

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»
КАФЕДРА ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ

Пояснювальна записка

до дипломного проекту
бакалавра

на тему **Проект енергоефективного 2-х поверхового житлового будинку
в м. Гадяч**

Виконав: студент 4 курсу,
групи 201пНТ
спеціальності
144 Теплоенергетика

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Кириченко В.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник Кутний Б.А.
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

Зав. кафедрою Голік Ю.С.
(прізвище та ініціали)

Полтава - 2023 року

ЗМІСТ

ВСТУП	2
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ В УКРАЇНІ ТА НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ У СФЕРІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ.....	3
2 ВИХІДНІ ДАНІ	6
3 ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ.....	11
4 АНАЛІЗ ФАСАДНИХ СИСТЕМ	13
5 ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ	17
6 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВТРАТ	21
7 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ В СИСТЕМАХ ОПАЛЕННЯ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ.....	27
8 ВИБІР СХЕМИ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ.....	30
9 ВИБІР ОПАЛЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ	34
10 ЕФЕКТ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ РЕГУЛЮВАННІ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.....	38
11 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ТА МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ.....	42
12 ТЕПЛОМЕХАНІЧНІ РІШЕННЯ.....	54
13 ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ.....	57
ВИСНОВКИ.....	67

					201-пНТ.9491695.ДП.		
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>П.І.Б.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Кириченко</i>				Проект енергоефективного двоповерхового будинку в м. Гадяч		
<i>Керівник.</i>	<i>Кутний</i>						
					<i>Н</i>		<i>1</i>
<i>Н.контр.</i>					НУПП ім. Юрія Кондратюка Кафедра ТГВ та Т		
<i>Затверд.</i>							

ВСТУП

Енергоефективність приватних житлових будинків – це не тільки істотне скорочення комунальних витрат і підвищення рівня життя населення, але й економія ресурсів для країни, обмеження викидів парникових газів в атмосферу й покращення екологічних характеристик місцевості.

Приватні будинки в Україні мають переважно низькі значення термічного опору огорожувальних конструкцій, обумовлені низькими вимогами нормативних документів минулих років, що призводить до значних втрат теплової енергії. Крім того через низьку енергоефективність систем опалення споживання тепла ще більше зростає. Системи опалення старого зразка, навіть за умови утеплення будівлі, не можуть забезпечити комфортні умови в приміщеннях, споживаючи при цьому досить багато енергоресурсів. Поряд із названими питаннями не менш важливим є оптимальний вибір системи для конкретного об'єкту з урахуванням усіх його особливостей на основі техніко-економічного аналізу варіантів.

Проблема підвищення енергетичної ефективності приватних житлових будинків існує вже не перший рік, їй присвячено досить багато наукових праць та спеціальних державних програм, прийнято Закон України від «Про енергетичну ефективність будівель» [15]. Враховуючи важливість поставленого питання й існуючу тенденцію до дефіциту енергоресурсів в Україні в останні роки суттєво зросли вимоги до показників енергоефективності будівель, а виробники постійно працюють над вдосконаленням матеріалів, обладнання та технологій для забезпечення можливості виконання вимог нового законодавства.

Відповідно поставлена задача проектування енергоефективного 2-х поверхового житлового будинку в м. Гадяч є актуальною й може дозволити узагальнити характерні енергоефективні рішення, які можуть бути використані для приватних будинків, зокрема в Полтавській області.

		<i>Кириченко</i>			<i>201-нНТ. 9491695.ДП.</i>	Арк.
		<i>Кутний</i>				2
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ В УКРАЇНІ ТА НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ У СФЕРІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Головною тенденцією розвитку будівництва та будівельних норм в Україні є створення енергоефективних та так званих "пасивних" будинків з нульовим енергоспоживанням. Для Європейських країн енергоефективні будинки вже стали стандартом сьогодення [1].

Досягнення енергоефективності житлових будинків є дуже важливим для енергетичного сектору держави, тому Україна веде активну співпрацю з ЄС для вирішення енергоефективних викликів. Завдяки стратегічній підтримці та консультаціям європейських експертів українське законодавство поступово наближається до норм ЄС щодо мінімальних вимог до енергоефективності будівель. З європейським досвідом досягнення енергоефективності та державними програмами фінансування енергоощадних технологій за підтримки ЄС Україна стає на крок ближчою до Європи.

Модель енергоефективного будинку, показана на рисунку 1, являє собою пасивну будівлю з річними витратами на опалення близько 15 кВт*год/м²*рік.



Рисунок 1 – Характеристики енергоефективного будинку [2]

		Кириченко			201-нНТ. 9491695.ДП.	Арк.
		Кутний				3
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Джерелами тепла в пасивних будинках можуть бути зведені системи з одночасним використанням конденсаційних котлів, теплових насосів, сонячних колекторів та рекуператорів вентиляційного повітря.

До характерних параметрів пасивних будинків відносять:

- 1) компактність;
- 2) посилену теплоізоляцію (оптимально ізольована будівля має коефіцієнт теплопередачі $K=0,15 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$);
- 3) орієнтацію на південь;
- 4) відсутність містків холоду;
- 5) герметичність конструкції.;
- 6) енергоефективні вікна з профілями високої якості (за допомогою 2-камерного скла із заповненням простору між шибками інертним газом та герметичних віконних профілів досягається коефіцієнт теплопередачі $0,8 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$);
- 7) контрольовану механічну вентиляцію з рекуперацією тепла. (зберігає як мінімум 75% тепла витяжного повітря);
- 8) ВДЕ – геліосистеми або теплові насоси для підігріву води, сонячні панелі для генерації електроенергії.

Нормативна база України в сфері енергоефективності представлена рядом державних будівельних норм ДБН і стандартів ДСТУ. Вимоги до теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій та порядок їх розрахунку для забезпечення раціонального використання енергетичних ресурсів та забезпечення оптимальних санітарно-гігієнічних параметрів мікроклімату в приміщеннях викладено в:

- 1) ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель»;
- 2) ДБН В.2.2-15-2005 «Житлові будинки. Основні положення»;
- 3) ДБН В.3.2.2:2009 «Житлові будинки. Реконструкція та капітальний ремонт».

Вимоги до інженерних систем викладені в ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція і кондиціонування» та ДБН В.2.5-64:2012 «Інженерне обладнання

		Кириченко			201-нНТ. 9491695.ДП.	Арк.
		Кутний				4
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

будинків і споруд. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво».

Державні стандарти України з енергоефективності:

- 1) ДСТУ Б EN 15316-1:2011 «Системи теплозабезпечення будівель. Методика розрахунку енергопотреби та енергоефективності системи. Частина 1 і 2»;
- 2) ДСТУ Б EN 15603:2012 «Енергоефективність будівель. Загальне енергоспоживання і визначення енергетичних рейтингів»;
- 3) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «Енергоефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні і гарячому водопостачанні»;
- 4) ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 «Енергоефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель» - є основою для складання рейтингу енергоефективності;

Уся проектно-кошторисна документація повинна виконуватись згідно з вимогами ДБН А.2.2-3-2012 «Склад і зміст проектної документації на будівництво».

Нормативна документація України в останні роки зазнає суттєвих змін в напрямку енергоефективності. Минулого року відбулося чергове суттєве підвищення вимог до теплової ізоляції огорожувальних конструкцій. Дотримання вимог останньої редакції ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» дозволяє забезпечити істотне енергозбереження та суттєво наблизитися до ефективного житла. Додаткові вимоги до проектування та розрахунку огорожуючих конструкцій містяться в наступних нормах:

- 1) ДСТУ Б В.2.6-17-2000 (ГОСТ 26602.1-99) «Конструкції будинків і споруд. Блоки віконні та дверні. Методи визначення опору теплопередачі»;
- 2) ДСТУ Б В.2.6-18-2000 (ГОСТ 26602.2-99) «Конструкції будинків і споруд. Блоки віконні та дверні. Методи визначення повітро- та водопроникності»;

		Кириченко			201-нНТ. 9491695.ДП.	Арк.
		Кутний				5
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 3) ДСТУ-Н Б В.2.6-83:2009 «Настанова з проектування світлопрозорих елементів огорожувальних конструкцій».
- 4) ДСТУ-Н Б В.1.1 – 27:2010 «Будівельна кліматологія. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі»;
- 5) ДБН В.1.2-11-2008 «Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії»

2 ВИХІДНІ ДАНІ

Необхідно запроектувати 2-х поверховий житловий будинок у м. Гадяч.

На основі детального вивчення вимог діючих стандартів та правил, зокрема ДБН В.2.6-31:2021 [3] та ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2010 [4], можна сформулювати наступні вимоги до житлового будинку в м. Гадяч:

- м. Гадяч відноситься до I температурної зони з загальною кількістю градусо-днів опалювального періоду більше 3501 (рис. 2);
- розрахункова температура для теплотехнічних розрахунків – $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- нормативне значення температури в житлових приміщеннях:
- $t_{\text{вн}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- розрахункова температура для опалення - $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- середня зовнішня температура за опалювальний період для м. Гадяч $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- тривалість опалювального періоду – 178 днів
- мінімальний опір теплопередачі зовнішніх стін $R_{q \text{ min}} \geq 4,0\text{ м}^2 \cdot \text{K/Вт}$;
- мінімальний опір теплопередачі вікон $R_{q \text{ min}} \geq 0,9\text{ м}^2 \cdot \text{K/Вт}$;
- мінімальний опір теплопередачі входних дверей $R_{q \text{ min}} \geq 0,7\text{ м}^2 \cdot \text{K/Вт}$;
- мінімальний опір теплопередачі перекриття над неопалюваним підвалом
- $R_{q \text{ min}} \geq 5\text{ м}^2 \cdot \text{K/Вт}$;
- мінімальний опір теплопередачі горіщного перекриття $R_{q \text{ min}} \geq 6\text{ м}^2 \cdot \text{K/Вт}$;
- допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні

		<i>Кириченко</i>			<i>201-нНТ. 9491695.ДП.</i>	Арк.
		<i>Кутний</i>				6
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

огороджувальної конструкції, $\Delta t_{ст}$, стіни – 4 °С, горище – 3 °С, підлога – 2 °С;

- забезпечення повітрообміну приміщень;
- забезпечення належного рівня освітленості;
- теплоізоляційні матеріали, що використовуються в конструкціях теплоізоляційної оболонки будинків, повинні відповідати вимогам ДБН 6.6.1-6.5.001, ДБН В.1.4-0.01, ДБН В.1.4-0.02, ДБН В.1.4-2.01 та супроводжуватися висновками державної санітарно-епідеміологічної експертизи МОЗ України;
- теплоізоляційна оболонка повинна відповідати вимогам пожежної безпеки за ДБН В.1.1-7.

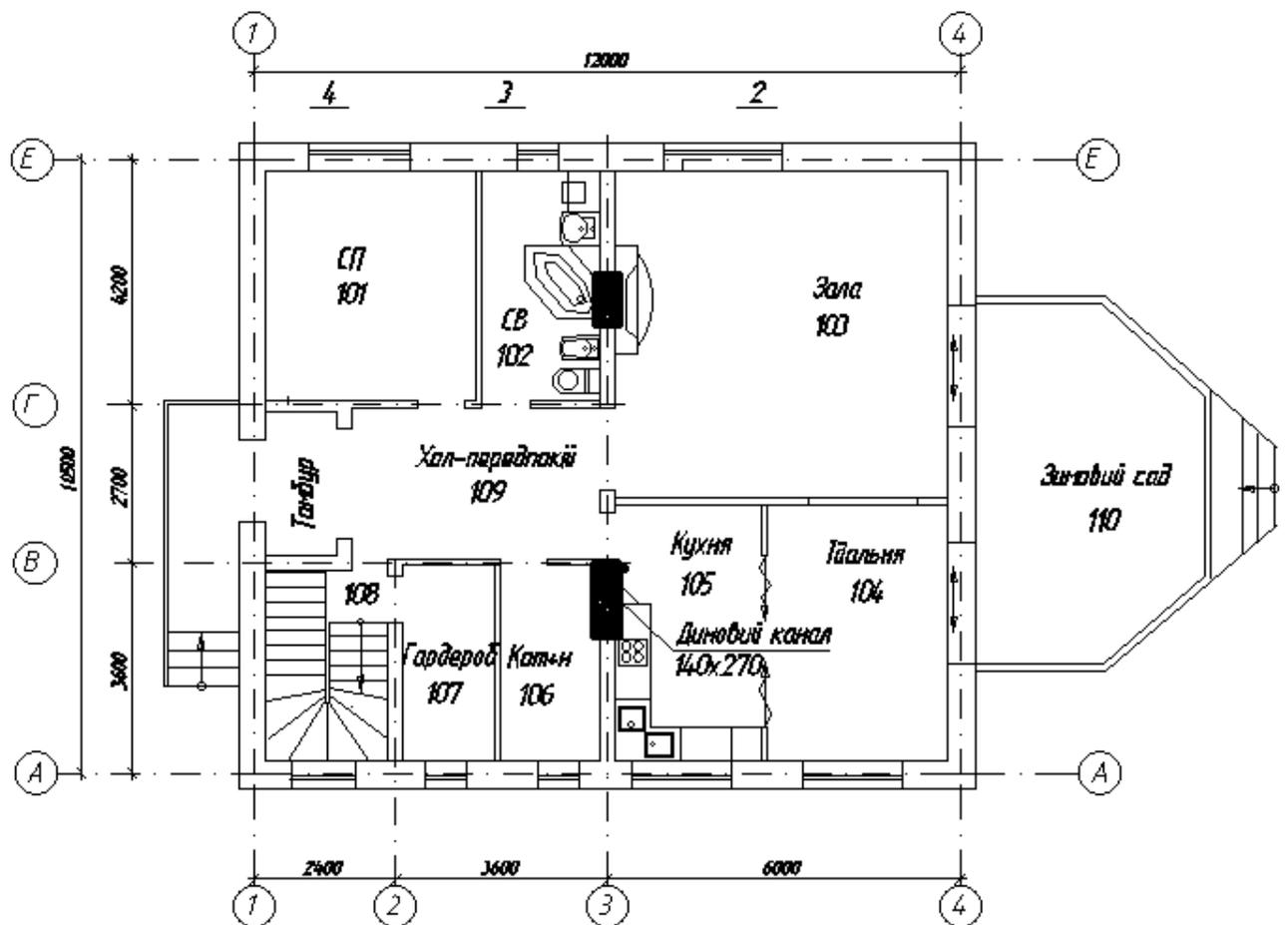


Рисунок 2 – Температурні зони України за ДБН В.2.6-31:2021 [3]

Вихідні дані для проектування візьмемо з архітектурно-будівельної частини проектної документації на котедж.

План 1-го поверху показано на рисунку 3, план 2-го на рисунку 4, генплан ділянки – на рисунку 5, розріз – на рисунку 6.

		Кириченко			201-пНТ. 9491695.ДП.	Арк.
		Кутний				7
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Експлікація приміщень:

101	Спальня
102	Санітарний вузол
103	Зала
104	Їдальня
105	Кухня
106	Котельня+насосна
107	Гардероб
108	Сходава клітка
109	Хол-передпокії
110	Зимовий сад

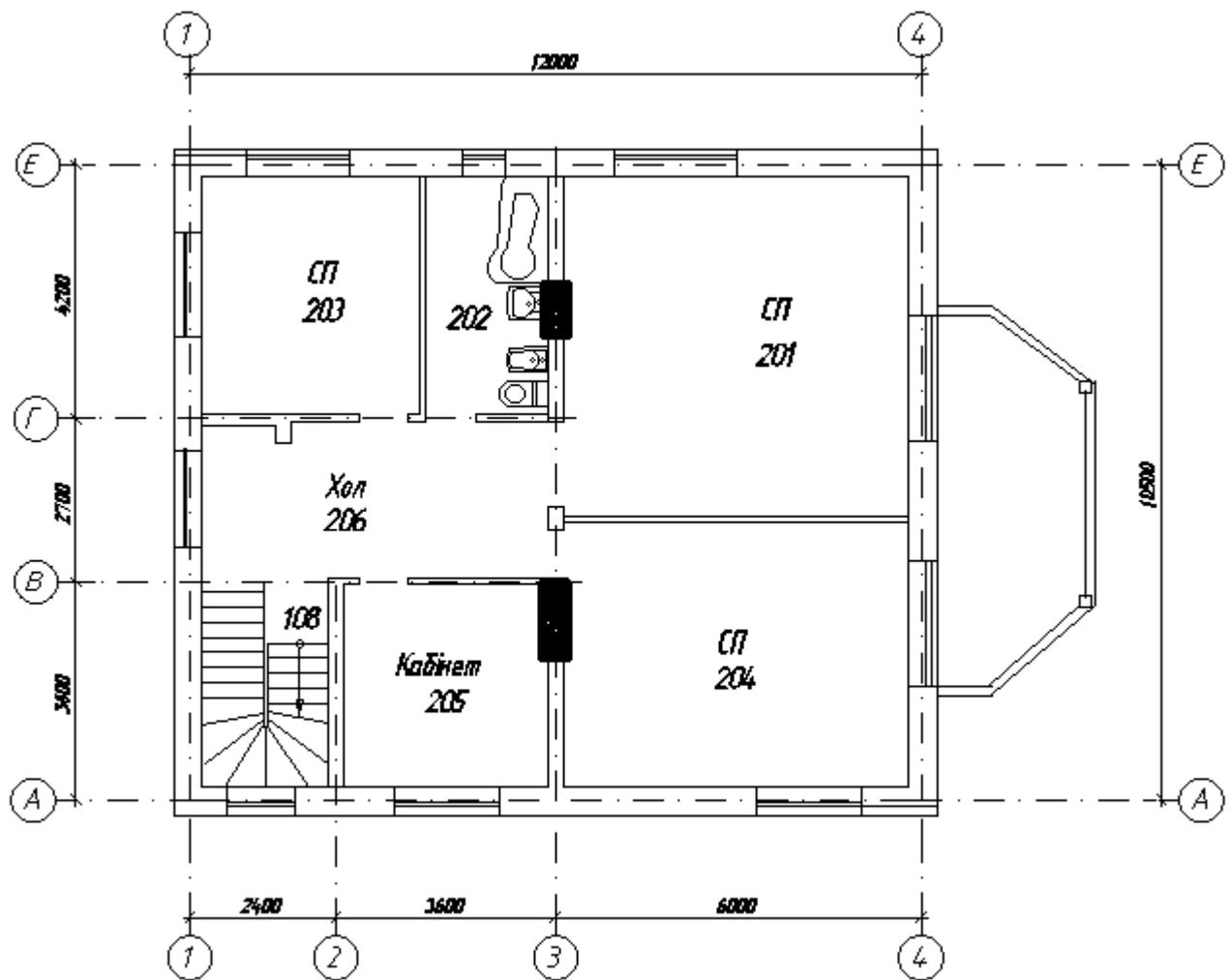
Рисунок 3 – План 1-го поверху

		Кириченко		
		Кутний		
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

201-пНТ. 9491695.ДП.

Арк.

