

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

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(назва факультету)

Кафедра електричної інженерії

(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: ***Використання комп'ютерно-інформаційних систем
для
підвищення енергоефективності будинків***

Виконав: студент (ка) 6 курсу груп ЕМ_м-
_____, и 61

спеціальності (напряму
підготовки) _____

141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

(підпис) **Воробель Я.В.**
(прізвище та ініціали)

Керівник _____
(підпис) **Белякова І.В.**
(прізвище та ініціали)

Нормоконтро
ль _____
(підпис) **Коваль В.П.**
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2019

РЕФЕРАТ

Дипломна робота магістра на тему «Використання комп'ютерно-інформаційних систем для підвищення енергоефективності будинків» містить 124 сторінок основного тексту, 44 рисунки, 9 таблиць та 24 літературних джерела.

Метою даної роботи підвищення рівня енергоефективності та екологічної безпеки будівель при їх проектуванні, будівництві, експлуатації та реконструкції із залученням інформаційних систем та інтелектуальних технологій, заснованих на принципах саморегулювання та автоматизації управління процесами життєвого циклу будівель.

У роботі розглянуто всі стадії «створення» енергоефективного будинку від ідеї до його будівництва. У кожній із них виявлено недоліки, які можна було б усунути запровадивши інтелектуальні технології. На кінцевому етапі запропоновано проект однопровідної системи керування будинком, впровадження якого підвищило б енергоефективність будинку на 20-50 %.

Ключові слова: ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, БУДИНОК, ПРОЕКТУВАННЯ, ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ			
Розробив	Воробель Я.В.							
Перевірів	Белякова І.В.							
Консульт.	Белякова І.В.							
Н. Контр.	Коваль В.П.							
Зав каф.	Тарасенко М.Г.							
					Літ.	Аркуш	Аркушів	
						3		
					ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ			

ЗМІСТ

ВСТУП

Розділ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД	10
1.1. Сучасний стан та аналіз розвитку системних методів при проектуванні будинків	10
1.2. Біокліматична архітектура і гармонізація будівель з особливостями клімату	14
1.3. Екологічно чисті будівельні матеріали	17
1.4. Енергоефективні системи з розумним використанням первинної енергії	18
1.5. Автоматизовані технічні системи і процеси у будівлях	21
1.6. Висновки до розділу 1	27
Розділ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	30
2.1. Основи оцінки споживчих якостей будівель при впровадженні інтелектуальних технологій	30
2.2. Сутність методів експертних оцінок. Метод ранжирування	31
2.3. Обробка експертних оцінок	40
2.4. Узгодження експертних оцінок	40
2.5. Базові інтелектуальні засоби проектування будинків	49
2.6. Розрахунок і оцінка енергетичних втрат будівлі	49
2.7. Проектування інженерних систем	51
2.8. Тривимірне моделювання	54
2.9. Створення енергоефективної архітектури	55
2.10. Візуалізація та анімація будівель.....	61

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив		Воробель Я.В.						
Перевірів		Белякова І.В.					4	
Консульт.		Белякова І.В.				ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ		
Н. Контр.		Коваль В.П.						
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.						

2.11. Енергоефективна та екологічна модель будівлі на основі комплексної інтеграції інтелектуальних технологій	64
2.12. Інформаційно-вимірювальна система	71
2.13. Вимірювання швидкості вітру	78
2.14. Вимірювання напрямку вітру	81
2.15. Система вимірювання температури і теплових втрат через огорожувальні конструкції	83
2.16. Вимірювання абсолютного атмосферного тиску	92
2.17. Вимірювання відносної вологості повітря	93
2.18. Система оповіщення відкриття вікон і дверей	95
2.19. Висновки до розділу 2	95
Розділ 3. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	99
3.1. Основні аспекти побудови програмного забезпечення «Розумний будинок»	99
3.2. Налаштування програмного забезпечення «Розумного будинку» для управління та візуалізації	100
Розділ 4. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	104
4.1. Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності впровадження системи «Розумний будинок»	104
4.2. Аналіз економічної ефективності використання системи «Розумний будинок»	108
4.3. Висновок до розділу 4	112
Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	111
5.1. Організаційні та технічні заходи електробезпеки	111
5.2. Захист від статичної електрики	112
5.3. Запобігання виникненню та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного походження на об'єктах електроенергетики	113

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 6. ЕКОЛОГІЯ	117
6.1. Проблеми охорони навколишнього природного середовища в галузі будівництва	1117
6.2. Екологічні аспекти будівництва енергоефективних будинків	118
6.3. Раціональне використання земель в будівництві.....	120
ВИСНОВКИ	122
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	123

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

У сучасному індустріальному світі посилюються техногенні та інші впливи на природне середовище, що негативно позначається на кліматі. Потреба в заощадженні природних умов для нормального життя на Землі змушує все більше уваги приділяти цій проблемі. Особливо ця необхідність відчувається в містобудівній сфері: згідно зі статистичними даними, на експлуатацію будівель йде 50-70 % енергії, виробленої в усьому світі.

Будівельні об'єкти, які зводяться сьогодні, будуть експлуатуватися і надалі, коли невідновлювані джерела енергії вже не зможуть бути використані в звичному обсязі. Погляд у майбутнє і усвідомлення проблеми змушують нас прийняти на себе екологічну та економічну відповідальність при проектуванні та будівництві споруд.

Як відомо, існуючі та проектовані будівлі вимагають для свого життєзабезпечення прокладки інженерних мереж і підтримуючих експлуатаційних систем, споживають чимала кількість енергії. Сучасна забудова надає вплив на навколишнє середовище як безпосередньо, так і через інженерну інфраструктуру і обслуговуючий її виробничий сектор. По суті своїй, будинки індустріальної епохи, в якій ми живемо, не відповідають зростаючим вимогам екологічної безпеки. Тим часом, можна очікувати, що ці вимоги будуть і далі посилюватися у міру технологічного розвитку людської цивілізації.

Актуальність роботи підтверджується тим, що навколишнє середовище в сьогоdnішньому світі, зокрема, в нашій країні, знаходиться в стані, справедливо викликає тривогу людської спільноти. Тому необхідно рішуче і наступально докладати зусилля в галузі розвитку екологічної безпеки з метою досягнення положення, при якому буде відсутня загроза

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив	Воробель Я.В.							
Перевірив	Белякова І.В.						7	
Консульт.	Белякова І.В.					ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ		
Н. Контр.	Коваль В.П.							
Зав каф.	Тарасенко М.Г.							

нанесення шкоди природному середовищу і здоров'ю населення, в тому числі шляхом створення та експлуатації *енергоефективних*, неагресивних по відношенню до навколишнього середовища і людині будівель, в яких максимально використовуватимуться поновлювані (умовно невичерпні) ресурси і процеси в сукупності з технологіями *енергозбереження* та автоматизації.

Актуальність теми обумовлена нерозвиненістю інформаційної бази, фрагментарністю і відсутністю системної та цілісної, з урахуванням сучасних інноваційних можливостей, програми з охорони довкілля урбанізованих територій та внутрішнього середовища будівель від негативних впливів, виходять від будівель і діючих як на зовнішнє середовище, так і на здоров'я і життєдіяльність людей, що знаходяться всередині приміщень.

Аналіз наукових праць і досліджень, нормативної та методичної документації, досвіду практичних вітчизняних та зарубіжних розробок виявив ряд невирішених питань у поставленої автором проблеми комплексної інтеграції та оптимізації енергетичних та інформаційно-інтелектуальних технологій з метою підвищення рівня екологічної безпеки будівель, їх енергоефективності та раціональної інтелектуалізації.

Об'єкт дослідження: процес проектування та експлуатації будинків та споруд.

Предмет дослідження. Системи керування у житлових будинках.

Метою роботи є підвищення рівня енергоефективності та екологічної безпеки будівель при їх проектуванні, будівництві, експлуатації та реконструкції із залученням інформаційних систем та інтелектуальних технологій, заснованих на принципах саморегулювання та автоматизації управління процесами життєвого циклу будівель.

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наукова новизна отриманих результатів:

Вирішена задача інтеграції рішень, пов'язаних із забезпеченням екологічної безпеки та енергетичної ефективності будівель на основі використання інформаційно-інтелектуальних технологій.

Розроблено та досліджено модель інтеграції інтелектуальних технологій на основі сучасних систем автоматизованого проектування і конструювання.

Використано і доведено до практичного застосування при вирішенні поставленого завдання метод експертних оцінок, який дозволяє системно оцінити споживчі якості будівель і енергоефективність передбачуваної інтеграції інтелектуальних технологій.

Практичне значення отриманих результатів:

Практична значимість дослідження полягає в розробці та доведенні до практичного використання методів, що дозволяють на різних стадіях життєвого циклу будівель (проектування, будівництво, експлуатація, реконструкція) приймати рішення, що забезпечують оперативне управління рівнем екологічної безпеки та енергоефективністю будівель; в створенні рекомендацій щодо впровадження інноваційних заходів, які максимально знижують деструктивний вплив будівель на навколишнє середовище і поліпшують їх мікроклімат.

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

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 6 частин, висновків та переліку посилань. Об'єм роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 124 арк. формату А4, графічна частина – 25 аркушів презентації.

					<i>ДРМ 303.18.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1. Сучасний стан та аналіз розвитку системних методів при проектуванні будинків

Багаторічні систематичні дослідження показали, що стан екології у великих містах і насамперед у столицях має тенденцію до погіршення за рахунок зростання ділової активності, збільшення жителів і кількості автомобілів, масштабної забудови та асфальтування територій. У світлі вирішення проблем довкілля життєво важливо, щоб люди стали набагато більш серйозно ставитися до неї, комплексно розглядаючи проблеми забруднення повітря, водних об'єктів, утилізації відходів та ін.

В даний час в Україні і за кордоном суспільство все більш гостро усвідомлює необхідність підвищення рівня енергоефективності та екологічної безпеки будівель, так як розвиток інженерної та соціальної інфраструктури відбувається досить швидко. Тому вкрай необхідно, щоб професіонали могли використовувати теорію і практику системного підходу до проектування, застосовували у своїй діяльності сучасні інструменти в області САПР та автоматизації будівель. Повинно прийти усвідомлення того, наскільки корисні й ефективні методи інформаційного моделювання процесів проектування, будівництва та експлуатації будівель. Важливо, щоб, світова спільнота архітекторів і будівельників активно зайнялося системним просуванням енергоефективних і екологічно безпечних будівель та прийняла ряд інноваційних проектів щодо зниження споживання енергії та інших ресурсів у реконструйованих і експлуатованих будівлях, а також зменшення їх впливу на природне середовище. У концепції побудови екологічних

					<i>ДРМ 303.18.00.000 ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Воробель Я.В.			РОЗДІЛ 1	Літ.	Аркуш
Перевірів		Белякова І.В.					10
Консульт.		Белякова І.В.				ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ	
Н. Контр.		Коваль В.П.					
Зав каф.		Тарасенко М.Г.					

будівель особливу увагу необхідно приділяти використанню: відновлюваних (умовно невичерпних) ресурсів, таких як сонячна енергія і вітер; пасивних і активних систем обігріву будівель та фотогальванічних елементів; матеріалів, які сертифіковані для екологічного застосування і виділяють малу кількість токсичних випарів і т. д.

Разом з тим, потрібно прагнути до того, щоб суспільство ставало екологічно грамотним. Екологічна грамотність - це здатність використання мови для того, щоб читати, писати, слухати і говорити про екологію, вносити свій внесок у конкретні справи та заходи, пов'язані з охороною навколишнього середовища.

Поняття системності тісно пов'язане з поняттям комплексності. Згідно теоретичних робіт сучасних фахівців науково-виробничих організацій у сфері САПР, комплексне проектування - це і мистецтво, і наука про проектування фізичних об'єктів, що взаємодіють з навколишнім середовищем, засновані на ідеях економічної, соціальної та екологічної стійкості. Це такий підхід до проектування, який задовольняє потреби в ресурсах в теперішньому часі без зменшення можливостей майбутніх поколінь задовольняти власні потреби, що відповідає концепції сталого розвитку. Поняття комплексності поширюється на численні просторові і тимчасові показники і впливає на усіх рівнях організації, від місцевого кондомініуму до планети в цілому. Відповідно, комплексне проектування поширюється від мікросвіту і створення дрібних об'єктів для щоденних потреб до макросвіту і проектування будівель, міст і навіть цілих територій [1].

При будівництві та експлуатації будівель споживається велика кількість природних ресурсів, і дослідження показують, що паралельно при їх видобутку, переробці і використанні виділяється більшість газів, що сприяють розвитку «парникового ефекту», якому приписують глобальна зміна клімату. Крім того, нинішня практика розвитку в багатьох частинах

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

світу, як і в Росії, часто перетворює біологічно різноманітну навколишнє середовище, що складається з відносно дрібних, щільно забудованих урбанізованих центрів і оточуючих їх сільськогосподарських і лісових ландшафтів, перетворюючи останні в розтягнуті, заасфальтовані передмістя. Ці штучно створені ландшафти зазвичай непроникні для течії поверхневих вод і не сумісні з життєдіяльністю біологічно різноманітних спільнот мікроорганізмів, рослин, тварин, які служать в екосистемі для підтримки якості, повітря і води, а також для вирівнювання критичних точок місцевого та регіонального клімату. І навпаки, комплексне проектування створює на практиці продукти, послуги, будівлі та включену в комплекс навколишнє середовище, які дійсно підтримують і підсилюють ці функції екосистем ми на кожному етапі процесу, від проектування і виробництва будівельних робіт і закінчуючи використанням готового продукту і заселенням будівлі та ландшафту .

Важливо зауважити, що свого часу, коли міждисциплінарні команди вчених намагалися вирішити складні проблеми навколишнього середовища, вони виявили, що підхід до дослідження, що використовує «системне мислення», дав би більш корисне бачення предметів і явищ і дозволив би ефективно приймати рішення. Системне мислення досліджує взаємозв'язки і взаємодії між різними елементами, що утворюють єдину проблему. Успішне використання системного мислення в галузі технічної механіки та електромеханіки призвело до того, що перші дослідники навколишнього середовища та викладачі відповідних дисциплін стали застосовувати ті ж методи вирішення задач і ділитися знаннями з колегами і студентами. Це в свою чергу призвело до розвитку екології як центральної науки для ефективного дослідження навколишнього середовища та вирішення її проблем. Приймавши цілісне бачення потоків речовини і енергії в системі як сукупності підсистем з їх незалежними взаємозв'язками (часто представляють собою зворотні зв'язки), екологи змогли дати визначення і

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пояснення причин складних проблем навколишнього середовища та запропонувати їх рішення.

Огляд наукових праць останніх років у сфері розробки теорії і практики методів проектування та будівництва «інтелектуальних» будівель і «розумних» міст, в основі яких лежать інтелектуальні системи автоматики та управління будівлями, спорудами та комплексами (що включають в себе кібернетику, теорію інженерних функціональних систем, системотехніки, теорію автоматичного управління і т. п.), вивів автора дисертації на результати робіт таких вчених, як: Бродач М. М., Волков А. А., Табунників Ю. А., Теличенко В. І. та інших.

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

Аналіз автором ринку інформаційних технологій показав, що існує ряд підприємств, що пропонують інноваційні рішення в галузі комплексного проектування, серед них: в області архітектурно-інженерного проектування, управління інфраструктурою та цифрового прототипування - «Graphisoft» [2], «Autodesk» [1], «Nemetschek AG »[3]; в галузі розрахунку і проектування будівельних конструкцій - «Ліра софт», «SCAD Soft», «Аскон».

Приміром, у новітньому архітектурному програмному продукті «Graphisoft ArchiCAD 13» [2] є можливість формування відомості матеріалів, яка дозволяє докладно розраховувати кількісні показники. Ця функція корисна для екологічної оптимізації проектування, а також для визначення вартості витрат на матеріали. Точність і актуальність інформації про матеріали забезпечується протягом всього проекту.

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2. Біокліматична архітектура і гармонізація будівель з особливостями клімату

Біокліматична архітектура - напрям в сучасній архітектурі, пов'язане з яскраво вираженим використанням закслених просторів. Головний принцип - близькість людського місця проживання до природи, гармонія будівлі з навколишнім середовищем, оболонка якого пристосовується до змін параметрів зовнішнього середовища протягом дня, сезону, року.

З теорії будівель і споруд відомо, що зовнішні огорожувальні конструкції діляться на світлопроникні (стіни, покриття, перекриття) і світлопрозорі (заповнення світлових прорізів) з сонцезахисними пристроями. Вони повинні регулювати надходження в приміщення теплоти, світла, повітря (або втрати теплоти) так, щоб усередині будівлі забезпечувалися оптимальні параметри мікроклімату при малих витратах енергії. Все це сприяє зниженню споживання енергії в будівлі і підвищенню якості внутрішнього середовища.

Оболонка будівлі з біокліматичною архітектурою часто вирішується у вигляді подвійного світлопрозорого вентиляованого фасаду. Його конструкція заснована на принципі багат шаровості - створенні декількох оболонок і використанні певних фізичних і естетичних властивостей окремих його верств. Основним матеріалом фасадів такого роду є скло, яке завдяки своїм характеристикам забезпечує потрібне оформлення будівлі і виконання необхідних функцій захисної конструкції.

При проектуванні та реалізації біокліматичної архітектури видається важливим прагнення до гармонізації споруд з особливостями клімату району будівництва, тобто такий вибір форми, орієнтації та скління, який дозволить використовувати в тепловому і повітряному балансі позитивний вплив зовнішнього клімату і нейтралізує його несприятливий вплив оптимальним чином. Це заходи дадуть можливість при одній і тій же загальній корисної

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

площі і корисного об'єму без додаткових інвестицій підвищити рівень екологічної безпеки будівель, якість мікроклімату і вирішити завдання збереження навколишнього середовища.

Зовнішні огорожувальні конструкції захищають приміщення від безпосередніх атмосферних впливів, а системи опалення та вентиляції підтримують необхідні параметри внутрішнього клімату.

Енергетичні характеристики зовнішнього середовища включають в себе тепло зовнішнього повітря і сонячної радіації, енергію вітру та ін, причому їх вплив на різноорієнтовані частини будівлі неоднаково.

Наприклад, аналіз впливу сонячної радіації на вертикальні поверхні, проведений НП «АВОК», показав:

Найбільшу кількість тепла від прямих сонячних променів надходить на зовнішні стіни: влітку - в південно-східному і південно-західному напрямках, взимку - у південному напрямку; тепло від розсіяної сонячної радіації максимально надходить на огорожувальні поверхні: влітку - східної і західної орієнтації, взимку - південної орієнтації. У загальному випадку, можна констатувати таку закономірність: теплоенергетичне вплив енергії сонця на тепловий баланс будівель в холодний період року - позитивно, в теплу пору - негативно; вплив ж вітру залежно від стану погоди є прямо протилежним: в холодний період - негативно, а в теплу пору - позитивно.

До будівельному об'єкту з біокліматичною архітектурою може бути віднесено будівля, зване «Міські ворота Дюссельдорфа» (рис. 1.1) [4]. Його прохідний вентиляований подвійний фасад при значній зовнішньої шумовий і вітрового навантаження дозволяє впродовж тривалого періоду протягом року здійснювати природну вентиляцію офісних приміщень. Він є важливою сполучною елементом робочих приміщень та навколишнього середовища, відповідаючи при цьому високим естетичним вимогам архітекторів і інвесторів. Завдяки цьому робиться істотний внесок у розуміння на якісно

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

новому рівні того, яким має бути енергоефективне і зручне для користувачів будівлю.



Рис. 1.1. Будівля біокліматичної архітектури «Міські ворота Дюссель Дорфа» (Німеччина)

Іншим характерним прикладом біокліматичної архітектури є будівля «Commerzbank» у Франкфурті-на-Майні (рис. 1.2) [4]. Його горизонтальна проекція являє собою трикутник з округленими вершинами і трохи опуклими сторонами. Центральна частина, в якій зазвичай розташовуються ліфтові шахти, зайнята атриумом, які проходять по всій висоті будинку, який є частиною складної системи природної вентиляції. Поверхи мають по три крила, два з яких виділені під офісні приміщення, а третє - під зимові сади висотою в чотири поверхи, розміщені по спіралі навколо трикутної форми

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

будівлі і забезпечують для кожного ярусу вид на рослинність, усуваючи, тим самим, великі обсяги нерозділеного офісного простору. Відкриті простори чотириповерхових садів забезпечують внутрішні обсяги достатньою кількістю денного світла і є місцем спілкування і відпочинку для співробітників.



Рис. 1.2. Будівля біокліматичної архітектури «Commerzbank» (Німеччина)

1.3. Екологічно чисті будівельні матеріали

Для створення «зелених» / «здорових» будівель (Healthy Building), в яких перевагу мають рішення, одночасно сприяють поліпшенню мікроклімату приміщень і захисту навколишнього середовища, поряд із застосуванням енергозберігаючих технологій та альтернативних джерел енергії бажано вживати будівельні матеріали повторного використання, а

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

також екологічно чисті природні матеріали, до яких, зокрема, відносяться: суміші із землі і глини, камінь, пісок, дерево.

Цегла також можна віднести до екологічно чистого продукту, використання якого в різних формах безпечно для людського організму і навколишнього середовища. При цьому на відміну від дерева він не вимагає спеціальних заходів для підвищення вогнестійкості, захисту від комах і гниття.

Залізобетонні вироби, в свою чергу, не настільки сприятливі для застосування, як цегла, оскільки стрижні і сітки арматури споруди на основі залізобетону екранують електромагнітне випромінювання.

Крім того, технології «зеленого» будинку враховують досягнення в області очищення повітря від шкідливих випарів, зменшення виділень шкідливих газів, радіоактивних речовин, дрібнодисперсного пилу, бруду, формальдегідів і бактерій, придушення негативних хвильових випромінювань від комп'ютерів, стільникового та «wi - fi» мереж (рис. 1.3) [5].

Крім користі в площині захисту навколишнього середовища, проведення таких заходів дозволить забезпечити просторовий, тепловий, акустичний і електромагнітний комфорт в будівлях.

1.4. Енергоефективні системи з розумним використання первинної енергії

Виходячи з основних положень з енергозбереження, сьогодні важливо при експлуатації будівель здійснювати мінімальний витрата первинної енергії на побутові комунальні навантаження: опалення, гарячу воду, освітлення і т. д.

Під первинною енергією розуміється природна енергія, наявна в розпорядженні людини: нафта, газ, кам'яне вугілля, уран і т. п.

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

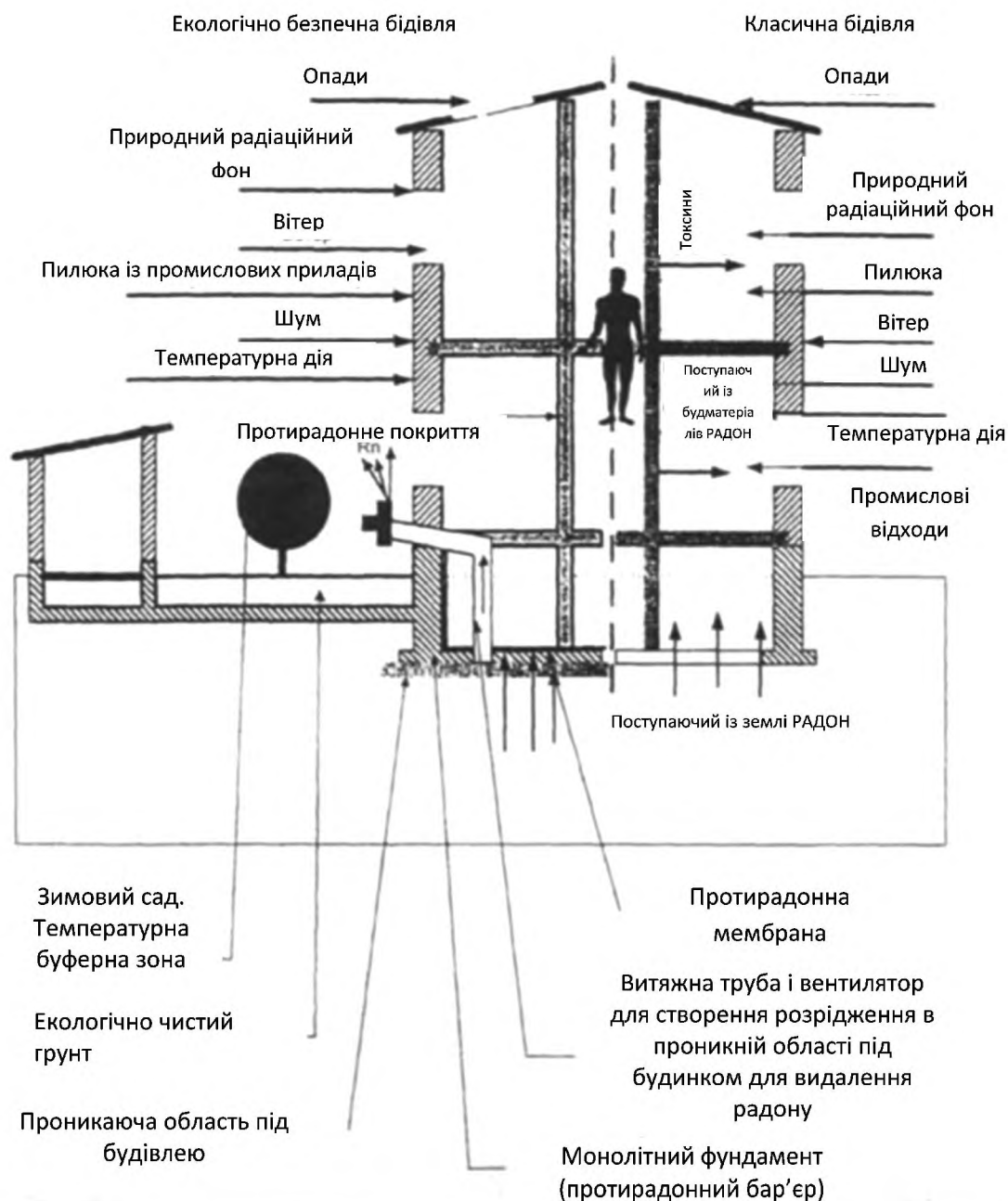


Рис. 1.3. Джерела екологічної небезпеки у житловому будинку і способи їх усунення

Для досягнення поставленої мети необхідно будівництво енергоефективних будівель (Energy Efficient Building) з низьким або нульовим енергоспоживанням, в яких мале використання енергоресурсів досягається за рахунок застосування економічно обґрунтованих інноваційних рішень, прийнятних з екологічної та соціальної точок зору. У

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 303.18.00.000 ПЗ

Арк.

19

них можуть бути передбачені спеціальні заходи щодо застосування нетрадиційних (поновлюваних) джерел енергії, якісної теплоізоляції огорожувальних конструкцій, герметизації оболонки будівлі, використанню склопакетів з низьким показником теплопередачі, високоефективної рекуперації тепла з витяжного повітря.

