



Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
Кафедра електричної інженерії  
Освітній ступінь магістр  
Напрямок підготовки \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)  
Спеціальність 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри Тарасенко М.Г.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Цимбалістому Андрію Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення енергоефективності огорожувальних  
конструкцій будівель шляхом розробки  
інформаційної технології їх проектування

Керівник роботи Белякова Ірина Володимирівна, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від 23 серпня 2019 року № 4/7-731

2. Термін подання студентом роботи 10 грудня 2019 р.

3. Вихідні дані до роботи матеріали науково-практичних конференцій, семінарів, періодичних  
видань, теоретичні та методичні розробки вчених, статистичні дані, підручники, довідники,  
монографії, матеріали науково-дослідницької та переддипломної практик, ресурси мережі  
Інтернет, особисті спостереження автора.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Спеціальна частина</i>	<i>к.т.н., доц. Белякова І.В.</i>		
<i>Обґрунтування економічної ефективності</i>	<i>д.е.н., проф. Малиута Л.Я.</i>		
<i>Охорона праці</i>	<i>к.т.н., доц. Гурик О.Я.</i>		
<i>Безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>ст. викл. Клепчик В.М.</i>		
<i>Екологія</i>	<i>к.т.н., доц. Лясога О.М.</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>к.т.н., доц. Коваль В.П.</i>		

7. Дата видачі завдання

2 вересня 2019 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Літературний огляд за напрямком дипломної роботи магістра	05.09.19 – 30.09.19	
2	Підготовка основної частини пояснювальної записки дипломної роботи	01.10.19 – 31.10.19	
3	Підготовка розділу «Спеціальна частина»	01.11.19 – 05.11.19	
4	Підготовка розділу «Обґрунтування економічної ефективності»	06.11.19 – 10.11.19	
5	Підготовка розділу «Охорона праці»	11.11.19 – 15.11.19	
6	Підготовка розділу «Безпека в надзвичайних ситуаціях»		
7	Підготовка розділу «Екологія»	16.11.19 – 20.11.19	
8	Складання переліку використаних літературних джерел	21.11.19 – 25.11.19	
9	Підготовка вступу, висновків, змісту, реферату	26.11.19 – 30.11.19	
10	Підготовка, оформлення та друк графічного матеріалу дипломної роботи (креслень формату А1, слайдів)	01.12.19 – 05.12.19	
11	Отримання відгуку та рецензії на дипломну роботу, підготовка доповіді на захист	06.12.19 – 10.12.19	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Цимбалістий А.І.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Белякова І.В.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Дана дипломна робота магістра містить у собі: 106 сторінок, 30 ілюстрацій, 5 таблиць, 18 використаних першоджерел, 20 листів креслень (слайдів).

**Об'єкт дослідження** – процес проектування енергоефективних будівель.

**Предмет дослідження** – моделі, методи та засоби інформаційних технологій проектування енергоефективних будівель.

**Мета роботи** – створення та практична реалізація моделей, методів та засобів побудови інформаційної технології проектування енергоефективних будівель, орієнтованих на підвищення енергоефективності огорожувальних конструкцій будівель.

**Наукова новизна** одержаних результатів полягає в тому, що на основі єдиної енергетичної моделі будівлі розроблені моделі та методи проектування енергоефективних будівель, а також інформаційна технологія проектування енергоефективних будівель.

**Практичне використання результатів** дозволяє визначити та оптимізувати теплотехнічні характеристики елементів огорожувальних конструкцій будівель для підвищення їх енергоефективності.

**Ключові слова:** енергозбереження, енергоефективність, будівництво, огорожувальні конструкції, інформаційна технологія проектування.

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Цимбалістий А.І.</i>			<i>РЕФЕРАТ</i>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Белякова І.В.</i>						
<i>Консульт.</i>		<i>Белякова І.В.</i>						
<i>Н. контр.</i>		<i>Коваль В.П.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>						
						<i>ТНТУ, ФПТ, зр. ЕМм-61</i>		

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ .....	7
ВСТУП .....	8
<b>РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД .....</b>	<b>12</b>
1.1. Аналіз розвитку проектування енергоефективних будівель .....	12
1.2. Дослідження і аналіз сучасних засобів проектування будівель.....	15
1.3. Дослідження методів інформаційного обміну даних з BIM.....	18
1.4. Дослідження та аналіз засобів проектування енергоефективних будівель .....	20
1.5. Аналіз методів проектування та класифікацій енергоефективних будівель .....	24
Висновки до розділу 1 .....	29
<b>РОЗДІЛ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>30</b>
2.1. Моделі проектування енергоефективних будівель .....	30
2.1.1. Узагальнена модель енергоефективної будівлі .....	30
2.1.2. Модель балансу фізичних компонент єдиної енергетичної системи будівлі.....	33
2.1.3. Архітектурно-конструктивна модель енергоефективної будівлі...	39
2.1.4. Модель врахування впливу зовнішніх факторів на енергоефективність будівлі.....	42
2.1.5. Модель теплового балансу будівлі .....	45

						<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив		Цимбалістий А.І.			<i>ЗМІСТ</i>	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Белякова І.В.						
Консульт.		Белякова І.В.				<i>ТНТУ, ФПТ, зр. ЕММ-61</i>		
Н. контр.		Коваль В.П.						
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.						



7. ЕКОЛОГІЯ .....	99
7.1. Основні положення національної системи екологічної сертифікації об'єктів будівництва.....	99
7.2. Екологічні будівельні та теплоізоляційні матеріали .....	102
 ВИСНОВКИ.....	 104
 СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	 105

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- ЕБ – енергоефективна будівля
- ІТП – інформаційна технологія проектування
- BIM – Building Information Model (інформаційна модель будівлі)
- IFC – Industry Foundation Classes (формат даних з відкритою специфікацією для спрощення взаємодії в будівельній індустрії, який використовується як формат для інформаційної моделі будівлі BIM)

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Цимбалістий А.І.</i>			<i>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ</i>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Белякова І.В.</i>						
<i>Консульт.</i>		<i>Белякова І.В.</i>						
<i>Н. контр.</i>		<i>Коваль В.П.</i>				<i>ТНТУ, ФПТ, зр. ЕМм-61</i>		
<i>Зав. каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>						



## ВСТУП

**Актуальність теми.** Раціональне використання енергоресурсів є важливою проблемою в усіх галузях сучасного життя, зокрема в будівництві. Будівництво з оптимізованим енергетичним потенціалом, тобто раціональним використанням енергетичних ресурсів у житлово-комунальному секторі є одним з пріоритетних напрямків державної політики України, яка визначає гостру необхідність ширшого впровадження енергозберігаючих технологій у будівництві. Ефективне використання енергоресурсів в житлово-комунальному секторі – це надзвичайно важливе завдання на шляху до забезпечення соціально-економічного розвитку та енергетичної незалежності України в цілому. Енергоефективність стає узагальненою характеристикою функціонування будівлі, що закладається під час проектування і реалізованої в процесі експлуатації. За такого підходу для визначення енергоефективності виникає потреба розробки науково-обґрунтованих методів і засобів підвищення енергоефективності будівель.

З розвитком інформаційних технологій з'явився принципово новий підхід в архітектурно-будівельному проектуванні, який полягає в створенні комп'ютерної моделі будівлі, що містить в собі всі відомості про майбутній або вже реалізований проект. При такому підході знання про технічні характеристики будівлі зберігаються в інформаційній моделі будівлі (BIM). Параметри будівель, що формують їх енергоефективність, закладаються вже на стадії проектування.

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Цимбалістий А.І.</i>			<i>ВСТУП</i>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Белякова І.В.</i>						
<i>Консульт.</i>		<i>Белякова І.В.</i>						
<i>Н. контр.</i>		<i>Коваль В.П.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>						
						<i>ТНТУ, ФПТ, зр. ЕММ-61</i>		

Актуальність теми визначається потребою в моделях і методах автоматизованого проектування енергоефективних будівель з врахуванням впливу клімату, застосування яких дозволить визначати енергоефективність та теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій на стадії проектування будівель та для існуючих будівель, що дозволить підвищити теплотехнічні характеристик огорожувальних конструкцій та зменшити витрати на опалення, дозволить спроектувати оптимальну форму будівель завдяки врахуванню під час проектування огорожувальних конструкцій дії клімату та рельєфу на енергоефективність будівель.

Проблема розробки програмного забезпечення для проектування енергоефективних будівель полягає в тому, що більшість методів розв'язання проблем енергоефективності будівлі швидко втрачають актуальність у зв'язку з появою нових матеріалів та технологій їх виробництва. Методи сертифікації енергоефективних будівель для багатьох країн різні, а отже використання одних і тих же методів європейськими, американськими країнами і Україною – неможливе. Сучасні напрямки вирішення даної проблеми шляхом створення моделей, методів і технологій, що автоматизують процеси проектування енергоефективних будівель, обумовлюють актуальність теми дипломної роботи магістра.

**Мета роботи** – створення та практична реалізація моделей, методів та засобів побудови інформаційної технології проектування енергоефективних будівель, орієнтованих на підвищення енергоефективності огорожувальних конструкцій будівель.

Для досягнення поставленої мети визначено і вирішено такі основні задачі:

- виконано аналіз сучасних моделей, методів і засобів проектування енергоефективних будівель;
- проведено дослідження методологічних основ оцінки впливу зовнішніх факторів на енергоефективність будівлі;

										Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ДРМ 323.18.00.000 ПЗ					

– розроблено методики встановлення балансу моделей єдиної енергетичної системи будівлі;

– розроблено комплекс моделей єдиної енергетичної системи будівлі з урахуванням впливу навколишнього середовища та визначенням теплових характеристик огорожувальних конструкцій будівлі;

– вдосконалено метод інформаційного обміну даних між програмними комплексами із застосуванням BIM;

– вдосконалено метод врахування впливу навколишнього середовища на енергоефективність будівлі;

– вдосконалено метод визначення оптимальної форми будівлі з точки зору енергоефективності;

– розроблено метод визначення теплопровідності та енергоефективності огорожувальних конструкцій будівлі;

– створено інформаційну технологію проектування енергоефективних будівель з урахуванням впливу зовнішнього середовища;

– виконано програмну реалізацію розроблених моделей і методів.

**Об’єкт дослідження** – процес проектування енергоефективних будівель.

**Предмет дослідження** – моделі, методи та засоби інформаційних технологій проектування енергоефективних будівель.

Для досягнення поставленої мети використовуються наступні **методи дослідження**: метод системного аналізу, метод низхідного синтаксичного та семантичного аналізу, методи теорії ймовірностей та математичної статистики, теорія алгоритмів.

**Наукова новизна** одержаних результатів полягає в тому, що на основі єдиної енергетичної моделі будівлі розроблені моделі та методи проектування енергоефективних будівель, а також інформаційна технологія проектування енергоефективних будівель.

**Особистий внесок автора** полягає у розробці: методики проектування огорожувальних конструкцій за показниками теплової комфортності;

					ДРМ 323.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

методики визначення енергозберігаючих характеристик будівель і споруд в натурних умовах; методики оптимізації форми тіла, що знаходиться у тепловому полі невластного нерухомого точкового джерела тепла; визначення оптимального перерозподілу утеплювача у теплоізоляційній оболонці будівлі.

**Практичне використання результатів** дозволило:

– розробити і впровадити ефективну технологію проектування енергоефективних будівель котеджного комплексу, застосування якої дозволило спроектувати оптимальну форму будівель;

– визначити оптимальні теплотехнічні показники огорожувальних конструкцій на основі запропонованої методики, що дозволяє підвищити їх енергоефективність та зменшити витрати на обігрів будівель;

– визначити та оптимізувати теплотехнічні характеристики системи елементів огорожувальних конструкцій для підвищення енергоефективного показника всього проекту.

**Публікації.** Основні положення та результати дипломної роботи магістра доповідалися на VIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів ТНТУ імені Івана Пулюя «Актуальні задачі сучасних технологій» (27-28 листопада 2019 року, м. Тернопіль).

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

# РОЗДІЛ 1

## ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

### 1.1. Аналіз розвитку проектування енергоефективних будівель

Початок 21 століття, пов'язаний із стрімким розвитком інформаційних технологій, поклав початок принципово новому підходу в архітектурно-будівельному проектуванні. Даний підхід полягає в створенні комп'ютерної моделі будівлі, що містить в собі всі відомості про майбутній або вже реалізований проект.

Найбільший потенціал в енергозбереженні має економія теплової енергії. Дієвими будуть заходи, спрямовані на усунення дефектів огорожувальних стін та енергозбереження за рахунок теплової енергії. Прикладами таких заходів можуть бути:

- застосування нових технологій, конструкцій;
- використання поновлюваних джерел теплової енергії;
- застосування більш енергоефективних інженерних приладів та обладнання;
- автоматичне регулювання температури теплоносія;
- усунення дефектів і підвищення теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій за рахунок будівництва систем навісних вентильованих фасадів.

Системам автоматизації проектування в сфері будівництва, в тому числі в області моделювання і проектування гнучких будівельних технологій та вишукування шляхів безпечного розвитку урбанізованих територій, присвячені роботи Теличенко В. І. – одного із засновників наукового напрямку у сфері екологічної безпеки та енергоефективності будівель.

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Цимбалістий А.І.</i>			<i>ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД</i>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Белякова І.В.</i>						
<i>Консульт.</i>		<i>Белякова І.В.</i>						
<i>Н. контр.</i>		<i>Коваль В.П.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>						
						<i>ТНТУ, ФПТ, зр. ЕМм-61</i>		



будівництва енергоефективних будівель і аж до 1990-х років головний інтерес становило вивчення заходів щодо економії енергії, то вже в середині 1990-х років центр уваги переноситься на вивчення проблеми ефективності використання енергії та пріоритет віддається тим енергозберігаючим рішенням, які одночасно сприяють підвищенню якості мікроклімату.

Дослідження в напрямках ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів стосовно об'єктів будівництва та житлово-комунального господарства, енерго- та ресурсозбереження, використання відновлювальних та альтернативних джерел енергії виконуються в десятках академічних та освітніх установах України, приватних фірмах, громадських організаціях відповідно до комплексної державної програми енергозбереження України.

Найбільші резерви енергозбереження можна реалізувати за умови зменшення втрат у системах опалення, гарячого водопостачання та за умови підвищення термічного опору огорожувальних конструкцій житлових та громадських будинків. Таким чином, метою будівництва сучасних енергоефективних будівель є проектування будівель з мінімальними енерговитратами при максимальному комфорті і безпеці людей, що їх експлуатують [5].

Визначено, що найбільший потенціал в енергозбереженні має економія теплової енергії. Дієвими є заходи, спрямовані на усунення дефектів огорожувальних стін та енергозбереження за рахунок теплової енергії. Виконавши аналіз розвитку проектування енергоефективних будівель встановлено, що цей напрямок досить актуальний [6, 7].

Дослідження показали, що в сучасних САПР проектування розглядається як інформаційна модель будівлі, в якій є параметри матеріалів конструкцій, але відсутні показники енергоефективності як самих матеріалів, так і конструкції в цілому.

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		





Використовуючи BIM технології проектування, можна значно зменшити витрати часу на проект і будівництво. При створенні BIM моделі використовуються параметричні об'єкти: "розумні" тривимірні елементи відповідають IFC стандарту і містять у собі необхідну інформацію. Дані створеної моделі об'єднуються в базу даних, що дозволяє в будь-який момент часу отримати інформаційний розріз будівлі та аналіз будь-яких його параметрів, перевірити колізії і зробити візуалізації, як окремих частин так і всього проекту.

Технологія BIM застосовується в САПР найбільш відомих постачальників інструментів проектування в галузі архітектури та будівництва – Autodesk, Bentley Systems, Graphisoft, Nemetschek, ЛИРА САПР та ін.

Найбільш відома в нашій країні Autodesk – багатогалузева компанія виробник програмних продуктів, пропонує рішення для створення, управління і сумісного використання проектних даних у цифровому форматі. Програма AutoCAD фірми Autodesk – найбільш широко використовувана САД-система в світі, а її формати файлів DXF і DWG стали стандартами де-факто при вирішенні завдань обміну даними в області проектування, інжинірингу і будівництва.

Рішенням Autodesk для інформаційного моделювання будинків є платформа Revit, на основі якої створено САПР RevitArchitecture, Revit Structure і Revit MEP ( відповідно для архітектури, проектування будівельних конструкцій та інженерних систем), які дозволяють повністю автоматизувати всі етапи проектування і підготовки робочої документації.

Revit базується на параметричному ядрі, здатному автоматично координувати будь-які зміни, забезпечуючи цілісність і узгодженість цифрової інформації про будівлю з початку робіт до їх завершення. У ході колективного процесу моделювання всі учасники проекту мають доступ до всіх необхідних даних.

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ArchiCAD – програмний комплекс, що забезпечує розробку будь-яких архітектурних рішень. Працюючи в ArchiCAD можна одночасно створювати проект та складати супутню будівельну документацію, так як програма зберігає інформацію про будівлю, що проектується: плани, розрізи, перспективи, перелік необхідних будівельних матеріалів. На будь-якому етапі проектування можна побачити будівлю, що проектується в трьох вимірному вигляді, в розрізі, в перспективі, зробити анімаційний ролик.

Підхід до проектування будівель через їх інформаційне моделювання направлений перш за все на збір і комплексну обробку в процесі проектування всієї архітектурно-конструкторської, технологічної, економічної і іншої інформації про будівлю з усіма її взаємозв'язками і залежностями, коли будівля і все, що має до неї відношення розглядається як один об'єкт. Схематично вхідна і вихідна інформація, що відноситься до BIM, показана на рис. 1.1.

Інформаційна модель будівлі несе в собі наступну інформацію:

- геометричні параметри об'єктів (розміри, об'єм і т.д.);
- фізичні параметри об'єктів (маса, матеріал, фізичні константи і т.д.);
- присвоєні (атрибутивні) параметри об'єктів (ім'я, перетин, маркування, ДСТУ і т.д.);
- топологічні параметри об'єктів (описують взаємозв'язки між елементами);
- часові параметри об'єктів;
- теплоємні параметри об'єкту.

В BIM існує можливість враховувати топологію об'єкта будівництва, приділяючи увагу точній геодезичній прив'язці об'єкта і моделюванню місцевості на основі даних GIS-систем. В інформаційній моделі також є можливість об'єднувати кадастрові, землекористувацькі, геологічні та багато інших даних із різноманітних джерел, отриманих в різних в GIS-форматах і переведені в IFC. Таким чином з BIM-моделі можемо отримати потрібну нам

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

інформацію стосовно кліматичної зони об'єкта будівництва.



Рис. 1.1. Основна інформація, що проходить через BIM та має до BIM пряме відношення

### 1.3. Дослідження методів інформаційного обміну даних з BIM

Події останнього часу, пов'язані в першу чергу з великими природними і техногенними катастрофами, показують, наскільки корисно було б мати в критичний момент (а ще краще до нього) максимально повну комп'ютерну модель, що містить в собі інформацію про досліджуваний об'єкт.

Особливістю інформаційної моделі є те, що всі її складові частини можуть бути виконані в різних BIM-програмах, обмін даними між якими здійснюється з допомогою декількох форматів файлів. Найбільш важливі приведені на рис. 1.2.

DWG – це загально прийнятий формат файлів креслень. DWG – формат є власним форматом файлів програми AutoCAD. DWG формат став фактично стандартним форматом обміну інформацією в галузі САД по двомірним кресленням. Більшість САД програм записують та читають цей формат. Але

										Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						

ДРМ 323.18.00.000 ПЗ



будівельної індустрії для архітектурних і будівельних САПР. По змісту IFC – стандартизована модель даних, яка була прийнята в якості міжнародного стандарту обміну будівельною інформацією. Нинішня версія моделі IFC2x3 містить 653 будівельні об'єкти і більше 300 додаткових типів даних, відомих як «розширений набір властивостей».

Принципова відмінність формату IFC від інших форматів обміну даними (наприклад, DWG/DXF) полягає в тому, що він передбачає не лише повний геометричний опис об'єкта в 2D і 3D, але й зберігає його взаємозв'язки з іншими об'єктами, а також містить всі функціональні параметри, ретельно прописані для кожного типу об'єктів (наприклад, вага, опис матеріалів, температурні характеристики, ціна і т.д.). Формат IFC підтримується великою кількістю розробників програмного забезпечення, зокрема Graphisoft, Autodesk, Nemetschek, Robobat, Tekla, Bentley і SCIA.

Отже можна зробити висновок, що всі типи інформації, що містяться в інформаційній моделі будівлі BIM, за допомогою формату передачі даних IFC, можливо використовувати в спеціалізованих програмах орієнтованих на задачі управління, удосконалення та експлуатації будівель.

#### **1.4. Дослідження та аналіз засобів проектування енергоефективних будівель**

Відносно нещодавно виникли та стрімко розвиваються наукові напрямки в будівництві, так звані «енергоефективні будівлі», «інтелектуальні будівлі», «екологічні будівлі». Всі ці підходи можна представити як спосіб забезпечення в будівлі комфортного мікроклімату окремих приміщень, максимальне використання енергії зовнішнього середовища та енергоефективних елементів будівлі як єдиного цілого. BIM дозволяє спрогнозувати і мінімізувати витрати на експлуатацію будівлі, обґрунтовано створити енергетично раціональний, «зелений» об'єкт [11].

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Існують програмні продукти направлені на раціональне енергоефективне проектування будівель. Розглянемо деякі із них:

Autodesk Ecotect Analysis – це комплексний програмний засіб для аналізу екологічності на всіх етапах проектування. Ecotect Analysis містить широкий спектр інструментів енергетичного моделювання і розрахунків, застосування яких здатне поліпшити експлуатаційні характеристики як будівель, що проектується, так і існуючих будівель. Можливість виконувати в онлайн режимі розрахунки енергоспоживання, водоспоживання і викиди вуглецю будівлею інтегрована з функціями, які дозволяють візуалізувати і моделювати процес експлуатації будівлі в умовах реального навколишнього середовища.

Green Building Studio являє собою Інтернет-додаток «Програмне забезпечення як послуга» (software-as-a-service). Цей онлайн-сервіс допомагає архітекторам і конструкторам, працюючим в системі інформаційного моделювання будинків (BIM), аналізувати споживання об'єктом енергії і води, а також оптимізувати ефективність і екологічність на самому початку процесу проектування. Завдяки більш високій швидкості і точному аналізу потенціалу проектних рішень архітектори й конструктори зможуть оцінювати екологічну раціональність на ранніх стадіях, що сприятиме будівництву більш енергоефективних будівель. Недоліком засобу є вузька специфікація направлена на розрахунок екологічності проектного рішення.

Graphisoft EcoDesigner – програма для моделювання енергетичного балансу віртуальної будівлі на ринку BIM. EcoDesigner містить такі інструменти для енергетичного моделювання і розрахунків: набір функцій, що дозволяє оцінити екологічність архітектурного рішення при різних кліматичних умовах; розрахунок геометрії будівель і систем вентиляції, опалення та кондиціонування (MEP); докладні звіти, що надають всю необхідну інформацію про системи енергозабезпечення будівель.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ДРМ 323.18.00.000 ПЗ					

Користуючись EcoDesigner, архітектори можуть швидко аналізувати енергоефективність проекту на самій ранній стадії проектування. Недоліком програми можна вважати обмежені можливості по створенню об'єктів зі складною, нестандартною геометрією. Розрахунок енергетичного балансу віртуальної будівлі представлений у вигляді чорного ящика, розрахунки виконуються не по українських нормах.

Autodesk Revit MEP – це модуль для розрахунку тепло надходжень і тепловтрат будівлею. Для розрахунків в налаштуваннях проекту задаються географічні координати місця будівництва (Revit сам визначить найближчу метеостанцію і візьме дані по клімату звідти), теплові характеристики огорожувальних конструкцій, температури в приміщеннях.