8



Експлікація приміщень:

№ прим.	Назва приміщення
201	Спальня
202	Санітарний вузол
203	Спальня
204	Спальня
205	Кабінет
206	Хол

Рисунок 4 – План 2-го поверху

		Кириченко			201-нНТ. 9491695.ДП.	Арк.
		Кутний				9
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

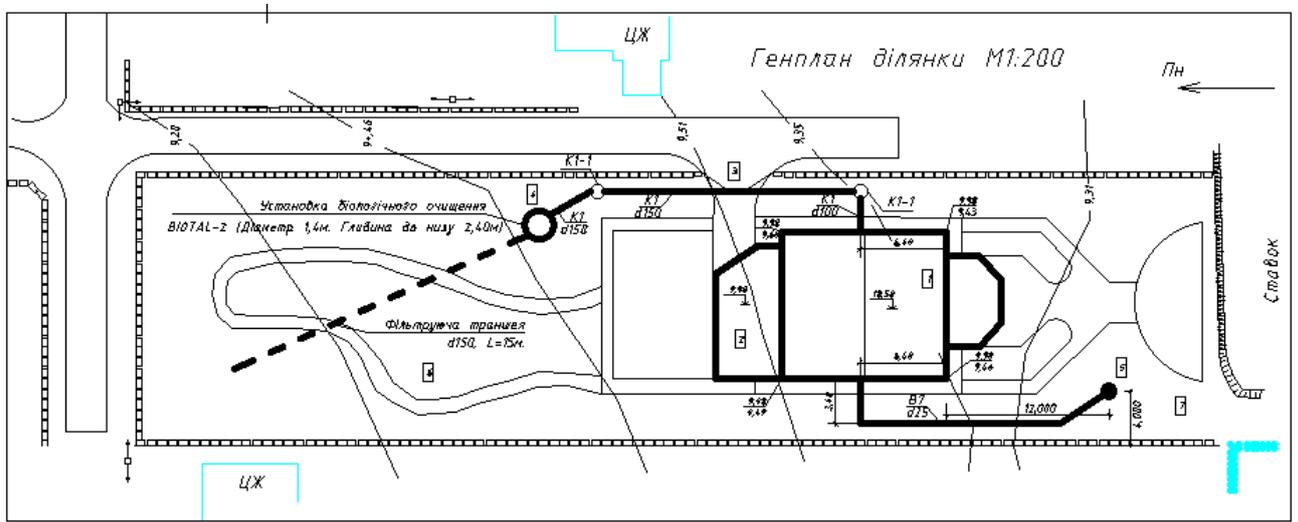


Рисунок 5 – Генплан ділянки

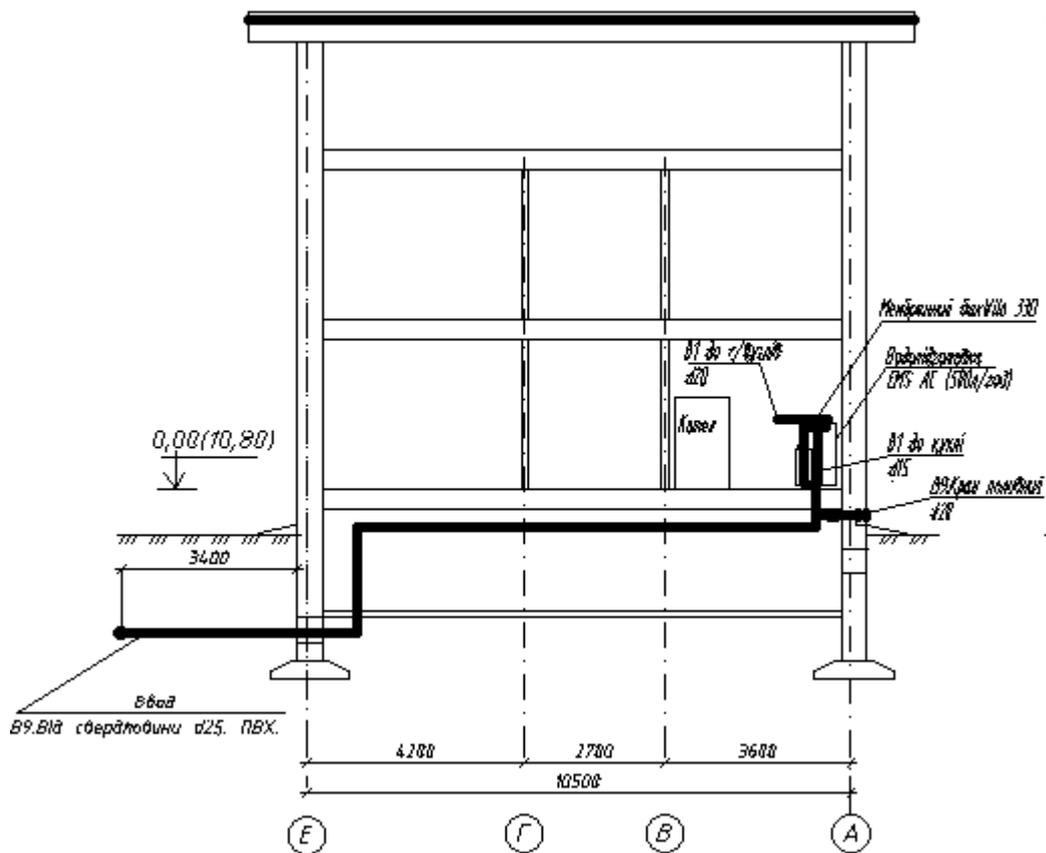


Рисунок 6 – Розріз будинку з розташуванням обладнання

Житловий будинок побудовано з піноблоку, товщина стін – 300 мм. Додаткова теплоізоляція відсутня. Склопрозорі конструкції будівлі – це дерев'яні вікна зі склопакетами, а для зимового саду – металопластикові вікна.

		Кириченко			201-пНТ. 9491695.ДП.	Арк.
		Кутний				10
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ

Для забезпечення комфортних умов проживання та енергоефективності будівлі необхідно мінімізувати втрати тепла. Це досягається шляхом:

1. Термоізоляції стін за допомогою утеплювача.
2. Встановлення якісних дверних та віконних блоків.
3. Впровадження ефективної системи опалення.
4. Для приватного будинку особливу увагу слід приділити теплоізоляції покрівлі та горищного перекриття, оскільки тепле повітря піднімається вгору за рахунок меншої густини.

Головні напрямки тепловтрат типового котеджу показано на рисунку 7.



Рисунок 7 – Напрямки втрати теплоти приватного житлового будинку

Для забезпечення наведених вимог повинен застосовуватися наступний тип вікон:

- 3-камерні профілі, рама 60 мм з 2-камерними склопакетами, що мають енергозберігаюче наплення на два скла і заповнення газу в обидві камери (4i-12Ar-4-12Ar-4i) – $R = 1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$.

Для вхідних дверей наведеним вимогам відповідають металопластикові двері:

		Кириченко			201-нНТ. 9491695.ДП.	Арк.
		Кутний				11
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- із 3-камерною профільною системою, рама 60 мм, що має 1-камерний склопакет з енергозберігаючим напиленням (4-16-4i) – $R = 0,71 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Нормативні значення опору теплопередачі стін, горищного та підвального перекриття можна забезпечити за рахунок додаткового утеплення досить широким асортиментом теплоізоляційних матеріалів, необхідна товщина яких визначається окремим розрахунком залежно від теплотехнічних характеристик обраного матеріалу.

Важливо також забезпечити стійкість системи утеплення до механічних пошкоджень. Завдяки якісним системам утеплення можна отримати довговічний фасад, стійкий до будь-яких погодних умов, а перекриття надійним бар'єром для втрат тепла в неопалювальні приміщення.

За нормами при проектуванні багат шарових стінових конструкцій треба шари матеріалів із більш високою теплопровідністю, теплоємністю й опором паропроникності розташовувати з внутрішньої сторони. Для зменшення термічної неоднорідності в площині фасаду будинку при використанні термічно неоднорідних огорожуючих конструкцій треба забезпечувати щільне прилягання теплоізоляційних матеріалів до теплопровідних включень (колон, балок, перемичок, внутрішніх перегородок, вентиляційних каналів і т.п.), а також передбачати заходи контролю. Якщо теплопровідні включення не наскрізні, то їх розташовують ближче до внутрішньої сторони огороження. Наскрізні металеві включення, такі як профілі, стрижні, болти повинні ізолюватися матеріалами з $\lambda < 0,35 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$. Внутрішні поверхні стін мають бути захищені від вологи, а зовнішні – від опадів за рахунок ізолюючих шарів шляхом фарбування, штукатурки, облицювання. Вид ізолюючого шару вибирається відповідно до матеріалу стін, їхнього конструктивного рішення та умов експлуатації. Зовнішні стіни будинків із підвалом треба утеплювати на 1,0 м нижче поверхні ґрунту. Строк ефективної експлуатації теплоізоляційних матеріалів має становити > 25 років, а для змінних ущільнювачів – більше 15 років, із забезпеченням ремонтпридатності елементів усієї теплоізоляційної оболонки. При монтажі мають чітко витримуватися технології виробників

		<i>Кириченко</i>			<i>201-нНТ. 9491695.ДП.</i>	Арк.
		<i>Кутний</i>				12
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відповідних фасадних систем, інакше будь-які відхилення та спрощення можуть у результаті стати марнотратством, бо вкладені кошти не дадуть бажаного ефекту ні в плані енергозаощадження, ні в плані підтримання належного стану будинку. Треба враховувати, що непрозорі зовнішні елементи будівель мають не тільки функцію теплозахисту, але й конструктивну. Відповідно ці елементи мають бути не тільки добре утеплені, але й мати достатню несучу здатність, щоб витримати масу будівлі.

Для виконання перелічених вимог при проектуванні непрозорих огорожуючих конструкцій необхідно теплову ізоляцію треба встановлювати з більш холодної сторони конструкції. А саме на зовнішній частині стіни, на зовнішній поверхні покрівлі чи всередині неопалювального горища відповідно.

При цьому завжди принаймні 2/3 ізоляції повинно бути із зовнішньої сторони. Інакше буде відбуватися конденсація всередині конструкцій, що призведе до пошкодження та погіршення теплоізоляційних властивостей окремих елементів.

4 АНАЛІЗ ФАСАДНИХ СИСТЕМ

З урахуванням усіх наведених вище вимог було виконано аналіз фасадних систем, які можуть бути використані для 2-поверхового житлового будинку в м. Гадяч.

Системи фасадні теплоізоляційно-оздоблювальні (СФТО), які використовуються в Україні поділяються на 3 групи – А, Б, В:

Група А – не вентилявані системи з мокрими процесами (оштукатурені);

Група Б – не вентилявані системи з личкуванням цеглою.

Група В – вентилявані системи з індустріальними личкувальними елементами.

За результатами проведеного аналізу СФТО групи В можна вважати оптимальними за теплоізоляційними, вартісними та експлуатаційними, показниками.

		<i>Кириченко</i>			<i>201-нНТ. 9491695.ДП.</i>	Арк.
		<i>Кутний</i>				13
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У будівельній галузі існує досить широкий асортимент так званих «вентильованих фасадів». Однією із найбільш відомих сучасних СФТО групи В є «Сканрок» - багатошарова вентильована конструкція з утеплювачем із мінераловатних плит, металевим підконструкційним кріпильним каркасом та індустріальними личкувальними елементами, виготовленими із дрібнозернистого високомарочного кольорового бетону. Ця система використовується в облицюванні зовнішніх огорожувальних конструкцій і декоративному опорядженні будинків та споруд різного призначення заввишки до 25 поверхів.

Утеплювач служить невід'ємною частиною СФТО. Найбільш поширеними видами є теплоізоляційні матеріали на основі базальтових та скляних волокон. Структура волокон може бути поздовжньої, вертикальної або змішаної орієнтації. Густина скляних волокон знаходиться в межах 9 - 140 кг/м³, а мінеральних волокон – 20 - 240 кг/м³. Теплопровідність залежить від густини й коливається в межах 0,032 – 0,042 Вт/м², а паропроникність – від 0,25 до 0,50 мг/(м*год*Па).

Найголовнішою перевагою волокнистих утеплювачів можна вважати негорючість. Навіть при температурі до +250 °С вони тримають свою міцність. Головний недолік – втрачання теплоізоляційних властивостей при збільшенні вологості. Для уникнення цієї проблеми в СФТО передбачається наявність вентиляційного каналу (у «Сканрок» товщина вентиляційного каналу становить не менше 40 мм).

Вентиляційний канал забезпечує оптимальний тепло-вологісний режим фасаду. У загальному випадку накопичення вологи в товщі конструкції є головною причиною погіршення теплоізоляційних характеристик і поступового руйнування конструкції. Навіть при нормальній вологості приміщення за рахунок дифузії волога потрапляє в товщу конструкції. При наявності вентиляції фасаду вона проходить через всю конструкцію і виноситься через вентиляційний прошарок. Для захисту утеплювача від інфільтрації використовується вітробар'єр мембранного типу.

		Кириченко			201-нНТ. 9491695.ДП.	Арк.
		Кутний				14
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СФТО захищає стіни від опадів, ультрафіолетових промінів, температурних перепадів та механічних навантажень, що сприятливо позначається на довговічності стін та значно подовжує термін експлуатації будівлі. Конструкція системи компенсує процеси природної усадки будівлі та сейсмічні навантаження без руйнування фасаду.

Для проекту 2-х поверхового житлового будинку в м. Гадяч використаємо СФТО того ж виробника типу Marmorok (Роктаун). Конструкція складається з несучого каркасу, теплоізоляційного матеріалу та захисного екрану з малоформатних бетонних плиток розміром 600x105x25 з мармуровою крихтою. Утеплювач типу «Isover KL-34». Матеріал – мати зі скловолокна висотою 610 мм, можлива товщина 50, 100 або 150 мм. Враховуючи кліматичні умови м. Гадяч, рекомендована товщина мінераловатної ізоляції становить 100 мм, тобто 2 шари матів по 50 мм, розташованих зі зміщенням для перекриття швів. Вітрозахисна мембрана типу «Tyvek» із високотехнологічного вітровологозахисний паропроникливий матеріалу у вигляді рулону шириною 1500 мм, довжиною до 100 м, товщиною 0,15-0,25 мм. Виконує функцію захисту від повітряних потоків, вологи, ультрафіолетового випромінювання та перепаду температур, створює умови вільного виходу водяних парів з теплоізоляційного матеріалу.

СФТО «Marmorok» захищає зовнішні стіни від усіх видів опадів (дощ, туман, сніг тощо). Конструкція не насичується природною вологою, побутова ж волога не затримується в стінах, а переміщується до більш паропроникного утеплювача, звідки виводиться через повітряний канал. Така конструкція виключає негативний вплив «містків холоду». За потреби пошкоджений фасадний камінь може бути замінений виконується в короткий термін. З естетичної точки зору він має високу декоративність, є декілька варіантів фактур поверхні та широка кольорова гамма. Конструкція СФТО «Marmorok» показана на рисунку 8.

		<i>Кириченко</i>			<i>201-нНТ. 9491695.ДП.</i>	Арк.
		<i>Кутний</i>				15
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

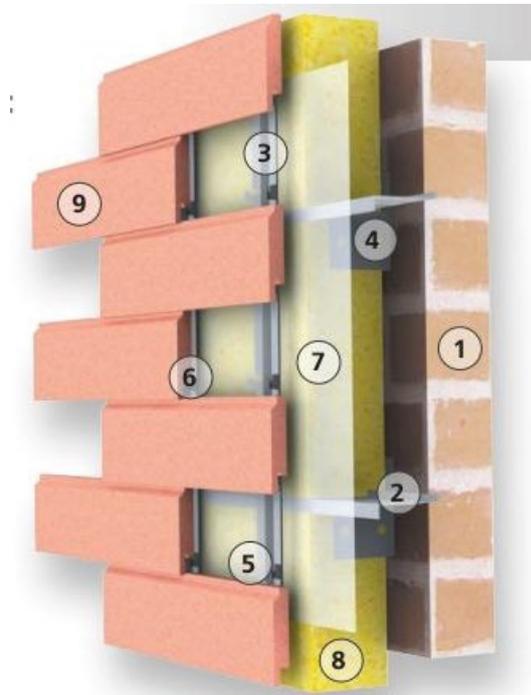


Рисунок 8 – Схема елементів системи «Marmoros»: 1 – основа, 2 – горизонтальний профіль, 3 – вертикальний профіль, 4 – кронштейн, 5 – гачок для облицювальної плитки, 6 – полоска для фіксування облицювальної плитки, 7 – вітробар'єр, 8 – утеплювач, 9 – керамічна плитка

Основні переваги СФТО «Marmoros»:

- підвищення енергоефективності будівлі (дозволяють зберігати до 40% енергоресурсів на кондиціонування та опалення);
- ефективна вентиляція;
- повний захист від проникнення вологи;
- зниження рівня шуму;
- комфортний мікроклімат в приміщеннях;
- збільшення терміну експлуатації будівлі (строк безремонтної експлуатації конструкції до 50 років).

		Кириченко			201-нНТ. 9491695.ДП.	Арк.
		Кутний				16
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі огороджуючих конструкцій за формулою: $K = 1/R_0$, [Вт/м²·°С], де R_0 – опір теплопередачі, [м²·°С/Вт].

Загальний опір теплопередачі багатошарової конструкції:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_6} + R_1 + R_2 + \dots + R_i + \frac{1}{\alpha_3} \quad (4), \text{ де}$$

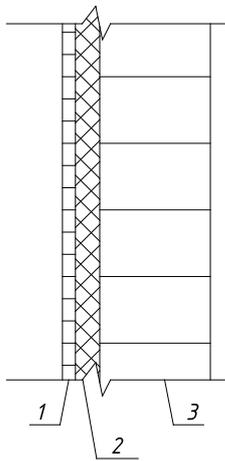
$\frac{1}{\alpha_6} = R_6, \frac{1}{\alpha_3} = R_3$ - опір теплопередачі відповідно внутрішньої та зовнішньої поверхні огороджуючої конструкції.

α_6 – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огороджуючих конструкцій, приймаємо за додатком Б ДСТУ 9191:2022.

α_3 – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огороджуючих конструкцій, приймаємо за додатком Б ДСТУ 9191:2022.

$R_i = \delta_i/\lambda_i$, де δ_i – товщина шару конструкції, [м], λ_i – коефіцієнт теплопровідності матеріалу відповідного шару конструкції.

Зовнішня стіна



- 1 - керамічна плитка "Мармонос" 10мм;
- 2 - вата зі скловолокна "Isover KL-34" , 100мм;
- 3 - пінобетонні блоки ЗАО "ЗЖБК №1" м. Запоріжжя, 200x300x600 мм.

$$R_6 = 1/8,7 = 0,115 \text{ [м}^2\cdot\text{°С/Вт]},$$

$$R_3 = 1/23 = 0,043 \text{ [м}^2\cdot\text{°С/Вт]}.$$

$$\lambda_1 = 0,4 \text{ [Вт/м}\cdot\text{°С]},$$

		Кириченко			201-нНТ. 9491695.ДП.	Арк.
		Кутний				17
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_1 = \delta_1/\lambda_1 = 0,01/0,4 = 0,025 \text{ [м}^2\cdot\text{°C/Вт]},$$

$$R_2 = 0,1/0,045 = 2,22 \text{ [м}^2\cdot\text{°C/Вт]},$$

$$\lambda_3 = 0,16 \text{ [Вт/м}\cdot\text{°C]},$$

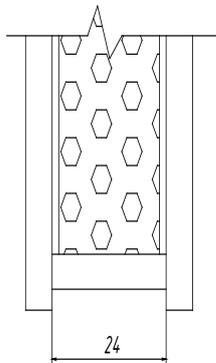
$$R_3 = \delta_3/\lambda_3 = 0,3/0,16 = 1,875 \text{ [м}^2\cdot\text{°C/Вт]},$$

$$R_0 = R_3 + R_1 + R_2 + R_3 + R_b = 0,043 + 0,025 + 2,22 + 1,875 + 0,115 = 4,3 \text{ [м}^2\cdot\text{°C/Вт]}.$$

$$K = 1/ R_0 = 1/ 4,3 = 0,23 \text{ [Вт/м}^2\cdot\text{°C]}.$$

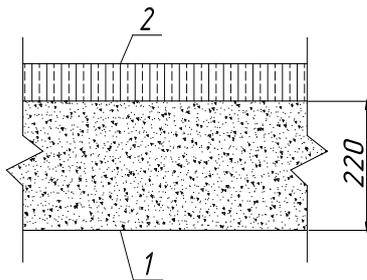
Вікна

У житлових приміщеннях встановлені дерев'яні вікна (Євро + склопакет), огорожуючі конструкції зимового саду – склопакети з металопластиковими профілями.



$$K = 1,11 \text{ [Вт/м}^2\cdot\text{°C]}.$$

Горищне перекриття



1 – залізобетонна плита;

2 – покрівельні плити DACHROCK із мінеральної вати ROCKWOOL.

Розраховуємо необхідний опір теплопередачі горищного перекриття, виходячи з умов енергозбереження. Для цього визначаємо кількість градусоднів опалювального періоду: ГСОП = $(t_b - t_{o.п.}) \cdot z_{o.п.} = (20+0,8) \cdot 178 = 3702$.

Відштовхуючись від $R_q^{\min} = 6,0 \text{ [м}^2\cdot\text{°C/Вт]}$, визначаємо доцільний опір теплопередачі утеплювача:

		Кириченко			201-нНТ. 9491695.ДП.	Арк.
		Кутний				18
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{ym}^{en} = R_0^{en} - (R_6 + R_1 + R_3) = 6,0 - \left(0,115 + \frac{0,22}{1,92} + 0,083 \right) = 5,7 \text{ [м}^2 \cdot \text{°C/Вт]}.$$

$$R_B = 1/8,7 = 0,115 \text{ [м}^2 \cdot \text{°C/Вт]},$$

$$R_3 = 1/12 = 0,083 \text{ [м}^2 \cdot \text{°C/Вт]}.$$

$$\lambda_1 = 0,4 \text{ [Вт/м} \cdot \text{°C]},$$

$$R_1 = \delta_1/\lambda_1 = 0,22/1,92 = 0,115 \text{ [м}^2 \cdot \text{°C/Вт]}.$$

Для забезпечення такого опору утеплювач повинен мати товщину

$$\delta_{ут} = 300 \text{ мм}.$$

Тоді фактичний опір утеплювача становитиме:

$$R_{ут} = \delta_{ут} / \lambda_{ут} = 0,3/0,045 = 6,66 \text{ [м}^2 \cdot \text{°C/Вт]}.$$

Відповідно загальний опір теплопередачі конструкції:

$$R_0 = R_3 + R_1 + R_2 + R_B = 0,083 + 0,115 + 6,66 + 0,115 = 7,0 \text{ [м}^2 \cdot \text{°C/Вт]}.$$

$$\text{Коефіцієнт теплопередачі: } K = 1/ R_0 = 1/ 7 = 0,26 \text{ [Вт/м}^2 \cdot \text{°C]}.$$

Внутрішня стіна

Внутрішні стіни виконані із цегли звичайної, $\delta_1 = 250$ мм та $\delta_2 = 120$ мм.

Коефіцієнт теплопровідності цегли $\lambda = 0,58$ [Вт/м·°C].

Опір теплопередачі: $R_1 = \delta_1/\lambda = 0,25/0,58 = 0,43$ [м²·°C/Вт],

$$R_2 = \delta_2/\lambda = 0,12/0,58 = 0,21 \text{ [м}^2 \cdot \text{°C/Вт]}.$$

Коефіцієнт теплопередачі: $K_1 = 1/ R_1 = 1/ 0,43 = 2,33$ [Вт/м²·°C].

$$K_2 = 1/ R_2 = 1/ 0,21 = 4,76 \text{ [Вт/м}^2 \cdot \text{°C]}.$$

Підлога

Підлога виконана у вигляді бетонної підготовки + утеплювач STROPROCK, $\delta_{ут} = 150$ мм, $R_{ут} = 3,6$ [м²·°C/Вт].

