

Любарець, О. П., Зайцев О. М., Любарець В. О.

# ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ

(посібник для проектувальників, інженерів  
і студентів технічних ВНЗ)

Переклад російського видання, перероблене та доповнене

ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ



Відень - Київ - Сімферополь  
2010

**Любарець О. П., Зайцев О. М., Любарець В. О.**

# **ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ**

**(посібник для проектувальників, інженерів  
і студентів технічних ВНЗ)**

**Переклад російського видання, перероблене та доповнене**

**Відень - Київ – Сімферополь  
2010**

## **ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ**

(посібник для проектувальників, інженерів і студентів технічних ВНЗ)

Автори:

**Любарець Олександр Петрович**, кандидат технічних наук, доцент кафедри теплогазопостачання і вентиляції Київського національного університету будівництва і архітектури, член-кореспондент Академії будівництва України.

**Зайцев Олег Миколайович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри теплогазопостачання і вентиляції Національної академії природоохоронного і курортного будівництва (м. Сімферополь).

**Любарець Віталій Олександрович**, інженер кафедри теплогазопостачання і вентиляції Київського національного університету будівництва і архітектури.

У посібнику викладені основи теплотехнічного розрахунку огорожуючих конструкцій, розрахунку тепловтрат і теплонадходжень, розглянуті сучасні системи водяного опалення, їх гідравлічний розрахунок, а також наведена методика розрахунку опалювальних приладів і методи монтажу та налаштування систем водяного опалення.

В пособии изложены основы теплотехнического расчета ограждающих конструкций, расчета теплотерь и теплопоступлений, рассмотрены современные системы водяного отопления и их гидравлический расчет, также приведены методика расчета нагревательных приборов и методы монтажа и наладки систем водяного отопления.

The manual outlines the basics of thermo technical calculation of building envelopes and the calculation of heat gains and losses. It also describes modern water heating systems, hydraulic design of such systems, calculation methods for different heaters and detailed procedures for installation and setting of heating systems.

## ЗМІСТ

	Стор.
ПЕРЕДМОВА	5
ВВЕДЕННЯ	6
ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	8
1. ПАРАМЕТРИ МІКРОКЛІМАТУ ТА ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ	12
2. СКЛАД ПРОЕКТУ ОПАЛЕННЯ, ЕТАПИ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ПОГОДЖЕННЯ ДОКУМЕНТАЦІЇ	16
3. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ	21
4. ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ЗОВНІШНЬОГО І ВНУТРІШНЬОГО ПОВІТРЯ	23
5. ОСНОВИ ТЕПЛОТЕХНІЧНОГО РОЗРАХУНКУ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ	27
5.1. Загальні принципи забезпечення теплозахисту стін	27
5.2. Варіанти розташування утеплювача в огороджуючих конструкціях	29
5.3. Теплотехнічний розрахунок огороджуючих конструкцій	30
5.4. Приклади теплотехнічного розрахунку огороджуючих конструкцій	35
6. ТЕПЛОВТРАТИ І ТЕПЛОНаДХОДЖЕННЯ ПРОЕКТУЄМОГО ОБ'ЄКТА	40
6.1. Тепловтрати і теплонадходження в житлових і громадських будинках	40
6.2. Визначення втрат тепла через підлоги	42
6.3. Тепловтрати і теплонадходження в промислових будинках	43
6.4. Правила обмірювання огороджуючих конструкцій	47
6.5. Особливості розрахунку тепловтрат в інших країнах	48
6.6. Приклад розрахунку тепловтрат	49
7. ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС ПРИМІЩЕНЬ	53
7.1. Методика складання теплового балансу приміщень	53
7.2. Експрес-методи визначення тепловтрат і теплонадходжень у приміщення	55
7.3. Приклади розрахунку теплового балансу	60
8. ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ І ТЕПЛОВА ЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЛІ	75
8.1. Теплова потужність системи опалення	75
8.2. Теплова ефективність будівлі	79
8.3. Приклад складання енергетичного паспорту будівлі	84
9. ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ БУДИНКІВ	91
9.1. Основні способи приєднання систем опалення до теплових мереж	91
9.2. Теплопостачання від місцевих джерел теплоти	99
10. СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ	109
10.1. Основні положення. Класифікація систем опалення	109

10.2.	Системи водяного опалення	111
10.3.	Вимоги до систем опалення	116
11.	ОСНОВНІ КОНСТРУКТИВНІ ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ	118
11.1.	Трубопроводи	118
11.2.	Запірні арматури	118
11.3.	Балансувальні вентилі	119
11.4.	Регулятори витрати і перепаду тиску	121
11.5.	Нагрівальні прилади	122
11.5.1.	Види опалювальних приладів	123
11.5.2.	Способи установки опалювальних приладів	132
11.6.	Основні вимоги до систем опалення	133
12.	МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ОПАЛЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ	136
12.1.	Методика розрахунку опалювальних приладів	136
12.2.	Приклади розрахунку опалювальних приладів	146
13.	ВПЛИВ ГІДРОДИНАМІЧНИХ І КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОПАЛЮВАЛЬНОГО ПРИЛАДУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ	160
13.1.	Вплив розташування опалювального приладу на формування мікроклімату приміщення	160
13.2.	Регулювання теплової потужності опалювального приладу терморегуляторами	165
13.3.	Гідравлічні аспекти роботи опалювальних приладів у регульованих системах опалення	167
14.	ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ	176
14.1.	Завдання і послідовність гідравлічного розрахунку системи опалення	176
14.2.	Визначення діаметрів трубопроводів на ділянках системи опалення	177
14.3.	Визначення втрат тиску на ділянках системи опалення	181
14.4.	Гідравлічне ув'язування циркуляційних кілець	184
14.5.	Приклади гідравлічного розрахунку систем опалення	185
14.5.1.	Приклад гідравлічного розрахунку системи опалення котеджу з використанням програми розрахунків HERZ CO 3.5	185
14.5.2.	Варіанти установки регулюючої арматури	196
	ВИСНОВКИ	198
	ЛІТЕРАТУРА	199

## ПЕРЕДМОВА

Життя сучасної людини немислиме без певного рівня комфортності приміщень. Будь-яку сучасну будівлю не можна розглядати без інженерних систем забезпечення мікроклімату (теплостачання, опалення, вентиляція, кондиціювання) та комунально-побутових потреб (водопостачання, водовідведення, електро- та газопостачання). Крім того, розгляд деяких питань роботи інженерних систем окремо, без комплексного аналізу, не може вирішити проблеми якісного забезпечення комфортних умов (наприклад, зниження температури гарячої води в котлах - з одного боку зменшує витрату палива, а з іншого - зменшує температурний напір в опалювальних приладах, що потребує збільшення їхньої площі, тобто збільшення капітальних витрат). Сама архітектура будинку, його орієнтація, взаємодія з розташованими поруч іншими будинками і спорудами також впливають на роботу інженерних систем. Будівельні конструкції, різноманіття систем вироблення, транспортування енергії, безпосередньо робота систем опалення, нерівномірність надходжень і втрат тепла, вологи в самих приміщеннях, їхній взаємовплив - вимагають їх аналізу і врахування з погляду комфортності та енергозбереження.

Автори не ставили своєю метою повний огляд і рішення таких глобальних проблем. У даній книзі зроблена спроба полегшити працю людини, що зробила наступний крок в еволюції - фахівця, що займається опаленням розумно - «*homo sapiens heating*». У книжці наведені основи теплових характеристик будинків і споруджень, методики розрахунків систем опалення (в міру можливості наведені приклади розрахунків) і проблеми, що виникають при використанні різних методик, деякі сучасні підходи до питань енергозбереження.

Автори книги виражають свою подяку за допомогу в написанні книги фірмі ГЕРЦ Арматурен Відень в особі її генерального директора pana Герхарда Глінцерера, а також співробітникам технічних відділів - п. Ігорю Заседаєльєву, п. Людмилі Яроцькій, п. Валентині Крук, п. Анні Євчук (ДП ГЕРЦ Україна, м. Київ), п. Катерині Олексівій (Одеська державна академія будівництва і архітектури), а також Вікторії Строумовій (ГЕРЦ Арматурен Відень), що працюють під керівництвом п. Клауса-Дитера Фурмана (ГЕРЦ Арматурен Г.м.б.Х.).



## ВВЕДЕННЯ

Людству потрібна енергія, причому потреби в ній збільшуються з кожним роком. Разом з тим запаси традиційного викопного палива (нафти, вугілля, газу й ін.) кінцеві. Кінцеві також і запаси ядерного палива - урану й торію. Практично невичерпні запаси термоядерного палива - водню, однак керовані термоядерні реакції поки не освоєні, і невідомо, коли вони будуть використані для промислового одержання енергії в чистому вигляді, тобто без участі в цьому процесі реакторів розподілу. У зв'язку із зазначеними проблемами стає усе більше необхідним впровадження енергозберігаючих технологій.

У світовій енергетичній структурі частка споживання природного газу, як основного енергоносія для муніципальної енергетики, безупинно зростає й досягає в паливно-енергетичному балансі України 50%. У той же час робота паливно-енергетичного комплексу як єдиної системи, що забезпечує розвиток усього народного господарства країни, визначається в першу чергу ефективністю енергоспоживання, що поставило проблему розробки, дослідження й впровадження енергозберігаючих технологій у ряд стратегічних завдань держави.

Дана проблема загострюється роботою теплоенергетики України в умовах недостачі природних паливних ресурсів. Положення, що створилося, також викликане дешевизною органічного палива до 1991 року, що сприяло розробці заходів щодо зниження капітальних, а не експлуатаційних витрат. Після 1991 року по теперішній час енергозберігаючі технології одержали значний розвиток, зокрема у зниженні експлуатаційних витрат. При цьому збільшення теплових втрат у трубопроводах внаслідок фізичного старіння теплотрас сприяло децентралізації систем тепlopостачання. Разом з тим, зменшення довжини теплових мереж і відповідно тепловтрат у них привело до зменшення числа теплогенеруючого устаткування у котельнях, тобто до зниження ефективності роботи устаткування внаслідок його роботи в неоптимальних режимах значну частину опалювального періоду.

Сучасний стан паливно-енергетичних ресурсів, подорожчання їхнього видобутку вимагає ефективного використання одержуваної енергії. Однак теплоенергетичне устаткування встановлене з розрахунку максимальних навантажень, з невеликим запасом варіювання вироблення теплової енергії, не забезпечує ефективного використання палива. Таким чином, ефективність використання енергоносіїв визначається не тільки ефективністю вироблення тепла й електричної енергії, але й збалансованістю режимів вироблення й споживання цієї енергії.

Історію створення комфортних умов у холодний період року можна почати або зі створення світу, або із Прометейя, першого потерпілого за нераціональне використання теплової енергії, або з опалення печер первісними людьми. Однак дотепер засоби, що використовувались, не відрізнялися ні різноманітністю, ні енергозбереженням, також вони не були обтяжені екологічними вимогами, тому розгляд краще почати із сучасної історії систем опалення. Розвиток опалення в Україні історично пов'язане з розвитком систем у царській Росії.

Так в "Летописи" Російської академії наук за 1829 р. говориться, що «в 1736 р. почали будувати в Росії цегельні печі, що опалюють із середини, які за назвою «російські печі» поширилися потім у Німеччині й Франції.... Ці печі, у які кладуть достатню кількість дров разом, є для північного клімату найкращі...» [1], що підтверджує відомий французький фахівець того часу Жолі у своїй книзі "Трактат по опаленню і вентиляції" [2].

Застосування водяної пари для приготування їжі і обігріву приміщень у Росії приводяться в книзі Н.А.Львова «Русская пиростатика», що вийшла в 1799 р. [3]. З початку XIX сторіччя пар знаходить все більше застосування як для обігріву теплиць, так і опалення приміщень.

Системи водяного опалення з'являються в Росії в першій половині XIX сторіччя, і перша з них була сконструйована й реалізована в 1834 р. гірським інженером П. Г. Соболевським [4]. Трохи раніше (в 1831 р.) в Англії Перкенсом була запропонована система опалення високого тиску (система П. Г. Соболевського була гравітаційною). Перша ж установка централізованого

нагрівання повітря у водоповітряній системі опалення й вентиляції двох залів об'ємом більше 3000 м<sup>3</sup> була застосована в будинку Петербурзької Академії мистецтв.

У Древньому Римі використалася система радіаційного обігрівання бань - гіпокауст. Вона описана у Вітрувія, але рідко знаходила використання в інших країнах із причин складності устрою, хоча в 17-18 ст. в Англії такі системи одержали значне поширення. У Росії системи променистого опалення вперше були використані в 1907 р. В.А.Яхимовичем у лікарні залізничної станції Ртищево Саратовської губернії, а потім і в інших лікарняних, шкільних і громадських будинках.

У часи Радянського Союзу на розвиток систем опалення, на жаль, вплинув «ідеологічний принцип» - тобто перемогла точка зору - «швидко, багато й дешево», на шкоду якості, оскільки паливо було дуже дешеве. Численні розробки перспективних енергозберігаючих систем тільки зараз починають або згадувати, або підносять як нові. Розвиток водяного опалення в ті часи відповідало тим або іншим тенденціям будівельного виробництва - від реконструкції існуючих будинків і споруджень до будівництва нових, які не допускають можливості будь-якого опалювального ренесансу.

Так, в 20-ті роки минулого сторіччя в опалювальній практиці найпоширенішими були двотрубні системи водяного опалення, багато в чому орієнтовані на місцеві джерела теплоти. Тоді системи централізованого теплопостачання тільки формувалися. В 1927 р. з'явилася перша установка сполученого вироблення теплоти й електричної енергії стосовно до опалення так званих «ліхтарних» бань у Ленінграді й постачанню електроенергією будинків, що розташовані поблизу. У той же час й була сформована політика на централізацію теплопостачання.

У теперішній час, незважаючи на численне будівництво «елітних» будинків з автономним теплопостачанням і перехід частини споживачів на індивідуальне опалення, у великих містах України, як і раніше, основним джерелом тепла є ТЕЦ і районні котельні. При цьому найпоширеніші в житлових і громадських будинках однотрубні системи водяного опалення, що запроектовані до 1996 року (через те, що є уніфікованими системи опалення і, як правило, мають більш низьку металоємність і дешевий у період їх будівництва енергоносії).

Коли мова йде про опалення, як правило, мається на увазі підтримка в приміщеннях, оснащених опалювальними системами, необхідного значення температури повітря. Однак температура повітря  $t_p$  є тільки одним з параметрів внутрішнього середовища, що характеризують її якість. Другим параметром завжди виступає температура навколишніх поверхонь  $t_s$  [6].

Комфортні мікрокліматичні умови в приміщеннях формуються не тільки цими двома параметрами, але й рядом інших факторів. Системи опалення призначені в основному для забезпечення названих температур. Причому регулювання, тобто підтримка на необхідному рівні температури  $t_p$  методами й засобами опалення, можливо далеко не завжди внаслідок зміни зовнішньої температури, теплонадходжень, повітрообміну в даному приміщенні. Відомо, що у формулу для визначення необхідного термічного опору конструкцій, що огорожують, входить температура їхньої внутрішньої поверхні, мінімальне значення якої регламентується нормами, виходячи з гігієнічних міркувань. Однак не слід думати, що прийняте в розрахунку значення залишається постійним протягом опалювального періоду. Воно мінливо й визначається багатьма факторами, облік яких зробив би завдання визначення  $t_s$  важким [5].

Після 1996 р. положення з вибором термічного опору огорожуючих конструкцій трохи покращилося. Тепер його нормативна величина виросла більш, ніж у два рази, що зменшує необхідну потужність системи опалення.

Необхідно відзначити, що розрахунки економічно доцільної (з погляду теплотехніки) огорожуючої конструкції, завдяки дешевизні палива, привели до переваги в недавньому минулому в масовому будівництві легких малоінерційних, зате дещо дешевих, огорожень, теплотехнічні недоліки яких зараз призивають вирішити за допомогою методів і засобів регулювання роботи систем опалення.



## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Системи опалення є основним інструментом, що дозволяють створювати й підтримувати теплові комфортні умови в будинках і спорудах. Сьогодні до цих функцій додалася функція керування параметрами мікроклімату, що в сукупності із сучасними вимогами з енергозбереження виводить на перший план саме системи опалення, як більш енергоємні.

Однак, зворотньою стороною розширення функцій систем опалення є значне ускладнення їх елементної бази. Прикладом може служити еволюція регулюючої арматури на приладових ділянках (стояках) та на підводках до опалювальних приладів. Їх розвиток аналогічний еволюції арифмометра в сучасній ПЕОМ. За великим рахунком, це два зовсім різних об'єкти із значно розширеними функціональними призначеннями.

Сучасні системи опалення мають принципово інший підхід до регулювання - це не процес налагодження перед пуском з наступною роботою в постійному гідравлічному режимі, це системи з квазістаціонарним, тобто тепловим і гідравлічним режимами, які постійно змінюються в процесі експлуатації, що відповідно вимагає автоматизації систем для відстеження цих змін і реагування на них. Наприклад, зміна теплового режиму роботи системи при кількісному регулюванні залежить від здатності терморегулятора змінювати витрату теплової енергії на нагрівальні прилади в системі опалення шляхом зміни витрати теплоносія, тобто гідравлічного режиму, що викликає ланцюгову реакцію інших пристроїв системи (терморегуляторів, що може викликати як теплогідравлічне розрегулювання системи, так і вихід з ладу циркуляційного насосу, або перевантаження системи електропостачання).

Звичайно, що класифікація систем опалення також змінилася. В будь-якому випадку представляється логічним введення нових ознак систем, що відрізняють системи з терморегулюючим устаткуванням від класичних.

### ***Системи опалення можна поділити за наступними ознаками:***

- за конструктивним розташуванням основних елементів системи (джерело теплоти, теплопроводи, опалювальний прилад) - місцеві і центральні;
- за типом теплоносія - повітряні, водяні, парові, електричні, комбіновані;
- за способом організації циркуляції теплоносія - природні й насосні;
- за місцем розташування магістральних трубопроводів - з верхнім, нижнім, комбінованим, опрокинутим;
- за схемою руху теплоносія в магістральних трубопроводах - тупикові й попутні;
- за геометричним розташуванням приладових ділянок (стояків): горизонтальні, вертикальні;
- за конфігурацією стояків та способом приєднання приладів - однотрубні, двотрубні, біфілярні;
- за типом передачі теплоти (застосованих приладів) - конвекційні, променисті, конвекційно-променисті;
- за гідравлічними режимами - з постійним (квазістаціонарним) і змінним режимом;
- за величиною температури теплоносія в подавальній магістралі – високо- та низькотемпературні;
- за режимом роботи - постійно працюючі протягом опалювального періоду й періодичні (у тому числі й акумуляційні) системи опалення.

При класифікації системи опалення дається характеристика системи за цими ознаками, наприклад: центральна водяна насосна система опалення з нижньою розводкою, тупикова, вертикальна двотрубна зі змінним гідравлічним режимом, з панельними радіаторами (опалювальними приладами) і т.п.

### Основні одиниці вимірюваних величин

Для виміру теплових величин використовується градус Кельвіна, °K - одиниця термодинамічної температури, рівна 1/273,16 частини термодинамічної температури потрійної крапки води. Також використовується стоградусна міжнародна температурна шкала Цельсія, °C.

Кількість теплової енергії вимірюється в Джоулях, Дж. У техніці часто використовується калорія, кал., та кіловат-година, кВт·год. Співвідношення між величинами наступне:

$$1 \text{ кал} = 4,1868 \text{ Дж.}$$

$$1 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

Одиницею виміру потужності або потоку енергії за одиницю часу є Ват, Вт.

$$1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж/с}$$

Тиск вимірюється у Паскалях, однак і зараз широко використовують мм.вод.ст., бар, мм.рт.ст.

Витрата може бути ваговою (кг/с, кг/год) або об'ємною - вимірюється в м³/с, м³/год, л/с, л/хв, л/год. Перехід від вагової витрати до об'ємного - виконується поділом на густину.

Множники й приставки для утворення десяткових кратних і часткових одиниць і їхнього найменування наведені в таблиці 1.1, а співвідношення між одиницями фізичних величин у різних системах виміру - у таблиці 1.2.

Таблиця 1.1.

### Множники, приставки і їхні найменування

Множник	Найменування	Приставка	
		Позначення	
		Українське	Міжнародне
10 <sup>12</sup>	Тера	<i>T</i>	<i>T</i>
10 <sup>9</sup>	Гіга	<i>G</i>	<i>G</i>
10 <sup>6</sup>	Мега	<i>M</i>	<i>M</i>
10 <sup>3</sup>	Кіло	<i>k</i>	<i>k</i>
10 <sup>2</sup>	Гекто	<i>g</i>	<i>h</i>
10 <sup>1</sup>	Дека	<i>da</i>	<i>da</i>
10 <sup>-1</sup>	Деци	<i>d</i>	<i>d</i>
10 <sup>-2</sup>	Санти	<i>c</i>	<i>c</i>
10 <sup>-3</sup>	Мілі	<i>m</i>	<i>m</i>
10 <sup>-6</sup>	Микро	<i>mk</i>	<i>μ</i>
10 <sup>-9</sup>	Нано	<i>n</i>	<i>n</i>
10 <sup>-12</sup>	Піко	<i>p</i>	<i>p</i>

Таблиця 1.2.

Перерахування фізичних величин у різні системи виміру

<i>Потужність</i>				
Одиниця виміру	Вт	кг м/с	к.с.	ккал/год
1 Вт =	1	0,102	$1,36 \cdot 10^{-3}$	0,86
1 кг м/с =	9,80665	1	0,013335	8,43
1 к.с. =	735,199	74,9903	1	632,15
1 ккал/год =	1,163	0,1186	$1,5819 \cdot 10^{-3}$	1

<b>Тиск</b>					
Одиниця виміру	кгс/м²= мм.в.ст.	кгс/см²=ат	Па	бар	мм.рт.ст
1кгс/м²=1мм.в.ст.=	1	$10^{-4}$	9,80665	$9,81 \cdot 10^{-5}$	0,07355
1 кгс/см² = 1 ат =	$10^4$	1	$9,81 \cdot 10^4$	0,980665	735,5
1 Па=	0,10197	$1,02 \cdot 10^{-5}$	1	$10^{-5}$	$7,5 \cdot 10^{-3}$
1 бар=	$1,02 \cdot 10^4$	1,0197	$10^5$	1	750
1мм.рт.ст=	13,596	$1,36 \cdot 10^{-3}$	133,322	$1,33 \cdot 10^{-3}$	1

<b>Теплова енергія</b>							
Одиниця виміру	кал	ккал	Гкал	Дж	кДж	ГДж	кВт год
1 кал =	1	$10^{-3}$	$10^{-9}$	4,1868	$4,187 \cdot 10^{-3}$	$4,187 \cdot 10^{-9}$	$1,163 \cdot 10^{-6}$
1 ккал =	$10^3$	1	$10^{-6}$	4186,8	4,1868	$4,187 \cdot 10^{-6}$	$1,163 \cdot 10^{-3}$
1 Гкал =	$10^9$	$10^6$	1	$4,18710^9$	$4,187 \cdot 10^6$	4,187	$1,163 \cdot 10^3$
1 Дж =	0,239	$0,239 \cdot 10^{-3}$	$0,239 \cdot 10^{-9}$	1	$10^{-3}$	$10^{-9}$	$0,278 \cdot 10^{-6}$
1 кДж =	$0,239 \cdot 10^3$	0,239	$0,239 \cdot 10^{-6}$	$10^3$	1	$10^{-6}$	$0,278 \cdot 10^{-3}$
1 ГДж =	$0,239 \cdot 10^9$	$0,239 \cdot 10^6$	0,239	$10^9$	$10^6$	1	$0,278 \cdot 10^3$
1 кВт год =	$0,86 \cdot 10^6$	$0,86 \cdot 10^3$	$0,86 \cdot 10^{-3}$	$3,6 \cdot 10^6$	$3,6 \cdot 10^3$	$3,6 \cdot 10^{-3}$	1

## **Основні поняття**

- **система опалення** - комплекс взаємопов'язаних технічних пристроїв, які призначені для отримання, транспортування і передачі необхідної кількості теплоти в приміщення, що обігрівається;
- **енергозбереження** - реалізація правових, організаційних, наукових, виробничих, технічних і економічних заходів, спрямованих на ефективне використання енергетичних ресурсів та залучення в господарський оборот поновлюваних джерел енергії;
- **енергозберігаюча політика держави** - правове, організаційне й фінансово-економічне регулювання діяльності в області енергозбереження;
- **енергетичний ресурс** - носій енергії, що використовується або може бути корисно використаний у перспективі;
- **вторинний енергетичний ресурс** - енергетичний ресурс, що одержують у вигляді побічного продукту основного виробництва;
- **ефективне використання енергетичних ресурсів** - досягнення економічно виправданої ефективності використання енергетичних ресурсів при існуючому рівні розвитку техніки й технологій і дотриманні вимог до охорони навколишнього природного середовища;
- **показник енергоефективності** - абсолютна або питома величина споживання або втрати енергетичних ресурсів для продукції будь-якого призначення, встановлена державними стандартами;
- **непродуктивна витрата енергетичних ресурсів** - витрата енергетичних ресурсів, обумовлена недотриманням вимог, встановлених державними стандартами, а також порушенням вимог, встановлених іншими нормативними актами, технологічними регламентами й паспортними даними для діючого обладнання;
- **поновлювані джерела енергії** - енергія сонця, вітру, тепла землі, природного руху водних потоків, а також енергія існуючих у природі градієнтів температур;
- **альтернативні види палива** - види палива (стислий і зріджений газ, біогаз, генераторний газ, продукти переробки біомаси, водовугільне паливо й інші), використання якого скорочує або заміщає споживання енергетичних ресурсів більш дорогих і дефіцитних видів;
- **опалювальним приладом** називають пристрій, призначений для передачі тепла від теплоносія до повітря і конструкцій, що огорожують опалювальне приміщення;
- **об'єктом державного регулювання в галузі енергозбереження** є відносини, що виникають у процесі діяльності, спрямованої на:
  - ✓ ефективного використання енергетичних ресурсів при їхньому видобутку, виробництві, переробці, транспортуванні, зберіганні й споживанні;
  - ✓ розвитку видобутку й виробництва альтернативних видів палива, здатних замінити енергетичні ресурси більш дорогих і дефіцитних видів;
  - ✓ здійснення державного нагляду за ефективним використанням енергетичних ресурсів;
  - ✓ створення й використання енергоефективних технологій, палива, енергоспоживаючого і діагностичного устаткування, конструкційних та ізоляційних матеріалів, приладів для обліку витрати енергетичних ресурсів і контролю за їхнім використанням, систем автоматизованого керування енергоспоживанням;
  - ✓ забезпечення точності, вірогідності і єдності виміру в частині обліку енергетичних ресурсів при їх відпуску і споживанні.

# 1. ПАРАМЕТРИ МІКРОКЛІМАТУ ТА ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ

Аналіз життєдіяльності сучасного міського жителя показує, що близько 80% свого життя людина проводить у житлових, громадських приміщеннях, виробничих будинках, транспорті. Тому здоров'я і працездатність людини в значній мірі залежать від того, на скільки навколишній мікроклімат приміщення в санітарно-гігієнічному відношенні задовольняє його фізіологічним вимогам.

Мікроклімат внутрішнього середовища приміщень характеризує наступна сукупність параметрів:

- середня температура внутрішнього повітря приміщення,  $t_e$ , °C;

При висоті приміщення  $H_{np}$  4м і більше середню температуру внутрішнього повітря приміщення визначають за формулою:

$$t_e = (t_{wz} + t_{eud})/2 = t_{wz} + grad(T) \cdot (H_{np} - h_{wz})/2 \quad (1.1)$$

При  $H_{np} < 4м$  -  $t_e = t_{wz}$

де

$t_{eud}$  - середня температура видаляемого повітря з приміщення, °C;

$grad(T)$  – градієнт температури по висоті приміщення, °C/м;

$h_{wz}$  – висота робочої зони, м.

- температура внутрішнього повітря в робочій зоні приміщення,  $t_{wz}$ , °C;
- середня радіаційна температура внутрішніх поверхонь огорожувачих конструкцій,  $t_R$ , °C,

$$t_R = [A_i dt_i / \sum A_i] \approx \sum (A_i t_i) / \sum A_i \quad (1.2)$$

де

$A_i$  - площа і-поверхні огорожувачої конструкції з  $t_i$  температурою, м<sup>2</sup>;

$t_i$  - температура А<sub>і</sub>-поверхні огорожувачої конструкції, °C;

- відносна вологість внутрішнього повітря,  $\phi$ , %;
- швидкість руху повітря в приміщенні,  $v$ , м/с;
- наявність та концентрація шкідливих забруднюючих речовин у повітрі приміщення і в робочій зоні,  $c_i$ , гр/м<sup>3</sup>;
- наявність та рівень радіоактивного опромінення,  $\gamma$ , Р/с.

Необхідний мікроклімат у приміщенні, як правило, створюється системами інженерного устаткування будинків: опалення, вентиляції і кондиціонування повітря. При чому кожна із систем забезпечує підтримання відповідних параметрів або їх групи на заданому нормативами рівні. Так, рівень перелічених температурних параметрів мікроклімату приміщень в холодний період року забезпечується системою опалення, а в теплий – системами вентиляції та кондиціонування. Відносна вологість, швидкість руху повітря, концентрація шкідливостей підтримуються на дозволеному рівні системами вентиляції та оптимальному рівні кондиціонування повітря.

У багатьох виробничих і громадських будинках опалення і вентиляція спільно створюють необхідні санітарно-гігієнічні умови, що сприяє зменшенню числа захворювань людей, поліпшенню їхнього самопочуття, підвищенню продуктивності праці і якості продукції.

У спорудах агропромислового комплексу засобами опалення і вентиляції підтримуються кліматичні умови, що забезпечують максимальну продуктивність тварин, птахів і рослин, зберігання овочів і фруктів.

Робочі приміщення і продукти праці вимагають для свого збереження належних температурних умов. Недостатньо опалювальні будинки швидше руйнуються внаслідок порушення необхідного температурно-вологісного режиму конструкцій. Технологічні процеси одержання і збереження ряду продуктів, виробів і речовин (точних приладів і ламп, пряжі і тканин, кіноплівки і скла, борошна і папери і т.д. ) вимагають суворої підтримки заданої

температури приміщень.

Таким чином, основне призначення опалення та інших інженерних систем заключається у забезпеченні мікроклімату усередині приміщень з метою:

- ✓ підтримки сприятливих умов для людей, що знаходяться в приміщенні;
- ✓ підтримки умов збереження будинку, технологічного устаткування, продукції, матеріальних і духовних цінностей;
- ✓ створення технологічно необхідних мікрокліматичних умов виробництва тощо.

**Опалення є галуззю будівельної техніки.** Монтаж стаціонарної опалювальної системи проводиться в процесі зведення будинку, її елементи при проектуванні погоджуються з будівельними конструкціями, з плануванням та інтер'єром приміщень.

В даний час напрямок і інтенсивність удосконалення опалювальної техніки в Україні визначаються державною політикою енергозбереження і ринкових відносин у суспільстві. Це вимагає високонадійної і ефективної роботи систем опалення при мінімально можливих витратах теплової енергії. Даний напрямок удосконалення техніки опалення став можливим при широкому використанні засобів автоматичної підтримки параметрів мікроклімату й абонентського програмного регулювання теплопродуктивності системи в часі.

Функціонування опалення характеризується визначеною періодичністю протягом року і змінністю потужності системи, що залежить, насамперед, від змін метеорологічних умов у холодний період року.

Опалення будинків починають при стійкому (протягом 3 діб) зниженні середньодобової температури зовнішнього повітря до  $+8^{\circ}\text{C}$  і нижче, закінчують опалення при стійкому підвищенні температури зовнішнього повітря до  $+8^{\circ}\text{C}$ .

Період опалення будинків протягом року називають опалювальним періодом. Тривалість опалювального періоду встановлюють на підставі багаторічних спостережень як середнє число днів у році зі стійкою середньодобовою температурою повітря менше  $+8^{\circ}\text{C}$  (СНІП 2.04.05-91).

У холодний період року на більшій частині території України при температурі зовнішнього повітря  $+8^{\circ}\text{C}$  і менше, коли тепловтрати через конструкції будинків, що огорожують приміщення, перевищують внутрішні тепловиділення, для підтримки необхідних параметрів внутрішнього повітря виникає необхідність устаткування будинків системами опалення.

Отже, під опаленням слід розуміти штучний обігрів приміщень будинку з відшкодуванням тепловтрат для підтримки в них температури на заданому рівні, обумовленому умовами теплового комфорту для людей, і вимогами технологічних процесів, що протікають.

Спосіб опалення в значній мірі залежить від призначення приміщень, особливостей конструктивних і архітектурно-планувальних рішень будинків, від теплотехнічних властивостей будівельних огорожень (стін, вікон, горищного та міжповерхового перекриття тощо).

Сучасна методологія проектування систем опалення заснована на розрахунках теплових балансів приміщень будинку для характерних періодів року. Для України цими періодами є: найбільш холодна п'ятиденка опалювального періоду, опалювальний період та розрахунковий рік. Оптимізація вибору форми будинку його орієнтації при теплоенергетичному впливі зовнішнього клімату на тепловий баланс приміщень дає наступні результати [5,6]:

➤ для найбільш холодної п'ятиденки - зниження встановленої потужності системи опалення;

➤ для опалювального періоду - зниження витрат теплоти на опалення;

➤ для розрахункового року - зниження витрат енергії на обігрів й охолодження будинку.

У загальному випадку оптимізувати теплоенергетичний вплив зовнішнього клімату на тепловий баланс будинку можна для будь-якого характерного періоду часу.

У традиційному розумінні оптимізація теплозахисту зовнішніх огорожуючих конструкцій будинків - це обчислення товщини теплоізоляції конструкції за умови мінімуму приведених витрат. Приведені витрати в загальному випадку містять у собі два показники: витрати на виробництво і монтаж конструкцій (одноразові витрати) і теплоенергетичні витрати на забезпечення нормованих мікрокліматичних умов у приміщеннях будівлі (експлуатаційні витрати). Розрахунок теплоізоляції "по мінімуму наведених витрат" є об'єктивним методом,



визнаним в усьому світі, але містить у своїй сутності сховану небезпеку, яка враховує об'єктивну реальність існуючої в країні економічної ситуації, що може з'явитися непереборною перешкодою реалізації методу на практиці. [5,6]. Це пов'язане з використанням показників вартості енергії та матеріалів.

До зовнішніх огорожуючих конструкцій пред'являється в загальному випадку досить велика кількість вимог:

- високий рівень теплозахисту в холодний період в умовах теплопередачі, близької до стаціонарного режиму;
- достатній рівень теплової інерційності в теплий і холодний періоди в умовах теплопередачі, близької до періодичного режиму;
- низька енергоемність внутрішніх шарів при коливаннях теплового потоку усередині приміщення;
- висока ступінь непроникненості повітря;
- низький вологовміст тощо.

Тобто завданням розрахунку і проектування систем опалення є визначення двох взаємозалежних показників: кількості енергії та способу її розподілу. Власне кажучи, мова йде про те, щоб розрахувати й запроєктувати таку систему керування виробленням, транспортуванням та розподілом теплової енергії, яка забезпечить при будівництві та експлуатації системи опалення мінімальні витрати [7]. На початковому етапі суть рішення такого завдання полягає в тому, що час розігріву приміщення повинне бути мінімізоване. Якщо мати на увазі, що реальне приміщення є сукупність теплоємних огорожуючих конструкцій і внутрішнього устаткування (меблів, обладнання, тощо), то процес нагрівання припускає підвищення температури елементів приміщення, тобто огорожуючих конструкцій і устаткування. Елементи високої теплової акумуляції потребують більшого часу на розігрів. Отже, мінімізація часу розігріву приміщення досягається мінімізацією часу розігріву елементів високої теплової акумуляції. Можна відразу вказати два простих випадки: час розігріву приміщення буде прагнути до мінімуму, якщо внутрішні поверхні огорожуючих конструкцій складаються із матеріалів, що мають низькі значення коефіцієнта теплозасвоєння, а також якщо має місце висока інтенсивність конвективного теплообміну між внутрішнім повітрям і внутрішніми поверхнями огорожуючих конструкцій. Оптимальний результат досягається, якщо збігаються обидва випадки [6]. При цьому енергозберігаючі рішення будинків, розглянуті при проектуванні систем опалення, містять у собі наступні заходи [6]:

- тепловий захист будинку: утеплення стін, покриття, стель підвалів, заміна віконних заповнень, балконних і вхідних дверей;
- реконструкція теплових уведень у будинок з установкою приладів обліку, контролю й регулювання витрати енергоносіїв;
- перехід від систем опалення з постійним гідравлічним режимом до систем з гідравлічним режимом, що регулюється;
- проектування систем опалення з вузлами підключення приладових ділянок (стояків) для окремих власників груп приміщень та квартир, що мають комерційний облік споживаної теплоти;
- модернізація систем вентиляції із пристроєм відбору і повторного використання теплоти;
- реконструкція систем гарячого водопостачання з установкою лічильників витрати води і дискретно регулюючих запірних арматур.

Таким чином, завдання, які повинні вирішуватися за допомогою систем опалення наступні:

1. Система опалення повинна відшкодовувати втрати тепла приміщення через всі його огорожуючі конструкції;
2. Система опалення повинна незалежно від коливань зовнішньої температури підтримувати всередині приміщення встановлену температуру;
3. Система опалення повинна забезпечувати досягнення максимально ефективного тепловикористання протягом усього опалювального періоду.

Для забезпечення рішення зазначених завдань системи опалення повинні відповідати

ряду вимог, які можна поєднати у такі групи:

- а) санітарно-гігієнічні;
- б) техніко-економічні;
- в) архітектурно-будівельні;
- г) монтажно-експлуатаційні;
- д) естетичні.

Найбільш важливими є санітарно-гігієнічні і монтажно-експлуатаційні вимоги, які обумовлюються необхідністю підтримувати задану температуру в приміщеннях протягом опалювального сезону. По цьому показнику перевага перед іншими видами мають повітря й вода, тому що при використанні гарячого повітря можна постійно підтримувати рівномірну температуру кожного окремого приміщення шляхом швидкої зміни його температури, а при використанні води, підтримувати рівномірну температуру приміщення шляхом регулювання подаваної в опалювальні прилади води за допомогою термічних регуляторів і регуляторів витрати теплоносія в стояках. Температура внутрішнього повітря повинна бути рівномірною як у горизонтальному, так й у вертикальному напрямках (по горизонталі різниця температур не повинна перевищувати 2 °С, по вертикалі - 1 °С на 1 метр висоти приміщення). Внутрішні поверхні повинні мати температуру, що наближається до температури повітря в приміщенні й забезпечувати мінімальний час нагрівання елементів високої теплової акумуляції.

Важливою санітарно-гігієнічною вимогою є також обмеження температури на поверхні нагрівальних приладів, тому що при температурі понад 60 °С на поверхні приладу починається розкладання (суха сублімація) органічного пилу. У зв'язку із цим найбільш несприятливими є системи опалення з теплоносіями пар та електричні повітрянагрівачі.

Техніко-економічні вимоги - це простота пристрою системи, найменша витрата матеріалів і трудових витрат при монтажі й експлуатації.

Архітектурно-будівельні й естетичні вимоги зводяться до того, щоб окремі елементи опалювальних установок не порушували зовнішнього архітектурного вигляду та дизайн приміщень будинку, гармоніювали із внутрішнім оздобленням приміщень і не займали зайвих площ. При цьому необхідно враховувати теплотехнічні характеристики будинку, його геометрію.

*\* Сучасна система опалення повинна не тільки покривати тепловтрати, але й вчасно реагувати на можливі теплонадходження в приміщення (наприклад, присутність 1 дорослої людини майже рівноцінно 1 секції чавунного радіатора), при цьому підвищуються вимоги до розподілу тепла в об'ємі приміщення, що можливо тільки при врахуванні взаємодії системи опалення з огорожуючими конструкціями і їхнім температурним режимом.*

*\* Ускладнення систем опалення з метою застосування автоматичного гідравлічно-кількісного регулювання тепловіддачі опалювальних приладів в залежності від температури повітря в приміщенні викликано необхідністю енергозбереження, що збільшує як капітальні, так і експлуатаційні витрати, але з урахуванням високої ціни на енергоносії приводить до значної економії та незначного терміну окупності систем.*

## 2. СКЛАД ПРОЕКТУ ОПАЛЕННЯ, ЕТАПИ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ПОГОДЖЕННЯ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Проектування об'єктів здійснюється з дотриманням чинного законодавства [22] України на підставі вихідних даних. Вихідні дані для виконання проектних робіт на відповідній стадії замовник надає до початку виконання проектно-вишукувальних робіт. Ці роботи виконуються на підставі договорів (контрактів), узгоджених між замовниками й проектувальниками. Договір - основний організаційно-правовий документ, що регламентує взаємини між замовником і проектувальником. Договір можна заключати на виконання передпроектних робіт, комплексу проектних робіт, дослідницьких робіт, окремих стадій і розділів проекту.

До складу вихідних даних входить:

- архітектурно-планувальне завдання;
- технічні умови щодо інженерного забезпечення об'єкта;
- завдання на проектування та інше.

Архітектурно-планувальні завдання й технічні умови щодо інженерного забезпечення об'єкта надаються замовникові в порядку, що встановлений Постановою Кабінету Міністрів України від 20.12.99 №2328. Завдання на проектування замовник складає сам або доручає проектувальникові.

Технічні умови повинні передбачати винятково ті роботи й у тих об'ємах, які необхідні для здійснення інженерного забезпечення об'єкта, що проектується.

Технічні умови можуть передбачати роботи з будівництва додаткових об'єктів, розширення або реконструкції системи відповідних інженерних мереж населеного пункту у випадку, якщо ці умови й роботи необхідні для приєднання об'єкта до відповідних інженерних мереж і комунікацій.

Замовлення на проектування об'єкта проектувальник одержує через замовника або за підсумками архітектурного конкурсу або торгів (тендерів), порядок проведення яких встановлений чинним законодавством.

Проектування може виконуватися:

- ✓ в одну стадію - робочий проект (РП), що включає робочі креслення для виконання будівельно-монтажних робіт;
- ✓ у дві стадії - для об'єктів громадського призначення - ескізний проект (ЕП), а для об'єктів виробничого призначення - техніко-економічний розрахунок (ТЕР) і робоча документація (РД).

Погодження із зацікавленими організаціями й затвердження інвестором підлягають РП при одностадійному проектуванні або ЕП або ТЕР - при двостадійному проектуванні.

Для технічно складних об'єктів щодо містобудівних, архітектурних, художніх й екологічних вимог, технології, інженерного забезпечення, впровадження нових будівельних конструкцій і матеріалів, проектування виконується в три стадії:

- для об'єктів громадського призначення - ЕП, а для об'єктів виробничого призначення - техніко-економічне обґрунтування (ТЕО);
- П;
- РД.

Погодженню й схваленню замовником підлягають ЕП або ТЕО.

Проект підлягає погодженню й затвердженню інвестором.

У випадку проектування технічно складних комплексів виробничих об'єктів затвердженню підлягає ТЕО комплексу й стадія П окремих виробничих об'єктів.

Замовник має право доручити проектувальникам виконати передпроектні розробки щодо розміщення об'єкта на будь-якій території без спеціальних дозволів і погоджень (за винятком

зон з особливим режимом). Такі передпроектні розробки не можуть бути стадією проектування й підлягають тільки розгляду й схваленню замовником й органами містобудування й архітектури. Склад і об'єм цих робіт визначаються відповідним контрактом (договором).

Проектувальники при розробці проектної документації повинні забезпечувати:

- ❖ відповідність архітектурним і містобудівним вимогам, висока якість виконання;
- ❖ відповідність діючим нормативним документам, а при відхиленні від них виконувати погодження у встановленому порядку;
- ❖ захист навколишнього природного середовища, екологічну безпеку й раціональне використання природних ресурсів;
- ❖ відповідність вимогам енергозбереження;
- ❖ експлуатаційну надійність і безпеку;
- ❖ ефективність інвестицій;
- ❖ патентоспроможність і патентну чистоту технічних рішень і застосованого обладнання;
- ❖ відповідність всіх проектних рішень вихідним даним і дозвільним документам.
- ❖ ЕП, ТЕО, ТЕР, П і РП повинні підписуватися:

Титульний аркуш пояснювальної записки:

- ✓ керівник організації;
- ✓ головний інженер, головний архітектор організації;
- ✓ головний архітектор і головний інженер проекту.

Розділи пояснювальної записки:

- ✓ автори розділів проекту;
- ✓ виконавець.

Креслення:

- ✓ головний архітектор (інженер) проекту;
- ✓ керівник проектного підрозділу;
- ✓ головний фахівець;
- ✓ автори проекту (крім ГАП і ГІП);
- ✓ виконавці;
- ✓ нормоконтроль.

При розробці документації різними виконавцями кожний з них підписує титульний аркуш відповідно контракту.

Склад підписів може уточнюватися залежно від складу і структури проектної організації.

У пояснювальній записці повинні бути відображені прізвища учасників проектування по кожному розділі проекту, а у випадку наявності субпідрядників - назви фірм або фізичних осіб субпідрядників. Проектна документація, розрахунки, вихідні дані для проектування і матеріали експертизи підлягають архівному збереженню проектною організацією відповідно до діючих положень і правил.

## ЕСКІЗНИЙ ПРОЕКТ (ЕП)

Стадія ЕП розробляється для концептуального визначення вимог до містобудівного, архітектурного, художнього, екологічного і функціонального рішення об'єкта, принципового затвердження можливості створення об'єкта громадського призначення.

У складі ЕП для обґрунтування ухвалених рішень відповідно до завдання замовника можуть додатково виконуватися інженерно-технічні розробки, схеми інженерного забезпечення об'єкта, розрахунки кошторисної вартості й обґрунтування ефективності інвестицій.

ЕП розробляється на підставі завдання на проектування й вихідних даних.

Матеріали ескізного проекту передаються замовникові в чотирьох екземплярах.

## **ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ (ТЕО), ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК (ТЕР)**

Стадія ТЕО (ТЕР) розробляється для об'єктів виробничого призначення, які мають потребу в детальному обґрунтуванні відповідних рішень і визначення доцільності будівництва об'єкта.

ТЕР застосовується для технічно складних об'єктів виробничого призначення й розробляються на підставі завдання на проектування й вихідних даних.

ТЕО (ТЕР) обґрунтовує потужність виробництв, номенклатуру і якість продукції, якщо вони не задані директивно, кооперації виробництва, забезпечення сировиною, матеріалами, напівфабрикатами, паливом, електро- і теплоенергією, водою й трудовими ресурсами, включаючи вибір конкретної ділянки для будівництва, розрахункову вартість будівництва й основні техніко-економічні показники.

При підготовці ТЕО (ТЕР) повинна здійснюватися всебічна оцінка впливу на стан навколишнього середовища (ОВНС); матеріали ОВНС, оформлені у вигляді спеціальної частини (розділу) документації, є обов'язковою частиною ТЕО (ТЕР).

У ТЕО (ТЕР) повинні розглядатися відповідність його рішень архітектурним, енергозберігаючим й іншим вимогам відповідно до завдання на проектування.

ТЕО (ТЕР) після погодження або затвердження у встановленому порядку є підставою для розробки наступної стадії проектування.

## **ПРОЕКТ (П)**

Стадія П розробляється для визначення містобудівних, архітектурних, художніх, екологічних, технологічних, інженерних рішень об'єкта, кошторисної вартості будівництва й техніко-економічних показників.

Проект розробляється на підставі завдання на проектування, вихідних даних і результатів попередніх стадій проектування.

Розділи проекту необхідно подавати в чіткій і лаконічній формі без надмірної деталізації в складі й об'ємі, достатньому для обґрунтування проектних рішень, визначення об'ємів основних будівельно-монтажних робіт, потреб в устаткуванні, будівельних конструкціях, матеріальних, паливно-енергетичних, трудових й інших ресурсах, положень з організації будівництва, а також визначення кошторисної вартості будівництва.

До складу проектної продукції, що передається замовникові, не входять інженерно-технічні, техніко-економічні, екологічні й інші розрахунки, матеріали проектів-аналогів, а також матеріали інженерних вишукувань. Ці матеріали зберігаються у проектувальника відповідно до вимог нормативних документів і можуть бути надані замовникові на його вимогу у вигляді копій за умови оплати послуг за розмноження або у експертний орган у тимчасове користування на його вимогу.

Матеріали проекту в повному об'ємі передаються замовникові генеральним проектувальником у чотирьох екземплярах, субпідрядним проектувальником - генеральному проектувальникові в п'ятьох екземплярах.

## **РОБОЧИЙ ПРОЕКТ (РП)**

Стадія РП розробляється для визначення містобудівних, архітектурних, художніх, екологічних, технологічних, інженерних рішень об'єкта, розрахункової вартості будівництва, техніко-економічних показників і виконання будівельно-монтажних робіт (робочі креслення).

Застосовується для технічно складних об'єктів, а також об'єктів з використанням проектів масового застосування.

РП розробляється на підставі завдання на проектування й вихідних даних. РП виявляється інтегруючою стадією проектування й складається із двох частин - пояснювального й робочого креслень. Пояснювальна частина підлягає погодженню, експертизі й затвердженню, робочі креслення розробляються для будівництва об'єкта. Пояснювальна частина складається



з пояснювальної записки, виконаної в скороченому щодо проекту об'ємі, кошторисній документації, розділу організації будівництва й креслень.

## **РОБОЧА ДОКУМЕНТАЦІЯ (РД)**

Стадія РД розробляється для виконання будівельно-монтажних робіт. РД розробляється на підставі затвердженої попередньої стадії.

До складу РД повинні входити робочі креслення, які розробляються відповідно до вимог державних стандартів - комплексу А.2.4 "Система проектної документації для будівництва" (СПДБ).

Робочі креслення, кошторисна документація, специфікації обладнання виробів і матеріалів, креслення трубопроводів, повітроводів, а також проектна документація на будівництво об'єктів передаються замовникові в чотирьох екземплярах.

Робочі креслення проекту масового або повторного застосування, по яких на одній площадці повинне здійснюватися будівництво декількох однакових будинків або споруджень, передаються в чотирьох екземплярах лише для одного із цих об'єктів, а для інших - по два екземпляра. Документація на змінювану частину передається замовникові в повному об'ємі на кожен будинок або спорудження.

## **ПОГОДЖЕННЯ, ЕКСПЕРТИЗА ТА ЗАТВЕРДЖЕННЯ ПРОЕКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ**

ЕП, ТЕО, ТЕР, П, РП погоджується з місцевими органами містобудування й архітектури, а також з іншими організаціями відповідно місцевих правил забудови щодо архітектурно-планувальних рішень, розміщення, раціонального використання території, відповідності передбачених рішень архітектурно-планувальним вимогам діючій містобудівній документації.

На стадії "П", "РП" проходять погодження мережі інженерних комунікацій.

ТЕО, ТЕР, а при їхній відсутності П або РП нових об'єктів виробничого призначення незалежно від підпорядкування й форм власності підлягають погодженню з територіальною організацією по будівництву щодо вибору земельної ділянки для будівництва й кооперації щодо джерел постачання й інженерних комунікацій відповідно до вимог ДБН А.2.3-1.

Проектна документація, розроблена відповідно до діючих нормативних документів, не підлягає погодженню з органами державного нагляду за винятком випадків, передбачених законодавством України.

При відсутності норм і правил на проектування запропоновані проектні рішення необхідно погоджувати з відповідними органами державного нагляду.

Документація, що виконана з обґрунтованими відхиленнями від діючих державних нормативних документів, підлягає погодженню в частині цих відхилень з органами, які їх затвердили.

Проектувальник відповідає за якість проектних рішень і дотримання діючих нормативних документів відповідно до діючого законодавства.

Проект у стадії РД погоджується в частині інженерних мереж з місцевими експлуатаційними службами виконавчих органів місцевого самоврядування. Погодження проектних рішень організаціями, певним чинним законодавством, управліннями містобудування, архітектури та інженерних служб здійснюються в одній інстанції зазначеного органа в термін до 15 днів, якщо законодавчими та іншими нормативними актами не передбачені інші терміни.

ЕП, ТЕО, ТЕР, П, РП (за винятком робочої документації) до їхнього затвердження підлягають обов'язковій комплексній державній експертизі відповідно до діючого законодавства незалежно від джерел фінансування будівництва (Постанова Кабінету Міністрів від 11.04.02 № 483).

Комплексна державна експертиза проводиться службами Укрінвестекспертизи із залученням представників органів державного нагляду з питань санітарно-епідеміологічного благополуччя населення, екології, пожежній безпеці, охорони праці та енергозбереження.



Перелік об'єктів, затвердження проектів яких не має потреби у висновку комплексної державної експертизи, визначається Держбудом України. Проектна документація (ЕП, ТЕО, ТЕР, П, РП) затверджується при наявності позитивного висновку комплексної державної експертизи.

Затвердження фіксується в офіційному документі у формі наказу (розпорядження або рішення).

Затвердження проектної документації інвестором (замовником) є фактом прийняття під його повну відповідальність рішень, передбачених у документації.

*\* Виконання проекту згідно діючих нормативів і затвердження його у відповідному порядку значно збільшує ймовірність нормальної роботи системи опалення, тим більше, що за працездатність системи відповідає проектувальник.*

### 3. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ

Вихідні дані для проектування є основою самого проекту.

Для виконання проекту по опаленню будинку необхідно одержати наступні дані:

1. Географічне розташування об'єкта;
2. Функціональне призначення об'єкта;
3. Характеристика будинку і його архітектурно-будівельні креслення;
4. Орієнтація будинку по сторонах світу;
5. Режим роботи;
6. Основні шкідливості, що виділяються в будинку;
7. Вид і параметри теплоносія, джерело теплопостачання.

Геометрична форма будинку впливає на витрати енергії. В [21] був введений геометричний критерій компактності будинку у вигляді відношення площі огорожуючої оболонки будинку до замкнутого в нього об'єму. Такий же показник використовується в нормах Німеччини з 1975 р.

Критерій, що характеризує форму будинку,  $A_{к.б\gamma\delta}$ , визначається по формулі [29]:

$$A_{к.б\gamma\delta} = F_{\Sigma}/V_h, \quad (3.1)$$

де:

$F_{\Sigma}$  - загальна площа внутрішніх поверхонь зовнішніх огорожуючих конструкцій включаючи покриття (перекриття) верхнього поверху й перебиття (підвалу) нижнього опалювального приміщення, м<sup>2</sup>;

$V_h$  - опалювальний об'єм будинку, дорівнює об'єму, обмеженому внутрішніми поверхнями зовнішніх огорожуючих конструкцій будинків, м<sup>3</sup>.

Необхідне зниження витрати енергії за рахунок геометрії будинку буде забезпечено за умови не перевищення даного критерію:

- 0,25 - для будинків 16 поверхів і вище;
- 0,29 - для будинків від 10 до 15 поверхів включно;
- 0,32 - для будинків від 6 до 9 поверхів включно;
- 0,36 - для 5-поверхових будинків;
- 0,43 - для 4-поверхових будинків;
- 0,54 - для 3-поверхових будинків;
- 0,61; 0,54; 0,46 - для 2-, 3- і 4-поверхових блокованих і секційних будинків відповідно;
- 0,9 - для 2- і 1 -поверхових будинків з мансардою;
- 1,1- для 1 -поверхових будинків.

## **Приклад етапів розробки проекту по опаленню**

### **ЕТАПИ РОБІТ З РОЗРОБКИ ПРОЕКТУ ОПАЛЕННЯ**

1. Вихідні дані для проектування й аналіз існуючої системи опалення:

- а) Натурні обмірювання приміщень;
- б) Специфікація приміщень проєктованих будинків - виконуються виконавцями робіт шляхом натурних вимірів й інформації замовника;
- в) Обстеження існуючої системи опалення (по будинках);
- г) Аналіз і пропозиції по модернізації або використанню існуючої системи опалення будинків;
- д) Обстеження існуючої системи гарячого водопостачання (по будинках);
- е) Аналіз і пропозиції по модернізації або використанню існуючої системи гарячого водопостачання будинків.

Результати виконаних робіт - плани будинків в об'ємі, необхідному для проектування системи опалення (для внутрішнього користування).

2. Розрахунок і проектування систем опалення та кондиціювання виконується згідно СНиП 2.04.05-91\* «Опалення, вентиляція і кондиціювання» і змін №1, №2, включає наступні етапи:

- а) Теплотехнічний розрахунок огорожуючих конструкцій;
- б) Розрахунок основних, додаткових тепловтрат і теплонадходжень;
- в) Визначення трасування й погодження із замовником принципової схеми системи опалення;
- г) Гідравлічний розрахунок системи опалення;
- д) Підбір обладнання системи опалення (діаметрів труб, запірно-регулюючої арматури);
- е) Вибір і розрахунок необхідної кількості опалювальних приладів.

3. Замовникові передається наступна технічна документація:

- а) Плани поверхів будинків (по необхідності - розрізи, фрагменти) із системами опалення;
- б) Аксонометричні схеми системи опалення;
- в) Специфікація основного обладнання систем опалення.

*\* Правильний вибір вихідних даних нехай і не гарантує якість самого проекту, але дозволяє зменшити ймовірність появи помилок, а склад технічного завдання дозволяє виконувати тільки ті роботи, які увійшли в технічне завдання, а не виникаючі в процесі роботи побажання замовника або перерахунок проекту через зміни вихідних даних (наприклад, зміни планування або функціонального призначення приміщень).*

## 4. ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ПОВІТРЯ

Параметри мікроклімату при опаленні приміщень (крім приміщень, для яких метеорологічні умови встановлені іншими нормативними документами) варто приймати за [9, 10, 13, 14, 23] для забезпечення метеорологічних умов і підтримки чистоти повітря в обслуговуваній або робочій зоні приміщень (на постійному та непостійному робочих місцях):

- а) у холодний період року в обслуговуваній зоні житлових приміщень температуру повітря - мінімальну з оптимальних температур;
- б) у холодний період року в обслуговуваній або робочій зоні житлових будинків (крім житлових приміщень), громадських, адміністративно-побутових і виробничих приміщень температуру повітря - мінімальну із допустимих температур. У виробничих приміщеннях площею більше 50 м<sup>2</sup> на одного працюючого варто забезпечувати розрахункову температуру повітря на постійних робочих місцях і більш низьку (але не нижче 10 °С) температуру повітря на непостійних робочих місцях.

У холодний період року в житлових, громадських, адміністративно-побутових і виробничих приміщеннях опалювальних будинків, коли вони не використовуються і в неробочий час, можна приймати температуру повітря нижче нормованої, але не нижче: 15 °С - у житлових приміщеннях; 12 °С - у громадських й адміністративно-побутових приміщеннях і 5 °С - у виробничих приміщеннях, при необхідності забезпечити відновлення нормованої температури до початку використання приміщення або до початку роботи.

Швидкість руху повітря нормується - у межах допустимих норм.

Параметри мікроклімату або один із параметрів допускається приймати в межах оптимальних норм замість допустимих, якщо це економічно обґрунтовано або є за завданням на проектування.

Для виробничих приміщень із повністю автоматизованим технологічним устаткуванням, що функціонує без присутності людей (крім чергового персоналу, що перебуває в спеціальному приміщенні й виходить у виробниче приміщення періодично для огляду й налагодження обладнання не більше двох годин безперервно), при відсутності технологічних вимог до температурного режиму приміщень температуру повітря в робочій зоні варто приймати для холодного періоду року й перехідних умов при відсутності надлишків теплоти – 10 °С.

У приміщеннях при променистому опаленні й нагріванні (у тому числі з газовими й електричними інфрачервоними випромінювачами) або охолодженні постійно робочих місць температуру повітря варто приймати з розрахунку, забезпечуючи температурні умови (результуючу температуру приміщення), еквівалентні нормованій температурі повітря в обслуговуваній (робочій) зоні приміщення.

Задані параметри мікроклімату й чистоту повітря в приміщеннях житлових, громадських, адміністративно-побутових і виробничих будинків варто забезпечувати в межах розрахункових параметрів зовнішнього повітря для відповідних районів будівництва по [9, 10, 13, 14] - для параметрів Б - для систем опалення для холодного періоду року.

Умови експлуатації огорожуючих конструкцій А або Б вибираються по табл.4.1 залежно від відносної вологості повітря в приміщеннях і зони вологості району будівництва.

Таблиця 4.1.

**Умови експлуатації огорожуючих конструкцій**

Відносна вологість внутрішнього повітря, %, при температурі		Режим приміщення	Умови експлуатації А і Б у зонах вологості району будівництва	
до 12 °С	> 12 до 24 °С		сухий	нормальний
До 60	До 50		А	А
> 60 до 75	> 50 до 60	Нормальний	А	Б
> 75	> 60 до 75	Вологий	Б	Б
-	> 75	Мокрий	Б	Б

Вибір розрахункових параметрів внутрішнього повітря робиться для кожного періоду року, залежно від категорії робіт, виконуваних у даному приміщенні.

Згідно вимог СНиП 2.04.05.91 «Опалення, вентиляція і кондиціонування» [8] і змін до нього, у холодний період року до розрахунку приймаються мінімальні температури із допустимих, а в теплий - максимальні.

Вміст пилу і газів у повітрі робочої зони повинне бути нижче санітарних норм, зазначених у ГОСТ 12.1.005-88 [23] і СН 245-71. По впливу на людину розрізняють наступні класи небезпеки речовин:

- 1 – надзвичайно небезпечні;
- 2 – високо небезпечні;
- 3 – помірно небезпечні;
- 4 – мало небезпечні.

Вміст пилу і газів у припливному повітрі, що подається в приміщення, не повинне перевищувати 30 % від гранично допустимих концентрацій у повітрі робочої зони для даної речовини.

У випадку перевищення цих норм у проекті передбачається очищення припливного повітря.

Таблиця 4.2.

**Допустимі норми температури, відносної вологості й швидкості руху повітря в житлових, громадських й адміністративно-побутових приміщеннях**

Період року	Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %, не більше	Швидкість руху повітря, м/с, не більше
Теплий	Не більше ніж на 3 °С вище розрахункові температури зовнішнього повітря (параметри А)*	65***	0,5
Холодні і перехідні умови	18**-22	65	0,2

\* Але не більше 28 °С для громадських та адміністративно-побутових приміщень із постійним перебуванням людей і не більше 33 °С для зазначених будинків, розташованих у районах з розрахунковою температурою зовнішнього повітря (параметри А) 25 °С і вище.

\*\* Не нижче 14 °С - для громадських і адміністративно-побутових приміщень із перебуванням людей у верхньому одязі.

\*\*\* Допускається приймати до 75 % у районах з розрахунковою відотною вологістю повітря більше 75 % (параметри А).

Примітка. Норми встановлені для людей, що перебувають у приміщенні більше 2 годин безперервно.

Таблиця 4.3.

**Оптимальні норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в обслуговуваній зоні житлових, громадських та адміністративно-побутових приміщень**

Період року	Температура повітря, °C	Відносна вологість повітря,	Швидкість руху повітря, м/с, не більше
Теплий	20 - 22	60 - 30	0,2
	23 - 25	60 - 30	0,3
Холодний і перехідний	20 - 22	45 - 30	0,2

Примітка. Норми встановлені для людей, що перебувають у приміщенні більше 2 годин безперервно.

Таблиця 4.4.

**Допустимі параметри повітря в робочій зоні у холодний і перехідний період року**

Категорія робіт	Температура, °C	Швидкість руху повітря, м/с	Відносна вологість, %
Легка - 1	19 - 25	0,1 - 0,2	70
Середньої тяжкості - 2а	17 - 23	0,2 - 0,3	65
Середньої тяжкості - 2б	15 - 21	0,2 - 0,4	65
Важка - 3	13 - 19	0,3 - 0,5	60

Необхідно відзначити, що в Російській Федерації замість звичайної температури введене поняття інтегрованого теплового навантаження [24], де використовується індекс теплового навантаження середовища, що визначається на основі величин температури змоченого аспіраційного психрометра ( $t_{вл}$ ) і температури усередині зачорненої кулі ( $t_{ш}$ ).

$$THC = 0,7 \cdot t_{вл} + 0,3 \cdot t_{ш} \quad (4.1)$$

При цьому наведені рекомендовані величини інтегрального показника теплового навантаження середовища залежно від категорії тяжкості виконуваних робіт. Крім того, наведений час перебування на робочих місцях при температурі вище й нижче допустимих величин. Таке нормування з однієї сторони сприяє підтримці нормального стану організму людини, а з іншої сторони дозволяє (у межах цих норм) робити зниження температури повітря, що дозволяє одержати енергозберігаючий ефект.



Таблиця 4.5.

**Оптимальні і допустимі норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в приміщеннях житлових будинків**

Найменування приміщень	Температура повітря, °С		Температура приміщення, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
	Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима
Холодний період року								
Житлова кімната	20 - 22	18 - 24	19 - 20	17 - 23	45 - 30	60	0,15	0,2
Те ж, у районах найбільш холодної п'ятиденки (мінус 30 °С і нижче)	21 - 23	20 - 24	20 - 22	19 - 23	45 - 30	60	0,15	0,2
Кухня	19 - 21	18 - 26	18 - 20	17 - 25	Н/Н*	Н/Н	0,15	0,2
Туалет	19 - 21	18 - 26	18 - 20	17 - 25	Н/Н	Н/Н	0,15	0,2
Ванна, сполучений санвузол	24 - 26	18 - 26	23 - 27	17 - 26	Н/Н	Н/Н	0,15	0,2
Міжквартирний коридор	18 - 20	16 - 22	17 - 19	15 - 21	45 - 30	60	0,15	0,2
Вестибюль, сходові клітки	16 - 18	14 - 20	15 - 17	13 - 19	Н/Н	Н/Н	0,2	0,3
Комори	16 - 18	12 - 22	15 - 17	11 - 21	Н/Н	Н/Н	Н/Н	Н/Н

\* нормативні параметри внутрішнього повітря в різних країнах можуть значно відрізнятися, однак у кожному разі при відсутності автоматичного регулювання тепловіддачі опалювальних приладів необхідно дотримуватись мінімальних допустимих параметрів, а не оптимальних, оскільки основна мета системи опалення - підтримка допустимих параметрів мікроклімату при найгірших зовнішніх кліматичних умовах (які є короточасними). При цьому необхідно враховувати вплив цих вимог на тепловий режим і, відповідно, на вибір обладнання системи опалення.

\* при наявності термостатичного регулювання тепловіддачі опалювальних приладів розрахункову температуру внутрішнього повітря рекомендується приймати як мінімальну з оптимальних параметрів згідно існуючих нормативних документів, що забезпечить найкращі санітарно-гігієнічні вимоги в приміщенні та енергозбереження.

## 5. ОСНОВИ ТЕПЛОТЕХНІЧНОГО РОЗРАХУНКУ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ

### 5.1. Загальні принципи забезпечення теплозахисту стін

Підвищення теплозахисних властивостей огороджуючих конструкцій полягає в збільшенні їхнього опору теплопередачі до нормативних значень, що діють у цей час. Це досягається утепленням стін теплоізоляційними матеріалами, які повинні захищатися від зовнішніх впливів захисно-декоративним шаром, здатним при необхідності зберегти або поліпшити архітектурно-художній вигляд будинку або приміщення.

У практиці існує два основних способи влаштування додаткового теплозахисту стін: із зовнішньої або внутрішньої сторони стіни. Іноді зустрічається конструктивно-технологічне рішення влаштування теплозахисту будинків з розташуванням утеплювача із зовнішньої й внутрішньої сторони стіни одночасно.

Конкретний варіант розташування теплозахисту встановлюється на основі аналізу всіх можливих способів її пристрою з урахуванням їхніх переваг і недоліків.

Варіант із розташуванням теплоізоляційного матеріалу на внутрішній поверхні стіни має наступні переваги:

- ❖ теплоізоляційний матеріал, що не має достатньої здатності до опору впливу зовнішнього середовища, перебуває в сприятливих умовах і не потребує додаткового захисту;
- ❖ провадження робіт по влаштуванню теплозахисту може йти в будь-який період року незалежно від способу кріплення.

До недоліків розташування теплозахисту з боку приміщення належать:

- ✓ зменшення площі приміщення за рахунок збільшення товщини стіни;
- ✓ необхідність влаштування, з метою виключення випадання конденсату, додаткового теплозахисту в місцях обпирань на стіни плит перекриттів й у місцях примикання до зовнішніх стін, внутрішніх стін і перегородок;
- ✓ необхідність захисту теплоізоляційного матеріалу та стіни від зволоження шляхом улаштування пароізоляційного шару перед теплоізоляційним матеріалом;
- ✓ неможливість захистити стики великопанельних будинків від протікань;
- ✓ складність влаштування теплоізоляції в місцях розташування приладів опалення, а також у межах товщини підлоги.

Слід зазначити, що в більшості випадків пристрій додаткової теплоізоляції із внутрішньої сторони стіни виробляється на стадії реконструкції з повною заміною санітарно-технічного обладнання і конструкцій підлоги. Тому, останній недолік даного способу є менш істотним у порівнянні з іншими.

Варіант розташування теплозахисту із зовнішньої сторони стіни має наступні переваги:

- створення захисної термооболонки, що виключає утворення теплопровідних включень;
- виключення необхідності влаштування пароізоляційного шару;
- можливість захистити стики великопанельних будинків від атмосферних впливів;
- створення нового архітектурно-художнього вигляду будинку;
- можливість одночасно із улаштуванням теплоізоляції виправляти дефекти стіни;
- розташування матеріалу, що акумулює тепло, стіни в зоні позитивних температур. Це підвищує теплову інерцію огороження й сприяє поліпшенню її теплозахисних властивостей при нестационарній теплопередачі, а також збереженню наступних переваг високих теплоакумуючих властивостей стіни: короточасні припливи холодного повітря (при кожному відкриванні вікон і дверей) не приводять до швидкого охолодження приміщення; знижується вплив температурних коливань зовнішнього повітря на внутрішній клімат приміщення;

- при влаштуванні теплоізоляції із зовнішньої сторони стіни не зменшується площа приміщень;
- відсутні питання, пов'язані з улаштуванням теплоізоляції в місцях розташування приладів опалення.

Істотними недоліками цього варіанта є необхідність влаштування по теплоізоляції надійного захисного шару, а також використання при виконанні робіт дорогих засобів підмашування.

Улаштування теплозахисту із зовнішньої і внутрішньої сторони стіни одночасно в цей час не використовується, тому що даний спосіб має велику трудомісткість робіт.

Конструкція додаткового теплозахисту в період експлуатації піддається зовнішнім і внутрішнім впливам. До зовнішніх відносяться: сонячна радіація; атмосферні опади (дощ, град, сніг); змінна температура; вологість повітря; зовнішній шум; повітряний потік; газ; хімічний, біологічний вплив. До внутрішніх впливів можна віднести навантаження (постійне, тимчасове і короточасне), коливання температури, вологість і сейсмохвилі. Тобто велике значення має якість виконаних робіт і технічний стан теплоізоляційного шару в період експлуатації. Так навіть незначні порушення теплоізоляції можуть створити «теплопровідні мости», у результаті чого буде відбуватися не тільки значне збільшення тепловтрат приміщення, але й зростає ймовірність появи конденсату в огорожуючій конструкції. У таблиці 5.1 наведені орієнтовні виправлення до коефіцієнтів термоопору теплоізоляційних матеріалів залежно від технічного стану останніх.

Таблиця 5.1.

**Орієнтовні виправлення до коефіцієнтів термічного опору теплоізоляційних матеріалів залежно від технічного стану ізоляційних конструкцій**

Технічний стан ізоляційної конструкції	Значення поправки до коефіцієнта термоопору
Незначні руйнування покрівельного і теплоізоляційного шарів	0,67 - 0,77
Часткове руйнування конструкції, ущільнення основного шару на 30 - 50 %	0,48 - 0,59
Ущільнення ізоляційного шару зверху й провисання його знизу	0,56 - 0,63
Ущільнення основного шару конструкції на 75 %	0,3
Періодичне затоплення каналу	0,2 - 0,3
Незначне зволоження основного шару конструкції (на 10-15%)	0,62 - 0,72
Зволоження основного шару конструкції (на 20 - 30 %)	0,4 - 0,55
Значне зволоження основного шару конструкції (на 40 - 60 %)	0,2 - 0,3

## 5.2. Варіанти розташування утеплювача в огорожуючій конструкції

При розгляді варіантів розташування утеплювача (Рис. 5.1) можна зробити висновок, що найбільшого ефекту можна домогтися шляхом утеплення зовні (варіант 3):

- здійснюється захист стін від змінного замерзання й відтавання, а також і від інших атмосферних впливів;
- вирівнюються температурні коливання основного масиву стіни;
- збільшується довговічність конструкцій стіни;
- температурний нуль зрушується в зовнішній теплоізоляційний шар;
- зростає теплоакумуюча здатність масивної стіни.

При внутрішньому утепленні несуча стіна промерзає, що сприяє зниженню коефіцієнта її термічного опору, появі надлишку вологи і прискореному старінню огорожуючої конструкції.

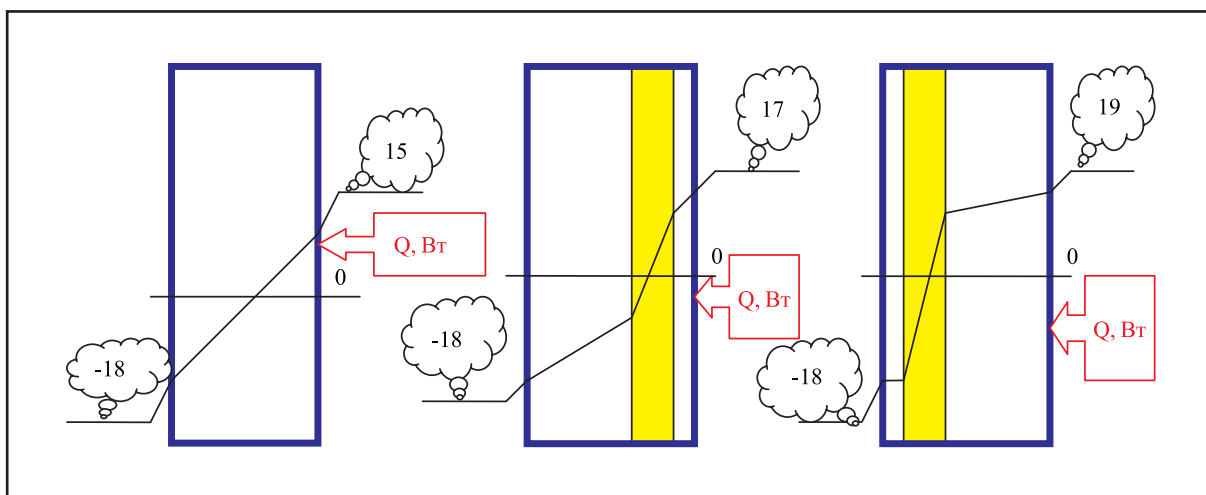


Рис. 5.1. Криві зміни температури огорожуючих конструкцій.  
1) не утеплених, 2) утеплених зсередини, 3) зовні, [25,27].

1. Утеплювач розміщений із внутрішньої сторони огорожуючої конструкції. Для підвального приміщення такий спосіб утеплення найбільш обґрунтований. Хоча прийдеться зменшити площу і виконати монтаж пароізоляції. Останнє окупиться тим, що стіни із внутрішньої сторони приміщення не будуть просочуватися вологою в процесі його експлуатації. Утеплювати стіни із внутрішньої сторони приміщення в будинку, що споруджується економічно неефективно, однак при будівництві деяких промислових будинків, а також при реконструкції або ремонті існуючих будинків найчастіше доводиться приймати даний варіант утеплення.

2. Утеплювач розміщений усередині огорожуючих конструкцій.

Таку конструкцію найчастіше називають “сандвіч” або “сандвіч-панелі”. Все залежить від того, яка це стіна - несуча, самонесуча або навісна, і з якого матеріалу вона вироблена: цегли, бетону, дерева, металу або комбінована. Від вихідного матеріалу, а також від типу утеплювача залежить товщина стіни.

Під найменуванням “сандвіч-панелі” мається на увазі цілий клас багатошарових конструкцій, що включають у себе теплоізоляційний матеріал, облицьований по обидва боки. За функціональним призначенням “сандвіч-панелі” можна розділити на стінові, покрівельні й оздоблювальні (для реконструкції і утеплення старих будинків і приміщень). За виду теплоізоляційного матеріалу “сандвіч-панелі” можна розділити на три основні групи:

- з утеплювачем із мінеральної вати
- з утеплювачем із пінополіуретану
- з утеплювачем із пінополістиролу

При цьому панелі з пінополімерним утеплювачем в 1,5 - 2 рази легше, ніж панелі з мінераловатним утеплювачем тієї ж товщини, і мають кращі теплоізоляційні властивості (що особливо актуально в силу необхідності заощаджувати теплову енергію), але поступаються

по вогнестійкості.

3. Утеплювач розміщений ззовні огорожуючої конструкції. При розміщенні утеплювача зовні його необхідно захищати від атмосферних впливів. Можна виділити два підходи: це найбільш часто застосовуваний захист із спеціального штукатурного складу без повітряного прошарку й захист із спеціальних плит з повітряним прошарком, так названа система вентильованого фасаду.

Улаштування додаткової теплоізоляції зовні краще захищає стіну від змінного замерзання та відтавання. Вирівнюються температурні коливання масиву стіни, що перешкоджає появі деформацій, особливо небажаних при великопанельному домобудівництві. Точка роси зміщується в зовнішній теплоізоляційний шар, внутрішня частина стіни не зволожується, і не потребує додаткової пароізоляції.

Іншою перевагою зовнішньої теплоізоляції є збільшення теплоакumuлюючої здатності масиву стіни. Так, якщо відбудеться відключення джерела тепlopостачання при зовнішній ізоляції, цегельна стіна буде охолоджуватись в 6 разів повільніше, ніж при внутрішньому шарі теплоізоляції такої ж товщини. Установлення теплоізоляції зовні дозволяє також знизити витрати на ремонт ушкоджених стін.

Використання напіпних конструкцій дозволяє, з одного боку, “одягти” фасад у сучасні оздоблювальні матеріали, а з іншого боку - поліпшити теплотехнічні характеристики огорожуючої конструкції і захистити її від шкідливих атмосферних впливів.

### **5.3. Теплотехнічний розрахунок огорожуючих конструкцій**

В Україні теплотехнічний розрахунок виконується на підставі [9-12, 29], з метою одержання необхідних теплозахисних властивостей будівельних огорожуючих конструкцій в опалювальних приміщеннях.

У процесі розрахунку визначаються необхідні опори теплопередачі, по яких приймають товщини стін, утеплювача покрівлі, вид засклення світлових прорізів і конструкція дверей (воріт).

Попередньо визначають: умови експлуатації, товщину, щільність і коефіцієнти теплопровідності допоміжних шарів огорожуючих конструкцій.