RETScreen – програмне забезпечення, призначене для аналізу та прийняття рішень по екологічно чистій енергії. RETScreen значно знижує витрати (часові та фінансові), необхідні при визначенні і оцінці потенціальних енергетичних проектів. Ці затрати, що виникають на стадіях попередньої оцінки технічної здійсненності проекту, техніко-економічного аналізу, інженерно-технічних робіт, можуть стати суттєвою перешкодою для застосування технологій з використанням оновлюючої енергії і енергозберігаючих технологій. Модель RETScreen, дає можливість швидко оцінити обсяги виробництва енергії і масштаб заощаджень, витрати, зменшення викидів, фінансову привабливість і ризики для різних видів відновлюваної енергії та енергоефективних технологій. Даний аналітичний засіб включає в себе повністю інтегровані бази даних продуктів, проектів, гідрологічної і кліматичної інформації, а також посилання на карти енергетичних ресурсів всього світу. Програма є безкоштовною для користування. Недоліком є відсутність геометричного подання будівлі.

Розглянувши основні програмні продукти, орієнтовані на енергоефективне проектування будівель, можемо порівняти їх функціональні можливості (табл. 1.1).

					ДРМ 323.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1

Порівняльний аналіз функціональних можливостей програмних продуктів,  
направлених на енергоефективне проектування будівель

Функції	Ecotect Analysis (візуалізація і моделювання експлуатаційних характеристик)	Green Building Studio (аналіз проектних альтернатив)	EcoDesigner (моделювання енергетичного балансу)	RETScreen (аналіз і оцінка енергетичних проектів)
Розрахунок енергоспоживання будівлею	–	+	+	+
Оцінка викидів вуглецю будівлею	–	+	–	+
Оцінка водоспоживання будівлею	–	+	–	+
Оцінка природного освітлення	–	+	–	+
Природна вентиляція	–	+	+	+
Вітрова енергія	+	+	–	+
Екологічність архітектурного рішення	–	–	+	+
Фотоелектричні характеристики	+	+	–	+
Термічні характеристики	+	+	+	+
Інсоляція	+	–	+	+
Затінення	+	–	–	+
Розрахунок акустичних параметрів	+	–	–	–
Розрахунок геометрії будівель	+	–	+	–
Фінансова ефективність проекту	–	–	–	+

Методи, реалізовані в розглянутих вище засобах проектування енергоефективних будівель, здебільшого направлені на вирішення задач розрахунку споживання будівлею енергії (Green Building Studio), на прийняття рішень по екологічно чистій енергії (EcoDesigner, Ecotect

									Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ДРМ 323.18.00.000 ПЗ				



Analysis). Засоби ж, що містять деякі моделі направлені на визначення тепло надходжень і тепловтрат будівлею з урахуванням впливу зовнішнього середовища, або не мають можливості використання інформаційної моделі будівлі (як RETScreen), або є негнучкими і з обмеженою базою об'єктів (як Autodesk Revit MEP). У методах, що реалізовані в існуючі засобах проектування ЕБ, відсутнє подання будівлі і навколишнього середовища як єдиної енергетичної системи.

Перспективою розвитку САПР є тісна інтеграція з програмами суміжних напрямів. Суть цього процесу полягає, наприклад, у взаємозв'язку між графічними і розрахунковими програмами. Якщо після проектування будівлі необхідно розрахувати тепловтрати огорожувальної конструкції, передати дані в обчислювану програму або провести розрахунок якихось конструкцій, програми повинні бути взаємопов'язані. Така інтеграція дозволить автоматизувати в єдиному інформаційному просторі всі стадії будівництва та проектування.

Для проектування енергоефективних будівель, з точки зору системного аналізу, з врахуванням впливу дії зовнішнього середовища (клімату, швидкості вітру, рельєфу, соціально-культурних факторів і т.д.), з визначенням теплонадходжень і тепловтрат будівлею, з оцінкою проектного рішення в умовах України необхідно удосконалити існуючі методи оцінки впливу клімату, розробити методи визначення теплонадходжень і тепловтрат будівлею, розробити метод оцінки проектного рішення.

### **1.5. Аналіз методів проектування та класифікацій енергоефективних будівель**

Проектування енергоефективної будівлі спрямовано на побудову об'єкта, що ефективно використовує тепло, є колектором та акумулятором теплової енергії. Всі елементи будинку повинні бути узгоджені з головним

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

принципом, сприяти та регулювати надходження сонячного тепла до будинку.

Задача проектування енергоефективних будівель – можливість отримання в результаті проектування забудови, в якій досягнуто мінімального впливу зовнішнього середовища на будинок; забудови, що характеризується компактністю забудови, захищеної від несприятливих природних чинників зі сприятливою орієнтацією. Задачею проектування окремого об'єкта є створення будинку, що характеризується максимальним накопиченням тепла всередині будівлі, компактністю форми, оптимальною орієнтацією за сторонами світу, диференціацією скління, пасивним та активним використанням сонячної енергії, можливістю сезонної трансформації енерго-накопичувальних елементів будинку, температурним зонуванням будинку [12, 13].

Схема взаємодії елементів будинку, як енергетичної системи, наведена на рис. 1.2. Основний вплив на формування теплового режиму і, відповідно, енергетичного статусу будинку (енергетичних витрат на забезпечення необхідного теплового режиму) здійснює його теплоізоляційна оболонка. Від властивостей цієї енергетичної підсистеми залежить вибір параметрів підсистеми опалення.

Під час проектування енергоефективної будівлі дотримуються декількох основоположних архітектурних і будівельних принципів підвищення енергоефективності:

- оптимізація архітектурних форм будівлі з урахуванням можливого впливу вітру;
- оптимальне розташування будівлі відносно сонця, що забезпечує можливість максимального використання сонячної радіації;
- збільшення термічного опору огороджувальних конструкцій будівлі (зовнішніх стін, покриттів, стель над неопалюваними підвалами) до технічно можливого максимального рівня;

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		





існуючих технологій є їх орієнтація на користувача, що програмує.

Отримавши більш повну, комплексну і якісну оцінку енергетичного стану будівлі необхідно ввести класифікацію енергоефективності будівлі.

Виділяють два основних підходи до визначення енергоефективності будівлі: перший – комп'ютерне моделювання і розрахункове визначення енергоспоживання на потреби опалення, вентиляції, освітлення і таке інше – розрахунковий підхід, і другий – використання фактичних даних про енергоспоживання, зафіксованих лічильниками – інструментальний.

Розрахунковий підхід або рейтинг, в свою чергу, ділиться на стандартний і пристосований. Стандартний рейтинг використовує процедуру розрахунку в межах використання стандартних моделей і кліматичних умов не залежно від поведінки жителів, фактичних погодних і внутрішніх умов. Він може бути сформований для будинків протягом процесу проектування, нових будівель або існуючих. В останньому випадку в розрахунку використовуються реальні умови, і такий рейтинг називають пристосованим.

При побудові шкал енергоефективності використовуються показники енерговикористання будівлю, представлені в первинній енергії. Побудова шкали по первинної енергії вимагає більш детального врахування ряду факторів (економічність систем теплопостачання, вид палива, що спалюється, ефективність використання палива), які разом зі структурою енергобалансу можуть істотно впливати на кінцевий результат, тобто клас енергетичної ефективності будівлі. Але в той же час енергетичні розрахунки на підставі первинної енергії мають перевагу, оскільки є надійною основою для оцінки витрат [18].

Загальний принцип побудови шкали ефективності споживання енергії будівлями базується на використанні нормативних (відповідають вимогам сучасних норм для даного типу будівлі) та фактичних (відповідають середньостатистичному фактичному показнику даного типу будівлі) даних про енергоспоживання типових будівель.

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## Висновки до розділу 1

1. Проведено аналіз існуючих моделей, методів та засобів інформаційних технологій проектування енергоефективних будівель, який показав що більшість методів розв'язання проблем енергоефективності будівлі швидко втрачають актуальність у зв'язку з появою нових матеріалів та технологій їх виробництва. Методи сертифікації енергоефективних будівель для багатьох країн різні, а отже використання одних і тих же методів європейськими, американськими країнами і Україною – неможливе.

2. Проведено порівняльний аналіз сучасних засобів автоматизованого проектування енергоефективних будівель, визначено основні проблеми та шляхи їх подолання.

3. Виконано аналіз традиційних підходів до інформатизації моделі будівлі, зокрема, створення стандартів зберігання та організації даних інформаційної моделі будівлі, побудови модулів обміну даними в засобах проектування будівель – BIM-засобах.

4. Встановлено, що для врахування впливу зовнішнього середовища на енергоефективність огорожувальних конструкцій в Україні необхідно удосконалити існуючі методи оцінки впливу кліматичних умов, розробити методи визначення теплонадходжень і тепловтрат будівлею.

5. Проведено аналіз та класифікацію методів проектування енергоефективних будівель, зокрема для вирішення задачі оптимізації тепловтрат огорожувальними конструкціями будівлі.

					ДРМ 323.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 2

### ОСНОВНА ЧАСТИНА

#### 2.1. Моделі проектування енергоефективних будівель

##### 2.1.1. Узагальнена модель енергоефективної будівлі

Основними шляхами економії енергії в будівлях є підвищення теплової ефективності будівельних конструкцій, архітектурно-планувальних рішень, інженерних систем, використання нетрадиційних видів енергії (рис. 2.1).

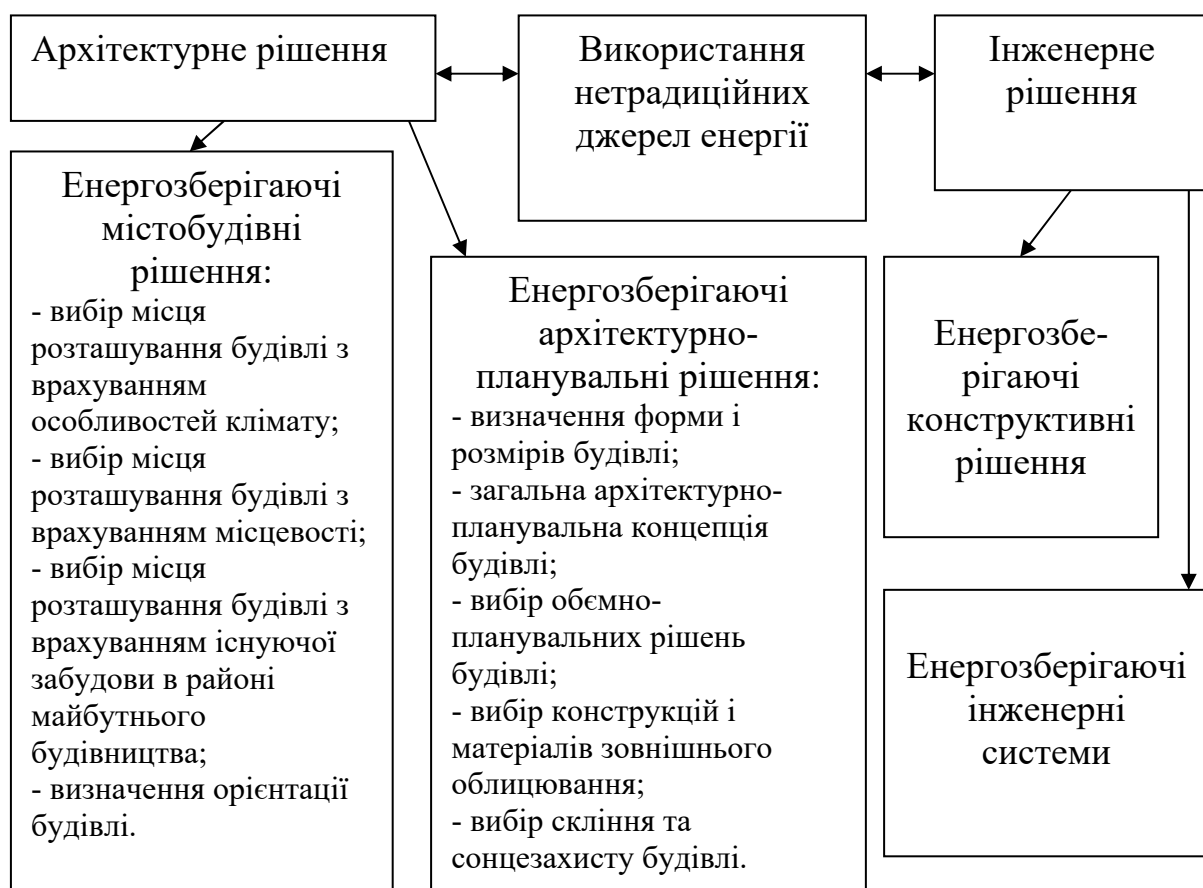


Рис. 2.1. Заходи зменшення споживання енергії будівлею

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>		<i>Цимбалістий А.І.</i>			<i>ОСНОВНА ЧАСТИНА</i>		
<i>Перевірив</i>		<i>Белякова І.В.</i>			<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Консульт.</i>		<i>Белякова І.В.</i>			<i>ТНТУ, ФПТ, зр. ЕММ-61</i>		
<i>Н. контр.</i>		<i>Коваль В.П.</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>					

Для підвищення енергоефективності будівлі активно застосовуються такі заходи: збільшення теплозахисту стін, вікон, ориєнтації і т. д.; поліпшення вологісного режиму зовнішніх огорожень; зменшення площі зовнішньої поверхні будівлі; раціональне планування приміщень; використання вдосконалених систем опалення та вентиляції (наприклад, повітряно-променисте опалення); автоматизація систем опалення з по фасадним регулюванням; автоматизація системи акліматизації (управління мікрокліматом будівлі); утилізація тепла витяжного повітря і т.д.

Наукові основи проектування енергоефективних будівель ґрунтуються на розгляді будівель і навколишнього природного середовища як єдиної енергетичної системи. Відповідно до принципів системного аналізу проектування енергоефективної будівлі розглядається як оптимізація взаємозалежних збалансованих енергетичних підсистем, що описуються математичними моделями. У ході дослідження розроблена концептуальна модель формування енергоефективності будівлі (рис. 2.2).

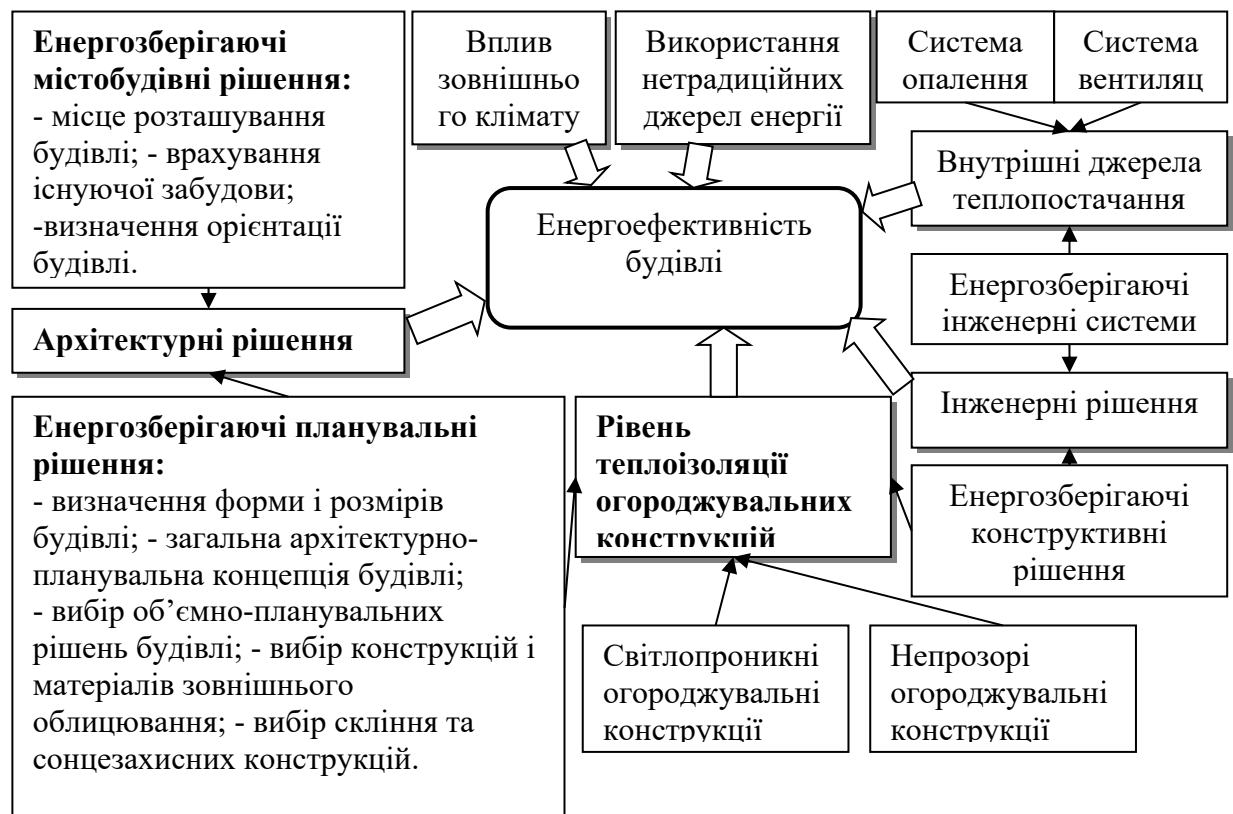


Рис. 2.2. Концептуальна модель формування енергоефективності будівлі



Для того, щоб створити енергоефективну будівлю, необхідно розробити проект, що об'єднує архітектурні, конструктивні та інженерні рішення, які визначають енергоефективність будівлі, та контролювати їх на всіх стадіях життєвого циклу будівлі, тобто необхідно побудувати інформаційні моделі. Необхідність такого моделювання обумовлена зростаючою складністю як самих будівель, так і обов'язкових вимог до них – відповідності високому рівню енергоефективності на всіх стадіях життєвого циклу, від проектування до експлуатації.

Існуючі в даний час технології моделювання будівель мають два напрямки:

– параметричне моделювання, під час якого створюється «картинка» будівлі (плани, розрізи, 3D модель і т. д.);

– інформаційне моделювання, коли до проекту будівлі додається та постійно оновлюється інформаційна база даних про застосування конструкцій і будівельних матеріалів, інженерного устаткування і т. д.

Існуючі засоби автоматизованого проектування будівель подаються як трирівнева категоризація моделей. В рамках модельного підходу ці категорії моделей співвідносяться між собою наступним чином (рис. 2.3).

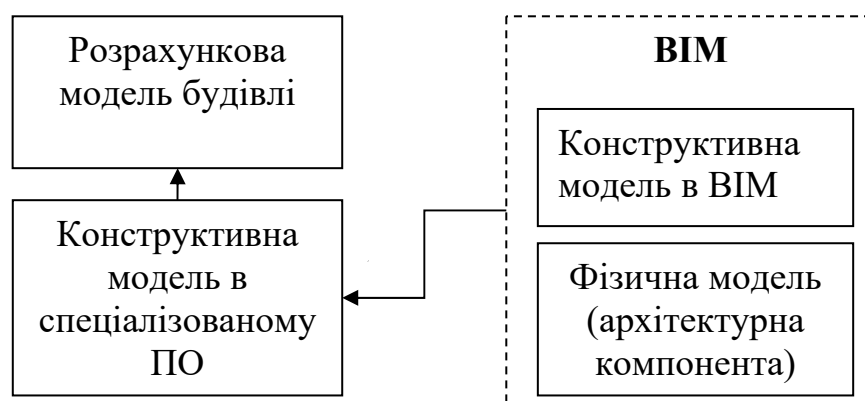


Рис. 2.3. Частина BIM-моделей, що відносяться до моделі енергоефективної будівлі

										Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ДРМ 323.18.00.000 ПЗ					

Хоча дані технології моделювання дозволяють створити проект, але з їх допомогою неможливо управляти найважливішими характеристиками будівель: енергоефективністю, безпекою, мікрокліматом.

За результатами попередніх досліджень постала наступна задача – побудова інтегрованої єдиної енергетичної моделі будівлі (ЄЕМБ) та розробка на її основі базових об'єктно-орієнтованих моделей: архітектурно-конструктивної, кліматичної та моделі теплового балансу будівлі (рис. 2.4).

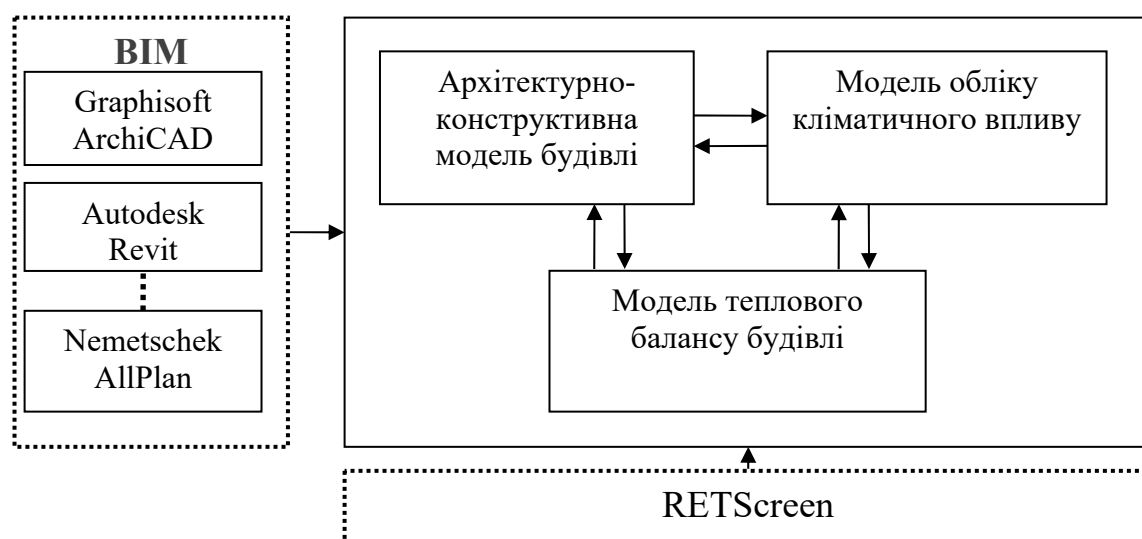


Рис. 2.4. Інтегрована єдина енергетична модель будівлі

### 2.1.2. Модель балансу фізичних компонент єдиної енергетичної системи будівлі

Існуючий алгоритм при системному проектуванні виглядає наступним чином:

1. Визначити вхідні й вихідні дані системи.
2. Знайти систему функцій, за допомогою яких вхідну інформацію можна перетворити у вихідну.
3. Підібрати або розробити програмні засоби для здійснення кожної з цих функцій.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ДРМ 323.18.00.000 ПЗ				



енергетично взаємозв'язаних підсистем, наведених вище. Ця оптимізація включає:

– визначення оптимальних архітектурно-планувальних рішень, теплотехнічних або енергетичних параметрів окремих елементів будівлі з врахуванням взаємозв'язку між ними;

– визначення оптимальних архітектурно-планувальних, теплотехнічних або енергетичних параметрів будівлі як єдиної енергетичної системи.

Отже, теплоенергетичний вплив зовнішнього клімату на тепловий баланс будівлі може бути оптимізовано за рахунок вибору форми будівлі, розташування і площі заповнення світлових отворів, регулювання фільтраційних потоків, а також за рахунок інших заходів.

Проблема полягає в тому, що при поданні енергоефективної будівлі як декількох незалежних інноваційних енергозберігаючих рішень, виявляється, що ці незалежні рішення можуть взаємно знижувати їх первісну ефективність, а в деяких випадках навіть призводити до негативного ефекту. Щоб цього уникнути, необхідно усі моделі енергоефективності будівлі збалансувати.

Системний аналіз енергоефективних будівель як єдиної системи передбачає її функціональні моделі і забезпечення їх необхідними компонентами. Для вирішення задачі представлення будівлі як єдиної енергетичної моделі будівлі необхідно описати взаємодію параметрів, що входять в модель середовища. Це можна зробити за відомими ефектами і сформульованими законами для характерних процесів (або параметрів процесів) енергетичної моделі (рис.2.6).