Коефіцієнт теплопередачі підлоги має різні значення залежно від зони (полоси шириною по 2м, починаючи від зовнішньої стіни) й розраховується за формулою $K = 1/ R_{y.п.}$, де $R_{y.п.}$ – опір теплопередачі утепленої підлоги, розраховується за формулою: $R_{y.п} = R_{н.п} + R_{ут}$.

$R_{н.п}$ – опір теплопередачі неутепленої підлоги, має значення:

		Кириченко			201-нНТ. 9491695.ДП.	Арк.
		Кутний				19
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- для полоси, найближчої до зовнішньої стіни (1 зона) – $R_{н.п} = 2,15$
[$m^2 \cdot ^\circ C / W$],
- для наступної полоси (2 зона) $R_{н.п} = 4,3$ [$m^2 \cdot ^\circ C / W$],
- для третьої полоси (3 зона) $R_{н.п} = 8,6$ [$m^2 \cdot ^\circ C / W$],
- для решти площі підлоги в глибині приміщень (4 зона) $R_{н.п} = 14,2$
[$m^2 \cdot ^\circ C / W$].

Таким чином опір утепленої підлоги по зонам становить:

1 зона – $R_{y.п} = R_{н.п} + R_{ут} = 2,15 + 3,6 = 5,75$ [$m^2 \cdot ^\circ C / W$],

2 зона – $R_{y.п} = 4,3 + 3,6 = 7,9$ [$m^2 \cdot ^\circ C / W$],

3 зона – $R_{y.п} = 8,6 + 3,6 = 12,2$ [$m^2 \cdot ^\circ C / W$],

4 зона – $R_{y.п} = 14,2 + 3,6 = 17,8$ [$m^2 \cdot ^\circ C / W$].

Коефіцієнт теплопередачі підлоги:

1 зона – $K_{y.п} = 1 / R_{y.п} = 1 / 5,75 = 0,174$ [$W / m^2 \cdot ^\circ C$],

2 зона – $K_{y.п} = 1 / 7,9 = 0,127$ [$W / m^2 \cdot ^\circ C$],

3 зона – $K_{y.п} = 1 / 12,2 = 0,082$ [$W / m^2 \cdot ^\circ C$],

4 зона – $K_{y.п} = 1 / 17,8 = 0,056$ [$W / m^2 \cdot ^\circ C$].

		Кириченко			<i>201-нНТ. 9491695.ДП.</i>	Арк.
		Кутний				20
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВТРАТ

Тепловтрати будівлі Q складаються із тепловтрат через окремі огорожуючі конструкції Q_o та тепловтрат $Q_{\text{інф}}$ на нагрівання зовнішнього повітря, що інфільтрується в приміщення: $Q = \Sigma (Q_o + Q_i)$.

$Q_o = K \cdot A \cdot (t_b - t_3) \cdot n \cdot (1 + \Sigma \beta)$, де

K – коефіцієнт теплопередачі огорожуючої конструкції, $[\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}]$;

A – площа огорожуючої конструкції, м^2 ,

Площу зовнішніх та внутрішніх огорожуючих конструкцій при розрахунку тепловтрат приміщень визначають з точністю до $0,1 \text{ м}^2$, дотримуючись правил обмірювання огорожуючих конструкцій за планами та розрізами будівлі. Ці правила викладені в [3]. Вони враховують складність теплопередачі на краях огорожуючих конструкцій, передбачаючи умовне збільшення чи зменшення площ для відповідності фактичним тепловтратам.

t_b – розрахункова температура в приміщенні, що приймається відповідно норм проектування житлових будівель і споруд, $^\circ\text{C}$;

t_3 – розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення, $^\circ\text{C}$;

n – коефіцієнт зменшення розрахункової різниці температур $(t_b - t_3)$,

$n = 0,75$ – для горищного перекриття,

$n = 0,7$ – для неопалювальних приміщень, що сполучаються із зовнішнім повітрям;

β – коефіцієнт, що враховує додаткові тепловтрати (у долях основних тепловтрат):

а) добавка на орієнтацію огорожуючих конструкцій

$\beta = 0,1$ – для огорожуючих конструкцій, орієнтованих на північ, схід, північний схід та північний захід,

$\beta = 0,05$ – для огорожуючих конструкцій, орієнтованих на південний схід та захід.

б) добавка на надходження холодного повітря через входи в будівлю

		<i>Кириченко</i>			<i>201-нНТ. 9491695.ДП.</i>	Арк.
		<i>Кутний</i>				21
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приймається при висоті будинку H , м, для подвійних дверей із тамбуром між ними у розмірі $0,27H$.

$$Q_{\text{інф}} = c \cdot G \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}), \text{ де}$$

c – питома теплоємність повітря, $c = 1,005 \text{ кДж/}^\circ\text{С} \cdot \text{кг}$

G – кількість повітря, що поступає в приміщення,

$$G_{\text{мін}} = 0,5 \cdot V \cdot \rho, \text{ кг/год}$$

V – об'єм приміщення, м^3

ρ – густина повітря, кг/ м^3

$t_{\text{в}}$ – температура внутрішнього повітря, $^\circ\text{С}$

$t_{\text{з}}$ – температура зовнішнього повітря, $^\circ\text{С}$.

Втрати теплоти через підлогу розраховуються по зонам:

Кімната 101

$$1 \text{ зона} - Q_1 = K_{\text{у.п}} \cdot A \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) = 0,299 \cdot (4 \cdot 2 + 3,6 \cdot 2) \cdot (20 + 21) = 186 \text{ Вт}$$

$$2 \text{ зона} - Q_2 = 0,182 \cdot (2 \cdot 1,6) \cdot (20 + 21) = 24 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{пл}} = 186 + 24 = 210 \text{ Вт}$$

Кімната 102

$$1 \text{ зона} - Q_1 = 0,299 \cdot (2,07 \cdot 2) \cdot (18 + 21) = 48 \text{ Вт}$$

$$2 \text{ зона} - Q_2 = 0,182 \cdot (2,07 \cdot 2) \cdot (18 + 21) = 30 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{пл}} = 78 \text{ Вт}$$

Кімната 103

$$1 \text{ зона} - Q_1 = 0,299 \cdot (5,8 \cdot 2 + 5,7 \cdot 2) \cdot (20 + 21) = 281 \text{ Вт}$$

$$2 \text{ зона} - Q_2 = 0,182 \cdot (4,8 \cdot 2 + 1,7 \cdot 2) \cdot (20 + 21) = 97 \text{ Вт}$$

$$3 \text{ зона} - Q_3 = 0,102 \cdot (1,8 \cdot 1,7) \cdot (20 + 21) = 13 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{пл}} = 391 \text{ Вт}$$

Кімната 104

$$1 \text{ зона} - Q_1 = 0,299 \cdot (3,2 \cdot 2 + 4,5 \cdot 2) \cdot (20 + 21) = 189 \text{ Вт}$$

		Кириченко			201-нНТ. 9491695.ДП.	Арк.
		Кутний				22
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$2 \text{ зона} - Q_2 = 0,182 \cdot (1,2 \cdot 2,5) \cdot (20 + 21) = 22 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{пл}} = 211 \text{ Вт}$$

Кімната 105

$$1 \text{ зона} - Q_1 = 0,299 \cdot (2,6 \cdot 2 + 4,5 \cdot 2) \cdot (18 + 21) = 165 \text{ Вт}$$

$$2 \text{ зона} - Q_2 = 0,182 \cdot (2,6 \cdot 2,5) \cdot (18 + 21) = 46 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{пл}} = 211 \text{ Вт}$$

Кімната 106

$$1 \text{ зона} - Q_1 = 0,299 \cdot (1,9 \cdot 2) \cdot (18 + 21) = 44 \text{ Вт}$$

$$2 \text{ зона} - Q_2 = 0,182 \cdot (1,9 \cdot 1,4) \cdot (18 + 21) = 19 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{пл}} = 63 \text{ Вт}$$

Кімната 107

$$1 \text{ зона} - Q_1 = 0,299 \cdot (1,7 \cdot 2) \cdot (18 + 21) = 40 \text{ Вт}$$

$$2 \text{ зона} - Q_2 = 0,182 \cdot (1,7 \cdot 4) \cdot (18 + 21) = 17 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{пл}} = 57 \text{ Вт}$$

Кімната 108

$$1 \text{ зона} - Q_1 = 0,299 \cdot (2,2 \cdot 2 + 3,4 \cdot 2) \cdot (20 + 21) = 137 \text{ Вт}$$

$$2 \text{ зона} - Q_2 = 0,182 \cdot (2,6 \cdot 2,5) \cdot (20 + 21) = 2 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{пл}} = 139 \text{ Вт}$$

Кімната 109

$$1 \text{ зона} - Q_1 = 0,299 \cdot (2,7 \cdot 2) \cdot (18 + 21) = 63 \text{ Вт}$$

$$2 \text{ зона} - Q_2 = 0,182 \cdot (2,7 \cdot 2) \cdot (18 + 21) = 38 \text{ Вт}$$

$$3 \text{ зона} - Q_3 = 0,102 \cdot (0,8 \cdot 2) \cdot (18 + 21) = 7 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{пл}} = 108 \text{ Вт}$$

Результати розрахунку зводимо в таблицю 1.

		<i>Кириченко</i>			<i>201-нНТ. 9491695.ДП.</i>	Арк.
		<i>Кутний</i>				23
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Таблиця 1 - Розрахунок тепловтрат через огорожуючі конструкції

№ прим.	Назва прим.	Характеристика огорожуючих конструкцій				Коеф. теплопер. К, Вт/м ² ·°С	Різниця темпер. Δt*п	Втрати теплоти ΔQ, Вт	Надбавки 1+P/100	Втрати тепла через огор. конструкції Qo, Вт	
		Найм.	Орієнт.	Розміри а*б,м	Площа F,м ²						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
101	СП t = 20° С	НС	В	4,47*3,3	14,75	0,26	41	157	1,1	173	
		НС	Ю	4,1*3,3	13,53	0,26	41	144	1	144	
		О	Ю	1,67*1,44	2,4	2,65	41	261	1	261	
		ВС	-	1,0*3,0	3	1,52	41*0,7	131	1	131	
		ПЛ	-	-	-	-	-	-	210	1	210
		Qінф									291
Σ									1210		
102	СВ t = 18° С	НС	Ю	2,1*3,3	6,93	0,26	39	70	1	70	
		О	Ю	0,77*0,84	0,65	2,65	39	67	1	67	
		ПЛ	-	-	-	-	-	-	78	1	78
		Qінф									152
Σ									367		
103	Зал t=20°С	НС	З	2,5*3,3	8,25	0,26	41	88	1,05	92	
		НС	Ю	6,27*3,3	20,69	0,26	41	221	1	221	
		О	Ю	1,97*1,44	2,84	2,65	41	309	1	309	
		ПЛ	-	-	-	-	-	-	391	1	391
		Qінф									659
Σ									1672		
104	Їдальня t=20°С	НС	З	1,9*3,3	6,27	0,26	41	67	1,05	70	
		НС	С	3,7*3,3	12,21	0,26	41	130	1,1	143	
		О	С	1,67*1,44	2,4	2,65	41	261	1,1	287	
		ПЛ	-	-	-	-	-	-	211	1	211
		Qінф									284
Σ									995		
105	Кухня t=18°С	НС	С	2,6*3,3	8,58	0,26	39	87	1,1	96	
		О	С	1,67*1,44	2,4	2,65	39	248	1,1	273	
		ПЛ	-	-	-	-	-	-	211	1	211
		Qінф									206
Σ									786		
106	Кот+нас t=18°С	НС	С	1,9*3,3	6,27	0,26	39	64	1,1	70	
		О	С	0,77*1,44	1,11	2,65	39	115	1,1	126	

Кириченко

Кутний

Зм Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

201-нНТ. 9491695.ДП.

Арк.

24

		ПЛ	-	-	-	-	-	63	-	63
		Q _{інф}								107
		Σ								366
107	Гардероб t=18 ⁰ С	НС	С	1,7*3,3	5,61	0,26	39	57	1,1	63
		О	С	0,77*1,44	1,11	2,65	39	115	1,1	126
		ПЛ	-	-	-	-	-	57	1	57
		Q _{інф} =								102
Σ								347		
108	Сходова клітка t=20 ⁰ С	НС	В	3,87*6,3	24,38	0,26	41	260	1,1	286
		НС	С	2,67*6,3	16,82	0,26	41	179	1,1	197
		О	С	2,92*1,07	3,12	2,65	41	339	1,1	373
		ВС	-	1,0*3,0	3	1,52	41*0,7	131	1	131
		ПЛ	-	-	-	-	-	139	1	139
		ПТ	-	2,2*3,4	7,48	0,26	41*0,75	60	1	60
		Q _{інф}								267
Σ								1453		
109	Хол t=18 ⁰ С	ВС	В	2,7*3,3-2,6	6,31	1,52	39*0,7	262	1,1	288
		НД	В	1,3*2,0	2,6	2,33	39	236	1,1+2,8	921
		ПЛ	-	-	-	-	-	108	1	108
		Q _{інф}								232
Σ								1549		
110	Зимовий сад t=18 ⁰ С	О1	Ю	2,17*3,11	6,75	2,91	44	864	1	864
		О2	ЮЗ	2,38*2,63	6,26	2,91	44	802	1	802
		О3	З	3,22*2,63	8,47	2,91	44	1084	1,05	1139
		О4	СЗ	2,38*2,63	6,26	2,91	44	802	1,1	882
		О5	С	2,17*3,11	6,75	2,91	44	864	1,1	951
		О6	-	1,63*3,22+						
				5,3138	10,56	2,91	44	223	1,05	234
		ПЛ	-	-	-	-	-	485	1	485
		ПТ	-	2,44*6,48-						
				-2,6569	13,15	0,26	44	150	1	150
Q _{інф}								443		
Σ								5949		
201	СП t=20 ⁰ С	НС	Ю	4,1*3,0	12,3	0,26	41	131	1	131
		НС	В	4,5*3,0	13,5	0,26	41	144	1,1	158
		О	Ю	1,67*1,44	2,4	2,65	41	261	1	261
		О	В	1,67*1,44	2,4	2,65	41	261	1,1	287
		ПТ	-	3,6*4,0	14,4	0,26	41*0,75	115	1	115
		Q _{інф}								262
Σ								1214		

Кириченко

Кутний

Зм Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

201-нНТ. 9491695.ДП.

Арк.

25

202	СВ t=18 ⁰ С	НС	Ю	2,2*3	6,6	0,26	39	67	1	67	
		О	Ю	0,77*0,84	0,65	2,65	39	67	1	67	
		ПТ	-	2,2*4,0	8,8	0,26	39*0,75	67	1	67	
		Q _{інф}									137
		Σ									338
203	СП t=20 ⁰ С	НС	Ю	6,2*3,0	18,6	0,26	41	198	1	198	
		НС	З	5,8*3,0	17,4	0,26	41	185	1,05	195	
		О	Ю	1,97*1,44	2,84	2,65	41	309	1	309	
		ОБ	З	1,97*2,44	4,81	2,65	41	523	1,05	549	
		ПТ	-	5,8*5,3	30,74	0,26	41*0,75	246	1	246	
		Q _{інф}									554
Σ									2050		
204	СП t=20 ⁰ С	НС	З	5,3*3,0	15,9	0,26	41	169	1,05	178	
		НС	С	6,2*3,0	18,6	0,26	41	198	1,1	218	
		О	С	1,67*1,44	2,4	2,65	41	261	1,1	287	
		ОБ	З	1,97*2,44	4,81	2,65	41	523	1,05	549	
		ПТ	-	5,8*4,8	27,84	0,26	41*0,75	223	1	223	
		Q _{інф}									498
Σ									1953		
205	Кабінет t=18 ⁰ С	НС	С	3,6*3,0	10,8	0,26	39	110	1,1	120	
		О	С	1,67*1,44	2,4	2,65	39	248	1,1	273	
		ПТ	-	3,6*3,4	12,24	0,26	39*0,75	93	1	93	
		Q _{інф}									196
Σ									682		
206	Хол t=18 ⁰ С	НС	В	2,7*3,0	8,1	0,26	39	82	1,1	90	
		О	В	1,67*1,44	2,4	2,65	39	248	1,1	273	
		ПТ	-	2,7*5,8	15,66	0,26	39*0,75	119	1	119	
		Q _{інф}									259
Σ									741		

Сумарні тепловтрати $\Sigma Q_{тп} = 21672$

Теплова потужність системи опалення дорівнює сумарним тепловтратам:

$$Q_{с.о.} = \Sigma Q_{т.п.} = 21672 \text{ Вт} \approx 21,7 \text{ кВт.}$$

		Кириченко			<i>201-нНТ. 9491695.ДП.</i>	Арк.
		Кутний				26
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ В СИСТЕМАХ ОПАЛЕННЯ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

Енергоєфективна система опалення складається з високоефективного котла, що має ККД понад 85%, якісних опалювальних приладів з високою тепловіддачею, наприклад зображених рис. 9 біметалевих радіаторів, терморегуляторів (рис. 9, 10) і термостатів для автоматичного погодного та програмного регулювання надходжень тепла (рис. 11).



Рисунок 9 – Біметалевий радіатор із терморегулятором при нижньому підключенні

Радіатори системи опалення розташовуються переважно під вікнами для компенсації надходження холодних потоків через прозорі конструкції на відстані від зовнішньої стіни близько 20 см. У зв'язку з цим частина теплового потоку від опалювальних приладів витрачається на прогрів стін. Тепловідбиваючі рефлектори, що клеяться на стіни за радіаторами, дозволяють

		<i>Кириченко</i>			201-нНТ. 9491695.ДП.	Арк.
		<i>Кутний</i>				27
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

збільшити температуру в приміщеннях на кілька градусів. Теплоізоляційні плівки типу «Пінофол» мають товщину 5 – 7 мм, а поверхня вкрита фольгованим матеріалом. Вони можуть бути самоклеючими або ж потребують нанесення клейових розчинів типу «рідкі цвяхи». Тепловідбивний фольгований матеріал є відносно недорогим і перешкоджає зайвим тепловтратам через стіни.

Варто також враховувати організаційно-дизайнерські аспекти та особливості інтер'єру. Ширина підвіконня не повинна перешкоджати поширенню конвективного тепла від радіатора, ніші опалювальних приладів мають бути не глибокими, самі радіатори не повинні закриватися шторами та іншими предметами інтер'єру, навіть кольорова гама в оформленні кімнат може помітно вплинути на підвищення енергоефективності, якщо надати перевагу світлим та теплим кольорам в інтер'єрі.

Радіаторні терморегулятори в системі опалення змінюють кількість теплоносія, яка проходить через опалювальний пристрій, відповідно до зміни температури в приміщенні й початкових налаштувань. Кількість тепла, яку віддає радіатор зростає із збільшенням кількості теплоносія. Терморегулятори опалення монтують безпосередньо на радіаторі або перед ним на трубопроводі, що подає в пристрій теплоносій. З їх допомогою можна встановлювати температуру в приміщенні в інтервалі +6 ... +28 °С. Дані пристрої перешкоджають перегріву приміщень і забезпечують економію енергії на опалення до 10%. Разом з тим вони забезпечують підтримання комфортної для споживача температури повітря в кімнатах.

Одним із провідних виробників терморегуляторів є компанія HERZ, яка добре зарекомендувала себе на вітчизняному ринку. Будова терморегулятора фірми HERZ показана на рисунку 10.

На рисунку 11 показаний термостат для програмування режиму роботи системи опалення.

		<i>Кириченко</i>			<i>201-нНТ. 9491695.ДП.</i>	Арк.
		<i>Кутний</i>				28
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

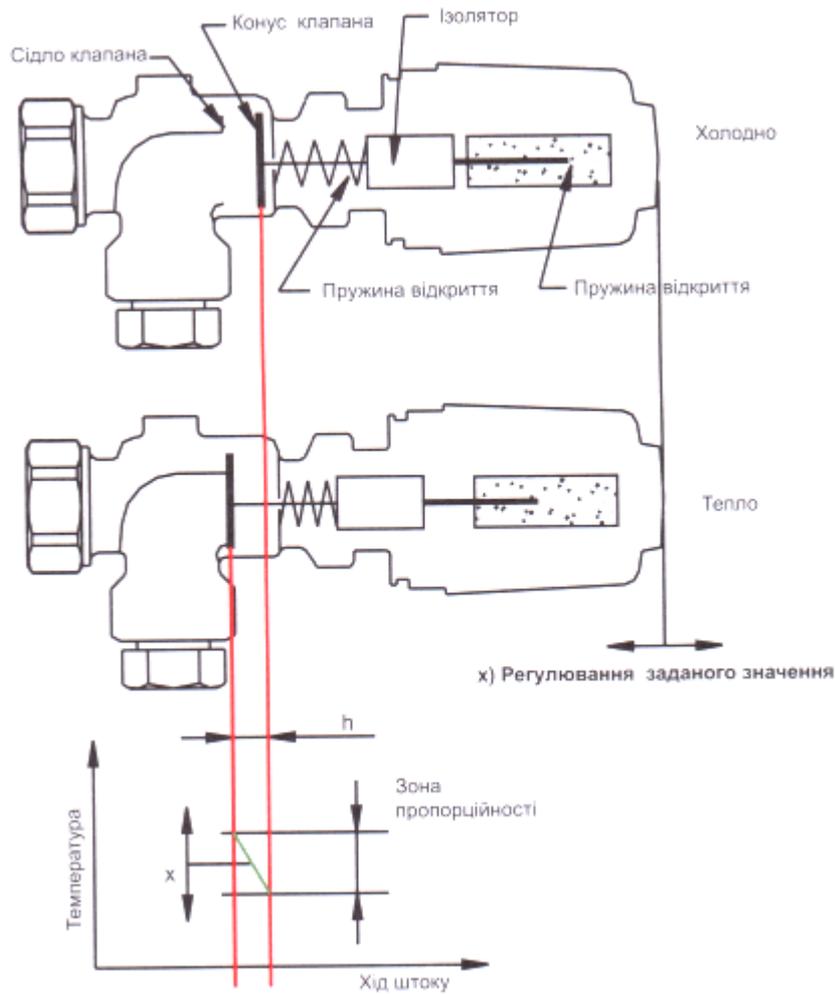


Рисунок 10 – Принцип роботи терморегулятора фірми HERZ



Рисунок 11 – Термостат-програматор для котла

		Кириченко		
		Кутний		
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

201-нНТ. 9491695.ДП.