Згідно нормативних вимог в Україні [9-12, 29] при проектуванні теплоізоляційної оболонки будинку на основі багатошарових конструкцій, із внутрішньої сторони конструкцій треба розташовувати шар з матеріалів, що мають більш високу теплопровідність, теплоємність і опір паропроникності. При проектуванні нових будинків і реконструкції існуючих, шари з теплоізоляційних матеріалів варто розташовувати із зовнішньої сторони огорожуючої конструкції. При проектуванні теплоізоляційної оболонки будинку з використанням термічно неоднорідних огорожувальних конструкцій для зменшення термічної неоднорідності в площині фасаду будинку необхідно забезпечувати щільне прилягання теплоізоляційних матеріалів до теплопровідних включень - колон, балок, перемичок, внутрішніх перегородок, вентиляційних каналів і т.п., і передбачати заходи відповідного контролю. Не наскрізні теплопровідні включення варто розташовувати ближче до теплої сторони огороження. Наскрізні, головним чином, металеві включення (профілі, стрижні, болти) повинні бути ізольовані матеріалами з теплопровідністю не більше  $0,35 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°K)}$ . При проектуванні необхідно також передбачати захист внутрішніх поверхонь стін від вологи, зовнішніх - від атмосферних опадів з використанням ізолюючих шарів покриття (облицювання, штукатурки, фарбування), які вибираються залежно від матеріалу стін, їхнього конструктивного рішення і умов експлуатації.

Зовнішні стінові конструкції, що контактують із ґрунтом, у будинках без підвалу необхідно утеплювати на глибину 0,5 м нижче поверхні ґрунту, а в будинках з підвалом - на глибину 1,0 м нижче поверхні ґрунту.

Проектування теплоізоляційної оболонки будинків необхідно здійснювати із застосуванням теплоізоляційних матеріалів, строк ефективної експлуатації яких становить не менш ніж 25 років; для змінних ущільнювачів - зі строком ефективної експлуатації не менш ніж 15 років, із

забезпеченням ремонтпридатності елементів теплоізоляційної оболонки.

Для зовнішніх огорожуючих конструкцій опалювальних будинків, споруд і внутрішніх конструкцій, температури повітря в приміщеннях, яких відрізняються на 3°C і більше, обов'язкове виконання умов:

$$\begin{aligned} R_{\Sigma np} &\geq R_{q min} \\ \Delta t_{np} &\leq \Delta t_{cz} \end{aligned} \quad (5.1)$$

$$\tau_{e min} > t_{min}.$$

$R_{\Sigma np}$  - приведений опір теплопередачі непрозорої огорожуючої конструкції, або її частини (для термічно однорідних конструкцій визначається опір слитно), приведений опір теплопередачі світлопрозорої огорожуючої конструкції, м<sup>2</sup> К/Вт;

$R_{q min}$  - мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожуючої конструкції або непрозорої частини огорожуючої конструкції, мінімальне значення опору теплопередачі світлопрозорої огорожуючої конструкції, м<sup>2</sup> К/Вт;

$\Delta t_{np}$  - температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і слитно температурою внутрішньої поверхні огорожуючої конструкції, °C;

$\Delta t_{cz}$  - нормативний температурний перепад - допустима по санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожуючої конструкції, °C;

$\tau_{e min}$  - мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в огорожуючій конструкції, °C;

$t_{min}$  - мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні при розрахункових значеннях температур внутрішнього і зовнішнього повітря, °C.

Опір теплопередачі огорожуючих конструкцій,  $R_o$ , приймають:

- для виробничих приміщень - не менш необхідних значень, згідно нормативних вимог, наведених в [29] (табл. 5.3);
- для житлових, громадських та адміністративно-побутових приміщень - не менш нормативного (табл. 5.4), з умов енергозбереження залежно від кількості градусо-днів опалювального періоду, що приймається за додатком, наведеному в [29].

Таблиця 5.2.

Будинки і приміщення	Нормативний температурний перепад $t_{cz}$ , °C для		
	зовнішніх стін	покриттів і горищних перекрыттів	перекрыттів над підвалами й підпіллями
1. Житлові, лікувально-профілактичні і дитячі установи, школи, інтернати	4,0	3,0	2,0
2. Громадські, крім зазначених у п. 1, адміністративні і побутові приміщення з вологим або мокрим режимом	5,0	4,0	2,5
3. Виробничі із сухим і нормальним режимами	7,0	5,0	2,5
4. Виробничі та інші приміщення з вологим режимом	$(t_e - t_p)$	$0,8 (t_e - t_p)$	2,5
5. Виробничі будинки зі значними надлишками явного тепла (більше 23 Вт/м <sup>3</sup> )	12	12	2,5

де  $t_p$  - температура точки роси, °C, при розрахунковій температурі і відносній вологості внутрішнього повітря.

При санітарно-гігієнічних умовах - мінімальний необхідний термічний опір ( $R_o^{nomp}$ ) стін (зовнішніх, внутрішніх) і покриттів визначається по залежності:

$$R_o^{nomp} = n (t_e - t_{3.5}) / (\Delta t^u \cdot \alpha_u), \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт} \quad (5.2)$$



де:

- $n$  - коефіцієнт, що залежить від положення зовнішньої поверхні огорожуючих конструкцій, відносно зовнішнього повітря (для стін, покриттів і безгорищних перекриттів  $n=1,0$ );  
 $t_6$  - розрахункова температура внутрішнього повітря для холодного періоду року, °С;  
 $t_{3,5}$  - розрахункова зимова температура зовнішнього повітря, °С;  
 $\Delta t^{\text{н}}$  - нормативний температурний перепад між температурою внутрішнього повітря й температурою внутрішньої поверхні огорожуючої конструкції, приймається по табл. 5.2;  
 $\alpha_6$  - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожуючих конструкцій для стін, підлог і перекриттів - 8,7 Вт / (м<sup>2</sup> °С).

Таблиця 5.3.

**Мінімально допустимі значення термічного опору огорожуючих конструкцій промислових будинків,  $R_{q \min}$ , м<sup>2</sup> К/Вт**

Тип огорожуючої конструкції і тепловологісний режим експлуатації будинку	$R_{q \min}$ для температурної зони, м <sup>2</sup> · К/Вт			
	I	II	III	IV
<b>Зовнішні непрозорі стіни будинків:</b> - із сухим і нормальним режимом і конструкціями при: $D > 1,5$ $D \leq 1,5$ - з вологим і мокрим режимом і конструкціями при: $D > 1,5$ $D \leq 1,5$ - з теплонадлишками більше 23 Вт/м <sup>3</sup>	1,5 2,0	1,3 1,8	1,2 1,7	0,7 1,2
<b>Покриття й перекриття будинків:</b> - із сухим і нормальним режимом і конструкціями при: $D > 1,5$ $D \leq 1,5$ - з вологим і мокрим режимом і конструкціями при: $D > 1,5$ $D \leq 1,5$ - з теплонадлишками більше 23 Вт/м <sup>3</sup>	1,6 2,1	1,5 2,0	1,3 1,8	0,9 1,1
<b>Перекриття над проїздами й підвалами:</b> - з конструкціями при $D > 1,5$ - з конструкціями при $D \leq 1,5$	1,8 2,2	1,7 2,0	1,6 1,9	1,4 1,7
<b>Двері й ворота будинків:</b> - із сухим і нормальним режимом - з вологим і мокрим режимом - з теплонадлишками більше 23 Вт/м <sup>3</sup>	0,55 0,72 0,2	0,55 0,65 0,2	0,5 0,6 0,2	0,42 0,54 0,2
<b>Вікна й зенітні ліхтарі будинків:</b> - із сухим і нормальним режимом - з вологим і мокрим режимом - з теплонадлишками більше 23 Вт/м <sup>3</sup>	0,42 0,45 0,18	0,39 0,42 0,18	0,39 0,42 0,18	0,32 0,35 0,18

Необхідний опір теплопередачі внутрішніх огорожуючих конструкцій між приміщеннями з нормованою температурою повітря варто визначати при різниці температур повітря ( $\Delta t$ ) у цих приміщеннях. При  $t \leq \Delta t''$  внутрішні огорожуючі конструкції, задовольняють санітарно-гігієнічні умови при будь-якому значенні їхнього опору теплопередачі.

На підставі отриманих значень визначається фактичний термічний опір теплопередачі з формули:

$$R_{\phi} = 1/\alpha_6 + \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2 + \delta_3/\lambda_3 + \dots + \delta_n/\lambda_n + 1/\alpha_7, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт} \quad (5.3)$$

де:

$\alpha_6$  - коефіцієнт тепловіддачі (зимові умови) зовнішньої поверхні огорожуючої конструкції для зовнішніх стін, покриттів, перекриттів над проїздами приймається рівним 23 Вт/(м<sup>2</sup>·°C);

$\delta_n$  - товщина шарів огорожуючої конструкції, м;

$\lambda_n$  - розрахунковий коефіцієнт теплопровідності шарів, Вт/(м·°C), приймається по [11, 12];

$n$  - номер окремих шарів огороження.

Таблиця 5.4.

**Мінімально допустимі значення термічного опору огорожуючих конструкцій житлових і громадських будинків**

Найменування огорожуючих конструкцій	$R_{q \min}$ для температурної зони, м <sup>2</sup> К/Вт			
	I	II	III	IV
Зовнішні стіни	2,8	2,5	2,2	2,0
Покриття й перекриття неопалюваних горищ (для будинків садибного типу і будинків до 4 поверхів включно)	4,95	4,5	3,9	3,3
Покриття й перекриття неопалюваних горищ	3,3	3,0	2,6	2,2
Перекриття над проїздами та холодними підвалами, що межують із холодним повітрям	3,5	3,3	3,0	2,5
Перекриття над неопалюваними підвалами, що розташовані вище рівня землі	2,8	2,6	2,2	2,0
Перекриття, що розташовані нижче рівня землі над неопалюваними підвалами (для будинків садибного типу і будинків до 4 поверхів включно)	3,75	3,45	3,0	2,7
Перекриття, що розташовані нижче рівня землі над неопалюваними підвалами	2,5	2,3	2,0	1,8
Вікна, балконні двері, вітрини, вітражі, світлопрозорі фасади (для будинків садибного типу і будинків до 4 поверхів включно)	0,6	0,56	0,5	0,45
Вікна, балконні двері, вітрини, вітражі, світлопрозорі фасади	0,5	0,5	0,5	0,45
Вхідні двері в багатоквартирні житлові будинки та в громадські будинки	0,44	0,41	0,39	0,32
Вхідні двері в малоповерхові будинки та у квартири, що розташовані на перших поверхах багатоповерхових будинків	0,6	0,56	0,54	0,45
Вхідні двері у квартири, що розташовані вище першого поверху	0,25	0,25	0,25	0,25

У залежність (5.3) замість  $R_{\phi}$  підставляють значення  $R_{q \min}$  визначають  $\delta_x$  (товщину несучої частини стіни або утеплювача) і приймають найближчий більший стандартний розмір.

Наведений опір теплопередачі заповнень світлових прорізів (вікон, балконних дверей і ліхтарів) необхідно приймати по табл. 5.5, але не нижче нормативних що в табл. 5.3 -5.4.

Мінімально припустиме значення,  $R_{q \min}$  опору теплопередачі огорожуючих конструкцій промислових (сільськогосподарських) будинків встановлюється згідно табл. 5.3 залежно від температурної зони експлуатації, тепловологісного режиму і теплової інерції огорожуючих конструкцій D, що розраховується по формулі:

$$D = R_1 s_1 + R_2 s_2 + \dots + R_n s_n \quad (5.4)$$

де:

$R_1, R_2, \dots, R_n$  - термічний опір шарів огорожуючих конструкцій  $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ;

$s_1, s_2, \dots, s_n$  - розрахункові коефіцієнти теплосасвоєння окремих шарів огорожуючої конструкції,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{C})$ , прийняті по [11, 12, 29].

Таблиця 5.5

**Наведений опір теплопередачі вікон і ліхтарів**

Заповнення світлового прорізу	$R_{\phi}$ , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , у рамках	
	дерев'яних або ПВХ	алюмінієвих
1. Подвійне засклення в спарених рамах	0,40	-
2. Подвійне засклення в роздільних рамах	0,44	0,34*
3. Блоки скляні пустотні (із шириною швів 6 мм):		
- розміром 194 x 194 x 98 мм	0,31 (без рам)	
- розміром 244 x 244 x 98 мм	0,33 (без рам)	
4. Профільне скло	0,31 (без рам)	
5. Подвійне з органічного скла для зенітних ліхтарів	0,36	-
6. Потрійне засклення в роздільно-спарених рамах	0,55	0,46
7. Однокамерний склопакет зі скла:		
звичайного	0,38	0,34
з твердим селективним покриттям	0,51	0,43
з м'яким селективним покриттям	0,56	0,47

\* у сталевих рамах

Розрахункові коефіцієнти теплосасвоєння повітряних прошарків приймаються рівними нулю. Шари конструкції, які розташовані між повітряним прошарком, що вентилується зовнішнім повітрям, і зовнішньою поверхнею огорожуючої конструкції, не враховуються.

Коефіцієнт засклення фасадів будинку визначається по формулі [30]:

$$m_{ck} = \frac{F_{\Sigma}}{F_{in} + F_{env}} \quad (5.5)$$

де:

$F_{env}$  - площа зовнішніх світлопрозорих конструкцій фасадів,  $\text{м}^2$ ;

$F_{in}$  - площа зовнішніх непрозорих стінових огорожуючих конструкцій,  $\text{м}^2$ .

## 5.4. Приклади теплотехнічного розрахунку огорожуючих конструкцій

### Приклад 1. Житловий будинок у смт. Іванівка.

Характеристика запроектованого об'єкта

Проектований об'єкт являє собою будинок, розташований у смт. Іванівка. Будинок двоповерховий, з підвалом і техповерхом.

Будинок має розміри в плані 12 м на 51,2 м.

Режим експлуатації приміщення - нормальний.

Розрахункові параметри зовнішнього повітря

Параметри зовнішнього повітря приймають на підставі [4] з урахуванням вимог [7].

Район будівництва перебуває на географічній широті 44° пн. ш.

Барометричний тиск 101,3 кПа.

Зона вологості - С (суха).

Розрахункові параметри зовнішнього повітря:

Теплий період - параметр А - температура повітря + 25 °С, швидкість вітру 1 м/с;

Холодний період - параметр Б - температура повітря -18 °С, швидкість вітру 7 м/с.

Середньодобова амплітуда коливань температури повітря в липні 8,8 °С.

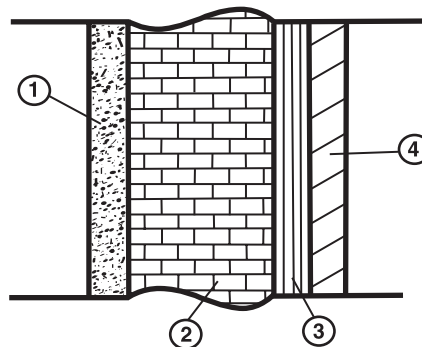
Теплотехнічний розрахунок виконується на підставі [6], з метою визначення теплозахисних властивостей будівельних огорожуючих конструкцій.

У процесі розрахунку визначається опір теплопередачі огорожень й опір повітропроникності вікон, по яких приймають товщини утеплювача стін, покрівлі та вид застосування світлових прорізів.

На підставі вихідних даних встановлюємо [11]: зона вологості території будівництва - суха; режим експлуатації приміщень будинку в зимовий період року відноситься до нормального. Отже, теплотехнічні показники будівельних матеріалів для прийнятих умов експлуатації огорожуючих конструкцій - "А".

Теплотехнічний розрахунок передбачає визначення фактичного  $R_{\phi}$  опору теплопередачі.

а) Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни



Конструкція стіни

1) цементно-піщаний розчин:

$$\gamma_1 = 1800 \text{ кг/м}^3, \lambda_1 = 0,93 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}, \delta_1 = 0,02 \text{ м}, S_1 = 9,6 \text{ Вт/(м}^2\text{ }^\circ\text{С)};$$

2) цегла силікатна;

$$\gamma_2 = 1800 \text{ кг/м}^3, \lambda_2 = 0,76 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}, \delta_2 = 0,51 \text{ м}, S_2 = 9,77 \text{ Вт/(м}^2\text{ }^\circ\text{С)};$$

3) утеплювач - мінераловатні плити;

$$\gamma_3 = 50 \text{ кг/м}^3, \lambda_3 = 0,036 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}, \delta_3 = X_{\text{м}}, S_3 = 9,20 \text{ Вт/(м}^2\text{ }^\circ\text{С)};$$

4) вапняно-піщаний розчин

$$\gamma_4 = 1600 \text{ кг/м}^3, \lambda_4 = 0,70 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}, \delta_4 = 0,01 \text{ м}, S_4 = 8,69 \text{ Вт/(м}^2\text{ }^\circ\text{С)}$$

Мінімально необхідний термічний опір теплопередачі стіни  $R_{q \text{ min}} = 2,8 \text{ м}^2\text{ }^\circ\text{С/Вт}$  визначений за ДБН у залежності від кліматичної зони в якій знаходиться смт. Іванівка.

Рівняння для визначення фактичного опору теплопередачі чотирьохшарової стіни має вигляд:

$$R_{\phi}^{cm} = 1/\alpha_6 + \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2 + \delta_3/\lambda_3 + \delta_4/\lambda_4 + 1/\alpha_3 \quad R_{q \min}$$

Звідси знаходимо товщину третього шару по формулі:

$$\delta_3 = [2,8 - 1/23 - 1/8,7 - 0,01/0,76 - 0,51/0,76 - 0,01/0,7] \cdot 0,036 = 0,07$$

Приймаємо товщину утеплювача  $\delta_{ym} = 0,07$  м.

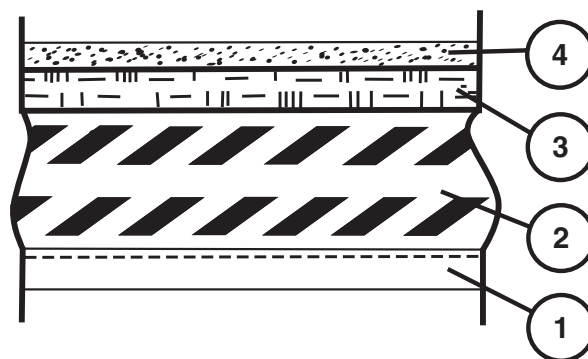
Тоді визначаємо фактичний опір стіни:

$$R_{\phi}^{cm} = 1/8,7 + 0,01/0,76 + 0,51/0,76 + 0,07/0,036 + 0,01/0,7 + 1/23 = 2,8 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт},$$

що задовольняє умову  $R_{\phi}^{cm} = 2,8 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$   $R_{q \min} = 2,8 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ .

б) Теплотехнічний розрахунок перекриття:

Конструкція перекриття



1) вапняно-піщаний розчин

$$\gamma_1 = 1600 \text{ кг}/\text{м}^3, \lambda_1 = 0,17 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}), \delta_1 = 0,01 \text{ м}, S_1 = 6,14 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C});$$

2) з/б плита

$$\gamma_2 = 2500 \text{ кг}/\text{м}^3, \lambda_2 = 1,92 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}), \delta_2 = 0,2 \text{ м}, S_2 = 17,14 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C});$$

3) утеплювач - мінераловатні плити

$$\gamma_3 = 50 \text{ кг}/\text{м}^3, \lambda_3 = 0,051 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}), \delta_3 = X \text{ м}, S_3 = 9,77 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C});$$

4) руберойд

$$\gamma_4 = 1600 \text{ кг}/\text{м}^3, \lambda_4 = 0,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}), \delta_4 = 0,005 \text{ м}, S_4 = 8,69 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C});$$

Необхідний термічний опір теплопередачі перекриття  $R_{q \min} = 4,95 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$  визначено залежно від кількості градусо-днів опалювального періоду для смт. Іванівка.

Звідси знаходимо товщину третього шару по формулі:

$$\delta_3 = (R_{q \min} - 1/\alpha_6 - \delta_1/\lambda_1 - \delta_2/\lambda_2 - \delta_4/\lambda_4 - 1/\alpha_3) \cdot \lambda_3$$

$$\delta_3 = [4,95 - 1/23 - 0,01/0,17 - 0,2/1,92 - 0,005/0,7 - 1/8,7] \cdot 0,051 = 0,235 \text{ м}.$$

Приймаємо товщину утеплювача  $\delta_{yt} = 0,24$  м. Тоді визначаємо фактичний опір:

$$R_{\phi}^n = 1/23 + 0,01/0,17 + 0,162 + 0,005/0,7 + 0,24/0,051 + 1/8,7 = 5,09 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

що задовольняє умову  $R_{\phi}^n = 5,09 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$   $R_{q \min} = 4,95 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ .

в) вікна, ворота (двері).

Необхідний опір теплопередачі заповнень світлових прорізів приймається залежно від кількості градусо-днів опалювального періоду по [11, 29], але не нижче нормативних і становить  $0,42 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ . Даному значенню відповідає наведений опір теплопередачі - подвійне застосування в спарених дерев'яних рамах, що дорівнює  $0,44 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ .

Опір теплопередачі одинарних дверей повинне бути не менш  $0,6 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ .

**Приклад 2.** Розрахунок термічного опору світлопрозорої конструкції.

**1. Вихідні дані**

Розрахунок виконаний для наступних умов експлуатації:

1. Температура зовнішнього повітря  $t_3 = -18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
2. Температура внутрішнього повітря  $t_b = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , вологість - 60 %;
3. Режим експлуатації - нормальний;
4. Для м. Одеса нормований термічний опір для стін - не менш  $2,2\text{ м}^2\text{K/Вт}$ ; для вікон - не менш  $0,36\text{ м}^2\text{K/Вт}$ ;
5. Для стіни  $R_b = 8,7\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C})$ , для вікна  $R_b = 8,0\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C})$ ,  $R_n = 23\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C})$ ;
6. Температура точки роси  $t_p = 10,69\text{ }^{\circ}\text{C}$  при зазначених параметрах внутрішнього повітря;
7. Площа засклення стосовно площі стіни не перевищує 18%.

**2. Вибір розрахункових перетинів**

Згідно методики і даних, наведених в [1, 2, 3, 4, 29], обрані наступні розрахункові перетини (зазначені на кресленнях вузлів, Рис. 5.1):

а) Для паралельних тепловому потоку перетинів.

Для нижнього вузла примикання:

1. Утеплювач  $\sigma = 0,1\text{ м}$ ,  $\lambda = 0,037\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C})$ , газобетон  $\sigma = 0,2\text{ м}$ ,  $\lambda = 0,198\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C})$
2. Утеплювач  $\sigma = 0,1\text{ м}$ ,  $\lambda = 0,037\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C})$ , піна монтажна  $\sigma = 0,05\text{ м}$ ,  $\lambda = 0,036\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C})$
3. Утеплювач  $\sigma = 0,1\text{ м}$ ,  $\lambda = 0,037\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C})$ , піна монтажна  $\sigma = 0,05\text{ м}$ ,  $\lambda = 0,036\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C})$ , рама  $\sigma = 0,07\text{ м}$ ,  $\lambda = 0,76\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C})$
4. Рама  $\sigma = 0,07\text{ м}$ ,  $\lambda = 0,76\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C})$
5. Стулка  $\sigma = 0,05\text{ м}$ ,  $\lambda = 0,76\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C})$
6. Склопакет  $\sigma = 0,04\text{ м}$ ,  $\lambda = 0,529\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C})$

Для верхнього вузла примикання:

1. Утеплювач  $\sigma = 0,1\text{ м}$ ,  $\lambda = 0,037\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C})$ , залізобетон  $\sigma = 0,2\text{ м}$ ,  $\lambda = 2,04\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C})$ .

б) Для перпендикулярного напрямку теплового потоку перетинів.

1. Газобетон  $\sigma = 0,2\text{ м}$ ,  $\lambda = 0,198\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C})$ , піна монтажна  $\sigma = 0,05\text{ м}$ ,  $\lambda = 0,036\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C})$ , рама  $\sigma = 0,07\text{ м}$ ,  $\lambda = 0,76\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C})$ , склопакет  $\sigma = 0,04\text{ м}$ ,  $\lambda = 0,529\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C})$ , залізобетон  $\sigma = 0,2\text{ м}$ ,  $\lambda = 2,04\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C})$ .
2. Утеплювач  $\sigma = 0,1\text{ м}$ ,  $\lambda = 0,037\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C})$ .

**3. Методика розрахунку**

Фактичний термічний опір перетинів, паралельних тепловому потоку визначаємо по формулі:

$$R_o = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} \quad (5.6)$$

де:

$\alpha_b, \alpha_3$  - коефіцієнти тепловіддачі поверхонь огорожуючих конструкцій  $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C})$ ,

$\delta_i$  - товщина i-го шару огорожуючої конструкції,

$n$  - кількість шарів конструкції,

$\lambda_{ip}$  - теплопровідність шару.

Термічний опір  $R_k, \text{ м}^2\text{ }^{\circ}\text{C/Вт}$ , огорожуючої конструкції з послідовно розташованими однорідними шарами визначається як сума термічних опорів окремих шарів:

$$R_k = R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{a,n}, \quad (5.7)$$

де:

$R_1, R_2, \dots, R_n$  - термічні опори окремих шарів огорожуючої конструкції,  $\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C/Вт}$ .

Наведений термічний опір термічно неоднорідної конструкції з фасадним утепленням при розміщенні утеплювача за допомогою анкерних болтів визначене по [29]:

$$R_a = \frac{F_1 + F_2 + \dots + F_n}{\frac{F_1}{R_1} + \frac{F_2}{R_2} + \dots + \frac{F_n}{R_n}}, \quad (5.8)$$

де:

$F_1, F_2, \dots, F_n$  - площі окремих ділянок конструкції (або частини її),  $\text{м}^2$ ;

$R_1, R_2, \dots, R_n$  - термічні опори зазначених окремих ділянок конструкції, що визначаються для однорідних ділянок по (5.6) і по формулі (5.7) для неоднорідних ділянок.

Огороджуюча конструкція (або частина її,  $R_a$ ) умовно розрізана площинами, що перпендикулярні напрямку теплового потоку на шари, з яких одні можуть бути однорідними - з одного матеріалу, а інші неоднорідними - з одношарових ділянок різних матеріалів. Термічний опір однорідних шарів визначено по формулі (5.6), неоднорідних шарів - по формулі (5.8) і термічний опір огорожуючої конструкції,  $R_6$  - як сума термічних опорів окремих однорідних і неоднорідних шарів - по формулі (5.7). Наведений термічний опір огорожуючої конструкції, визначено по формулі:

$$R_k^{np} = \frac{Ra + 2R_6}{3} \quad (5.9)$$

Наведений термічний опір теплопередачі визначається по формулі:

$$R_0^{np} = \frac{1}{\alpha_B} + R_k + \frac{1}{\alpha_3} \quad (5.10)$$

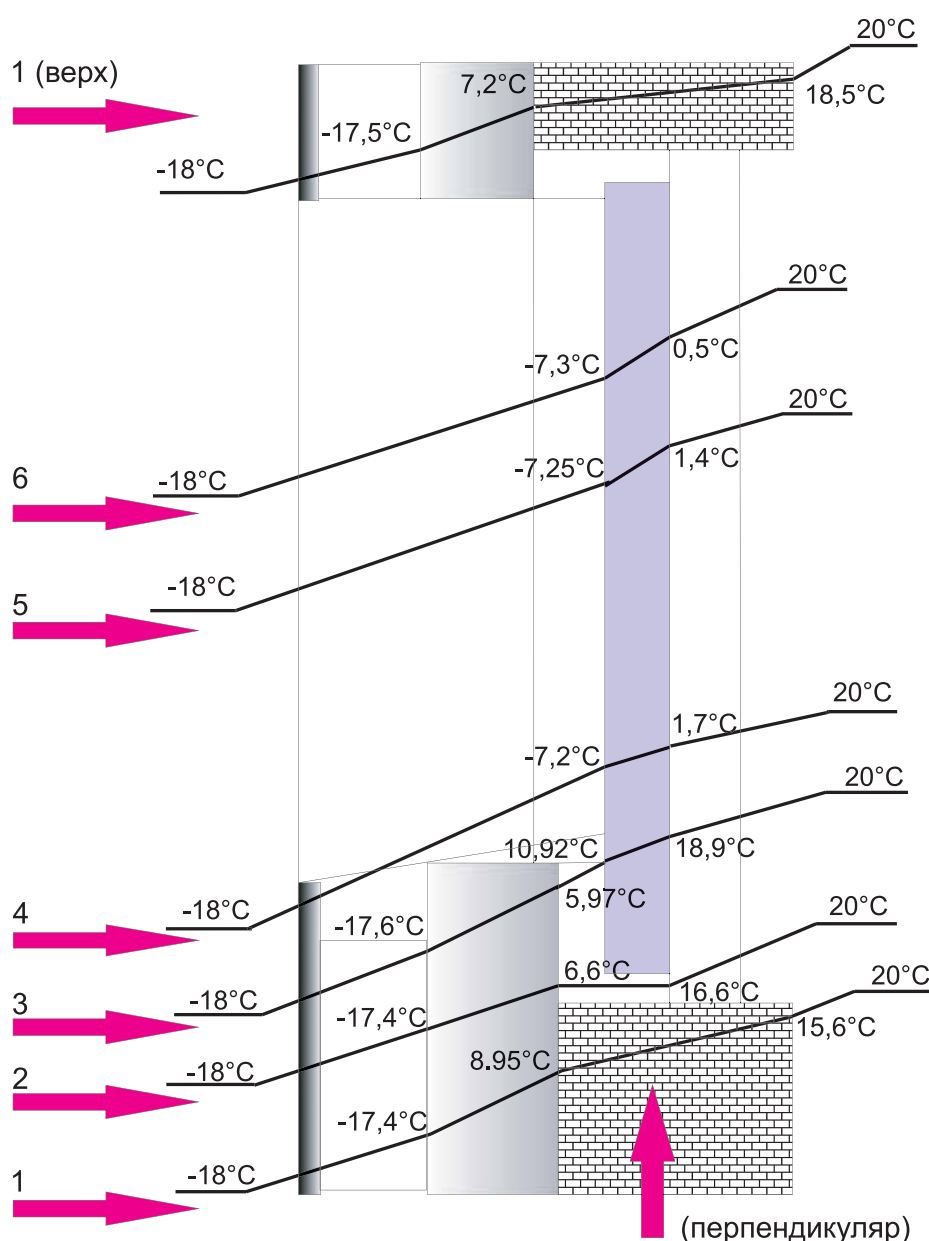


Рис. 5.2. Розрахункові перетини світлопрозорого прорізу



**4. Результати розрахунків**

Таблиця 5.6.

№	Найменування величини	Фактичне значення	Нормативне значення
1	Термічний опір шарів (паралельний перетин) 1 перетину (нижній вузол)	$3,71 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	
2	2 перетину	$4,09 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	
3	3 перетину	$4,18 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	
4	4 перетину	$0,09 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	
5	5 перетину	$0,07 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	
6	6 перетину	$0,08 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	
7	1 перетину (верхній вузол)	$2,80 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	
8	$R_a$ (парал)	$0,3055 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	
9	$R_b$ (перпендикулярні)	$0,214 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	
10	$R_k$	$0,244 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	
11	Наведений термічний опір теплопередачі вікна	$0,418 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	$0,36 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$
12	Температура внутрішньої поверхні стіни	$15,6 \text{ }^\circ\text{C}$	$t_b - \Delta t^I = 20 - 5 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$

- \* при визначенні термічного опору огорожуючих конструкцій необхідно враховувати, що отримана величина повинна бути більше або дорівнювати нормативному значенню;
- \* проектування теплоізоляції із зовнішньої сторони вимагає більших витрат, ніж внутрішня, однак при цьому не зменшується корисна площа приміщень;
- \* при розрахунку необхідно пам'ятати, що при коефіцієнті застелення більше 0,18 розрахунок виконується за іншою методикою;
- \* при визначенні термічного опору необхідно врахувати теплопровідні домішки.

## 6. ТЕПЛОВТРАТИ Й ТЕПЛОНаДХОДЖЕННЯ ПРОЕКТУЄМОГО ОБ'ЄКТА

### 6.1. Тепловтрати в житлових і громадських будинках.

Розрахункові втрати теплоти, що покриваються системою опалення  $Q_{on}$ , Вт, визначаються на підставі теплового балансу приміщення: сумою втрат теплоти через огорожуючі конструкції (трансмісійні тепловтрати)  $\sum Q_{oz}$ , витрати теплоти на підігрів вентиляційного повітря  $Q_v$ , зменшеної на величину сумарних «побутових» тепловиділень  $Q_{nob}$  [25]. (6.1)

До «побутових» відносяться тепловиділення від електропобутових і освітлювальних приладів, приладів для приготування їжі, гарячого водопостачання і людей, що перебувають у квартирі:

$$Q_{on} = \sum Q_{oz} + Q_v - Q_{nob}$$

$$Q_{nob} \approx 10 \cdot A_{np}, \text{ Вт}$$

Основні і додаткові втрати теплоти варто визначати, підсумовуючи втрати теплоти через окремі огорожуючі конструкції,  $Q$ , Вт, з округленням до 10 Вт для приміщень по формулі:

$$Q_{oz} = A/R \cdot (t_e - t_{3,5}) \cdot n \cdot (1 + \sum \beta), \quad (6.2)$$

де:

$A$  - розрахункова площа огорожуючої конструкції,  $m^2$ ;

$R$  - опір теплопередачі огорожуючої конструкції,  $m^2 \cdot ^\circ C/Вт$ . Опір теплопередачі конструкції варто визначати по ДБН В.2.6-31-2006;

$t_e$  - розрахункова температура повітря,  $^\circ C$ , у приміщенні з урахуванням підвищення її залежно від висоти для приміщень висотою більше 4 м;

$t_{3,5}$  - розрахункова температура зовнішнього повітря для холодного періоду року при розрахунку втрат теплоти через зовнішні огороження або температура повітря більше холодного приміщення - при розрахунку втрат теплоти через внутрішні огороження;

$n$  - коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожуючих конструкцій стосовно зовнішнього повітря по ДБН В.2.6-31-2006;

$\sum \beta$  - додаткові втрати теплоти в частках від основних тепловтрат, що враховують:

а) Для зовнішніх вертикальних і похилих огорожень, орієнтованих на напрямки, згідно СНиП 2.01.01-82, якщо в січні швидкість вітру перевищує 4,5 м/с із повторюваністю не менш 15%, у розмірі 0,05 і в розмірі 0,10 при швидкості 5 м/с і більше;

б) Для зовнішніх вертикальних і похилих огорожень багатоповерхових будинків у розмірі 0,2 - для першого і другого поверхів; 0,15 - для третього; 0,1 - для четвертого поверху будинків із числом поверхів 16 і більше; для 10-15 поверхових будинків додаткові втрати треба враховувати в розмірі 0,1 для першого і другого поверхів та 0,05 - для третього поверху.

Втрати теплоти  $Q_v$  розраховуються для кожного опалювального приміщення, що має одне або більшу кількість вікон або балконних дверей у зовнішніх стінах, виходячи з необхідності забезпечення підігріву опалювальними приладами зовнішнього повітря в об'ємі однократного повітрообміну в годину по формулі:

$$Q_v = 0,337 \cdot V_{np} \cdot K_e \cdot (t_e - t_{3,5}), \text{ Вт}, \quad (6.3)$$

де:

$V_{np}$  - об'єм приміщення,  $m^3$ ;

$K_e$  - кратність повітрообміну (для житлових приміщень - від 0,5 до 1).

Приміщення, з яких організована витяжна вентиляція з об'ємом витяжки, що перевищує однократний повітрообмін у годину, повинні, як правило, проектуватися із припливною вентиляцією підігрітим повітрям. При обґрунтуванні допускається забезпечувати підігрів зовнішнього повітря опалювальними приладами в окремих приміщеннях при об'ємі вентиляційного повітря, що не перевищує двох обмінів у годину.

У приміщеннях, для яких нормами проектування будинків установлений об'єм витяжки

менше однократного повітрообміну в годину, величину  $Q_6$  варто розраховувати як витрата теплоти на нагрівання повітря в об'ємі нормованого повітрообміну від температури  $t_3$  до температури  $t_6$ , °С.

Втрати теплоти  $Q_6$ , кВт, на нагрівання зовнішнього повітря, що проникає у вхідні вестибюлі (холи) і сходові клітки через зовнішні двері, що відкриваються в холодний період року, при відсутності повітряно-теплових завіс, варто розраховувати по формулі:

$$Q_6 = 0,7 \cdot B \cdot (H + 0,8 \cdot P) \cdot (t_6 - t_{3,5}) \cdot 10^3 \quad (6.4)$$

де:

$H$  - висота будинку, м;

$P$  - кількість людей, що мешкають у будинку;

$B$  - коефіцієнт, що враховує кількість вхідних тамбурів:

➤ при одному тамбурі (двоє дверей)  $B = 1,0$ ;

➤ при двох тамбурах (трьох дверей)  $B = 0,6$ .

Розрахунок теплоти на нагрівання зовнішнього повітря, що проникає через двері опалювальних незадимляємих сходових кліток з поповерховими виходами на лоджії, варто робити по формулі (6.4), при  $P = 0$ , приймаючи для кожного поверху значення  $H$ , рівне відстані, м, від середини дверей поверху, що розраховує, до перекриття сходової клітки.

При розрахунку тепловтрат вхідних вестибюлів, сходових кліток і цехів з повітряно-тепловими завісами; приміщень, обладнаних діючою постійно протягом робочого часу припливною вентиляцією з підпором повітря, а також при розрахунку втрат теплоти через літні та запасні зовнішні двері і ворота величину  $Q_6$  враховувати не слід.

Витрата інфільтруючого повітря в приміщенні  $G_i$ , кг/год, через нещільності зовнішніх огорожень варто визначати за формулою:

$$G_i = 0,216 \cdot A_1 \cdot \Delta p_i^{0,67} / R_u + A_2 \cdot G_H \cdot (\Delta p_i / \Delta p_i)^{0,67} + 3456 \cdot \Sigma A_3 \cdot \Delta p_i^{0,5} + 0,5 \Sigma l \cdot \Delta p_i / \Delta p_i, \quad (6.5)$$

де:

$A_1, A_2$  - площі зовнішніх огорожуючих конструкцій, м<sup>2</sup>, відповідно світлових прорізів (вікон, балконних дверей, ліхтарів) та інших огорожень;

$A_3$  - площа щілин, нещільностей і прорізів у зовнішніх огорожуючих конструкціях;

$\Delta p_i, \Delta p_i$  - розрахункова різниця між тисками на зовнішній і внутрішній поверхнях огорожуючих конструкцій відповідно на розрахунковому поверсі при  $\Delta p_i = 10$  Па;

$R_u$  - опір повітропроникнення, м<sup>2</sup>·год·Па/кг, прийняте [29];

$G_H$  - нормативна повітропроникність зовнішніх огорожуючих конструкцій кг/(м<sup>2</sup>·год), [29];

$l$  - довжина стиків стінових панелей, м.

Розрахункова різниця між тисками на зовнішній і внутрішній поверхнях кожної огорожуючої конструкції  $\Delta p_i$ , Па, приймається після визначення умовно-постійного тиску повітря в будинку  $p_{int}$ , Па, (ототожнюється з тиском на внутрішніх поверхнях зовнішніх огорожуючих конструкцій), на основі рівності витрати повітря, що надходить у будинок  $\Sigma G_i$ , кг/год, і видаляючого із нього  $\Sigma G_{ext}$ , кг/год, за рахунок теплового і вітрового тисків і дисбалансу витрат між подаваним і видаляючим повітрям системами вентиляції зі штучним спонуканням і витрачаємого на технологічні потреби.

Розрахункова різниця тисків  $\Delta p_i$  визначається по формулі:

$$\Delta p_i = (H - h_i) \cdot (\gamma_i - \gamma_p) + 0,5 \rho_i \cdot v^2 \cdot (c_{e,n} - c_{e,p}) \cdot k_i - p_{inv} \quad (6.6)$$

де:

$H$  - висота будинку, м, від рівня середньої планувальної оцінки землі до верху карниза, центра витяжних отворів ліхтаря або устя шахти;

$h_i$  - розрахункова висота, м, від рівня землі до верху вікон, балконних дверей, воріт, прорізів або до осі горизонтальних і середини вертикальних стиків стінових панелей;

$\gamma_i, \gamma_p$  - питома вага, Н/м<sup>3</sup>, відповідно зовнішнього повітря і повітря в приміщенні, яка розраховується за формулою:

$$\gamma = \frac{353}{(273 + t)} \quad (6.7)$$

- $\rho_i$  - густина зовнішнього повітря,  $\text{кг/м}^3$ ;  
 $v$  - швидкість вітру,  $\text{м/с}$ , прийнята по обов'язковому додатку 8 і відповідно до п.3.2 [8];  
 $C_{e,m} C_{e,p}$  - аеродинамічні коефіцієнти відповідно для навітряної та підвітряної поверхонь огорожень будинків, прийняті по СНіП 2.01.07-85;  
 $k_i$  - коефіцієнт обліку зміни швидкісного тиску вітру залежно від висоти будинку, прийнята по СНіП 2.01.07-85;  
 $p_{int}$  - умовно-постійний тиск повітря в будинку, Па.

Максимальну витрату теплоти на нагрівання зовнішнього повітря варто враховувати для кожного приміщення при найбільш несприятливому для нього напрямку вітру. При розрахунку теплового навантаження будинку з автоматичним регулюванням витрату теплоти на інфільтрацію варто приймати при найбільш несприятливому напрямку вітру для всього будинку.

## 6.2. Визначення втрат тепла через підлогу

Втрати тепла із приміщення нижнього поверху через конструкцію підлоги є складним процесом. З огляду на невелику питому вагу тепловтрат через підлогу в загальних тепловтратах приміщення, застосовують спрощену методику розрахунку.

Тепловтрати через підлогу, розташованій на ґрунті, розраховують по зонах. Розрахунковою зоною називається смуга шириною 2 м, паралельна зовнішній стіні. Смугу, найближчу до зовнішньої стіни, позначають першою зоною, наступні дві смуги - другою й третьою, а поверхню підлоги, що залишилася - четвертою зоною (Рис. 6.1). Частина площі першої зони, що примикає до кута зовнішніх стін, вимірюють двічі (на рисунку ця площа показана подвійним штрихуванням).

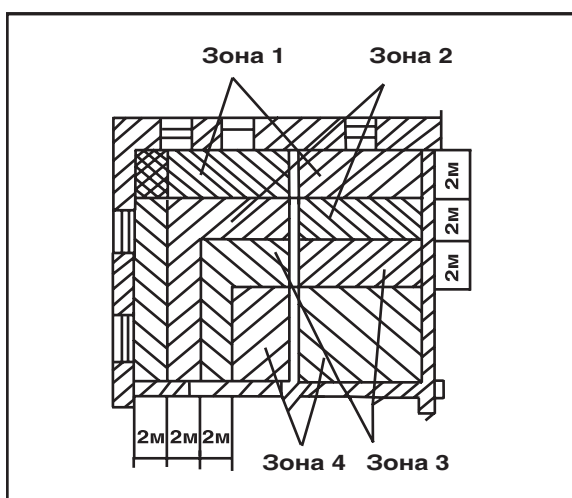


Рис. 6.1. Розбивка підлоги на ґрунті на зони.

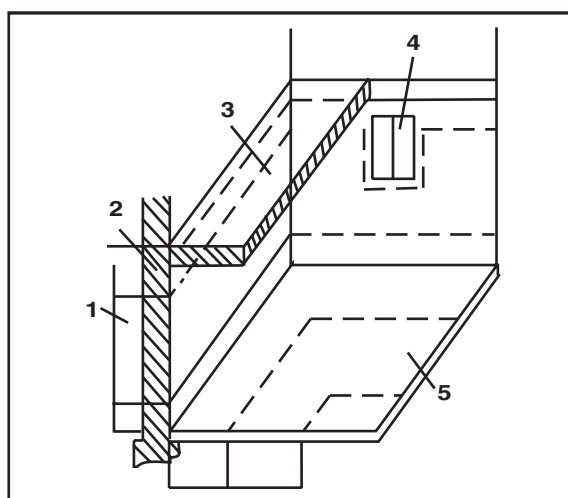


Рис. 6.2. Розбивка заглиблених частин зовнішніх стін підлоги кутового приміщення на I-IV розрахункові зони: 1 – ґрунт; 2 – зовнішня стіна; 3 - перекриття; 4 – вікно; 5 – підлога..

Тепловтрати через окремі зони підлоги визначають по формулі:

$$Q = A/R (t_e - t_{35}), \quad (6.8)$$

де:

$A$  - площа будь-якої зони,  $\text{м}^2$

$R$  - опір теплопередачі конструкції підлоги цієї ж зони,  $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}$

Опір теплопередачі конструкції підлоги приймають:

а) для неутепленої підлоги на ґрунті (теплопровідність шарів -1,2  $\text{Вт/(м } ^\circ\text{C)}$ ) і більше):

- для 2-метрової смуги, найближчої до зовнішніх стін (I зона)  $R_{nn}^I = 2,1 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$ ;
- для наступної 2-метрової смуги (II зона)  $R_{nn}^{II} = 4,3 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$ ;
- для третьої 2-метрової смуги (III зона)  $R_{nn}^{III} = 8,6 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$ ;
- для іншої площі підлоги в глибині приміщень (IV зона)  $R_{nn}^{IV} = 14,2 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$ .

б) для утепленої підлоги на ґрунті (теплопровідність шарів менше  $1,2 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ) - для кожної із чотирьох зон  $R_{yn}^i$  по формулі:

$$R_{yn}^i = R_{nn}^i + \delta_{yn} / \lambda_{yn} \quad (6.9)$$

де:

$\delta_{yn}$  - товщина шару теплоізоляції, м;

$\lambda_{yn}$  - теплопровідність шару теплоізоляції, Вт/м °С.

Тепловтрати через підлоги на лагах розраховуються також по зонах, тільки опір теплопередачі кожної зони підлоги на лагах  $R_n$  приймається рівним

$$R_n^i = 1,18 (R_{nn}^i + R_{yn}) \quad (6.10)$$

Тепловтрати через підземну частину зовнішніх стін визначають так само, як і тепловтрати через підлогу, тобто по зонах шириною 2 м. У цьому випадку розбивка на зони робиться від рівня землі по поверхні підземної частини стіни й далі по підлозі (Рис. 6.2). Величини опору теплопередачі підраховуються по викладеному методі з урахуванням утеплюючих шарів при наявності їх у конструкції стін, заглиблених у землю.

### 6.3. Тепловтрати і теплонадходження у виробничих будинках

У виробничих будинках при зведенні теплового балансу беруть до уваги інтервал технологічного циклу з мінімальними теплонадходженнями.

Теплова потужність опалювального обладнання приміщення  $Q_{on}$  для компенсації дефіциту теплоти дорівнює:

$$Q_{on} = Q_{ms} - Q_{mi} \quad (6.11)$$

де:

$Q_{ms}$  і  $Q_{mi}$  - тепловтрати і теплонадходження в приміщенні в заданий момент часу.

У промисловій будівлі тепловтрати можуть бути менше тепло надходжень. У цьому випадку опалення не буде потрібно.

У будинках, спорудах і приміщеннях зі змінним тепловим режимом нормовану температуру підтримують тільки в робочий час засобами опалення і вентиляції.

Для опалення в неробочий час використовують наявні установки, якщо вони мають достатню потужність для підтримки мінімально допустимої температури приміщень і досягнення її перед початком роботи. При недостатній тепловій потужності основних опалювальних установок або економічної недоцільності їх використання проектує спеціальні опалювальні установки чергового опалення. Теплову потужність установок чергового опалення визначають відповідно до тепловтрат при зниженій температурі приміщень у цей період часу із запасом, достатнім для досягнення необхідної температури приміщень перед початком роботи (якщо це не передбачено шляхом використання технологічних і припливно-вентиляційних установок).

Тепловтрати в приміщеннях у загальному виді складаються з тепловтрат через огорожуючі конструкції,  $Q_{oz}$ , тепловитрат на нагрівання зовнішнього повітря, що надходить за рахунок інфільтрації а також через відкриті ворота, двері  $Q_v$ , а також на нагрівання матеріалів, устаткування та транспорту, що надходять ззовні,  $Q_m$ . Тепловитрати можуть також бути при випаровуванні рідини та інших ендотермічних технологічних процесах  $Q_{техн}$ , при подачі повітря для вентиляції зі зниженою температурою в порівнянні з температурою приміщень  $Q_{вент}$ , та інших можливих тепловтрат тобто:

$$Q_{ms} = Q_{oz} + Q_v + Q_m + Q_{техн} + Q_{вент} + Q_{инт} \quad (6.12)$$

Розрахунок основних і додаткових тепловтрат ведеться за формулою (6.2), при цьому для нагрівання повітря, що проникає через зовнішні двері, не обладнані повітряними або повітряно-тепловими завісами, при висоті будинків  $H$ , м, від середньої планувальної оцінки землі до верху карниза, центра витяжних отворів ліхтаря або устя шахти приймаються наступні надбавки в розмірі:

0,2H - для потрійних дверей із двома тамбурами між ними;

0,27H - для подвійних дверей з тамбурами між ними;

0,34H - для подвійних дверей без тамбура;

0,22H - для одинарних дверей.

Через зовнішні ворота, не обладнані повітряними і повітряно-тепловими завісами, приймаються надбавки: у розмірі 3 - при відсутності тамбура й у розмірі 1 - при наявності тамбура у воріт.

Втрати теплоти  $Q_v$  на нагрівання повітря, що надходить через зовнішні ворота, не обладнані повітряно-тепловими завісами, варто розраховувати з урахуванням швидкості вітру і часу відкриття воріт.

Також у виробничих приміщеннях необхідно врахувати втрати теплоти  $Q$  трубопроводами, що проходять у неопалюваних приміщеннях, які розраховуються за формулою:

$$Q = q l \cdot 10^{-3}, \quad (6.13)$$

де:

$l$  - довжини ділянок теплоізованих трубопроводів різних діаметрів, що прокладаються в неопалюваних приміщеннях, м;

$q$  - нормована лінійна щільність теплового потоку теплоізованого трубопроводу, Вт/м, прийнята по таблиці 6.1.

Таблиця 6.1.

### Щільність теплового потоку ізованих труб

Нормована лінійна щільність теплового потоку теплоізованого трубопроводу	Умовний прохід трубопроводу, мм										
	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
$q$ , Вт/м <sup>2</sup> у подаючому трубопроводі із розрахунковою температурою більше 110 °С	18	19	21	23	25	29	31	36	40	44	48
$q$ , Вт/м <sup>2</sup> у подаючому трубопроводі із розрахунковою температурою менше 110 °С	14	16	18	19	21	23	27	30	33	38	42
$q$ , Вт/м <sup>2</sup> у зворотному трубопроводі	9	10	11	12	13	15	17	20	22	25	28

При розрахунках теплової потужності систем опалення промислових будинків варто додатково враховувати витрату теплоти на нагрівання матеріалів, обладнання і транспортних засобів.

$$Q_m = 0,28 G_m C B (t_v - t_m) \quad (6.14)$$

де:

$G_m$  - витрата матеріалу, кг/год;

$C$  - питома теплоємність матеріалу, Дж/кг°С;

$B$  - коефіцієнт, що враховує частку тепла, яка поглинається матеріалом за 1 год;

$(t_v - t_m)$  - різниця температур внутрішнього повітря і матеріалу, що надійшов, °С.



Таблиця 6.2.

Питома теплоємність деяких матеріалів $C$ , Дж/кг $^{\circ}$ С		Коефіцієнт $B$ , що враховує частку тепла, яка поглинається матеріалом, при відповідній тривалості знаходження матеріалів і обладнання в приміщенні		
Сталь і чавун	480	Для матеріалів, обладнання і транспорту	Перша година	Друга година
Вода	4187		0,5	0,3
Будівельні матеріали	880	Для сипучих матеріалів	0,4	0,35
Вироби з дерева	2300			

Джерелами теплонадходжень у цех є: обладнання, люди, сонячна радіація, нагрітий у результаті обробки метал і штучне освітлення, тобто сумарні теплонадходження складаються з наступних величин:

$$\Sigma Q_{т.н} = Q_{с.р} + Q_{л} + Q_{м} + Q_{осв} + Q_{обл} \quad (6.15)$$

де:

$Q_{с.р}$  - теплонадходження від сонячної радіації, Вт;

$Q_{л}$  - теплонадходження від людей, Вт;

$Q_{м}$  - теплонадходження в приміщення від матеріалу, що охолоджується або нагрівається, (розраховується за формулою (6.14), де різниця температур визначається між температурою матеріалу і внутрішньою температурою повітря відповідного періоду року), Вт;

$Q_{осв}$  - теплонадходження від штучного освітлення, Вт;

$Q_{обл}$  - теплонадходження від технологічного устаткування, Вт.

$$Q_{л} = n q \quad (6.16)$$

де:

$n$  - кількість людей у приміщенні, чел;

$q$  - кількість явної теплої теплоти, виділеної людиною при даній категорії тяжкості робіт і внутрішній температурі повітря, Вт/чол;

$$Q_{осв.} = E F q_{осв} \eta_{осв} \quad (6.17)$$

де:

$E$  - освітленість поверхні робочих поверхонь, лк;

$F$  - площа підлоги, м $^2$ ;

$q_{осв}$  - питомі тепловиділення від люмінесцентних ламп, Вт/(м $^2$ лк)

$\eta_{осв}$  - частка теплоти, що надходить у приміщення.

$$Q_{обл.} = 1000 N(1 - k_m \eta + k_m k_n \eta) k_c \quad (6.18)$$

де:

$N$  - номінальна потужність електродвигунів, кВт;

$k_n$  - коефіцієнт повноти завантаження електродвигунів;

$\eta$  - коефіцієнт корисної дії електродвигуна;

$k_m$  - коефіцієнт переходу теплоти в приміщення (приймається рівним 1, якщо верстати працюють без охолодження (прийнято в даній роботі), і 0,9, якщо застосовуються охолоджуючі емульсії);

$k_c$  - коефіцієнт попиту на електроенергію.

Приймаються до уваги також теплонадходження через огорожуючі конструкції, суміжних приміщень.

Згідно діючих нормативних документів, тепла потужність системи опалення визначається за формулою:

$$Q = Q_1 b_1 b_2 + Q_2 - Q_3 \quad (6.19)$$

де:

$Q_1$  - розрахункові тепловтрати будинку,  $\text{кВт}$ ;

$b_1$  - коефіцієнт дискретності типорозмірів опалювальних приладів, що враховує додатковий тепловий потік при виборі опалювального приладу за рахунок округлення вверх розрахункової величини кількості секцій або теплової потужності, приймається за таблицю 6.4.

$b_2$  - коефіцієнт врахування додаткових втрат теплоти опалювальними приладами, розташованими у зовнішніх огороженнях при відсутності теплозахисних екранів, приймається за табл. 6.5.

$Q_2$  - непродуктивні втрати теплоти трубопроводами, що розташовані у неопалюваних приміщеннях,  $\text{кВт}$ ,

$Q_3$  - квазістаціонарний тепловий потік, що майже постійно надходить від людей, обладнання, освітлення, нагрітих матеріалів і виробів, сонячної радіації, тощо,  $\text{кВт}$ .

Таблиця 6.4.

**Коефіцієнт дискретності опалювальних приладів**

Типорозмірний крок опалювального приладу, $\text{кВт}$	$b_1$ , при номінальному тепловому потоці, $\text{кВт}$ , мінімального типорозміру опалювального приладу						
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
0,10	1,02	1,02	1,03	1,04	1,07	1,10	1,13
0,12	1,03	1,03	1,04	1,05	1,07	1,10	1,13
0,15	1,04	1,04	1,04	1,06	1,08	1,10	1,13
0,20	1,06	1,06	1,06	1,07	1,09	1,11	1,13
0,25	1,07	1,07	1,07	1,08	1,09	1,12	1,14
0,30	1,09	1,09	1,09	1,09	1,11	1,12	1,14

Таблиця 6.5.

**Коефіцієнт втрат за рахунок відсутності теплових екранів**

Опалювальний прилад	Коефіцієнт $b_2$ при установці приладу		
	у зовнішньої стіни в будинках		біля закриття світлового прорізу
	житлових і громадських	виробничих	
Радіатор чавунний	1,010	1,02	1,07
Конвектор з кожухом	1,010	1,02	1,05
Радіатор панельний малоінерційний, типу:	-	-	-
11	1,03	1,03	1,08
21	1,02	1,02	1,06
22	1,015	1,015	1,04

## 6.4. Правила обмірювання огорожуючих конструкцій

При визначенні розрахункових площ огорожень (А), через які губиться тепло, варто керуватися правилами їхнього обмірювання, які ілюструє Рис. 6.3 лінійні розміри огорожень установлюють із точністю до 0,1 м, а поверхні огорожень - з точністю до 0,1 м<sup>2</sup>.

а) Для визначення площі зовнішніх стін (скорочене позначення - НС) вимірюють на планах довжину стін кутових приміщень по зовнішній поверхні від зовнішніх кутів до осей внутрішніх стін, не кутових приміщень - між осями внутрішніх стін.

На розрізах - висоту стін на першому поверсі (залежно від конструкції підлоги) від зовнішньої поверхні підлоги, розташованого безпосередньо на ґрунті, або від нижнього рівня підготовки під конструкцію підлоги на лагах, або від нижньої поверхні перекриття над холодним простором (підпіллям, підвалом, проїздом) до рівня чистої підлоги другого поверху; на середніх поверхах - від поверхні підлоги одного поверху до поверхні підлоги наступного поверху; на верхньому поверсі - від поверхні підлоги до верху конструкції горищного перекриття або безгорищного покриття (у місці перетину із внутрішньою поверхнею зовнішньої стіни).

б) Для обчислення площі внутрішніх стін (ВС) вимірюють:

На планах - довжину стін від внутрішньої поверхні зовнішніх стін до осей внутрішніх стін або між осями внутрішніх стін.

На розрізах - висоту стін від поверхні підлоги до поверхні стелі.

в) Площа вікон (скорочене позначення подвійного вікна (ДВ), дверей (Д), воріт (В) і світлових ліхтарів (Ф) визначають по найменших розмірах будівельних прорізів.

г) Площа стель (Пт) і підлог над холодним простором (Пл) вимірюють між осями внутрішніх стін і внутрішньою поверхнею зовнішніх стін. Варто звернути увагу на визначення висоти стін першого й верхнього поверхів, особливо у випадку без горищного покриття. При наявності в такому покритті повітряного вентилязованого прошарку, останнє розглядається як горищний простір. Висоту стін одноповерхових будинків варто визначати як для першого поверху з урахуванням вимог по верхньому поверсі.

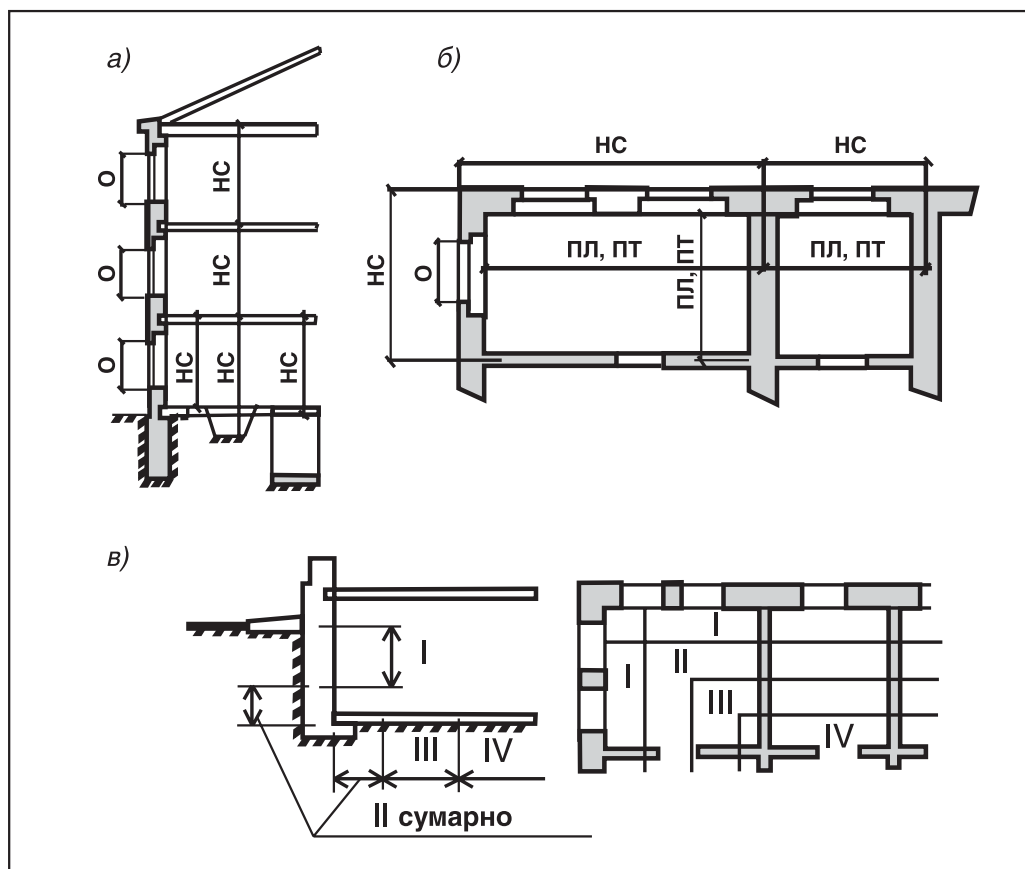


Рис. 6.3. Обмірювання площ у плані і по висоті: НС - зовнішня стіна; Пл - підлога; Пт - стеля; О - вікна, двері.

## **6.5. Особливості розрахунку тепловтрат в інших країнах**

Даний пункт написаний у зв'язку з тим, що в Україні врахування додаткових тепловтрат залежить від поверховості будинку і швидкості вітру, однак (на думку авторів) даний підхід можливий при наявності даних про аеродинаміку міської забудови, оскільки не завжди напрямки і швидкість вітру відповідають даним нормативної літератури, що може викликати значні помилки в розрахунках.

Так, у Російській Федерації і Європейському Союзі додаткові втрати теплоти  $\beta$  через огорожуючі конструкції, варто приймати в частках від основних втрат:

а) у приміщеннях будь-якого призначення через зовнішні вертикальні і похилі (вертикальні проєкції) стіни, двері та вікна, звернені на північ, схід, північний схід і північний захід, у розмірі 0,1, на південний схід і захід - у розмірі 0,05; у кутові приміщення додатково - по 0,05 на кожну стіну, двері і вікно, якщо одне з огорожень звернено на північ, схід, північний схід і північний захід, і 0,1 - в інших випадках;

б) у приміщеннях, розроблених для типового проектування, через стіни, двері і вікна, звернені на кожну зі сторін світу, у розмірі 0,08 при одній зовнішній стіні та 0,13 для кутових приміщень (крім житлових), а у всіх житлових приміщеннях - 0,13.

В Європейському Союзі прийнято виконувати розрахунок не по температурі холодної п'ятиденки, а для місяця, при цьому враховуються все теплонадходження (від сонячної радіації, освітлення й т.п.) і при визначенні потужності системи опалення приймається такий тепловий баланс. Необхідно відзначити, що при розрахунку підлог і горищних перекриттів є також значні відмінності - зокрема, розрахунок виконується з урахуванням термоопору ґрунту, повітрообміну з різницею температур між внутрішнім повітрям 1 поверху й зовнішньої температури. При цьому зберігаються добавки на орієнтацію по сторонам світу.

## 6.6. Приклад розрахунку тепловтрат

Розрахунок тепловтрат виконаний для двоповерхового котеджу в м. Одеса

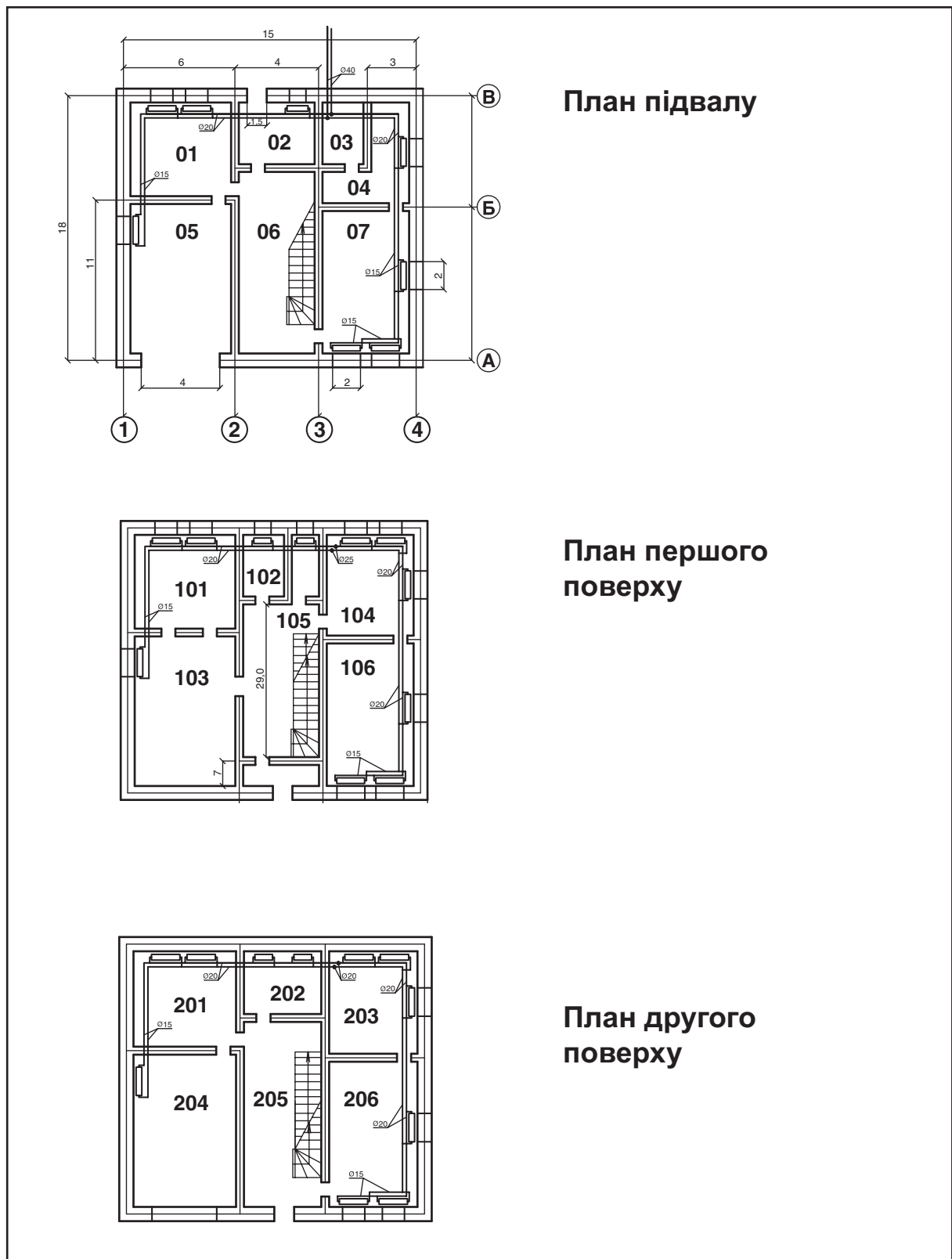


Рис. 6.4. План котеджу

Розрахунок тепловтрат

Таблиця 6.6.

№ найменування	Найменування огорожуючої конструкції	Розміри Огорожуючої конструкції			Коеф. теплопередачі, $K$ , $Вт/м^2 \cdot ^\circ C$	$(t_e - t_n)n$ , $^\circ C$	$(1 + \Sigma \beta)$	Тепловтрати, Вт		
		A, м	B, м	S, $m^2$				Qa, Вт	Qв, Вт	Q <sub>г</sub> , Вт
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>ПІДВАЛ</b>										
	нс	7	3	21	0,44	38	1,1	386,2		
1	нс	8	3	18	0,44	38	1,1	331,1		
	2ДО	2	1,5	6	1,38	38	1,1	346,1		
	Підлога 1			26	0,326	38	1	322,1	2151,41	3713,1
	Підлога 2			18	0,192	38	1	131,3		
	Підлога 3			10	0,105	38	1	39,9		
	Підлога 4			2	0,066	38	1	5,0		
	нс	4	3	10,25	0,44	38	1,1	188,5		
2	1ДО	1	1	1	1,38	38	1,1	57,7		
	1ДВ	1,5	2,5	3,75	0,36	38	1,1	56,4		
	Підлога 1			8	0,326	38	1	99,1	614,688	1074,8
	Підлога 2			8	0,192	38	1	58,4		
	нс	3	3	9	0,44	38	1,1	165,5		
3	Підлога 1			6	0,326	38	1	74,3	461,016	744,6
	Підлога 2			6	0,192	38	1	43,8		
	нс	3	3	9	0,44	38	1,1	165,5		
4	нс	8	3	21	0,44	38	1,1	386,2		
	1ДО	2	1,5	3	1,38	38	1,1	173,1		
	Підлога 1			18	0,326	38	1	223,0	1383,05	2435,7
	Підлога 2			10	0,192	38	1	73,0		
	Підлога 3			8	0,105	38	1	31,9		
	нс	11	3	30	0,44	38	1,1	551,8		
5	нс	8	3	14	0,44	38	1,1	257,5		
	1ДО	2	1,5	3	1,38	38	1,1	173,1		
	1ДВ	4	2,5	10	0,36	38	1,1	150,5		
	Підлога 1			34	0,326	38	1	421,2	3380,78	5221,4
	Підлога 2			26	0,192	38	1	189,7		
	Підлога 3			18	0,105	38	1	71,8		
	Підлога 4			10	0,066	38	1	25,1		



	нс	10	3	30	0,44	38	1,1	551,8		
<b>7</b>	нс	6	3	24	0,44	38	1,1	441,4		
	1ДО	2	1,5	3	1,38	38	1,1	173,1		
	2ДО	2	1,5	6	1,38	38	1,1	346,1		
	Підлога 1			28	0,326	38	1	346,9	2305,08	4358,1
	Підлога 2			20	0,192	38	1	145,9		
	Підлога 3			12	0,105	38	1	47,9		
<b>1 ПОВЕРХ</b>										
	нс	7	3	21	0,44	38	1,1	386,2		
<b>101</b>	нс	8	3	18	0,44	38	1,1	331,1	2151	3214,4
	2ДО	2	1,5	6	1,38	38	1,1	346,1		
	нс	4	3	10	0,44	38	1,1	183,9	614	913,3
<b>102</b>	2ДО	1	1	2	1,38	38	1,1	115,4		
	нс	11	3	30	0,44	38	1,1	551,8		
<b>103</b>	нс	8	3	24	0,44	38	1,1	441,4	3381	4547,2
	1ДО	2	1,5	3	1,38	38	1,1	173,1		
	нс	6	3	12	0,44	38	1,1	220,7		
<b>104</b>	нс	8	3	21	0,44	38	1,1	386,2	1844	2970,2
	1ДО	2	1,5	3	1,38	38	1,1	173,1		
	2ДО	2	1,5	6	1,38	38	1,1	346,1		
	нс	6	3	12	0,44	38	1,1	220,7		
<b>106</b>	нс	10	3	27	0,44	38	1,1	496,6	2305	3541,4
	1ДО	2	1,5	3	1,38	38	1,1	173,1		
	2ДО	2	1,5	6	1,38	38	1,1	346,1		
	нс	4	3	8,25	0,44	38	1,1	151,7	307	515,2
<b>107</b>	1ДВ	1,5	2,5	3,75	0,36	38	1,1	56,4		
<b>2 ПОВЕРХ</b>										
	нс	7	3	21	0,44	38	1,1	386,2		
<b>201</b>	нс	8	3	18	0,44	38	1,1	331,1	2151	3959,2
	2ДО	2	1,5	6	1,38	38	1,1	346,1		
	ПТ	7	8	56	0,35	38		744,8		
	нс	4	3	10	0,44	38	1,1	183,9		
<b>202</b>	2ДО	1	1	2	1,38	38	1,1	115,4	614	1126
	ПТ	4	4	16	0,35	38		212,8		
	нс	6	3	12	0,44	38	1,1	220,7		
<b>203</b>	нс	8	3	21	0,44	38	1,1	386,2	1844,06	3608,6
	1ДО	2	1,5	3	1,38	38	1,1	173,1		
	2ДО	2	1,5	6	1,38	38	1,1	346,1		
	ПТ	6	8	48	0,35	38		638,4		
	нс	11	3	30	0,44	38	1,1	551,8		
<b>204</b>	нс	8	3	21	0,44	38	1,1	386,2	3381	5835,5

	1ДО	2	1,5	3	1,38	38	1,1	173,1		
	1ДО	2	1,5	3	1,38	38	1,1	173,1		
	ПТ	11	8	88	0,35	38		1170,4		
	нс	6	3	12	0,44	38	1,1	220,7		
<b>206</b>	нс	10	3	27	0,44	38	1,1	496,6	2305	4339,4
	1ДО	2	1,5	3	1,38	38	1,1	173,1		
	2ДО	2	1,5	6	1,38	38	1,1	346,1		
	ПТ	10	6	60	0,35	38		798,0		
	нс	4	3	12	0,44	38	1,1	220,7		
<b>ЛК</b>	нс	4	3	8,25	0,44	38	1,1	151,7	2151	3871,5
	нс	4	3	12	0,44	38	1,1	220,7		
	1ДВ	1,5	2,5	3,75	0,36	38	1,1	56,4		
	1ДВ	1,5	2,5	3,75	0,36	38	1,1	56,4		
	Підлога 1			8	0,326	38	1	99,1		
	Підлога 2			8	0,192	38	1	58,4		
	Підлога 3			8	0,105	38	1	31,9		
	Підлога 4			32	0,066	38	1	80,3		
	ПТ	4	14	56	0,35	38		744,8		

\* при розрахунку тепловтрат необхідно враховувати температуру даного приміщення, що буде мінятися залежно від призначення приміщення;

\* необґрунтоване збільшення тепловтрат може викликати негативний ефект при роботі системи опалення, оскільки прийняте в результаті розрахунків регулююче обладнання (зокрема терморегулятори) буде працювати не в передбаченому робочому діапазоні.

## 7. ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС ПРИМІЩЕНЬ

### 7.1. Методика складання теплового балансу приміщень

У будинках, спорудах і приміщеннях з постійним тепловим режимом для підтримки температури на заданому рівні, протягом опалювального періоду, зіставляють тепловтрати та теплонадходження в розрахунковому сталому режимі.

У приміщенні, у якому підтримується постійний (стаціонарний, що не міняється в часі) тепловий режим, повинен дотримуватися тепловий баланс (із закону про збереження теплоти):

$$\sum Q = 0 \text{ або } Q_{\text{ти}} - Q_{\text{те}} = 0 \text{ або } Q_{\text{надл}} = 0 \quad (7.1)$$

Навіть якщо в приміщенні не було систем забезпечення мікроклімату, тобто систем опалення і вентиляції, баланс тепла однаково б дотримувався, просто баланс існував би при температурах внутрішнього повітря, неприйнятних для людини. Наявність систем опалення і вентиляції дозволяє забезпечити тепловий баланс при необхідній температурі внутрішнього повітря. Таким чином, якщо при розрахунковій температурі внутрішнього повітря баланс не спостерігається, тобто мають місце надлишки або нестача теплоти, система вентиляції повинна скорегувати баланс, ввівши в приміщення точно таку ж кількість теплоти, але із протилежним знаком:

$$Q_{\text{в}} = - Q_{\text{надл}} \quad (7.2)$$

Таким чином, для визначення розрахункової теплової (холодильної або опалювальної) здатності системи варто зробити розрахунок надлишків теплоти в приміщенні шляхом підсумовування всіх теплонадходжень і тепловтрат з урахуванням знака (тепловтрати враховуються зі знаком “мінус”). Відзначимо, що терміни **теплонадходження** і **тепловтрати** відображають лише напрямки потоків теплоти: теплонадходження - це потік теплоти усередину приміщення, а тепловтрати - потік теплоти із приміщення.

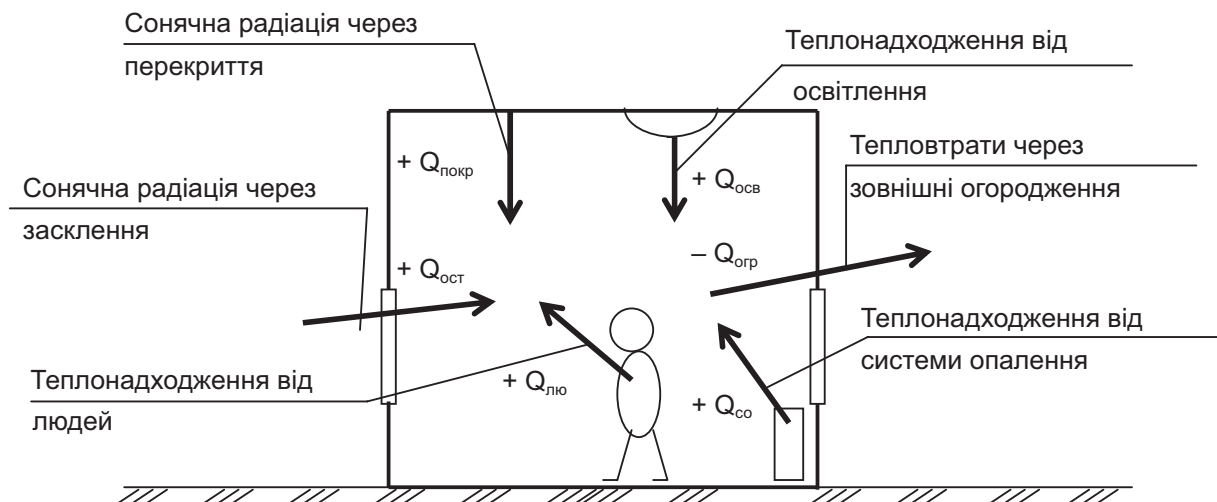


Рис. 7.1. Теплонадходження і тепловтрати в приміщення громадської будівлі

З огляду на наявність знака “мінус” перед значенням теплових втрат, результат підсумовування теплонадходжень і тепловтрат може виявитися як позитивним, так і негативним. У першому випадку говорять про надлишки теплоти в приміщенні, а в другому випадку - про дефіцит теплоти. Два терміни знов-таки використовуються винятково заради того, щоб не згадувати увесь час дійсний знак результату обчислень.

Таблиця теплового балансу складається для трьох періодів року за формою, наведеної наприкінці даного розділу.

Якщо в приміщенні виділяється волога, що звичайно відбувається в громадських будівлях (волога надходить від людей), то надлишки і дефіцит теплоти в приміщенні підраховуються роздільно для явного і для повного тепла.

Для громадських будівель характерна наявність водяної системи опалення з місцевими опалювальними приладами. Така система є постійно діючою і працює цілодобово, на відміну від систем чергового опалення промислових будинків, які можуть відключатися в робочий час (у першу чергу це стосується систем повітряного опалення). Тепловий же баланс для промислового будинку звичайно складається без врахування теплонадходжень від опалення, тому що питання про вибір типу системи опалення і її режиму роботи вирішується пізніше.

Результати розрахунку теплового балансу використовуються для розрахунку повітрообміну по тепловим надлишкам.

У виробничих приміщеннях теплонадходження від обладнання розраховуються при їхній мінімальній напрузі. У житлових будинках враховуються побутові теплонадходження і теплонадходження від сонячної радіації. Теплова напруга опалювальних установок приміщення  $Q_{оп}$  для компенсації дефіциту тепла дорівнює:

$$Q_{оп} = Q_{ти} - Q_{те} \quad (7.3)$$

де:

$Q_{ти}$  -  $Q_{те}$  - теплонадходження і тепловтрати в приміщенні в заданий проміжок часу.