До найважливіших заходів зі створення будівель з низьким енергоспоживанням відносяться (рис. 1.4) [6]:

- якісна теплоізоляція (зовнішня оболонка будівлі повинна бути повністю теплоізована);
- конструювання без теплових мостів (тепловтрати від теплових мостів повинні бути менше, ніж граничне значення лінійного коефіцієнта теплопередачі);
- повітронепроникність (зовнішня оболонка будівлі повинна бути по можливості герметичною);

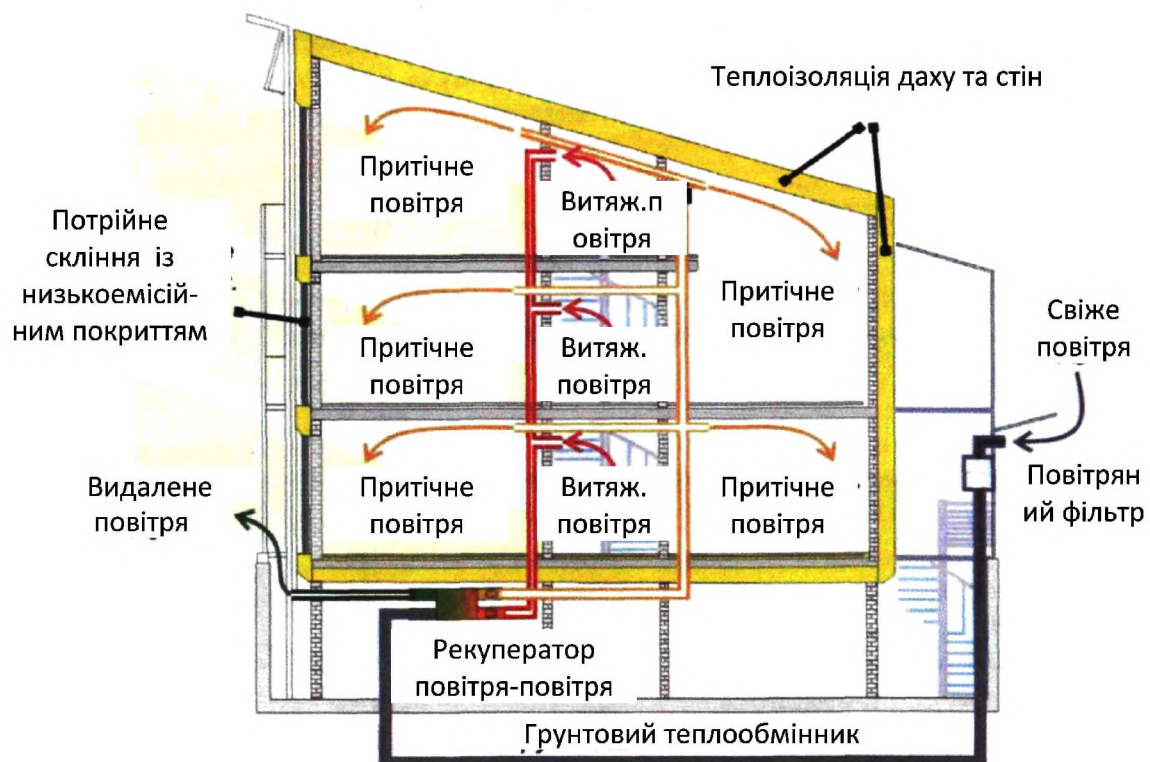


Рис. 1.4. Поперечний перетин енергоефективного будинку з масивною теплоізоляцією, спеціальними вікнами і системою вентиляції з рекуперацією тепла

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 303.18.00.000 ПЗ

Арк.

20

- вентиляція з рекуперацією тепла (наявність комфортної системи вентиляції з регулюванням надходження свіжого повітря);
- теплі вікна і зовнішні двері (важливі компоненти «теплого вікна» це ефективне потрійне скління з низькоемісійним покриттям і з заповненням інертними газами, теплоізовані віконні рами з дерева або ПВХ, термічно розділений дистанційний профіль, допоміжні матеріали для герметичного монтажу вікон без теплових містків);
- ефективна побутова техніка та обладнання.

Щоб вище перелічені заходи були узгоджені між собою, необхідно скласти енергобаланс – для цього рекомендується використовувати спеціалізовані програмні засоби, такі як пакет проектування енергоефективного будівлі (PHPP), що дозволяє проводити розрахунки потоків тепла і вивчати вплив різних конструктивних змін будівлі на обсяг річного споживання опалювальної енергії [7].

1.5. Автоматизовані технічні системи і процеси у будівлях

В останні роки у світовому співтоваристві великий розвиток отримали теоретичні вишукування і практична реалізація «інтелектуальних» будівель. Усвідомлення загрози екологічної кризи призвело до розуміння того, що «інтелектуальні» / «розумні» будівлі (intelligent / Smart Building) - з точки зору теплопостачання та кліматизації, будівлі, в яких потоки тепла і маси в приміщеннях і огорожувальних конструкціях оптимізовані за допомогою застосування комп'ютерних технологій - уже в недалекому майбутньому мають стати частиною повсякденного життя людей. При цьому вони не тільки якісно вплинуть на ситуацію в природі, але разом з тим забезпечать комфортні умови проживання для людей, а також спокійну робочу обстановку для службовців з метою підвищення продуктивності

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

їхньої праці, а значить - підвищення економіки країн в цілому. Сучасні компанії, такі як «Kieback & Peter »[8],« Siemens Building Technologies »[9],« Echelon Technology »розуміють це і враховують при розробці своєї продукції в даній галузі.

Проведений автором аналіз показав, що сьогоденні технології забезпечують: споживачам - комфорт, свободу і високу якість життя; інвесторам - надійність і доступність системи, вигідне вкладення капіталу і контроль енергоспоживання, а також економію енергії, перш недосяжну при застосуванні традиційних інженерних рішень, за рахунок більш тісної інтеграції систем управління.

Концепція «інтелектуального» будинку полягає у створенні єдиної взаємозалежної системи управління всіма інженерними системами, яка забезпечує створення комфортної і безпечного середовища проживання всередині будівлі при одночасній мінімізації витрат на підтримку цього середовища.

«Інтелектуальний» будинок являє собою сукупність інженерно-технічних рішень і організаційних заходів, спрямованих на створення високоефективної системи управління будівлею, що максимально відповідає потребам користувачів і власників.

Система управління будівлею - комплекс програмно-апаратних засобів, що забезпечує надійне і гарантований управління всіма підсистемами будівлі при її експлуатації за рахунок аналізу повної інформації. Кожна з підсистем працює в оптимальному режимі завдяки взаємному обміну даними один з одним, що дозволить домогтися ефективної роботи всієї системи в цілому. Сучасні системи не мають обмежень на розширення і модернізацію і побудовані у відповідність з принципом відкритої архітектури, тобто всі їх компоненти не прив'язані до якогось певного виробнику.

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ноу-хау високого рівня, експериментальне підтвердження їх ефективності та глибока технічна підготовка компаній в області автоматизації систем технічного оснащення будівель зробили можливим і обґрунтованим впровадження відповідних розробок в масовому порядку. Зокрема, на сьогодні створені такі передові технології:

- технологія сонячного випромінювання на основі датчиків без батарейок і проводів;
- інтелектуальні серводвигуни;
- комплексні системи автоматизації будівель з графічними терміналами з сенсорною панеллю і мережевим забезпеченням;
- різні регулятори систем опалення та вентиляції, тощо.

Резюмуючи вищевикладене, можна констатувати, що технології у галузі автоматизації будівель - це гнучкість, ефективність, інноваційність та охорона навколишнього середовища. Прагнення до забезпечення комфортних умов діяльності, ефективною та економічною експлуатації устаткування зумовили актуальність розвитку і впровадження концепції «інтелектуальної» будівлі. Вкладені додаткові інвестиції на етапі будівництва швидко окупаються за рахунок зниження експлуатаційних витрат.

Теоретичні та практичні обґрунтування вищевикладеної інформації з автоматизації будівель були отримані за сприяння компанії «Kieback & Peter»- провідного постачальника приладів і системних рішень у сфері управління опаленням, вентиляцією та кондиціонуванням (HVAC), а також управління будівлею. У даного підприємства, заснованого в 1927 році в Берліні, накопичений великий цінний досвід успішної роботи у своїй галузі. Розглянемо нижче досвід застосування технічних систем на основі комплексних систем автоматизації від компанії «Kieback & Peter »[8].

Треллеборг, один з найважливіших портових міст Скандинавії, знаходиться на самому півдні Швеції (рис. 1.5). Відведення стічних вод міста

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та прилеглого регіону контролюється і управляється системою автоматизації «Kieback & Peter» DDC 4000. У кожній з насосних станцій встановлені станції автоматизації DDC 4200, контролюючі рівень наповнення в резервуарах та керуючі насосами. Обсяг перекачуються стоків реєструється, після чого дані пересилаються для візуалізації, управління та документування на вищий рівень системи BMS. У своєму кінцевому варіанті проект охоплює в цілому 52 станції автоматизації, які завдяки BACnet можуть сполучатися одне з одним і з системою BMS через WLAN.



Рис. 1.5. Порт Треллебор (Швеція)

Автоматизація приміщень в будівлі компанії «Dr. Oetker »(рис. 1.6). З 2005 року в головній будівлі «Dr. Oetker »працює виставка« Світ Dr. Oetker », в центрі уваги якої знаходиться історія підприємства і відомої марки« Dr. Oetker». З цією метою історичну будівлю фабрики, що є пам'яткою

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

архітектури, пройшла ґрунтовну санацію. У будівлі, крім усього іншого, розташовуються експериментальна кухня, конференц-зали і казино для співробітників. Системи опалення, вентиляції та охолодження регулюються обладнанням DDC. У будівлі інтегровано 1400 інформаційних точок. На заводах компанії «Dr. Oetker» в Білефельді сучасна автоматизація будівлі також забезпечується системами DDC 3000 та DDC 4000 компанії «Kieback & Peter».



Рис. 1.6. Історична будівля фабрики Dr. Oetker в Білефельді (Німеччина)

У квітні 2006 року в Дрездені (ФРН) відкрився готель «Steigenberger Hotel De Saxe» (рис. 1.7) – будівля з 186 кімнатами, що є точним відтворенням історичної будови готелю, яка перебувала на цьому місці з 1786 по 1888 рр.. Управління інженерними системами будівлі здійснюється системою автоматизації DDC 4000 компанії «Kieback & Peter». Для автоматизації приміщень використовується система technolon, в

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

основі якої лежить технологія LON. Центральне управління будівлею забезпечується системою Neutrino - BMS. Сучасна автоматизація споруди гарантує комфорт для гостей готелю і ефективність для його власників та екології в цілому.



Рис. 1.7. Готель De Saxe в Дрездені (Німеччина)

Мікроклімат у приміщеннях поста централізації вокзалу високошвидкісних поїздів 1С в Ноймюнстері повинен ретельно контролюватися, щоб забезпечити безсбойную роботу чутливої техніки телекомунікації, регулюючої рух поїздів (рис. 1.8). Для цього була встановлена система DDC 4000. Ще пробний запуск системи DDC 4000 в приміщеннях поста централізації станції Гарбург Ратхаус показав, що обладнання компанії «Kieback & Peter» в змозі задовольнити найвищі вимоги до систем автоматизованого управління. Система DDC 4000 надійна в

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 303.18.00.000 ПЗ

Арк.

26

експлуатації, працює з великою точністю, економічна і, до того ж, відрізняється простотою управління за допомогою сенсорного дисплея TFT.



Рис. 1.8. Вокзал високошвидкісних поїздів 1С в Ноймюнстері (Німеччина)

1.6. Висновки до розділу 1

1. Нинішні проекти будинків повинні ґрунтуватися на принципах аналізу життєвого циклу, інженерної та екологічної безпеки, енергоефективності, комфортності, використання інформаційних систем, комп'ютерних та інтелектуальних технологій. Наукові праці і досвід практичних розробок показали, що об'єднати всі ці принципи в одній будівлі, забезпечити сукупний ефект від їх застосування задача багатофакторна і, в даний час, вирішується лише фрагментарно.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 303.18.00.000 ПЗ

Арк.

27

2. Поняття екологічної безпеки включає в себе не тільки внутрішню здорову атмосферу, але і гармонію будівлі з навколишнім середовищем, що сприяє збереженню природи, міського простору, середовища життєдіяльності людини і, в той же час, що використовує природні відновлювальні (умовно невичерпні) ресурси: сонячне світло і чисте повітря, атмосферне тепло і дощову воду, ландшафт і вітер.

4. Сонячна радіація, температура зовнішнього повітря, швидкість і напрямок вітру - все це відноситься до істотних факторів, які чинять важливий вплив на тепловий баланс будівель. Здійснюючи вибір орієнтації і габаритів будівлі необхідно прагнути кращим чином використовувати особливості і конструктивний вплив зовнішнього середовища і мінімізувати її деструктивний вплив.

5. Важливо в максимальному обсязі приймати різноманітні заходи, які можуть сприяти підвищенню енергоефективності знову споруджуваних; експлуатованих і реконструйованих будівель, а саме: застосування екологічно коректних матеріалів (дерево, камінь, цегла) з відмовою від шкідливих будматеріалів (азбест); підвищення теплоізоляції повітроводів і трубопроводів; зниження втрат за рахунок великої тепловіддачі будівель; заміна звичайних вікон на склопакети з низьким показником теплопередачі і використання стекол зі змінною керованою прозорістю; теплоізоляції стін і дахів; обладнання припливно-витяжної вентиляції установками рекуперації теплого повітря; модернізація систем автоматизації та оснащення їх енергозберігаючими приладами та засобами; перенесення температурних установок в граничні зони комфортних рівнів.

6. Сучасні автоматичні системи управління технологічними процесами, будучи «мозковим центром» будівлі та інтегруючи важливу інформацію про його інженерних системах, спостерігають, управляють, регулюють і оптимізують; системи опалення, вентиляції, кондиціонування та

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

охолодження; освітлення і жалюзі; протипожежні та охоронні системи; ліфти і т. д.

7. Про рівень енергоефективності будівлі можна судити, використовуючи співвідношення $\eta = \frac{W_{\min}}{W}$, яке показує наскільки представлене рішення відрізняється від оптимального (« $W_{\min}$ »- енергетичні витрати будівля з оптимальними архітектурними та інженерними рішеннями; « W »- енергетичні витрати, закладені в проєкті). Величина « η » змінюється в межах від 0 до 1. Чим вона ближче до одиниці, тим вище рівень енергозбереження та екологічної безпеки будівлі в цілому.

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1. Основи оцінки споживчих якостей будівель при впровадженні інтелектуальних технологій

Споживчі якості будівель, як середовища проживання людини, містять у собі вимоги до систем забезпечення якості мікроклімату та екологічної безпеки приміщень, енергетичної ефективності всієї споруди, ступеня його інтелектуалізації та гармонізації з природною навколишнім середовищем.

Дослідження, проведені в ході аналізу сучасної літератури, дозволили встановити, що показниками споживчих якостей будівель, з точки зору інженерної інфраструктури, є:

- системи забезпечення мікроклімату (пристрої й устаткування для гарантування санітарно-гігієнічних показників внутрішніх просторів: температури, вологості, рухливості і газового складу повітря, рівня радіаційного фону);
- екологічна безпека (виявлення і контроль радіаційної активності будівельних матеріалів, в тому числі радону, аерозолі та інших забруднюючих речовин);
- гармонізація форми будівлі з особливостями клімату району будівництва (оцінка виконується зіставленням витрат теплової енергії « Q_{min} », Вт, на опалення та охолодження будинку, форма якого найкращим чином враховує спрямований вплив зовнішнього середовища, і витрат прийнятої теплової енергії « Q », Вт; показник ефективності проектного рішення « h » розраховується за формулою « $h = \frac{Q_{min}}{Q}$ » і повинен бути не менше 0,7);

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 2			
Розробив	Воробель Я.В.							
Перевірів	Белякова І.В.							
Консульт.	Белякова І.В.							
Н. Контр.	Коваль В.П.							
Зав каф.	Тарасенко М.Г.							
					Лім.	Аркуш	Аркушів	
						30		
					ЕММ-61, ФПТ, ТНТУ			

– енергетична ефективність (оптимізація величини питомої витрати теплової енергії на опалення і вентиляцію будівель в холодний і перехідний періоди; раціональне зниження потужності систем опалення та охолодження, а також витрат енергії на цілорічну кліматизацію приміщень);

– ступінь інтелектуалізації (рівень автоматизації систем забезпечення мікроклімату, пожежооповіщення і гасіння, безпеки і захисту від терористичних актів);

– використання альтернативних джерел енергії та гармонізація будівлі з природою навколишнього середовища (будівельні об'єкти, як штучні утворення, повинні не тільки не руйнувати екологію, а й прагнути покращувати її за рахунок мінімізації кількості стічних вод, побутового сміття, виділення вуглекислого газу від спалювання палива або побутового газу).

До інших споживчими показниками будівель можна віднести: акустичний і візуальний комфорт; інсоляцію внутрішнього об'єму (попадання прямого сонячного світла); конструктивні особливості при будівництві в сейсмонебезпечній зоні або в зоні вічної мерзлоти; наявність допоміжних, спортивних та інших приміщень; віддаленість від шляхів громадського транспорту і т. п.

2.2. Сутність методів експертних оцінок. Метод ранжирування

Під експертними методами, відповідно до теорії експертних оцінок, розуміють комплекс логічних і математико-статистичних методів і процедур, спрямованих на отримання від фахівців інформації, необхідної для підготовки і вибору раціональних рішень [10].

Використання експертних оцінок передбачає, що думка окремого експерта менш надійніша, ніж думка групи експертів. При отриманні та обробці експертних оцінок можливе застосування різних методів.

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Доцільність застосування того чи іншого методу визначається характером аналізованої інформації. Враховуючи специфіку тематики даної роботи, представляється актуальним використання експертами методу ранжирування. Виявлено, що споживчі якості будівель можуть бути описані і оцінені емпіричним набором ранжированих показників, які генеруються групою експертів за різними методиками. Емпіричний набір встановлюється експертами у відповідність до вимог нормативних та інших розпорядчих документів, а також з урахуванням міжнародного досвіду вимог замовника-інвестора, вимогами споживачів і на основі знань і практичного досвіду самих експертів. Ранжирований ряд (шкала порядку) використовується в методології експертних оцінок для оцінки якості - прикладами його продуктивного застосування можуть служити мінералогічна шкала Мооса, дванадцятибальна шкала інтенсивності землетрусів та ін..

Серед безлічі споживчих якостей будівель рекомендується виділити *один головний*. В якості останнього, в нашому випадку, з метою підвищення рівня екологічної безпеки будівель та економії енергії, слід вибрати *систему показників енергетичної ефективності будівель*.

Тим часом, вибір пріоритетного споживчого показника не виключає доцільності обліку та інших, не менш потрібних. При цьому слід ввести їх ієрархію, дати кожному оцінку і враховувати при прийнятті остаточного рішення. Природно, що ієрархічна послідовність показників також визначається групою експертів.

Як впливає з вищевикладеного, методологічна основа експертних оцінок споживчих якостей будівель не є набором строго заданих правил, так що оцінка значимості показників належить до компетенції групи експертів, на яких покладено відповідальність за даний вибір.

Коротко розглянемо приклад експертних оцінок споживчих якостей будівлі при порівняльному аналізі різних проектів з метою вибору серед них найбільш пріоритетних.

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Методика оцінки містить три ключові положення (рис. 2.1) [11].

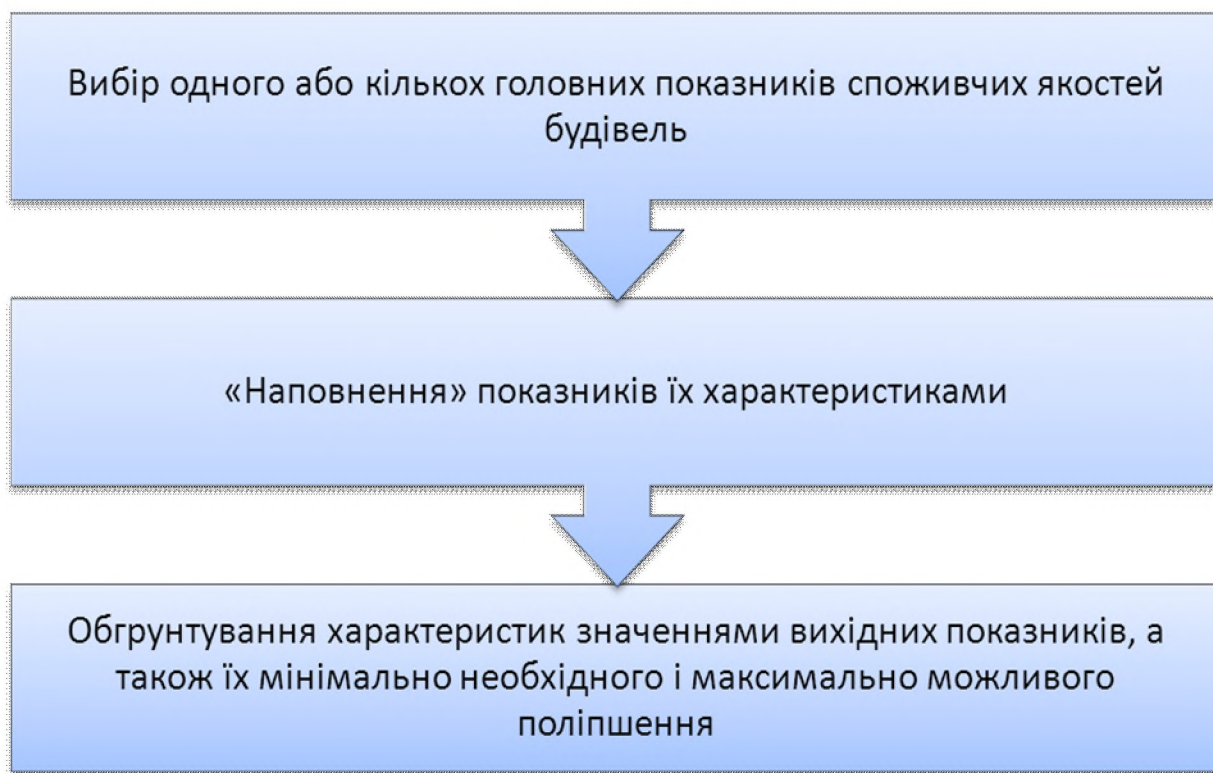


Рис. 2.1. Методика оцінки споживчих якостей будівель

Припустимо, група експертів оголосила, що:

- при конкурсному відборі головними споживчими показниками та є вимоги до систем забезпечення мікроклімату та енергетична ефективність будівлі (екологічна безпека, ступінь інтелектуалізації та гармонізація з оточуючим середовищем визнані менш значущими);
- прийняті до розгляду споживчі якості будівлі характеризуються трьома рівнями показників: результат верхові (у якості яких взяті існуючі нормативні вимоги), мінімально необхідного покращення (значення яких містять в неявному вигляді додаткові одноразові витрати і зниження експлуатаційних витрат) і максимально можливого покращення. Нижче наведені рекомендовані експертами таблиці (табл. 2.1, табл. 2.2) [11] для оцінки основних споживчих показників проектів будівлі.

Таблиця 2.1

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Критерії оцінки систем забезпечення мікроклімату проектованої будівлі

Характеристики якості мікроклімату	Вихідні показники	Мінімально необхідне покращення	Максимально можливе покращення
Можливість регулювання температури внутрішнього повітря	Централізоване регулювання у холодний і перехідні періоди року	Індивідуальне регулювання у холодний і перехідні періоди року	Індивідуальне регулювання протягом усього року
Можливість регулювання повітрообміну приміщень	Природна припливно-витяжна вентиляцію	Регульована природна припливно-витяжна вентиляція	Регульована природна припливна вентиляція та механічна витяжна вентиляція

Значення в таблиці 2.2 вказані на прикладі витрат тепла на опалення в холодні і перехідний періоди року, що характеризуються величиною питомої витрати енергії (є вихідним показником споживчих якостей), яка прийнята рівною 50 кВт·год/м², при загальній потребі в тепловій енергії 900 000 кВт·год. Витрати енергії на опалення тут включають тільки компенсацію тепловтрат через огорожувальні конструкції за рахунок теплопередачі. На думку експертів, мінімально необхідне покращення економії теплоти на опалення повинно скласти 10 % при терміні окупності не більше 5 років - в цьому випадку можливе заощадження коштів на 45 тисяч грн. Таким чином, проектувальникам необхідно вибрати такі енергозберігаючі технології, вартість яких не перевищить цю суму. Аналогічно оцінюються заходи щодо вибору обладнання, що забезпечує максимально можливе покращення вихідних показників.

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Далі показаний проведений автором аналіз методу ранжирування. При описі методу передбачатиметься, що:

Таблиця. 2.2

Критерії оцінки енергетичної ефективності проектованої будівлі

Енергетичні показники	Вихідні показники, кВт·год/м ²	Мінімально необхідне покращення, кВт·год/м ²	Максимально можливе покращення, кВт·год/м ²
Витрати енергії на опалення	50	45	40
Витрати енергії на вентиляцію	45	39	35
Витрати енергії на гаряче водопостачання	110	90	70
Використання нетрадиційних та поновлюваних експортованих джерел енергії	Відсутні	Використання вторинного тепла	Використання нетрадиційних та поновлюваних експортованих джерел енергії
Загальні витрати енергії	205	174	145

1. Є кінцеве число вимірюваних або оцінюваних альтернатив (об'єктів) (2.1)

$$A = \{a_1, \dots, a_n\} \quad (2.1)$$

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Сформульовані один або декілька ознак порівняння, за якими здійснюється порівняння властивостей об'єктів.

Процедура порівняння об'єктів включає побудову відносин між об'єктами емпіричної системи, вибір перетворення φ і визначення типу шкал вимірів.

Метод ранжирування являє собою процедуру упорядкування об'єктів, виконувану експертом. На основі знань і досвіду експерт розташовує об'єкти в порядку переваги, керуючись одним або декількома вибраними показниками порівняння. Залежно від виду зв'язків між об'єктами можливі різні варіанти упорядкування об'єктів. Нижче розглянемо ці варіанти [12]

Нехай серед об'єктів немає однакових по порівнюваним показникам, тобто немає еквівалентних об'єктів. У цьому випадку між об'єктами існує тільки відношення строгого порядку. У результаті порівняння всіх об'єктів по відношенню строгого порядку складається упорядкована послідовність (2.2):

$$a_1 > a_2 \dots > a_N \quad (2.2)$$

де об'єкт з першим номером є найбільш вагомим з усіх об'єктів, об'єкт з другим номером менш кращий, ніж перший об'єкт, але вагоміший всіх інших об'єктів і т. д.

