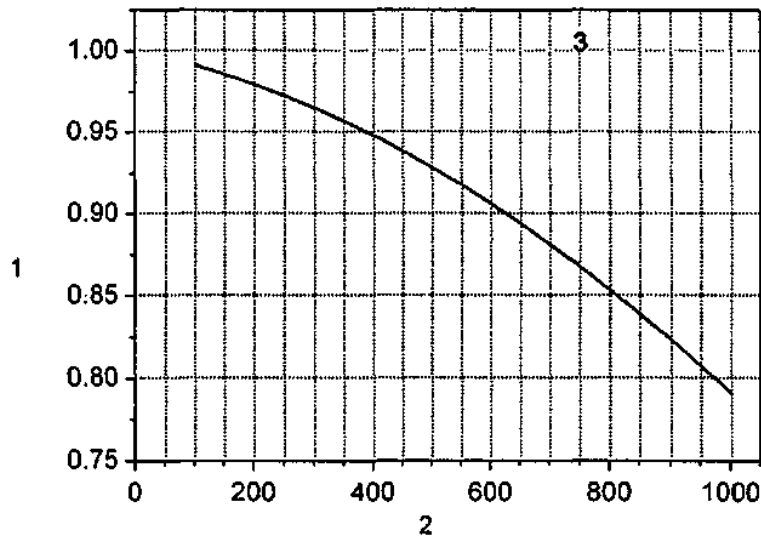
#### **6.3.3.1 General**

The correction factors are based on a wide range of simulations of different networks. Some of the correction factors can not be changed without changing the method. Correction factors, which are based on assumptions, may be changed on a national level in a national annex (see A.1.3).

**6.3.3.2 Correction factor for supply flow temperature control  $f_s$**

$f_s = 1$  - for systems with out door temperature compensation;

$f_s$  - see Figure 2, for systems without outdoor temperature compensation (i.e. constant flow temperature) or very much higher flow temperature than necessary.



Позначки:

- 1 – поправочний коефіцієнт  $f_s$ ;
- 2 – площа першого поверху  $A_N$ , м<sup>2</sup>;
- 3 – характеристика температури теплоносія

Key:

- 1 – correction factor  $f_s$ ;
- 2 – ground plan  $A_N$ , m<sup>2</sup>;
- 3 – flow temperature characteristics

Рисунок 2 – Поправочний коефіцієнт  $f_s$  для теплоносія з постійною температурою та теплоносія зі значно завищеною температурою

Figure 2 – Correction factor  $f_s$  for constant flow temperature and very much higher flow temperature

6.3.3.3 Поправочний коефіцієнт  $f_{NET}$ , що враховує схему розводки системи:

$f_{NET} = 1$  – коефіцієнт для двотрубно горизонтальної схеми (на кожному поверсі);

$f_{NET}$  – коефіцієнт для інших типів розводки представлено в таблиці 1.

6.3.3.3 Correction factor for hydraulic net-works

$f_{NET}$

$f_{NET} = 1$  for a two-pipe ring line horizontal layout (on each floor);

$f_{NET}$  see Table 1 for other types of layout.

Таблиця 2 - Поправочний коефіцієнт  $f_{NET}$ , що враховує схему розводки системи  
Table 2 - Correction factor  $f_{NET}$  for hydraulic network

Схема розводки Network design	Будинок на одну сім'ю One family house	Житловий будинок Dwellings
Двотрубна 2 - pipe system		
Периметральна Ring line	1,0	1,0
Вертикальна Ascending-pipe	0,93	0,92
Променева Star - shaped	0,98	0,98

Променеву схему відносять також до підлогової системи опалення.

Для однотрубних систем опалення поправочний коефіцієнт  $f_{NET}$  визначають як:

The star-shaped network design is also valid for floor heating systems.

For one-pipe heating systems, the correction factor  $f_{NET}$  is given by:

$$f_{NET} = 8,6 \cdot k_{bv} + 0,7, \quad (6)$$

де:

$k_{bv}$  – коефіцієнт затікання.

**6.3.3.4 Поправочний коефіцієнт  $f_{SD}$** , що враховує площу нагрівальної поверхні:

$f_{SD} = 1$  при площі, що відповідає проектному тепловому навантаженню;

$f_{SD} = 0,96$  у випадку, якщо наявне перевищення площі нагрівальної поверхні.

**6.3.3.5 Поправочний коефіцієнт  $f_{HB}$** , що враховує гідравлічну збалансованість (див. А.1.3).

**6.3.3.6 Поправочний коефіцієнт  $f_{G,PM}$** , що враховує наявність управління насосом, убудованим в теплогенератор (див. А.1.3).

where:

$k_{bv}$  – is the ratio of flow over the heat emitter to flow in the ring.

**6.3.3.4 Correction factor for heating surface dimensioning  $f_{SD}$**

$f_{SD} = 1$  for dimensioning according to design heat load;

$f_{SD} = 0,96$  in case of additional over-sizing of the heating surfaces.

**6.3.3.5 Correction factor for hydraulic balance  $f_{HB}$ .** See A.1.3.

**6.3.3.6 Correction factor for generators with integrated pump management  $f_{G,PM}$ .** See A.1.3.

### 6.3.4 Коефіцієнт витрати енергії

#### 6.3.4.1 Загальні положення

Для оцінки умов часткового навантаження та контролю ефективності циркуляційного насоса коефіцієнт витрати енергії визначають, як:

$$e_{dis} = f_{\eta} \cdot f_{PL} \cdot f_{PSP} \cdot f_c, \quad (7)$$

де:

$f_{\eta}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує к.к.д.;

$f_{PL}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує параметри часткового навантаження;

$f_{PSP}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує вибір робочої точки;

$f_c$  – поправочний коефіцієнт, що враховує спосіб регулювання насосом.

where:

$f_{\eta}$  is the correction factor for efficiency;

$f_{PL}$  is the correction factor for part load;

$f_{PSP}$  is the correction factor for design point selection;

$f_c$  is the correction factor for control.

Завдяки цим чотирьом поправочним коефіцієнтам коефіцієнт витрати енергії враховує найбільш важливі впливові фактори на енергопотребу, включаючи конструкцію, ефективність насоса, неповне навантаження та регулювання. Фізичне співвідношення показано на рисунку 3.

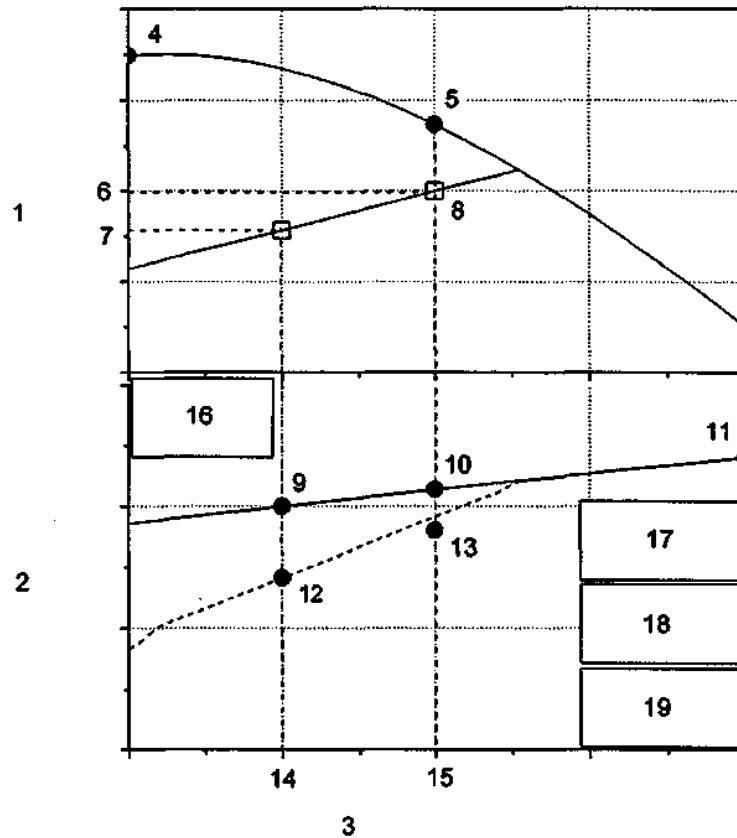
### 6.3.4 Expenditure energy factor

#### 6.3.4.1 General

For assessment of partial load conditions and control performance of the circulation pump, the expenditure energy factor is determined by:

With these four correction factors, the expenditure energy factor take into account the most important influences on the energy demand, representing the design, the efficiency of the pump, the part load and the control. The physical relations are shown in Figure 3.





Позначки (Key): 1 – напір  $H$ , м (pressure head  $H$  [m]); 2 – потужність  $P_1$ , Вт (power  $P_1$  [W]); 3 – витрата, м<sup>3</sup>/год (flow rate [m<sup>3</sup>/h]); 4 –  $H_{o,max}$ ; 5 –  $H_{pmp}$ ; 6 –  $H_{des}$ ; 7 –  $H_{PL}$ ; 8 –  $P_{hydr,des}$ ; 9 –  $P_{PL}$ ; 10 –  $P_{el,pmp}$ ; 11 –  $P_{el,pmp,max}$ ; 12 –  $P_{PL,C}$ ; 13 –  $P_{el,pmp,ref}$ ; 14 –  $\dot{V}_{PL}$ ; 15 –  $\dot{V}$ ; 16 –  $f_{PL} = \frac{P_{PL,C}}{P_{hydr,des}}$ ; 17 –  $f_{PSP} = \frac{P_{el,pmp}}{P_{el,pmp,ref}}$ ; 18 –  $f_{\eta} = \frac{P_{el,pmp,ref}}{P_{hydr,des}}$ ; 19 –  $f_{PL} = \frac{P_{PL}}{\beta_{des} \cdot P_{el,pmp}}$

Рисунок 3 – Коефіцієнт витрати енергії – фізична інтерпретація поправочних коефіцієнтів  
 Figure 3 – Expenditure energy factor – physical interpretation of the correction factors

**6.3.4.2 Поправочний коефіцієнт**

$f_{\eta}$ , що враховує к.к.д.

Поправочний коефіцієнт, що враховує к.к.д., визначають як відношення між початковою вхідною потужністю в робочій точці та гідравлічною потужністю в робочій точці:

**6.3.4.2 Correction factor for efficiency**

$f_{\eta}$

The correction factor for efficiency is given by the relation between the reference power input at the design point and the hydraulic power at the design point:

$$f_{\eta} = \frac{P_{el,pmp,ref}}{P_{hydr,des}} \quad (8)$$

Початкову вхідну потужність розраховують за гідравлічними характеристиками насоса:

The reference power input is calculated by means of the hydraulic characteristics of the pump:

$$P_{el,pmp,ref} = P_{hydr,des} \left( 1,25 + \left( \frac{200}{P_{hydr,des}} \right)^{0,5} \right), \text{ Вт [W]}. \quad (9)$$

#### 6.3.4.3 Поправочний коефіцієнт

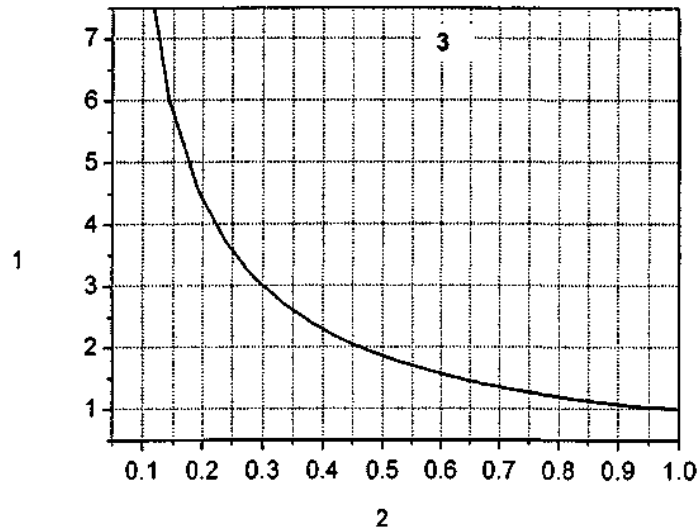
$f_{PL}$  що враховує параметри часткового навантаження

#### 6.3.4.3 Correction factor for part

load  $f_{PL}$

Поправочний коефіцієнт, що враховує параметри часткового навантаження, визначає зниження к.к.д. насоса при його частковому навантаженні. Також він враховує гідравлічні характеристики нерегульованого насоса. Вплив часткового навантаження на трубопровідну систему та на потребу в гідравлічній енергії враховано осередненою неповнотою навантаження теплорозподільної складової системи  $\beta_{dis}$  згідно з 6.3.2.

The correction factor for part load takes into account the reduction of pump efficiency by partial load. It also takes into account the hydraulic characteristics of non-controlled pumps. The impact of the partial load on the pipe system, and thus on the hydraulic energy demand, is taken into account by the mean part load of the distribution  $\beta_{dis}$ , according to 6.3.2.



**Позначки:**

- 1 – поправочний коефіцієнт  $f_{PL}$ ;
- 2 – осереднена неповнота навантаження тепло-розподільної складової системи  $\beta_{dis}$ ;
- 3 – осереднене співвідношення часткового навантаження  $PLR$ .

**Key:**

- 1 – correction factor  $f_{PL}$ ;
- 2 – mean part load of distribution  $\beta_{dis}$ ;
- 3 – mean part load ratio ( $PLR$ ).

**Рисунок 4 – Поправочний коефіцієнт для часткового навантаження насоса**

**Figure 4 – Correction factor for part load of the pump**

**6.3.4.4 Поправочний коефіцієнт**

$f_{PSP}$ , що враховує вибір робочої точки

Поправочний коефіцієнт  $f_{PSP}$ , що враховує

вибір робочої точки, визначають як відношення між фактичною вхідною потужністю насоса та початковою вхідною потужністю в робочій точці:

**6.3.4.4 Correction factor for design**

point selection  $f_{PSP}$

The correction factor for design point selection  $f_{PSP}$  is given by the relation between the actual power input of the pump and the reference power input at the design point:

$$f_{PSP} = \frac{P_{el,pmp}}{P_{el,pmp,ref}}, \quad (10)$$

де:

$P_{el,pmp}$  – фактична вхідна потужність насоса в робочій точці, Вт;

$P_{el,pmp,ref}$  – початкова вхідна потужність насоса в робочій точці, Вт.

**6.3.4.5 Поправочний коефіцієнт  $f_c$ , що враховує тип регулювання насосом:**

$f_c = 1$  для нерегульованих насосів;

$f_c$  – для регульованих насосів (рисунок 5).

where:

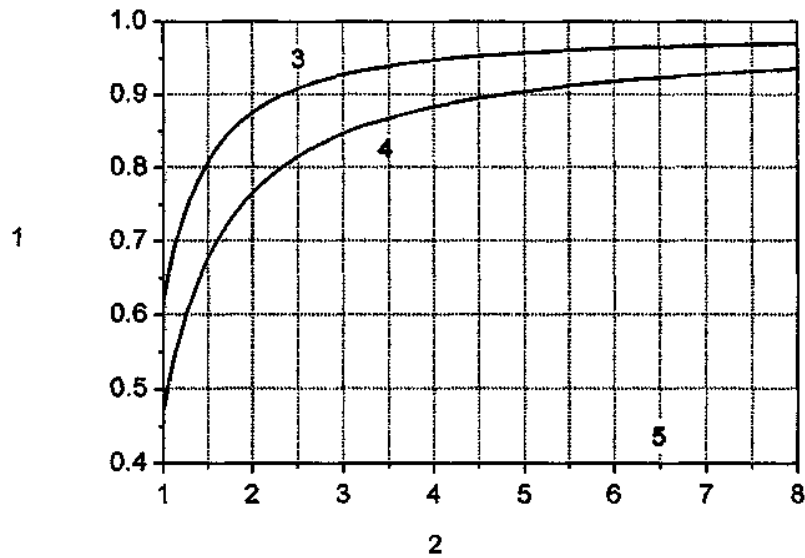
$P_{el,pmp}$  – is the actual power input of pump at design point [W];

$P_{el,pmp,ref}$  – is the reference power input of pump at design point [W].