Математичну модель балансу параметрів будівлі можна подати у вигляді нелінійної функції:

$$\Delta Q_t = \frac{S_v}{R_s} (t_v - t_z + R_m K_z) + \frac{S_z}{R_v} - K_z \quad (2.1)$$

де  $S_v$  – площа непрозорої частини грані огорожувальної оболонки будівлі;

										Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						

ДРМ 323.18.00.000 ПЗ



$$\Delta Q_b = \sum \Delta Q_i - \sum Q_k; \quad (2.2)$$

$$\Delta Q_b \rightarrow \min. \quad (2.3)$$

Оптимізація нелінійної функції з багатьма змінними вирішується з урахуванням залежності типів параметрів.

Дослідження перетину множин параметрів ЄЕМБ дали можливість класифікувати інформацію за змістом. Виявлено 7 основних категорій даних, що використовуються на різних етапах проектування ЕБ: геометричні, конструктивні, топологічні, атрибутивні, теплотехнічні, кошторисно-фінансові, кліматичні (рис. 2.7).

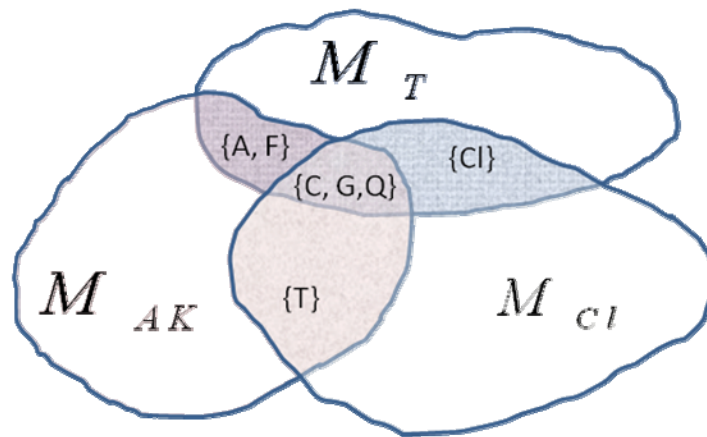


Рис. 2.7. Діаграма Вена для множини даних єдиної енергетичної моделі будівлі  
 С – конструктивні дані; Cl – кліматичні дані; G – геометричні дані;  
 Т – топологічні дані, А – атрибутивні дані; Q – теплотехнічні дані;  
 F – кошторисні дані

Згідно концептуальної моделі проектування енергоефективних будівель виділено ряд функцій, що необхідно реалізувати для визначення енергоефективного показника будівлі. На основі цього було розроблено схему реалізації функцій єдиної енергетичної моделі будівлі (рис. 2.8).

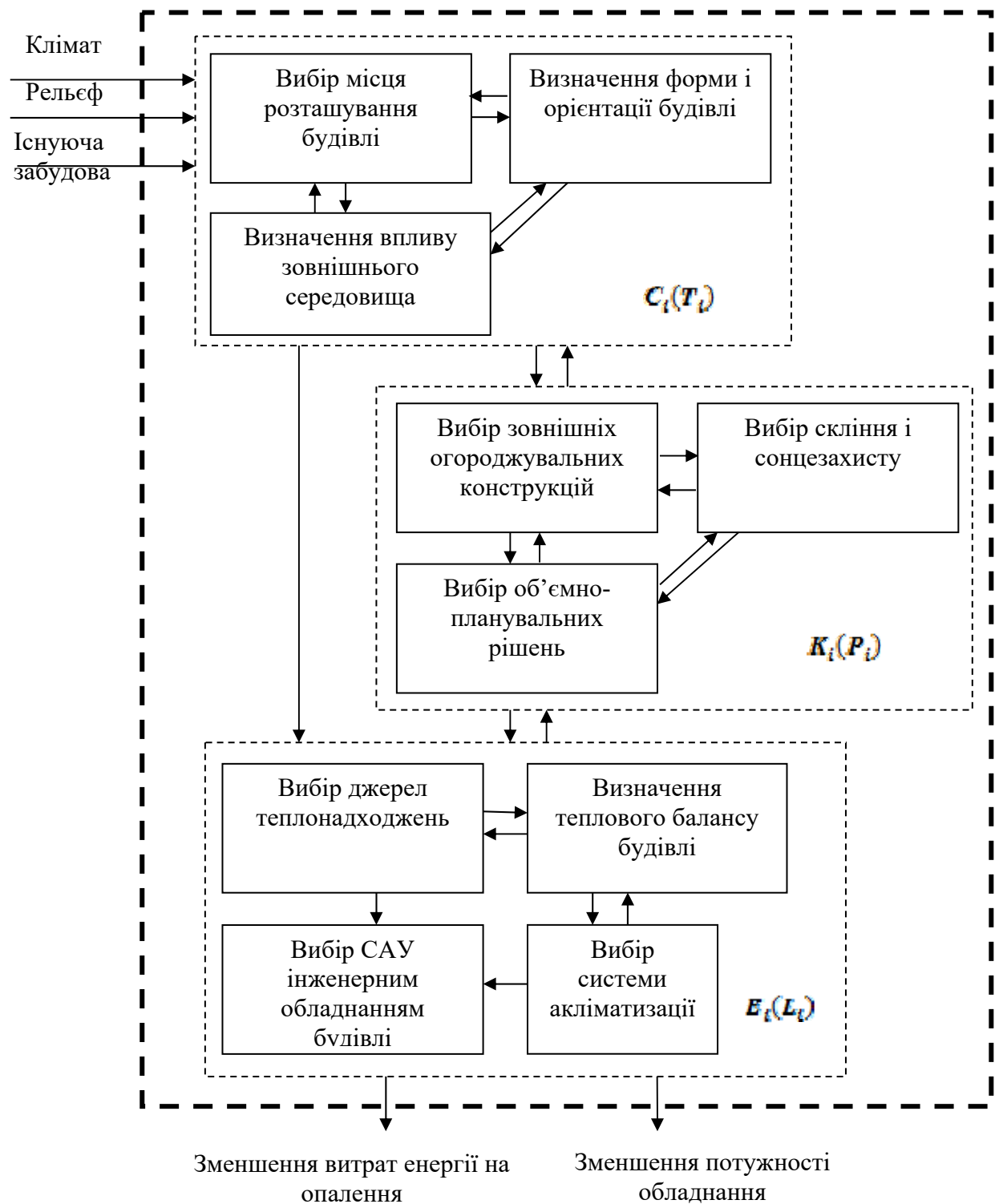


Рис. 2.8. Схема взаємодії моделей як складових єдиної енергетичної моделі будівлі

Функції кліматичної моделі:

– вибір місця розташування будівлі;

									Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ДРМ 323.18.00.000 ПЗ				

- визначення форми і орієнтації будівлі;
- визначення впливу зовнішнього середовища.

Функції архітектурно-конструктивної моделі:

- вибір зовнішніх огорожувальних конструкцій;
- вибір скління і сонцезахисту;
- вибір об'ємно-планувальних рішень.

Функції моделі теплового балансу будівлі:

- вибір джерел тепло надходжень;
- визначення теплового балансу будівлі;
- вибір САУ інженерним обладнанням будівлі;
- вибір системи акліматизації.

Вирішивши задачу побудови моделі будівлі як єдиної енергетичної системи та описавши взаємодію її параметрів, розглянемо більш детально архітектурно-конструктивну, кліматичну та теплотехнічну моделі.

### 2.1.3. Архітектурно-конструктивна модель енергоефективної будівлі

Головна ознака цієї моделі – відповідність форми елементів моделі тому, що повинно бути зведено в реальності.

$$M_{AK} = M_{фіз.} \cup M_{Констр.}, \quad (2.4)$$

де  $M_{фіз.}$  – фізична модель (результат моделювання конструкцій у ВІМ з усіма атрибутами: перегородки, стіни, обладнання, меблі);

$M_{констр.}$  – конструктивна модель, складається з конструктивних елементів (колони, балки, пластини, ґрунтові масиви і т.д.), спеціальних елементів (зв'язків, жорстких вставок, нуль-елементів, шарнірів та безлічі залежних від середовища реалізації тонкощів) і цілого набору властивостей й параметрів для аналізу. Це модель, що найкращим чином передає механічні

					ДРМ 323.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



та міцнісні характеристики конструкції.

Конструктивну модель потрібно розглядати як об'єднання моделей даних, що використовуються на різних етапах проектування:

$$M_{\text{Констр.}} = K_A \cup K_C \cup K_E \cup K_S \cup K_F \cup F_M. \quad (2.5)$$

Складовими моделі  $M_{\text{констр.}}$  є:

$K_A$  – архітектурна модель будівлі. Містить інформацію про об'ємно-планувальні архітектурні рішення (кількість поверхів, розбиття поверхів на приміщення, ліфтові шахти, сходи і т. д.);

$K_C$  – конструктивно-розрахункова модель будівлі. Частково включає інформацію про архітектурну частину проекту, а також інформацію про характеристики міцності елементів споруди;

$K_E$  – модель подання даних про внутрішні електротехнічні мережі та прилади будівлі. Включає інформацію про всі електротехнічні прилади, що використовуються в будівлі, мережі їх з'єднання, а також розрахункові дані;

$K_S$  – модель подання даних про внутрішні сантехнічні мережі та прилади будівлі. Включає інформацію про всі сантехнічні та газопровідні прилади, що використовуються в будівлі, мережі їх з'єднання, а також розрахункові дані;

$K_F$  – кошторисно-фінансова модель будівлі. Включає інформацію про вартість зведення окремого елемента, групи елементів, поверху та всієї будівлі в цілому;

$K_M$  – модель подання даних про етап управління будівництвом об'єкта. Включає інформацію про розбиття процесу зведення будівлі на «захватки» і черги, а також інформацію про календарне планування проведення будівельних робіт.

Кожну модель відобразимо разом із необхідними для її функціонування входами і утвореними нею виходами (рис. 2.9).

										Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						

ДРМ 323.18.00.000 ПЗ

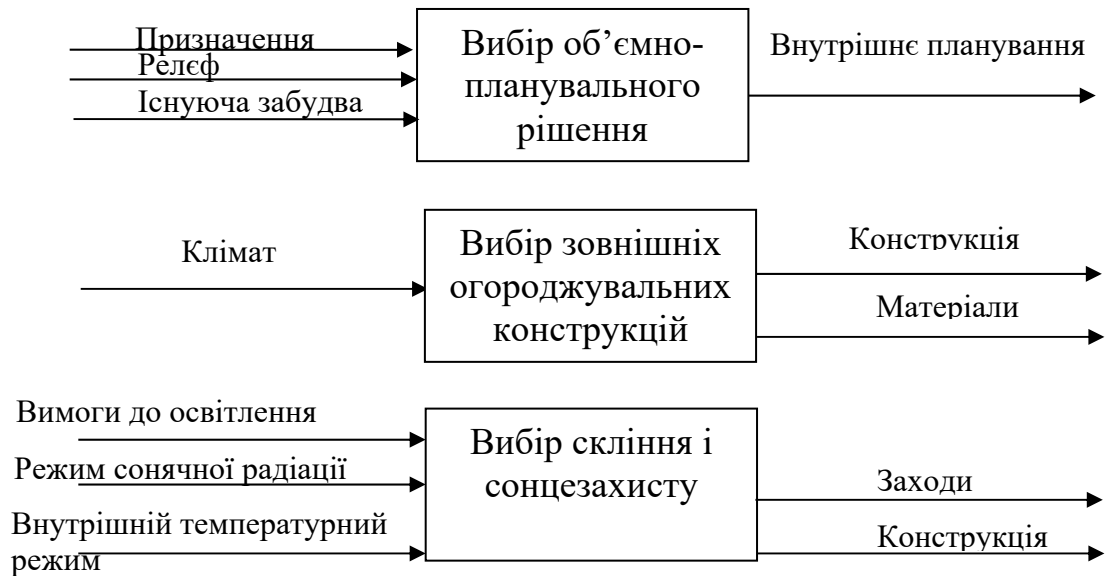


Рис. 2.9. Схема функціонального подання архітектурно-конструктивної моделі

Архітектурно-конструктивна модель створюється в BIM-засобах. Тому для використання геометричних, атрибутивних, теплотехнічних параметрів з інформаційної моделі будівлі необхідно створити метод інформаційного обміну даних з BIM. Схематично взаємозв'язки моделі енергоефективної будівлі з моделями BIM показані на рис. 2.10.

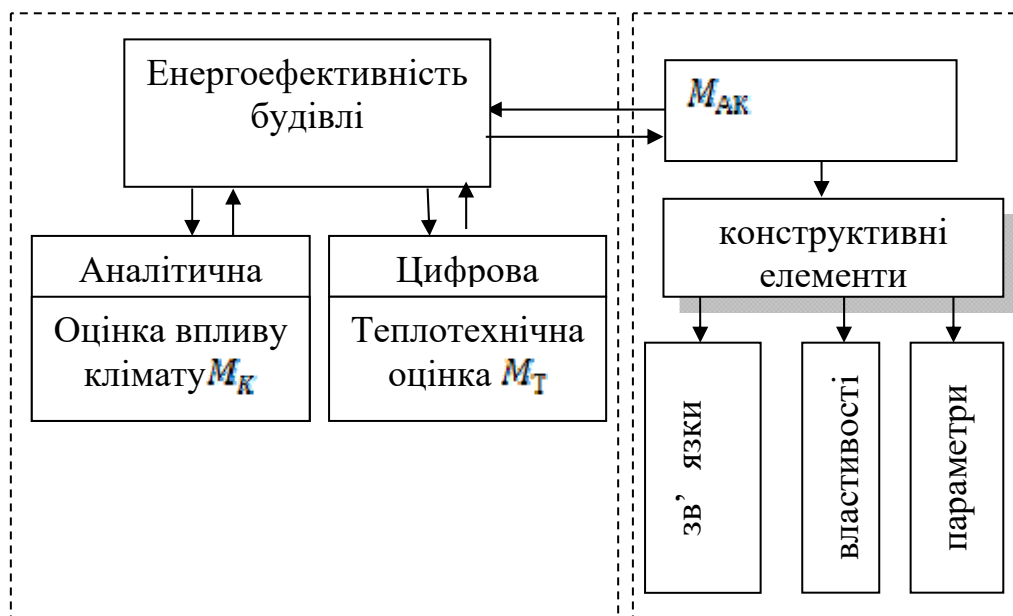


Рис. 2.10. Схема взаємодії моделі ЕБ з моделями BIM

Модель енергоефективної будівлі будується на базі архітектурно-конструктивної й передається безпосередньо на розрахунок у спеціалізовану програму аналізу. Всі енергоефективні моделі діляться на два великих класи математичних задач: аналітичні моделі та чисельні моделі. Аналітична модель реалізується аналітичними методами. Чисельна модель вимагає ітераційного процесу вирішення.

#### **2.1.4. Модель врахування впливу зовнішніх факторів на енергоефективність будівлі**

Основними вимогами до математичної моделі показників зовнішнього клімату є облік їх спільного поєднання. Можливі три підходи до побудови математичної моделі сукупності показників зовнішнього клімату: детермінований, ймовірнісний і детерміновано-ймовірнісний. Перший підхід заснований на використанні реального поєднання сукупності показників зовнішнього клімату кожного географічного пункту за багаторічний період. Сутність цього підходу полягає в наступному. В архівах метеостанції зібрані за багато років погодинні показники клімату для даного географічного пункту. З метою використання в теплотехнічних розрахунках ці дані систематизують у таблицю.

Відомо, що інтенсивність сонячної радіації, швидкість і напрям вітру, температура зовнішнього повітря змінюються в досить широких межах залежно від географічного положення, мікрорельєфу місцевості й пори року.

Вплив зовнішнього клімату на огорожувальні конструкції будівлі доцільно характеризувати метеорологічним градієнтом, який враховує напрямок, величину і повторюваність показників зовнішнього клімату. Статистична обробка зовнішнього клімату як сукупності залежних (або незалежних) випадкових величин показує, що в кожній місцевості для окремих характерних періодів часу є свій метеорологічний градієнт, який має

					ДРМ 323.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

спрямований вплив на формування теплового балансу для різноорієнтованих приміщень, відтак в результаті сукупної дії вітру, сонячної радіації і температури різноорієнтовані приміщення мають істотно різні тепловтрати або теплонадходження.

Основними факторами, що впливають на формування будівлі є: природно-кліматичні, соціально-культурні, науково-технічні. В енергоефективному проектуванні рельєф місцевості суттєво впливає на орієнтацію, положення в просторі та формоутворення житлових будинків, а також на вибір прийомів забудови.

На енергетичний баланс будівлі найбільший вплив має комплекс кліматичних факторів: температура зовнішнього повітря, вітер, сонячна радіація. На архітектурне рішення окремого будинку найбільше впливають: орієнтація ділянки по сторонах світу, інсоляція ділянки забудови, вітровий режим місцевості, температурний режим а також рельєф місцевості (рис. 2.11).

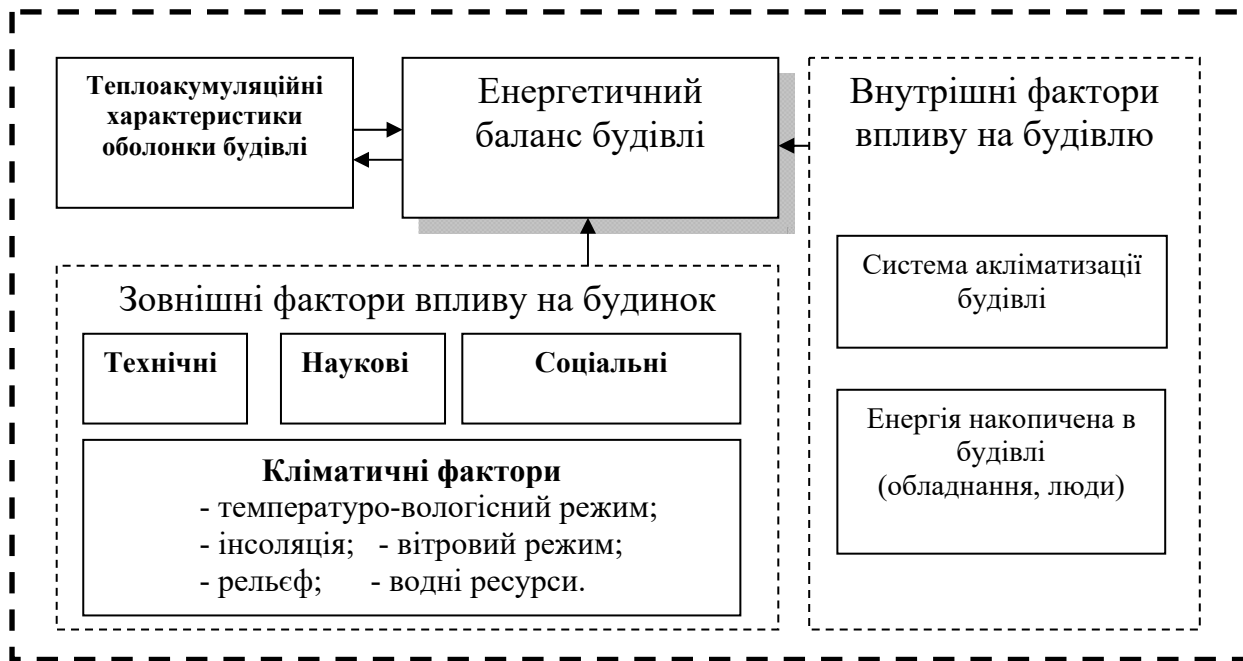


Рис. 2.11. Схема впливу навколишнього середовища на енергетичний баланс будівлі

									Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ДРМ 323.18.00.000 ПЗ				

Математична модель враховує такі фактори:

- теплопровідність зовнішніх огорожувальних конструкцій  $T_B$ ;
- клімат (температурно-вологісний режим  $T_i$ ,  $W_i$ , рельєф  $Rl$ , сонячна радіація  $I_0$ );
- час доби  $t_d$ , пора року  $t_y$ .

До моделі навколишнього середовища відносяться:

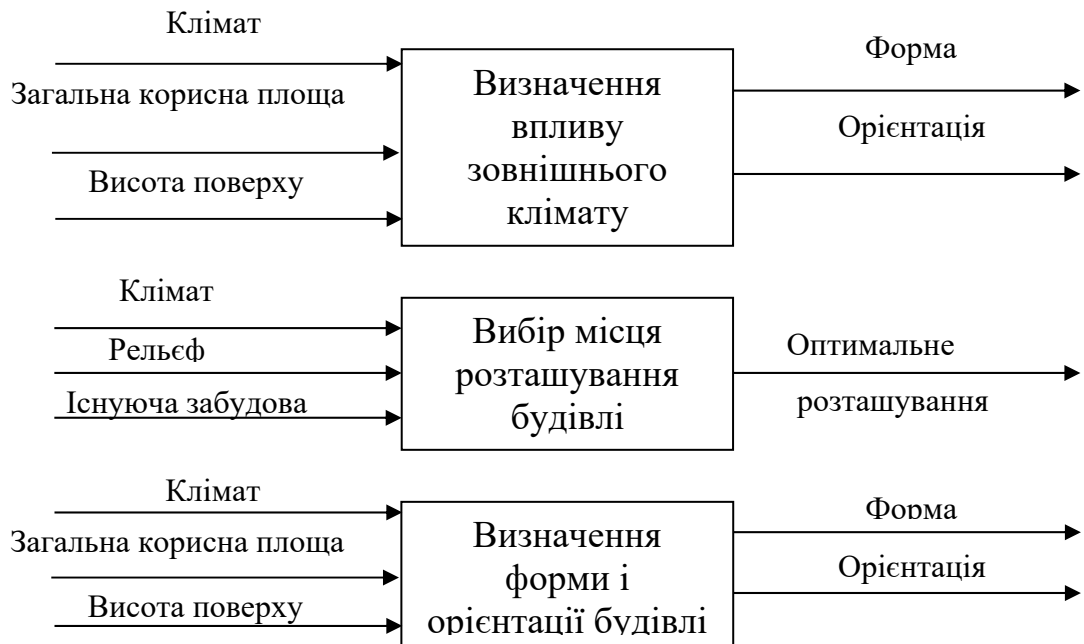


Рис. 2.12. Схема функціонального подання моделі впливу клімату на будівлю

В енергоефективній будівлі, де сонячне опромінення відіграє роль джерела енергії, правильна орієнтація будинку має суттєвий вплив на показники енергоефективності. Інтегральну інтенсивність сонячної радіації, що пройшла крізь атмосферу, можна знайти, про інтегрувавши вираз:

$$I_{\perp, \lambda} = I_{0\lambda} p_{\lambda}^m \quad (2.6)$$

по всіх довжинах хвиль. Однак, внаслідок дуже складної залежності коефіцієнту прозорості  $p_{\lambda}$  від  $\lambda$ , розрахунок проводять, ввівши деякі середні

									Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ДРМ 323.18.00.000 ПЗ				

значення  $p$ , в результаті чого отримують формулу

$$I_{\perp} = I_0 p^m, \quad (2.7)$$

де  $I_0$  – інтенсивність інсоляції на верхній межі атмосфери.

