

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(назва факультету)

Кафедра електричної інженерії

(повна назва кафедри)

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

**магістр**

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: ***ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ  
ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ У БУДІВНИЦТВІ***

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи ЕМ<sub>м</sub>-61

спеціальності (напряму підготовки) \_\_\_\_\_

141 «Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка»

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

**Романюк В.В.**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Мовчан Л.Т.

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Коваль В.П.

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Рецензент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2019

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота магістра на тему «Енергоефективність енергозберігаючих технічних рішень у будівництві» містить 110 сторінок основного тексту, 10 рисунки, 16 таблиць та 40 літературних джерел.

**Об'єкт дослідження:** процес енергозбереження в житлових будинках та спорудах.

**Предмет дослідження:** конструкції житлових будинків і споруд.

**Мета роботи:** обґрунтування перспективних напрямів та оцінка енергозберігаючих заходів підвищення теплової ефективності будинків.

У роботі виявлені актуальні на сучасному етапі розвитку будівельної індустрії енергозберігаючі заходи в системах теплоенергозабезпечення і кліматизації будинків, що знов будуються і реконструюються, проведена оцінка потенціалу енергозбереження основних енергозберігаючих заходів.

*Ключові слова:* ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЖИТЛОВИХ БУДИНКАХ, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ЗАХОДИ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>РЕФЕРАТ</b>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		Романюк В.В.					3	
<i>Перевірів</i>		Мовчан Л.Т.						
<i>Консульт.</i>		Мовчан Л.Т.						
<i>Н. Контр.</i>		Коваль В.П.						
<i>Зав каф.</i>		Тарасенко М.Г.				гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ		

## ЗМІСТ

### ВСТУП

РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД .....	10
1.1. Теплова ефективність будинків .....	10
1.2. Сучасні методи підвищення теплової ефективності будинків .....	16
1.3. Розвиток методів оцінки економічної доцільності використання енергозберігаючих заходів. Розвиток методів розрахунку оптимізації теплового захисту будинків .....	20
1.4. Визначення економічної доцільності використання енергозберігаючих заходів .....	31
1.5. Висновки до розділу .....	33
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	35
2.1. Енергозберігаючі заходи підвищення енергоефективності будинків .....	35
2.2. Підвищення теплової ефективності систем опалювання будинків .....	36
2.2.1 Регулювання витрати теплової енергії на окремому опалювальному приладі і пофасадное регулювання.....	36
2.2.2. Використання періодичного опалювання .....	39
2.3. Підвищення ефективності вентиляції .....	44
2.3.1. Забезпечення повітрообміну в будівлях з енергоефективними вікнами.....	44
2.3.2. Автоматично регульована по рівню вологості природна вентиляція .....	47

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>ЗМІСТ</b>		
Розробив	Романюк В.В.						
Перевірів	Мовчан Л.Т.						
Консульт.	Мовчан Л.Т.						
Н. Контр.	Коваль В.П.						
Зав. каф.	Тарасенко М.Г.						
					Літ.	Аркуш	Аркушів
					4		
					гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ		

2.3.3. Механічна вентиляція з рекуперацією повітря .....	52
2.4. Оцінка енергоефективності пасивного житлового будинку в порівняння з класичним .....	56
2.5. Розрахунок надходження теплоти в приміщення будинків .....	62
2.5.1. Розрахунок надходження тепла від людей.....	62
2.5.2. Тепловиділення штучними джерелами світла .....	65
2.5.3. Надходження сонячного тепла у пасивний будинок із врахуванням втрат тепла через вікна .....	67
2.5.4. Надходження тепла від побутових приладів.....	68
2.6. Втрати теплової енергії через вентиляцію .....	69
2.7. Втрати тепла через огорожуючі конструкції .....	72
2.7.1. Тепловтрати через стіни класичного будинку .....	72
2.7.2. Тепловтрати через стелю, підлогу та двері класичного та пасивного будинків.....	73
2.7.3. Розрахунок необхідної товщини теплоізоляційного матеріалу для утеплення пасивного будинку .....	76
2.7.4. Розрахунок кількості додаткової теплової енергії для опалювання класичного будинку .....	78
2.7.5. Економія енергії при переході на будівництво пасивних житлових будинків .....	79
2.8. Висновки до розділу .....	79
РОЗДІЛ 3. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	81
3.1. Створення таблиць у текстовому редакторі Microsoft Word .....	81
3.2. Створення та редагування формул. Робота із функціями в Microsoft Excel .....	83
РОЗДІЛ 4. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	87

4.1. Особливості економічної ефективності енергозберігаючих заходів по підвищенню теплової ефективності будинків .....	87
4.2. Особливості підвищення теплової ефективності систем тепlopостачання будинків .....	88
4.3. Розрахунок економічної ефективності інвестицій при впровадженні пристрою індивідуального теплового пункту .....	90
4.4. Висновки до розділу .....	94
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	95
5.1. Заходи, які зменшують небезпеку виникнення вибухів та пожеж.....	95
5.2. Роль і місце ЦО в загальній системі оборонних заходів .....	98
РОЗДІЛ 6. ЕКОЛОГІЯ .....	100
6.1. Методи очищення викидів в атмосферу.....	100
6.2. Парниковий ефект .....	103
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	105
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

## ВСТУП

**Актуальність теми.** В даний час архітектура і будівництво вступають в новий етап свого розвитку, пов'язаний з підвищенням теплової ефективності будинків. Роботи по підвищенню теплової ефективності розвиваються, з одного боку, з врахуванням попередніх досягнень по енергозбереженню в будівельній галузі, з іншого боку, використовуються новітні інноваційні енергозберігаючі рішення в системах тепlopостачання і кліматизації будинків.

Актуальність енергозбереження в будівельній галузі пов'язана з наступними обставинами:

- збільшуються об'єми будівництва, у зв'язку з цим зростає споживання енергетичних ресурсів;
- особливої значущості набуває проблема екологічної безпеки - зменшення забруднення довкілля в результаті спалювання палива;
- зростає вартість енергетичних ресурсів;
- ставиться завдання доцільного використання енергетичних непоновлюваних ресурсів як сировини для промисловості;
- ставиться завдання збереження ресурсів в аспекті захисту інтересів майбутніх поколінь.

Можна виділити три етапи розвитку поняття «енергозбереження» в будівельній галузі. Після першої енергетичної кризи в кінці 1973 року термін «енергозбереження» означав пошуки простих шляхів зниження витрати енергії на тепlopостачання і кліматизацію будинків. На початку 1990-х років цей термін мав на увазі вибір таких енергозберігаючих технологій, які одночасно сприяли підвищенню якості мікроклімату в приміщеннях. В даний час термін «енергозбереження» пов'язаний з поняттям «Sustainable building»,

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>ВСТУП</b>	<i>Лім.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		Романюк В.В.					7	
<i>Перевірів</i>		Мовчан Л.Т.						
<i>Консульт.</i>		Мовчан Л.Т.						
<i>Н. Контр.</i>		Коваль В.П.						
<i>Зав каф.</i>		Тарасенко М.Г.						
						гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ		

тобто з будівництвом таких будинків, які забезпечують високу якість місця існування людей, екологічну безпеку, збереження природного довкілля, оптимальне споживання поновлюваних джерел енергії і можливість повторного використання будівельних матеріалів і водних ресурсів.

При цьому впровадження енергозберігаючих рішень в масове будівництво має бути економічно обгрунтоване. Інакше у інвестора не буде зацікавленості у вкладенні засобів в енергозбереження в будинках. У зв'язку з цим виникає необхідність оцінити ефективність енергозберігаючих заходів з економічних позицій. Крім того, виникає необхідність виявлення найбільш перспективних маловитратних напрямів підвищення теплової ефективності для сучасного будівництва і, в першу чергу, при реконструкції існуючих будинків.

**Об'єкт дослідження:** процес енергозбереження в житлових будинках та спорудах.

**Предмет дослідження:** Конструкції житлових будинків і споруд.

Саме тому **метою роботи** є обгрунтування перспективних напрямів та оцінка енергозберігаючих заходів підвищення теплової ефективності будинків.

Для досягнення вказаної мети вирішені наступні *завдання*:

- Проведений аналіз поняття «Теплова ефективність будинку» і розглянуті методи оцінки теплової ефективності.
- Виявлені актуальні на сучасному етапі розвитку будівельної індустрії енергозберігаючі заходи в системах теплоенергозабезпечення і кліматизації будинків, що знов будуються і реконструюються, проведена оцінка потенціалу енергозбереження основних енергозберігаючих заходів..
- виявлені шляхи підвищення теплової ефективності систем опалювання будинків, систем вентиляції;
- проведено оцінку енергоефективності пасивного житлового

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

будинку в порівняння з класичним;

- проведено розрахунок енергетичних втрат через огорожуючі конструкції.

#### **Наукова новизна отриманих результатів:**

Встановлено, що підвищення теплової ефективності будинків повинне ґрунтуватися на системному аналізі будинку як єдиної енергетичної системи, а просте «підсумовування» незалежних інноваційних рішень порушує принципи системності і може привести до втрати теплової ефективності проекту, з чого виходить, що істотна економія енергоресурсів може бути досягнута лише при впровадженні комплексу енергозберігаючих заходів.

#### **Практичне значення отриманих результатів:**

Розглянуті напрями підвищення теплової ефективності будинків та результати розрахунку ефективності їх впровадження дозволять ще на стадії проектування спрогнозувати енергетичні затрати на експлуатацію будинку та більш точно розрахувати системи акліматизації.

**Апробація результатів роботи.** Окремі результати роботи доповідались на Міжнародній студентській науково-технічній конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 25-26 квітня 2019 року. ТНТУ, 2019 р.

**Структура роботи.** Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 6 частин, висновків та переліку посилань. Об'єм роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 110 арк. формату А4, графічна частина – аркушів презентації.

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



# РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

## 1.1. Теплова ефективність будинків

Вимоги по підвищенню теплової ефективності будинків, які є основним кінцевим споживачем енергії, стають одними з важливих складових законодавства в більшості країн світу. Ці вимоги розглядаються перш за все з точки зору безпеки нації, охорони довкілля, як засобу забезпечення раціонального використання непоновлюваних природних енергетичних ресурсів і скорочення виділень двоокису вуглецю і інших шкідливих речовин в атмосферу.

Поняття «Теплова ефективність будинку» набуло широкого поширення у вітчизняній і зарубіжній літературі, починаючи з середини 1970-х років, в період «енергетичної кризи», коли розвернулися великомасштабні інтенсивні дослідження по виявленню ефективних шляхів економії енергії, що витрачається на теплопостачання будинків.

У [1] вказано, що поняття «Теплова ефективність будинку» включає наступні чинники:

- нормативні вимоги до теплозахисних властивостей зовнішніх захистних конструкцій і рішень кліматичної системи;
- проектні рішення архітектурно-будівельної частини будинку, системи опалення, вентиляції і їх автоматизацію;
- рівень технічної експлуатації будинку і системи теплопостачання.

Таким чином, теплова ефективність будинку визначається комплексом

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>РОЗДІЛ 1.</b>	<i>Лім.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Романюк В.В.</i>					10	
<i>Перевірів</i>		<i>Мовчан Л.Т.</i>						
<i>Консульт.</i>		<i>Мовчан Л.Т.</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Коваль В.П.</i>						
<i>Зав каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>			<i>гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ</i>			

архітектурних, конструктивно-планувальних і інженерних рішень, що забезпечують нормований тепловий і повітряний режим в приміщеннях при певних витратах теплової енергії.

*Кількісним показником теплової ефективності будинку є витрати теплової енергії на його обігрівання і охолодження. Для того, щоб можна було зіставляти між собою рівень теплової ефективності різних будинків, необхідно витрати теплової енергії на обігрів і охолодження будинку віднести до об'єму будинку або до величини загальної корисної площі будинку, або до площі зовнішніх захисних конструкцій будинку тощо, тобто ввести поняття питомої теплової ефективності будинку. У вітчизняній практиці прийнятий термін «питома тепла характеристика будинку». У нормативних документах використовуються також такі показники, як «питома витрата теплової енергії системою опалювання за опалювальний період» і «питоме теплоспоживання опаленням і вентиляцією за опалювальний період». Тут має місце та обставина, що, залежно від характерних розрахункових періодів, і відповідно, розрахункової температури, питома тепла характеристика може бути використана для оцінки теплового захисту будинку, максимального годинного навантаження на систему опалювання, споживання теплової енергії за опалювальний період тощо. Питома тепла ефективність будинку може бути віднесена як до опалювального періоду (або періоду охолодження), так і до деякої одиниці часу (наприклад, до доби опалювального періоду). Це дозволяє порівнювати теплову ефективність будинків, побудованих в районах з різною температурою і тривалістю опалювального періоду (або періоду охолодження). Розглянемо вміст показників, приведений в різних роботах.*

У роботах [2] і [3] вказується, що для теплотехнічної оцінки об'ємно-планувальних і конструктивних рішень і для орієнтовного розрахунку тепловтрат будинку використовується показник - *питома тепла характеристика будинку*  $q$ , Вт/(м<sup>3</sup>°C), яка знаходиться за формулою (1.1):

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

$$q = \frac{Q}{V \cdot \Delta t}, \quad (1.1)$$

де  $Q$  - розрахункові тепловтрати через зовнішні огороження всіма приміщеннями будинку (без врахування фільтрації повітря), Вт;  
 $V$ - об'єм будинку по зовнішньому периметру (опалювальний об'єм будинку), м<sup>3</sup>;  
 $\Delta t$  - розрахункова різниця температури для основних приміщень будинку °С.

Замість опалювального об'єму розрахункові тепловтрати можуть бути віднесені до опалювальної площі будинку. В цьому випадку розмірність питомої теплової характеристики складатиме Вт/(м<sup>2</sup>°С).

Таким чином, величина  $q$ , Вт/(м<sup>3</sup>°С) або Вт/(м<sup>2</sup>°С), визначає середні тепловтрати 1 м<sup>3</sup> або 1 м<sup>2</sup> будинку, віднесені до розрахункової різниці температури 1 °С. Дана характеристика дозволяє теплотехнічно оцінити можливі конструктивно-планувальні рішення будинку. Оскільки тепловтрати через зовнішні огороження розраховуються без врахування фільтрації повітря, тобто

$$Q = \Delta t \sum_i \frac{A_i}{R_{0i}} \quad (1.2)$$

то формулу (1.1) можна записати у вигляді

$$q = \frac{\sum_i \frac{A_i}{R_{0i}}}{V}, \quad (1.3)$$

де  $A_i$  - площа  $i$ -тої захисної конструкції будинку, м<sup>2</sup>;  
 $R_{0i}$  - опір теплопередачі  $i$ -тої захисної конструкції будинку, м<sup>2</sup>°С/Вт.

З формули (1.3) виходить, що величина питомої теплової характеристики будинку залежить від відношення площі зовнішніх захисних конструкцій до об'єму будинку (показнику компактності), теплозахисних

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

характеристик і площі зовнішніх захисних конструкцій, а також призначення, поверховості, форми будинку, міри заскління, району будівництва.

Значення питомої теплової характеристики може бути використане для приблизного підрахунку тепловтрат будинку через зовнішні захисні конструкції за рахунок теплопередачі, тобто дозволяє оцінити тепловий захист будинку. У [2, 3] вказано, що спроби використовувати дану характеристику для розрахунку опалювального навантаження приводять до значних похибок в розрахунку, оскільки при розрахунку опалювального навантаження повинні враховуватися, окрім тепловтрат через зовнішні захисні конструкції за рахунок теплопередачі, і витрата тепла на нагрівання інфільтрованого повітря, а також теплопоступлення за рахунок внутрішніх (побутових і технологічних) тепловиділень і теплопоступлення з сонячною радіацією. Для визначення розрахункового опалювального навантаження замість питомої теплової характеристики пропонується використовувати повніший показник  $q_{om}$  що знаходиться за формулою:

$$q_{om} = \beta(q_{озр} + q_i - q_{mex} - q_{c.p.}), \quad (1.4)$$

де  $\beta$  - поправочний коефіцієнт, що враховує неминучі втрати тепла арматурою, трубопроводами тощо, системи опалювання;

$q_{озр}$  - питомі тепловтрати через огороження за рахунок теплопередачі;

$q_i$  - питома витрата тепла на нагрів інфільтрованого повітря;

$q_{mex}$  - питомі внутрішні (побутові і технологічні) тепловиділення;

$q_{c.p.}$  - питомі теплопоступлення за рахунок сонячної радіації.

Таким чином, даний показник за своїм змістом дозволяє оцінити теплову ефективність будинку в цілому, оскільки враховує як тепловий захист, так і об'ємно-планувальні рішення будинку, ефективність вентиляції тощо.

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Методика визначення теплових навантажень для існуючих будинків, новобудов, за укрупненими показниками приведені в довідкових посібниках [4]. Тут як укрупнений показник приймається питома тепла характеристика  $q$ , ккал/(год.м<sup>3</sup>,°С), причому розділяється питома тепла характеристика для опалювання і вентиляції. Для житлових будинків питома тепла характеристика для вентиляції приймається рівною нулю. Для житлових будинків значення питомої теплової характеристики для опалювання за даними [5] приведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Питома тепла характеристика житлових будинків

Об'єм будинку $V_n$ , м <sup>3</sup>	Питома тепла характеристика для опалювання $q$ , Вт/(м <sup>3</sup> °С)
до 3000	0,49
5000	0,44
10000	0,38
15000	0,36
20000	0,34
25000	0,33
30000	0,31
більше 30000	0,30

По даній методиці максимальна годинна витрата теплової енергії на опалювання і вентиляцію  $Q$ , ккал/год, визначається за формулою:

$$Q = [aq_0(t_{\text{вн}} - t_n^0) + q_v(t_{\text{вн}} - t_n^v)]V_n, \quad (1.5)$$

де  $a$  - коефіцієнт, що враховує зміну питомої теплової характеристики залежно від розрахункових умов (розрахункових температур зовнішнього повітря);

$q_0, q_v$  - питомі теплові характеристики відповідно для опалювання і вентиляції, ккал/(год.м<sup>3</sup>,°С);

$t_{\text{вн}}$  - температура повітря всередині приміщення °С;

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

$t_n^0, t_n^e$  - розрахункові температури зовнішнього повітря відповідно для проектування опалювання і вентиляції, °С;

$V_n$  - будівельний об'єм будинку, м<sup>3</sup>.

У даних роботах не розглядався випадок, коли будинок обладнано системою кондиціонування повітря. В цьому випадку питома теплова характеристика може бути використана також і для оцінки навантаження на систему кондиціонування повітря. При цьому враховується, що в даному випадку вплив внутрішніх тепловиділень і теплопоступлень з сонячною радіацією негативний, тому в розрахункову формулу ці величини входять із зворотним знаком. У [6] дано визначення питомої теплової характеристики будинку,  $q$ , Вт/м<sup>2</sup>, як відношення витрат теплової енергії на опалювання або охолодження будинку до величини загальної корисної площі (або об'єму) будинку:

$$q = \frac{Q}{F_0}, \quad (1.6)$$

де  $Q$  - необхідна кількість теплової енергії для опалювання або охолодження будинку, Вт, обчислюється як сума тепловтрат (теплопоступлень) через зовнішні захисні конструкції з врахуванням інфільтрації, тепловтрат за рахунок вентиляції, з врахуванням теплопоступлень від сонячної радіації;

$F_0$  - загальна корисна площа будинку, м<sup>2</sup>.

Питома теплова характеристика, розрахована по даній методиці, дозволяє оцінити не лише теплозахисні показники захисних конструкцій будинку але і теплову ефективність будинку в цілому. Оскільки дана характеристика визначаються з врахуванням теплопоступлення від сонячної радіації, а для будинків з однаковими загальними площами зовнішніх захисних конструкцій або з однаковими опалювальними об'ємами вклад

									Арк.
									15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ				

сонячної радіації в тепловий баланс будинку залежить від його орієнтації, форми і співвідношення площ зовнішніх огорожень, то, як показано в [1], витрата теплової енергії на опалювання або охолодження будинку, може бути зменшена за рахунок вибору орієнтації, форми і розмірів будинку так, щоб дія сонячної радіації на оболонку будинку була оптимальною. Враховуючи, що, як правило, вплив сонячної радіації на тепловий баланс будинку в холодний час року є позитивним, а в теплу пору року - негативним, вибір орієнтації, форми і розмірів будинку повинен здійснюватися з врахуванням мети, яку треба досягти: зменшення витрат енергії на опалювання або зменшення витрат енергії на охолодження будинку. Орієнтація будинку також впливає на тепловий баланс через вплив вітру. Для чого потрібно, при проектуванні будинку враховувати розу вітрів.

У роботі [6] також показано, що для кожного будинку із заданою загальною площею або об'ємом і номінальних значеннях теплового захисту захисних конструкцій має місце абсолютно мінімальне значення питомих тепловтрат (теплопоступлень), яке досягається за рахунок оптимального врахування впливу сонячної радіації і вітру на тепловий баланс будинку. Якщо орієнтація і форма будинку оптимальним чином враховують теплоенергетичну дію зовнішнього клімату, має місце мінімальна питома тепла характеристика будинку. Порівнюючи питому теплову характеристику проєктованого будинку з мінімальною питою тепловою характеристикою, можна оцінити теплову (енергетичну) ефективність проєктного рішення.

## 1.2. Сучасні методи підвищення теплової ефективності будинків

Мета підвищення теплової ефективності будинків полягає в ефективнішому використанні енергоресурсів, що витрачаються на енергопостачання будинку, шляхом використання інноваційних рішень, які можливо здійснити технічно, обґрунтовані економічно, а також прийнятні з

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

екологічної і соціальної точок зору та не змінюють звичного способу життя. При цьому важливо враховувати, що пріоритет при виборі енергозберігаючих технологій мають технічні рішення, які одночасно сприяють покращенню мікроклімату приміщень і захисту довкілля [7].

Можна виділити три етапи розвитку поняття «енергозбереження» в будівельній галузі. Після першої енергетичної кризи в кінці 1973 року термін «енергозбереження» означав пошуки простих шляхів зниження витрати енергії на теплопостачання і кліматизацію будинків. На початку 1990-х років цей термін мав на увазі вибір таких енергозберігаючих технологій, які одночасно сприяли підвищенню якості мікроклімату в приміщеннях. В даний час термін «енергозбереження» пов'язаний з поняттям «Sustainable building», тобто з будівництвом таких будинків, які забезпечують високу якість середовища існування людей, екологічну безпеку, збереження природного довкілля, оптимальне використання поновлюваних джерел енергії і можливість повторного використання будівельних матеріалів і водних ресурсів.