Арк.

29

Залежно від потреб споживача та його режиму дня й тижня можуть задаватися програми роботи системи опалення з виведенням на потрібну температуру комфорту в потрібні години та зниження температури в години планової відсутності мешканців вдома. Використання програматора дозволяє суттєво знизити енергоспоживання й заощадити ресурси при типовому робочому графіку споживачів.

8 ВИБІР СХЕМИ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

Найпоширенішими з відомих опалювальних систем є системи водяного опалення.

Залежно від геометричного розташування приладових ділянок їх поділяють на горизонтальні та вертикальні.

Горизонтальні системи опалення бувають з верхнім, нижнім та змішаним розведенням трубопроводів. Верхнє розведення передбачає прокладання подавального й зворотного трубопроводів по горищу. Нижнє передбачає прокладання обох трубопроводів в підвалі чи на нижньому поверсі. У випадку змішаного розведення подаючий трубопровід прокладається через горище, а зворотний – в підвалі. Якщо навпаки – внизу подавальний трубопровід, а вгорі зворотній, то це перекинута система.

Розведення трубопроводів з супутнім рухом теплоносія виконуються таким чином, щоб довжина циркуляційних кілець через усі гілки була однаковою.

Гілки системи опалення – це труби, що з'єднують магістральні трубопроводи з підводками опалювальних приладів. Гілки за розташуванням у просторі бувають вертикальними та горизонтальними. При цьому вертикальні гілки називають стояками.

Гілки можуть бути однотрубними та двотрубними залежно від способу приєднання підводок. У місцях розгалужень, підключень гілок для зручності

		<i>Кириченко</i>			<i>201-нНТ. 9491695.ДП.</i>	Арк.
		<i>Кутний</i>				30
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обслуговування та виконання ремонтних робіт обов'язково встановлюється запірна арматура, обладнання для видалення повітря та зливу води. При довжині гілок більше 50 м потрібно встановлювати компенсатори лінійного видовження трубопроводів. При нижньому розведенні у верхній точці стояків встановлюють автоматичні повітровідвідники.

За видом циркуляції теплоносія можуть бути системи опалення з природною циркуляцією (гравітаційні) або з насосною. Насосні системи відрізняються наявністю циркуляційного насоса, температурні розширення теплоносія компенсуються завдяки закритому розширювальний бак мембранного типу і у верхніх точках систем встановлюються автоматичні повітровипускники. Об'єм розширювального бака приймається не менше 10% від загального об'єму теплоносія в системі опалення.

Насосні системи можуть бути тупикові й із супутнім ухом теплоносія. У тупикових системах, напрямок руху теплоносія в подавальній та зворотній магістралях протилежний, а в системах з супутнім рухом – однаковий.

Залежно від гідравлічного режиму системи опалення можуть бути з сталим (квазістаціонарним) і зі змінним режимом, а залежно від режиму роботи – періодичні та постійно працюючі протягом опалювального періоду системи опалення.

За типом передачі теплоти приладами розрізняють конвекційні, променисті, конвекційно-променисті системи опалення.

На рисунку 12 показана принципова схема тупикової вертикальної двотрубної системи водяного опалення з нижнім розведенням і насосним спонуканням руху теплоносія. Згідно діючих норм та рекомендацій [7] показано встановлення радіаторних терморегуляторів HERZ TS-98-V для регулювання тепловіддачі нагрівальних приладів, автоматичні повітровипускники для видалення повітря із системи і запірна арматура для відключення окремих гілок. Для забезпечення гідравлічної стійкості системи на протязі опалювального періоду на стояках рекомендується встановлення

		<i>Кириченко</i>			<i>201-нНТ. 9491695.ДП.</i>	Арк.
		<i>Кутний</i>				31
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Остаточна класифікація системи опалення передбачає об'єднання всіх характеристик в одну назву. З урахуванням особливостей кожної схеми для опалення двоповерхового будинку в м. Гадяч приймемо водяну двотрубну вертикальну тупикову систему з нижнім розведенням та насосною циркуляцією з квазістаціонарним гідравлічним режимом, із біметалевими радіаторами.

9 ВИБІР ОПАЛЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ

Існує ряд вимог до опалювальних приладів, за якими вони класифікуються, аналізується ступінь їх досконалості та виконується порівняння:

1. Санітарно-гігієнічні.

Температура корпусу опалювального приладу має бути якомога нижчою для уникнення пригорання пилу, запобігання опіків, зниження швидкості руху повітря і як наслідок швидкості руху пиловидних частинок. Площа приладу повинна бути мінімальною для меншого утримання пилу. Доступ до приладу повинен бути якомога простішим для видалення пилу з корпусу та з стін за ним.

2. Архітектурно-будівельні.

Зовнішній вигляд опалювальних приладів повинен відповідати інтер'єру приміщення, а їх об'єм, віднесений до одиниці теплового потоку, має бути якнайменшим.

3. Економічні.

Опалювальні прилади повинні мати мінімальні приведені витрати на виготовлення, монтаж, експлуатацію, якомога меншу металомісткість, мінімальну питому вартість відносно до 1 м^2 площі поверхні або 1 кВт теплового потоку.

4. Теплотехнічні.

Опалювальні прилади повинні забезпечити най більшу щільність питомого теплового потоку, віднесену на одиницю площі.

		Кириченко			201-нНТ. 9491695.ДП.	Арк.
		Кутний				34
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. *Експлуатаційні.*

Опалювальні прилади мають бути довговічними, температуростійкими, пропорційно реагувати на автоматичне регулювання їх тепловіддачі, забезпечувати авторитет теплоти у приміщенні.

6. *Побутові.*

Можливе додаткове обладнання для специфічних індивідуальних потреб споживача — вішалки, дзеркала, зволожувачі повітря та ін.

7. *Виробничо-монтажні.*

Максимальна механізація робіт при виробництві та монтажу опалювальних приладів. Достатня механічна міцність опалювальних приладів.

За основним видом тепловіддачі опалювальні прилади ділять на 3 групи, а саме:

1. *Конвективні* - конвектори та ребристі труби.

Передають конвекцією > 75% загального теплового потоку.

2. *Радіаційні* - бетонні опалювальні панелі та випромінювачі, які розміщуються в конструкції стіни або стелі.

Передають випромінюванням > 50% сумарного теплового потоку.

3. *Конвентивно-радіаційні* - секційні та панельні радіатори, підлогові та стінові опалювальні панелі, гладкотрубні опалювальні прилади.

Передають конвекцією 50 – 75% сумарного теплового потоку.

За матеріалом розрізняють металеві (сталеві, алюмінієві, мідні, чавунні тощо), біметалеві (сталевоалюмінієві, мідноалюмінієві, оміднені тощо), неметалеві (пластмасовобетонні, керамічні) та комбіновані (металевобетонні, металевокерамічні тощо).

Вертикальні опалювальні прилади бувають:

- високі (> 650 мм),
- низькі (200 – 400 мм),
- середні (400 – 650 мм)
- плінтусні (< 200 мм).

		Кириченко			201-нНТ. 9491695.ДП.	Арк.
		Кутний				35
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За будівельною глибиною — малої (< 120 мм), середньої (120 – 200 мм) та великої глибини (> 200 мм).

За тепловою інерцією розрізняють:

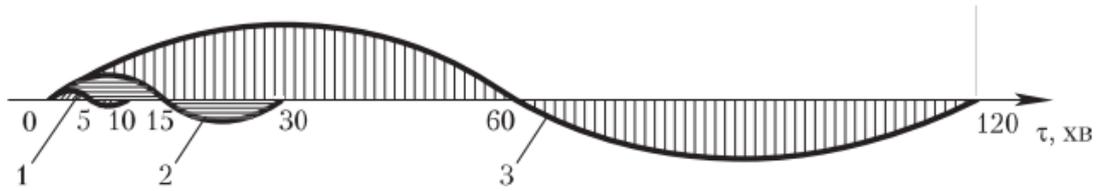
- 1) опалювальні прилади з малою тепловою інерцією (конвектори, листові штамповані радіатори) із малою масою металу, малою водомісткістю, високим коефіцієнтом теплопровідності;
- 2) великої теплової інерції (чавунні радіатори, підлогові й інші опалювальні панелі), велика маса металу або бетону, велика водомісткістю, низький коефіцієнтом теплопровідності.

При техніко-економічному обґрунтуванні вибору опалювальних приладів особливу увагу слід приділяти інерційності. Від неї в сучасних системах опалення з терморегуляторами залежать показники економічної ефективності та санітарної гігієнічності. Якщо терморегулятор перекриє подачу теплоносія, опалювальний прилад деякий час буде віддавати теплоту в приміщення, оскільки не має можливості моментальної зупинки (охолодження) або виведення на менший рівень теплової потужності. Чим більша маса опалювального приладу і маса води в ньому, а також чим менший коефіцієнт теплопровідності матеріалу, з якого він виготовлений, тим більша кількість непродуктивної (зайвої) теплоти буде передана приміщенню. При зворотному процесі — для прогрівання значної маси опалювального приладу і води в ньому необхідний значний термін часу τ до забезпечення теплового комфорту.

Порівняння теплової інерційності опалювальних приладів виконано на рисунку 15. Орієнтовні порівняння за питомою водомісткістю W , теплопровідністю λ та питомою тепловою напругою q опалювального приладу приведено відповідно на рис. 15, рис. 16 та рис. 17 [10].

		Кириченко			201-нНТ. 9491695.ДП.	Арк.
		Кутний				36
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зона терміну охолодження опалювального приладу
(непродуктивних втрат теплоти)



Зона терміну розігрівання опалювального приладу
(невідповідності санітарно-гігієнічним вимогам)

Рисунок 15 – Теплова інерційність опалювальних приладів:

1 – мідних; 2 – сталевих; 3 – чавунних

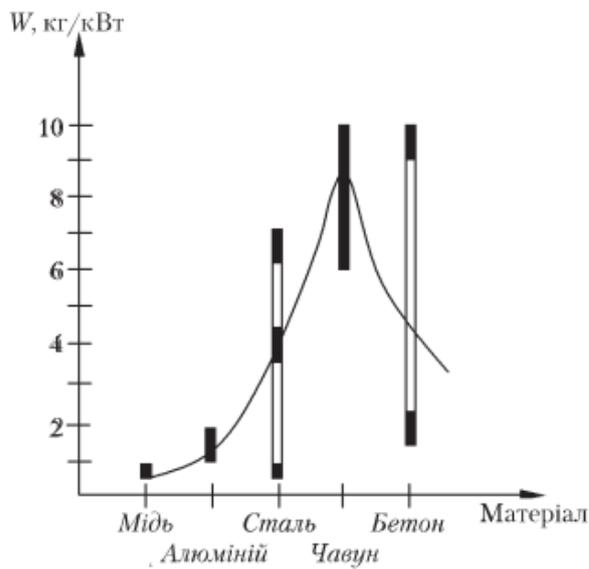


Рисунок 16

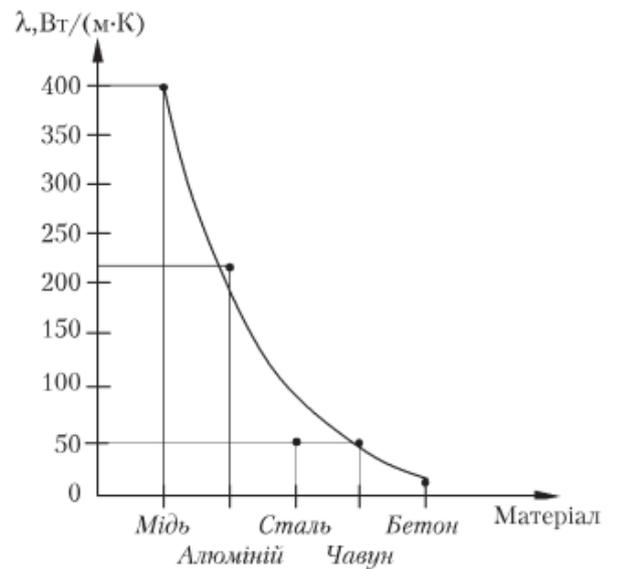


Рисунок 17

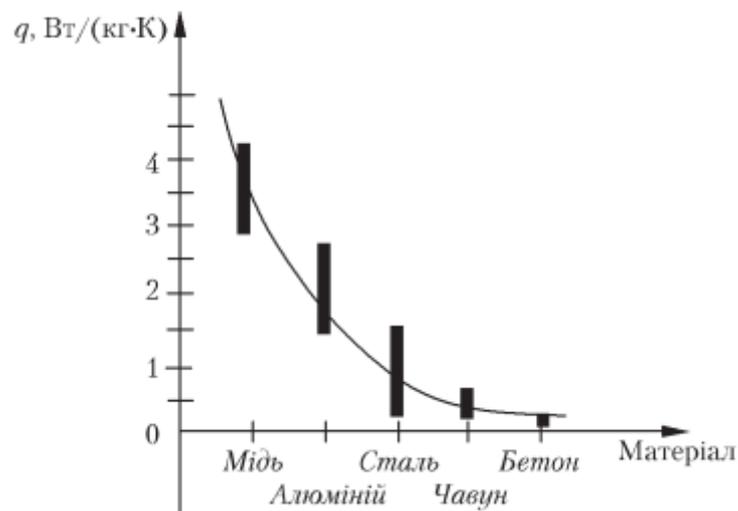


Рисунок 18

		Кириченко		
		Кутний		
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

201-нНТ. 9491695.ДП.

Арк.

37

За першими двома графіками оцінюють інерційність приладу. Малій інерційності відповідають прилади з високими значеннями λ та низькими W . За останнім графіком оцінюють матеріалоемність приладу — високій матеріалоемності відповідають низькі q . Теплова інерційність опалювального приладу є одним з основних параметрів енергозаощадження та забезпечення санітарно-гігієнічних вимог.

Різні типи опалювальних приладів мають властиві їм переваги і недоліки, оцінку впливу яких здійснюють техніко-економічним порівнянням. При використанні терморегуляторів перевагу завжди надають малоінерційним опалювальним приладам.

10 ЕФЕКТ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ РЕГУЛЮВАННІ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Різноманіття і специфіка застосування сучасної регулюючої арматури дозволяє реалізовувати високотехнологічні й енергоефективні системи опалення з оптимізованими капітальними витратами. 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.

Аналіз нормативних документів, введених у дію в останні роки, показує, що все більше уваги приділяється системам автоматичного регулювання.

За [26] рекомендується встановлення терморегуляторів на кожному опалювальному приладі. Як зазначалося вище, опалювальні прилади можуть мати різну теплову інерцію: малу (конвектори, металеві і біметалічні штамповані радіатори) і велику (чавунні радіатори, чавунні ребристі труби,

		<i>Кириченко</i>			<i>201-нНТ. 9491695.ДП.</i>	Арк.
		<i>Кутний</i>				38
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

опалювальні панелі «тепла підлога» і т.п.). Принцип дії терморегулятора передбачає регулювання кількості теплоносія, що надходить в опалювальний прилад, залежно від потрібної температури повітря в приміщенні. Відповідно опалювальні прилади малої інерційності будуть швидше нагріватися і охолоджуватися при зміні витрати теплоносія. Тому при встановленні терморегуляторів більш ефективним буде використання малоінерційних опалювальних приладів. Однак, більш поширеними є опалювальні прилади з великою інерційністю через їх нижчу вартість та більшу довговічність. У випадку установки терморегуляторів на чавунні радіатори при підвищенні температури внутрішнього повітря відбудеться повне закриття потоку теплоносія в опалювальний прилад, оскільки час остигання останнього значно більше часу повного закриття клапана терморегулятора. Таким чином регулювання в даній системі буде здійснюватися у двох позиціях клапана терморегулятора: або повністю відкритий, або закритий, що зменшує ефективність регулювання.

За ДСТУ Б А.2.2-8:2010 [8] виділяються фактори, що впливають на енергоефективність розподілення теплоносія. Залежно від наявності систем регулювання та їх характеристик визначається клас енергоефективності будинків (таблиця 2).

		<i>Кириченко</i>			<i>201-нНТ. 9491695.ДП.</i>	Арк.
		<i>Кутний</i>				39
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2 – Характеристика автоматизації інженерних систем

Характеристика	Варіанти деталізації характеристики	Клас енергетичної ефективності для житлових/нежитлових будинків (довідково)
<i>Системи опалення та охолодження</i>		
Регулювання надходження теплової енергії до приміщення	Відсутнє автоматичне регулювання	D/D
	Центральне автоматичне регулювання (для двох і більше приміщень)	D/D
	Місцеве автоматичне регулювання терморегуляторами [8] на опалювальних приладах приміщення або електронне регулювання	C та нижче/C та нижче
	Місцеве регулювання в приміщенні з комунікацією між контролерами та центральною системою контролю	B та нижче/B та нижче
	Місцеве автоматичне регулювання з урахуванням фактичних потреб (згідно з присутністю людей у приміщенні, якістю повітря тощо)	A та нижче/A та нижче
Регулювання розподілення за температурою теплоносія у подавальному або зворотному трубопроводі	Відсутнє автоматичне регулювання	D/D
	Регулювання за погодних умов	C та нижче/C та нижче
	Регулювання за внутрішньою температурою повітря приміщень	A та нижче/A та нижче
Регулювання циркуляційних, змішувальних та циркуляційно-змішувальних насосів (на різних рівнях системи)	Відсутнє регулювання	D/D
	Двопозиційне регулювання	C та нижче/D
	Регулювання швидкості обертання насоса із забезпеченням постійного перепаду тиску	A та нижче/A та нижче
	Регулювання швидкості обертання насоса із забезпеченням змінного перепаду тиску	A та нижче/A та нижче

Таблиця 2 – Характеристика автоматизації інженерних систем (продовження)

Характеристика	Варіанти деталізації характеристики	Клас енергетичної ефективності для житлових/нежитлових будинків (довідково)
Регулювання періодичності зниження споживання енергії системою та/або розподілення теплоносія	Відсутнє автоматичне регулювання	D/D
	Автоматичне програмоване регулювання за розкладом	C та нижче/D
	Автоматичне програмоване регулювання за розкладом, з оптимізацією моментів включення та виключення	A та нижче/A та нижче
Взаємозв'язок між регулюванням споживання енергії та/або розподілення тепло/холодоносія у системах опалення та охолодження	Відсутній взаємозв'язок	D/D
	Частковий взаємозв'язок (залежно від типу системи опалення та охолодження)	B та нижче/B та нижче
	Повний взаємозв'язок	A та нижче/A та нижче
Регулювання джерела енергії	За постійною температурою	D/D
	Якісне регулювання залежно від погодних умов	A та нижче/A та нижче
	Якісне регулювання залежно від навантаження	A та нижче/A та нижче
Упорядкування джерел енергії	Пріоритетність, що базується лише на навантаженнях	C та нижче/C та нижче
	Пріоритетність, що базується на навантаженнях та потужності джерел	B та нижче/B та нижче
	Пріоритетність, що базується на ефективності джерел	A та нижче/A та нижче

Нерівномірний вплив вітру й сонячної радіації на будівлі можна компенсувати, поділивши систему опалення на окремі частини по фасадам і встановити автоматичні регулятори режиму роботи системи опалення. Залежно від кліматичних умов пофасадне регулювання може давати суттєву економію. Для приватного будинку невеликих розмірів по фасадне регулювання немає сенсу.

		Кириченко			201-нНТ. 9491695.ДП.	Арк.
		Кутний				41
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ТА МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ

Розвиток систем опалення в наш час вийшов на якісно новий рівень. Головною відмінністю сучасних систем є автоматизація. Використання засобів автоматичного контролю та регулювання теплотехнічних параметрів дозволяє не лише забезпечувати стабільну роботу індивідуальних систем та створювати комфортні умови для споживача, а ще й заощаджувати теплову та електричну енергію.