Отримана система об'єктів з відношенням строгого порядку за умови порівнянності всіх об'єктів по цьому відношенню утворює повний суворий порядок. Для цього відношення доведено існування числової системи, елементами якої є дійсні числа, пов'язані між собою відношенням нерівності «>».

Це означає, що впорядкування об'єктів відповідає впорядкуванню чисел (2.3):

$$x_1 > \dots > x_N, \quad (2.3)$$

де $x_i = \varphi(a_i)$

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Можлива і зворотна послідовність (2.4):

$$x_1 < \dots < x_N. \quad (2.4)$$

У ній найбільш кращого об'єкту приписується найменше число, і по мірі зменшення переваги об'єктам приписуються великі числа.

Відповідність перерахованих послідовностей, можна здійснити, вибираючи будь-які числові уявлення. Єдиним обмеженням є монотонність перетворення. Отже, допустиме перетворення при переході від одного числового представлення до іншого повинно мати властивість монотонності. Такою властивістю допустимого перетворення володіє шкала порядків, тому ранжирування об'єктів є вимірювання в порядковій шкалі.

У практиці ранжирування найчастіше застосовується числове представлення послідовності у вигляді натуральних чисел (2.5):

$$x_1 = \varphi(a_1) = 1, x_2 = \varphi(a_2) = 2, \dots, x_N = \varphi(a_N) = N, \quad (2.5)$$

тобто використовується числова послідовність. Числа $x_1, x_2, \dots, x_N$ в цьому випадку називаються рангами і зазвичай позначаються буквами $r_1, r_2, \dots, r_N$

Застосування строгих чисельних відповідностей «більше» ($>$), «менше» ($<$) або «дорівнює» ($=$) не завжди дозволяє встановити порядок між об'єктами. Тому поряд з ними використовуються відповідності для визначення більшою чи меншою мірою якогось якісної ознаки (відповідності часткового порядку, наприклад - корисності), використовуються відповідності типу «більш переважно» ($\succ$), «менш переважно» ($\prec$), «рівноцінно» ($\approx$) або «байдуже» ($\sim$). Впорядкування об'єктів при цьому може мати наступний вигляд (2.6):

$$a_1 \succ a_2 \succ a_3 \approx a_4 \approx a_5 \succ a_6 \succ \dots \succ a_{n-1} \approx a_n. \quad (2.6)$$

Таке впорядкування утворює нестрогий лінійний порядок.

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У практиці ранжирування об'єктів, між якими допускаються взаємовідносини як строгого порядку, так і еквівалентності, числове представлення вибирається такий спосіб. Найбільш кращому об'єкту присвоюється ранг, рівний одиниці, другий по перевагу - ранг, рівний двом, і т. д. Для еквівалентних об'єктів зручно з точки зору технології подальшої обробки експертних оцінок призначати однакові ранги, рівні середньоарифметичному значенні рангів, що присвоюються однаковим об'єктам. Такі ранги називають пов'язаними рангами. Для наведеного прикладу впорядкування на основі несуворого лінійного порядку при $N = 10$ ранги об'єктів $a_3 \approx a_4 \approx a_5$ будуть рівними (2.7):

$$r_3 = r_4 = r_5 = (3 + 4 + 5)/3 = 4. \quad (2.7)$$

У цьому ж прикладі ранги об'єктів a_9 , a_{10} також однакові і рівні середньоарифметичному (2.8):

$$r_9 = r_{10} = (9 + 10)/2 = 9,5. \quad (2.8)$$

Пов'язані ранги можуть виявитися дробовими числами. Зручність використання пов'язаних рангів полягає в тому, що сума рангів N об'єктів дорівнює сумі натуральних чисел від одиниці до N . При цьому будь-які комбінації пов'язаних рангів не змінюють цю суму. Дана обставина істотно спрощує обробку результатів ранжирування при груповій експертній оцінці.

При груповому ранжируванні кожен s -й експерт присвоює кожному i -му об'єкту ранг r_{is} . У результаті проведення експертизи виходить матриця рангів $\|r_{is}\|$ розмірності $n \times k$, де k - число експертів; n - число об'єктів; $s = 1, \dots, k$; $i = 1, \dots, n$. Результати групового експертного ранжування зручно представити у наступній таблиці (табл. 2.3).

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати групового ранжирування

Об'єкти	E_1	E_2	...	E_k
a_1	r_{11}	r_{12}	...	r_{1k}
a_2	r_{21}	r_{22}	...	r_{2k}
...	...	...	...	...
a_n	r_{n1}	r_{n2}	...	r_{nk}

Аналогічний вигляд має таблиця, якщо здійснюється ранжирування об'єктів одним експертом за кількома показниками порівняння. При цьому в таблиці замість експертів у відповідних графах вказуються показники.

Нагадаємо, що ранги об'єктів визначають тільки порядок розташування об'єктів за показниками порівняння. Ранги як числа не дають можливості зробити висновок про те, на скільки або в скільки разів переважніше один об'єкт в порівнянні з іншим. Якщо, наприклад, ранг об'єкта дорівнює трьом, то звідси не слід робити висновок про те, що цей об'єкт в три рази більш кращий, ніж об'єкт, що має ранг, рівний одиниці.

Перевага ранжирування як методу експертного виміру - простота здійснення процедур, що не вимагає трудомісткого навчання експертів. Недоліком ранжирування є практична неможливість впорядкування великого числа об'єктів. Як показує досвід, при числі об'єктів, більшому 10-15, експертам важко в побудові ранжирування. Це пояснюється тим, що в процесі ранжирування експерт повинен встановити взаємозв'язок між усіма об'єктами, розглядаючи їх як єдину сукупність. При збільшенні числа об'єктів кількість зв'язків між ними зростає пропорційно квадрату числа об'єктів. Збереження в пам'яті і аналіз великої сукупності взаємозв'язків між об'єктами обмежуються психологічними можливостями людини. Психологія стверджує, що оперативна пам'ять людини дозволяє оперувати в середньому не більше ніж 7 ± 2 об'єктами одночасно. Тому при ранжируванні великого числа об'єктів експерти можуть допускати істотні помилки.

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3. Обробка експертних оцінок

Після проведення опитування групи експертів здійснюється обробка результатів. Вихідною інформацією для обробки є числові дані, які виражають переваги експертів, і змістовне обґрунтування цих переваг. Метою обробки є отримання узагальнених даних і нової інформації, що міститься в прихованій формі в експертних оцінках. На основі результатів обробки формується рішення проблеми.

Для високоточного аналізу отриманих в ході опитування даних, автором, в рамках ведення наукової діяльності, на базі основ з обчислювальної інформатики в ході виконання даної роботи розроблена спеціалізована програма під умовною назвою «Експерт», написана на мові програмування «С ++» з використанням програмного комплексу «С ++ Builder».

Заснована на методі ранжирування, вона дозволяє систематизувати отриману інформацію від експертів і виявити найбільш раціональний варіант. Програма використовує шкалу Лайкерта, в якій задаються групі осіб питання оцінюються за п'ятибальною шкалою (5 - «повністю згоден», 4 - «згоден», 3 - «нейтральний», 2 - «не згоден», 1 - «повністю не згоден»). У ході автоматизованого комп'ютерного розрахунку застосовується метод сумарних оцінок з урахуванням ступеня компетентності експертів (шляхом введення відповідних коефіцієнтів).

Після розрахунку програма видає оброблений результат та зберігає його автоматично в окремому спеціально створеному файлі.

2.4. Узгодження експертних оцінок

Згідно теорії експертних оцінок, процес узгодження проводиться при обробці отриманих індивідуальних експертних оцінок. При цьому можливе використання таких методів:

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- базові, засновані на отриманні середньої ймовірності (2.9) або середньозваженого значення ймовірності (2.10)

–

$$p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_i \quad (2.9)$$

де n - кількість експертів,

$$p_w = \frac{\sum_{i=1}^n k_i p_i}{\sum_{i=1}^n k_i} \quad (2.10)$$

де k_i - вага оцінки кожного елементу

- спеціальні методи оцінки вимірювання та підвищення коефіцієнтів узгодженості (або коефіцієнтів несуперечності) думок експертів;
- методи, засновані на відборі експертної групи з високим коефіцієнтом узгодженості думок (наприклад, запропонований В.В.Черняєвом метод, заснований на перетворенні перших трьох рангів дискретної шкали в безперервну і нормування цієї нової шкали, що відбиває думки відібраних експертів) [13].

Найбільш часто при обробці матеріалів колективної експертної оцінки використовуються методи теорії ранговій кореляції. Для кількісної оцінки ступеня узгодженості думок експертів застосовується коефіцієнт конкордації W , який дозволяє оцінити, наскільки узгоджені між собою ряди оцінок, побудовані кожним експертом. Його значення знаходиться в межах $0 < W < 1$. $W = 0$ означає повну протилежність, а $W = 1$ - повний збіг ранжировок. Практично достовірність вважається хорошою, якщо $W = 0,7 - 0,8$.

Для наочності уявлення про ступінь узгодженості думок двох різних експертів A і B служить коефіцієнт парної рангової кореляції ρ , він приймає

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

значення - $1 < \rho < +1$. Значення $\rho = +1$ відповідає повного збігу оцінок в рангах двох експертів (повна узгодженість думок двох експертів), а $\rho = -1$ - двом взаємно протилежним ранжировкам ваги властивостей (думка одного експерта протилежно думку іншого).

В якості одного з методів підвищення узгодженості експертних оцінок можливе застосування «Дельфі»-методу, в якому основними засобами підвищення об'єктивності результатів є: використання зворотного зв'язку, ознайомлення експертів з результатами попереднього туру опитування та облік цих результатів при оцінці значущості думок експертів [14].

При спрощеному використанні «Дельфі»-методу організовується послідовність ітеративних циклів мозкової атаки. У більш складному варіанті розробляється програма послідовних індивідуальних опитувань з використанням методів анкетування, що виключають контакти між експертами, але передбачають ознайомлення їх з думками один одного між турами.

У розвинених варіантах «Дельфі»-процедура являє собою програму послідовних індивідуальних опитувань з використанням методів анкетування. Запитальники від туру до туру уточнюються. Експертам присвоюються вагові коефіцієнти значущості їх думок (коефіцієнти компетентності), обчислювані на основі попередніх опитувань, також уточнюються від туру до туру і що враховуються при отриманні узагальнених результатів опитування. Для зниження таких факторів, як навіювання або приспособлюваність до думки більшості, іноді потрібно, щоб експерти обгрунтовували свою точку зору, але це не завжди приводить до бажаного результату, а, навпаки, може посилити ефект приспособлюваності («ефект Едіпа»), згідно з яким експерт-лідер, при організації експертного опитування у формі «Дельфі»-процедури з усним обговоренням результатів оцінки між турами опитування, може поступово «провести» групу експертів у бажаному напрямку.

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Можливість використання експертних оцінок, обґрунтування їх об'єктивності базується на тому, що невідома характеристика досліджуваного явища трактується як випадкова величина, відображенням закону розподілу якої є індивідуальна оцінка фахівця-експерта щодо достовірності та значущості тієї чи іншої події. При цьому передбачається, що справжнє значення досліджуваної характеристики знаходиться всередині діапазону експертних оцінок (2.11)

$$p_1 \in P \quad (2.11)$$

де $P = \langle p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_n \rangle$ - репрезентативна вибірка, одержана від групи експертів, що узагальнене колективну думку і є достовірною.

Алгоритм і порядок процедур при проведенні експертного опитування для оцінки споживчих якостей будівель представлені в графічному вигляді нижче (рис. 2.2).

2.5. Базові інтелектуальні засоби проектування будинків

В результаті аналізу робіт вітчизняних і зарубіжних фахівців у галузі будівельного і архітектурного проектування встановлено, що провідною системою комплексного автоматизованого проектування (САПР), що враховує дотримання сучасних екологічних вимог, є програма Graphisoft ArchiCAD [15].

Проведений аналіз роботи архітектурних бюро показав, що в сучасному світі креслення за допомогою кульмана практично пішло в минуле, і САПР є основою діяльності будь-якої проектно-архітектурної організації. Graphisoft ArchiCAD - потужна система, що забезпечує ефективну індивідуальну та колективну роботу над складними архітектурними проектами, яка надає користувачеві високопродуктивне середовище 3D-моделювання і реалізує сучасну технологію роботи з об'єктами, спеціально розроблену для архітекторів, дизайнерів інтер'єру і структурних інженерів [16].

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 2.2. Алгоритм і порядок процедур при проведенні експертного опитування при проектуванні енергоефективного будинку

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 303.18.00.000 ПЗ

Арк.

44

Graphisoft ArchiCAD дозволяє здійснювати концептуальне проектування і створювати віртуальну тривимірну модель будівлі, використовуючи наявні бібліотеки стандартних блоків і виконуючи над цими блоками певні операції. Тобто користувач працює не тільки з графічними примітивами, але і з звичними для нього будівельними конструкціями: балками, стінами, вікнами, перекриттями, дахами і т. д. Кожен з цих об'єктів включає в себе інформацію, повністю відповідну його реальним властивостям. Наприклад, стіна в Graphisoft ArchiCAD - не просто паралельні відрізки з штрихуванням між ними, а об'єкт, що володіє певними властивостями (наприклад, в нього можна вставляти вікна та двері) і містить всі необхідні дані як для його відображення на кресленнях різного масштабу, так і для отримання додаткових відомостей і виконання певних операцій.

Розглянемо функціональність Graphisoft ArchiCAD поетапно, згідно хронології розробки проекту (рис. 2.3).

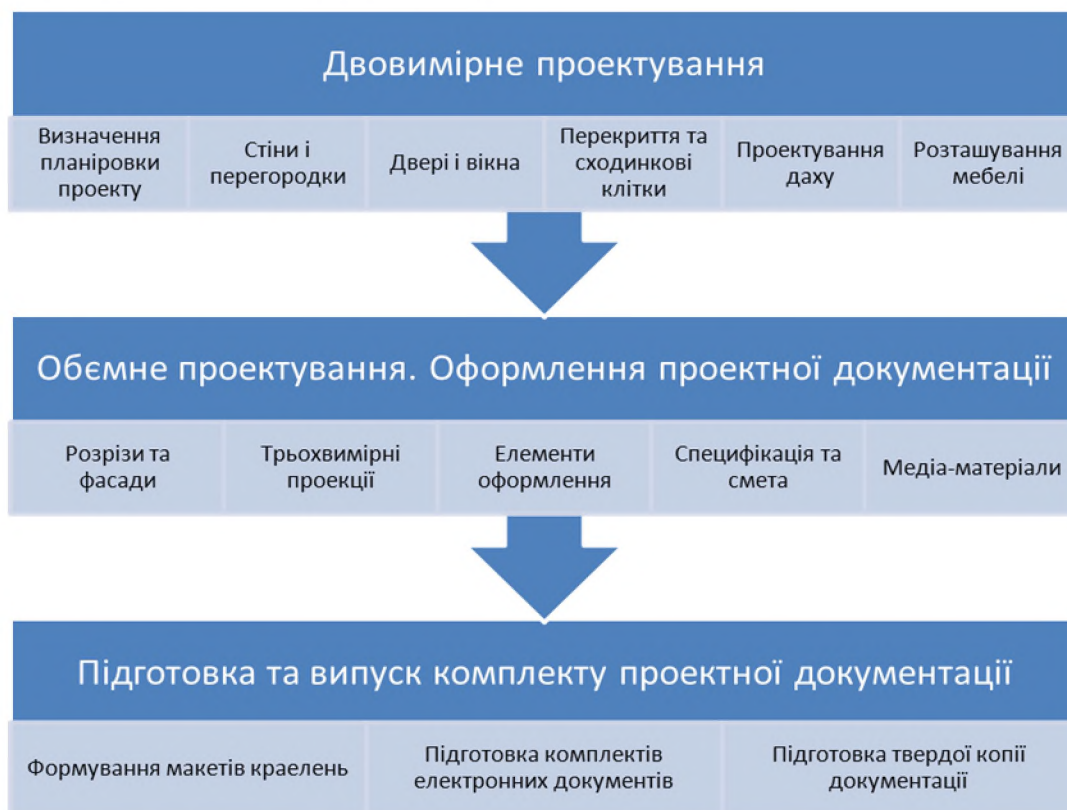


Рис. 2.3. Схематичне зображення хронології розробки проекту в САПР Graphisoft ArchiCAD

Спочатку робота ведеться на планах поверхів, де розробник визначає планування проекту (включаючи прилеглу територію), місце розташування стін і перегородок, формує двері і вікна, робить перекриття і встановлює сходи, проектує покрівлю, розміщує меблі, обладнання і т. д. При цьому в будь-який момент з вікна плану поверху можна переключитися в вікно відображення об'ємної моделі будинку і подивитися результати проектування - для цього є інструменти тривимірного моделювання та бібліотеки об'єктів. Крім стандартних бібліотек, що поставляються з Graphisoft ArchiCAD, існує безліч додаткових. Крім цього, розробнику надається можливість створювати і власні бібліотеки.

Далі оформляється проектна документація: будуються додаткові види (розрізи, фасади, тривимірні проекції та інші) (рис. 2.4), наносяться елементи оформлення креслень (розміри, відмітки, умовні позначення, технічні вимоги), складаються специфікації та кошториси. У випадку потреби, підготовляються медіа-матеріали для подання замовнику / інвесторові. Тут варто особливо підкреслити, що після того, як побудована віртуальна модель будівлі, багато які з перерахованих вище дій Graphisoft ArchiCAD виконуються автоматично, витягуючи інформацію з властивостей об'єктів. Користувач повинен тільки вибрати необхідну дію (проставити розмір, створити розріз або фасад і т. п.) і, можливо, задати конкретні значення для виконання операції, наприклад, вказати площину розрізу.

Оскільки робота в процесі проектування здійснюється не з набором графічних примітивів, а з об'єктами, що мають певні параметри, існує можливість в автоматизованому режимі створювати специфікації об'єктів і складати кошториси (тобто якщо спочатку була створена база даних із зазначенням витрати і вартості матеріалів на одиницю довжини, площі або обсягу кожного об'єкта, то кількість необхідного матеріалу і його вартість будуть розраховані автоматично).

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

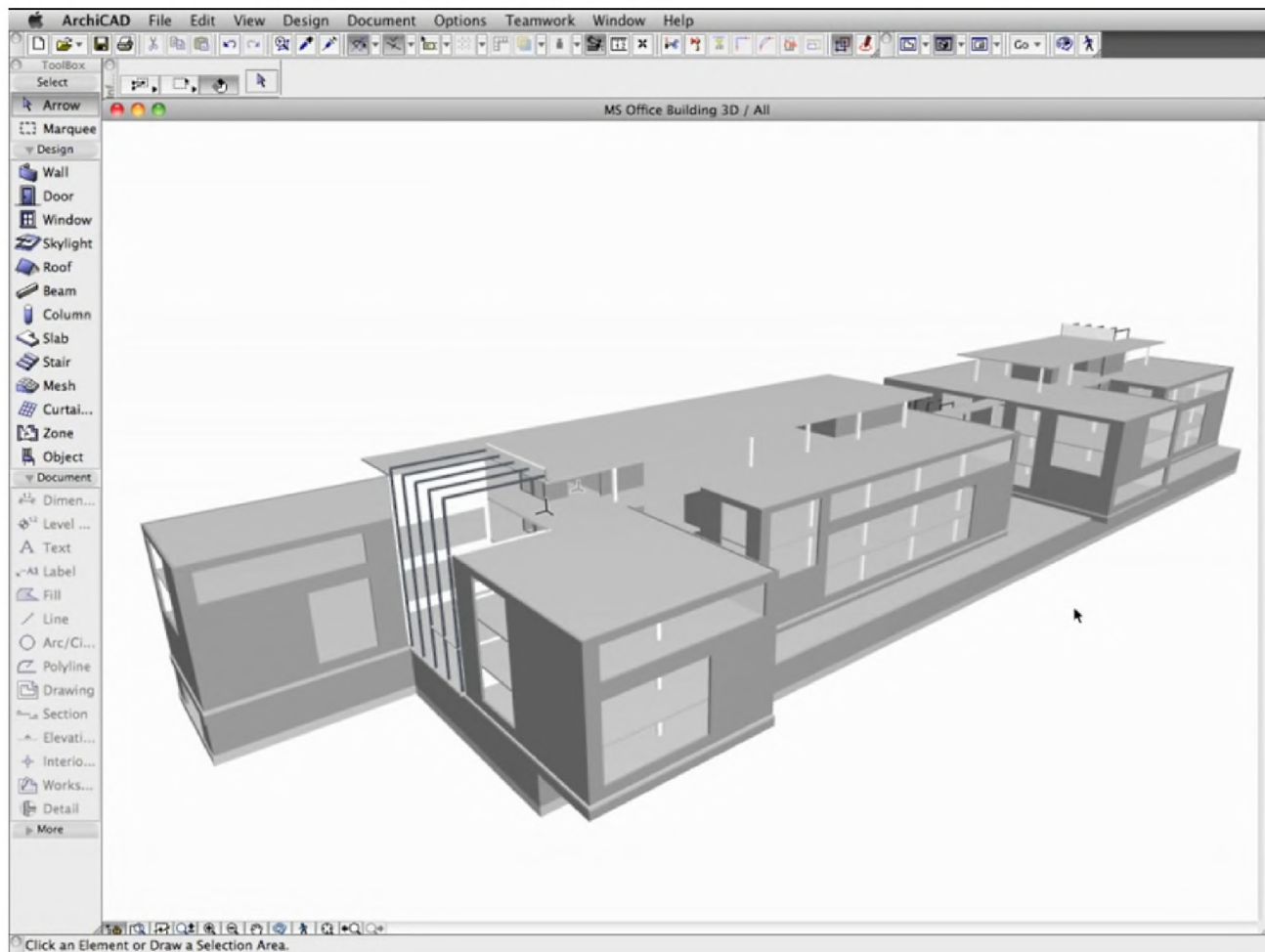


Рис. 2.4. Створення проектної документації шляхом побудови додаткових 3d видів

Останній етап розробки проекту полягає у підготовці комплексу проектної документації до передачі замовникам або суміжникам (в електронному вигляді або у вигляді друкованих копій), для чого, зокрема, в Graphisoft ArchiCAD є можливість автоматичного формування макетів креслень.

У системі також присутні власні можливості моделювання сцен чи об'єктів віртуальної реальності, в тому числі і створення відеороликів (аж до відображення процесу будівництва робіт).

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Для систематизації отриманих даних, коротко перерахуємо у вигляді списку основні інструменти і можливості сучасних САПР на прикладі Graphisoft ArchiCAD:

- настроюється згідно потреб проектувальника користувача інтерфейс;
- точне створення і редагування плоских об'єктів (ліній; кіл, дуг, штриховок, текстових блоків) та механізми їх прив'язки;
- побудова та грамотне налаштування в процесі проектування реальних конструкцій стін, перекриттів, балок, колон, дахів і т. д.;
- 3D - сітка для створення довільних ландшафтних і об'ємних поверхонь;
- велика бібліотека потрібних при створенні проекту об'єктів (двері і вікна, сходи і елементи інтер'єру, джерела освітлення та інші);
- зонування, тобто групування площ проекту за функціональною ознакою;
- механізми установки рівнів і положення площин глибини перегляду, визначення параметрів розподілу об'єктів по шарах;
- створення і редагування тривимірних об'єктів довільної форми;
- зручна робота з текстовою інформацією: створення і редагування відповідних блоків, формування і вставка автотексту, система перевірки орфографії;
- легке оформлення креслень, формування розмірних і виносних написів;
- створення розрізів, фасадів і інтер'єрів;
- побудова реалістичних тривимірних/плоских зображень і деталізованих креслень; вставка зовнішніх креслень і малюнків; використання бібліотечних і створення власних текстур поверхні об'єктів;
- грамотне завершення проекту: визначення конкретного виду виведеної інформації, підготовка креслень відповідно до державних і

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

корпоративних стандартів, компоновка макетів друкованих аркушів і формування комплекту електронних документів, настройка пристроїв виводу на друк і т. д.;

- підтримка багатоядерних процесорів для швидкості роботи.

У підсумку, за результатами досліджень програми Graphisoft ArchiCAD можна констатувати, що інноваційні продукти в області САПР дають можливість істотно підвищити ефективність проектування, управління та поширення даних, повною мірою забезпечуючи Інформаційне Моделювання Будівель (BIM - Building Information Modeling - описує тривимірні рішення для програмного забезпечення CAD, які пропонують модельно-засновану технологію, пов'язану з базою даних проектної інформації, що полегшує обмін і здатність до взаємодії інформації в цифровому форматі протягом всього процесу проектування).

2.6. Розрахунок і оцінка енергетичних втрат будівлі

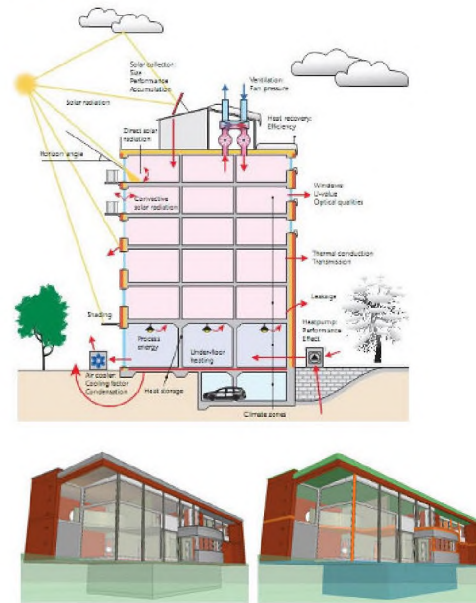
Graphisoft EcoDesigner – Сучасний програмний продукт, який дозволяє швидко і якісно здійснювати енергетичні розрахунки будівель і споруд. З його допомогою фахівці легко можуть проаналізувати енергетичні втрати того чи іншого об'єкта у звичному програмному середовищі Graphisoft ArchiCAD (Рис. 2.5).

Спеціалізоване програмне забезпечення Graphisoft EcoDesigner дає можливість:

- в один клік оцінювати енергоефективність будівлі на будь-якій стадії проектування;
- успішно вирішувати завдання ресурсозбереження;
- істотно зменшити витрати при експлуатації проектованого об'єкта і т.д.

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Анализ



Location & Function Structures Openings MEP Systems & Energy

Building shell elements:

Orientation	Building structure	Area	Thick...	U-value	Surface	Infiltration
SouthEast	plaster	29.21	0.100	3.54	Colored pl... Average	
NorthEast	concrete floo...	58.22	0.300	0.75	Colored ... Low	
SouthWest	concrete floo...	46.19	0.300	0.75	Colored pl... Low	

Internal heat storage mass:

Medium - masonry

Underground insulation...

Heavyweight - concrete structures

Medium - masonry

Lightweight - timber frames

Расчёт

Start Estimation...