У світовій практиці на сучасному етапі розвитку будівельної галузі відома безліч напрямів підвищення теплової ефективності будинків. Часто ці напрями, крім зниження енергоспоживання, забезпечують високу якість середовища існування людини і підвищення екологічної безпеки. Серед цих напрямів - широке використання поновлюваних (альтернативних) джерел теплової і електричної енергії для тепло- і енергопостачання будинків:

– тепло сонячної радіації за допомогою сонячних колекторів і фотоелектричних панелей, використання низькопотенціального тепла (у тому числі низькопотенціальне тепло землі) за допомогою теплонасосних установок (ТНУ), вітрова енергетика;

– архітектурні рішення, серед яких вибір форми будинку, розташування світлових отворів і сонцезахисних пристроїв;

– широке використання природного освітлення; використання нових

					<i>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17



зовнішніх захисних конструкцій, у тому числі світлопрозорих;

–використання систем опалення, вентиляції і кондиціонування повітря, що забезпечують зниження енергоспоживання і високу якість мікроклімату: інноваційні способи організації природної вентиляції, регульована механічна вентиляція з утилізацією теплоти повітря, яке видаляється, комбіновані системи кліматизації;

–інтелектуалізація будинку.

В світі за період з 1974 року по теперішній час накопичений колосальний потенціал енергозберігаючих рішень. В той же час будівництво в нашій країні значно відрізняється від будівництва в розвинених західних країнах відсутністю великого малоповерхового (коттеджного) будівництва, індустріалізацією технічних рішень для багатоповерхових будинків. Можна виділити наступні основні характерні особливості систем тепlopостачання і кліматизації будинків в нашій країні:

–Централізоване тепlopостачання;

–Однотрубні системи водяного опалення;

–Природна вентиляція.

Тому проведене нами вивчення і узагальнення літературних джерел показує, що серед безлічі відомих в світовій практиці напрямів підвищення теплової ефективності будинків представляється можливим виділити наступні напрями, найбільш актуальні для сучасного етапу розвитку будівельної індустрії в нашій країні:

1. Зміна схеми централізованого тепlopостачання, пов'язана з відмовою від використання центральних теплових пунктів (ЦТП) і впровадженням індивідуальних теплових пунктів (ІТП). В результаті такої зміни схеми централізованого тепlopостачання з'являється можливість регулювання і обліку теплоспоживання на кожному конкретному об'єкті;

2. Зниження витрат енергії на систему кліматизації приміщень за рахунок вдосконалення систем опалення:

					<i>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

–регулювання витрати теплової енергії на окремому опалювальному приладі відповідно до об'ємно-планувальних рішень приміщення і теплового захисту захисних конструкцій, режиму експлуатації і фактичних значень зовнішньої температури, швидкості і напрямки вітру, тобто з врахуванням фактичного теплового балансу приміщення;

–використання періодичного опалювання, тобто пониження температури внутрішнього повітря нижче за нормативне значення протягом частини доби, що допускається в таких будинках, як адміністративні, школи, театри і т. д.;

3. Зниження витрат енергії на підігрівання вентиляційного повітря при одночасному підвищенні якості мікроклімату за рахунок використання механічних, природних або гібридних регульованих систем вентиляції;

4. Оптимальне використання позитивного і мінімізація негативного впливу зовнішнього клімату в тепловому балансі будинку.

Ще один з можливих напрямів економії енергії в будівництві - оптимізація теплового захисту захисних конструкцій. Глибокі дослідження в цій області виконані Г. С. Івановим [8] і В. Г. Гагаріним [9]. Ці дослідження показали, що при вартості теплової енергії, вартості теплоізоляційних матеріалів, підвищення рівня теплового захисту не окупається, і в даній роботі ці питання детально не розглядаються. Також не розглядається такий перспективний напрям економії енергії в будівельній галузі, як використання нетрадиційних поновлюваних джерел енергії.

Слід відзначити, що підвищення теплової ефективності будинків повинне ґрунтуватися на системному аналізі будинку як єдиної енергетичної системи [6]. Просте «підсумовування» незалежних інноваційних рішень порушує принципи системності і приводить до втрати теплової ефективності проекту. З цього випливає, що істотна економія енергоресурсів може бути досягнута лише при впровадженні комплексу енергозберігаючих заходів. Так, наприклад, при встановленні в будинку авторегульованої вентиляції

					<i>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

економія енергоресурсів може бути досягнута лише в разі використання одночасно з регульованою вентиляцією і регульованої системи опалення, оскільки при зниженні тепловтрат за рахунок вентиляційного повітрообміну необхідно відповідно зменшити тепловіддачу опалювальних приладів. Інакше можливий перегрів приміщень. У свою чергу, пристрій регульованої системи опалення вимагає спеціальних технічних рішень по тепlopостачанню будинків тощо.

### **1.3. Розвиток методів оцінки економічної доцільності використання енергозберігаючих заходів. Розвиток методів розрахунку оптимізації теплового захисту будинків**

Один з можливих напрямів економії енергії в будівельній галузі – економічна оптимізація теплового захисту захисних конструкцій, що полягає в забезпеченні мінімальних витрат на зведення і експлуатацію зовнішніх огорожень. Повніший огляд вітчизняного і зарубіжного досвіду проектування теплового захисту будинків з врахуванням мінімальних витрат на її встановлення і експлуатацію узагальнений І. Н. Бутовським, Ю. А. Табунщиковим і Е. І. Рибаловим в роботі «Оптимизация теплозащиты зданий» [10].

Відповідно до цього огляду, оптимізація теплового захисту будинків є комплексним завданням, ефективне вирішення якого залежить від правильного обліку різних факторів: обліку витрат теплової енергії на виготовлення теплоізоляційних матеріалів і захисних конструкцій, аналізу витрат, пов'язаних з встановленням системи тепlopостачання будинків, вплив якості будівництва на дійсні тепловтрати через зовнішні захисні конструкції.

Спорудження будинків з високим тепловим захистом приміщень від зовнішніх кліматичних дій є раціональним з точки зору зменшення витрат на

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

опалювання. Проте збільшення теплового опору захисних конструкцій завжди супроводжується підвищенням їх вартості, тобто зменшення витрат на опалювання або охолодження приміщень пов'язане з підвищенням вартості спорудження будинку. Отже, тепловий опір захисних конструкцій повинен визначатися з врахуванням вартості як самих конструкцій, так і витрат, пов'язаних з підтримкою температури в приміщеннях.

Питання економічної оцінки теплоізоляції зовнішніх огорожень в СРСР почали займатися досить давно. Перша згадка з цього питання у вітчизняній літературі радянського періоду відноситься до 1924 р. Проф. В. М. Чаплін зробив спробу встановити економічно доцільну товщину цегельної стіни.

Наочний приклад підходу до питання оптимізації теплового захисту будинку, що відображає суть економічної оптимізації в матеріальному вираженні, показаний Л. К. Юргенсоном, який розглядає дерев'яний житловий будинок, опалювальний дровами, тобто в даному випадку зведення огорожень і опалювання будинку здійснюється за допомогою одного і того ж матеріалу. Це дозволило при спрощеному підході до розрахунку (без врахування всіх витрат на зведення обгороджування і опалювання будинку) замінити грошові витрати на створення оптимальної товщини теплоізоляції оптимальним значенням витрати деревини. Для цього витрата деревини на огороження і опалювання приведена до 1 м<sup>2</sup> стіни. Зокрема, показано, що при терміні служби огорожень 10 років найбільш економічною виявляється дерев'яна стіна завтовшки 400 мм.

Вихідним основоположним принципом оптимізації теплового захисту будинків є мінімум приведених витрат, що є сумою необхідних капітальних вкладень і експлуатаційних витрат протягом нормативного терміну окупності капітальних вкладень або сумою капітальних і експлуатаційних витрат, приведених до одного року експлуатації будинку.

					<i>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Аналізуючи структуру приведених витрат (повних річних витрат) стосовно 1 м<sup>2</sup> зовнішньої захисної конструкції і враховуючи, що із збільшенням товщини огорожень капітальні витрати збільшуються пропорційно товщині, О. Е. Власов отримав формулу для визначення економічно доцільного опору теплопередачі, тобто опору теплопередачі конструкції для випадку, коли товщина ізолюючого шару буде оптимальною [11].

Було показано, що чим вище опір теплопередачі стіни, тим менше економічна ефективність додаткового її утеплення. Так, додаткове утеплення стіни в одну цеглину мінеральними матами товщиною 6 см дозволяло в тих економічних умовах заощадити 0,94 руб./м<sup>2</sup> у рік, додавання другого шару 0,08 руб./м<sup>2</sup>, третього - 0,04 руб./м<sup>2</sup>, четвертий шар не дає економічного ефекту.

Аналітичне вирішення оптимізації теплового захисту запропоноване О. Е. Власовим, послужило основою методики визначення економічно доцільного теплового опору і товщини теплоізоляційного шару захисних конструкцій запропонованої в СНіП П-3-79 «Будівельна теплотехніка».

У вітчизняних будівельних нормах проектування по будівельній теплотехніці основним критерієм призначення товщини зовнішніх огорожень були їх теплозахисні властивості. З часом вимоги до їх теплового захисту постійно ускладнювалися і все більше диференціювалися.

Так, згідно «Технічним умовам і нормам теплотехнічного розрахунку захисних конструкцій і систем опалювання в цивільному будівництві» (1930 р.) територія СРСР розбита на чотири широтні райони, для яких опір теплопередачі встановлювався не нижче наступних граничних величин: I район - 1,1; II - 0,95; III - 0,8; IV - 0,6 м<sup>2</sup>°С/Вт.

За даними ЦБС Главстройпрома НКТП (1938 р.), в зовнішніх обгороджуваннях житлових і суспільних будинках, що зводяться, повинні

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

були застосовуватися конструкції, що мають опір теплопередачі не нижче наступних мінімальних норм, вказаних в таблиці. 1.2.

За «Тимчасовими технічними умовами на проектування опалювання і вентиляції багатоповерхових будинків в Москві» (ВТ-104-49) необхідний опір теплопередачі встановлювався для зовнішніх стін з полегшеної цегли, керамічних і легкобетонних блоків не менше  $1,0 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$ , для багатошарових зовнішніх стін із застосуванням ефективних утеплювачів - не менше  $1,3 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$ , при цьому наголошувалося, що «граничне, максимальне значення опору теплопередачі визначається економічним розрахунком».

Таблиця 1.2

Опір теплопередачі,  $\text{м}^2\text{°C/Вт}$

Захисні конструкції	Температура зовнішнього повітря °С				
	-10	-20	-30	-40	-50
Зовнішні стіни	0,6	0,8	0,95	1,1	1,3
Горищні перекриття	0,9	1,1	1,35	1,55	1,9
Підлоги над неопалювальними підвалами	0,8	1,05	1,35	1,65	1,9
Перекриття над проїздами	1,05	1,45	1,9	2,15	2,6

У СНіП II-A.7-62 «Будівельна теплотехніка» рекомендувалося величину  $R_o^{TP}$ , визначену з санітарно-гігієнічних вимог, уточнювати економічним розрахунком, методичні основи якого були викладені в «Посібнику з проектування захисних конструкцій будинків» М., Стройіздат, 1967.

Основні формули по оптимізації теплового захисту будинку були представлені в наступному вигляді:

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

$$\Pi = AR_o + \frac{B(t_B - t_{H5})}{R_o},$$

$$R_o^E = \sqrt{\frac{B(t_B - t_{H5})}{A}},$$
(1.7)

де  $A$  - витрати, пов'язані з пристроєм конструкції, що захищає;  
 $B$  - витрати, пов'язані з пристроєм системи тепlopостачання.

У наступній редакції розділу СНиП «Будівельна теплотехніка» (СНиП II-A.7-71) формула (1.8) зазнала деякі зміни:

$$R_o^E = \sqrt{\frac{B_K + B_E T_H}{\lambda_{YT} C_{YT}}}$$
(1.8)

Проте  $B_K$  можна враховувати лише у тому випадку, коли збільшення товщини захистних конструкцій, приводить до зміни кількості одиниць опалювальних приладів. Тому цими формулами в більшості випадків важко було користуватися.

У СНиП II-3-79 повернулися до спрощеної формули О. Е. Власова, ввівши декілька нових коефіцієнтів:

$$R_{YT}^E = \sqrt{\frac{n_{YT}(t_B - t_{OP})z_{OP}mC_T l_T}{\lambda_{YT} C_{YT} T_{HP}}},$$
(1.9)

де  $n_{YT}$  - коефіцієнт, що враховує відношення теплового опору утеплювача багат шарової захистної конструкції (або однорідної конструкції) до опору теплопередачі, рівний 0,85;

$m$  - коефіцієнт, що враховує додаткові втрати тепла на інфільтрацію зовнішнього повітря і що приймається рівним 1,05;

$l_T$  - коефіцієнт, що враховує зміну вартості теплової енергії на перспективу;

$E_{HP}$  - нормативний коефіцієнт для приведення різночасних затрет 1/год, що приймається рівним 0,08.

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З врахуванням наближеного характеру формули (1.6) остаточний вибір товщини теплоізоляції здійснюють по мінімуму приведених витрат, які визначаються шляхом розрахунку для варіантів захисних конструкцій (у тому числі і світлопрозорих) з різним опором теплопередачі.

У останніх редакціях розділів СНиП здійснені конкретні заходи, направлені на підвищення теплової ефективності будинків. У СНиП II-3-79 підвищені вимоги до теплової опору і повітропроникності світлових отворів, істотно розширені зони використання потрібного заскління (у районах з  $t_n = -31$  °С і нижче). У 1979 р. були внесені зміни і доповнення в розділ СНиП II-Л.1-71\* «Жилые здания», направлені на підвищення теплового захисту будинку за рахунок будівництва подвійних тамбурів в під'їздах, використання теплих горищ в будинках вищих за вісім поверхів ущільнення внутрішніх захисних конструкцій і зменшення розмірів світлових отворів до необхідних за умовами природної освітленості.

У роботі [12] було показано, що з точки зору економіки збільшення товщини стін не завжди доцільно. При порівнянні двох конструкцій економічно ефективніше застосовувати дорожчу лише у тому випадку, коли термін окупності не перевищує нормативного значення. Наприклад, для стін із звичайної суцільної цегли збільшення опору теплопередачі недоцільно, оскільки термін окупності додаткових витрат складає більше десяти років. Доцільно збільшувати товщину стін із застосуванням ефективних теплоізоляційних матеріалів, оскільки в цьому випадку додаткові капіталовкладення окупаються за малий термін.

Специфічним виглядом зовнішніх огорожень будинку є світлопрозорі конструкції. До них пред'являється вимоги забезпечення максимального поступлення світла в приміщення при мінімумі тепловтрат. Факторами, які впливають на теплозахисні якості світлового отвору, є число шарів скла і його площа. Оскільки заскління включає дискретні шари, що ступінчасто

					<i>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25



підвищують тепловий опір, то обчислення мінімуму приведених витрат шляхом прирівнювання нулю похідної тут неправомірно.

Наслідком збільшення площі застелених поверхонь є зростання теплового навантаження і вартості систем регулювання мікроклімату приміщень. В той же час із збільшенням площі застеління зростає природна освітленість, скорочуються витрати на освітлення приміщень. Слід зазначити, що при автоматичному регулюванні систем опалювання збільшення площі застеління дозволяє скоротити тривалість опалювального періоду, а в місцевостях з теплим кліматом - і величину витрати тепла на опалювання за рахунок повнішого використання тепла сонячної радіації. У роботі [10] була приведена формула для визначення економічно доцільного коефіцієнта застеління будинку:

$$\beta_E = \beta_{\min} B \sqrt{\frac{Q}{S}} \quad (1.10)$$

де  $\beta_E$  - економічно доцільний коефіцієнт застеління будинку;

$\beta_{\min}$  - мінімальний коефіцієнт застеління, що забезпечує в будинку необхідну природну освітленість;

$B$  - поправка на нелінійність залежності річної витрати теплової енергії на опалювання від коефіцієнта застеління;

$Q$  - витрати електроенергії на штучне освітлення;

$S$  - витрати, пов'язані з пристроєм світлопрозорих конструкцій і підтримкою комфортних умов в приміщенні протягом всього року.

Крім того, у вказаній роботі приведені дані зарубіжних фахівців, що показали, що економічна ефективність збільшення теплового захисту стін досягається лише при певних коефіцієнтах теплопередачі вікон.

У роботі [10] також вказано, що при розрахунках економічно доцільного опору теплопередачі слід враховувати комплексну теплову ефективність зовнішніх захисних конструкцій, що враховує не лише

									Арк.
									26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ				

експлуатаційні витрати теплової енергії на опалювання, але і енергоємність виробництва матеріалів конструкції, а також витрату теплової енергії, витраченої на її виготовлення. Крім того, у зв'язку із зменшенням витрат теплової енергії при оптимізації теплового захисту будинків знижується не лише витрата палива на опалювання, але і витрати на систему тепlopостачання будинків. Виникає необхідність при розрахунку економічно доцільного опору теплопередачі обліку капітальних вкладень і експлуатаційних затрат на систему опалювання будинків, котельні (або ТЕЦ), внутрішні і зовнішні теплові мережі. Для обліку витрат на систему опалювання при визначенні економічно доцільного опору теплопередачі спеціальні формули були запропоновані А. М. Шкловером и В. Н. Богословським. Якнайповніше питання обліку витрат на систему тепlopостачання будинку при розрахунку економічно доцільного опору теплопередачі розглянуті Л. Д. Богуславським [1]. У цих роботах наводяться приклади за визначенням різних видів витрат і відрахувань, що входять в розрахунковий вираз для визначення економічно доцільної товщини огорожень, а також аналіз економічних факторів, характерних для повнозбірного житлового будівництва.

У роботі [14] відмічено, що у ряді робіт, як вітчизняних, так і зарубіжних, запропонований абсолютно новий підхід до оптимізації теплозахисних якостей захисних конструкцій. Традиційний підхід характерний двома основними допущеннями:

- теплопередача через захисну конструкцію, розглядається у відриві від загального теплового режиму приміщення;
- режим передачі тепла через захисну конструкцію передбачається квазістаціонарним (тобто не враховується теплоємність конструкції). Останнє, зокрема, і дозволяє розглядати теплоізоляційний шар окремо від останньої конструкції і оптимізувати його товщину.

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Крім того, традиційний підхід до оцінки ефективності захисних конструкцій передбачає роздільний розгляд зимових і літніх умов (зокрема, на таких методах базуються і нормативні документи). Тим часом відомо, що вимоги до захисних конструкцій за літніми і зимовими умовами значною мірою суперечливі: у зимових умовах найбільш істотні теплоізоляційні якості огорожень, в літніх - теплоакумуючі. Конструктивні вирішення огорожень, що ведуть до зниження витрат на опалювання будинку зимою (наприклад, збільшення теплоізоляційного шару за рахунок теплоакумуючого), можуть викликати збільшення витрат на охолодження будинку літом, і навпаки. Тому для повної оцінки ефективності захисних конструкцій необхідний аналіз їх теплового стану в річному циклі з врахуванням добових змін кліматичних умов (зовнішньої температури, вітру, сонячної радіації), а також з врахуванням режиму роботи системи опалювання, вентиляції і кондиціонування, пов'язаного з особливостями експлуатації будинку.

У роботі проф. Ю. А. Табунщикова [14] розглядається метод визначення оптимальних теплотехнічних показників захисних конструкцій, заснований на розгляді температурного режиму приміщення в цілому при нестационарній зміні зовнішніх кліматичних дій в річному циклі. При цьому з'являється можливість визначити не лише економічно доцільний опір теплопередачі, але також оптимальний порядок розташування шарів в багатошарових огороженнях, оптимальні значення об'ємної густини матеріалів шарів для внутрішніх і зовнішніх огорожень, оптимальний коефіцієнт теплопропускання сонцезахисного пристрою, оптимальне значення опору теплопередачі заповнення світлового отвору і тощо.

Завдання вирішується шляхом чисельного моделювання нестационарного теплового режиму будинку в річному циклі. Система рівнянь, що дає математичну постановку завдання, включає рівняння поширення тепла в захисних конструкціях з відповідними граничними

					<i>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

умовами, рівняння балансу тепла внутрішнього повітря приміщення і рівняння, що описує тепловий режим обладнання і меблів усередині приміщень будинку.

У роботі [10] були відмічені три групи незалежних параметрів, що визначають величину приведених витрат: параметри, що характеризують зовнішні кліматичні умови (температура зовнішнього повітря, швидкість і напрям вітру, інтенсивність сонячної радіації); параметри, що характеризують приміщення (геометричні характеристики приміщення, характеристики наявного обладнання, характеристики режиму роботи приміщення і ін.); параметри, що характеризують зовнішні захисні конструкції. Серед третьої групи параметрів відмічені наступні:

- товщина  $i$ -го шару захисної конструкції;
- коефіцієнт теплопровідності матеріалу  $i$ -го шару шаруючи;
- об'ємна питома теплоємність матеріалу  $i$ -го шару;
- міра чорноти поверхні огорожень або поверхонь, які обмежують повітряні прошарки;
- коефіцієнт поглинання сонячної радіації зовнішньою поверхнею огорожень.

Оскільки ставиться завдання пошуку найбільш оптимального вибору захисних конструкцій для даних кліматичних умов і даного В. Г. Гагаріним запропонований критерій, що визначає економічні умови підвищення теплового захисту огорожень будинків в країні або регіоні – граничне значення для питомих одноразових витрат. Чим воно більше, тим більше засобів, які при цьому окупляються, можна витратити на утеплення. Цей же параметр обмежує величини характеристики матеріалу і конструкції огороження і дозволяє встановити взаємозв'язані граничні значення цих характеристик при яких окупаються витрати на підвищення опору теплопередачі огороження. Запропонований критерій подібності, який дозволяє проводити зіставлення підвищення теплового захисту захисних

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

конструкцій будинків в різних країнах по умові його рівномірної окупності. Граничне значення для питомих одноразових витрат визначає межу техніко-економічних можливостей підвищення теплового захисту захисних конструкцій в регіоні або країні. Малі значення цього параметра є формальною причиною неокупності підвищення теплового захисту будинків в Україні.