### 2.1.5. Модель теплового балансу будівлі

Відповідно до методології системного аналізу математичну модель теплового режиму будівлі як єдиної теплоенергетичної системи доцільно подати у вигляді трьох взаємопов'язаних моделей, більш зручних для вивчення (рис. 2.13):

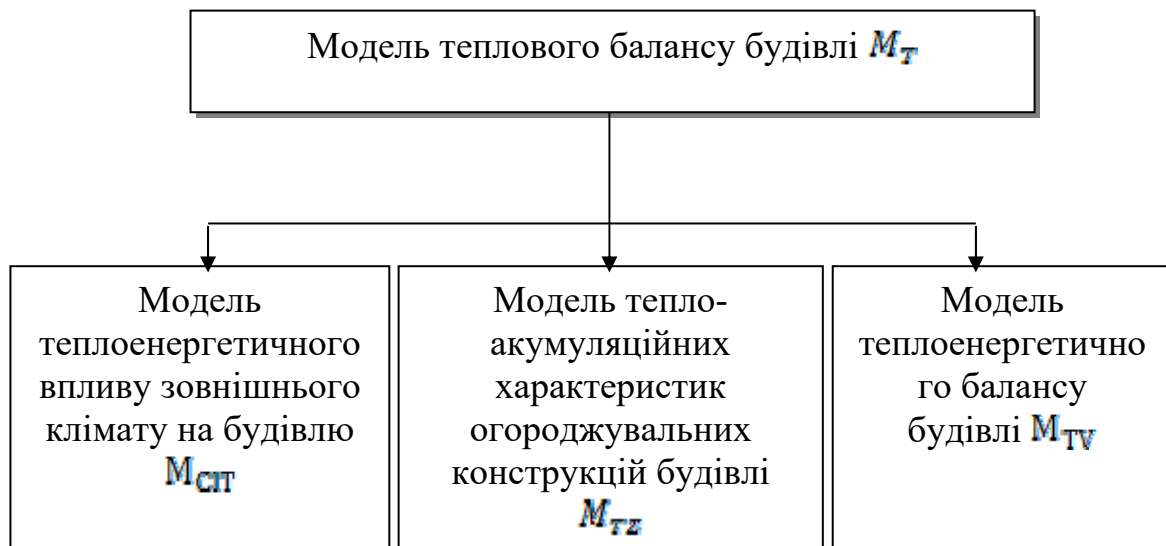


Рис. 2.13. Модель теплового балансу будівлі

Для перевірки запропонованої моделі вводиться показник  $P$ , що характеризує ступінь відмінності реалізованого рішення від оптимального і є показником теплоенергетичної ефективності проектного рішення.

За визначенням:

										Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ДРМ 323.18.00.000 ПЗ					



Призначення теплотехнічної моделі – абстракція від дійсної конструкції з метою максимально просто визначити енергоефективні параметри конструкції і дію зовнішнього середовища та внутрішніх джерел теплонадходжень на них (рис.2.14.).



Рис. 2.14. Схема функціонального подання моделі теплового балансу будівлі

Розрахунки за розглянутою моделлю дають можливість визначити, якою мірою такі фактори, як тиск (змінюються під дією вітру через поверхню огорожувальних конструкцій) та температура повітря (змінюється від висоти приміщення, якими, як правило, можна нехтувати), впливають на





## 2.2. Методи проектування енергоефективних будівель

Проблема енергозабезпечення ускладнюється тим, що за прогнозами вчених через 70 років майже зовсім не залишиться традиційних запасів джерел енергії. В зв'язку з цим, критерій впровадження енергозберігаючих технологій в будівельній галузі займає одне з перших місць не лише з точки зору економії ресурсів та комфортності будівлі, а й з точки зору забезпечення мінімальних умов життєдіяльності людини. Це пов'язано з наслідками порушення енерго- і теплопостачання внаслідок різкої зміни клімату в умовах України.

Тому, для реалізації розроблених моделей подання будівлі як єдиної енергетичної системи в ІТП ЕБ необхідно удосконалити метод врахування впливу зовнішнього середовища на енергетичний баланс будівлі, вивести єдиний енергетичний показник, що характеризує енергетичний вплив клімату на будівлю. Необхідно удосконалити метод вибору форми і орієнтації будівлі з врахуванням особливостей навколишнього середовища для визначення показника ефективності проектного рішення. Також необхідно розробити метод розрахунку теплового балансу будівлі на основі інформаційної моделі будівлі, з урахуванням впливу зовнішнього середовища, тому що існуючі методи не розраховані на сприйняття будівлі як єдиної енергетичної системи.

### 2.2.1. Методи врахування впливу зовнішніх факторів на енергетичний баланс будівлі

Вплив зовнішнього клімату на тепловий режим будівлі та витрати енергії на опалення й охолодження приміщення полягає в комплексному впливі окремих метеорологічних показників: температури, вологості, швидкості та напрямку руху зовнішнього повітря, прямої та розсіяної радіації.

Під час розрахунку узагальненого показника енергоефективності клімату значення всіх показників зовнішнього клімату беруться із БД NASA

					ДРМ 323.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

зовнішнього програмного засобу RETScreen в модуль, що виконує розрахунок. При цьому можуть бути використані значення показників зовнішнього клімату всього періоду або його окремих частин.

Метод визначення орієнтації та габаритів будівлі передбачає введення кліматичних показників району будівництва, загальної корисної площі будівлі та висоти поверху.

Для розрахунку необхідні наступні початкові дані:

1. Початкові кліматичні параметри:

- тривалість опалювального періоду і періоду охолодження;
- значення середньомісячних температур зовнішнього повітря; температура зовнішнього повітря для найбільш холодних п'яти днів і найбільш спекотного місяця  $T_0$ ;

- температура внутрішнього повітря  $T_r$ ;

- напрям вітру;

- середньодобові значення прямої  $I_S$  і розсіяної  $I_D$  сонячної радіації, що попадає на поверхню зовнішніх огорожувальних конструкцій.

2. Теплотехнічні показники зовнішніх огорожувальних конструкцій:

- коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій  $\alpha_{in sf}$ ;

- коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальних конструкцій  $\alpha_{out sf}$ ;

- коефіцієнт поглинання сонячної радіації матеріалом зовнішньої поверхні огорожувальних конструкцій для стін  $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4$  та покриття  $\beta_5$ ;

- коефіцієнти проникнення прямої ( $K_{1S}$ ) та розсіяної ( $K_{1D}$ ) сонячної радіації;

- коефіцієнти поглинання прямої ( $K_{2S}$ ) та розсіяної ( $K_{2D}$ ) сонячної радіації через заповнення теплових прорізів;

- коефіцієнти опромінення світлових прорізів ( $\tau_R$ ).

									Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ДРМ 323.18.00.000 ПЗ				

3. Характеристика будівель:

- загальна корисна площа  $F_0, \text{м}^2$ ;
- висота поверху  $H, \text{м}$ ;
- коефіцієнт віддзеркалення стін  $R1- R4$ , покриття  $R5$ , перекриття  $R6$ ;
- опір тепловіддачі огорожувальних конструкцій стін  $R1-R4$ , покриття  $R5$ , перекриття  $R6$ , вікон  $R_w, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$ ;
- опір повітропроникності зовнішніх огорожувальних конструкцій стін  $R_a$ , вікон  $R_{aw}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год}}{\text{кг}}$ ;
- повітропроникність зовнішніх огорожувальних конструкцій стін:

$$G_w = \frac{l}{K_{aw}}, \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}. \quad (2.11)$$

Після визначення вхідних розрахунків ведеться в наступному порядку.

Розрахунок питомих теплових потоків ( $i=1 \dots 4$  відноситься до стін,  $i=5$  – до покриття,  $i=6$  – до перекриття).

Значення теплових потоків, середніх за розрахунковий період:

$$\bar{q} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N q_j, \quad (2.12)$$

де  $N$  – число місяців в розрахунковому періоді;

$q_j$  – середньомісячні значення теплових потоків,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ .

Середньомісячні значення теплового потоку через заповнення світлових прорізів в холодну пору року,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ :

$$Q_w = Q_{TW} + Q_{FW} - Q_{TH} - Q_{AB}. \quad (2.13)$$

В теплу пору року:

					ДРМ 323.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_W = Q_{TW} + Q_{FW} + Q_{TH} + Q_{AB}, \quad (2.14)$$

де  $Q_{TW}$  – середньомісячне зростання теплового потоку через заповнення світлових прорізів в холодну пору року за рахунок тепловіддачі, Вт/м<sup>2</sup>

$$Q_{TW} = \frac{T_R - T_0}{R_W}. \quad (2.15)$$

В теплу пору року:

$$Q_{TW} = \frac{T_0 - T_R}{R_W}, \quad (2.16)$$

де  $Q_{FW}$  – середньомісячне значення потоку через заповнення світлових прорізів в холодну пору року за рахунок фільтрації повітря, Вт/м<sup>2</sup>

$$Q_{FW} = 0.28G_W(T_R - T_0). \quad (2.17)$$

В теплу пору року:

$$Q_{FW} = 0.28G_W(T_0 - T_R), \quad (2.18)$$

де  $Q_{TH}$  – середньомісячне значення теплового потоку по сторонах світу через заповнення світлових прорізів за рахунок сонячної радіації, що проникає Вт/м<sup>2</sup>

$$Q_{THi} = I_{S_i} r_{R_i} k_{IS_i} + I_{D_i} k_{D_i}, \quad (2.19)$$

де  $Q_{AB}$  – середньомісячне значення теплового потоку по сторонах світла через заповнення світлових прорізів за рахунок поглинутої сонячної радіації,

					ДРМ 323.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Вт/м<sup>2</sup>

$$Q_{ABi} = I_{S_i} T_{R_i} k_{2S_i} + I_{D_i} k_{2D_i}. \quad (2.20)$$

Середньомісячні значення теплових потоків через стіни і покриття в холодну пору року при наявності фільтрації, Вт/м<sup>2</sup>

$$Q_{Enc_i} = (\alpha_{in\,sf} + 0.28G)(T_R - T_{in\,sf_i}). \quad (2.21)$$

В теплу пору року:

$$Q_{Enc_i} = (\alpha_{in\,sf} + 0.28G)(T_{in\,sf_i} - T_R), \quad (2.22)$$

де  $T_{in\,sf_i}$  – температура внутрішньої поверхні стіни, °С:

$$T_{in\,sf_i} = T_{Of}^{con} + (T_R - T_{Of}^{con}) \frac{e^{0.28GR} - 1 + \frac{0.28G}{\alpha_{out\,sf}}}{\left(1 + \frac{0.28G}{\alpha_{in\,sf}}\right) e^{0.28GR} - 1 + \frac{0.28G}{\alpha_{out\,sf}}}, \quad (2.23)$$

де  $T_{Of}^{con}$  – температура зовнішнього повітря

$$T_{Of}^{con} = T_0 + \frac{\beta_i + I_i}{\alpha_{out\,sf}}. \quad (2.24)$$

Середньодобове значення сумарної сонячної радіації, що попадає на поверхню  $i$ -ої зовнішньої огорожувальної конструкції за місяць розрахункового періоду, Вт/м<sup>2</sup>

$$I_i = I_{S_i} + I_{D_i}. \quad (3.25)$$

Середньомісячні значення теплових потоків через стіни та покриття в

					ДРМ 323.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

холодну пору року при відсутності фільтрації, Вт/м<sup>2</sup>

$$q_{\text{внст}} = \frac{1}{R} (T_R - T_0^{\text{сеп}}). \quad (2.26)$$

В теплу пору року:

$$q_{\text{внст}} = \frac{1}{R} (T_0^{\text{сеп}} - T_R). \quad (2.27)$$

Середньомісячні значення теплових потоків через перекриття в холодну пору року, Вт/м<sup>2</sup>

$$q_w = \frac{1}{R} (T_0 - T_R). \quad (2.28)$$

В теплу пору року:

$$q_s = \frac{1}{R} (T_R - T_0). \quad (2.29)$$

Визначивши середньодобове значення сумарної сонячної радіації, що попадає на поверхню *i*-ої зовнішньої огороджувальної конструкції холодну та теплу пору року та знайшовши середньомісячні значення теплових потоків через стіни та покриття в холодну та теплу пору року, використаємо ці значення як крайові умови при розрахунках теплопровідності огороджувальних конструкцій.

### 2.2.2. Метод вибору форми та орієнтації будівлі

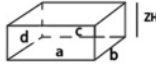
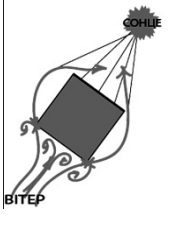
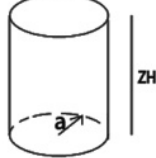
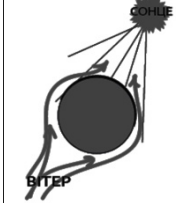
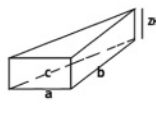
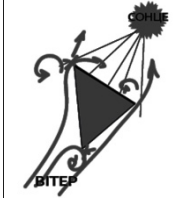
Форма, розмір та орієнтація будівлі повинні вибиратись таким чином, що б було забезпечено максимальне використання позитивного і нейтралізовано негативний вплив зовнішнього клімату на тепловий баланс будівлі.

					ДРМ 323.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Подамо нижче у формі таблиць (табл. 2.1) зведення розрахункових формул для визначення оптимальних розмірів будівель різної форми з точки зору мінімізації тепловтрат.

Таблиця 2.1

Розрахункові формули для визначення оптимальних розмірів будівель різної форми з точки зору мінімізації тепловтрат

Форма будівлі	Обмеження	Вплив сонячної радіації та вітрів	Оптимальні розміри будівлі		К-ть поверхів, z	Мінімальні питомі тепловитрати
			A	b		
	$F_0 - \text{const}$ $H - \text{const}$ $a=c$ $b=d$		$\sqrt[3]{\frac{HF_0}{(q_{fl} + q_{roof})} * \frac{(q_b + q_c)^2}{(q_a + q_c)}}$	$\sqrt[3]{\frac{HF_0}{(q_{fl} + q_{roof})} * \frac{(q_b + q_c)^2}{(q_b + q_d)}}$	$\frac{F_0}{ab}$	$\sqrt[3]{\frac{H^2}{F_0} (q_{fl} + q_{roof})(q_a + q_c)(q_b + q_d)}$
	$F_0 - \text{const}$ $a - \text{const}$		$\sqrt[3]{\frac{q_{vert} HF_0}{(q_{fl} + q_{roof})}}$	—	$\frac{F_0}{a^2}$	$\sqrt[3]{\frac{H^2}{F_0} q_{vert}^2 (q_{fl} + q_{roof})}$
	$F_0 - \text{const}$ $a=b$		$\sqrt[3]{\frac{(\sqrt{2}q_c + q_a + q_b)2HF_0}{(q_{fl} + q_{roof})}}$	$\sqrt{2}a$	$\frac{2F_0}{a^2}$	$\sqrt[3]{\frac{H^2 (q_a + q_b + \sqrt{2}q_c)(q_{fl} + q_{roof})}{2F_0}}$

Позначення в таблиці такі:

$q_a, q_b, q_c, q_d, q_{fl}, q_{roof}, q_{vert}$  – характерні теплові потоки, що проходять в плані відповідно з розмірами  $a, b, c, d$  через перекриття першого поверху, покриття і вертикальні огорожувальні конструкції, Вт/м<sup>2</sup>;

$F_0$  – загальна корисна площа будівлі, м<sup>2</sup>;

$H$  – висота поверху будівлі, м;



$a, b, c, d$  – розміри будинку в плані, м;

$Z$  – кількість поверхів;

$q_{w,i}$  – питомі теплові потоки через зовнішні огорожувальні конструкції, Вт/м<sup>2</sup>, при цьому  $i = 1, 2, 3, 4$  відносяться до стін,  $i = 5$  до покриття,  $i = 6$  – до перекриття;  $q_{w,j}$  – питомі теплові потоки через заповнення світлових отворів, Вт/м<sup>2</sup>;  $P_i$  – коефіцієнт заскління зовнішнього огороження  $i$ -орієнтації;  $H$  – висота поверху, м.

При виборі форми будинку важливим завданням є максимальне скорочення площі поверхні зовнішніх огорожувальних конструкцій з метою мінімізації тепловтрат в холодний час і тепло надходжень в теплу пору року.

Довжина будинку, м:

$$a = \sqrt[3]{\frac{HF_0}{q_{ENC2}(1-P_2)+q_{ENC1}} \cdot \frac{[(q_{ENC2}(1-P_2)+q_{W2}P_2)]+[q_{ENC4}(1-P_4)+q_{W4}P_4]}{[(q_{ENC1}(1-P_1)+q_{W1}P_1)]+[q_{ENC3}(1-P_3)+q_{W3}P_3]}} \quad (2.30)$$

Ширина будинку, м:

$$b = \sqrt[3]{\frac{HF_0}{q_{ENC2}(1-P_2)+q_{ENC6}} \cdot \frac{[(q_{ENC1}(1-P_1)+q_{W1}P_1)]+[q_{ENC3}(1-P_3)+q_{W3}P_3]}{[(q_{ENC2}(1-P_2)+q_{W2}P_2)]+[q_{ENC4}(1-P_4)+q_{W4}P_4]}} \quad (2.31)$$

Кількість поверхів будинку (округлюється до більшого цілого):

$$Z = \frac{F_0}{a \cdot b} \quad (2.32)$$

Мінімальна питома характеристика будівлі, Вт/м<sup>2</sup>:

$$q_{F_0}^{min} = \sqrt[3]{\frac{H^2}{F_0} [q_{ENC2}(1-P_5) + q_{W5}P_5 + q_6] \omega} \quad (2.33)$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ДРМ 323.18.00.000 ПЗ				

де:

$$\omega = \left[ [q_{Enc_1}(1 - P_1) + q_{W_2}P_1] + [q_{Enc_3}(1 - P_3) + q_{W_2}P_3] \right] \times \\ \times \left[ [q_{Enc_2}(1 - P_2) + q_{W_2}P_2] + [q_{Enc_4}(1 - P_4) + q_{W_4}P_4] \right]. \quad (2.34)$$

Показник ефективності проектного рішення розраховується за формулою:

$$\eta = \frac{3\sqrt{F_0^2 H^2 ABC}}{F_0 H \left[ \frac{A}{b} + \frac{B}{a} \right] + abc}, \quad (2.35)$$

де:

$$A = \sum_{i=1,3} [q_{Enc,i}(1 - P_i) + q_{w,i}P_i], \quad (2.36)$$

$$B = \sum_{i=2,4} [q_{Enc,i}(1 - P_i) + q_{w,i}P_i], \quad (2.37)$$

$$C = q_{Enc,5}(1 - P_5) + q_{w,5}P_5 + q_{Enc,6}. \quad (2.38)$$

В результаті задача теплоенергетичної оптимізації розташування та габаритів будівлі математично записана наступним чином: визначити мінімум цільової функції  $D \rightarrow \min$  при площі  $S = S_{0=const}$  та об'єму будівлі  $V = V_{0=const}$ , де  $D$  – експлуатаційні затрати в річному циклі, що розраховуються за формулою:

$$D = \int_{t_{d_1}}^{t_{d_n}} K_H Q_H dt + \int_{t_{d_n}}^{t_{d_m}} K_C Q_C dt, \quad (2.39)$$

де  $K_H, K_C$  – відповідно вартість одиниці тепла і одиниці холоду;

$Q_H, Q_C$  – відповідно витрати теплової енергії на опалення та охолодження будинків, Вт;

									Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ДРМ 323.18.00.000 ПЗ				



тепла, що втрачається через огорожувальні конструкції, визначається за формулою

$$Q_0 = \epsilon \sum_{i=1}^n Q \rightarrow \min. \quad (2.41)$$

Така кількість тепла повинна надходити від системи опалення для забезпечення нормальних умов експлуатації будівлі. Визначення показника енергоефективності теплових характеристик стіни відповідає мінімальній сумі вартості його зведення та витрат на опалення під час експлуатації.

Вартість зведення огорожувальної конструкції:

$$C_{m_s} = \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^n A_i b_i \bar{C}_{mi}, \quad (2.42)$$

де  $C_{m_s}$  – вартість огородження на  $i$ -й ділянці ( $i = 1 \dots n$ ), прошарку  $s$  ( $s = 1 \dots n$ ) з поверхнею  $A_i$  і товщиною  $b_i$ .

Витрати на опалення складають:

$$C_Q = Q_0 \bar{C}_Q, \quad (2.43)$$

де  $C_Q$  – вартість одиниці тепла з врахуванням облаштування системи опалення, її експлуатації та вартості палива.

Тоді математичну модель енергоефективності можна записати в такому вигляді:

$$Z = C_m + C_Q \rightarrow \min. \quad (2.44)$$

Розв'язок отримаємо, розглядаючи ділянку огорожувальних конструкцій з площею  $A=1$ .

Вартість зведення огородження:

					ДРМ 323.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$C_m = \sum_{i=1}^n Q \bar{C}_m. \quad (2.45)$$

Витрати, обумовлені втратою тепла на цій ділянці:

$$C_Q = \frac{Q_T}{A} t \bar{C}_Q. \quad (2.46)$$

Умова енергоефективності приймає вигляд:

$$Z = C_m + C_Q = k_1 \frac{A}{Q} + k_2 \frac{Q}{A} \rightarrow \min. \quad (2.47)$$

де  $k_1 = C_m$ ;  $k_2$  – коефіцієнт енергоефективності для заданого району будівництва, що визначається експертною системою.

Залежність цільової функції  $Z$  від  $Q$  подано на рис. 2.16.

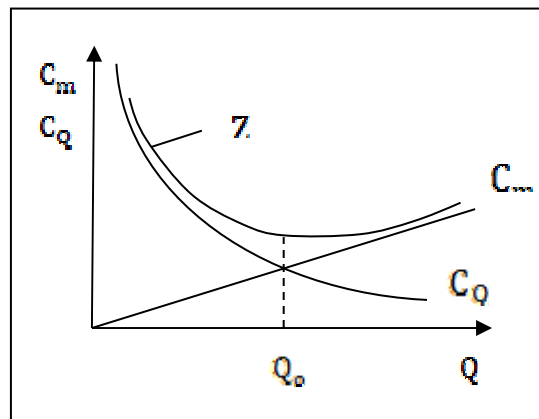


Рис. 2.16. Визначення оптимальної енергоефективності огороджувальних конструкцій.

За умови  $\frac{dZ}{dQ} = 0$  знаходимо оптимальну енергоефективність огороджувальних конструкцій

$$Q_0 = \sqrt{\frac{Q_T}{\bar{C}_m}} t \bar{C}_Q. \quad (2.48)$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ДРМ 323.18.00.000 ПЗ				



з 7 класів від А до G і передбачена для 8 типів будинків . Клас «С» відповідає мінімальному рівню вимог для нових та реконструйованих існуючих будівель.

Таблиця 2.3

Шкала енергетичної ефективності огорожувальних конструкцій житлових і нежитлових будівель

Клас енергоефективності	Тип будівлі							
	Односімейний дім	Багатоквартирний дім	Готелі та ресторани	Офіси	Лікарні	Навчальні заклади	Сортивні споруди	Торгівельні будівлі
A	< 51	< 43	< 102	< 62	< 109	< 47	< 53	< 67
B	51 - 97	43 - 82	102 - 200	62 - 123	109 - 210	47 - 89	53 - 102	67 - 121
C	98 - 142	83 - 120	201 - 294	124 - 179	211 - 310	90 - 130	103 - 145	122 - 183
D	143 - 191	121 - 162	295 - 389	180 - 236	311 - 415	131 - 174	146 - 194	184 - 241
E	192 - 240	163 - 205	390 - 488	237 - 293	416 - 520	175 - 220	195 - 245	242 - 300
F	241 - 286	206 - 245	489 - 590	294 - 345	521 - 625	221 - 265	246 - 297	301 - 362
G	> 286	> 245	> 590	> 345	> 625	> 265	> 297	> 362

Шкала базується на кінцевих тепловтратах будівлі. Енерговикористання включає опалення, освітлення і додаткові енергетичні потреби для стандартного використання будівлі.

Алгоритм розрахунку класів енергоефективності огорожувальних конструкцій будівлі базується на показнику ефективності будівлі:

- теплотехнічні показники огорожувальної оболонки будівлі;
- умови експлуатації будівлі (призначення будівлі, кількість годин активного використання будівлі на рік);
- енергетичні характеристики (коефіцієнт ефективності використання палива при виробленні теплової енергії);
- кліматичні характеристики (коефіцієнт впливу клімату).