**6.3.4.5 Correction factor for control of the pump  $f_c$**

$f_c = 1$  for non-controlled pumps;

$f_c$  – see Figure 5 for controlled pumps.



**Позначки:**

- 1 – поправочний коефіцієнт  $f_c$ , що враховує тип регулювання насосом;
- 2 –  $P_{el, pmp, max} / P_{el, pmp}$ ;
- 3 –  $\Delta p_{const}$ -регулювання;
- 4 –  $\Delta p_{vari}$ -регулювання;
- 5 – регулювання насосом

**Key:**

- 1 – correction factor for control of the pump  $f_c$ ;
- 2 –  $P_{el, pmp, max} / P_{el, pmp}$ ;
- 3 –  $\Delta p_{const}$ -control;
- 4 –  $\Delta p_{vari}$ -control;
- 5 – pump control

**Рисунок 5 – Поправочний коефіцієнт для регулювання насосом**  
**Figure 5 – Correction factor for control of the pump**

Регулювання насосом за постійним перепадом тиску забезпечує цей перепад постійним, що відповідає проектному значенню у всьому діапазоні зміни витрати. Регулювання за змінним перепадом тиску змінює перепад тиску насоса від проектного значення при проектній витраті до половини проектного перепаду тиску при нульовій витраті.

Якщо настінний теплогенератор з убудованим регульованим насосом має модульоване регулювання насосом залежно від різниці температури теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах, то поправочний

The constant differential pressure control of the pump, keeps the differential pressure of the pump constant at the design value within the whole flow area. The variable differential pressure control varies the differential pressure of the pump from the design value at design flow to often half of the design value at zero flow.

If a wall hanging generator, with integrated pump management, has a modulation control of the pump depending on the temperature difference between supply and return, then the correction factor  $\Delta p_{vari}$  is valid.

коефіцієнт  $\Delta p_{vari}$  є дійсним.

### 6.3.5 Змінний режим роботи

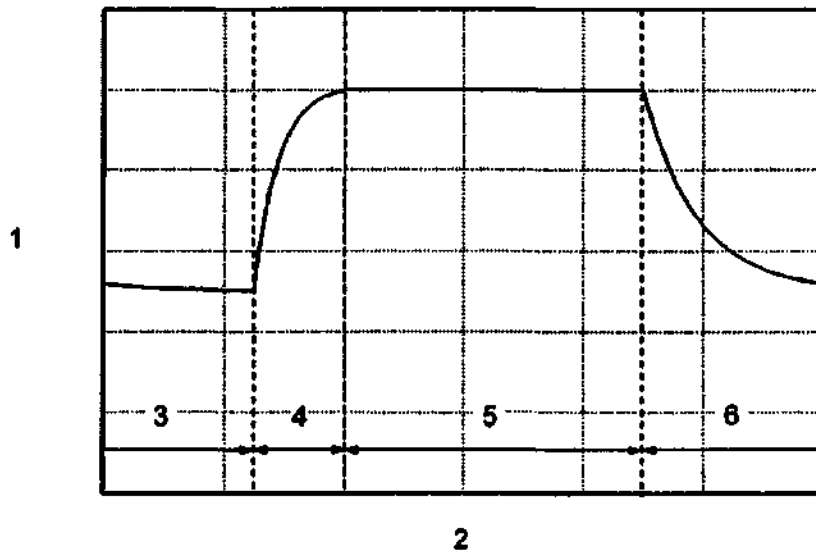
Змінний режим роботи має три різні фази (рисунок 6):

- черговий;
- форсований;
- нормальний.

### 6.3.5 Intermittent operation

For intermittent operation, there are three different phases (see Figure 6):

- set back mode;
- boost period;
- regular mode.



**Позначки:**

- 1 – температура приміщення;
- 2 – час;
- 3 – черговий режим;
- 4 – форсований режим;
- 5 – нормальний режим;
- 6 – вихід на черговий режим

**Key:**

- 1 – room temperature;
- 2 – time;
- 3 – setback;
- 4 – boost;
- 5 – regular mode;
- 6 – set backt

**Рисунок 6 – Фази змінного режиму роботи**  
**Figure 6 – Intermittent operation, phases**

Річну потребу у додатковій енергії для змінного режиму роботи визначають як суму допоміжної енергії для кожної фази режиму:

$$W_{H,dis,aux,an,im} = W_{H,dis,aux,an,reg} + W_{H,dis,aux,an,setb} + W_{H,dis,aux,an,boost}, \text{ кВт} \cdot \text{год/рік [kWh/year]}. \quad (11)$$

Для нормального режиму роботи потребу у додатковій енергії визначають за формулою (4) у 6.3.2 та множать її на коефіцієнт часу  $k_r$ , який є пропорційним часу нормального режиму:

$$W_{H,dis,aux,an,reg} = k_r \cdot W_{H,dis,hydr,an} \cdot e_{dis}, \text{ кВт} \cdot \text{год/рік [kWh/year]}. \quad (12)$$

У черговому режимі необхідно розрізнити:

- відключення, для якого потреба у додатковій енергії для насоса є нульовою  $W_{H,dis,aux,an,reg} = 0$ ;
- зниження температури при мінімальній швидкості насоса. Коли насос працює на мінімальних обертах, його потужність приймають постійною та визначають, як:

$$P_{el,pmp,setb} = 0,3 \cdot P_{el,pmp,max}, \text{ Вт [W]}, \quad (13)$$

а потребу у додатковій енергії визначають шляхом множення на коефіцієнт часу  $k_{setb}$ , який є пропорційним часу чергового режиму:

$$W_{H,dis,aux,an,setb} = k_{setb} \cdot \frac{P_{el,pmp,setb}}{1000} \cdot t_{op,an}, \text{ кВт} \cdot \text{год/рік [kWh/year]}; \quad (14)$$

- черговий режим на подачі. Якщо терморегулятори не забезпечують зниження температури в цьому режимі, то його компенсують зниженням температури теплоносія на подачі, і потреба у додатковій енергії не зменшується. Для цього типу чергового режиму потребу у додатковій енергії розраховують так само, як і для нормального.

Поправочний коефіцієнт, що враховує тип регулювання насосом, слід приймати  $f_c = 1$  у випадку регулювання за температурою приміщення з постійним режимом (немає різниці між нормальним та черговим). У випадку регулювання температури за черговим режимом  $f_c$  залежить від типу регулювання насосом (рисунок 5).

Для роботи у форсованому режимі потужність  $P_{el,pmp,boost}$  дорівнює потужності  $P_{el,pmp,des}$  у робочій точці.

The annual auxiliary energy demand for intermittent operation is given by the sum of auxiliary energy demand for each phase:

For the regular mode operation, the auxiliary energy demand is determined from Equation (4) in 6.3.2 and by multiplication with a time factor for the proportional time of regular mode operation,  $k_r$ ;

For the set back operation, it is necessary to distinguish between:

- turn off mode, for which the auxiliary energy demand of the pump is zero –  $W_{H,dis,aux,an,reg} = 0$ ;
- set back of supply temperature and minimum speed of the pump. When the pump is operated at minimum speed, the power is assumed to be constant as follows:

and the auxiliary energy demand is determined by multiplication with a time factor for the proportional time of set back operation,  $k_{setb}$ :

- set back of supply temperature. If thermostatic valves in this mode are not set back, the flow compensates the lower supply temperature and the auxiliary energy demand is not reduced. For this type of set back operation, the auxiliary energy demand is calculated as for regular mode operation.

The correction factor for control to be applied is  $f_c = 1$  in case of room temperature control with constant value (no changes between regular mode and set back mode). In case of room temperature control with set back,  $f_c$  depends on the type of pump control (see Figure 5).

For the boost mode operation, the power  $P_{el,pmp,boost}$  is equal to the power  $P_{el,pmp,des}$  at the design point.

Потребу у додатковій енергії при роботі у форсованому режимі визначають шляхом множення на коефіцієнт часу  $k_b$ , який є пропорційним часу роботи у форсованому режимі:

$$W_{H,dis,aux,an,boost} = k_b \cdot \frac{P_{el,pmp,boost}}{1000} \cdot t_{op,an}, \text{ кВт} \cdot \text{год/рік [kWh/year]}. \quad (15)$$

Коефіцієнт часу може бути розрахованим відповідно до співвідношення періодів часу.

Коефіцієнт часу нормального режиму  $k_r$  відображає кількість годин роботи у звичайному режимі  $t_{op,r}$  із загальної кількості годин періоду часу  $t_p$  (період може складати добу, тиждень, місяць або рік):

$$k_r = \frac{t_{op,r}}{t_p}. \quad (16)$$

Коефіцієнт часу форсованого режиму  $k_b$  відображає кількість годин роботи у форсованому режимі із загальної кількості годин періоду часу  $t_p$ . Зазвичай, кількість годин роботи у форсованому режимі складає годину або дві за добу, якщо брати середнє значення за рік, то можна розрахувати згідно зі стандартом EN ISO 13790:

$$k_b = \frac{t_{op,boost}}{t_p}. \quad (17)$$

Коефіцієнт часу чергового режиму  $k_{setb}$  відображає кількість годин роботи у черговому режимі із загальної кількості годин періоду часу  $t_p$  та визначається за коефіцієнтами  $k_r$  та  $k_b$ :

$$k_{setb} = 1 - k_r - k_b. \quad (18)$$

#### 6.4 Відхилення від детального розрахункового методу

У деяких випадках слід враховувати відхилення від детального розрахункового методу:

- однотрубні системи опалення.

Загальна витрата в опалювальному контурі та насосі є постійною. Насос

The auxiliary energy demand for the boost mode operation is determined by multiplication with a time factor for the proportional time of boost mode operation,  $k_b$ :

The time factors can be calculated according to ratios of time periods.

The regular mode time factor,  $k_r$ , expresses the number of hours of regular mode operations  $t_{op,r}$  per total number of hours per time period  $t_p$  (period could be day, week, month or year):

The boost mode time factor,  $k_b$ , expresses the number of hours of boost mode operation per total number of hours per time period  $t_p$ . The number of hours of boost mode operation is typically one or two hours per day, as an average over the year, and may be calculated in accordance with EN ISO13790:

The set back mode factor,  $k_{setb}$ , expresses the number of hours of set back mode operation per total number of hours per time period  $t_p$  and is determined from  $k_r$  and  $k_b$ :

#### 6.4 Deviations from the detailed calculation method

For some applications, deviations from the detailed calculation method are taken into account:

One-pipe heating systems. The total flow in the heating circuit and in the pump is constant. The pump is always

завжди працює в робочій точці. Осереднена неповнота навантаження теплорозподільної складової системи  $\beta_{dis}=1$ .

- перепускні клапани.

Перепускні клапани застосовують для забезпечення мінімальної витрати через теплогенератор або захисту від максимального перепаду тиску в опалювальному приладі. Відкриття перепускного клапана забезпечують взаємоузгодженістю між втратою тиску в системі, характеристикою насоса та настройкою перепускного клапана. Вплив на потребу в гідравлічній енергії може бути оцінений шляхом застосування скоригованої осередненої неповноти навантаження теплорозподільної складової системи  $\beta'_{dis}$ :

$$\beta'_{dis} = \beta_{dis} + (1 - \beta_{dis}) \cdot \frac{\dot{V}_{min}}{\dot{V}_{des}}, \quad (19)$$

де:

$\beta'_{dis}$  – осереднена неповнота навантаження теплорозподільної складової системи;

$\dot{V}_{des}$  – проектна об'ємна витрата, м<sup>3</sup>/год;

$\dot{V}_{min}$  – мінімальна об'ємна витрата, м<sup>3</sup>/год.

Мінімальна об'ємна витрата враховує вимоги, які пов'язані з теплогенератором або з максимальною втратою тиску в опалювальному приладі.

working at the design point. The mean part load of distribution is  $\beta_{dis} = 1$ .

- overflow valves.

Overflow valves are used to ensure a minimum flow at the heat generator or a maximum differential pressure at the heat emitter. The function of the overflow valve is given by the interaction between the pressure loss of the system, the characteristics of the pump and the set point of the overflow valve. The influence on hydraulic energy demand can be estimated by applying a correct mean part load of distribution,  $\beta'_{dis}$ :

where:

$\beta'_{dis}$  is the mean part load of distribution;

$\dot{V}_{des}$  is the design volume flow [m<sup>3</sup>/h];

$\dot{V}_{min}$  is the minimum volume flow [m<sup>3</sup>/h].

The minimum volume flow takes into account the requirements of the heat generator or the maximum pressure loss of the heat emitter.



## 6.5 Місячна потреба у додатковій енергії

У детальному розрахунковому методі, як і у спрощеному та табличному методах визначають річну потребу у додатковій енергії  $W_{H,dis,aux,an}$ . За необхідності визначають місячну потребу у додатковій енергії за формулою:

$$W_{H,dis,aux,m} = W_{H,dis,aux,an} \cdot \frac{\beta_{dis,m} \cdot t_{op,m}}{\beta_{dis,an} \cdot t_{op,an}}, \text{ кВт} \cdot \text{год/місяць [kWh/month]}, \quad (20)$$

де:

$\beta_{dis,m}$  – осереднена неповнота навантаження теплорозподільної складової системи за місяць;

$\beta_{dis,an}$  – осереднена неповнота навантаження теплорозподільної складової системи за рік;

$t_{op,m}$  – опалювальний період у годинах за місяць;

$t_{op,an}$  – опалювальний період у годинах за рік.  
Розрахунок  $\beta_{dis}$  наведено в 7.4.

## 6.6 Додаткова енергія, яку утилізують

У насосів, що працюють в опалювальних контурах, частина додаткової енергії переходить в теплову енергію. Одна частина теплової енергії надходить в розподільну складову системи як теплота, що передається до води-теплоносія. Інша частина теплової енергії використовується при опаленні як теплота, що передається оточуючому повітрю.

Утилізована додаткова енергія в теплорозподільній складовій системи:

## 6.5 Monthly auxiliary energy demand

In the detailed calculation method, as in the simplified and tabulated calculation methods, the annual auxiliary energy demand  $W_{H,dis,aux,an}$  is determined. Where necessary, the monthly auxiliary energy demand is calculated by:

where:

$\beta_{dis,m}$  is the mean part load of distribution for the month;

$\beta_{dis,an}$  is the mean part load of distribution for the year;

$t_{op,m}$  is the heating hours per month;

$t_{op,an}$  is the heating hours per year.  
Calculation of  $\beta_{dis}$  is given in 7.4.

## 6.6 Recoverable auxiliary energy

For pumps operated in heating circuits, part of the auxiliary energy demand is converted to thermal energy. One part of the thermal energy is recovered in the distribution system, as heat transferred to the water, and another part of the thermal energy is recoverable for space heating, as heat transferred to the surrounding air.

Recovered auxiliary energy in the distribution system:

$$Q_{H,dis,aux,rvd} = f_{aux,rbl} \cdot W_{H,dis,aux,an}, \text{ кВт} \cdot \text{год/рік [kWh/year]}. \quad (21)$$

Енергія, яку утилізують для опалення:

Recoverable energy for space heating:

$$Q_{H,dis,aux,rbl} = (1 - f_{aux,rbl}) \cdot W_{H,dis,aux,an}, \text{ кВт} \cdot \text{год/рік [kWh/year]}, \quad (22)$$

де:

$f_{aux,rbl}$  – коефіцієнт, що враховує додаткову енергію, яку утилізують. Значення  $f_{aux,rbl}$  наведені в А.1.3.4.

where

$f_{aux,rbl}$  is the factor for recoverable auxiliary energy. Values of  $f_{aux,rbl}$  are given in A.1.3.4.

## 7 РЕГУЛЯРНІ ТЕПЛОВТРАТИ ТЕПЛОРОЗПОДІЛЬНОЇ СКЛАДОВОЇ СИСТЕМИ

## 7 SYSTEM THERMAL LOSS OF DISTRIBUTION SYSTEMS

### 7.1 Загальні положення

### 7.1 General

Регулярні тепловтрати теплорозподільної складової системи залежать від середньої температури теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах, а також від температури навколишнього середовища. Також суттєво впливає на регулярні тепловтрати тип теплоізоляції.