Оскільки величину ГСОП регулювати неможливо, регулюванню піддаються лише ціни на теплову енергію і процентні ставки по кредитах банків. Збільшення вартості теплової енергії приведе до того, що істотно виростуть ціни і на будівельні матеріали, і на виконання робіт, і проводити утеплення стін знов виявиться економічно невиправданим. Істотне зниження значення іншого параметра - ставки рефінансування потребує серйозної зміни всієї економічної політики країни. Зниження її наказовим порядком нічого не дасть, оскільки процентна ставка є ринковою вартістю грошей.

При розробці економіко-математичних моделей (у тому числі і в даному випадку) усвідомлено і неусвідомлено робиться стільки припущень, що кількісні результати, які виходять, можуть відрізнятись від дійсних значень. Тому викладений підхід не може претендувати на велику точність. Проте, економічні методи в конкретних областях людської діяльності допомагають обґрунтувати або вибрати шляхи вирішення поставлених проблем. Саме з цієї точки зору і слід розглядати викладений економічний підхід. Запропоновані критерії В. Г. Гагаріним дозволяють порівнювати комплексно економіко-кліматичні і фізичні умови утеплення будинків в різних країнах. Вони дозволяють кількісно судити про подібність економічних процесів.

В. Г. Гагаріним зроблений висновок про те, що умови для підвищення теплового захисту будинків в Україні значно менш сприятливі, чим в розвинених країнах і, отже, в галузі підвищення теплового захисту не можна сліпо копіювати «закордонний досвід».

					<i>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 1.4. Визначення економічної доцільності використання енергозберігаючих заходів

Серед споживчих якостей будинку одним з основних є його енергоспоживання. Існуючі норми і стандарти на тепловий захист і інженерне обладнання містять мінімальні вимоги: будівництво більшості будинків може бути виконане з істотно вищими показниками теплової ефективності. Крім того, в даний час більшість енергетичних нормативів базуються на середніх цінах на енергію, які мало пов'язані з економічними наслідками рішень в області енергетичної політики і які можуть застаріти протягом терміну дії норм. У суспільстві не визначена законодавчим чином цінність енергії як стратегічної сировини і як власність майбутніх поколінь.

Слід зазначити, що в даний час в багатьох країнах існують державні програми, які стимулюють будівництво будинків з ефективним використанням енергії. В даному випадку має місце істотно різний підхід до енергозбереження: якщо в нашій країні метою зниження енергоспоживання є зрештою скорочення державних дотацій, то за кордоном зниження енергоспоживання зазвичай розглядається як спосіб зменшення шкідливих викидів в атмосферу, тобто захисту довкілля.

Виконаний за багато років в світі об'єм робіт по енергозбереженню є лише розвитком і накопиченням знань. Принциповий перехід кількості в нову якість не здійснювався ні в Україні, ні в інших країнах. Нова якість повинна полягати в тому, що принципи проектування теплопостачання і кліматизація будинків повинні ґрунтуватися на розгляді будинку як єдиної енергетичної системи і на використанні методів системного аналізу для вибору оптимальних рішень [15].

Енергетична стратегія енергозбереження в будинках повинна будуватися на формуванні і реалізації стимул-реакцій економного використання природних ресурсів. Без цих стимул-реакцій, як стратегічного

					<i>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

механізму, немає можливості сподіватися на успішне вирішення проблеми енергозбереження. Представляється, що головним мотивом енергозбереження має бути збереження природного довкілля і навіть його покращення, а також захист інтересів майбутніх поколінь в збереженні традиційних природних джерел енергії, але вже як сировини для хімічної і медичної промисловості.

В той же час проблема будівництва будинків з високою тепловою ефективністю може бути вирішена за умови їх економічної привабливості для інвесторів. Зацікавленість в додаткових інвестиціях в енергозберігаючі заходи буде у інвестора лише в тому випадку, якщо з достатньою упевненістю йому може бути гарантоване повернення цих інвестицій через невеликий проміжок часу (тобто низький термін окупності цих інвестицій) і досить привабливий чистий дохід за рахунок економії енергії.

Тут необхідно відзначити, що Л. Д. Богуславський и В. І. Лівчак в роботі «Енергозбереження в системах тепlopостачання, вентиляції і кондиціонування повітря» [16] відзначали, що «проектувальники повинні знати, що економія енергії не може бути самоціллю: доцільність здійснення будь-якого енергозберігаючого заходу перш за все має бути економічно вигідна з народногосподарської точки зору. Кінець кінцем встановлюють, що для держави вигідніше здійснення такого заходу або витрати на відповідний додатковий розвиток паливодобувної промисловості. В першу чергу слід передбачати такі заходи, для яких не потрібний або майже не потрібний капітальних вкладень».

В даний час інвестиції в енергозберігаючі заходи з економічної точки зору не є привабливими для інвесторів. Це зв'язано, головним чином, з низькою вартістю теплової енергії, в якій не враховуються такі чинники, як захист інтересів майбутніх поколінь, і шкода, що наноситься довкіллю в результаті її забруднення. Наприклад, в даний час в нашій країні ціни на теплову енергію нижче світових, і, по прогнозах фахівців, повинні вирости. У

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

країнах Західної Європи також прогнозується зростання цін, зокрема, на електричну енергію [17]. Економічна ефективність інвестицій в енергозберігаючі заходи і, отже, їх привабливість для інвесторів, знаходиться в прямій залежності від вартості енергії. Вочевидь, що чим вище вартість енергії, тим швидше окупаються технічні рішення, що дозволяють знижувати енергоспоживання будинків. Досить високі значення вартості теплової енергії ініціюють інвесторів на вкладення засобів в енергозберігаючі заходи.

Слід зазначити та обставина, що сучасні технічні рішення, що забезпечують економію енергоресурсів, часто одночасно сприяють підвищенню якості мікроклімату, тобто підвищенню споживчих якостей будинку тощо. У зв'язку з цим при ухваленні остаточного рішення про використання тих або інших енергозберігаючих заходів в будинку, разом з оцінкою економічної ефективності, можуть враховуватися і інші міркування кількісного і якісного характеру.

Головним мотивом енергозбереження має бути збереження природного довкілля і навіть його покращення, а також захист інтересів майбутніх поколінь в збереженні традиційних природних джерел енергії, але вже як сировини для хімічної і медичної промисловості.

## 1.5. Висновки до розділу

1. Мета підвищення теплової ефективності будинків полягає в ефективнішому використанні енергоресурсів, що витрачаються на енергопостачання будинку, шляхом використання інноваційних рішень, які здійсненні технічно, обґрунтовані економічно, а також прийнятні з екологічної і соціальної точок зору і не змінюють звичного способу життя. Пріоритет при виборі енергозберігаючих технологій мають технічні рішення, які одночасно сприяють покращенню мікроклімату приміщень і захисту довкілля.

2. Серед відомих в світовій практиці напрямів підвищення теплової

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33



ефективності будинків можна виділити декілька напрямів, найбільш актуальних для умов нашої країни на сучасному етапі:

- a. зміна схеми централізованого теплопостачання, пов'язана з відмовою від використання центральних теплових пунктів (ЦТП) і впровадженням індивідуальних теплових пунктів (ІТП);
- b. зниження витрат енергії на кліматизацію приміщень за рахунок вдосконалення систем опалювання;
- c. зниження витрат енергії на підігрівання вентиляційного повітря при одночасному підвищенні якості мікроклімату за рахунок використання механічних, природних або гібридних регульованих систем вентиляції;
- d. оптимальне використання позитивного і мінімізація негативного впливу зовнішнього клімату в тепловий баланс будинку;
- e. подальше вдосконалення нормативної бази.

3. Проблема будівництва будинків з високою тепловою ефективністю може бути вирішена за умови їх економічної привабливості для інвесторів. Зацікавленість в додаткових інвестиціях в енергозберігаючі заходи буде у інвестора лише в тому випадку, якщо з достатньою упевненістю йому можна гарантувати повернення цих інвестицій через невеликий проміжок часу (тобто низький термін окупності цих інвестицій) і досить привабливий чистий дохід за рахунок економії енергії. Підвищення теплової ефективності будинку відбуваються тоді, коли відповідні інноваційні рішення супроводжуються певними вартісними ефектами.

					<i>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

## РОЗДІЛ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА

### 2.1. Енергозберігаючі заходи підвищення енергоефективності будинків

У даному розділі розглядаються основні напрями підвищення теплової ефективності будинків і наводиться оцінка очікуваної економії енергії. При цьому низка енергозберігаючих заходів, таких, як регульована система вентиляції або регульована система опалювання, разом з економією енергії забезпечує підвищення рівня комфорту. Ця обставина має бути врахована при оцінці економічної ефективності різних варіантів енергозберігаючих заходів.

Розглянуті наступні напрями підвищення теплової ефективності будинків:

1. Регулювання витрати теплової енергії на окремому опалювальному приладі і пофасадне регулювання;
2. Використання періодичного («переривистого») опалювання;
3. Використання механічних, природних або гібридних регульованих систем вентиляції.

Як було відмічено вище, підвищення теплової ефективності будинків повинне ґрунтуватися на системному аналізі будинку як єдиної енергетичної системи, а просте «підсумовування» незалежних інноваційних рішень порушує принципи системності і може привести до втрати теплової ефективності проекту, з чого виходить, що істотна економія енергоресурсів може бути досягнута лише при впровадженні комплексу енергозберігаючих

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Романюк В.В.</i>			<b>РОЗДІЛ 2.</b>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Мовчан Л.Т.</i>					35	
<i>Консульт.</i>		<i>Мовчан Л.Т.</i>				<i>гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Коваль В.П.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>						

заходів. В даному випадку, наприклад, при регульованій вентиляції економія може бути досягнута лише при одночасному використанні і регульованого опалювання - при зниженні тепловтрат за рахунок вентиляційного повітрообміну необхідно відповідно зменшити тепловіддачу опалювальних приладів щоб уникнути перегріву приміщень і тощо.

## **2.2. Підвищення теплової ефективності систем опалювання будинків**

### **2.2.1 Регулювання витрати теплової енергії на окремому опалювальному приладі і пофасадное регулювання**

Автоматичне регулювання опалювання можливе різними способами. Нижче розглянуті індивідуальне регулювання за допомогою автоматичних регуляторів теплового потоку (термостатів), встановлених на опалювальних приладах, а також центральне автоматичне регулювання від джерела теплової енергії - пофасадне регулювання.

Дослідження, проведені за кордоном, показали, що оснащення опалювальних приладів індивідуальними автоматичними регуляторами теплового потоку (термостатами) дозволяє, залежно від типу терморегуляторів і умов їх експлуатації, зменшити витрату теплової енергії на опалювання на 10-20 %. Це помітно перевищує рівень економії теплової енергії за допомогою ручного регулювання кранами або вентилями (зазвичай 4-9 % при нормально працюючому ручному регуляторі), до того ж забезпечує вищий рівень температурного комфорту в опалювальних приміщеннях [18].

Системи опалювання з вертикальними стояками залишаються системами колективного користування, відкриття і закриття вище розташованих по ходу води термостатів впливає на роботу наступних, особливо у вертикальній однотрубній системі опалювання. Тому найбільш

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

оптимальним рішенням визнані квартирні системи опалювання з двотрубними вертикальними секційними стояками, які проходять, як правило, через сходову клітку, і підключеними до них горизонтальними поквартирними розводками. Опалювальні прилади обладнані термостатами, а для вимірювання спожитого тепла в місцях підключення до стояків встановлюється квартирний теплолічильник або, для зменшення витрат (наприклад, в муніципальних будинках) - водомір, за показами якого розподіляється витрата тепла, вимірювана загальнобудинковим теплолічильником на системі опалювання.

Слід зазначити, що в житлових будинках використання термостатів ефективно лише при обліку тепла і розрахунках за фактично спожитою тепловою енергією. Наприклад, за кордоном одночасно з термостатом встановлюють на опалювальний прилад тепловий лічильник, який дозволяє мешканцеві платити менше за опалювання, якщо споживання тепла зменшується. Інакше у жителів буде відсутній стимул економити тепловою енергією і ніщо не перешкодить йому зменшувати температуру приміщення не закриттям термостата, а надлишковим провітрюванням при відкритті вікон.

У випадку комплексного обладнання системи опалювання не лише індивідуальними термостатами, але і регуляторами на джерелі теплової енергії або в індивідуальних теплових пунктах (ІТП) досягається більший ефект економії теплової енергії на опалювання - до 25-35 % [19].

Дана величина економії енергії була підтверджена при реалізації комплексу заходів щодо підвищення ефективності системи опалювання в дев'ятиповерховому житловому будинку в Москві в Південно-східному адміністративному окрузі в районі Жулебіно. В ході реалізації даного проекту був встановлений ІТП і кімнатні термостати на опалювальних приладах. Крім того, був виконаний комплекс заходів, що забезпечують нормальне функціонування обладнання, таких, як балансування, облік енергоспоживання і тощо. В ході експлуатації було встановлено, що

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

фактична економія теплової енергії складає 25 %. На рис. 2.1 приведена діаграма фактичного і розрахункового (без реалізації енергозберіжних заходів) споживання енергії в дев'ятиповерховому житловому будинку в Жулебіно в опалювальний період з листопада 2005 по квітень 2006 року. Така ж концепція реалізована в Москві в Центральному адміністративному окрузі в Басманном районі. Тут за рахунок переходу на ІТП і регулюванні витрати теплової енергії за допомогою термостатів була отримана економія енергії 20-30 % [20].

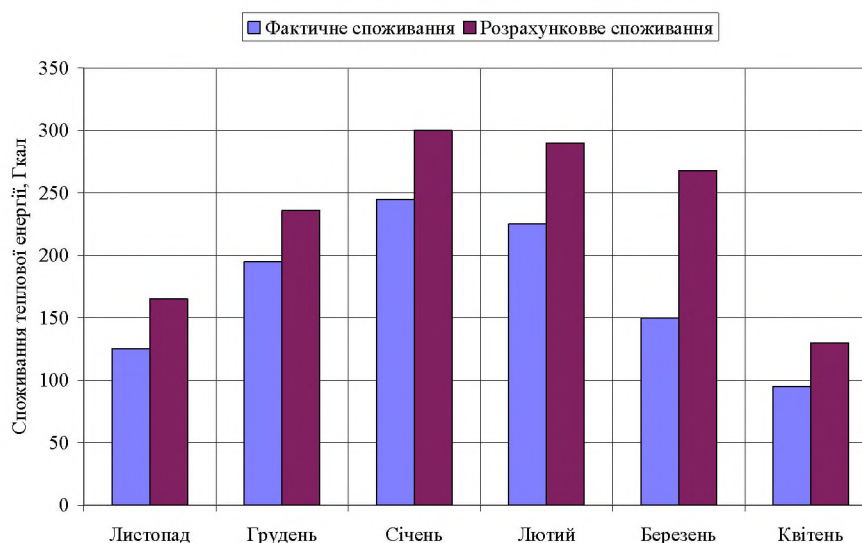


Рис. 2.1. Фактичне і розрахункове (без реалізації енергозберігаючих заходів) споживання теплової енергії в опалювальний період з листопада 2005 по квітень 2006 року в дев'ятиповерховому житловому будинку в Жулебіно

Пофасадне авторегулювання дозволяє одночасно скорочувати тепловіддачу опалювальних приладів і стояків системи опалювання аж до повного відключення, наприклад, при освітленні фасаду сонцем при температурі зовнішнього повітря мінус 5-7 °С, система вимикається повністю не лише на період освітлення сонцем цього фасаду, але, як мінімум, на такий же час і після за рахунок акумуляції тепла усередині приміщення.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ

Арк.

38

## 2.2.2. Використання періодичного опалювання

Серед завдань керування системами опалювання значне місце займають завдання так званого переривистого режиму опалювання. Для більшості сучасних будинків (адміністративних будинків, шкіл, житлових будинків, театрів, кінотеатрів, ряду виробничих будинків і т. д.) допускається пониження температури внутрішнього повітря нижче за нормативне значення протягом частини доби, у вихідні і святкові дні з метою економії енергії, що витрачається на їх теплопостачання. На початок використання приміщення відповідно до його технологічного призначення температурний режим в ньому повинен відповідати нормативним показникам. Такий режим опалювання, коли температура внутрішнього повітря знижується на деякий період часу нижче за нормативне значення, називається періодичним. Подібна ситуація може мати місце також при аваріях, коли припиняється подача тепла в приміщення.

Відповідно до досліджень, що наведені в роботі [21], коливання тепловиділень і температури внутрішнього повітря не впливають на сумарну витрату тепла. Вони залежать від середньої за період температури внутрішнього повітря. Якщо при переривистій теплоподачі значення середньодобової температури внутрішнього повітря дорівнює нормативному її значенню, то загальна витрата тепла залишається такою ж, як при безперервній теплоподачі, і економія енергії не забезпечується. Подібне положення має місце при пічному опалюванні. Для забезпечення економії енергії необхідно знизити середньодобове значення температури внутрішнього повітря, тобто протягом частини зимового періоду вона має дорівнювати нормативному значенню і бути нижчою в останню частину періоду. Для більшості сучасних будинків (адміністративних будинків, шкіл, житлових будинків, театрів, кінотеатрів, ряду виробничих будинків і так

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

далі) пониження температури внутрішнього повітря нижче за нормативне значення допускається протягом частини доби.

Одним з критеріїв можливої тривалості перерви в теплоподачі і пов'язаному з нею пониженні температури внутрішнього повітря є вимога про невинпадання конденсату на внутрішніх поверхнях стін і покриттів. При пониженні температури внутрішнього повітря, якщо не міняється його вологоємність, точка роси залишається постійною.

Переривиста подача тепла раціональна лише в разі автоматичного регулювання за часом і температурі, що дозволяє економити енергію, уникаючи непотрібного завищення температури в опалювальних приміщеннях, і періодично знижувати температуру приміщення відповідно до певного графіка його використання, а також забезпечити необхідну оптимальну теплову обстановку в приміщенні.

Ю. А. Табунщиков в роботі [21] також відзначив, що переривиста теплоподача, скорочуючи загальну витрату тепла за період, вимагає вищої подачі тепла в період опалювання. Таким чином, переривиста подача тепла є економічно вигідною, як правило, при досить високій температурі зовнішнього повітря, яка має місце більш всього в перехідні періоди року, коли можна використовувати для опалювання наявну потужність системи опалювання.

Система переривистої тепло подачі буде є особливо ефективною, якщо вона здатна в короткий час без залучення великої додаткової потужності підвищити температуру внутрішнього повітря до нормативного значення. Результати дослідження систем опалювання Ю.А. Табунщиковим вказують на те, що таким вимогам задовольняють двокомпонентні системи опалювання. В продовж доби у приміщенні підтримується два рівня температури двома системати опалення. Основна система підтримує температуру повітря в межах 12-16 °С, а додаткова доводить до норми. Система фонового опалювання може мати будь-яку теплоємність, а

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

додаткова система має бути малотеплоємною і легко регульованою. Двокомпонентні системи можуть бути різної конструкції. Можливі варіанти теплоємних фонових систем панельного опалювання і безінерційних систем електроопалення (електрорадіаторів або електроконвекторів, оснащених термостатами) або конвекторів, розрахованих на внутрішню температуру 15 °С, з вентиляторами, що швидко піднімають температуру приміщення до нормативної.

У практиці експлуатації житлових будинків переривиста теплоподача має місце при електротеплопостачанні будинків. Періодичність теплопостачання тут обумовлена використанням позапікової електроенергії. Метод цей зводиться до підключення електроопалювальних приладів і установок та до накопичення в них тепла виключно в години нічних провалів графіка навантаження енергосистеми (опалювання акумуляції) або в позапікові періоди (опалювання напівакумуляції). Тепло, запасене в окремих приладах, центральних установках або безпосередньо в конструкціях будинків, витрачається в приміщенні для потреб обігрівання у міру потреби.

Електроопалювання раціональне лише з автоматичним регулюванням за часом і температурі і дозволяє щонайкраще поєднувати графік споживання електроенергії для потреб обігрівання з добовим графіком навантаження на енергосистему шляхом раціонального використання акумулюючих властивостей комплексу «будинки - система опалювання».

Завдання управління витратою енергії, що витрачається на нагрівання або охолодження приміщення, завжди займала одне з центральних місць в теорії опалювання і кондиціонування, але особливу значущість придбала в даний час. Сучасна техніка опалювання і кондиціонування потребує не управління взагалі, а вимагає оптимального управління процесом витрачання енергії. Не є виключенням використання комп'ютерної техніки в інтелектуальних будинках, оскільки вона повинна працювати відповідно до

					<i>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41



алгоритму, що дозволяє здійснити процес нагрівання або охолодження оптимальним чином.

Враховуючи велику практичну значущість «переривистого» режиму опалювання, в літературі цьому явищу приділена значна увага [22]. Проте всі відомі рішення ставили собі за мету дослідження зміни температури внутрішнього повітря залежно від тепло інерційних показників захистних конструкцій і режиму подачі тепла в приміщення. Тобто це були рішення так званої «прямої» задачі, які відповідають на питання: що буде, якщо в заданих умовах буде прийнято якийсь рішення і, зокрема, чому дорівнюватиме вибраний показник ефективності. Принципово велику складність представляє рішення так званої «зворотної» задачі, яка відповідає на питання: яке рішення необхідно вибрати, аби показник ефективності мав максимальну величину. В даному випадку необхідно встановити такий оптимальний режим «переривистого» опалювання, при якому витрата теплоти була б мінімальною.

Рішення даної задачі було отримане Ю. А. Табунщиковим і опубліковано в роботах [6]. Завдання було вирішене методом Л. С. Понтрягина [23] при традиційних спрощуючих допущеннях, що відносяться до теплового балансу приміщення.

В результаті було отримано наступне рішення: мінімізація витрат енергії на розігрівання приміщення досягається в тому випадку, якщо час переходу від початкової температури приміщення до необхідної кінцевої температури приміщення мінімально (прийом «максимальної швидкодії»).

Для того, щоб реалізувати цю умову для конкретного приміщення, необхідно додатково розглянути що становить тепловий баланс і оцінити теплоаккумуляційні показники.

Для більшості приміщень житлових і суспільних будинків мінімізація витрат енергії на розігрівання приміщень може бути досягнута при виконанні наступних двох положень:

					<i>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

*Перше положення:* розігрівання приміщень повинне вироблятися з використанням максимальної потужності опалювального обладнання.

*Друге положення:* розігрівання приміщень необхідно починати з розігрівання найбільш теплоємних частин приміщення.