На підставі цих даних розраховується загальне первинне енергоспоживання за формулою:

$$W_{\text{заг перв}} = \sum_{i=1}^n W_{\text{опал } i} \cdot \frac{\Gamma D_n^H}{\Gamma D_n^{\phi}} \cdot k_{ni} + \sum_{i=1}^n W_{\text{конд } i} \cdot k_{ni} + \sum_{i=1}^n W_{\text{ГВП } i} \cdot k_{ni} + \sum_{i=1}^n W_{\text{інше } i} \cdot k_{ni}, \quad (2.49)$$

де  $i$  – вид енергоресурсу, що використовується для потреб опалення та кондиціонування;

$\Gamma D_n^H$  – кількість градусо-днів для нормативного року;

$\Gamma D_n^{\phi}$  – кількість градусо-днів року, що розглядається, розраховані з використанням нормативної температури всередині приміщень;

$W_{\text{опал } n}$ ,  $W_{\text{конд } n}$ ,  $W_{\text{ГВП } n}$ ,  $W_{\text{інше } n}$  – кількість спожитої енергії  $n$ -го виду палива, використаного для потреб відповідно опалення, кондиціонування, кВт·год;

$k_{ni}$  – коефіцієнт переведення кінцевої енергії  $i$ -го виду палива в первинне.

Шкала побудована для первинної енергії, тому при перерахунку кінцевої енергії в первинну використовуються перекладні коефіцієнти ( $k_{ni}$ ), вибір та значення яких залежить від ефективності використання палива.

#### 2.2.4. Принципи функціонування інформаційної технології проектування енергоефективних будівель

Узагальнена модель енергоефективної будівлі є відображенням взаємозв'язків і функціонування фізичної, конструктивної моделі будівлі та навколишнього середовища. Окрім цього, модель енергоефективної будівлі можна подати як сукупність узагальнених моделей кожного етапу проектування ЕБ.

Модель оцінки впливу зовнішніх факторів дозволяє обчислити енергетичний потенціал зовнішнього клімату і визначити методи його використання для теплопостачання при оптимальній орієнтації будівлі.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ДРМ 323.18.00.000 ПЗ				



Модель теплового режиму будівлі дозволяє визначити характеристики архітектурно-конструктивних, теплотехнічних або енергетичних показників як єдиної енергетичної системи.

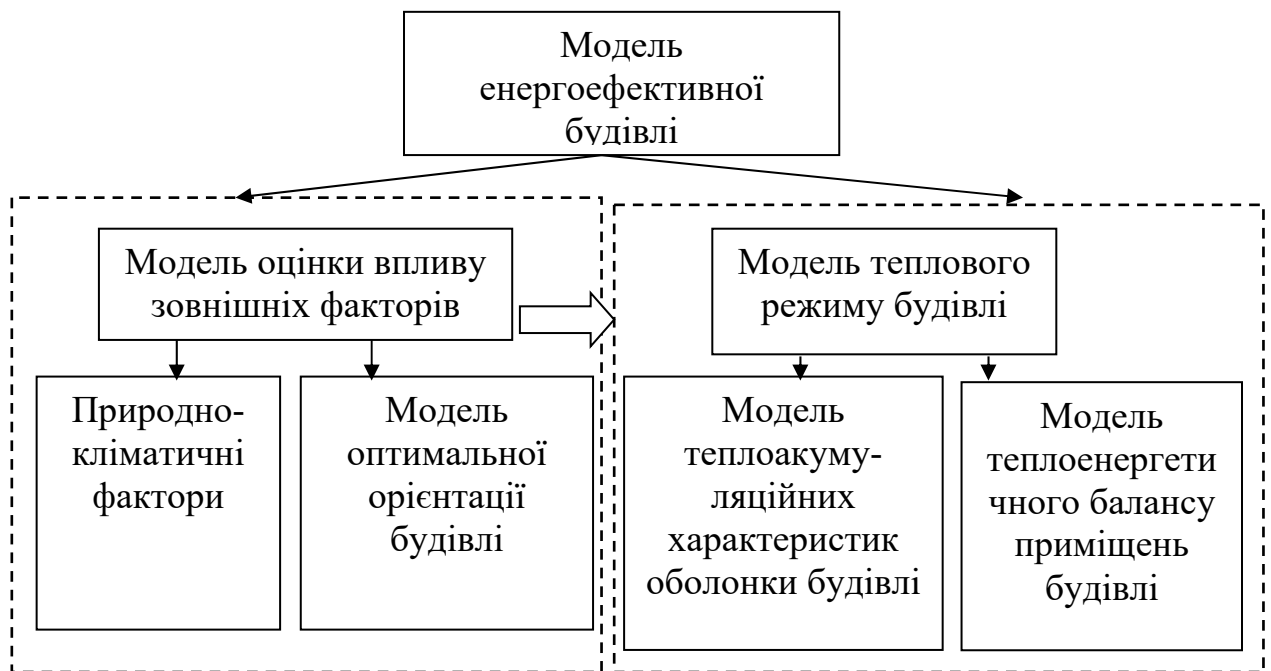


Рис. 2.17. Концептуальна модель функціонування інформаційної технології проектування енергоефективних будівель

Концептуальна модель функціонування ІТП ЕБ на основі єдиної енергетичної моделі будівлі розподіляється на етапи: визначення зовнішніх і внутрішніх факторів впливу на будівлю, етапи будівництва та етап визначення теплового режиму будівлі. Результати, що отримані на кожному з вище наведених етапах, передаються для подальшого використання на наступному етапі.

Модель енергоефективної будівлі є лише частиною ІТП ЕБ. Перелік задач, які необхідно вирішити під час розробки ІТП ЕБ на основі моделі енергоефективної будівлі, наведено на рис. 2.18. Провівши аналіз сучасного стану інтеграції ІТП ЕБ було встановлено, що загальна модель об'єкта проектування, що використовує BIM, не використовує кліматичні дані NASA для визначення впливу зовнішнього клімату.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						

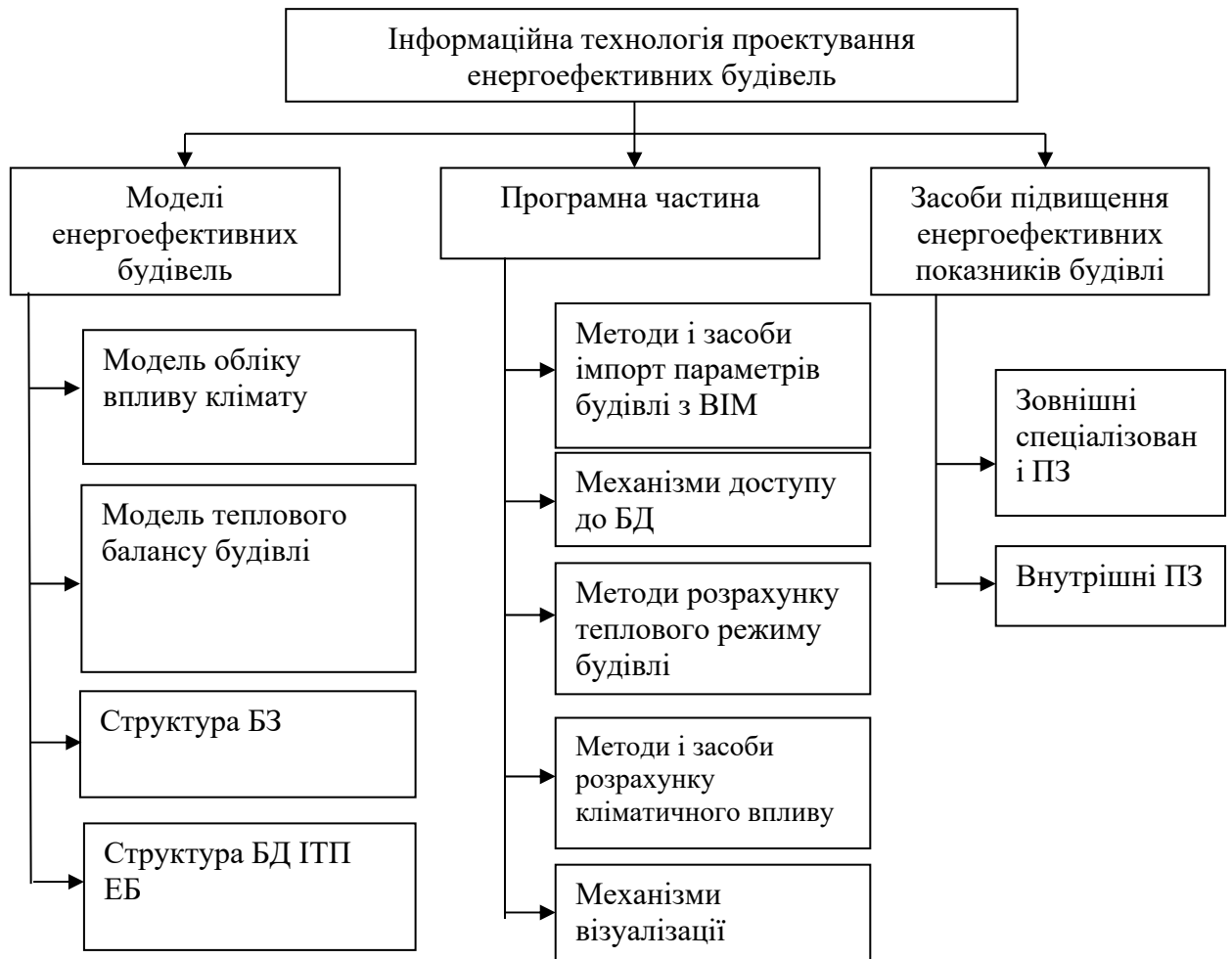


Рис. 2.18. Перелік задач, які необхідно вирішити під час розробки інформаційної технології проектування енергоефективних будівель

Для спрощення процесу проектування ІТП ЕБ запропоновано комплексну модель енергоефективної будівлі (рис. 2.19).

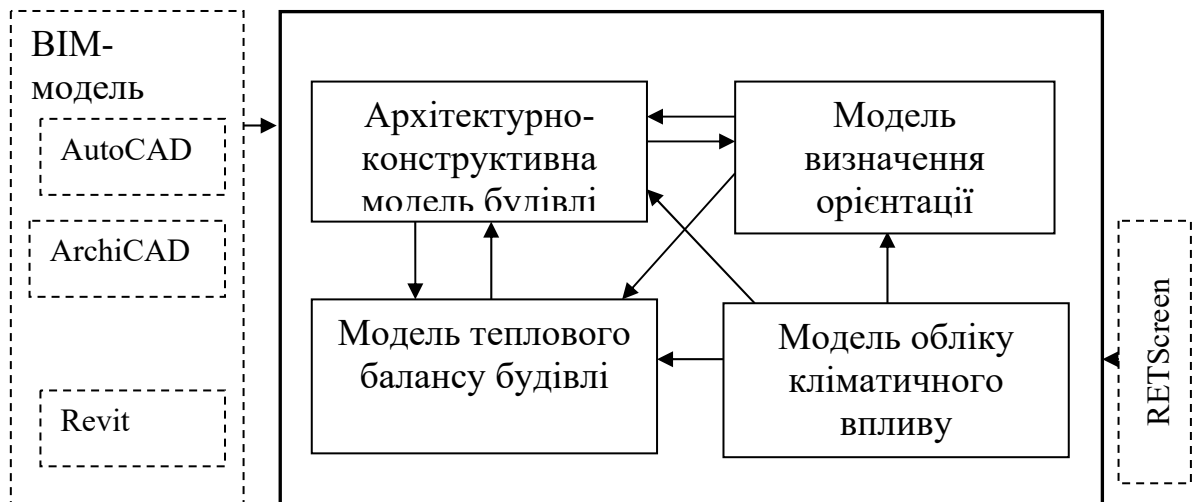


Рис. 2.19. Комплексна модель енергоефективної будівлі

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

При використанні запропонованої комплексної моделі енергоефективної будівлі (рис. 2.19) забезпечується мінімізація втрат інформації під час імпорту/експорту, достовірність архітектурно-конструктивних даних за рахунок використання BIM-моделі та динамічність і повнота даних з БД NASA RETScreen. Для реалізації інформаційної системи проектування енергоефективних будівель на основі єдиної енергетичної системи будівлі була розроблена функціональна модель ІТП ЕБ (рис. 2.20).

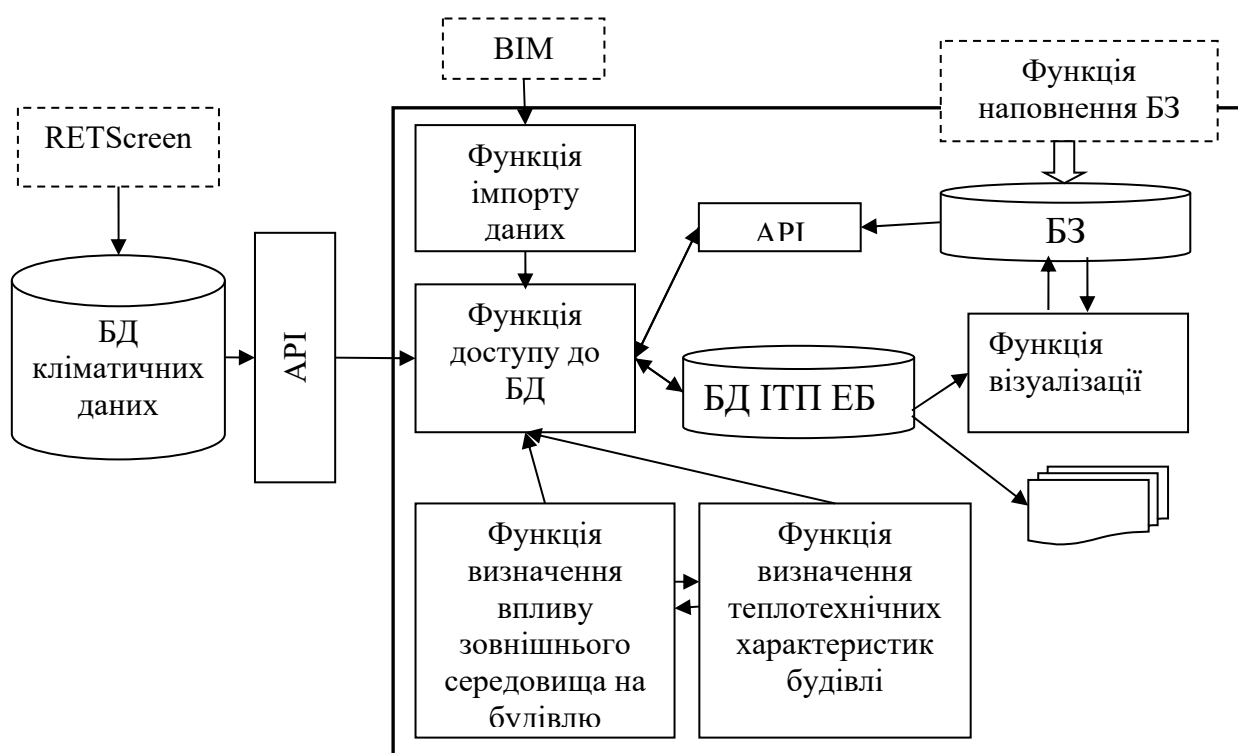


Рис. 2.20. Функціональна модель інформаційної технології проектування енергоефективних будівель

Основною частиною ІТП ЕБ на основі єдиної енергетичної системи будівлі є методи визначення впливу зовнішніх та внутрішніх факторів на будівлю та методи визначення теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій будівлі. Важливою частиною є БД ІТП ЕБ, що дозволяє зберігати інформацію на всіх етапах проектування ЕБ будівлі.

## Висновки до розділу 2

1. Розроблена концептуальна модель енергоефективної будівлі як сукупність узагальнених моделей кожного етапу проектування ЕБ.

2. Запропоновано інтегровану єдину енергетичну систему будівлі та реалізовано її як комплекс трьох моделей: архітектурно-конструктивної, кліматичної та теплового режиму будівлі.

3. Розроблено модель встановлення балансу параметрів моделей єдиної енергетичної системи будівлі. Описано структуру задачі взаємодії параметрів, що входять в модель середовища за відомим ефектом і сформульованим законом для характерних процесів єдиної енергетичної системи.

4. Проаналізовано зовнішні фактори впливу на енергоефективність будівлі. На основі проведеного аналізу створена класифікація зовнішніх факторів, яка відображає їх взаємозв'язок.

5. Запропоновано модель теплового балансу будівлі, виведено показник теплоенергетичної ефективності проектного рішення.

6. Визначені початкові дані, що необхідні для розрахунку впливу кліматичних показників на енергоефективність будівлі. Розроблено метод розрахунку впливу теплових потоків на будівлю в різні пори року.

7. Визначена методика вибору оптимальної геометричної форми будівлі в залежності від кліматичних умов. Запропоновано метод визначення орієнтації та форми будівлі, який передбачає введення кліматичних показників району будівництва, загальної корисної площі будівлі та висоти поверху.

8. Розроблено метод визначення єдиного показника енергоефективності будівлі з розрахунком економічного ефекту від застосування розроблених методів.

9. Розроблена функціональна модель ІТП ЕБ для програмної реалізації інформаційної технології проектування енергоефективних будівель на основі єдиної енергетичної системи будівлі.

					ДРМ 323.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 3.1. Загальна архітектура ІТП ЕБ

Сучасні вимоги до програмного забезпечення включають такі важливі та необхідні властивості як якість, безпеку, зручність супроводу, зручність використання та інші. Досягти необхідних показників без чіткого уявлення всіх частин системи та способу їх взаємодії між собою достатньо важко.

Сучасні автоматизовані системи проектування енергоефективних будівель, характеризуються такими ознаками: їх архітектура реалізується за модульним принципом, що знижує ступінь масштабованості; відсутні ефективні засоби адаптації користувача в процесі проектування; вони є вузькоспеціалізованими і статичними із заздалегідь заданою незмінною структурою. Крім того, системи орієнтовані на цільову аудиторію з максимальним ступенем професійних навичок, в них не враховуються динамічні індивідуальні характеристики користувачів.

Великі системи, як правило, не проектуються монолітно. Їх завжди можна розбити на підсистеми, які надають набір сервісів. Архітектурне проектування – це перший етап процесу проектування, на якому визначаються підсистеми, а також структура управління і взаємодії підсистем. Метою архітектурного проектування є опис архітектури програмного забезпечення. Наявність архітектури припускає можливість заміни, поліпшення, виправлення окремих частин без необхідності зміни інших підсистем.

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Цимбалістий А.І.</i>			<i>СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА</i>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Белякова І.В.</i>						
<i>Консульт.</i>		<i>Белякова І.В.</i>						
<i>Н. контр.</i>		<i>Коваль В.П.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>						
						<i>ТНТУ, ФПТ, зр. ЕММ-61</i>		

Можливість без особливих зусиль відтворювати створені програмні одиниці є важливою особливістю програмного забезпечення. Компонентна розробка програмного забезпечення – це спосіб розробки, при якому можливе повторне використання раніше створених компонент, за умови, що вони розроблялися з цією можливістю повторного використання.

В даний час не викликає сумніву той факт, що необхідно порівнювати різні підходи до розробки програмного забезпечення. Якщо програмне забезпечення розглядати, як актив, то повторне використання компонентів, дозволяє істотно скоротити витрати і терміни на його розробку. Узагальнену архітектуру ІТП ЕБ подано на рис. 3.1.

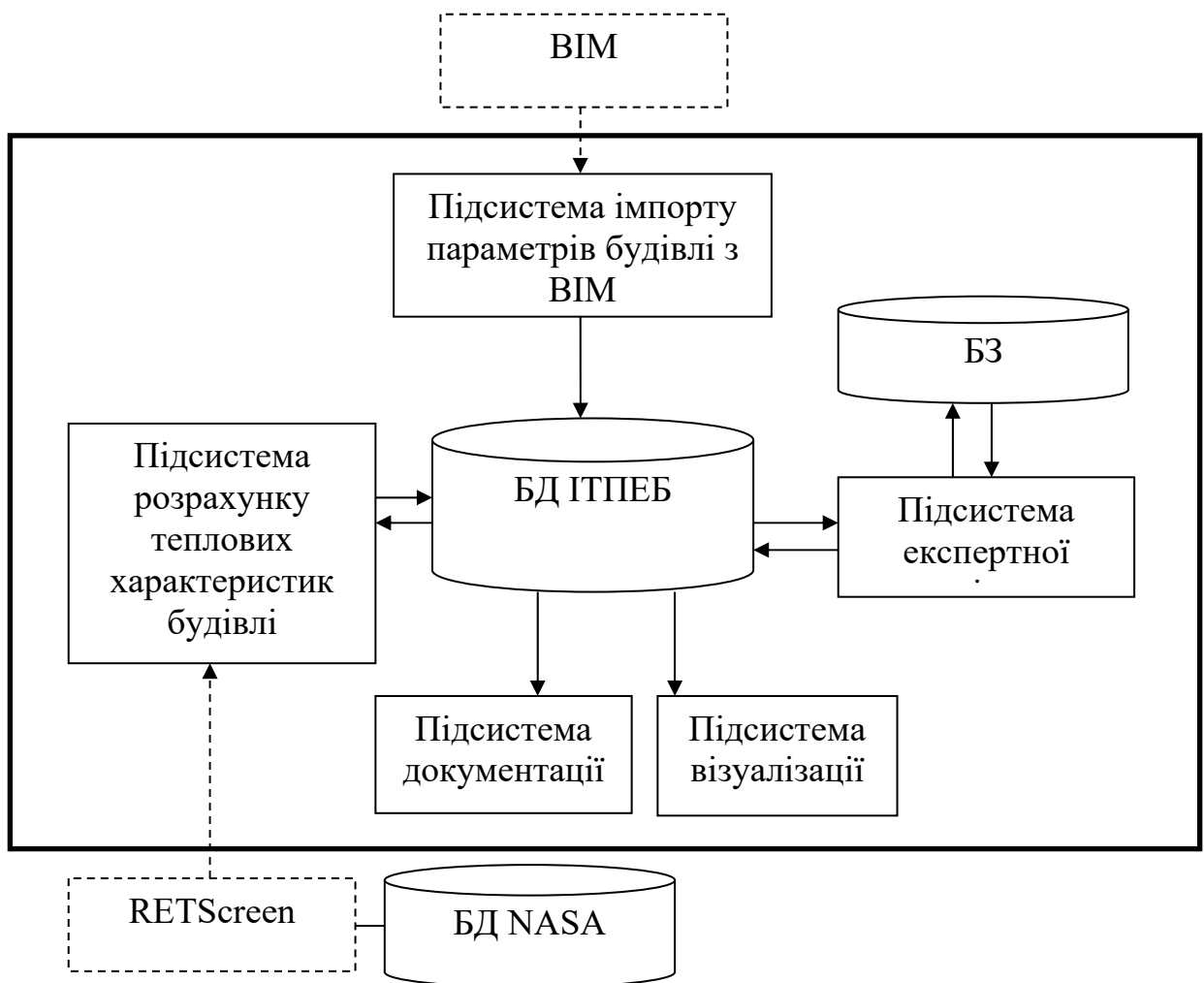


Рис. 3.1. Узагальнена архітектура ІТП ЕБ

Слід зазначити, що тільки за допомогою систематичного повторного використання ПЗ можна зменшити витрати на його створення і обслуговування, скоротити терміни розробки систем і підвищити якість програмних продуктів.

У роботі запропоновано підхід, який забезпечує підвищення ефективності процесу створення розширюваного та налаштованого компонентного програмного забезпечення. Багатокomпонентна програмна система, розроблена з використанням даного підходу, здатна вирішувати задачу автоматизації проектування ЕБ. Ефективність вирішення завдання проектування ЕБ за допомогою компонентного програмного забезпечення залежить від набору доступних методів, реалізованих у вигляді компонентів (рис. 3.2).