У виробничих приміщеннях тепловтрати можуть бути менші теплонадходжень і у цьому випадку система опалення не передбачається.

У теплий період року, коли відсутні тепловтрати, тепловий баланс складається тільки з теплонадходжень. Теплонадходження від сонячної радіації враховуються в тепловому балансі цілий рік.

У перехідний період року - тепловтрати і теплонадходження перераховуються на зовнішню температуру повітря +8 °С, а теплонадходження від сонячної радіації приймаються в розмірі 50 % від теплонадходжень для теплого періоду року.

Таблиця 7.1

### Тепловий баланс приміщення

Найменування приміщень	Період року	Об'єм приміщення	Тепловтрати, Вт					
			через огорожуючу конструкцію	на інфільтрацію зовнішнього повітря	на нагрівання ввезеного матеріалу	на нагрівання транспорту	інші	усього
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Холод.							
	Перех.							
	Теплий							

### Продовження таблиці 7.1

Теплонадходження, Вт						Тепловтрати, Вт	Теплонадлишки, Вт	Теплова напруга, Вт/м³
від людей	від електроосвітлення	від обладнання	від нагрітих поверхонь	від сонячної радіації	усього			
10	11	12	13	14	15	16	17	18

## 7.2. Експрес-методика визначення теплонадходжень і тепловтрат у приміщення

Фірмою YORK розроблені методики спрощеної оцінки теплового навантаження в приміщенні. Відповідно до цієї методики визначення теплонадходжень визначається за укрупненими показниками.

Даний розрахунок априорно представляється розробниками фірми, як зроблений для комфортних умов. Він передбачає перепад між зовнішнім і внутрішнім повітрям не більше 8 °С.

Теплонадходження через окремі огорожуючі конструкції приймаються поза залежністю від орієнтації щодо сторін світу і їхніх теплотехнічних характеристик.

Теплонадходження від електроосвітлення і електрообладнання приймаються один до одного і без врахування одночасності роботи. Все це, безумовно, створює гарний запас по продуктивності для обладнання, що поставляє фірмою, але разом з тим приводить до збільшення капітальних витрат.

Бланк розрахунку спрощеної оцінки теплового навантаження приміщення представлений на Рис. 7.2.

Основні визначення		8 °C перепад температур між внутрішнім і зовнішнім повітрям					
Показник		Параметр	X	Фактор		Результат (В)	
Вікна	в тіні	m <sup>2</sup>	X	50		0	
	освітлені сонцем, без штор	m <sup>2</sup>	X	180		0	
	те ж з внутрішніми шторами	m <sup>2</sup>	X	135		0	
	те ж з зовнішніми шторами	m <sup>2</sup>	X	90		0	
Зовнішні стіни	освітлені сонцем	m <sup>2</sup>	X	9		0	
	те ж, неізольовані	m <sup>2</sup>	X	23		0	
	ізольовані в тіні	m <sup>2</sup>	X	7		0	
	в тіні, неізольовані	m <sup>2</sup>	X	12		0	
Внутрішнє секціонування				10		0	
Стеля/дах	ізольований	m <sup>2</sup>	X	5		0	
	неізольований	m <sup>2</sup>	X	12		0	
	під ізольованою кришею	m <sup>2</sup>	X	10		0	
	те ж, під не ізольованою	m <sup>2</sup>	X	24		0	
Підлога (поверх)	ізольована	m <sup>2</sup>	X	7		0	
	не ізольована	m <sup>2</sup>	X	10		0	
Повітрообмін		m³/год	X	15		0	
Наявність людей		чол.	X	144		0	
Електричні прилади		В	X	1		0	

Рис. 7.2. Бланк експрес-розрахунку теплонадходжень у приміщення.

Тепловтрати приміщення можна орієнтовно визначити одним з наступних способів:

1. За контрольними показниками питомої теплової потужності опалювальних систем житлових і громадських будинків, згідно [9];
2. За укрупненими показниками тепловтрат будинку [16];
3. За методикою, наведеної в [26], заснованої на показниках питомої теплової потужності систем опалення.

У першому випадку розрахунок орієнтовних тепловтрат визначають шляхом множення площі приміщення (у житлових будинках - загальної площі, у громадських - корисній) на контрольний показник питомої теплової потужності, який обирається залежно від типу будинку, поверховості і району розташування будинку (градусо-діб) за додатком 25 [9]. Деякі контрольні показники питомої теплової потужності систем опалення наведені в табл. 7.2.

Таблиця 7.2.

**Контрольні показники питомої теплової потужності опалювальних систем житлових і громадських будинків**

Тип будинку	Поверховість	Питома тепла потужність, Вт/м <sup>2</sup>			
		> 3500	3001 - 3500	2501 - 3000	< 2500
Торцева блок-секція житлового будинку з рядовим закінченням	5	57	55	54	50
	9 - 10	53	52	50	45
	12 - 16	57	55	54	50
	> 16	61	60	59	52
Дошкільні установи	1	79	77	75	67
	2	75	74	71	64
	3	65	64	62	55
Загальноосвітні школи, технікуми, ПТУ	1	58	57	55	49
	2	50	49	48	43
	3	44	43	42	37
	4	39	38	37	33
Адміністративні будинки	2	75	74	71	64
	3	65	64	62	55
	4	62	61	59	53
	> 4	59	57	55	49
Лікарні, госпіталі	2	72	71	69	61
	3	63	62	60	54
	4	60	59	57	51
	> 4	58	57	55	49
Криті спортивні спорудження, 1-зал		60	59	57	51
Виставочні зали, клуби, бібліотеки		65	64	62	55
Магазини, універмаги, універсами	1	45	44	43	38
	2	40	39	38	34
Кафе, їдальні	1	47	46	45	40
	2	42	41	40	36
Готелі, кемпінги, мотелі	2	74	73	70	63
	3	65	64	62	55
	4	62	61	59	53
	> 4	59	58	56	50



За другим способом розрахунок тепловтрат ведеться за методикою, що викладена у довіднику проектувальника [16]. Однак даний розрахунок заснований на теплотехнічних характеристиках будинку, прийнятих виходячи з умови виключення конденсації вологи на внутрішній поверхні стін. Сам розрахунок заснований на питомих втратах об'єму будинку, тобто визначення тепловтрат приміщення виробляється пропорційно об'єму будинку. Перетворена формула для даного розрахунку (7.4) наведена нижче:

$$Q = \left(0,54 + \frac{22}{t_g - t_3}\right) \cdot (1,16 \cdot (1+2 \cdot d) \cdot A + S) (t_g - t_3), \quad (7.4)$$

де:

$Q$  - орієнтовні тепловтрати будинку, Вт;

$d$  - частка засклення будинку, %;

$A$  - площа зовнішніх стін, м<sup>2</sup>;

$S$  - площа будинку у плані, м<sup>2</sup>;

$(t_g - t_3)$  - розрахункова різниця температур внутрішнього й зовнішнього повітря, °С.

У третьому способі зроблений облік теплотехнічних вимог до огорожуючої конструкції. Розрахунок виконується за формулою (7.5), де питома тепла потужність  $q_v$  виходить залежно від об'єму приміщення  $V_{пом}$  і орієнтовних характеристик огорожуючої конструкції (табл. 7.3):

$$Q = q_v \cdot V_{np} \cdot (t_g - t_3) \quad (7.5)$$

Таблиця 7.3.

**Питома тепла потужність системи опалення будинків**

Будівельно-архітектурні особливості будинку	Об'єм будинку, м <sup>3</sup>					
	500	1000	2000	5000	10000	20000
Більша поверхня вікон і дверей (більше 18 %), слабка теплоізоляція	1,8	1,55	1,25	1,0	0,8	0,7
Мала поверхня вікон і дверей (менш 18 %)	1,55	1,25	1,0	0,8	0,6	0,6
Збільшена теплоізоляція	1,3	1,0	0,8	0,6	0,5	0,45

Необхідно відзначити, що в цей час виконується значний обсяг робіт по реконструкції систем опалення в будинках, що представляє пам'ятки архітектури, або в старій будівлі (до 1930 року, до 1958 року), теплотехнічні характеристики яких мають значні відмінності від сучасних. У той же час визначення тепловтрат у таких будинках являє собою досить складне завдання, особливо на етапі формування тендерної пропозиції або попереднього енергоаудита (у цьому випадку - порівняння тепловтрат в існуючому будинку з мінімально допустимими нормативними тепловтратами). Для визначення тепловтрат у таких будинках старої будівлі в таблицях 7.4 - 7.6 [34] наведені їх питомі опалювальні характеристики житлових будинків.

Таблиця 7.4.

**Питома опалювальна характеристика житлових будинків**

Зовнішній будівельний об'єм $V$ , м <sup>3</sup>	Питома опалювальна характеристика $q_o$ , ккал/м <sup>3</sup> ·год·°C	
	Будівля 1930 -1957 рр.	Будівля 1958 - 1969 рр.
100	0,086	0,92
200	0,66	0,82
300	0,62	0,78
400	0,60	0,74
500	0,58	0,71
600	0,56	0,69
700	0,54	0,68
800	0,53	0,67
900	0,52	0,66
1000	0,51	0,65
1100	0,50	0,62
1200	0,49	0,60
1300	0,48	0,59
1400	0,47	0,58
1500	0,47	0,57
1700	0,46	0,55
2000	0,45	0,53
2500	0,44	0,52
3000	0,43	0,50
3500	0,42	0,48
4000	0,40	0,47
4500	0,39	0,46
5000	0,38	0,45
6000	0,37	0,43
7000	0,36	0,42
8000	0,35	0,41
9000	0,34	0,40
10000	0,33	0,39
11000	0,32	0,38
12000	0,31	0,38
13000	0,30	0,37
14000	0,30	0,37
15000	0,29	0,37
20000	0,28	0,37
25000	0,28	0,37
30000	0,28	0,36
35000	0,28	0,35
40000	0,27	0,35
45000	0,27	0,34
50000	0,26	0,34

Таблиця 7.5.

**Питома опалювальна характеристика будинків, побудованих до 1930 р.**

Об'єм будинку по зовнішньому обмірюванню, м <sup>3</sup>	Питома опалювальна характеристика будинку, ккал/м <sup>3</sup> · год · °С, для районів з розрахунковою температурою зовнішнього повітря для проектування опалення $t_o$ , °С		
	$t_o < -30$ °С	$-20$ °С $> t_o \geq -30$ °С	$t_o > -20$ °С
1	2	3	4
500 - 2000	0,37	0,41	0,45
2001 - 5000	0,28	0,30	0,38
5001 - 10000	0,24	0,27	0,29
10000 - 15000	0,21	0,23	0,25
15001 - 25000	0,20	0,21	0,23
> 25000	0,19	0,20	0,22

Таблиця 7.6.

**Укрупнені показники максимального теплового потоку на опалення житлових будинків на 1 м<sup>2</sup> загальної площі  $q_o$ , Вт/м<sup>2</sup>**

Поверховість житлової будівлі	Характеристика будинків	Розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення $t_o$ °С						
		- 5	- 10	- 15	- 20	- 25	- 30	- 35
Для будівлі 1970-1985 рр.								
1 - 2	Без врахування і впровадження енергозберігаючих заходів	148	154	160	205	213	230	234
3 - 4 5 і більше		95 65	102 70	109 77	117 79	126 86	134 88	144 98
1 - 2	З урахуванням впровадження енергозберігаючих заходів	147	153	160	194	201	218	222
3 - 4 5 і більше		90 65	97 69	103 73	111 75	119 82	128 88	137 92
Для будівлі 1986 - 1995 рр.								
1 – 2	По нових типових проектах	145	152	159	166	173	177	180
3 - 4 5 і більше		74 65	80 67	86 70	91 73	97 81	101 87	103 87

### 7.3. Приклади розрахунку теплового балансу

**Приклад 1.** Розрахунок теплового балансу промислового будинку

Таблиця 7.7.

**Розрахункові параметри зовнішнього повітря**

Період року	Параметр А		Параметр Б		Швидкість вітру, V (м/с)		Барометричний тиск (гПа)
	Температура, $t(^{\circ}\text{C})$	Ентальпія, $I, \text{кДж/кг}$	Температура, $t(^{\circ}\text{C})$	Ентальпія, $I, \text{кДж/кг}$	Параметр А	Параметр Б	
1	2	3	4	5	6	7	8
Теплий період	22,6	51,5	25,1	55,3	1	1	970
Холодний період	-3	-5,4	-21	-19,3	5,1	5,1	970

Розрахункові параметри внутрішнього повітря:

Холодний період:

$$t_{w.z.} = 17^{\circ}\text{C}, \varphi \leq 75\%;$$

Теплий період:

$$t_{w.z.} = t_{ex} + 3^{\circ}\text{C} = 22,6 + 3 = 25,6^{\circ}\text{C}, \varphi = 40-60\%;$$

для адміністративно-побутових приміщень:

Холодний період:

$$t_e = 18^{\circ}\text{C}, \varphi \leq 65\%;$$

Теплий період:

$$t_{w.z.} = t_{ex} + 3^{\circ}\text{C} = 22,6 + 3 = 25,6^{\circ}\text{C}, \varphi \leq 60\%;$$

географічна широта - 52° пн.ш.

План будинку наведений на Рис. 7.3.

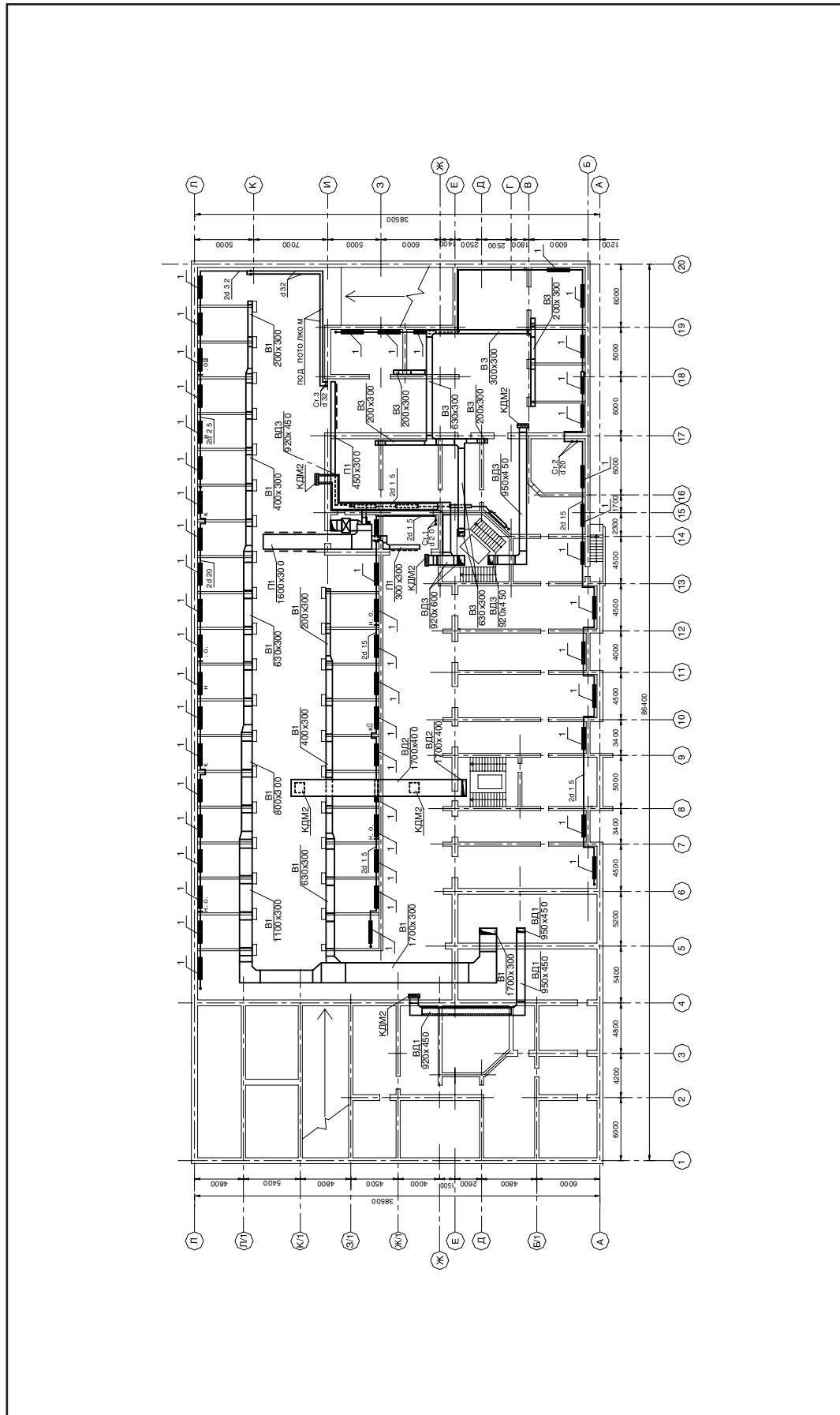


Рис. 7.3. План будівлі.

Таблиця 7.8

**Розрахунок основних і додаткових тепловтрат**

№	Найменування приміщень	Орієнтація	Огороджуюча конструкція	Розміри огорожуючої конструкції, м	Площа, м²	Перепад температур, Δt, °C	Коефіцієнт теплопередачі	1+ΣB	Втрати теплоти Q <sub>огр</sub> , Вт	Втрати теплоти, Q <sub>в</sub> , Вт	Загальні втрати теплоти, Q <sub>пор</sub> , Вт					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13				
1.	Відділення залізобетонного виробництва	ПС	НС	33 x 5,7	189,4	38	0,64	1,2	5527	7550	82010	56110				
		ПС	НС	19,2 x 5,7	110,2	38	0,64	1,2	3216							
		ПЗ	НС	48 x 5,7	275,5	38	0,64	1,1	7370							
		ПС	НС	35 x 35	82,5	38	1,49	1,2	5605							
		ПС	НС	2,5 x 19,2	48,8	38	1,49	1,2	3316							
		ПЗ	НС	0,5 x 48	24	38	1,53	1,1	1535							
		ПС	ДО	16 x 2,2	35,2	38	2,28	1,2	5176							
		ПЗ	ДО	23 x 2,2	50,6	38	2,58	1,1	6945							
		ПС	НД	4,2 x 4,2	9	38	2,35	4,2	3376							
		ПС	НД	4,2 x 4,2	9	38	2,35	2,2	1768							
		-	ПТ	43 x 20	960	38	0,64	-	23347							
		Iз.	ПЛ	42,4 + 96 + 66	204,4	38	0,47	-	3651							
		IIз.	ПЛ	92 + 34,4 + 66	192,4	38	0,23	-	1682							
		IIз	ПЛ	88 + 30,4 + 66	184,4	38	0,11	-	771							
		IVз.	ПЛ	9,2 + 42 + 54	4404	38	0,07	-	1171							
Σ								74460								
2.	Деревообробне відділення	ПЗ	НС	30,2 x 7,8	335,6	38	149	1,15	15340	2760	48330	33070				
		ПС	НС	6,2 x 7,8	48,4	38	1,49	1,2	3238							
		ПС	НС	6 x 7,8	46,8	38	1,49	1,2	3179							
		ПС	ДО	5 x 5 x 2,4	60	38	1,45	1,15	3802							
		ПС	НД	3,6 x 3,6	13,0	38	2,35	1,1	1415							
		-	ПТ	30,2 x 12,2	368,4	38	1,1	-	15389							
		Iз.	ПЛ	60,4 + 28,4	88,8	38	0,47	-	1536							
		IIз.	ПЛ	52,4 + 54,4	76,8	38	0,23	-	67,1							
		IIз	ПЛ	48,4 + 20,4	86,8	38	0,11	-	363							
		IVз.	ПЛ	8,2 x 24,2	198,4	38	0,07	-	528							
		Σ											45570			
		3.	Сушильна камера	ПС	НС	6,3 x 7,8	49,1	38	1,49				1,05	2919	1050	22080
-	ВР			12 x 7,8	93,6	12	2,8	-	9959							
ПС	НД			4 x 3,6	14,4	28	2,35	4,05	5208							
-	ПТ			12,2 x 6,3	76,9	38	0,84	-	2455							
Iз.	ПЛ			6,2 x 2	12,6	38	0,47	—	225							
IIз.	ПЛ			6,3 x 2	12,6	38	0,23	-	110							
IIз	ПЛ			6,3 x 2	12,6	38	0,11	-	53							
IVз.	ПЛ			6,3 x 2	39,1	38	0,07	-	104							
Σ								21030								
4.	Відділ приготування вапна	ПС	НС	6,3 x 6,3	39,7	38	1,49	1,2	2697	1900	25630	17530				
		ПС	НС	6,3 x 12,5	78,8	38	1,49	1,2	5351							
		ПС	НС	6,3 x 3,0	18,9	38	1,49	1,2	1284							
		ПП	НС	6,3 x 6,3	39,7	38	1,49	1,15	2610							
		ПС	ДО	1,8 x 1,8 x 4	12,9	38	1,45	1,2	1071							
		ПП	НД	3,6 x 3,6	12,9	38	2,35	4,15	4803							
		-	ПТ	15,5 x 6,3	97,7	38	1,1	-	4082							
		Iз.	ПЛ	12,6 x 12,6 + 31	56,2	38	0,47	-	1484							
		IIз.	ПЛ	4,6 + 4,6 + 23	32,2	38	0,23	-	231							
		IIIз.	ПЛ	0,6 + 0,6 + 15	16,2	38	0,11	-	68							
		Σ											23730			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5.	Кімната	СВ	НС	6,5 x 3,6	23,4	39	1,49	1,25	1600	210	4800	-
		ЮВ	НС	6,8 x 3,6	24,5	39	1,49	1,2	1700			
		СВ	ДО	1,8 x 2,1 x 2	7,6	39	1,45	1,25	537			
		ІЗ.	ПЛ	13 + 13,6	26,6	39	0,47	-	488			
		ІІЗ.	ПЛ	9 + 5,6	14,6	39	0,23	-	131			
		ІІІЗ.	ПЛ	5 + 1,6	6,6	39	0,11	-	28			
									Σ	4590		
6.	Начальник цеху і кімната майстрів	ПС	НС	3 x 3,6	10,8	38	1,49	1,1	690	100	1190	-
		ПС	ДО	1,8 x 2,1	3,8	39	1,45	1,1	236			
		ІЗ.	ПЛ	3 x 2	6	39	0,47	-	110			
		ІІЗ.	ПЛ	3 x 2,1	6,3	39	0,23	-	57			
									Σ	1090		
7.	Лабораторія	ПС	НС	6 x 3,6	21,6	39	1,49	1,2	1506	210	2570	-
		ПС	ДО	1,8 x 2,1	7,6	39	1,45	1,2	516			
		ІЗ.	ПЛ	6 x 2	12	39	0,49	-	220			
		ІІЗ.	ПЛ	6 x 2,1	12,6	39	0,23	-	113			
									Σ	2360		
8.	Коридор першого поверху	ПС	НС	3 x 3,6	10,8	37	1,49	1,1	655	270	2260	-
		ПС	НД	1,5 x 2,5	3,8	37	2,35	3,05	904			
		ІЗ.	ПЛ	3 x 2	6	37	0,47	-	104			
		ІІЗ.	ПЛ	3 x 2	6	37	0,23	-	51			
		ІІІЗ.	ПЛ	2 x 15	30	37	0,11	-	183			
									Σ	1990		
9.	Сходова клітка	ПС	НС	7,2 x 3	21,6	37	1,49	1,1	1310	100	2450	-
		ПС	ДО	1,8 x 2,1	3,8	37	1,45	1,1	223			
		-	ПТ	3 x 6,8	20,4	37	0,84	-	634			
		ІЗ.	ПЛ	3 x 2	6	37	0,47	-	104			
		ІІЗ.	ПЛ	3 x 2	6	37	0,23	-	51			
		ІІІЗ.	ПЛ	3 x 2,5	7,5	37	0,11	-	31			
									Σ	2350		
10.	Коридор другого поверху	ЮВ	НС	3,6 x 2	7,2	37	1,49	1,05	420	70	1400	-
		ЮВ	НД	2,1 x 1,1	3,8	37	2,35	1,05	211			
		-	ПТ	27 x 2	54	37	0,84	-	1678			
									Σ	1330		
11.	Кімнати: архів, начальник ОКСа і т.д..	СВ	НС	3 x 3,6	10,8	39	1,9	1,1	690	70	1400	-
		СВ	ДО	1,8 x 2,1	3,8	39	1,45	1,1	236			
		-	ПТ	3 x 4,1	12,3	39	0,84	-	403			
									Σ	1330		
12.	Кімната зам. Дир. по капітальному будівництву	СВ	НС	3,6 x 6	21,6	39	1,49	1,25	1570	190	4310	-
		ЮВ	НС	4,5 x 3,6	16,2	39	1,49	1,2	1130			
		СВ	ДО	1,8 x 2,1 x 2	7,6	39	1,45	1,25	537			
		-	ПТ	6 x 4,5	27	39	0,84	-	885			
									Σ	4120		



### Розрахунок теплонадходжень

Теплонадходження  $Q$ , Вт, розраховують залежно від призначення приміщення, технології процесів, обладнання і періоду року.

Теплонадходження розраховані для приміщень залізобетонних виробів, деревообробки і ділянки приготування вапняку.

#### а) Теплонадходження від людей:

$$Q_n = n \cdot q_p, \text{ Вт},$$

де:

$n$  - кількість працюючих;

$q_p$  - явні тепловиділення однієї людини, що визначаються залежно від ваги виконуваної роботи і температури повітря в приміщенні [23];

$q_{\text{тпл}} = 75,2 \text{ Вт/чол.}$ ,  $q_{\text{хпл}} = 106 \text{ Вт/чол.}$

Відділення залізобетонних виробів:  $n = 11 \text{ чол.}$ ;

$$Q_{\text{тпл}} = 11 \cdot 75,2 = 827,2 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{хпл}} = 11 \cdot 106 = 1166 \text{ Вт}.$$

Деревообробне відділення:  $n = 11 \text{ чол.}$ ;

$$Q_{\text{тпл}} = 11 \cdot 75,2 = 827,2 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{хпл}} = 11 \cdot 106 = 1166 \text{ Вт}.$$

Відділення приготування вапна:  $n = 1 \text{ чол.}$ ;

$$Q_{\text{тпл}} = 1 \cdot 75,2 = 75,2 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{хпл}} = 1 \cdot 106 = 106 \text{ Вт}.$$

#### б) Теплонадходження від електрообладнання:

$$Q_m = N_g \cdot 10^3 \cdot k_u k_3 k_o \cdot (1 - \eta_g + k_t \eta_g), \text{ Вт},$$

де:

$N_g$  - установлена потужність двигуна, кВт;

$k_u$  - коефіцієнт використання встановленої потужності,  $k_u = 0,7 \dots 0,9$ ;

$k_3$  - коефіцієнт завантаження двигуна,  $k_3 = 0,5 \dots 0,8$ ;

$k_o$  - коефіцієнт одночасності роботи двигуна,  $k_o = 0,5 \dots 1,0$ ;

$\eta_g$  - ККД двигуна,  $\eta_g = 0,75 \dots 0,92$ ;

$k_t$  - коефіцієнт асиміляції тепла повітрям приміщення,  $k_t = 0,1 \dots 1$ .

Відділення залізобетонних виробів:

кран козловий електричний,  $N = 10,9 \text{ кВт}$ ;

візок,  $N = 1,7 \text{ кВт}$ ;

віброплощадка,  $N = 8,19 \text{ кВт}$ ;

баддя для бетону,  $N = 0,26 \text{ кВт}$  (2 шт.);

прес-ножиці,  $N = 2,2 \text{ кВт}$ ;

верстат гідравлічний для різання сталі,  $N = 5,5 \text{ кВт}$ ;

пристрій транспортний,  $N = 5,5 \text{ кВт}$ ;

бетоноукладач,  $N = 10,16 \text{ кВт}$ ;

$$Q_1 = (10,9 + 1,7 + 8,19 + 2 \cdot 0,26 + 2,2 + 5,5 + 5,5 + 10,16) \cdot 10^3 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot (1 - 0,8 + 0,8 \cdot 0,9) = 14100 \text{ Вт}.$$

машина контактного зварювання,  $N = 10,5 \text{ кВт}$ ;

машина контактного зварювання,  $N = 16,0 \text{ кВт}$ ;

верстат для гнуття сталі,  $N = 3 \text{ кВт}$ ;

установка для виправлення і різання арматурної сталі,  $N = 12,6 \text{ кВт}$ ;

$$Q_2 = (10,5 + 16,0 + 3 + 12,6) \cdot 10^3 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot (1 - 0,8 + 0,8 \cdot 0,2) = 5090 \text{ Вт}.$$

$$Q_{\text{ел}} = Q_1 + Q_2 = 14100 + 5090 = 19190 \text{ Вт}$$

Деревообробне відділення:

верстат комбінований деревообробний,  $N = 3 \text{ кВт}$ ;

верстат торцювальний,  $N = 9,2 \text{ кВт}$ ;

верстат прирізний,  $N = 3,2 \text{ кВт}$ ;

кран мостовий,  $N = 1,7 \text{ кВт}$ ;

верстат чотирибичний стругальний,  $N = 38,6 \text{ кВт}$ ;

верстат фугувальний,  $N = 5,5 \text{ кВт}$ ;

пристрій завантажувальний,  $N = 8,5 \text{ кВт}$ ;

лебідка електрична,  $N = 8,5 \text{ кВт}$ ;

$$Q_{ел} = (3+9,2+3,2+1,7+38,6+5,5+8,5+8,5) \cdot 10^3 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot (1-0,8+0,8 \cdot 0,2) = 9460 \text{ Вт}.$$

Відділення готування вапна:

кран мостовий,  $N = 5 \text{ кВт}$ ;

конвеєр стрічковий,  $N = 2,2 \text{ кВт}$ ;

тельфер,  $N = 3,0 \text{ кВт}$ ;

пристрій для гасіння вапна,  $N = 2,2 \text{ кВт}$ ;

насос занурювальний,  $N = 4 \text{ кВт}$ ;

$$Q_1 = (5 + 2,2 + 3) \cdot 10^3 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot (1 - 0,8 + 0,8 \cdot 0,9) = 3150 \text{ Вт};$$

$$Q_2 = (2,2 + 4) \cdot 10^3 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot (1 - 0,8 + 0,8 \cdot 0,2) = 750 \text{ Вт};$$

$$Q_{ел} = Q_1 + Q_2 = 3150 + 750 = 3900 \text{ Вт};$$

### в) Теплонадходження від сонячної радіації:

$$Q_{cp} = Q_{ocp} + Q_{ncp} \text{ Вт},$$

де:

$Q_{ocp}$  - теплонадходження через засклення, Вт:

$$Q_{ocp} = k \times F \times q_{ocp},$$

де:

$k = 0,8$  - коефіцієнт врахування забруднення скла;

$F$  - площа засклення,  $\text{м}^2$ ;

$q_{ocp}$  - питомі теплонадходження,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ .

$Q_{ncp}$  - теплонадходження через покриття, Вт:

$$Q_{ncp} = q_{ncp} \times F,$$

де:

$q_{ncp}$  - питомі теплонадходження,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ .

Відділення залізобетонних виробів:

$$Q_{ocp} = 0,8 \cdot (30+51) \cdot 75 = 4860 \text{ Вт};$$

$$Q_{ncp} = 16,7 \cdot 960 = 18912 \text{ Вт};$$

$$Q_{cp} = 4860 + 18912 = 23772 \text{ Вт}.$$

Деревообробне відділення:

$$Q_{ocp} = 0,8 \cdot 60 \cdot 75 = 3600 \text{ Вт};$$

$$Q_{ncp} = 16,7 \cdot 387,5 = 6470 \text{ Вт};$$

$$Q_{cp} = 10070 \text{ Вт}.$$

Відділення готування вапна:

$$Q_{ocp} = 0,8 \cdot 13,1 \cdot 75 = 774 \text{ Вт};$$

$$Q_{ncp} = 1690 \text{ Вт};$$

$$Q_{cp} = 2460 \text{ Вт}$$

### г) Теплонадходження від освітлення:

$$Q_{oc} = 10^3 \times N_{осв} \times \eta_n \times \eta_{л} \text{ Вт}$$

де:

$N_{осв}$  - потужність освітлювальних приладів;

$\eta_n$  - частка тепла, що надходить у приміщення;

$\eta_{л}$  - коефіцієнт використання освітлювальних приладів.

Відділення залізобетонних виробів:

$$Q_{oc} = 10^3 \cdot 18 \cdot 0,55 \cdot 0,5 = 4950 \text{ Вт}.$$

Деревообробне відділення:

$$Q_{oc} = 10^3 \cdot 8 \cdot 0,55 \cdot 0,5 = 2200 \text{ Вт}.$$

Відділення готування вапна:

$$Q_{oc} = 10^3 \cdot 3 \cdot 0,55 \cdot 0,5 = 820 \text{ Вт}.$$

**д) Теплонадходження у відділенні залізобетонних виробів:**

- від трубопроводів:

$$Q_{mp} = q_{mp} \cdot L, \text{ Вт},$$

де:

$q_{mp}$  - питомі тепловиділення 1 м трубопроводів,  $q_{mp} = 80 \text{ Вт/м}$  [16];

$L$  - довжина трубопроводів, м.

$$Q_{mp} = 80 \cdot 48 = 3840 \text{ Вт};$$

- від камери теплової обробки бетону:

$$Q_{TK} = (1,16 \cdot V_K \cdot G_o) / \tau, \text{ Вт},$$

де:

$G_o$  - питоми споживання теплоти у виробничому процесі,  $\text{Вт/м}^3$ ,

$V_K$  - об'єм камери,  $\text{м}^3$ ;

$\tau$  - час циклу камери теплової обробки, год.

$$Q_{TK} = (18719,2 \cdot 63 \cdot 1,16) / 24 = 57000 \text{ Вт}.$$

Результати розрахунків теплонадходження зведені в таблицю 7.9.

Таблиця 7.9.

**Результати розрахунку теплонадходжень**

№	Назва приміщення	Період року	Теплонадходження, Вт						
			Від електро- двигунів	Від людей	Від освітлення	Від сонячної радіації	Від устаткування	Інші	Загальні
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Деревообробне відділення	ТП	9460	830	-	10070	-	-	20360
		ХП	9460	1170	2200	-	-	-	12380
2.	Відділення готування вапна	ТП	3900	80	-	2200	-	-	6440
		ХП	3900	110	820	-	-	-	4830
3.	Відділення залізобетонних виробів	ТП	19190	830	-	23770	57000	-	100790
		ХП	19190	1870	4950	-	57000	3840	86850

**Тепловий баланс**

Тепловий баланс виконують на основі розрахунків теплонадходження і тепловтрат у теплий і холодний періоди року. У розділі теплонадходження враховують у холодний період року тепло від освітлення, а в теплий - від сонячної радіації. Баланс виконують для кожного приміщення окремо. Результатом теплового балансу є значення дефіциту або надлишку тепла, що визначають як різниця між тепловтратами і теплонадходженнями.

Потужність системи чергового опалення визначена за формулою:

$$Q_g = Q_{заг} (t_g - t_3) / (t_6 - t_3), \text{ Вт}$$

де:

$t_g = +5 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

$t_3$  - температура зовнішнього повітря,  $t_3 = t_{хnext} = -21 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

$t_6$  - температура внутрішнього повітря,  $t_{хне} = t_{хнвz} = 17 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Результати розрахунків теплового балансу наведені в таблиці 7.10.

Таблиця 7.10.

**Результати розрахунку теплового балансу**

№	Назва приміщення	Період року	Розрахункова температура		Загальні тепловтрати	Загальні теплонаходження	Баланс $\pm \Delta Q$		Витрати тепла на чергове опалення
			зовнішня	внутрішня			тепловтрати	надлишки	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Деревообробне відділення	ТП	22,6	25,6	-	20360	-	20360	-
		ХП	-2,1	17	48330	12380	2430	-	33070*
2.	Відділення готування вапна	ТП	22,6	25,6	-	6440	-	6440	-
		ХП	-2,1	17	25630	4830	3270	-	17530*
3.	Відділення залізобетонних виробів	ТП	22,6	25,6	-	100790	-	100790	-
		ХП	-2,1	17	82010	86150	-	4140	56110**

\* система опалення працює цілодобово в холодний період року

\*\* система опалення працює в черговому режимі.

**Приклад 2.** Розрахунок теплового балансу котеджу в холодний період року.

**ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК**

У даному розділі виконаний теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни і перекриття верхнього поверху.

Розрахунки проводяться в наступній послідовності:

**а) накреслюються розрахункові огороження з нанесенням на них відомих будівельних матеріалів і матеріалів, які задаються:**

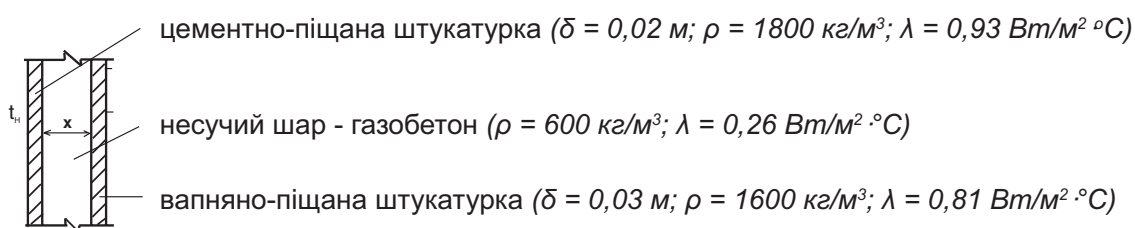


Рис. 7.4. Зовнішня стіна

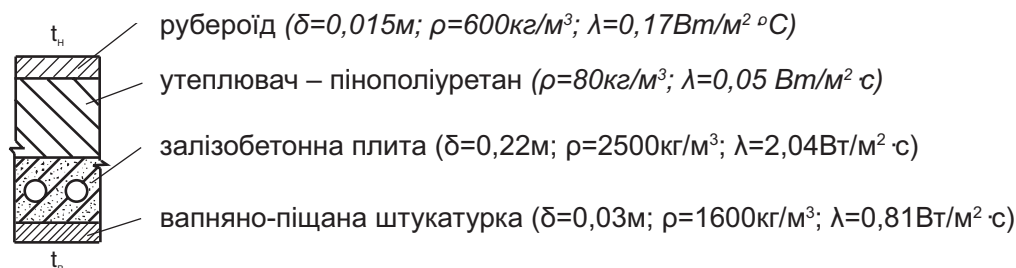


Рис. 7.5. Перекриття покрівлі

**б) визначається кількість градусо-днів опалювального періоду для міста, де розташований будинок (для Ізмаїла-2812 градусо-днів);**

**в) залежно від величини градусо-днів і найменування огороження, що розраховується, визначається значення його нормативного опору теплопередачі  $R_0$  [29], табл. 5.4:**

- зовнішня стіна - 2,5 м<sup>2</sup>·°C/Вт;
- перекриття покрівлі - 4,5 м<sup>2</sup>·°C/Вт;
- вікна - 0,56 м<sup>2</sup>·°C/Вт;
- двері - 0,41 м<sup>2</sup>·°C/Вт;
- підлога - 6,0 м<sup>2</sup>·°C/Вт;

**г) визначається товщина для огорожуючої конструкції (для стін товщина матеріалу прийнятого за завданням, для перекриття - товщина утеплювача):**

$$\delta_x = \left[ R_0^{mp} - \left( \frac{1}{\alpha_v} + \frac{\delta_l}{\lambda_l} + \dots + \frac{\delta_v}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_n} \right) \right] \times \lambda_x$$

де:

- $\delta_l \div \delta_n$  - товщини шарів конструкції, що розраховується (м);
- $\lambda_l \div \lambda_n, \lambda_x$  - коефіцієнти теплопровідності відомих і шуканих матеріалів, прийняті з урахуванням групи експлуатації огороження "А" або "Б";
- $\alpha_v$  - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожуючої конструкції. Для стін, підлог, гладких стель приймаємо 8,7 Вт/м<sup>2</sup>·°C
- $\alpha_n$  - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожуючої конструкції. Приймається: при розрахунку зовнішніх стін і безгорищних покриттів  $\alpha_n = 23$ ; для горищних покриттів  $\alpha_n = 12$ , для перекриттів над опалювальними підвалами без світлових прорізів  $\alpha_n = 6$ .

$$\delta_{н/стена} = \left[ 2,2 - \left( 0,16 + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,03}{0,81} \right) \right] \times 0,26 = 0,52 \text{ м}$$

$$\delta_{перекр} = \left[ 3,9 - \left( 0,16 + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,015}{0,17} \right) \right] \times 0,05 = 0,18 \text{ м}$$

Знайшовши товщину шару огороження, необхідно визначити його фактичну товщину  $\delta_{факт}$ . Для цього необхідно округлити в більшу сторону отримане значення до наступних розмірів: для цегельних стін  $\delta = 265; 395; 525$ ; для всіх типів бетонів 150, 200, 250, 300 і т.д., для мінераловатних листів 50, 100, 150 мм.

$$\delta_{н/стена}^{факт} = 0,55 \text{ м}$$

Після проведеного коректування підраховується фактичний термічний опір огороження.

$$R_0^{факт} = \frac{1}{\alpha_v} + \frac{\delta_l}{\lambda_l} + \frac{\delta_{факт}}{\lambda_{ст}} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_n}$$

$$R_{н/стена}^{факт} = 0,16 + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,03}{0,81} + \frac{0,52}{0,23} + \frac{1}{23} = 2,22 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

$$R_{перекр}^{факт} = 0,16 + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,015}{0,17} + \frac{0,18}{0,05} + \frac{1}{23} = 3,98 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Проводиться перевірка правильності розрахунків. Для цього перевіряються наступні умови:

$$R_0 \leq R^{\text{факт}}$$

- для зовнішніх стін  $2,2 \leq 2,22$
- для перекриттів  $3,9 \leq 3,98$

В результаті теплотехнічних розрахунків отримані значення фактичних термічних опорів стіни і перекриття покрівлі.



Рис. 7.6. Плани будинку

### **ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВТРАТ У ПРИМІЩЕННЯХ І БУДИНКУ В ЦІЛОМУ**

Розрахункові тепловтрати будинків будь-якого цільового призначення визначаються за формулою:

$$Q_{mn} = Q_{OK} + Q_{\epsilon}$$

де:

$Q_{OK}$  - тепловий потік через огороджуючі конструкції, кВт;

$Q_{\epsilon}$  - втрати теплоти на нагрівання вентиляційного повітря, кВт.

Величини  $Q_{mn}$  і  $Q_{\epsilon}$  розраховуються для кожного опалювального приміщення. Тепловий потік  $Q_{OK}$  розраховується для кожної зовнішньої огороджуючої конструкції приміщення за формулою:

$$Q_{OK} = \frac{A}{R} (t_B - t_{3.5}) \cdot (1 + \beta) \cdot n$$

де:

$A$  - розрахункова площа огороджуючої конструкції, м<sup>2</sup>;

$R$  - опір теплопередачі огороджуючої конструкції, що розраховується, м<sup>2</sup> °C/Вт (приймається з попереднього розділу розрахунків);

$t_{\epsilon}$  - температура внутрішнього повітря в приміщенні, °C, приймається згідно вимог норм проектування будинків різного призначення;

$t_{3.5}$  - температура найбільш холодної п'ятиденки для міста, у якому перебуває будинок (для м. Ізмаїла - -14 °C);

$n$  - коефіцієнт, що залежить від положення огороджуючої конструкції стосовно зовнішнього повітря.

$\beta$  - додаткові втрати теплоти.

$$Q_B = 0,337 \cdot V_{np} \cdot K_{\epsilon} \cdot (t_{\epsilon} - t_{3.5}), Bm$$

де:

$V_{np}$  - об'єм приміщення, м<sup>3</sup>;

$K_{\epsilon}$  - кратність повітрообміну (для житлових приміщень – від 0,5 до 1).

Результати розрахунку тепловтрат для обраних приміщень наведені у таблиці 7.11.



Таблиця 7.11.

Розрахунок теплопотрат в приміщеннях

№ приміщення	Огородження					Термічний опір, $R_0$	$t_B - t_{3,5}$	$n$	$I + \beta$	$Q_{0,к},$ Вт	$Q_B$ Вт	$Q_{mn}$ Вт	Розміри сталевих панельних радіаторів	$N_{op}$ шт.
	Найменування опоруджувача	Орієнтація за сторонами світу	Розмір, м		Площа, м <sup>2</sup>									
			a	b										
101	стіна	Пн	3	3,6	10,8	2,22	34	1	1,15	190,22	722,57	1945,38	400 x 900	2
	стіна	з	3	3,6	10,8	2,22	34	1	1,1	181,95				
	стіна	Пд	3	8,3	24,9	2,22	34	1	1,05	400,42				
	вікно	Пн	1,5	1	1,5	0,54	34	1	1,1	103,89				
	вікно	Пд	1	1,5	1,5	0,54	34	1	1	94,44				
	двері	з	1	2	2	0,39	34	1	1,05	183,08				
	підлога		25,3	1	25,3	5	34	0,4		68,82				
102	стіна	Пн	3	3,2	9,6	2,22	34	1	1,15	169,08	305,59	700,71	300 x 800	1
	стіна	з	3	0,9	2,7	2,22	34	1	1,1	45,49				
	стіна	С	3	0,9	2,7	2,22	34	1	1,15	47,55				
	вікно	Пн	1,5	1	1,5	0,54	34	1	1,1	103,89				
	підлога		10,7	1	10,7	5	34	0,4		29,10				
103	стіна	Пн	3	3,6	10,8	2,22	34	1	1,15	190,22	305,59	671,07	300 x 800	1
	стіна	С	3	0,8	2,4	2,22	34	1	1,15	42,27				
	вікно	Пн	1,5	1	1,5	0,54	34	1	1,1	103,89				
	підлога		10,7	1	10,7	5	34	0,4		29,10				
104	підлога		2,5	1	2,5	5	36	0,4		7,20	75,60	82,80		

105	стіна	Пд	3	3,6	10,8	2,22	34	1	1,05	173,68	194,21	479,02	300 x 800	1
	стіна	С	3	0,8	2,4	2,22	34	1	1,15	42,27				
	вікно	Пд	0,8	1	0,8	0,54	34	1	1	50,37				
	підлога		6,8	1	6,8	5	34	0,4		18,50				
106	стіна	С	2,5	8,3	20,8	2,22	32	1	1,15	343,96	502,66	1631,10	300 x 400 300 x 500	2 2
	стіна	Пд	2,5	3,3	8,25	2,22	32	1	1,05	124,86				
	стіна	Пн	2,5	3,3	8,25	2,22	32	1	1,15	136,76				
	вікно	С	0,5	1	0,5	0,54	32	1	1,1	32,59				
	вікно	С	0,5	1	0,5	0,54	32	1	1,1	32,59				
	вікно	Пн	0,5	1	0,5	0,54	32	1	1,1	32,59				
	вікно	Пн	0,5	1	0,5	0,54	32	1	1,1	32,59				
	двері	Пд	2	2	4	0,39	32	1	1,05	344,62				
	підлога		18,7	1	18,7	5	32	0,4		47,87				
	стіна	Пд	3,2	3	9,6	2,22	32	1	1,05	145,30				
108	стіна	з	1,4	3	4,2	2,22	32	1	1,1	66,59	104,83	624,25	300 x 700	1
	стіна	С	1,4	3	4,2	2,22	32	1	1,15	69,62				
	вікно	Пд	0,8	1	0,8	0,54	32	1	1	47,41				
	двері	С	1	2	2	0,39	32	1	1,1	180,51				
	підлога		3,9	1	3,9	5	32	0,4		9,98				
	перекр		1	1	1	3,98	32	0,6	1	4,82				
109	підлога		1	1	1	5	32	0,4		2,56	26,88	34,26		
201	стіна	Пн	3	3,6	10,8	2,22	34	1	1,15	190,22	722,57	2006,24	400 x 900	2
	стіна	з	3	3,6	10,8	2,22	34	1	1,1	181,95				
	стіна	Пд	3	8,3	24,9	2,22	34	1	1,05	400,42				
	вікно	Пн	1,5	1	1,5	0,54	34	1	1,1	103,89				
	вікно	Пд	1	1,5	1,5	0,54	34	1	1	94,44				
	двері	з	1	2	2	0,39	34	1	1,05	183,08				

202	стіна	Пн	3	3,2	9,6	2,22	34	1	1,15	169,08	305,59	726,45	400 x 600	1
	стіна	з	3	0,9	2,7	2,22	34	1	1,1	45,49				
	стіна	С	3	0,9	2,7	2,22	34	1	1,15	47,55				
	вікно	Пн	1,5	1	1,5	0,54	34	1	1,1	103,89				
	перекр		10,7	1	10,7	3,98	34	0,6		54,84				
203	стіна	Пн	3	3,6	10,8	2,22	34	1	1,15	190,22	725,42	696,81	400 x 600	1
	стіна	С	3	0,8	2,4	2,22	34	1	1,15	42,27				
	окно	Пн	1,5	1	1,5	0,54	34	1	1,1	103,89				
	перекр		10,7	1	10,7	3,98	34	0,6		54,84				
205	стіна	Пд	3	3,6	10,8	2,22	34	1	1,05	173,68	594,05	495,38	300 x 600	1
	стіна	С	3	0,8	2,4	2,22	34	1	1,15	42,27				
	вікно	Пд	0,8	1	0,8	0,54	34	1	1	50,37				
	перекр		6,8	1	6,8	3,98	34	0,6		34,85				
207	стіна	Пд	3,2	3	9,6	2,22	34	1	1,05	154,38	111,3	672,65	300 x 700	1
	стіна	з	1,4	3	4,2	2,22	34	1	1,1	70,76				
	стіна	С	1,4	3	4,2	2,22	34	1	1,15	73,97				
	вікно	Пд	0,8	1	0,8	0,54	34	1	1	50,37				
	двері	С	1	2	2	0,39	34	1	1,1	191,79				

**Розрахункові теплонадходження  $Q_{ноб}$  визначаються як:**

$$Q_{ноб} = Q_l + Q_{осв} + Q_{ср} + Q_e$$

де:

$Q_l$  - теплонадходження від людей, Вт:

$$Q_l = q_x \cdot n = 135 \cdot 4 = 540 \text{ Вт}$$

де:

$q_x$  - теплонадходження від однієї людини, Вт;

$n$  - кількість людей у будинку.

$Q_{ср}$  - теплонадходження сонячної радіації через вікна, розташовані з південної сторони:

$$Q_{ср} = q_{пд} \cdot F = 35 \cdot 6 = 210 \text{ Вт},$$

де:

$q_{пд}$  - теплонадходження від м<sup>2</sup> південного вікна, Вт;

$F$  - площа вікон з південної сторони, м<sup>2</sup>.

$Q_{осв}$  - теплонадходження від освітлення,  $Q_{осв} = 500$  Вт;

$Q_e$  - теплонадходження від електричних приладів  $Q_e = 3000$  Вт.

$$Q_{ноб} = 540 + 245 + 500 + 3000 = 4250 \text{ Вт}$$

Таким чином, тепловтрати в будинку  $Q_{бал}$ , які необхідно компенсувати за допомогою системи опалення, визначаються в такий спосіб:

$$Q_{бал} = \Sigma Q_{вт} - Q_{ноб} = 11495 - 4250 = 7245 \text{ Вт}$$

\* основною відмінністю сучасних розрахунків і складання теплових балансів є необхідність врахування в холодний період року всіх теплонадходжень у приміщення, у тому числі і від сонячної радіації, освітлення, людей у всіх типах будинків, поза залежністю від їх функціонального призначення;

\* при визначенні теплового балансу завищення розрахункових показників по тепловтратах приведе до підбору устаткування, що працює в іншому діапазоні, тобто для даного випадку - неефективно, а завищення теплонадходжень - не дозволить системі опалення покрити тепловтрати.

## 8. ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ І ТЕПЛОВА ЕФЕКТИВНІСТЬ БУДИНКУ

### 8.1. Теплова потужність системи опалення

Зазначені методики експрес-розрахунку теплонадходжень і тепловтрат будинку носять рекомендаційний характер, оскільки в Україні, згідно нормативних вимог [29], питомі витрати тепла та річна витрата тепла на опалення будинку визначаються за нижчеподаною методикою, згідно даних енергетичного аудита і енергетичного паспорта будинку.

Питомі тепловтрати на опалення будинків повинні відповідати умові:

$$q_{\text{бюд}} \leq E_{\text{max}} \quad (8.1)$$

де:

$q_{\text{бюд}}$  - розрахункові або фактичні питомі тепловтрати, які визначаються по [29];

$E_{\text{max}}$  - максимально допустиме значення питомих тепловтрат на опалення будинку за опалювальний період, кВт·год/м<sup>2</sup> або кВт·год/м<sup>3</sup>, що визначаються згідно [29] (табл. 8.1, 8.2) залежно від призначення будинку, його поверховості і температурної зони експлуатації.

Питомі тепловтрати на опалення будинку за опалювальний період  $q_{\text{бюд}}$ , кВт·год/м<sup>2</sup> або кВт·год/м<sup>3</sup>, визначаються за формулою:

$$q_{\text{бюд}} = Q_{\text{рік}}/F_h \quad \text{або} \quad q_{\text{бюд}} = Q_{\text{рік}}/V_h \quad (8.2)$$

де:

$Q_{\text{рік}}$  - витрати теплової енергії на опалення за опалювальний період, кВт·год, які визначаються на підставі результатів енергетичного аудита будинку або по результатам розрахунку;

$F_h, V_h$  - опалювальна площа або об'єм будинку, м<sup>2</sup> або м<sup>3</sup>, обумовлена згідно положень ДБН В.2.2-15, ДБН В.2.2-9, СНІП 2.04.05. [29,30]

Розрахункові витрати теплової енергії  $Q_{\text{рік}}$  визначаються за формулою:

$$Q_{\text{рік}} = [Q_k - (Q_{\text{вн}} + Q_s) \cdot \nu_{\text{с}}] \cdot \beta_h \quad (8.3)$$

де:

$Q_k$  - загальні тепловтрати будинку через огорожуючі конструкції, кВт·год, визначаються за формулою:

$$Q_k = \chi_l \cdot K_{\text{бюд}} \cdot D_d \cdot F_{\Sigma} \quad (8.4)$$

де:

$\chi_l = 0,024$  - розмірний коефіцієнт;

$K_{\text{бюд}}$  - загальний коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, Вт/(м<sup>2</sup>·К):

$$K_{\text{бюд}} = k_{\Sigma \text{пр}} + k_{\text{інф}} \quad (8.5)$$

де:

$k_{\Sigma \text{пр}}$  - наведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, Вт/(м<sup>2</sup>·К):

$$k_{\Sigma \text{пр}} = \zeta (F_{\text{ін}}/R_{\Sigma \text{пр ін}} + F_{\text{с}}/R_{\Sigma \text{пр с}} + F_{\text{д}}/R_{\Sigma \text{пр д}} + F_{\text{нк}}/R_{\Sigma \text{пр нк}} + F_{\text{у}}/R_{\Sigma \text{пр у}}) / F_{\Sigma} \quad (8.6)$$

де:

$\zeta$  - коефіцієнт, що враховує додаткові тепловитрати; для житлових будинків  $\zeta = 1,13$ , для інших  $\zeta = 1,1$ ;

$F_{\text{ст}}, F_{\text{с}}, F_{\text{д}}, F_{\text{ок}}, F_{\text{ц}}$  - площа стін (непрозорих конструкцій), світлопрозорих конструкцій (вікон, ліхтарів) зовнішніх дверей і воріт, покрівлі (горищних перекриттів), цокольних перекриттів, огорожень у ґрунті, м<sup>2</sup>;

$R_{\Sigma \text{пр ст}}, R_{\Sigma \text{пр с}}, R_{\Sigma \text{пр д}}, R_{\Sigma \text{пр ок}}, R_{\Sigma \text{пр ц}}$  - приведений опір теплопередачі стін (непрозорих конструкцій), світлопрозорих конструкцій (вікон, ліхтарів) зовнішніх дверей і воріт, покрівлі (горищних перекриттів), цокольних перекриттів, м<sup>2</sup>·°C/Вт; підлог на ґрунті [29,30];

$F_{\Sigma}$  - внутрішня загальна площа огорожуючих конструкцій, в опалювальній частині будинку, м<sup>2</sup>;

Таблиця 8.1.

**Нормативні максимальні тепловитрати багатопверхових будинків,  $E_{\text{max}}$**

Призначення будинку/ кількість поверхів	Значение $E_{\text{max}}$ , кВт·год/м <sup>2</sup> , (кВт·год/м <sup>3</sup> ) для температурної зони			
	I	II	III	IV
Житлові будинки і готелі				
від 1 до 3	Згідно табл. 8.2			
від 4 до 5	89 [32]	77 [28]	65 [24]	53 [19]
від 6 до 7	83 [30]	72 [26]	61 [22]	50 [18]
від 8 до 9	79 [29]	69 [25]	58 [21]	48 [17]
від 10 до 11	75 [27]	65 [23]	55 [20]	45 [16]
12 і більше	73 [26]	63 [23]	54 [19]	44 [16]
Цивільні та адміністративні будинки				
1	[44]	[38]	[32]	[26]
2	[40]	[34]	[29]	[24]
3	[38]	[33]	[28]	[23]
Від 4 до 5	94 [35]	81 [31]	69 [26]	56 [21]
Від 6 до 7	89 [33]	77 [29]	65 [24]	53 [20]
Від 8 до 9	83 [31]	72 [27]	61 [23]	50 [19]
Від 10 до 11	79 [29]	69 [25]	58 [21]	48 [17]
12 і більше	77 [28]	67 [24]	57 [20]	46 [17]
Лікувальні і дитячі навчальні заклади				
1	[35]	[31]	[26]	[21]
2	[34]	[30]	[25]	[21]
3	[33]	[29]	[24]	[20]
Від 4 до 5	[32]	[28]	[24]	[19]
Від 6 до 7	[31]	[27]	[23]	[19]
Від 8 до 9	[30]	[26]	[22]	[18]
Від 10 до 11	[29]	[25]	[21]	[17]
Дошкільні заклади				
Від 1 до 3	[43]	[37]	[31]	[26]
Магазини, універмаги, універсами				
1	[24]	[21]	[18]	[92]
2	[23]	[20]	[17]	[14]
3	[22]	[19]	[16]	[13]
Від 4 до 5	[21]	[18]	[15]	[12]
Від 6 до 7	[21]	[18]	[15]	[12]

Таблиця 8.2.  
Нормативні максимальні тепловитрати малоповерхових будинків,  $E_{max}$ , кВт год/м²

Опалювальна площа будинку, м²	Кількість поверхів															
	1				2				3				4			
	Значення $E_{max}$ , кВт·год/м², для температурної зони															
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
до 60	146	126	107	87	-				-				-			
	130	113	95	78	141	122	103	84	-				-			
От 60 до 150	115	99	84	69	125	108	92	75	135	117	99	81	-			
От 151 до 250	104	90	76	62	109	95	80	66	115	99	84	69	120	104	88	72
От 251 до 400	-			94	81	69	56	99	86	73	59	104	90	76	62	
От 401 до 600	-			83	72	61	50	89	77	65	53	94	81	69	56	
от 601 до 1000	-			73	63	53	44	78	68	57	47	83	72	61	50	
більше 1000	-															



$k_{inf}$  - умовний коефіцієнт теплопередачі огорожуючої конструкції, будинку, Вт/(м²·К), що враховує тепловтрати за рахунок інфільтрації і вентиляції:

$$k_{inf} = \chi_2 c n_{об} v_v \gamma_3 \eta / F_{\Sigma} \quad (8.7)$$

де:

$\chi_2 = 0,278$  - розмірний коефіцієнт;  
 $c$  - теплоємність повітря, дорівнює 1 кДж/(кг·К);  
 $n_{об}$  - середня кратність повітрообміну будинку за опалювальний період, ч<sup>-1</sup>  
 $v_v$  - коефіцієнт зниження об'єму повітря в будинку, приймається  $v_v = 0,85$ ;  
 $\gamma_3$  - середня щільність повітря, що надходить у приміщення за рахунок інфільтрації і вентиляції, кг/м³:

$$\gamma_3 = 353 / [273 + 0,5 \cdot (t_в + t_{он n})], \quad (8.8)$$

де:

$t_в$  - розрахункова температура внутрішнього повітря в будинку, °С;  
 $t_{он n}$  - середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, °С;  
 $\eta$  - коефіцієнт впливу зустрічного теплового потоку в огорожуючих конструкціях, приймається рівним 0,7 - для стиків панелей стін, 0,8 - для вікон з подвійним заскленням і балконних дверей, 1,0 - для вікон з одинарним заскленням.  
 $D_d$  - кількість градусо-днів опалювального періоду;  
 $Q_{вн n}$  - побутові теплонадходження за опалювальний період, кВт;  
 $Q_s$  - теплонадходження через вікна від сонячної радіації за опалювальний період, кВт·год:

$$Q_s = \zeta_в \varepsilon_в (F_{Пн} I_{Пн} + F_C I_C + F_{Пд} I_{Пд} + F_3 I_3) + \zeta_{зл} \varepsilon_{зл} F_{л} I_э \quad (8.9)$$

де:

$\zeta_в, \zeta_{зл}$  - коефіцієнти, що враховують затінення світлового прорізу;  
 $\varepsilon_в, \varepsilon_{зл}$  - коефіцієнти відносного проникнення сонячної радіації;  
 $F_{Пн}, F_C, F_{Пд}, F_3$  - площа світлових прорізів фасаду будинку, м²;  
 $F_{л}$  - площа Zenітних ліхтарів будинку, м²;  
 $I_{Пн}, I_C, I_{Пд}, I_3$  - середня величина сонячної радіації за опалювальний період, що надходить на вертикальну поверхню;  
 $I_э$  - середня величина сонячної радіації за опалювальний період, що надходить на горизонтальну поверхню, кВт·рік/м².  
 $\nu$  - коефіцієнт, що враховує акумуляційну характеристику огорожуючих конструкцій будинку,  $\nu = 0,8$ ;  
 $\zeta$  - коефіцієнт авторегулювання подачі тепла в системах опалення; рекомендовані значення:  
 $\zeta = 1,0$  - в однотрубній системі з термостатами і пофасадним авторегулюванням в індивідуальних теплових пунктах або при поквартирній горизонтальній разводці;  
 $\zeta = 0,95$  - у двотрубній системі опалення з термостатами і центральним авторегулюванням на ІТП;  
 $\zeta = 0,9$  - в однотрубній системі опалення з термостатами і центральним авторегулюванням на ІТП, а також у двотрубній системі опалення з термостатами і без центрального авторегулювання на ІТП;  
 $\zeta = 0,85$  - в однотрубній системі опалення з термостатами і без авторегулювання на ІТП;  
 $\zeta = 0,7$  - у системі без термостатів і центральним авторегулюванням на ІТП;  
 $\zeta = 0,5$  - у системі без термостатів і авторегулювання на ІТП;  
 $\beta_h$  - коефіцієнт, що враховує додаткове теплоспоживання системою опалення (тип і установка нагрівальних приладів і т.п.): для багатосекційних і протяжних будинків  $\beta_h = 1,13$ , для будинків баштового типу  $\beta_h = 1,11$ .

## 8.2. Теплова ефективність будівлі

Теплова ефективність будинку визначається згідно класу енергетичної ефективності будинку, обумовленого по енергетичному паспорту будинку [29].

**Енергоекономічні будинки** - не використовують енергію природного середовища (тобто альтернативних джерел) і забезпечують зниження енергоспоживання, здебільшого, за рахунок удосконалення систем їхнього інженерного забезпечення (як найбільше "енергоємних" складових енергетичного "каркаса" будинку), конструктивних елементів, що визначають характер і інтенсивність енергообміну із зовнішнім середовищем (зовнішніх огорожень). Також цей тип будинків знижує енергоспоживання за рахунок оптимізації архітектурних рішень, спрямованої на скорочення енерговитрат (підвищення компактності об'ємів, скорочення площі застакання, використання містобудівних прийомів і архітектурних форм, що нівелюють негативні впливи природно-антропогенних факторів зовнішнього середовища - вітру, сонця та інше).

**Енергоактивні будинки** - орієнтовані на ефективне використання енергетичного потенціалу зовнішнього середовища (природно-кліматичних факторів зовнішнього середовища) з метою часткового або повного (автономного) енергозабезпечення за допомогою комплексу заходів, заснованих на застосуванні об'ємно-планувальних, ландшафтно-містобудівних, інженерно-технічних і конструктивних засобів. Дані заходи припускають орієнтованість просторів, архітектурних форм і технічних систем на енергетичні джерела зовнішнього середовища (сонце, вітер, ґрунт та інше).

### ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПАСПОРТ БУДИНКУ

Енергетичний паспорт будинку призначений для підтвердження відповідності показників енергетичної ефективності будинків і споруд сучасним вимогам. Енергетичний паспорт заповнюється під час розробки проектів будинків і споруд у випадку нового будівництва, реконструкції або капітального ремонту, під час прийому будинку в експлуатацію, а також у процесі експлуатації будинків **проектною організацією, що має відповідну ліцензію**. Енергетичний паспорт надається у випадку подачі технічної документації на санітарно-епідеміологічну експертизу.

Для житлових багатоквартирних будинків з нежилими приміщеннями, розташованими на нижніх і верхніх поверхах, енергетичні паспорти складаються окремо для житлової частини і кожного нежилого блоку.

Енергетичні паспорти квартир у будинках з поквартирним регулюванням подачі теплоносія можуть бути складені на базі квартири-представника цього будинку.

Необхідний клас енергетичної ефективності будинку вказується в технічному завданні на проектування. Для існуючих будинків енергетичний паспорт розробляють за замовленням організації, що здійснює експлуатацію, або власника будинку.

На підставі даних енергетичного паспорта, які отримані за результатами енергетичного аудиту вдома або оцінки енергетичної ефективності по проектній документації, будинку привласнюється клас енергетичної ефективності відповідно до [29, 30].

**ФОРМА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПАСПОРТА БУДИНКУ [29]**

Таблиця 8.3

*Загальна інформація*

Дата заповнення	
Адреса будинку	
Розроблювач проекту	
Адреса і телефон розроблювача	
Шифр проекту будинку	
Рік будівництва	

Таблиця 8.4.

*Розрахункові параметри*

Найменування розрахункових параметрів		Позначення	Одиниці виміру	Величина
1	Розрахункова температура внутрішнього повітря	$t_{в}$	°C	
2	Розрахункова температура зовнішнього повітря	$t_{з}$	°C	
3	Розрахункова температура опалювального горища	$t_{гг}$	°C	
4	Розрахункова температура технічного підпілля	$t_{п}$	°C	
5	Тривалість опалювального періоду	$z_{оп}$	доба	
6	Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період	$t_{оп з}$	°C	
7	Розрахункова кількість градусо-днів опалювального періоду	$D_d$	°C · днів	
Функціональне призначення, тип і конструктивні рішення будинку				
8	Призначення			
9	Розміщення об'єкта			
10	Типовий проект, індивідуальний			
11	Конструктивні рішення			

Таблиця 8.5.

**Геометричні, теплотехнічні і енергетичні показники**

Показник		Позначення і розмірність показника	Нормативне значення показника	Розрахункове (проектне) значення показника	Фактичне значення показника
1		2	3	4	5
Геометричні показники					
12	Загальна площа зовнішніх огорожуючих конструкцій будинку	$F_{\Sigma}, \text{м}^2$	--		
	У тому числі:				
	стін	$F_{mv}, \text{м}^2$	--		
	вікон і балконних дверей	$F_{cm}, \text{м}^2$	--		
	вітражів	$F_{cv}, \text{м}^2$	--		
	ліхтарів	$F_{cn}, \text{м}^2$	--		
	вхідних дверей і воріт	$F_{\partial}, \text{м}^2$	--		
	покриттів (сполучених)	$F_{\partial}, \text{м}^2$	--		
	горищних перекриттів (холодного горища)	$F_{\partial}, \text{м}^2$	--		
	перекриттів теплих горищ	$F_{u1}, \text{м}^2$	--		
	перекриттів над техпідпіллям	$F_{u2}, \text{м}^2$	--		
	перекриттів над неопалюваними підвалами або підпіллями	$F_{u3}, \text{м}^2$	--		
	перекриттів над проїздами й під еркерами	$F_{\partial}, \text{м}^2$	--		
13	Площа підлоги по ґрунті	$F_{bv}, \text{м}^2$	--		
14	Площа квартир	$F_b, \text{м}^2$	--		
15	Корисна площа (суспільних будинків)	$F_b, \text{м}^2$	--		
16	Площа житлових приміщень	$F_b, \text{м}^2$	--		
17	Розрахункова площа (суспільних будинків)	$V_{bv}, \text{м}^3$	--		
18	Опалювальний об'єм	$m_{ck}$	--		
19	Коефіцієнт застосування фасаду будинку	$A_{k \text{ б} \text{ у} \text{ д}}$	--		

Теплотехнічні і енергетичні показники					
Теплотехнічні показники					
20	Наведений опір теплопередачі зовнішніх огорожень:	$R_{\Sigma np}, m^2 K/Bm$			
	стін	$R_{\Sigma np ct}$			
	вікон і балконних дверей	$R_{\Sigma np в}$			
	вітражів	$R_{\Sigma np вт}$			
	ліхтарів	$R_{\Sigma np л}$			
	вхідних дверей і воріт	$R_{\Sigma np вд}$			
	покриттів (сполучених)	$R_{\Sigma np n}$			
	горищних перекриттів (холодних горищ)	$R_{\Sigma np г}$			
	перекриттів теплих горищ (включаючи покриття)	$R_{\Sigma np нг}$			
	перекриттів над техпідпіллями	$R_{\Sigma np nt}$			
	перекриттів над неопалюваними підвалами або підпіллями	$R_{\Sigma np nu}$			
	перекриттів над проїздами й під еркерами	$R_{\Sigma np nn}$			
	підлоги по ґрунті	$R_{\Sigma np nd}$			
Енергетичні показники					
21	Розрахункові нормовані тепловтрати	$q_{бюд}, \frac{кВт год}{м^2}, [\frac{кВт год}{м^3}]$			
22	Максимально допустиме значення нормованих тепловтрат на опалення будинку	$E_{max}, \frac{кВт год}{м^2}, [\frac{кВт год}{м^3}]$			
23	Клас енергетичної ефективності				
24	Період ефективної експлуатації теплоізоляційної оболонки і її елементів				
25	Відповідність проекту будинку нормативним вимогам				
26	Необхідність доробки проекту будинку				

Таблиця 8.6.

**Класифікація будинків по енергетичній ефективності**

Клас енергетичної ефективності будинку	Різниця в % розрахункового або фактичного значення тепловтрат, $q_{\text{буд}}$ , від максимально припустимого значення, $E_{\text{max}}$ , $[(q_{\text{буд}} - E_{\text{max}}) / E_{\text{max}}] * 100\%$	Рекомендації
A	мінус 50 і менше	
B	від мінус 49 до мінус 10	
C	від мінус 9 до плюс 5	
D	від плюс 6 до плюс 25	
E	від плюс 26 до плюс 75	
F	плюс 76 і більше	

Таблиця 8.7.

**Висновки за результатами оцінки енергетичних параметрів будинку**

Вказівки по підвищенню енергетичної ефективності будинку	
	Рекомендовано: - -

	Паспорт заповнений:	
	Організація	
	Адреса й телефон	
	Відповідальний виконавець	

### 8.3. Приклад складання енергетичного паспорту будівлі

1. Вихідні дані для складання енергетичного паспорта:

№ п/п	Найменування параметра	Познач. величин	Одиниці виміру	Значення
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
1	Довжина будинку	$L$	м	48
2	Ширина будинку	$B$	м	12
3	Кількість поверхів	$n$	штук	9
4	Висота поверху	$h_3$	м	3,2
5	Товщина огорожуючої конструкції (стіна)	$\delta$	м	0,5
6	Орієнтація поздовжньої осі симетрії по сторонах світу	—	—	с-ю
7	Кількостей віконних прорізів на поверсі: - по поздовжній стіні будинку - по поперечній стіні будинку	$m_{np}$ $m_{nn}$	шт.	4 2
8	Розмір віконного прорізу: - висота - ширина	$a_o$ $b_o$	м	1,7 2,1
9	Кількість вхідних зовнішніх дверей	$m_d$	шт	2
10	Розмір дверного прорізу: - висота - ширина	$a_d$ $b_d$	м	2,1 1,8
11	Ширина відкосу	$B_{отк}$	м	0,15
12	Однокамерні склопакети і одинарне застелення в роздільних рамах	$N \text{ позицій}$		5
13	Однотрубна система опалення з термостатами і без авторегулювання на ІТП	$N \text{ позицій}$	—	4
14	Коефіцієнт відношення житлової площі будинку до опалювальної площі	$K_{жс}$	—	0,83



## 2. Розрахункові кліматичні параметри.

- 2.1. Визначимо кількість градусо-днів опалювального періоду району будівництва (м. Миколаїв), НГС:

$$НГС = (t_e - t_{on}) Z_{on};$$

де:

- $t_e = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  - розрахункова температура внутрішнього повітря приміщень будинку, (додаток 1 [29]);  
 $t_{on} = +0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  - середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, (додаток 2 [29]);  
 $Z_{on} = 168$  (днів) - тривалість опалювального періоду.

$$НГС = (20 - 0,4) \cdot 168 = 3292,8 \text{ (днів)}$$

- 2.2. По кількості градусо-днів визначимо температурну зону: НГС = 3292,8 => 2 зона (додаток 3 [29])  
 2.3. Розрахункова кількість градусо-днів опалювального періоду для 2 температурної зони приймаємо  $D_a = 3250$  (додаток 4 [29])

## 3. Визначення геометричних показників будинку.

- 3.1. Опалювальна площа будинку  $F_h$ ,  $\text{м}^2$ :

$$F_h = n \cdot (L - 2b) \cdot (B - 2b) = 9 \cdot (48 - 2 \cdot 0,5) \cdot (12 - 2 \cdot 0,5) = 4653 \text{ м}^2;$$

- 3.2. Опалювальний об'єм будинку  $V_h$ ,  $\text{м}^3$ :

$$V_h = (L - 2b) \cdot (B - 2b) \cdot n \cdot h_3 = (48 - 2 \cdot 0,5) \cdot (12 - 2 \cdot 0,5) \cdot 9 \cdot 3,2 = 14889,6 \text{ м}^3;$$

- 3.3. Загальна площа віконних і дверних укосів будинку  $F_{отк}$ ,  $\text{м}^2$ :

$$F_{отк} = [2 \cdot (a_o + e_o) \cdot 2 \cdot n \cdot (m_{np} + m_{nn}) + 2 \cdot (a_d + e_d) \cdot m_d] \cdot e_{отк};$$

$$F_{отк} = [2 \cdot (1,7 + 2,1) \cdot 2 \cdot 9 \cdot (4 + 2) + 2 \cdot (2,1 + 1,8) \cdot 2] \cdot 0,15 = 125,46 \text{ м}^2;$$

- 3.4. Загальна площа зовнішніх стін будинку з урахуванням площі віконних, дверних прорізів і відкосів,  $F_{ст}$ ,  $\text{м}^2$ :

$$F_{ст} = 2 \cdot ((L - 2e) + (B - 2e)) \cdot h_3 \cdot n + F_{отк};$$

$$F_{ст} = 2 \cdot ((48 - 2 \cdot 0,5) + (12 - 2 \cdot 0,5)) \cdot 3,2 \cdot 9 + 125,46 = 3466,26 \text{ м}^2;$$

- 3.5. Площа вікон фасадів будинку, відповідно орієнтованих по чотирьох сторонах світу,

$$F_{м}, F_C, P_{нд}, F_3, \text{ м}^2:$$

$$F_{B3} = F_{BC} = a_o \cdot b_o \cdot m_{np} \cdot n = 1,7 \cdot 2,1 \cdot 4 \cdot 9 = 128,52 \text{ м}^2;$$

$$F_{BПн} = F_{BПд} = a_o \cdot b_o \cdot m_{nn} \cdot n = 1,7 \cdot 2,1 \cdot 2 \cdot 9 = 64,26 \text{ м}^2;$$

- 3.6. Загальна площа вікон  $F_{OB}$ ,  $\text{м}^2$ :

$$F_B = F_{BПд} + F_{B3} + F_{BПн} + F_{BC} = 2 \cdot F_{Пн} + 2 \cdot F_C;$$

$$F_B = 2 \cdot 64,26 + 2 \cdot 128,52 = 385,56 \text{ м}^2;$$

- 3.7. Загальна площа зовнішніх дверей  $F_d$ ,  $\text{м}^2$ :

$$F_d = a_d \cdot e_d \cdot m_d; \quad F_d = 2,1 \cdot 1,8 \cdot 2 = 7,56 \text{ м}^2;$$

- 3.8. Площа зовнішніх стін (непрозора частина)  $F_{нп}$ ,  $\text{м}^2$ :

$$F_{нп} = F_{ст} - F_e - F_d; \quad F_{нп} = 3466,26 - 385,56 - 7,56 = 3073,14 \text{ м}^2;$$

3.9. Площа горіщного і цокольного перекриттів відповідно  $F_z, F_y, \text{ м}^2$ :

$$F_z = F_y = (L - 2\theta) \cdot (B - 2\theta); \quad F_z = F_y = (48 - 2 \cdot 0,5) \cdot (12 - 2 \cdot 0,5) = 517 \text{ м}^2;$$

3.10. Внутрішня загальна площа огорожуючої конструкції, будинку,  $F_\Sigma, \text{ м}^2$ :

$$F_\Sigma = F_{cm} + F_z + F_y; \quad F_\Sigma = 3466,26 + 517 + 517 = 4500,26 \text{ м}^2;$$

3.11. Площа житлових приміщень і кухонь будинку визначається як сума площ усіх приміщень квартири, за винятком лоджій, балконів, веранд, терас, холодних комор і зовнішніх тамбурів,  $F_{жс}, \text{ м}^2$ :

$$F_{жс} = 4653 \cdot 0,83 = 3861,99 \text{ м}^2;$$

3.12. Коефіцієнт засклення фасадів будинку,  $m_{заск}$ :

$$m_{заск} = F_B / (F_{ин} + F_B); \quad m_{заск} = 385,56 / (3073,14 + 385,56) = 0,111;$$

3.13. Показник компактності будинку,  $A_K, \text{ м}^{-1}$ :

$$A_K = F_\Sigma / V_h; \quad A_K = 4500,26 / 14889,6 = 0,302 \text{ м}^{-1}.$$

#### 4. Визначення проектних теплотехнічних показників теплоізоляційної оболонки будинку.

4.1. Виходячи з температурної зони району будівництва, приймемо нормативні мінімально допустимі значення опору теплопередачі огорожуючої конструкції,  $R_{qmin}, \text{ м}^2 \text{ К} / \text{ Вт}$  (додаток 3 [29]):

- покриття та перекриття неопалюваних горіщ для будинків вище 4 поверхів:

$$R_z = 3,0 \text{ м}^2 \text{ К} / \text{ Вт};$$

- зовнішні стіни:

$$R_{ин} = 2,5 \text{ м}^2 \text{ К} / \text{ Вт};$$

- перекриття над неопалюваними підвалами, розташованими нижче рівня землі для будинків вище 4-х поверхів:

$$R_y = 2,3 \text{ м}^2 \text{ К} / \text{ Вт};$$

- вікна для будинків вище 4-х поверхів:

$$R_e = 0,5 \text{ м}^2 \text{ К} / \text{ Вт};$$

- вхідні двері в багатоквартирні житлові будинки:

$$K_o = 0,41 \text{ м}^2 \text{ К} / \text{ Вт}.$$

4.2. Наведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку,  $K_{\Sigma np}, \text{ Вт} / \text{ м}^2 \cdot \text{ К}$ :

$$K_{\Sigma np} = \zeta (F_{ин} / R_{ин} + F_e / R_e + F_o / R_o + F_y / R_y + F_z / R_z) / F_\Sigma$$

де:

$\zeta$  - коефіцієнт, що враховує додаткові тепловтрати, для житлових будинків  $\zeta = 1,13$ .

$$K_{\Sigma np} = 1,13 (3073,14 / 2,5 + 385,56 / 0,5 + 7,56 / 0,41 + 517 / 3 + 517 / 2,3) / 4500,26 = 0,607 \text{ Вт} / (\text{ м}^2 \cdot \text{ К});$$

4.3. Умовний коефіцієнт теплопередачі огорожуючих конструкцій будинку, що враховує тепловтрати за рахунок інфільтрації й вентиляції,  $K_{инф}, \text{ Вт} / (\text{ м}^2 \cdot \text{ К})$ :

$$K_{инф} = x_2 \cdot c \cdot n_{об} \cdot v_v \cdot V_h \cdot \gamma_e \cdot \eta / F_\Sigma$$

де:

$n_{об} = 1 \text{ год}^{-1}$  - середня кратність повітрообміну житлового будинку за опалювальний період;

$v_v = 0,85$  - коефіцієнт, що враховує наявність внутрішніх огороджуючих конструкцій  
 $\gamma_v$  - середня густина повітря в приміщенні, що поступає за рахунок інфільтрації,  $\text{кг/м}^3$ :

$$\gamma_v = 353 / [273 + 0,5 \cdot (t_B + t_{on})];$$

$$\gamma_v = 353 / [273 + 0,5 (20 + 0,4)] = 1,246 \text{ кг/м}^3$$

де:

$\chi_2 = 0,278$  - коефіцієнт розмірності;

$c = 1 \text{ кДж/(кг К)}$ ;

$\eta$  - коефіцієнт врахування впливу зустрічного теплового потоку в огороджуючих конструкціях,  $\eta = 0,7$ ;

$$K_{inf} = (0,278 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1,246 \cdot 14889,6 \cdot 0,7) / 4500,26 = 0,682 \text{ Вт/(м}^2 \text{ К)}$$

4.4. Загальний коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку,  $K_{б\gamma\delta}$ ,  $\text{Вт/(м}^2 \text{ К)}$ :

$$K_{б\gamma\delta} = 0,607 + 0,682 = 1,289 \text{ Вт / (м}^2 \text{ К)}$$

### 5. Проектні енергетичні показники.

5.1. Загальні тепловтрати через огорожуючу оболонку будинку,  $Q_K$ ,  $\text{кВт год}$ :

$$Q_K = \chi_1 \cdot K_{б\gamma\delta} \cdot D_d \cdot F_\Sigma,$$

де:

$\chi_1 = 0,024$  - розмірний коефіцієнт;

$K_{б\gamma\delta}$  - загальний коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційного шару будинку  $\text{Вт/(м}^2 \text{ К)}$ .