В більшості випадків це відноситься до внутрішніх поверхонь зовнішніх захистних конструкцій які, до того ж, як правило, і найбільш охолоджені.

Для того, щоб управління витратою енергії було спрямовано до оптимального - перше і друге положення повинні виконуватися одночасно. Виконання лише одного з них для приміщення як сукупності «повітря + захистні конструкції», як правило, дає результат, далекий від оптимального значення.

Робота по математичному обґрунтуванню деяких моментів рішення, виконана крупним вітчизняним математиком проф. Ю. Ф. Коробейником спільно з проф. Ю. А. Табуншиковим [24], підтвердила обґрунтованість висновків.

В той же час математичне рішення не є переконливим для наукових дослідників і практиків, якщо його не можна перевірити прямими розрахунками або, і це обов'язково, воно не підтверджене спеціальними експериментальними дослідженнями.

Мета такого експериментального дослідження - на основі кількісних зіставлень витрат енергії на розігрівання приміщення продемонструвати ефективність оптимального управління витратою енергії, яке визначається отриманим рішенням задачі і витікаючим з нього першим і другим положеннями.

Для проведення експерименту і перевірки першого положення про те, що розігрівання приміщень повинне вироблятися з використанням максимальної потужності опалювального обладнання, була потрібна наявність двох ідентичних приміщень, в яких можна було б організувати

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

процес одночасного розігрівання приміщення джерелами різної потужності. Або, у випадку якщо є лише одне джерело, провести два етапи експерименту з джерелом, що забезпечує різну потужність на двох етапах.

Для перевірки другого положення про те, що розігрівання приміщень необхідно починати з розігрівання найбільш теплоємних частин приміщення, була потрібна наявність двох ідентичних приміщень, в яких можна було б розташувати ідентичні опалювальні прилади, в одному випадку що забезпечують розігрівши в першу чергу внутрішніх поверхонь зовнішніх захистних конструкцій наприклад, інтенсивними конвективними потоками, в іншому випадку - в першу чергу розігрівання внутрішнього повітря приміщення.

## **2.3. Підвищення ефективності вентиляції**

### **2.3.1. Забезпечення повітрообміну в будівлях з енергоефективними вікнами**

Перехід в масовому житловому будівництві на герметичні вікна із склопакетами разом з позитивними наслідками, такими як зменшення тепловтрат і покращення акустичних характеристик житла, привів до погіршення повітряного режиму приміщень з традиційними системами природної вентиляції.

Старі вікна в дерев'яних рамах мають у декілька разів більшу повітропроникність, ніж сучасні металопластикові конструкції із склопакетами. Повністю закриті дерев'яні вікна забезпечують режим інфільтрації, близький до нормативному рівню повітрообміну в квартирах, і лише при низьких зовнішніх температурах виникає необхідність в заклеюванні рам. Враховуючи малий розмір щілин у вікнах і їх велику протяжність, зовнішнє інфільтроване повітря швидко змішується з

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

конвективним потоком від опалювальних приладів і не створює в більшості випадків дискомфортних зон.

У сучасних будинках при повністю закритих вікнах інфільтрація незначна - на порядок нижче потрібного по нормативах повітрообміну.

Поширені в Західній Європі вікна з відкидним нішами по всій висоті вікна в наших умовах мало придатні для комфортної природної вентиляції, оскільки потік холодного зовнішнього повітря поступає в приміщення з рівня нижньої відмітки вікна зосереджено, не встигає нагрітися конвективними потоками опалювального приладу і охолоджує нижню зону приміщення, створюючи відчуття «протягу».

Спроби на верхніх поверхах будинків встановлювати побутові вентилятори у витяжні отвори туалетів, ванних кімнат, кухонь не привели до серйозного покращення роботи вентиляції, так само, як і пристрій центральних систем витяжної механічної вентиляції. Через незбалансованості об'ємів припливного і витяжного повітря ці системи працюють нестійко.

Регулювання об'ємів припливного повітря за допомогою відкриття ніш стабілізує роботу системи вентиляції, але часто приводить до охолодження нижньої зони приміщень.

Стійкіше працюють системи центральної припливної механічної вентиляції з витяжною - природною, але і вони не позбавлені недоліків, пов'язаних з обмеженнями індивідуального регулювання повітрообміну і перевитратою тепла.

У статті [25] були сформульовані наступні основні положення, що визначають підходи до систем вентиляції багатоповерхових житлових будинків:

1. Система вентиляції - один з основних факторів інженерного забезпечення будинків, який визначає комфортність місця існування і здоров'я мешканців.

					<i>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

2. Витрата теплоти через вентиляцію сучасних квартир рівна, а у ряді випадків перевищує тепловтрати житлових будинків (з введенням нових нормативних вимог до теплового захисту зовнішніх захисних конструкцій будинків, частка цих втрат теплоти в тепловому балансі значно знизилася і, відповідно, витрата теплоти на нагрівання зовнішнього повітря для вентиляції виросла).

3. Потреба квартир у вентиляції, пов'язана з режимом їх експлуатації (приготування їжі, прання, змінна кількість людей протягом доби і ін.), характеризується широким діапазоном необхідного повітрообміну, змінного в окремих приміщеннях квартири протягом доби. Мінімальний повітрообмін (фонова вентиляція) в квартирі повинен забезпечити видалення з приміщень газовиділень із будівельних конструкцій, мебелі, пластмас і тому подібне (радон, фенолформальдегіди і ін.). Максимальний повітрообмін може бути прийнятий за нормативними даними. Потрібна глибина регулювання повітрообміну в квартирі в більшості випадків знаходиться в діапазоні 10... 100 %.

4. Жителі повинні мати можливість контролювати і регулювати повітрообмін незалежно від гравітаційного і вітрового перепаду тиску в квартирі і зовні.

5. Рух повітря в квартирі має бути організований так, щоб направлення потоків припливного повітря з житлових приміщень було направлено в зони виділення газовиділень на кухню, у ванні кімнати, туалети. Інтенсивність видалення повітря з окремих забруднених зон не повинна перевищувати витяг з інших.

6. Організація повітрообміну не повинна наводити до погіршення акустичного режиму і повинна передбачати заходи як по захисту від «міського» шуму, так і від шуму, що генерується системами механічної вентиляції.

					<i>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Підвищення теплової ефективності систем природної вентиляції в багатоповерхових житлових будинках можливо вести в двох напрямках: по-перше, в забезпеченні постійної витрати повітря при різних параметрах зовнішнього клімату, що дозволяє забезпечити комфортні умови в приміщеннях і уникнути наднормативних надлишкових витрат повітря, скоротивши при цьому витрати теплової енергії на його підігрівання, і, по-друге, в забезпеченні індивідуального ручного або автоматичного регулювання витрат повітря залежно від потреби, що дозволяє скоротити витрату повітря, а, отже, і витрати теплової енергії на його підігрівання в ті періоди, коли, наприклад, приміщення не використовується.

Великі можливості для скорочення витрати теплової енергії з'являються при обладнанні будинків механічною припливно-витяжною вентиляцією з утилізацією тепла повітря, що видаляється, для підігрівання припливного або, наприклад, на гаряче водопостачання за допомогою теплових насосів. Особливості використання теплоутилізаторів різного типу розглянуті нижче. Слід зазначити, що впровадження такої системи потребує попереднього опрацювання будівельно-конструктивних рішень по транспортуванню повітря, вибору і вдосконалення теплоутилізаційного обладнання. Іншим способом скорочення витрат теплової енергії на підігрівання вентиляційного повітря є організація децентралізованого регульованого припливу в житлові приміщення і регульованого витягу.

### **2.3.2. Автоматично регульована по рівню вологості природна вентиляція**

Напрямок і швидкість вітру, температура зовнішнього повітря можуть істотно змінювати режими роботи традиційної системи природної вентиляції квартир. Ці зміни можуть відповідати дуже широкому діапазону: від

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

«перекидання», коли витяжні пристрої починають працювати на приплив, до збільшення повітрообміну по відношенню до розрахункового в 2-3 рази.

Такий спосіб вентиляції, як провітрювання, передбачає короткочасне періодичне відкриття кватирок або відкидних ніш, і на період провітрювання, як правило, мешканці покидають приміщення. Періодичність провітрювання, його тривалість визначаються суб'єктивно, проте такий спосіб вентиляції доставляє певні незручності і визнати його комфортним не можна.

Для систем природної вентиляції розрахунковим вважається режим, коли температура зовнішнього повітря дорівнює 5 °С (для систем механічної вентиляції температура зовнішнього повітря ігнорується, оскільки природний тиск, як правило, не враховується). При цьому для забезпечення нормальної роботи природної вентиляції в розрахунковому режимі потрібне відкриття кватирки; таким чином, аеродинамічний опір від зовнішнього середовища до витяжних решіток не враховується. Але навіть відкриття кватирки не завжди забезпечує необхідний приплив повітря, крім того, таке відкриття не завжди можливо (наприклад, при розташуванні будинку поблизу транспортної магістралі).

Досить маловитратним і простим способом регулювання витрати повітря є регулювання по вологості - гігрорегулювання. На відміну від регулювання, наприклад, по концентрації діоксиду вуглецю, в цьому випадку не вимагається використання жодних дорогих датчиків-газоаналізаторів, складних механічних пристроїв з електроживленням і так далі, оскільки витрата припливного повітря регулюється заслінкою, автоматично керованою за допомогою спеціального датчика-приводу з поліамідної тканини по рівню вологості внутрішнього повітря (за таким же принципом працює звичайний гігрометр). Регулювання по вологості дозволяє зменшити повітрообмін окремого приміщення або всієї квартири при зменшенні інтенсивності експлуатації даного приміщення або квартири, оскільки за відсутності людей в приміщенні або зниженні інтенсивності їх діяльності в

					<i>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

дане приміщення поступає менша кількість повітря, і отже, знижуються витрати теплової енергії на підігрівання цього повітря.

Гігрорегульована вентиляція дозволяє нормалізувати витрати повітря в квартирах, розташованих на різних поверхах багатоповерхових житлових будинків.

У [27] вказано, що як витяжні пристрої в системах природної вентиляції рекомендується застосовувати регульовані решітки, а як датчики керування для витяжних клапанів з автоматичним регулюванням витрати повітря можуть використовуватися датчики перепаду тиску, вологості внутрішнього повітря, освітленості, присутність людей, тощо.

Слід зазначити, що ефективність роботи природної вентиляції різко падає в теплу пору року. В цьому випадку для забезпечення необхідного повітрообміну може бути використана природно-механічна система, в якій витрата повітря при досить високій температурі зовнішнього повітря може бути збільшена за допомогою, наприклад, додаткового осьового вентилятора, встановленого таким чином, що не перешкоджає природному відпливу повітря. Такий спосіб організації вентиляції часто називається гібридною вентиляцією, і деякі приклади реалізації цього принципу наведені в [26].

Як об'єкт дослідження приймемо будинок на 17 поверхів (1-й поверх нежилий), 2 секції, 128 квартир (4 квартири на поверсі, з яких одна однокімнатна, дві двокімнатних і одна трикімнатна). У базовому варіанті у будинку є системи вентиляції нерегульованими витяжними решітками.

Розглянемо просту схему організації гігрорегульовальної вентиляції, коли залежно від вологості регулюється лише приплив повітря. Розрахунок вестимемо для чотирьох квартир типового поверху.

При використанні гігрорегульовальної вентиляції як припливні пристрої використовуються клапани ЕММ 707 (рис. 2.2, а), які являють собою гігрорегульовальний припливний пристрій.

					<i>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49



Даний припливний пристрій призначений для монтажу на вікнах житлових кімнат (рис. 2.2. б, в, г). У приміщенні кухні установка припливних пристроїв не рекомендується через небезпеку поширення запахів в житлові приміщення і погіршенні в житлових приміщеннях повітрообміну.



а)



б)



в)



г)

Рис. 2.2. Приточний клапан ЕММ 707:

а) зовнішній вигляд; б) монтаж; в, г) принцип дії

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ

Арк.

50

У даному будинку відповідно до рекомендацій виробника в кожній кімнаті встановлюється по одному такому пристрою, за винятком однокімнатної квартири, де в житловій кімнаті встановлено два таких пристрої.

В цьому випадку в трикімнатній квартирі всього встановлено три клапани, які в повністю відкритому стані (такий режим роботи назвемо максимальним) забезпечують нормативний повітрообмін в квартирі 110 м<sup>3</sup>/год. У однокімнатній і обох двокімнатних квартирах встановлено по два клапани, які в повністю відкритому стані забезпечують повітрообмін з розрахунку 70 м<sup>3</sup>/год, а додаткові 40 м<sup>3</sup>/год, необхідні для забезпечення необхідного повітрообміну, в цьому випадку поступають в результаті інфільтрації через нещільність зовнішніх захисних конструкцій, за рахунок щільного провітрювання тощо. У закритому стані (мінімальний режим роботи) через клапани в трикімнатну квартиру поступає 9 м<sup>3</sup>/год, а в однокімнатну і двокімнатні по 6 м<sup>3</sup>/год припливного повітря. Для розрахунку приймемо, що в цьому випадку у всі квартири, у тому числі і трикімнатну, за рахунок інфільтрації і так далі додатково поступає однакова кількість припливного повітря, рівна кількості такого повітря, що поступає в квартири при повністю відкритих клапанах, тобто 40 м<sup>3</sup>/год.

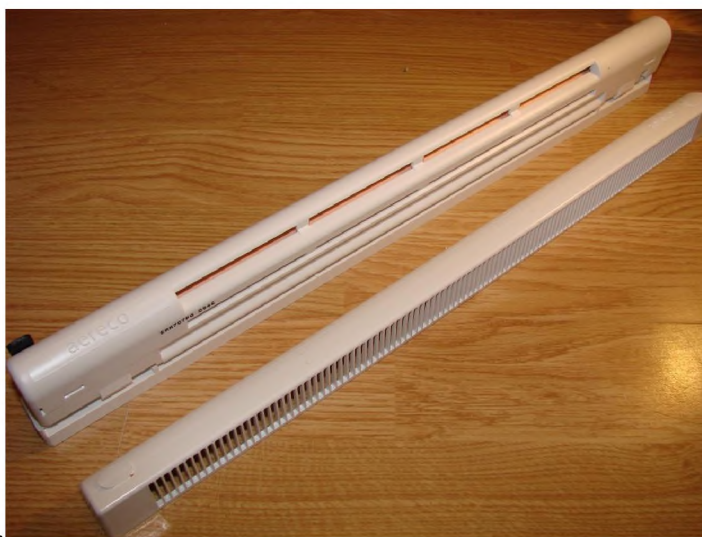


Рис. 2.3. Приточний клапан EMM 707 в розібраному вигляді

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

В результаті виконання розрахунків згідно [27], встановлено, що:

1. Розрахункова витрата теплової енергії на вентиляцію для чотирьох квартир при постійному повітрообміні рівна 88,4 кВт·год за добу

2. Розрахункова витрата теплової енергії на вентиляцію за добу опалювального періоду для чотирьох квартир при регульованому по вологості повітрообміні складає 63,0 кВт·год.

Таким чином, зниження витрат теплової енергії на підігрівання вентиляційного повітря становить 28,7 %.

### 2.3.3. Механічна вентиляція з рекуперацією повітря

Для покращення якості мікроклімату приміщень, при будь-яких погодних умовах може бути використана система механічної вентиляції з рекуперацією. Подібні технічні рішення широко застосовуються, зокрема, в країнах Північної Європи, в Скандинавії.

По свого виконання в багатоповерхових житлових будинках теплоутилізатори можуть бути центральними - на всю будівлю (або групу квартир), і індивідуальними (поквартирними).

В даний час широко застосовуються теплоутилізатори декількох типів:

- рекуперативні - на базі пластинчастих повітро-повітряних теплообмінників;
- регенеративні - з теплоакумулюючою насадкою, яка обертається;
- з проміжним теплоносієм з теплообмінниками «рідина -воздух».

При схожих массогабаритних показниках найбільшою енергетичною ефективністю володіють регенеративні теплоутилізатори (80-95 %), далі слідують рекуперативні (65-75 %) і на останньому місці теплоутилізатори з проміжним теплоносієм (45-55 %).

У сучасних конструкціях в теплоутилізатор вбудовуються два водяних або електричних підігрівача. Один служить для захисту від заморожування

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

витяжного тракту теплообмінника, другий - для підвищення температури припливного повітря до заданого значення.

Системи вентиляції з теплоутилізаторами мають ряд переваг, до яких слід віднести:

- суттєве зменшення споживання теплової енергії, яка іде для нагріву повітря, - від 50 до 90 % залежно від типу використаного утилізатора;
- підвищення теплового комфорту, що обумовлено аеродинамічною стійкістю системи вентиляції і збалансованістю витрат припливного і витяжного повітря;
- можливість гнучкого регулювання теплового режиму залежно від режиму експлуатації квартири, в тому числі з використанням рециркуляційного повітря;
- можливість захисту від міського, зовнішнього шуму при використанні герметичних світлопрозорих огорожень;
- можливість очищення припливного повітря за допомогою високоефективних фільтрів;
- можливість підтримки оптимальної вологості повітря в квартирі де використано рекуператори.

Розрахуємо потенціал зменшення втрат теплової енергії при використанні рекуператорів у житловому будинку. Споживання теплової енергії за добу на 1 м<sup>2</sup> багатоповерховим будинком складає 920 Вт . Тоді, за добу споживання теплової енергії через вентиляцію однією квартирою становить 22,1 кВт·год, а за весь опалювальний період (для Києва це 187 доби), 4132,7 кВт·год.

Питомі витрати розрізнятимуться для квартир різної площі. Для даного будинку вони складуть для квартири площею 37,8 м<sup>2</sup> - 124,5 кВт·год/м<sup>2</sup>, 51,0 м<sup>2</sup> - 92,3 кВт·год/м<sup>2</sup>, 60 м<sup>2</sup> - 78,4 кВт·год/м<sup>2</sup>, 75,8 м<sup>2</sup> - 62,1 кВт·год/м<sup>2</sup>, а в середньому по типовому житловому поверху (224,6 м<sup>2</sup>) - 83,8 кВт·год/м<sup>2</sup>.

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Якщо прийняти коефіцієнт корисної дії рекуператора, що утилізував теплоту вентиляційного повітря, що видалялося, для підігрівання припливного повітря, рівним 65 %, то витрати теплової енергії на вентиляцію з розрахунку на одну квартиру за опалювальний період складуть 1646,9 кВт·год, а питомі витрати в середньому по типовому житловому поверху складуть 29,3 кВт·год/м<sup>2</sup>. В цьому випадку зниження витрат теплової енергії на опалювання і вентиляцію за опалювальний період в разі використання рекуператорів складе 26 %. Ця величина сповна узгоджується з цифрами, приведеними в [27] 20-25%.

Варто відзначити, вказане вище зниження витрат теплової енергії буде різним для квартир різної площі. Найбільш ефективна установка теплоутилізатора в однокімнатній квартирі, де в результаті цього зниження витрат теплової енергії на опалювання і вентиляцію складає 39 %; для трикімнатної квартири економія енергії буде в два рази менше - 19 %. Останні результати розрахунку приведені в таблиці 2.1.

Ще одна оцінка ефективності використання теплоутилізаторів, приведена в роботі І. Ф. Лівчака і А. Л. Наумова [28]. В даному випадку автори приймали норму припливного повітря в квартирі на одну людину рівною 40 м<sup>3</sup>/год, що при коефіцієнті корисної дії рекуператора, що утилізував теплоту видаленого вентиляційного повітря для підігрівання припливного, рівному 65 %, дає кількість утилізованої теплоти на одну людину 1050 кВт·год. При розрахункових річних витратах теплової енергії на опалювання і вентиляцію квартири будинку вище 12 поверхів для київського клімату, рівних 95 кВт·год/м<sup>2</sup> площі квартири ця величина, кількість утилізованої теплоти на одну людину, складе від витрати на опалювання і вентиляцію 61 % для квартири площею 18 м<sup>2</sup>, 47 % для квартири площею 23 м<sup>2</sup>, 27 % для квартири площею 40 м<sup>2</sup>, і 16 % для квартири площею 70 м<sup>2</sup>.

					<i>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

## Зниження витрат теплової енергії при використанні рекуператорів

Приміщення	Загальна площа квартири, м <sup>2</sup>	Питомі витрати теплової енергії на підігрівання припливного повітря за опалювальний період, кВт·год/м <sup>2</sup>	Питомі витрати теплової енергії на підігрівання припливного повітря за опалювальний період при використанні теплоутилізаторів, кВт·год/м <sup>2</sup>	Зниження витрат теплової енергії на опалювання і вентиляцію за опалювальний період %
1-кімнатна квартира	37,8	124,5	43,6	39
2-кімнатна квартира	51,0	92,3	32,3	29
2-кімнатна квартира	60,0	78,4	27,4	24
3-кімнатна квартира	75,8	62,1	21,7	19
Разом, житловий поверх	224,6	83,8	29,3	26

При реальній експлуатації житлових приміщень немає необхідності в постійному забезпеченні необхідного повітрообміну. При зменшенні інтенсивності експлуатації приміщення або квартири можливе зменшення інтенсивності повітрообміну аж до деякого мінімального рівня, відповідного фоновій вентиляції. Дана поквартирна механічна вентиляція з утилізацією теплоти повітря, що видається, для підігрівання припливного дозволяє скоротити кількість припливного повітря, що подається в квартири, скоротивши тим самим витрати теплової енергії на його підігрівання. Оцінимо можливу економію, передбачивши, що в результаті індивідуального регулювання кількість припливного повітря скоротилася на 30 %. В цьому випадку зниження споживання теплової енергії на вентиляцію і опалювання за опалювальний період лише за рахунок зменшення повітрообміну складатиме до 12 %, а загальну економію енергії за рахунок зменшення

									ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
										55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

повітрообміну і використання рекуператорів в 30 % (підсумкові результати приведені в таблицю. 2.2).