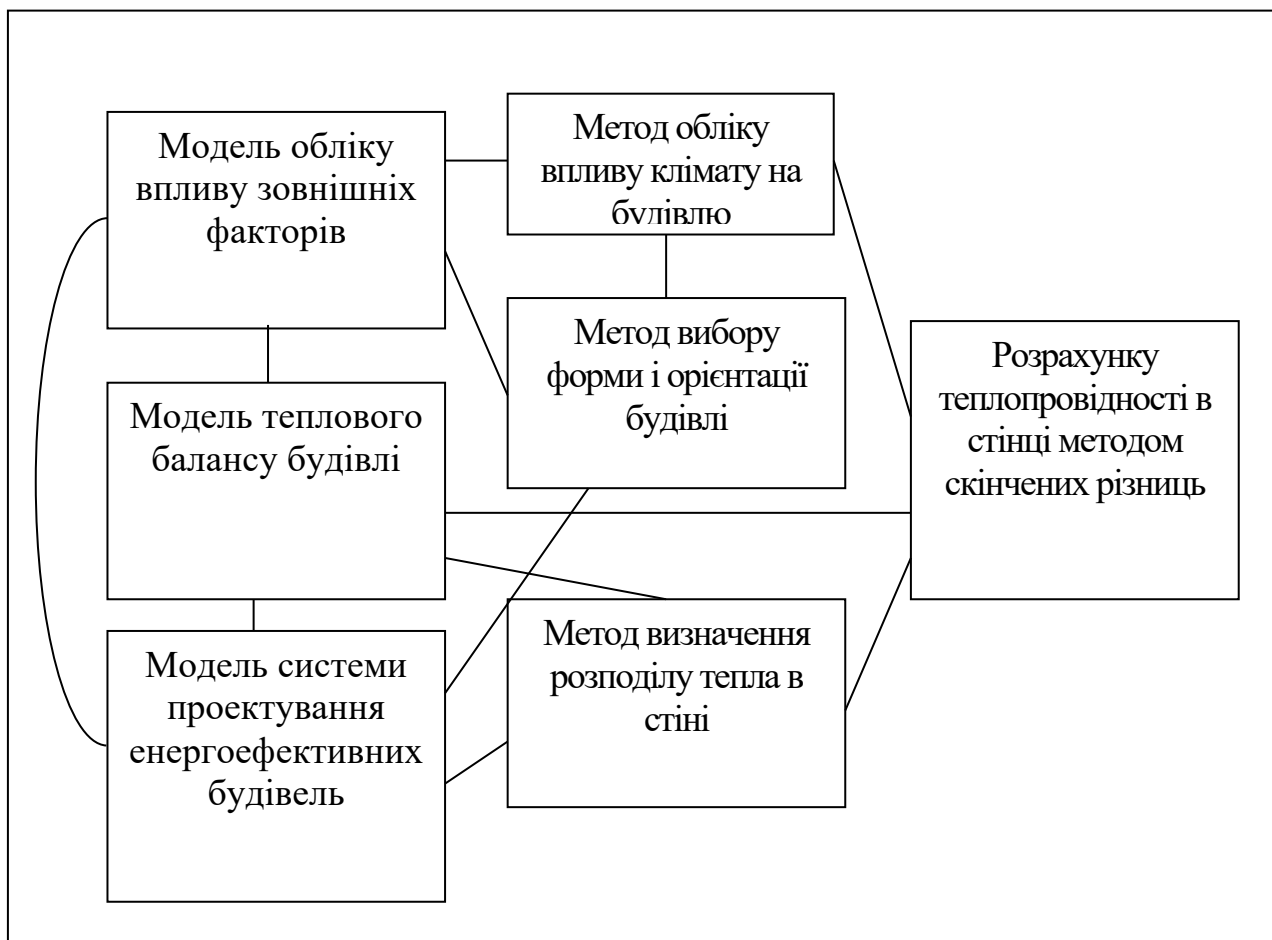


Рис. 3.2. Схема взаємодій методів і моделей в ІТП ЕБ як компонентної системи

### 3.2. Компонентна архітектура інтегрованої ІТП ЕБ

Досвід розробки інформаційних систем дозволив сформувати новий підхід до створення великих інформаційних систем, заснований на збірці систем з програмних компонент різних фірм-виробників.

На сучасному етапі розвитку інформаційних технологій компонентна технологія створення інформаційних систем виглядає найбільш привабливою і перспективною. Дійсно, вона об'єднує гнучкість у виборі необхідних компонент інформаційної системи, властиву розробці системи власними силами, з надійністю коду та функціональної повнотою, перевіреними багаторазовим використанням, характерним для комерційних програмних продуктів. Більш того, компонентна технологія дозволяє оперативно вносити зміни в існуючу інформаційну систему, не порушуючи її працездатності. При цьому нові додатки можуть працювати з новими модулями, а старі – з колишніми модулями, які залишаються в системі. Знімається проблема успадкованих систем – немає необхідності їх заміни для зміни або розширення функціональності, а тому зменшуються витрати на супровід і модернізацію інформаційної системи.

При розробці інтегрованої ІТП ЕБ пропонується використовувати компонентну архітектуру з метою забезпечення автономності елементів системи та їх заміни без перекомпілювання. Архітектура ІТП ЕБ наведена на рис. 3.3.

Реалізація програмно-інформаційного забезпечення виконана за допомогою мови програмування C++ та СУБД MySQL, що забезпечує надійність роботи системи. Таким чином, існує принципова можливість формування високоефективної інтегрованої автоматизованої системи проектування ЕБ. При цьому взаємодія модулів розробленої системи ґрунтується на принципах конструкторсько-технологічного моделювання.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						

ДРМ 323.18.00.000 ПЗ



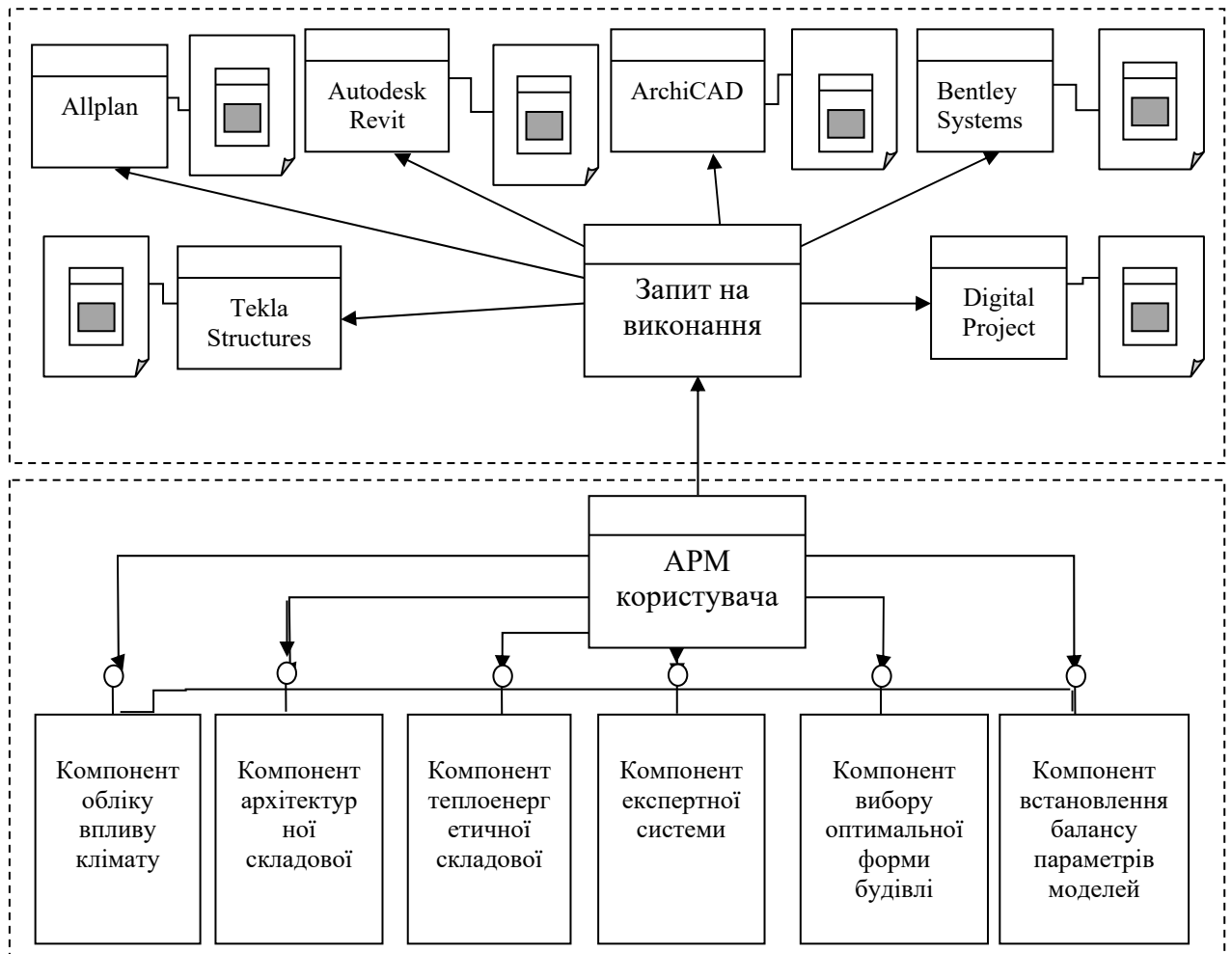


Рис. 3.3. Компонентна архітектура ІТ проектування енергоефективної будівлі Autodesk Revit, ArchiCAD, Bentley Systems, Allplan, Tekla Structures, Digital Project – засоби BIM

BIM-проекування передбачає запис всієї інформації з орієнтацією на будівельний елемент. Даний спосіб дозволяє описати проект з усіма його життєвими циклами. Найбільше поширення при цьому отримав формат обміну даними IFC. Цей формат описує проєктовану будівлю за типами відносин до неї будівельних елементів: стін, перекриттів або колон.

Використовуючи формат даних IFC, будівельному елементу можна привласнити певні параметри, що залежать від типу будівельного елемента. Ці параметри потім зчитуються та інтерпретуються відповідним програмним забезпеченням. Перевагою методу, орієнтованого на будівельні елементи, є стандартизований опис будівлі на основі класифікації будівельних елементів.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ДРМ 323.18.00.000 ПЗ				

Традиційні, кросплатформені формати обміну даними, передають тільки геометричні характеристики. І при цьому не визначається, що собою представляє будівельний елемент, якому ці характеристики передаються. Формат IFC дозволяє здійснювати функціональний опис будівельних елементів. В опис стіни, за допомогою IFC-формату, на додаток до геометрії, можна внести інформацію про тип стіни і структуру шарів. Всі ці властивості визначаються за допомогою IFC-стандарту однозначно, що дозволяє правильно інтерпретувати дані без урахування їх виробника.

IFC-імпорт підтримує Coordination View IFC2x3 і IFC4. Окремі стадії проекту з інших 3D-CAD-моделей можна імпортувати для подальшої обробки. У процесі імпорту, з наявних в IFC -файлі будівельних елементів, залежно від типу елемента, генеруються відповідні ІТП ЕБ елементи: з IFC-стін ІТП ЕБ-стіни, з IFC-колон ІТП ЕБ-колони і т.д. FC-елементи, які не мають аналогів в ІТП ЕБ, наприклад, трубопроводи в стінах, при імпорті автоматично перетворюються в універсальні будівельні елементи або N-об'єкти (рис. 3.4).

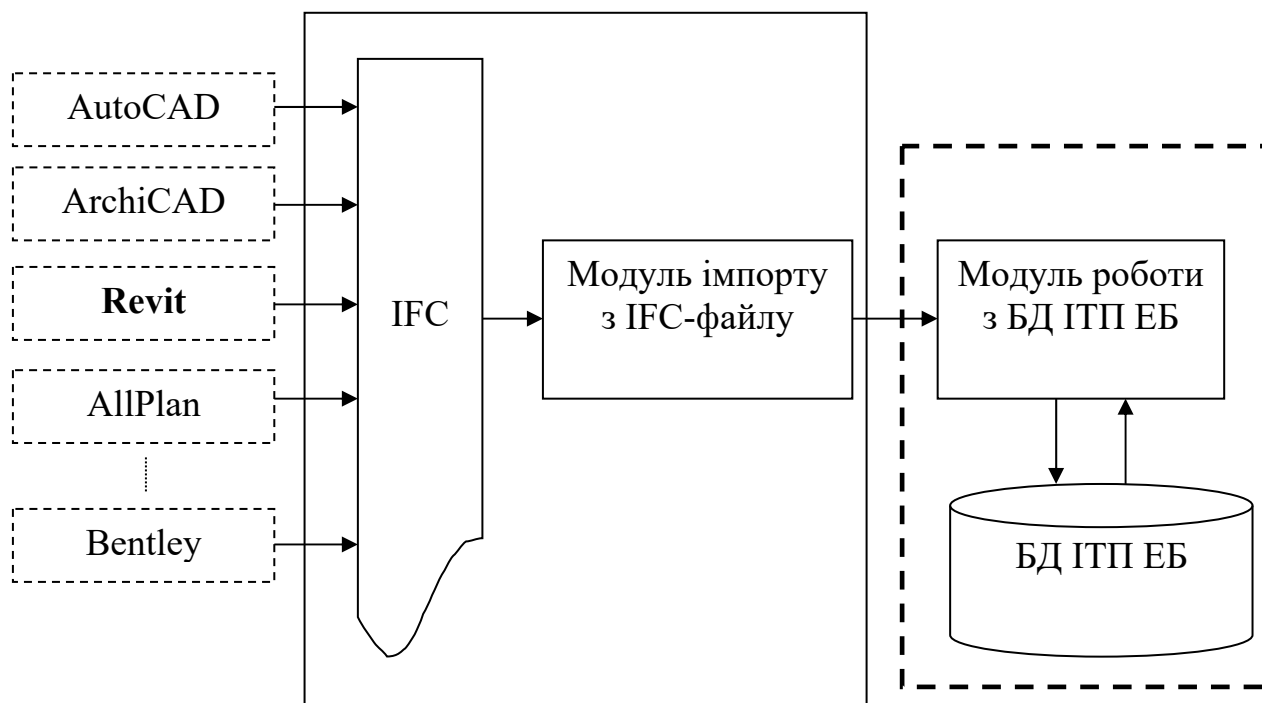


Рис. 3.4. Архітектура підсистеми імпорту даних з ВІМ в ІТП ЕБ

										Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						

### 3.3. Алгоритм роботи програмного забезпечення ІТП ЕБ

Загальний алгоритм роботи програмного засобу проектування енергоефективних будівель наведено на рис. 3.5.

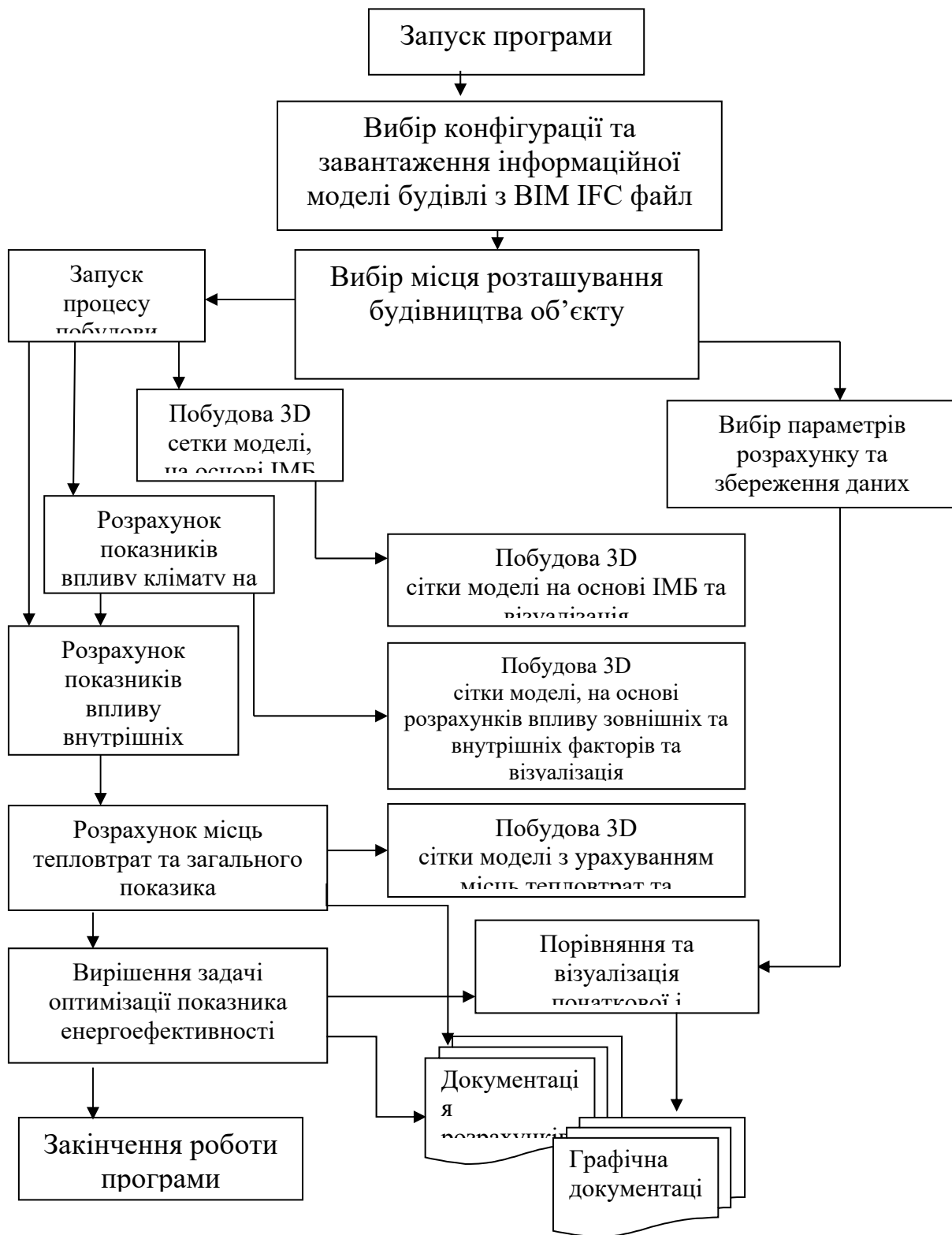


Рис. 3.5. Узагальнений алгоритм роботи програмного забезпечення ІТПЕБ

Одразу після запуску програми відбувається автоматичне завантаження конфігураційних даних системи. Потім оператор налаштовує конфігурацію програми відповідно до місця розташування майбутнього місця будівництва та завантажує файл інформаційної моделі будівлі. Після цього отримані дані відображаються на екрані і зберігаються згідно наперед заданих установок. Зупинка процесу розрахунку відбувається або в ручному режимі (в будь який момент часу після запуску процесу), або автоматично. Завершення роботи програми можливе лише в ручному режимі.

В останні роки в нашій країні і за кордоном розробляються і впроваджуються системи автоматизованого проектування енергоефективних будівель. Так, при проектуванні та розрахунку енергоефективності двоповерхової котеджної будівлі витрачається 7-10 днів. За допомогою ІТП ЕБ розрахунок енергоефективних будівлі виконуються за 15 хв. Весь цикл проектування при цьому займає два дні.

### 3.4. Програмний код процедури обробки IFC-файлу

```
#include "IFC.h"
#include <fstream>
#define CHECK(r) if (numb >= params.size()) return r
ifcElement::ifcElement(unsigned int _numb, std::string _type, Param::Params _params) : numb(_numb),
type(_type), params(_params){
}
unsigned int ifcElement::GetParamCount(){
    return params.size();
}
ifcElement::ParamType ifcElement::GetType(unsigned int numb){
    CHECK(NONE);
    if (params[numb][0] == '#'){
        return ELEMENT;
    }
    if (params[numb][0] == '\\'){
```

										Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ДРМ 323.18.00.000 ПЗ					

```

        return STRING;
    }

    if (params[numb][0] == '.') {
        return ENUM;
    }

    if (params[numb][0] == 'S') {
        return NONE;
    }

    if (params[numb][0] == '(') {
        return LIST;    }
    return NUMBER;}

int ifcElement::Int(unsigned int numb) {
    CHECK(0);
    return Param::ToInt(params[numb]);}

float ifcElement::Float(unsigned int numb) {    CHECK(0.0f);
    return Param::ToFlt(params[numb]);}

std::string ifcElement::String(unsigned int numb) {
    CHECK("");
    return Param::ToStr(params[numb]);
}

Param::Params ifcElement::List(unsigned int numb) {
    Param::Params _params;
    CHECK(_params);
    std::string str = params[numb];
    Param::GetParamList(str, _params);
    return _params;
}

ifcElement* ifcElement::Element(unsigned int numb) {
    CHECK(NULL);
    return IFC::GetInstance()->GetElement(Param::ToInt(params[numb].c_str() + 1));}

IFC* ifcInstance = NULL;
IFC::IFC() {};
IFC::~IFC() {    for (unsigned int i = 0; i < elements.size(); i++) {
    delete elements[i];
    elements[i] = NULL;
}
}

```

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

```

    });
void IFC::Load(std::string fileName){
    std::ifstream file;
    file.open(fileName.c_str());
    if ( file.is_open() ) {
        while ( ! file.eof() ) {
            std::string line;
            getline(file, line);
            if (line.size() > 0){
char c = line[0];
if ( c == '#' ){
std::string type;
Param::Params params;
        line = line.substr(line.find("IFC"));
        ParseElement(line, type, params);
        ifcElement* elem = new ifcElement(elements.size() + 1, type, params);
        elements.push_back(elem);
}}}    }else{
        LOGN("File not found!");
    }
    file.close();}
ifcElement* IFC::GetElement(LNK link){
    if (link < elements.size()){
        return elements[link - 1];
    }
    return NULL;
}
ifcElement* IFC::GetElement(STR _link){
    if (_link[0] == '#'){
        LNK link = Param::ToInt(_link.c_str() + 1);\
        if (link < elements.size()){
            return elements[link - 1];}
    return NULL;
}
void IFC::ParseElement(const std::string& _str, std::string& type, Param::Params& params){

```

						<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

```

std::size_t paramBegin = _str.find('(');
std::size_t paramEnd = _str.find_last_of('');
if ((paramBegin != std::string::npos) && (paramEnd != std::string::npos)){
    type = Param::ClearString(_str.substr(0, paramBegin));
    std::string _params = Param::ClearString(_str.substr(paramBegin, paramEnd - paramBegin + 1));
Param::GetParamList(_params, params);
}}
IFC* IFC::GetInstance(){
    if(!ifcInstance){
        ifcInstance = new IFC();
    }
    return ifcInstance;
}
void IFC::Release(){
    if (ifcInstance){
        delete ifcInstance;
        ifcInstance = NULL;
    }
}
void IFC::PrintTree(ifcElement* element, unsigned int level){
    if (element){
        LOGW(element->numb, 3);
        LOGL(element->type, level);
        for (unsigned int i = 0; i < element->GetParamCount(); i++){
            if (element->GetType(i) == ifcElement::ELEMENT){
                ifcElement* _e = element->Element(i);
                PrintTree(_e, level + 1);}else{
                    if (element->GetType(i) == ifcElement::LIST){
                        Param::Params params = element->List(i);
                        ifcElement subelement(0, "tempo", params);
                        for (unsigned int j = 0; j < params.size(); j++){
                            if (subelement.GetType(j) == ifcElement::ELEMENT){
                                ifcElement* _e = subelement.Element(j);
                                PrintTree(_e, level + 1);
                            }
                        }
                    }
                }
            }
        }
    }
}

```

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 4

### ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

#### 4.1. Аналіз техніко-економічних чинників утеплення зовнішніх огорожень

Сьогодні Україна залишається одним з найбільших споживачів теплової енергії в житлово-комунальному секторі. Попри те, що необхідність проведення термореновації житлового фонду є цілком очевидною, дійсний стан мало чим відрізняється від стану 80–90 років ХХ ст.

Основними заходами при термореновації будівель є утеплення зовнішніх огорожень та заміна вікон. В реалізації другого з перерахованих методів є очевидний прогрес. В Україні діє велика кількість підприємств, які виготовляють металопластикові вікна належної якості за сучасними технологіями, діють програми з кредитування під час купівлі таких вікон.

Що ж стосується утеплення огорожуючих конструкцій і приведення їх термічних опорів до нормативного значення, то тут ситуація є значно гіршою. Це зумовлено, насамперед, економічними чинниками, які характеризують цей термореноваційний захід.