Результаты

Energy Consumption

Source	Yearly total		Yearly specific	
	kWh/year	USD/year	kWh/m ² /year	USD/m ² /year
10 % Gas	8500	1850	13.08	13.08
28 % Oil	8900	700	13.69	13.69
23 % Coal	4	120	0.03	0.03
28 % Electricity	850	490	8749.00	8749.00
16 % Wood	60	14	9.23	9.23
Total:	31500	31500	8749.00	8749.00

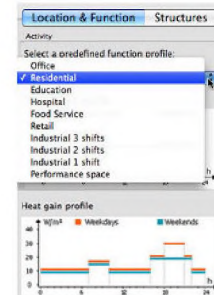
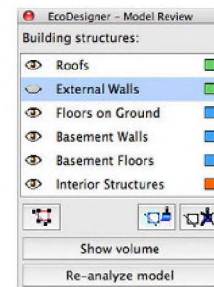
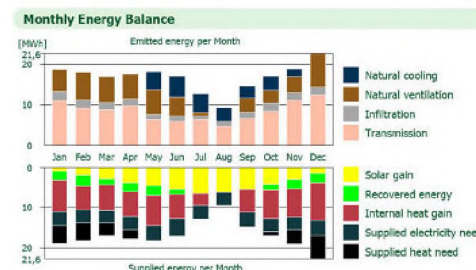
31500 kWh
8749.00 kWh/m²

Carbon Footprint

CO₂ emission as a result of operating this building is **85.6 tonne/year**.

This amount of CO₂ is absorbed in one year by 42,8 hectares (equivalent to 57 football fields) of tropical forest.

85.6



Facade Shadings

Orientation	Shading
East	Slightly shaded
Southeast	Not shaded
South	Slightly shaded
Southwest	Shaded
West	Very shaded

Carbon Footprint Estimation

Set the purchased energy sources for the following functions:

Function	Source	Proportion
Heating	Gas	80%
	Wood	20%
Other energy use	Gas	80%
	Electricity	20%

Displayed currency unit: EUR

Enter the prices of the purchased energy:

Price	Unit
0.45	EUR/m ³
8.34	Gas
6.20	Oil
	Nuclear energy
	Wind energy
	Solar energy
	Water energy

Electricity is primarily produced from:



Рис. 2.5. Этапы работы у dodatku Graphisoft EcoDesigner

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 303.18.00.000 ПЗ

Арк.

50

2.7. Проектування інженерних систем

Конструктор Graphisoft MEP Modeler (Mechanical / Electrical / Plumbing - механічне / електричне / сантехнічне обладнання) - сумісний з Graphisoft ArchiCAD - рекомендується архітектурних та інженерних організацій для моделювання та редагування 3D - мереж МЕР (повітроводи, трубопроводи, кабелепроводка) і узгодження їх з віртуальною будівлею Graphisoft ArchiCAD, використовуючи при цьому добре знайомі інструменти та інтерфейс.

Пакет конструктора Graphisoft MEP Modeler включає самостійний інструментальний засіб для безпосереднього експорту в Autodesk AutoCAD MEP 2008 і 2009 .

Використовуючи даний програмний продукт, проектувальники можуть створити в Graphisoft ArchiCAD модель МЕР на основі 2D - документації, отриманої від інженерів (альтернативний варіант - можливо імпортувати в Graphisoft ArchiCAD модель МЕР, використовуючи формат IFC).

Функція виявлення невідповідностей автоматично розпізнає суперечливі конструкторські ситуації, які, при необхідності, можуть бути зняті користувачем.

Елементи МЕР є об'єктами GDL (з параметрами, аналогічними елементам Graphisoft ArchiCAD), які функціонують як звичайні бібліотечні елементи Graphisoft ArchiCAD, однак мають додаткові, специфічні тільки для Graphisoft MEP Modeler, параметри.

Програма поставляється з бібліотекою МЕР, що містить спеціально сконструйовані елементи. При цьому якщо використовується шаблон МЕР, що поставляється разом з цим розширенням, то дана бібліотека завантажується автоматично.

До стандартних видів елементів МЕР відносяться:

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– прямолінійні елементи, такі, наприклад, як труби з однаковою геометричною формою на обох кінцях (інструменти «Повітровід», «Труба», «Корпус кабелю» і т. п.).

– вигнуті елементи (коліна). Деякі з них вставляються автоматично в процесі виконання операції трасування, або створюються в результаті редагування елементів МЕР тоді, коли виявляється, що в іншому випадку два елементи є нез'єднаними.

– перехідні елементи (перехідники). Це прямолінійні елементи, що мають неоднакову геометричну форму на обох кінцях. Перехідники використовуються для з'єднання двох елементів МЕР з різною шириною / висотою / формою.

– з'єднувальні елементи. До них відносяться Т- і Y-подібні з'єднання, а також відводи.

– кінцеві (термінальні), елементи (термінали) - наприклад, стельовий дифузор, решітка або розбризкувач, встановлені в кінці труби. Термінал має тільки одну точку з'єднання.

– вбудовувані елементи, такі як клапана або фільтри, які розміщуються всередині, скажімо, трубопроводу. Вони є прямолінійними і відкритими з обох кінців.

– обладнання, яке може мати одну і більше точок з'єднання, припустимо, котел. Один елемент обладнання зазвичай приписується до багатьох систем МЕР (наприклад, опалювальної, або витяжної системи) і з'єднується з різними типами елементів (воздуховод, трубопровід).

Є два способи розміщення елементів МЕР:

– використання інструментів МЕР для розміщення окремих елементів;

– використання функції трасування для розміщення багатьох елементів МЕР з'єднаних один з одним за допомогою послідовності клацань мишкою.

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На закінчення, приведемо основні можливості і переваги програмного забезпечення Graphisoft MEP Modeler, виявлені при випробуванні даного програмного продукту (рис. 2.6):

- високопродуктивні і прості у використанні інструменти моделювання для швидкого і якісного створення та редагування MEP-моделей в середовищі Graphisoft ArchiCAD;
- можливість ефективної навігації на тривимірних видах і двовірних планах з «розумними» зв'язками;
- засоби трасування інженерних мереж як в 3D, так і на планах поверхів з підтримкою інтелектуального сполучення і функцією контролю взаємного розташування і взаємовпливу інженерних систем, конструкцій та архітектурних елементів;
- велика бібліотека, стандартних параметричних компонентів, змінюваних або створюваних з нуля за бажанням замовника;
- імпорт тривимірних моделей з Autodesk AutoCAD MEP;
- виявлення суперечностей для приведення MEP-систем у відповідність з архітектурним проектом і т. д.

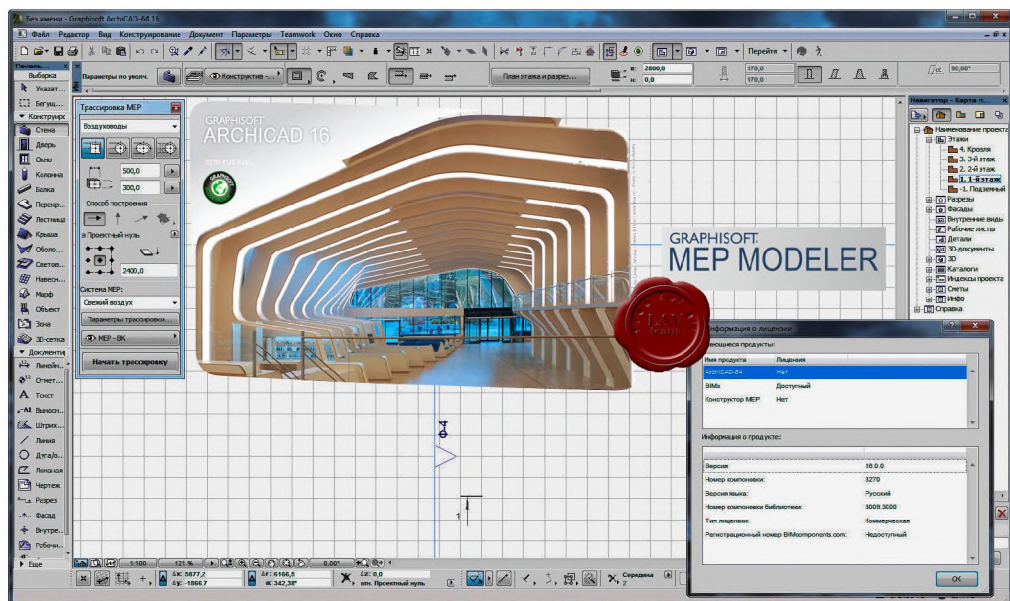


Рис. 2.6. Зовнішній вигляд та можливості програми Graphisoft MEP Modeler

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 303.18.00.000 ПЗ

Арк.

53

2.8. Тривимірне моделювання

Програмне забезпечення Graphisoft Virtual Building Explorer (VBE) призначено для тривимірного моделювання архітектурно-будівельного проекту та проведення віртуальної презентації в реальному часі.

Головними перевагами програми є наочність і висока якість отримуваних результатів.

Варто відзначити, що докладне меню і інтуїтивна панель навігації дозволяють налаштувати інтерактивне середовище та переміщатися по будівлі в реальному часі. При цьому є можливість парити над планами, або просто ходити звичайним кроком, перестрибувати перешкоди, або пригинатися, щоб не зачепити перекриття. Також можна досліджувати проект з висоти пташиного польоту і обертати його в будь-якій площині - у програмі надана повна свобода пересування.

Перерахуємо ряд основних можливостей програми:

- експорт проекту з Graphisoft ArchiCAD в Graphisoft VBE разом з усіма верствами;
- доступність даних про кожному елементі будівлі (розмір, тип, шар), закладених ще на стадії проектування;
- вичерпна інформація про приміщенні (розмір площі, обробка і т. д.) в один клік мишею;
- різні механізми візуалізації та види відображення;
- зручні засоби управління і настройки презентацій;
- зміна положення сонця і камери, кута охоплення, яскравості зображення, прозорості об'єктів, швидкості переміщення і т. п.;
- створення і збереження в bmp-форматі фото-зображень проекту в будь-який момент часу одним клацанням миші;
- запис і відеоперегляд черговості обходу будівлі;

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завдяки Graphisoft Virtual Building Explorer, тепер будь-який фахівець може власноручно проаналізувати проект будівлі, використовуючи зручне інтерактивне середовище (рис. 2.7).

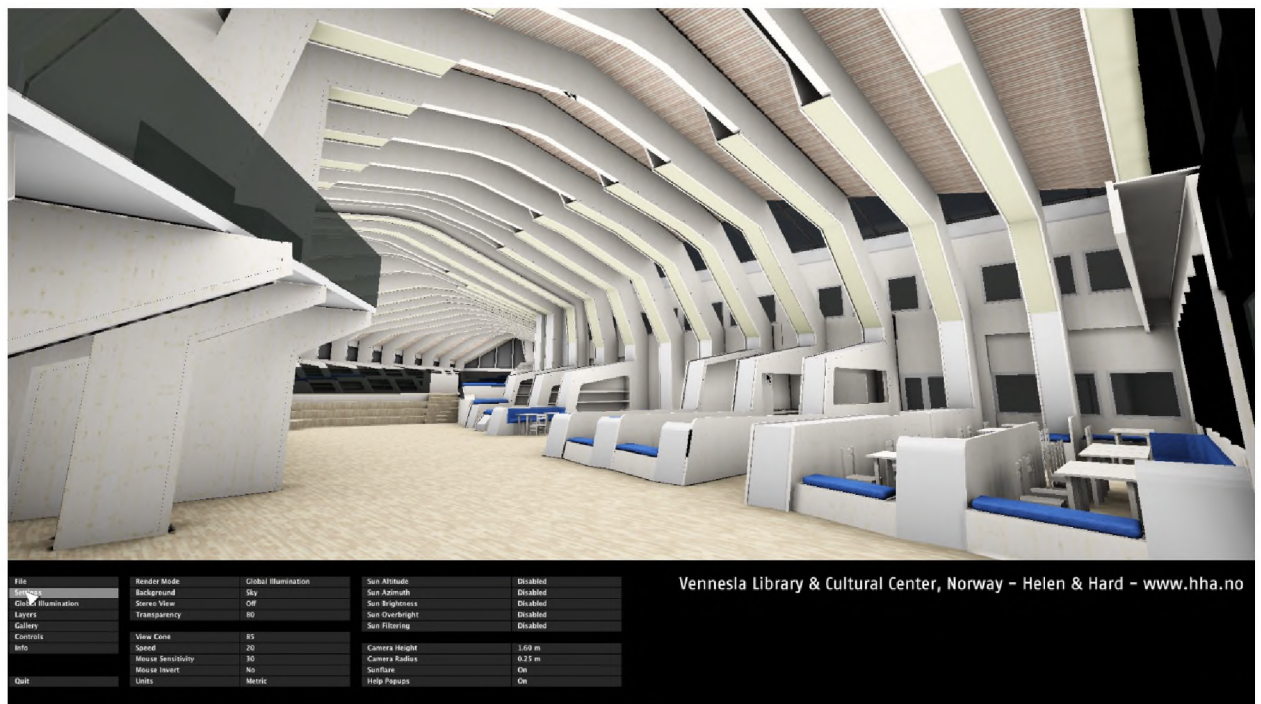


Рис. 2.7. Вікно перегляду Graphisoft Virtual Building Explorer

2.9. Створення енергоефективної архітектури

Встановлено, що в ході розробки архітектурно-будівельної частини проектної документації важливо так запроектувати розташування і розміри

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 303.18.00.000 ПЗ

Арк.

55

будівлі, щоб в холодний період року були мінімальними його тепловтрати, а в теплу пору року - теплопоступлення. При цьому площа і об'єм будівлі можуть залишатися фіксованими

Програма ArchiGlazing, сумісний з Graphisoft ArchiCAD, призначена для створення енергоефективної архітектури та використання в проекті нетипових вікон з індивідуальними формами (рис. 2.8-2.9).

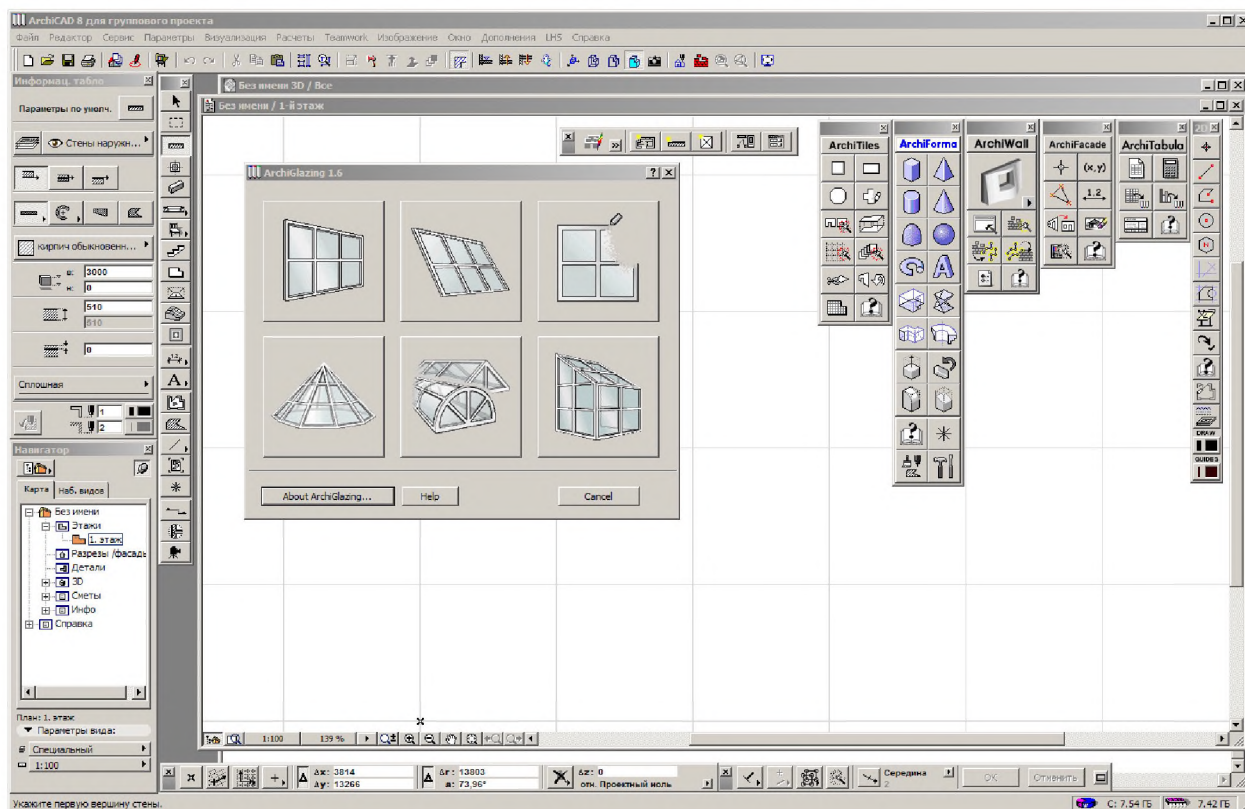


Рис. 2.8. Приклад скління, виконаного в програмі ArchiGlazing

Дана програма необхідна для проектування конструкцій зі скла складної модифікації.

Її рекомендується використовувати при створенні будівель, у яких основним матеріалом фасадів є скло.

ArchiGlazing пропонує вичерпні інструменти для створення функціональних вертикальних і похилих світлопрозорих конструкцій, які дозволять:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 303.18.00.000 ПЗ

Арк.

56

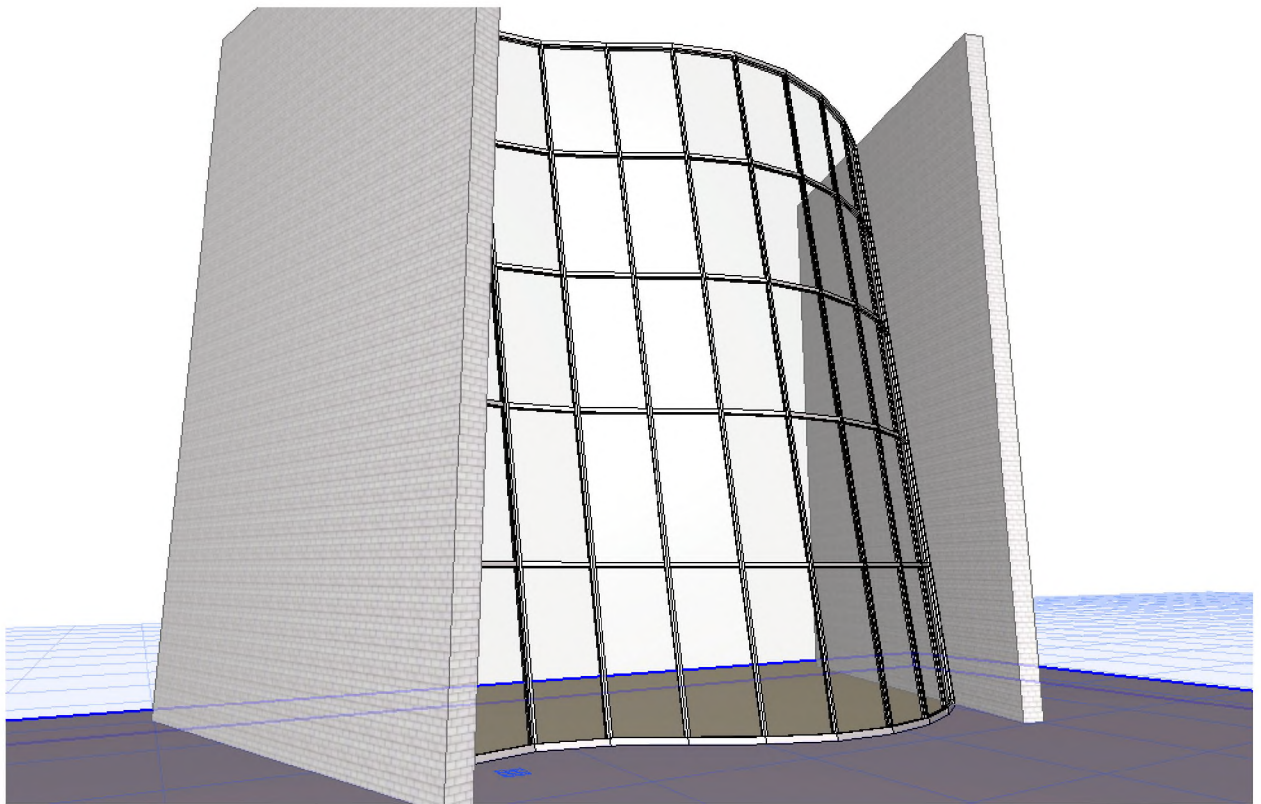


Рис. 2.9. Приклад скління, виконаного в програмі ArchiGlazing

- використовувати природне світло у великих кількостях;
- економити електроенергію за рахунок мінімізації споживання штучних світлових джерел;
- підвищити ергономічність робочого простору та умови праці з метою оптимізації інвестиційної віддачі окремо взятого працівника.

Задовольняючи сучасним тенденціям, це програмне забезпечення є актуальним і воно найвищою мірою підходить для реалізації сучасної біокліматичної архітектури з істотним використанням застаклених просторів.

Слід звернути увагу на те, що методологія проектування систем опалення, вентиляції, кондиціонування заснована на розрахунках теплових і

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

повітряних балансів будівлі для характерних періодів року [17]. Цими періодами є: найбільш холодна п'ятиденка, опалювальний період, найжаркіший місяць, період охолодження, розрахунковий рік. Оптимальний облік теплоенергетичного впливу зовнішнього клімату в тепловому балансі будівлі за рахунок вибору його форми і орієнтації дасть наступні результати:

- для найбільш холодної п'ятиденки - зниження встановленої потужності системи опалення;
- для опалювального періоду - зниження витрат енергії на опалення;
- для самого жаркого місяця - зниження встановленої потужності системи охолодження;
- для періоду охолодження - зниження витрат енергії на охолодження;
- для розрахункового року - зниження витрат енергії на опалення та охолодження будинку в річному циклі.

Розташування та габарити будівлі можуть бути визначені на основі мінімізації питомої теплової характеристики будівлі, що обчислюється як частка від ділення витрат теплової енергії на його опалення або охолодження до величини загальної корисної площі « F_0 », яка позначається як « q_{F_0} » або до величини об'єму будівлі « V_0 » і позначається як « q_{V_0} » [17].

Для оптимізації орієнтації та розмірів будинку необхідно серед всіх будинків, що мають одну і ту ж загальну корисну площу або однаковий об'єм, вибрати таке, яке за інших рівних умов вимагає мінімальних витрат теплової енергії на його опалення в холодний період року та охолодження в теплий період року. В якості цільової функції, яку належить мінімізувати, видається правильним прийняти експлуатаційні витрати енергії в їх вартісному вираженні, враховуючи ту обставину, що витрати тепла або холоду як енергетичні показники мають одну і ту ж розмірність, але істотно

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

різну вартість [17]. В результаті задача теплоенергетичної оптимізації розташування і габаритів будівлі математично запишеться наступним чином:

визначити мінімум цільової функції

$$E \rightarrow \min \text{ і } \partial F = F_0 = \text{const} \text{ і } V = V_0 = \text{const}$$

де E – експлуатаційні витрати в річному циклі, які обчислюють за формулою (2.1):

$$E = \int_{t_1}^{t_2} C_H Q_H dt + \int_{t_3}^{t_4} C_C Q_C dt \quad (2.12)$$

де

C_H, C_C – відповідно вартість одиниці тепла та одиниці холоду, грн. / Вт;

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

$(t_2 - t_1), (t_4 - t_3)$ – відповідно періоди опалення та охолодження будівель, год.

Важливо зауважити, що C_H і C_C в загальному випадку є функціями часу (наприклад, нічний і денний тарифи на електричну енергію, що використовується для опалення будівель).

Кількість теплової енергії, необхідної для опалення або охолодження будинку, визначається для кожного моменту часу як результат підсумовування його тепловтрат і теплопоступлень, тобто шляхом розв'язку рівняння теплового балансу внутрішнього повітря.

Нижче, в табличній формі (табл. 2.4), наведено перелік розрахункових формул для визначення оптимальних розмірів будівель різної форми.

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 «а», «b», «с», «d» через перекриття першого поверху, покриття і вертикальні огорожувальні конструкції, Вт/м²;
- F_0 – загальна корисна площа будівлі, м²;
- H – висота будівлі поверху, м;

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1.

Зведення формул для визначення розмірів будівель з мінімальними питомими тепловтратами або теплонаходженням

Форма будинку	Накладені обмеженн я	Оптимальні розміри будинку			Число повер XIV, Z	Мінімальні питомі тепловтрати q_F , Вт/м ²
		В плані, м		З		
		a	b			
	$F_0 = \text{const};$ $H = \text{const};$ $a=c;$ $b=d$	$\sqrt[3]{\frac{HF_0}{(q_{\text{fl}} + q_{\text{roof}})} \times \frac{(q_b + q_d)^2}{(q_a + q_c)}}$	$\sqrt[3]{\frac{HF_0}{(q_{\text{fl}} + q_{\text{roof}})} \times \frac{(q_a + q_c)^2}{(q_b + q_d)}}$	$\frac{F_0}{ab}$	$3\sqrt[3]{\frac{H^2}{F_0}}(q_{\text{fl}} + q_{\text{roof}})(q_a + q_c)(q_b + q_d)$	
	$F_0 = \text{const};$ $H = \text{const};$ $a=c;$ $b=d$ $Z=\text{const}$	$\sqrt{\frac{F_0(q_b + q_d)}{Z(q_a + q_c)}}$	$\frac{F_0}{aZ}$	Z	$\frac{(q_{\text{fl}} + q_{\text{roof}})}{Z} + 2\sqrt{\frac{H^2}{F_0}}Z(q_a + q_c)(q_b + q_d)$	
	$F_0 = \text{const};$ $H = \text{const};$ $a=c;$ $b=d$	$\sqrt{\frac{HF_0}{b} \times \frac{(q_b + q_d)}{(q_{\text{fl}} + q_{\text{roof}})}}$	b	$\frac{F_0}{ab}$	$\frac{H(q_a + q_c)}{b} + 2\sqrt{\frac{H^2}{F_0}}b(q_a + q_c)(q_{\text{fl}} + q_{\text{roof}})$	
	$F_0 = \text{const};$ $H = \text{const};$ $a=c;$ $b=d$ $a=\text{const}$	a	$\sqrt{\frac{HF_0}{a} \times \frac{(q_a + q_c)}{(q_{\text{fl}} + q_{\text{roof}})}}$	$\frac{F_0}{ab}$	$\frac{H(q_d + q_b)}{b} + 2\sqrt{\frac{H^2}{F_0}}a(q_a + q_c)(q_{\text{fl}} + q_{\text{roof}})$	
	$F_0 = \text{const};$ $a=\text{const}$	$\sqrt[3]{\frac{q_{\text{vert}} HF_0}{(q_{\text{fl}} + q_{\text{roof}})}}$	-	$\frac{F_0}{a^2}$	$3\sqrt[3]{\frac{H^2}{F_0}}q_{\text{vert}}^2(q_{\text{fl}} + q_{\text{roof}})$	
	$F_0 = \text{const};$ $a=b$	$\sqrt[3]{\frac{(\sqrt{2}q_c + q_a + q_b)2HF_0}{(q_{\text{fl}} + q_{\text{roof}})}}$	$\sqrt{2}a$	$\frac{2F_0}{a^2}$	$3\sqrt[3]{\frac{H^2(\sqrt{2}q_c + q_a + q_b)^2(q_{\text{fl}} + q_{\text{roof}})}{2F_0}}$	

- a, b, c, d - розміри будинку в плані, м;
- Z - число поверхів.