$D_d$  - кількість градусо-днів опалювального періоду, є залежним від температурної зони експлуатації будинку і приймається відповідно до додатка, [29].

Для I температурної зони приймається  $D_d = 3750$  градусо-днів,

для II температурної зони приймається  $D_d = 3250$  градусо-днів,

для III температурної зони приймається  $D_d = 2750$  градусо-днів,

для IV температурної зони приймається  $D_d = 2250$  градусо-днів.

$$Q_K = 0,024 \cdot 1,289 \cdot 3250 \cdot 4500,26 = 452465,14 \text{ кВт год}$$

5.2. Побутові теплонадходження протягом опалювального періоду,  $Q_{ноб}$ ,  $\text{кВт} \cdot \text{год}$ :

$$Q_{ноб} = \chi_1 \cdot q_{ноб} \cdot Z_{он} \cdot F_{ж}$$

де:

$q_{ноб} = 10 \text{ Вт/м}^2$  - теплові надходження на  $1 \text{ м}^2$  житлової площі будинку, [25].

$$Q_{ноб} = 0,024 \cdot 10 \cdot 168 \cdot 3861,99 = 155715,44 \text{ кВт год}$$

5.3. Теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду  $Q_c$ ,  $\text{кВт год}$ , для чотирьох фасадів будинків, орієнтованих по чотирьох сторонах світу: північ (пн), схід (с), південь (пд), захід (з):

$$Q_c = \zeta_o \cdot \varepsilon_o \cdot (F_{ВПн} \cdot I_{Пн} + F_{ВС} \cdot I_C + F_{ВПд} \cdot I_{ВПд} + F_{ВЗ} \cdot I_{ВЗ});$$

де:

$\zeta_o = 0,6$  - коефіцієнт, що враховує затінення віконного прорізу непрозорими елементами заповнення (додаток 6[29]);

$\varepsilon_o = 0,63$  - коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації для світлопрозорих конструкцій, (додаток 6[29]);

$I_{Пн}, I_C, I_{ВПд}, I_{ВЗ}$  - середня величина сонячної радіації за опалювальний період, що надходить на вертикальні поверхні, при дійсних умовах хмарності, відповідно орієнтовані по чотирьох фасадах будинку,  $\text{кВт год/м}^2$  (дод. 7[29]):

$$I_{PH} = 118 \text{ кВт год/м}^2;$$

$$I_C = 177 \text{ кВт год/м}^2;$$

$$I_{Po} = 318 \text{ кВт год/м}^2;$$

$$I_3 = 186 \text{ кВт год/м}^2;$$

$$Q_c = 0,6 \cdot 0,63 \cdot (64,26 \cdot 118 + 128,52 \cdot 177 + 64,26 \cdot 318 + 128,52 \cdot 186) = 28225,31 \text{ кВт год};$$

5.4. Розрахункові витрати теплової енергії за опалювальний період,  $Q_{pич}$ , кВт год:

$$Q_{pич} = [Q_k - (Q_{ноб} + Q_c) \cdot v \cdot \zeta] \cdot \beta_h$$

де:

$v$  - коефіцієнт, що враховує здатність огорожуючої конструкції, приміщень будинків акумулювати або віддавати тепло при періодичному тепловому режимі, що визначається по ДБН В. 2.5-24 [29]; при відсутності точних даних варто приймати  $v = 0,8$ ;

$\zeta$  - коефіцієнт авторегулювання подачі тепла в системах опалення;

$\zeta = 0,5$ - у системі без термостатів і без авторегулювання на ІТП (регулювання центральне в ІТП або котельні); (додаток 8 [29]).

$\beta_h$  - коефіцієнт, що враховує додаткове теплоспоживання системою опалення, пов'язане з дискретністю номінального потоку номенклатурного ряду опалювальних приладів і додатковими тепловитратами через границі огорожень, тепловитратами трубопроводів, що проходять через неопалювані приміщення: для багатосекційних та інших будинків  $\beta_h = 1,13$ , для інших типів будинків  $\beta_h = 1,11$ .

$$Q_{pич} = [452465,14 - (155715,44 + 28225,31) \cdot 0,8 \cdot 0,5] \cdot 1,13 = 121373,02 \text{ кВт год};$$

5.5. Розрахункове значення необхідних тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період,  $q_{бюд}$ ,  $[q_{бюд}]$ , кВт год/м<sup>2</sup>, кВт год/м<sup>3</sup>:

$$q_{бюд} = Q_{pич} / F_h;$$

$$q_{бюд} = 121373,02/4653 = 26,1 \text{ кВт год/м}^2;$$

$$[q_{бюд}] = Q_{pич} / V_h;$$

$$[q_{бюд}] = 121373,02/14889,6 = 8,15 \text{ кВт год/м}^3;$$

5.6. Визначимо клас енергетичної ефективності будинку, для цього визначимо різницю  $\varepsilon$  в % розрахункового значення необхідних тепловитрат  $q_{бюд}$ , від максимально припустимого значення  $E_{max}$ :

$$\varepsilon = [(q_{бюд} - E_{max}) / E_{max}] \cdot 100\% = [(26,1 - 69)/69] \cdot 100 = -62,2 \%;$$

$$[\varepsilon] = [( [q_{бюд}] - [E_{max}] ) / [E_{max}]] \cdot 100\% = [(8,15 - 25)/25] \cdot 100 = -67,4 \%;$$

де:

$$E_{max} = 69 \text{ кВт год/м}^2;$$

$$[E_{max}] = 25 \text{ кВт год/м}^2 - \text{нормативні максимальні тепловитрати багатопверхових будинків, (додаток 9 [29]).}$$

Різниця у відсотковому відношенні попадає в інтервал в  $< -50\%$  і менше, що відповідає класу енергетичної ефективності А, (додаток 10 [29]). Отримані дані заносимо в енергетичний паспорт.

## 6. Енергетичний паспорт будинку

	Найменування розрахункових параметрів	Позначення	Одиниці виміру	Величина
1	Розрахункова температура внутрішнього повітря	$t_B$	°С	20
2	Розрахункова температура зовнішнього повітря	$t_{3,5}$	°С	-19
3	Тривалість опалювального періоду	$Z_{on}$	сутки	168
4	Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період	$t_{on}$	°С	+0,4
5	Розрахункова кількість градусо-днів опалювального періоду	$D_d$	°С·днів	3250

### Функціональне призначення і тип будинку

6	Призначення	Житлове
7	Розміщення в забудові	Окремо розташоване
8	Типовий проект, індивідуальний	Індивідуальний проект

### Геометричні, теплотехнічні й енергетичні показники

#### Геометричні показники

№ n/n	Показник	Позначення	Розмірність	Нормативні Значення	Розра- хункові (проектні) значення
1	2	3	4	5	6
	Загальна площа зовнішніх огорожуючих конструкцій будинку				
1	У тому числі: - стін	$F_{cm}$	м <sup>2</sup>		3466,26
2	- вікон і балконних	$F_o$	м <sup>2</sup>		385,56
3	- горищних перекриттів	$F_u$	м <sup>2</sup>		517
4	- цокольних перекриттів	$F_u$	м <sup>2</sup>		517
5	- зовнішніх дверей	$F_o$	м <sup>2</sup>		7,56
6	- площа опалювальних приміщень	$F_h$	м <sup>2</sup>		4653
7	- площа житлових приміщень і кухонь	$F_{жс}$	м <sup>2</sup>		3861,99
8	- опалювальний об'єм	$v_h$	м <sup>2</sup>		14889,6
9	- коефіцієнт застосування фасадів будинку	$m_{заск}$	-		0,111
10	Показник компактності будинку	$A_{к\ буд}$	м <sup>-1</sup>		0,302

**Технічні показники**

	Приведений опір теплопередачі зовнішніх огорожуючих конструкцій				
1	- стін	$R_{ин}$	м² К/Вт	2,5	2,5
2	- вікон і балконних дверей	$R_6$	м² К/Вт	0,5	0,5
3	- горищних перекриттів	$R_z$	м² К/Вт	3,0	3,0
4	- цокольних перекриттів	$R_u$	м² К/Вт	2,3	2,3
5	- зовнішні двері	$R_d$	м² К/Вт	0,41	0,41

**Енергетичні показники**

1	Розрахункові необхідні тепловитрати	$q_{буд}$	кВт · год/м² [кВт · год/м³]		26,1 8,15
2	Максимально допустимі значення необхідних тепловитрат на опалення будинку	$E_{max}$	кВт · год/м² [кВт · год/м³]		69 25
3	Клас енергетичної ефективності				A
4	Відповідність проекту будинку нормативним вимогам				Так
5	Необхідність доробки проекту будинку				Ні

\* енергетичний паспорт є невід'ємною частиною будь-якого проекту будинку;

\* у сучасних нормативах термічний опір огорожуючої конструкції, збільшений на 30%;

\* якщо будинок має коефіцієнт застління більше 0,18, то можливо ситуація, коли витримані всі нормативи за коефіцієнтами термооболонки будинку, а питомі тепловитрати перевищують максимально допустимі - у цьому випадку необхідно розробляти заходи щодо підвищення енергоефективності будинку.

## 9. ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ БУДИНКІВ

### 9.1. Основні способи приєднання систем опалення до теплових мереж

На сьогоднішній день при централізованому теплопостачанні високо-температурною водою вважається виправданим прагнення підвищувати розрахункову температуру і швидкість руху теплоносія в системах опалення. Це роблять для зменшення площі поперечного перерізу теплопроводів і нагрівальної поверхні приладів і калориферів. Однак підвищення температури теплоносія в більшості випадків перешкоджають санітарно-гігієнічні вимоги, що передбачають нормативне обмеження вищого значення температури теплоносія в системі опалення того або іншого будинку.

Збільшення швидкості руху теплоносія відкриває можливості створення систем опалення з керованим аеродинамічним або гідравлічним режимом для підвищення їхньої теплової стійкості.

На жаль, на практиці дотепер використовується проектування систем водяного опалення, розрахованих на втрати тиску 10–15 кПа (1000 – 1500 кг/м<sup>2</sup>), особливо при залежному приєднанні до зовнішніх теплопроводів із застосуванням водоструминних елеваторів. При цьому приймають низькі значення швидкості, близькі до швидкості руху в гравітаційних системах опалення. Це приводить до проектування металоємних систем з недостатнім використанням тиску, створюваного насосами, для циркуляції води.

Створювання працездатних систем опалення, що стійко розподіляють теплоту по всіх приміщеннях, ще не означає досягнення основної мети опалення – забезпечення сприятливого самопочуття і високої життєдіяльності людей у холодний період року шляхом підтримки комфортних температурних умов у приміщеннях. Для досягнення цієї мети в конкретному будинку потрібно збільшувати або зменшувати тепловіддачу в приміщення у зв'язку з відхиленням від тих змін погоди і теплонадходжень, які були враховані при проектуванні системи опалення. На систему опалення покладає додаткове експлуатаційне завдання - усувати дисбаланс теплоти, що виникає через випадкові зовнішні і внутрішні впливи на тепловий режим приміщень, для того щоб зміни температури повітря в приміщеннях не перевищувало  $\pm 2$  °С.

Це завдання може бути вирішене, якщо конструкція системи буде пристосована до проведення місцевого та індивідуального регулювання температури і кількості теплоносія, починаючи з введення теплоносія в будинок. Звісно, верхня межа подачі тепла завжди буде обмежений тепловою потужністю системи в цілому або окремих її частинах, агрегатів і приладів.

Прикладом конструктивної зміни системи для усунення наслідків нерівномірного впливу вітру і сонячної радіації на будинок є поділ системи опалення на “пофасадні” частини з автоматичним регулюванням режиму їхньої роботи.

Для досягнення основної мети системи опалення можна також користуватися заходами щодо підвищення температури поверхні зовнішніх огорожень і зміні напрямку руху припливного повітря через нещільності у світлових прорізах і будівельних конструкціях ззовні. Так, наприклад, якщо подавати нагріте повітря струминами, що настилаються на скло, то буде підвищуватися температура внутрішньої поверхні вікон і відхилятися потоки холодного повітря спрямовані на людей.

Залежно від числа теплопроводів у тепловій мережі водяні системи теплопостачання можуть бути однотрубними, двотрубними, трьохтрубними, чотирьохтрубними і комбінованими, якщо число труб у тепловій мережі не є постійним. Спрощені принципові схеми зазначених систем наведені на Рис. 9.1.

Найбільш економічні однотрубні (розімкнуті) системи (Рис. 9.1 а) доцільні тільки тоді, коли середньогодинна витрата мережної води, що подається на потреби опалення і вентиляції, збігається протягом досить тривалого періоду із середньогодинною витратою води, споживаної для гарячого водопостачання. Але для більшості районів нашої країни,



крім самих південних, розрахункові витрати мережної води, що подається на потреби опалення і вентиляції, виявляються з більшою витратою води, ніж у споживаній для гарячого водопостачання. При такому дисбалансі зазначених витрат невикористану для гарячого водопостачання воду доводиться відправляти в дренаж, що є дуже неекономічним. У зв'язку із цим найбільше поширення в нашій країні одержали двотрубні системи теплопостачання: відкриті (напівзамкнуті) (Рис.9.1 б) і закриті (замкнуті) (Рис. 9.1 в).

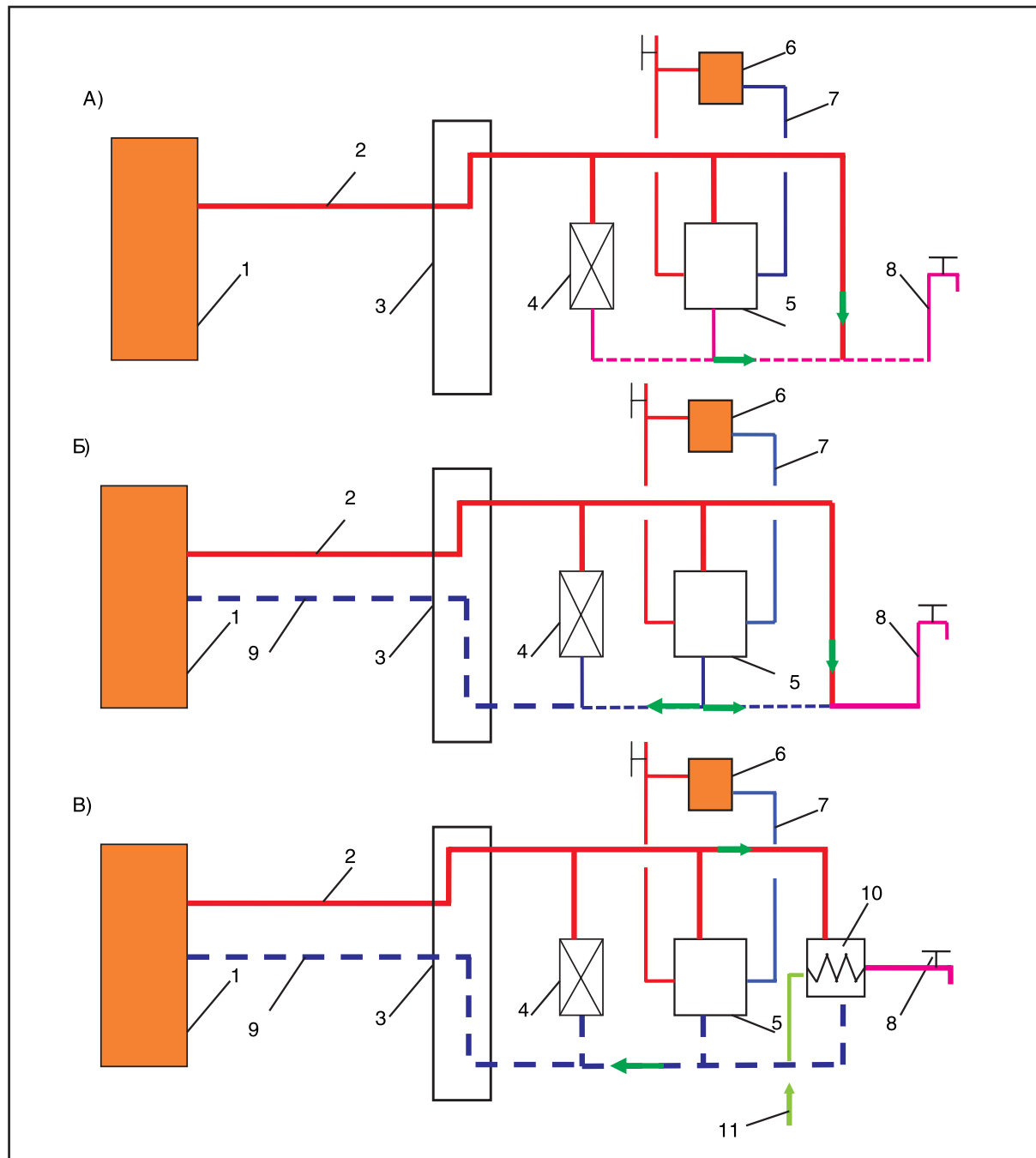


Рис. 9.1. Принципові схеми теплопостачання.

А) – однотрубна (розімкнута); Б) – двотрубна відкрита; В) - двотрубна замкнута;  
 1 – джерело тепла; 2 – подавальний трубопровід мережі; 3 – абонентський ввід;  
 4 – калорифер вентиляції; 5 – абонентський теплообмінник; 6 - нагрівальний прилад;  
 7 – трубопроводи місцевої системи опалення; 8 – місцева система ГВП;  
 9 – зворотний трубопровід теплової мережі; 10 – теплообмінник гарячого водопостачання;  
 11 – трубопровід холодної води.

При значному віддаленні джерела тепла від району доцільні комбіновані системи теплопостачання, що представляють собою сполучення однотрубною системи і напівзамкнутої двотрубною системи (Рис. 9.2 а). У такій системі вхідний до складу ТЕЦ піковий водогрійний котел розміщується безпосередньо в районі теплопостачання, створюючи додаткову водогрійну котельню. Від ТЕЦ до котельні подається по одній трубі тільки така кількість високотемпературної води, яка необхідна для гарячого водопостачання. Усередині ж району теплопостачання влаштовується звичайна напівзамкнута двотрубна система.

У котельні до води від ТЕЦ додається підігріта в котлі вода зі зворотного трубопроводу двотрубною системи, і загальний потік води з більш низькою температурою, чим температура води, що надходить від ТЕЦ, направляється в теплову мережу району. Надалі частину цієї води використовується в місцевих системах гарячого водопостачання, а інша частина повертається в котельню.

Трьохтрубні системи знаходять застосування в промислових системах теплопостачання з постійною витратою води, що подається на технологічні потреби (Рис. 9.2 б). Такі системи мають дві труби, що подають. По одній з них вода зі незмінною температурою надходить до технологічних апаратів і до теплообмінників гарячого водопостачання, по іншій вода зі змінною температурою йде на потреби опалення і вентиляції. Охолоджена вода від всіх місцевих систем повертається до джерела тепла по одному загальному трубопроводу.

Чотирьохтрубні системи (Рис. 9.2в) через велику витрату металу застосовуються лише в дрібних системах з метою спрощення абонентських введень. У таких системах вода для місцевих систем гарячого водопостачання підготовляється безпосередньо в джерелах тепла (у котельнях) і по особливій трубі підводиться до споживачів, де безпосередньо надходить у місцеві системи гарячого водопостачання. У цьому випадку в абонентів відсутні підігрівальні установки гарячого водопостачання і рециркуляційна вода систем гарячого водопостачання повертається для підігріву до джерела тепла. Дві інші труби в такій системі призначаються для місцевих систем опалення та вентиляції.

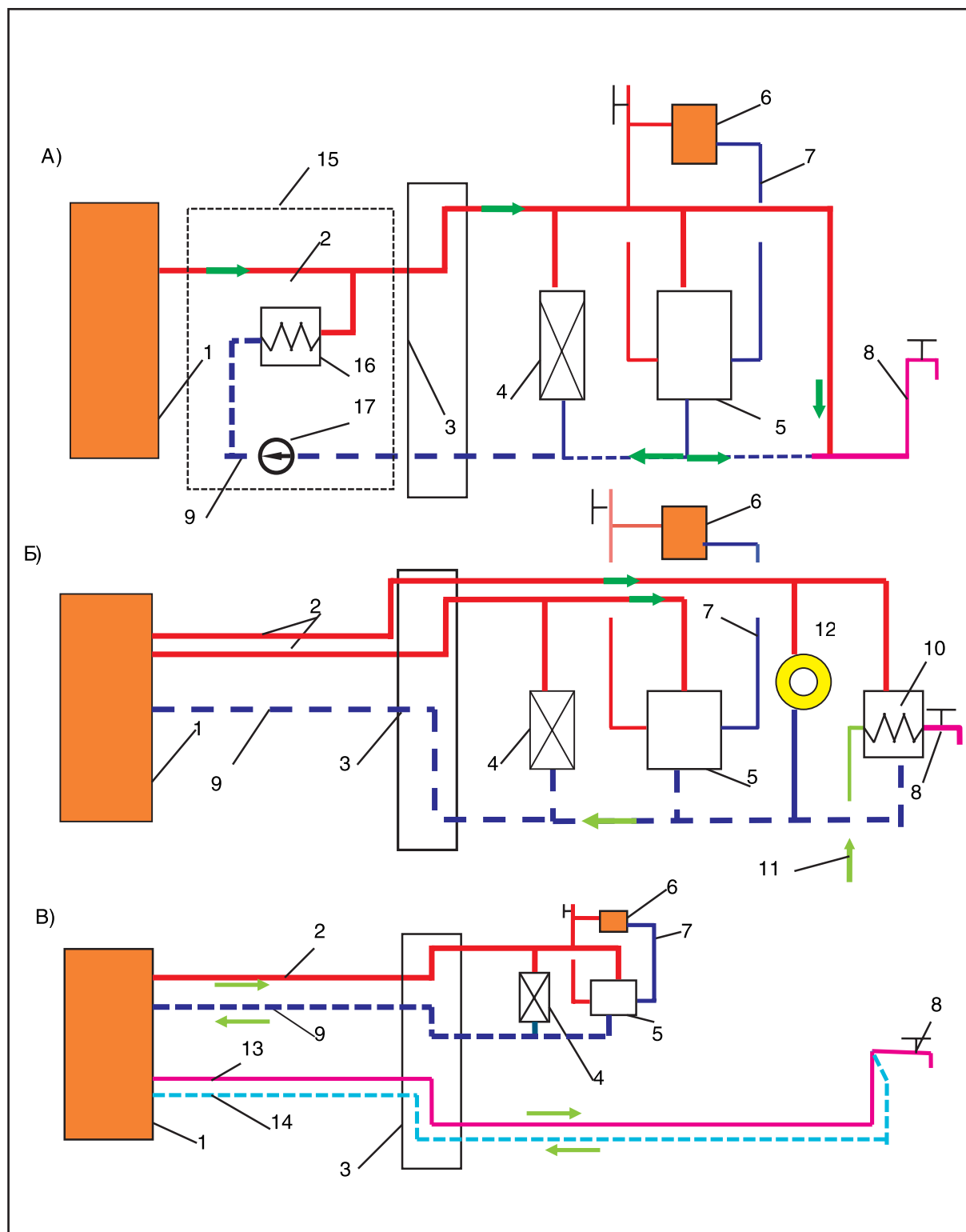


Рис. 9.2. Принципові схеми тепlopостачання.

А) – комбінована; Б) – трьохтрубна; В) – чотирьохтрубна;

1 – джерело тепла; 2 – подавальний трубопровід мережі; 3 – абонентський ввід; 4 – калорифер вентиляції; 5 – абонентський теплообмінник; 6 – нагрівальний прилад; 7 – трубопроводи місцевої системи опалення; 8 – місцева система ГВП; 9 – зворотний трубопровід тепломережі; 10 – теплообмінник гарячого водопостачання; 11 – холодний водопровід; 12 – технологічний апарат; 13 – подавальний трубопровід ГВП; 14 – рециркуляційний трубопровід ГВП; 15 – котельня; 16 – водогрійний котел; 17 – насос.

Режим відпуску теплоти для окремих видів споживачів різний. Якщо витрата теплоти на опалення в основному залежить від параметрів зовнішнього повітря і теплонадходжень у приміщення, то споживання теплоти на гаряче водопостачання визначається витратою води, що міняється протягом доби по днях тижня. Одним з ланок надійного та економічного теплопостачання споживачів досягається шляхом керування роботою курсив, жирний. Ціль керування – забезпечення споживачів необхідною витратою теплоносія із заданою температурою, тобто забезпечення необхідного гідравлічного і теплового режиму системи. Ця мета досягається підтримкою заданих величин тиску, перепаду тиску і температури в різних точках системи.

Оскільки шляхом централізованого керування на ТЕЦ або в районній котельні неможливо забезпечити необхідний гідравлічний і тепловий режим у численних споживачів теплоти, застосовують проміжні щаблі підтримки теплоти і тиску води - **індивідуальні теплові пункти (ІТП)**.

Температура теплоносія після теплового пункту підтримується за допомогою насосів змішання, регульованих засувки або опалювальних водопідігрівачів. Перепад тиску перед тепловим пунктом, що забезпечує його нормальну роботу, становить 300 - 400 кПа.

Додатково може виконуватися групове регулювання і місцеве в окремих приміщеннях.

На ІТП для систем опалення здійснюється регулювання температури води за графіком, регулювання температури води на потреби гарячого водопостачання, місцеве регулювання режиму відпуску води на опалення і регулювання повітрянагрівачів вентиляційних систем.

При зміні в процесі регулювання витрати мережної води в об'єкті неминуче змінюються перепади тиску на інших ділянках системи внаслідок гідравлічного розрегулювання, тому на кожному ІТП передбачене регулювання перепаду тиску.

Сучасні теплові пункти складаються з вузла комерційного обліку теплопостачання і вузлів зміни параметрів теплоносія для систем опалення, вентиляції і гарячого водопостачання. Теплові пункти можуть бути індивідуальними тепловими пунктами (ІТП) (для одного будинку) і центральними тепловими пунктами (ЦТП), (що обслуговують кілька будинків, квартал, мікрорайон).

Вузол комерційного обліку теплопостачання визначає кількість використаної теплової енергії споживачем, величина якого служить для визначення суми платежів теплопостачальній організації.

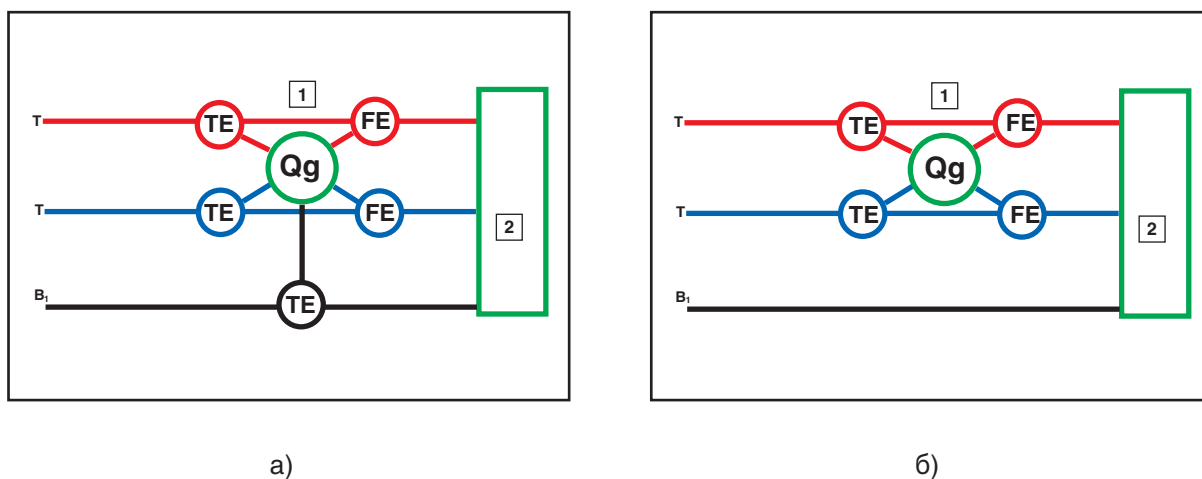


Рис. 9.3. Технологічні схеми вузла комерційного обліку теплової енергії:

а - для теплових пунктів потужністю 2,5 МВт і більше;

б - для теплових пунктів потужністю менше 2,5 МВт.

1 - вузол обліку теплової енергії, 2 - споживачі, В<sub>1</sub> - міський водопровід, FE - витратомір, TE - термометр опору, Qg - теплолічильник.

У будинку, як правило, передбачається один вузол комерційного обліку теплової енергії. Інші вузли обліку теплової енергії є не комерційними (погодженням з тепlopостачальною організацією допускається пристрій в одному тепlopункті двох і більше вузлів комерційного обліку тепlopостачання - як підстава, зокрема, може бути факт наявності декількох фірм-власників різних частин будинку).

В Україні вузли комерційного обліку виконуються в основному для теплових пунктів потужністю 2,5 МВт і більше і для теплових пунктів потужністю менш 2,5 МВт.

Нормативними вимогами в сертифікованих теплових лічильниках регламентується вимір кількості теплової енергії, час роботи і простого теплोलічильника, об'єм теплоносія, що пройшов через витратоміри і поточну температуру теплоносія. Також багато хто з них здатні фіксувати миттєві значення теплової потужності, тиску води, накопичувати погодинну і подовбу інформацію про ці параметри.

Найбільше застосування одержали теплोलічильники з ультразвуковими, індукційними та механічними перетворювачами витрати.

Вузли зміни параметрів теплоносія для систем опалення, вентиляції і гарячого водопостачання діляться на вузли із залежним приєднанням до теплової мережі і з незалежним приєднанням.

Вузол зміни параметрів теплоносія для систем опалення, вентиляції і гарячого водопостачання із залежним приєднанням до теплової мережі для системи опалення складається, як правило, із циркуляційного насоса, регулятора перепаду тиску прямої дії, регулювального клапана з електроприводом, регулятора температури (Рис. 9.4). Іноді в схемі застосовують триходовий регулювальний клапан замість прохідного.

Схема реалізує якісне регулювання, підтримуючи задану температурним графіком температуру в подавальному трубопроводі.

Тепловий пункт для зміни параметрів теплоносія з незалежним приєднанням до теплової мережі для двотрубно́ї системи опалення додатково містить у собі теплообмінник, розширювальну посудину і систему підживлення (Рис. 9.5).

Незалежне приєднання системи опалення до теплової мережі через теплообмінник обов'язково необхідно застосовувати як мінімум у тих випадках, коли системи опалення і тепlopостачання несумісні один з одним по тиску в трубопроводах.

У цей час, як правило, намагаються реалізувати системи з незалежним підключенням. Це викликано застосуванням нетрадиційних поновлюваних джерел енергії (зокрема використанням сонячного і геотермального джерел енергії як перший щабель підігріву). У схемах (Рис. 9.4, 9.5) використовуються регулятор перепаду тиску, що дозволяє привести гідравлічний опір системи в повну відповідність із тиском, що розвиває циркуляційним насосом, а пропускний клапан потрібно для забезпечення роботи насосів у робочому режимі при частково закритих термостатичних клапанах на нагрівальних приладах.

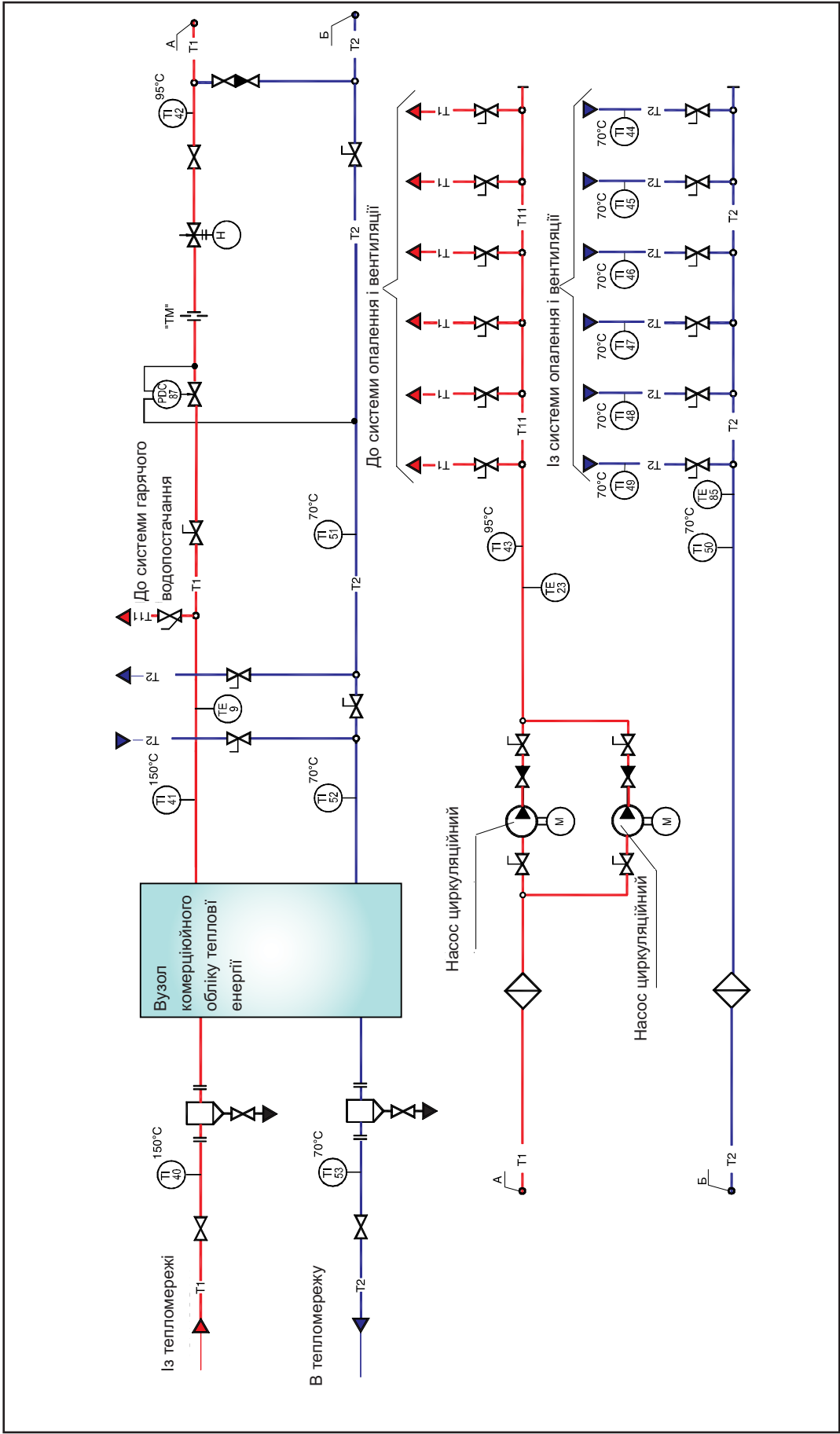


Рис. 9.4. Схема вузла зміни параметрів теплоносія для систем опалення із залежним приєднанням до тепломережі

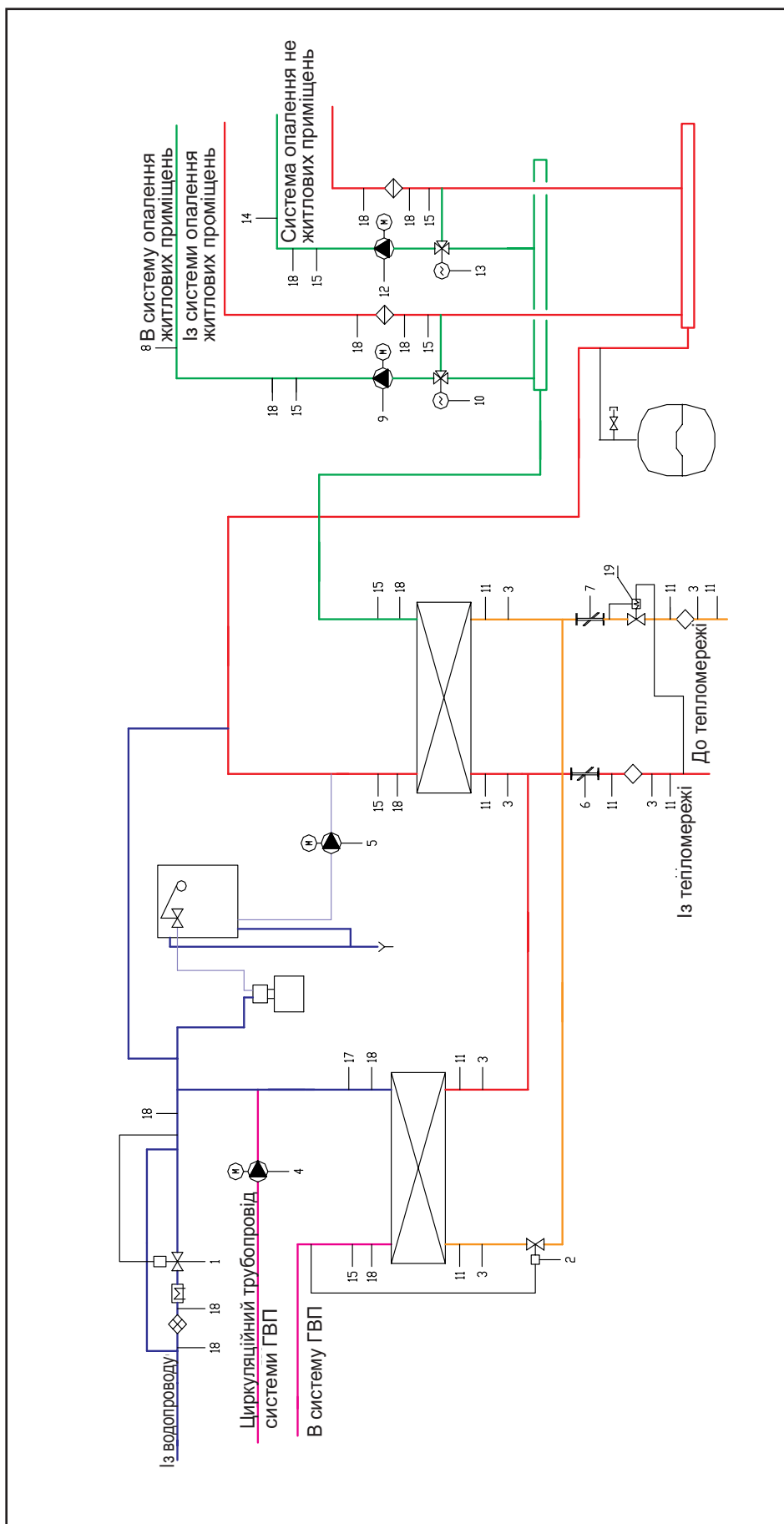


Рис. 9.5. Схема вузла зміни параметрів теплоносія системи опалення з незалежним приєднанням до теплової мережі:

1 – регулятор тиску прямої дії «після себе»; 2 – регулятор температури прямої дії; 3, 15, 16, 17 – термометр; 4 – насос циркуляційний ГВП; 5 – насос підживлюючий; 6 – витратомір ультразвуковий із тепломережі; 7 – витратомір ультразвуковий в тепломережі; 8 – датчик температури теплоносія глибинний; 9 – насос циркуляційний системи опалення житлових приміщень; 10, 13 – клапан регулюючий триходовий; 10а, 13а – редукторний електропривод; 11, 18 – манометр; 12 – насос циркуляційний системи опалення нежитлових приміщень; 14 – датчик температури теплоносія глибинний; 19 – регулятор перепаду тиску прямої дії.

## **9.2. Теплопостачання від місцевих джерел теплоти**

Масовий перехід від централізованих систем теплопостачання до місцевих (децентралізованих) систем за останні 15 років викликаний, з одного боку, насиченням ринку різним теплогенеруючим обладнанням, а з іншого боку - зниженням якості теплопостачання від централізованих систем. Тобто масове застосування децентралізованих систем викликано бажанням споживачів забезпечити себе тепловою енергією, а не прагненням до енергозбереження.

Необхідно також відзначити, що відмінною рисою сучасних систем опалення є наявність регулюючого обладнання. Оскільки до 1995 року в Україні використовувались системи опалення з постійними гідравлічними характеристиками, регулювання кількості тепла, що подається системою опалення, виконувалося зміною температури теплоносія. При цьому робота районних котельень і ТЕЦ також здійснювалася за графіком, залежно від зовнішньої температури. Але у зв'язку зі зміною №2 до СНІП 2.04.05-91 [9] всі нагрівальні прилади повинні бути обладнані терморегуляторами. Крім енергозберігаючого ефекту ця вимога викликала конфлікт між системами опалення, які перейшли в розряд гідравлічних змінюваних систем (тобто з кількісним регулюванням), і тепловими мережами з постійним гідравлічним режимом [17]. Дана обставина також сприяла переходу до місцевих систем теплопостачання.

Розглядаючи застосовувані в цей час теплогенеруючі установки, необхідно відзначити, що основні виробники пропонують котли, що працюють переважно на газоподібному паливі, а для економії і раціонального використання останнього пропонується ряд стандартних заходів - модульні котли, багаторежимна робота пальників, конденсатні котли. При цьому, необхідно відзначити, що ряд фірм починає пропонувати в Україні котли, що працюють на поновлюваному паливі. Так з урахуванням росту вартості копалини вуглеводного палива усе більше актуальним стає застосування котлів, що використовують як паливо поновлювану біомасу у вигляді відходів деревини, у тому числі гранульовані відходи деревини у вигляді пелет. В Україні вже налагоджене виробництво пелет. Додатковими позитивними властивостями біомаси є наявність значних запасів в Україні і CO<sub>2</sub> нейтральний статус такого палива. Типи водогрійних котлів, що використовують як паливо біомасу (див. Рис. 9.7) для індивідуального і централізованого теплопостачання виробництва компанії Герц Арматурен, представлені на Рис. 9.6.



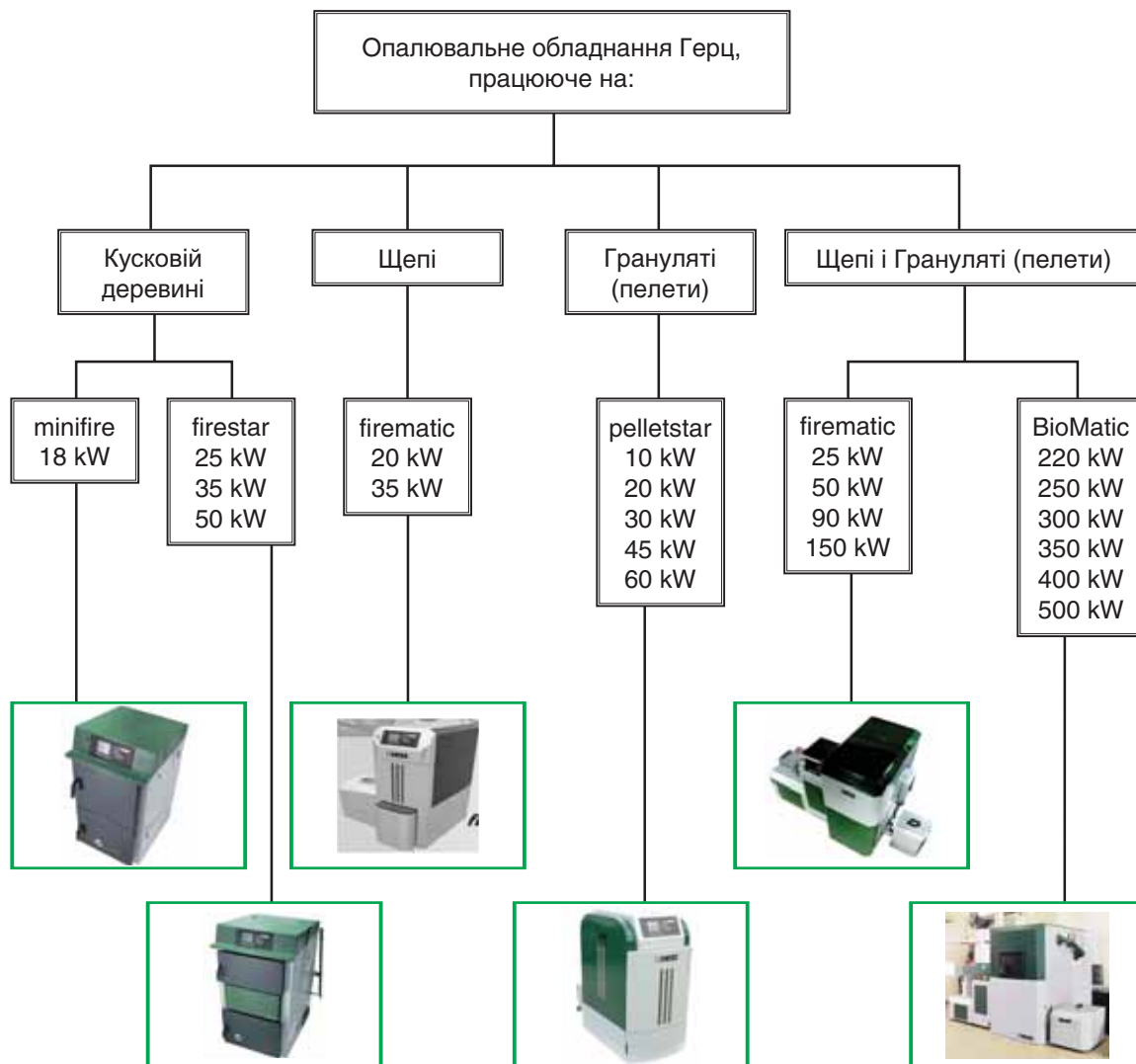


Рис. 9.6. Модельний ряд котлів HERZ для спалювання біомаси.

**Щепа**



**Гранулят (пелети)**



**Дрова**



**Пресовані оливкові кісточки**



**Гранулят із оливкових кісточок**



**Гранулят із сіна і соломи**



Рис. 9.7. Різні види біомаси

Таблиця 9.1.

Основні вимоги до пресованого деревного палива відповідно до австрійських норм М 7135

Характеристика	Одиниці вимірювання	Розділ випробувального тесту	Дерев'яні пресовані вироби			Пресовані вироби із кори		
			НР1 пеллети	НР2	НР3 брикет	RP2 пелети із кори	RP2	RP2 брикет із кори
Діаметр	мм	6,2	$4 \leq D < 10^{1)}$	$10 \leq D < 40$	$40 \leq D < 120$	$4 \leq D < 10^{1)}$	$10 \leq D < 40$	$40 \leq D < 120$
Довжина	мм	6,2	$\leq 5 \times D^{2)}$	$\leq 4 \times D^{2)}$	$\leq 400$	$\leq 5 \times D^{2)}$	$\leq 4 \times D^{2)}$	$\leq 400$
Густина	кг/дм <sup>3</sup>	6,3	$\geq 1,12^{3)}$	$\geq 1,00$	$\geq 1,00$	$\geq 1,12^{3)}$	$\geq 1,10$	$\geq 1,10$
Вологість	%	6,5	$\leq 10,0$	$\leq 10,0$	$\leq 10,0$	$\leq 18,0$	$\leq 18,0$	$\leq 18,0$
Зольність <sup>4</sup>	%	6,6	$\leq 0,50$	$\leq 0,50^{5)}$	$\leq 0,50^{5)}$	$\leq 6,0$	$\leq 6,0$	$\leq 6,0$
Теплотворна спроможність <sup>4</sup>	МДж/кг	6,7	$\geq 18,0$	$\geq 18,0$	$\geq 18,0$	$\geq 18,0$	$\geq 18,0$	$\geq 18,0$
Вміст сірки <sup>4</sup>	%	6,8	$\leq 0,04$	$\leq 0,04$	$\leq 0,04$	$\leq 0,08$	$\leq 0,08$	$\leq 0,08$
Вміст азоту <sup>4</sup>	%	6,9	$\leq 0,30$	$\leq 0,30$	$\leq 0,30$	$\leq 0,60$	$\leq 0,60$	$\leq 0,60$
Вміст хлору <sup>4</sup>	%	6,10	$\leq 0,02$	$\leq 0,02$	$\leq 0,02$	$\leq 0,04$	$\leq 0,04$	$\leq 0,04$
Пил	%	6,11	$\leq 2,3^{6)}$	-	-	$\leq 2,3^{6)}$	-	-
Допоміжна прес-добавка <sup>7</sup>	%	7,3	$\leq 2$	$\leq 2$	$\leq 2$	$\leq 2$	$\leq 2$	$\leq 2$

1. Згідно п. 7.6 заданий діаметр повинен становити  $\pm 10\%$
2. Довжина брикету довжиною 7,5 x D повинна становити не більше 20% ваги
3. Дивися п. 3:
4. У сухому стані
5. Дозволяється перевищення зольності до 0,8 % при високій зольності деревини
6. Дивися п. 6.11
7. Тип і кількість прес-добавки, згідно п. 7.3.2, повинне відповідати рекомендаціям виробника

Пристрій котлів малої потужності припускає наявність декількох газоходів, камери спалювання газу [18-20] і, у випадку конденсатних котлів, значну поверхню теплообмінника. Необхідно відзначити, що такі котли високоефективні і довговічні. Однак, на відміну від котлових централізованих систем тепlopостачання, дані агрегати працюють практично весь період не в номінальному режимі (Рис. 9.8), тобто нижче зазначеного ККД, а самі котли не призначені для реалізації в їхніх топках високофорсованих вогняних процесів. Також варто врахувати ту обставину, що визначення ККД закордонних котлів виконано відповідно до норм країн-виробників (як правило, при температурному перепаді 75-60 °С). Врахування же зниження теплового навантаження і зменшення ККД котла у зв'язку зі зменшенням ефективності використання теплосприймаючої поверхні не зазначені.

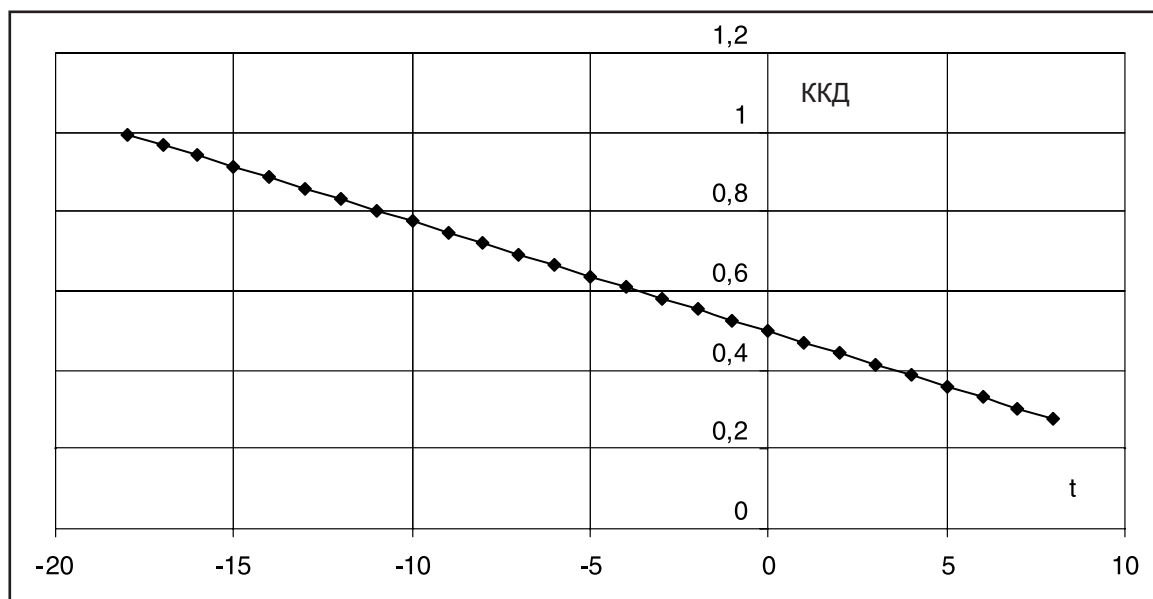


Рис. 9.8. Залежність коефіцієнта корисної дії котла від зміни теплового навантаження при підвищенні зовнішньої температури.

Крім того, підвищення ефективності котлів не завжди позитивно для систем опалення будинків - зокрема зниження температури гарячої води в системі опалення вимагає збільшення площі нагрівальних приладів (внаслідок зменшення температурного напору), збільшення діаметрів магістральних трубопроводів, тобто збільшення експлуатаційних і капітальних витрат. Те ж можна сказати і про регулювання систем опалення - оскільки регулятори встановлюються в середнім положенні на нагрівальні прилади, то площа останніх необхідно збільшити на 15 - 20% у порівнянні з необхідної з розрахунку. Тобто проблему енергозбереження житлових будинків необхідно розглядати в комплексі всіх складових теплової системи.

Також необхідно врахувати, що тепло, що корисно використовує споживач, не відповідає кількості виробленого тепла. Тобто коефіцієнт використовуваного тепла визначається по залежності (9.1):

$$\eta = \eta_k + \eta_{m.c.} + \eta_{c.o.} + \eta_{n.l.} \quad (9.1)$$

де:

$\eta_k$ ,  $\eta_{m.c.}$ ,  $\eta_{c.o.}$ ,  $\eta_{n.l.}$  - відповідно, коефіцієнти корисної дії котельні, теплових мереж, системи опалення і нагрівальних приладів.

У результаті відсоток корисно використаної теплоти не перевищує 50 %, внаслідок чого децентралізація енергопостачання виявляється вигідної для кінцевого споживача, що може бути власником незалежного джерела енергопостачання.

Однак, зменшуючи таким способом тепловтрати при транспортуванні теплоносія, зменшується ефективність роботи котлового агрегату, змушеного працювати практично весь опалювальний період у не номінальному режимі.

### Основні вимоги до автономних систем теплопостачання

Автономними (індивідуальними) системами теплопостачання є системи, у яких відсутні теплові зовнішні мережі, а вироблення теплоти призначене тільки для одного будинку.

Теплопостачання будинків у децентралізованих системах теплопостачання може здійснюватися:

- від автономного джерела тепла (у тому числі дахової котельні);
- від індивідуальних теплогенераторів систем поквартирного теплопостачання.

Необхідна теплова потужність котлів визначається залежно від функціонального призначення - одноконтурні котли (тільки для опалення) і двоконтурні (опалення і гаряче водопостачання).

У випадках, коли котел забезпечує тільки опалювальне навантаження  $Q_{\text{кот.от}}$ , Вт, його варто підбирати на теплову потужність, обумовлену за формулою (9.2):

$$Q_{\text{кот.от}} = 1,1 (Q_{\text{тр}} + Q_{\text{в}} - Q_{\text{поб}}), \quad (9.2)$$

де:

$Q_{\text{в}}$  - визначається за дод. 10 СНіП 2.04.05-91 [8].

При підборі двофункціонального котла, що забезпечує навантаження опалення і гарячого водопостачання, теплова потужність котла визначається, якщо навантаження гарячого водопостачання:

- не перевищує 20% опалювального навантаження, необхідна теплопродуктивність котла приймається за формулою (9.2);

- перевищує 20% опалювального навантаження, необхідна теплопродуктивність котла  $Q_{\text{кот.от+гв}}$  визначається за формулою:

$$Q_{\text{кот.от+гв}} = 0,88 Q_{\text{кот.от}} + Q_{\text{гв.ср}} \quad (9.3)$$

### Основні вимоги до автономних джерел теплопостачання

Як джерела теплової енергії повинні прийматися автоматизовані теплогенератори повної заводської готовності з температурою теплоносія - води до 115 °С і тиском теплоносія до 1,0 МПа вітчизняного або закордонного виробництва, що мають дозвіл на їхнє застосування у встановленому порядку.

В якості палива для котлів приймають - кам'яні вугілля або біомасу відповідно до технічної документації на котли, природний газ за ДСТУ 5542-87, грубне побутове паливо (ТУ 38-101656-76), освітлювальний гас (ГОСТ 4753-68 зі змінами).

Котли, що працюють на газоподібному або рідкому паливі, повинні в обов'язковому порядку бути обладнані автоматикою безпеки і регулювання.

Підтримка температурного режиму в цих котлах повинне забезпечувати зміна температури води, що надходить у систему опалення, залежно від поточної температури зовнішнього повітря і температури внутрішнього повітря у визначальних опалювальних приміщеннях будинку.

При відсутності автоматизації температурного режиму в конструкції котлів на твердому паливі ця автоматика повинна, як правило, передбачатися безпосередньо в системах опалення при їхньому проектуванні.

Розміщення теплогенеруючих агрегатів передбачається:

- на кухні при потужності котла до 60 кВт незалежно від наявності газової плити і газового водонагрівача;

- в окремому приміщенні на будь-якому поверсі (у тому числі підвальному або цокольному) при їхній сумарній потужності для систем опалення і гарячого водопостачання до 150 кВт;

- в окремому приміщенні першого або цокольного поверху, а також у приміщенні, прибудованому до житлового будинку, при їхній сумарній потужності для системи опалення і гарячого водопостачання до 500 кВт.

При розміщенні теплових агрегатів сумарною потужністю до 150 кВт в окремому приміщенні, розташованому на будь-якому поверсі житлового будинку, приміщення повинне

відповідати наступним вимогам:

- висота не менше 2,5 м;
- об'єм і площа приміщення з умов зручного обслуговування теплових агрегатів і додаткового устаткування, але не менш 15 м<sup>3</sup>;
- приміщення повинне бути відділене від суміжних приміщень стінами із граничною вогнестійкості 0,75 год, а межа поширення вогню по конструкції дорівнює нулю;
- природне освітлення з розрахунку засклення 0,03 м<sup>2</sup> на 1 м<sup>3</sup> приміщення;
- у приміщенні повинна передбачатися вентиляція з розрахунку: витяжка в об'ємі 3-кратного повітрообміну приміщення в годину, приплив в об'ємі витяжки плюс кількість повітря на горіння газу (при заборі повітря на горіння із приміщення);
- об'єм і площа приміщення з умов зручного обслуговування теплових агрегатів і допоміжного устаткування.

При розміщенні теплових агрегатів сумарною тепловою потужністю до 500 кВт у прибудові до житлових будинків приміщення прибудови повинне відповідати наступним вимогам:

- прибудова повинна розміщатися в глухій частині стіни будинку з відстанню по горизонталі від віконних і дверних прорізів не менше 1 м;
- стіна прибудови не повинна бути зв'язана зі стіною житлового будинку;
- стіни і конструкції прибудови повинні мати межу вогнестійкості 0,75 год, а межа поширення вогню по конструкціях дорівнює нулю;
- висота - не менше 2,5 м;
- об'єм і площа приміщення - з умов зручного обслуговування теплогенераторів і допоміжного устаткування;
- природне освітлення - з розрахунку засклення 0,03 м<sup>2</sup> на 1 м<sup>3</sup> об'єму приміщення;
- у приміщенні повинна передбачатися вентиляція з розрахунку: витяжка в об'ємі 3-кратного повітрообміну приміщення в годину, приплив в об'ємі витяжки плюс кількість повітря на горіння газу (при заборі повітря на горіння із приміщення);
- воно повинне мати сигналізацію загазованості.

Димоходи від котлів повинні виконуватися відповідно до вимог СНІП 2.04.05-91 [8]. Димоходи можуть виконуватися в межах дому або бути прибудовані із зовнішньої сторони будинку. Приєднання котлів до димоходів здійснюється трубами, виготовленими з покрівельної сталі товщиною не менш 1 мм, або уніфікованими елементами, що поставляють у комплекті з котлом. Конструкції димоходів також можуть бути промислового виготовлення і поставлятися в комплекті з котлом.

Димоходи, прокладені зовні будинку, повинні бути теплоізованими по всій довжині.

### **Основні вимоги до індивідуальних теплогенераторів**

Індивідуальні системи теплопостачання застосовуються для опалення, вентиляції і гарячого водопостачання квартир у житлових будинках, у тому числі що мають вбудовані приміщення громадського призначення.

Як джерела теплоти систем поквартирного теплопостачання варто застосовувати індивідуальні теплогенератори - автоматизовані котли повної заводської готовності на різних видах палива, у тому числі на природному газі, що працюють без постійного обслуговуючого персоналу.

Для багатоквартирних житлових будинків і вбудованих приміщень громадського призначення варто застосовувати теплогенератори:

- із закритою (герметичною) камерою згоряння;
- з автоматикою безпеки, що забезпечує припинення подачі палива при припиненні подачі електроенергії, при несправності ланцюгів захисту, при гасінні полум'я пальника, при падінні тиску теплоносія нижче гранично допустимого значення, при досягненні гранично допустимої температури теплоносія, при порушенні димовидалення;
- з температурою теплоносія до 95 °С;
- з тиском теплоносія до 1,0 МПа.

У квартирах теплогенератори загальною теплопродуктивністю до 35 кВт можна

встановлювати в кухнях, коридорах, у нежилых приміщеннях, а у вбудованих приміщеннях громадського призначення - у приміщеннях без постійного перебування людей.

Теплогенератори загальною теплопродуктивністю понад 35 кВт варто розміщати в окремому приміщенні. Загальна теплопродуктивність установлених у цьому приміщенні теплогенераторів не повинна перевищувати 100 кВт.

Забір повітря для горіння повинен здійснюватися:

- для теплогенераторів із закритими камерами згоряння - повітроводами безпосередньо зовні будинку;

- для теплогенераторів з відкритими камерами згоряння - безпосередньо із приміщень, у яких встановлені теплогенератори.

Димохід повинен мати вертикальний напрямок і не мати звужень. Забороняється прокладати димоходи через житлові приміщення.

До колективного димоходу можуть приєднуватися теплогенератори одного типу (наприклад, із закритою камерою згоряння із примусовим димовидаленням), теплопродуктивність яких відрізняється не більш, ніж на 30% у меншу сторону від теплогенератора з найбільшою теплопродуктивністю.

До одного колективного димоходу можна приєднувати не більше 8 теплогенераторів і не більше одного теплогенератора на поверх.

У приміщеннях теплогенераторів із закритою камерою згоряння варто передбачати загальнообмінну вентиляцію з розрахунку, але не менше одного обміну в 1 год. У приміщеннях теплогенераторів з відкритою камерою згоряння варто враховувати також витрату повітря на горіння палива, при цьому система вентиляції не повинна допускати розрядження всередині приміщення, що впливає на роботу димовидалення від теплогенераторів.

При розміщенні теплогенератора в приміщеннях громадського призначення варто передбачати установку системи контролю загазованості з автоматичним відключенням подачі газу для теплогенератора при досягненні небезпечної концентрації газу в повітрі - понад 10 % нижньої концентраційної межі поширення полум'я (НКМПП) природного газу.

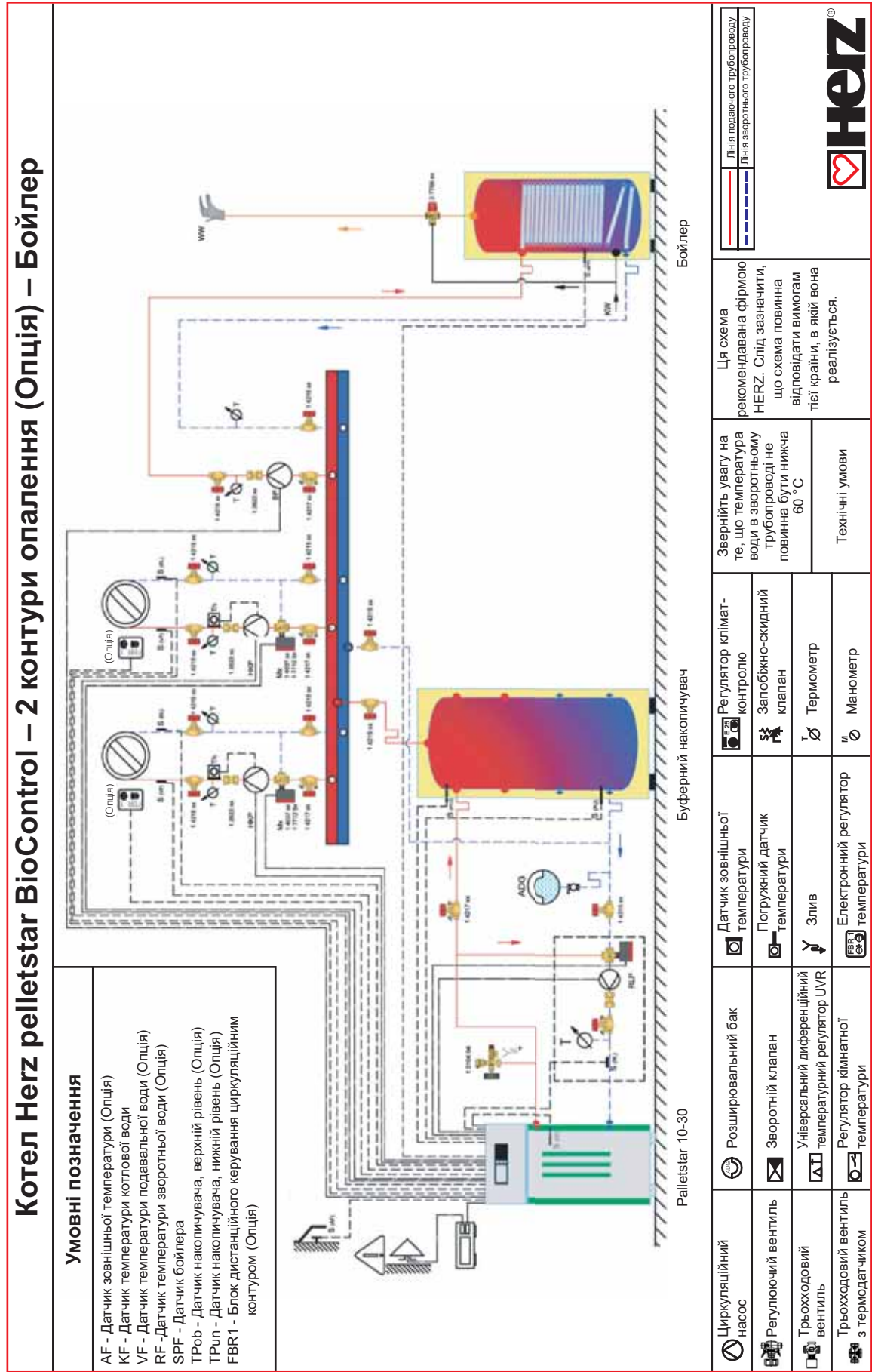
Технічне обслуговування та ремонт теплогенератора, газопроводу, димоходу і повітроводу для забору зовнішнього повітря повинні здійснюватися спеціалізованими організаціями, що мають свою аварійно-диспетчерську службу.

У цей час застосування місцевих автономних теплогенераторів (для опалення квартири або будинку) можливо при одночасному виробленні двох і більше видів енергії (теплової, електричної енергії, холоду) або при відповідному ТЕО у випадку неможливості використання поновлюваних джерел енергії. Тому перспективно використання наведених нижче схем з використанням біопалива і сонячного колектора:

- варіант теплової схеми котельні на біомасі з використанням котла HERZ Firematic (25-150 кВт), накопичувальним баком, двома контурами опалення і бойлером гарячого водопостачання показаний на Рис. 9.9.

схема котельні на біомасі з використанням котла HERZ Firematic (25-150 кВт) без накопичувального бака з геліоустановкою на базі плоского геліоколектора HERZ Sanstar представлена на Рис. 9.10.







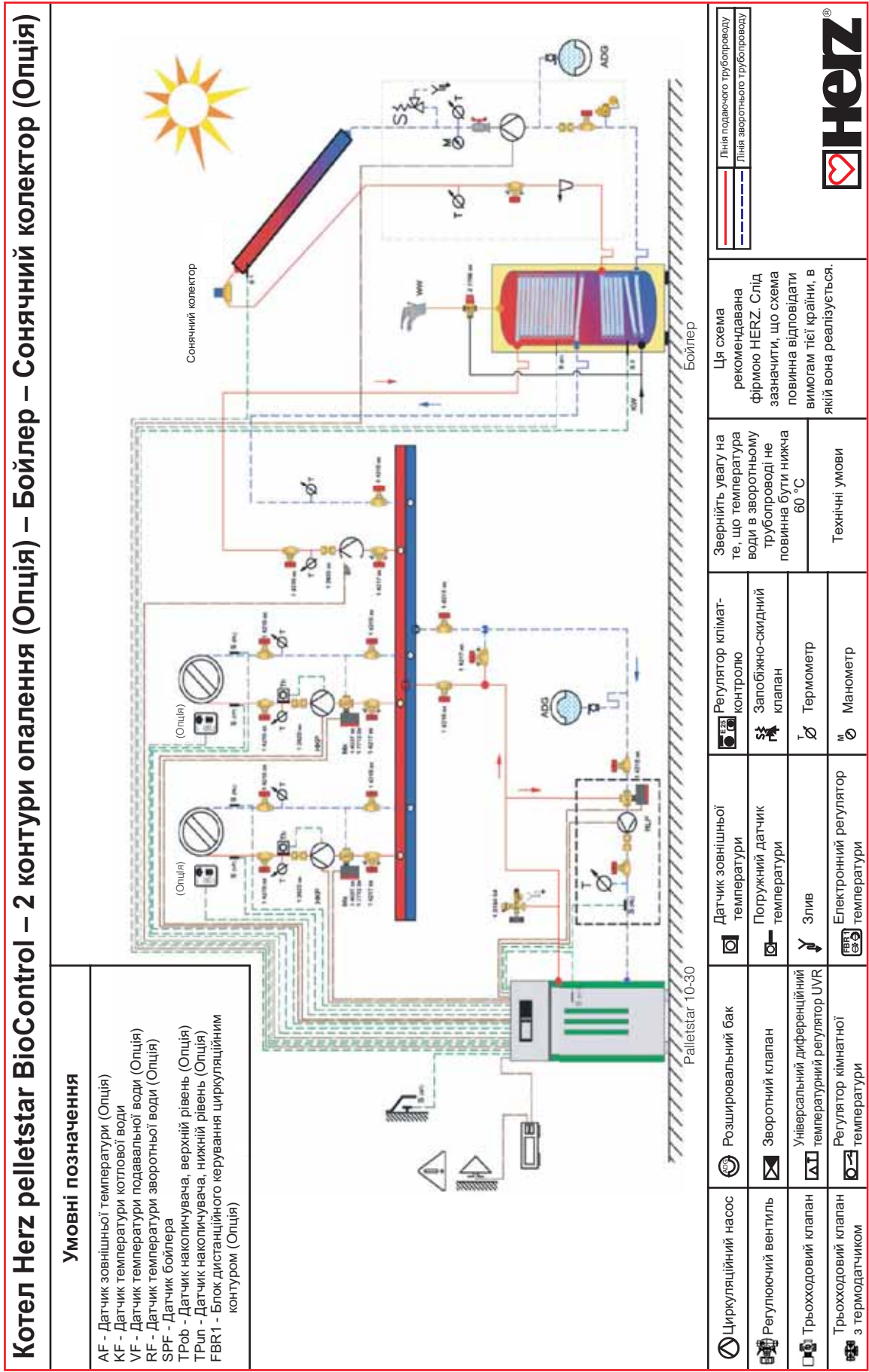


Рис. 9.10. Варіант принципової теплової схеми котельні 10-30 кВт із використанням котла HERZ Pelletstar і геліоустановки HERZ

## 10. СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

### 10.1. Основні положення.

#### **Класифікація систем опалення**

Для компенсації теплових втрат, що виникають у будинках і спорудах у перехідний і зимовий періоди року, використовуються системи опалення. Будь-яка система опалення призначена для підтримки в приміщеннях опалювального будинку нормованих значень внутрішньої температури і складається із трьох основних елементів: теплогенеруючого центру, у якому теплоносію передається розрахункова кількість тепла, система трубопроводів для переміщення по них теплоносія і опалювальних приладів, що передають тепло від теплоносія внутрішньому повітрю приміщень.

У системах опалення, як теплоносії, застосовують воду, незамерзаючі суміші, насичена водяна пара, повітря, а в панельно-випромінюючих системах - перегріту воду, незамерзаючі суміші і електроенергію. Останнім часом усе більше поширення одержали теплоносії на основі гліколей.

Теплоносії (холодоносії) є проміжним тілом, за допомогою якого здійснюється перенос тепла від повітря охолоджуваного приміщення до холодильного агента. Холодоносієм може служити вода, водяні розчини солей або рідини з низькою температурою замерзання - антифризи і т.д. Їх застосовують там, де безпосереднє охолодження небажане або не представляється можливим.

При температурах теплоносія нижче рівня замерзання води, а також з метою запобігання замерзання теплоносія в трубопроводах при низьких температурах навколишнього середовища, у якості теплоносіїв використовують різні розчини і суміші з низькою температурою замерзання.

Розповсюдженими холодоносіями є хлористий натрій ( $NaCl$ ), солі хлористого кальцію ( $CaCl_2$ ), водяні розчини гліколей. У зв'язку з високою корозійною активністю сольових розчинів, витрати на ремонт устаткування можуть багаторазово перевищити прямі витрати, тому останнім часом усе більш широке застосування знаходять розчини багатоатомних спиртів, у тому числі пропіленгліколя (ПГ), етиленгліколя, гліцерину, що особливо характерно для систем центрального кондиціонування. При проектуванні систем із гліколевим теплоносієм слід враховувати їхні фізико-хімічні особливості.

Водяні розчини етиленгліколя і пропіленгліколя мають відмінні від води теплофізичні властивості - теплоємність, густину, теплопровідність, хімічну активність і т.п., які повинні бути враховані при виборі обладнання, гідравлічному розрахунках систем холодопостачання.

Пропіленгліколь і етиленгліколь мають молекулярний розмір менший, чим у чистої води. Ця властивість може привести до витоків в ущільненнях (особливо при низьких температурах теплоносія і високих концентраціях гліколя) і вимагає більш уважного підходу до вибору насосного устаткування і його розміщенню. У ряді випадків стандартні насоси розраховані на максимальний склад гліколя 30 - 40%, більш високі концентрації вимагають заміни стандартних ущільнень на спеціальні. По можливості насоси слід розміщати в частинах системи з більш високою температурою теплоносія. Також не рекомендується застосовувати труби з оцинкованої сталі в системах із гліколевими теплоносіями.

Цінність насиченої водяної пари, як теплоносія, полягає, по-перше, у великій кількості тепла, що виділяється при його конденсації в опалювальних приладах і, по-друге, у можливості передавати велику кількість тепла на значні відстані при малих витратах енергії.