The system thermal loss of a distribution system depends on the mean temperature of the supply and return and the temperature of the surroundings. Also the kind of insulation has an important influence on the system thermal loss.

### 7.2 Детальний розрахунковий метод

### 7.2 Detailed calculation method

#### 7.2.1 Вхідні/вихідні дані

#### 7.2.1 Input/output data

Вхідні дані для детального розрахункового методу представлені нижче. Всі вони є частиною детальних проектних даних:

The input data for the detailed calculation method are listed below. These are all part of the detailed project data:

$L$  – довжина трубопроводу в зоні;  
 $\Psi$  – лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К), для кожного трубопроводу в зоні;  
 $\theta_m$  – середня температура теплоносія в зоні, °С;  
 $\theta_i$  – температура навколишнього середовища в зоні (опалювані та неопалювані об'єми), °С;  
 $t_{op}$  – опалювальний період у годинах, що припадає на часовий інтервал, год/(часовий інтервал).

$L$  – length of pipes in the zone;  
 $\Psi$  – linear thermal transmittance in W/m·K for each pipe in the zone;  
 $\theta_m$  – mean medium temperature in the zone in °C;  
 $\theta_i$  – surrounding temperature in the zone (unheated and heated space) in °C;  
 $t_{op}$  – heating hours in the time step in h/(time step).

Кількість запірно-регулювальної арматури та кронштейнів повинна бути врахована.

Number of valves and hangers taken into account.

Вихідними даними детального розрахункового методу є:

$Q_{H,dis,ls,an}$  – регулярні тепловтрати теплорозподільною складовою системи, кВт·год/рік;

$Q_{H,dis,ls,rbl}$  – регулярні тепловтрати, які утилізують, для опалення зони, кВт·год/(часовий інтервал);

$Q_{H,dis,ls,nrbl}$  – регулярні тепловтрати в зоні, які не утилізують, кВт·год/(часовий інтервал).

### 7.2.2 Розрахунковий метод

Тепловтрати всіх трубопроводів  $j$  за часовий інтервал визначають, як:

$$Q_{H,dis,ls,an} = \sum_j \Psi_{L,j} \cdot (\theta_m - \theta_{i,j}) \cdot L_j \cdot t_{op,an}, \text{ кВт} \cdot \text{год/рік [kWh/year]}, \quad (23)$$

де:

$\Psi$  – лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К);

$\theta_m$  – середня температура теплоносія в зоні, °C;

$\theta_j$  – температура навколишнього середовища, °C;

$L$  – довжина трубопроводу, м;

$j$  – індекс, що позначає трубопроводи з однаковими граничними умовами;

$t_{op,an}$  – опалювальний період у годинах за рік, год/рік.

Для розподільних складових системи з однаковим лінійним коефіцієнтом теплопередачі, однаковими середньою температурою теплоносія та температурою навколишнього середовища тепловтрати визначають за спрощеною формулою:

$$Q_{H,dis,ls,an} = \sum_j \dot{q}_{H,dis,ls,an,j} \cdot L_j \cdot t_{op,an}, \text{ кВт} \cdot \text{год/рік [kWh/year]}, \quad (24)$$

де:

$\dot{q}_{H,dis,ls,an,j}$  – питомі тепловтрати трубопроводу в залежності від  $\Psi$ ,  $\theta_m$  та  $\theta_j$ .

Середня температура теплоносія в опалювальному контурі при регулюванні температури в подавальному трубопроводі залежно від погодних умов залежить від осередненої неповноти навантаження теплорозподільною складовою системи та різниці між середньою розрахунковою температурою тепловіддавальної складової системи та температурою приміщення. Розрахунок середньої температури теплоносія наведено у розділі 8.

The output data of the detailed calculation method are:

$Q_{H,dis,ls,an}$  – annual system thermal loss of the distribution system in the zone [kWh/year];

$Q_{H,dis,ls,rbl}$  – recoverable system thermal loss for space heating in the zone [kWh/time step];

$Q_{H,dis,ls,nrbl}$  – unrecoverable system thermal in the zone [kWh/time step].

### 7.2.2 Calculation method

The thermal losses for all of the pipes  $j$  in a time step is given by:

where:

$\Psi$  is the linear thermal transmittance in W/mK;

$\theta_m$  is the mean medium temperature in °C;

$\theta_j$  is the surrounding temperature in °C;

$L$  is the length of the pipe in m;

$j$  is the index for pipes with the same boundary conditions;

$t_{op,an}$  is the heating hours in the time step in h/year.

For parts of the distribution system with the same linear thermal transmittance, the same mean medium temperature and the same surrounding temperature, the thermal losses are given by a shorter term:

where:

$\dot{q}_{H,dis,ls,an,j}$  is the thermal loss per length of pipedepending on  $\Psi$ ,  $\theta_m$  and  $\theta_j$ .

The mean medium temperature of heating circuits, with outdoor temperature compensation of the supply temperature, depends on the mean part load of distribution and the temperature difference between mean emission system design temperature and room temperature. Calculation of the mean medium temperature is given in Clause 8.

Таким чином, тепловтрати по довжині трубопроводу в об'ємі з температурою  $\theta_j$  залежать від осередненої неповноти навантаження теплорозподільної складової системи та визначаються, як:

$$\dot{q}_{H,dis,ls,an,j}(\beta_{dis}) = \Psi_{L,j} \cdot (\theta_m(\beta_{dis}) - \theta_{j,j}), \text{ кВт} \cdot \text{год}/(\text{м} \cdot \text{рік}) [\text{kWh}/(\text{m} \cdot \text{year})]. \quad (25)$$

Теплорозподільну складову системи характеризують:

- постійною температурою  $\theta_m$ , що не залежить від осередненої неповноти навантаження теплорозподільної складової системи;
- заданою різницею між температурами опалюваного та неопалюваного об'ємів:

$$\Delta\theta_U = \theta_j - \theta_U, \text{ К [K]}; \quad (26)$$

- лінійними коефіцієнтами теплопередачі  $\Psi$  та  $\Psi_U$  по довжині трубопроводів у опалюваних та неопалюваних об'ємах відповідно.

Тепловтрати в неопалюваних об'ємах визначають як функцію тепловтрат в опалюваних об'ємах (тому тепловтрати у трубопроводах слід розраховувати лише один раз для частин з однаковими граничними умовами):

$$\dot{q}_{H,dis,ls,u,an}(\beta_{dis}) = \dot{q}_{H,dis,ls,an}(\beta_{dis}) \cdot \left( \frac{\Psi_U}{\Psi} + \Psi_U \cdot \frac{\Delta\theta_U}{\dot{q}_{H,dis,ls,an}(\beta_{dis})} \right), \text{ кВт} \cdot \text{год}/(\text{м} \cdot \text{рік}) [\text{kWh}/(\text{m} \cdot \text{year})]. \quad (27)$$

Вираз у дужках формули (27) може бути позначеним як коефіцієнт  $f_U$ :

$$f_U = \frac{\Psi_U}{\Psi} + \Psi_U \cdot \frac{\Delta\theta_U}{\dot{q}_{H,dis,ls,an}(\beta_{dis})}. \quad (28)$$

Тепер тепловтрати в неопалюваних об'ємах залежать тільки від тепловтрат опалюваних об'ємів та коефіцієнта, який містить співвідношення між різними лінійними коефіцієнтами теплопередачі та різницю температур між опалюваними та неопалюваними об'ємами:

$$\dot{q}_{H,dis,ls,u,an}(\beta_{dis}) = \dot{q}_{H,dis,ls,an}(\beta_{dis}) \cdot f_U, \text{ кВт} \cdot \text{год}/(\text{м} \cdot \text{рік}) [\text{kWh}/(\text{m} \cdot \text{year})]. \quad (29)$$

Маючи сумарні довжини трубопроводів розподільної складової системи в опалюваних  $L_H$  та в неопалюваних  $L_U$  об'ємах з однаковими лінійними коефіцієнтами теплопередачі в опалюваних  $\Psi$  та в неопалюваних  $\Psi_U$  об'ємах, регулярні тепловтрати, які утилізують, визначають, як:

Therefore, the thermal loss per length in a space with surrounding temperature  $\theta_j$ , depends on the mean part load of distribution and is given by:

For distribution systems characterized by:

- constant supply temperature  $\theta_m$ , not depending on the mean part load of distribution,
- a given temperature difference between a heated and an unheated space –

- linear thermal transmittance  $\Psi$  and  $\Psi_U$  per length for pipes in heated and an unheated spaces, respectively.

the thermal losses in unheated spaces are given as a function of the thermal losses in heated spaces (so the thermal losses of the pipes has to be calculated only once for parts with the same boundary conditions):

The expression in the brackets of Equation (27) can be written as a factor  $f_U$  –

And the thermal losses in unheated spaces depend only on the thermal losses in heated spaces and a factor, which contains the relation between the different U-values per length and the temperature difference in heated and unheated spaces:

Given the sum of pipe length  $L_H$  in heated spaces and  $L_U$  in unheated spaces, for parts of the distribution system with the same values of linear thermal transmittance  $\Psi$  in heated spaces and  $\Psi_U$  in unheated spaces, the recoverable part of the system thermal loss is given by:

$$f_{rbl} = \frac{L_H}{L_H + \frac{\Psi_U}{\Psi} \cdot L_U \cdot \left( 1 + \frac{\Delta\theta_U}{\theta_m (\beta_{dis}) - \theta_i} \right)} \quad (30)$$

### 7.2.3 Тепловтрати допоміжного обладнання

Регулярні тепловтрати розподільної складової системи визначають не тільки тепловтратами трубопроводів. Тепловтрати у допоміжному обладнанні, такому як запірнорегулювальна арматура та засоби кріплення, також враховують.

Приблизне врахування тепловтрат в засобах кріплення здійснюють додаванням 15 % еквівалентної довжини трубопроводу. При використанні спеціальних теплоізолюваних засобів кріплення, опір теплопередачі яких дорівнює опору теплопередачі теплоізоляції трубопроводу, додаткові тепловтрати, пов'язані із засобами кріплення, не враховують.

**Примітка.** Еквівалентна довжина для запірно-регулювальної арматури, включаючи фланці, наведена в А.3.6.

### 7.2.4 Регулярні тепловтрати, які утилізують та не утилізують

У опалюваних приміщеннях тепловтрати трубопроводів можуть використовуватись для опалення, тому їх

### 7.2.3 Thermal losses of accessories

The system thermal loss of a distribution system is not only given by the thermal losses of the pipes. The thermal losses of accessories such as valves and hangers are also taken into account.

To take the thermal losses of hangers into account, an additional equivalent pipe length of 15 % could be used as an approximation. If special insulated pipe hangers are used, with thermal resistance equal to the one of the pipe insulation, the additional thermal losses due to the hangers' should not be taken into account.

**Note:** The equivalent length of valves including flanges is given in А.3.6.

### 7.2.4 Recoverable and unrecoverable system thermal loss

In heated rooms, the thermal losses of the pipes may be recovered for space heating and is thus recoverable. In unheat-

утилізують. У неопалюваних приміщеннях тепловтрати трубопроводів не утилізують.

Маючи сумарну довжину трубопроводів  $L_{rbl,j}$  в опалюваних об'ємах, регулярні тепловтрати, які утилізують,  $Q_{H,dis,ls,rbl,an}$  для опалення за часовий інтервал визначають, як:

$$Q_{H,dis,ls,rbl,an} = \sum_j \dot{q}_{H,dis,ls,rbl,an,j} \cdot L_{rbl,j} \cdot t_{op,an}, \text{ кВт} \cdot \text{год/рік [kWh/year]}. \quad (31)$$

Маючи сумарну довжину трубопроводів  $L_{ls,j}$  у нерегульованих або неопалюваних об'ємах, регулярні тепловтрати, які не утилізують,  $Q_{H,dis,ls,nrbl,an}$  упродовж часового інтервалу визначають, як:

$$Q_{H,dis,ls,nrbl,an} = \sum_j \dot{q}_{H,dis,ls,u,an,j} \cdot L_{ls,j} \cdot t_{op,an}, \text{ кВт} \cdot \text{год/рік [kWh/year]}. \quad (32)$$

### 7.2.5 Загальні регулярні тепловтрати

Загальні регулярні тепловтрати визначають, як:

$$Q_{H,dis,ls,an} = Q_{H,dis,ls,rbl,an} + Q_{H,dis,ls,nrbl,an}, \text{ кВт} \cdot \text{год/рік [kWh/year]}. \quad (33)$$

## 7.3 Розрахунок лінійного коефіцієнта теплопередачі, Вт/(м·К)

Лінійний коефіцієнт теплопередачі теплоізолюваних трубопроводів до повітря з урахуванням загального коефіцієнта тепловіддачі, що включає конвекцію та випромінювання зовнішньої поверхні, визначають, як:

ed rooms, the thermal losses of pipes are not recoverable.

Given the sum of pipe length  $L_{rbl,j}$  in heated spaces, the recoverable system thermal loss for space heating of the time step,  $Q_{H,dis,ls,rbl,an}$ , is calculated by:

Given the sum of pipe length  $L_{ls,j}$  in uncontrolled or unheated spaces, the unrecoverable system thermal loss of the time step,  $Q_{H,dis,ls,nrbl,an}$ , is calculated by:

### 7.2.5 Total system thermal loss

The total system thermal loss is given by:

## 7.3 Calculation of linear thermal transmittance [W/mK]

The linear thermal transmittance for insulated pipes in air with a total heat transfer coefficient including convection and radiation at the outside is given by:

$$\Psi = \frac{\pi}{\left( \frac{1}{2 \cdot \lambda_D} \cdot \ln \frac{d_a}{d_i} + \frac{1}{h_a \cdot d_a} \right)}, \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}, [\text{W/mK}]. \quad (34)$$

де:

$d_i, d_a$  – внутрішній діаметр (без теплоізоляції), зовнішній діаметр трубопроводу (з теплоізоляцією), м;

$h_a$  – загальний коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні (конвекція та випромінювання), Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$\lambda_D$  – теплопровідність теплоізоляційного матеріалу, Вт/(м·К).

Для прихованих трубопроводів лінійний коефіцієнт теплопередачі визначають, як:

where:

$d_i, d_a$  is the inner diameter (without insulation), outer diameter of the pipe (with insulation) [m];

$h_a$  is the outer total surface coefficient of heat transfer (convection and radiation) [W/m<sup>2</sup>K];

$\lambda_D$  is the thermal conductivity of the insulation (material) [W/mK].

For embedded pipes, the linear thermal transmittance is given by:

$$\Psi_{em} = \frac{\pi}{\frac{1}{2} \left( \frac{1}{\lambda_D} \cdot \ln \frac{d_a}{d_i} + \frac{1}{\lambda_E} \cdot \ln \frac{4 \cdot z}{d_a} \right)}, \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}, [\text{W/mK}]. \quad (35)$$

де:

$z$  – глибина закладання трубопроводу від поверхні;

$\lambda_E$  – теплопровідність матеріалу, в який закладено трубопровід, Вт/(м·К).

Для нетеплоізольованих трубопроводів лінійний коефіцієнт теплопередачі визначають, як:

where:

$z$  is the depth of pipe from surface;

$\lambda_E$  is the thermal conductivity of the embedded material [W/mK].

For non-insulated pipes, the linear thermal transmittance is given by:

$$\Psi_{non} = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_D} \cdot \ln \frac{d_{p,a}}{d_{p,i}} + \frac{1}{h_a \cdot d_{p,a}}}, \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)} [\text{W/mK}], \quad (36)$$

де:

$d_{p,i}, d_{p,a}$  – внутрішній та зовнішній діаметри трубопроводу, м;

$\lambda_D$  – теплопровідність матеріалу трубопроводу, Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Приблизне значення лінійного коефіцієнта теплопередачі нетеплоізольованих трубопроводів визначають, як:

where:

$d_{p,i}, d_{p,a}$  is the inner diameter, outer diameter of the pipe (m);

$\lambda_D$  is the thermal conductivity of the pipe (material) [W/mK].