Показник ефективності проектного рішення розраховується за формулою (2.13):

$$\eta = \frac{3\sqrt[3]{F_0^2 \cdot H^2 \cdot A \cdot B \cdot C}}{F_0 \cdot H \left[\frac{A}{b} + \frac{B}{a} \right] + a \cdot b \cdot C} \quad (2.13)$$

де

$$A = \sum_{i=1,3} [q_{Enc,i} (1 - P_i) + q_{W,i} \cdot P_i]; \quad (2.14)$$

$$B = \sum_{i=2,4} [q_{Enc,i} (1 - P_i) + q_{W,i} \cdot P_i]; \quad (2.15)$$

$$C = q_{Enc,5} (1 - P_5) + q_{W,5} \cdot P_5 + q_{Enc,6}; \quad (2.16)$$

$q_{Enc,i}$ - питомі теплові потоки через зовнішні огорожувальні конструкції, Вт/м², при цьому « $i = 1, 2, 3, 4$ » відноситься до стін, « $i = 5$ » - до покриття, « $i = 6$ » - до перекриття;

$q_{W,i}$ - питомі теплові потоки через заповнення світлових отворів, Вт/м²;

P_i - коефіцієнт скління зовнішнього огороження i - орієнтації;

H - висота поверху, м.

2.10. Візуалізація та анімація будівель

Abvent Artlantis Studio - рішення для високопродуктивної 3D-візуалізації, що дозволяє отримувати якісні фотозображення, панорами віртуальної реальності (QuickTime VR / Panoramas) і відеопрезентації проектів [18].

Програма включає в себе найбільш складні та ефективні функції реалістичного моделювання матеріалів і ефектів освітлення, необхідних для будь-якого тривимірного об'єкту.

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При цьому варто відзначити, що інтерфейс програми є ергономічним і спроектований таким чином, що всі команди виконуються інтуїтивно швидко; миттєвий доступ до всіх елементів реалізується за рахунок використання вкладок. У Abvent Artlantis Studio можна декорувати кожен об'єкт, поверхню і деталь тривимірної сцени своїм власним матеріалом (фактурою), просто перетягуючи його зі створеного каталогу і застосовуючи на свій розсуд (рис. 2.10).

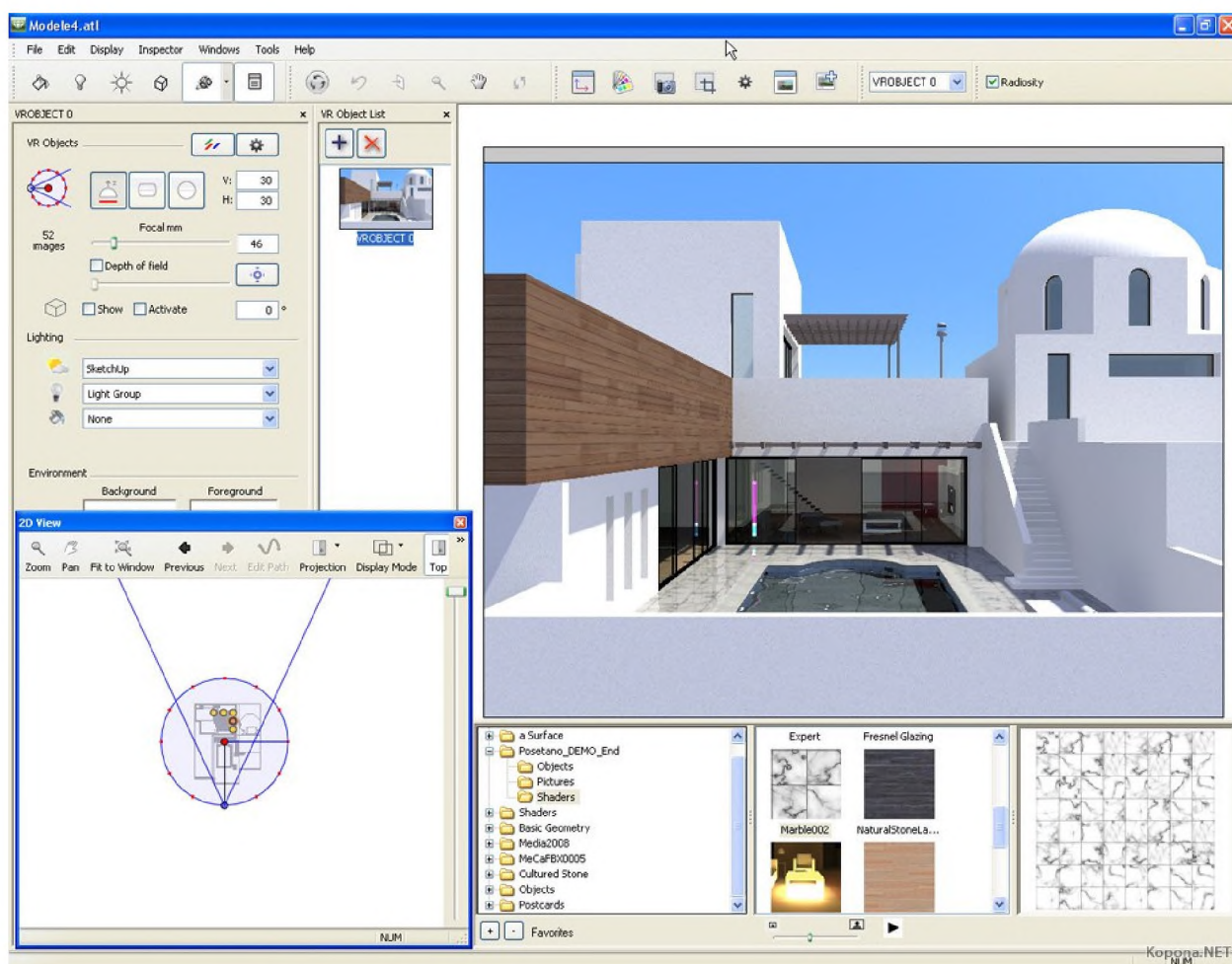


Рис. 2.10. Інтерфейс програмного продукту Abvent Artlantis Studio

Освітлення дозволяє виділяти об'єкти, подібно до того, як це відбувається в реальному світі. Дана програма володіє всіма джерелами світла (прожектори, лампочки, сонце, небо) і повітряними ефектами (різні

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 303.18.00.000 ПЗ

Арк.

62

атмосфери, дифузне відбивання, турбулентність, дифракція, ореол), необхідними для розрахунку найбільш правдоподібних моделей освітлення.

Ще є високофункціональний диспетчер об'єктів, який суттєво полегшує процес компоновки сцен і дозволяє за короткий час зробити їх максимально реалістичними.

Для розрахунку параметрів ракурсу в будь-який потрібний момент і кінцевої візуалізації одним клацанням миші існує вбудований «Модуль пакетної візуалізації».

Такі механізми, як «Radiosity» і «Рендеринг», дозволяють за короткий проміжок часу отримувати реалістичні ілюстрації ще на стадії попереднього перегляду.

Важливою виявленою особливістю при тестуванні програмного продукту є і те, що в Abvent Artlantis Studio має інструменти для зміни яскравості, контрастності і кольоровості створюваного зображення, а також ефекти «Зернистість», «Пастель», «Контур», які відображаються прямо у вікні попереднього перегляду і можуть бути використані як окремо, так і разом. Завдяки цьому, остаточний варіант «фотокартини» можна розробити прямо в самій програмі, не використовуючи інші графічні редактори.

У Abvent Artlantis Studio можна імпортувати файли різних форматів (DWG - DXF, DWF, OBJ, FBX, SKP, 3 DS і т. д.). Можливий прямий експорт з Graphisoft ArchiCAD, Nemetschek VectorWorks і Google програми SketchUp (рис. 2.11). Також програма органічно взаємодіє з периферійним обладнанням від 3D Connection, володіючи апаратною сумісністю.

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

напрями в галузі підвищення рівня енергетичної безпеки урбанізованих територій.

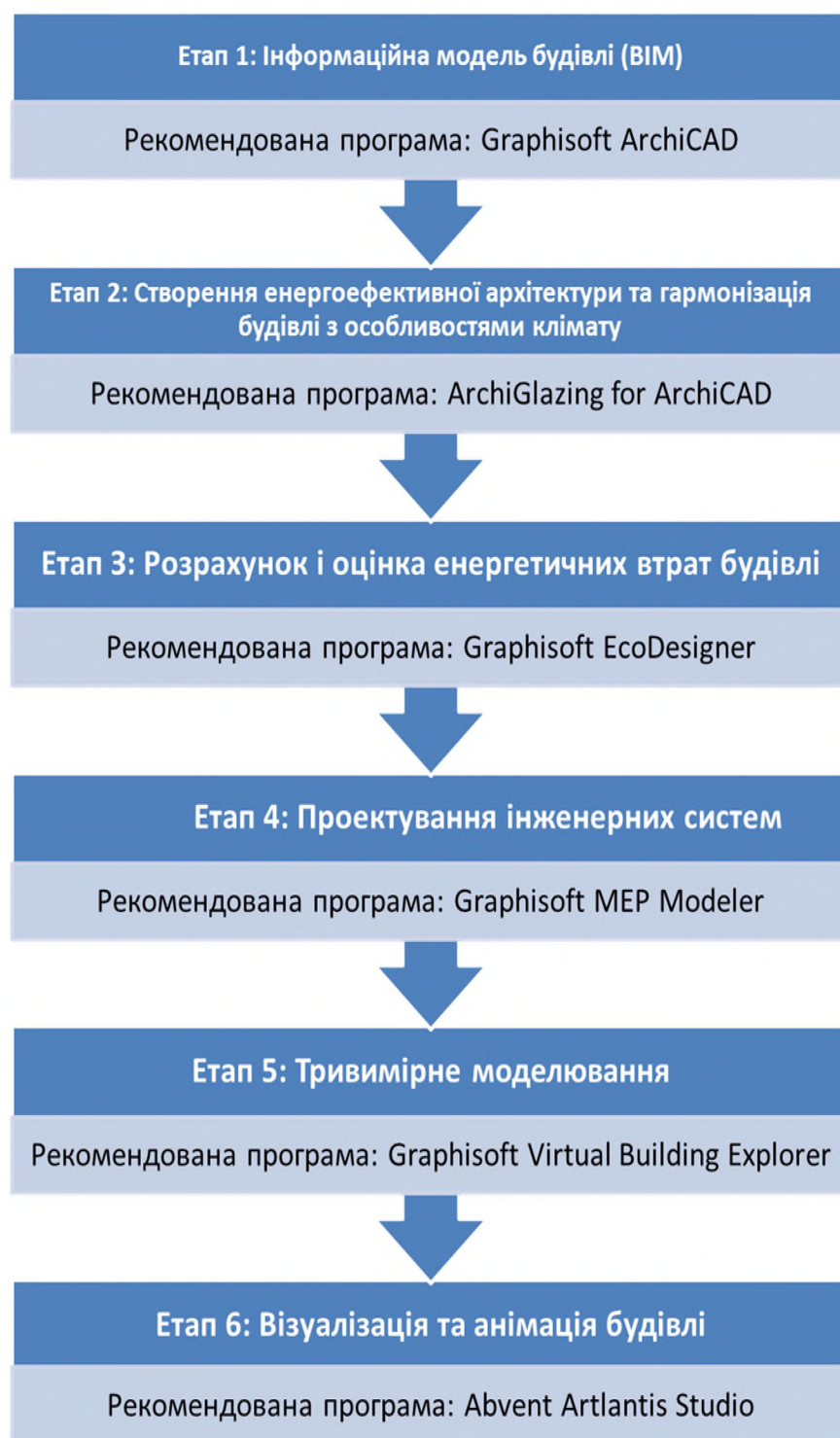


Рис. 2.12. Послідовність етапів застосування систем автоматизованого проектування

Концепція екологічно чистих «розумних» будівель ґрунтується на ідеї використання «природних» конструкційних рішень та природних екологічно безпечних матеріалів. «Розумні» ж будівлі ті, які оснащені технічно досконалими системами, що сприяють зниженню споживання енергії, такими як: системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря; системи освітлення; системи безпеки та інші. Використання екологічно чистих будівельних матеріалів передбачає одноразовий внесок у справу збереження енергії. Однак «розумні» будинки дозволяють зберігати енергію протягом повного циклу життя будови і можуть бути згодом модернізовані для збільшення ефекту.

В повній мірі екологічними можна назвати «Еко-розумні» будівлі (ecosmart building), в яких досягнуто рівноваги між біокліматичною архітектурою, екологічно чистими матеріалами, енергоефективними і технічними системами, що дозволяють контролювати і мінімізувати витрату енергії, так само як і збільшувати комфорт внутрішнього простору, сприяючи, тим самим, продовженню дієздатного терміну життя людини (рис. 2.13).

Існує кілька способів, завдяки яким енергоефективні будівлі дозволяють знижувати споживання енергії. Наприклад, використання природного освітлення (сонячного світла) дозволяє зменшувати залежність від традиційних електричних ламп і, як наслідок, істотно збережуть невідновлювані джерела енергії. Водночас поєднання природного освітлення з «інтелектуальними» системами контролю штучного освітлення може дати ще більшу економію енергії за рахунок автоматичної настройки рівня освітленості залежно від світлового оточення. Так, системи, встановлені в нежитлових кімнатах, можуть переводитися в «сплячий» стан - все освітлення відключається і знижується потужність системи кондиціонування.

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

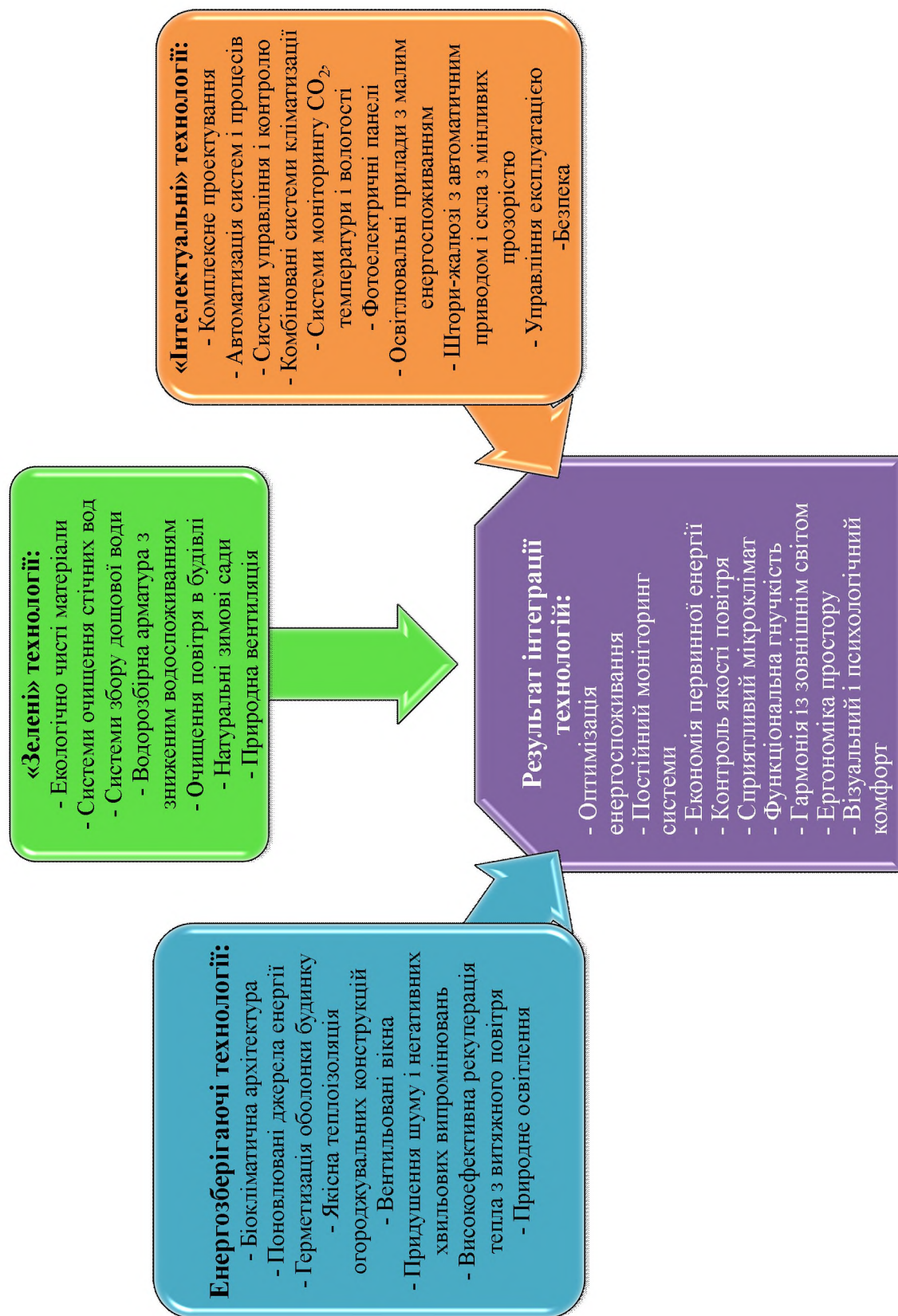


Рис. 4.1. Технологія розумної будівлі, заснована на принципі інтеграції «енергоєфективних», «зелених» і «інтелектуальних» технологій

При появі людей спрацьовують датчики присутності, які подають сигнал увімкнути освітлення, а разом з ним і систему опалення, вентиляції та кондиціонування повітря. Споживання енергії може бути знижено і за рахунок використання активних технологій: фотогальванічних батарей і паливних елементів.

Як свідчать спостереження та результати досліджень фахівців в даній області, системи управління будівлею дозволяють оптимізувати витрати на будівництво, а також скоротити щомісячні експлуатаційні витрати на амортизацію обладнання (табл. 2.5).

Структура «інтелектуального» будинку може бути представлена у вигляді нижченаведеної схеми (рис. 2.14).

Вибір того чи іншого типу (виду) системи повинен бути енергетично, екологічно, функціонально і економічно обґрунтований. Розглянемо, для прикладу, систему кліматизації. Вона являє собою сукупність систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, які можуть бути практично реалізовані в різному поєднанні.

Вибір конкретної системи з метою мінімізації витрат енергії на створення необхідного (нормативного) теплового режиму є результат вирішення задачі: знайти таке управління витратою енергії $Q(\tau)$, затрачуваної на теплопостачання будинку (приміщення), яке задовольняє рівнянню теплового балансу приміщення з відповідними обмеженнями і для якого виконується умова (2.17):

$$\int_{\tau} Q(\tau) d\tau \rightarrow \min \quad (2.17)$$

де

$$Q(\tau) = \sum_i Q_i + Q_{\text{inf}} + Q_{\text{in}} \quad (2.18)$$

де $\sum_i Q_i$ - теплота, що витрачається на нагрівання огорожувальних конструкцій;

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Q_{inf} - теплота, що втрачається за рахунок інфільтрації та повітрообміну;

Q_{in} - теплота, що витрачається на нагрівання внутрішнього повітря.

Таблиця 2.5

Оптимізація витрат при інтеграції систем управління

Інтегрований інтелектуальний модуль	Одержуваний результат
Єдине управління інженерними системами	Відстеження строків заміни обладнання, прогнозування та оптимізація витрат на підтримку інженерних систем в робочому стані
Автоматизований облік комунальних послуг	Облік і прогнозування витрат на електроенергію і теплоносії, вибір оптимальних режимів енергоспоживання, можливість прийняття правильних заходів з економії енергії
Управління системами безпеки	Спрощення процесу страхування майна та забезпечення захисту людей і власності, підвищення рівня престижності об'єкта
Автоматизація управління бізнес-процесами	Облік і аналіз витрат на експлуатацію будинку в цілому
У результаті: економічність і комфорт будівлі, підстроювання роботи обладнання під потреби людини	

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

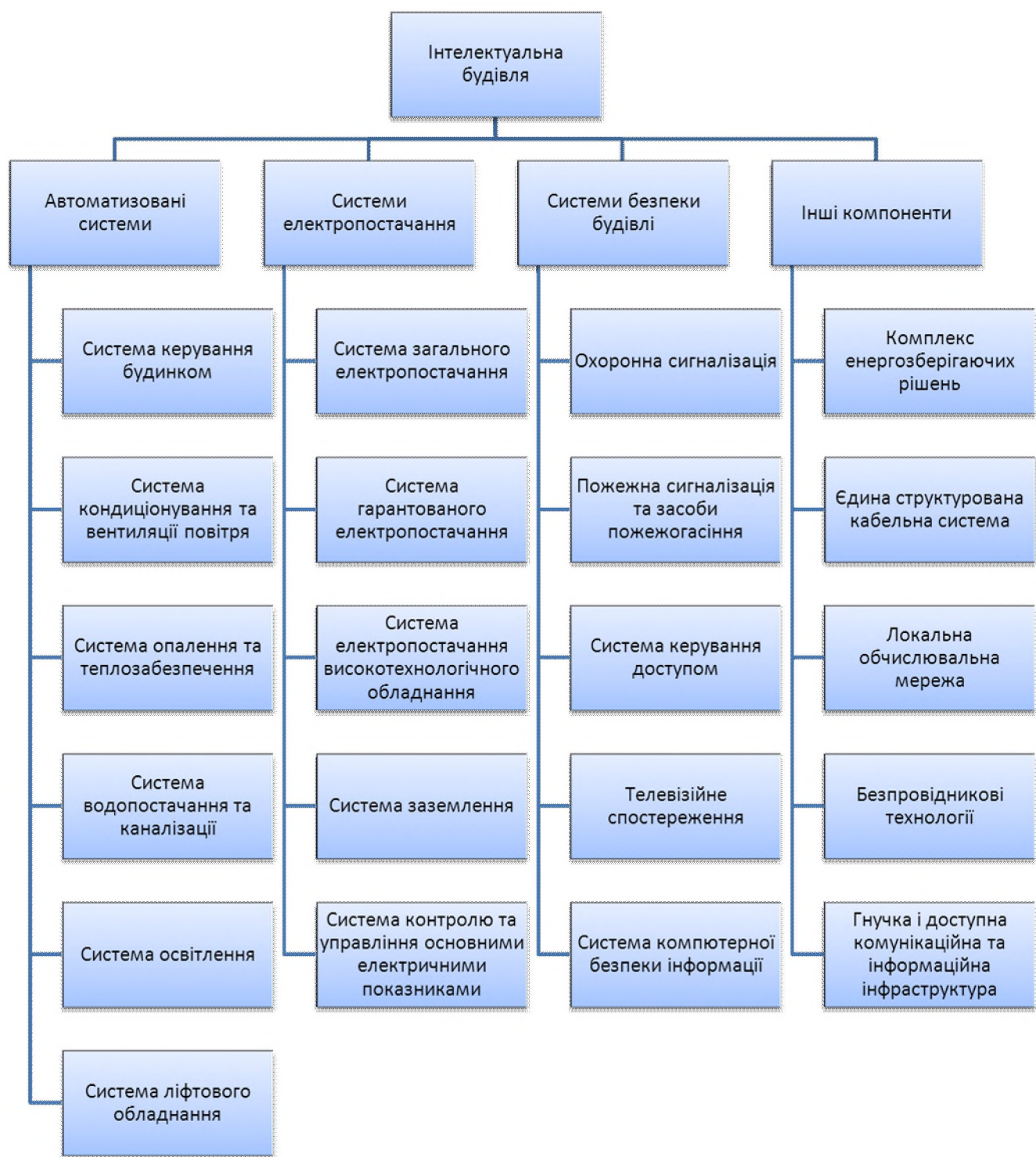


Рис. 2.14. Основоволожні компоненти в структурі «інтелектуальної» будівлі

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 303.18.00.000 ПЗ

Арк.

70

Управління, яке дає рішення поставленої задачі, називається «оптимальним управлінням».

Результатом суміщення «розумних» технологій та екологічного підходу в будівлях можна назвати також:

- сучасний спосіб оптимізації витрати води та електроенергії за рахунок наявності інфраструктури лічильників, за допомогою яких можна відстежувати реальне використання ресурсів;
- інноваційні системи моніторингу CO₂, температури і вологості, що дають можливість отримувати дані про необхідність вентиляції приміщень з метою поліпшення якості повітря всередині приміщень і рівня комфорту. Вони дозволяють регулювати інтенсивність роботи систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря.

Структура поетапної реалізації комплексної інтеграції інтелектуальних технологій в будівлі схематично зображена нижче (рис. 2.15).

2.12. Інформаційно-вимірювальна система

Сучасна автоматизована система моніторингу мікроклімату - це комплекс програмно-апаратних засобів, основним завданням якого є отримання повної інформації від всіх експлуатованих підсистем, для прийняття правильного рішення і виконання відповідної дії. Надалі такі системи зможуть контролювати теплове навантаження в кімнатах залежно від пори року і доби, а також допоможуть проектувати будівлі, враховуючи внутрішній розподіл теплової енергії та індивідуальні особливості кожного приміщення.

У системах автоматичного управління зазвичай вимірюються, регулюються і обробляються наступні фізичні параметри технологічного обладнання: температура, тиск, електричний струм, напругу. Для проведення

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

постійного або хоча б контрольного моніторингу будівель і споруд потрібні насамперед дешеві та надійні первинні перетворювачі (датчики).