Основним енергозберігаючим пристроєм в системі опалення є терморегулятор. Він підтримує задану температуру в приміщенні, незалежно від коливань зовнішніх параметрів. Це здійснюється за рахунок кількісного регулювання теплоносія, що надходить в опалювальний прилад. Використання терморегуляторів дозволяє здійснювати пофасадне, поквартирне та покімнатне регулювання, знижуючи непродуктивні затрати теплоти (перетоп і т.п.). За рахунок цього зменшуються витрати теплової енергії на опалення на 10 – 20 %. Це значно більше, ніж при ручному регулюванні кранами або вентилями, яке застосовувалося раніше (рівень економії складав 4 – 9 % за умови нормально працюючого терморегулятора) [9]. До того ж автоматичний терморегулятор забезпечує набагато більшу точність та стабільність підтримання необхідних температур. Ще більший ефект економії теплоти на опалення (до 25 – 30 %) досягається комплексним обладнанням систем опалення не лише індивідуальними термостатами, а й регуляторами біля джерела теплової енергії (для програмування теплових режимів у опалювальний період). Сучасні котли оснащені всією необхідною автоматикою.

З'явилися нові опалювальні прилади, удосконалилися вже існуючі. Кожен з них має свої переваги й недоліки, своє місце застосування.

		<i>Кириченко</i>			<i>201-нНТ. 9491695.ДП.</i>	Арк.
		<i>Кутний</i>				42
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для високих приміщень найбільше підходять радіатори. За рахунок радіаційної частини теплового потоку буде прогріватися нижня частина приміщення, а за рахунок конвективної – верхня. Конвектори ж перегрівають верхню зону, а температура в нижній – недостатня. Підлогові опалювальні панелі найбільш комфортні, але й найбільш дорогі. Доцільність використання того чи іншого типу оцінюється техніко-економічним порівнянням. При виборі враховується ряд факторів: призначення, архітектурно-технологічне планування й особливості теплового режиму приміщення, місце й час перебування людей, вид системи опалення, санітарно-гігієнічні показники приладів, тиск у системі, якість теплоносія та склад повітряного середовища приміщень.

Поширеними опалювальними приладами є чавунні радіатори. Вони зарекомендували себе як надійні в експлуатації. За рахунок значної товщини стінок ці прилади досить стійкі проти корозії та заростання накипом, тому невибагливі до якості теплоносія та обслуговування. Оскільки вони складаються з окремих секцій, то можна досить точно підбирати необхідну поверхню нагріву. До того ж нові моделі мають покращений зовнішній вигляд. Проте чавунні радіатори мають велику водомісткість, металоємність, трудомісткість виробництва та монтажу, відносно велику будівельну глибину. Головним їх недоліком є велика теплова інерційність, що знижує ефект енергозаощадження, особливо при використанні терморегуляторів. Вартість таких приладів порівняно невелика й складає $\approx 6,3\text{€}$.

Сталеві штамповані радіатори відрізняються меншою металоємністю та вдвічі меншою водомісткістю, порівняно з чавунними [6]. Вони легко очищаються від пилу, легко монтуються, виробництво механізоване. Мають невелику будівельну глибину. За рахунок невеликої товщини стінок (1,2...1,5 мм) малоінерційні, що дозволяє їм краще реагувати на автоматичне керування тепловіддачі. Проте мала товщина стінок є одночасно й недоліком, оскільки прилади зазнають внутрішньої корозії. Тому сталеві штамповані радіатори

		<i>Кириченко</i>			<i>201-нНТ. 9491695.ДП.</i>	Арк.
		<i>Кутний</i>				43
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

можна застосовувати лише в системах із спеціально підготовленою (деаерованою) водою.

Гладкотрубні радіатори характеризуються найкращими санітарно-гігієнічними показниками, але мають ті ж недоліки, що й сталеві штамповані радіатори.

Сталеві конвектори характеризуються меншим комфортом і низькими теплотехнічними показниками, особливо у двотрубних системах опалення. Вони в більшій мірі, порівняно з радіаторами сприяють перенесенню пиловидних частинок. Їх перевагами є невелика металоємність та водомісткість, а за рахунок цього – мала інерційність. Конвектори прості й надійні в експлуатації. У виконанні без кожуха займають небагато місця. Сучасні моделі мають привабливий дизайн.

Конвектори-радіатори поєднують форму конвекторів та складову теплового потоку радіаторів. До них відносять мідні опалювальні прилади з алюмінієвим оребренням, які за питомою тепловою напругою, інерційністю та іншими характеристиками перевищують будь-які опалювальні прилади. Із ними можна досягти найбільшого теплозберігаючого ефекту при використанні терморегуляторів. Головним недоліком є висока вартість, а також необхідність піклуватися про антикорозійні заходи.

При застосуванні підлогових опалювальних панелей уся поверхня підлоги приймає участь в емісії тепла. Завдяки цьому забезпечується рівномірне горизонтальне розподілення температур та близьке до ідеального вертикальне розподілення. У приміщенні створюється найбільш оптимальний клімат: температура підлоги коливається в межах 22-25 °С, а температура повітря на рівні голови складає 19-22 °С. На відміну від радіаторного опалення, підлогове не сприяє іонізації повітря, вологість підтримується на оптимальному рівні. Оскільки теплові потоки мінімальні, то пил у приміщенні практично не циркулює. При відсутності опалювальних приладів з'являється можливість більш раціонального використання площ. Довговічність таких систем оцінюється строком більше 50 років. Однак, через необхідність використання

		<i>Кириченко</i>			<i>201-нНТ. 9491695.ДП.</i>	Арк.
		<i>Кутний</i>				44
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

теплоносія з низькою температурою, підлогові панелі економічно доцільно використовувати лише в будівлях з хорошим теплозахистом. Велика теплова інерційність панелей не дозволяє повністю використати додаткові теплонадходження. Тому теплі підлоги застосовують переважно для забезпечення теплового комфорту на рівні ніг, а решту тепловтрат компенсують конвекторами або радіаторами.

З урахуванням усіх переваг та недоліків різних видів опалювальних приладів для проектування енергоефективного котеджа рекомендовано алюмінієві радіатори, які мають високі теплотехнічні показники й привабливий дизайн. Невелика ємність дозволяє гнучко реагувати на зміну температури в приміщенні й дає можливість ефективної терморегуляції. У зв'язку з наявністю домішок до теплоносія проти солей жорсткості є можливість виникнення кислотної корозії, тому використання таких приладів вимагає проведення антикорозійних заходів відповідно до вимог виробника. Вартість алюмінієвих радіаторів становить $\approx 7,2\text{€}$.

Із розвитком будівництва виникли нові можливості, такі як французькі фасади (із суцільним застеленням стін), величезні вітрини кафе, магазинів, басейни, зимові сади, спорткомплекси, виробничі приміщення, які обмежені низьким підвіконним простором або його повною відсутністю. Радіатори ж, які на сьогодні випускаються мають мінімальну висоту 300 мм і потребують для встановлення не менше 400 мм підвіконного простору. Тому їх використання в зазначених випадках неможливе. У зв'язку з цим велику популярність отримали напольні конвектори (так звані фен-койли). Вони монтуються в підлогу й не займають життєвого простору.

Зокрема для опалення віталень та зимових садів елітних котеджів можна рекомендувати фен-койли виробництва ТОВ „Конвектор”. Прилад являє собою мідний змійовик, на який щільно насаджені алюмінієві пластини. Уся конструкція розміщена в спеціальному нержавіючому кожуху з вентиляційними шторними решітками зверху. Решітки можуть виконуватися алюмінієвими з матовим або глянцевою покриттям, а також дерев'яними.

		<i>Кириченко</i>			<i>201-нНТ. 9491695.ДП.</i>	Арк.
		<i>Кутний</i>				45
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підвищена тепловіддача алюмінієвих пластин дає можливість додатково використовувати безшумний вентилятор, що підвищує теплову потужність в 2,5 рази. Це дозволяє також, при наявності холодильного обладнання, використовувати конструкцію для охолодження приміщення. Завдяки високій ефективності комфортне тепло забезпечується при невисокій температурі теплоносія (50-55 °С). Направлений рух гарячого повітря зменшує можливість запотівання вікон у зимовому саду.

У системах опалення застосовують, як правило насосну циркуляцію. Сучасні насоси малошумні, є можливість використання автономних джерел електропостачання, що зводить до мінімуму необхідність застосування гравітаційних схем. Їх проектують лише при техніко-економічному обґрунтуванні. Крім того, насоси набагато краще, ніж елеватори забезпечують функціонування системи при змінному гідравлічному режимі, створюваному роботою терморегуляторів.

Традиційно системи опалення поділяють на однотрубні та двотрубні. У період розвитку масового крупнопанельного будівництва перевага надавалася однотрубним системам. Їх застосування дозволяло підвищити ступінь механізації заготівельних робіт і знизити затрати праці при монтажі, пришвидшуючи будівництво. Це призвело до того, що зараз діють здебільшого однотрубні системи. Сьогодні ж вважається доцільним використання двотрубних систем опалення, які більше підходять для регулювання термостатами. За даними [6] техніко-економічне порівняння цих двох систем показує збільшення вартості нової однотрубною системи на 10 % за рахунок застосування приладів підвищеної теплової потужності. У той же час при використанні двотрубних систем збільшується об'єм загальнобудівельних робіт. Розходження за матеріаловитратами становить близько 10 %. Вирішальною перевагою двотрубних систем є менші експлуатаційні витрати. Ці системи споживають на 10-15 % менше теплової енергії, ніж однотрубні. Однотрубні системи легше монтувати: вода від котла послідовно надходить до всіх приладів опалення, а потім повертається в нього. Це можна віднести до

		<i>Кириченко</i>			<i>201-нНТ. 9491695.ДП.</i>	Арк.
		<i>Кутний</i>				46
Зм	Арк.	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

переваг однотрубної системи опалення, але головним її недоліком є нерівномірний прогрів системи опалення. Після проходження через радіатор, температура теплоносія знижується. Відповідно кожен наступний прилад в однотрубній системі завжди буде холоднішим за попередній. З метою досягнення рівномірного розподілу теплоти в приміщеннях, віддалених від джерела тепл, встановлюють потужніші прилади опалення, а радіатори приєднують з байпасною лінією і регулювальною арматурою. Але навіть якісна регулювальна арматура не завжди дозволяє домогтися рівномірного прогріву всіх приміщень і створення комфортних параметрів мікроклімату в будинку. Цього недоліку позбавлена двотрубна система опалення.

Таким чином, при проектуванні систем водяного опалення енергоефективного житлового будинку варто надавати перевагу насосним двотрубним системам з терморегуляторами на підводках до опалювальних приладів.

Прокладка труб у приміщенні може бути відкритою та прихованою. Раніше здебільшого використовували відкриту прокладку як найбільш просту та дешеву. При цьому тепловіддачу нагрітої поверхні труби враховували при визначенні площі опалювальних приладів. Приховане прокладання застосовувалося з технологічних, гігієнічних чи архітектурно-планувальних вимог [8]. Естетичні потреби нового покоління зросли. Сучасний інтер'єр вимагає непомітного прокладання трубопроводів.

Розрізняють наступні схеми розподілу теплоносія до нагрівальних приладів:

- Периметральну
- Променеву.

У таких системах опалення як периметральна двотрубна тупикова з супутнім рухом теплоносія, периметральна однотрубна прокладання здійснюють уздовж обводу квартири. Труби розміщують над звичайним або під спеціальним декоративним плінтусом, у якому можуть розміщуватися ще й електричні комунікації. Стояки рекомендується розташовувати в спеціальних

		<i>Кириченко</i>			<i>201-нНТ. 9491695.ДП.</i>	Арк.
		<i>Кутний</i>				47
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шахтах або жолобах. Трубопроводи променевої схеми прокладають від колектора найкоротшим шляхом у штрабах або моноліті підлоги (рис. 19). Труби панельно-променевих систем розміщують у моноліті підлоги.

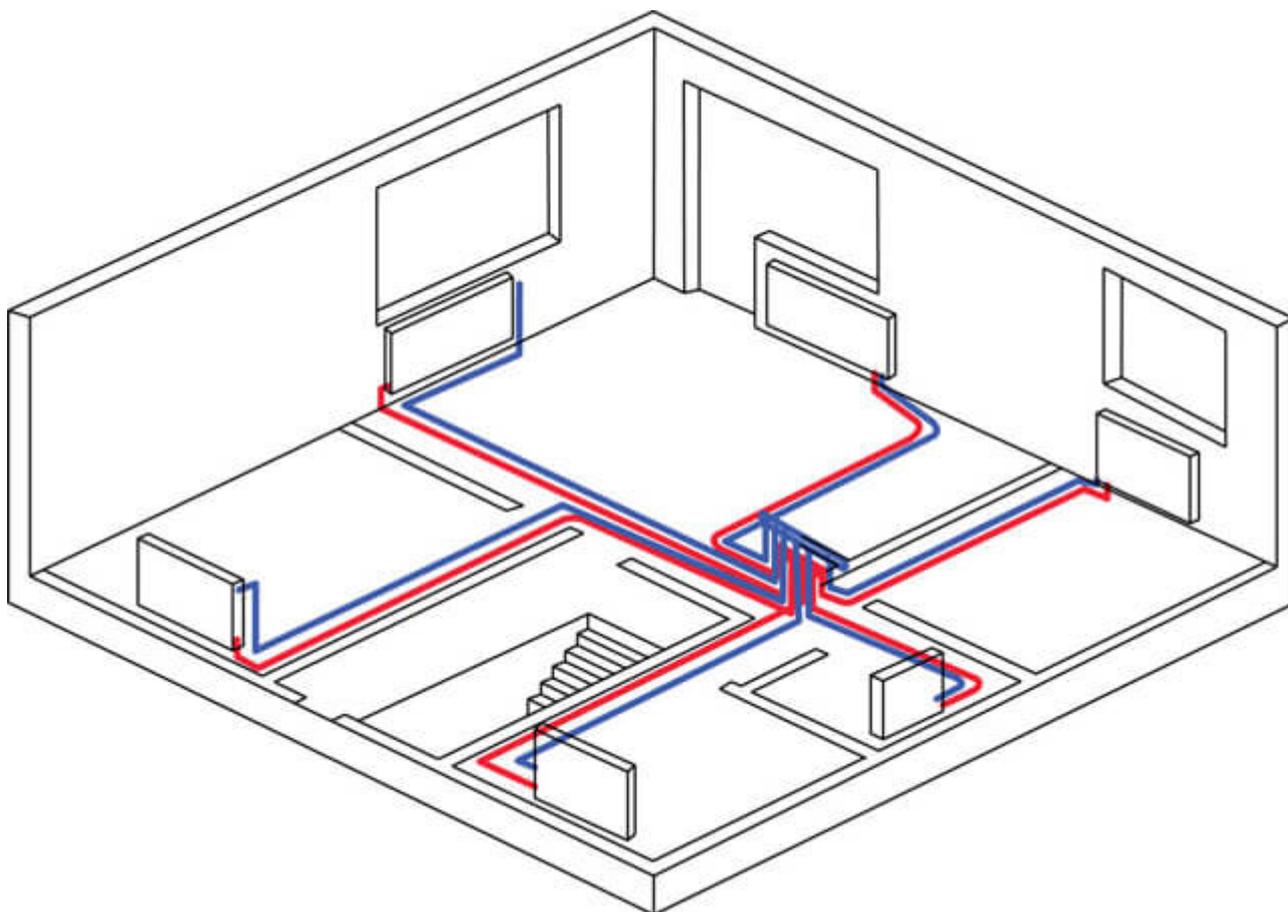


Рисунок 19 – Променева система опалення

У проекті двоповерхового житлового будинку в м. Гадяч використаємо периметральну двотрубну тупикову систему з прокладанням трубопроводів над плінтусом як більш дешево в плані капітальних затрат, особливо коли вже готова конструкція підлоги.

При будь-якому прокладанні труб рекомендується зменшувати їх тепловіддачу в приміщення шляхом теплоізоляції для забезпечення пріоритету керування терморегуляторами теплового потоку опалювальних приладів. Найпростіший варіант сучасної теплової ізоляції – оболонки (трубки) із поздовжньою заготовкою-надрізом. Монтаж ведеться шляхом розрізання ізоляції та подальшого склеювання. Для виконання робіт достатньо мати лише

		Кириченко			201-нНТ. 9491695.ДП.	Арк.
		Кутний				48
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ніж, щітку та маркер. Така ізоляція може бути встановлена як на існуючий трубопровід, так і в процесі його монтажу. Для систем опалення, що прокладаються в стіні та під підлогою, ізоляція може виготовлятися з поліетиленовим покриттям. Це покриття захищає ізоляцію від механічних пошкоджень, компенсує зміну лінійних геометричних параметрів трубопроводів при теплових видовженнях, створює акустичну ізоляцію системи.

Довгий час у нашій країні трубопроводи виготовлялися переважно з одного й того ж матеріалу – сталі. Зараз з'явилася можливість широкого вибору. Використовуються сталь, мідь, PVC, CPVC, PB, PEX, багат шарові та інші. Тому, проектуючи системи опалення, необхідно враховувати матеріал, з якого виготовлені труби. Треба мати на увазі, що різні трубопроводи, які мають однаковий умовний діаметр, можуть відрізнятися за зовнішнім та внутрішнім діаметрами [6]. Це особливо важливо при виборі теплоізоляції та гідравлічних розрахунках. Шорсткість стінок трубопроводу залежить від матеріалу, з якого він виготовлений, характеру механічної обробки. У СНиП 2.04.05 – 91 наведені рекомендації до застосування коефіцієнта шорсткості: для сталевих трубопроводів $\geq 0,2$ мм, міді $\geq 0,11$ мм, полімерів $\geq 0,01$ мм. З огляду на вище сказане, характеристики труб необхідно приймати за даними конкретного виробника.

Пластикові труби з'єднують ексклюзивними фітингами. Якщо труби виготовлені різними фірмами, то виникає потреба в адаптерах (перехідниках). Використання труб та фітингів із зменшеним опором заощаджує енергію на прокачування теплоносія та покращує керованість потоків за допомогою терморегуляторів та інших автоматичних клапанів [6].

Оскільки системи опалення зазнали принципових змін, то виникла необхідність у коригуванні методів їх розрахунку.

Гідравлічний розрахунок системи опалення включає поряд із трубами, опалювальними приладами та іншими елементами системи запірно-регулюючу

		<i>Кириченко</i>			<i>201-нНТ. 9491695.ДП.</i>	Арк.
		<i>Кутний</i>				49
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

арматуру (термостати). Він виконується за існуючими методиками з використанням основних залежностей, наведених у [3].

Для гідравлічного розрахунку застосовують 2 способи: „характеристик опору” та „питомих лінійних втрат тиску”. В обох випадках розрахунок базується на рівнянні: $\Delta P = \Delta P_{\text{л}} + \Delta P_{\text{м}}$, де

$\Delta P_{\text{л}}$ – втрати тиску по довжині трубопроводу, Па,

$\Delta P_{\text{м}}$ – сума місцевих втрат тиску, обумовлених зміною структури потоку, Па.

Втрати тиску на тертя по довжині трубопроводу визначаються за формулою Дарсі: $\Delta P_{\text{л}} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2} \rho$, де

λ – коефіцієнт гідравлічного тертя,

l і d – відповідно довжина та внутрішній діаметр трубопроводу ділянки системи, м,

v – середня по перерізу труби швидкість теплоносія, м/с

ρ – густина теплоносія, кг/м³.

Для визначення коефіцієнту гідравлічного тертя поширеною є формула

Альтшуля: $\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{68}{Re} + \frac{K_e}{d} \right)^{0,25}$.

У закордонних комп’ютерних програмах використовується формула

Колбрука-Уайта: $\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{K_e}{3,71d} \right)$ та її модифікований варіант:

$$\lambda = \left[-2 \lg \left(\frac{61}{Re^{0,915}} + 0,134 \frac{K_e}{3,71d} \right) \right]^{-2}, \text{ де } Re \text{ – число Рейнольдса, } K_e \text{ – еквівалентна}$$

шорсткість.

Зараз рекомендується при використанні сталевих трубопроводів застосовувати формулу Альтшуля, а для інших матеріалів – модифіковану формулу Колбрука-Уайта [6].

Втрати тиску на місцевих опорах визначаються за формулою:

$$\Delta P_{\text{м}} = \sum \xi \cdot \frac{v^2}{2} \rho, \text{ де } \sum \xi \text{ – сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці. Для}$$

		Кириченко			201-нНТ. 9491695.ДП.	Арк.
		Кутний				50
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фітингів та запірно-регулюючих пристроїв нового покоління значення ξ суттєво відрізняється від ξ , що застосовувалися раніше. Їх визначають за спеціальними каталогами фірм-виробників.

При розрахунках за методом характеристик опору основне рівняння представляється у вигляді:

$$\Delta P = \Delta P_m + \Delta P_n = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2} \rho + \sum \xi \cdot \frac{v^2}{2} \rho = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \cdot \left(\frac{4 \cdot G}{3600 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \rho} \right)^2 \cdot \frac{\rho}{2} =$$

$$= \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \cdot \left(\frac{4 \cdot G}{3600 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \rho} \right)^2 \cdot \frac{\rho}{2} = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \cdot \frac{16 \cdot G^2}{3600^2 \cdot 2 \pi^2 \cdot d^4 \cdot \rho^2} \cdot \rho = SG^2, \text{ де}$$

S – характеристика опору, $\frac{\text{Па}}{\text{м} \cdot (\text{кг/год})^2}$,

G – витрата теплоносія на ділянці трубопроводу, кг/год.

Цей метод зручно використовувати, коли задані діаметри й необхідно визначити розподілення витрат теплоносія по абонентам.

Для проектування систем опалення найзручнішим є метод питомих лінійних втрат тиску. У цьому випадку базове рівняння перетворюється:

$$\Delta P = \Delta P_m + \Delta P_n = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{\rho} + \sum \xi \cdot \frac{v^2}{2} \rho = \lambda \frac{1}{d} \cdot \frac{v^2}{2} \rho \cdot l + \sum \xi \cdot \frac{v^2}{2} \rho = Rl + z, \text{ де}$$

R – питомі лінійні втрати тиску, Па/м,

z – місцеві втрати тиску на ділянці, Па.