Спробуємо проаналізувати ці чинники, заклавши в техніко-економічне порівняння величини, які є реальними для м. Тернополя на початок опалювального сезону 2019 року. У місті є більше десяти невеликих підприємств, які виконують роботи з утеплення фасадів будинків. Пропонована ними вартість робіт різниться в межах 10 %, а середні величини становлять 500 грн./м<sup>2</sup> під час утеплення пінопластом, та 650 грн./м<sup>2</sup> – під час утеплення фасаду мінеральною ватою.

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Цимбалістий А.І.</i>			<i>ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ</i>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Белякова І.В.</i>						
<i>Консульт.</i>		<i>Малюта Л.Я.</i>				<i>ТНТУ, ФПТ, зр. ЕМм-61</i>		
<i>Н. контр.</i>		<i>Коваль В.П.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>						



Для аналізу прийємомо дешевший з пропонованих варіантів, а саме – утеплення пінопластом. З’ясуємо, з яких величин складається запропонована вартість утеплення, прийнявши товщину пінопласту 8 см, яка є найхарактернішою. Середня ціна пінопласту становить 340 грн./м<sup>3</sup>. Вартість додаткових матеріалів (армувальної сітки, дюбелів, клеїв та декоративного шару) становить 100 грн./м<sup>2</sup>, середня вартість робіт – 250 грн./м<sup>2</sup>, у цю суму входять заробітна плата робітників, оренда риштування. Решта вартості – це прибуток підприємства та витрати, пов’язані з оподаткуванням. Як бачимо з наведених цін, вартість самого утеплювача становить незначний відсоток від загальної ціни цього термореноваційного заходу (рис. 4.1).

Слід звернути увагу також на те, що вартість робіт та додаткових матеріалів фактично не залежить від товщини шару утеплювача, у зв’язку з чим частка вартості шару пінопласту зі зменшенням його товщини також знижується.

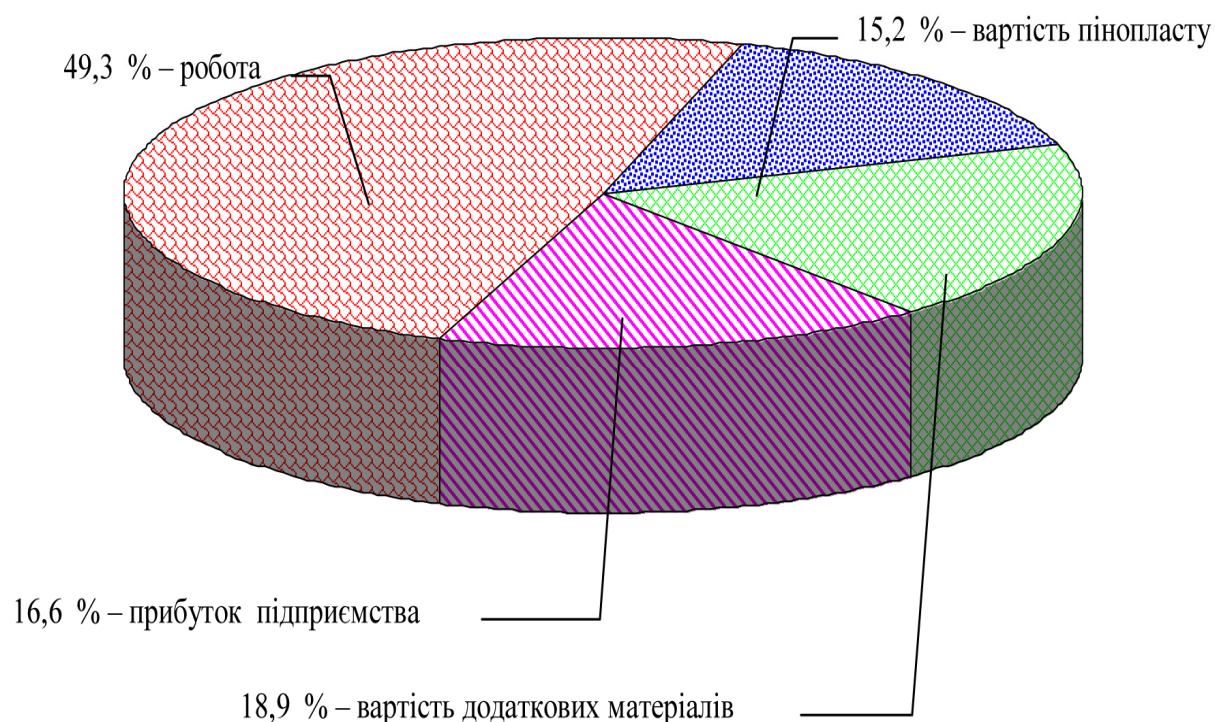


Рис. 4.1. Розподіл вартості окремих складових утеплення фасаду будинку за товщини пінопласту 8 см

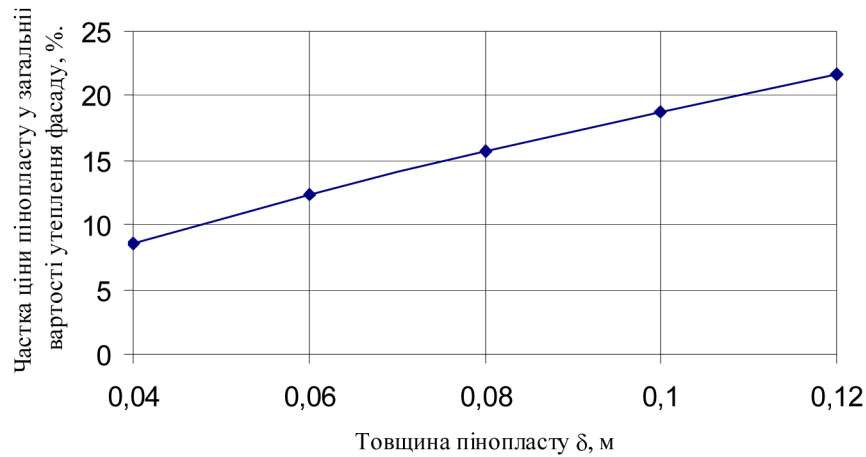


Рис. 4.2. Залежність частки вартості ціни пінопласту у загальній вартості утеплення фасаду від його товщини

Розрахуємо економічний ефект від утеплення фасаду будинку. Кількість теплоти, яка економиться після утеплення, становить

$$\Delta Q = Q' - Q^{ym}, \text{ Вт/м}^2, \quad (4.1)$$

де  $Q'$  – тепловтрати через 1 м<sup>2</sup> поверхні стіни до проведення робіт з термореновації, Вт/м<sup>2</sup>;

$Q^{ym}$  – тепловтрати через 1 м<sup>2</sup> поверхні стіни після проведення робіт з термореновації, Вт/м<sup>2</sup>.

$$Q' = k'F\Delta t_p, \quad (4.2)$$

де  $k'$  – коефіцієнт теплопередачі огороження до термореновації, Вт/(м<sup>2</sup>К);

$\Delta t_p$  – розрахункова різниця температур, для м. Тернополя прийmemo

$$\Delta t_p = t_s - t_{x5} = 20 - (-19) = 39 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (4.3)$$

$$Q^{ym} = k^{ym}F\Delta t_p, \quad (4.4)$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ДРМ 323.18.00.000 ПЗ					

де  $k^{ym}$  – коефіцієнт теплопередачі огороження після термореновації, Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Тоді величину  $\Delta Q$  можна подати у вигляді

$$\Delta Q = (k' - k^{ym}) F \Delta t_p. \quad (4.5)$$

Коефіцієнт теплопередачі огороження до термореновації

$$k' = \frac{1}{R'}. \quad (4.6)$$

Коефіцієнт теплопередачі огороження після термореновації

$$k^{ym} = \frac{1}{R' + R^{ym}}, \quad (4.7)$$

де  $R'$  – опір теплопередачі огорожуючої конструкції до термореновації, м<sup>2</sup>·К/Вт;

$R^{ym}$  – опір теплопередачі шару утеплювача, м<sup>2</sup>·К/Вт (для пінопласту марки 25 з коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda = 0,032$  Вт/м<sup>2</sup>·К), тоді

$$\Delta Q = \frac{R^{ym}}{R'(R' + R^{ym})} F \Delta t_p, \quad (4.8)$$

З наведеної залежності зрозуміло, що кількість заощадженої теплової енергії залежить не лише від опору теплопередачі шару утеплювача (відповідно і його товщини), але й від початкового опору теплопередачі огороження, яке утеплюється.

Розглянемо три характерні захищаючі конструкції з різними опорами теплопередачі:

					ДРМ 323.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

1. Одношарова керамзитобетонна панель завтовшки 350 мм,  $R=0,67 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ .
2. Стіна з силікатної цегли завтовшки 400 мм,  $R=0,82 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ .
3. Стіна зі звичайної цегли завтовшки 525 мм,  $R=1,09 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ .

Для кожного з огорожень визначимо кількість теплової енергії, яка заощаджується протягом опалювального періоду за різних товщин шару теплової ізоляції та пов'язану з цим економію коштів. Для розрахунку приймемо тариф на теплову енергію у розмірі 1740 грн./Гкал. Для кожного з розглянутих варіантів розраховано термін окупності термореноваційного заходу, який визначаємо як відношення затрат, пов'язаних з реалізацією термореноваційного заходу до річної економії коштів, отриманих за рахунок впровадження цього термореноваційного заходу (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Економічні показники утеплення зовнішніх стін (віднесені до  $1 \text{ м}^2$  поверхні захищення) за різних характеристик огорожувальних конструкцій

№ з/п	Техніко-економічні показники для різних типів огорожуючих конструкцій	Товщина шару пінопласту, м, (чисельник) та його опір теплопередачі R, $\text{м}^2\text{К/Вт}$ (знаменник)					
		0,04 1,25	0,06 1,875	0,08 2,5	0,10 3,125	0,12 3,75	
1	Одношарова керамзитобетонна панель $R = 0,67 \text{ м}^2\text{К/Вт}$	Економія теплової енергії, Гкал/рік	0,075	0,086	0,0918	0,0958	0,099
		Простий термін окупності, рік	4,8	4,2	3,9	3,7	3,6
2	Цегляна стіна з опором теплопередачі $R = 0,82 \text{ м}^2\text{К/Вт}$	Економія теплової енергії, Гкал/рік	0,057	0,066	0,071	0,075	0,078
		Простий термін окупності, рік	6,3	4,8	4,5	4,3	4,1
3	Цегляна стіна з опором теплопередачі $R = 1,09 \text{ м}^2\text{К/Вт}$	Економія теплової енергії, Гкал/рік	0,038	0,045	0,049	0,053	0,055
		Простий термін окупності, рік	9,5	8,0	7,4	6,8	6,6

										Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ДРМ 323.18.00.000 ПЗ					

**Висновок.** Як бачимо з результатів, наведених у табл. 4.1, у переважній більшості для споживачів утеплення зовнішніх стін вже зараз є привабливим термореноваційним заходом, оскільки термін окупності не перевищує 9,5 років. Як показує досвід попередніх років, підвищення цін на газ призводить до подальшого підвищення тарифів на теплову енергію, тому з великою вірогідністю можна очікувати в найближчому майбутньому збільшення тарифу для населення на 20-50 %. У цьому випадку утеплення стін з стає ще більш рентабельнішим.

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1. Проблемні питання охорони праці в Україні

Державна політика з питань охорони праці в Україні регулюється законодавчими та нормативно-правовими актами, зокрема Законом України «Про охорону праці» від 14 жовтня 1992 р. Цей Закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян про охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює за участі відповідних державних органів відносини між власником підприємства, установи й організації або уповноваженим ним органом і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

У Законі України «Про охорону праці» задекларовані основні принципи державної політики в галузі охорони праці, використання економічних методів управління охороною праці, проведення політики пільгового оподаткування, комплексне розв'язання завдань охорони праці на основі національних програм з цих питань, досягнень у галузі науки і техніки та охорони навколишнього середовища тощо.

Перехід суспільства до широкого використання ринкових відносин, виникнення різноманітних форм власності потребують розроблення нових підходів до побудови сучасної моделі управління охороною й безпекою праці на національному, регіональному й виробничому рівнях. У суспільстві із соціально орієнтованою економікою охорона праці має бути одним з найважливіших завдань соціально-економічної політики як держави, так і кожного підприємства та організації.

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Цимбалістий А.І.</i>			<i>ОХОРОНА ПРАЦІ</i>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Белякова І.В.</i>						
<i>Консульт.</i>		<i>Гурик О.Я.</i>				<i>ТНТУ, ФПТ, зр. ЕММ-61</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Коваль В.П.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>						

Охорона праці – проблема складна і багатогранна. У сучасній науці особливо підкреслюється багатоаспектність феномену охорони праці, який сприймається водночас як соціальне та економічне явище, яке важливе для забезпечення гармонійного розвитку кожного працівника, процвітання суспільства і держави. Проте нинішній рівень науково-технічного прогресу та соціально-економічні орієнтири розвитку сучасного суспільства не спроможні створити сприятливі умови для забезпечення добробуту людини, збереження її здоров'я. Особливо гостро ця проблема постає на промислових підприємствах та у будівництві, де зберігається переважно застаріла матеріально-технічна база при незадовільних обсягах фінансування заходів з охорони праці. Усе це призводить до високого рівня травматизму і, як наслідок, до збільшення видатків підприємств та держави на виплати й компенсації потерпілим. Тому вкрай необхідним є вдосконалення системи охорони праці як важливого фактору підвищення ефективності виробництва на підставі детального дослідження економічних і соціальних її аспектів.

## **5.2. Вимоги техніки безпеки при виконанні робіт із улаштування теплоізоляції фасадів будівель**

Роботи по влаштуванню теплоізоляції фасадів повинні виконуватися спеціально навченими робітниками під керівництвом та контролем інженерно-технічного персоналу. До проведення робіт допускаються робітники, які пройшли медичний огляд, комплекс інструктажів з правилами техніки безпеки в будівництві та пожежної безпеки, ознайомлені з ПВР.

Робітники повинні мати відповідну кваліфікацію, спецодяг, респіратори, каски, запобіжні пояси, нешкідливі м'ячі засоби, захисні пасти і т.д. Про проведення інструктажів повинні бути зроблені відмітки в спеціальних журналах з підписами проінструктованих. Журнали мають зберігатися на об'єкті і в будівельній (ремонтній) організації.

					ДРМ 323.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Усі працівники повинні бути навчені правилам пожежної безпеки та діям на випадок пожежі. Побутові, складські та підсобні приміщення, а також місця проведення робіт повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння згідно з вимогами, встановленими в ДБН В.1.1-7.

До роботи з горючими речовинами та матеріалами допускаються особи, які пройшли навчання за програмами пожежно-технічного мінімуму, успішно склали іспити та проінструктовані перед початком робіт про заходи пожежної безпеки.

До роботи з механізмами та механізованим ручним інструментом допускаються робітники, що пройшли спеціальну підготовку. Застосування несправних механізмів, інструментів і пристосувань не допускається.

Перед початком робіт будівельна площадка повинна бути підготовлена відповідно до правил внутрішнього розпорядку (ПВР): огорожена, обладнана тимчасовими будівлями, спорудами, складами, інженерними мережами і т.д. Будівельний майданчик, ділянки робіт, робочі місця, проїзди, місця приготування розчинів в темний час доби повинні бути освітлені.

Обладнання для влаштування систем утеплення і тимчасові склади слід розташовувати поза небезпечною зоною будівлі, не захаращуючи проходи, проїзди, пожежні гідранти. Не допускається складування та зберігання матеріалів у підвалах, на сходових клітках, проходах та інших місцях, доступних для осіб, які експлуатують будівлю. Горючий утеплювач, інші горючі та вибухонебезпечні матеріали слід зберігати в закритих складах або під навісом на відстані не менше 18 м від будівель.

До робіт з приготування і застосування розчинів не слід допускати осіб, які мають захворювання шкірних покривів, очей або дихальних шляхів. Особи, задіяні в технологічному процесі із застосуванням та використанням розчинів, повинні проходити медичні огляди з періодичністю, встановленою Міністерством охорони здоров'я України. При приготуванні і використанні розчинів слід застосовувати індивідуальні засоби захисту.

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



При влаштуванні фасадної теплоізоляції будівельні матеріали не повинні потрапляти всередину приміщень, на предмети, експлуатовані мешканцями або співробітниками організацій, розміщених в будівлі, забруднювати навколишнє середовище. У разі необхідності слід застосовувати захисні та вкриваючі матеріали.

Будівельний майданчик і небезпечні зони виконання робіт повинні бути огорожені. На огороженні необхідно встановлювати попереджувальні плакати і знаки, а в нічний час – сигнальне освітлення. Місця проходу людей через траншеї повинні бути обладнані перехідними містками, освітлюються в нічний час. Входи в будівлю повинні бути захищені відповідно до ПВР. У зоні виконання робіт забороняється присутність сторонніх. Забороняється проводити будь-які роботи за межами будівельного майданчика. Робочі місця малярів, штукатурів та робітника-машиніста повинні бути забезпечені зв'язком.

Переносні струмоприймачі повинні працювати від мережі з напругою не більш 36 В. Не допускається сушка і обігрів поверхонь жаровнями, вогнеметами, продуктами згоряння палива і їх сумішшю з повітрям.

Засоби підмоцнення та інші пристосування, що забезпечують безпеку виконання робіт, повинні відповідати вимогам СНіП III-4 (глава 4). На установку і перестановку засобів підмоцнення повинен бути розроблений ПВР. Усі роботи слід проводити з інвентарних засобів підмоцнення. Перед початком зміни необхідно перевірити справність засобів підмоцнення, механізмів, інструментів і пристосувань. Всі виявлені несправності слід усунути до початку робіт. При виявленні під час виконання робіт будь-яких несправностей у механізмах, засобах підмоцнення і пристосуваннях роботу слід негайно припинити.

До управління установкою для приготування сумішей і композицій допускається навчений оператор, який має посвідчення на право керування даною групою будівельних машин. Оператору необхідно знати: будову

					ДРМ 323.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

машини, правила її експлуатації та технічного обслуговування, способи виконання робіт, види і властивості розчинів і композицій, що застосовуються при виконанні робіт. При підключенні до електромережі установку необхідно заземлити окремо. Застосовувані при роботі установки пристосування та інструменти повинні бути випробувані відповідно до норм і термінів, передбаченими діючими правилами.

Забороняється:

- працювати на несправному обладнанні;
- допускати до робіт сторонніх;
- виконувати розбирання, ремонт, регулювання, змащування та кріплення вузлів і деталей під час роботи установки;
- оператору машини відкривати шафу та самому робити ремонт обладнання;
- переміщати працюючу установку;
- залишати без нагляду установку, підключену до мережі;
- працювати на установці без заземлення;
- під час нанесення розчинів згинати або переламувати шланги.

Для виконання робіт з утеплення слід зробити робочі настили на всіх ярусах риштувань. Не допускається проводити роботи одночасно на всіх ярусах, за винятком робіт з улаштування армованого шару. При цьому на одному ярусі може перебувати не більше 4 чол. На настилах не допускається складувати матеріали і зайвий інструмент. Всі інші роботи повинні виконуватися одночасно не більше ніж на двох ярусах. Вхід на риштування здійснюється по навісних сходах. На час виконання робіт сходові отвори слід закривати щитами настилу.

На проведення робіт з монтажу і демонтажу риштувань заввишки 4 м і більше слід виписувати наряд-допуск, як на роботи з підвищеною небезпекою. Робітники, які виконують монтаж і демонтаж риштувань, під час роботи повинні бути прикріплені запобіжними поясами до надійних констру-

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

кцій будинку або до страхувального троса.

Риштування висотою 4 м і більше дозволяється експлуатувати після закінчення робіт з їх монтажу та огляду комісією у складі: виконавця робіт, який керував монтажем; інженерно-технічного працівника; механіка та інженера з техніки безпеки. Приймання риштувань повинно бути оформлено актом. До затвердження акту головним інженером виконання робіт з риштувань забороняється. Риштування висотою до 4 м допускається експлуатувати після приймання їх майстром або виконробом.

При прийманні риштувань особлива увага повинна бути звернена на дотримання вертикальності установки стоек та надійність закріплення риштувань. Зазор між риштуванням та площиною фасаду повинен бути достатнім для улаштування теплоізоляційного шару і не повинен перевищувати подвійної товщини ізоляції плюс 50 мм. Зазначений зазор у всіх випадках, коли не проводяться роботи, слід закривати. Риштування, з яких протягом місяця і більше робота не проводилася, перед відновленням робіт повинні бути прийняті вдруге.

Перед початком зміни стан риштувань повинен перевіряти виконавець робіт та майстер, керівник виконуваних з риштувань робіт. За станом з'єднань і кріплень риштувань під час їх експлуатації слід встановити постійне спостереження. Риштування повинні оглядатися перед початком робіт щодня – виконавцем робіт і не рідше 1 разу на 10 днів – виконробом або майстром. Результати огляду повинні записуватися в «Журнал приймання та огляду риштувань та помосту». Настили та сходи риштувань необхідно систематично очищати від сміття та залишків матеріалів.

Демонтують риштування в порядку, зворотному їх монтажу. При цьому слід строго дотримуватися вказівки технологічної карти на монтаж і демонтаж риштувань і паспорта риштувань. До розбирання приступають після закінчення всіх робіт та звільнення риштувань від матеріалу, інструментів і сміття. Розбирання риштувань слід вести під керівництвом

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

майстра (виконроба), який повинен інструктувати робітників про послідовність, спосіб розбирання і заходи безпеки. В зону, де ведеться розбирання риштувань, необхідно закрити доступ всім, хто не бере участь в роботі.

При виконанні робіт з навісних люльок не слід допускати нерівномірних завантажень. Матеріали і конструкції повинні розташовуватися рівномірно по всій довжині підлоги люльки і витрачатися рівномірно. Люльки можуть бути допущені до експлуатації тільки після того, як вони витримують випробування статичним навантаженням, що перевищує нормативну на 20 %, протягом 1 години. Крім того, люльки повинні бути випробувані на динамічне навантаження, що перевищує нормативне на 10 %.

Результати випробувань люльок повинні бути відображені в акті їх приймання. У випадках багаторазового використання люльок вони можуть бути допущені до експлуатації без випробування за умови, що конструкція, на яку підвішуються люльки, перевірена на навантаження, що перевищує розрахункове не менш ніж в 2 рази, а кріплення люльок здійснено типовими вузлами (пристроями), що витримали необхідні випробування.

Вага матеріалів разом з робітниками і інструментом не повинна перевищувати максимальну вантажопідйомність використовуваної люльки. На час перерв у роботі люльки повинні бути опущені на землю. Перехід з люльок в будівлю або споруду не допускається. Лебідки, що встановлюються на землю і застосовувані для переміщення люльок, повинні бути завантажені баластом, вага якого не менш ніж в 2 рази перевищує тягове зусилля лебідки.

Ухили при переміщенні люльок не повинні перевищувати вказаних у паспорті інструкцій заводу-виробника. Переміщення люльок при швидкості вітру більше 10 м/с не допускається. Перед переміщенням люльки повинні бути звільнені від матеріалів і тари, на них не повинно бути людей.

До роботи в самопідйомних люльках допускаються робітники, які пройшли спеціальне навчання та мають відповідне посвідчення. Під час

					ДРМ 323.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

роботи з люльок робітники повинні бути прикріплені запобіжними поясами до надійних конструкцій або до страхувального троса. Усі роботи слід виконувати в захисних касках.

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## РОЗДІЛ 6

### БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### 6.1. Класифікація надзвичайних ситуацій

Відповідно до причин походження подій, що можуть зумовити виникнення НС на території України, розрізняють такі їх види:

Надзвичайні ситуації (НС) техногенного характеру – транспортні аварії (катастрофи), пожежі, неспровоковані вибухи або їх загроза, аварії з викидом (загрозою викиду) небезпечних хімічних, радіоактивних, біологічних речовин, раптове руйнування споруд та будівель, аварії на інженерних мережах і спорудах життєзабезпечення, гідродинамічні аварії на греблях, дамбах.