As an approximation, the linear thermal transmittance for non-insulated pipes is given by:

$$\Psi_{non} = h_a \cdot \pi \cdot d_{p,a}, \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)} [\text{W/mK}]. \quad (37)$$

У системах опалення загальний коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні не враховують.

**Примітка.** Додаткова інформація наведена у стандарті ISO 12241. Типові

For heating systems, the inner total heat transfer coefficient needs not to be taken into account.

**Note:** Additional information can be found in ISO 12241. Default values of

значення загального коефіцієнта тепловіддачі зовнішньої поверхні наведені в А.3.4.

#### **7.4 Розрахунок осередненої неповноти навантаження теплорозподільної складової системи в зоні**

Осереднену неповноту навантаження тепло-розподільної складової системи визначають, як:

$$\beta_{dis} = \frac{Q_{H,dis,out}}{\Phi_{em} \cdot t_{op}}, \quad (38)$$

де:

$Q_{H,dis,out}$  – кількість теплоти на виході розподільної складової системи за розрахунковий інтервал;

$\Phi_{em}$  – номінальна потужність встановлених у зоні опалювальних приладів або проектне теплове навантаження зони на етапі проектування;

$t_{op}$  – опалювальний період зони в годинах, що припадає на розрахунковий інтервал.

### **8 РОЗРАХУНОК ТЕМПЕРАТУРИ В ПОДАВАЛЬНОМУ ТА ЗВОРОТНОМУ ТРУБОПРОВОДАХ ЗАЛЕЖНО ВІД ОСЕРЕДНЕНОЇ НЕПОВНОТИ НАВАНТАЖЕННЯ ТЕПЛОРОЗПОДІЛЬНОЇ СКЛАДОВОЇ СИСТЕМИ**

#### **8.1 Тепловий розрахунок опалювальних приладів**

##### **8.1.1 Загальні положення**

Для теплового розрахунку опалювальних приладів розглядають три

outer surface coefficients of heat transfer are given in A.3.4.

#### **7.4 Calculation of mean part load of distribution per zone**

The mean part load of distribution is given by:

where:

$Q_{H,dis,out}$  is the heat output of the distribution system per calculation interval;

$\Phi_{em}$  is the nominal power of the installed heat emitters per zone or design heat load per zone at design stage;

$t_{op}$  are the heating hours in the zone per calculation interval.

### **8 CALCULATION OF SUPPLY AND RETURN TEMPERATURE DEPENDING ON MEAN PART LOAD OF DISTRIBUTION**

#### **8.1 Temperature calculation of heat emitters**

##### **8.1.1 General**

There are three basic cases for the temperature calculation of heat emitters:



основних випадки.

1. Постійне регулювання залежно від погодних умов (постійна витрата, змінна температура).

2. Постійне регулювання терморегуляторами (настройка температури теплоносія, змінна витрата).

3. Двопозиційне регулювання (зазвичай це регулювання кімнатним термостатом).

### **8.1.2 Постійне регулювання залежно від погодних умов**

Для функціональних складових системи, що забезпечують тепловіддачу, з постійною витратою та регулюванням температури залежно від погодних умов, температуру в подавальному  $\theta_s$  та у зворотному  $\theta_r$  трубопроводах, а також середню температуру теплоносія  $\theta_m$  визначають як функцію осередненої неповноти навантаження теплорозподільної складової системи в кожній зоні:

1. Continuous control depending on outdoor temperature (constant flow rate, variable temperature);

2. Continuous control with thermostatic valves (set flow temperature, variable flow rate);

3. On-Off operation (typical: room thermostat control).

### **8.1.2 Continuous control depending on outdoor temperature**

For emission subsystems with constant flow rate and supply temperature control depending on the outdoor temperature, the supply temperature  $\theta_s$  and the return temperature  $\theta_r$ , as well as the mean emission system temperature  $\theta_m$ , are given as functions of the mean part load of distribution in each zone:

$$\theta_m(\beta_{dis}) = \Delta\theta_{des} \cdot \beta_{dis}^{1/n} + \theta_i, \text{ }^\circ\text{C}; \quad (39)$$

$$\theta_s(\beta_{dis}) = (\theta_{s,des} - \theta_i) \cdot \beta_{dis}^{1/n} + \theta_i, \text{ }^\circ\text{C}; \quad (40)$$

$$\theta_r(\beta_{dis}) = (\theta_{r,des} - \theta_i) \cdot \beta_{dis}^{1/n} + \theta_i, \text{ }^\circ\text{C}, \quad (41)$$

де:

$\beta_{dis}$  – осереднена неповнота навантаження теплорозподільної складової в зоні;

$\Delta\theta_{des}$  – температурний напір: різниця між середньою розрахунковою температурою тепловіддавальної складової системи та температурою приміщення,  $^\circ\text{C}$ ;

where:

$\beta_{dis}$  is the part load of the distribution system in the zone;

$\Delta\theta_{des}$  is the temperature difference in  $^\circ\text{C}$  between mean emission system design temperature and room temperature:

$$\Delta\theta_{des} = \frac{\theta_{s,des} + \theta_{r,des}}{2} - \theta_i, \text{ K [K]}, \quad (42)$$

$n$  – показник експоненти тепловіддавальної складової системи;

$\theta_{s,des}$  – розрахункова температура в подавальному трубопроводі,  $^\circ\text{C}$ ;

$\theta_{r,des}$  – розрахункова температура у зворотному трубопроводі,  $^\circ\text{C}$ ;

$\theta_i$  – температура приміщення,  $^\circ\text{C}$ .

**Примітка.** Стандартні значення показника експоненти тепловіддавальної складової системи наведені в A.3.7.

$n$  is the exponent of the emission system;

$\theta_{s,des}$  is the design supply temperature in  $^\circ\text{C}$ ;

$\theta_{r,des}$  is the design return temperature in  $^\circ\text{C}$ ;

$\theta_i$  is the room temperature in  $^\circ\text{C}$ .

**Note:** Default values for the exponent of the heat emission system are given in A.3.7.

### 8.1.3 Постійне регулювання терморегуляторами

Для функціональних складових системи, що забезпечують тепловіддачу, з постійним регулюванням терморегуляторами (постійна або установлювана температура теплоносія, змінна витрата), середню температуру опалювальних приладів  $\theta_m$  визначають, як:

### 8.1.3 Continuous control with thermostatic valves

For emission subsystems with continuous control with thermostatic valves (constant or set flow temperature, variable flow rate), the average temperature of the emitters  $\theta_m$  is given by:

$$\theta_m(\beta_{dis}) = \Delta\theta_{des} \cdot \beta_{dis}^{1/n} + \theta_i, \text{ }^\circ\text{C}, \quad (43)$$

де:

$\beta_{dis}$  – осереднена неповнота навантаження теплорозподільної складової в зоні;

$\Delta\theta_{des}$  – температурний напір: різниця між середньою проектною температурою тепло-віддавальної складової системи та температурою приміщення, °C:

$$\Delta\theta_{des} = \frac{\theta_{s,des} + \theta_{r,des}}{2} - \theta_j, \text{ K [K]}, \quad (44)$$

$n$  – показник експоненти тепловіддавальної складової системи.

Температура в подавальному трубопроводі  $\theta_s$  є проектною або настроєною.

Температуру у зворотному трубопроводі визначають, як:

$$\theta_r = \max(2 \cdot \theta_m - \theta_s; \theta_j), \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (45)$$

#### 8.1.4 Двопозиційне регулювання кімнатним термостатом

У цьому випадку робочі умови є такими самими, що й проектні, тому:

$$\theta_s = \theta_{s,des}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (46)$$

$$\theta_r = \theta_{r,des}, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (47)$$

**Примітка.** Проектні умови можуть змінюватись залежно від розрахункового інтервалу.

where:

$\beta_{dis}$  is the part load of the distribution system in the zone;

$\Delta\theta_{des}$  is the temperature difference in °C between mean emission system design temperature and room temperature;

$n$  is the exponent of the system.

The flow temperature  $\theta_s$  is the design or set value.

The return temperature is given by:

#### 8.1.4 On-off control with room thermostats

In this case, the operating conditions are the same as the design conditions, that is:

**Note:** The design conditions may vary according to the calculation interval.

## 8.2 Вплив байпаса

Якщо застосовано регулювання з байпасом, температура в зворотному трубопроводі  $\theta_r$  розподільного контуру в цілому буде вище ніж температура опалювального приладу, яку визначають, як:

$$\theta_r = \theta_f - \frac{0,86 \cdot \Phi_{out}}{\dot{V}}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (48)$$

де:

$\dot{V}$  – витрата у розподільному контурі може бути проектною або установленою;

$\theta_f$  – температура в подавальному трубопроводі розподільного контуру, яка є такою самою як і в магістралі та на підводці до опалювального приладу.

Приклади таких контурів наведені на рисунку 7.

## 8.2 Effect of by-pass connections

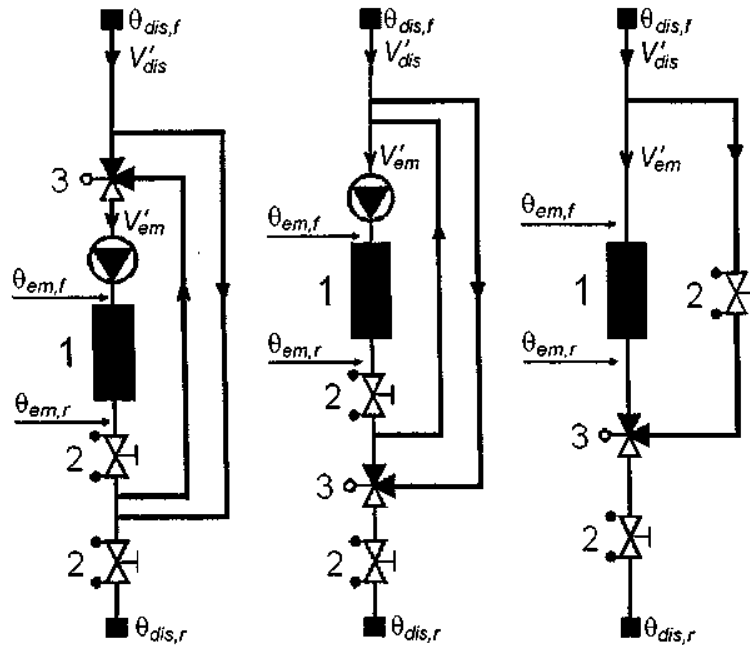
If there is a by-pass control, the return temperature of the distribution circuit  $\theta_r$  is generally higher than that of the heat emitter and is given by:

where:

$\dot{V}$  is the distribution circuit flow rate, either the design value or the set value;

$\theta_f$  is the distribution circuit supply temperature, which is the same as that of the mains and the same as the heat emitter supply (flow) temperature.

Examples of such circuits are given in Figure 7.



**Позначки:**  
 1 – опалювальний прилад;  
 2 – балансувальний клапан;  
 3 – триходовий регулювальний клапан

**Key:**  
 1 – emitter;  
 2 – balancing valve;  
 3 – three-way control valve

**Рисунок 7 – Приклад розподільних контурів з байпасом**  
**Figure 7 – Sample by-pass type distribution circuits**

### 8.3 Вплив змішувального клапана

За наявності змішувального клапана в контурі температура у зворотному трубопроводі  $\theta_r$  розподільного контуру буде такою самою, що й температура після опалювального приладу:

$$\theta_r = \theta_{em,r}, \text{ } ^\circ\text{C.} \tag{49}$$

Температура в подавальному трубопроводі розподільного контуру  $\theta_f$  буде такою самою, що й температура в магістралях, та такою або вищою ніж у подавальному трубопроводі до опалювального приладу.

Витрату розподільного контуру  $\dot{V}$  (подана з магістралей) визначають, як:

$$\dot{V} = \frac{0,86 \cdot \Phi_{in}}{\theta_f - \theta_r}, \text{ кг/год [kg/h].} \tag{50}$$

Приклади таких контурів представлені на рисунку 8.

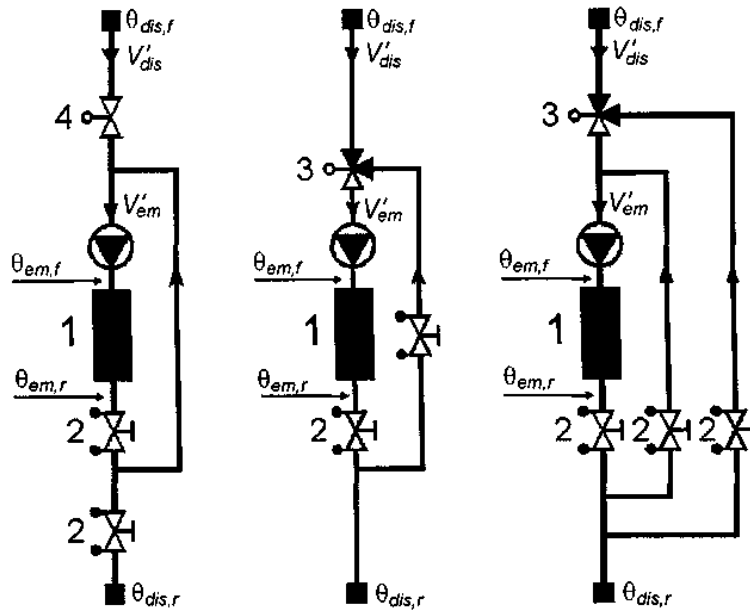
### 8.3 Effect of mixing valves

With a mixing valve circuit, return temperature of the distribution circuit  $\theta_r$  is the same as the heat emitter return temperature:

The distribution circuit supply temperature  $\theta_f$  is the same as that of the mains and is higher than or equal to the heat emitter supply (flow) temperature.

The distribution circuit flow  $\dot{V}$  (supplied from the mains) is given by:

Examples of such circuits are given in Figure 8.



**Позначки:**

- 1 – опалювальний прилад;
- 2 – балансувальний клапан;
- 3 – триходовий регулювальний клапан;
- 4 – регулювальний клапан

**Key:**

- 1 – emitter;
- 2 – balancing valve;
- 3 – three-way control valve.;
- 4 – control valve

**Рисунок 8 – Приклади розподільних контурів змішувального типу**  
**Figure 8 – Sample mixing type distribution circuits**

**8.4 Паралельне з'єднання розподільних контурів**

Якщо є декілька розподільних контурів і, з'єднаних разом, результуючу витрату та температуру у зворотному трубопроводі розраховують наступним чином.

Температура теплоносія є однаковою для всіх розподільних контурів:

$$\theta_{dis,f,i} = \theta_{dis,f}, \text{ } ^\circ\text{C.} \tag{51}$$

Загальна витрата  $\dot{V}_{dis}$  є сумою витрат усіх розподільних контурів:

$$\dot{V}_{dis} = \sum_i \dot{V}_{dis,i}, \text{ м}^3/\text{год} [\text{m}^3/\text{h}]. \tag{52}$$

Результуюча температура у зворотному трубопроводі  $\theta_{dis,r,tot}$  буде:

$$\theta_{dis,r,tot} = \theta_{dis,f} - \frac{0,86 \cdot \Phi_{dis,out}}{\dot{V}_{dis}}, \text{ } ^\circ\text{C.} \tag{53}$$

**8.4 Parallel connection of distribution circuits**

If there are several distribution circuits i connected together, the resulting flow rate and return temperature are calculated as follows.

The flow temperature is the same for all distribution circuits:

The total flow rate  $\dot{V}_{dis}$  is the sum of the flow rates of the distribution circuits:

The resulting return temperature  $\theta_{dis,r,tot}$  is given by:

### **8.5 Первинні контури**

Для систем опалення, в яких температура у розділювачі системи або у баку-акумуляторі не залежить від температури в подавальному трубопроводі тепловіддавальної складової системи, тепловтрати трубопроводів, що знаходяться між теплогенератором та баком-акумулятором, слід розраховувати за проектними даними.