Величини R та z знаходяться за спеціальними таблицями, графіками або формулами. Раніше основним довідником був [3], зараз використовують каталоги виробників.

Діаметри труб знаходяться за прийнятими діаметрами труб на ділянках, орієнтуючись на рекомендоване значення питомих лінійних втрат тиску.

Раніше його знаходили за формулою: $R_{сер} = \frac{(1-K) \cdot \Delta P_p}{\sum l}$, де K – доля місцевих

втрат тиску. Для сучасних систем опалення значення R приймається, виходячи з економічних вимог, на рівні 100-250 Па/м, при цьому швидкість води становить 0,25-0,65 м/с. Ці значення залежать від матеріалу трубопроводу.

		Кириченко			201-нНТ. 9491695.ДП.	Арк.
		Кутний				51
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Економічні вимоги базуються на співставленні вартостей труб та енергії прокачування теплоносія. Однак іноді є доцільним вихід за дані межі для попередження гідравлічного розбалансування, полегшення монтажу та експлуатації, забезпечення ефективної роботи системи опалення [6].

При гідравлічних розрахунках насосних систем можуть бути різні підходи до визначення необхідного циркуляційного тиску – з урахуванням природного циркуляційного тиску та без нього. У роботі використаний метод без урахування гравітаційних сил.

Раніше ув'язка циркуляційних кілець була можлива лише шляхом підбору діаметрів та встановлення діафрагм. Зараз з'явилася можливість ув'язки термостатами та запірно-регулювальними вентилями.

Термостати, орієнтовані на використання у двотрубних системах, характеризуються високим гідравлічним опором. Вони дозволяють окрім регулювання температури в приміщенні за допомогою термостатичних елементів (головок), доступних для споживача, погасити біля опалювальних приладів 80-85 % тиску в системі опалення. У той же час з їх допомогою можна забезпечити різний рівень втрат тиску на різних поверхах. Регулювання забезпечується шляхом зміни настройки терморегулятора, необхідне значення якої знаходиться за графіками або таблицями.

Не зважаючи на зручність ув'язування одними термостатами, більш ефективним є використання їх тільки для остаточного коригування потокорозподілення, а ув'язку спочатку виконувати зменшенням діаметрів. Завищення діаметрів призводить до значного зростання вартості системи за рахунок використання відповідних фітингів та запірно-регулюючої арматури, а також збільшення водомісткості системи і, як наслідок, - зниження енергозаощадження [6]. Крім того покладатися лише на терморегулятори недоцільно, оскільки похибка регулювання потоками теплоносія підвищується із зменшенням значення настройки, зростає можливість засмічення „обвідного” каналу пристрою в процесі експлуатації.

		<i>Кириченко</i>			<i>201-нНТ. 9491695.ДП.</i>	Арк.
		<i>Кутний</i>				52
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Так розрахунковий режим настройки датчика на 2К визначає підйом клапана над сідлом на 0,43-0,45 мм. Із цього випливає наскільки великим є ризик засмічення при невідповідній якості теплоносія. Зважаючи на це, для двотрубних систем опалення за кордоном останнім часом почали використовувати більш дешеві термостати без пристрою для монтажною настройки. Настройку ж виконують розташованим на другій підводці ручним регулятором, який до того ж виконує роль гідравлічного гальма [9].

При виборі термостатів враховується їх дизайн, розміри, граничні параметри теплоносія, можливості монтажу та експлуатації, цінові показники. К роботі надано перевагу терморегуляторам фірми „HERZ”, яка добре зарекомендувала себе на вітчизняному ринку, і продукція якої задовольняє всім необхідним вимогам.

Застосування сучасних систем опалення в Україні вимагає зміни традиційних наукових, проектних, монтажних та експлуатаційних підходів, що є необхідною умовою забезпечення їх ефективної роботи.

		<i>Кириченко</i>			<i>201-нНТ. 9491695.ДП.</i>	Арк.
		<i>Кутний</i>				53
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12 ТЕПЛОМЕХАНІЧНІ РІШЕННЯ

Проектом передбачається встановлення для системи опалення та гарячого водопостачання двоконтурного котла марки ISOMAX C28 E+B42 потужністю 28 кВт. Котел працює на природному газі низького тиску й обладнаний автоматикою безпеки та регулювання.

Для створення циркуляції води в мережі системи опалення встановлені насоси WILO-StarST25/4 (робочий та резервний).

Для компенсації об'єму внаслідок теплового розширення встановлений компенсатор об'єму TE-50, V=50 л.

1) Система опалення

Система опалення житлового будинку прийнята двохтрубна з нижнім розведенням подаючих та зворотніх металопластикових трубопроводів.

У зимовому саду опалювальними приладами є конвектори КП 20-1,765В ТОВ „Конвектор”, у житлових приміщеннях – алюмінієві радіатори італійської фірми „Elegance” моделі EL.500, які обладнані автоматичними регуляторами типу „Danfoss”.

3) Димовідведення

Відведення димових газів від котла забезпечується індивідуальним димовим каналом розміром 140x270.

Таблиця 3 - Основні показники системи опалення:

Найменування будівлі	Об'єм, м ³	Період року	Витрати теплоти, кВт			
			на опалення	на вентиляцію	на гаряче водопостач.	загальні
Індивідуальний житловий будинок у м. Гадяч	1000	Зима $t_{н.о.} = -23^{\circ}\text{C}$	21,6	-	5,6	27,2

		Кириченко			201-нНТ. 9491695.ДП.	Арк.
		Кутний				54
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вузол обв'язки котла

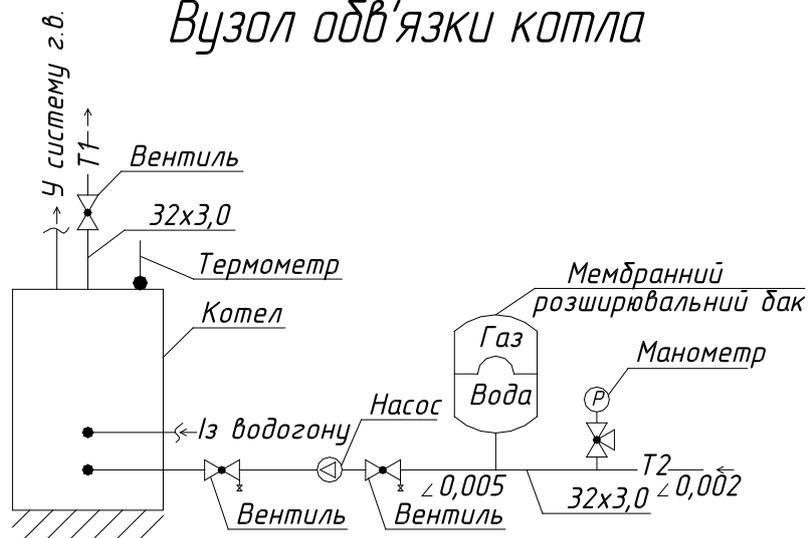


Рисунок 20 – Вузол обв'язки котла

Кількість секцій опалювальних приладів

За величинами тепловтрат та номінальною тепловою потужністю однієї секції опалювального приладу (121 Вт) визначаємо необхідну кількість секцій радіаторів для кожної кімнати. Результати зводимо в таблицю 3.

		<i>Кириченко</i>			201-нНТ. 9491695.ДП.	Арк.
		<i>Кутний</i>				55
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3 – Кількість секцій опалювальних приладів

№ опалювального приладу	Кількість секцій
1	8
2	8
3	4
4	11
5	14
6	9
7	7
8	4
9	4
10	13
11	10
12	10
13	3
14	11
15	8
16	9
17	9
18	7

		<i>Кириченко</i>			<i>201-нНТ. 9491695.ДП.</i>	Арк.
		<i>Кутний</i>				56
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

13 ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

Визначаємо витрати води в системі опалення:

$$G_{c.o.} = \frac{Q_{c.o.}}{c \cdot \Delta t} = \frac{21672}{4187 \cdot 20} \approx 0,258 \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 928,8 \text{ кг/Год},$$

c – питома теплоємність теплоносія (води), $c = 4187 \text{ Дж/}^\circ\text{С}\cdot\text{кг}$

Δt – різниця температур у системі опалення, $\Delta t = 80 - 60 = 20 \text{ }^\circ\text{С}$

Витрати води на окремих ділянках визначаємо пропорційно тепловим навантаженням:

$$G_1 = G_{c.o.} \cdot Q_1/Q_{c.o.} = 0,258 \cdot 1420/21672 = 0,017 \text{ кг/с} = 0,017 \text{ л/с}$$

$$G_2 = G_{c.o.} \cdot Q_2/Q_{c.o.} = 0,258 \cdot 1770/21672 = 0,021 \text{ кг/с} = 0,021 \text{ л/с}$$

$$G_3 = G_{c.o.} \cdot Q_3/Q_{c.o.} = 0,258 \cdot 2140/21672 = 0,025 \text{ кг/с} = 0,025 \text{ л/с} \text{ і т.д.}$$

Гідравлічний розрахунок виконуємо за питомими лінійними втратами тиску. Втрати тиску на ділянці визначаємо за формулою:

$$\Delta P = R \cdot l + z, \text{ де}$$

R – питомі лінійні втрати тиску на 1м труби, Па/м, визначаємо у залежності від діаметра труби та витрат води G_i , кг/год,

l – довжина ділянки, м,

z – місцеві втрати тиску на ділянці, Па.

Параметри R та z виробники представляють у вигляді таблиць, графіків та формул. При цьому необхідно враховувати параметри теплоносія, за яких вони отримані.

Для розрахунку використовуємо графік залежності втрат тиску від витрат теплоносія для багатошарових труб PEXAL. Втрати тиску z на місцевих опорах знаходимо за таблицями в залежності від швидкості потоку води та значення коефіцієнту місцевого опору ξ , для визначення яких також є відповідні таблиці фірми-виробника. Для знаходження гідравлічного опору терморегуляторів використовуємо спеціальні номограми для регуляторів Herz TS-98-V фірми „HERZ” (рис. 20). Опір залежить від положення шкали настроювання.

		Кириченко			201-нНТ. 9491695.ДП.	Арк.
		Кутний				57
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ув'язку циркуляційних кілець здійснюємо за рахунок зміни положення шкали терморегуляторів.

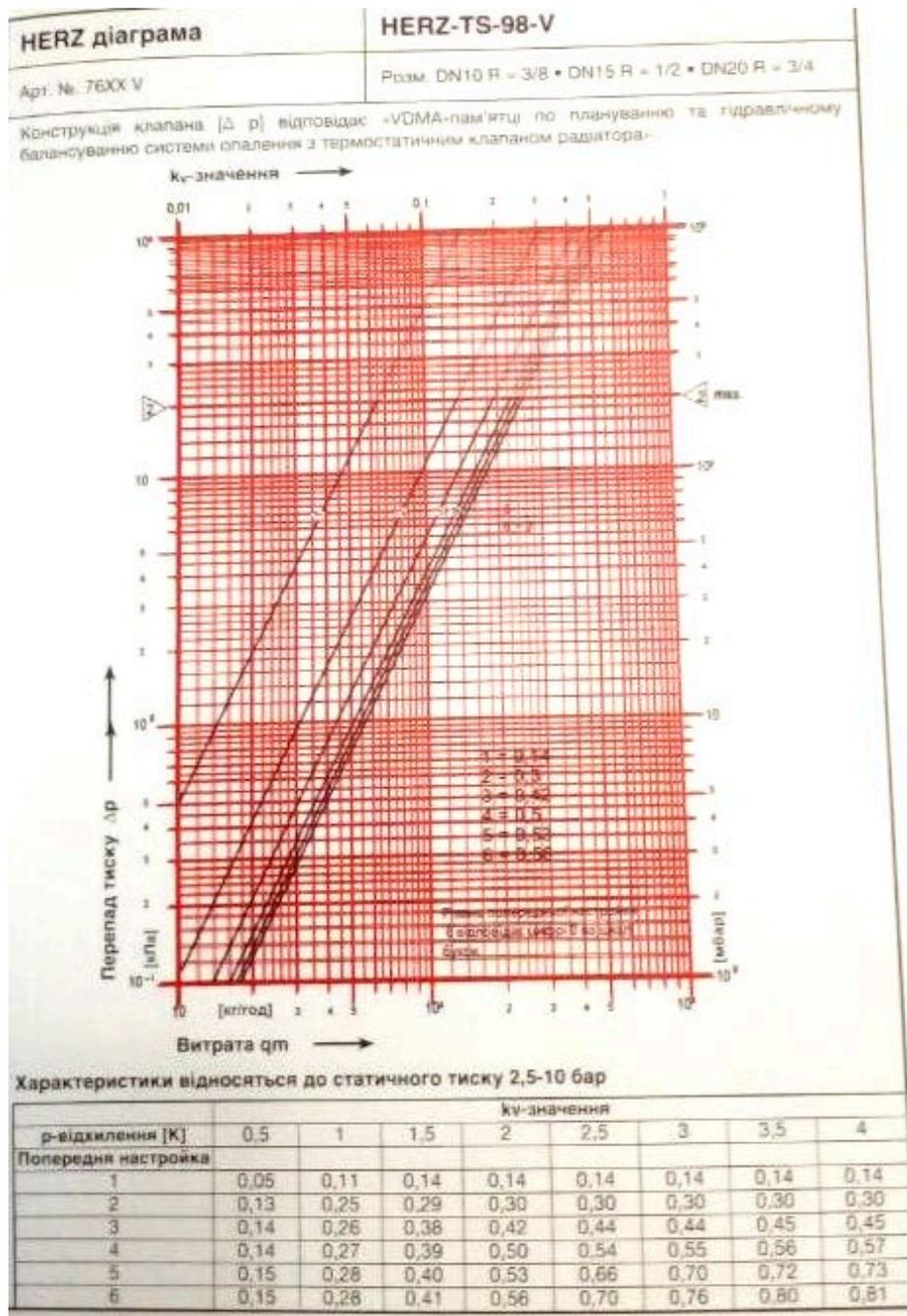


Рисунок 21 – Діаграма HERZ для підбору налаштувань термостатичних капанів

Розрахункова схема для гідралічного розрахунку системи опалення показана на рисунку 22. Розрахунок починаємо з основного циркуляційного кільця системи через найбільш віддалений та навантажений прилад, орієнтуючись на питомі лінійні втрати тиску. Виходячи з економічних вимог,

		Кириченко			201-нНТ. 9491695.ДП.	Арк.
		Кутний				58
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

значення параметра R труб різних виробників знаходяться в діапазоні 100...250 Па/м. Відповідно швидкість води – 0,25...0,65 м/с, але допускається зменшення цих значень при малих потоках води та відсутності труб меншого типорозміру в номенклатурному ряді.

Розрахункова схема системи опалення

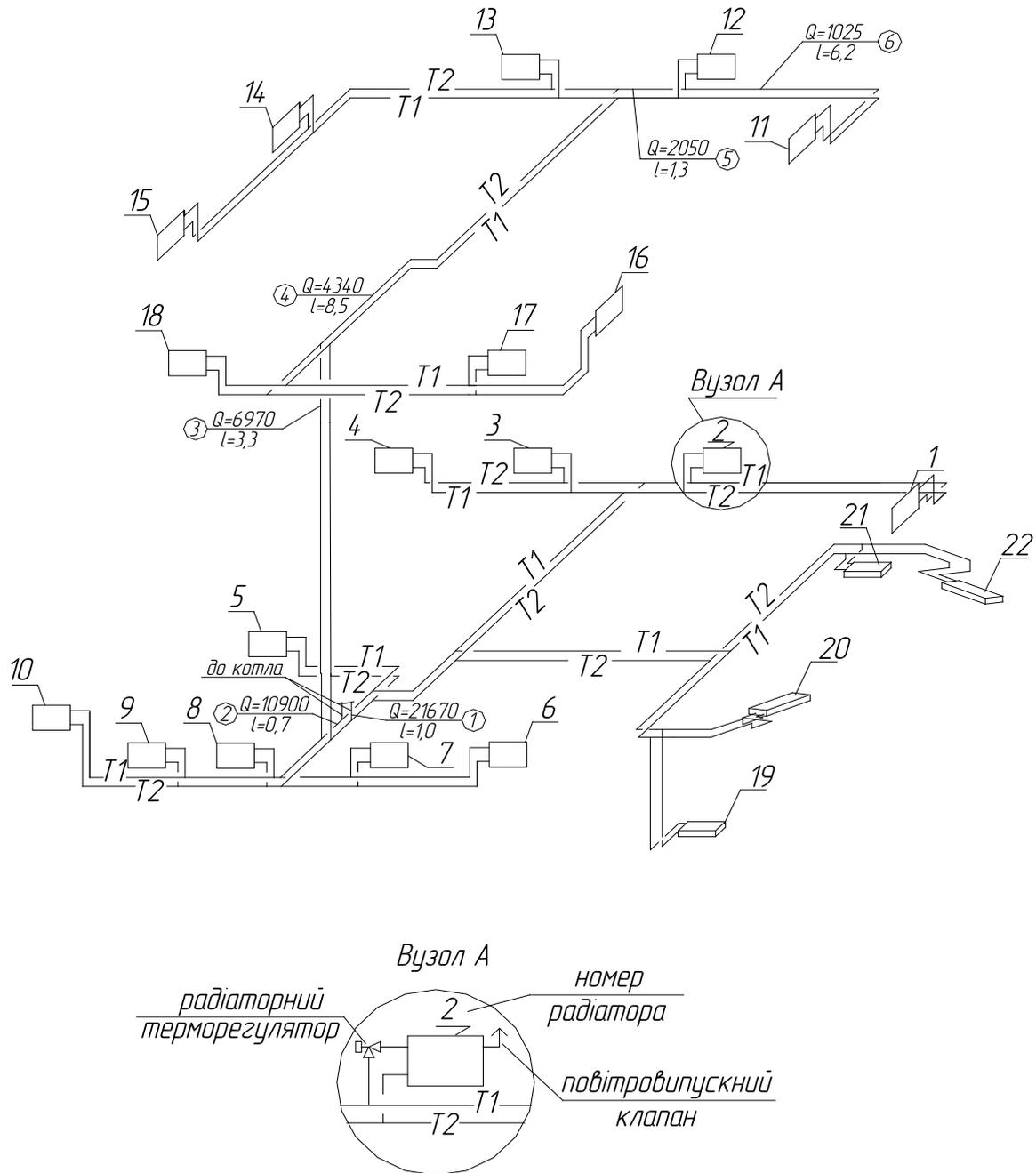
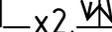


Рисунок 22 – Розрахункова схема системи опалення

		Кириченко			201-нНТ. 9491695.ДП.	Арк.
		Кутний				59
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гідравлічний розрахунок системи опалення (2-й поверх)

№ діл.	Q, Вт	l, м	G, л/с	d, мм	v, м/с	R, Па/м	RI, Па/м	Σξ	z, Па	RI+z, Па	кмс	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Головний напрямок												
1	21650	1	0,258	32x3,0	0,5	160	160	9	1125	1285	└─x2, 	
2	10900	0,7	0,13	26x3,0	0,4	160	112	3,6	288	400		
3	6970	3,3	0,083	20x2,5	0,45	270	891	5	525	1416		
4	4340	8,5	0,052	20x2,5	0,2	120	1020	9	180	1200	└─x2, 	
5	2050	1,3	0,024	14x2,0	0,2	190	247	3,6	72	319		
6 (пр.11)	1025	6,2	0,012	14x2,0	0,01	26	161	n=5	3500	3661		
										Σ	8281	
ΔPp = 3980 Па												
7	2290	1,3	0,027	14x2,0	0,2	220	286	3,6	72	292		
8	1950	5,6	0,023	14x2,0	0,15	170	952	5,6	67	237	└─ , 	
9 (пр.15)	740	4,5	0,009	14x2,0	0,01	0	-	n=4	3200	3200		
										Σ	3729	
ΔPp = 5180 Па												
10	2630	1,6	0,031	16x2,25	0,2	170	272	5	100	372		
11	2950	4,1	0,023	14x2,0	0,15	170	697	3,6	44	741		
12 (пр.16)	975	3,5	0,012	14x2,0	0,01	26	91	n=5	3400	3491		
										Σ	4604	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13 (np.18)	680	2,1	<u>$\Delta P_p = 4188 \text{ Па}$</u>			0	-	n=4	2700	2700	
	1025	1,0	<u>$\Delta P_p = 3661 \text{ Па}$</u>			26	26	n=5	3500	3526	
np. 13	340	1,0	<u>$\Delta P_p = 3437 \text{ Па}$</u>			0	-	n=2	3400	3400	
np. 14	1210	1,0	<u>$\Delta P_p = 3200 \text{ Па}$</u>			46	46	n=6	2800	2846	
np. 17	975	1,0	<u>$\Delta P_p = 3447 \text{ Па}$</u>			26	26	n=5	3400	3426	

Гідравлічний розрахунок системи опалення (1-й поверх)

№ діл.	Q, Вт	l, м	G, л/с	d, мм	v, м/с	R, Па/м	Rl, Па/м	Σξ	z, Па	Rl+z, Па	кмс	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
			ΔPp = 6596 Па									
14	3930	1,5	0,047	20x2,5	0,15	100	150	5	60	210		
15	2140	0,2	0,025	14x2,0	0,2	190	38	3,6	72	110		
16	1770	1,9	0,021	14x2,0	0,1	140	266	3,6	18	284		
17	1420	3,5	0,017	14x2,0	0,01	90	315	n=5	6900	7215		
									Σ	7819		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
			$\Delta P_p = 6386 \text{ Па}$									
18	1790	1,7	0,021	14x2,0	0,1	140	238	3,6	18	256		
19 (np.6)	1000	3,7	0,012	14x2,0	0,01	26	96	n=4	5500	5596		
										Σ	5852	
			$\Delta P_p = 6996 \text{ Па}$									
20	10750	0,9	0,128	26x3,0	0,4	160	144	3,6	288	432		
21 (np.5)	1550	3,9	0,018	14x2,0	0,02	102	398	n=6	5300	5698		
										Σ	6130	
			$\Delta P_p = 6564 \text{ Па}$									
22	9200	2,2	0,110	26x3,0	0,3	120	264	5,6	252	518		
23	3250	5,4	0,039	16x2,25	0,4	250	1350	5	400	1750		
24	1580	1,4	0,019	14x2,0	0,05	116	162	3,6	7	169		
25 (np.4)	1210	4	0,014	14x2,0	0,01	46	184	n=5	4600	4784		
										Σ	7221	
			$\Delta P_p = 5017 \text{ Па}$									
26	1670	1,1	0,02	14x2,0	0,08	130	143	3,6	10	140		
27 (np.1)	835	5,7	0,01	14x2,0	0,01	0	-	n=4	4000	4000		
										Σ	4140	
			$\Delta P_p = 4000 \text{ Па}$									
np. 2	835	-	0,01	14x2,0	0,01	0	-	n=4	4000	4000		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
np. 3	370	-	$\Delta P_p = 4848 \text{ Па}$			0	-	n=2	4000	4000	
np. 7	790	-	$\Delta P_p = 5596 \text{ Па}$			0	-	n=4	3500	3500	
np. 8	370	-	$\Delta P_p = 4559 \text{ Па}$			0	-	n=2	4000	4000	
np. 9	350	-	$\Delta P_p = 4315 \text{ Па}$			0	-	n=2	3500	3500	

Зумовуї саж

28	6000	5,7	$\Delta P_p = 4315 \text{ Па}$			220	1254	2,2	176	1430	
29	3000	2,6	0,072	20x2,5	0,4	200	520	3,8	122	642	
30 (np.20)	1500	4,0	0,036	16x2,25	0,25	102	408	n=6	4700	5108	
									Σ	7180	
31	3000	3,6	$\Delta P_p = 4315 \text{ Па}$			200	720	3,8	122	842	
32 (np.22)	1500	4,0	0,036	16x2,25	0,25	102	408	n=6	4700	5108	
									Σ	5950	

Результатом гідравлічного розрахунку є таблиця 5 для гідравлічного налаштування системи опалення.