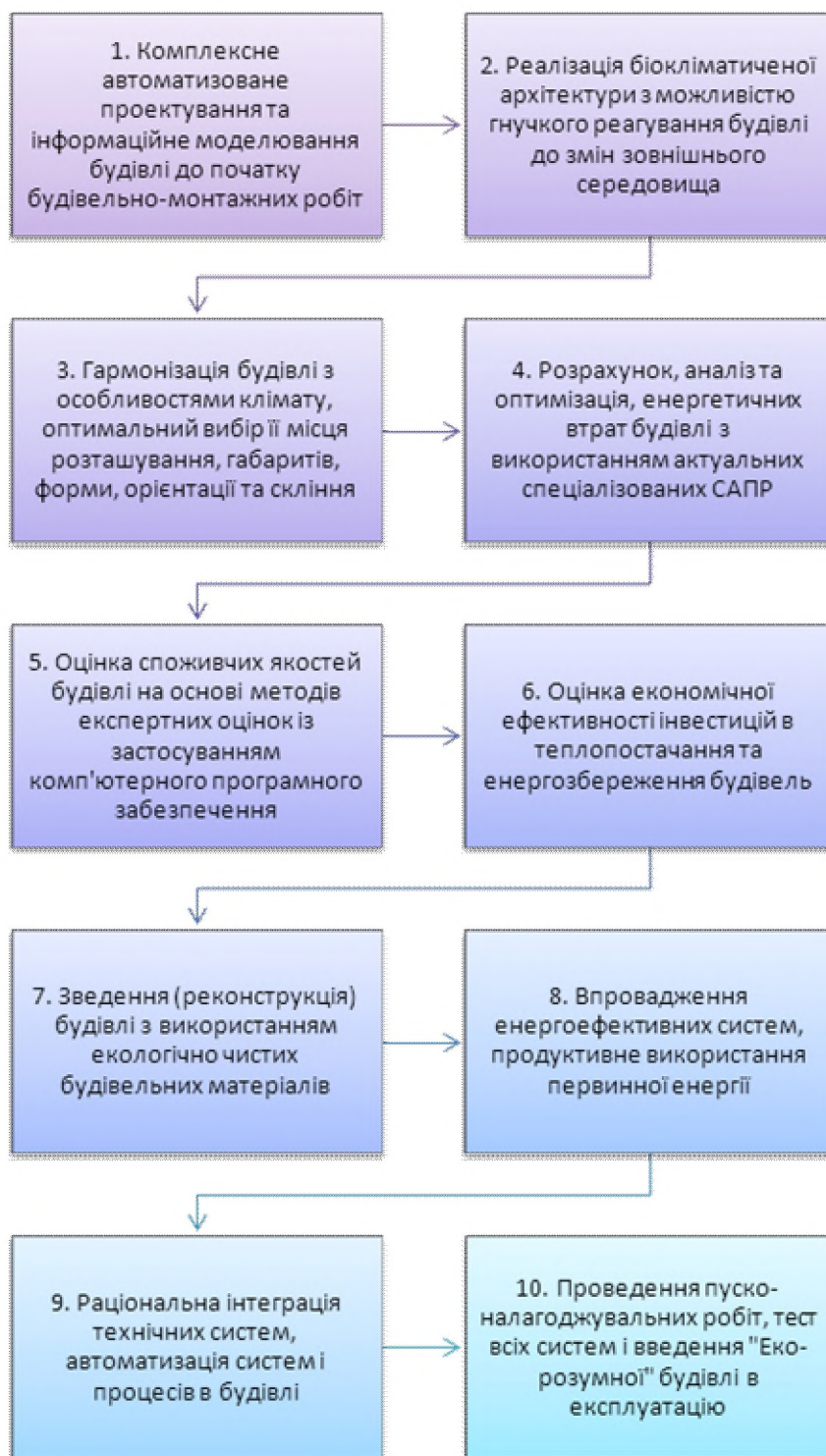


Рис. 2.15. Поетапна (з можливістю паралельного ведення декількох етапів) комплексна інтеграція інтелектуальних технологій в будівлі з метою

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Накопичучі і обробні системи на основі персональних комп'ютерів вже є, і вони довели свою надійність. Слабкою системою збору та обробки даних зараз є датчики і канали зв'язку. Підвищення рівня їх екологічної безпеки та енергоефективності. Практика експлуатації таких систем показала, що основним їх недоліком є неможливість забезпечити надійну передачу даних по каналах зв'язку (через наявність індустриальних перешкод, короткострокових і довгострокових відключення харчування тощо). В результаті безперервного процесу накопичення та обробки даних цілі пакети даних пропадають. Відновлення їх, скажімо шляхом екстраполяції вносить деколи досить істотні спотворення в реальну картину. З іншого боку практично всі застосовувані в даний час датчики мають аналоговий вихідний сигнал, який також спотворюється перешкодами діючими як безпосередньо на датчик, так і на канали зв'язку. Тому важливо, щоб датчик мав можливість вимірювати ним аналогову величину перетворити в цифровий код і по каналах зв'язку передавати цей код накопичувачам і обробляючим пристроям. Тобто вимірювальний перетворювач повинен бути телеметричним. Останнім часом спостерігається зростання інтересу до інтелектуальних датчикам, які знаходять все більш широке застосування в самих різних сферах.

В якості апаратних засобів, були обрані інтелектуальні компоненти фірми Dallas Semiconductor, що підтримують однопровідний протокол MicroLAN. На основі цієї технології ми постаралися створити просту в експлуатації, дешеву, гнучку і надійну інформаційно-вимірювальну систему збору та обробки інформації. Основне призначення створеної системи моніторингу мікроклімату в приміщеннях - вимірювання температури і вологості в безлічі приміщень. Але крім того вона надає нам і додаткові можливості, такі як вимірювання атмосферного тиску, температури зовнішнього повітря, температури нагрівальних елементів (для оцінки потужності), теплового потоку через огорожувальні конструкції, швидкості і напрямку вітру на вулиці, відкриття і закриття вікон і дверей в єдиному

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вимірювальному комплексі. Дана система дозволяє оцінювати: залежність температури в приміщенні від температури навколишнього середовища; залежність вологості всередині приміщення від температури навколишнього середовища; залежність вологості повітря від атмосферного тиску; залежність температури в приміщенні від швидкості і напрямку вітру на вулиці; величину теплового потоку через огорожувальні стіни будівель в залежності від температури навколишнього середовища, температури в приміщенні, швидкості і напрямку вітру на вулиці; залежність температури і вологості в приміщенні від кількості та тривалості відкриття / закриття вікон і дверей; виміряти температури поверхні нагрівальних елементів, і розподіл його температури по висоті; встановлювати залежність температури поверхні нагрівального елемента від потужності обігріву і температури на вулиці. Ці додаткові функції дозволяють поряд з контролем мікроклімату оцінювати вплив різних чинників на шуканий мікроклімат, а також формувати попереджувальні управляючі дії при зміні параметрів зовнішнього повітря, тому що тепла система володіє значною інерційністю.

Створена система складається з датчиків температури, вологості, теплових втрат через огорожувальні конструкції, оповіщення відкриття вікон і дверей, атмосферного тиску, швидкості і напрямку вітру. Блок-схема вимірювальної система зображена на рис. 2.16. При цьому ми прагнули виключити надмірність конфігурації мережі, тобто створити мережу максимально простою топологічно і з мінімальним набором компонент. Говорячи про мінімальний набір компонент, ми маємо на увазі компоненти службового характеру, такі як адресовані ключі. Ці компоненти не поставляють інформацію про об'єкти, але, тим не менш, навантажують лінію.

Всі датчики за однопровідною схемою підключаються до адаптера, основою якого становить мікроконтролер, який включається в COM порт будь-якого персонального комп'ютера через інтерфейс RS 232.

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

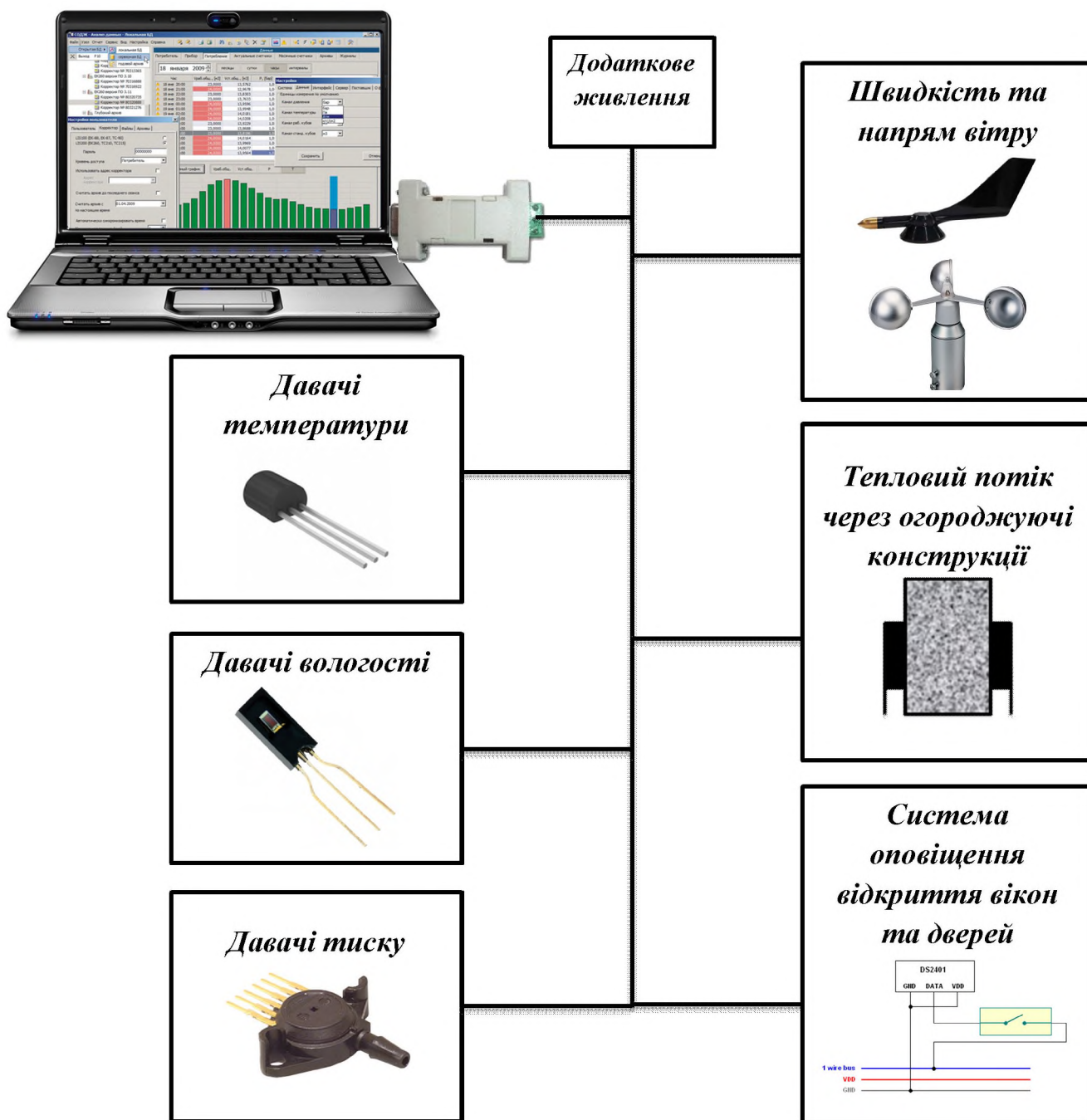


Рис.2.16. Блок-схема вимірювальної системи

Призначенням адаптера є підсилення сигналів, а також генерування комунікаційних сигналів. Використання додаткового живлення пов'язано з тим, що на однопровідній лінії знаходиться безліч пристроїв мережі Microlan.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 303.18.00.000 ПЗ

Арк.

75

Використане нами програмне забезпечення включає в себе функції збору та обробки інформації. Структура однопровідної лінії MicroLAN і програмне забезпечення дозволяє легко додавати або видаляти нові компоненти, для більш повного моніторингу. Покази датчиків відображаються на екрані комп'ютера в графічному і цифровому поданні в режимі реального часу. У програмі передбачено встановлення частоти оновлення даних, завдання часу роботи програми, після закінчення якого програма перестав проводити вимірювання, а також змінює масштаб виведеного на екран графічного зображення. Можливість колірних налаштувань графічних зображень дозволяє налаштувати програму під себе: тобто поміняти колір осей, графіка, фону і т.д.

Результати вимірювання при бажанні можна записати в текстовий файл або у файл Microsoft Excel, для полегшення їх подальшої обробки, наприклад складання графічних діаграм за обраними показниками для наочного подання інформації. Також передбачена можливість збереження в файл виведених програмою графічних зображень. Для зменшення розміру файлу з результатами в програмі передбачена можливість вибору запису необхідних для нас показників. Також можна обмежити розрядність виведеної інформації, шляхом зменшення кількості символів, що виводяться після коми. Якщо при знятті показів якогось датчика стався збій читання, наприклад розрив лінії, то програма виводить на екран про це повідомлення, супроводжуване звуковим ефектом.

Зручний і інтуїтивно зрозумілий зовнішній інтерфейс дозволяє працювати з програмою без попереднього навчання. Для «не просунутих» користувачів в програмі передбачено використання докладної довідки. Дане забезпечення універсально у використанні, тобто воно може бути реалізована як на звичайних персональних комп'ютерах, так і на ноутбуках, а також на кишенькових комп'ютерах. Блок схема створеного програмного забезпечення, а також реалізації алгоритму суміщення компонентів мережі

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

MicroLAN і мікроконтролера ATtiny1 5 L фірми «Atmel» представлена на рис. 2.17.

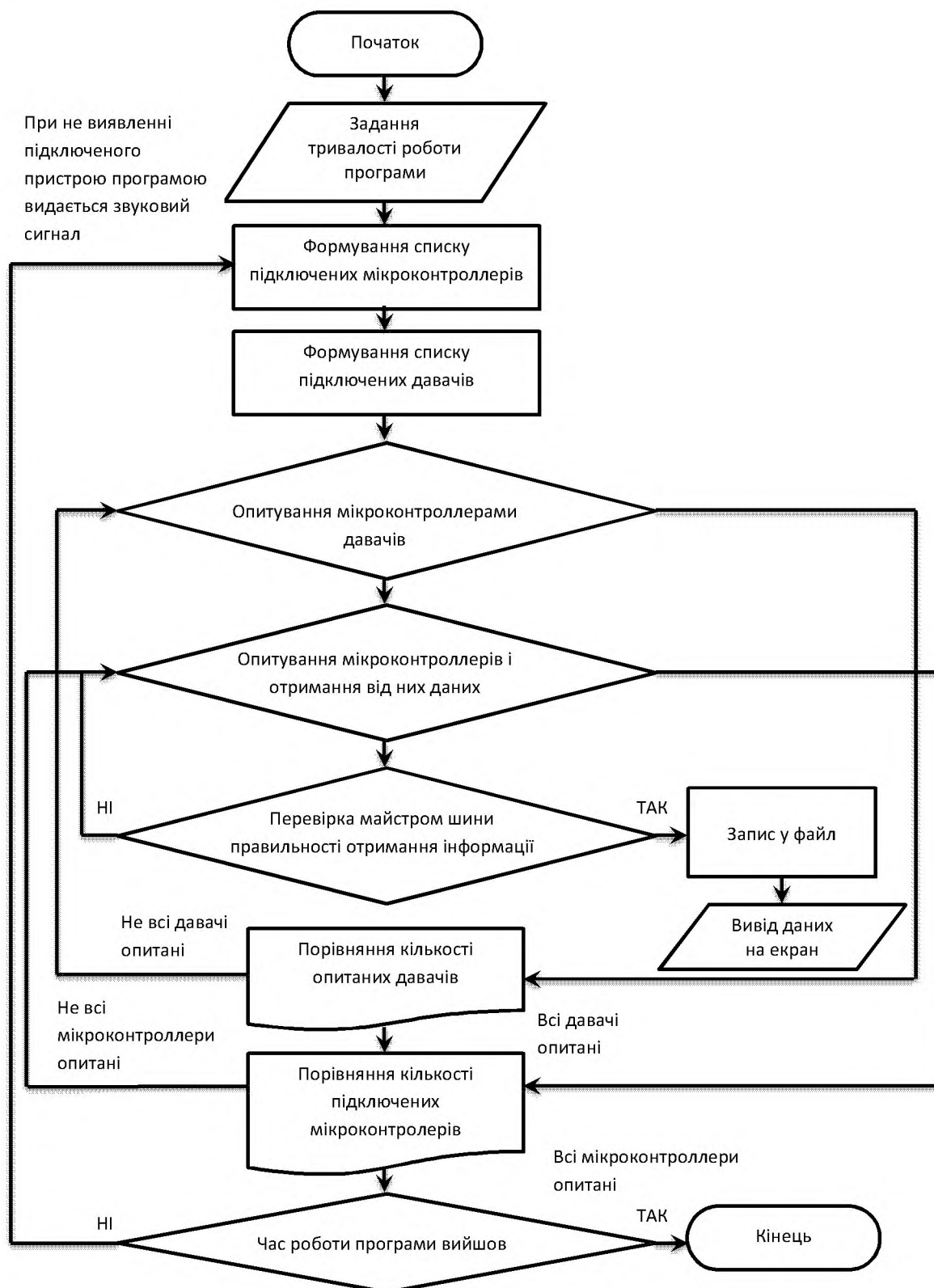


Рис. 2.17. Блок схема реалізації алгоритму суміщення компонентів мережі MicroLAN і мікроконтролера ATtiny1 5 L фірми «Atmel»

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 303.18.00.000 ПЗ

Арк.

77

2.13. Вимірювання швидкості вітру

Для визначення швидкості вітру існує безліч приладів самих різних конструкцій. Принцип роботи цих приладів зводиться до одного: вітер крутить вертушку, а лічильник числа оборотів (механічний або електричний) вимірює швидкість обертання. Такі прилади називаються анемометрами (у перекладі з грецької - вітромір). Лопаті вертушки анемометрів мають різну форму і розміри, залежно від призначення пристрою. Розрізняють три види цих елементів: чашкові вертушки, вільно підвішена пластина і повітряний гвинт.

Часто для вимірювання швидкості вітру широко використовуються магнітні датчики (визначення швидкості обертання вертушки). Головною особливістю магнітних датчиків є швидкодія і можливість виявлення і вимірювання безконтактним способом. Однак у силу характеру магнітних явищ ефективна робота цих датчиків значною мірою залежить від такого параметра, як відстань, і звичайно для магнітних датчиків необхідна достатня близькість до магнітного поля. Ще одним істотним недоліком є відносно висока вартість подібних датчиків. Тому нами для створення найпростішого анемометра був обраний геркон (герметичний перемикач) і лічильник імпульсів з вбудованим АЦП від фірми Maxim - Dallas - DS 2423 P. Зовнішній вигляд DS2423P представлений на рис. 2.18.

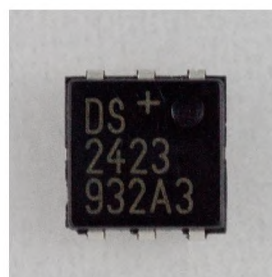
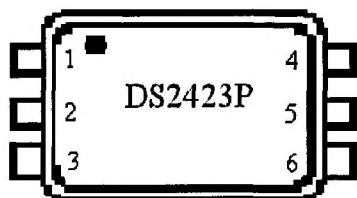


Рис. 2.18. АЦП з вбудованим лічильником імпульсів DS 2423 P фірми Dallas Semiconductor (Розміри $3.7 \times 4 \times 1.5$ мм) 1 - Земля; 2 - Дані; 3 - живлення; 4 - Не використовується; 5 - Вхідний канал В; 6 - Вхідний канал А.

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

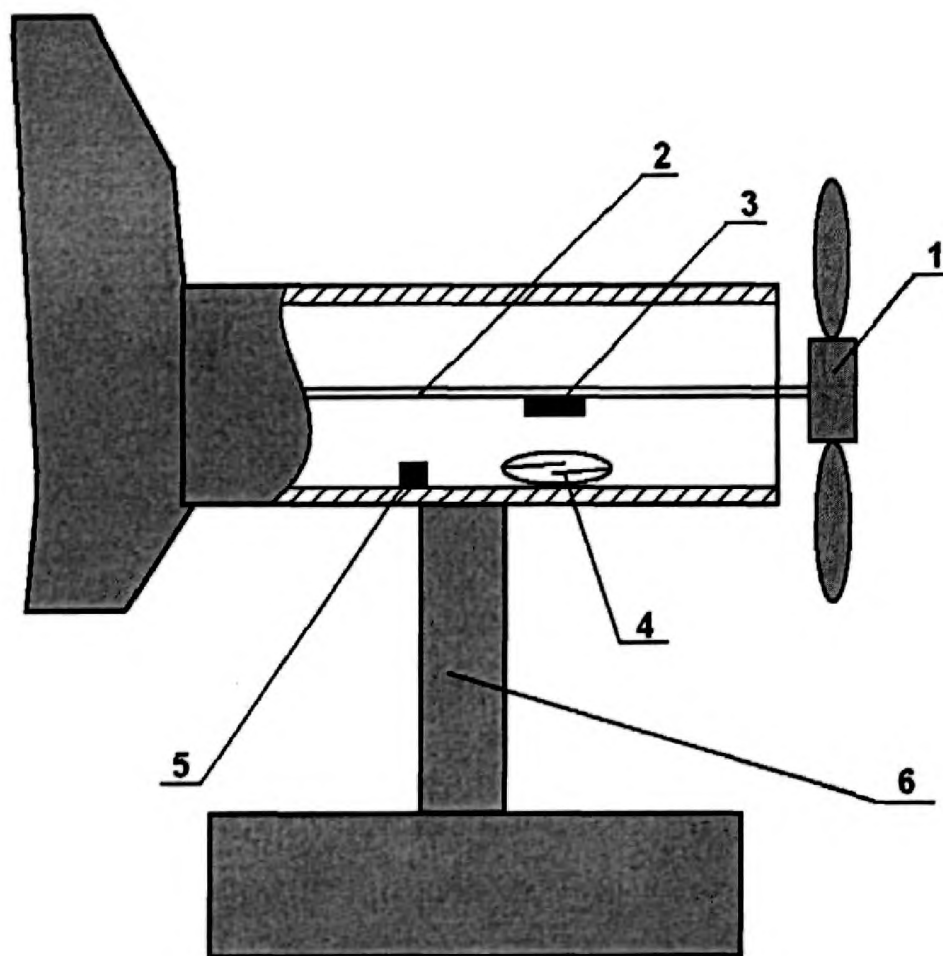


Рис. 2.19. Пристрій для вимірювання швидкості вітру
1 - вітряк; 2 - обертовий стержень; 3 - магніт; 4 - геркон; 5 - АЦП зі
вбудованим лічильником імпульсів DS 2423 P; 6 - підставка

Вимірювання швидкості вітру визначається шляхом підрахунку замикань контактів геркона (герметичний перемикач) і остаточно визначається лічильником імпульсів з вбудованим АЦП марки DS 1423 P. Геркон замикає й розмикає електричне коло від джерела живлення, при обертанні вітряка на якій закріплений магніт. У програмі обробляється отримане число за одиницю часу, і за відомим радіусом стержня, на екран комп'ютера видається числова величина швидкості вітру. Зображення вікна

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 303.18.00.000 ПЗ

Арк.

79

програми з вимірювання швидкості вітру і напрямку вітру представлено на рис. 2.20.

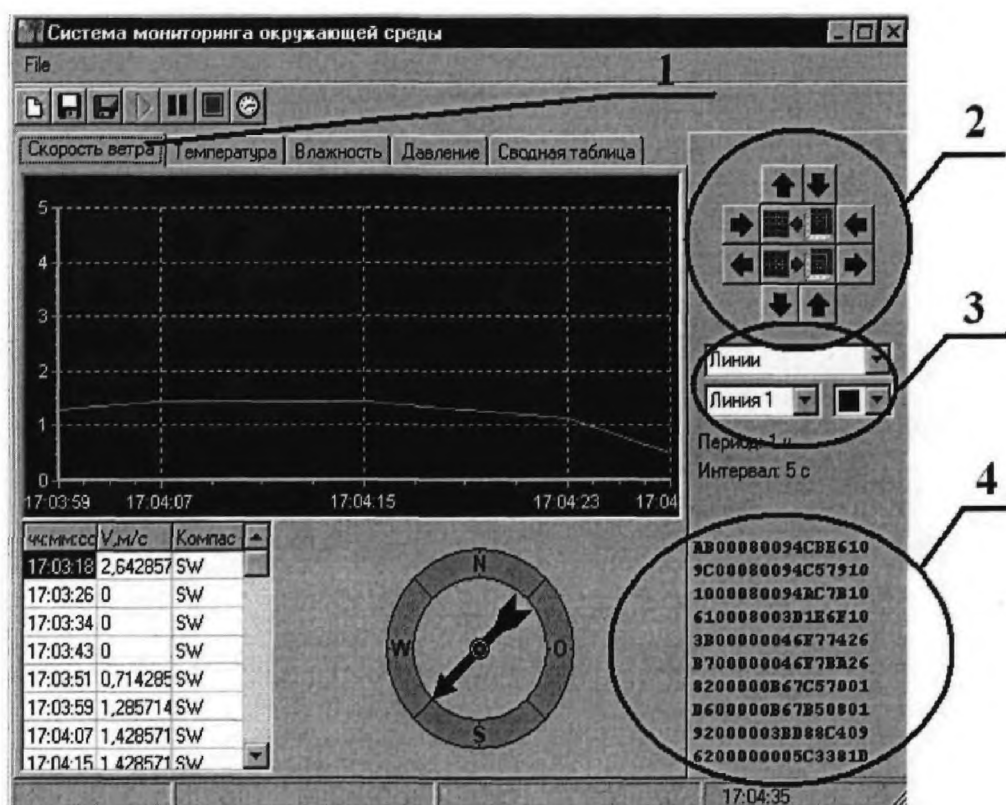


Рис. 2.20. Вікно програми для вимірювання швидкості і напрямку вітру

1 - кнопки вибору вікна процесу

2 - кнопки зміни масштабу зображення, що виводиться, а також переходу з 2D площини в 3D

3 - кнопки зміни колірних налаштувань графічних зображень

4 - ідентифікаційні номери всіх підключених пристроїв MicroLAN

Як видно з малюнка дані надходять з датчика відображаються як в графічному, так і цифровому поданні в режимі реального часу.

Таким чином запропонований нами прилад, в сукупності з вибраним програмним забезпеченням дозволяє вимірювати середню і миттєву швидкість вітру (залежно від частоти опитування).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 303.18.00.000 ПЗ

Арк.

80

2.14. Вимірювання напрямку вітру

Напрямок вітру визначають за допомогою міцного легкого флюгера з оптимально підібраним геометричним співвідношенням, що забезпечує хороше відтворення флуктуації напрямку повітряного потоку. Форми флюгера різноманітні, але більшість має дві лопаті (пластини) під кутом один до одного, що створює їм стійкість у повітряному потоці і підвищує чутливість.

На основі досліджених форм запропонований флюгер з алюмінію завтовшки 0,5 мм. Як визначення напрямку вітру використовуються цифрові електронні мітки DS 2401 P фірми Dallas Semiconductor (рис. 2.21).