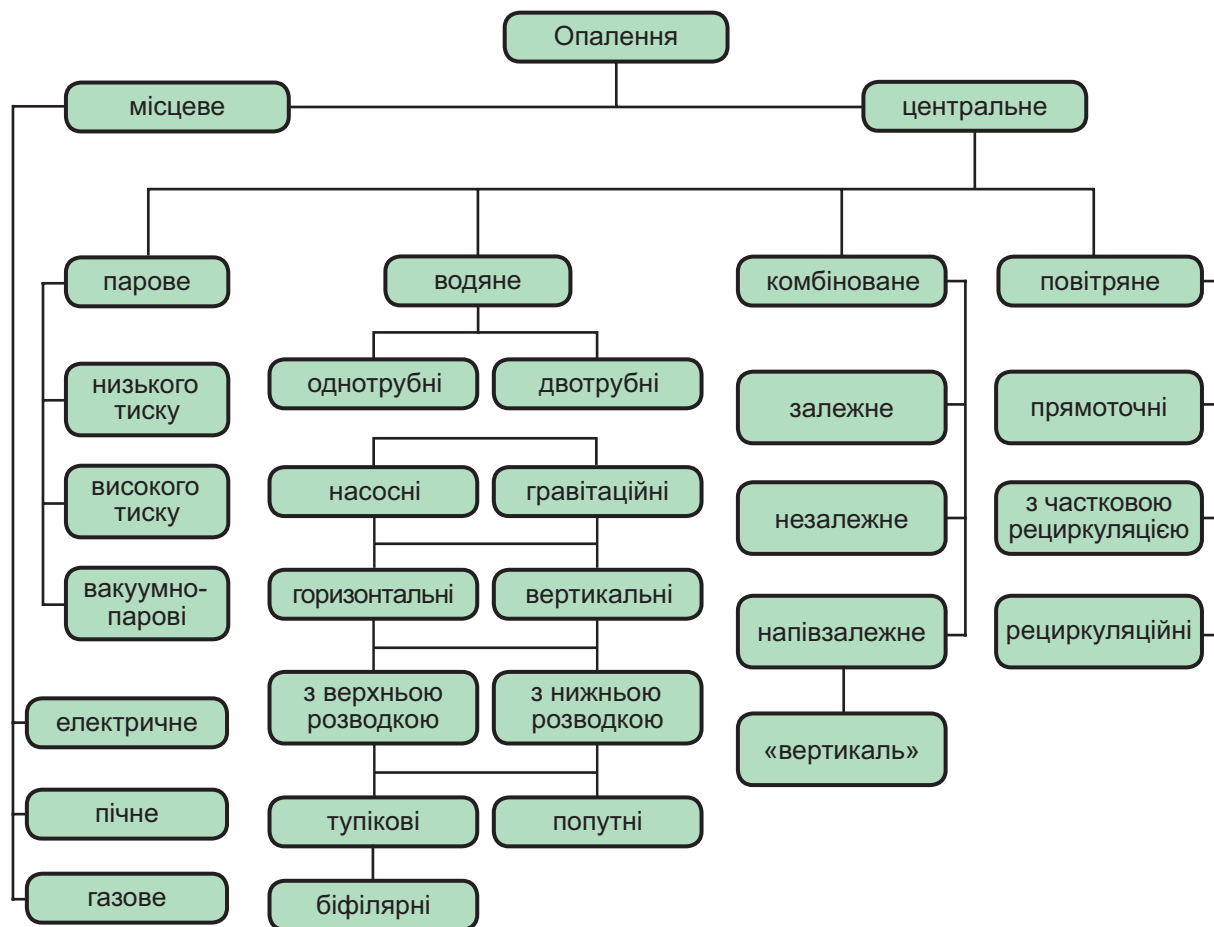


Рис. 10.1. Класифікація систем опалення.

Повітря, як теплоносіє, у силу своєї малої питомої теплоємності ( $1 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$ ) вимагає для переносу тепла значно більших, у порівнянні з водою, об'ємів. Витрати енергії, виявляються більшими чим при транспортуванні такого ж кількості тепла за допомогою води чи пари. Однак при сполученні функцій обігріву і вентиляції приміщень представляється дуже вигідним його використання, особливо у випадках, коли допустимо повне або часткове повернення для повторного підігріву. Особливо це відноситься до виробничих будинків великого об'єму.

У цей час системи опалення можна орієнтовно представити у вигляді класифікації, що представлена на Рис. 10.1.

Усі наведені на схемі види систем опалення залежно від радіуса їх дії підрозділяють на місцеві і центральні. Місцевим опаленням називають вид опалення, у якому теплогенеруючий пристрій, трубопроводи для переміщення теплоносія і опалювальні прилади конструктивно скомпановані разом в опалювальному приміщенні.

Центральним опаленням називають вид опалення, у якому трубопроводи системи і нагрівальні прилади перебувають в одному будинку, а тепло подається від теплогенеруючого пристрою, що перебуває поза будинком.

Якщо теплогенеруючий пристрій обслуговує кілька будинків або район населеного пункту, то такий вид опалення називається районним опаленням.

## **10.2. Системи водяного опалення.**

Система опалення будинку, приєднаного до теплової мережі, складається з вузла приготування теплоносія, трубопроводів, віток, підводок і опалювальних приладів. Системи водяного опалення є найпоширенішими з відомих опалювальних систем. Як видно з наведеної класифікації системи можуть бути горизонтальними або вертикальними.

Горизонтальне розведення може бути верхнім, нижнім або змішаним. При верхньому розведенні подавальний і зворотний трубопроводи прокладаються, як правило, по горищу будинку. При нижньому розведенні обидва трубопроводи прокладаються в підвалі, а при його відсутності - у цокольному або в першому поверсі. При змішанім розведенні один з трубопроводів прокладається по горищу, а другий - по підвалу.

Вертикальні розведення звичайно застосовуються в громадських будинках, а також у житлових будинках, обладнаних поквартирними системами опалення. Розведення трубопроводів з попутним рухом води конструюються таким чином, щоб довжина циркуляційних кілець через усі вітки системи була однаковою.

У багатоповерхових будинках з вертикальними двотрубними системами опалення повинно проектуватися, як правило, нижнє розведення магістралей. Змішане розведення магістральних трубопроводів (одна труба на горищі, друга - у підвалі) не рекомендується через неможливість установки на стояках регуляторів перепаду тиску.

Вітки трубопроводів з'єднують трубопроводи з підводками до опалювальних приладів. По розташуванню в просторі вітки можуть бути вертикальними або горизонтальними. Вертикальні вітки прийнято називати стояками.

По способу приєднання підводок вітки можуть бути однотрубними або двотрубними.

У місцях підключення віток до трубопроводів повинна встановлюватися запірна арматура і обладнання для зливу води і випуску повітря. Стояки і прямолінійні горизонтальні вітки довжиною 50 м і більш повинні проектуватися з компенсаторами.

У верхній точці стояків систем опалення з нижнім розведенням повинні встановлюватися пристрої для автоматичного випуску повітря.

У житлових будинках рекомендується проектувати квартирні системи опалення з горизонтальними двотрубними або однотрубними вітками трубопроводів, що прокладаються в підлозі або в плінтусах.

Принципова схема насосної вертикальної двотрубно-тупикової системи водяного опалення з нижнім розведенням наведена на Рис. 10.2. У системі передбачаються радіаторні терморегулятори, для регулювання тепловіддачі нагрівальних приладів, автоматичні повітровипускники, для видалення повітря із системи і запірна арматура для відключення окремих віток системи. Для забезпечення гідравлічної стійкості роботи системи в продовж опалювального періоду на стояках встановлюються балансувальні клапани (ручні або автоматичні), які забезпечують сталість перепаду тиску (витрати) на даній ділянці.

Як видно із класифікації, системи опалення по виду циркуляції теплоносія діляться на гравітаційну і насосну.

Відмінності насосних від гравітаційних систем полягає в наступному: у системі встановлений циркуляційний насос, температурні розширення теплоносія компенсує розширювальний бак мембранного типу (закритий) і у верхніх точках систем встановлюються автоматичні повітровипускники.

Системи зі штучною циркуляцією води роблять із тупиковим і попутним рухом води. У системах з тупиковим рухом води, напрямку руху води подавальної і зворотної магістралях віток протилежні один одному, а в системах з попутним рухом, вода в подавальній і зворотної магістралях тече в одному напрямку.

Системи опалення, у яких теплоносій надходить в опалювальні прилади по одній трубі називаються однотрубними системами. Однотрубні системи можуть бути із природньою і примусовою циркуляцією, з тупиковими вітками і з попутним рухом теплоносія, вертикальні й горизонтальні. Принципова схема насосної вертикальної однотрубно-тупикової системи водяного опалення зі змішаною розводкою наведена на Рис. 10.3.

## ДВОТРУБНА СИСТЕМА ОПАЛЕННЯ

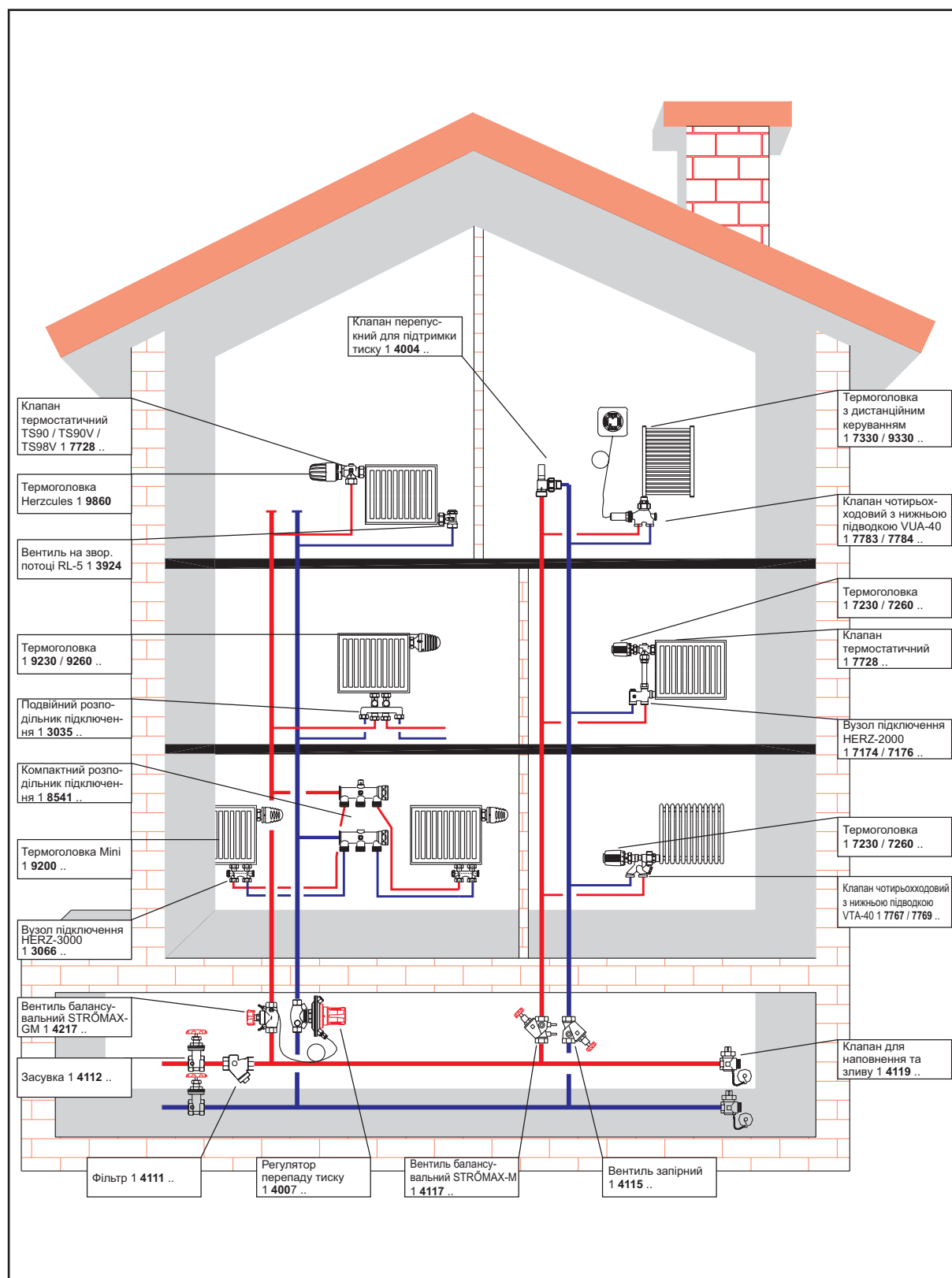


Рис. 10.2. Схема двотрубно-вертикальної системи опалення з нижньою розводкою.

## ОДНОТРУБНА СИСТЕМА ОПАЛЕННЯ

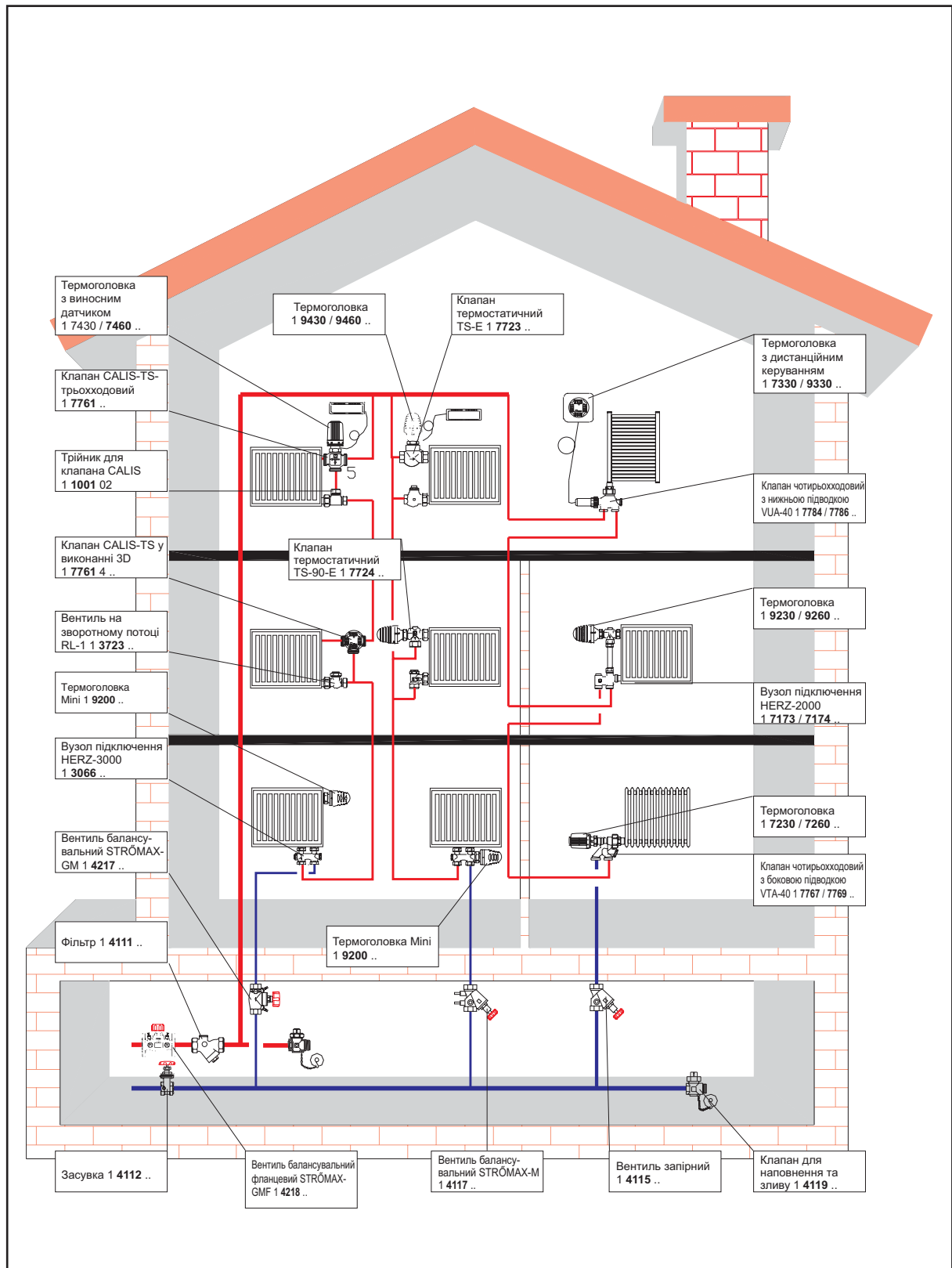


Рис. 10.3. Схема однотрубно-вертикальної системи опалення.



У даній системі опалення передбачаються: автоматичні повітровипускники, терморегулятори, запірні та регулюючі арматури, а у випадку незалежного підключення системи опалення - розширювальний бак мембранного типу. По типу стояків системи можуть бути зі зміщеними короткозамкненими ділянками, з осьовими короткозамкненими ділянками, а так само проточно-нерегульованими, коли короткозамкнена ділянка на стояку відсутня. Однотрубні системи опалення можуть бути тупиковими і попутними (по рухові теплоносія). В обох випадках магістральні трубопроводи прокладаються з мінімальним ухилом 0,003 у бік джерела тепла.

Особливістю однотрубних систем водяного опалення є те, що на відміну від двотрубних систем, в опалювальні прилади стояків вода надходить із різними температурами, чисельне значення яких зменшується по ходу руху теплоносія.

Крім вертикальних однотрубних систем у промислових і громадських будинках, де приміщення відрізняються значними розмірами, застосовують горизонтальні однотрубні системи (Рис. 10.4).

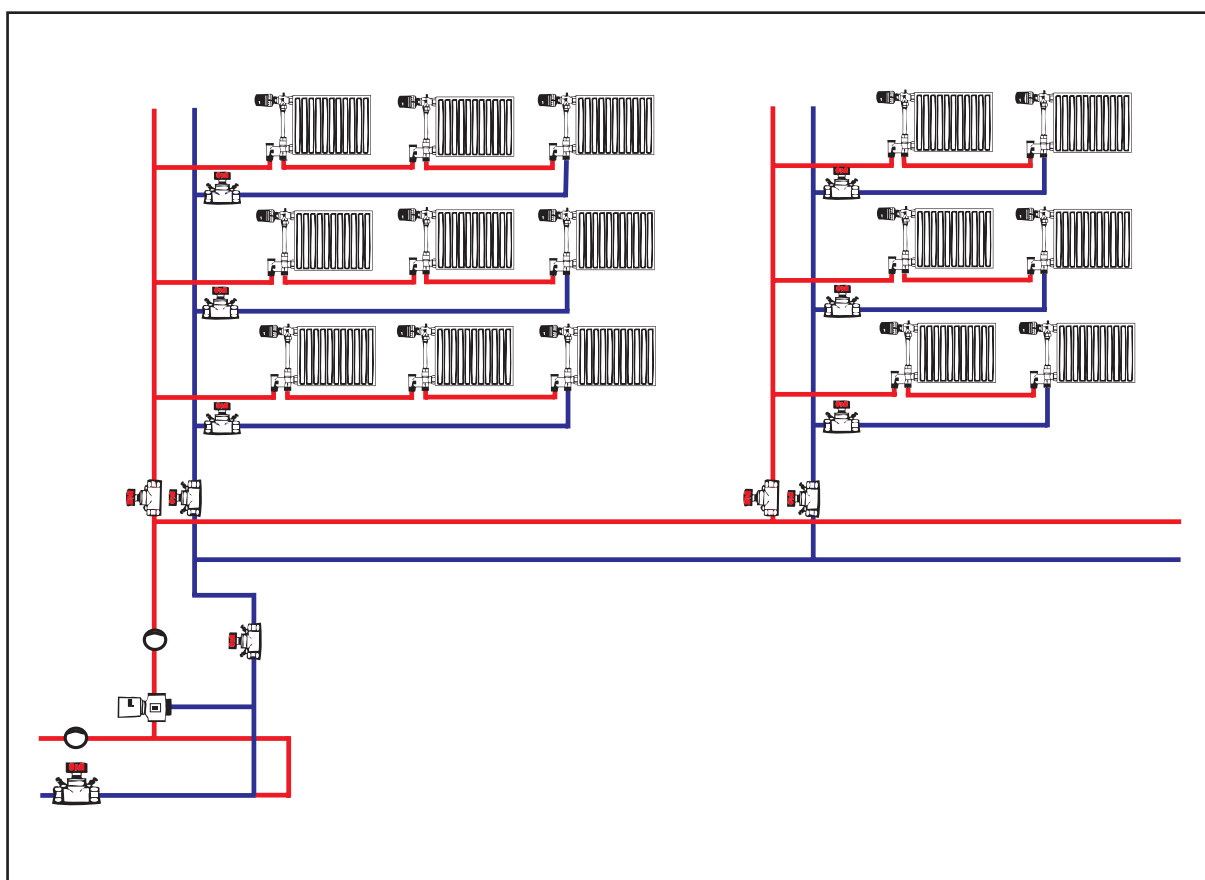


Рис. 10.4. Принципові схеми горизонтальної однотрубної системи водяного опалення з насосною циркуляцією теплоносія.



Рис. 10.4.а Варіант плінтусної розводки для двотрубної системи опалення

Горизонтальні однотрубні системи можуть бути проточними без автоматичних повітровідвідників в опалювальних приладах, з обхідними ділянками, з редукційною вставкою, із плінтусним розведенням труб і з підвіконним розведенням труб. Горизонтальні вітки системи можуть одержувати воду або від джерела тепла, або зі стояків, що прокладаються вертикально.

У районних системах опалення, у яких використовують воду з температурою до 150 °С (високотемпературна вода), застосовують наступну схему водо-водяного опалення (Рис. 10.5). Характерними рисами даної схеми є: наявність змішувального пристрою 2 (елеватор), у якому відбувається змішання високотемпературної води, вироблюваної котлом 3, з водою зі зворотної магістралі системи опалення 1, внаслідок цього одержують температуру води  $t_r$  у подаючій магістралі системи опалення відповідну нормовану залежно від призначення будинку. Циркуляційний насос 4 підтримує постійний тиск у мережах, що подають високотемпературну воду до системи опалення, а наявність підживлювального насоса, що автоматично включається, 5 дозволяє заповнювати витік води із системи.

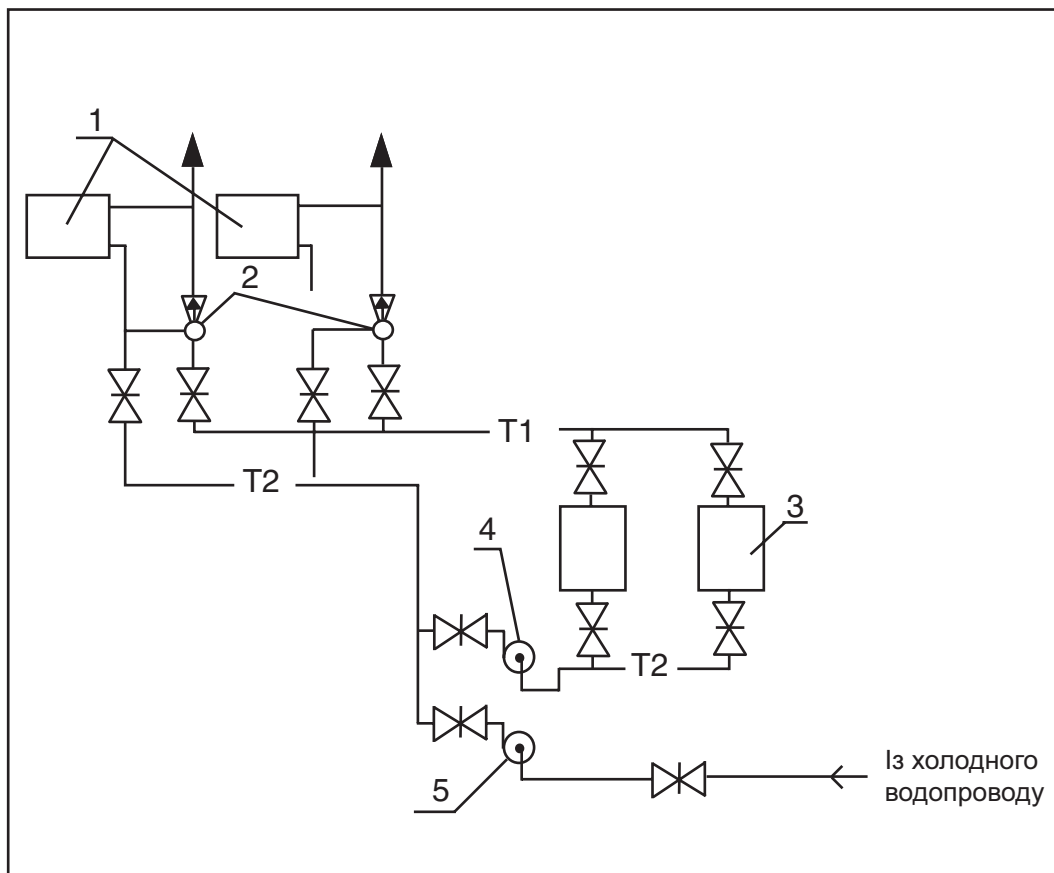


Рис. 10.5. Варіант схеми районного водяного опалення:

1. Система опалення; 2. Елеватор; 3. Котел; 4. Мережний циркуляційний насос;
5. Підживлювальний насос із холодного водопроводу.



### **10.3. Вимоги до систем опалення**

Вимоги змін СНІП 2.04.05-91, СНІП 2.04.01-85, про поквартирний облік і регулюванні витрати тепла, газу, холодного і гарячого водопостачання, обумовлюють розгляд як первинний елемент системи квартиру в цілому, а не окремий опалювальний або санітарний прилад.

Системи водяного опалення з поквартирною розводкою слід розглядати в якості пріоритетних без обмежень по архітектурно-конструктивних особливостях будинку і кліматичним умовам району забудови [25].

При наявності надійного джерела електропостачання або з індивідуальним (дублюючим) електрогенератором системи квартирних водяного опалення слід передбачати з насосним спонуканням циркуляції. При відсутності надійного електропостачання квартирні системи водяного опалення слід проектувати із природнім спонуканням. У цьому випадку слід передбачати однотрубні вертикальні системи опалення з верхньою розводкою подаючої магістралі.

Розрахункова температура теплоносія в подаючому трубопроводі системи опалення ухвалюється не вище 95 °С, на виході із системи опалення, як правило, не нижче 60 °С - для систем із природною циркуляцією і не вище 80 °С - з механічним спонуканням.

У якості опалювальних приладів рекомендується використовувати радіатори або конвектори різних конструкцій, що мають сертифікат відповідності. При цьому:

- повна висота опалювального приладу повинна бути менше відстані від чистої підлоги до низу підвіконної дошки (або низу віконного прорізу при її відсутності) на величину не менш 110 мм;

- довжина опалювального приладу повинна бути 0,9-0,5 від ширини віконних прорізів опалювальних приміщень;

- опалювальний прилад повинен бути зручний в експлуатації і, у першу чергу, доступний для очищення від пилу.

При різноманітності архітектурно-конструктивних рішень окремих опалювальних приміщень будинку (наприклад, наявність зимового саду, басейну та ін.) допускається використання в одній системі опалення опалювальних приладів різних типів.

На підводці до опалювального приладу слід передбачати установку термостата або ручного регульовального крана.

Установка в опалювальних приладах систем опалення з механічним спонуканням у якості регулюючої арматур автоматичних терморегуляторів (термостатів) є кращою і вирішується в технічному завданні замовника.

Розміщення запірної і спускової арматур повинне забезпечувати можливість відключення і спорожнювання системи і її окремих частин.

До насосів квартирних систем водяного опалення з механічним спонуканням пред'являються наступні основні вимоги:

- надійність в експлуатації;

- акустичні характеристики, що забезпечують у приміщеннях рівень звукового тиску відповідно до вимог нормативних документів;

- простору в монтажі і експлуатації.

Як правило, слід застосовувати малошумні безфундаментні насоси, вмонтовані безпосередньо на трубопроводі із числом обертів не більш 1450 об/хв.

У системах опалення з механічним спонуканням слід передбачати установку двох насосів (робочого і резервного).

Допускається установка одного насоса при зберіганні резервного на складі з можливістю заміни насоса, який вийшов з ладу, протягом не більше 3 год.

Повітря із системи опалення з верхнім розведенням слід видаляти за допомогою проточних повітрязбірників або в системах із природнім спонуканням - розширювальних посудин, розташовуваних у верхній її частині.

У системах опалення з нижньою розводкою магістралей для видалення повітря передбачається установка повітровипускних кранів на опалювальних приладах верхніх поверхів (у горизонтальних системах - на кожному опалювальному приладі).

У системах опалення з механічним спонуканням замість відкритої розширювальної посудини рекомендується використовувати розширювальний бак мембранного типу, розташований, як правило, у тому ж приміщенні, що й генератор теплоти (котел).

Спорожнювання систем водяного опалення або їх частин допускається тільки для виробництва ремонтних робіт. Час від спорожнювання до наповнення системи повинен бути мінімальним.

Опалювальні прилади повинні бути легко доступні для збирання. При водяному опаленні температура поверхні опалювальних приладів не повинна перевищувати 90 °С. Для приладів з температурою поверхні, що нагрівається, більше 75 °С необхідно передбачати захисні огороження.

Приміщення перших поверхів будинків, розташованих в I кліматичній зоні, повинні мати системи опалення для рівномірного прогріву поверхні підлог.

*\* системи водяного опалення слід розглядати в якості пріоритетних, однак у зв'язку зі зростанням вартості енергетичних ресурсів джерела енергії для них будуть комбінуватися з альтернативними і поновлюваними, що приведе до роботи системи опалення в інших (більш низьких) температурних режимах. Такий перехід зажадає збільшення площі опалювальних приладів і збільшення витрати теплоносія.*

## 11. ОСНОВНІ КОНСТРУКТИВНІ ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ

### 11.1. Трубопроводи

У цей час замість сталевих (чорних і оцинкованих) труб, що традиційно використовувалися в системах опалення і гарячого водопостачання, широко використовуються мідні і полімерні труби.

Гідравлічний опір систем, змонтованих із цих труб значно менше, що дозволяє збільшити швидкість руху теплоносія, тобто забезпечити більшу пропускну здатність при однаковому перетині труби.

Для компенсації лінійних подовжень трубопроводів застосовуються П-подібні компенсатори. Довге плече  $H$  (мм) компенсатора розраховується за формулою:

$$H = 32,5 (\beta \cdot D \cdot t_B \cdot L)^{0,5}, \quad (11.1)$$

де:

$\beta$  - коефіцієнт лінійного розширення. Для міді - 0,017 мм/(м °C).

$D$  - зовнішній діаметр труби, мм,

$t_B$  - температура води, °C,

$L$  - довжина прямої ділянки, м.

### 11.2. Запірна арматура

Номенклатура запірної арматури для сучасних систем опалення і гарячого водопостачання досить велика і містить у собі, крім засувки, що традиційно застосовувалися раніше, вентилів і пробкових кранів, широкий спектр кульових кранів, а також поворотних кранів і дискових затворів [31]. Арматура повинна вибиратися з урахуванням відповідності її параметрів максимально можливим граничним значенням температури і тиску в системі. Береться також до уваги і інші критерії вибору (габарити, зручність обслуговування, естетика, вартість, гідравлічний опір, надійність і довговічність).



Рис. 11.1. Вентиль запірний фланцевий Штремакс AGF

Гідравлічний опір арматури слід визначати з урахуванням характеристик обраного типу, надаваних виготовлювачем. При відсутності таких даних доводиться задовольняти приблизними довідковими значеннями.

### 11.3. Балансувальні вентиля

Вентилі, що мають видимі пристрої для визначення положення запірного клапана, вираженого в числах обертів маховика, і в яких для кожного положення визначені характеристики опору називаються балансувальними [31].



Рис. 11.2а Вентиль балансувальний із прямим шпинделем Штрьомакс GM

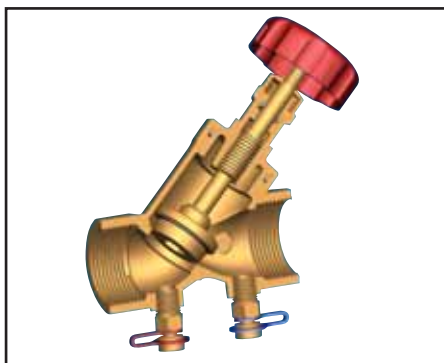


Рис. 11.2б Поздовжній розріз балансувального вентиля з похилим шпинделем Штрьомакс М

Балансувальні вентиля застосовуються:

- для гідравлічного ув'язування паралельних циркуляційних контурів у проектах систем опалення і гарячого водопостачання;
- для створення фіксованого гідравлічного опору, що дозволяє створити необхідний перепад тиску перед терморегуляторами, тобто забезпечити регулювання тепловіддачі опалювальних приладів для підтримки заданої температури в приміщенні;
- для визначення фактичних витрат води на тих ділянках трубопровідної системи, на яких установлені вентиля.

Основним критерієм вибору типорозміру балансувального вентиля і ступені його відкриття є значення  $K_v$ , наведені в каталогах для кожного положення маховика, яке звичайно виражається в числі його обертів від повного закриття.

Необхідна величина  $K_v$ , м<sup>3</sup>/год, клапана обчислюється за формулою:

$$K_v = 10 G (\Delta P)^{-0.5}, \quad (11.2)$$

де:

$G$  - витрата води, м<sup>3</sup>/год;

$\Delta P$  - втрата тиску в клапані, кПа.

Для визначення фактичної витрати води через встановлений на трубопроводі балансувальний вентиль користуються перетвореною формулою:

$$G = 0,1 K_v (\Delta P)^{0,5} \quad (11.3)$$

Для визначення витрати води потрібно виміряти різницю тисків  $\Delta P$ , кПа, до і після вентиля, знайти в каталозі значення  $K_v$  при відомому числі обертів маховика і виконати обчислення за формулою 11.3.

Для можливості обчислення витрат води виробники балансувальних вентилів випускають їх у модифікаціях з патрубками для приєднання датчиків тиску або імпульсних трубок вимірювальних комп'ютерів, останні дозволяють одержати дані по витраті теплоносія.



Рис. 11.3 Вимірювальний комп'ютер Герц

## 11.4. Регулятори витрати і перепаду тиску

Ручні балансувальні вентиля добре справляються з гідравлічним ув'язуванням тільки при постійних витратах води в стояках. При установці РТК потрібно виходити з можливості зменшення витрати води в режимі, коли частина клапанів закривається. У цьому випадку при фіксованому положенні маховика балансувального вентиля перепад тиску на інших термостатичних клапанах даного циркуляційного кільця, може збільшитися, що в деяких випадках викликає виникнення шуму [31].

Щоб уникнути цього, при проектуванні сучасних опалювальних систем використовують автоматичні регулятори витрати і регулятори перепаду тиску.

Регулятори витрати прямої дії працюють за принципом підтримки постійної величини перепаду тиску на вбудованому в регулятор або виносному фіксованому дроселі.

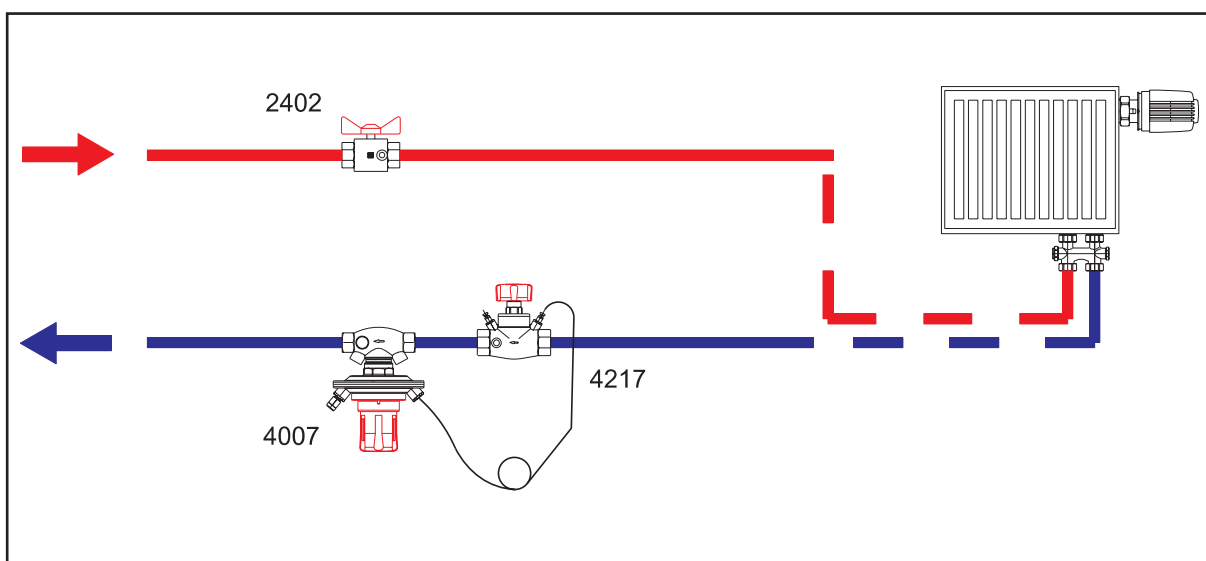


Рис. 11.4. Підтримка постійної величини об'ємної витрати.

Регулятори перепаду тиску прямої дії працюють за принципом підтримки постійної величини перепаду тиску в стояку.

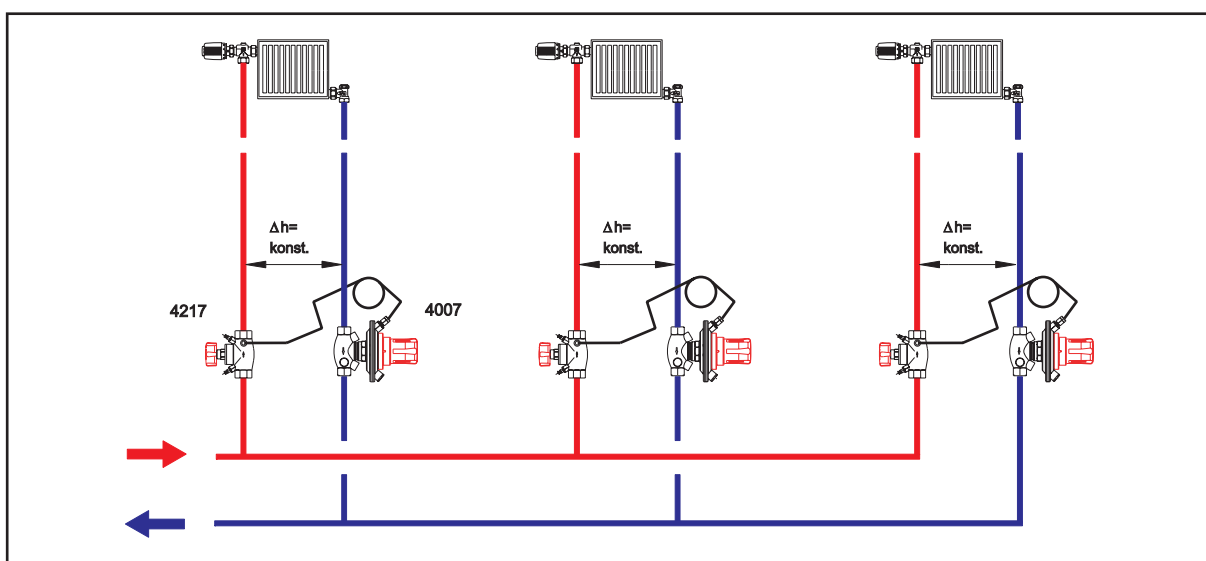


Рис. 11.5а. Підтримка постійної величини перепаду тиску в системах, обладнаних термостатами з попереднім гідравлічним налаштуванням.

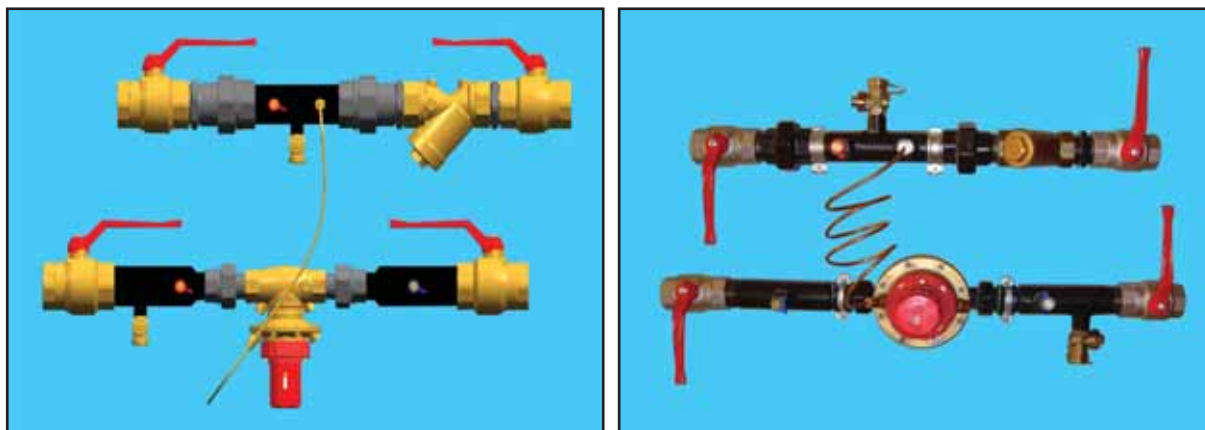


Рис. 11.56. Інсталяційний комплект 4500 для регулятора перепаду тиску Герц 4007.

Розташування на стояках приладів автоматики, які потребують у періодичнім обслуговуванні, вимагає відповідного рівня експлуатації опалювальних систем.

## 11.5. Опалювальні прилади

Опалювальним приладом називають пристрій, призначений для передачі тепла від теплоносія до повітря огорожжуваних конструкцій опалювального приміщення.

Опалювальний прилад є елементом санітарно-технічного обладнання будинків будь-якого цільового призначення, тому при виборі його виду, необхідно враховувати ряд вимог, по яких проводиться порівняння конструктивних розв'язків і аналізується ступінь досконалості.

**Теплотехнічні вимоги.** Опалювальний прилад повинен мати максимально високий коефіцієнт теплопередачі, тобто забезпечувати найбільшу густину теплового потоку.

**Техніко-економічні вимоги.** Опалювальний прилад повинен мати найменшу собівартість виготовлення, віднесена до 1 кВт тепла, що віддається приміщенню.

**Санітарно-гігієнічні вимоги.** Температура тепловіддаючої поверхні опалювального приладу повинна відповідати вимогам санітарно-гігієнічних норм. Необхідно передбачати відкриту установку опалювальних приладів у приміщеннях і забезпечити вільний доступ для видалення пилу з корпусу приладу, огорожжуваних конструкцій за ним.

**Архітектурно-будівельні вимоги,** форма, розміри і колір опалювального приладу повинна відповідати інтер'єру приміщення, а сам він не повинен займати корисну площу.

**Монтажно-експлуатаційні вимоги.** Приєднання опалювального приладу до системи опалення повинне бути простим, без зайвих фасонних з'єднань і забезпечувати максимальну механізацію робіт при монтажі. Опалювальний прилад повинен реагувати на автоматику керування тепловіддачею при установці терморегулятора і автоматичних регуляторів на стояках системи опалення.

Тепло з поверхні опалювального приладу передається в навколишнє середовище конвекцією і випромінюванням. Перевага того або іншого виду тепловіддачі залежить від конструктивних особливостей і форми поверхні приладу.

в) Прилади, що передають більш 50% сумарного теплового потоку тепла випромінюванням. (Стельові керамічні газові випромінювачі інфрачервоного випромінювання, настінні і стельові електроопалювальні панелі на основі вугільного композита, стельові опалювальні панелі).

По матеріалу, з якого виготовляються опалювальні прилади, їх можна розділити на три групи:

- а) металеві (сталеві, чавунні, алюмінієві, біметалічні, що складаються із двох видів металу).
- б) неметалічні (кераміка, полімерні матеріали, композиційні суміші).
- в) комбіновані (пластик-бетон, метал-бетон, метал-кераміка).

### 11.5.1. Види опалювальних приладів

#### Опалювальні прилади із гладких сталевих труб.

Даний вид опалювальних приладів може мати вигляд у формі змійовика, або регістру (Рис. 11.6.)

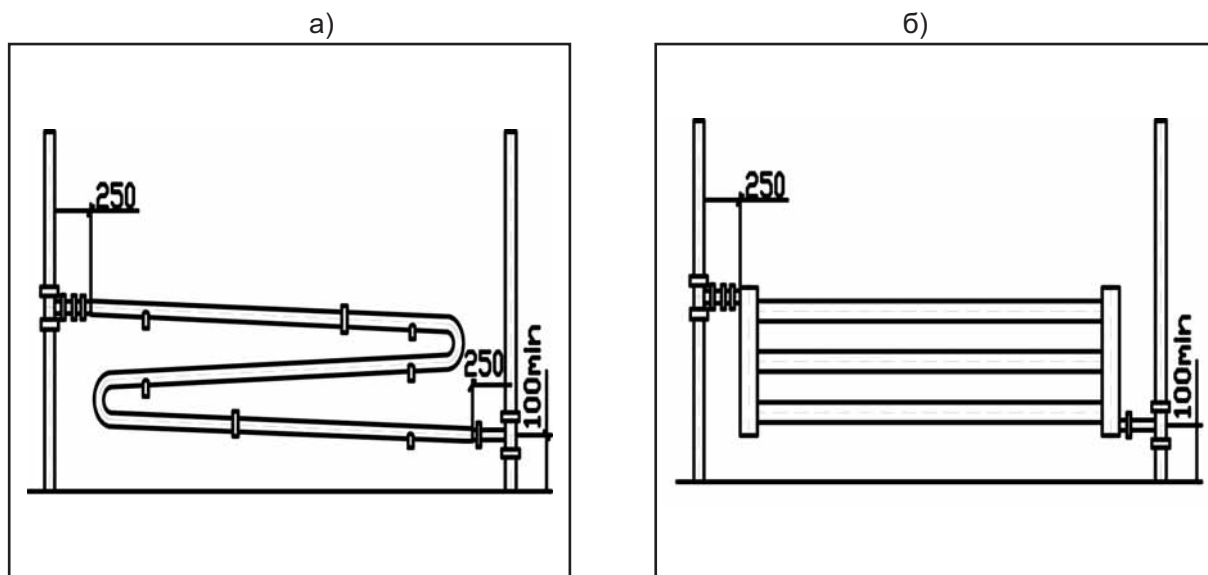


Рис. 11.6. Регістри із гладких труб

Опалювальні прилади із гладких труб витримують високий тиск теплоносія (10-15 бар), задовольняють санітарно-гігієнічним і теплотехнічним вимогам, однак не задовольняють архітектурно-будівельним і експлуатаційним вимогам, що не дозволяє використовувати їх у системах опалення з терморегуляторами.

**Чавунний секційний радіатор.** Конструктивно являє собою окремі секції, відлиті із чавуну, з'єднані між собою ніпелями, що мають праве і ліве зовнішню різьбу (Рис. 11.7.)

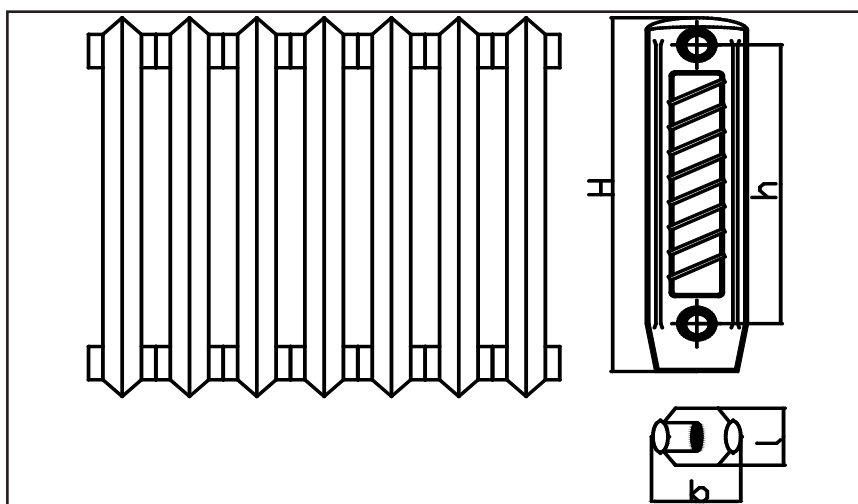


Рис. 11.7. Чавунний радіатор

Для ущільнення стиків між секціями застосовують ущільнювачі. При теплоносії до 100 °С ущільнювачем при складанні секцій є прокладки з термостійкої гуми або ганчіркового картону,



просоченого оліфою, а при теплоносії з температурою більш 100 °С застосовують прокладки з пароніту або клінгериту.

Чавунні секційні радіатори приблизно 30% загального теплового потоку віддають випромінюванням, а 70% - конвекцією. Максимальний робочий тиск для чавунного секційного радіатора рівно 6 бар. Даний вид приладів надійний в експлуатації, практично не зазнає корозії і утворення накипу на внутрішніх стінках секцій.

**Сталевий конвектор** - опалювальний прилад, що передає зі своєї поверхні в приміщення 90-95% тепла за рахунок конвекції (Рис. 11.8). Конструктивно складається з елемента, що гріє, у вигляді сталевих труб з насадженими на них пластинами оребрення. Існує два типи конвекторів: з відкритими елементами і закритими. При використанні труб з умовним діаметром для проходу теплоносія 15 мм, крок оребрення становить 5-7 мм, а при умовному діаметрі 20 мм - 5-10 мм. Конвектори випускаються двох типів: настінні, що навішуються на стіну, і напольні, установлювані на підлозі опалювального приміщення.

Обидва вида конвекторів можуть бути прохідними (для послідовного з'єднання один з одним) і кінцевими.

Максимальний робочий тиск конвекторів - 10 бар.

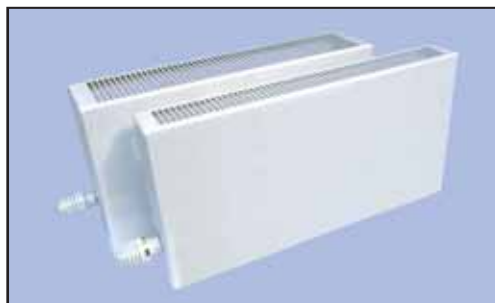


Рис. 11.8а. Загальний вид конвекторів «Сантехпром Авто» і «Сантехпром Авто-С» з терморегулятором Герц.

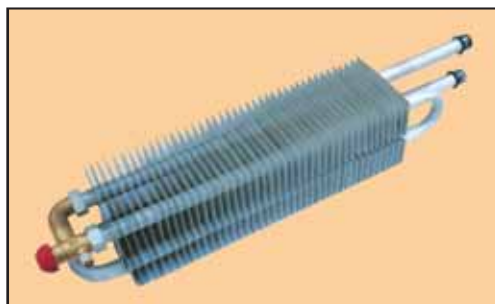


Рис. 11.8б. Опалювальний елемент середньої глибини для конвектора «Сантехпром Авто-С» з термостатичним клапаном Герц-Універсал для двотрубно́ї системи опалення



Рис. 11.9. Панельний радіатор з терморегулюючим вузлом нижнього підключення Герц 3000

**Панельні радіатори** конструктивно являють собою опалювальні прилади реєстрового типу (Рис. 11.9) (з горизонтальними колекторами вгорі і унизу кожної панелі, з'єднані вертикальними каналами-колонками), широкого діапазону габаритних розмірів і густини теплового потоку (від 1 до 3 гладких або оребрених панелей на корпусі). Виготовляються два види приладів: традиційні профільні радіатори з бічним розташуванням сполучних патрубків до труб системи опалення і прилади із вбудованим (або без) у верхній колектор термостатом і патрубками для нижнього приєднання трубопроводів. Максимальний робочий тиск панельних радіаторів 10 бар.

**Гладкотрубний радіатор.** Виготовляється або у вигляді сталевго реєстру, що застосовується у ванних кімнатах, душових і допоміжних приміщеннях будинків, або у вигляді плоскотрубного радіатора, що представляє собою окремі секції, з'єднані між собою, що і мають різну кількість з'єднаних труб. Теплова напруга гладкотрубних радіаторів коливається в діапазоні 0,7-5-1,5 Вт/кг · К. Водоемкість секцій мала, що обумовлює їхню малу інерційність.

Гладкотрубний радіатор відрізняється від інших типів радіаторів і конвекторів кращими санітарно-гігієнічними показниками, тому що легко очищається від пилу. Товщина труб радіатора приблизно становить 1,5 мм, тому їх застосовують із такими ж обмеженнями, що і сталеві штамповані радіатори.

**«Тепла підлога»** - найбільш комфортний, але і найбільш дорогий елемент системи опалення. Розподіл температури повітря по висоті приміщення при використанні елемента системи опалення «Тепла підлога» близько до ідеального - на рівні підлоги тепло, а на рівні робочої зони (2 м від підлоги) комфортно (Рис. 11.10).

Практично відсутній конвективний перенос пилу в приміщенні, тому що температура підлоги в приміщенні підтримується в межах 25-26 °С .

Конструктивно «тепла підлога» складається з наступних складових (Рис. 11.11): конструкції перекриття, на яку укладається тепла ізоляція, укрита гідроізоляцією, яка запобігає замочуванню утеплювача і стін у випадку розгерметизації трубопроводу, по яким рухається теплоносії. Крайова демпферна стрічка забезпечує компенсацію температурних розширень.

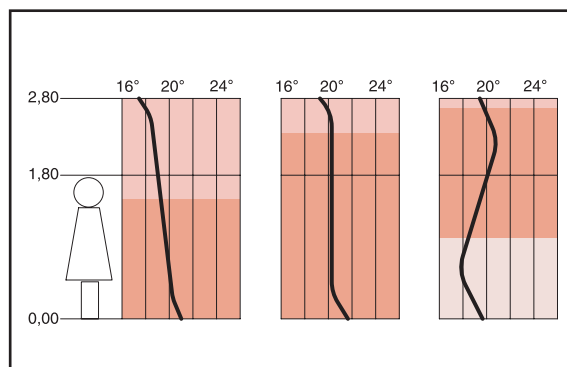


Рис. 11.10. Характер зміни температури у вертикальній площині приміщення (без врахування вентиляції) для: 1 - ідеального опалення; 2 - опалення «теплою підлогою»; 3 - радіаторного опалення.

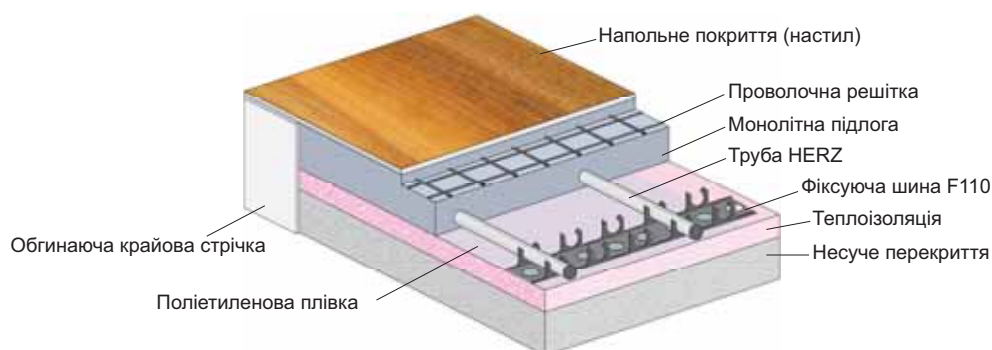


Рис. 11.11. Варіант конструкції

Трубопровід розкладається на гідроізоляцію і кріпиться до утеплювача за допомогою скоб. Залежно від конструкції теплоізоляційного шару труба може укладатися в спеціальні пази для труб у теплоізоляції, на спеціально спрофільовані панелі, у самоклеючі кріпильні шини, на попередньо покладену арматурну сітку або іншим способом.

У конструкції теплої підлоги також передбачається організація компенсаційних температурних швів (Рис. 11.12) шляхом установки профілів з напрямними (поз. 1), трубками-футлярами (поз. 2) і демпферної стрічки (поз. 3).



Рис. 11.12. Комплект Герц 3F100 для влаштування температурного шва

Крок укладання трубопроводу і схема руху теплоносія повинні враховувати підвищене теплове навантаження в крайових зонах (Рис. 11.13) і забезпечувати рівномірне температурне поле.

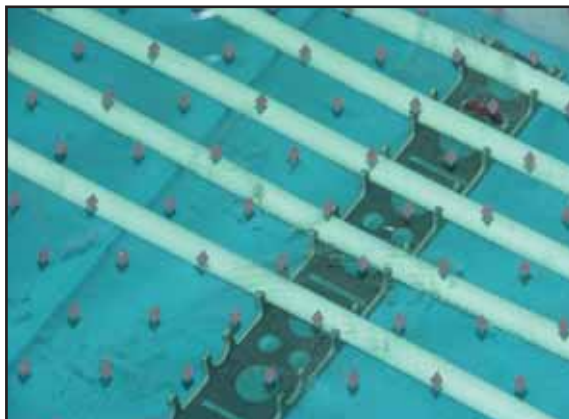


Рис. 11.13. Укладання труби «теплої підлоги» у граничній зоні

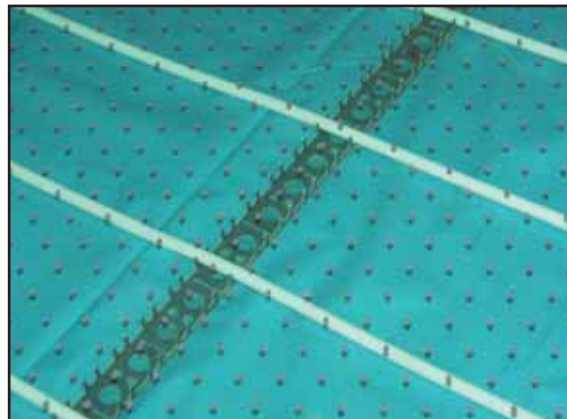


Рис. 11.14. Укладання «труби теплої підлоги» в основній зоні

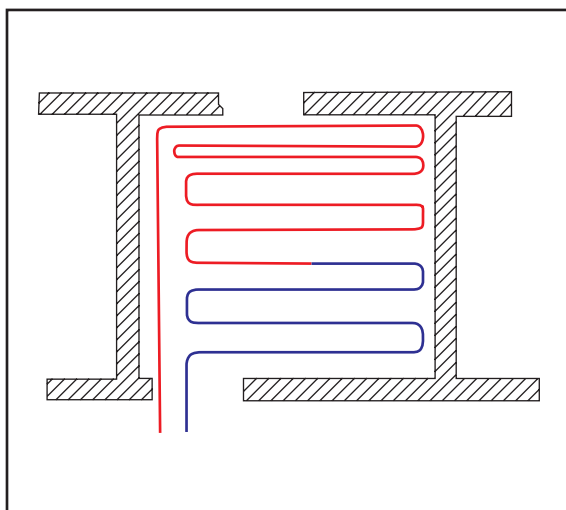


Рис. 11.15. Укладання труби «теплої підлоги» у формі меандру в приміщенні із граничною зоною.

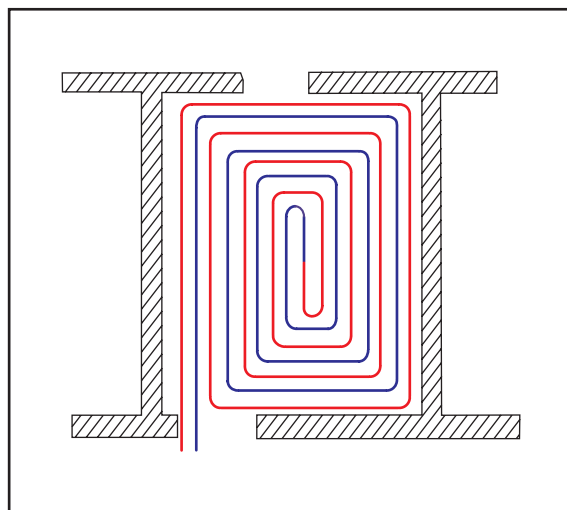


Рис. 11.16. Укладання труби «теплої підлоги» у формі спіралі (більш рівномірне температурне поле) у приміщенні без граничної зони.

Твердість конструкції досягається за допомогою шару бетону класу В-20 з добавкою пластифікатору 5. Рекомендована товщина бетонного заливання над трубою рівна 30-70 мм. Зверху укладається напольне покриття.

«Тепла підлога» є самостійною одиницею будь-якої системи опалення, тому що максимальна температура подачі теплоносія в його трубопроводі відрізняється від нормативних значень системи і рівна 55 °С. Для зниження температури з величин  $t_t = 85$  °С, 90 °С і т.п. до  $t_r = 55$  °С рекомендується використовувати змішувальні системи, що знижують це значення.

Розрахунковий тиск системи рівно 6 бар. Під час бетонування труби повинні бути під тиском 3 бар.

Системи панельно-променистого опалення/охолодження.

Якщо як приклад розглянути опалювальну/охолоджувальну панель Герц, то її можна віднести до панелей приставного типу. Конструктивно вона виконана з гіпсоволокнистої плити високої щільності і однорідності з габаритними розмірами 2000x625x15, 2000x312x15, 1000x625x15 мм. У плиті виконана штроба у вигляді меандру, у яку покладена металопластикова труба із зовнішнім діаметром 10 мм і товщиною стінки 1,3 мм. Залежно від

призначення системи в трубу подається теплоносій з температурою до 45°C або холодоносій із температурою не нижче 16°C.

Залежно від розміщення панелей частка теплообміну випромінюванням може становити:

для стельових панелей - до 70 - 75%;

для стінових панелей - до 30 - 60% ( з урахуванням висоти розміщення);

для напольних панелей - до 30 - 40%.

Таким чином, тільки стельове панельне опалення з перевагою променистого теплопереносу (більш 50%) могло б бути назване панельно-променистим. У той же час умовою, що визначають реалізацію панельно-променистого опалення, є нерівність [35]:

$$t_R > t_B, \quad (11.4)$$

де:

$t_R$  - радіаційна температура (середня температура поверхні всіх огорожень, зовнішніх і внутрішніх, і опалювальних панелей у приміщенні);

$t_B$  - температура повітря приміщення.



Рис. 11.17. Загальний вид опалювально/охолоджувальної панелі Герц

При розвинених по площі низькотемпературних стельових, напольних і стінових панелях ця нерівність може бути забезпечена і, відповідно, таке опалення називають панельно-променистим.

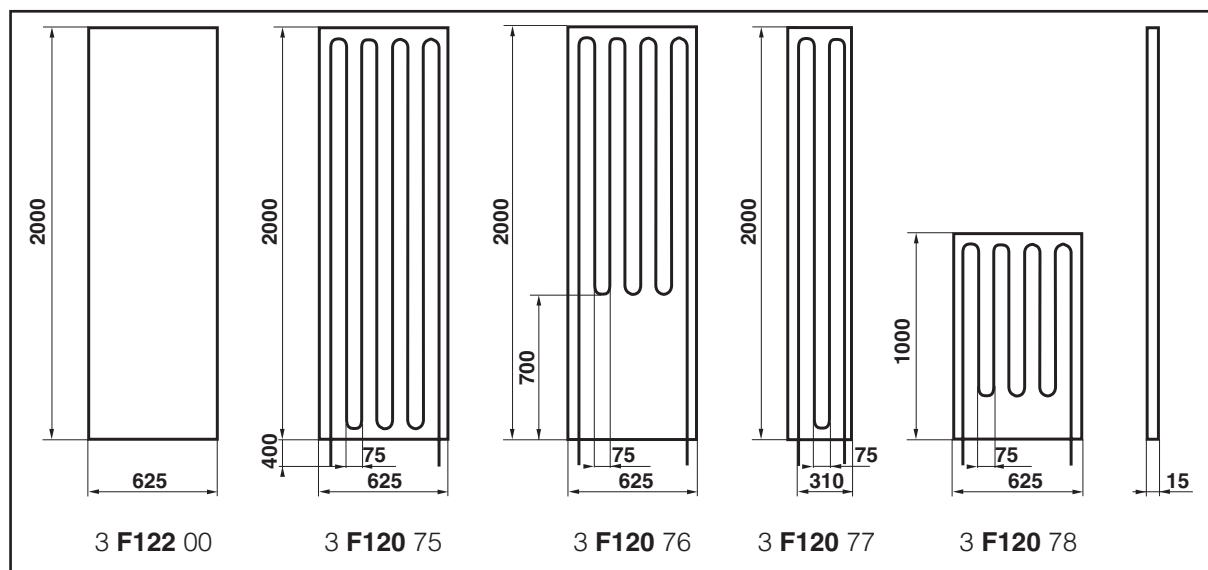


Рис. 11.18. Варіанти конструкцій опалювально/охолоджувальних панелей Герц

При панельно-променистому опаленні завдяки підвищенню температури поверхонь у приміщенні значно поліпшується самопочуття людини за рахунок зниження частки радіаційного охолодження і збільшення частки конвективного теплопереносу в загальній тепловіддачі його тіла.

При такому перерозподілі теплопереносу можливе зниження середньої температури повітря в приміщенні в порівнянні з нормативною для конвективного опалення на 1-3 °С, що у свою чергу ще більше збільшує конвективну тепловіддачу людини.

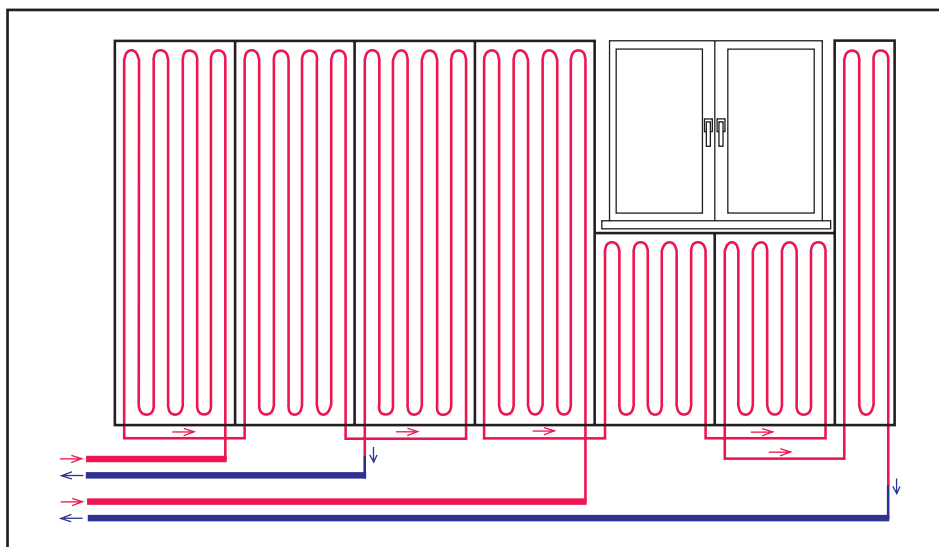


Рис. 11.19. Рекомендована схема підключення (схема Тихельмана) опалювальних/охолоджувальних панелей Герц

Використання системи панельно-променистого опалення/охолодження в теплу пору року для охолодження приміщення є доцільним з економічної і гігієнічної точок зору. Поверхня охолодження панельної системи перешкоджає накопиченню променистого тепла (насамперед від сонячної радіації) в огороженнях. Як результат - зниження радіаційної температури приміщення і підвищення комфортності.

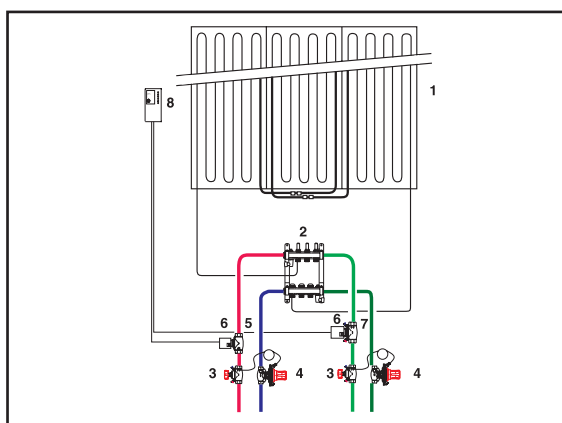
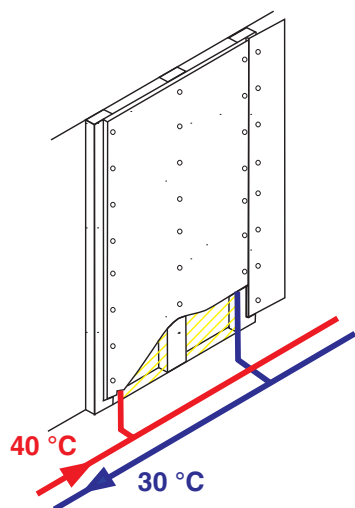


Рис. 11.20. Варіанти підключення опалювальних/охолоджувальних панелей Герц до джерел тепло/холодопостачання

1	Панель опалення/охолодження ГЕРЦ	3 F120 75
2	Розподільник	1 8532 xx
3	Балансувальний вентиль	1 4217 xx
4	Регулятор перепаду тиску	1 4007 xx
5	Зонний клапан	1 7723 xx
6	Термопривод	1 7710 00
7	Термостатичний регулювальний клапан STRÖMAX-TS	1 7217 xx
8	Електронний регулятор кімнатної температури	1 7794 23

Комбіноване використання системи панельно-променистого охолодження разом із системою конвективного повітряного охолодження дозволяє знизити встановлену холодильну потужність комбінованої системи в порівнянні з конвективною.

Номінальна густина теплового потоку  $79 \text{ Вт/м}^2$  при середньому температурному напорі  $15 \text{ K}$ , (температура прямого потоку  $40^\circ\text{C}$ , температура зворотного потоку  $30^\circ\text{C}$  і температура повітря в приміщенні  $20^\circ\text{C}$ ). Перерахунки на інші температури для панелей Герц проводиться відповідно до норми ÖNORM M7513.



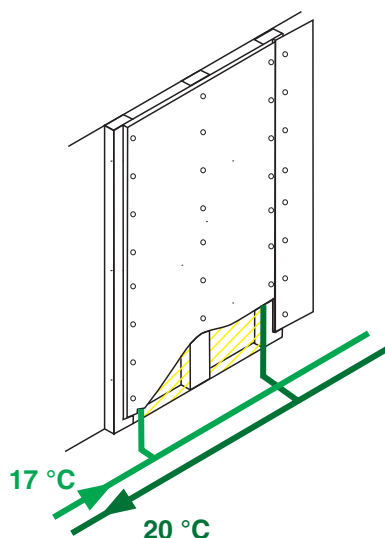
Таблиця для опалення

Heating Panel		3 F120 75					3 F120 76					3 F120 77 3 F120 78					Heating Panel	
Flow (°C)	RT (°C)	Return (°C)					Return (°C)					Return (°C)					RT (°C)	Flow (°C)
		25	30	35	40	45	25	30	35	40	45	25	30	35	40	45		
45	18	101	122	142	160		64	78	91	102		50	91	71	80			45
40		86	106	123			55	67	79			43	53	62				40
35		71	88				45	56				35	44					35
30		55					35					28						30
45	20	87	108	128	145		55	69	81	92		43	54	64	72			45
40		72	92	109			46	58	70			36	46	55				40
35		57	76				37	48				29	38					35
30		42					27					21						30
45	22	73	93	113	131		46	60	72	83		36	47	57	65			45
40		59	78	95			37	50	61			29	39	48				40
35		44	62				28	40				22	31					35
30		30					19					15						30
45	24	59	80	99	116		38	51	63	74		30	40	49	58			45
40		45	64	83			29	41				23	32	41				40
35		32	49				20	31				16	24					35
30		18					11					9						30

Рис. 11.21. Приклад визначення теплової потужності опалювальної панелі Герц 3 F120 75 по даним нормалі Герц 3 F120

Номінальна питома холодопродуктивність  $49 \text{ Вт/м}^2$  при середньому температурному напорі  $9,5 \text{ K}$  (температура прямого потоку  $17^\circ\text{C}$ , температура зворотного потоку  $20^\circ\text{C}$  і температура повітря в приміщенні  $28^\circ\text{C}$ )

Таблиця для охолодження



P / m <sup>2</sup>		P / 3 F120 75							P / 3 F120 77 - 3 F120 78						
RL	RT	VL							VL						
		16	17	18	19	20	21		16	17	18	19	20	21	
19	22	24	21	18					12	11	9,2				
19	23	31	27	24					15	14	12				
19	24	37	34	31					18	17	15				
19	25	43	40	37					22	20	18				
19	26	50	46	43					25	23	22				
19	27	56	53	50					28	27	25				
19	28	63	60	56					32	30	28				
19	29	70	66	63					35	33	32				
20	22	21	18	15	13				11	9	8	6			
20	23	27	24	21	18				14	12	11	9			
20	24	34	31	27	24				17	15	14	12			
20	25	40	37	34	31				20	18	17	15			
20	26	46	43	40	37				23	22	20	18			
20	27	53	50	46	43				27	25	23	22			
20	28	60	56	53	50				30	28	27	25			
20	29	66	63	60	56				33	32	30	28			
21	22	18	15	13	10	7			9	8	6	5	4		
21	23	24	21	18	15	13			12	11	9	8	6		
21	24	31	27	24	21	18			15	14	12	11	9		
21	25	37	34	31	27	24			18	17	15	14	12		
21	26	43	40	37	34	31			22	20	18	17	15		
21	27	50	46	43	40	37			25	23	22	20	18		
21	28	56	53	50	46	43			28	27	25	23	22		
21	29	63	60	56	53	50			32	30	28	27	23		

Рис. 11.22. Приклад визначення холодопродуктивності панелі Герц 3 F120 75 по даним нормалі Герц 3 F120

У якості джерела низькотемпературного теплоносія (до 45°C) для систем панельно-променистого опалення можуть бути використані теплові насоси або необхідно передбачити вузол змішання для одержання теплоносія з температурою не більш 45°C.

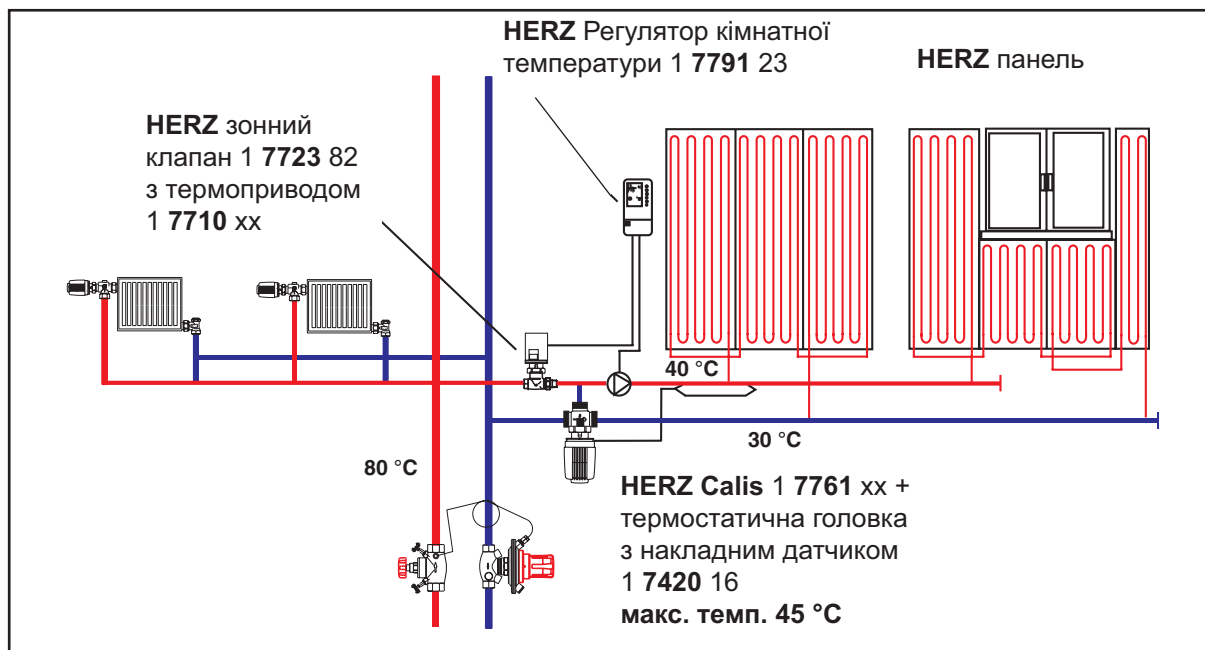


Рис. 11.23. Варіант пристрою вузла змішання для системи панельно-променистого опалення Герц 3 F120



### 11.5.2. Способи установки опалювальних приладів

За способом установки опалювальні прилади діляться на відкрито встановлювані близько огорожжуваних поверхонь, опалювальних приміщень (Рис. 11.24 в) у тому числі й під підвіконням (Рис. 11.24 б), установлювані в нішах (Рис. 11.24 г) і з декоративними екранами (Рис. 11.24 а, д).

За способом приєднання до систем опалення опалювальні прилади діляться на одностороннє бічне, різностороннє бічне за схемою «зверху-вниз» і різностороннє бічне за схемою «знизу-вверх».

По висоті опалювальні прилади діляться на плінтусні (висота до 200 мм), низькі (від 200 до 400 мм), середні (від 400 до 650 мм) і високі (більш 650 мм).

За глибиною прилади бувають малі (до 120 мм включно), середньої (від 120 до 200 мм) і великої глибини (більш 200 мм).

За величиною теплової інерції опалювальні прилади діляться на прилади малої теплової інерції, що мають малу вагу і водоемкість на одиницю площі і виготовлені з матеріалів з високим коефіцієнтом теплопровідності (конвектори, металеві і біметалічні штамповані радіатори) і великої теплової інерції відповідно з великою масою матеріалу і водоемкістю на одиницю площі і низьким коефіцієнтом теплопровідності матеріалу, з якого вони виготовлені (чавунні радіатори, чавунні ребристі труби, опалювальні панелі «тепла підлога» і т.п.). Опалювальні прилади малої інерційності швидше нагріваються і остигають при зміні витрати температури теплоносія, що проходить через них, що при експлуатації систем опалення з терморегуляторами є більш ефективним, чим використання приладів з великою інерційністю.

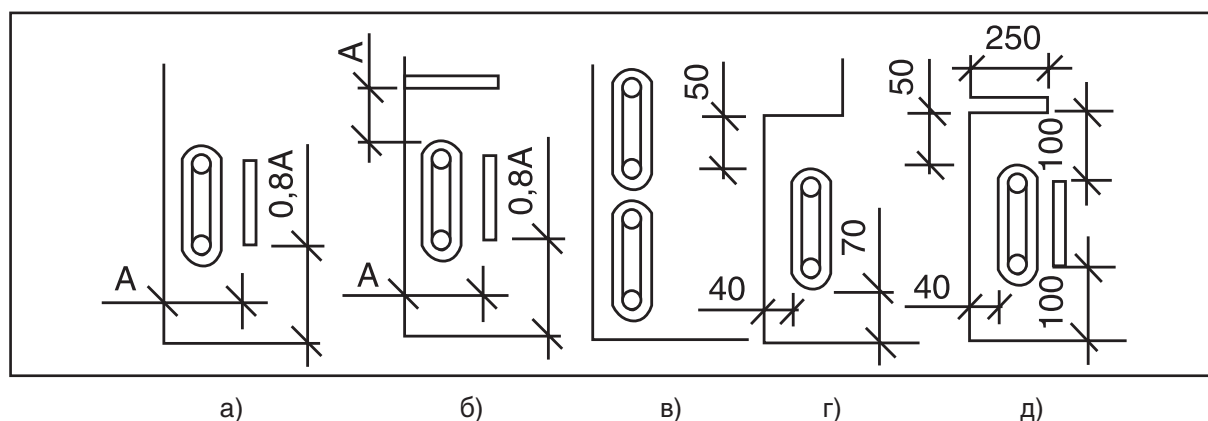


Рис. 11.24. Схеми установки опалювальних приладів приміщень

Приєднання опалювальних приладів до теплопроводів системи водяного опалення і подача теплоносія в них може здійснюватися з однієї сторони опалювального приладу (одностороннє), із протилежних сторін (різностороннє) і одностороннім нижнім приєднанням.

Для чавунних секційних, панельних і гладкотрубних радіаторів одностороннє бічне приєднання за схемою «зверху-вниз», або «знизу-вверх» дозволяє підключати теплопровід до опалювального приладу, як з лівої, так і з правої сторони. При цьому, у схемі «зверху-вниз» до верхнього патрубку приєднується подаючий, а до нижнього - зворотний теплопровід (Рис. 11.25 а), а в схемі «знизу-вверх» - навпаки. Різностороннє приєднання за схемою «зверху-вниз» (Рис. 11.25 б) рекомендується для нагрівального приладу довжиною більш одного метра, а також, якщо його довжина перевищує висоту в три рази і більше. Таке приєднання забезпечує рівномірний розподіл температури по довжині нагрівального приладу. До верхнього патрубку приєднується подаючий теплопровід, а до нижнього патрубку - зворотний. У випадку зворотного порядку приєднання теплова потужність опалювального приладу знижується більш ніж на 50 %.