Таблиця 5 - Гідравлічна наладка системи опалення

№ опалювального приладу	Положення шкали настроювання клапана Herz TS-98-V
1	n=4
2	n=4
3	n=2
4	n=5
5	n=6
6	n=4
7	n=4
8	n=2
9	n=2
10	n=5
11	n=5
12	n=5
13	n=2
14	n=6
15	n=4
16	n=5
17	n=5
18	n=4

		<i>Кириченко</i>			<i>201-нНТ. 9491695.ДП.</i>	Арк.
		<i>Кутний</i>				66
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВКИ

У ході роботи над проектом було досліджено сучасну нормативну документацію з енергоефективності, встановлено вимоги до огорожувальних конструкцій та параметрів мікроклімату житлового будинку в м. Гадяч.

Виконано теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій та встановлено необхідну товщину утеплювача для стін, підлоги та горищного перекриття для досягнення нормативних вимог ДБН В.2.6-31:2021.

Виконано розрахунок тепловтрат через огорожувальні конструкції.

Проаналізовано види систем опалення та опалювальних приладів.

Законструйовано систему опалення двоповерхового житлового будинку в місті Гадяч та виконано її гідравлічний розрахунок.

Підібрано допоміжне обладнання та розраховано попередні налаштування термостатичних клапанів Herz TS-98-V.

		<i>Кириченко</i>			<i>201-нНТ. 9491695.ДП.</i>	Арк.
		<i>Кутний</i>				67
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ЛІТЕРАТУРА

1. Беззуб І. Підвищення енергоефективності – запорука забезпечення енергетичної незалежності України / І. Беззуб // Центр досліджень соціальних комунікацій [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuviar.gov.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=745:pidvishchennya-energoefektivnosti&catid=8&Itemid=350
2. Горшков А.С. Энергоэффективные здания: задачи строительной теплотехники и инженерного обеспечения / А.С. Горшков // Инженерные системы. - 2008. - №4 (37). - С. 60-62.
3. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель: ДБН В.2.6-31:2021. - К.: Мінбуд України, 2021. – 23 с. – (Державні будівельні норми України).
4. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1–27: 2010. – Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2011. – 123 с. – (Національний стандарт України).
5. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Книга 1-я. Р.В. Щекин, С.М. Кореневский, Г.Е. Бем и др. – К.: Будівельник, 1976. – 416с.
6. Пирков В.В. Особенности проектирования современных систем водяного отопления. – К.: ІІ ДП „Такі справи”, 2003. – 176с. – іл.
7. Яушовец Р. Гідравліка – серце водяного опалення. – Відень: Herz Armaturen Ges.m.b.H., 2022. – 314 с.
8. ДСТУ Б А.2.2-8:2010
7. А.А. Отставнов, В.С. Ионов. К вопросу общего подхода к гидравлическим расчетам трубопроводов внутреннего водоснабжения и водяного отопления из металла и полимера // Сантехника №5/2003
8. Богословский В. Н., Сканава А. Н. Отопление: Учеб. для вузов. – М.: Сторойиздат, 1991. – 735 с.: ил.
9. Фаренюк Г.Г. Енергетична ефективність підвищення теплотехнічних показників основних елементів теплоізоляційної оболонки будинків. / Г.Г. Фаренюк // Будівництво України.– 2008. – № 8. - С. 12-14.

		Кириченко			201-нНТ. 9491695.ДП.	Арк.
		Кутний				68
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

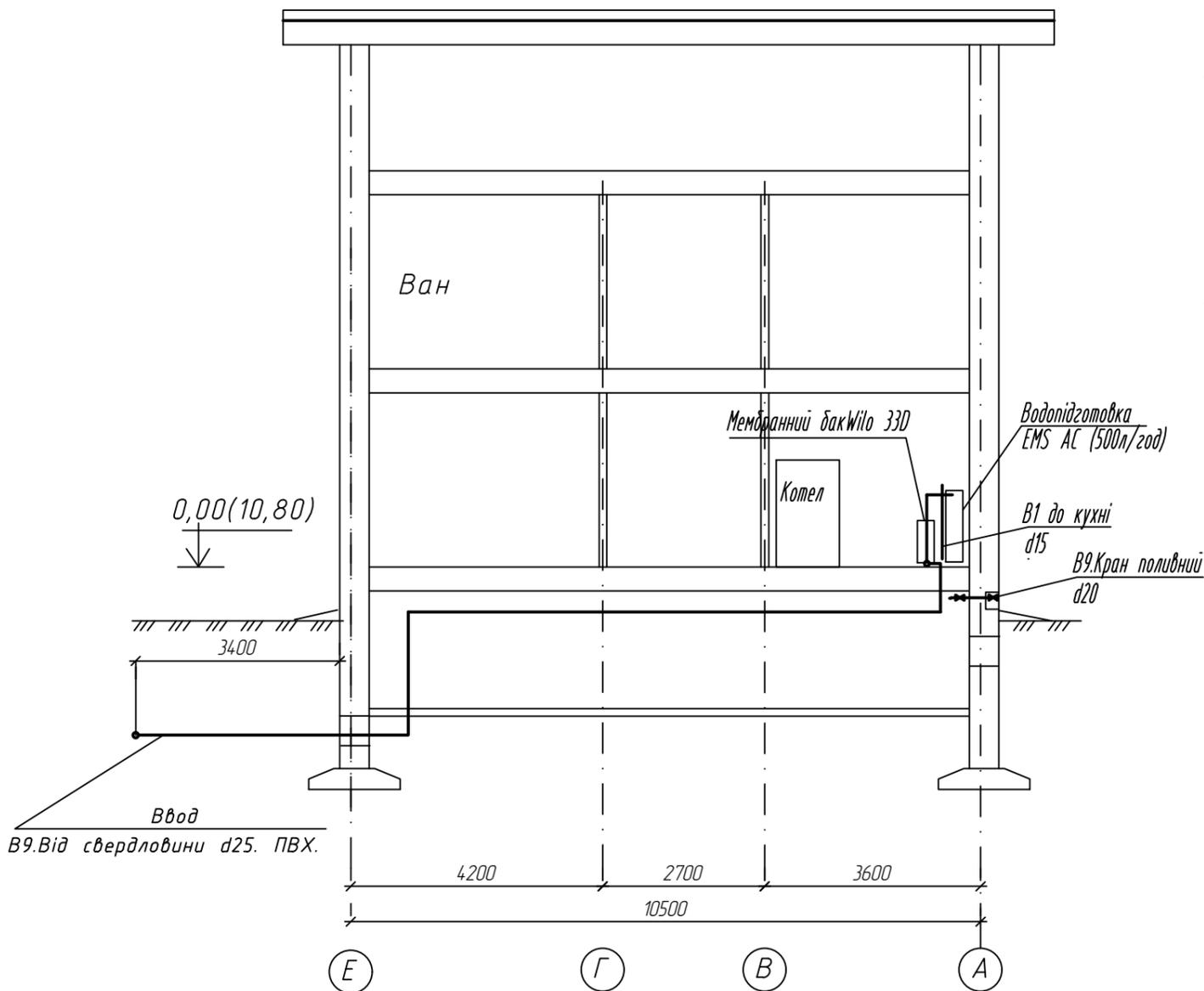
10. Фаренюк Г.Г. Составляющие теплопотерь зданий первых массовых серий и возможности изменения их структуры / Г.Г. Фаренюк // Реконструкція житла. – 2003. - №4. – С. 99 – 102.
11. Табунщиков Ю.А. Энергоэффективные здания / Табунщиков Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В. – М.: АВОК – ПРЕСС, 2003. – 200 с.
12. Самарин О.Д. О комплексной оценке энергоэффективности общественных зданий / О. Д. Самарин, С. А. Казаковцева, К. В. Свиридонов. // Фасадные системы - 2007. - № 1. - С. 22-25.
13. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016. - К.: Мінбуд України, 2006. – 70 с. – (Державні будівельні норми України).
14. Закон України „Про енергозбереження” (74/94-вр) від 01.07.1994р.
15. Закон України від 22.06.2017 року №2118-VIII «Про енергетичну ефективність будівель».
16. Шість кроків до енергоефективності будівель в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ecotown.com.ua/news/SHist-kroktiv-do-enerhoefektyvnosti-budivel-v-Ukrayini/>
17. Практичні поради, як збільшити енергоефективність житла [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vdalo.info/praktichni-poradi-yak-zbilshiti-energoefektivnist-zhitla/>
18. Вікна дерев'яні соснові [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ctd.com.ua/vikna-derevyani-sosnovi>
19. ДБН В 2.2-15-2005 «Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення»
20. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.

		Кириченко			201-нНТ. 9491695.ДП.	Арк.
		Кутний				69
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні показники системи опалення

Найменування будівлі	Об'єм, куб. м	Період року	Витрати теплоти, кВт			
			на опалення	на вентиляцію	на гаряче водопостач.	загальні
Індивідуальний житловий будинок у м. Гадяч	1000	Зима tн.о.= =-23 С	21,6	-	5,6	27,2

Розріз будинку



Загальні вказівки

Робочі креслення виконані згідно діючих норм, правил і стандартів.
Тепломеханічні рішення

Проектом передбачається встановлення для системи опалення та гарячого водопостачання двохконтурного котла марки ISOMAX C28 E+B42 потужністю 28 кВт. Котел працює на природньому газі низького тиску і обладнаний автоматикою безпеки та регулювання.

Для створення циркуляції води в мережі системи опалення встановлені насоси Wilo-StarST25/4 (робочий та резервний).

Для компенсації об'єму внаслідок теплового розширення встановлений компенсатор об'єму TE-50, V=50л.

Система опалення

Система опалення житлового будинку прийнята двохтрудна з нижнім розведенням подаючих та зворотніх металопластикових трубопроводів.

У зимовому саду опалювальними приладами є конвектори КП 20-1,765В ТОВ "Конвектор", у житлових приміщеннях – алюмінієві радіатори італійської фірми "Elegance" моделі EL.500, які обладнані автоматичними регуляторами "Herz".

Розрахунок системи опалення виконані відповідно до вимог ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.

При виконанні робіт потрібно керуватись ДБН 3.05.01-85, ДБН III-4-80**, ДСТУ 12.3.038-85.

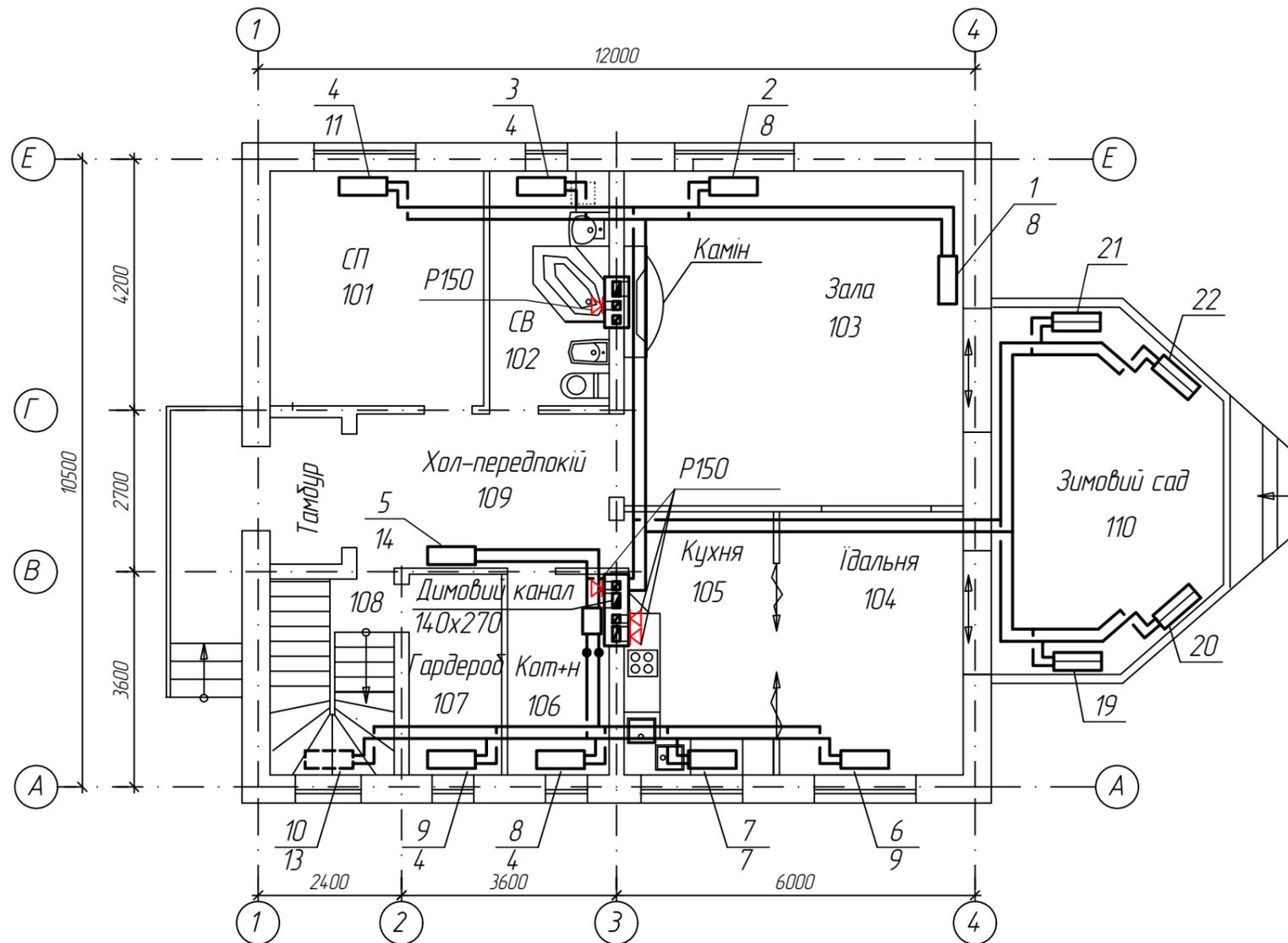
Димовідведення

Відведення димових газів від котла забезпечується індивідуальним димовим каналом розміром 140x270.

						2023	201-пНТ-9491695-ДП		
						Проект енергоефективного 2-х поверхового житлового будинку в м. Гадяч			
Зміна	Кільк	Аркш	Н док.	Підпис	Дата				
Розробив	Кириченко				19.06.	Стадія	Аркш	Аркшів	
Перевірив	Кутний Б.А.				19.06.	П	1	6	
Н.контр.	Кутний Б.А.				19.06.	НУПП ім. Ю.Кондратюка			
Зав. каф.	Голік Ю.С.				19.06.	Аксонаметрична схема системи опалення М1:100			

План 1-го поверху

Характеристика нагрівальних приладів



№ прим.	Назва приміщення	№ прил.	Тип нагрів. приладу	К-сть секцій
101	Спальня	4	EL.500	11
102	Санітарний вузол	3	EL.500	4
103	Зала	1	EL.500	8
		2	EL.500	8
104	Ідальня	6	EL.500	9
105	Кухня	7	EL.500	7
106	Котелня+насосна	8	EL.500	4
107	Гардероб	9	EL.500	4
108	Сходовою клітка	10	EL.500	13
109	Хол-передпокії	5	EL.500	14
		8	EL.500	4
110	Зимовий сад	20, 22	КП 20-1,765В	-
		19, 21	КП 20-1,765В	-

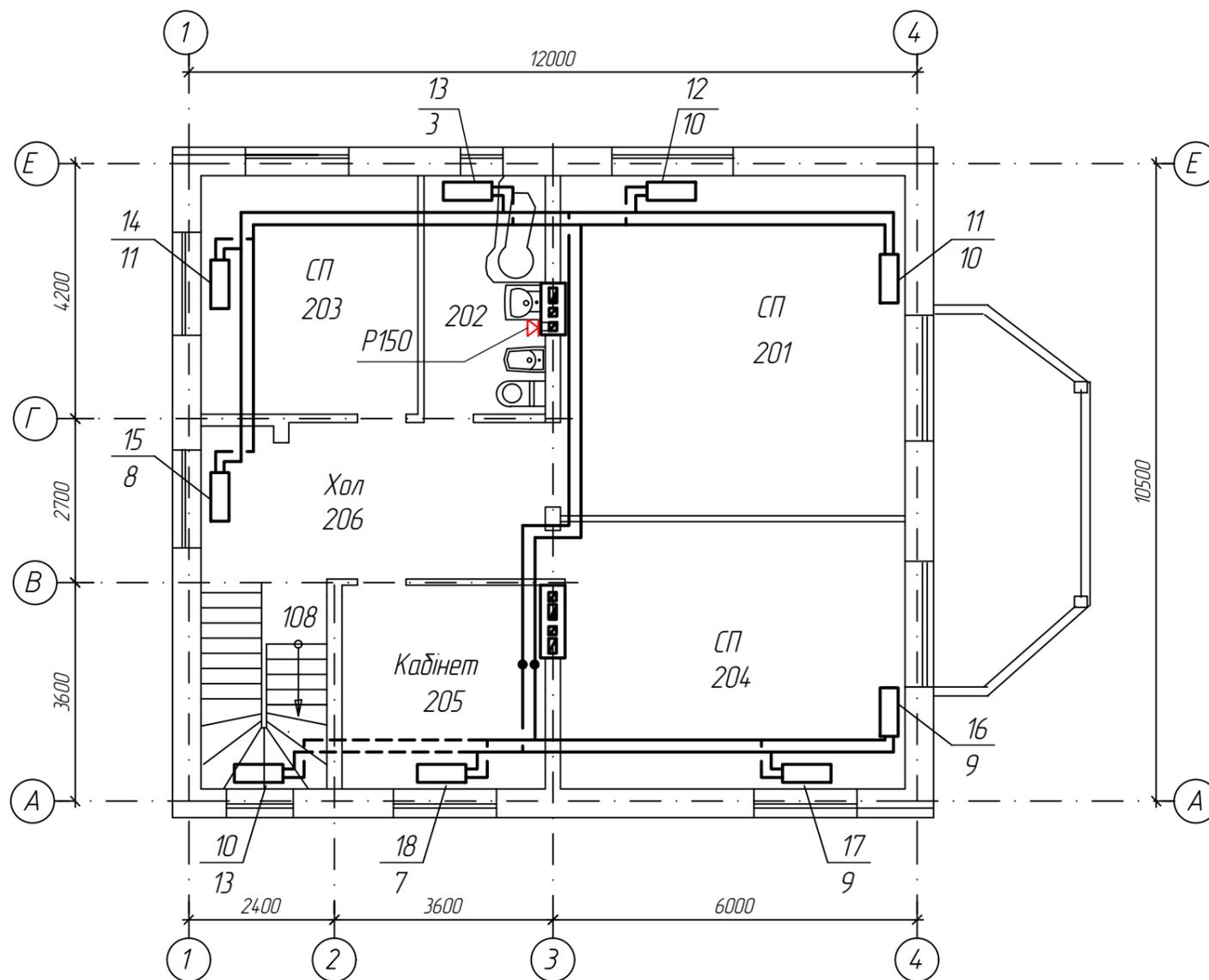
Примітка. Таблицю гідравлічної налагодки системи опалення першого поверху дивись аркуш 4.