**Примітка.** Проектні дані можуть мати змінні значення.

### **8.5 Primary circuits**

For heating systems, where the temperature of the decoupling system or a storage vessel does not depend on the supply temperature of the emission system, the thermal losses of the pipes between the heat generator and the storage vessel has to be calculated with design values.

**Note:** The design value may be a variable value.

**ДОДАТОК А**

(довідковий)

**ПЕРЕВАЖНИЙ ПОРЯДОК****РОЗРАХУНКІВ****A.1 Спрощений розрахунковий метод визначення річної потреби у додатковій енергії****A.1.1 Вхідні/вихідні дані**

Для спрощеного розрахункового методу у найбільш відповідних випадках приймають припущення, які зменшують потребу в початкових даних (наприклад, довжина трубопроводу розрахована приблизно, виходячи із зовнішніх розмірів будівлі та приблизної ефективності насосів). Цей метод може застосовуватись навіть при відомих лише деяких вхідних даних (загальний розрахунок на ранніх етапах проектування). Припущення, які зроблені в A.1.2 -A.1.5, можуть бути змінені на національному рівні з внесенням цих змін до національних додатків, однак розрахунковий метод, що наведений в A.1.2.1, A.1.2.3, A.1.5 та A.1.6, повинен застосовуватись без змін.

Вхідні дані для спрощеного розрахункового методу наведені нижче. Всі вони є частиною детальних проектних даних:

**ANNEX A**

(informative)

**PREFERRED PROCEDURES****A.1 Simplified calculation method for determination of annual auxiliary energy demand****A.1.1 Input/output data**

For the simplified calculation method, some assumptions are made for the most relevant cases, reducing the required input data (e.g. the lengths of pipes are calculated by approximations depending on the outer dimensions of the building and efficiency of pumps is approximated). This method may be applied if only few data are available (in general at an early stage of design). The assumptions made in A.1.2 through A.1.5 may be changed on a national level in a national annex, but the calculation method as given by A. 1.2.1, A.1.2.3, A.1.5 and A.1.6 is to be applied.

The input data for the simplified calculation method are listed below. These are all part of the detailed project data.

$P_{hydr,des}$  – гідравлічна потужність у проектній точці зони, Вт; розраховують згідно з формулами (1) та (2);

$\Phi_{H,em,out}$  – проектне теплове навантаження зони відповідно до EN 12831;

$\Delta v_{dis,des}$  – проектний перепад температури розподільної складової системи в зоні, К;

$\Delta p_{des}$  – перепад тиску в контурі зони, кПа, визначають за спрощеним розрахунком згідно з А.1.2.2;

$L_{max}$  – максимальна довжина трубопроводу опалювального контуру в зоні, м;

$\beta_{dis}$  – осереднена неповнота навантаження теплорозподілення;

$t_{op,an}$  – опалювальний період у годинах за рік, год/рік;

$f_{NET}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує схему розводки системи;

$f_{HB}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує гідравлічну збалансованість;

$f_{G,PM}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує наявність управління насосом, убудованим у теплогенератор;

$f_{aux,rbl}$  – коефіцієнт, що враховує додаткову енергію, яку утилізують;

$e_{dis}$  – коефіцієнт витрати енергії при роботі циркуляційного насоса, який визначають спрощеним розрахунком згідно з А.1.4.

Тип регулювання насосом.

Проектна температура.

Тип опалювального приладу.

Змінний режим роботи.

Вихідними даними спрощеного розрахункового методу є:

$W_{H,dis,aux,an}$  – річна потреба у додатковій енергії, кВт·год/рік;

$W_{H,dis,aux,m}$  – місячна потреба у додатковій енергії, кВт·год/міс.;

$Q_{H,dis,aux,rvd}$  – утилізована для опалення додаткова енергія, кВт·год/(часовий інтервал);

$Q_{H,dis,aux,rbl}$  – додаткова енергія, яку утилізують у теплорозподільній складовій системі, кВт·год/(часовий інтервал).

### A.1.2 Розрахунковий метод

#### A.1.2.1 Потреба в гідравлічній енергії

Для заданих значень поправочних коефіцієнтів (та за припущення, що  $f_s \cdot f_{SD} = 1,0$ ) потреба в гідравлічній енергії може бути виражена як функція опалювального періоду, що припадає на інтервал часу, та осередненої неповноти навантаження теплорозподілення:

$$W_{H,dis,hyrd,an} = \frac{P_{hydr,des}}{1000} \cdot \beta_{dis} \cdot t_{op,an} \cdot f_{NET} \cdot f_{HB} \cdot f_{G,PM} \cdot (A.1)$$

$P_{hydr,des}$  – hydraulic power at the design point for the zone [W] – by calculating according to Equations (1) and (2);

$\Phi_{H,em,out}$  – design heat load according to EN 12831 of the zone;

$\Delta v_{dis,des}$  – design temperature difference [K] for the distribution in the zone;

$\Delta p_{des}$  – different pressure of the circuit in the zone [kPa] – by simplified calculation according to A.1.2.2;

$L_{max}$  – maximum pipe length of the heating circuit in the zone [m];

$\beta_{dis}$  – mean part load of distribution;

$t_{op,an}$  – heating hours per year;

$f_{NET}$  – correction factor for hydraulic networks;

$f_{HB}$  – correction factor for hydraulic balance;

$f_{G,PM}$  – correction factor for generators with integrated pump management;

$f_{aux,rbl}$  – factor for recoverable auxiliary energy;

$e_{dis}$  – expenditure energy factor for operation of circulation pump – by simplified calculation according to A.1.4.

Type of pump control.

Design temperature level.

Heat emitter type.

Intermittent operation.

The output data of the simplified calculation method are:

$W_{H,dis,aux,an}$  – annual auxiliary energy demand [kWh/year];

$W_{H,dis,aux,m}$  – monthly auxiliary energy demand [kWh/month];

$Q_{H,dis,aux,rvd}$  – recovered auxiliary energy in the distribution system [kWh/time step];

$Q_{H,dis,aux,rbl}$  – recoverable auxiliary energy for space heating [kWh/time step].

### A.1.2 Calculation method

#### A.1.2.1 Hydraulic energy demand

For given values of correction factors (and assuming  $f_s \cdot f_{SD} = 1,0$ ), the hydraulic energy demand can be expressed as a function of heating hours per time step and the mean part load of distribution:



Поправочні коефіцієнти наведені в А.1.3. Поправочний коефіцієнт  $f_{NET}$ , що враховує схему розводки системи, потрібен тільки для того, щоб відрізнити однотрубну та двотрубну системи опалення.

#### **A.1.2.2 Перепад тиску в робочій точці**

Наближене визначення перепаду тиску в робочій точці може бути здійснене за допомогою фіксованих питомих втрат тиску в опалювальному контурі (100 Па/м) та долі втрат тиску в місцевих опорах системи, яку приймають 0,3. Змінними для визначення перепаду тиску в робочій точці таким чином є тільки найбільша протяжність опалювального контуру в зоні та втрати тиску в тепловіддавальній та теплогенерувальній складових системи:

$$\Delta p_{des} = 0,13 \cdot L_{max} + 2 + \Delta p_{FH} + \Delta p_G, \text{ кПа [kPa]}, \quad (\text{A.2})$$

де:

$L_{max}$  – максимальна довжина опалювального контуру, м;

$\Delta p_{FH}$  – додаткові втрати тиску в системі підлогового опалення, кПа;

$\Delta p_G$  – втрати тиску в теплогенераторі, кПа.

Таке наближення може використовуватись як у первинних, так і у вторинних опалювальних контурах.

Якщо дані від виробника про  $\Delta p_{FH}$  та/або  $\Delta p_G$  невідомі, можуть бути використані наступні значення:

$\Delta p_{FH} = 25$  кПа, включаючи запірно-регулювальну арматуру та розподільник;

$\Delta p_G$  представлено в таблиці А.1.

Correction factors are given in A.1.3. The correction factor for hydraulic networks  $f_{NET}$  is only necessary to distinguish between one-pipe and two-pipe heating systems.

#### **A.1.2.2 Differential pressure at the design point**

An approximation for the differential pressure at the design point can be made with a fixed pressure loss per length of heating circuit (100 Pa/m) and an additional pressure loss ratio for components of 0,3. Variables for determining the differential pressure at the design point are thus only the maximum length of the heating circuit in the zone and the pressure losses of the heat emission system and the heat generation system:

where:

$L_{max}$  is the maximum length of the heating circuit [m];

$\Delta p_{FH}$  is the additional pressure loss for floor heating systems [kPa];

$\Delta p_G$  is the pressure loss of heat generators [kPa].

This approximation is applicable for the primary heating circuit as well as for the secondary heating circuit.

If the manufacturer's data for  $\Delta p_{FH}$  and/or  $\Delta p_G$  is not available, the following default values can be applied:

$\Delta p_{FH} = 25$  kPa including valves and distributor;

$\Delta p_G$  see Table A.1.

**Таблиця А.1** - Втрати тиску в теплогенераторах

**Table A.1** - Pressure loss of heat generators

Тип теплогенератора Type of heat generators	$\Delta p_G$ , кПа [kW]	
Генератор водомісткістю більше 0,3 дм <sup>3</sup> /кВт Generator with water content > 0,31/kW	1	
Генератор водомісткістю не менше 0,3 дм <sup>3</sup> /кВт Generator with water content ≤ 0,3 l/kW	$\Phi_{h,em,out,max} < 35$ кВт [kW]	$20 \cdot (\dot{V}_{des})^2$
	$\Phi_{h,em,out,max} \geq 35$ кВт [kW]	80

де:

$\Phi_{h,em,out,max}$  – максимальне теплове навантаження, кВт;

$\dot{V}_{des}$  – проектна витрата, м<sup>3</sup>/год.

Найбільша довжина опалювального контуру в зоні може бути розрахована приблизно, виходячи із зовнішніх розмірів зони:

$$L_{max} = 2 \cdot \left( L_L + \frac{L_W}{2} + N_{lev} \cdot h_{lev} + l_c \right), \text{ м [m]}, \quad (A.3)$$

де:

$L_L$  – довжина зони (частини будівлі), м;

$L_W$  – ширина зони (частини будівлі), м;

$N_{lev}$  – кількість опалюваних поверхів у зоні (частині будівлі);

where:

$\Phi_{h,em,out,max}$  is the maximum heat load [kW];

$\dot{V}_{des}$  – is the design flow [m<sup>3</sup>/h].

The maximum length of the heating circuit in a zone can be calculated approximately from the outer dimensions of the zone:

where:

$L_L$  is the length of the zone (part of building) [m];

$L_W$  is the width of the zone (part of building) [m];

$N_{lev}$  is the number of heated floors in the zone (part of building) [-];

$h_{lev}$  – середня висота поверхів у зоні (частині будівлі), м;

$l_c = 10$  м для двотрубно́ї системи опалення;

$l_c = L_L + L_W$  для однотрубно́ї системи опалення.

### A.1.2.3 Потреба у додатковій енергії

Річну потребу у додатковій енергії  $W_{H,dis,aux,an}$  визначають виходячи з річної потреби в гідравлічній енергії  $W_{H,dis,hydr,an}$  шляхом множення на коефіцієнт використання енергії  $e_{dis}$  відповідно до формули (4) у 6.3.2. Для спрощеного розрахункового методу коефіцієнт витрати енергії визначають за А.1.4.

### A.1.3 Поправочні коефіцієнти

**A.1.3.1 Поправочний коефіцієнт  $f_{NET}$ , що враховує схему розводки системи:**

$f_{NET} = 1$  – для двотрубних систем опалення;

$f_{NET} = 8,6 \cdot k_{by} + 0,7$  – для однотрубних систем опалення, де  $k_{by}$  є відношенням витрати через опалювальний прилад до витрати в стояку (приладовій вітці).

**A.1.3.2 Поправочний коефіцієнт  $f_{HB}$ , що враховує гідравлічну збалансованість:**

$f_{HB} = 1$  – для гідравлічно збалансованої системи;

$f_{HB} = 1,15$  – для гідравлічно незбалансованої системи.

**A.1.3.3 Поправочний коефіцієнт  $f_{G,PM}$ , що враховує наявність управління насосом, убудованим в теплогенератор:**

$f_{G,PM} = 1$  – для стандартного теплогенератора з управлінням, залежним від погодних умов (УПУ);

$f_{G,PM} = 0,75$  – для настінного теплогенератора з управлінням, залежним від погодних умов (УПУ);

$f_{G,PM} = 0,45$  – для настінного теплогенератора з управлінням, залежним від температури приміщення (УТП).

**A.1.3.4 Коефіцієнт  $f_{aux,rbl}$ , що враховує додаткову енергію, яку утилізують:**

$f_{aux,rbl} = 0,75$  – для нетеплоізолюваного насоса;

$f_{aux,rbl} = 0,90$  – для теплоізолюваного насоса.

$h_{lev}$  is the mean height of the floors in the zone (part of building) [m];

$l_c = 10$  m for two-pipe heating systems;

$l_c = L_L + L_W$  for one-pipe heating systems.

### A.1.2.3 Auxiliary energy demand

The annual auxiliary energy demand  $W_{H,dis,aux,an}$  is determined from the annual hydraulic energy demand  $W_{H,dis,hydr,an}$  by multiplication with the expenditure energy factor  $e_{dis}$ , according to Equation (4) in 6.3.2. For the simplified calculation method, the expenditure energy factor is given in A.1.4.

### A.1.3 Correction factors

**A.1.3.1 Correction factor for hydraulic networks  $f_{NET}$**

$f_{NET} = 1$  for two-pipe heating systems;

$f_{NET} = 8,6 \cdot k_{by} + 0,7$  for one-pipe heating systems, where  $k_{by}$  is the ratio of flow over the heat emitter to flow in the ring;

**A.1.3.2 Correction factor for hydraulic balance  $f_{HB}$**

$f_{HB} = 1$  for hydraulic balanced systems;

$f_{HB} = 1,15$  for hydraulic non-balanced systems.

**A.1.3.3 Correction factor for generators with integrated pump management  $f_{G,PM}$**

$f_{G,PM} = 1$  for outdoor temperature controlled standard generator (OTC);

$f_{G,PM} = 0,75$  for outdoor temperature controlled wall hanging generator (OTC);

$f_{G,PM} = 0,45$  for room temperature controlled wall hanging generator (RTC).

**A.1.3.4 Recoverable auxiliary energy  $f_{aux,rbl}$**

$f_{aux,rbl} = 0,75$  for non-insulated pump;

$f_{aux,rbl} = 0,90$  for insulated pump.

**A.1.4 Коефіцієнт витрати енергії**

Для спрощеного розрахункового методу коефіцієнт витрати енергії обчислюють подібно до детальшого розрахункового методу згідно з формулою (7) у 6.3.4.1 та з наступними додатковими припущеннями:

- поправочний коефіцієнт  $f_c$ , що враховує спосіб управління насосом, визначають за рисунком 5 при  $P_{el,pmp,max} / P_{el,pmp} = 1,11$ ;
- поправочний коефіцієнт для вибору робочої точки  $f_{PSP} = 1,15$  (рисунок 3);
- к.к.д.  $f_e = f_\eta \cdot f_{PSP}$ ;
- апроксимація графіка к.к.д. насоса.

Таким чином, формула для коефіцієнта витрати енергії спрощується до вигляду:

$$e_{dis} = f_e \cdot (C_{P1} + C_{P2} \cdot \beta_{dis}^{-1}), \tag{A.4}$$

де:

$C_{P1}$ ,  $C_{P2}$  – константи, що визначають за таблицею А.2;

$\beta_{dis}$  – осереднена неповнота навантаження теплорозподільної складової системи;

$f_e$  – коефіцієнт корисної дії, який обчислюють, як:

$$f_e = \frac{P_{el,pmp}}{P_{hydr,des}} \tag{A.5}$$

або для насосів, для яких значення  $P_{el,pmp}$  невідоме:

$$f_e = \left( 1,25 + \left( \frac{200}{P_{hydr,des}} \right)^{0,5} \right) \cdot 1,5 \cdot b, \tag{A.6}$$

де:  $b = 1$  для нових будівель та  $b = 2$  для будівель, що експлуатуються;  $P_{hydr,des}$  задають у Вт.