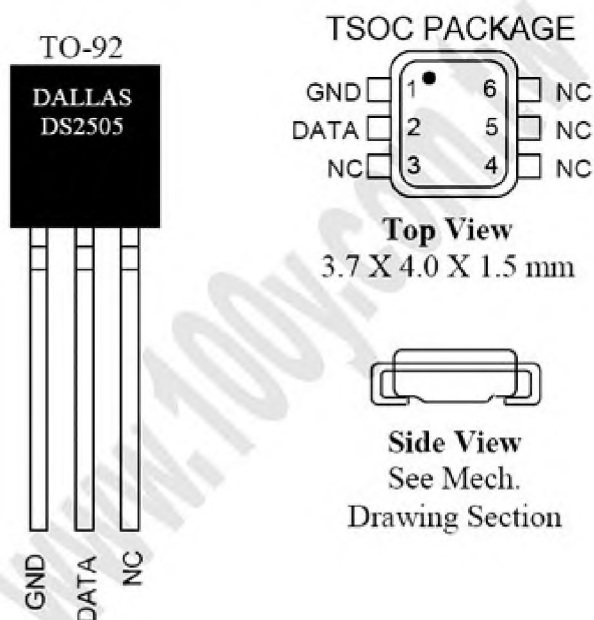


Рис. 2.21. Електронна мітка DS2401P фірми Dallas Semiconductor 1 - земля; 2 - дані; виводи з 3 по 6 - не використовуються

Електронна мітка DS 2401 маючи низьку вартість, є найпростішим універсальним електронним реєстраційним приладом, який забезпечує абсолютну унікальну ідентифікацію і може бути прочитаний за допомогою мінімального по ресурсах електронного інтерфейсу, що представляє собою звичайно єдиний контакт двонаправленого порту мікроконтролера з середніми характеристиками продуктивності. Цей прилад є найпростішим

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

однопровідним пристроєм, який володіє всіма можливостями необхідними для роботи у складі мереж MicroLAN. DS 2401 складається з заводського, 64-бітового ПЗУ, яке включає унікальне 48-бітове число, 8-бітовий код контрольної суми CRC, і 8-бітовий Груповий Код Сімейства (Oih). При роботі з приладом інформація передається послідовно допомогою 1-провідного протоколу, для реалізації якого потрібно єдина лінія, що забезпечує передачу даних і поворотну землю. Живлення приладу здійснюється від лінії даних і не вимагає, іншого або зовнішнього джерела живлення.

Запропонований флюгер для визначення напрямку вітру представлений на рис. 2.22.

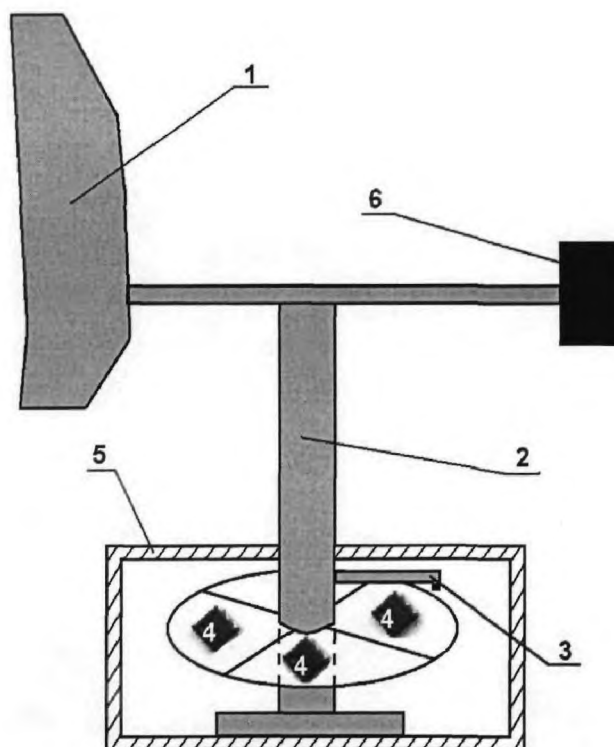


Рис. 2.22. Пристрій для вимірювання напрямку вітру

- 1 – флюгер з нержавіючої сталі; 2 – обертовий залізний стержень;
3 – стрілка, що обертається разом зі стержнем на кінці якої припаяний контакт; 4 – електронна мітка DS 2401 Р; 5 – корпус - підставка; 6 – вантаж

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 303.18.00.000 ПЗ

Арк.

82

Вимірювання відбувається таким чином - лінія даних, по якій відбувається обмін інформацією, підключена до стрілки 3. Цифрові електронні мітки (4) закріплені на алюмінієвих пластинах, розташованих біля основи флюгера. Стрілка 3 та алюмінієві пластини із закріпленими мітками влаштовані таким чином, що як мінімум однієї пластини стрілка стосуватиметься. Замикання алюмінієвої пластини і стрілки 3 (лінія даних) викликає спрацьовування електронної мітки, яка сигналізує про це контролер шини. Програмне забезпечення за номером мітки визначає напрямок вітру як в графічному, так і цифровому вигляді. У тому випадку якщо замкнуті дві мітки - наприклад мітка "північ" і мітка "захід", програма виводить зображення компаса з направленням північний захід.

2.15. Система вимірювання температури і теплових втрат через огорожувальні конструкції

Вимірювання температури останнім часом набуває все більшої актуальності для більшості технологічних процесів. Якість температурного контролю часто обумовлює успіх процесу виробництва. Існують десятки різних пристроїв, що застосовуються в промисловості, при наукових дослідженнях, для спеціальних цілей. Згідно з вимогами, що пред'являються до датчиків для вимірювання температури в приміщеннях, людина може відчувати зміну температури тільки при зміні її мінімум на 2 °С, однак при наданні неповних або неякісних комунальних послуг передбачається зниження оплати, наприклад при падінні температури на 1 градус оплата знижується на 20 %. Отже похибка вимірювання температурних датчиків повинна складати не більше 1 °С. Фірма Maxim - Dallas випускає подібні датчики температури - DS 1820. DS 1820 - цифровий термометр, що забезпечує 9-ти бітове зчитування показів температури. Зовнішній вигляд датчика представлений на рис. 2.23.

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Незважаючи на обмежену абсолютну точність, мала дискретність представлення температури є дуже бажаною, бо дуже часто на практиці потрібні відносні вимірювання.

Принцип дії цифрових датчиків температури фірми DALLAS заснований на підрахунку кількості імпульсів, вироблюваних генератором з низьким температурним коефіцієнтом у тимчасовому інтервалі, який формується генератором з великим температурним коефіцієнтом. Лічильник ініціалізується значенням, відповідним $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ (мінімальної вимірюваної температури). Якщо лічильник досягає нуля перед тим, як закінчується часовий інтервал (це означає, що температура більше $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$), то регістр температури, який також ініціалізований значенням $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$, інкрементується. Одночасно лічильник передвстановлюють новим значенням, яке задається схемою формування нахилу характеристики. Ця схема потрібна для компенсації параболічної залежності частот генераторів від температури. Лічильник знову починає працювати, і якщо він знову досягає нуля, коли інтервал ще не закінчений, процес повторюється знову. Схема формування нахилу завантажує лічильник значеннями, які відповідають кількості імпульсів генератора на один градус Цельсія для кожного конкретного значення температури. По закінченню процесу перетворення регістр температури буде містити значення температури. Всі датчики температури мають в своєму складі три основних компоненти: 1) 64-бітовий постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП); 2) власне датчик температури і 3) енергонезалежні тригери нижнього і верхнього порогів температур TL і TH.

Запропонована нами система вимірювання температури і теплових втрат через огорожувальні конструкції складається з 4 послідовно з'єднаних інтелектуальних датчиків DS 1820. Один з цих датчиків знаходиться на вулиці для контролю температури навколишнього середовища. Другий закріплений в стіні із зовнішнього боку, а напроти нього з внутрішньої сторони закріплений третій датчик для контролю теплових втрат через стіну.

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Четвертий датчик розташовується усередині приміщення для вимірювання внутрішньої температури кімнати (рис. 2.24). Датчик для вимірювання температури зовнішнього повітря ще необхідний і для обчислення коефіцієнта теплопередачі огорожувальних конструкцій. Вимірювання теплових потоків через стіни будівель необхідно для оцінки частки втрат теплової енергії через стіни з метою вироблення заходів щодо зниження теплових втрат. Ці виміри також дозволяють оцінити ступінь теплофізичної неоднорідності захисної конструкції, що є важливою характеристикою. З точки зору системи контролю мікроклімату необхідність оцінки теплових потоків через стіни будівель обумовлюється тим, що ці теплові втрати можуть надавати істотний вплив на мікрокліматичні параметри в приміщенні (температуру, вологість). Стандартно використовуваний метод вимірювання теплових потоків через огорожувальні конструкції викладено в ГОСТ 25380-82, де також регламентуються умови проведення вимірювань.

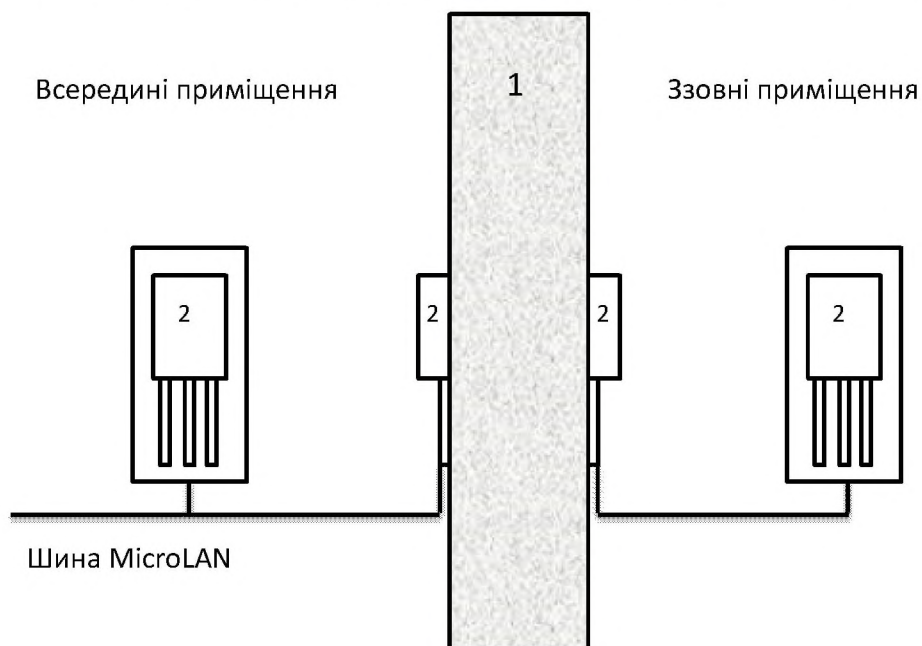


Рис. 2.24. Система вимірювання температури

1 - огорожувальна конструкція

2 - датчики температури

Цей метод заснований на використанні додаткової стінки, що прикріплюється до захисної конструкції на час проведення вимірювань,

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зняття температур, після чого шуканий тепловий потік обчислюється за формулою:

$$q = \frac{\lambda(T_1 - T_2)}{\delta} \quad (2.19)$$

де λ - теплопровідність додаткової стінки (ДС), Вт/(м·К);
 $(T_1 - T_2)$ - різниця температур з різних сторін ДС (°С);
 δ - товщина ДС, м.

Однак даний метод має такі недоліки:

1. Згідно ГОСТ 25380-82, товщина додаткової стінки (δ) повинна бути принаймні в 10 разів менше товщини самої огорожувальної конструкції, тому різниця температур $(T_1 - T_2)$ з різних сторін додаткової стінки при характерних значеннях теплових втрат через стіни будівель мала. Тому «зловити» цю різницю температур можливе лише за умови вимірювання температури з дуже високою точністю, а це на практиці являє собою досить важке завдання. Компенсувати цей недолік шляхом збільшення різниці температур $(T_1 - T_2)$ за рахунок використання в якості додаткової стінки матеріалу з дуже низьким коефіцієнтом теплопровідності також представляється скрутним, тому що в цьому випадку додаткова стінка починає працювати в якості теплоізоляції і сильно знижує тепловий потік, деформуючи тим самим поле температури і вносячи неприпустимі спотворення в вимірюваний процес.

2. ГОСТ вимагає проведення вимірювання в сталих умовах, коли температура не буде змінюватися протягом 10 хв. Однак стаціонарні умови теплопереносу через стіни приміщень на практиці часто не досягаються взагалі через значне добове коливання температури зовнішнього повітря в поєднанні з відносно низькою теплопровідністю матеріалу огорожувальної конструкції і її відносно великою товщиною. Наприклад, якщо взяти товщину цегляної стіни 0,25 м, то характерний час встановлення

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стаціонарного процесу теплопровідності, що оцінюється за формулою дорівнюватиме ~ 34 годин.

Це більше або принаймні порівняти з характерним часом зміни температури протягом доби. Тому стаціонарні умови теплопереносу через додаткову стінку також можуть не досягатися, так як процес теплопереносу через основну стіну є нестаціонарним.

3. Використання додаткової стінки передбачає її прикріплення тільки на час проведення вимірювань, а не постійне місце розташування і моніторинг. Тому для цілей постійного моніторингу теплових потоків даний метод погано підходить хоча б тому, що додаткова стінка по-перше, може не задовольняти вимогам дизайну, а по-друге, в цьому методі необхідно чекати сталих умов і підбирати підходящі моменти на тлі добової зміни температури навколишнього середовища.

В силу викладеного вище, ми пропонуємо вдосконалений метод вимірювання густини теплового потоку через огорожувальні конструкції стосовно до нашої системи моніторингу основних параметрів мікроклімату, який ґрунтується на ГОСТ 25380-82, і в той же час є модернізацією цього методу. Наш метод полягає у безупинному вимірі температур поверхні з різних сторін захисної конструкції, безперервному розрахунку розподілу температури по її товщині з урахуванням історії розвитку нестаціонарного процесу теплопровідності і безперервному обчисленні густини теплового потоку, що проходить через внутрішню (або зовнішню) поверхню огорожувальної конструкції. Вирішення цього завдання зажадало чисельної реалізації розв'язання рівняння нестаціонарної теплопровідності зі змінними граничними умовами та інтеграції цього чисельного рішення з автоматизованою системою вимірювання температури, так як ці змінні граничні умови в кожен момент часу представляють собою виміряні температури з обох боків стіни.

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відмінності цього методу від викладеного в ГОСТ 25380-82 полягають у наступному:

1. Замість використання додаткової стінки, температури вимірюються з різних сторін самого огороження. Це дає такі переваги: а) в нашому методі «зловити» різницю температур з різних сторін стіни набагато легше, ніж у методі додаткової стінки, так як сама захисна конструкція принаймні в 10 разів товстіша додаткової стінки; б) відсутня додаткова стінка не робить додаткового теплоізолюючого впливу, деформуючого поле температури і вносить спотворення в вимірюваний процес.

2. Замість сталих умов, в нашому методі вимірювання проводяться в нестационарних умовах. Це дає такі переваги: а) відсутні похибки, характерні для оцінки теплового потоку за формулою (2.20), які викликані нестационарністю процесу теплопровідності в реальних умовах вимірювання теплового потоку через стіни будівель; б) наш метод добре підходить для постійного автоматизованого моніторингу, так як немає необхідності вичікування сталих умов, і, крім того, не вибагливий до вимог дизайну.

Математичне формулювання задачі нестационарної теплопровідності зі змінними граничними умовами першого роду наступна.

Рівняння одновимірної нестационарної теплопровідності:

$$\frac{dt}{d\tau} = \alpha \frac{d^2 T}{dx^2} \quad (2.20)$$

Змінні граничні умови першого роду:

при $x = 0$: $T = T_1(\tau)$ при $x = L$: $T = T_2(\tau)$

Початкові умови $\tau = \tau_0$: $T = T(x)$, $0 < x < L$.

Наведене вище вище формулювання задачі є замкнутим з математичної точки зору. Вирішення цієї крайової задачі дає розподіл температури по товщині стіни в будь-який момент часу.

Для вирішення поставленої крайової задачі була проведена дискретизація по просторовій координаті x і часу τ . Розв'язок задачі в

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

режимі реального часу здійснюється таким чином. Спочатку (в момент запуску програми моніторингу) задається довільний розподіл температури по товщині стіни в початковий момент часу (рис. 2.25). Це початковий розподіл не відповідає дійсності: ми не знаємо реального розподілу температури в початковий момент, так як не відома попередня історія нестационарного процесу. Проте з плином часу вплив початкової умови поступово слабшає (при $\tau > \frac{\delta_{co}^2}{a}$), так як поле температури вже здебільшого визначається більш пізньої історією, а надалі поточний розподіл температури практично не залежить від довільно заданого початкового розподілу взагалі (при $\tau \gg \frac{\delta_{co}^2}{a}$).

Алгоритм реалізації ітераційної процедури наступний. Опитування датчиків температури, встановлених на поверхні з різних боків стіни, проводиться з кроком $\Delta\tau = \tau_i - \tau_{i-1}$. Інтегрування рівняння (2) за часом від τ_i , до τ_{i-1} й здійснюється із завданням в якості початкової умови розподілу, отриманого в результаті інтегрування рівняння (2) в інтервалі часу від τ_{i+1} до τ_i , а в якості граничних умов - температур T_{1i} , і T_{2i} знятих з датчиків у момент часу τ_i . У результаті інтегрування з цього інтервалу часу отримуємо розподіл температури $T = T(x, \tau_{i+1})$ в кінцевий момент часу τ_{i+1} . У момент часу τ_{i+1} відбувається зміна граничних умов - це нові температури T_{1i+1} , і T_{2i+1} , зняті з датчиків. А в якості початкових умов для інтегрування рівняння (2) у наступному інтервалі часу від τ_i , до τ_{i+1} й задаємо розрахований на попередньому кроці за часом розподіл $T = T(x, \tau_{i+1})$. Поточне значення густини теплового потоку через поверхню захисної конструкції розраховуємо за формулою $Q_i = -\lambda \Delta T_i / \Delta x$, де $\Delta T = T(x, \tau_{i+1}) - T_1$ представляє собою приращення температури на малій відстані від поверхні Δx , рівному кроку розбиття по просторовій координаті. Це приращення температури обчислюється з розподілу температури $T = T(x, \tau_{i+1})$ в кінцевий момент часу

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

τ_{i+1} , розрахованому в результаті інтегрування рівняння (2) в інтервалі часу від τ_i до τ_{i+1} .

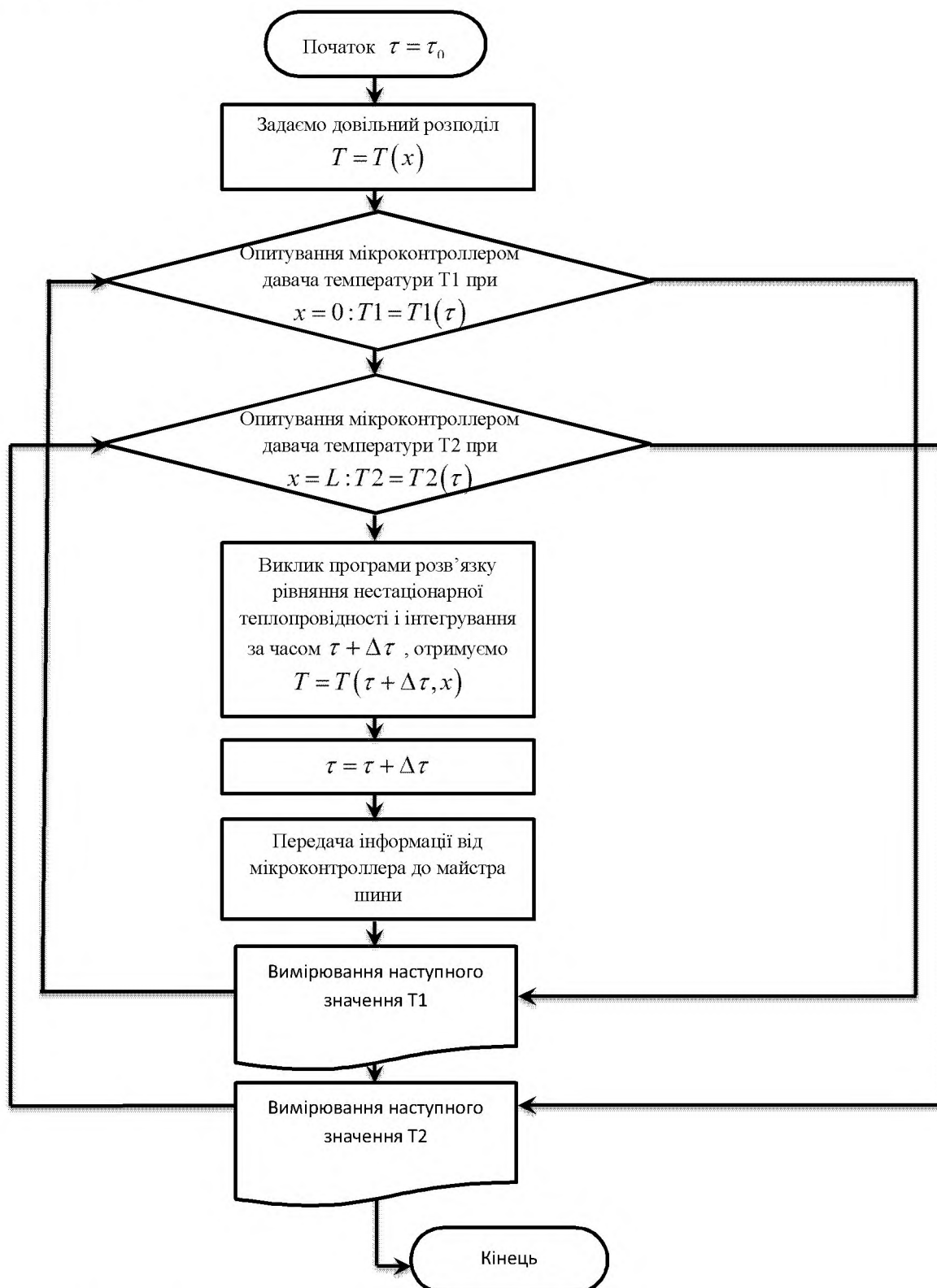


Рис. 2.25. Блок-схема програмної реалізації алгоритму вимірювання густини теплового потоку

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 303.18.00.000 ПЗ

Арк.

91

2.16. Вимірювання абсолютного атмосферного тиску

Атмосферний тиск є одним з найважливіших фізичних параметрів, і його вимірювання необхідно в розрахункових цілях, наприклад для визначення витрати, кількості та теплової енергії середовища оскільки величина атмосферного тиску пов'язана із зміною температури і вологості. Абсолютним атмосферним тиском, називається тиск, що вимірюється щодо вакууму.

Для вимірювання атмосферного тиску використовуються такі прилади: барометри - для вимірювання абсолютного атмосферного тиску, манометри - для вимірювання надлишкового атмосферного тиску, вакуумметри - для вимірювання тиску менш атмосферного, диференціальні манометри - для вимірювання різниці тисків. Оскільки атмосферний тиск зовні і всередині приміщення однаковий, то місце розташування датчика не має значення. Проте зазвичай його розташовують у приміщеннях на висоті 1-1.5 м від підлоги, не ближче 2 м від вікон, батарей і нагрівачів.

Нами для створення інформаційно-вимірювальної системи моніторингу мікроклімату був обраний датчик абсолютного атмосферного тиску фірми Motorola марки MPX5100AP, з наступних причин:

- забезпечує широкий діапазон вимірювання 15-115 кПа, що відповідає 120-850 мм. рт. ст., що повністю задовольняє рішенням нашої задачі;
- має малу напругу живлення від 4,75 до 5,25 В, отже для нього не потрібно використовувати додаткове джерело живлення;
- має хорошу чутливість 45 мВ / кПа;
- має невисоку похибку вимірювання - 2,5 кПа.

Зовнішній вигляд датчика представлений на рис.2.26.

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 2.26. Зовнішній вигляд датчика MPX5100AP

На рис. 2.27. Представлена схема датчика MPX5100AP. Датчик містить вбудовану компенсацію температури для зменшення похибки вимірювання та систему формування сигналу.

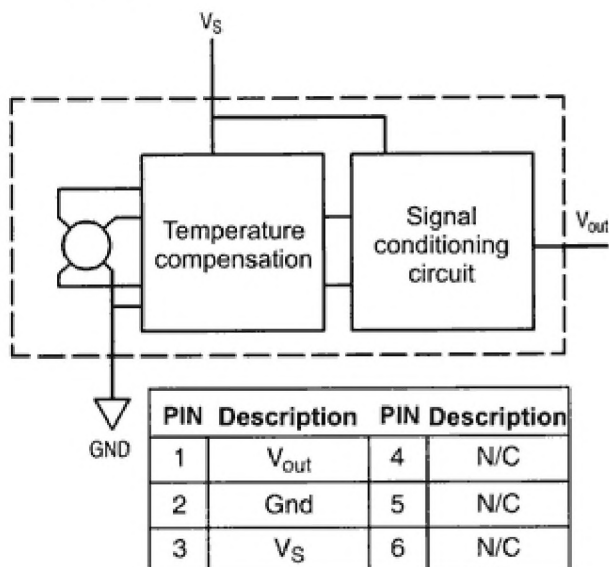


Рис. 2.27. Конфігурація виводів для датчика MPX5100AP V_S - вхідний сигнал, GND - заземлення, V_{OUT} - вихідний сигнал

2.17. Вимірювання відносної вологості повітря

Відносна вологість повітря - це важливий фізичний параметр, який визначається як відношення тиску водяної пари (p) до тиску насиченої пари

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 303.18.00.000 ПЗ

Арк.

93

(P_s) при даній температурі, виражене у відсотках. Однією з багатьох сфер застосування датчиків вологості є різноманітні регулятори атмосферного повітря. Також датчики вологості широко використовуються при розробці та експлуатації автоматизованих систем вентиляції і кондиціонування повітря.

Нами для вимірювання відносної вологості повітря був обраний датчик фірми Honeywell HIH 3610-004. Зовнішній вигляд датчика і його розміри наведені на рис. 2.28. Датчик являє собою багатошаровий чутливий елемент з чергуванням губчастої пластини і полімерної плівки, покритої хлористим літієм, що набухає від вологи, і нанесений на підкладку з кремнію, на якій виконана схема нормалізації та посилення сигналу. Завдяки такій багатошаровій структурі датчика його чутливий елемент захищений від впливів пилу, масел і бруду. Датчик належить до резистивного типу і тому в ньому є вбудований датчик температури, для коригування величини відносної вологості повітря. Недоліком даного датчика є набухання полімерної плівки від вологості, в результаті якого з'являється гістерезис і нестабільність характеристик у часі. Однак оскільки параметри мікроклімату не схильні до миттєвих змін, нами був обраний саме цей сенсор.



Рис. 2.28. Зовнішній вигляд і розміри датчика HIH 3610-004

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.18. Система оповіщення відкриття вікон і дверей

Останнім часом на українському ринку з'явилося багато систем оповіщення як вітчизняних, так і зарубіжних виробників. В "обов'язки" даних систем входить:

- а) фіксація адреси кожного датчика, для знаходження точного місця спрацювання будь-якого датчика на території, що охороняється.
- б) незалежна постановка і зняття з режиму "охорони" окремих груп датчиків.
- в) запам'ятовуванням і можливістю перегляду всіх відбувалися подій.
- г) можливість підключення комп'ютера до панелі сигналізації.
- д) можливість включати додаткові засоби безпеки, наприклад включити світло в тому приміщенні, де спрацював датчик, видати тривожний сигнал в систему відеоспостереження, яка відобразить на моніторах потрібні камери, видати сигнали на замикання певних дверей і т.п.