Умовні позначення:

- 1 порядковий номер нагрівального приладу
- 8 кількість секцій в опалювальних радіаторах
- конвектор
- котел
- радіатор

					2023	201-пНТ-9491695-ДП		
						Проект енергоефективного 2-х поверхового житлового будинку в м. Гадяч		
Зміна	Кільк	Аркуш	Н док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Кириченко			19.06.	П	2	6
Перевірив		Кутний Б.А.			19.06.			
Н.контр.		Кутний Б.А.			19.06.			
						План 1-го поверху М1:100		
						НУПП ім. Ю.Кондратюка		
Зав. каф.		Голік Ю.С.			19.06.			

План 2-го поверху



Характеристика нагрівальних приладів

№ прим.	Назва приміщення	№ прил.	Тип нагрів. приладу	К-сть секцій
201	Спальня	11	EL.500	10
		12	EL.500	10
202	Санітарний вузол	13	EL.500	3
203	Спальня	14	EL.500	11
204	Спальня	16	EL.500	9
		17	EL.500	9
205	Кабінет	18	EL.500	7
206	Хол	15	EL.500	8

Примітка. Таблицю гідравлічної налашки системи опалення другого поверху дивись аркуш 4.

Умовні позначення:

11 порядковий номер нагрівального приладу

10 кількість секцій в опалювальних радіаторах

 радіатор

					2023	201-пНТ-9491695-ДП		
						Проект енергоефективного 2-х поверхового житлового будинку в м. Гадяч		
Зміна	Кільк	Аркуш	Н док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркцш	Аркцшів
Розробив	Кириченко				19.06.	П	3	6
Перевірив	Кутний Б.А.				19.06.			
Н.контр.	Кутний Б.А.				19.06.			
Зав. каф. Голік Ю.С. 19.06.						План 2-го поверху М1:100		НУПП ім. Ю.Кондратюка

Погоджено

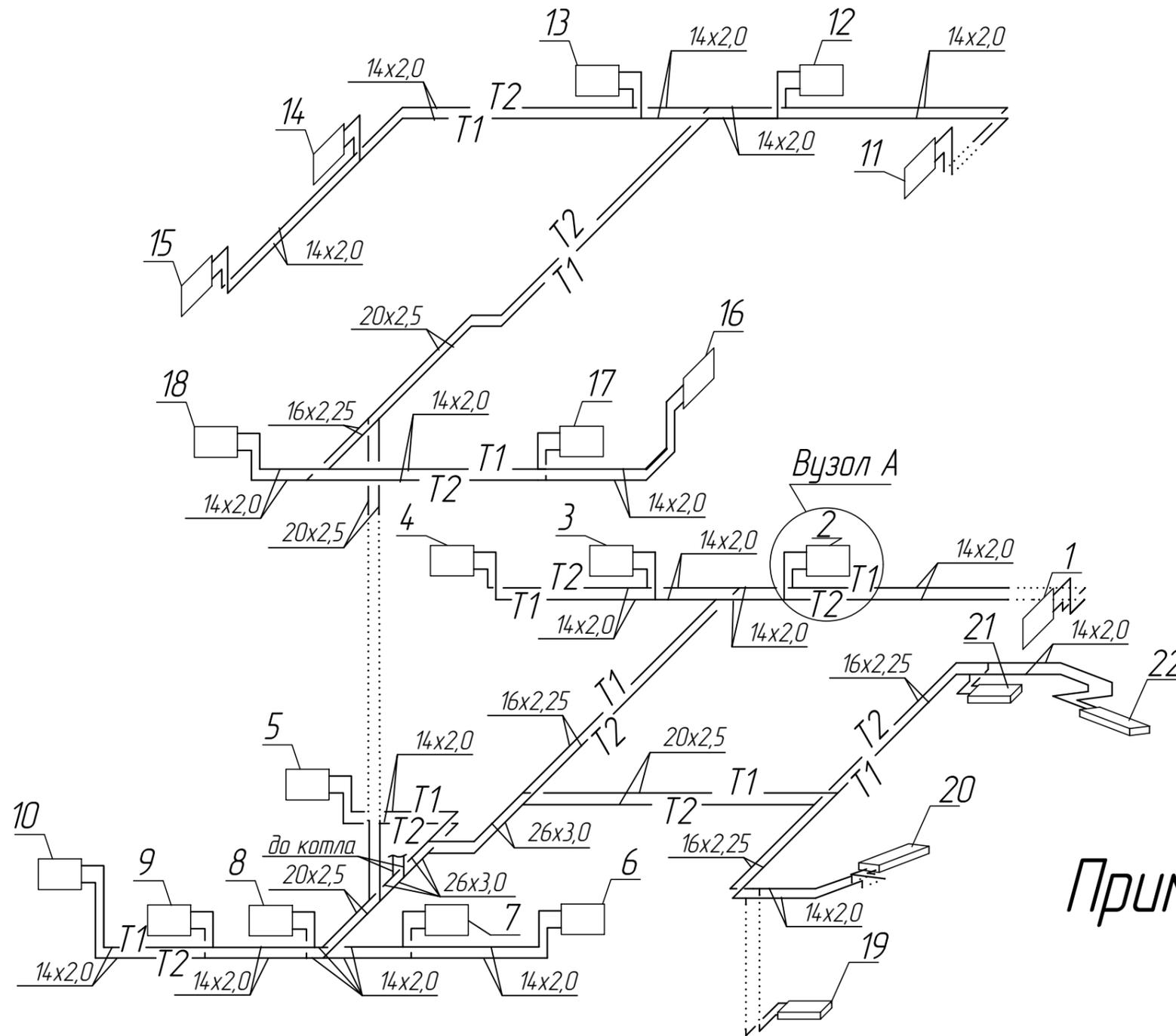
Взам. інв. N

Підпис і дата

Інв. N аркуша

АксонOMETРИЧНА СХЕМА СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

Таблиця гідравлічної налашки СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ



1-й поверх

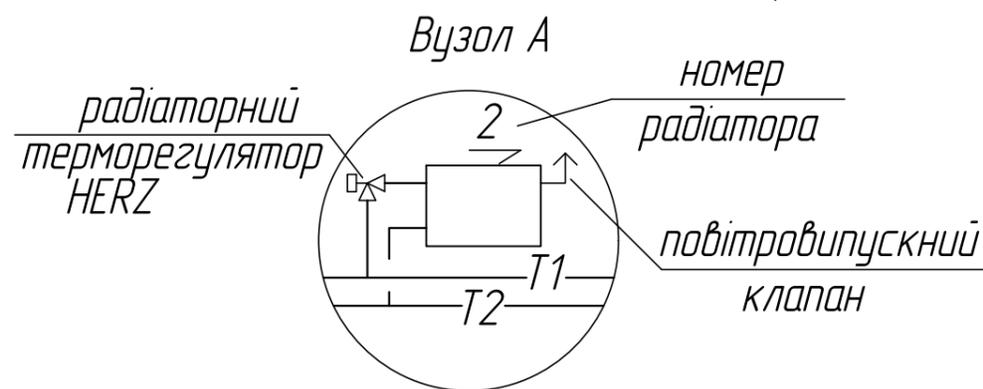
2-й поверх

Порядковий № приладу	Полож. шкали терморегул.
1	4
2	4
3	2
4	5
5	6
6	4
7	4
8	2
9	2
10	5

Порядковий № приладу	Полож. шкали терморегул.
11	5
12	5
13	2
14	6
15	4
16	5
17	5
18	4
19, 21	6
20, 22	6

Примітка.

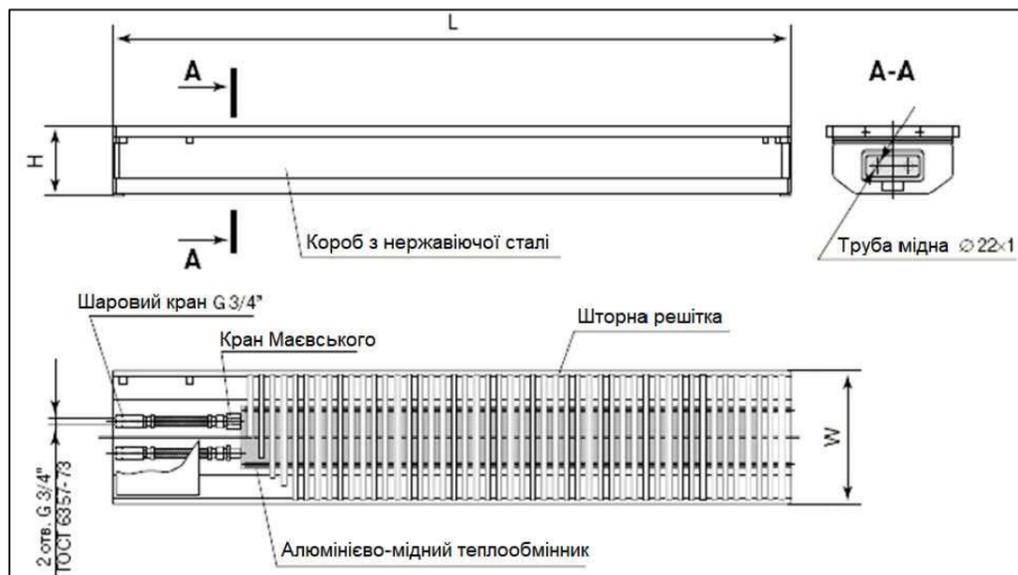
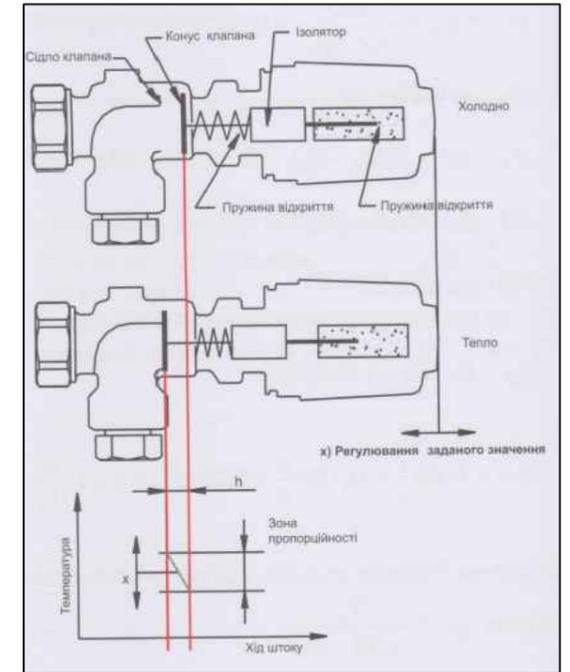
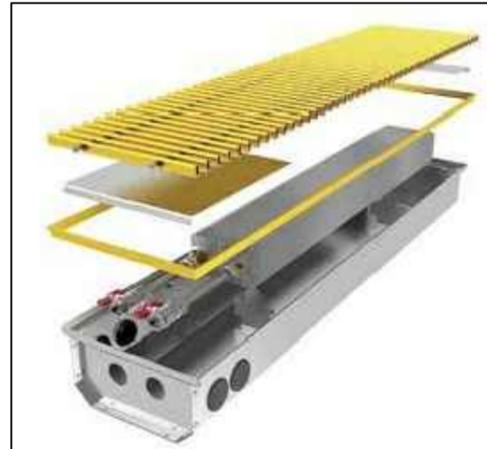
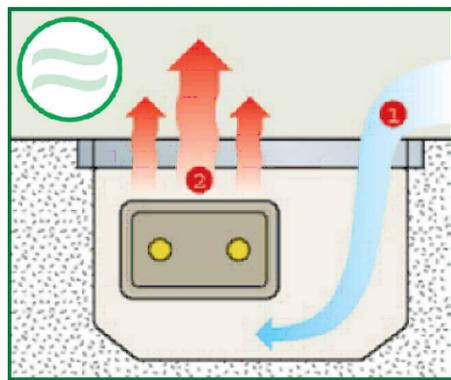
1. Діаметри підводок до нагрівальних приладів прийняті рівними 10 мм.
2. Радіаторні терморегулятори - Herz TS-98-V.



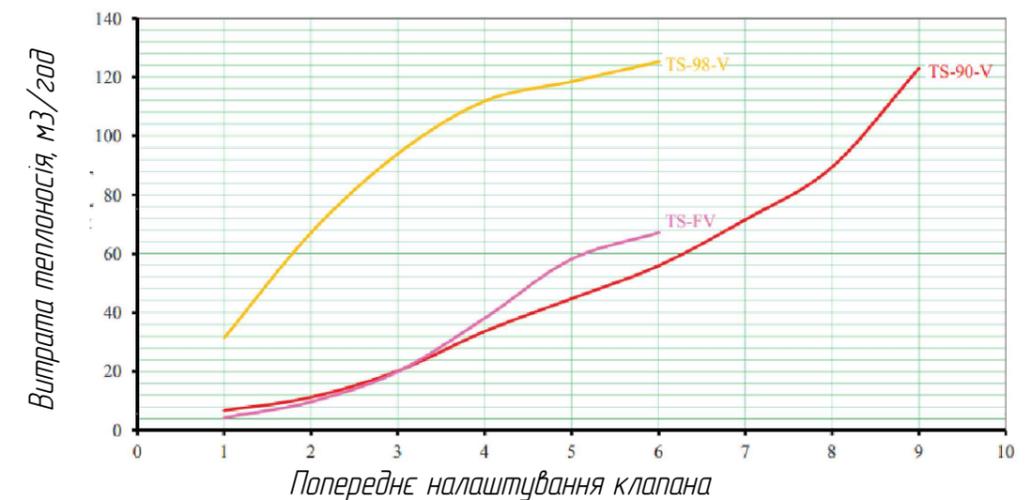
					2023	201-пНТ-9491695-ДП			
					Проект енергоефективного 2-х поверхового житлового будинку в м. Гадяч				
Зміна	Кільк	Аркуш	Н док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів	
Розробив	Кириченко				19.06.	П	4	6	
Перевірив	Кутний Б.А.				19.06.				
Н.контр.	Кутний Б.А.				19.06.				
Зав. каф.	Голік Ю.С.				19.06.	АксонOMETРИЧНА СХЕМА СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ М1:100		НУПП ім. Ю.Кондратюка	

Погоджено			
Взам. інв. Н			
Підпис і дата			
Інв. М аркуша			

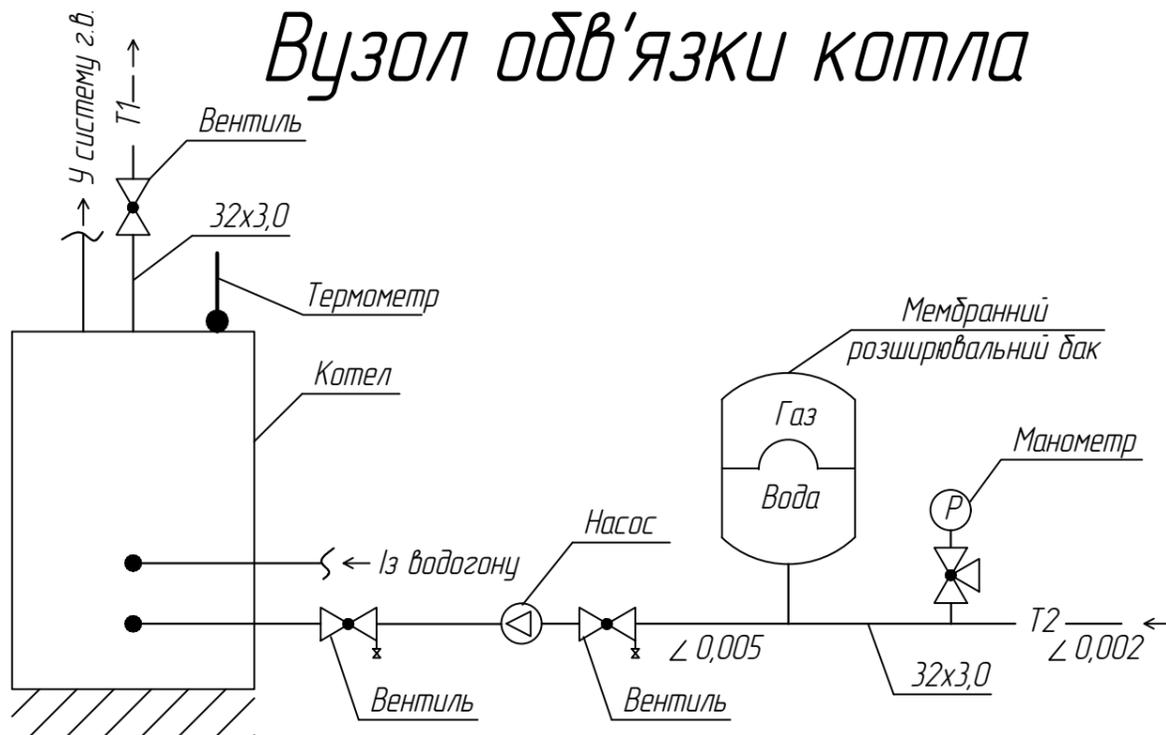
Внутрішньопідлоговий конвектор Термостатичний клапан ГЕРЦ-TS-98-V



Витрата теплоносія через клапан



Вузол обв'язки котла



					2023	201-пНТ.94 916 95.ДП		
						Проект енергоефективного 2-х поверхового житлового будинку в м. Гадяч		
Зміна	Кільк	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркцив
Розробив		Кириченко			19.06.	П	5	6
Перевірів		Кутний Б.А.			19.06.			
Н.контр.		Кутний Б.А.			19.06.			
						Обладнання		НУПП ім. Ю.Кондратюка
Зав. каф.		Голік Ю.С.			19.06.			

Погоджено

Взам. №Б.Н

Підпис і дата

№в. Н.аркуша

Специфікація обладнання

№ прим.	Найменування та технічні характеристики обладнання та матеріалів. Завод-виробник.	Тип, марка обладнання Позначення докум. та № опитлиста	Одиниці вимір.		Код заводу-виробника	Код об'єкт., матеріалів	Ціна одиниці об'єкт., Euro	К-сть	Маса одиниці об'єкт., кг
			Най-мен.	Код					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Котел двокоонтурний, 28 кВт, бойлер 42л. Фірма SAUNIER DUVAL (Франція), постачальник "Альфа-центр"	ISOMAX C28E+B42	шт.	-	-	-	1460	1	-
2	Радіатори алюмінієві. Фірма "Elegance" (Італія), представник - компанія "Три-Т", e-mail: 3t@3t.kharkov.ua.	EL.500.	сек.	-	-	-	-	149	1,4
3	Конвектори ТОВ "Конвектор", Україна e-mail: konvektor@imperial.net.ua.	КП 20-1,765В	шт.	-	-	-	-	4	-
4	Трубопроводи металопластикові PEXAL	32x3,0	м	-	-	-	-	2,0	-
		26x3,0	м	-	-	-	-	8,0	-
		20x2,5	м	-	-	-	-	38,0	-
		16x2,25	м	-	-	-	-	27,0	-
		14x2,0	м	-	-	-	-	148,0	-
5	Терморегулятори "Herz"	Herz TS-98-V	шт.	-	-	-	-	22	-
6	Мембранний розширювальний бак, 50л	TE-50	шт.	-	-	-	40	1	-
7	Насос циркуляційний "Wilo"	Wilo-Star ST 25/4	шт.	-	-	-	-	1	-
8	Вентиль	dy=32 мм	шт.	-	-	-	-	3	-
9	Манометр	-	шт.	-	-	-	-	1	-
10	Повітровипускні крани	-	шт.	-	-	-	-	22	-
11	Термометр	-	шт.	-	-	-	-	1	-

Погоджено

Взам. №Б Н

Підпис і дата

№Б. М. аркуша

					2023	201-пНТ-9491695-ДП		
						Проект енергоефективного 2-х поверхового житлового будинку в м. Гадяч		
Зміна	Кільк	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Кириченко			19.06.	П	6	6
Перевірив		Кутний Б.А.			19.06.			
Н.контр.		Кутний Б.А.			19.06.			
Зав. каф.		Голік Ю.С.			19.06.	Специфікація обладнання		НУПП ім. Ю.Кондратюка

ВИСНОВКИ

У ході роботи над проектом було досліджено сучасну нормативну документацію з енергоефективності, встановлено вимоги до огороджувальних конструкцій та параметрів мікроклімату житлового будинку в м. Гадяч.

Виконано теплотехнічний розрахунок огороджувальних конструкцій та встановлено необхідну товщину утеплювача для стін, підлоги та горищного перекриття для досягнення нормативних вимог ДБН В.2.6-31:2021.

Виконано розрахунок тепловтрат через огороджувальні конструкції.

Проаналізовано види систем опалення та опалювальних приладів.

Законструйовано систему опалення двоповерхового житлового будинку в місті Гадяч та виконано її гідравлічний розрахунок.

Підібрано допоміжне обладнання та розраховано попередні налаштування термостатичних клапанів Herz TS-98-V.