**Таблиця А.2** – Значення постійних  $C_{P1}$ ,  $C_{P2}$  для розрахунку коефіцієнта витрати енергії (спрощений метод)

**Table A.2** – Constants  $C_{P1}$ ,  $C_{P2}$  for calculation of the expenditure energy factor (simplified method)

Регулювання насосом Pump control	$C_{P1}$	$C_{P2}$
Насос нерегульований Pump not controlled	0,25	0,75
$\Delta p_{const}$	0,75	0,25
$\Delta p_{vari}$	0,90	0,10

**A.1.4 Expenditure energy factor**

For the simplified calculation method, the expenditure energy factor is calculated similarly as the detailed calculation method, according to Equation (7) in 6.3.4.1, with the following additional assumptions:

- correction factor for control,  $f_c$ , is determined from Figure 5 with  $P_{el,pmp,max} / P_{el,pmp} = 1,11$ ;
- correction factor for design point selection  $f_{PSP} = 1,15$  (see Figure 3);
- efficiency factor  $f_e = f_\eta \cdot f_{PSP}$ ;
- approximation of the efficiency curve of the pump.

Thus, the expenditure energy factor is simplified to:

where:

$C_{P1}$ ,  $C_{P2}$  are constant, according to Table A.2;

$\beta_{dis}$  is the mean part load of the distribution;

$f_e$  is the mean efficiency factor, given by:

or for two pumps where  $P_{el,pmp}$  is not available:

Where  $b = 1$  for new buildings and  $b = 2$  for existing buildings, and  $P_{hydr,des}$  is given in W.

Для існуючих систем наближено коректним є застосування номінальної потужності  $P_{el,pmp}$  вказаної на насосі. (Для нерегульованого насоса, який має більше ніж одну швидкість, слід приймати  $P_{el,pmp}$  для тієї швидкості, на якій насос експлуатують).

#### **A.1.5 Змінний режим роботи**

Для спрощеного розрахункового методу задаються коефіцієнтом часу форсованого режиму  $k_b$  на рівні 3 %, а річну потребу у додатковій енергії визначають, як:

$$\begin{aligned} W_{H,dis,aux,an,im} &= W_{H,dis,aux,an} \cdot (k_r + 0,6 \cdot k_{setb} + k_b) = \\ &= W_{H,dis,hydr,an} \cdot e_{dis} \cdot (k_r + 0,6 \cdot k_{setb} + k_b), \text{ кВт} \cdot \text{год} [\text{kWh}]. \end{aligned} \quad (\text{A.7})$$

Відмінність між частинами формули та виразами у дужках становить коефіцієнт збереження енергії при змінному режимі роботи.

Коефіцієнти часу слід розраховувати згідно з 6.3.5.

#### **A.1.6 Місячна потреба у додатковій енергії та додаткова енергія, яку утилізують**

Для спрощеного розрахункового методу місячну потребу у додатковій енергії розраховують згідно з 6.5, а додаткову енергію, яку утилізують на опалення (а також й утилізовану додаткову енергію в розподільній складовій

For existing installation, it is approximately correct to use the power rating given on the label at the pump for  $P_{el,pmp}$ . (In case of non-controlled pumps with more than one speed level,  $P_{el,pmp}$  shall be taken from the speed level at which the pump is operated).

#### **A.1.5 Intermittent operation**

For the simplified calculation method, the boost mode time factor  $k_b$  is assumed to be 3 %, and the annual auxiliary energy demand is given by:

The difference between unity and the expression in the brackets represents the energy savings ratio by intermittent operation.

The time factors should be calculated according to 6.3.5.

#### **A.1.6 Monthly auxiliary energy demand and recoverable auxiliary energy**

For the simplified calculation method, the monthly auxiliary energy demand is calculated according to 6.5 and the recoverable auxiliary energy for space heating (as well as the recovered auxiliary energy in the distribution

системи), розраховують згідно з 6.6.

Коефіцієнт, що враховує додаткову енергію, яку утилізують, дано в А.1.3.4.

## **А.2 Табличний розрахунковий метод для визначення річної потреби у додатковій енергії**

### **А.2.1 Вхідні/вихідні дані**

Вхідні дані для табличного розрахункового методу наведені нижче. Всі вони є частиною детальних проектних даних:

$A_{h,z}$  - площа опалюваного поверху в зоні, м<sup>2</sup>.

Тип генератора теплоти.

Тип системи опалення (однотрубна, двотрубна).

Тип регулювання насосом.

Вихідними даними для табличного розрахункового методу є:

$W_{H,dis,aux,an}$  - річна потреба у додатковій енергії, кВт·год/рік;

systems) is calculated according to 6.6.

The factor for recoverable auxiliary energy is given in A.1.3.4.

## **A.2 Tabulated calculation method for determination of annual auxiliary energy demand**

### **A.2.1 Input/output data**

The input data for the tabulated calculation method are listed below. These are all part of the detailed project data.

$A_{h,z}$  - heated floor area in the zone [m<sup>2</sup>].

Type of heat generator.

One-pipe/two-pipe heating system.

Type of pump control

The output data of the tabulated calculation method are:

$W_{H,dis,aux,an}$  - annual auxiliary energy demand [kWh/year];

$W_{H,dis,aux,m}$  – місячна потреба у додатковій енергії, кВт·год/міс.;

$Q_{H,dis,aux,rvd}$  – утилізована додаткова енергія в теплорозподільній складовій системи, кВт·год/(часовий інтервал);

$Q_{H,dis,aux,rbl}$  – додаткова енергія, яку утилізують в теплорозподільній складовій системи, кВт·год/(часовий інтервал).

Табличний розрахунковий метод об'єднує всі припущення спрощеного методу та забезпечує з деякими додатковими припущеннями для окремих типів систем опалення оцінку річної потреби у додатковій енергії. Можуть бути розроблені національні додатки з необхідними табличними значеннями. Для визначення табличних значень на національному рівні основу повинен складати спрощений розрахунковий метод, а таблиці повинні зберігати структуру, представлену в А.2.2. Різні граничні умови, які можуть бути змінені на національному рівні, також наведені в А.2.2.

#### **А.2.2 Розрахунковий метод, табличні значення**

Річна потреба у додатковій енергії дана в таблиці А.3. Значення були розраховані за спрощеним методом (див. А.1) з деякими додатковими припущеннями:

- осереднена неповнота навантаження теплорозподільної складової системи  $\beta_{dis} = 0,4$ ;
- опалювальний період  $t_{op,an} = 5000$  год за рік;
- проектне теплове навантаження на  $1 \text{ м}^2$   $\Phi_{H,em,out} = 40 \text{ Вт/м}^2$  (нові будівлі);
- $A_{h,z}$  приймають такою, що дорівнює площі зони (один насос максимум на  $1000 \text{ м}^2$  зони);
- довжина зони в залежності від опалюваної площі поверху:  $L_L = 11,4 + 0,0059 \cdot A_{h,z}$ ;
- ширина зони в залежності від опалюваної площі поверху:  $L_W = 2,72 L_L \cdot \ln(A_{h,z}) + 6,62$ ;
- кількість поверхів в зоні:  
 $N_{lev} = A_{h,z} / (L_L \cdot L_W)$ ;
- висота поверху  $h_{lev} = 3 \text{ м}$ .

$W_{H,dis,aux,m}$  – monthly auxiliary energy demand [kWh/month];

$Q_{H,dis,aux,rvd}$  – recovered auxiliary energy in the distribution system [kW/time step];

$Q_{H,dis,aux,rbl}$  – recoverable auxiliary energy for space heating [kWh/time step].

The tabulated calculation method combines all the assumptions of the simplified method and provides, with additional assumptions for specific types of heating systems, values for annual auxiliary energy demand. National annexes providing tabulated values for this method may be elaborated. The simplified calculation method shall form the basis for determination of tabulated values on a national level and the tables should follow the same structure as in A.2.2. The various boundary conditions, which may be changed on a national level, are given in A.2.2 as well.

#### **A.2.2 Calculation method, tabulated values**

Annual auxiliary energy demand is given in Table A.3. The values have been calculated from the simplified method (see A.1) with some additional assumptions:

- mean part load of distribution  $\beta_{dis} = 0,4$ ;
- heating hours  $t_{op,an} = 5000$  hours per year;
- design heat load per  $\text{m}^2$   $\Phi_{H,em,out} = 40 \text{ W/m}^2$  (new buildings);
- $A_{h,z} = \text{m}^2$  of the zone (one pump for a maximum of  $1000 \text{ m}^2$  per zone);
- length of the zone depending on the heated floor area:  $L_L = 11,4 + 0,0059 \cdot A_{h,z}$ ;
- width of the zone depending on the heated floor area:  $L_W = 2,72 L_L \cdot \ln(A_{h,z}) + 6,62$ ;
- number of floors in the zone:  
 $N_{lev} = A_{h,z} / (L_L \cdot L_W)$ ;
- floor height  $h_{lev} = 3 \text{ m}$ .

**Таблиця А.3** - Табличний розрахунковий метод річної потреби у додатковій енергії

**Table A.3** - Annual auxiliary energy demand, tabulated calculation method

Річна потреба у додатковій енергії $W_{H,dis,aux,an}$ , кВт·год/рік Annual auxiliary energy demand, $W_{H,dis,aux,an}$ [kWh/year] ( $t_{op,an} = 5000$ годин роботи опалення) ( $t_{op,an} = 5000$ heating hours)						
$A_{h,z}$ , $m^2$ [ $m^2$ ]	Генератори зі стандартним об'ємом води Generator with standard water volume			Генератори зі зменшеним об'ємом води Generator with smalla water volume		
	Двотрубна система з радіаторами Two-pipe-system with radiators Тип регулювання насосом: Type of pump control:			Двотрубна система з радіаторами Two-pipe-system with radiators Тип регулювання насосом: Type of pump control:		
	некерований pump not controlled	$\Delta p_{const}$	$\Delta p_{vari}$	некерований pump not controlled	$\Delta p_{const}$	$\Delta p_{vari}$
100	99	64	53	105	68	57
150	126	82	68	151	98	82
200	151	98	82	206	134	112
300	196	127	106	349	226	189
400	238	154	129	544	352	294
500	278	180	150	799	517	432
600	316	205	171	915	592	495
700	354	229	192	1021	661	553
800	391	253	211	1125	728	609
900	427	276	231	1226	794	664
1000	463	299	250	1326	858	718
$A_{h,z}$ , $m^2$ [ $m^2$ ]	Двотрубна система з підлоговим опаленням Two-pipe-system with floor-heating Тип регулювання насосом: Type of pump control:			Двотрубна система з підлоговим опаленням Two-pipe-system with floor-heating Тип регулювання насосом: Type of pump control:		
	некерований pump not controlled	$\Delta p_{const}$	$\Delta p_{vari}$	некерований pump not controlled	$\Delta p_{const}$	$\Delta p_{vari}$
	100	193	125	105	198	128
150	246	159	133	263	170	142
200	294	190	159	333	215	180
300	379	245	205	497	322	269
400	458	296	248	709	459	384
500	532	344	288	979	634	530
600	602	390	326	1122	726	607
700	671	434	363	1254	812	679
800	738	477	399	1384	895	749
900	803	520	435	1510	977	817
1000	867	561	469	1635	1058	885



Кінець таблиці А.3

$A_{h,z} 1$ $m^2 [T^2]$	Однотрубна система з радіаторами One-pipe-system with radiators Тип регулювання насосом: Type of pump control:			Однотрубна система з радіаторами One-pipe-system with radiators Тип регулювання насосом: Type of pump control:		
	некерований pump not controlled	$\Delta p_{const}$	$\Delta p_{vari}$	некерований pump not controlled	$\Delta p_{const}$	$\Delta p_{vari}$
100	109			115		
150	141			164		
200	170			222		
300	224			369		
400	274			568		
500	323			827		
600	370			950		
700	417			1063		
800	463			1174		
900	509			1283		
1000	554			1390		

Для іншої кількості годин опалювального періоду за рік ніж представлена в таблиці А.3 річну потребу у додатковій енергії  $W_{h,dis,aux,an}$  визначають виходячи з табличних значень, які наведені в таблиці А.3, з множенням їх на коефіцієнт  $f = t_{op,an} / 5000$ , де  $t_{op,an}$  - опалювальний період у годинах за рік, год/рік.

Врахування змінного режиму опалення в річній потребі додаткової енергії  $W_{h,dis,aux,an}$  здійснюють за табличними даними, представленими в таблиці А.3, шляхом множення їх на коефіцієнт  $f_{im}$ , який визначають так:

For different number of heating hours per year than given in Table A.3, the annual auxiliary energy demand  $W_{h,dis,aux,an}$  is determined from the tabulated values in Table A.3 by multiplication with a factor  $f = t_{op,an} / 5000$  where  $t_{op,an}$  is the number of heating hours per year [h/year].

To take into account intermittent heating, the annual auxiliary energy demand  $W_{h,dis,aux,an}$  is determined for the tabulated values in Table A.3 by multiplication with a factor with a factor  $f_{im}$  as follows:

- нормальний режим з 06:00 до 22:00 год кожної доби та черговий режим упродовж решти часу  $f_{im}=0,87$ ; якщо насос вимкнений в черговому режимі, то  $f_{im}=0,69$ ;

- нормальний режим з 06:00 до 22:00 год з понеділка до п'ятниці та черговий режим упродовж решти часу  $f_{im}=0,87$ ; якщо насос вимкнений в черговому режимі, то  $f_{im}=0,60$ .

### ***А.2.3 Місячна потреба у додатковій енергії та додаткова енергія, яку утилізують***

Для табличного розрахункового методу місячну потребу у додатковій енергії розраховують згідно з 6.5.

Для табличного розрахункового методу утилізовану додаткову енергію в розподільній складовій системі визначають, як:

$$Q_{H,dis,aux,rvd} = 0,75 \cdot W_{H,dis,aux,an}, \text{ кВт} \cdot \text{год} [\text{kWh}], \quad (\text{A.8})$$

та додаткову енергію, яку утилізують для опалення, визначають як:

$$Q_{H,dis,aux,rbl} = 0,25 \cdot W_{H,dis,aux,an}, \text{ кВт} \cdot \text{год} [\text{kWh}]. \quad (\text{A.9})$$

- regular mode 06:00 - 22:00 h every day and set back mode for the remaining time:  $f_{im} = 0,87$ ; if the pump is turned off during the set back mode:  $f_{im}=0,69$ ;

- regular mode 06:00 - 22:00 h on Monday - Friday and set back mode for the remaining time:  $f_{im}=0,87$ ; if the pump is turned off during the set back mode:  $f_{im}=0,60$ .

### ***A.2.3 Monthly auxiliary energy demand and recoverable auxiliary energy***

For the tabulated calculation method, the monthly auxiliary energy demand is calculated according to 6.5.

For the tabulated calculation method, the recovered auxiliary energy in the distribution system is given by:

and the recoverable auxiliary energy for space heating is given by:

### **А.3 Спрощений розрахунковий метод для визначення річних регулярних тепловтрат**

#### ***А.3.1 Вхідні і вихідні дані***

Для спрощеного розрахункового методу в найбільш відповідальних випадках здійснюються деякі припущення, які знижують потребу в початкових даних (наприклад, довжина трубопроводу розрахована приблизно, виходячи із зовнішніх розмірів будівлі). Цей метод може застосовуватись, навіть якщо відомі лише деякі вхідні дані (загальний розрахунок на ранніх етапах проектування). Припущення, які зроблені в А.3.3...А.3.7, можуть бути замінені на національному рівні з внесенням цих змін до національних додатків, однак розрахунковий метод, представлений у А.3.2, повинен застосовуватись без змін.