Таблиця 2.2

Зменшення енергоспоживання в результаті впровадження енергозберігаючих заходів

Енергозберігаючий захід	Очікувана економія, %
Використання індивідуальних поквартирних теплоутилізаторів	26
Зменшення повітрообміну на 30 %	12
Зменшення повітрообміну на 30 % при використанні індивідуальних поквартирних теплоутилізаторів	30

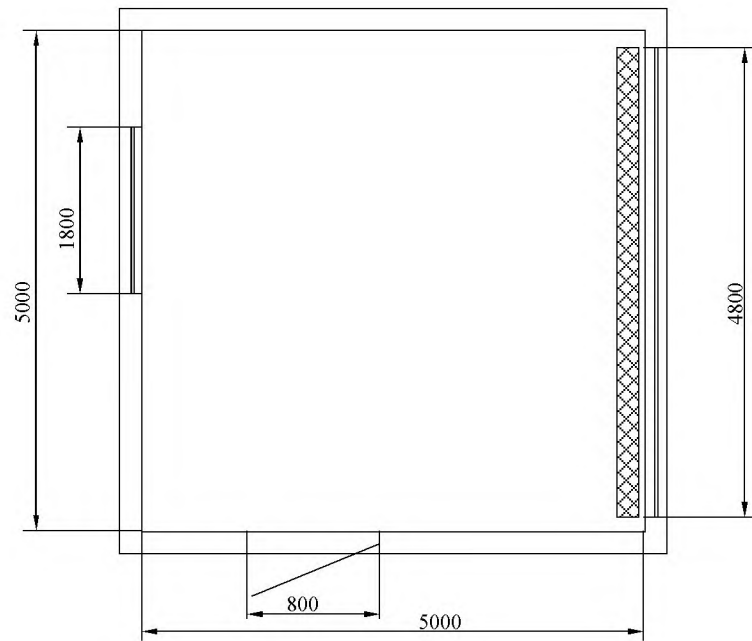
Іншими словами, при зменшенні вентиляційного повітрообміну ефективність використання теплоутилізації сповна закономірно зменшується, в даному випадку вона складає 21 %. Це обставина, зменшення економії теплової енергії від установки рекуператора при скороченні повітрообміну, детально розглянуто в роботі І. Ф. Лівчака і А. Л. Наумова [28]. Можна передбачити, що регулювання повітрообміну потребує менших капітальних витрат, ніж використання достатньо дорогих теплоутилізаторів. Вочевидь, що при порівнянні різних варіантів енергозберігаючих заходів необхідна оцінка їх економічної ефективності.

#### 2.4. Оцінка енергоефективності пасивного житлового будинку в порівнянні з класичним

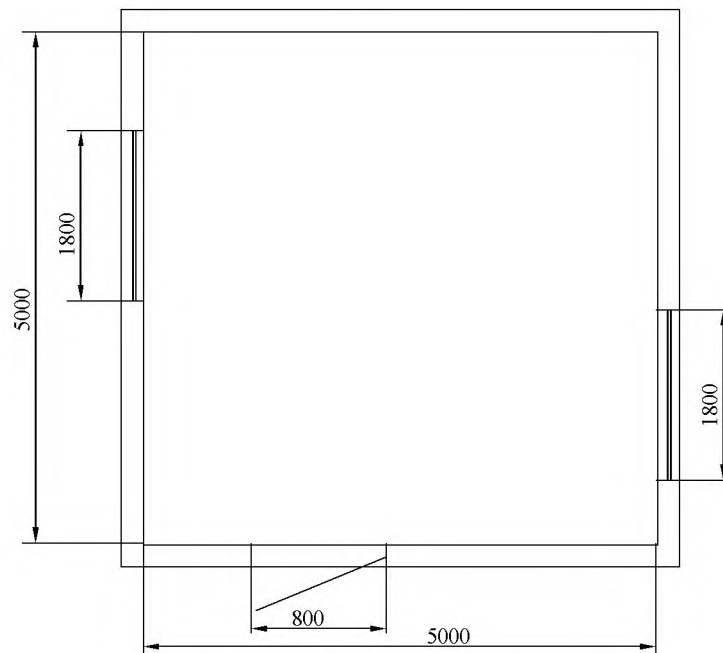
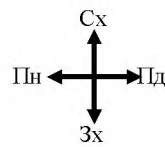
При розгляді енергоефективності пасивних житлових будинків проведемо порівняння їх енергетичного балансу із енергетичним балансом класичного будинку, який будується на території Тернопільської області. Для

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

цього візьмемо дві спрощені прямокутні конструкції розміром  $2,5 \times 5 \times 5$  м (рис. 2.4).



а)



б)

Рис. 2.4. План пасивного (а) та класичного (б) будинків

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ

Арк.

57



У пасивному будинку використано теплопостачання за рахунок сонячної енергії, сучасні системи утеплення непрозорих огорожуючих конструкцій, енергоефективні вікна та сучасні системи вентиляції із рекуператорами повітря. Орієнтація пасивного будинку виконана таким чином, щоб забезпечити найбільше надходження сонячної енергії у приміщення, а саме вікнами та теплоакумуляуючою стіною із світлопрозорою огорожуючою конструкцією на південь.

У класичному будинку теплопостачання проводиться за рахунок системи опалення, стіни зведені у дві цегли, використано дерев'яні вікна та має місце природна вентиляція. Класичний будинок повернутий на південь тією стіною, на якій розташоване вікно.

У приміщенні, в якому підтримується постійний (стаціонарний, незмінний в часі) тепловий режим, повинен спостерігатися тепловий баланс:

$$\sum Q = 0, \quad (2.1)$$

або

$$Q_n = Q_{от}, \quad (2.2)$$

де  $Q_n$  і  $Q_{от}$  – енергія, яка надходить в приміщення та витрачається, Вт.

У пасивному будинку надходження теплової енергії здійснюється такими шляхами (рис. 2.5, 2.6):

- системи сонячного опалення

Площа застління становить 10,56 м<sup>2</sup> (рис. 2.4, а);

- сонячна радіація через вікна площею 3,24 м<sup>2</sup> (рис. 2.4, а);
- тепловиділення від людей;
- виділення тепла світловими приладами;
- виділення тепла побутовою технікою (телевізор, холодильник, персональний комп'ютер);

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

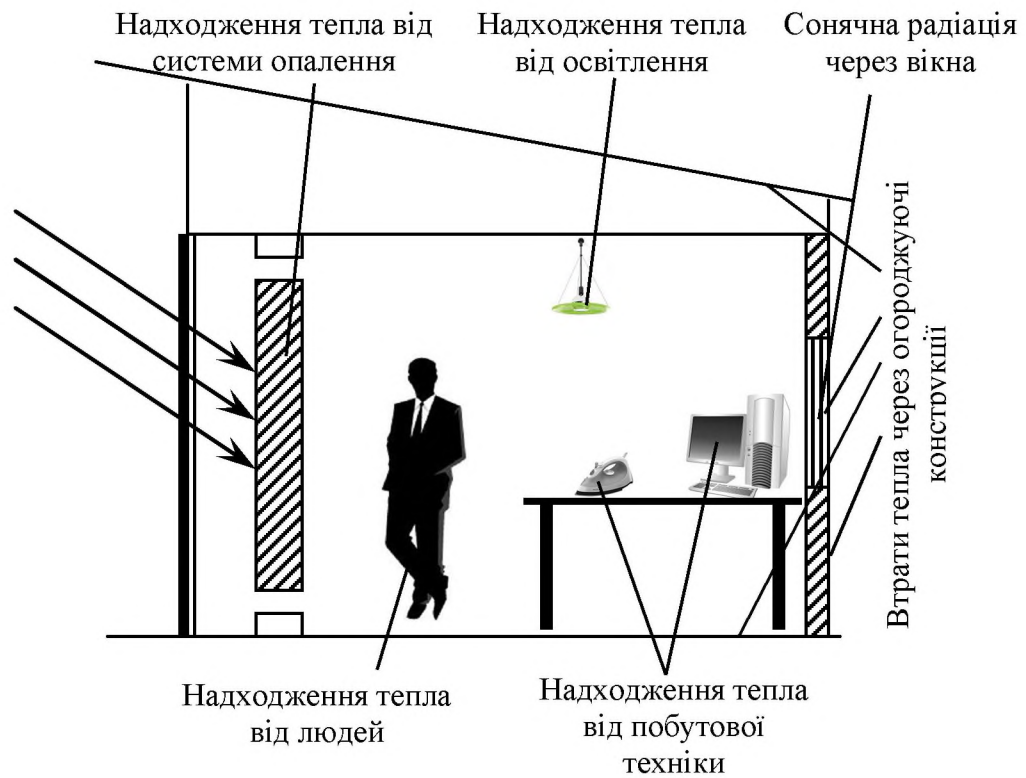


Рис. 2.5. Надходження тепла і тепловтрати в приміщенні пасивного будинку



Рис. 2.6. Напрямок переміщення теплової енергії в пасивному будинку

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Шляхи надходження тепла у класичному будинку аналогічні і відрізняються лише системою опалення та площею вікон 6,48 м<sup>2</sup> (рис. 2.4, б).

У обох будинках експлуатується однакова кількість обладнання, проживає по 2 людей, використано однакову кількість і тип світлових приладів та втрати тепла відбувається через огорожуючі конструкції, а у випадку класичного будинку ще і через вентиляцію.

Шляхи втрат тепла в обох випадках відбуваються через огорожуючі конструкції та вентиляцію.

Враховуючи вищесказане тепловий баланс будинку (2.2) запишемо наступним чином:

$$Q_{n.m} + Q_{c.o} + Q_o + Q_C + Q_l = Q_{o.k} + Q_e, \quad (2.3)$$

де  $Q_{n.m}$  – прихід тепла від побутової техніки, Вт;

$Q_{c.o}$  – прихід тепла від системи опалення, Вт;

$Q_o$  – прихід тепла від штучних джерел світла, Вт;

$Q_C$  – прихід тепла через Сонячну радіацію, Вт;

$Q_l$  – прихід тепла від присутніх в приміщенні людей, Вт;

$Q_{o.k}$  – втрати тепла через огорожуючі конструкції, Вт;

$Q_e$  – втрати тепла через систему вентиляції, Вт.

Розрахунок теплового балансу будинків проведемо для холодної пори року, так як тоді теплові втрати через огорожуючі конструкції максимальні бо різниця температур повітря всередині приміщення та назовні максимальна і становить 41 °С (табл. 2.3) [29]

У пасивному будинку стеля виконана із керамзитового гравію із коефіцієнтом теплопровідності 0,11 Вт/(м·К) товщиною 150 мм, підлога – із соснових дощок із коефіцієнтом теплопровідності 0,29 Вт/(м·К) товщиною 50 мм, постелених на керамзитовий гравій товщиною 100 мм, двері дерев'яні товщиною 40 мм із коефіцієнтом теплопровідності 0,29 Вт/(м·К) утеплені

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

мінеральною ватою на синтетичному зв'язуючому із коефіцієнтом теплопровідності 0,062 Вт/(м·К) товщиною 30 мм.

Таблиця 2.3

Розрахункові значення температури і швидкості вітру зовнішнього середовища

Найменування пункту	Період року	Параметри А		Параметри Б		Середня добова амплітуда температури повітря, °С
		температура повітря, °С	швидкість вітру, м/с	температура повітря, °С	швидкість вітру, м/с	
Тернопіль	Теплий	22,1	1	26,8	1	11,8
	Холодний	- 9	7,1	-21	5,1	-

*Примітка.* –параметри А - для систем вентиляції, повітряного душення і кондиціонування третього класу для теплого періоду року;  
 –параметри Б - для систем опалювання, вентиляції, повітряного душення і кондиціонування для холодного періоду року і для систем кондиціонування першого класу для теплого періоду року.  
 Для систем кондиціонування другого класу слід приймати температуру зовнішнього повітря для теплого періоду року на 2°С і питомій ентальпії на 2 кДж/кг нижче встановлених для параметрів Б.

У класичному будинку стеля і підлога виконані із залізобетонних плит із коефіцієнтом теплопровідності 1,92 Вт/(м·К) товщиною 150 мм і 200 мм

відповідно, двері дерев'яні товщиною 25 мм із коефіцієнтом теплопровідності 0,29 Вт/(м·К) не утеплені.

## 2.5. Розрахунок надходження теплоти в приміщення будинків

### 2.5.1. Розрахунок надходження тепла від людей

Надлишкова теплота (надлишки явної теплоти) - залишкова кількість явної теплоти (за вирахуванням тепловтрат), що поступає в приміщення при розрахункових параметрах зовнішнього повітря після здійснення всіх технологічних заходів щодо їх зменшення (тепловій ізоляції устаткування, трубопроводів і ін.). Приміщення з надлишками явної теплоти більше 23 Вт/м<sup>3</sup> називають приміщеннями із значними надлишками явної теплоти і відносять до категорії гарячих цехів. Надлишкова теплота визначається як сума тепlopоступлення від людей, штучного освітлення, електродвигунів, нагрітого устаткування, остигаючих матеріалів, через вікна тощо.

Поступлення тепла від людей залежать від виду робіт і температури довколишнього середовища в будинку.

Поступлення тепла від людей [30], Вт

$$Q_{\text{люд}} = n \cdot q_{\text{я}} k_{\text{л}}, \quad (2.4)$$

де  $n$  - кількість людей;

$q_{\text{я}}$  - тепловиділення однією дорослою людиною (чоловіком) Вт, приймається залежно від температури внутрішнього повітря і категорії робіт за табл. 2.5 ;

$k_{\text{л}} = 1$  - для чоловіків,  $k_{\text{л}} = 0,85$  - для жінок,  $k_{\text{л}} = 0,75$  - для дітей.

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

## Розрахункові значення температури й вологості повітря приміщень

Призначення будинку	Розрахункова температура внутрішнього повітря, $t_{в}, ^\circ\text{C}$	Розрахункове значення відносної вологості, $\varphi_{в}, \%$
Житлові будинки	20	55
Громадські і адміністративні будинки	20	60
Лікувальні й дитячі навчальні установи	21	50
Дошкільні установи	22	50

Розрахуємо кількість тепла, яке надходить в приміщення обох будинків при проживанні в них по чоловіку і жінці. При цьому вони не постійно знаходяться у приміщенні, а лише 14 годин на добу з них 8 годин в стані спокою (сну), 2 години в роботі середньої важкості, а решту при легкій роботі. Тоді:

$$Q_{\text{люд}} = Q_{\text{ч}} + Q_{\text{ж}} = (14 \cdot 40 \cdot 1 + 4 \cdot 75 \cdot 1 + 2 \cdot 140 \cdot 1) + (14 \cdot 40 \cdot 0,75 + 4 \cdot 75 \cdot 0,75 + 2 \cdot 140 \cdot 0,75) = 2222,5 \text{ Вт}$$

де  $Q_{\text{ч}}$  – надходження тепла від чоловіка, Вт;

$Q_{\text{ж}}$  – надходження тепла від жінки, Вт.

А в середньому за 1 годину:

$$Q_{\text{люд}} = 2222,5 / 24 = 92,6 \text{ Вт}$$

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Таблиця 2.5

Кількість теплоти і вологи, що виділяються дорослою людиною  
(чоловіком)

Темпера- тура оточуючого повітря, °С	Кількість теплоти $q_y$ , Вт, і вологи $m$ , г/год, які виділяються дорослою людиною (мужчиною)							
	в стані спкою		при легкій роботі		при роботі середньої важкості		при важкій роботі	
	$m$	$q_y$	$m$	$q_y$	$m$	$q_y$	$m$	$q_y$
15	30	120	55	120	110	135	185	165
16	32	114	59	116	116	129	196	158
17	34	108	63	112	122	123	207	151
18	36	102	67	108	128	117	218	144
19	38	96	71	104	134	111	229	137
20	40	90	75	100	140	105	240	130
21	42	84	83	93	149	98	251	123
22	44	78	91	86	158	91	262	116
23	46	72	99	79	167	84	273	109
24	48	66	107	72	176	77	284	102
25	50	60	115	65	185	70	295	95
26	55	56	122	60	194	64	307	86
27	60	52	129	55	203	58	319	77
28	65	48	136	50	212	52	331	68
29	70	44	143	45	221	46	343	59
30	75	40	150	40	230	40	355	50

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ

Арк.

64

## 2.5.2. Тепловиділення штучними джерелами світла

Тепловиділення штучними джерелами освітлення визначається з рівняння:

$$Q_o = E \cdot F \cdot q_c \cdot \eta_c \quad (2.5)$$

де  $E$  – нормована освітленість приміщення, лк (табл. 2.6) [30];

$q_c$  – питомі тепловиділення від ламп, Вт/(м<sup>2</sup>лк) (табл. 2.7);

$F$  – площа підлоги приміщення, м<sup>2</sup>;

$\eta_c$  – доля теплоти, що поступає в приміщення.

Таблиця 2.6

Нормована освітленість приміщень  $E$ , Лк [31]

№	Приміщення	Лк
<b>Громадські будівлі</b>		
1	Проектні зали, конструкторські бюро	500
2	<i>Читальні зали, кабінети, робочі і класні кімнати, аудиторії</i>	300
3	Зали засідань, спортивні, актові, зорові зали клубів, обідні	200
4	Басейни, фойє клубів, кінотеатрів	150
5	Номери готелів	100
6	Глядацькі зали кінотеатрів, палати лікарень, спальні кімнати	75
7	Торгівельні зали магазинів	300
<b>Промислові будівлі</b>		
1	Механічні, ремонтно-механічні, зварювальні, деревообробні, електроремонтні цехи	150
2	Ковальські, термічні, забарвлення, складальні, гальванічні цехи	200
3	Технічне обслуговування і ремонт автомобілів	200



## Питомі тепловиділення від світильників [32, 33]

Тип світильника	Питомі тепловиділення, $q_c$ , Вт/(м <sup>2</sup> лк) для приміщень площею, м <sup>2</sup>					
	менше 50		50-200		більше 200	
	При висоті приміщення, м					
	<4,0	>4,0	<4,0	>4,0	<4,0	>4,0
Люмінесцентні лампи прямого світла	0,08	0,20	0,06	0,074	0,056	0,067
Лампи розжарювання	0,21	0,28	0,16	0,2	0,154	0,187

Якщо освітлювальна арматура і лампи встановлені на деякій відстані від стелі  $\eta_c = 1$ , для люмінесцентних ламп, вбудованих в горищне перекриття або підвісну стелю  $\eta_c = 0,4$ . Для більшості приміщень, що мають природне освітлення, тепlopоступлення від джерел штучного освітлення враховуються в холодний і перехідний періоди року.

Для освітлень досліджуваних приміщень використано люмінесцентні світильники, розташовані на деякій відстані від стелі. Тоді кількість теплової енергії, яка надходить в приміщення за 1 годину від світильників буде рівна:

$$Q_o = 300 \cdot 25 \cdot 0,08 \cdot 1 = 600 \text{ Вт.}$$

Прийнявши, що освітлення приміщення проводиться лише зранку 2 години і ввечері 5 годин, отримаємо середнє значення тепlopоступлень від світильників за годину:

$$Q_o = 600 \cdot 7 / 24 = 175 \text{ Вт.}$$

									Арк.
									66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ				

### 2.5.3. Надходження сонячного тепла у пасивний будинок із врахуванням втрат тепла через вікна

Розрахунок потоку сонячного випромінювання  $E$ , для нагрівання повітря на  $\Delta t = 20$  °С вище від зовнішнього для кімнати чорного пасивного будинку з великим вікном на південній стороні та масивною чорною стіною з півночі (рис. 2.4, а), вважаємо, що дах і стіни з коефіцієнтом поглинання  $\alpha_{noz} = 0,8$  добре ізольовані і всі втрати тепла відбуваються через вікно з коефіцієнтом пропускання скла  $\tau_{np} = 0,9$ .

Якщо температура в кімнаті постійна, і прийняти  $E_{шт} = 0$  (відсутній додатковий нагрівач) та  $F = 1$  (на одиницю нагрівної площі), то рівняння (2.6) можна перетворити до такого виду [29]:

$$\alpha_{noz} \cdot t_{np} \cdot E = \frac{\Delta t}{R_T} \quad (2.6)$$

де  $R_T$  – опір тепловим втратам через засклеєне вікно:  $R_T = 0,5 - 0,13 = 0,07$  ( $m^2 \cdot K$ )/Вт (табл. 2.8.);

Таблиця 2.8

Характеристики приймачів сонячного випромінювання

Поверхня	Скляне накриття	$R$ ( $m^2 \cdot K$ )/Вт	$t_p$ °С
Чорна	Немає	0,031	40
	Один шар	0,13	95
	Два шари	0,22	140
Селективна	Один шар	0,40	240
	Два шари	0,45	270
	Вакуумована трубка	0,48	160

Для коефіцієнта пропускання скла  $\tau_{пр} = 0,9$  і коефіцієнта поглинання стіни  $\alpha_{ноз} = 0,8$  отримаємо:

$$E = \frac{\Delta t}{R_T \cdot \tau_{пр} \cdot \alpha_{ноз}} = \frac{20}{0,07 \cdot 0,9 \cdot 0,8} = 396,8 \text{ Вт/м}^2.$$

Таке випромінювання можна очікувати в ясний зимовий день на вертикальній поверхні будинку, поверненій до Сонця.

Для пасивного будинку сумарна кількість сонячної енергії, яка поступає на акумулятор тепла через світловий отвір повернений на південь площею  $10,56 \text{ м}^2$  буде рівна:

$$Q_C = E \cdot F_{co} \cdot \alpha_{на} = 396,8 \cdot 10,56 \cdot 0,93 = 3897 \text{ Вт} \quad (2.7)$$

де  $\alpha_{на}$  – коефіцієнт поглинання сонячного випромінювання чорним акумулятором тепла [29],  $\alpha_{на} = 0,93$ .

Для класичного будинку із світловим отвором поверненим на південь площею  $3,24 \text{ м}^2$  без акумулятора тепла буде рівна:

$$Q_C = E \cdot F_{co} \cdot \alpha_{не} = 400 \cdot 3,24 \cdot 0,39 = 501,4 \text{ Вт} \quad (2.8)$$

де  $\alpha_{не}$  – коефіцієнт поглинання сонячного випромінювання внутрішніми конструкціями в будинку [29],  $\alpha_{не} = 0,39$ .

#### 2.5.4. Надходження тепла від побутових приладів

Кількість тепла, що поступає в приміщення від нагрітого технологічного устаткування і матеріалів, розраховують по технологічній частині проекту або визначають відповідно до відомчих вказівок.

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Якщо температури нагрітих поверхонь відомі, для розрахунку тепlopоступлень можна використовувати звичайні формули теорії теплопередачі.