Різностороннє приєднання за схемою «знизу-вниз» (Рис. 11.25, в) звичайно застосовується у випадку розводки трубопроводів опалення в підлозі або плінтусі. При такому способі

приєднання опалювального приладу до теплопроводів його теплова потужність щодо номінальної зменшується на 10 % і більше, однак через необхідність використовувати широкий спектр архітектурно-планувальних рішень по установці приладу, можливе застосування даної схеми в системах опалення. Одностороннє нижнє приєднання (Рис. 11.25, г) здійснюється до опалювальних приладів, що мають вбудований термостатичний клапан.

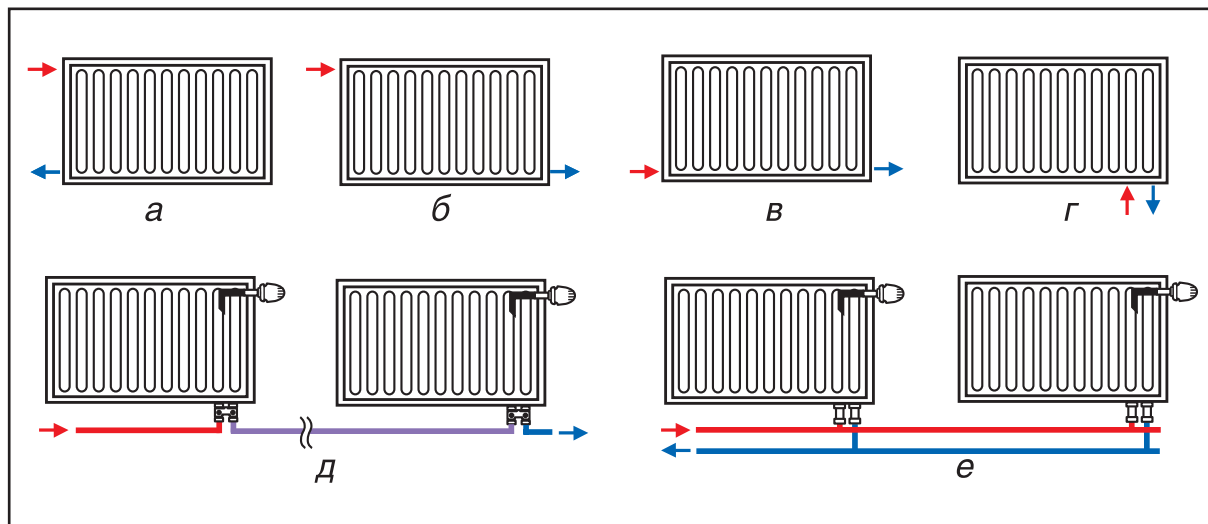


Рис. 11.25. Схеми приєднання радіаторів до системи водяного опалення.

## 11.6. Основні вимоги до систем опалення

Трубопроводи систем опалення, тепlopостачання повітрянагрівачів і систем вентиляції, кондиціювання, повітряного душення і повітряно-теплових завіс (далі трубопроводи систем опалення) слід проектувати зі сталевих, мідних, латунних труб, термостійких труб з полімерних матеріалів (у тому числі металополімерних, зі склопластику), дозволених до застосування в будівництві відповідних систем. У комплекті з полімерними трубами слід ухвалювати сполучні деталі і вироби відповідно до застосованого типу труб. Труби з полімерних матеріалів, застосовувані в системах опалення разом з металевими трубами або із приладами і обладнанням, які мають обмеження щодо вмісту кисню в теплоносії, повинні мати антидифузійний шар.

Теплову ізоляцію слід передбачати для трубопроводів систем опалення, прокладених у неопалюваних приміщеннях, у місцях, де можливе замерзання теплоносія, у штучно охолоджувальних (прівітрюваних) приміщеннях, а також для попередження опіків і конденсації вологи на них. Для інших випадків теплоізоляцію трубопроводів слід передбачати при економічному обґрунтуванні.

Для теплової ізоляції слід застосовувати теплоізоляційні матеріали з теплопровідністю не більше  $0,05 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$  і товщиною, що забезпечує на поверхні температуру не вище  $40^\circ\text{C}$ .

Додаткові втрати теплоти трубопроводами в неопалюваних приміщеннях не повинні перевищувати 3% від теплового потоку системи опалення.

Втрати теплоти при розміщенні опалювальних приладів біля зовнішніх огорожень не повинні перевищувати 7% теплової потужності опалювального приладу.

Швидкість руху теплоносія в трубах систем водяного опалення слід приймати залежно від допустимого еквівалентного рівня звуку в приміщенні:

а) вище 40 дБ - не більш 1,5 м/с у громадських будинках; не більш 2 м/с - в адміністративно-побутових будинках; не більш 3 м/с - у виробничих будинках;

б) 40 дБ і нижче - не більш 1,0 м/с у громадських будинках; не більш 1,25 м/с - в адміністративно-побутових будинках; не більш 1,5 м/с - у виробничих будинках;

Еквівалентну шорсткість внутрішньої поверхні сталевих труб систем опалення і внутрішнього тепlopостачання слід приймати не менше: для води і пари - 0,2 мм, конденсату

- 0,5 мм.

Еквівалентну шорсткість внутрішньої поверхні труб з полімерних матеріалів і мідних (латунних) труб слід приймати не менше 0,01 і 0,11 мм відповідно.

Прокладка трубопроводів опалення повинна виконуватися, як правило, схованої: у плінтусах, за екранами, у штробах, шахтах і каналах. Допускається відкрита прокладка металевих трубопроводів, а також пластмасових у місцях, де виключається їхнє механічне і термічне ушкодження і прямий вплив ультрафіолетового випромінювання.

Спосіб прокладки трубопроводів повинен забезпечувати легку заміну їх при ремонті. Замоноличування труб (без кожуха) у будівельні конструкції допускається: у будинках з терміном експлуатації менше 20 років; при розрахунковому часі експлуатації труб 40 років і більше. При схованій прокладці трубопроводів слід передбачати люки в місцях розташування розбірних з'єднань і арматури. Системи трубопроводів з полімерних матеріалів повинні відповідати зазначеним щодо монтажу пластмасових труб у системах опалення згідно з вимогами виробника. Прокладка транзитних трубопроводів систем опалення не допускається через приміщення сховищ, електротехнічні приміщення, пішохідні галереї і тунелі.

На горищах допускається установка розширювальних баків систем опалення з тепловою ізоляцією з не горючих матеріалів.

У системах опалення слід передбачати пристрої для їхнього спорожнювання: у будинках з кількістю поверхів 4 і більше. На кожному стояку слід передбачати арматури для наповнення і зливу зі штуцерами для приєднання шлангів. Арматуру і дренажні пристрої, як правило, не слід розміщати в підпольних каналах.



Рис. 11.26. Кран Герц для наповнення та зливу.

Відстань (у просвіті) від поверхні трубопроводів, опалювальних приладів і повітрянагрівачів з температурою теплоносія вище 105°C до поверхні конструкції з горючих матеріалів треба приймати не менше 100 мм. Не допускається прокладати труби з полімерних матеріалів у приміщеннях категорії Г, а також у приміщеннях із джерелами теплових випромінювань із температурою поверхні більше 150°C.

Трубопроводи в місцях перетинання перекриття, внутрішніх стін і перегородок слід прокладати в гільзах з не горючих матеріалів; кінці гільз повинні бути на 30 мм вище поверхні чистої підлоги.

Видалення повітря із систем опалення при теплоносії «вода» слід передбачати у верхніх точках. У системах водяного опалення слід передбачати, як правило, проточні повітрярозбірники або крани. Не проточні повітрярозбірники допускається передбачати при швидкості руху води в трубопроводі менше 0,1 м/с.

Труби, фасонні деталі і з'єднання повинні витримувати без руйнування і втрати герметичності: а) пробний тиск води, що перевищує робочий тиск у системі опалення в 1,5 рази, але не менше 0,6 МПа, при постійній температурі води 95°C; б) постійний тиск води, рівний робочому тиску води в системі опалення, але не менше 0,4 МПа, при розрахунковій

температурі теплоносія, але не нижче 80°C.

Гідравлічні випробування пластмасових трубопроводів повинні передбачатися при тиску, що перевищує робоче в 1,5 рази, але не менш 0,6 МПа, при постійній температурі води протягом не менше 30 хв.

Трубопровід, у якому падіння тиску не перевищує 0,06 МПа протягом перших 30 хв і надалі падіння тиску протягом 2 годин не перевищує 0,02 МПа вважається придатним до експлуатації. При проектуванні систем центрального водяного опалення із пластмасових труб треба передбачати обладнання автоматичного регулювання з метою захисту трубопроводів від перевищення параметрів теплоносія.

- \* при проектуванні необхідно пам'ятати, що при використанні пластмасових труб температурне розширення більше, ніж у сталевих;*
- \* при використанні деяких матеріалів у системі опалення (наприклад - пластмасових труб або алюмінієвих радіаторів) потрібно забезпечити зазначені виробником вимоги до хімічного складу теплоносія;*
- \* збільшення терморегуляторів, що обслуговуються одним регулятором витрати або тиску більше 7 може викликати складності при гідравлічному ув'язуванні системи (на перші по ходу теплоносія терморегуляторах буде спостерігатися надлишок тиску, а на крайніх - нестача);*
- \* необхідно передбачати 10-ти процентний запас по потужності радіаторів, що підбираються, при установці радіаторних термостатів.*

## 12. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ОПАЛЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ

### 12.1. Методика розрахунків опалювальних приладів

У сучасній методиці випробувань опалювальних приладів [28] прийняті наступні основні умови для визначення їх номінального теплового потоку  $Q_n$ :

- температурний напір (різниця середньої температури води в опалювальному приладі і температури повітря в приміщенні) -  $t_n = 70^\circ\text{C}$ ;
- витрата води в опалювальному приладі -  $G_n = 360 \text{ кг/год}$  ( $0,1 \text{ кг/с}$ );
- схема руху води в опалювальному приладі - “знизу-вгору”;
- результати випробувань приводяться до атмосферного тиску повітря  $P_6 = 101,3 \text{ кПа}$  (760 мм рт.ст.).

Тепловий потік опалювального приладу  $Q$ , Вт, при умовах, що відрізняються від номінальних, визначають за формулою:

$$Q = Q_n \left( \frac{\Delta t_T}{\Delta t_H} \right)^{1+n} \left( \frac{G_{O.П}}{G_H} \right)^p b c \psi_1 \psi_2 \psi_3 = Q_n \varphi_1 \varphi_2 b c \psi_1 \psi_2 \psi_3, \quad (12.1)$$

де:

- $Q_n$  - номінальний тепловий потік опалювальних приладів при нормованих умовах, Вт;
- $\Delta t_T$  - розрахунковий температурний напір в опалювальному приладі,  $^\circ\text{C}$ ;
- $t_n = 70^\circ\text{C}$  - нормований температурний напір в опалювальному приладі;
- $G_{O.П}$  - розрахункова витрата води в опалювальному приладі, кг/год;
- $G_n = 360 \text{ кг/год}$  - нормована витрата води в опалювальному приладі;
- $n$  і  $p$  - емпіричні показники ступеня, відповідно при відносному температурному напорі  $\frac{\Delta t_T}{\Delta t_H}$  і відносній витраті води  $\frac{G_{O.П}}{G_H}$ , значення яких для деяких опалювальних приладів наведені в табл. 12.1;

- $\varphi_1 = \left( \frac{\Delta t_T}{\Delta t_H} \right)^{1+n}$  - поправочний коефіцієнт, який враховує зміну теплового потоку опалювального приладу при відмінності розрахункового температурного напору  $t_m$  від нормованого  $t_n = 70^\circ\text{C}$ .

Величину коефіцієнта  $\varphi_1$  можна точно обчислити за зазначеною формулою або прийняти за графіком, наведеному на Рис. 12.1.,

- $\varphi_2 = \left( \frac{G_{O.П}}{G_H} \right)^p$  - поправочний коефіцієнт, який враховує зміну теплового потоку опалювального приладу при відмінності розрахункової витрати води  $G_{on}$  від нормованого  $G_n = 360 \text{ кг/год}$ .

Величину коефіцієнта  $\varphi_2$  можна обчислити по зазначеній формулі або прийняти за графіком (Рис. 12.2).

- $b$  - коефіцієнт, який приймається за графіком на Рис. 12.3 залежно від розрахункового барометричного тиску  $P_6$ , кПа, для конкретного географічного пункту;
- $c$  - поправочний коефіцієнт, який враховує схему руху води в опалювальному приладі і зміна показника ступені  $p$  при різних діапазонах витрати теплоносія (враховується тільки для чавунних секційних радіаторів і сталевих панельних радіаторів типу РСВІ за даними табл. 12.1);
- $\psi_1$  - поправочний безрозмірний коефіцієнт, який враховує зменшення теплового потоку опалювального приладу під час руху води в ньому за схемою “знизу-вгору”; для чавунних секційних радіаторів, сталевих панельних радіаторів і конвекторів типу

“Акорд” величину  $\Psi_1$  обчислюють за формулою (12.2);

$\Psi_2$  - поправочний коефіцієнт на число рядів опалювальних приладів по вертикалі, який враховує зменшення теплового потоку верхніх приладів, омиваючих нагрітим потоком повітря від розташованих нижче приладів.

Для регістрів із гладких труб при двох і більше рядів ухвалюють  $\Psi_2 = 0,93$  для труб діаметром  $d_y = 32$  мм і  $\Psi_2 = 0,85$  для труб діаметром  $d_y = 40-100$  мм.

Для конвекторів типу “Акорд” приймають:  $\Psi_2 = 0,92$  при їхній дворядній установці,  $\Psi_2 = 0,88$  при трирядній установці та  $\Psi_2 = 0,84$  при чотирирядній установці;  $\Psi_3$  - поправочний коефіцієнт, який враховує зменшення теплового потоку опалювальних приладів при їхній установці у два ряди в глибину, для дворядної в глибину установці конвекторів типу “Акорд”  $\Psi_3 = 0,94$ .

Для інших типів опалювальних приладів значення коефіцієнтів  $\Psi_2$  і  $\Psi_3$  наведені в довідковій літературі [16].

Величину коефіцієнта  $\Psi_1$  обчислюють за формулою:

$$\psi_1 = 1 - a \Delta t_{оп} \quad (12.2)$$

де:

$a$  - величина, яку приймають залежно від типу опалювального приладу:

$a = 0,006$  - для чавунних секційних радіаторів і сталевих панельних радіаторів типу РСВІ;

$a = 0,002$  - для настінних конвекторів типу “Акорд”;

$\Delta t_{оп} = t_{хв} - t_{вих}$  - перепад температур води в опалювальних приладах, °С;

$t_{вх}$  - температура води на вході в опалювальний прилад, °С;

$t_{вих}$  - температура води на виході з опалювального приладу, °С.

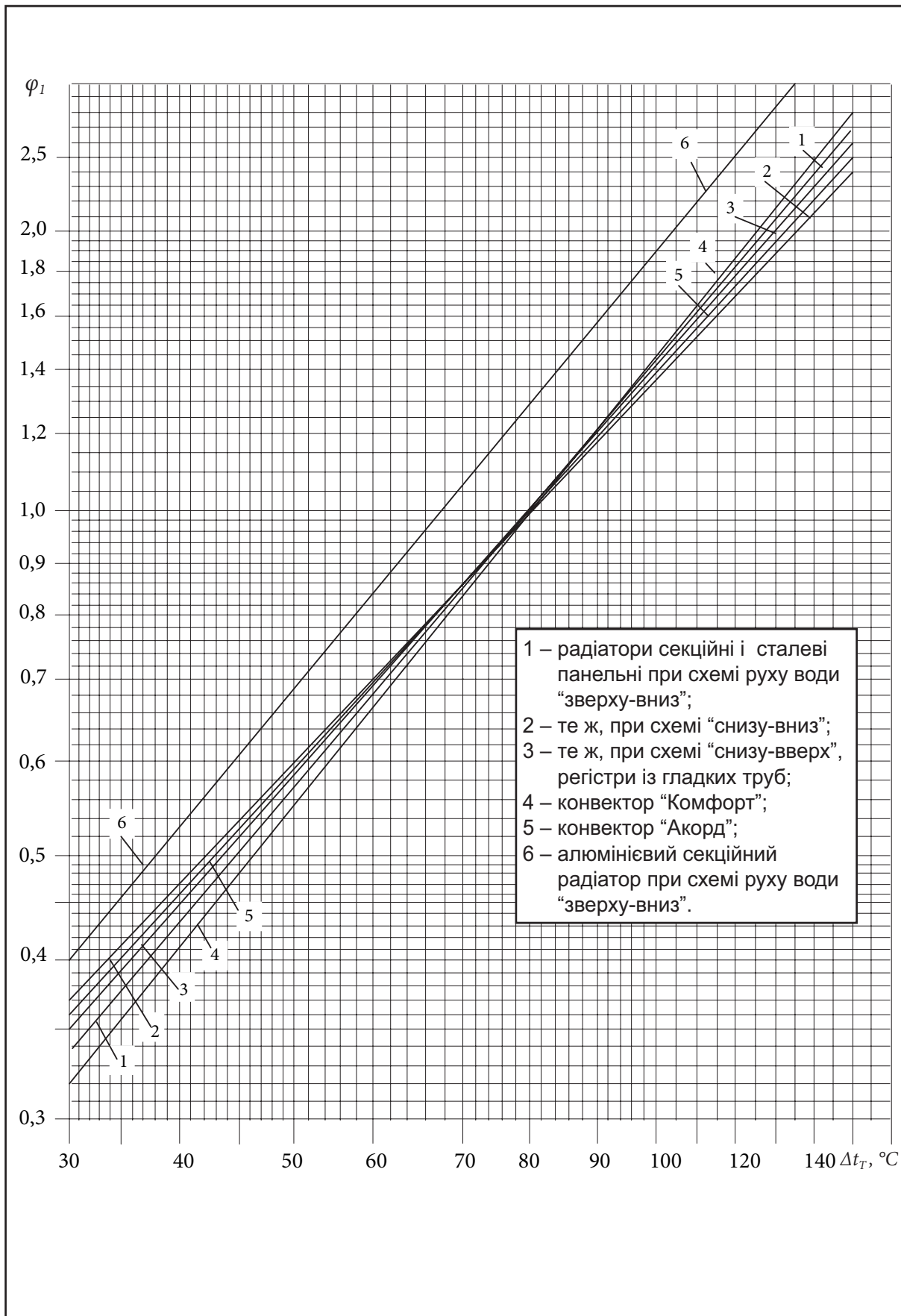
Необхідний тепловий потік, Вт, опалювального приладу, приведенного до нормованих умов, слід визначати за формулою:

$$Q_H^{потр} = \frac{Q_{оп}}{\varphi_1 \varphi_2 b c \psi_1 \psi_2 \psi_3} \quad (12.3)$$

Таблиця 12.1

**Значення показників  $n$ ,  $p$ ,  $c$  для визначення теплового потоку опалювальних приладів**

Тип опалювального приладу	Схема руху теплоносія	Витрата води $G$ , кг/год	Показники		
			$n$	$p$	$c$
Радіатор чавунний секційний і сталевий, панельний однорядний і дворядний, типу РСВІ	Зверху-вниз	18 - 54	0,3	0,02	1,039
		54 - 536	0,3	0	1
		536 - 900	0,3	0,01	0,996
	Знизу-вниз	18 - 115	0,15	0,08	1,092
		119 - 900	0,15	0	1
	Знизу-вгору	18 - 61 65 - 900	0,25 0,25	0,12 0,04	1,113 0,97
Конвектор настінний з кожухом, типу “Комфорт”	—	36 - 86	0,35	0,18	1
		90 - 900	0,35	0,07	1
Конвектор настінний з кожухом, типу “Комфорт”	Будь-яка	36 - 900	0,2	0,03	1
Труба опалювальна сталева $d_y = 40 - 100$ мм	Будь-яка	30 - 900	0,32	0	1
Радіатор алюмінієвий секційний	Зверху-вниз	20 - 102	0,323 ÷ 0,366	0	1



Мал 12.1. Графік для визначення поправочного коефіцієнта  $\phi_1$ .



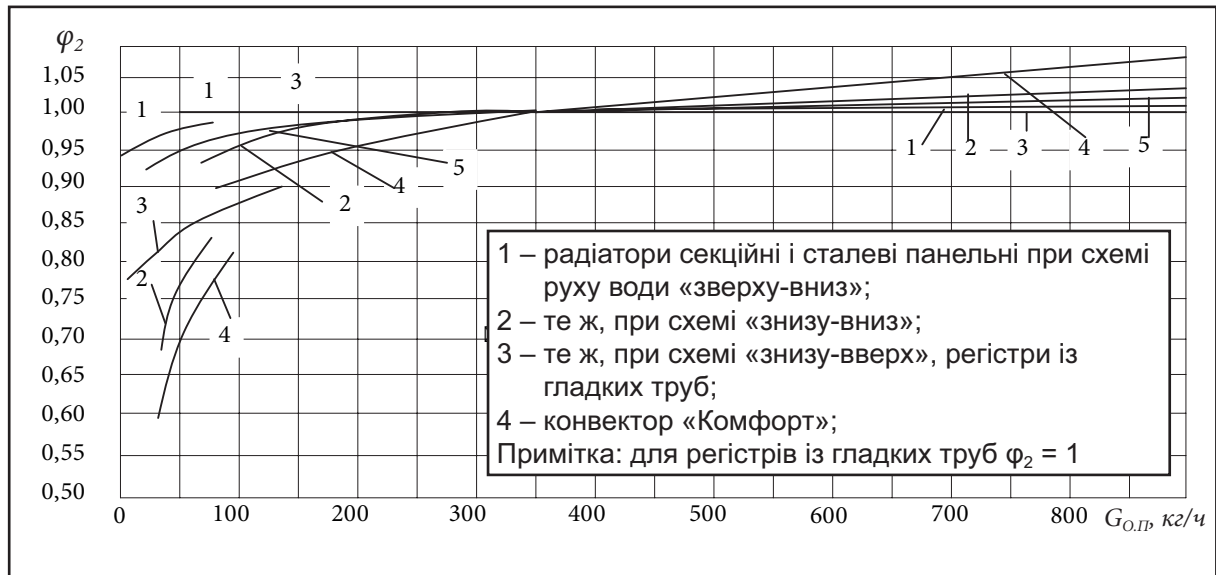


Рис. 12.2. Графік для визначення поправочного коефіцієнта  $\varphi_2$

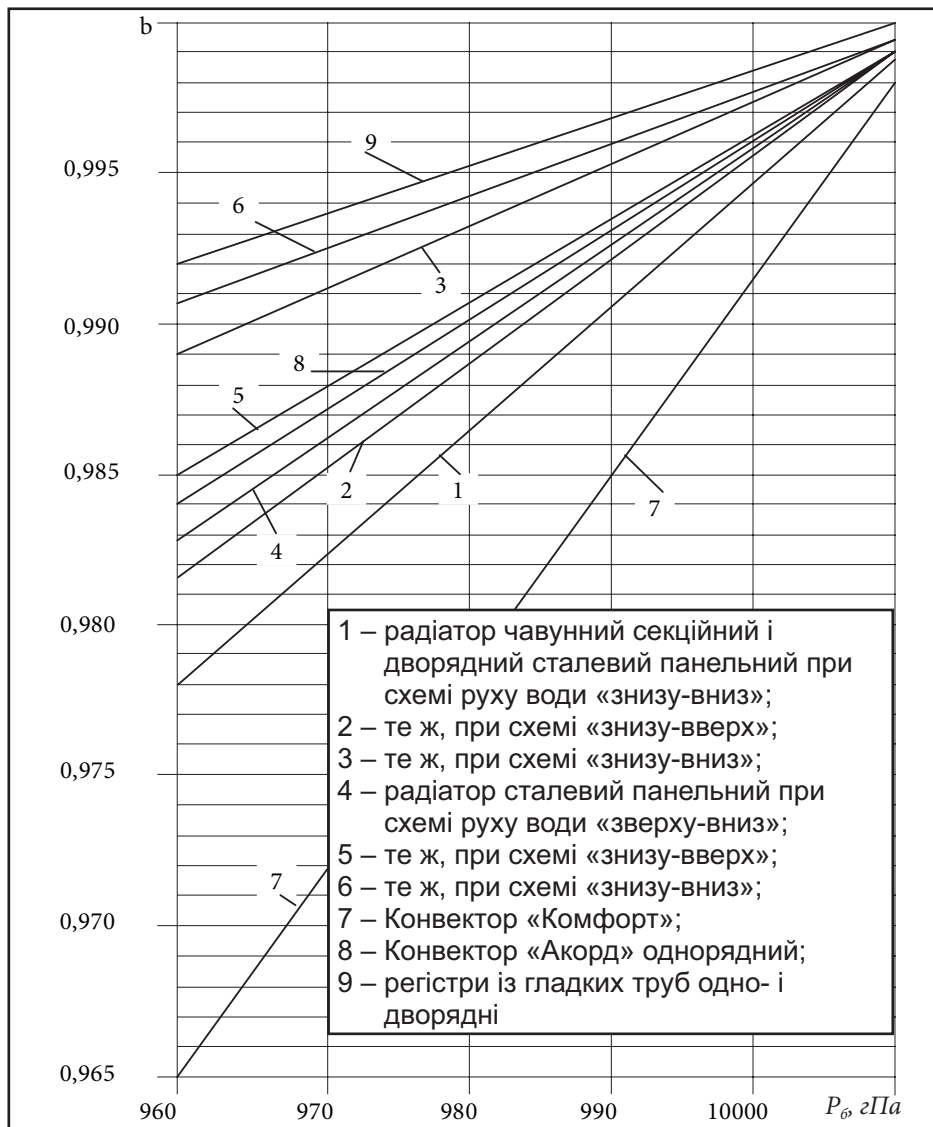


Рис. 12.3. Графік для визначення поправочного коефіцієнта b.



Розрахункову теплову потужність  $Q_{оп}$ , Вт, опалювального приладу згідно [16] необхідно визначати за формулою:

$$Q_{оп} = (Q_1 + Q_{вн} - 0,9 Q_{мп} - Q_{3.н}) b_2 b_3, \quad (12.4)$$

де:

$Q_1 = Q_{ос} + Q_{вн}$  - тепловтрати приміщення, Вт;

$Q_{вн}$  - тепловтрати, Вт, через внутрішні стіни (перегородки), приміщення, для яких розраховують теплову потужність опалювального приладу, від суміжного приміщення, у якому можливе експлуатаційне зниження температури. Величину  $Q_{вн}$  слід враховувати тільки при розрахунках опалювальних приладів, обладнаних автоматичними терморегуляторами;

$Q_{мп}$  - тепловий потік, Вт, від неізольованих трубопроводів системи опалення, прокладених у приміщенні. При прокладці стояків і горизонтальних приладових віток у конструкції підлоги, у штрабі або конструкції плінтуса, при застосуванні пластмасових і мідних труб з тепловою ізоляцією величиною  $0,9Q_{мп}$  можна знехтувати;

$Q_{3.н}$  - тепловий потік, Вт, який надходить у приміщення від електричних приладів, освітлення, людей, технологічного обладнання, комунікацій, матеріалів та інших джерел. При розрахунках теплової потужності опалювальних приладів житлових, громадських і адміністративно-побутових приміщень величину  $Q_{3.н}$  враховувати не слід;

$b_2$  - коефіцієнт врахування додаткових втрат теплоти опалювальними приладами, розташованими в зовнішніх огороженнях, значення коефіцієнта  $b_2$  наведені в табл. 12.2;

$b_3$  - коефіцієнт, що враховує спосіб установки опалювальних приладів, визначається за даними табл.12.3. При установці в опалювальному приміщенні декількох опалювальних приладів величину  $Q_{оп}$  обчислену за формулою (12.4), слід розділити, як правило, на кількість приладів.

Таблиця 12.2.

**Коефіцієнт  $b_2$**

Тип опалювального приладу	Коефіцієнт $b_2$ при установці приладу		
	Біля зовнішньої стіни		Біля закленого світлового прорізу
	Житлових і громадських	Виробничих	
Радіатор чавунний	1,01	1,02	1,07
Конвектор з кожухом	1,01	1,02	1,05
Конвектор без кожуха	1,015	1,03	1,07

Примітка: При розміщенні опалювального приладу у внутрішньої стіни  $b_2 = 1$ .

Тепловіддачу відкрито прокладених сталевих труб в опалювальному приміщенні визначають за формулою:

$$Q_{мп} = q_{мп} (\ell_в + 1,28 \ell_г), \quad (12.5)$$

де:

$q_{мп}$  - тепловий потік 1 м відкрито прокладених у приміщенні вертикальних сталевих труб залежно від їхнього діаметра і температурного напору  $\Delta t_{т-пр}$ , визначається за даними графіка Рис. 12.4.;

$\ell_в$  - довжина (висота) вертикальних труб, м;

$\ell_г$  - довжина горизонтально прокладених труб, м.

З метою спрощення розрахунків теплового потоку від відкрито прокладених трубопроводів в опалювальному приміщенні рекомендується приймати температурний напір  $t_{mmp}$  для них у такий спосіб:

- в однотрубних вертикальних системах опалення  $t_{mmp} = t_m$ , тобто такою ж величиною, як і температурний напір для розрахункового опалювального приладу;
- в однотрубних горизонтальних системах опалення: для розподільних і збірних стояків (стояків гарячої і охолодженої води) відповідно  $t_{mmp,z} = t_z - t_{вн}$  і  $t_{mmp,с} = t_o - t_{вн}$ ; для горизонтальних приладових віток і підводок до опалювальних приладів  $t_{mmp} = t_m$ , тобто такою ж величиною, як і температурний напір для розрахункового опалювального приладу;
- у двотрубних системах опалення з горизонтальними вітками: для розподільних і збірних стояків, які прокладаються в опалювальному приміщенні і для якого розраховується опалювальний прилад, а також для горизонтальних віток і підводок до опалювального приладу  $t_{mmp,z} = t_m$ ; для розподільних і збірних трубопроводів, які прокладаються в різних опалювальних приміщеннях, відповідно  $t_{mmp,z} = t_z - t_{вн}$  і  $t_{mmp,с} = t_o - t_{вн}$ ;
- у двотрубних вертикальних системах опалення для всіх трубопроводів:

$$\Delta t_T^{mp.o} = \frac{t_{\Gamma} + t_o}{2} - t_{вн}.$$

Температурний напір  $t_m$ , °С, в опалювальному приладі визначають за формулою:

$$\Delta t_T = t_{вх} - \frac{\Delta t_{O.П}}{2} - t_{вн}, \quad (12.6)$$

де:

$t_{вх}$  - температура води, що входить в опалювальний прилад, °С;

$t_{оп}$  - перепад температури води в опалювальному приладі, °С;

$t_{вн}$  - розрахункова температура повітря в приміщенні, °С.

У двотрубних системах водяного опалення температура води  $t_{вх}$  на вході в кожний опалювальний прилад дорівнює розрахунковій температурі гарячої води  $t_z$ , тобто  $t_{вх} = t_z$ .

В однотрубних системах водяного опалення температуру води на вході в кожний опалювальний прилад визначають по наступних формулах:

- для вертикальних систем

$$t_{вх} = t_{\Gamma} - \frac{0,86 \Sigma Q_1 b_2 b_3}{G_{CT}} \quad (12.7)$$

- для горизонтальних систем

$$t_{вх} = t_{\Gamma} - \frac{0,86 \Sigma Q_1 b_2 b_3}{G_{П.В}}, \quad (12.8)$$

де:

$\Sigma Q_1$  - обчислені за формулою (6.2) [16] сумарні тепловтрати приміщень, які обслуговують опалювальні прилади, розташовані за рухом води до розрахункового опалювального приладу, Вт;

$G_{CT}$  і  $G_{П.В}$  - відповідно витрати води в стояку і горизонтальній приладовій вітці, які визначаються за результатами гідравлічного розрахунків трубопроводів системи опалення, кг/год.

Перепад температур води, °С, у кожному опалювальному приладі в однотрубних системах опалення визначають по формулах:

$$\Delta t_{O.П} = \frac{0,86 Q_{O.П}}{G_{O.П}} = \frac{0,86 Q_1 b_2 b_3}{G_{CT} \alpha} \quad (12.9)$$

$$\Delta t_{O.П} = \frac{0,86 Q_{O.П}}{G_{O.П}} = \frac{0,86 Q_1 b_2 b_3}{G_{П.В} \alpha}, \quad (12.10)$$

де:

$G_{оп}$  - витрата води в опалювальному приладі, кг/год;

$\alpha$  - коефіцієнт затікання води в опалювальний прилад, величину якого можна прийняти за даними, наведеним у табл.12.4.

Таблиця складена для чавунних і сталевих радіаторів, а також для регістрів із гладких труб. Для настінних конвекторів, встановлених відкрито в стіни (без ніш),  $b_3 = 1$ .

Перепад температур води, °С, у кожному опалювальному приладі горизонтальної приладової вітки двотрубної системи опалення визначають за формулою:

$$\Delta t_{О.П} = \frac{0,86 Q_{П.В} b_2 b_3}{G_{П.В}}, \quad (12.11)$$

де:

$Q_{П.В}$  - сума тепловтрат  $Q_1$  приміщень, які обслуговуються приладовою віткою, Вт.

Витрата води, кг/год, в опалювальних приладах двотрубних систем водяного опалення з горизонтальними приладовими вітками слід визначати за формулою:

$$G_{О.П} = G_{П.В} \frac{Q_1}{\sum Q_1}, \quad (12.12)$$

де:

$Q_1$  - тепловтрати приміщення, для якого розраховується опалювальний прилад, Вт;

$\sum Q_1$  - сумарні тепловтрати приміщень, які обслуговуються горизонтальною приладовою віткою, Вт.

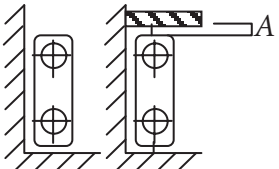
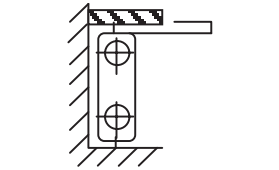
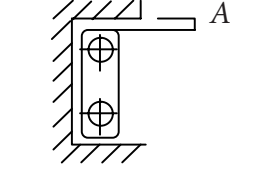

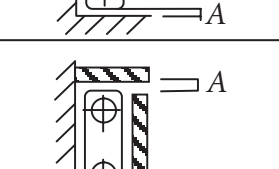
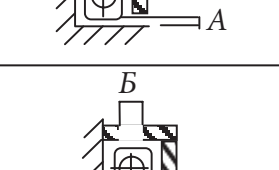
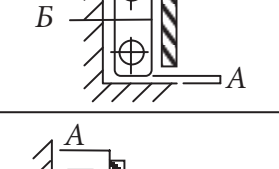
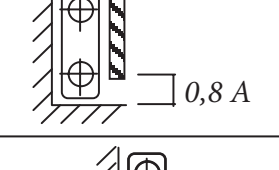
Фактичний тепловий потік прийнятого до установки опалювального приладу  $Q_n^{\phi}$ , приведений до нормованих умов, не повинен бути менше ніж на 5% або на 60 Вт необхідного теплового потоку  $Q_n^{номр}$ . Розбіжність  $M$ , %, між величинами  $Q_n^{\phi}$  і  $Q_n^{номр}$  для кожного опалювального приладу слід визначати за формулою:

$$M = \frac{Q_n^{\phi} - Q_n^{номр}}{Q_n^{номр}} 100\%. \quad (12.13)$$

Послідовність розрахунків опалювальних приладів у різних системах водяного опалення наведена в нижченаведених прикладах.

Таблиця 12.3.

**Коефіцієнт  $b_3$**

Ескіз установки приладу	Спосіб установки приладу	A, мм	$b_3$
	Відкрито в стіні або із заглибленням до 130 мм	$\geq 75$	1
	Біля стіни без ніші, перекритою дошкою у вигляді полиці	40 80 100	1,05 1,03 1,02
	У ніші із заглибленням більше 130 мм	40 80 100	1,11 1,07 1,06
	Біля стіни без ніші і перекриттям верхньої і лицьової сторони глухими дошками із щілинами.	150 180 220 260	1,25 1,19 1,13 1,12
	Те ж, із щілинами в лицьовій панелі або закритими сіткою	130 130	1,2 1,4
	Біля стіни без ніші, закриті зверху дошкою із щілиною, а з лицьової сторони - ґратами, що не доходять не менше чим на 100 мм до підлоги.	$\geq 100$	1,15
	Біля стіни без ніші, закритий глухим екраном, який не доходить до підлоги 0,8A		0,9
	Двоярусна установка в стіні		1,05

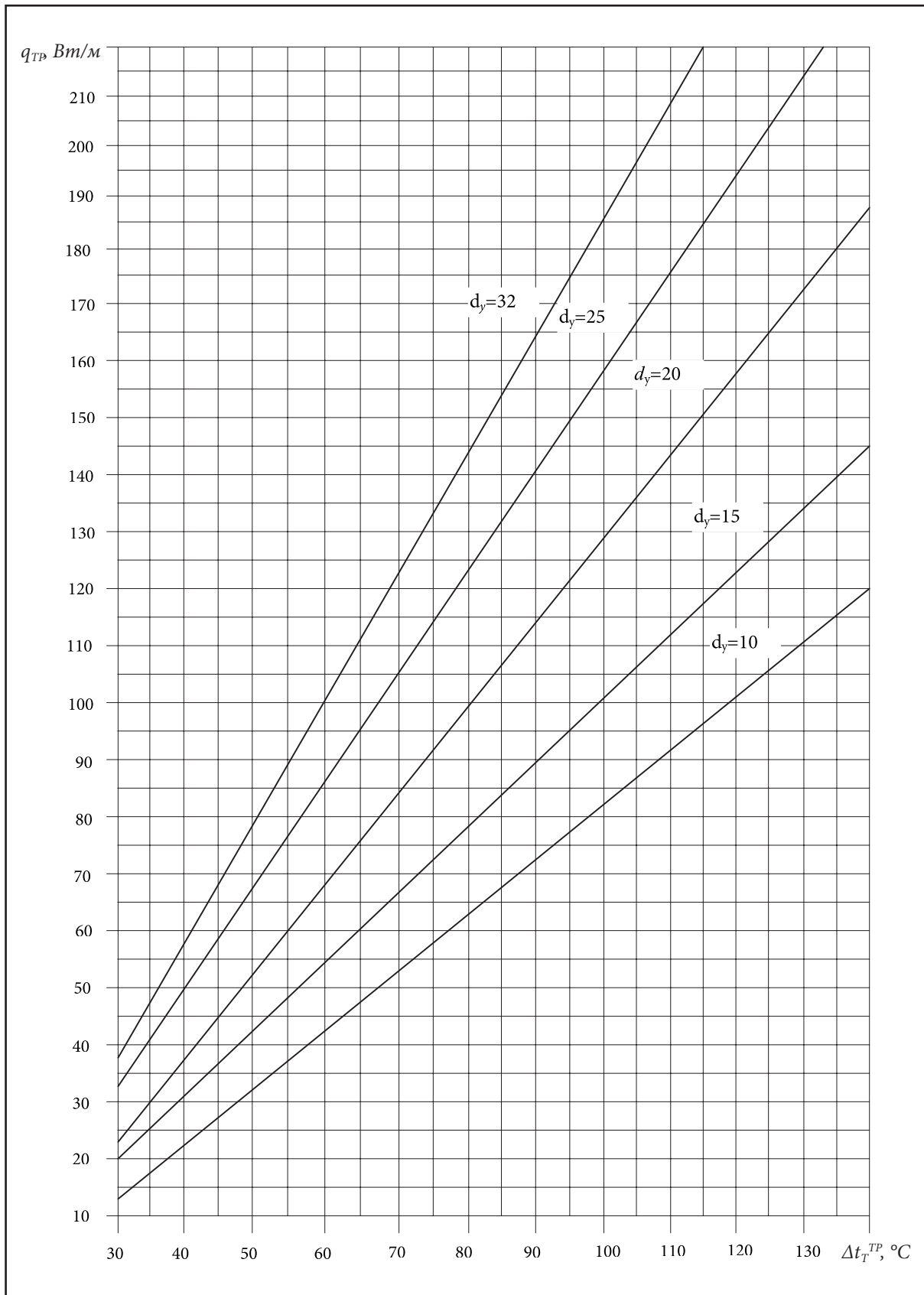
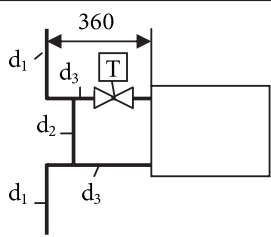
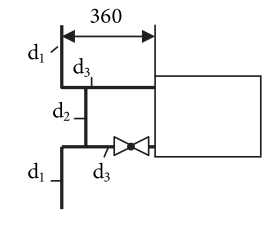
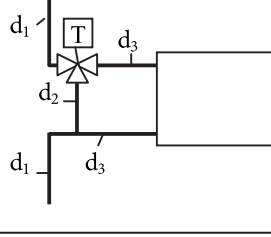
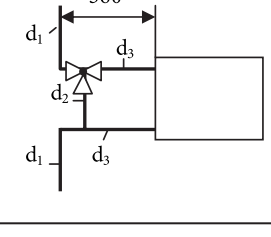
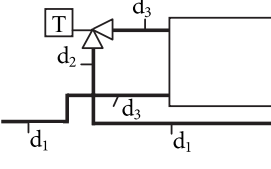


Рис. 12.4. Графік для визначення теплового потоку 1 м відкрито прокладених у приміщенні вертикальних сталевих труб Таблиця 12.4.

Таблиця 12.4.

**Коефіцієнт затікання води  $\alpha$  у вузлах обв'язки чавунних секційних і сталевих панельних радіаторів в однотрубних вертикальних і горизонтальних системах опалення**

Ескіз вузла	Діаметри труб $d_y$ , мм			Регулююча арматури	$\alpha$
	$d_1$	$d_2$	$d_3$		
	15	15	15	Термостатичний клапан "Герц-TS-E" з термоголовкою	0,41
	20	15	20		0,47
	25	20	25		0,33
	15	15	15	Кран регулюючий прохідний типу КРП	0,45
	20	15	20		0,56
	25	20	20/25*		0,44
	15	15	15	Кран регулюючий триходовий типу "Calis-TS" з термоголовкою фірми "Герц"	0,8
	20	20	20		0,8
	15	15	15	Кран регулюючий триходовий типу КРТ	1
	20	20	20		1
	25	25	25		1
	15	15	15	Система приєднання "Герц-2000" з термоголовкою фірми "Герц"	0,5

\* У чисельнику - діаметр верхньої підводки, у знаменнику - нижньої підводки.

## 12.2. Приклади розрахунку опалювальних приладів

**Приклад 1.** Розрахунки опалювальних приладів однотрубною горизонтальною поквартирною системою водяного опалення житлового будинку [28].

### Вихідні дані

Розрахувати чавунні радіатори типу MC-140-98, наведеної на Рис. 12.5, однотрубною горизонтальною системою водяного опалення, що опалює приміщення 201, 202, 203 двокімнатної квартири житлового будинку в м. Києві. Розрахунковий перепад температур води в системі опалення  $t_2 - t_o = 95 - 70^\circ\text{C}$ . Установка опалювальних приладів прийнята під вікнами в стіни без ніш. Радіатори обладнуються системою приєднання “Герц-2000” для однотрубних систем (з короткозамкненим байпасом) з термостатичними клапанами “Герц-TS-90” і вмонтованими повітряними кранами.

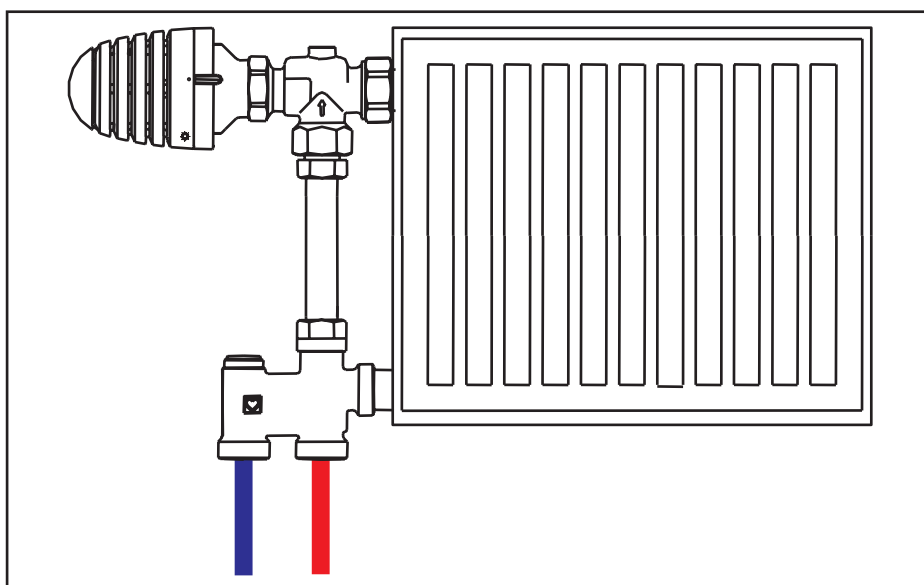


Рис. 12.5. Комплект підключення Герц 2000

Трубопроводи системи опалення, прокладені відкрито, запроектовані зі сталевих водогазопровідних труб (ГОСТ 3262-89\*). Згідно з результатами гідравлічного розрахунку системи опалення витрата води в горизонтальній приладовій вітці дорівнює  $G_{п.в.} = 101,8 \text{ кг/год}$ . Вихідні дані, необхідні для розрахунків радіаторів, наведені на Рис. 12.6.

### Послідовність розрахунків

За формулою (12.8) визначається температура води, що входить у кожний опалювальний прилад:

$$t_{вх_i} = t_{г} - \frac{0,86 \sum Q_i b_2 b_3}{G_{п.в.}};$$

$$t_{вх_I} = 95^\circ\text{C}; t_{вх_{II}} = 95 - \frac{0,86 \cdot 1620 \cdot 1,01}{101,8} = 81,13^\circ\text{C};$$

$$t_{вх_{III}} = 95 - \frac{0,86 \cdot (1620 + 880) \cdot 1,01}{101,8} = 73,67^\circ\text{C}.$$

де:

$b_2 = 1,01$  (табл. 12.2);

$b_3 = 1$  (табл. 12.3).

Перепад температур води в радіаторах визначений за формулою (12.10):

$$\Delta t_{O.П_i} = \frac{0,86 Q_{1_i} b_2 b_3}{G_{П.В} \alpha};$$

$$\Delta t_{O.П_I} = \frac{0,86 \cdot 1620 \cdot 1,01}{0,5 \cdot 101,8}; \Delta t_{O.П_{II}} = \frac{0,86 \cdot 880 \cdot 1,01}{0,5 \cdot 101,8}; \Delta t_{O.П_{III}} = \frac{0,86 \cdot 880 \cdot 1,01}{0,5 \cdot 101,8},$$

де:

$\alpha = 0,5$  - коефіцієнт затікання води в радіатори для системи приєднання "Герц-2000" (табл.12.4).

Температурний напір у кожному радіаторі визначений за формулою (12.6):

$$\Delta t_{T_i} = t_{ex} - \frac{\Delta t_{O.П_i}}{2} - t_{en}; \Delta t_{T_I} = 95 - \frac{27,65}{2} - 20 = 61,17^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_{T_{II}} = 81,18 - \frac{15,02}{2} - 18 = 55,67^\circ\text{C}; \Delta t_{T_{III}} = 73,67 - \frac{13,48}{2} - 18 = 48,93^\circ\text{C}.$$

Температурний напір для подаючого та зворотного трубопроводу відповідно рівні:

для приміщення 203  $\Delta t_T^{mp.z} = t_T - t_{en} = 95 - 20 = 75^\circ\text{C};$

для приміщення 201  $\Delta t_T^{mp.o} = t_o - t_{en} = 70 - 18 = 52^\circ\text{C}.$

Тепловіддачу відкрито прокладених сталевих труб в опалювальному приміщенні визначаємо за формулою (12.5). Для цього по Рис. 12.6 і даним графіка на Рис.12.4 для кожного приміщення визначена довжина вертикальних і горизонтальних ділянок трубопроводів  $\ell_v$  і  $\ell_g$ , м температурні напори, що відповідають їм,  $\Delta t_{T_i}^{mp}$ ,  $^\circ\text{C}$ , і теплові потоки 1 м вертикальних труб  $q_{mp}$ , Вт/м. Результати розрахунків наведені в табл. 12.5.

Розрахункова теплова потужність кожного радіатора горизонтальної вітки обчислена за формулою (12.4):

$$Q_{O.П_i} = (Q_{Is} + Q_{en_i} - 0,9 Q_{mp}) b_2 b_3;$$

$$Q_{O.П_I} = (1620 + 260 - 0,9 \cdot 484) 1,01 = 1459 \text{ Вт};$$

$$Q_{O.П_{II}} = (880 + 210 - 0,9 \cdot 230) 1,01 = 892 \text{ Вт};$$

$$Q_{O.П_{III}} = (790 + 170 - 0,9 \cdot 284) 1,01 = 711 \text{ Вт}.$$

Поправочний коефіцієнт  $\varphi_1$  визначається за формулою (12.1) або за графіком, наведеному на Рис. 12.2:

$$\varphi_{1_i} = \left( \frac{\Delta t_{T_i}}{70} \right)^{1+n}; \varphi_{1_I} = \left( \frac{61,17}{70} \right)^{1,3} = 0,839; \varphi_{1_{II}} = \left( \frac{55,56}{70} \right)^{1,3} = 0,742;$$

$$\varphi_{1_{III}} = \left( \frac{48,93}{70} \right)^{1,3} = 0,628.$$

Поправочний коефіцієнт  $\varphi_2$  визначається за формулою (12.1) або за графіком (Рис. 12.2) для всіх радіаторів горизонтальної вітки при  $G_{on} = G_{не}$ :

$$\alpha = 101,8 - 0,5 = 50,9 \text{ кг/год}$$



$$\varphi_2 = 0,962$$

Поправочний коефіцієнт  $b_2$  визначається за графіком (Рис. 12.3) для барометричного тиску, для Києва  $P_6 = 990$  гПа:

$$b = 0,99$$

При витраті води в опалювальних приладах  $G_{on} = 50,9$  кг/год поправочний коефіцієнт за даними табл. 12.1:

$$c = 1,039$$

Згідно пояснень до формули (12.1) для всіх радіаторів горизонтальної вітки коефіцієнти  $\Psi_1 = 1$  (схема руху води в радіаторах “зверху-вниз”);  $\Psi_2 = 1$  (однорядна установка радіаторів по вертикалі);  $\Psi_3 = 1$  (однорядна установка радіаторів у глибину).

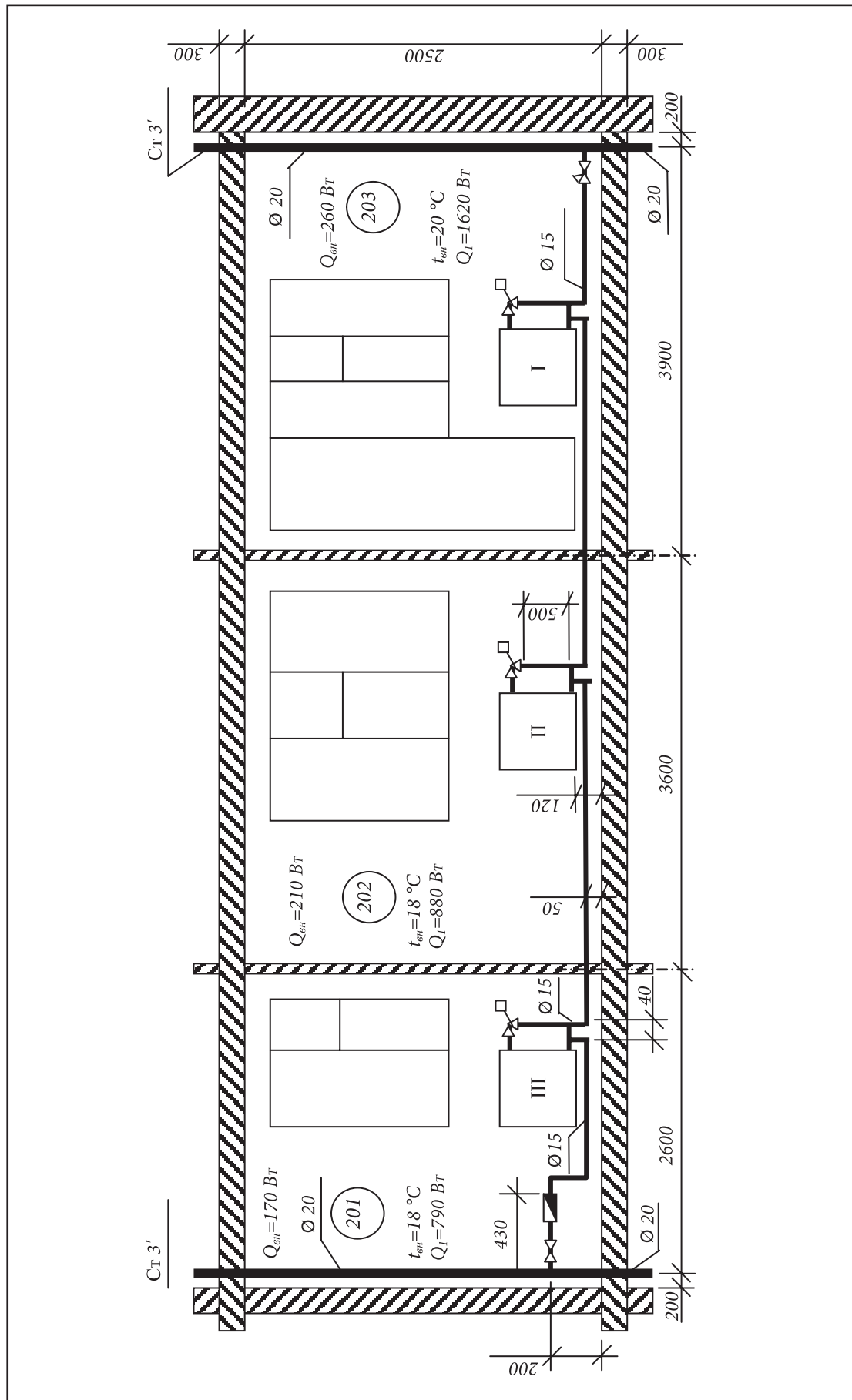


Рис. 12.6. Розрахункова схема однотрубної вітки горизонтальної поквартирної системи водяного опалення.

Таблиця 12.5.  
Тепловіддача відкрито прокладених сталевих труб у приміщенні

№№ приміщення	№ опалювального приладу	Діаметр труби $d_y$ , мм	Довжина труб, м		Температурний напір $\Delta t_{tr}$ , °C	Величина $q_{tr}$ , Вт/м [16]	Розрахунки тепловіддачі трубопроводів за формулою (9.5)	Загальна тепловіддача труб $Q_{tr}$ , Вт
			вертикальних	горизонтальних				
203	I	15	$0,5 + 0,1 \cdot 2 = 0,7$	$3,9 + 0,15 = 4,05$	61,17	48,4	$Q_{tr} = 48,4 (0,7 + 1,28 \cdot 4,05) = 285 \text{ Вт}$	484
		20	2,5	—	75	79,5	$Q_{tr} = 79,5 \cdot 2,5 = 199 \text{ Вт}$	
202	II	15	$0,5 + 0,1 \cdot 2 = 0,7$	$3,5 + 0,15 = 3,65$	55,67	42,8	$Q_{tr} = 42,8 (0,7 + 1,28 \cdot 3,65) = 230 \text{ Вт}$	230
201	III	15	$0,15 + 0,5 + 0,1 \cdot 2 = 0,85$	$2,6 + 0,15 = 2,75$	48,93	37,2	$Q_{tr} = 37,2 (0,85 + 1,28 \cdot 4,05) = 163 \text{ Вт}$	284
		20	2,5	—	52	48,5	$Q_{tr} = 48,5 \cdot 2,5 = 121 \text{ Вт}$	

Примітка. Для системи приєднання «Герц»-2000» прийняті: довжина вертикальних ділянок підводок до радіатора  $\ell_g = 0,7$  м, довжина горизонтальних ділянок підводок  $\ell_z$  - по факту 0,05 м.

Необхідний тепловий потік для кожного радіатора, приведений до нормованих умов, обчислюємо за формулою (12.3):

$$Q_{H_i}^{номп} = \frac{Q_{O.П_i}}{\varphi_1 \varphi_2 b_c \psi_1 \psi_2 \psi_3};$$

$$Q_{H_I}^{номп} = \frac{1459}{0,839 \cdot 0,962 \cdot 0,99 \cdot 1,039} = 1757 \text{ Вт};$$

$$Q_{H_{II}}^{номп} = \frac{892}{0,742 \cdot 0,962 \cdot 0,99 \cdot 1,039} = 1215 \text{ Вт};$$

$$Q_{H_{III}}^{номп} = \frac{711}{0,628 \cdot 0,962 \cdot 0,99 \cdot 1,039} = 1144 \text{ Вт}.$$

Розрахункова кількість радіаторів визначається за формулою (12.14):

$$n_p = \frac{Q_H^{номп}}{Q_H} \quad (12.14)$$

де:

$Q_H = 174 \text{ Вт}$  - номінальний тепловий потік однієї секції радіатора МС-140-98.

$$n_{p_I} = \frac{1757}{174} = 10,1 \text{ шт.};$$

$$n_{p_{II}} = \frac{1215}{174} = 6,98 \text{ шт.};$$

$$n_{p_{III}} = \frac{1144}{174} = 6,57 \text{ шт.}$$

Настановна кількість секцій у кожному радіаторі визначаємо за формулою:

$$n_{ycm} = \frac{n_p}{b_4} \quad (12.15)$$

де:

$b_4$  - поправочний коефіцієнт, що враховує кількість секцій у радіаторі. Для радіаторів типу МС при кількості секцій від 3 до 15 приймається  $b_4 = 1$ , від 16 до 20 -  $b_4 = 0,98$ , від 21 до 25 -  $b_4 = 0,96$ .

Тобто, для всіх радіаторів горизонтальної вітки при  $b_4 = 1$ :

$$n_{ycm} = n_p$$

Обчислену за формулою (12.14) величину  $n_{ycm}$  округляємо до цілого числа  $n_{фycm}$  так, щоб фактичний тепловий потік радіатора, доведений до нормованих умов, був найбільш близьким (розбіжність у бік зменшення не повинне перевищувати 60 Вт або 5%).

фактичний тепловий потік радіатора, доведений до нормованих умов, визначають за формулою (12.16):

$$Q_H^\Phi = Q_H n_{ycm}^\Phi b_4, \quad (12.16)$$

Так, у даному прикладі при  $n_{ycm_I}^\Phi = 10 \text{ шт.}$ ,  $n_{ycm_{II}}^\Phi = 7 \text{ шт.}$  и  $n_{ycm_{III}}^\Phi = 6 \text{ шт.}$

$$Q_{H_I}^{\phi} = 174 \cdot 10 = 1740 \text{ Вт}; Q_{H_{II}}^{\phi} = 174 \cdot 7 = 1218 \text{ Вт}; Q_{H_{III}}^{\phi} = 174 \cdot 6 = 1044 \text{ Вт}.$$

Розбіжність між величинами  $Q_H^{\phi}$  и  $Q_H^{номп}$  визначені за формулою (12.13):

$$M = \frac{Q_H^{\phi} - Q_H^{номп}}{Q_H^{номп}} \cdot 100\%;$$

$$M_I = \frac{1749 - 1757}{1757} \cdot 100 = -0,97\% \text{ при } Q_{H_I}^{\phi} - Q_{H_I}^{номп} = 1740 - 1757 = -17 \text{ Вт};$$

$$M_{II} = \frac{1218 - 1215}{1757} \cdot 100 = 0,2\% \text{ при } Q_{H_{II}}^{\phi} - Q_{H_{II}}^{номп} = 1218 - 1215 = 3 \text{ Вт};$$

$$M_{III} = \frac{1044 - 1144}{1757} \cdot 100 = -8,74\% \text{ при } Q_{H_{III}}^{\phi} - Q_{H_{III}}^{номп} = 1044 - 1144 = -100 \text{ Вт};$$

Оскільки  $M_{III}$  більше 5%, а  $Q_{H_{III}}^{\phi} - Q_{H_{III}}^{номп}$  більше 60 Вт, остаточно прийняте  $n_{устIII}^{\phi} = 7 \text{ шт.}$

При цьому  $Q_{H_{III}}^{\phi} = 174 \cdot 7 = 1218 \text{ Вт};$

$$M_{III} = \frac{1218 - 1144}{1144} \cdot 100 = 6,47\% .$$

Таблиця 12.6.

Розрахунки чаєвних секційних радіаторів типу МС-140-98

№№ приміщення	№ радіатора	$Q_{\text{вн}}$	$G_{\text{опл}}$ , кг/ч	$t_{\text{вх}}$ , °C	$\Delta t_{\text{опл}}$ , °C	$t_{\text{вн}}$ , °C	$\Delta t_{\text{п}}$ , °C	$Q_{\text{опл}}$ , Вт	$\phi_2$	$\phi_2$	$c$	$Q_{\text{н}}^{\text{ном}}$ , Вт	$n_{\text{р}}$	$b_4$	$n_{\text{уст}}$	$n_{\text{уст}}^{\phi}$	$Q_{\text{н}}^{\phi}$ , Вт	$M$ , %
Приклад №1: $G_{\text{п.в}} = 101,8 \text{ кг/год}$ ; $b_2 = 1,01$ ; $b_3 = 1$ ; $\alpha = 0,5$ ; $b = 0,99$ ; $\psi_1 = 1$ ; $\psi_2 = 1$ ; $\psi_3 = 1$ ; $Q_{\text{н}} = 174 \text{ Вт/сек}$ .																		
203	I	1620	50,9	95	27,65	20	61,17	484	0,839	0,962	1,039	1757	10,1	1	10,1	10	1740	-0,97
202	II	880	50,9	81,13	15,02	18	55,67	230	0,742	0,962	1,039	1215	6,98	1	6,98	7	1218	+0,2
201	III	790	50,9	73,67	13,48	18	48,93	287	0,628	0,962	1,039	1144	6,57	1	6,57	7	1218	+6,47
Приклад №2: $G_{\text{п.в}} = 101,8 \text{ кг/год}$ ; $b_2 = 1,01$ ; $b_3 = 1$ ; $b = 0,99$ ; $\psi_1 = 1$ ; $\psi_2 = 1$ ; $\psi_3 = 1$ ; $Q_{\text{н}} = 174 \text{ Вт/сек}$ .																		
201	I	790	24,4	95	28,1	18	63	677	0,872	0,934	1,039	419	2,41	1	2,41	3	522	+24,6
202	II	880	27,2	95	28,1	18	63	400	0,872	0,949	1,039	866	4,98	1	4,98	5	870	+0,5
203	III	1620	50,1	95	28,1	20	61	165	0,836	0,961	1,039	2116	12,16	1	12,16	12	2088	+1,3

**Приклад 2.** Розрахунки опалювальних приладів двотрубною горизонтальною поквартирної системи водяного опалення житлового будинку [28].

### **Вихідні дані**

Розрахувати чавунні радіатори типу MC-140-98 наведені на Рис. 12.7 двотрубною горизонтальною системи водяного опалення, що опалює приміщення 201, 202, 203 двокімнатної квартири житлового будинку в м. Києві. Розрахунковий перепад температур води в системі опалення  $t_r - t_o = 95 - 70^\circ\text{C}$ . Установка опалювальних приладів прийнята під вікнами в стіни без ніш. Радіатори обладнаються системою приєднання “Герц-2000” для двотрубних систем з термостатичними клапанами “Герц-TS-90” і вмонтованими повітряними кранами. Трубопроводи системи опалення, прокладені відкрите, запроектовані зі сталевих водогазопровідних труб (ГОСТ 3262-89\*). Згідно з результатами гідравлічного розрахунків системи опалення витрата води в горизонтальній приладовій вітці дорівнює  $G_{п.в.} = 101,8$  кг/год. Вихідні дані, необхідні для розрахунків радіаторів, наведені на Рис. 12.7.

### **Послідовність розрахунків**

Температура води на вході в опалювальні прилади:

$$t_2 = 95^\circ\text{C}.$$

Витрата води в радіаторах визначається за формулою (12.12):

$$G_{O.П_i} = G_{П.В} \frac{Q_{I_i}}{Q_{П.В_i}},$$

де:

$Q_{I_i}$  - тепловтрати приміщення, у якому установлюється і-тий нагрівальний прилад, визначені за формулою (6.2), Вт;

$Q_{п.в.}$  -тепловтрати приміщень квартири, які опалюються розрахунковою віткою, Вт.

$$G_{O.П_I} = 101,8 \frac{790}{790 + 880 + 1620} = 101,8 \frac{790}{3290} = 24,4 \text{ кг/год};$$

$$G_{O.П_{II}} = 101,8 \frac{880}{3290} = 27,2 \text{ кг/год}; G_{O.П_{III}} = 101,8 \frac{1620}{3290} = 50,1 \text{ кг/год};$$

Перепад температури води в радіаторах вітки розрахований за формулою (12.11):

$$\Delta t_{O.П_i} = \frac{0,86 Q_{П.В} b_2 b_3}{G_{П.В}};$$

$$\Delta t_{O.П_I} = \Delta t_{O.П_{II}} = \Delta t_{O.П_{III}} = \frac{0,86 \cdot 3290 \cdot 1,01}{101,8} = 28,1^\circ\text{C}.$$

Температурний напір у кожному радіаторі визначений за формулою (12.6):

$$\Delta t_{T_I} = \Delta t_{T_{II}} = 95 - \frac{28,1}{2} - 18 = 63^\circ\text{C}; \Delta t_{T_{III}} = 95 - \frac{28,1}{2} - 20 = 61^\circ\text{C}.$$

Температурний напір для всіх трубопроводів, прокладених в опалювальних приміщеннях, визначений за формулою (12.17):

$$\Delta t_{T_i}^{mp} = \frac{t_r + t_o}{2} - t_{вн_i} \quad (12.17)$$

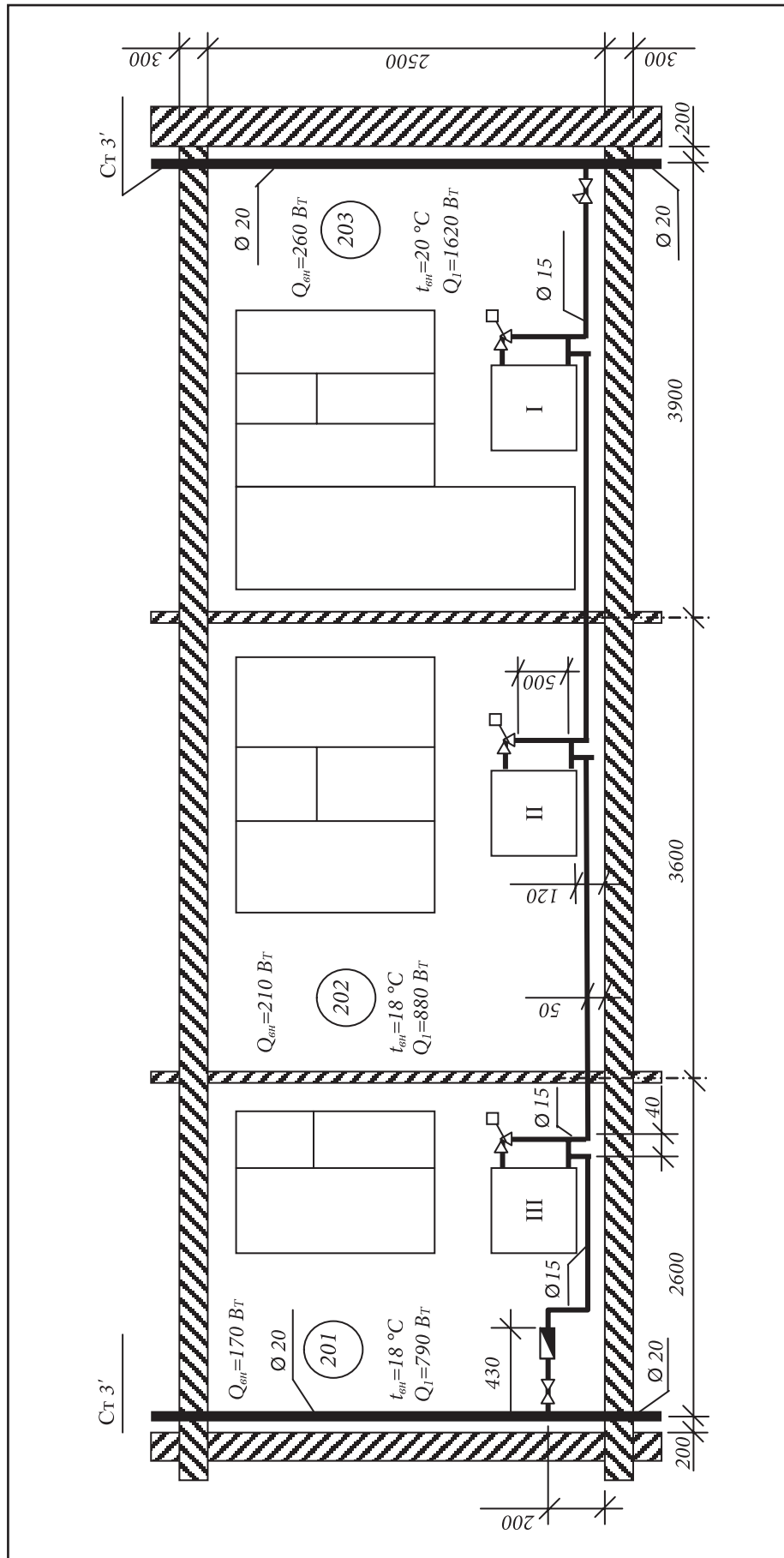


Рис. 12.7. Розрахункова схема вітки двотрубної поквартирної системи водяного опалення



$$\Delta t_{T_I}^{mp} = \Delta t_{T_{II}}^{mp} = \frac{95 + 70}{2} - 18 = 64,5 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_{T_{III}}^{mp} = \frac{95 + 70}{2} - 20 = 62,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Тепловіддачу відкрито прокладених сталевих труб в опалювальному приміщенні визначаємо за формулою (12.5). По Рис. 12.7 і даним на Рис. 12.4 для кожного приміщення визначаємо довжину вертикальних і горизонтальних ділянок трубопроводів  $b_2$  і  $b_3$  м, температурні напори, що відповідають їм,  $\Delta t_{T_i}^{mp}$ ,  $^\circ\text{C}$ , і теплові потоки 1 м вертикальних труб  $q_{mp}$ , Вт/м. Результати розрахунків наведені в табл. 12.7.

Розрахункова теплова потужність кожного радіатора горизонтальної приладової вітки визначена за формулою (12.4):

$$\begin{aligned} Q_{O.P.I} &= (Q_{I_i} + Q_{вн_i} - 0,90 Q_{мп_i}) b_2 b_3; \\ Q_{O.P.I} &= (790 + 170 - 0,9 \cdot 677) 1,01 = 351 \text{ Вт}; \\ Q_{O.P.II} &= (880 + 210 - 0,9 \cdot 400) 1,01 = 737 \text{ Вт}; \\ Q_{O.P.III} &= (16200 + 260 - 0,9 \cdot 165) 1,01 = 174 \text{ Вт} \end{aligned}$$

Поправочний коефіцієнт  $\varphi_2$  визначається за формулою (12.1) або за графіком (Рис. 12.1) для радіаторів горизонтальної вітки:

$$\begin{aligned} \varphi_{1_i} &= \left( \frac{\Delta t_{T_i}}{70} \right)^{1+n}; \\ \varphi_{1_I} = \varphi_{1_{II}} &= \left( \frac{63}{70} \right)^{1,3} = 0,872; \quad \varphi_{1_{III}} = \left( \frac{61}{70} \right)^{1,3} = 0,836. \end{aligned}$$

Поправочний коефіцієнт  $\varphi_2$  визначається за формулою (12.1) або за графіком (Рис. 9.16) для всіх радіаторів горизонтальної вітки

$$\begin{aligned} \varphi_{2_i} &= \left( \frac{G_{O.P.}}{360} \right)^p; \\ \varphi_{2_I} &= \left( \frac{24,4}{360} \right)^{0,02} = 0,934; \quad \varphi_{2_{II}} = \left( \frac{27,2}{360} \right)^{0,02} = 0,949; \quad \varphi_{2_{III}} = \left( \frac{50,1}{360} \right)^{0,02} = 0,961. \end{aligned}$$

Поправочний коефіцієнт  $b$  визначається по Рис. 12.3 по барометричному тиску для Києва  $P_6 = 990 \text{ гПа}$ :

$$b = 0,99.$$

Згідно даних табл. 12.1 для всіх радіаторів:  $c = 1,039$ ,  $\Psi_1 = 1$  (схема руху води в радіаторах "зверху-вниз"),  $\Psi_2 = 1$  (однорядна установка радіаторів по вертикалі),  $\Psi_3 = 1$  (однорядна установка радіаторів у глибину).

Таблиця 12.7.

Тепловіддача відкрито прокладених сталевих труб у приміщенні

№ приміщення	№ опалювального приладу	Умовний діаметр труби $d_{\text{тр}}$ , мм	Довжина труб, м		Температурний напір $\Delta t_{\text{тр}}$ , °C	Величина $[16], q_{\text{тр}}$ , Вт/м	Розрахунки тепловіддачі трубопроводів за формулою (9.5)	Загальна тепловіддача труб $Q_{\text{тр}}$ , Вт
			вертикальних, $\ell_e$	горизонтальних, $\ell_z$				
201	I	10	0,65	0,15	64,5	42	$42 (0,65 + 1,28 \cdot 0,15) = 35 \text{ Вт}$	677
		15	0,15	$2,02 \cdot 2 + 0,92 = 4,96$	64,5	53	$53 (0,15 + 1,28 \cdot 0,92 + 1,28 \cdot 2,02 \cdot 2 \cdot 0,9) = 317 \text{ Вт}$	
		20	$2,5 \cdot 2 = 5,0$	—	64,5	65	$65 \cdot 5 = 325 \text{ Вт}$	
202	II	10	0,65	$2,225 \cdot 2 + 0,15 = 9,6$	64,5	42	$42 (0,65 + 1,28 \cdot 0,15 + 1,28 \cdot 2,225 \cdot 2 \cdot 0,9) = 250 \text{ Вт}$	400
		15	—	$1,225 \cdot 2 = 2,45$	64,5	53	$53 \cdot 1,28 \cdot 2,45 \cdot 0,9 = 150 \text{ Вт}$	
203	III	10	0,65	$1,425 \cdot 2 + 0,15 = 3,0$	62,5	40	$42 (0,65 + 1,28 \cdot 0,15 + 1,28 \cdot 2,85 \cdot 0,9) = 165 \text{ Вт}$	165

Примітка. Довжина вертикальних ділянок підводок до радіатора  $\ell_e = 0,65$  м, довжина горизонтальних ділянок підводок  $\ell_z$  - по факту 0,05 м. Для горизонтально прокладених над підлогою приладових віток у два ряди по висоті величина  $Q_{\text{мр}}$  враховано з поправочним коефіцієнтом 0,9.

Необхідний тепловий потік для кожного радіатора, приведений до нормованих умов, обчислюємо за формулою (12.3):

$$Q_n^{ном} = \frac{Q_{о.п}}{\varphi_1 \varphi_2 b c \psi_1 \psi_2 \psi_3};$$

$$Q_{H_I}^{ном} = \frac{351}{0,872 \cdot 0,934 \cdot 0,99 \cdot 1,039} = 419 \text{ Вт};$$

$$Q_{H_{II}}^{потр} = \frac{737}{0,872 \cdot 0,949 \cdot 0,99 \cdot 1,039} = 866 \text{ Вт};$$

$$Q_{H_{III}}^{потр} = \frac{1748}{0,836 \cdot 0,961 \cdot 0,99 \cdot 1,039} = 2115 \text{ Вт}.$$

Розрахункова кількість секцій радіатора визначаємо за формулою (12.14):

$$n_p = \frac{Q_H^{ном}}{Q_H},$$

де:

$Q_H = 174 \text{ Вт}$  - номінальний тепловий потік однієї секції радіатора MC-140-98.

$$n_{p_I} = \frac{419}{174} = 2,41 \text{ шт.}; n_{p_{II}} = \frac{866}{174} = 4,98 \text{ шт.}; n_{p_{III}} = \frac{2115}{174} = 12,16 \text{ шт.}$$

Установлена кількість секцій у радіаторі визначаємо за формулою (12.15):

$$n_{уст} = \frac{n_p}{b_4},$$

Для всіх радіаторів вітки при  $b_4 = 1$

$$n_{уст} = n_p.$$

Обчислену за формулою (12.14) величину  $n_{уст}$  округляємо до цілого числа  $n_{фуст}$  так, щоб фактичний тепловий потік радіатора, доведений до нормованих умов, був найбільш близьким (розбіжність у бік зменшення не повинне перевищувати 60 Вт або 5%).

Фактичний тепловий потік радіатора, доведений до нормованих умов, визначають за формулою (12.16):

$$Q_H^\phi = Q_H n_{уст}^\phi b_4$$

Так, у даному прикладі при  $n_{уст_I}^\phi = 2 \text{ шт.}$ ,  $n_{уст_{II}}^\phi = 5 \text{ шт.}$  и  $n_{уст_{III}}^\phi = 12 \text{ шт.}$

$$Q_{H_I}^\phi = 174 \cdot 2 = 348 \text{ Вт}; Q_{H_{II}}^\phi = 174 \cdot 5 = 870 \text{ Вт}; Q_{H_{III}}^\phi = 174 \cdot 12 = 2088 \text{ Вт}.$$

Розбіжність між величинами  $Q_H^\phi$  и  $Q_H^{ном}$  визначені за формулою (12.13):

$$M_I = \frac{348 - 419}{419} 100 = -16,9 \%; \text{ при } Q_{H_I}^\phi - Q_{H_I}^{ном} = 348 - 419 = -71 \text{ Вт};$$

$$M_{II} = \frac{870 - 866}{866} 100 = 0,5 \%; \text{ при } Q_{H_{II}}^\phi - Q_{H_{II}}^{ном} = 870 - 866 = 4 \text{ Вт};$$

$$M_{III} = \frac{2088 - 2155}{2155} 100 = -1,3 \%; \text{ при } Q_{H_{III}}^\phi - Q_{H_{III}}^{ном} = 2088 - 2155 = -27 \text{ Вт}.$$

У зв'язку з тим, що  $M_I$  більше 5%, а  $Q_{H_I}^\phi - Q_{H_I}^{ном}$  перевищує 60 Вт, прийняте  $n_{уст}^\phi = 3 \text{ шт.}$

При цьому  $Q_{H_I}^{\phi} = 174 \cdot 3 = 522 \text{ Вт}$ ;  $M_I = \frac{522 - 419}{419} 100 = 24,6 \%$  .

Результати розрахунків радіаторів зведені в табл.12.6.