Вхідні дані для спрощеного розрахункового методу наведені нижче. Всі вони є частиною детальних проектних даних:

### **A.3 Simplified calculation method for determination of annual system thermal loss**

#### ***A.3.1 Input I output data***

For the simplified calculation method, some assumptions are made for the most relevant cases, reducing the required input data (e.g. the lengths of pipes are calculated by approximations depending on the outer dimensions of the building). This method may be applied if only few data are available (in general at an early stage of design). The assumptions made in A.3.3 through A.3.7 may be changed on a national level in a national annex, but the calculation method as given by A.3.2 is to be applied.

The input data for the simplified calculation method are listed below. These are all part of the detailed project data:

$L_L$  – довжина зони, м;  
 $L_W$  – ширина зони, м;  
 $h_{lev}$  – висота поверху в зоні, м;  
 $N_{lev}$  – кількість поверхів у зоні;  
 $\Psi$  – лінійний коефіцієнт теплопередачі кожної частини розподільної складової системи в зоні за табличними даними, Вт/(м·К);  
 $\theta_m$  – середня температура теплоносія в зоні, °С;  
 $\theta_a$  – температура навколишнього середовища в зоні (опалюваний та неопалюваний об'єм), °С;  
 $t_{op}$  – опалювальний період, що припадає на часовий інтервал, год/(часовий інтервал).  
 Слід врахувати кількість запірно-регулювальної арматури та засобів кріплення.  
 Вихідними даними спрощеного розрахункового методу є:  
 $Q_{H,dis,ls,an}$  – річні регулярні тепловтрати теплорозподільною складовою системи в зоні, кВт·год/рік;  
 $Q_{H,dis,ls,rbl,an}$  – регулярні тепловтрати, які утилізують, для опалення зони, кВт·год/рік;  
 $Q_{H,dis,ls,nrbl,an}$  – неутілізовані регулярні тепловтрати в зоні, які не утилізують, кВт·год/рік.

### ***A.3.2 Розрахунковий метод***

Річні регулярні тепловтрати визначають за розрахунковим методом згідно з 7.2.2 (для детального розрахункового методу), який спрощують шляхом припущень та наближень, представлених нижче.

Регулярні тепловтрати, які утилізують та не утилізують, визначають згідно з 7.2.4.

$L_L$  – length of the zone [m];  
 $L_W$  – width of the zone [m];  
 $h_{lev}$  – height of the floor in the zone [m];  
 $N_{lev}$  – number of floors in the zone;  
 $\Psi$  – tabulated U-Values per length for each part of the distribution system in the zone [W/mK];  
 $\theta_m$  – mean medium temperature in the zone [°C];  
 $\theta_a$  – surrounding temperature in the zone (unheated and heated space) [°C];  
 $t_{op}$  – heating hours in the time step [h/time step].  
 Number of valves and hangers taken into account.  
 The output data of the simplified calculation method are:  
 $Q_{H,dis,ls,an}$  – annual system thermal loss of the distribution system in the zone [kWh/year];  
 $Q_{H,dis,ls,rbl,an}$  – recoverable system thermal loss for space heating in the zone [kWh/year];  
 $Q_{H,dis,ls,nrbl,an}$  – unrecoverable system thermal loss in the zone [kWh/year].

### ***A.3.2 Calculation method***

The annual system thermal loss is determined from the calculation method given in 7.2.2 (for the detailed calculation method), which is simplified through the assumptions and approximations given in the following.

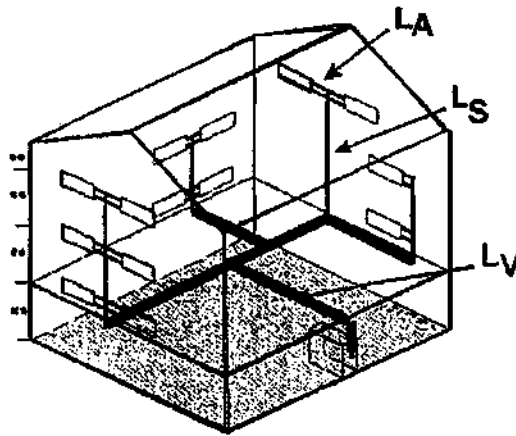
The recoverable and (unrecoverable) system thermal losses are determined according to 7.2.4.

**А.3.3 Наближене визначення довжини трубопроводу розподільної складової системи в зоні**

Для спрощеного розрахункового методу наближено визначають довжину трубопроводу у будівлі або зоні (рисунок А.1), виходячи з довжини  $L_L$  та ширини  $L_W$  будівлі або зони, висоти поверху  $h_{lev}$  та кількості поверхів  $N_{lev}$  дивись таблиці А.4 та А.5.

**A.3.3 Approximation of the length of pipes per zone in distribution systems**

For the simplified calculation method, approximations of the length of the pipes in a building or a zone (see Figure A.1) are made, based on the length ( $L_L$ ) and width ( $L_W$ ) of the building or a zone, the floor height ( $h_{lev}$ ) and the number of floors ( $N_{lev}$ ), see Table A.4 and Table A.5.



**Позначки:**

$L_V$  – довжина трубопроводу між теплогенератором та стояками. Цей (горизонтальний) трубопровід може бути розташований в неопалюваних (підвал, горище) або в опалюваних об'ємах;

$L_S$  – довжина вертикальних трубопроводів (стояки). Ці трубопроводи можуть бути прокладені в будь-яких опалюваних об'ємах, біля зовнішніх стін або всередині будівлі. У них завжди циркулює теплоносій;

$L_A$  – з'єднувальні трубопроводи (вузли обв'язки). У цих трубопроводах витрата теплоносія є регульованою тепловіддавальною складовою системою в опалюваних об'ємах

**Key:**

$L_V$  pipe length between generator and vertical shafts. These (horizontal) pipes could be in unheated spaces (basement, attic) or in heated spaces;

$L_S$  pipe length in shafts (e.g. vertical). These pipes are either in heated spaces, in outside-walls or in the inside of the building. The heating medium is always circulating;

$L_A$  connection pipes. These pipes are flow controlled by the emission system in heated spaces.

**Рисунок А.1 – Типи трубопроводів теплорозподільної складової системи**

**Figure A.1 – Type of pipes in a distribution systems**

**Таблиця А.4** - Приблизне визначення довжини трубопроводів (двотрубна система опалення)

**Table A.4** - Approximation of pipe lengths (two-pipe heating systems)

Параметр Values	Результат Result	Одиниця виміру Unit	Частина V (від теплогенератора до стояків) Part V (from the generator to the shafts)	Частина S (вертикальні стояки) Part s (vertical shafts)	Частина A (з'єднувальні трубопроводи) Part A (connection pipes)
Середня температура навколишнього середовища Mean surrounding temperature		°C	13 відповідно (respectively) 20	20	20
Довжина трубопроводів при розташуванні стояків біля зовнішніх стін Pipe length in case of shafts in outside walls	$L_i$	m (m)	$2 \cdot L_L + 0,01625 \times L_L \cdot L_W^2$	$0,025 \cdot L_L \cdot L_W \times h_{lev} \cdot N_{lev}$	$0,55 \cdot L_L \cdot L_W \cdot N_{lev}$
Довжина трубопроводів при розташуванні стояків усередині будівлі Pipe length in case of shafts inside the building	$L_i$	m (m)	$2 \cdot L_L + 0,0325 \times L_L \cdot L_W + 6$	$0,025 \cdot L_L \cdot L_W \times h_{lev} \cdot N_{lev}$	$0,55 \cdot L_L \cdot L_W \cdot N_{lev}$

**Таблиця А.5** - Приблизне визначення довжини трубопроводів (однотрубна система опалення)

**Table A.5** - Approximation of pipe length (one-pipe heating systems)

Параметр Values	Результат Result	Одиниця виміру Unit	Частина V (від теплогенератора до стояків) Part V (from the generator to the shafts)	Частина S (вертикальні стояки) Part s (vertical shafts)	Частина A (з'єднувальні трубопроводи) Part A (connection pipes)
Довжина трубопроводів при розташуванні стояків усередині будівлі Pipe length in case of shafts inside the building	$L$	m (m)	$2 \cdot L_L + 0,0325 \times L_L \cdot L_W + 6$	$0,025 \cdot L_L \cdot L_W \times h_{lev} \cdot N_{lev} + 2 \cdot (L_L + L_W) \cdot N_{lev}$	$0,1 \cdot L_L \cdot L_W \cdot N_{lev}$

**A.3.4 Типові значення загального коефіцієнта тепловіддачі зовнішньої поверхні (конвекція та випромінювання)**

$h_a$  – загальний коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні (конвекція та випромінювання), Вт/(м<sup>2</sup>·К):

- для теплоізольованих трубопроводів  $h_a = 8$  Вт/(м<sup>2</sup>·К);
- для нетеплоізольованих трубопроводів  $h_a = 14$  Вт/(м<sup>2</sup>·К).

**A.3.4 Default values of the outer total surface coefficient of heat transfer (convection and radiation)**

$h_a$  – outer total surface coefficient of heat transfer (convection and radiation) [W/m<sup>2</sup> K];

- value for insulated pipes = 8 W/m<sup>2</sup> K;
- value for un-insulated pipes = 14 W/m<sup>2</sup> K.

**A.3.5 Приблизне визначення лінійного коефіцієнта теплопередачі  $\Psi$**

Для спрощеного розрахункового методу приблизне визначення  $\Psi$  виконують для різних типів трубопроводів (таблиця А.6). Ці значення є постійними.

**A.3.5 Approximation of  $\Psi$ -values**

For simplified calculation method, approximations of the  $\Psi$ -values are made for the different types of pipes (see Table A.6). These should be constant values.

**Таблиця А.6** - Типові значення лінійного коефіцієнта теплопередачі  $\Psi$ , Вт/(м·К), для нових та існуючих будівель

**Table A.6** - Default values of linear thermal transmittance  $\Psi$  [W/mK] for new and existing buildings

Вік або клас будівлі Age or class of building	Розподільна складова системи Distribution part		
	Частина V Part V	Частина S Part S	Частина A Part A
Починаючи з 1995 р. приймають, що товщина теплоізоляції приблизно дорівнює зовнішньому діаметру трубопроводу From 1995 - assumed that insulation thickness is approximately equal to pipe external diameter	0,2	0,3	0,4
З 1980-1995 р. приймають, що товщина теплоізоляції приблизно дорівнює половині зовнішнього діаметра трубопроводу 1980-1995 - assumed that insulation thickness is approximately equal to half of pipe external diameter	0,3	0,4	0,4
До 1980 р. Up to 1980	0,4	0,4	0,4

Кінець таблиці 6

Вік або клас будівлі Age or class of building	Розподільна складова системи Distribution part		
	Частина V Part V	Частина S Part S	Частина A Part A
Нетеплоізовані трубопроводи Non-insulated pipes			
$A \leq 200 \text{ M}^2 [\text{m}^2]$	1,0	1,0	1,0
$200 \text{ M}^2 [\text{m}^2] < A \leq 500 \text{ m}^2 [\text{m}^2]$	2,0	2,0	2,0
$A > 500 \text{ m}^2 [\text{m}^2]$	3,0	3,0	3,0
Трубопроводи, прокладені біля зовнішніх стін Pipes laid in external walls		загальні/які утилізують <sup>a</sup> total/ recoverable <sup>a</sup>	
Зовнішні стіни нетеплоізовані External wall non-insulated		1,35/0,80	
Зовнішні стіни із зовнішньою теплоізоляцією External wall external insulated		1,00/0,90	
Зовнішні стіни нетеплоізовані, але мають низький коефіцієнт теплопередачі ( $U = 0,4 \text{ Вт}/(\text{m}^2 \cdot \text{К})$ ) External without insulation but low thermal transmittance ( $U = 0,4 \text{ W}/\text{m}^2 \text{ K}$ )		0,75/0,55	
<sup>a</sup> (загальні дорівнюють загальним тепловтратам трубопроводу; які утилізують -тепловтрати трубопроводу, які утилізують) <sup>a</sup> (total = total thermal loss of the pipe, recoverable = recoverable thermal loss of the pipe)			

### **А.3.6 Еквівалентна довжина запірно-регулювальної арматури**

У таблиці 7 наведені значення еквівалентної довжини запірно-регулювальної арматури, включаючи фланці, у залежності від наявності теплоізоляції.

### **A.3.6 Equivalent length of valves**

Table A.7 provides the equivalent length of valves, including flanges, depending on the kind of insulation.



**Таблиця А.7** - Еквівалентна довжина запірно-регулювальної арматури**Table A.7** - Equivalent length of valves

Запірно-регулювальна арматура, включаючи фланці Valves including flanges	Еквівалентна довжина, м (діаметр <sup>d</sup> ≤ 100 мм) Equivalent length in m (di- ameter <sup>d</sup> ≤ 100 mm)	Еквівалентна довжина, м (діаметр d > 100 мм) Equivalent length in m (diameter d > 100 mm)
Неізольована not insulated	4,0	6,0
Ізольована insulated	1,5	2,5

**A.3.7 Типові значення показника ступеня теплопередачі тепловіддавальної складової системи**

Радіатор:  $n = 1,33$ .

Підлогова опалювальна панель  $n = 1,1$ .

**A.4 Табличний розрахунковий метод визначення річних регулярних тепловтрат**

**A.4.1 Вхідні/вихідні дані**

Вхідні дані для спрощеного розрахункового методу наведені нижче. Всі вони є частиною детальних проектних даних: -

$A_{h,z}$  – площа опалюваної зони, м<sup>2</sup>;

$\theta_m$  – середня температура теплоносія (температура в подавальному/у зворотному трубопроводі) в зоні, °C;

$t_{op,an}$  – опалювальний період, що припадає на часовий інтервал, год/рік.

Вихідними даними табличного розрахункового методу є:

$Q_{H,dis,ls,an}$  – річні регулярні тепловтрати тепло-розподільною складовою системи, кВт·год/рік;

$Q_{H,dis,ls,rbl,an}$  – регулярні тепловтрати, які утилізують для опалення зони, кВт·год/рік;

$Q_{H,dis,ls,nrbl,an}$  – неутилізовані регулярні тепловтрати в зоні, кВт·год/рік.

**A.3.7 Default values for the exponent of the heat emission system**

Radiators:  $n = 1,33$ .

Floor heating systems:  $n = 1,1$ .

**A.4 Tabulated calculation method for determination of annual system thermal loss**

**A.4.1 Input/output data**

The input data for the tabulated calculation method are listed below. These are all part of the detailed project data:

$A_{h,z}$  – heated floor area in the zone [m<sup>2</sup>];

$\theta_m$  – mean medium temperature (supply/return temperature) in the zone [°C];

$t_{op,an}$  – heating hours in the time step [h/year].

The output data of the tabulated calculation method are:

$Q_{H,dis,ls,an}$  – annual system thermal loss of the distribution system in the zone [kWh/year];

$Q_{H,dis,ls,rbl,an}$  – recoverable system thermal loss for space heating in the zone [kWh/year];

$Q_{H,dis,ls,nrbl,an}$  – unrecoverable system thermal loss in the zone [kWh/year].

Табличний розрахунковий метод об'єднує всі припущення спрощеного методу та забезпечує визначення з деякими додатковими припущеннями щодо розрахункової температури системи, річних регулярних тепловтрат. Національні додатки містять табличні значення для цього методу. Спрощений розрахунковий метод створює основу для визначення табличних значень на національному рівні, при цьому слід дотримуватись такої самої структури, як у А.4.2. Різні граничні умови, які можуть змінюватись у національних додатках, також наведені в А.4.2.

#### ***А.4.2 Розрахунковий метод, табличні значення***

Річні регулярні тепловтрати двотрубною системи опалення наведені в таблиці А.8. Значення розраховані за спрощеним розрахунковим методом відповідно до А.3 з деякими додатковими припущеннями:

The tabulated calculation method combines all the assumptions of the simplified method and provides, with additional assumptions regarding the design system temperature, values for annual system thermal loss. National annexes providing tabulated values for this method may be elaborated. The simplified calculation method shall form the basis for determination of tabulated values on a national level and the tables should follow the same structure as in A.4.2. The various boundary conditions, which may be changed on a national level, are given in A.4.2 as well.