Тепловіддача від нагрітих поверхонь:

$$Q_{m} = \alpha \cdot S \cdot (t_{m} - t_{n}), \quad (2.9)$$

де  $\alpha$  - коефіцієнт тепловіддачі від поверхні до повітря,

$S$  - площа нагрітої поверхні,

$t_{m}$  - температура нагрітої поверхні,

$t_{n}$  - температура повітря в приміщенні.

У випадку, якщо кількість і найменування побутових приладів невідома, то виділення тепла від них приймають рівною 10 Вт на 1 м<sup>2</sup> площі підлоги:

$$Q_{m} = 10 \cdot F_{n}, \quad (2.10)$$

де  $F_{n}$  – загальна площа підлоги в кімнаті, м<sup>2</sup>.

Для нашого випадку:

$$Q_{m} = 10 \cdot 5 \cdot 5 = 250 \text{ Вт}$$

## 2.6. Втрати теплової енергії через вентиляцію

Пасивний будинок може функціонувати лише з ефективною системою рекуперації тепла (коефіцієнт ефективності рекуперації щонайменше 75 %). При встановленні лише витяжної вентиляції, як це часто буває в «низькоенергетичних» будинках, втрата тепла через вентиляцію становить близько 35 кВт•год/м<sup>2</sup> за рік. Для пасивного будинку це неприйнятно, оскільки при потребі в тепловій енергії для опалення всього 15 кВт • год/м<sup>2</sup> за рік втрата була б більшою.

У розглянутій конструкції пасивного будинку пропонується використовувати систему вентиляції ПРАНА серії DVS (рис. 2.7, 2.8), яка є

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

децентрализованною прямоточною вентиляційною системою призначеною для енергоефективної вентиляції житлових приміщень площею до 45 м<sup>2</sup> площі. Управління системою здійснюється з дистанційного пульта керування (DVS-d), або реостатного вимикача. Перевагою системи є застосування інноваційної системи збереження тепла повітря виконаної із використанням трубчатих мідних рекуператорів тепла вентиляційного повітря на зустрічних потоках.



Рис. 2.7. Загальний вигляд системи вентиляції ПРАНА серії DVS

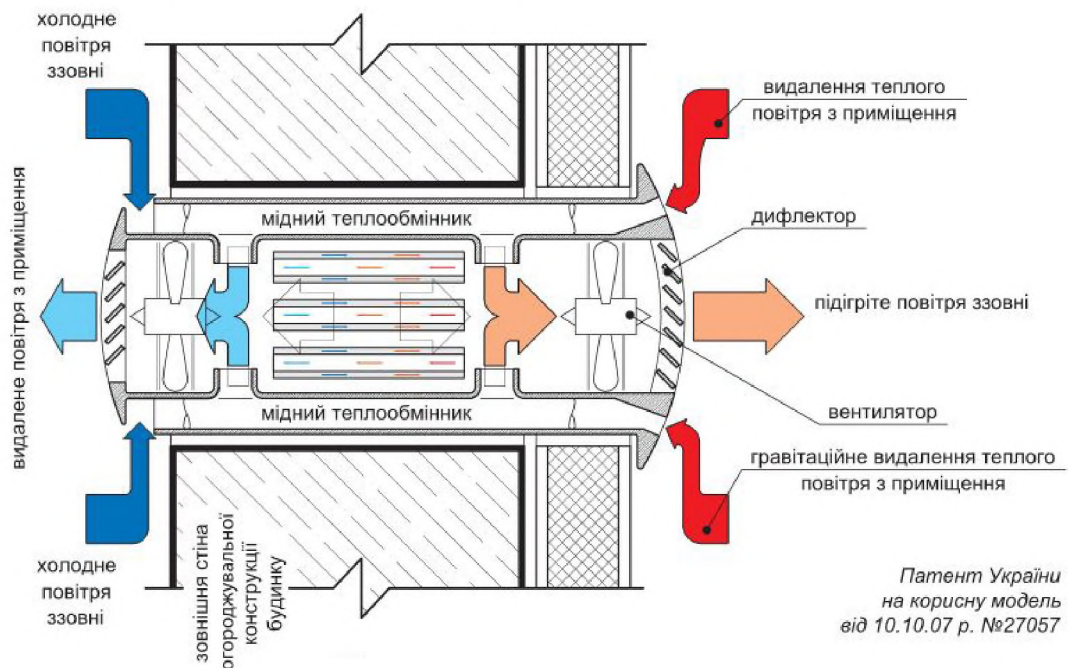


Рис. 2.8. Принцип роботи системи вентиляції ПРАНА серії DVS

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Система є функціонально закінченим виробом, на відміну від стандартних систем вентиляції, вона вирішує проблему припливу до приміщення свіжого повітря безпосередньо з зовні, а не з вентиляційного каналу, що дозволяє зберігати енергетичну складову повітря. Конструкційно система розміщена у пластмасовому циліндрі діаметром 150 мм з стандартною довжиною у складеному стані - 420 мм і призначена для використання у будинках та будівлях із товщиною несучих стін 380 - 630 мм. Ефективність рекуперації – від 57 % [34].

Інші технічні характеристики за номенклатурою виробів зведено у табл. 2.9

Обсяги повітрообміну залежать від типів (продуктивності) встановлених вентиляторів та під замовлення можуть змінюватись.

Таблиця 2.9

Технічні характеристики ПРАНА

Розрахункові обсяги повітрообміну (м <sup>3</sup> /год)				Рекомендована площа приміщення , м <sup>2</sup>
«Природний»	«Приплив»	«Витяжка»	«Ніч»	
7-8	70	65	20	до 45

Враховуючи дані таблиці повітрообмін за добу становитиме:

$$V_d = V_1 \cdot t_1 + V_2 \cdot t_2 = 20 \cdot 12 + 65 \cdot 12 = 240 + 780 = 1020 \text{ м}^3/\text{добу}. \quad (2.11)$$

$$V_d = V_1 \cdot t_1 + V_2 \cdot t_2 = 20 \cdot 12 + 65 \cdot 12 = 240 + 780 = 1020 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Або

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

$$V_r = V_o / 24 = 1020 / 24 = 42,5 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (2.12)$$

Приблизна, але все таки більш ніж достатня для дослідження, формула, по якій виробляється розрахунок систем вентиляції і можна визначити кількість тепла, необхідну для підігрівання припливного повітря виглядає в такій формулі [35]:

$$Q_e = V \cdot 0,36 \cdot (T_n - T_s), \quad (2.13)$$

де  $V$  - витрата повітря,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;

$(T_n - T_s)$  - різниця температур в приміщенні і ззовні,  $^{\circ}\text{C}$ .

Тоді, для класичного будинку, кількість теплової енергії, яка виводиться із приміщення через з одну годину, при умові використання вентиляції із таким же повітрообміном як і в пасивному будинку, буде рівна:

$$Q_e = 42,5 \cdot 0,36 \cdot (20 - (-21)) = 627 \text{ Вт}$$

Враховуючи економію тепла в результаті рекуперації повітря (57 %), кількість теплової енергії, яка видаляється із приміщення у пасивному будинку за 1 годину становить:

$$Q_e = 627 \cdot 0,57 = 357,4 \text{ Вт}$$

## 2.7. Втрати тепла через огороджуючи конструкції

### 2.7.1. Тепловтрати через стіни класичного будинку

Розрахуємо кількість теплоти, яка передається шляхом теплопровідності стіною площею  $F=42,7 \text{ м}^2$  за 1 добу. Товщина стіни  $\delta = 0,51 \text{ м}$  виконана з цегли (густина повнотілої цегли  $\rho_{\text{сеп}}=1800 \text{ кг/м}^3$ ,  $d=1800/1000 = 1,8$  (відносна густина)). Температура назовні  $t_s = -21 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , а в приміщенні  $t_{\text{вн}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Для розрахунків скористаємося формулою В.П. Некрасова

$$\lambda_{\text{ч}} = 1,16 \cdot \sqrt{0,0196 + 0,22d^2} - 0,16 = 1,16 \cdot \sqrt{0,0196 + 0,22 \cdot 1,8^2} - 0,16 = 0,83 \text{ Вт/(мК)}.$$

Таблиця 2.10.

Теплопровідність матеріалів

Матеріал	Маса, кг	Об'єм, м <sup>3</sup>	Середня густина, кг/м <sup>3</sup>	Теплопровідність, Вт/(мК)	
				розрахункова	визначена
Цегла	3,6	0,002	1800	0,83	0,80
Пінопласт	0,18	0,006	30	-	0,05

Розрахуємо кількість теплоти Q, якщо  $\tau = 1 \text{ год} = 3600 \text{ с}$  :

$$Q = \frac{\lambda(t_1 - t_2) \cdot F \cdot \tau}{\delta} = \frac{0,80 \cdot [20 - (-21)] \cdot 42,7 \cdot 3600}{0,51} = 9,89 \text{ МДж}.$$

Оскільки, що 1 кВт·год = 3,6 МДж, а 1 кг ум. палива = 29,3 МДж, визначаємо кількість теплоти яка передається за 1 добу цегляною стіною (площа 42,7 м<sup>2</sup>):

$$Q = 9,89 \text{ МДж} = 2,75 \text{ кВт·год} = 0,34 \text{ кг ум. палива}.$$

За 1 добу - 237,4 МДж або 65,9 кВт год або 8,1 кг ум. палива.

### 2.7.2. Тепловтрати через стелю, підлогу та двері класичного та пасивного будинків

Вихідні дані для розрахунку тепловтрат через стелю та підлогу будинків наведено в табл. 2.11.

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73



## Характеристики стелі і підлоги будинків

Назва конструкції	Матеріал	Товщина, мм	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)	Термічний опір, (м <sup>2</sup> ·К)/Вт	Площа, м <sup>2</sup>	Втрати енергії за 1 год, Джгод
Класичний будинок						
Стеля	Залізобетонна плита	150	2,04	0,074	25	
Підлога	Залізобетонна плита	200	2,04	0,1	25	
Пасивний будинок						
Стеля	Керамзитовий ґравій	150	0,11	1,36	25	
Підлога	Дерево	50	0,29	0,18	25	

Розрахунок втрат в будинку :

$$R_c = \frac{\delta_c}{\lambda_c} = \frac{0,15}{0,11} = 1,36,$$

де  $R_c$  – термічний опір стелі, (м<sup>2</sup>·К)/Вт;

$\delta_c$  – товщина стелі, м;

$\lambda_c$  – коефіцієнт теплопровідності стелі, Вт/(м·К).

$$R_n = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,05}{0,29} + \frac{0,1}{0,11} = 1,089,$$

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

де  $R_{\pi}$  – термічний опір підлоги, (м<sup>2</sup>·К)/Вт;

$\delta_o$  і  $\delta_z$  – товщина дошки і керамзитового гравію відповідно, м;

$\lambda_o$  і  $\lambda_z$  – коефіцієнт теплопровідності дошки і керамзитового гравію відповідно, Вт/(м·К).

$$R_{уд} = \frac{\delta_{дв}}{\lambda_{дв}} + \frac{\delta_y}{\lambda_y} = \frac{0,04}{0,29} + \frac{0,03}{0,062} = 0,622,$$

де  $R_{уд}$  – термічний опір утеплених дверей, (м<sup>2</sup>·К)/Вт;

$\delta_{дв}$  і  $\delta_y$  – товщина дверей і утеплювача (мінеральної вати) відповідно, м;

$\lambda_{дв}$  і  $\lambda_y$  – коефіцієнт теплопровідності дверей і утеплювача (мінеральної вати) відповідно, Вт/(м·К).

Розрахунок втрат енергії через підлогу:

$$Q = \frac{(t_1 - t_2) \cdot F \cdot \tau}{R_{\pi}} = \frac{[20 - 7] \cdot 25 \cdot 3600}{1,089} = 1,06 \text{ МДж} = 298 \text{ Вт} \cdot \text{год} = 7152 \text{ Вт} \cdot \text{доб}$$

Розрахунок втрат енергії через стелю:

$$Q = \frac{(t_1 - t_2) \cdot F \cdot \tau}{R_c} = \frac{20 \cdot 25 \cdot 3600}{1,36} = 1,98 \text{ МДж} = 367 \text{ Вт} \cdot \text{год} = 8823 \text{ Вт} \cdot \text{доб}$$

Розрахунок втрат енергії через двері

$$Q = \frac{(t_1 - t_2) \cdot F \cdot \tau}{R_c} = \frac{[20 - (-21)] \cdot 1,6 \cdot 3600}{0,622} = 0,37 \text{ МДж} = 103 \text{ Вт} \cdot \text{год} = 2472 \text{ Вт} \cdot \text{доб}$$

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.7.3. Розрахунок необхідної товщини теплоізоляційного матеріалу для утеплення пасивного будинку

З метою зменшення затрат на будівництво пасивного будинку приймемо, що його стіна побудована лише в одну глину цеглу товщиною 250 мм, для якої  $\lambda_{ц} = 0,81 \text{ Вт/(мК)}$ . Розраховані дані тепlopоступлень в приміщення будинку та тепловтрат зведено в табл. 2.12

Таблиця 2.12

Тепlopоступлення та тепловтрати приміщенні пасивного будинку

Джерело тепла чи втрат	Кількість теплової енергії за годину, Вт	Кількість теплової енергії за добу, Вт
Люди	92,6	2222,4
Штучне освітлення	175	4375
Сонячне тепlopостачання з врахуванням втрат через вікна	3897	31176
Побутові прилади	250	6000
Втрати через вентиляцію	357,4	8577,6
Втрати через стелю та підлогу	367	15975
Втрати через двері	103	2472

Враховуючи кількість теплової енергії, яка надійшла в приміщення та теплових втрат (табл. 2.12), залишкова тепла енергія, яка повинна утриматися стінами будинку, рівна (2.3):

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

$$\sum Q = 2222,4 + 4375 + 31176 + 1250 - 8577,6 - 15975 - 2472 - Q_{ст} = 12000 - Q_{ст}$$

Тоді

$$Q_{ст} = 12000 \text{ Вт} = 43,2 \text{ МДж}$$

Визначимо скільки теплової енергії проходить через  $1 \text{ м}^2$  стіни за одну годину:

$$Q_{ст/1} = \frac{12000}{24 \cdot 34,5} = 14,45 \text{ Вт/м}^2$$

Порівнявши отримані дані із вимогами до теплового потоку через стіни у пасивних будинках, а це  $15 \text{ Вт/м}^2$ , можна зробити висновок, що розрахунки виконані коректно.

Розрахуємо, яка потрібна товщина утеплення стін площею  $34,5 \text{ м}^2$  (загальна площа стіни  $50 \text{ м}^2$  мінус площі вікон і дверей) теплоізоляційними пінополістерольними екструзійними плитами для забезпечення максимального рівня виходу тепла із приміщення через стіни на рівні  $Q_{ст}$ .

Тепловий опір утепленої стіни повинен становити:

$$R_{ст} = \frac{(t_1 - t_2) \cdot F \cdot \tau}{Q_{ст}} = \frac{(20 - (-21)) \cdot 34,5 \cdot 86400}{43,2 \cdot 10^6} = 2,76 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$$

Тоді товщина теплоізоляції буде рівна:

$$\delta_{із} = \left( R_{ст} - \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} \right) \cdot \lambda_{із} = 2,76 - \frac{0,25}{0,81} = 0,106 \text{ м}$$

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

## 2.7.4. Розрахунок кількості додаткової теплової енергії для опалювання класичного будинку

Розраховані дані теплопоступлень в приміщення класичного будинку та тепловтрат зведено в табл. 2.13

Таблиця 2.13

Теплопоступлення та тепловтрати приміщенні класичного будинку

Джерело тепла чи втрат	Кількість теплової енергії за годину, Вт	Кількість теплової енергії за добу, Вт
Люди	92,6	2222,4
Штучне освітлення	175	4375
Теплові втрати через вікна [15]	216	5184
Побутові прилади	250	6000
Втрати через вентиляцію	627	15048
Втрати через стелю та підлогу	367	15975
Втрати через двері	103	2472
Втрати через одношарову стіну товщиною 51 см	2750	66000

Враховуючи кількість теплової енергії, яка надійшла в приміщення та теплових втрат (табл. 2.13), тепла енергія, яка повинна поступити від обігрівальних приладів визначається наступним чином:

$$\sum Q = 2222,4 + 4375 - 5184 + 6000 - 15048 - 15975 - 2472 - 66000 + Q_{\text{оп}} = Q_{\text{оп}} - 92051$$

Тоді

$$Q_{\text{оп}} = 92051 \text{ Вт} = 331,4 \text{ МДж}$$

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

### 2.7.5. Економія енергії при переході на будівництво пасивних житлових будинків

Економія теплоти в пасивних житлових будинках на 1 м<sup>2</sup> житлової площі за одну добу складає :

$$\Delta Q = \frac{Q_{\text{оп}}}{S} = \frac{331,4}{25} = 13,26 \text{ МДж}$$

Відповідно до статей 18, 25, 41 Закону України „Про місцеві державні адміністрації”, та постанови Кабінету Міністрів України від 8 червня 1996 року №619 „Про затвердження норм споживання природного газу населенням у разі відсутності газових лічильників”, розпорядження голови облдержадміністрації №340-р від 28.09.09р.

Тривалість опалювального періоду для населення, яке користується природним газом згідно з нормами споживання, становить 6 місяців, починаючи з 15 жовтня 2009 року і закінчуючи 15 квітня 2010 року. А це 183 дні.

За опалювальний період:

$$- \Delta Q = 2426,6 \text{ МДж} = 674 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

### 2.8. Висновки до розділу

..

1. Визначені найбільш ефективні енергозберігаючі заходи в системах теплоенергозабезпечення і кліматизації будинків, характерні для сучасного етапу розвитку будівельної індустрії.

2. Встановлено, що за рахунок автоматичного регулювання подачі теплової енергії на опалювання досягається економія тепла 15 % і вище від річного споживання. В разі комплексного обладнання системи опалювання

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

не лише індивідуальними термостатами, але і регулювальниками в джерела теплової енергії або ІТП, досягається економія теплової енергії на опалювання до 25-35 %.

3. Встановлено, що в кліматичних умовах Києва зниження витрат теплової енергії на опалювання і вентиляцію багатоповерхової житлової будівлі в результаті використання гідрорегульованих припливних пристроїв можна оцінити в 12-17 %, ще більше зниження витрат теплової енергії можливе при використанні на додаток до регульованого припливу і регульованого витягу.

4. Розрахункова кількість теплової енергії у пасивному будинку, яка проходить через 1 м<sup>2</sup> утепленої стіни за одну годину становить 14,45 Вт/м<sup>2</sup>.

5. Економія теплової енергії 1 м<sup>2</sup> житлової площі за одну добу в пасивних житлових будинках в порівнянні із класичними складає 13,26 МДж, а за опалювальний період 2426,6 МДж або 674 кВт·год.

					<i>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

## РОЗДІЛ 3. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

### 3.1. Створення таблиць у текстовому редакторі Microsoft Word

Під час написання даної дипломної роботи часто сикалися із необхідністю оформлення результатів розрахунків у вигляді таблиць. Таблиці створені у текстовому редакторі Microsoft Word. В ньому є три способи створення таблиці в документі [36]:

*Перший спосіб.* Таблицю стандартної конфігурації можна створити за допомогою команди Table/Таблица □ Insert/Добавить □ Table/Таблица.

У діалоговому вікні Insert Table/ Вставка таблицы (рис. 3.1.) вказують кількість стовпців та рядків. Заздалегідь можна встановити ширину стовпців, зокрема:

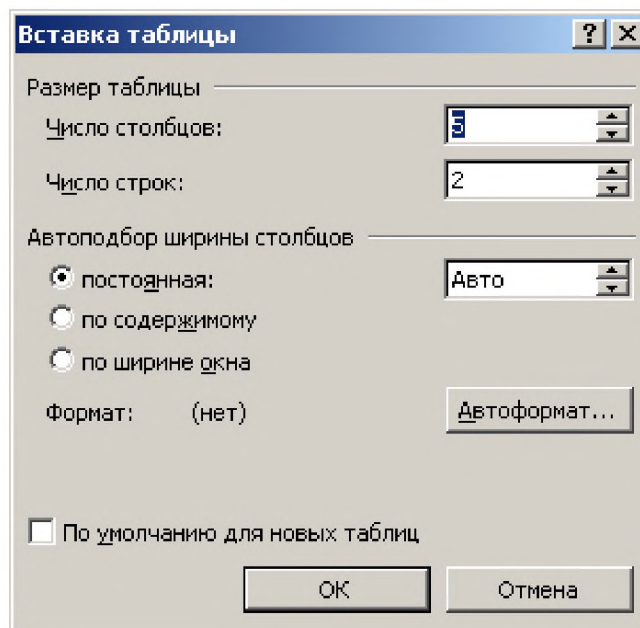






Рис. 3.1. Вікно «Вставка таблицы»

					ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 3.  гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ		
Розробив		Романюк В.В.					
Перевірів		Мовчан Л.Т.					
Консульт.		Мовчан Л.Т.					
Н. Контр.		Коваль В.П.					
Зав каф.		Тарасенко М.Г.					81




- Fixed column width/Постоянная - ширина стовпців фіксується у полі праворуч;
- AutoFit to contents/По содержимому - на екран виводиться таблиця, яка має мінімальну ширину;
- AutoFit to windows/По ширине окна - утворюється таблиця шириною робочого екрана зі стовпцями однакової ширини;
- Параметр Set as default for new tables/По умолчанию для нових страниц дає змогу створювати наступні таблиці такого ж виду.

*Другий спосіб.* Таблицю стандартної конфігурації, але без можливості налаштування додаткових параметрів, можна створити також за допомогою кнопки  піктографічної панелі. Після натискання на кнопку потрібно у низхідному полі зі структурою таблиці виокремити потрібну кількість рядків і стовпців. Після відпускання клавіші мишки таблиця вибраного розміру буде введена в документ.

Таблицю довільної конфігурації можна накреслити за допомогою команди Table/Таблица □ DrawTable/Нарисовать таблицу або натисканням на кнопку  піктографічної панелі Standard/Стандартная. Після виконання цих операцій на екрані з'являється піктографічна панель Tables and Borders/Таблицы и границы, де потрібно натиснути на кнопку . Курсор набуде вигляду олівця. Натиснувши на ліву клавішу мишки і, не відпускаючи її, малюють рамку бажаного розміру. Для внутрішнього окреслення таблиці треба підвести курсор до потрібного місця на зовнішній рамці і потягти курсор до протилежного боку. Для зміни внутрішнього окреслення активізують кнопку  (гумка), підводять до непотрібного відрізка і натискають ліву клавішу мишки. Для виходу з режиму рисування таблиці потрібно повторно натиснути на активну піктографічну кнопку.