Наведений розрахунок слушний для підбору будь-яких приладів (для конвекторів, сталевих радіаторів - розрахунки закінчується вибором найближчого по площі опалювального приладу з номенклатурного ряду, пропонованого виробником). Однак, у зв'язку з тим, що кожний нагрівальний прилад повинен бути обладнаний терморегулятором, який дозволяє встановлювати більш комфортні умови в приміщенні, то для ефективної роботи системи опалення необхідно збільшити площу нагрівання на 10 %.

На практиці розрахунки виконуються приблизно, на жаль часто не враховується розташування приладу або схема його приєднання. Тобто визначається розрахунковий тепловий потік установлюваного в приміщенні опалювального приладу  $q_{оп}$ , Вт, для житлових кімнат за формулою:

$$q_{оп} = Q_{TP} + \frac{Q_B}{\Sigma A_{Ж}} A_{Ж}, \quad (12.18)$$

де:

$Q_{TP}$  - трансмісійні тепловтрати через огороження даного опалювального приміщення, Вт;

$Q_B$  - тепловтрати на нагрівання припливного повітря;

$A_{Ж}$  - площа даного житлового приміщення, м<sup>2</sup>;

$\Sigma A_{Ж}$  - сумарна площа всіх житлових приміщень будинку, м<sup>2</sup>.

Для інших опалювальних приміщень будинку:

$$q_{оп} = Q_{TP} \quad (12.19)$$

Після чого, виходячи з кількості опалювальних приладів у приміщенні, по каталогах вибирають типорозмір опалювального приладу.

\* при визначенні площі опалювального приладу необхідно пам'ятати, що установка перед ним терморегулятора вимагає збільшити площу опалювального приладу на 10-15%;

\* будь-яке вкриття опалювального приладу викликає зменшення його конвективної або радіаційної складової, що погіршує ефективність його роботи;

\* при експлуатації конвекторів необхідно пам'ятати, що існують різні конструкції: - в одних зняття зовнішнього корпусу призводить до збільшення тепловіддачі приладу (це викликане збільшенням площі поверхні контакту з навколишнім повітрям), а в інших - навпаки - відбувається зменшення - у зв'язку зі зменшенням швидкості омиваючого повітря опалювальний прилад.

## 13. ВПЛИВ ГІДРОДИНАМІЧНИХ І КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОПАЛЮВАЛЬНОГО ПРИЛАДУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

Основними елементами, які формують температурний режим опалювального приміщення, є опалювальний прилад і терморегулятор.

При цьому терморегулятор управляє роботою опалювального приладу кількісним методом регулювання, що вимагає розгляду відповідності з теплотехнічної точки зору режиму роботи терморегулятора і опалювального приладу. Не остаточно вирішене також питання про область впливу на параметри мікроклімату розташування опалювального приладу (при різних системах опалення), а в гідравлічних розрахунках не виконується врахування розподілу теплоносія в самих опалювальних приладах.

У даному розділі наведені деякі результати теоретичних досліджень по наступних питаннях:

1. Взаємодія терморегулятора з опалювальним приладом з урахуванням інерційності.
2. Зміна області впливу опалювального приладу на розподіл температури в приміщенні при роботі різних систем опалення.
3. Розподіл теплоносія в опалювальному приладі при різних типах подачі і відводу теплоносія і зміні швидкості входу в опалювальний прилад.

### **13.1. Вплив розташування опалювального приладу на формування мікроклімату приміщення**

Оскільки система опалення не є самоціллю, а покликана забезпечувати тепловий комфорт у приміщенні, то становить інтерес розгляд роботи такої системи в умовах динамічної зміни ряду умов і параметрів: інфільтрації зовнішнього повітря, роботи витяжних систем вентиляції, наявності перепаду температури між стінками і повітрям приміщення (при цьому перепад температур змінюється від внутрішніх стін до зовнішніх). Тобто розподілу температури, густини і тиску в обсязі опалювального приміщення при роботі різних систем опалення, а саме: як впливає інфільтрація зовнішнього повітря, витяжна вентиляція, температура стін, опалювальних приладів на роботу систем опалення і розподіл зазначених параметрів у приміщенні:

- з радіаторною системою опалення при розташуванні опалювального приладу під вікном;
- із системою опалення «тепла підлога»;
- при застосуванні комбінованої системи (радіатор і тепла підлога).

У якості граничних умов задавалися – огорожуючі конструкції (внутрішні стінки з температурою на 5 градусів нижче температури внутрішнього повітря (20°C), внутрішня поверхня зовнішньої стіни - на 8°C), опалювальний прилад, температура поверхні якого ухвалювалася рівної 50°C, інфільтрація зовнішнього повітря враховувалася створенням перепаду тиску в місці розташування віконного прорізу в 20 Па і задавалася температура зовнішнього повітря - 20°C, температура підлоги, при використанні його в якості опалювального приладу ухвалювалася рівної 27°C. Крім цього у всіх випадках враховувалася швидкість руху внутрішнього повітря - 0,3 м/с і видалення повітря із приміщення (на стінці створювався перепад тиску 10 Па при температурі, рівної внутрішньої).

**Аналіз отриманих даних дозволяє зробити кілька висновків:**

1. Вплив радіатора має обмежене значення - на відстані 1-1,5 м тиск і температура практично рівномірно розподілені за обсягом приміщення (Рис. 13.1 -13.2);
2. При видаленні від радіатора на відстань більш 2 м відбувається зміна потоку - притискання його до підлоги внаслідок впливу інфільтраційного через зовнішні огороження

зовнішнього повітря (Рис. 13.2);

3. При комбінованому опаленні (радіатор біля вікна і тепла підлога) - основний вплив на розподіл температури в обсязі приміщення виявляє радіатор, внаслідок більш високих температурних параметрів (Рис. 13.3 -13.4, 13.6 -13.7);

При використанні системи тепла підлога (без радіатора) також відсутнє рівномірне прогрівання повітря по площі приміщення (див. Рис. 13.5) - це пояснюється різною температурою огорожуючих конструкцій інфільтрацією і впливом вентиляції, при цьому виникає кілька циркулюючих повітряних потоків, у результаті чого виникає нерівномірність розподілу температури за обсягом приміщення.

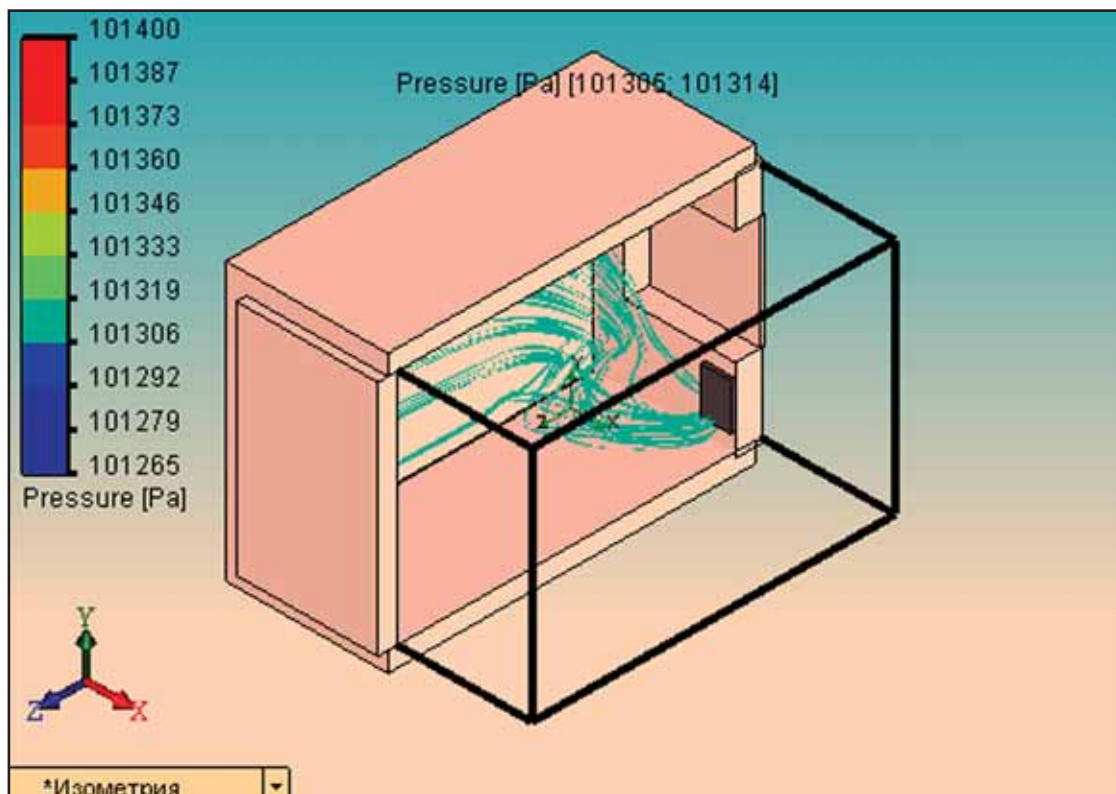


Рис. 13.1. Опалення тільки від радіатора (розподіл тиску по приміщенню)



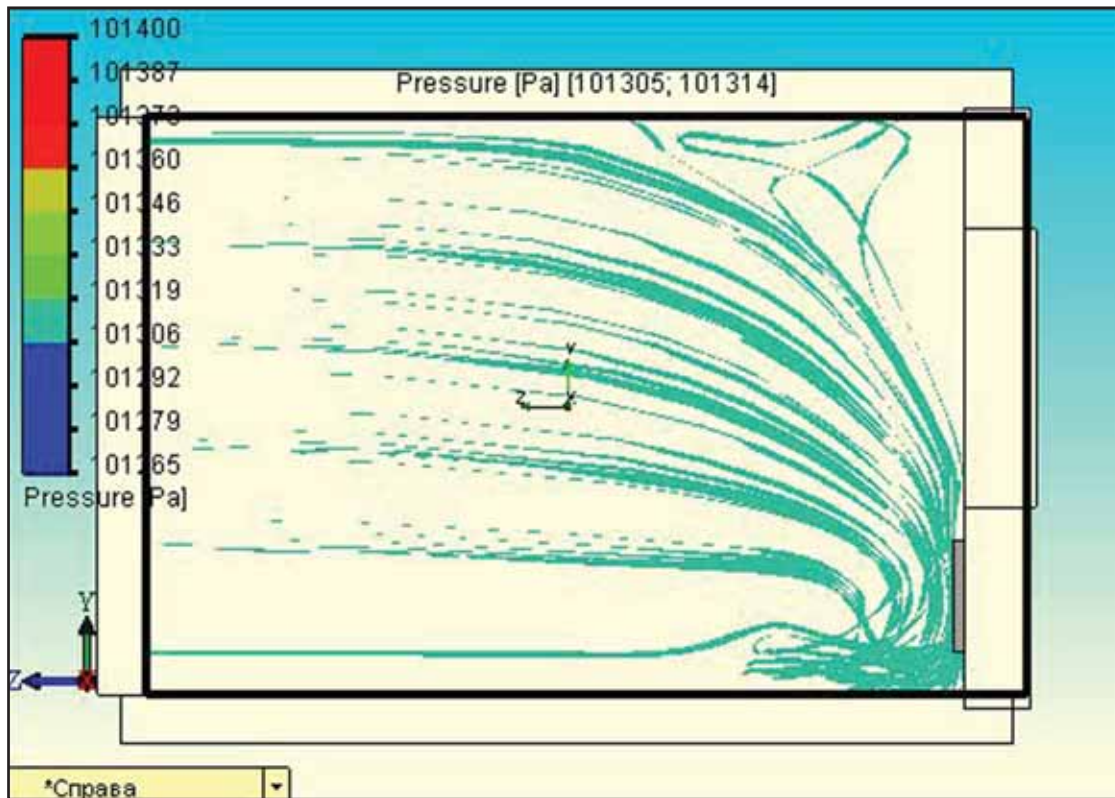


Рис. 13.2. Опалення тільки від радіатора (розподіл тиску по приміщенню)

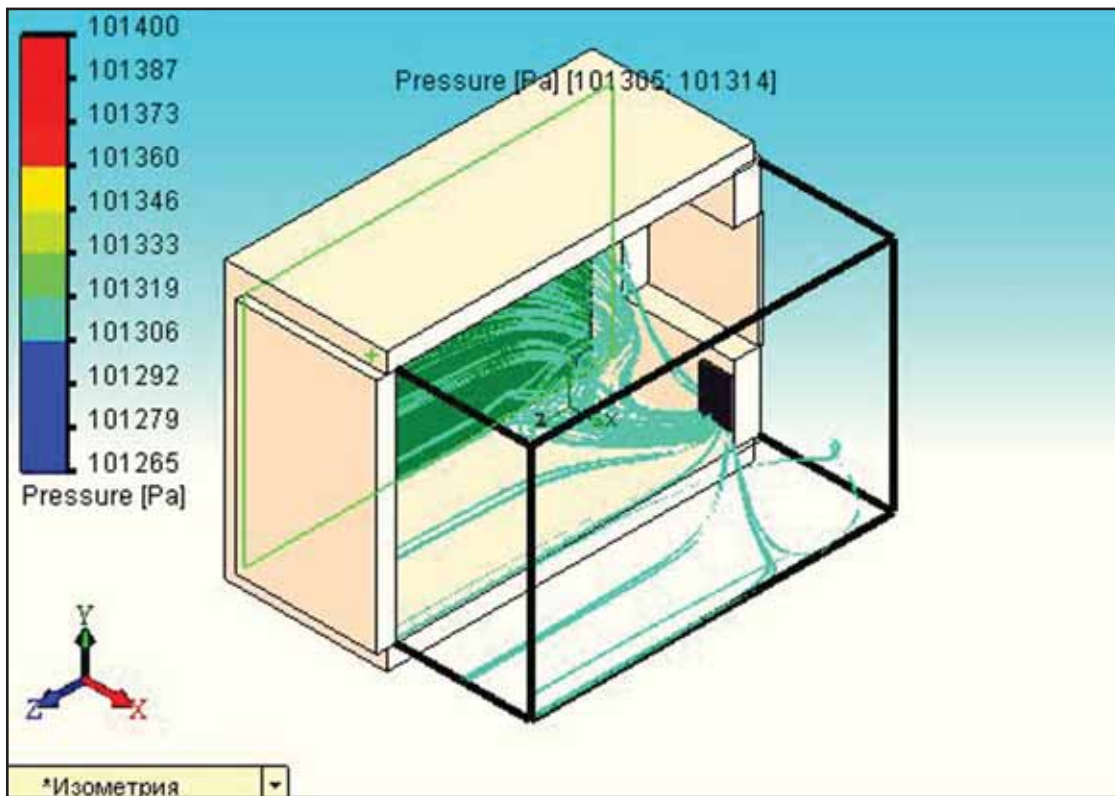


Рис. 13.3. Опалення від радіатора і підлоги (розподіл тиск по приміщенню)

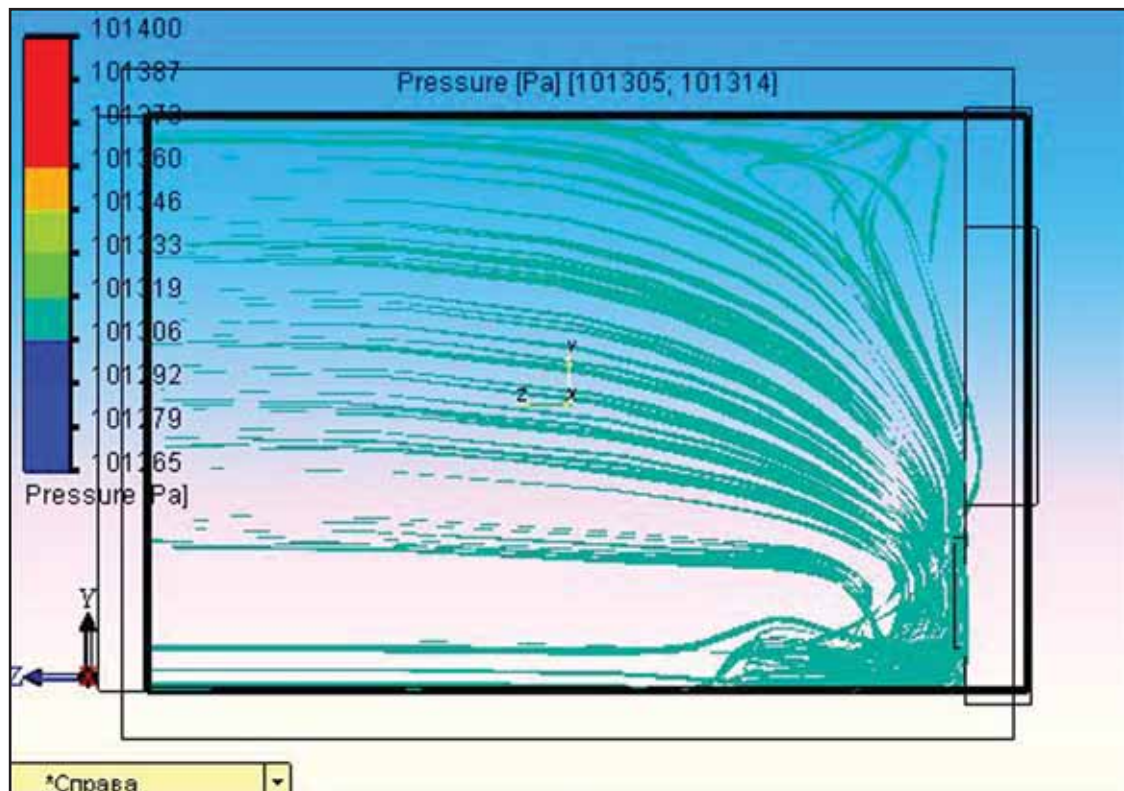


Рис. 13.4. Опалення від радіатора і підлоги (розподіл тиску по приміщенню)

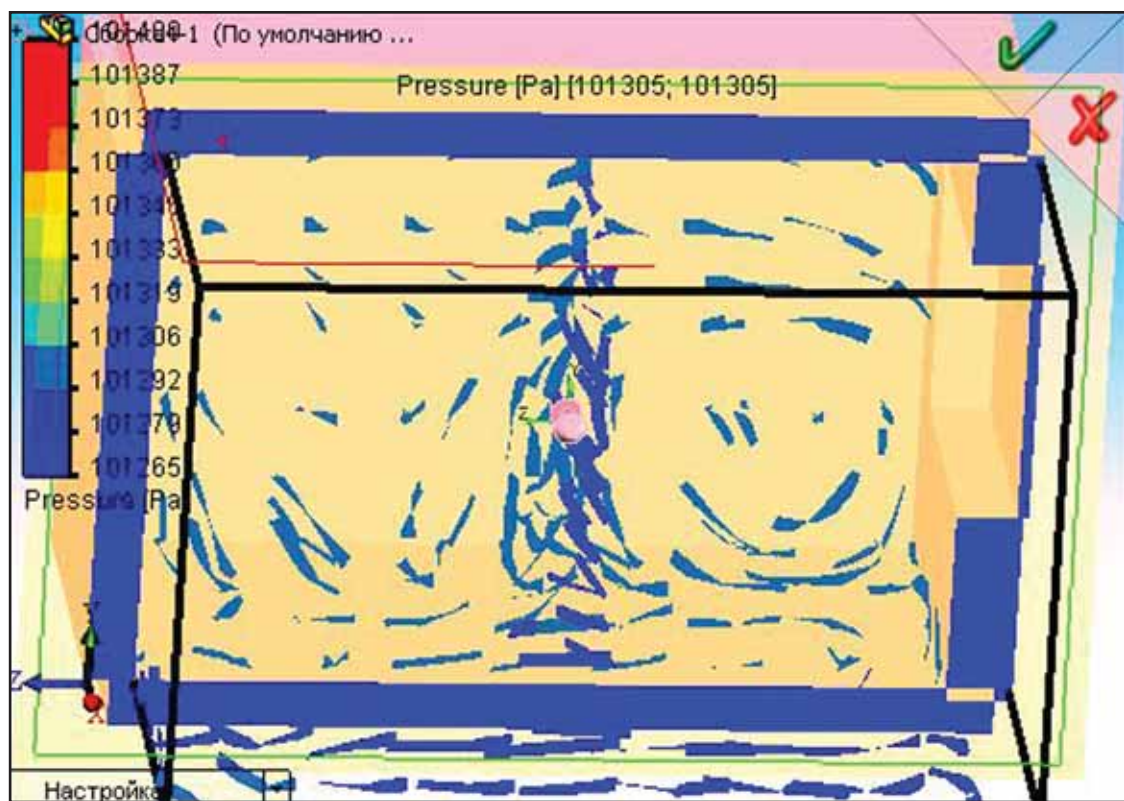


Рис. 13.5. Система опалення «тепла підлога» (без радіатора)  
(розподіл тиску по приміщенню)



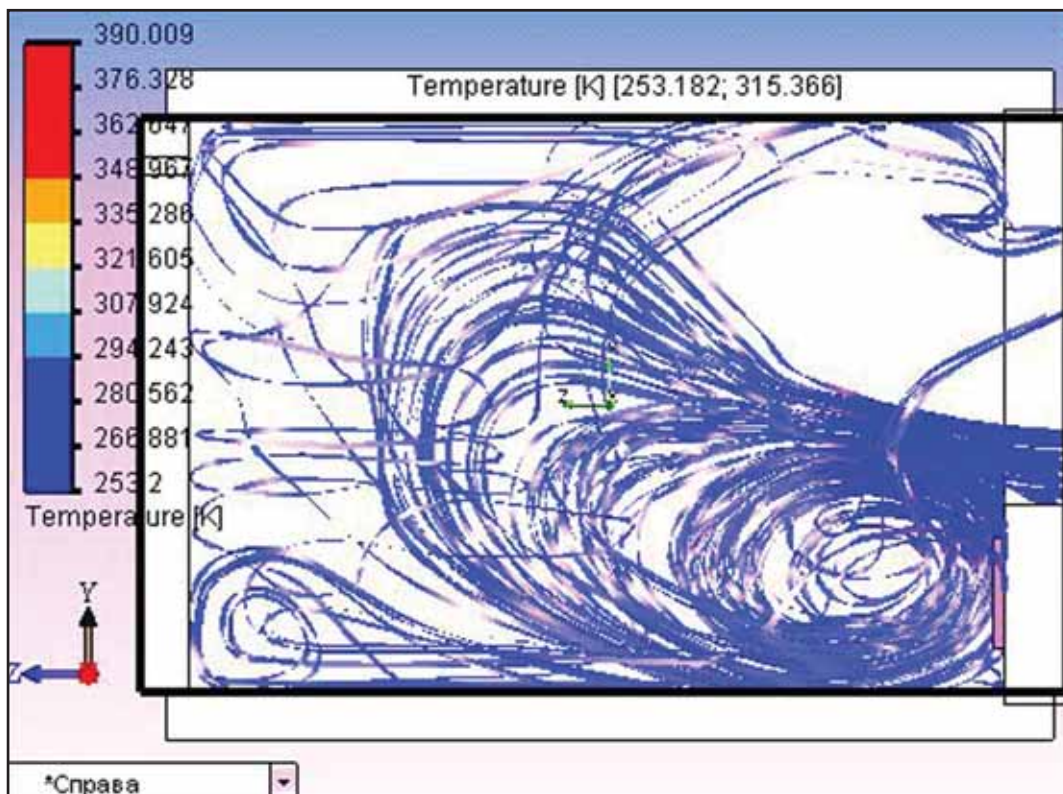


Рис. 13.6. Розподіл температури при комбінованій роботі напольної системи опалення і радіатора (розріз приміщення)

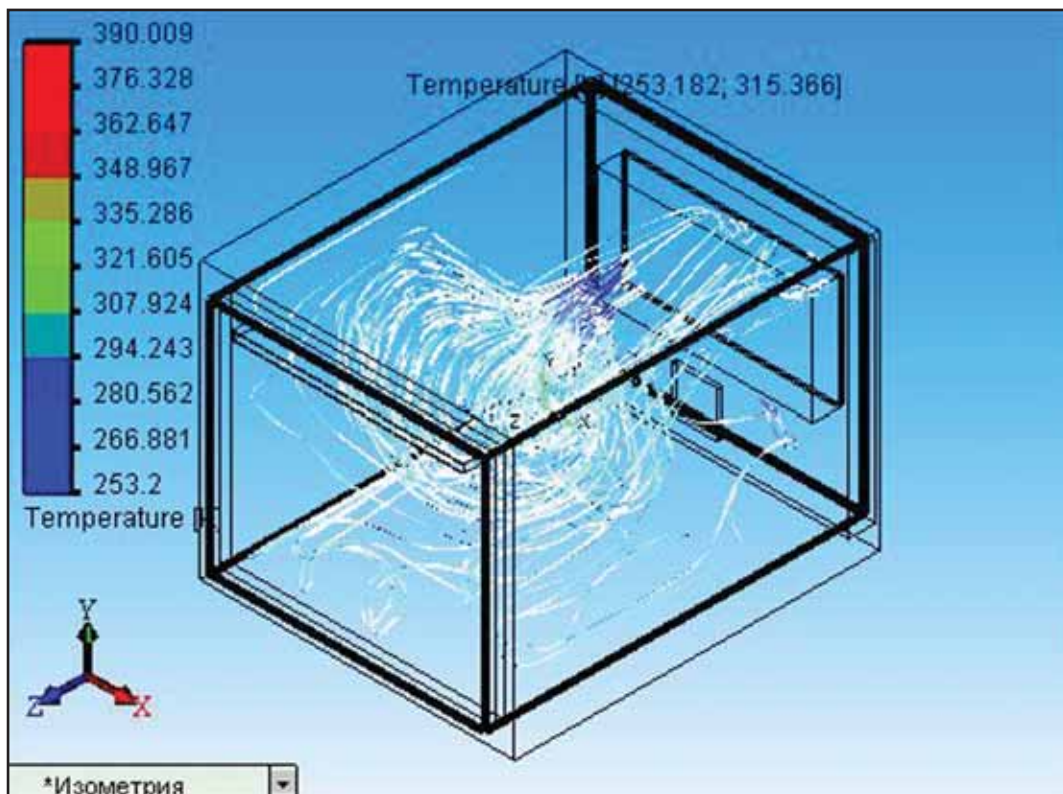


Рис. 13.7. Розподіл температури при комбінованій роботі напольної системи опалення і радіатора (ізометрія)

### **13.2. Регулювання теплової потужності опалювального приладу терморегуляторами**

У зв'язку з тим, що терморегулятор повинен бути встановлений на кожному опалювальному приладі, стає інтерес аналізу взаємодії цих двох елементів з погляду їх ефективної роботи і виключення помилок при проектуванні систем водяного опалення.

Як відзначалося раніше, по величині теплової інерції опалювальні прилади підрозділяють на прилади малої теплової інерції, що мають малу вагу і водоемкість на одиницю площі, виготовлені з матеріалів з високим коефіцієнтом теплопровідності (конвектори, металеві і біметалічні штамповані радіатори), і великої теплової інерції відповідно з великою масою матеріалу і водоемкістю на одиницю площі і низьким коефіцієнтом теплопровідності матеріалу, з якого вони виготовлені (чавунні радіатори, чавунні ребристі труби, опалювальні панелі «тепла підлога» і т.п.).

Терморегулятори, як елемент системи опалення, змінюють кількість теплоносія, що надходить в опалювальний прилад, залежно від зміни температури повітря в приміщенні.

Тобто, опалювальні прилади малої інерційності швидше нагріваються і остигають при зміні витрати теплоносія, що проходить через них. При експлуатації систем опалення з терморегуляторами використання таких опалювальних приладів є більш ефективним, чим використання приладів з великою інерційністю.

Однак, опалювальні прилади великої інерційності, як правило, дешевші і більш довговічні, що визначає їхнє поширення. Крім того, на сьогоднішній день усе більше поширення одержують, так звані, періодичні системи опалення, засновані на акумуляції тепла опалювальними приладами (наприклад, при використанні опалювальних елементів в огорожуючих конструкціях).

У зв'язку із цим виникає питання про зіставлення часу повного закриття терморегулятором подачі теплоносія в опалювальний прилад із часом остигання самого опалювального приладу.

Дані про час повного закриття терморегулятора прийняті відповідно до вимог нормативних документів до 40 хв (EN-215), що узгоджується з даними, наведеними в каталогах провідних фірм-виробників терморегуляторів.

Час остигання опалювального приладу визначався по темпу (швидкості) остигання опалювального приладу, досить обґрунтовані дані про яких наведені в [27].

Аналіз наведеного графіка показує, що терморегулятори найбільше ефективно працюють у випадку установки конвекторів і сталевих, алюмінієвих, біметалічних радіаторів. У випадку установки терморегуляторів на чавунні радіатори при зміні температури внутрішнього повітря (наприклад, при підвищенні) відбудеться повне закриття потоку теплоносія в опалювальний прилад, оскільки час остигання останнього значно більше часу повного закриття клапана терморегулятора. Тобто регулювання в даній системі буде здійснюватися у двох позиціях - клапан терморегулятора або повністю відкритий, або закритий, що зменшує ефективність регулювання. Що ж стосується систем опалення з опалювальними елементами в стіні або перекритті, то в цьому випадку доцільно використовувати якісне регулювання в котловому агрегаті.

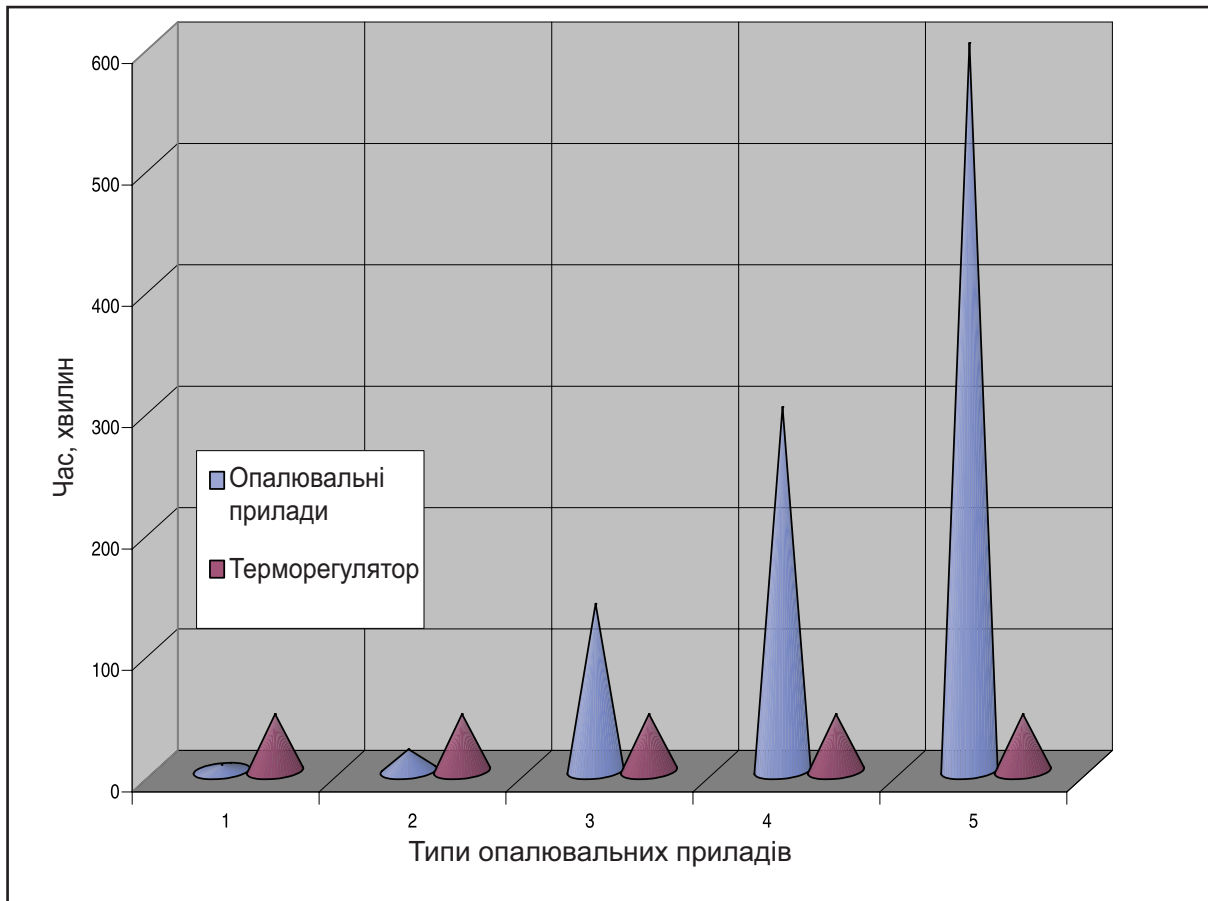


Рис. 13.8. Зіставлення часу закриття терморегулятора із часом остигання опалювального приладу:

Типи опалювальних приладів:

- 1 - конвектор, 2 - сталевий радіатор, 3 - чавунний радіатор, 4 - нагрівальна панель в стіні, 5 - нагрівальна панель у перекритті.

### 13.3. Гідравлічні аспекти роботи опалювальних приладів у регульованих системах опалення

У цей час при централізованому теплопостачанні високотемпературною водою вважається виправданим прагнення підвищувати розрахункову температуру і швидкість руху теплоносія в системах опалення. Це роблять для зменшення площі поперечного перерізу теплопроводів і нагрівальної поверхні приладів та калориферів. Однак підвищення температури теплоносія в більшості випадків перешкоджають санітарно-гігієнічні вимоги, що передбачають нормативне обмеження температури теплоносія в системі опалення того або іншого будинку.

У той же час у системах децентралізованого теплопостачання вважається перспективним зниження розрахункової температури теплоносія (до 55°C). Однак у самих системах опалення в цьому випадку потрібно збільшити обсяг циркулюючого теплоносія, відповідно, збільшуються діаметри труб і площа опалювальних приладів.

У цей час прийнято вважати, що збільшення швидкості руху теплоносія відкриває можливості для створення систем опалення з керованим аеродинамічним або гідравлічним режимом для підвищення їх теплової стійкості.

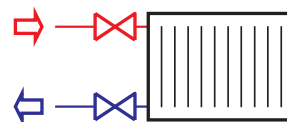
Однак збільшення швидкості руху теплоносія в системі опалення не приводить до істотного збільшення тепловіддачі в опалювальних приладах.

Однієї із причин цієї невідповідності є гідродинаміка самих опалювальних приладів, тим більше, що при установці терморегуляторів перед опалювальними приладами гідравліка останніх буде змінюватися, що відповідно буде впливати на їхню тепловіддачу. Тобто тепловіддача буде визначатися не тільки кількістю тепла, внесеного теплоносієм, але й розподілом його в опалювальному приладі залежно від швидкості входу, взаєморозташування введення і виводу теплоносія.

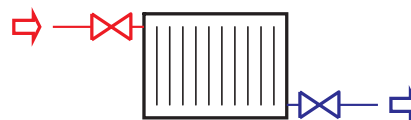
У даному прикладі теоретично розглянутий розподіл температури, швидкості і тиску в опалювальному приладі (Рис. 13.9) при використанні різних схем подачі і відводу теплоносія, а також при зміні швидкості його входу в опалювальний прилад.

У якості граничних умов задавалися - стінки опалювального приладу з коефіцієнтом теплопровідності 50 Вт/м², температура теплоносія (вода) на вході 373 К, на виході 353 К, швидкість змінювалася від 0,01 м/с до 0,5 м/с, при розрахунках ураховувалася сила гравітації. Були розглянуті наступні схеми приєднання опалювального приладу:

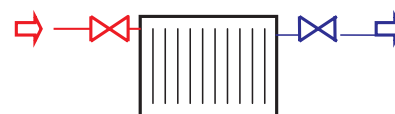
- подача зверху, відвід знизу з однієї сторони;



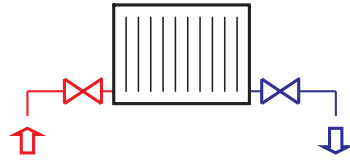
- подача зверху, відвід знизу із протилежної сторони;



- подача зверху, відвод зверху із протилежної сторони;



- подача знизу, відвід знизу із протилежної сторони;



- подача знизу, відвід зверху із протилежної сторони.

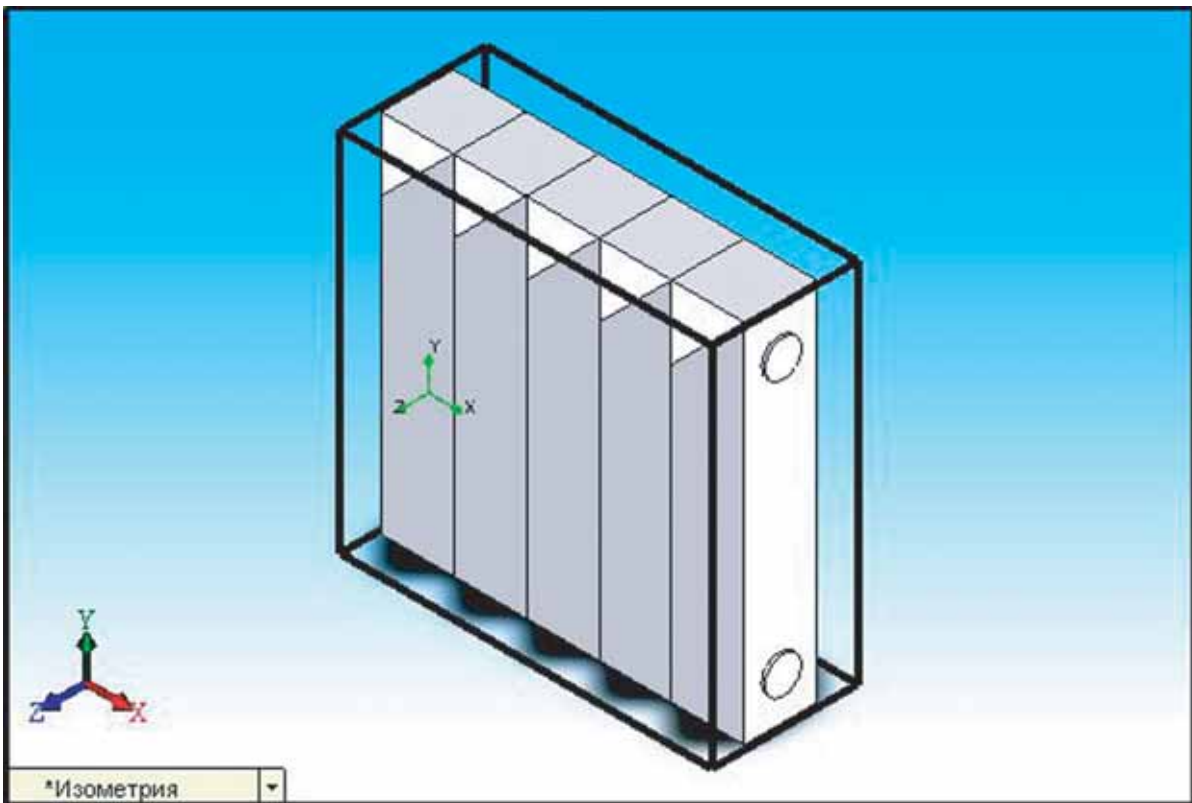
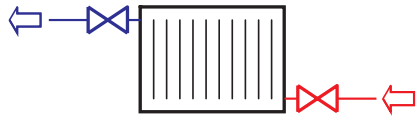


Рис. 13.9. Загальний вид моделі чавунного радіатора.





Рис. 13.10. Загальний вид моделі сталевго радіатора

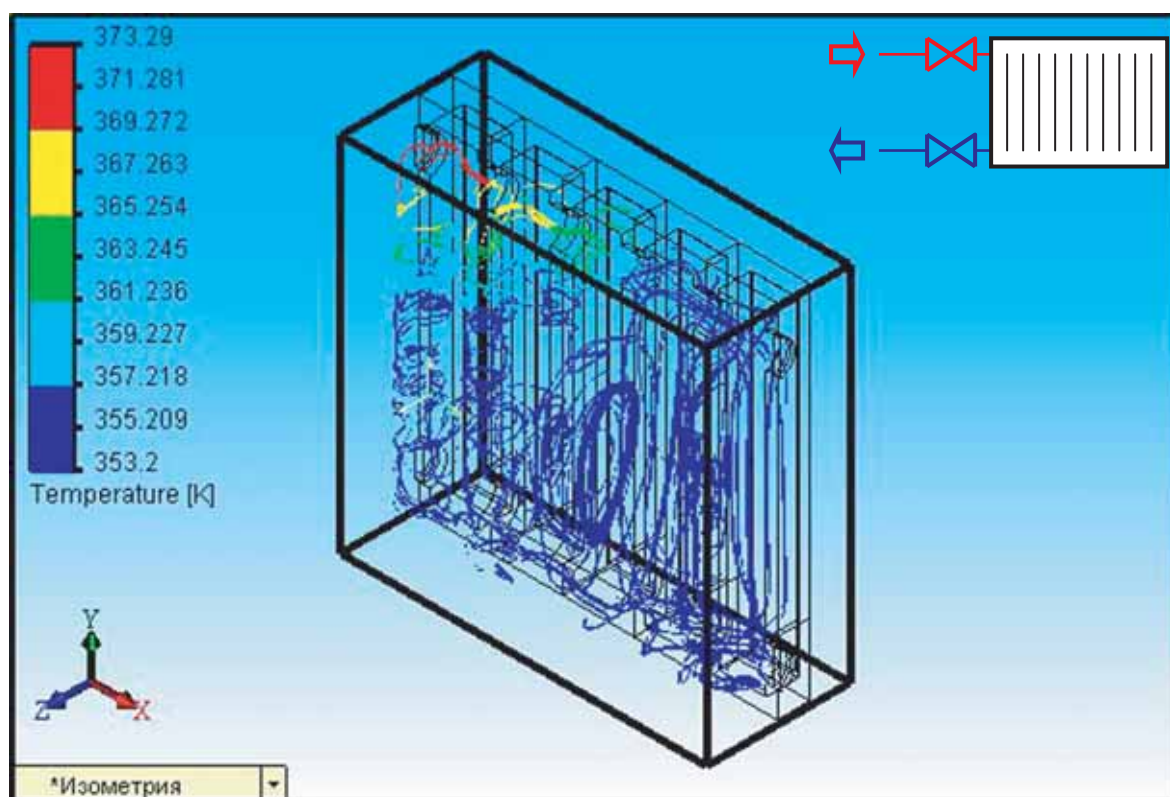


Рис. 13.11. Приєднання чавунного радіатора зверху-вниз із одного боку, швидкість входу 0,01 м/с.

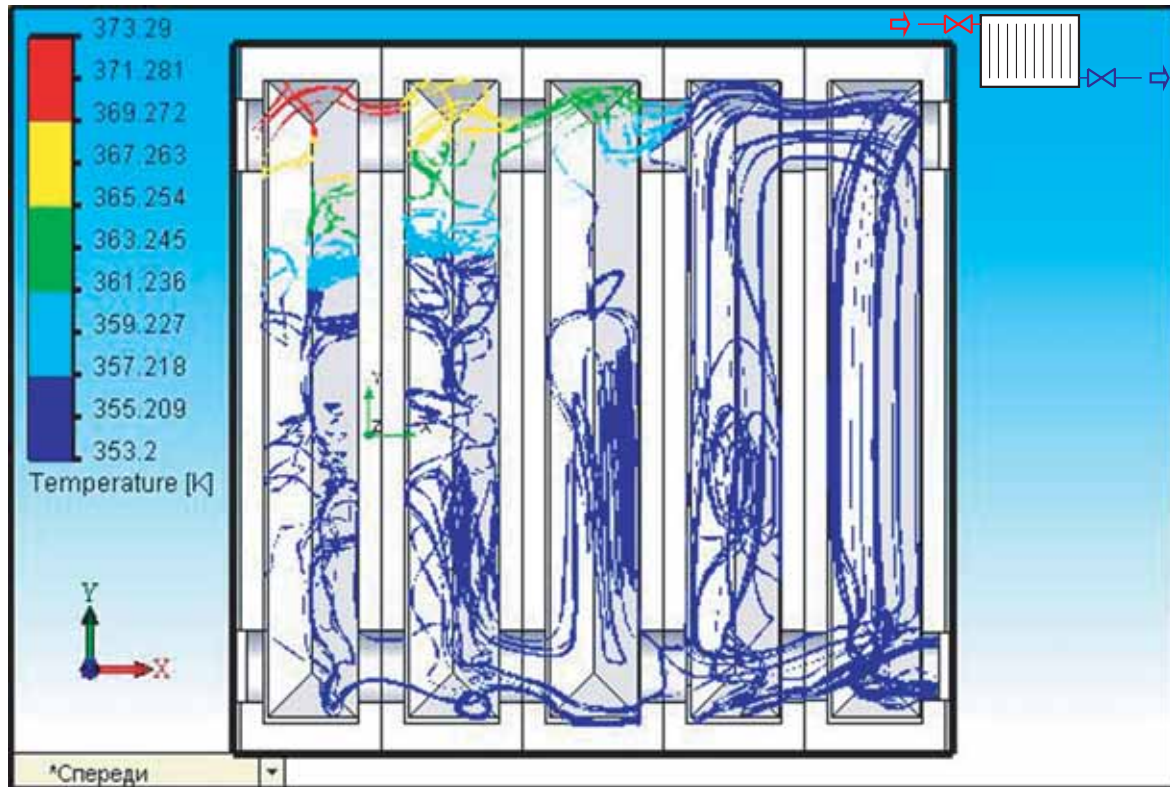


Рис. 13.12. Приєднання чавунного радіатора зверху-вниз із протилежної сторони, швидкість входу 0,01 м/с.

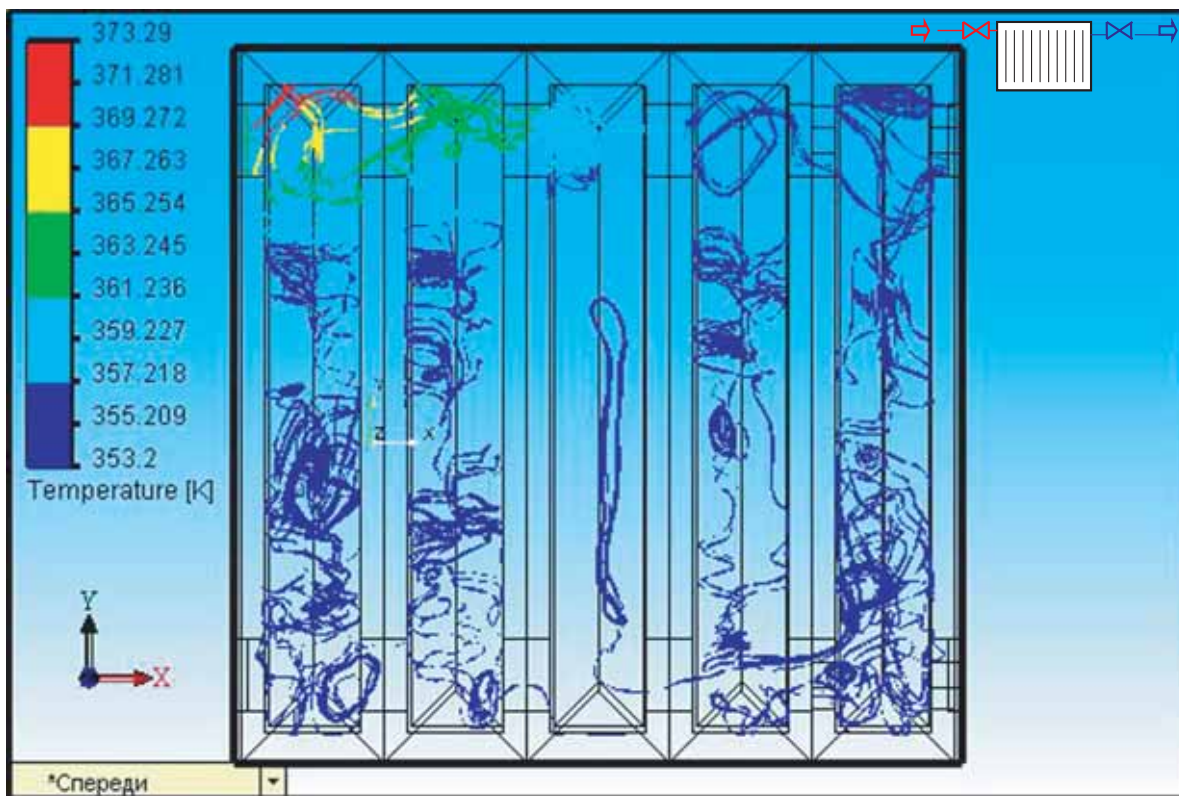


Рис. 13.13. Подача зверху, відвод зверху із протилежної сторони, швидкість входу 0,01 м/с (чавунний радіатор).

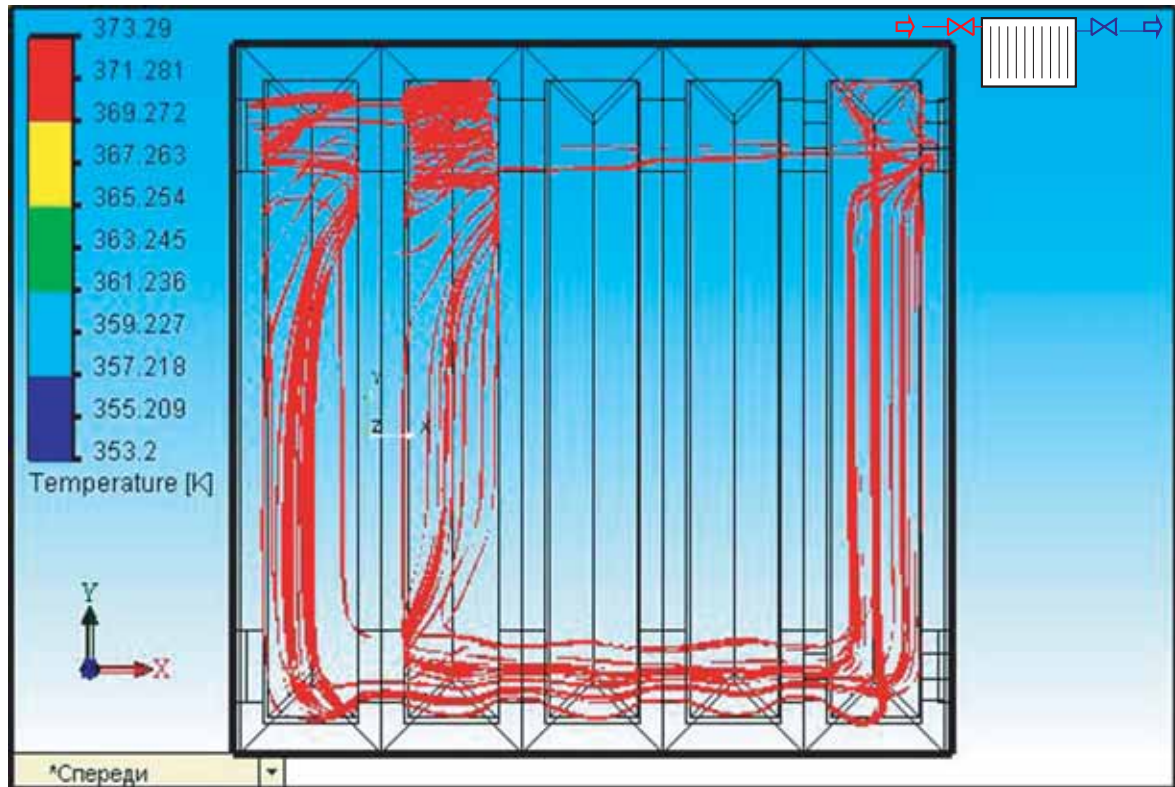


Рис. 13.14. Те ж, швидкість входу 0,5 м/с.

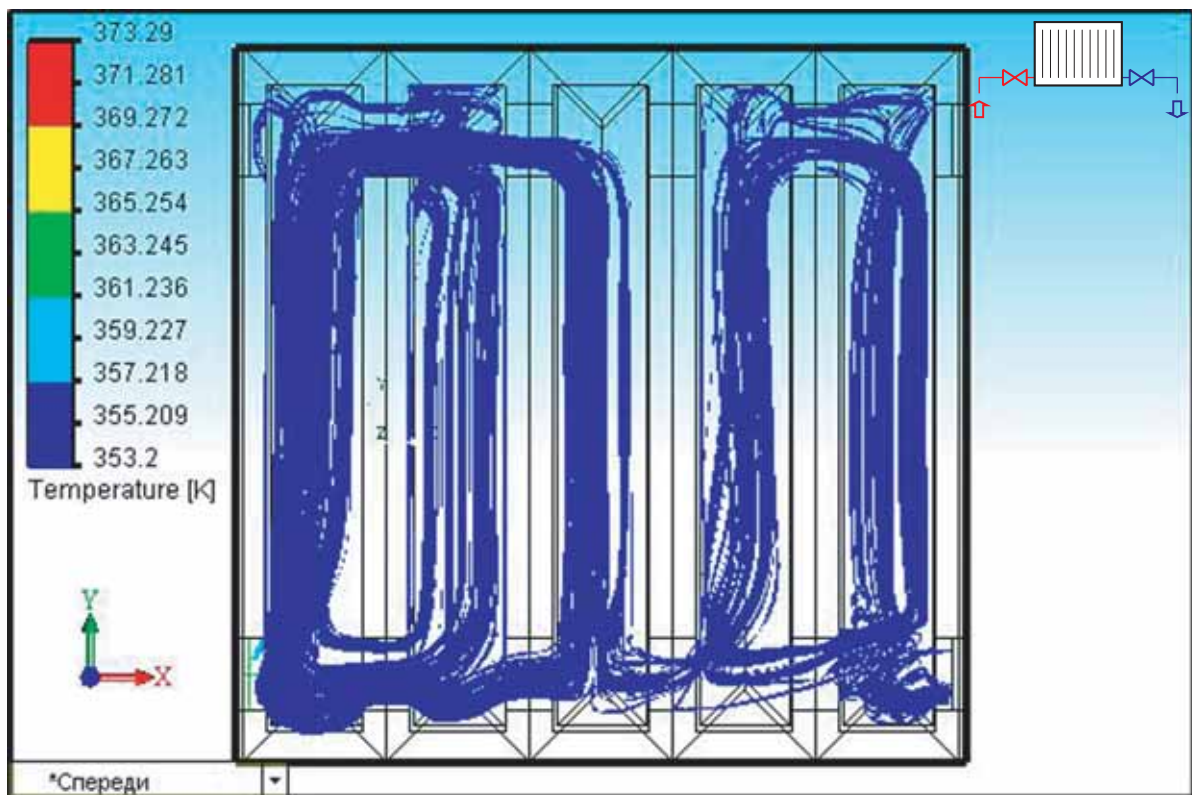


Рис. 13.15. Подача знизу, відвод знизу із протилежної сторони, швидкість входу 0,01 м/с (чавунний радіатор).



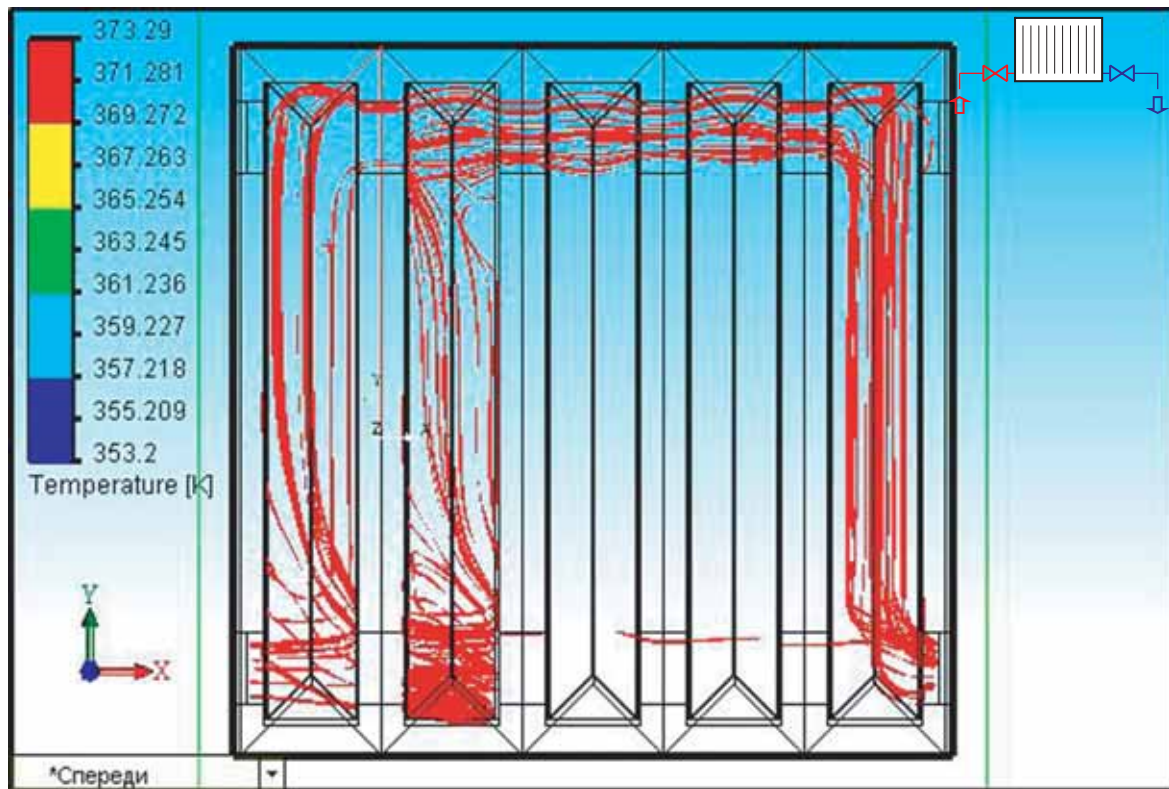
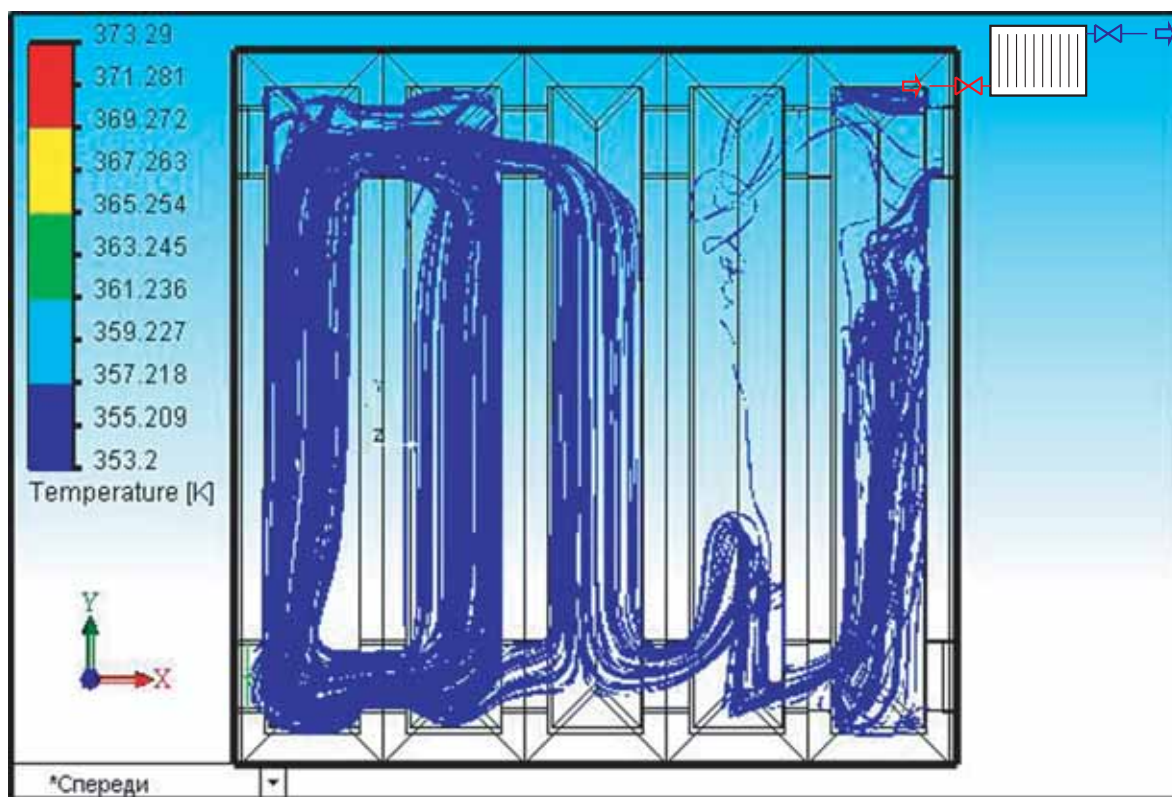


Рис. 13.16. Те ж саме, швидкість входу 0,5 м/с.



. 13.17. Подача знизу, відвод зверху із протилежної сторони, швидкість входу 0,01 м/с (чавунний радіатор).

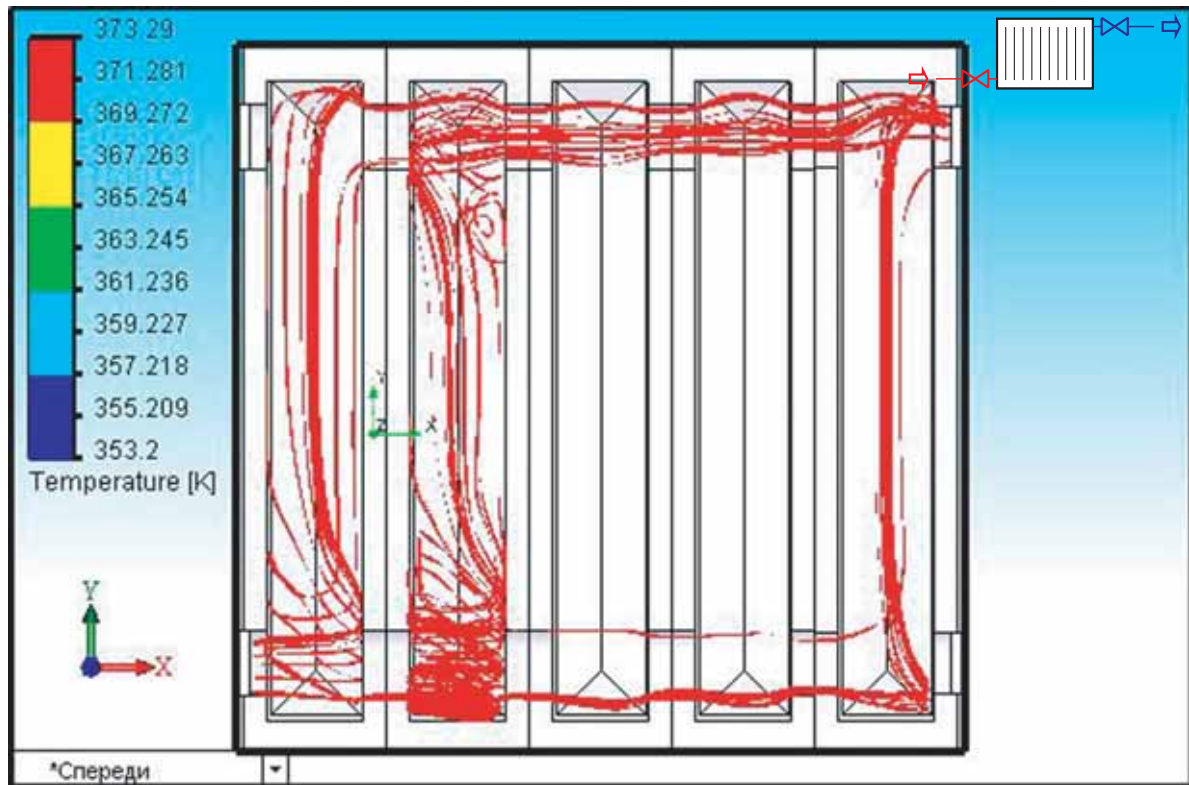


Рис. 13.18. Те ж саме, швидкість входу 0,5 м/с.

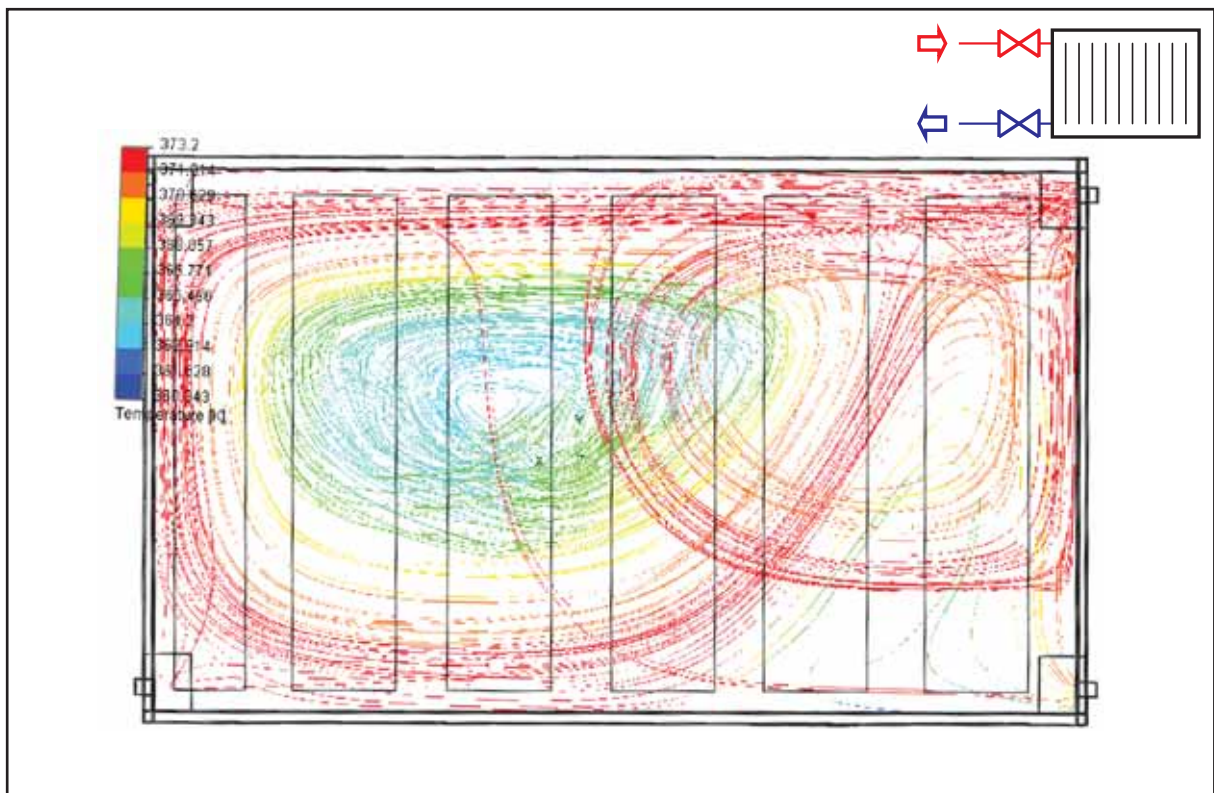


Рис. 13.19. Подача зверху, відвод знизу з одного боку, швидкість входу 1,5 м/с (сталевий радіатор).

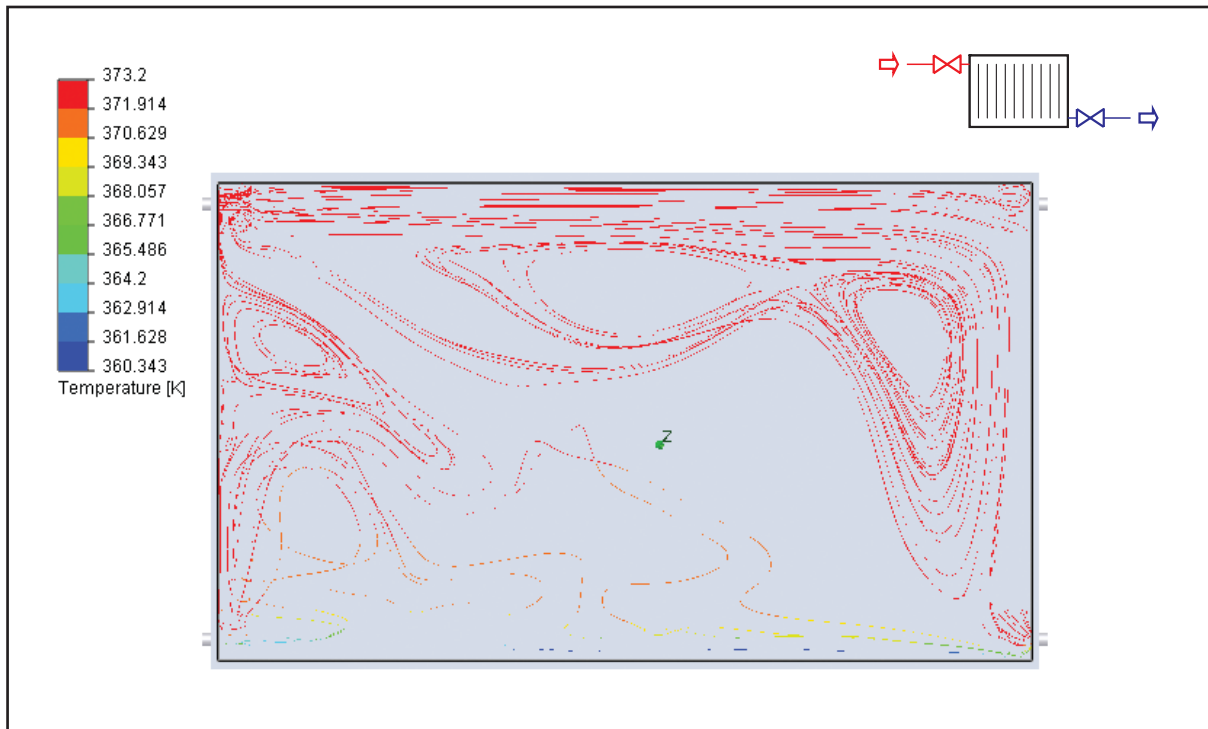


Рис. 13.20. Подача зверху, відвод низу із протилежної сторони, швидкість входу 1,5 м/с (сталевий радіатор).

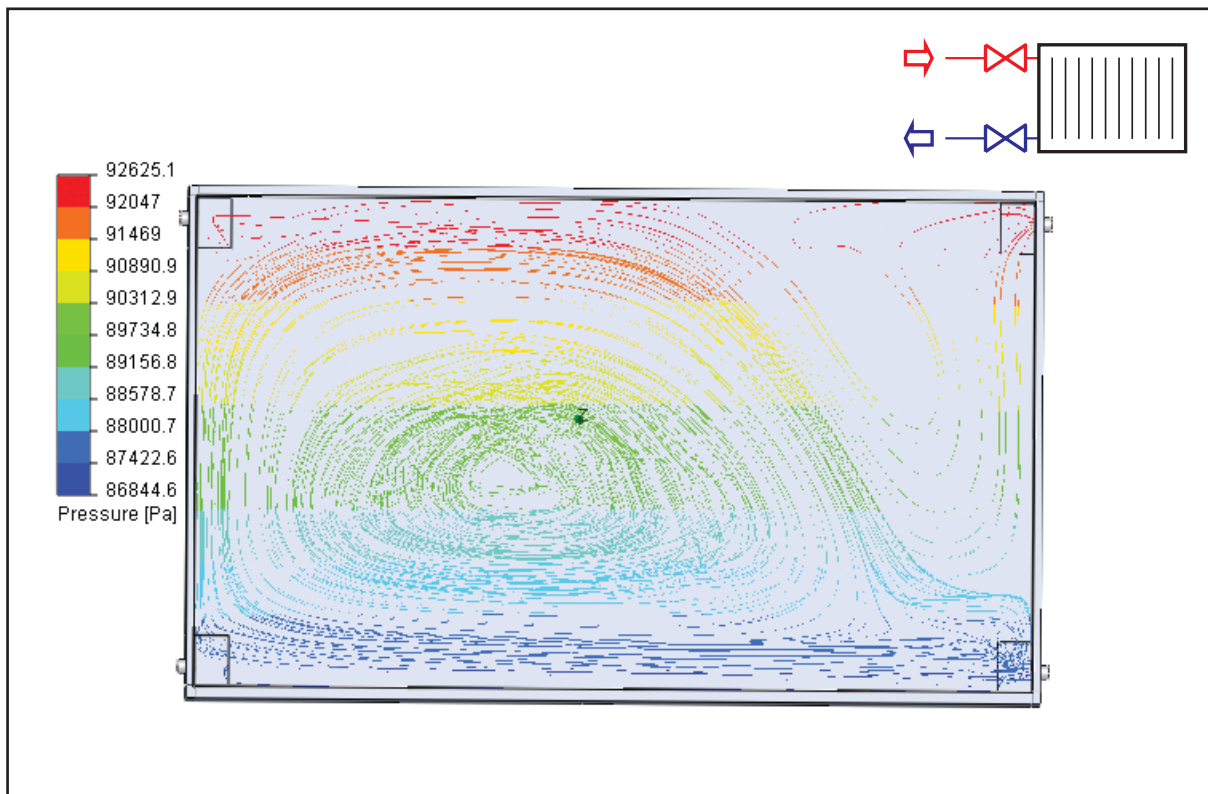


Рис. 13.21. Подача зверху, відвод низу з одного боку, швидкість входу 0,5 м/с (сталевий радіатор).



Розгляд наведених даних дозволяє зробити наступну групу висновків для чавунних і сталевих радіаторів:

1. Розподіл теплоносія в чавунному радіаторі у випадку приєднання зверху-вниз із однієї сторони показує, що навіть при наборі з 5-ти елементів відбувається проскакування теплоносія в середній частині (Рис. 13.11), тобто в першій секції відбувається гальмування внаслідок різкого розширення, а другий і третій елемент виявляються не залученими в циркуляцію. При цьому у випадку збільшення швидкості входу, ця область збільшується.

2. При подачі теплоносія в чавунному радіаторі зверху-вниз із протилежних сторін циркуляція зберігається у всіх елементах приладу, хоча утворення двох циркулюючих кілець (елементи 1-3 і 4-5) (Рис. 13.12) припускає утворення застійних зон при збільшенні швидкості входу.

3. В інших способах приєднання (Рис. 13.13 - 13.18) циркуляція в чавунному радіаторі має два контури - перший у початкових елементах (1-2), що виникає через різке гальмування теплоносія при вході і другої (4-5), що утворюється під дією гравітації, особливо наочно це проявляється при підключенні знизу-вниз і знизу-вверх із протилежної сторони (Рис. 3.15, Рис. 3.17), де у результаті гальмування теплоносія на вході відбувається швидке остигання теплоносія. При цьому необхідно відзначити, що збільшення швидкості входу виключає циркуляцію по другому контуру, де утворюються зони застою теплоносія.

4. Вплив підключення чавунного радіатора має вирішальне значення на розподіл теплоносія - найбільш раціональним для даного приладу є підключення зверху-вниз із протилежної сторони. Однак при збільшенні швидкості відбувається збільшення опорів у самому опалювальному приладі, внаслідок чого утворюються зони застою, а теплоносій, що подається, «проскакує» через опалювальний прилад і не встигає віддати тепло.

5. Розгляд розподілу теплоносія в сталевому радіаторі значно відрізняється від аналогічного розподілу в чавунному секційному радіаторі - відсутнє різке гальмування теплоносія, викликане розширенням потоку на вході в опалювальний прилад, що відповідно, виключає утворення двох циркуляційних зон (Рис. 13.21). При збільшенні швидкості входу теплоносія до 1,5 м/с (Рис. 3.19 - 3.20) теплоносій не встигає охолонути в опалювальному приладі. Необхідно також відзначити, що в сталевому радіаторі найбільш раціональним є підключення зверху-вниз із однієї сторони опалювального приладу.

*\* при виборі системи опалення необхідно враховувати переваги і недоліки як самого обладнання, так і його сумісності з регулюючою арматурами;*

*\* неправильний вибір системи опалення може вплинути на організацію циркуляції повітря в приміщенні і, як наслідок, на рівномірність прогріву приміщення, і, відповідно, система опалення може в цьому випадку не розв'язати поставлених завдань або викликати додаткові енерговитрати.*

## 14. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

### 14.1. Завдання і послідовність гідравлічного розрахунку системи опалення

Гідравлічний розрахунок поряд з використанням і правильною установкою регулюючої арматури у сучасних системах опалення є гарантією ефективної роботи. Основні моменти ефективної роботи системи опалення полягають в:

- подачі теплоносія до опалювальних приладів у кількості, достатньому для забезпечення теплового балансу приміщень при мінливій температурі зовнішнього повітря і температури внутрішнього повітря, що задається користувачем приміщення (у межах нормованої для даного функціонального призначення приміщення);
- мінімізації експлуатаційних витрат, у тому числі енергетичних, на подолання гідравлічного опору системи;
- мінімізації капіталовкладень при будівництві системи опалення, що залежить, у тому числі, від прийнятих діаметрів трубопроводів;
- безшумності, надійності і стабільності роботи системи опалення.

Для забезпечення відповідності систем опалення перерахованим вимогам слід розв'язати наступні завдання, які реалізуються в процесі гідравлічного розрахунку:

1. Визначити діаметри трубопроводів на ділянках системи опалення з врахуванням рекомендованих і економічно доцільних швидкостей руху теплоносія;
2. Розрахувати гідравлічні втрати тиску на ділянках системи;
3. Виконати гідравлічне ув'язування паралельних приладових та інших віток системи, з використанням регулюючої арматури для динамічного балансування при нестационарних теплових і гідравлічних режимах роботи системи опалення;
4. Визначити втрати тиску і витрату теплоносія в системі опалення.

Гідравлічний розрахунок є найбільш складним, трудомістким і важливим етапом при проектуванні водяних систем опалення [17]. Перед його проведенням повинні бути виконані наступні розрахунково-графічні роботи:

- визначений тепловий баланс опалювальних приміщень;
- обраний тип опалювальних приладів або теплообмінних поверхонь і виконане їхнє розміщення в опалювальних приміщеннях на планах будинку;
- прийняті принципи розв'язки по конфігурації системи водяного опалення (розміщенню джерела теплоти, трасуванню магістральних трубопроводів і приладових віток), типу використовуваних трубопроводів, запірної та регулюючої арматури (вентилів, кранів, клапанів і регуляторів тиску, витрати, терморегуляторів);
- накреслена схема системи опалення (бажане аксонометрична) із вказівкою номера, теплових навантажень і довжин розрахункових ділянок;
- визначене головне циркуляційне кільце - замкнений контур, який включає послідовні ділянки трубопроводів з максимальною витратою теплоносія від джерела теплової енергії до найбільш віддаленого опалювального приладу (для двотрубною системи) або приладовий вітці-стояку (при однотрубній системі) і назад до джерела теплоти.

Розрахунковою ділянкою трубопроводу є ділянка постійного діаметра з незмінною витратою теплоносія, певним по тепловому балансу приміщень. Нумерацію розрахункових ділянок починають від джерела теплоти (ІТП або теплогенератора). Вузлові точки в місцях відгалужень на магістральному подаючому трубопроводі, як правило, позначають головними буквами алфавіту; у відповідних вузлах на збірних магістральних трубопроводах їх указують зі штрихом. Вузлові точки в місцях відгалужень розподільних приладових віток (стояків) позначають арабськими цифрами, які відповідають номеру поверху в горизонтальних

системах або номеру приладової вітки-стояка у вертикальних системах; у вузлах збору потоків теплоносія ці номери вказують зі штрихом. Номер кожної розрахункової ділянки складається із двох букв або цифр, які відповідають початку і кінцю ділянки.