#### ***А.4.2 Calculation method, tabulated values***

Annual system thermal loss is given in Table A.8 for two-pipe heating systems. The values have been calculated from the simplified method in A.3, with some additional assumptions:

- осереднена неповнота навантаження тепло-розподільної складової системи  $\beta_{dis} = 0,4$ ;
- опалювальний період  $t_{op,an} = 5000$  год/рік;
- $A_{h,z}$  – площа опалюваної зони, м<sup>2</sup>;
- довжина зони залежно від опалюваної площі підлоги:  $L_L = 11,4 + 0,0059 \cdot A_{h,z}$ ;
- ширина зони залежно від опалюваної площі підлоги:  $L_W = 2,72 \cdot \ln(A_{h,z}) + 6,62$ ;
- кількість поверхів у зоні:  $N_{iev} = A_{h,z} / (L_L \cdot L_W)$ ;
- висота поверху  $h_{iev} = 3,0$  м;
- лінійний коефіцієнт теплопередачі  $\Psi$  трубопроводу частини V теплорозподільної складової системи у неопалюваних об'ємах  $\Psi = 0,2$  Вт/(м·К);
- лінійний коефіцієнт теплопередачі  $\Psi$  стояків та з'єднувальних трубопроводів розподільної складової системи в опалюваних об'ємах  $\Psi = 0,255$  Вт/(м·К);
- стояки знаходяться всередині зони.
- mean part load of distribution  $\beta_{dis} = 0,4$ ;
- heating hours  $t_{op,an} = 5000$  hours per year;
- $A_{h,z} = m^2$  of the zone;
- length of the zone depending on the heated floor area:  $L_L = 11,4 + 0,0059 \cdot A_{h,z}$ ;
- width of the zone depending on the heated floor area:  $L_W = 2,72 \cdot \ln(A_{h,z}) + 6,62$ ;
- number of floors in the zone:  $N_{iev} = A_{h,z} / (L_L \cdot L_W)$ ;
- floor height  $h_{iev} = 3,0$  m;
- $\Psi$ -value for pipes of part V of the distribution system, in unheated spaces  $\Psi = 0,2$  W/mK;
- $\Psi$ -value for shafts and connecting pipes of the distribution system, in heated spaces  $\Psi = 0,255$  W/mK;
- shafts inside the zone.

**Таблиця А.8** - Річні регулярні тепловтрати за розрахункової температури, кВт·год/рік

**Table A.8** - Annual system thermal loss in kWh/year at design temperature

$A_{h,z}$ M <sup>2</sup> [m <sup>2</sup> ]	Річні регулярні тепловтрати, кВт·год/рік ( $t_{op,an} = 5000$ год опалювального періоду) Annual system thermal loss in kWh/year ( $t_{op,an} = 5000$ heating hours)							
	Розрахункова температура (у подавальному/зворотному трубопроводах) Design temperature (supply/return)							
	90°C/70°C		70°C/55°C		55°C/45°C		35°C/28°C	
	неопалюваний об'єм unheated space $Q_{H,dis,ls,nrbl,an}$	опалюваний об'єм heated space $Q_{H,dis,ls,rbl,an}$	неопалюваний об'єм unheated space $Q_{H,dis,ls,nrbl,an}$	опалюваний об'єм heated space $Q_{H,dis,ls,rbl,an}$	неопалюваний об'єм unheated space $Q_{H,dis,ls,nrbl,an}$	опалюваний об'єм heated space $Q_{H,dis,ls,rbl,an}$	неопалюваний об'єм unheated space $Q_{H,dis,ls,nrbl,an}$	опалюваний об'єм heated space $Q_{H,dis,ls,rbl,an}$
100	1133	2375	865	1681	674	1187	388	446
150	1265	3562	966	2522	753	1781	433	669
200	1383	4749	1056	3363	823	2375	473	893
300	1592	7124	1216	5044	948	3562	545	1339
400	1783	9499	1362	6726	1061	4749	611	1785
500	1964	11873	1499	8407	1169	5957	672	2231
600	2138	14248	1632	10088	1272	7124	732	2678
700	2308	16623	1762	11770	1373	8311	790	3124
800	2475	18998	1890	13451	1473	9499	847	3570
900	2641	21372	2016	15133	1572	10686	904	4016
1000	2805	23747	2142	16814	1669	11873	961	4463

За іншої кількості годин опалювального періоду ніж у таблиці А.8 річні регулярні тепловтрати додаткової енергії  $Q_{H,dis,ls,rbl,an}$  та  $Q_{H,dis,ls,nrbl,an}$  визначають за даними таблиці А.8, помноженими на коефіцієнт  $f = t_{op,an} / 5000$ , де  $t_{op,an}$  кількість годин опалювального періоду за рік, год/рік.

### А.5 Приклад

У цьому прикладі застосовано спрощений розрахунковий метод.

#### Задано:

будівля: довжина  $L_L = 10$  м;

- ширина  $L_W = 8$  м;

- кількість поверхів  $N_{lev} = 2$ ;

- висота поверху  $h_{lev} = 3$  м;

опалювана площа:  $A_{h,z} = 160$  м<sup>2</sup>;

проектне теплове навантаження:

$\Phi_H = 8000$  Вт;

For a different number of heating hours per year than given in Table A.8, the annual system thermal losses,  $Q_{H,dis,ls,rbl,an}$  and  $Q_{H,dis,ls,nrbl,an}$  are determined from the tabulated values in Table A.8 by multiplication with a factor  $f = t_{op,an} / 5000$  where  $t_{op,an}$  is the number of heating hours per year [h/year].

### А.5 Example

In this example, application of the simplified calculation method is shown.

#### Given:

building:

length  $L_L = 10$  m; width  $L_W = 8$  m;

number of floors  $N_{lev} = 2$ ; floor height:  $h_{lev} = 3$  m;

heated floor:  $A_{h,z} = 160$  м<sup>2</sup>;

design heat load:  $\Phi_H = 8000$  W;

осереднена неповнота навантаження тепло-розподільної складової системи:

$$\beta_{dis} = 0,4;$$

опалювальний період:

$$t_{op,an} = 5000 \text{ год за рік};$$

розрахункова температура в подавальному трубопроводі:

$$\theta_{s,des} = 55 \text{ }^\circ\text{C};$$

розрахункова температура у зворотному трубопроводі:

$$\theta_{r,des} = 45 \text{ }^\circ\text{C};$$

двотрубна система опалення:

$$f_{NET} = 1;$$

гідравлічно збалансована:

$$f_{HB} = 1; l_c = 10 \text{ м};$$

опалювальні прилади:

$$\text{стандартні радіатори: } \Delta p_{FH} = 0;$$

$$\text{теплогенератор: } \Delta p_G = 1 \text{ кПа};$$

$$\text{будівля нова: } b = 1;$$

насос регульований:

$$\Delta p_{vari}, C_{P1} = 0,90, C_{P2} = 0,10.$$

**Розрахунок.**

**Річна потреба у додатковій енергії:**

$$L_{max} = 2 \cdot (L_L + L_W / 2 + N_{lev} \cdot h_{lev} + l_c) \Rightarrow L_{max} = 60 \text{ м [m]};$$

$$\Delta p_{des} = 0,13 \cdot L_{max} + 2 + \Delta p_{FBH} + \Delta p_{WE} \Rightarrow \Delta p_{des} = 10,8 \text{ кПа [кПа]};$$

$$\dot{V}_{des} = 713 \text{ м}^3/\text{год [m}^3/\text{h]};$$

$$P_{hydr,des} = 2,141 \text{ Вт [W]};$$

$$W_{d,hydr} = 4,282 \text{ кВт/рік [kWh/year]};$$

$$f_e = 16,373;$$

$$e_{dis} = 18,829;$$

$$W_{H,dis,aux,an} = 80,6 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік [kWh/year]}.$$

Змінний режим роботи:

нормальний режим: 15 год/добу;

форсований режим: 3 %  $\Rightarrow k_r = 0,625; k_b = 0,03;$

$$k_{setb} = 0,345;$$

$$W_{H,dis,hydr,an,im} = 69,5 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}.$$

Місячна потреба в енергії.

*Приклад*

Січень: осереднена неповнота навантаження теплорозподільної складової системи

$\beta_{dis,J} = 0,8;$  опалювальний період складає 744 год/міс.;

$$W_{H,dis,aux,Jan} = 24,0 \text{ кВт} \cdot \text{год/міс.};$$

при змінному режимі роботи:

$$W_{H,dis,aux,Jan,im} = 20,7 \text{ кВт} \cdot \text{год/міс}.$$

mean part load of distribution  $\beta_{dis} = 0,4;$

heating hours

$$t_{op,an} = 5000 \text{ h/year};$$

design supply temperature:

$$\theta_{s,des} = 55 \text{ }^\circ\text{C};$$

design return temperature:

$$\theta_{r,des} = 45 \text{ }^\circ\text{C};$$

two-pipe heating system:

$$f_{NET} = 1;$$

Hydraulic balanced:

$$f_{HB} = 1; l_c = 10 \text{ m};$$

heat emitters:

$$\text{standard radiators: } \Delta p_{FH} = 0,$$

$$\text{generator: } \Delta p_G = 1 \text{ kPa},$$

$$\text{new building: } b = 1;$$

pump controlled:

$$\Delta p_{vari}, C_{P1} = 0,90, C_{P2} = 0,10.$$

**Calculations:**

**Annual auxiliary energy demand:**

Intermittent operation:

regular mode: 15 h/day,

boost mode: 3 %  $\Rightarrow k_r = 0,625; k_b = 0,03;$

$$k_{setb} = 0,345;$$

$$W_{H,dis,hydr,an,im} = 69,5 \text{ kWh/year}.$$

Monthly energy demand:

*Example:* January: main part load of distribution

$\beta_{dis,J} = 0,8;$  heating hours = 744 h/month;

$W_{H,dis,aux,Jan} = 24,0 \text{ kWh/month}$ , by intermittent operation:  $W_{H,dis,aux,Jan,im} = 20,7 \text{ kWh/month}.$

**Додаткова енергія, яку утилізують:**

$f_{aux,rbl} = 0,75$  (насос не має теплоізоляції).

Утилізована додаткова енергія в теплорозподільній складовій системи:

$$Q_{H,dis,aux,rbd} = 0,75 \cdot W_{H,dis,aux,an} = 60,4 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік [kWh/year]}.$$

**Додаткова енергія, яку утилізують для опалення:**

$$Q_{H,dis,aux,rbl} = (1 - 0,75) \cdot W_{H,dis,aux,an} = 20,2 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік [kWh/year]} .$$

**Регулярні тепловтрати**

**Задано:**

коефіцієнт  $\Psi$  для опалюваних об'ємів – 0,255 Вт/(м·К); для неопалюваних об'ємів – 0,200 Вт/(м·К);

будівля із зовнішніми розмірами:

$L_v = 28,6$  м;

$L_s = 12$  м;

$L_a = 88$  м;

середня температура теплоносія в теплорозподільній складовій системи:  $\theta_m = 35,06$  °С;

опалювальний період:  $t_{op,an} = 5000$  год/рік;

температура опалюваних об'ємів – 20 °С;

температура неопалюваних об'ємів – 13 °С.

**Розрахунок:**

$$\dot{q}_{H,dis,ls,nrbl} = 4,413 \text{ Вт/м [W/m]};$$

$$\dot{q}_{H,dis,ls,rbl} = 3,841 \text{ Вт/м [W/m]};$$

$$L_u = L_v = 28,6 \text{ м [m]}; L_h = L_s + L_a = 100 \text{ м [m]};$$

$$Q_{H,dis,ls,nrbl,an} = 631 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік [kWh/year]};$$

$$Q_{H,dis,ls,rbl,an} = 1921 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік [kWh/year]}.$$

**Річні регулярні тепловтрати:**

$$Q_{H,dis,ls,an} = 2552 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік [kWh/year]}.$$

**Регулярні тепловтрати, які утилізують:**

$$Q_{H,dis,ls,rbl,an} = 1921 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік [kWh/year]}.$$

**Recoverable auxiliary energy:**

$f_{aux,rbl} = 0,75$  (pump not insulated).

Recovered auxiliary energy in the distribution system:

**Recoverable auxiliary energy for space heating:**

**System thermal loss:**

**Given:**

$\Psi$ -values: in heated spaces: 0,255 W/mK, in unheated spaces: 0,200 W/mK;

with the outer dimensioning of the building:

$L_v = 28,6$  m;

$L_s = 12$  m;

$L_a = 88$  m;

mean temperature of the distribution:

$\theta_m = 35,06$  °C;

heating hours:  $t_{op,an} = 5000$  h/year;

temperature in heated spaces = 20 °C and

temperature in unheated space = 13 °C.

**Calculations:**

**Annual system thermal loss:**

**Recoverable system thermal loss:**

**ДОДАТОК НА**

(довідковий)

**ПЕРЕЛІК НАЦІОНАЛЬНИХ СТАНДАРТІВ УКРАЇНИ (ДСТУ),  
ІДЕНТИЧНИХ МІЖНАРОДНИМ ТА ЄВРОПЕЙСЬКИМ СТАНДАРТАМ,  
ПОСИЛАННЯ НА ЯКІ Є В EN 15316-2-3:2007**

**Таблиця НА.1** - Перелік міжнародних та європейських стандартів, на які є посилення в EN 15316-2-3:2007, і національних стандартів України (ДСТУ), що їм відповідають, ступінь їх відповідності

Позначка міжнародного або європейського стандарту	Позначка національного стандарту, який відповідає міжнародному або європейському стандарту	Ступінь відповідності
EN ISO 13790, Thermal performance of buildings - Calculation of building energy use for space heating (ISO 13790:2004)	ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні (EN ISO 13790:2008, ITD)	ITD

За відсутності відповідного національного стандарту України (ДСТУ), гармонізованого з міжнародним або європейським, а також за відсутності відповідних положень державних будівельних норм України нормативне посилання на міжнародний або європейський стандарт використовують як довідкове. Міжнародні та європейські стандарти, посилання на які є в EN 15316-2-3:2007, що не мають ідентичних національних стандартів України (ДСТУ), можна замовити в Головному фонді нормативних документів ДП "УкрНДНЦ".

## БІБЛІОГРАФІЯ

### Bibliography

1 prCEN/TR 15615, Explanation of the general relationship between various CEN standards and the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) ("Umbrella document") (Пояснення загальних взаємозв'язків між різними стандартами CEN та Директивою з енергоефективності будівель (ЕЕБД) ("Комплексний документ").

**Національна примітка.** Під час внесення та надання в Україні чинності цьому стандарту введений CEN та чинний в ЄС CEN/TR 15615:2008. Директива 2002/91/ЄС Європейського парламенту та Ради Європи від 16 грудня 2002 р. з енергоефективності будівель переглянута і прийнята як Directive 2010/31/ЄС of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (EPBD) (Директива 2010/91/ЄС Європейського парламенту та Ради Європи від 19 травня 2010 р. з енергоефективності будівель (ЕЕБД).

2 EN ISO 9488, Solar energy - Vocabulary (ISO 9488:1999) (Сонячна енергія. Словник (ISO9488:1999).

3 ISO 12241, Thermal insulation for building and industrial insulations - Calculation rules (Теплоізоляція для будівель та технічна ізоляція. Правила розрахунку).

4 EN ISO 13790, Thermal performance of buildings - Calculation of building energy use for space heating (ISO 13790:2004) (Теплові характеристики будівель. Розрахунок енергоспоживання при опаленні (ISO 13790:2004)

**Національна примітка.** Під час внесення та надання в Україні чинності цьому стандарту введений CEN та чинний в ЄС EN ISO 13790:2008 Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling (Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні).



КОД УКНД 91.140.10

**Ключові слова:** теплорозподілення, розрахунковий період, інженерні системи/складові системи, енергопотреба, енергоефективність, споживання енергії, додаткова енергія, енергія, яку утилізують, утилізована теплота, регулярні тепловтрати, показники ефективності системи, опалювальний період/період охолодження