*Третій спосіб.* Наступний тип таблиці застосовується у випадку, якщо потрібно використати можливості табличного процесора Excel. Для цього

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

користуються кнопкою  піктографічної панелі Insert Microsoft Excel Worksheet/Добавить таблицу Excel. Після виокремлення потрібної кількості комірок на екрані можна побачити таблицю, оточену зі всіх боків характерною рамкою, а також командний рядок і піктографічні панелі редактора Excel (рис. 3.2).

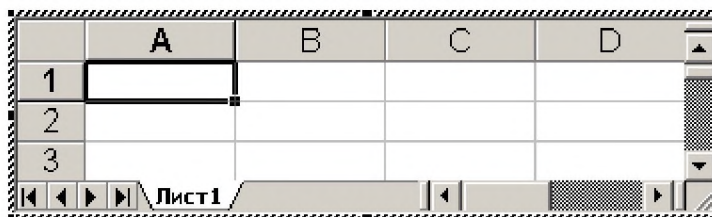


Рис. 3.2. Комірки таблиці «Microsoft Excel»

Щоб вийти з цього режиму треба ввести курсор за межі таблиці і клацнути клавiшею мишки. Для внесення виправлень потрібно двічі клацнути всередині таблиці. Така таблиця є вбудованим об'єктом Excel і тому засоби редагування та форматування процесора Word до неї не застосовуються.

### **3.2. Створення та редагування формул. Робота із функціями в Microsoft Excel**

При проведенні обчислень в роботі використано табличний редактор Microsoft Excel. В ньому формули – це вираз, що починається із знаку рівності і складається з числових величин, адрес комірок, функцій, імен, які сполучені знаками арифметичних операцій. До знаків арифметичних операцій, які використовуються в Excel відносяться: складання; віднімання; множення; ділення; піднесення до степеня [36].

Деякі операції у формулі мають вищий пріоритет і виконуються в такій послідовності:

- піднесення до ступеня і вирази в дужках;
- множення і ділення;
- складання і віднімання.

Результатом виконання формули є значення, яке виводиться в комірці, а сама формула відображається в рядку формул. Якщо значення в комірках, на які є посилання у формулах, змінюються, то результат зміниться автоматично.

Для внесення змін до формули потрібно клацнути мишею на рядку формул або клавішу F2. Потім внести зміни і натиснути клавішу Enter. Якщо потрібно внести зміни до формули безпосередньо в комірці, де вона записана, то потрібно двічі клацнути мишею на комірці з цією формулою. Для відміни змін натиснути кнопку Відміна в рядку формул або клавішу Esc.

Посилання однозначно визначає комірку або групу комірок робочого листа. За допомогою посилань можна використовувати у формулі дані, що знаходяться в різних місцях робочого листа, а також значення однієї і тієї ж комірки в декількох формулах. Можна також посилатися на комірки, що знаходяться на інших листах робочої книги, в іншій робочій книзі, або навіть на дані іншого застосування. Посилання на комірки інших робочих книг називаються зовнішніми. Посилання на дані в інших застосуваннях називаються видаленими.

Після того, як формула введена в комірку, можна її перенести, скопіювати або розповсюдити на блок комірок. При переміщенні формули в нове місце таблиці посилання у формулі не змінюються, а комірку, де раніше була формула, стає вільним. При копіюванні формула переміщується в інше місце таблиці, при цьому абсолютні посилання не змінюються, а відносні посилання змінюються.

При копіюванні формул можна керувати зміною адрес комірок або посилань. Якщо перед всіма атрибутами адреси комірки поставити символ “\$” (наприклад \$A\$1), то це буде абсолютне посилання, яке при копіюванні

					<i>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

формули не зміниться. Зміняться тільки ті атрибути адреси комірки, перед якими не коштує символ “\$”, тобто відносні посилання. Для швидкої установки символів “\$” в посиланні її необхідно виділити у формулі і натиснути клавішу F4.

Для переміщення формули потрібно підвести вказівник миші до того місця межі комірки, де зображення вказівника миші змінюється з білого хрестика на білу стрілку. Потім натиснути ліву кнопку миші і, утримуючи її, перемістити комірку в потрібне місце таблиці. Завершивши переміщення, відпустите кнопку миші. Якщо в записі формули є адреси комірок, вони при переміщенні формули не змінюються.

Для копіювання формули потрібно підвести вказівник миші до того місця межі комірки або блоку, де зображення вказівника змінюється з білого хрестика на білу стрілку. Потім натиснути клавішу Ctrl і ліву кнопку миші і перемістити комірку в потрібне місце таблиці. Для завершення копіювання відпустити кнопку миші і клавішу Ctrl. Якщо в записі формули є відносні адреси комірок, при копіюванні формули вони зміняться.

Крім копіювання і переміщення формулу можна розповсюдити на частину рядка або стовпця. При цьому відбувається зміна відносних посилань. Для розповсюдження формули необхідно виконати наступні дії:

Встановити курсор в комірку з формулою.

Підвести вказівник миші до маркера автозаповнення. Зображення вказівника змінюється на чорний хрестик.

Натиснути ліву кнопку миші і, утримуючи її натиснутою, перемістити курсор до потрібного місця. Для завершення розповсюдження формули відпустити кнопку.

Необхідно відзначити, що Excel виводить в комірку значення помилки, коли формула для цієї комірки не може бути правильно обчислена. Якщо формула містить посилання на комірку, яка містить значення помилки, то ця формула також виводитиме значення помилки.

					<i>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

Функції Excel — це спеціальні, наперед створені формули для складних обчислень, в які користувач повинен ввести тільки аргументи.

Функції складаються з двох частин: імені функції і одного або декількох аргументів. Ім'я функції описує операцію, яку ця функція виконує, наприклад, СУММ.

Аргументи функції Excel - задають значення або комірки, використовувані функцією, вони завжди поміщені в круглі дужки. Відкриваюча дужка ставиться без пропуску відразу після імені функції. Наприклад, у формулі «=СУММ(A2;A9)», СУМ — це ім'я функції, а A2 і A9 її аргументи.

Ця формула підсумовує числа в комірках A2, і A9. Навіть якщо функція не має аргументів, вона все одно повинна містити круглі дужки, наприклад функція ПІ (). При використанні у функції декількох аргументів вони відділяються один від одного крапкою з комою. У функції можна використовувати до 30 аргументів.

Можна вводити функції в робочому листі прямо з клавіатури або за допомогою команди Функція меню Вставка. Якщо виділити комірку і вибрати команду Вставка/Функція, з'явиться вікно діалогу Майстер функцій – крок 1 з 2. Відкрити це вікно можна також за допомогою кнопки Вставка функції на рядку введення формул.

					<i>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

## РОЗДІЛ 4.

### ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

#### 4.1. Особливості економічної ефективності енергозберігаючих заходів по підвищенню теплової ефективності будинків

В даному розділі приведено дослідження економічної ефективності енергозберігаючих заходів по підвищенню теплової ефективності будинків. Оцінка ефективності інвестицій проводилася відповідно до рекомендацій, описаних в [37].

При оцінці ефективності інвестицій в енергозберігаючі заходи слід враховувати ряд важливих обставин:

1. Методологія проектування енергоефективного будинку повинна ґрунтуватися на системному аналізі будинку, як єдиної енергетичної системи. Представлення енергоефективного будинку, як суми незалежних іноваційних рішень порушує принципи системності і призводить до втрати енергетичної ефективності проекту. Із цього виходить, що істотна економія енергоресурсів може бути досягнута тільки при впровадженні комплексу енергозберігаючих заходів. Наприклад, при встановленні в будинку авторегульованої (гігрорегульованої) вентиляції, економія енергоресурсів може бути досягнута тільки у разі використання регульованої системи опалення, оскільки при зниженні тепловтрат за рахунок вентиляційного повітрообміну необхідно відповідно зменшити тепловіддачу обігрівачів; інакше можливий перегрів приміщень.

2. Максимальний ефект від впровадження енергозберігаючих заходів може бути досягнутий тільки у разі їх масового вживання.

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>РОЗДІЛ 4.</b>	<i>Лім.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Романюк В.В.</i>					87	
<i>Перевірів</i>		<i>Мовчан Л.Т.</i>						
<i>Консульт.</i>		<i>Малюта Л.Я.</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Коваль В.П.</i>						
<i>Зав каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>			<i>гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ</i>			

3. Економічна ефективність впровадження енергозберігаючих заходів знаходиться в прямій залежності від вартості енергії (чим вища вартість енергії, тим швидше окупляються технічні рішення, що дозволяють знижувати енергопотреби будинків), а оскільки енергозберігаючі заходи в будинках розраховані, як правило, на достатньо довгий період.

4. Сучасні технічні рішення, які забезпечують економію енергоресурсів, часто водночас сприяють підвищенню якості мікроклімату (якості середовища перебування людини), тобто підвищенню споживчих якостей будинку, захисту навколишнього середовища і т.д. У зв'язку з цим при ухваленні остаточного рішення про використання тих або інших енергозберігаючих заходів в будинку, разом з оцінкою економічної ефективності, можуть враховуватися й інші міркування кількісного і якісного характеру.

#### **4.2. Особливості підвищення теплової ефективності систем теплопостачання будинків**

Істотна економія теплової енергії, що витрачається системою контролю клімату будинку, при порівняно невеликих капітальних витратах забезпечується використанням автоматичного регулювання її подачі. У цій роботі вказано, що при встановленні оптимального режиму роботи економія теплової енергії може скласти 20 % і більш річного споживання на опалювання без порушення теплового режиму в будинках.

У зв'язку з вказаними обставинами актуальним є перехід від центральних теплових пунктів (ЦТП) до індивідуальних (ІТП), розташованих в опалювальному будинку. Це рішення, окрім підвищення ефективності авторегулювання опалювання, дозволяє відмовитися від розподільних мереж гарячого водопостачання, а також понизити втрати тепла при транспортуванні і витрату електроенергії на перекачування побутової гарячої

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

води. Перенесення центрів приготування гарячої води на побутові потреби ближче до її споживання (у будинок), ліквідація завдяки цьому ЦТП і внутрішньоквартальних мереж гарячого водопостачання не лише підвищує якість постачання гарячою водою жителів, але і як показали розрахунки, виконані ще в 1970-х роках, виявляється ефективнішим за рішення з ЦТП як за капітальними, так і за експлуатаційними витратами, оскільки в цьому випадку зменшуються тепловтрати, витрата електроенергії на перекачування і циркуляцію гарячої води, а також підвищується ефективність авторегулювання опалювання. Проте відсутність у той час необхідного обладнання (компактних теплообмінників, малошумних циркуляційних насосів, приладів авторегулювання і обліку тепла) залишили це рішення нереалізованим, за винятком декількох демонстраційних об'єктів.

Автоматизовані ІТП у поєднанні з індивідуальним автоматичним регулюванням тепловіддачі опалювальних приладів дозволяють повністю здійснити в будинках заходи по економії тепла, води, електроенергії на перекачування, а також отримати зниження витрат на прокладку трубопроводів систем тепловодозабезпечення. Наявність малошумних циркуляційних насосів, компактних теплообмінників і приладів авторегулювання подачі і обліку тепла дозволяють успішно вирішити це завдання. Відмова від ЦТП і управління регулюванням подачею тепла на опалювання і гаряче водопостачання в ІТП, окрім іншого, наводить до скорочення втрат тепла внутрішньоквартальними теплопроводами і до зниження витрати електроенергії на перекачування теплоносія.

Перехід на систему тепlopостачання з ІТП доцільний не лише в новому будівництві, але в існуючих мікрорайонах, де через вироблення ресурсу потрібна заміна внутрішньоквартальних мереж і обладнання ЦТП. Подібні рішення по реконструкції застосовані, зокрема, в Німеччині. У східних землях (колишньою ГДР) системи тепlopостачання з ЦТП залишають як водопровідні підкачуючі станції, демонтуючи тепломеханичне обладнання.

					<i>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89



Внутрішньоквартальні трубопроводи системи гарячого водопостачання відключають, а по трубопроводах опалювання подають перегріту воду в кожен будинок. У теплових пунктах будинків встановлюються теплообмінне обладнання, малощумні насоси, системи авторегулювання і обліку теплової енергії і води. Вважається, що таке рішення, в порівнянні з ЦТП і багатотрубними мережами від них, дає економічний ефект, підвищує надійність і комфортність тепlopостачання. Відмова від ЦТП і переходу на системи тепlopостачання з ІТП забезпечує, за деякими даними, зниження споживання теплової енергії до 25 %. Наголошується також, що, окрім економії теплової і електричної енергії, перехід на ІТП замість ЦТП дозволяє скоротити капітальні витрати на систему тепlopостачання за рахунок зменшення кількості внутрішньоквартальних трубопроводів, ліквідації ЦТП і заміни посеkційного розведення трубопроводів опалювання в будинках на 25-30 % .

#### **4.3. Розрахунок економічної ефективності інвестицій при впровадженні пристрою індивідуального теплового пункту**

Вихідні дані для розрахунку. Будинок 17 поверхів (1-й поверх нежилий), 2 секції, 128 квартир (4 квартири на поверсі). Площі квартир наведені в табл. 4.1. В будинку встановлюється індивідуальний тепловий пункт (ІТП).

##### Зниження енергоспоживання.

Даний захід забезпечує зниження витрати теплової енергії на опалювання на 15 %. Таким чином, розрахункові окремі витрата теплової енергії на опалювання будинку складають 87 кВт·год./м<sup>2</sup>. Зниження питомої витрати енергії в порівнянні з нормативним рівнем складає 8,4 %. Зниження витрат теплової енергії у вартісному вираженні складає 0,012 тис.грн./(м<sup>2</sup>·год).

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

Вартість обладнання. Загальна вартість обладнання з урахуванням монтажу складає 420 тис. грн., інвестиції в енергозберігаючі заходи, віднесені до 1 м<sup>2</sup> площі, - 0,058 тис. грн/м<sup>2</sup>.

Таблиця 4.1

Площі квартир

Приміщення	Площі жилих кімнат, м <sup>2</sup>	Загальна площа квартири, м <sup>2</sup>
1-кімнатна квартира	18,9	37,8
2-кімнатна квартира	30,3	51,0
2-кімнатна квартира	33,7	60,0
3-кімнатна квартира	44,8	75,8
Разом, поверх	127,7	224,6
Разом , секція	2043,2	3593,6
Разом, будинок	4086,4	7187,2

Визначення економічної ефективності.

Необхідно визначити:

1. Термін окупності інвестицій:

а) з урахуванням дисконтування поступаючих доходів;

б) з урахуванням нарощування (капіталізації) поступаючих доходів.

2. Чистий дохід за рахунок економії енергоресурсів за весь період експлуатації енергозберігаючих заходів:

а) чистий дисконтований дохід;

б) чистий дохід при нарощуванні (капіталізації) поступаючих доходів.

3. Індекс прибутковості інвестицій (відношенні повного доходу до величини інвестицій, характеризуючи відносну віддачу інвестиційного проекту на вкладені кошти):

а) за умови дисконтування всіх поступаючих доходів;

б) за умови нарощування (капіталізації) всіх поступаючих доходів.

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

Вихідні дані:

- інвестиції в енергозберігаючі заходи  $K = 0,058$  тис. грн./м<sup>2</sup> ;
- щорічний середній додатковий дохід за рахунок економії енергоресурсів протягом всього терміну експлуатації енергозберігаючих заходів  $\Delta D = 0,012$  тис. грн./(м<sup>2</sup> • год);
- термін експлуатації енергозберігаючих заходів  $T_{cl} = 20$  років;
- норму дисконту приймається рівною 10 %:  $r = 0,10$ .

Порядок розрахунку:

1. Визначаємо повний дохід за рахунок економії енергоресурсів за весь період експлуатації енергозберігаючих заходів:

1.1. Повний дисконтований дохід за рахунок економії енергоресурсів за весь період експлуатації енергозберігаючих заходів  $\Delta D_{T_{cl}}$ , тис.грн./м<sup>2</sup>, визначаємо за формулою:

$$\Delta D_{T_{cl}} = \Delta D \cdot [1 - (1 + r)^{-T_{cl}}] / r = 0,102 \text{ тис. грн./м}^2.$$

1.2. Повний дохід за рахунок економії енергоресурсів за весь період експлуатації енергозберігаючих заходів при нарощуванні (капіталізації) поступаючих доходів  $H\Delta_{T_{cl}}$ , грн., визначаємо за формулою:

$$H\Delta_{T_{cl}} = \Delta D \cdot [(1 + r)^{T_{cl}} - 1] / r = 0,687 \text{ тис. грн./м}^2.$$

2. Визначаємо чистий дохід за рахунок економії енергоресурсів за весь період експлуатація енергозберігаючих заходів:

2.1. Чистий дисконтований дохід ЧДД, тис.грн./м<sup>2</sup>, визначається за формулою:

$$\text{ЧДД} = \Delta D_{T_{cl}} - K = 0,044 \text{ тис. грн./м}^2.$$

2.2. Чистий дохід при нарощуванні (капіталізації) всіх поступаючих доходів ЧНД, тис. грн./м<sup>2</sup>, визначається за формулою:

$$\text{ЧНД} = H\Delta_{T_{cl}} - K = 0,629 \text{ тис. грн./м}^2.$$

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

3. Визначаємо термін окупності інвестицій:

3.1. Бездисконтний термін окупності інвестицій  $T_o$ , років, визначається за формулою:

$$T_o = K/\Delta D = 4,8 \text{ роки.}$$

3.2. Термін окупності інвестицій з урахуванням дисконтування поступаючих доходів за рахунок економії енергоресурсів  $T_\Delta$ , років, визначається за формулою:

$$T_\Delta = -\ln(1 - T_o \cdot r) / \ln(1 + r) = 6,9 \text{ років.}$$

3.3. Термін окупності інвестицій при нарощуванні (капіталізації) поступаючих доходів за рахунок економії енергоресурсів  $T_n$ , років, визначається за формулою:

$$T_n = \ln(1 + T_o \cdot r) / \ln(1 + r) = 4,1 \text{ років.}$$

4. Визначаємо індекс прибутковості інвестицій:

4.1. Індекс прибутковості інвестицій за умови дисконтування всіх поступаючих доходів  $ИД_\Delta$  протягом терміну експлуатації енергозберігаючих заходів визначається за формулою:

$$ИД_\Delta = ДД_{Тсп} / K = 1,761.$$

4.2. Індекс прибутковості інвестицій за умови нарощування (капіталізації) всіх поступаючих доходів  $ИД_n$  протягом терміну експлуатації енергозберігаючих заходів визначається за формулою:

$$ИД_n = НД_{Тсп} / K = 11,850.$$

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

Отримані результати наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Економічна ефективності інвестицій в енергозберігаючі заходи

Схема розрахунку	Термін окупності, років	Окремий чистий дохід за рахунок економії енергоресурсів за весь період експлуатації енергозберігаючих доходів, тис. грн./м <sup>2</sup>	Індекс прибутковості інвестицій
З урахуванням дисконтування доходів	6,9	0,044	1,761
З урахуванням нарощування (капіталізації) доходів	4,1	0,629	11,850

#### 4.4. Висновки до розділу

Економічна ефективності інвестицій в енергозберігаючі заходи з урахуванням нарощування (капіталізації) доходів обґрунтована терміном окупності в 4,1 роки. Індекс прибутковості становить 11,85

					<i>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

**РОЗДІЛ 5.**  
**ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА**  
**В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

**5.1. Заходи, які зменшують небезпеку виникнення вибухів та пожеж**

Запобігання вибухів та пожеж – це комплекс організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на виключення можливості виникнення вибухів та пожеж.

Організаційні і технічні заходи щодо запобігання пожежі реалізуються ще на стадії проектування окремих об'єктів підприємств. При цьому заздалегідь вивчаються особливості технологічних процесів і об'єктів, можливі причини і джерела виникнення вибухів та пожеж. Запобігання пожежі великою мірою сприяє правильне планування, розміщення основних об'єктів з урахуванням рельєфу місцевості, дотримання протипожежних розривів між будівлями відповідно до вимог генерального плану.

Попередження вибухів та пожеж на підприємствах досягається [38]:

- запобіганням утворенню горючого середовища;
- запобіганням виникненню в горючому середовищі або появи в ньому джерел запалювання.

Запобігання утворення горючого середовища повинно досягатися:

- максимально можливим застосуванням негорючих і важко горючих речовин і матеріалів;
- обмеженням маси і об'єму горючих речовин, матеріалів та найбільш безпечним способом їх розміщення;
- ізолюванням горючого середовища;

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>РОЗДІЛ 5</b>					
<i>Розробив</i>	<i>Романюк В.В.</i>							<i>Лім.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Консульт.</i>	<i>Гурик О.Я.</i>								95	
<i>Консульт.</i>	<i>Клепчик В.М.</i>							<i>гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Коваль В.П.</i>									
<i>Зав каф.</i>	<i>Тарасенко М.Г.</i>									

- підтримуванням концентрації горючих газів, пари, суспензій і окислювача в суміші за межею їх спалаху;
- достатньої концентрації флегматизатора в повітрі захищуваного об'єкту;
- підтримуванням його температури і тиску, за якими розповсюдження полум'я неможливе;
- максимальною механізацією і автоматизацією технологічних процесів, пов'язаних з вживанням горючих речовин;
- встановленням пожежонебезпечного обладнання, по можливості, в ізольованих приміщеннях чи на відкритих площадках;
- застосуванням для горючих речовин герметичного обладнання і тари;
- застосуванням пристроїв захисту виробничого обладнання з горючими речовинами від ушкоджень і аварій, встановленням відключаючих, відсікаючих та інших пристроїв;
- застосуванням ізольованих відсіків, камер, кабін.