Надзвичайні ситуації природного характеру – небезпечні геологічні, метеорологічні, гідрологічні явища, деградація ґрунтів чи надр, природні пожежі, зміна стану повітряного басейну, інфекційні захворювання людей, сільськогосподарських тварин, масове ураження сільськогосподарських рослин хворобами чи шкідниками, зміна стану водних ресурсів та біосфери.

Надзвичайні ситуації соціально-політичного характеру – пов'язані з протиправними діями терористичного й антиконституційного спрямування; здійснення або реальна загроза терористичного акту (збройний напад, захоплення й утримання важливих об'єктів, ядерних установок і матеріалів, систем зв'язку та телекомунікацій, напад чи замах на екіпаж повітряного чи морського судна), викрадення (спроба викрадення) чи знищення суден, захоплення заручників, встановлення вибухових пристроїв у громадських місцях, викрадення або захоплення зброї, виявлення застарілих боєприпасів.

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Цимбалістий А.І.</i>			<i>БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</i>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Белякова І.В.</i>						
<i>Консульт.</i>		<i>Клепчик В.М.</i>				<i>ТНТУ, ФПТ, зр. ЕМм-61</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Коваль В.П.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>						

Надзвичайні ситуації воєнного характеру пов'язані з наслідками застосування зброї масового ураження або звичайних засобів ураження, під час яких виникають вторинні фактори ураження населення внаслідок руйнування атомних та гідроелектричних станцій, складів й сховищ радіоактивних і токсичних речовин та відходів, нафтопродуктів, вибухівки, транспортних та інженерних комунікацій.

Відповідно до територіального поширення, обсягів заподіяних або очікуваних економічних збитків, кількості людей, які загинули, за класифікаційними ознаками визначаються чотири рівні надзвичайних ситуацій: загальнодержавний, регіональний, місцевий, об'єктовий.

У процесі визначення рівня НС послідовно розглядаються три групи факторів:

- територіальне поширення;
- розмір заподіяних (очікуваних) економічних збитків та людських втрат;
- класифікаційні ознаки надзвичайних ситуацій.

Надзвичайна ситуація загальнодержавного рівня – це надзвичайна ситуація, яка виникає на території двох та більше областей або загрожує транскордонним перенесенням, а також у разі, коли для її ліквідації необхідні матеріали й технічні ресурси в обсягах, що перевищують можливості окремої області, але не менше 1 % обсягу видатків відповідного бюджету.

Надзвичайна ситуація регіонального рівня – це надзвичайна ситуація, яка виникає на території двох або більше адміністративних районів (міст обласного значення), або загрожує перенесенням на територію суміжної області України, а також у разі, коли для її ліквідації необхідні матеріальні та технічні ресурси в обсягах, що перевищують можливості окремого району, але не менше 1 % обсягу видатків відповідного бюджету.

Надзвичайна ситуація місцевого рівня – це надзвичайна ситуація, яка виходить за межі потенційно небезпечного об'єкта, загрожує поширенням

										Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						

ДРМ 323.18.00.000 ПЗ

самої ситуації або її вторинних наслідків на довкілля, сусідні населені пункти, інженерні споруди, а також у разі, коли для її ліквідації необхідні матеріальні і технічні ресурси в обсягах, що перевищують можливості потенційно-небезпечного об'єкта, але не менше одного відсотка обсягу видатків відповідного бюджету. До місцевого рівня також належать всі надзвичайні ситуації, які виникають на об'єктах житлово-комунальної сфери та інших, що не входять до затверджених переліків потенційно небезпечних об'єктів.

Надзвичайна ситуація об'єктового рівня – це надзвичайна ситуація, яка розгортається на території об'єкта або на самому об'єкті і наслідки якої не виходять за межі об'єкта або його санітарно-захисної зони.

## **6.2. Забезпечення безпеки життєдіяльності в умовах надзвичайного стану**

Забезпечення безпечної життєдіяльності у НС базується на комплексі організаційних, інженерно-технічних заходів і засобів, спрямованих на збереження життя і здоров'я людини у всіх сферах її діяльності. Для цього необхідно: 1) прогнозувати та оцінити можливі наслідки; 2) заздалегідь спланувати заходи із запобігання та зменшення вірогідності виникнення НС та скорочення масштабів прояву результатів НС; 3) організувати роботи в умовах НС та ліквідувати її наслідки.

Необхідно заздалегідь планувати роботи, необхідні для запобігання або зменшення можливості їх виникнення та скорочення масштабів наслідків для забезпечення стійкої роботи об'єктів народного господарства в умовах НС. Для здійснення цих заходів важливим є набуття населенням умінь, навичок поведінки в умовах НС, що надалі сприятиме зменшенню негативних результатів, ліквідації наслідків надзвичайної ситуацій. Отже, всі можливі дії у разі виникнення НС повинні бути заздалегідь чітко сплановані.

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



Кінцевий результат планування дій є документ – план, який повинен містити такі елементи: конкретні показники видів робіт, заходів, які треба провести в умовах НС та терміни виконання цих робіт. Важливим є перелік ресурсів, необхідних для виконання плану та зазначення конкретних обов'язків осіб, відповідальних за виконання кожного пункту плану; способи контролю за ходом його виконання.

Текстова частина плану може складатися з двох розділів. В першому наведені висновки з оцінки обстановки, яка може скластися в результаті НС. Другий розділ висвітлює заходи щодо забезпечення безпеки населення при загрозі виникнення НС. В ньому треба вказати послідовність дій: 1) порядок оповіщення; організація розвідки і спостереження; підготовка сил і засобів для проведення рятувальних та інших невідкладних робіт; 2) заходи щодо попередження і пом'якшення наслідків НС; прискорене проведення робіт, необхідних для захисту людей і матеріальних цінностей; 3) хід забезпечення медичного, дозиметричного і хімічного контролю; 4) порядок проведення заходів щодо безаварійного припинення виробництва; організація захисту людей і видача населенню засобів індивідуального захисту та проведення евакуаційних заходів; 5) керівництво управлінням, порядком та черговістю ведення рятувальних та інших невідкладних робіт у реальних умовах НС; 6) надання повідомлень у вищі органи ЦЗ, в комісію з надзвичайних ситуацій.

План можна супроводжувати різноманітними довідково-пояснюючими матеріалами (графічні, текстові). План повинен бути реальним, повним за змістом, гранично стислим за викладом, економічно доцільним та відображати дійсні можливості об'єкта. Реальність плану перевіряється в ході систематичних тренувань та навчань.

Важливим є прогноз та оцінка можливих наслідків НС, які виникають в ході її розвитку і характеру її прояву. Для цього застосовують методи орієнтовного виявлення та оцінки обстановки, яка виникає в результаті стихійних лих, аварій і катастроф, воєнних конфліктів. Складність полягає в

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

тому, що оцінка стану території, характеру і масштабу НС в умовах неповної і ненадійної інформації дає можливість орієнтовно визначити характер і обсяг необхідних робіт з ліквідації її наслідків. На основі цього складають довгостроковий прогноз.

Для техногенних НС можливий лише короткостроковий прогноз, за яким приймаються оперативні рішення для забезпечення безпеки населення у всіх сферах його діяльності. Актуальним є пошуки надійних методів прогнозування процесу формування і початку НС, тобто довгострокового прогнозу. Тепер є реальні можливості прогнозувати початок деяких стихійних лих, особливо тих, що пов'язані із змінами погоди.

Прогнозування землетрусів можливе шляхом систематичних аналізів хімічного складу води в сейсмічних районах, виміром пружних, електричних і магнітних характеристик ґрунту, спостереженням за зміною рівня води у криницях, поводженням тварин – плазунів, риб, птахів.

Прогнозування обстановки, пов'язаної з виникненням НС, здійснюють і математичними методами із застосуванням комп'ютерів. Вихідними даними для прогнозування обстановки є місця потенційно небезпечних об'єктів – запаси речовин, джерела енергії, чисельність і щільність населення.

Такі прогнози сприяють забезпеченню стійкої роботи об'єктів народного господарства у надзвичайній ситуації. Під стійкістю роботи об'єктів народного господарства (ОНГ) розуміють спроможність протистояти руйнівному впливу вражаючих чинників НС і випускати продукцію в запланованому обсязі й номенклатурі, забезпечувати безпеку життєдіяльності робітників та службовців, а також здійснення можливості швидкого відновлення виробництва у випадку ушкодження об'єкта.

Стійка робота об'єкта у НС може бути досягнута шляхом проведення комплексу організаційних, інженерно-технічних та інших заходів. Вони повинні бути тісно пов'язані з підготовкою і проведенням рятувальних невідкладних аварійних робіт (РНАВР). Без людських ресурсів і успішної

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ліквідації наслідків НС проводити заходи забезпечення стійкої роботи об'єкта народного господарства буде практично неможливо.

Крім цього, з точки зору забезпечення безпеки життєдіяльності робітників та службовців, а також населення, що мешкає поблизу об'єкта, важливе місце займають заходи з недопущення виникнення вторинних вражаючих чинників – пожеж, вибухів, які можуть виникати як під впливом внутрішніх, так і зовнішніх причин.

Для підвищення стійкості роботи об'єкта у НС необхідно захистити робітників, службовців, та обмежити дії вторинних чинників. Для цього завчасно будують захисні споруди на підприємствах, де в технологічних процесах використовують вибухо- та пожежонебезпечні, токсичні та радіоактивні речовини. Важливо заздалегідь розробити режими роботи працівників в умовах зараження шкідливими речовинами, навчити персонал об'єкта діяти у НС.

Дуже важливо виключити або обмежити ураження від вторинних чинників при аваріях – пожежі, вибухи, завали споруд, поява токсичних, радіоактивних та інших шкідливих речовин. Проте в реальних умовах НС цих заходів може виявитися недостатньо і тому необхідні додаткові заходи, спрямовані на обмеження впливів вторинних небезпечних чинників.

До таких заходів можна віднести скорочення запасів вибухо- та пожежонебезпечних речовин до мінімуму і зберігання їх у захищених складах; застосування обладнання, яке виключає розлив токсичних, палих та агресивних рідин. Безпечне розміщення складів деревини, отрутохімікатів, влаштування протипожежних розривів та пожежних проїздів, наявність пожежних водойм і ємностей на об'єктах народного господарства та створення запасів засобів пожежогасіння; заглиблення у ґрунт технологічних комунікацій, ліній електропостачання – необхідні умови для запобігання проявів вторинних небезпечних чинників.

					ДРМ 323.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 7 ЕКОЛОГІЯ

### 7.1. Основні положення національної системи екологічної сертифікації об'єктів будівництва

Будівлю, територію, наслідки впливу людини на навколишнє середовище сьогодні необхідно розглядати з позицій стійкого розвитку, складовими якого є екологічні вимоги до об'єкта будівництва. Екологічні характеристики будівлі та її вплив на людину і навколишнє середовище можливо оцінити критеріями «зелених» стандартів, покликаних забезпечити перехід від традиційного проектування і будівництва до збалансованого (стійкого), яке проповідує наступні принципи: безпека і сприятливі здорові умови життєдіяльності людини; обмеження негативного впливу на навколишнє середовище; врахування інтересів майбутніх поколінь.

Питання сертифікації для України, підтримка світової тенденції розвитку усіх галузей за "зеленими" стандартами актуально у зв'язку з необхідністю вирішення існуючих проблем: висока міра залежності від паливно-енергетичних ресурсів, неефективне використання земельних ресурсів, великий брак доступного якісного житла, відсутність масової культури здорового екологічного способу життя, що привело до зниження його тривалості.

На основі аналізу закордонного досвіду та існуючої нормативної бази в Україні була запропонована система екологічної сертифікації об'єктів будівництва, зокрема малоповерхових житлових будівель.

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>ЕКОЛОГІЯ</i>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Цимбалістий А.І.</i>						
<i>Перевірив</i>		<i>Белякова І.В.</i>						
<i>Консульт.</i>		<i>Лясога О.М.</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Коваль В.П.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>						
						<i>ТНТУ, ФПТ, зр. ЕММ-61</i>		

Кваліфікований екологічний моніторинг на всіх етапах життєвого циклу будівлі дозволяє підвищити екологічні показники будівлі завдяки вчасній професійній аналітиці та коректуванню.

На стадії проектування будівництва беруться до уваги виконання варіативного аналізу теплофізичних та енергетичних характеристик об'єкту та оптимізація економічних показників об'єкту з урахуванням життєвого циклу. Для аналізу даних показників вивчається проектна документація та дані отримані від забудовника.

При аналізі вибору ділянки інструментальними методами відповідно до діючих стандартів та норм України оцінюється ступінь забруднення ґрунту, повітря, водних джерел, впливу електромагнітного випромінення, досліджуються ризики техногенних впливів та небезпечних природних явищ, ступінь озеленення території, інсоляція прилеглої території, захищеність території від шуму, вібрації, інфразвуку – показники, які безпосередня впливають на ступінь безпеки обраної ділянки для будівництва для здоров'я людини.

На стадії реалізації проекту будівництва враховуються загальні заходи з облаштування будівельного майданчика відповідно до екологічних вимог для проектів будівництва, мінімізація відходів під час виконання будівельних робіт (вторинна переробка чи використання відходів), інформування громадян, щодо основних показників об'єкта нерухомості, проведення заходів із захисту та відновлення навколишнього середовища в процесі будівництва.

Візуальний моніторинг на об'єкті, що вже експлуатується, дозволяє зробити висновки про ступінь мінімізації впливів від експлуатації та утилізації об'єкта шляхом аналізу таких показників, як використання озононебезпечних реагентів, екологічно нейтральних добрив для озеленення, засобів для прибирання, реагентів боротьби з ожеледдю, відмова від використання ртутовмістних ламп, наявність екологічних сертифікатів на

					ДРМ 323.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

інженерне обладнання, що використовується на об'єкті.

Використання будівельних матеріалів та конструкцій природного походження, а також таких, що сертифіковані, як екологічні, значно впливають на загальну оцінку рівня екологічності об'єкту, тому що саме завдяки застосування таких матеріалів забезпечується виконання одного з принципових критеріїв стійкого розвитку, як мінімізація відходів завдяки можливості їх повної реутилізації.

Наступний критерій оцінки екологічності об'єкту – експлуатаційні відходи – включає в себе оцінку якості організації збору та утилізації відходів та санітарного захисту об'єкту. Організація первинного сортування відходів – є діюча державна норма, яка на сьогодні соціально не інтегрована в життєдіяльність нашого суспільства. В той час як сортування відходів значно спрощує ефективну утилізацію та реутилізацію сміття, що дозволяє покращити показники енергоефективності країни в цілому. Передбачена проектом система ефективної утилізації експлуатаційних відходів – це показник, який позитивно оцінюється при аналізі екологічності об'єкту.

Оцінку відповідності об'єкта нерухомості мінімальним екологічним вимогам проводять методом прямого зіставлення показників проекту або готової будівлі з нормативами. Методи оцінки ступеня забезпечення екологічних вимог об'єктів, що передбачають досягнення рекомендованих показників та мінімальних екологічних вимог, повинні відповідати чинним державним нормам та стандартам.

За результатами екологічної сертифікації може бути присвоєний один із чотирьох видів сертифікатів екологічної якості за умови досягнення наступних сумарних балів по всіх критеріях екологічності об'єкта:

- а) 40 - 49 % – «сертифікований за екологічним вимогам»;
- б) 50 - 59 % – «срібний»;
- в) 60-79 % – «золотий»;
- г) більше 80 % – «платиновий».

									Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					

ДРМ 323.18.00.000 ПЗ

## 7.2. Екологічні будівельні та теплоізоляційні матеріали

Крім загального вигляду будинку й комфортного проживання, екологія і турбота про здоров'я набувають все більшого значення. У відповідь на усвідомлення того, що будинки часто негативно впливають на навколишнє середовище і природні ресурси, а також на наше здоров'я, розвивається будівництво з екологічно чистих матеріалів. Вибір екологічно чистих матеріалів для будівництва, теплоізоляції і обробки може допомогти не лише знизити рівень впливу, який здійснюють будинки на навколишнє середовище, але і поліпшити внутрішній клімат.

Екологічні матеріали – це матеріали, які знижують вплив на навколишнє середовище через зменшене виділення токсичних речовин при обробці, використанні, переробці та утилізації матеріалів. Крім того, ці матеріали не несуть загрозу для здоров'я людей, а сприяють поліпшенню мікроклімату в приміщенні.

Будучи інтенсивними споживачами енергії, будинки здійснюють істотний вплив на навколишнє середовище. У результаті споживання енергії виникає емісія CO<sub>2</sub>, що сприяє викиду парникових газів. Для виробництва деяких конструктивних елементів будівлі, наприклад, металевої фольги, поліхлорвінілових віконних рам, пінополістиролу, бітумних покриттів, потрібен значний обсяг енергії. Інші матеріали, наприклад, деревина, вапно або глина, зустрічаються в природі і можуть добуватися без особливих зусиль та споживання енергії. Чим менший й простіший видобуток, обробка та очищення, застосовувана при виробництві матеріалу, тим менше витрата енергії й відповідно нижче обсяг викидів парникових газів. Вибір матеріалів, які виробляються з використанням поновлюваних джерел енергії (вода, вітер, сонце) значною мірою сприяє зниженню впливу на навколишнє середовище.

Виробництво будівельних матеріалів викликає викиди парникових газів, а також газів, які сприяють окислюванню (тобто утворенню опадів у вигляді кислотних дощів). Наприклад, цементна промисловість – один із

					ДРМ 323.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

основних промислових джерел емісії CO<sub>2</sub> та оксиду азоту. Матеріали, які є емітентами пилу та інших забруднювачів повітря, а також органічні розчинники, що виділяють леткі органічні сполуки (ЛОС), можуть чинити негативний вплив на здоров'я людей у процесі будівельно-монтажних робіт та експлуатації. Наприклад, виділення формальдегіду з пресованих дерев'яних плит (наприклад МДФ, ДВП) може викликати алергічну реакцію. При виборі будівельних матеріалів необхідно віддавати перевагу натуральним матеріалам, що не містять або принаймні містять хімічні речовини нетоксичної дії.

Конструктивні елементи будівель повинні бути розроблені таким чином, щоб їх частини легко збиралися при будівництві та легко розбиралися для переробки та повторного використання. Деякі матеріали можуть бути повторно використані без особливих зусиль, наприклад, волокна целюлози (що використовуються для ізоляції) або керамічна й цементно-піщана черепиця, метал, бетон, деякі види пластмас, папір та картон, необроблена деревина. Переробка деяких конструкцій дуже проблематична, наприклад, старі вікна, азбестоцементне покрівельне покриття. Існують також матеріали, які не підлягають переробці, наприклад, напилювана пінополіуретанова теплоізоляція. Відходи матеріалів, які не можливо утилізувати, в кінцевому рахунку опиняються на звалищі.

Вибір довговічних матеріалів, не кажучи про економію коштів, сприяє скороченню кількості матеріалів, що викидаються на звалища, а також скорочує обсяг сировини та споживання енергії, необхідних для виробництва матеріалів. Наприклад, килими з синтетичних волокон служать близько 10 років, дерев'яний паркет – 60 років, камінь ще довговічніший. Міцний матеріал з тривалим терміном служби, наприклад, алюміній, може бути вдалим вибором, незважаючи на велику кількість енергії, що необхідна для його виробництва.

					ДРМ 323.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



## ВИСНОВКИ

В дипломній роботі магістра вирішено задачу створення моделей та методів проектування енергоефективних будівель, зокрема:

1. Проведено аналіз існуючих технологій проектування енергоефективних будівель.

2. Запропоновано єдину енергетичну систему будівлі та реалізовано її як комплекс трьох моделей: архітектурно-конструктивної, кліматичної та теплового режиму будівлі.

3. Розроблено модель балансу фізичних параметрів інтегрованої єдиної енергетичної системи будівлі, яка визначає залежність теплотехнічних параметрів будівлі від конструктивних та кліматичних параметрів системи.

4. Запропоновано метод інформаційного обміну даними, що забезпечує отримання достовірних та динамічно оновлюваних даних інформаційної моделі будівлі з BIM засобу використовуючи IFC-формат.

5. Запропоновано метод обліку впливу навколишнього середовища на енергоефективність будівлі, визначено дію теплових потоків в різні пори року, на основі яких сформульовано показник впливу клімату.

6. Створено ефективну інформаційну технологію проектування енергоефективних будівель з врахуванням впливу зовнішнього середовища.

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Цимбалістий А.І.</i>			<i>ВИСНОВКИ</i>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Белякова І.В.</i>						
<i>Консульт.</i>		<i>Белякова І.В.</i>						
<i>Н. контр.</i>		<i>Коваль В.П.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>						
						<i>ТНТУ, ФПТ, зр. ЕМм-61</i>		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барабаш М.С., Коба С. Д. Нова концепція автоматизації проектування об'єктів будівництва на основі цифрової моделі // Будівництво України. – 2004. - №5. – С. 25-30.
2. Барабаш М.С., Башинський Я.В. Методы проектирования объектов строительства на базе BIM-технологий. Проблемы развития міського середовища: Наук.-техн. збірник / - К.: НАУ, 2012. – №.7. – С. 22-28.
3. Барабаш М.С., Городецький О.С. Технологія автоматизованого проектування з використанням цифрової моделі об'єкта // Зб. Науковий вісник будівництва. вип. 20. Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2002. – С. 179-186.
4. Бородавка Є.В. Логічна і фізична організація структури даних цифрової моделі об'єкта. Концептуальна модель ЦМО // Східноєвропейський журнал передових технологій. – 2006. - №3/3(21). С. 47-49.
5. Гагарин В.Г. К обоснованию повышения теплозащиты ограждающих конструкций зданий // Стройпрофиль. 2010. № 1. С. 21.
6. Гагарин В.Г., Козлов В.В. О нормировании теплотерь через оболочку здания // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 3. С. 279-286.
7. Горшков А. С. Энергоэффективность в строительстве: вопросы нормирования и меры по снижению энергопотребления зданий // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 1.
8. Демченко В.В., Бородавка Є.В. Комплексна цифрова модель об'єктів будівництва // Матеріали VII Міжнар. наук.-тех. конф. «Авіа-2007». – К.: НАУ, 2007. – Т. 3. – С. 42.38 - 42.40.

					<i>ДРМ 323.18.00.000 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>		<i>Цимбалістий А.І.</i>			<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Белякова І.В.</i>					
<i>Консульт.</i>		<i>Белякова І.В.</i>			СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТНТУ, ФПТ, зр. ЕММ-61		
<i>Н. контр.</i>		<i>Коваль В.П.</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>					

9. Демченко В.В., Бородавка Є.В. Формальний опис і практичне використання уніфікованої цифрової моделі об'єкта будівництва // Східноєвропейський журнл передових технологій. 2007. – 2/2(26). – С. 64-69.

10. Кологривова Л. Б., Молодкин С. А. Комплекс энергосберегающих решений при проектировании многоэтажных жилых зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2006. № 10.

11. Куприянов В.Н. Проектирование теплозащиты ограждающих конструкций: Учебное пособие. – Казань: КГАСУ, 2011. – 161 с.

12. Малявина Е.Г. Теплопотери зданий. Справочно пособие.- М.:АВОК-пресс, 2007, 265 с.

13. Норенков И.П. Системы автоматизированного проектирования. Принципы построения и структуры. – М.: Высшая школа, 1986. – 302 с.

14. Савин В.К. Упрощенная модель минимизации расхода суммарной энергии, идущей на строительство и эксплуатацию зданий // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 1. С. 80-84.

15. Табушников Ю.А., Бродач М. М Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий М.: АВОК-ПРЕСС, 2002. - 194 с.

16. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій. – К.: Гама-Принт., 2009. – 216 С.

17. Энергоактивные здания / [Селиванов Н. П., Мелуа А. И., Зоклей С. В. и др.] ; под ред. Э. В. Сарнацкого и Н. П. Селиванова. — М.: Стройиздат, 1988. — 376 с.

18. Чуприна Х. М. Методи визначення теплопровідності та енергоефективності огорожувальних конструкцій будівлі в ВІМ // Міжвідомчий наук.-техн. зб. “Будівельне виробництво”. – К. : НДІБВ, 2013. – С. 28–38.

					ДРМ 323.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		