Нумерацію приладових віток (стояків) у вертикальних системах опалення, рекомендується виконувати арабськими цифрами за годинниковою стрілкою по периметру будинку, починаючи від квартири, розташованої у верхній лівій частині плану поверху.

Довжини ділянок трубопроводів системи опалення з точністю до 0,1 м визначають за планами, накресленим у масштабі.

Теплове навантаження розрахункової ділянки дорівнює тепловому потоку, який повинен передати (на подаючих трубопроводах) або передав (на зворотних трубопроводах) теплоносії, який транспортується на ділянці. Теплове навантаження розрахункових ділянок системи магістральних розподільних і збірних трубопроводів з округленням до 10 Вт обчислюють після нанесення теплового навантаження на всі опалювальні прилади і приладові вітки. Як правило, теплове навантаження розрахункової ділянки  $Q_{i-j}$ , Вт, вказують над виносною лінією, а довжину ділянки  $l_{i-j}$  у метрах - під виносною лінією.

Знаючи кількість теплоти на  $i$ - $j$ -ділянці системи опалення  $Q_{i-j}$ , яку транспортує теплоносії з температурами в  $t_e$  подаючому і  $t_o$  у зворотному трубопроводі, можна визначити необхідну витрату теплоносія на відповідних ділянках системи опалення:

$$G_{i-j} = \frac{3,6 \cdot Q_{i-j}}{c \cdot (t_e - t_o)} = \frac{0,86 \cdot Q_{i-j}}{t_e - t_o}, \text{ кг/год} \quad (14.1)$$

де:

$c = 4,2 \text{ кДж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$  - питома теплоємність води;

$t_e$  - розрахункова температура подаючого теплоносія в системі опалення,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_o$  - розрахункова температура зворотного теплоносія в системі опалення,  $^\circ\text{C}$ .

## 14.2. Визначення діаметрів трубопроводів на ділянках системи опалення

Для розподілу теплоносія між опалювальними приладами в системах опалення використовують трубопроводи виконані із чорної і нержавіючої сталі, міді, різних модифікацій поліетилену РЕ-X, поліпропілену РР, полібутилену РВ, а також багатошарових труб РЕ-Xс-АІ-РЕ-X та ін.

Основними техніко-економічними вимогами при визначенні діаметрів трубопроводів у системах опалення є:

- мінімізація експлуатаційних витрат на подолання гідравлічного опору при циркуляції теплоносія в системі;
- мінімізація капітальних витрат при будівництві на трубопроводи і запорно-регулюючу арматуру прийнятих діаметрів.

Для задоволення першого з вимог, діаметри трубопроводів і встановленої регулюючої арматури повинні бути в межах забезпечення мінімальної швидкості руху теплоносія 0,2 - 0,25 м/с, необхідної для видалення пухирців повітря, які здатні утворювати повітряні пробки.

Малі швидкості руху теплоносія приводять до збільшення діаметрів трубопроводів і, як наслідок, до ряду негативних моментів при будівництві і експлуатації систем водяного опалення:

- збільшення матеріалоємності (металоємності) системи;
- збільшення вартості системи опалення;
- збільшенню кількості (об'єму) теплоносія в системі;
- зниження швидкодії системи (збільшення теплової інерції).

Для забезпечення мінімізації капітальних витрат по другій економічній умові - діаметри трубопроводів і арматури повинні бути найменшими, але які не приводять при розрахунковій витраті теплоносія до появи гідравлічних шумів у трубопроводах і запорно-регулюючій арматурі системи опалення, які виникають (шуми) при значеннях швидкості теплоносія 0,6-

1,5 м/с залежно від величини коефіцієнта місцевого опору [8.17].

Очевидно, що при протилежній спрямованості наведених вимог до величини обумовленого діаметра трубопроводу існує область доцільних значень швидкості руху теплоносія. Як показує досвід будівництва і експлуатації систем опалення, а також зіставлення капітальних і експлуатаційних витрат, оптимальна область значень швидкостей руху теплоносія перебуває в межах 0,3...0,7 м/с. При цьому питомі втрати тиску будуть становити 45...280 Па/м для полімерних трубопроводів і 60...480 Па/м для сталевих водогазопровідних труб.

Враховуючи більш високу вартість трубопроводів з полімерних матеріалів, доцільно дотримуватися більш високих швидкостей руху теплоносія в них для запобігання збільшення капіталовкладень при будівництві. При цьому експлуатаційні витрати (гідравлічні втрати тиску) у трубах з полімерних матеріалів у порівнянні зі сталевими трубами будуть менші або залишатися на тому ж рівні завдяки значно більш низькій величині коефіцієнта гідравлічного тертя.

Для визначення внутрішнього діаметра трубопроводу  $d_{вн}$  на розрахунковій ділянці системи опалення при відомому тепловому потоці, що транспортується, і різниці температур в подаючому і зворотному трубопроводах  $\Delta t_{co} = 90 - 70 = 20$  °C (для двотрубних систем опалення) або витраті теплоносія зручно користуватися таблицею 14.1.



Таблиця 14.1.

**Визначення внутрішнього діаметра трубопроводів системи опалення**

Внутр. діаметр трубо- проводу, $d_{вн}$ , мм	Тепловий потік $Q$ , Вт при $\Delta t_{co} = 20$ Витрата води $G$ , кг/год при швидкості руху $v$ , м/с										
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
<b>8</b>	409	818	1226	1635	2044	2453	2861	3270	3679	4088	4496
	18	35	53	70	88	105	123	141	158	176	193
<b>10</b>	639	1277	1916	2555	3193	3832	4471	5109	5748	6387	7025
	27	55	82	110	137	165	192	220	247	275	302
<b>12</b>	920	1839	2759	3679	4598	5518	6438	7358	8277	9197	10117
	40	79	119	158	198	237	277	316	356	395	435
<b>15</b>	1437	2874	4311	5748	7185	8622	10059	11496	12933	14370	15807
	62	124	185	247	309	371	433	494	556	618	680
<b>20</b>	2555	5109	7664	10219	12774	15328	17883	20438	22992	25547	28102
	110	220	330	439	549	659	769	879	989	1099	1208
<b>25</b>	3992	7983	11975	15967	19959	23950	27942	31934	35926	39917	43909
	172	343	515	687	858	1030	1202	1373	1545	1716	1888
<b>32</b>	6540	13080	19620	26160	32700	39240	45780	52320	58860	65401	71941
	281	562	844	1125	1406	1687	1969	2250	2531	2812	3093
<b>40</b>	10219	20438	30656	40875	51094	61313	71532	81751	91969	102188	112407
	439	879	1318	1758	2197	2636	3076	3515	3955	4394	4834
<b>50</b>	15967	31934	47901	63868	79835	95802	111768	127735	143702	159669	175636
	687	1373	2060	2746	3433	4120	4806	5493	6179	6866	7552
<b>70</b>	31295	62590	93885	125181	156476	187771	219066	250361	281656	312952	344247
	1346	2691	4037	5383	6729	8074	9420	10766	12111	13457	14803
<b>100</b>	63868	127735	191603	255471	319338	383206	447074	510941	574809	638677	702544
	2746	5493	8239	10985	13732	16478	19224	21971	24717	27463	30210

Розрахункова густина води при  $t_{cp} = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$   $\rho = 971,8\text{ кг/м}^3$

Подальший вибір трубопроводів для інженерних систем життєзабезпечення, у тому числі і опалення, полягає у визначенні типу труби, яка при планованих умовах експлуатації забезпечить максимальну надійність і довговічність. Настільки високі вимоги пояснюються тим, що трубопроводи систем гарячого і холодного водопостачання, опалення, тепlopостачання установок вентиляції і кондиціонування повітря, газопостачання та інших інженерних систем проходять практично через увесь об'єм будинку. Вартість трубопроводів усіх інженерних систем у порівнянні з вартістю будинку менше 0,1%, а аварія або заміна трубопроводів при їхньому строку експлуатації менше строку експлуатації будинку приводить до значних додаткових витрат на косметичний або капітальний ремонт, не говорячи про можливі збитки при аварії на відновлення устаткування і матеріальних цінностей, що перебувають у будинку.

Усі труби промислового виготовлення, які застосовують у системах опалення можна розділити на дві більші групи: металеві і неметалічні. Головна відмінна риса металевих труб - механічна міцність, неметалічних - довговічність.

На підставі попередньо певного внутрішнього діаметра трубопроводу ухвалюють відповідний діаметр умовного проходу  $d_y$  для металевих труб або зовнішній діаметр і товщину стінки труби  $d_{yx}$  для полімерних (металополімерних) трубопроводів.

Різні типи труб мають різні механічні, гідравлічні і експлуатаційні характеристики, що виявляють різний вплив на процеси гідродинаміки і розподілу теплових потоків у системі опалення. Відомо, що при зниженні гідравлічних втрат тиску на тертя при русі теплоносія в трубах підвищується ефективність регулювання витратою теплоносія (тепловим потоком) опалювального приладу за рахунок збільшення (перерозподілу) спрацьовуваного розташовуваного тиску на регульованих вручну або автоматично вентилях, кранах, клапанах або іншій арматурі. При цьому говорять про ріст авторитету регулюючого вентиля. Під авторитетом регулюючої арматур слід розуміти частку розташовуваного на регульованій ділянці тиску, яка витрачається на подолання місцевого опору вентиля (клапана) при русі теплоносія.

Таблиця 14.2.

Металеві труби	Неметалічні труби
Сталеві водогазопровідні звичайні за ГОСТ 3262-75	Зі зшитого поліетилену високої густини (ПЕС, PE-X - англ., VPE - нім.) за ГОСТ 18599-83
Сталеві водогазопровідні легкі за ГОСТ 3262-75	Поліпропіленові (PPRC) по DIN 8077
Сталеві електрозварні за ГОСТ 10704-91	Полібутеновані (ПБ, PB) по DIN 6968
Сталеві безшовні горячедеформовані за ГОСТ 8731-87, ГОСТ 8732-78 (для найбільш відповідальних ділянок систем, технологічних трубопроводів)	PVC- полівінілхлорид ПВХ
Сталеві оцинковані за ГОСТ 3262-75 (для дренажних і повітровипускних трубопроводів)	CPVC- зшитий полівінілхлорид ПВХ
Мідні труби за ГОСТ 617-72*, EN 1057	Металополімерні багатoshарові PEX-Al-PEX, PE-RT/Al/PE-HD за ГОСТ 18599-83, DIN 4726, DIN 13 892

### 14.3. Визначення втрат тиску на ділянках системи опалення

Сукупність послідовно з'єднаних ділянок системи опалення, від джерела теплоти до опалювальних приладів і назад, утворюють циркуляційні кільця, по яких здійснюється рух теплоносія. У двотрубних системах опалення кількість циркуляційних кілець дорівнює кількості опалювальних приладів, а в однотрубних - кількості приладових віток (стояків).

Необхідне, пропорційне тепловим навантаженням, розподіл теплоносія по циркуляційних кільцях системи опалення здійснюється обернено пропорційно втратам тиску в цих кільцях. Причому обернена пропорційність, як ми побачимо далі, є квадратичною.

Наступний етап гідравлічного розрахунків полягає у визначенні втрат тиску в системі опалення, які визначаються як сума втрат тиску на ділянках, що утворюють головне циркуляційне кільце. У загальному випадку кожний із цих ділянок являє собою трубопровід постійного діаметра, на якому може бути встановлена запірні і регулююча арматури, а також устаткування системи опалення, які є місцевими гідравлічними опорами.

Таким чином, втрати тиску на довільній ділянці системи доцільно представляти як суму двох складових: втрати тиску на гідравлічне тертя при транспортуванні теплоносія в трубі і втрати тиску в місцевих опорах. Представлений опис гідравлічних процесів, що відбуваються на ділянці будь-якої гідравлічної системи, описується формулою Дарсі-Вейсбаха:

$$\Delta P = \Delta P_l + \Delta P_m = \frac{\rho \cdot v^2}{2} \cdot \left( \frac{\lambda}{d} \cdot l + \Sigma \xi \right), \quad (14.2)$$

де:

$\Delta P_l$  - втрати тиску на тертя в трубопроводі ділянки системи опалення, Па;

$\Delta P_m$  - втрати тиску в місцевих опорах на ділянці системи опалення, Па;

$\rho$  - густина теплоносія, що транспортується, кг/м<sup>3</sup>;

$\lambda$  - коефіцієнт гідравлічного тертя;

$d$  і  $l$  - відповідно внутрішній діаметр і довжина трубопроводу на ділянці системи опалення, м;

$\Sigma \xi$  - сума коефіцієнтів місцевих гідравлічних опорів на ділянці;

$v$  - швидкість теплоносія, м/с.

Для визначення коефіцієнта гідравлічного тертя трубопроводів  $\lambda$  у світовій практиці існують кілька загальноприйнятих залежностей. Так у країнах СНД найбільше поширення одержала формула Альтшуля:

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{68}{Re} + \frac{k_e}{d} \right)^{0,25} \quad (14.3)$$

а в країнах Західної Європи використовують формулу Колбрука-Уайта:

$$\frac{1}{\lambda} = -2 \cdot \lg \left( \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k_e}{3,17 \cdot d} \right)^{0,25} \quad (14.4)$$

де:

$Re$  - число Рейнольда;

$k_e$  - еквівалентна шорсткість труби, мм.

Аналіз результатів обчислень коефіцієнтів гідравлічного тертя  $\lambda$ , отриманих на підставі наведених формул в області економічно доцільних швидкостей руху теплоносія в трубах 0,4 - 0,6 м/с, що відповідає перехідному режиму протікання рідини, показує, що формула Альтшуля є більш точної як для сталевих, так і полімерних трубопроводів. Деякі гідродинамічні характеристики труб наведені в табл. 14.3.

Таблиця 14.3.

**Гідродинамічні характеристики труб**

$D_H$ , мм	$d_{вн}$ , мм	$d_y$ , мм	$\lambda/d$ , згідно формулі 1/м	$G/\nu$ , (кг/год)/(м/с)	$A \cdot 10^{-4}$ , Па/(кг/год) <sup>2</sup>	$\lambda/d$ , м <sup>-1</sup>
<b>ГОСТ 3262-89*</b>		<b>Труба сталева водогазопровідна звичайна</b>				
					<b><math>k_e = 0,27316</math></b>	<b>мм</b>
13,5	9,1	8	5,095068991	229,04	0,009327384	<b>5,670</b>
17,0	12,6	10	3,392256069	439,10	0,002537717	<b>3,620</b>
21,3	15,7	15	2,576779424	681,74	0,001052754	<b>2,690</b>
26,8	21,2	20	1,770239322	1243,06	0,000316652	<b>1,790</b>
33,5	27,1	25	1,302387430	2031,23	0,000118590	<b>1,300</b>
42,3	32,9	32	1,022014217	2993,72	0,000054594	<b>0,895</b>
48,0	41,0	40	0,776197051	4649,30	0,000022635	<b>0,753</b>
60,0	53,0	50	0,563127806	7769,11	0,000008106	<b>0,540</b>
<b>ГОСТ 10704-91*</b>		<b>Труба сталева електрозварна</b>				
					<b><math>k_e = 0,224</math></b>	<b>мм</b>
57,0	51,0	50	0,563778038	7193,82	0,000009455	<b>0,600</b>
76,0	70,0	70	0,379488241	13552,38	0,000002664	<b>0,377</b>
89,0	83,0	80	0,306706696	19053,54	0,000001348	<b>0,304</b>
108,0	101,0	100	0,239976744	28213,84	0,000000615	<b>0,237</b>
133,0	125,0	125	0,183837183	43215,50	0,000000262	<b>0,181</b>
159,0	150,0	150	0,146371593	62230,32	0,000000126	<b>0,144</b>
		<b>Труба поліетиленова РЕХ-с</b>				
					<b><math>k_e = 0,006</math></b>	<b>мм</b>
14	10	14 x 2	2,328378036	276,58	0,006396250	
16	12	16 x 2	1,853860010	398,27	0,003084611	
18	14	18 x 2	1,528950584	542,10	0,001664996	
20	16	20 x 2	1,293908350	708,04	0,000975990	
26	20	26 x 3	0,978962372	1106,32	0,000399766	
32	26	32 x 3	0,705239792	1869,68	0,000139969	
40	33	40 x 3,5	0,523493229	3011,95	0,000053935	

Наведені вище аналітичні залежності закладені в основу існуючих методів гідравлічних розрахунків систем опалення, у тому числі і найпоширенішого - методу характеристик опору.

Згідно методу характеристик опору і як це видно з рівняння (14.2) втрати тиску на ділянці прямо пропорційні квадрату витрати теплоносія:

$$\Delta P = S \cdot G^2, \text{ Па} \quad (14.5)$$

де:

$G$  - масова витрата теплоносія на ділянці, кг/год;

$S$  - характеристика гідравлічного опору ділянки системи, Па/(кг/год)<sup>2</sup>.

Величина характеристики гідравлічного опору ділянки у фізичному змісті являє собою втрати тиску на ділянці при одиничній масовій витраті теплоносія і визначається по формулі:

$$S = A \cdot \xi_{np} = A \left( \frac{\lambda}{d} \cdot l + \Sigma \xi \right), \text{ Па/(кг/год)}^2, \quad (14.6)$$

де:

$A$  - питомий динамічний тиск,  $\text{Па/(кг/год)}^2$ ;

$\xi_{np}$  - приведений коефіцієнт місцевих опорів ділянки.

Питомий динамічний тиск у трубопроводі фіксованого діаметра є не що інший, як динамічний тиск, створюваний, що протікає теплоносієм при масовій витраті 1 кг/год, і при відсутності даних виробника може бути визначене по формулі:

$$A = \frac{\rho \cdot v^2}{2 \cdot G^2} = \frac{l}{2 \cdot \rho \cdot \left( \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot 3600 \right)^2} = \frac{6,2544}{\rho \cdot d^4} \cdot 10^{-8}, \text{ Па/(кг/год)}^2 \quad (14.7)$$

Приведений коефіцієнт місцевих опорів ділянки являє собою суму місцевих опорів на ділянці і величини  $\left( \frac{\lambda}{d} \cdot l \right)$ , яка адекватна коефіцієнту місцевого опору, що враховує втрати тиску на гідравлічне тертя.

$$\xi_{np} = \frac{\lambda}{d} \cdot l + \Sigma \xi \quad (14.8)$$

У цей час у зв'язку з бурхливим розвитком ринку трубопроводів з полімерних матеріалів, що мають близькі значення по еквівалентній шорсткості  $k_e$ , багато виробників труб приводять питомі втрати тиску  $R$ ,  $\text{Па/м}$  для сортаменту труб, що випускається. Це дозволяє спростити методику визначення втрат тиску на ділянці системи:

$$\Delta P = \Delta P_l + \Delta P_M = R \cdot l \frac{\rho \cdot v^2}{2} \cdot \Sigma \xi \quad (14.9)$$

Наведене рівняння становить суть методу гідравлічного розрахунків по питомих втратах тиску.

Таким чином, для визначення втрат тиску на ділянці системи опалення з попередньо певним діаметром труби  $d$  необхідно знати:

- $\frac{\lambda}{d}$  і  $A$  або  $R$  - гідравлічні характеристики трубопроводу;
- $l$  - довжину трубопроводу на розрахунковій ділянці системи;
- $\Sigma \xi$  - конфігурацію ділянки і коефіцієнти місцевих опорів установлені на ділянці запірно-регулюючої арматури і устаткування.

Гідравлічний опір системи опалення визначається як сума величин втрат тиску на ділянках, які становлять головне циркуляційне кільце системи.

$$\Delta P_{CO} = \Sigma \Delta P_{i-j}, \text{ Па} \quad (14.10)$$

## 14.4. Гідравлічне ув'язування циркуляційних кілець

Очевидно, що загальна кількість теплоносія системи опалення розподіляється по циркуляційних кільцях таким чином, що втрати тиску на переміщення відповідних кількостей теплоносія у відповідних кільцях рівні між собою в точках сполучення кілець. Таким чином, для розподілу теплоносія відповідно до теплових навантажень циркуляційних кілець системи опалення, необхідно виконати гідравлічне ув'язування за рахунок забезпечення однакових втрат тиску в кільцях для витрат тепло/холодоносія, обумовлених поточним тепловим навантаженням кільця.

Для вирівнювання гідравлічних втрат у кільцях системи опалення використовується балансувальна арматура ручного або автоматичного регулювання, що випускається ГЕРЦ Арматурен та іншими виробниками. Яскравими прикладами балансувальної арматур можуть служити:

- ручні регулюючі балансувальні вентиля сімейства Штрьюмакс (ГЕРЦ Арматурен);
- автоматичний балансувальний клапан - регулятор перепаду тиску типоряд 4007 (ГЕРЦ Арматурен).



Рис. 14.1. Балансувальний вентиль Штрьюмакс 4017 з вимірювальною діафрагмою і вимірювальними клапанами.



Рис. 14.2. Балансувальний вентиль Штрьюмакс GR 4217 і автоматичний регулятор перепаду тиску Герц 4007.



Практичний досвід і результати гідравлічних випробувань, проведені виробниками балансувальної арматури, дозволяють зробити висновки про те, що з метою одержання максимального ефекту гідравлічного регулювання і забезпечення ефективної роботи радіаторних термостатів (радіаторний термостатичний клапан, обладнаний термостатичною головкою - РТ) балансувальна арматура повинна розміщатися найбільш близько до приладових віток при установці РТ на опалювальних приладах.

Дослідження також показали, що при установці РТ або при ручнім регулюванні теплового потоку радіаторів система опалення більшу частину опалювального періоду працює в динамічному режимі. При використанні ручних балансувальних вентилів у двотрубних системах відбувається перерозподіл теплоносія опалювального приладу на сусідні опалювальні прилади приладової вітки-стояка. Це приводить до зниження енергетичної ефективності використання РТ.

В однокотлових системах при перекритті клапана на одному з опалювальних приладів приладової вітки-стояка спостерігається зниження загальної витрати теплоносія в стояку і на всіх опалювальних приладах, що приводить до зниження температури в опалювальних приміщеннях до початку реакції термостатичних головок на клапанах опалювальних приладів.

## **14.5. Приклад гідравлічного розрахунку двотрубною системи опалення**

### **14.5.1. Приклад гідравлічного розрахунку системи опалення котеджу з використанням програми розрахунків HERZ CO 3.5**

#### **ВИХІДНІ ДАНІ**

1. Район розташування об'єкта - м. Ізмаїл.
2. Будинок з підвалом.
3. Проектований будинок: 2-ох поверховий з підвалом і мансардою, висота поверху - 3,10 м.
4. Джерело теплопостачання - котел з параметрами теплоносія  $T_e = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $T_o = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
5. Характеристика огорожуючих конструкцій:
  - стіна: тришарова
    - 1) цементно-піщана штукатурка ( $\delta = 0,02\text{ м}$ ;  $\rho = 1800\text{ кг/м}^3$ ;  $\lambda = 0,93\text{ Вт/м}^2\text{с}$ );
    - 2) несучий шар - газобетон ( $\rho = 600\text{ кг/м}^3$ ;  $\lambda = 0,26\text{ Вт/м}^2\text{с}$ );
    - 3) вапняно-піщана штукатурка ( $\delta = 0,03\text{ м}$ ;  $\rho = 1600\text{ кг/м}^3$ ;  $\lambda = 0,81\text{ Вт/м}^2\text{с}$ );
  - покриття: чотиришарове
    - 1) вапняно-піщана штукатурка ( $\delta = 0,02\text{ м}$ ;  $\rho = 1600\text{ кг/м}^3$ ;  $\lambda = 0,81\text{ Вт/м}^2\text{с}$ );
    - 2) залізобетонна плита ( $\delta = 0,22\text{ м}$ ;  $\rho = 2500\text{ кг/м}^3$ ;  $\lambda = 2,04\text{ Вт/м}^2\text{с}$ );
    - 3) утеплювач - пінополіуретан ( $\rho = 80\text{ кг/м}^3$ ;  $\lambda = 0,05\text{ Вт/м}^2\text{с}$ );
    - 4) руберойд ( $\delta = 0,015\text{ м}$ ;  $\rho = 600\text{ кг/м}^3$ ;  $\lambda = 0,17\text{ Вт/м}^2\text{с}$ );
  - вікна - металопластикові, подвійне застління;
  - двері - дерев'яні одинарні.
6. Параметри теплоносія системи опалення  $T_e = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $T_o = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



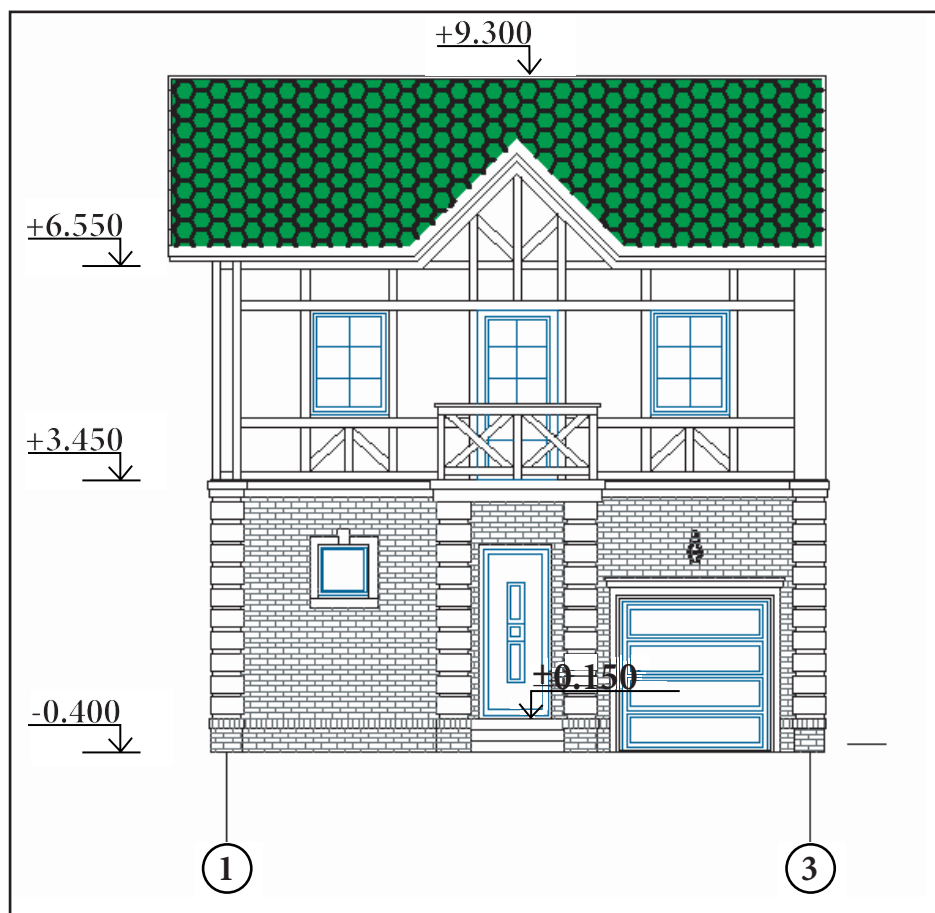


Рис. 14.3. Фасад котеджу

### ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

У будинках зі сполученою покрівлею, тобто без горища, і при наявності підвалу найбільш доцільно застосовувати двотрубну систему опалення з горизонтальним розведенням по поверххах і одним стояком. Установка приладів здійснюється на планах поверхів під вікнами (з метою локалізації холодних потоків повітря не виключається можливість установки приладів у внутрішніх перегородок і глухих зовнішніх стін).

До розрахунків прийнята наступна система опалення котеджу:

- двотрубна, тупикова, горизонтальна;
- поповерхова з нижнім розведенням;
- із примусовою циркуляцією.

У проекті передбачено один вертикальний стояк і 8 віток: одна вітка в підвалі, дві вітки - на 1-ому поверсі, три вітки - на 2-ому поверсі і дві вітки - на мансардному поверсі.

Система опалення монтується із застосуванням металополімерної труби ГЕРЦ РЕ-RT/Al/РЕ-HD.

При даній розводці подавальний і зворотний трубопроводи прокладаються в підготовці підлоги. Трубопроводи системи опалення, прокладені в підготовці підлоги, повинні бути теплоізованими.

На Рис. 14.4. - 14.7. представлені поповерхові плани з розведенням трубопроводів і встановленими опалювальними приладами, де зазначені:

- діаметри трубопроводів,
- розмір опалювального приладу,
- попереднє настроювання термостатичних клапанів (за результатами гідравлічного розрахунків).

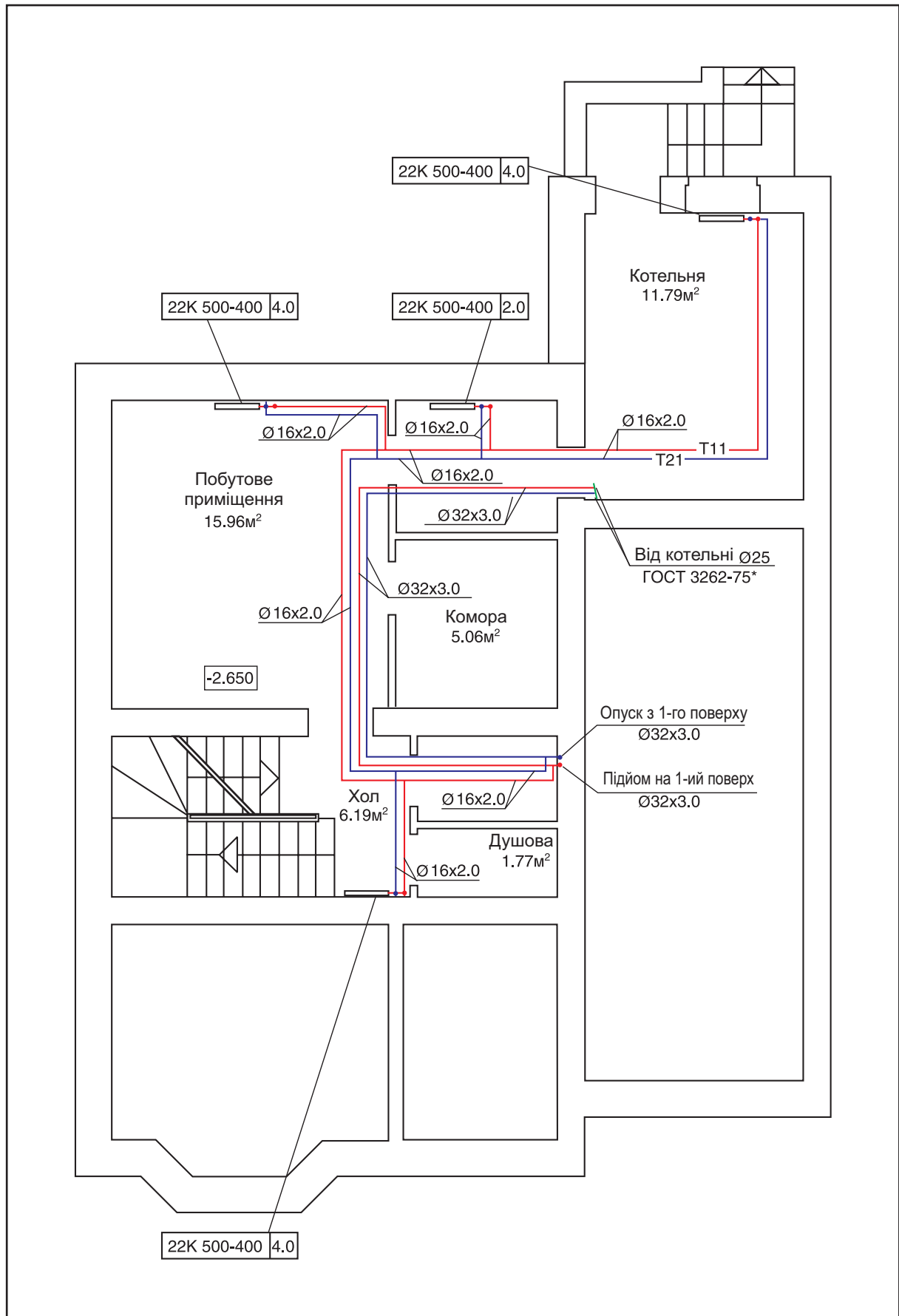


Рис. 14.4. План підвалу

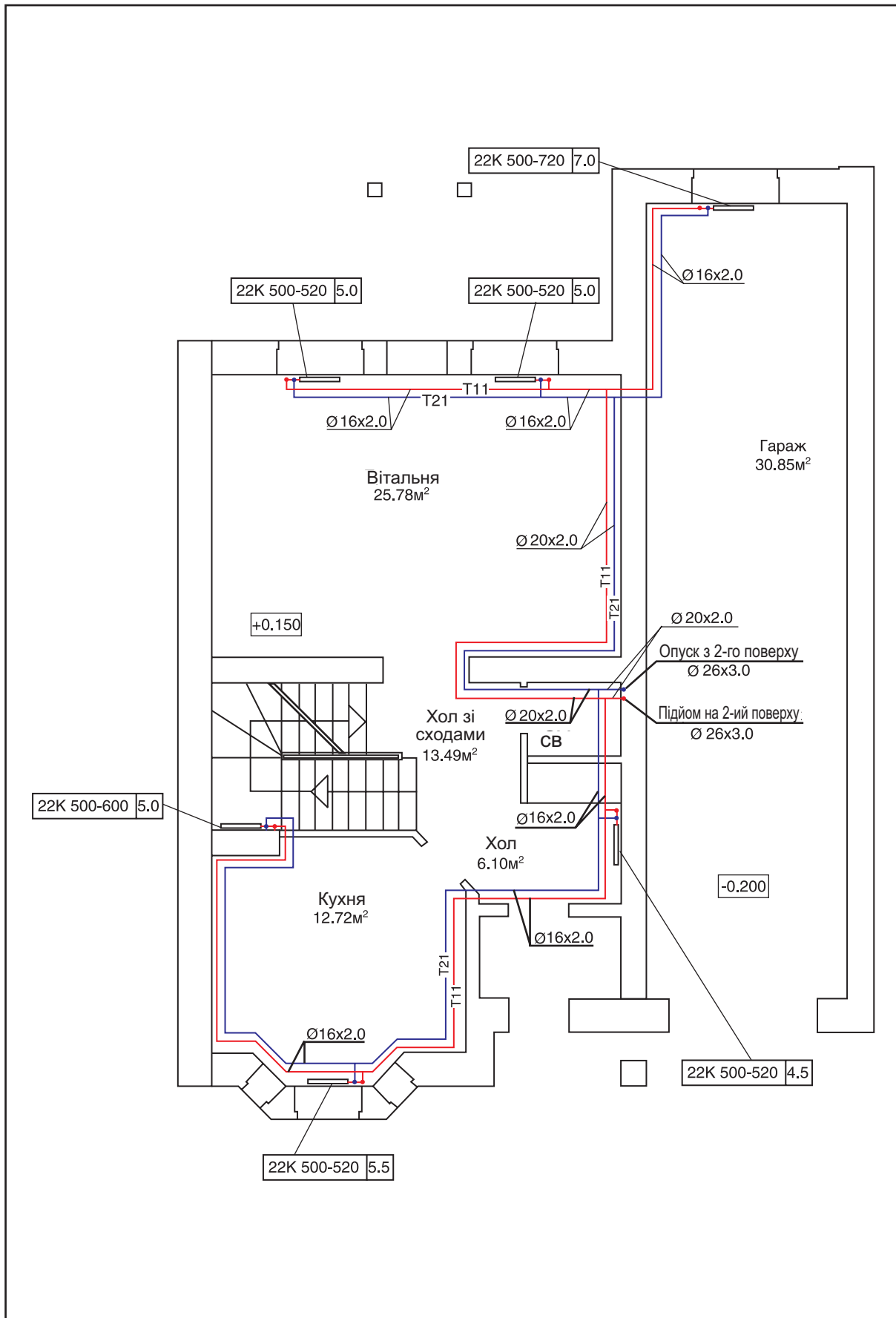


Рис.14.5. План першого поверху

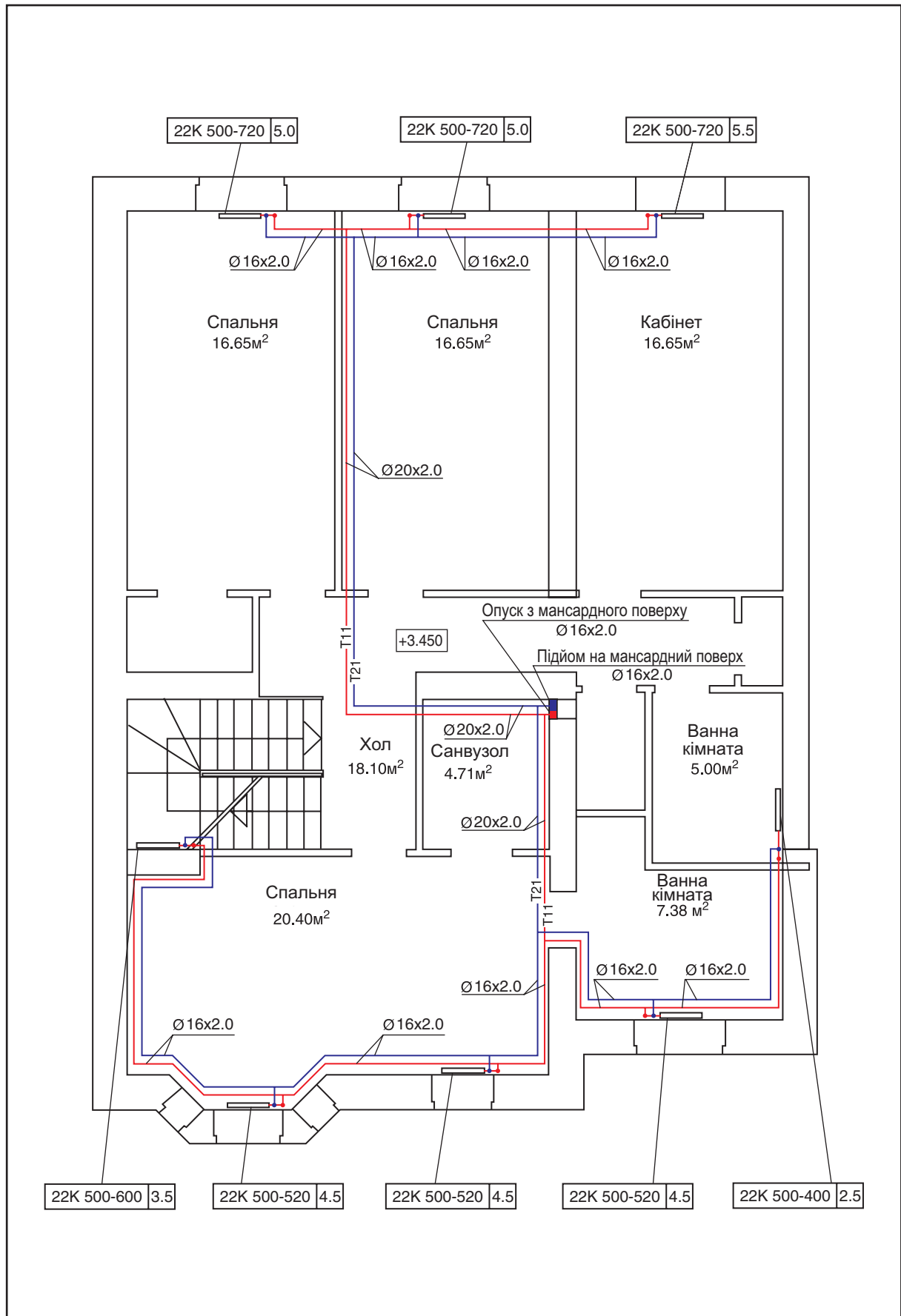


Рис. 14.6. План другого поверху

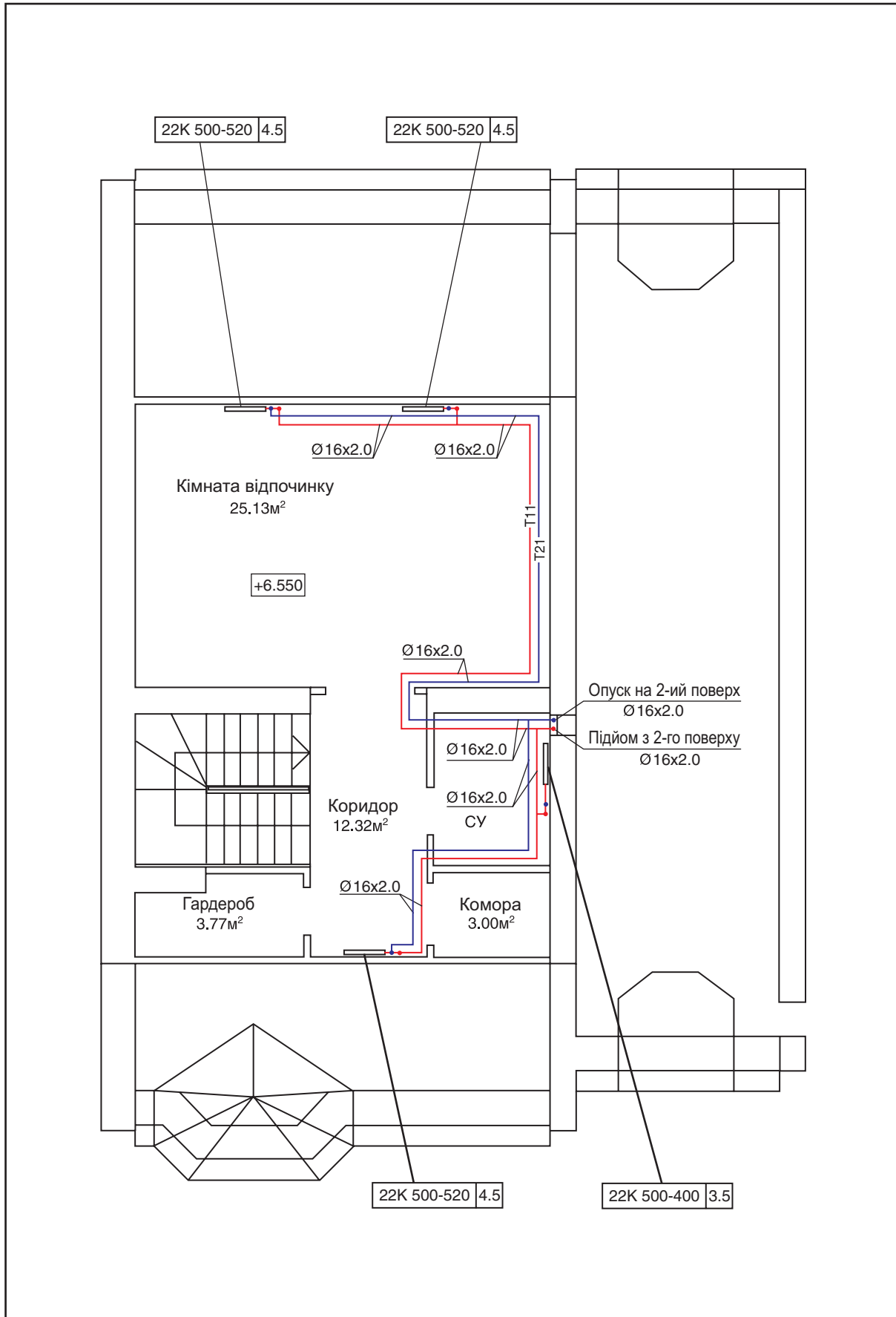


Рис. 14.7. План мансардного поверху

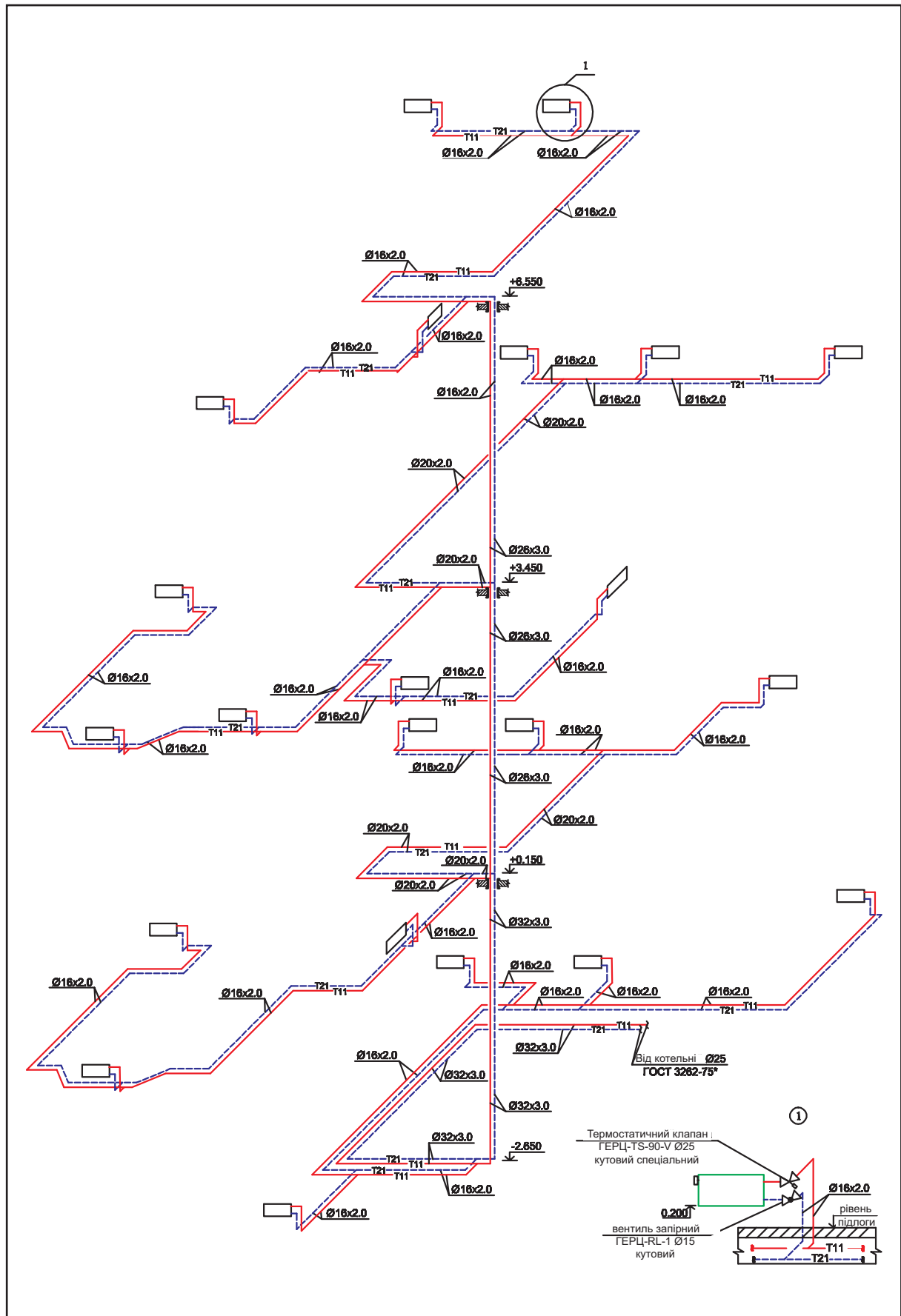


Рис. 14.8. Аксонометрична схема системи опалення котеджу

## ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ КОТЕДЖУ

Гідравлічний розрахунок системи опалення котеджу виконаний у програмі HERZ CO версія 3.5 по питомим лінійним втратах тиску на тертя при перепадах температури теплоносія у всіх вітках, рівних розрахунковому перепаду температури теплоносія у всій системі.

Виконуючи гідравлічний і тепловий розрахунки системи опалення в програмі HERZ CO версія 3.5 при проектуванні нової системи опалення, програма підбирає діаметри трубопроводів; попереднє настроювання термостатичних клапанів, якщо термостатичні клапани з попереднім настроюванням; настроювання регулюючих вентилів; настроювання балансувальних вентилів; настроювання автоматичних регуляторів перепаду тиску і розміри опалювальних приладів.

Вибирається розрахунковий циркуляційний контур з «регульованою ділянкою». «Регульована ділянка» - це частина трубопроводу з опалювальним приладом і термостатичним клапаном на підводці до опалювального приладу. Звичайно це найбільш протяжне циркуляційне кільце запроектованої системи, починаючи від котла, через стояк і назад до котла. У цьому випадку регульована ділянка перебуває в кімнаті 103. Розрахунковий циркуляційний контур розбивається на ділянки:  $уч_{1-1a}$   $уч_{2-2a}$   $уч_{3-3a}$   $уч_{4-4a}$   $уч_{5-5a}$   $уч_{6-6a}$   $уч_{7-7a}$   $уч_{8-8a}$   $уч_{9-9a}$   $уч_{10-10a}$   $уч_{11-11a}$   $уч_{12-12a}$   $уч_{13-13a}$

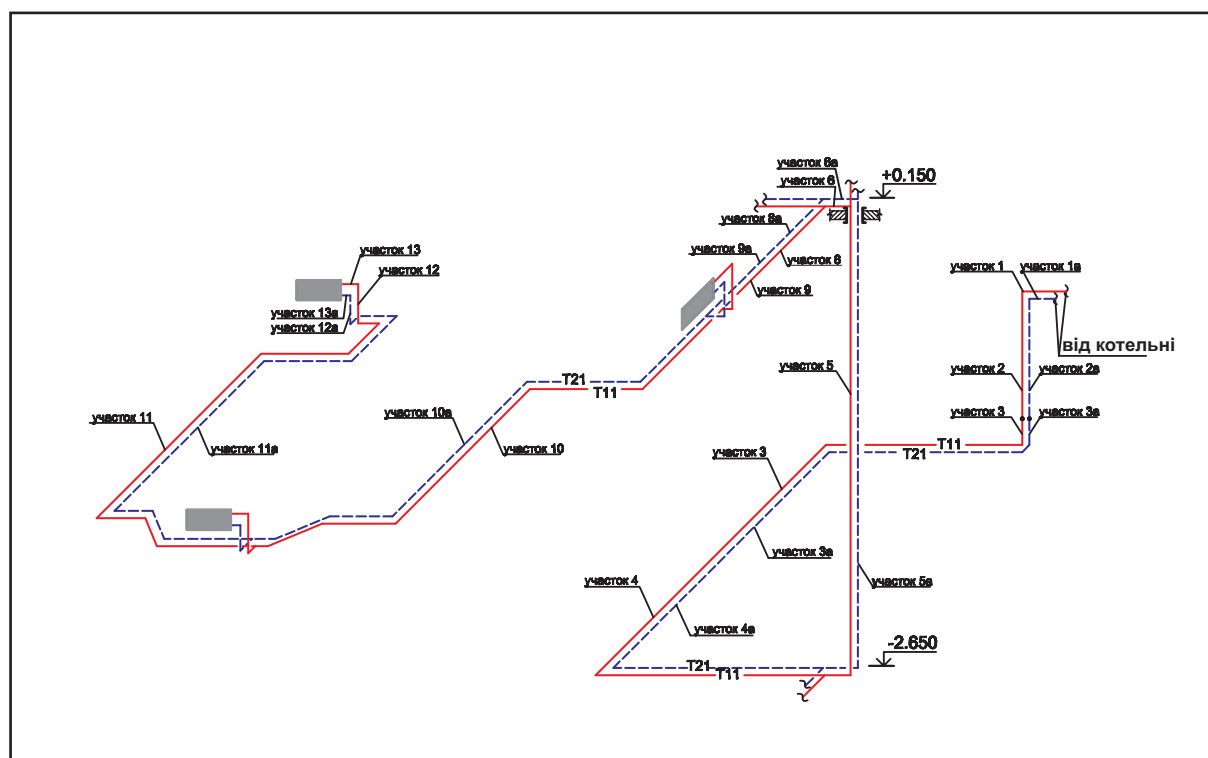


Рис. 14.9. Розрахунковий циркуляційний контур, від котла до опалювального приладу (включно) у приміщенні 103.

Втрати тиску в розрахунковому циркуляційному контурі складаються із суми втрат тиску на ділянках розрахункового циркуляційного контуру.

$$\Delta P_{уч} = L_{уч} \cdot R + Z,$$

де:

$\Delta P_{уч}$  - втрати тиску на ділянці, Па;

$L_{уч}$  - довжина ділянки, м;

$R$  - питоме лінійне падіння тиску на тертя, Па/м;

$Z$  - втрати тиску на місцеві опори, Па.



$$Z = \sum \xi \rho \cdot w^2 / 2,$$

де:

$\xi$  - коефіцієнт місцевого опору;

$w^2$  - швидкість, м/с;

$\rho$  - густина, кг/м<sup>3</sup>.

$$\Delta P_{\text{рцк}} = \Delta P_{\text{уч}_{1-1a}} + \Delta P_{\text{уч}_{2-2a}} + \Delta P_{\text{уч}_{3-3a}} + \Delta P_{\text{уч}_{4-4a}} + \Delta P_{\text{уч}_{5-5a}} + \Delta P_{\text{уч}_{6-6a}} + \Delta P_{\text{уч}_{7-7a}} + \Delta P_{\text{уч}_{8-8a}} + \Delta P_{\text{уч}_{9-9a}} + \Delta P_{\text{уч}_{10-10a}} + \Delta P_{\text{уч}_{11-11a}} + \Delta P_{\text{уч}_{12-12a}} + \Delta P_{\text{уч}_{13-13a}}$$

Таблиця 14.4.

**Підсумки гідравлічного розрахунку розрахункового циркуляційного контуру з урахуванням втрат тиску на місцеві опори на ділянках**

Трубопровід под./звор.	Номер ділянки	$L$ м	$dn$ мм	$Q$ Вт	$G$ кг/год	$w$ м/с	$R$ Па/м	$\xi$	$\Delta P$ Па
Розрахунковий циркуляційний контур <b>прим. 103</b>									
$\Delta p_{\text{цк}} = 11725 \text{ Па}$		$\Delta P_{\text{зр}} = 279 \text{ Па}$		$\Delta H = 2,62 \text{ м}$		$L_{\text{цк}} = 67,9 \text{ м}$			
П	1	0,50	33,5	19000	0,226	0,381	121,8	0,7	113
П	2	0,80	33,5	19000	0,226	0,381	121,8	0,3	119
П	3	0,30	32,0	19000	0,226	0,442	85,8	1,0	123
П	4	10,0	32,0	19000	0,226	0,442	85,8	0,3	913
П	5	2,8	32,0	16490	0,197	0,383	66,5	3,0	407
П	6	0,5	20,0	6610	0,079	0,406	135,2	3,0	314
П	7	0,0	16,0	3020	0,036	0,330	134,2	3,0	163
П	8	1,0	16,0	3020	0,036	0,330	134,2	0,5	161
П	9	2,5	16,0	3020	0,036	0,329	134,2	0,0	305
П	10	8,0	16,0	2120	0,025	0,231	71,9	3,5	669
П	11	7,0	16,0	1000	0,012	0,109	19,5	3,5	158
П	12	0,7	16,0	1000	0,012	0,109	19,5	1,0	20
П	13	0,1	16,0	1000	0,012	0,109	19,5	846,4	5005
Термостатичний кл. TS-90-V 1 <b>7748 67</b> $n = 5$ $dn = 15 \text{ мм}$ авторитет 0,42 $Kv = 0,198 \text{ м}^3/\text{год}$									
3	13a	0,1	16,0	1000	0,012	0,107	14,9	5,4	33
3	12a	0,7	16,0	1000	0,012	0,107	14,9	1,0	8
3	11a	7,0	16,0	1000	0,012	0,107	14,9	3,3	123
3	10a	8,0	16,0	2120	0,025	0,228	76,6	3,3	699
3	9a	2,5	16,0	3020	0,036	0,325	142,2	0,0	354
3	8a	1,0	16,0	3020	0,036	0,325	142,3	0,5	169
3	7a	0,0	16,0	3020	0,036	0,325	142,3	2,0	105
3	6a	0,5	20,0	6610	0,079	0,400	142,5	2,0	231
3	5a	2,8	32,0	16490	0,197	0,377	70,2	2,0	339
3	4a	10,0	32,0	19000	0,226	0,435	90,5	0,3	961
3	3a	0,3	32,0	19000	0,226	0,435	90,6	0,5	74
3	2a	0,5	33,5	19000	0,226	0,435	121,4	0,3	82
3	1a	0,3	33,5	19000	0,226	0,435	121,4	0,2	77
<b>Разом:</b>									11725

де:

- $L$  - довжина ділянки, м;
- $dn$  - зовнішній діаметр трубопроводу, мм;
- $Q$  - теплове навантаження ділянки, Вт;
- $G$  - витрата теплоносія, що проходить через ділянку, кг/год;
- $w$  - швидкість теплоносія, м/с;
- $R$  - питоме лінійне падіння тиск на ділянці, Па/м;
- $\zeta$  - сума коефіцієнтів місцевих опорів;
- $\Delta P$  - втрати тиску на ділянці, Па;
- $\Delta p_{\text{цк}}$  - опір розрахункового циркуляційного контуру, Па;
- $\Delta P_{\text{сп}}$  - природний циркуляційний тиск, Па;
- $L_{\text{цк}}$  - довжина подаючого і зворотного трубопроводів, що з'єднують джерело тепла і споживача тепла, м.
- $\Delta H$  - різниця висот між центром споживача тепла (радіатор) і центром джерела тепла (котел).

Втрати тиску в розрахунковому циркуляційному контурі, без врахування природного циркуляційного тиску, становлять - 11725 Па.

Другорядні циркуляційні контури системи опалення котеджу розраховуються аналогічно. Втрати тиску другорядних циркуляційних контурів повинні дорівнювати втратам тиску розрахункового циркуляційного контуру, тобто

$$\Delta P_{\text{цк}} = \Delta P_{\text{цк1}} = \Delta P_{\text{цк2}} = \Delta P_{\text{цк3}} \dots = \dots \Delta P_{\text{цки}}$$

Забезпечення цієї рівності (гідравлічне ув'язування системи опалення котеджу) для системи, що розраховується, здійснюється термостатичними клапанами з попереднім налаштуванням ГЕРЦ TS-90-V, які встановлені на подавальних підводках до опалювальних приладів.

У даній таблиці наведені загальні підсумки гідравлічного і теплового розрахунків системи опалення котеджу.

Гідравлічний опір обладнання і джерела теплоти $\Delta P_o$ , Па	11446
Мінімальний опір ділянки з опалювальним приладом $\Delta P_{gmin}$ (Па)	1442
Повна витрата води в обладнанні, $G_o$ , (кг/с)	0,226
Водоемкість обладнання, $V_o$ , (л):	124
Розрахункова теплова потужність обладнання, $Q_o$ , (Вт)	18780
Потужність, що втрачається, $Q_{тер}$ , (Вт)	6475

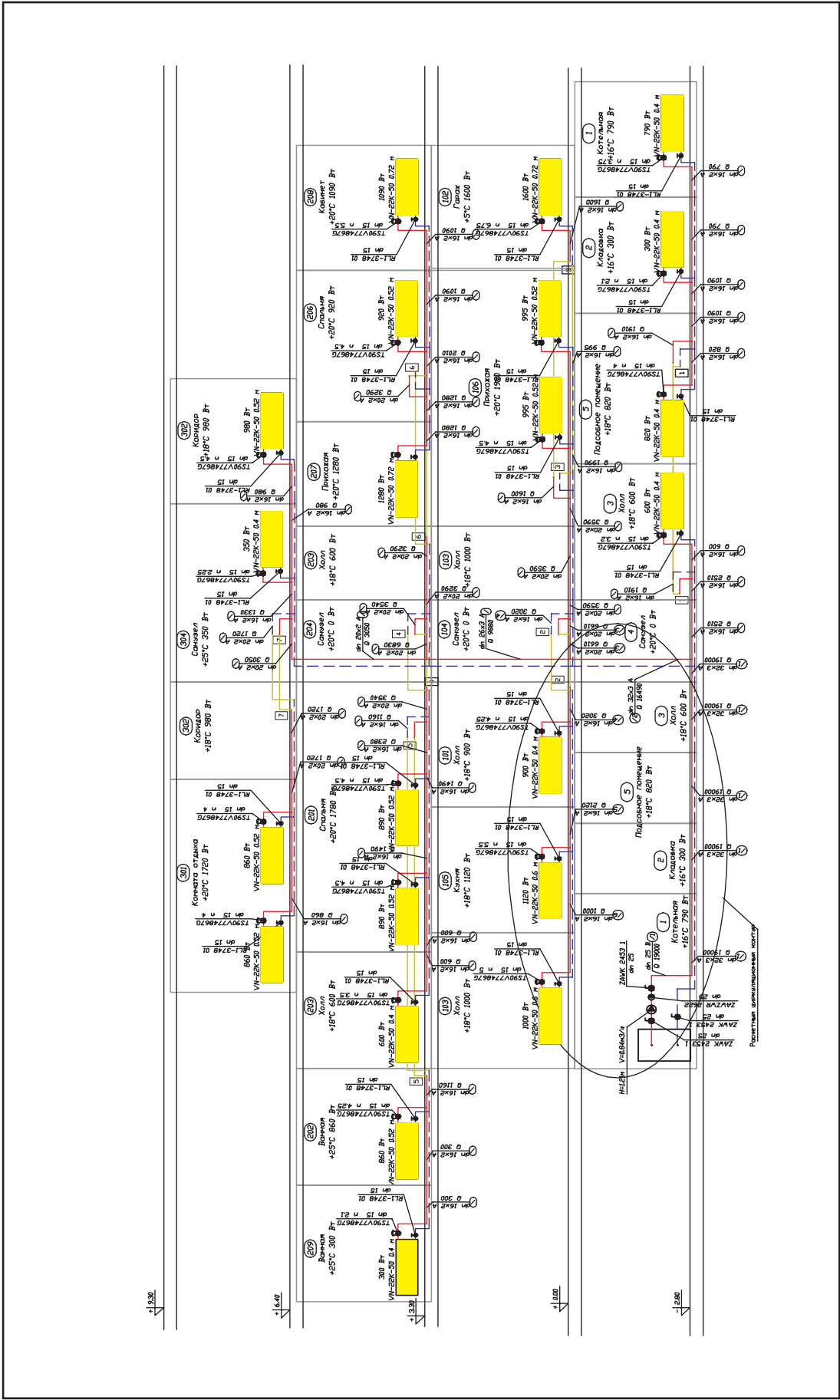


Рис. 14.10. Розрахункова схема гідралічного і теплового розрахунків системи опалення котеджу

### 14.5.2. Варіанти установки регулюючої арматури

На рисунках 14.11, 14.12, 14.13 і 14.14 представлені приклади установки ручних балансувальних клапанів і автоматичних регуляторів перепаду тиску у двотрубних системах опалення. Ув'язування системи опалення за допомогою термостатичних клапанів, радіаторних клапанів, балансувальних клапанів і автоматичних регуляторів перепаду тиску виключає перевитрату тепла в приміщеннях перших по ходу теплоносія (перевищення температури повітря в приміщенні над розрахунковою на 1-2°C приводить до перевитрати тепла на 6 - 10 %) і недогрів віддалених приміщень.

На Рис. 14.11 показані приклади установки арматури на стояках при статичному (а) і динамічному (б) балансуванні і термостатичних клапанів на приладових підводках. Ув'язування приладових віток на стояку реалізується за допомогою термостатичних клапанів ГЕРЦ TS-90-V з попереднім настроюванням. Попереднє настроювання термостатичних клапанів при однакових витратах теплоносія збільшується по ходу теплоносія, при цьому втрати тиску на термостатичних клапанах зменшуються, тим самим забезпечується рівність втрат тиску в приладових вітках стояка. Для гідравлічного ув'язування стояків системи опалення можна застосувати ручні балансувальні клапани (статичне балансування) і автоматичні регулятори перепаду тиску (динамічне регулювання), які забезпечують необхідні втрати тиску на стояках і відповідно розрахункові значення витрати теплоносія.

Для варіанта «а», при роботі системи опалення зі змінними навантаженнями, наприклад, у перехідний період опалювального сезону існує потенційна можливість перевищення максимально припустимого перепаду тиску на термостатичних клапанах, а також перерозподілу витрати теплоносія між опалювальними приладами і стояками.

Для варіанта «б», за рахунок підтримки постійної різниці тиску між стояками, за допомогою автоматичного регулятора перепаду тиску ГЕРЦ 4007, забезпечуються необхідні умови для роботи термостатичних клапанів і виключається перерозподіл кількості теплоносія між стояками протягом усього періоду експлуатації системи опалення.

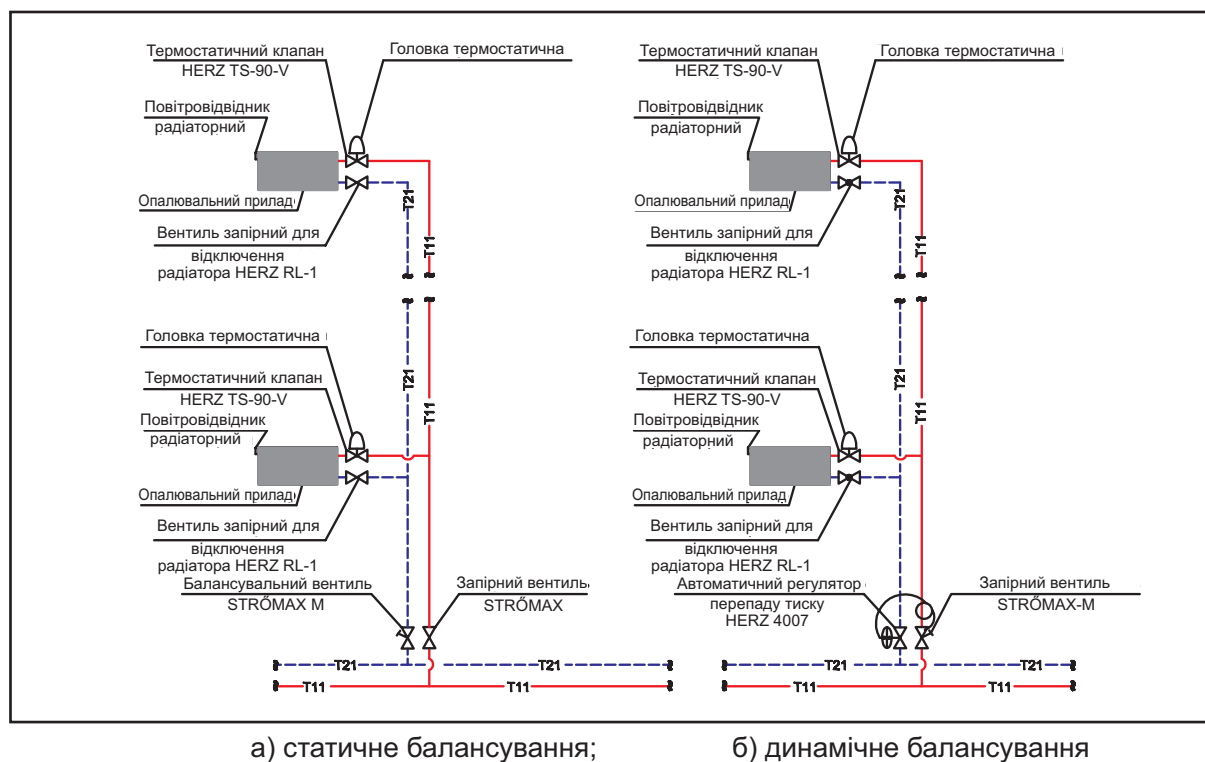


Рис. 14.11. Схема фрагмента вертикальної тупикової двотрубною системи водяного опалення з нижнім розведенням обох магістралей

На Рис. 14.12 представлена схема фрагмента двотрубною системи опалення з

поквартирною горизонтальною розводкою через трубний розподільник. У цьому випадку регулятор перепаду тиску ГЕРЦ 4007 не тільки забезпечує і підтримує розрахункове значення втрат тиску кожної квартири, але й разом з балансувальним клапаном виконує гідравлічне ув'язування систем опалення квартир і погоджує систему опалення по поверххах.

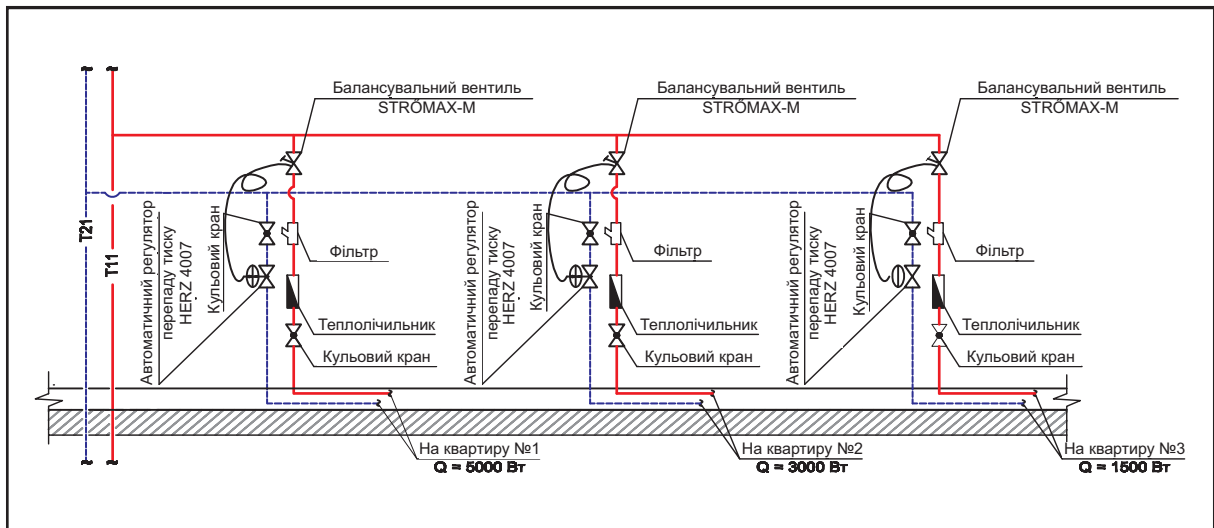


Рис. 14.12. Схема фрагмента вертикальної тупикової двотрубною системи опалення з поквартирною горизонтальною розводкою з регулятором перепаду тиску і ручним балансувальним клапаном на введенні у квартиру

На Рис. 14.13 представлена схема фрагмента двотрубною системи опалення з поквартирною горизонтальною розводкою через трубний розподільник.

Регулятор перепаду тиску ГЕРЦ 4007, встановлений перед розподільником, підтримує розрахункове значення втрат тиску системи опалення найбільш навантаженої квартири, з урахуванням втрат тиску на розподільнику, і разом з балансувальним клапаном погоджує систему опалення між поверхами. Балансувальні клапани, встановлені на зворотному трубопроводі кожної квартири, забезпечують гідравлічне ув'язування поквартирних систем опалення.

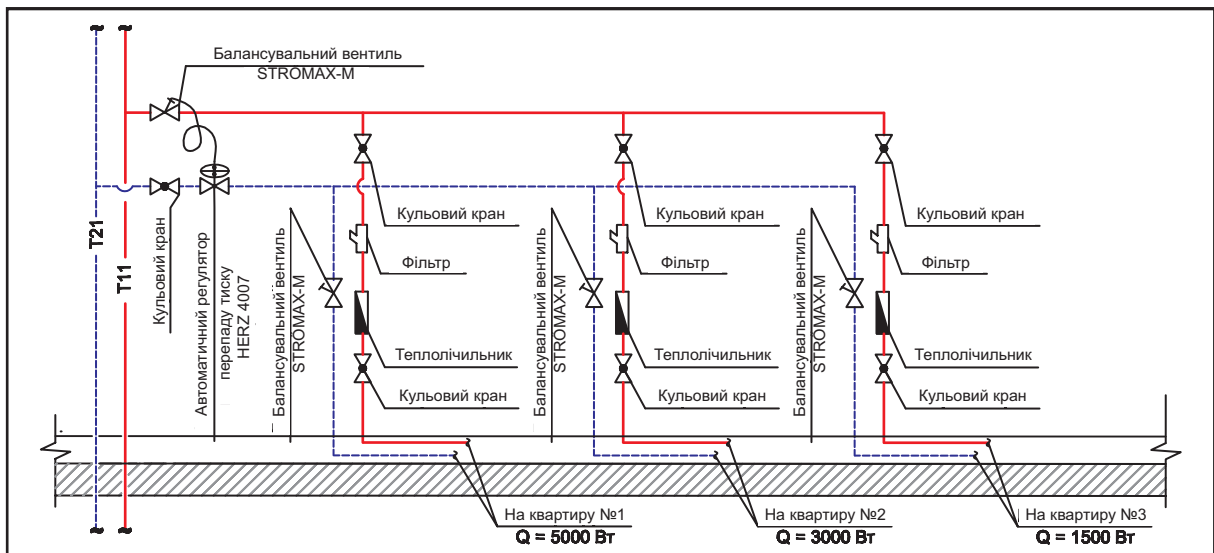


Рис. 14.13. Схема фрагмента вертикальної тупикової двотрубною системи опалення з поквартирною горизонтальною розводкою з регулятором перепаду тиску і ручним балансувальним клапаном перед/після трубного розподільника

## **ВИСНОВОК**

Сучасні системи опалення мають принципово інший підхід до регулювання - це не процес налагодження перед пуском з наступною роботою в постійному гідравлічному режимі, це системи з постійно мінливим тепловим режимом у процесі експлуатації, що відповідно вимагає обладнання для відстеження цих змін і реагування на них. Нові підходи, рішення, матеріали і конструкції в системах опалення розбудовують ці і без того найскладніші та динамічні системи. У цих умовах фахівці повинні володіти різноманіттям і специфікою застосування сучасної регулюючої арматури для реалізації високотехнологічних і енергоефективних систем опалення з оптимізованими капітальними витратами.

Автори сподіваються, що дана книга, незважаючи на як мінімум три кардинальні переробки, викликані стрімким розвитком і зміною нормативної бази в даній області, у якихось питаннях буде корисною проектувальникам, монтажникам, студентам і аспірантам.

Ми із вдячністю сприйmemo Ваші відгуки і побажання та постараємося врахувати їх у подальшій роботі.

Автори виражають свою щирю вдячність фірмі «HERZ Armaturen Ges.m.b.H.» її Київському, Одеському і Сімферопольському представництвам та Генеральному директорові докторові Герхарду Глінцеру за допомогу при створенні цієї книги і можливість висловити своє бачення розглянутих питань.

## ЛІТЕРАТУРА

1. “Летопись открытий и изобретений касательно домашнего и сельского хозяйства, искусства и сохранения здоровья и жизни людей и животных”, СПб: Имп. академия наук, 1829.
2. V.Ch.Joly, Traite pratique du chauffage, de la ventilation et des laux, Paris, 1869.
3. Н.А.Львов, Русская пиростатика, ч. II, СПб, 1799.
4. А.И.Орлов, Русская отопительно-вентиляционная техника, М.: Стройиздат, 1950.
5. Табунщиков Ю.А. Основы математического моделирования теплового режима здания как единой теплоэнергетической системы. Докторская диссертация. - М.: НИИСФ, 1983.
6. Табунщиков Ю.А., Хромец Д.Ю., Матросов Ю.А. Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений. - М.: Стройиздат, 1986
7. Tabunschikov Y. Mathematical models of thermal conditions in buildings, CRC Press, USA 1993.
8. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М.: Стройиздат, 1991.
9. Изменение №1 к СНиП 2.04.05-91. «Отопление, вентиляция и кондиционирование». – К.: Госкомградостроительства Украины, 1998.-19 с.
10. Изменение №2 к СНиП 2.04.05-91. «Отопление, вентиляция и кондиционирование». – К.: Госкомградостроительства Украины, 1999.-3 с.
11. СНиП II-3-79\*. Строительная теплотехника. -М.: ЦИТП Госстроя СССР,1986-32с.
12. Изменение №1 к СНиП II-3-79\*. Строительная теплотехника.. – К.: Госкомградостроительства Украины, 1996.-6 с.
13. СНиП 2.04.05-91\*У. Отопление, вентиляция и кондиционирование -Издание неофициальное. -Киев.: КиевЗНИИЭП, 1996-64с.
14. СНиП 2.04.05-91\*. Отопление, вентиляция и кондиционирование /Минстрой России./ - М.; ГП ЦПП,1995.-66с.
15. Братенков В.Н., Хаванов П.А., Вэскер Л.Я. Теплоснабжение малых населенных пунктов. М.: Стройиздат, 1988, с.223.
16. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч1. Отопление. /В.Н. Богословский, Б.А. Крупнов, А.Н. Сканави./-М.: Стройиздат, 1990. - 344с.
17. Пырков В.В. Гидравлическое регулирование систем отопления и охлаждения. Теория и практика. К.: Таки справи, 2005, с.302.
18. Патент ФРГ МКИ 5F 24H 1/22, F23 J 11/00 №3904635. Нагревательный котел, опубл. 15.03.1990 №11.
19. Патент ФРГ МКИ 5F 24H 1/24, F23 J 11/00 №3831237. Газовый нагревательный котел с атмосферной горелкой, опубл. 22.03.1990 №12.
20. Патент ФРГ МКИ 5F 24H 1/22, F23 J 11/00 №3930037. Водотрубный котел и способ работы его горелки, опубл. 15.03.1990 №11.
21. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» /Минстрой России./-М.: ГП ЦПП, 2003.
22. ДБН А.2.2-3-2004 “Склад, порядок розроблення, погодження та затвердження проектної документації для будівництва” К.: Держбуд України, 2004.
23. ГОСТ12.1.005-88.ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.- М.: Госкомиздат, 1988.
24. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: ГП ЦПП, 1996, 9с.
25. Пособие по проектированию автономных инженерных систем многоквартирных и блокированных жилых домов. М.: Торговый дом «Инженерное оборудование» под. Общ. Рук. А.И.Кунаховича., 1997, 68 с.
26. А.Мержвинский. отопление помещений среднего и большого объема. Рекомендации по



- підбору обладнання. – К.: Сантехніка, опалення, кондиціювання, №9, 2005. с. 42-43.
27. Кононович Ю.В. Тепловой режим зданий массовой застройки.-М.: Стройиздат, 1986. – 157с.
  28. Ткачук А.Я., Зайченко Е.С. Методические указания по проектированию систем отопления.- К.: КНУБА, 2000 г.
  29. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. ТЕПЛОВА ІЗОЛЯЦІЯ БУДІВЕЛЬ. МБАЖКГ України, 2006, с.87.
  30. Пояснювальна записка до першої редакції проекту ДСТУ-Н Б А.2.2-xxx-200х «Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції». – К.: Мінрегіонбуд України, 2007, с. 62.
  31. Гершкович В.Ф. Альбом рекомендаций по применению современного эффективного оборудования в системах отопления и горячего водоснабжения зданий при централизованном теплоснабжении К.:КиевЗНИИЭП, 2003.
  32. Каталог продукции корпорации «Колви», 2006.Альбомы. Колви-Термона.
  33. Каталог продукции фирмы «Герц-Арматурен», 2007. Рекомендации. Схемные решения. Внутри домовая котельная.
  34. СНиП 2.04.07-86. Тепловые сети. –М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986-48 с.
  35. А. Н. Сканава, Л. М. Махов «Отопление», МГСУ, Москва, 2006.