Попередження утворення в горючому середовищі джерел запалювання повинно досягатися такими основними заходами [38]:

- застосуванням машин, механізмів, обладнання, пристроїв, під час експлуатації яких не утворюються джерела запалювання;
- застосуванням електрообладнання, що відповідає класу пожежовибухонебезпеки приміщення або зовнішньої установки, групі і категорії вибухонебезпечної суміші;
- застосуванням в конструкції швидкодіючих засобів захисного відключення можливих джерел запалювання;
- застосуванням технологічного процесу і обладнання, що відповідає вимогам електростатичної іскробезпеки;
- пристроєм блискавкозахисту будівель, споруд і обладнання. Будівлі та споруди складів паливно-мастильних матеріалів захищають від

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

- прямих ударів блискавки, електростатичної та електромагнітної індукції та заносу потенціалів;
- підтримкою тиску в горючому середовищі нижчого за максимально припустимий за горючістю;
  - зменшенням визначального розміру горючої суміші середовища нижче максимально припустимого за горючістю.;
  - регламентацією виконання, застосування і режиму експлуатації машин, механізмів та іншого обладнання, матеріалів і виробів, що можуть бути джерелом запалювання горючого середовища;
  - застосуванням енергоустаткування, що відповідає класу пожежовибухонебезпеки приміщення або зовнішньої установки, групі і категорії вибухонебезпечної суміші;
  - застосуванням технологічного процесу і обладнання, що відповідає вимогам електростатичної іскробезпеки.;
  - регламентацією максимально допустимої температури нагрівання поверхонь обладнання і матеріалів, що можуть увійти в контакт з горючим середовищем. Режим роботи насосів, перекачувальних паливно-мастильних матеріалів не повинні спричиняти підвищене нагрівання їх поверхонь;
  - регламентацією максимально допустимої енергії іскрового розряду в горючому середовищі. Знижувати енергію іскрового розряду можна, зменшуючи напруження між частинами обладнання, при якому відбувається іскровий розряд в горючому середовищі;
  - регламентацією максимально допустимої температури нагрівання горючих речовин, матеріалів і конструкцій;
  - застосуванням інструмента, що не іскрить під час роботи з легкозаймистими речовинами. Слід застосовувати інструмент і пристосування, що не висікають іскри під час ударів і падіння;

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		97



- ліквідацією умов для хімічного самозагоряння речовин і матеріалів. До самозапалювальних речовин в технологічних процесах належать пірофорні речовини, що розігріваються при окисненні киснем повітря до 600 °С;

усуненням контакту з повітрям пірофорних речовин.

## 5.2. Роль і місце ЦО в загальній системі оборонних заходів

Кожна людина у випадках аварій, катастроф, стихійних лих повинна вміти захистити себе, свою родину і надати допомогу потерпілим. Необхідність цього вимагає саме життя, наша дійсність [39].

Науково-технічний прогрес значно збільшив можливості виробництва, але приніс із собою техногенну та екологічну небезпеки для людини і навколишнього середовища. Більшість регіонів держави підпадають під вплив небезпечних природних явищ. От чому кожний з нас повинен добре знати способи й методи збереження здоров'я і життя.

Громадяни України мають право на захист свого життя і здоров'я від наслідків аварій, катастроф, стихійних лих і вимагати від Уряду України, інших органів державної виконавчої влади, адміністрацій, підприємств, установ і організацій незалежно від форм власності й господарювання гарантій із забезпечення його реалізації.

Серед заходів захисту населення особливо важливим є оповіщення, що покладається на органи ЦЗ. З метою оповіщення населення із січня 1989 р. в Україні встановлений єдиний сигнал «Увага всім», що подається включенням сирен, гудків підприємств, гудків транспортних засобів. Почувши сигнал, населення зобов'язано включити радіо, радіотрансляційні й телевізійні приймачі, прослухати екстрене повідомлення зі штабу ЦЗ промислового об'єкта або управління з надзвичайних ситуацій і у справах

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		98

захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи обласної адміністрації.

В екстремному повідомленні, що передається протягом не менше 5 хвилин, надається інформація про НС і дії населення при ній.

Можливими видами інформації в НС мирного часу є:

- аварія на АЕС;
- аварія на ХНО (хімічно-небезпечні об'єкти);
- можливість землетрусу, повені;
- штормове попередження.

Можливими видами інформації в НС воєнного часу є:

- повітряна небезпека;
- відбій повітряної небезпеки;
- загроза хімічного зараження;
- загроза радіоактивного зараження.

Завдання ЦЗ впливають з НС мирного і воєнного часу.

Завдання ЦО викладені в Законі України від 24 березня 1999 року:

- попередження виникнення НС техногенного походження і вжиття заходів, які зменшують збитки у випадку аварії, катастрофи, стихійного лиха;
- оповіщення про загрозу НС у мирний і воєнний час;
- захист населення від наслідків аварій, катастроф, стихійного лиха і застосування сучасних засобів ураження;
- організація життєзабезпечення населення під час аварій, катастроф, стихійних лих у воєнний час;
- організація і проведення рятувальних та інших невідкладних робіт; • створення систем аналізу і прогнозованого управління, оповіщення та зв'язку, спостереження й контролю для стійкого функціонування об'єктів в НС мирного і воєнного часу; • підготовка й перепідготовка керівного складу ЦЗ, його органів управління й сил, навчання вмінно застосувати ЗІЗ (засоби індивідуального захисту) і діям в НС.

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		99

## РОЗДІЛ 6. ЕКОЛОГІЯ

### 6.1. Методи очищення викидів в атмосферу

Атмосферне повітря забруднюється твердими (пил, сажа), рідкими (крапельними) та газоподібними домішками. Завдання очищення викидів забруднюючих речовин полягає у вилученні з газів, що викидаються, завислих, твердих і рідких домішок – пилу, диму, крапель, туману (аерозолів) або в нейтралізації газоподібних і пароподібних домішок.

Очищення викидів в атмосферу здійснюється в газоочисних установках і пиловловлювачах. В залежності від принципу дії апарати очищення рідких викидів поділяються на: гравітаційні, інерційні (сухі та мокрі), фільтраційні, енергетичні (сухі та мокрі) [40].

1. В гравітаційних пиловловлювачах осадження пилових частинок з газів проходить за рахунок дії сил гравітації; при чому, чим більша швидкість руху частинок і час перебування їх в камері, тим вища ефективність очищення газів.

2. В пиловловлювачах інерційної дії (рис. 6.1) сепарація частин газового потоку проходить під дією частин сил гравітації та інерції пилових частинок, які рухаються в аерозольному потоці. Ефект досягається при повороті рухомого газового потоку; при цьому тверді частинки стараються зберегти першочерговий напрям руху і осаджуються в бункерах.

3. Група центробіжних апаратів включає циклові, вихрові та центробіжні ротаційні пиловловлювачі. Видалення пилу з аерозольного потоку проходить під дією центробіжної сили на частинки, які виникають при обертково-поступовому русі газового потоку.

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>РОЗДІЛ 6.</b>	<i>Лім.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>	<i>Романюк В.В.</i>						100	
<i>Перевірів</i>	<i>Мовчан Л.Т.</i>							
<i>Консульт.</i>	<i>Зварич Н.М.</i>							
<i>Н. Контр.</i>	<i>Коваль В.П.</i>							
<i>Зав каф.</i>	<i>Тарасенко М.Г.</i>							
						<i>гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ</i>		

Найширше в практиці використовується група апаратів типу “Циклон” (рис. 6.2), в яких під дією центробіжної сили тверді включення переміщуються до стінок циклону, а потім опускаються по них і потрапляють в бункер.

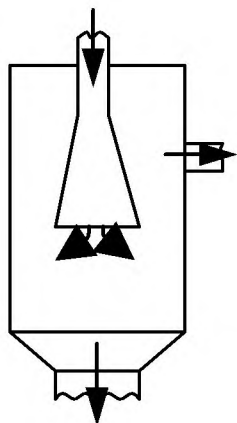


Рис. 6.1. Пиловловлювач інерційної дії:

1 – забруднені гази; 2 – очищені гази;  
3 – пил

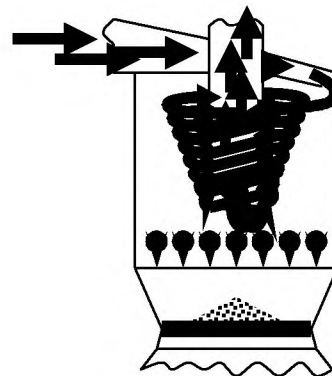


Рис. 6.2. Принципова схема сухої інерційної очистки газів (“Циклон”):

1 – подача неочищеного газу; 2 – відведення очищеного газу;  
3 – бункер для збирання осадів.

4. Заповнені газопромивачі або сепаратори мокрого очищення (рис. 6.3) на відміну від порожнистих мають фільтраційні колони, які заповнені галькою, кульками із скла, полімерних матеріалів та ін. Через постійно зрушуваний заповнювач проходять потоки газу змінного напрямку. На поверхні заповнювача осідають тверді та рідинні включення, які разом із зрошуваною рідиною поступають в бункер. Такий скруббер затримує до 90 % твердих частинок і до 30 % сірчаного ангідриду.

5. Швидкісні турбулентні пиловловлювачі (апарати мокрого очищення) мають трубу, розпилювач, в якому взаємодіє впорскувана під тиском рідина з повітряним потоком. Це найбільш ефективні апарати мокрого очищення. Пиловловлювачі, в яких в якості труби-розпилювача

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

використовується труба Вентурі (рис. 6.4), мають високу ефективність очищення газів (від частинок розміром 1-2 мкм – 96-98 %).

6. На підприємствах досить поширена група фільтраційних апаратів з тонковолокнистими, тканинними, зернистими, масляними, керамічними та електричними фільтрами.

7. В газових потоках існує волога у вигляді капель або пару. В даний час для очищення газів від вологи (сепарації краплин із газових потоків) застосовують гравітаційні, інерційні, центробіжні, дифузійні та електростатичні методи.

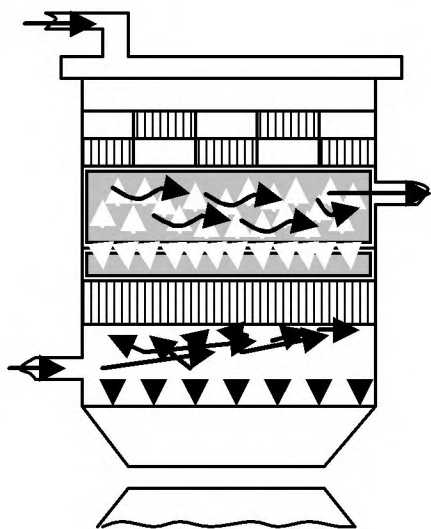


Рис. 6.3. Принципова схема мокрої очистки газів (“Скрубер”):

1 – подача неочищеного газу; 2 – подача води; 3 – зрошувальний бак; 4 – роздільний насадок; 5 – відведення очищеного газу; 6 – основний насадок; 7 – щитовий насадок; 8 – бункер для збирання осадів

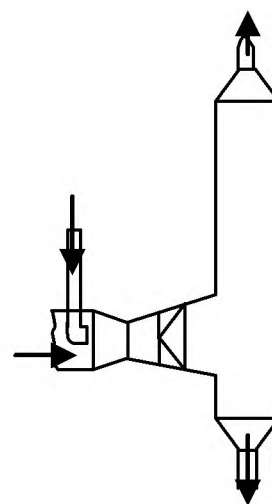


Рис. 6.4. Скрубер Вентурі:

1 – вода; 2 – газ; 3 – очищені газ; 4 – шлам

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## 6.2. Парниковий ефект

Клімат на нашій планеті в минулому періодично змінювався. За тисячі й мільйони років чергувалися періоди значного похолодання й навіть зледеніння та теплі епохи. Нині ж учені дуже занепокоєні: схоже на те, що Земля розігрівається значно швидше, ніж це було будь-коли в минулому. Це спричинено швидким збільшенням вмісту в атмосфері вуглекислого газу. В земній атмосфері вуглекислий газ діє як скло в парнику: пропускає сонячне світло, але затримує тепло розігрітої Сонцем поверхні Землі. Це викликає розігрівання планети, відоме під назвою парникового ефекту. "Мені здається, - пише У Болдерс, президент Національного центру вивчення атмосфери (США), - що зупинити це явище ніяк не можна. Парниковий ефект може бути трохи більшим чи трохи меншим, але він неминучий". Інші вчені-кліматологи настроєні не так категорично. Справа в тому, що клімат Землі залежить від багатьох факторів - одні зумовлюють потепління, інші - похолодання, а які переважають, сказати з певністю не можна. Крива природних коливань клімату нині прямує донизу, тобто до похолодання, що перевищує тенденцію до збільшення температури за рахунок парникового ефекту [40]. Проте найближчим часом результат взаємовпливу цих факторів має зміститися в бік зростання температури.

Найбільш неприємними для людства є два наслідки парникового ефекту. Перший - значне збільшення посушливості в середніх широтах, тобто в основних зернових районах (Україна, чорноземна зона Росії, Кубань, "зернові" штати США). Клімат тут стане напівпустельним, і врожаї зерна різко скоротяться. Другий - це підйом рівня Світового океану на 2-3 м за рахунок танення полярних льодових шапок. Це викличе затоплення багатьох прибережних ділянок, де живуть мільйони людей, міст, портів тощо. Наприклад, така густонаселена (150 млн. чоловік) держава, як Бангладеш, майже повністю буде затоплена, піде під воду Венеція тощо.

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103

Кліматичні зміни можуть відбуватися не лише завдяки впливу людства на склад атмосфери, а й внаслідок зміни ним типу поверхні Землі. Заміна лісів культурними плантаціями призводить до зниження випаровування й збільшення прямої тепловіддачі. Зменшується жорсткість поверхні, що впливає на циркуляцію шарів атмосфери.

Крім того, людство ще й безпосередньо підігріває атмосферу Землі за рахунок спалювання великої кількості нафти, вугілля, торфу тощо, а також роботи АЕС. Промисловість світу нині виділяє в атмосферу понад  $3 \cdot 10^{14}$  МДж тепла щорічно. Ця кількість поки що становить лише 0,01% енергії Сонця, що досягає атмосфери Землі. Проте в деяких промислових районах концентрація теплової енергії за рахунок промисловості збільшилася вже в сотні разів. З'явилися теплі ореоли над містами й промисловими центрами, де теплові аномалії вже на кілька градусів перевищують норму. Такі теплі плями добре помітні з Космосу під час теплової зйомки.

Швидко зростаюче населення африканських і латиноамериканських країн дуже активно вирубує тропічні ліси. За підрахунками експертів ООН, у найближчі 20 років буде знищено 12-15 млн. км<sup>2</sup> цих лісів, тобто більше половини їх площі. Крім зменшення кількості кисню, що надходить у атмосферу з цього джерела, відбудеться глобальне охолодження атмосфери. Підраховано, що за всю історію людства винищення лісів вже охолодило поверхню Землі майже на 1 °С

					<i>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		104

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Визначені найбільш ефективні енергозберігаючі заходи в системах теплоенергозабезпечення і кліматизації будинків, характерні для сучасного етапу розвитку будівельної індустрії.

2. Встановлено, що за рахунок автоматичного регулювання подачі теплової енергії на опалювання досягається економія тепла 15 % і вище від річного споживання. В разі комплексного обладнання системи опалювання не лише індивідуальними термостатами, але і регулювальниками в джерела теплової енергії або ІТП, досягається економія теплової енергії на опалювання до 25-35 %.

3. Питоме енергоспоживання на теплопостачання будівель в Україні практично в 2 рази більше, ніж в європейських країнах, розташованих приблизно в аналогічних кліматичних умовах.

4. Основними кроками до зменшення тепловтрат у пасивних житлових будинках є: 1) проектування енергоефективної архітектури в залежності від кліматичних умов будівництва; 2) теплоізоляція; 3) використання вікон із низькою теплопровідністю; 4) використання енергоефективної системи обігріву, кондиціонування і вентиляції.

5. Основним тепловіддаючим елементом в темний період доби є тепловий акумулятор, що забезпечує теплову інерцію пасивного будинку, роль якого виконує термічна маса, складова внутрішню частину зовнішньої стіни, внутрішніх (міжкімнатних) перегородок і міжповерхових перекриттів. Тобто будинок повинен мати масивні стіни, що обмежить коливання комфортної температури.

6. Розрахункова кількість теплової енергії у пасивному будинку, яка проходить через 1 м<sup>2</sup> утепленої стіни за одну годину становить 14,45 Вт/м<sup>2</sup>.

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>	<i>Романюк В.В.</i>						105	
<i>Перевірів</i>	<i>Мовчан Л.Т.</i>							
<i>Консульт.</i>	<i>Мовчан Л.Т.</i>							
<i>Н. Контр.</i>	<i>Коваль В.П.</i>							
<i>Зав каф.</i>	<i>Тарасенко М.Г.</i>							
						<i>гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ</i>		



7. Економія теплової енергії 1 м<sup>2</sup> житлової площі за одну добу в пасивних житлових будинках в порівнянні із класичними складає 13,26 МДж, а за опалювальний період 2426,6 МДж або 674 кВт

					<i>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		106

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Богуславский Л. Д. Экономическая эффективность оптимизации уровня теплозащиты зданий. - М.: Стройиздат, 1981.
2. Богословский В. Н. Строительная теплотехника. - М.: «Высшая школа», 1982.
3. Богословский В. Н., Сканава А. Н. Отопление. - М.: Стройиздат, 1991.
4. Справочник по проектированию отопления и вентиляции. - М, Л.: Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1953.
5. Инструкция по проектированию тепловых сетей. - МСПТИ СССР (КТИС), 1948.
6. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. - М.: АВОК-ПРЕСС, 2002.
7. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М., Шилкин Н. В. Энергоэффективные здания. - М.: АВОК-ПРЕСС, 2003.
8. Иванов Г. С. Методика оптимизации уровня теплозащиты зданий. // Окна и двери. - 2001. - №1-2. - С. 5-8.
9. Гагарин В. Г. Экономические аспекты повышения теплозащиты ограждающих конструкций зданий в условиях рыночной экономики. // Светопрозрачные конструкции. - 2002. - № 3. - С. 2-5.; № 4. - С. 50-58.
10. Бутовский И. Н., Рыбалов Е. И., Табунщиков Ю. А. Оптимизация теплозащиты зданий. Обзор. -М.: ВНИИИС 1983.
11. Власов О. Е. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций. - М., Л., Госстройиздат, 1933.
12. Боброва К.И., Зезин В.Г. Экономическая эффективность легких ограждающих конструкций. - М: Стройиздат, 1976.

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</b>					
<i>Розробив</i>	<i>Романюк В.В.</i>							<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>	<i>Мовчан Л.Т.</i>								107	
<i>Консульт.</i>	<i>Мовчан Л.Т.</i>							<i>гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Коваль В.П.</i>									
<i>Зав каф.</i>	<i>Тарасенко М.Г.</i>									

13. Бродач М. М. ВПККІ - новый взгляд на энергосбережение. // АВОК. - 2002.-№6.-С. 14-20.
14. Табунщиков Ю. А. Расчеты температурного режима помещения и требуемой мощности для его отопления или охлаждения. - М.: Стройиздат, 1981.
15. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М. Научные основы проектирования энергоэффективных зданий. // АВОК. - 1998. - № 1. - С. 5-10.
16. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха. Справочное пособие. Под ред. Богуславского Л. Д., Ливчака В. И. - М.; Стройиздат, 1990.
17. Ehhorn H., Reiss J., Kluttig H., Hellwig R. Энергоэффективные здания. Анализ современного состояния и перспектив развития на основе реализованных проектов. Опыт немецких специалистов. // АВОК. -2006.- №2.-С. 36.
18. Ливчак В. И. Теплоснабжение жилых микрорайонов города на современном этапе. // Энергосбережение. - 2005. - № 1.
19. Сасин В.И. Термостаты в российских системах отопления. // АВОК.-2004.- №5.
20. Лашкова И. В. О ходе эксперимента по совмещению функций в Басманном районе Москвы. // Энергосбережение. - 2006. - № 6. - С.36-40.
21. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. - М.: АВОК-ПРЕСС, 2002.
22. Шкловер А. М. Теплопередача при периодических тепловых воздействиях. - М.; Л.: Госэнергоиздат, 1961.
23. Понтрягин Л. С, Болтянский В. Г., Гамкредидзе Р. В., Мищенко Е. Ф. Математическая теория оптимизации процессов. - М.: Физматгиз, 1961.
24. Коробейник Ю. Ф., Табунщиков Ю. А. Об одной задаче линейного управления и ее приложении к теплотехнике. - М.: АВОК-ПРЕСС, 2002.
25. Ливчак И. Ф., Наумов А. Л. Регулируемая вентиляция жилых многоэтажных зданий. // АВОК. - 2004. - № 5.
26. Малявина Е. Г., Бирюков С. В., Дианов С. Н. Воздушный режим жилых зданий.

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		108

- Учет влияния воздушного режима на работу системы вентиляции жилых зданий. // АВОК. - 2003. - № 6. - С. 14.
27. ТР АВОК-4-2004. Технические рекомендации по организации воздухообмена в квартирах многоэтажного жилого дома. - М.: АВОК-ПРЕСС, 2004.
  28. Ливчак И. Ф., Наумов А. Л. Вентиляция многоэтажных жилых зданий. -М.: АВОК-ПРЕСС, 2005.
  29. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель : – К. : Мінрегіонбуд. України, 2017. – 31 с/
  30. Хрусталеv Б.М. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование/Под ред.проф. Б.М. Хрустальова – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 783 с.
  31. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. Дата початку дії, 01.03.2019. Дата прийняття, 03.10.2018.
  32. СНиП 2.09.02-85. Производственные здания. - М., 1991. - 12 с.
  33. СНиП 2.08.01-89. Жилые здания. - М, 1995.
  34. Система децентралізованої вентиляції з рекуперацією повітря ПРАНА <http://www.prana.ho.ua/>
  35. М. В. Посашков, В. И. Немченко. Сравнительный анализ инженерных методов расчета тепловых потерь зданий//Матем. моделирование и краев. задачи, 2005, №2, С. 205–208
  36. Пасько В. Самоучитель работы на персональном компьютере. – СПб.: Питер; Киев: ВНУ, 2003. – 560 с.
  37. Бакаєв Л. О. Кількісні методи в управлінні інвестиціями: Навч. посібник. — К.: КНЕУ, 2000. — 151 с.
  38. Запорожець О. І., Протоєрейський О. С., Франчук Г. М., Боровик І. М. Основи охорони праці. Підручник. – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 264 с.
  39. Депутат О.П., Коваленко І.В., Мужик І.С. Цивільна оборона. Навч. посібник. – Львів: Афіша, 2000. – 334 с
  40. Юрченко Л. І. Екологія. Навчальний посібник. – К.: «Видавничий дім

					<b>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		109

«Професіонал», Центр учбової літератури, 2009. – 304 с.

					<i>ДРМ 321.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		110