Нами при проектуванні системи оповіщення для контролю відкриття дверей, з метою оцінки теплових втрат житлових і виробничих приміщень, були враховані всі вище перераховані вимоги, крім непотрібного нам останнього пункту. Як датчики використовувалися електронні мітки DS 2401 Р, що з'єднуються по однопровідній мережі MicroLAN, які розглядалися вище. Дане рішення дозволяє організувати будь-яку топологію лінії, що не вимагає додаткового живлення. Електронні мітки DS 2401 Р закріплюються до нерухомої частини дверей чи вікна, а на рухому частину закріплюється кнопковий пристрій, при натисканні якого контакт між датчиком і шиною MicroLAN замикається, і сигнал про це надходить на COM порт комп'ютера

2.19. Висновки до розділу 2

1. Основоположним та найважливішим етапом проектування будівель є прийняття рішень щодо його енергоефективної конструкції та

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інженерних систем. На даному етапі першочергово необхідно проваджувати інтелектуальні технології.

2. При застосуванні експертних опитувань щодо проекту будівництва для прийняття рішень в організаційних системах слід звертати увагу на формування експертної групи і на методи обробки результатів опитування, особливо виділяючи і враховуючи рідкісні і суперечливі думки.
3. Розглянуті особливості експертних оцінок призводять до необхідності розробки методів організації складних експертиз, які допомагають, розчленовуючи велику невизначеність на частини, вводячи критерії оцінки та застосовуючи різні форми опитування, отримувати більш об'єктивні і достовірні оцінки.
4. При оцінці споживчих якостей будинків є доцільним використання методу ускладненого експертною процедурою, в якій виділяються групи критеріїв оцінки і рекомендуються ввести вагові коефіцієнти критеріїв, що дозволяє організувати опитування експертів більш диференційовано і підвищити об'єктивність результуючих оцінок.
5. Аналіз, проведений в даному розділі, став у основу запропонованого алгоритму і порядку процедур при проведенні експертного опитування при проектуванні енергоефективного будинку (рис. 2.2).
6. На основі підсумовування результатів аналізу достовірно встановлено і обґрунтовано, що проектувальники мають можливість використовувати для вирішення поставлених передніми завдань:
 - потужні системи автоматизованого проектування (САПР, або CAD - Computer - Aided Design) для створення креслень, конструкторської, технологічної документації і 3D моделей;
 - САЕ-системи (Computer - Aided Engineering) для інженерних розрахунків, аналізу та симуляції фізичних процесів;

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- САМ-системи (Computer - Aided Manufacturing) для технологічної підготовки виробництва.
7. Як ніколи раніше розвиваються передові 2D і 3D технології для візуалізації, моделювання та аналізу поведінки конструкцій, на ранніх стадіях проектування.
 8. Показано, що інформаційне моделювання будівництва (BIM - Building Information Modeling) дає можливість ретельно підготувати і оптимізувати цифровий прототип, перш ніж він буде реалізований фізично.
 9. При цьому користувачі не просто бачать модель на екрані, але і можуть випробувати її. Завдяки цьому економляться час і кошти, підвищується якість і народжуються новаторські екологічні рішення.
 10. У даному розділі докладно розглянута структура інформаційно-вимірювальної системи, що складається з компонентів вимірювання температури і вологості в безлічі приміщень, теплових втрат через огорожувальні конструкції, оповіщення відкриття вікон і дверей, атмосферного тиску, швидкості і напрямку вітру.
 11. Дані, що надходять з датчиків, зчитуються програмою і відображаються на екрані монітора в графічному і цифровому поданні в режимі реального часу. У програмі передбачена можливість запису числових значень в текстовий файл або у файл Microsoft Excel.
 12. Для вимірювання швидкості вітру був обраний геркон (герметичний перемикач) і лічильник імпульсів з вбудованим АЦП DS 2423P, що виконує підрахунок замикань контактів геркона при обертанні вертушки, біля основи якої закріплений магніт.
 13. Для вимірювання напрямку вітру були використані електронні мітки DS 2401P фірми Dallas Semiconductor, закріплені у підставці флюгера. Електронна мітка є найпростішим універсальним електронним

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

реєстраційним приладом, який спрацьовує при замиканні контакту між нею і стрілкою флюгера.

14. Для вимірювання температури і теплових втрат через огорожувальні конструкції були використані інтелектуальні датчики температури DS18S20. Вимірювальний модуль складається з 4 послідовно з'єднаних датчиків, один з яких знаходиться на вулиці для контролю температури навколишнього середовища, другий закріплений в стіні із зовнішнього боку, а навпроти нього з внутрішньої сторони закріплений третій датчик для контролю теплових втрат через стіну. Четвертий датчик розташовується усередині приміщення для вимірювання внутрішньої температури кімнати. Вимірювання теплових потоків через огорожувальні конструкції дозволяють кількісно оцінити їх теплотехнічні якості і встановити витрати тепла через зовнішні огорожувальні конструкції.
15. Для вимірювання абсолютного атмосферного тиску був обраний аналоговий датчик тиску фірми Motorola MPX 5100 AP, а для включення в однопровідну систему моніторингу мікроклімату і перетворення сигналу в цифровий код MicroLAN використовувався компонент DS 2438AZ.
16. Для вимірювання відносної вологості повітря був використаний датчик фірми Honeywell HIH 3 610-004, а в якості перетворення сигналу в цифровий код MicroLAN також використовувався DS 2438 AZ.
17. У системі оповіщення відкриття вікон і дверей були використані електронні мітки DS 2401P. При спрацьовуванні електронної мітки на екран комп'ютера видається сигнал, фіксується час відкриття і його тривалість.

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3.

СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Основні аспекти побудови програмного забезпечення

«Розумний будинок»

Розумний будинок - житловий будинок сучасного типу, організований для зручності проживання людей за допомогою високотехнологічних пристроїв. Електронні побутові прилади в розумному будинку можуть бути об'єднані в домашню мережу з можливістю виходу в мережі загального користування. Під «розумним будинком» слід розуміти систему, яка повинна вміти розпізнавати конкретні ситуації, що відбуваються в будівлі, і відповідним чином на них реагувати. Одна із систем може управляти поведінкою інших за заздалегідь виробленим алгоритмам. Будівля проектується таким чином, щоб всі системи її управління могли інтегруватися один з одним з мінімальними витратами, а їх обслуговування було б організовано оптимальним чином. Проект обов'язково припускає можливість нарощувати і видозмінювати конфігурації інсталюваних систем.

З часом будівлі знайдуть «штучний інтелект». Тоді з повною підставою можна буде називати їх інтелектуальними. Системи зможуть відстежувати роботу і стан всієї «начинки» будівлі, включаючи огорожувальні конструкції, і самостійно приймати рішення в мінливих обставинах. Під терміном «розумний дім» зазвичай розуміють інтеграцію в єдину систему управління будівлею наступних систем:

1. Систему опалення, вентиляції та кондиціонування;
2. Охоронно-пожежну сигналізацію, систему контролю доступу в приміщення, контроль протікання води, витоків газу;

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Воробель Я.В.				РОЗДІЛ 3	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Белякова І.В.						99	
Консульт.	Белякова І.В.					ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ		
Н. Контр.	Коваль В.П.							
Зав каф.	Тарасенко М.Г.							

3. Систему відеоспостереження;
4. Мережі зв'язку (у тому числі телефон і локальна мережа будинку);
5. Систему освітлення;
6. Систему електроживлення будівлі (АВР, промислові ДБЖ, дизель-генератори);
7. Механізацію будівлі (відкриття / закриття воріт, шлагбаумів, електропідігрів ступенів і т. п.);
8. Управління з одного місця аудіо - відеотехнікою, домашнім кінотеатром;
9. Телеметрію - віддалене спостереження за системами;
10. IP-моніторинг об'єкту - віддалене управління системами по мережі.

3.2. Налаштування програмного забезпечення «Розумного будинку» для управління та візуалізації

Управління системою проводиться за допомогою комп'ютера під управлінням ОС Linux Debian (рис.3.1). Підключення пристроїв здійснюється через 1-Wire мережу. Для цього потрібний перетворювач DS9490R. У перетворювачі не досить зручно організований вихід під RJ-11 (телефонна розетка), де задіяні всі 6 пінів, а живлення знаходиться на одному з крайніх. У продажу такі рідко зустрічаються. В цілому, для системи потрібно тільки середні контакти роз'єму, а живлення брати від стороннього джерела. Для під'єднання давача до системи потрібен кабель ICD-2.

Універсальна комп'ютерна система "Бенукс"

Для роботи в системі "Бенукс" із давачами достатньо для початку слід встановити демо-версію (<http://benuks.ru/zagr.html>). При встановленні повної

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

версії потрібно активувати датчики, по 2 \$ за штуку. Демо-версія програми працює як звичайна але не зберігає налаштування датчиків (при наступному запуску необхідно заново налаштовувати).

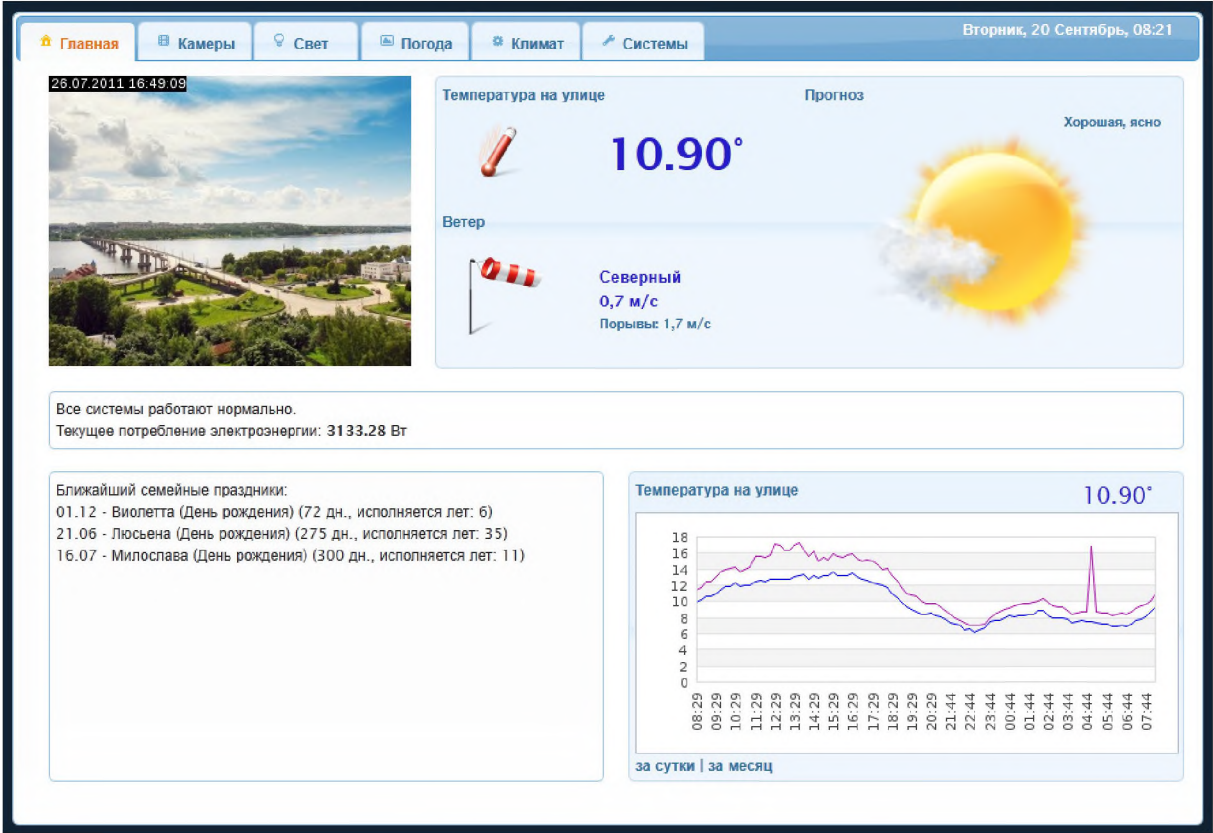


Рис.3.1. Розумний будинок під Linux

При встановлення кабеля в перетворювача в USB роз'єм, у диспетчері пристроїв з'являється (після установки драйверів) у папці 1-Wire, USB Host Adapter Network using WinUSB. Це означає, що драйвера успішно встановилися і пристрій готовий до роботи.

На рис 3.2 зображено вікно конфігурації системи benuks.

Послідовність налаштування така:

1. Клацаємо зліва вгорі на конфігурацію системи.
2. Вибираємо адаптер мікромережі 1-Wire USB (DS9490). Кількість логгерів 1. Після цього з'явиться зліва вгорі вкладка Logger_1.
3. Далі зліва вибираємо довідник пристроїв.

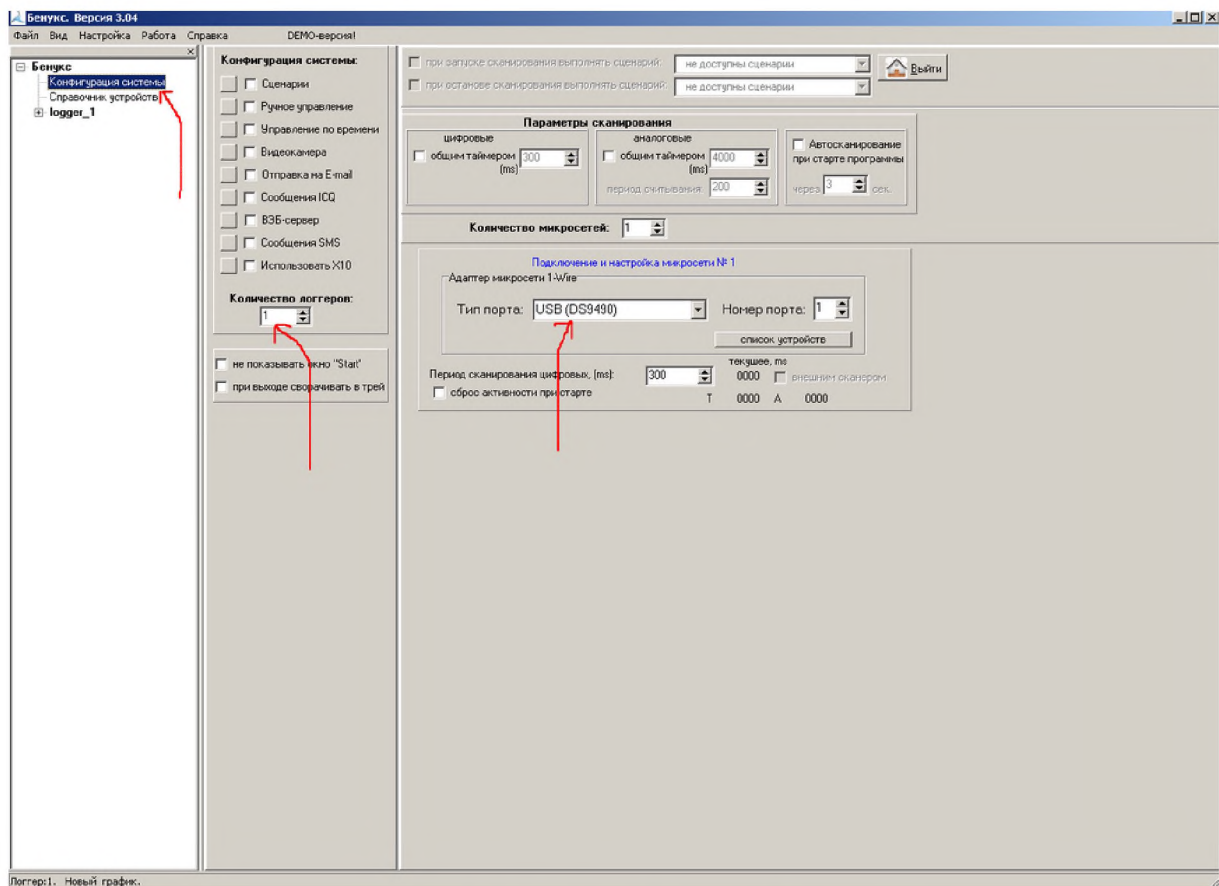


Рис.3.2. Конфігурація системи

4. Натискаємо на зелений плюс (додати новий пристрій). Якщо все зроблено правильно, то відобразиться номер підключеного датчика.

5. Присвоюємо йому ім'я і тиснемо Ок. З'явиться таблиця з заводським номером датчика, номер каналу і найменування. У спадному меню Logger_1 вибираємо налаштування logger_1 і налаштовуємо як показано на (рис.3.3).

6. Залишилася ще одна вкладка настройки, де вказано, що датчик не вказаний. Тут просто вибираємо тип датчика «Температурний» (навіть якщо він там вказаний), після цього з'явиться ім'я нашого датчика. Для перевірки працездатності нам достатньо і цих налаштувань.

7. Натиснути зліва на Logger_1 (рис.3.7) і запускаємо logger натисканням на зелений трикутник. Після цього буде

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 303.18.00.000 ПЗ

Арк.

102

малюватися графік реєструючий показання підключеного термодатчика.

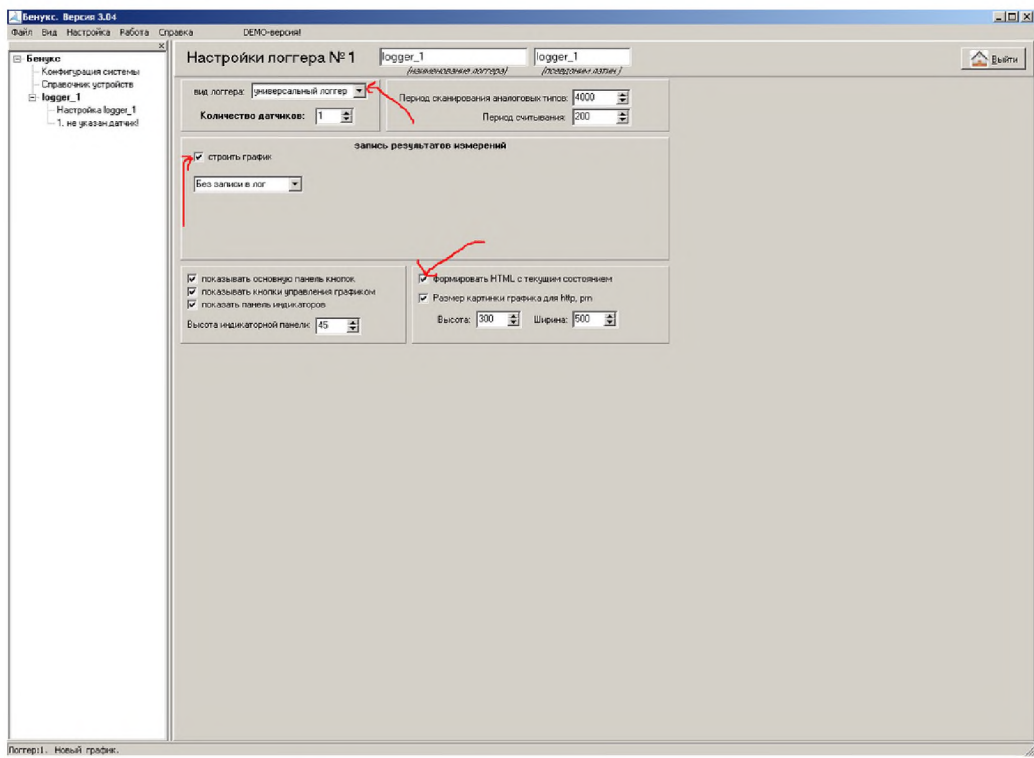


Рис.3.3. Налаштування Logger_1

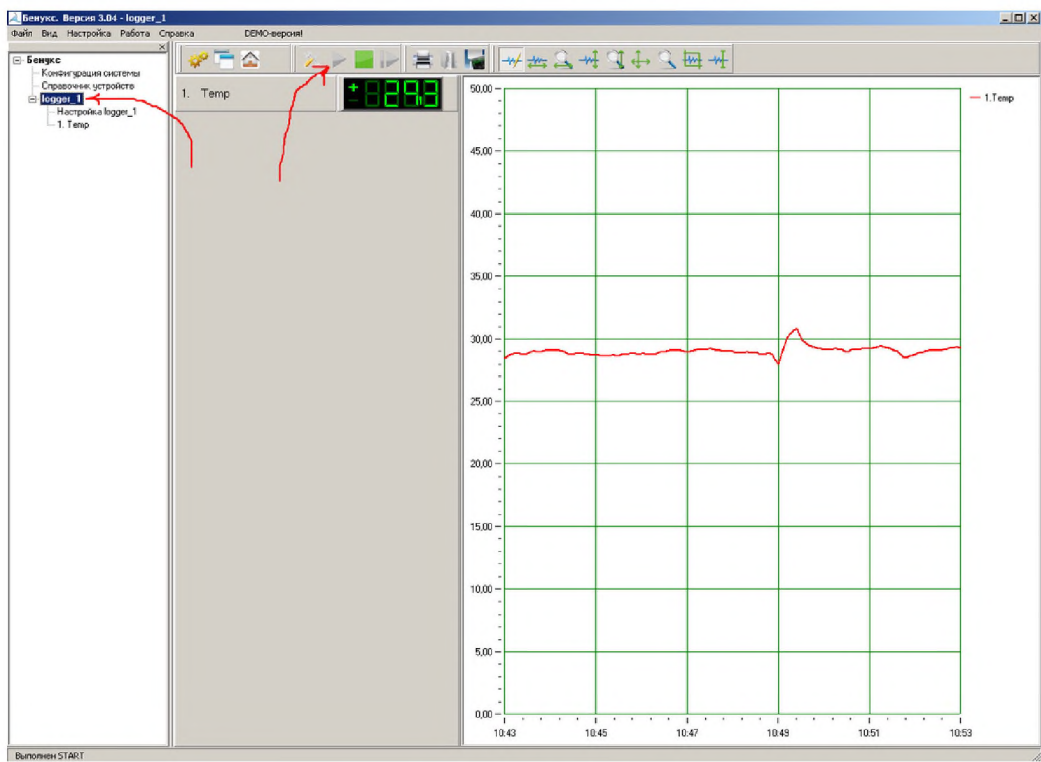


Рис.3.7. Вікно Loggera

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 303.18.00.000 ПЗ

Арк.

103

РОЗДІЛ 4.

ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

4.1. Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності впровадження системи «Розумний будинок»

Розумний будинок відноситься до систем Custom Design (індивідуальний підхід до кожного проекту). Його вартість можна оцінити за наявності приблизних початкових даних. Розглянемо конкретний проект.

Дано: двоповерховий котедж загальною площею 320 м² з гаражем.

Необхідно: побудувати систему розумний будинок.

Запропонований варіант системи управління включає три рівні устаткування:

1. Призначені для користувача панелі управління різних типів.
2. Центральне устаткування: головний контролер, система гарантованого живлення устаткування системи управління, мережеве устаткування, GSM-модем і додаткові карти управління.
3. Виконавчі пристрої і датчики: модулі управління освітленням, контролери датчиків, модулі входів, датчики температури, вологості, присутності, освітленості.

Система дозволяє керувати основними підсистемами будинку.

Освітленням і енергоспоживанням можна керувати у всьому домі — як по певних сценаріях, так і кожною групою світильників безпосередньо. Можливе виділення деяких розеток в особливу групу, яка відключатиметься в разі відсутності господарів.

Щодо безпеки, то пропонується здійснити повну інтеграцію з охоронно-пожежною централлю.

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 4	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив		Воробель Я.В.						
Перевірів		Белякова І.В.					104	
Консульт.		Малюта Л.Я.				ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ		
Н. Контр.		Коваль В.П.						
Зав каф.		Тарасенко М.Г.						

Завдяки цьому користувач отримує інформацію про стан всіх датчиків і тривожні повідомлення в критичних ситуаціях (витоку газу, води, пожежі, вторгненні) на всіх панелях управління, а також за допомогою SMS-повідомлень на мобільний телефон.

При виході з будинку і постановці його на охорону може виконуватися команда «Вимкнути все освітлення». Є можливість моніторингу стану охороннопожежної сигналізації через Інтернет.

За допомогою панелей з відеовходом власник по паролю має доступ до цифрового відеореєстратора, розташованого в будинку охорони. Це дозволяє не лише контролювати камери відеоспостереження в реальному часі, але і проглядати архівні записи із зручним пошуком по даті/часу.

За допомогою розподіленої мережі кімнатних датчиків температури система підтримує задані параметри в приміщеннях, керуючи при цьому опалюванням, кондиціонуванням і теплою підлогою. У алгоритмах управління враховуються багато чинників: температура зовнішнього повітря, температура в окремих зонах котеджу, наявність господарів в будинку і інше. Користувачеві досить набрати на панелі бажану цифру, і автоматика сама дасть потрібні команди підсистемам забезпечення мікроклімату.

Система також забезпечує повне управління всіма компонентами комплексу, починаючи від джерел звуку або зображення і закінчуючи підсилювальним устаткуванням і плазмовими екранами. Вибирати джерела аудіо і відеосигналу можна з будь-якої панелі. В разі роботи з супутниковими або FM тюнерами на ній відображується назва каналу, при роботі з мультимедійним сервером — назва фільму або диска. Сервер дозволяє здійснити швидкий пошук по назві або жанру, а також одночасно дивитись різні записи в різних приміщеннях. Даний комплекс складається з двох підсистем: аудіомультимедіуму і відеосистеми.

Аудіомультимедіум складається з джерел сигналу (2 FM-тюнера, 3 супутникових тюнерів і 2 виходи CD сервера), комутаційно-посилувального

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						105
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
3	NXT-CV7	Панель управління 7", настольная, G4, відеовхід	1	5120	5120
4	MVP-8400	Панель управління 8.4", безпроводна, G4	1	6615	6615
5	MVP-DDS	Підставка зарядний пристрій настенная	1	2647	2647
6	PDA_extention	Розширення для підключення 1 КПК	1	1082	1082
7	WiFi AccessPoint	Точка доступу для безпроводних панелей, WI-FI	2	132	264
8	HUB	Хаб, 8 портів	1	35	35
9	PDA	Кишеньковий комп'ютер	1	517	517
10	ABS	Спліттер шини	1	209	209
11	GSMM	GSM модем в комплекті	1	368	368
12	LI65	Датчик освітленості	1	152	152
13	CC-NIRC	ІЧ випромінювач	6	61	366
14	UPS 1000	Джерело безперебійного живлення 1000 ВА	1	799	799
15	IC-DIM4	Діммер 4 канальний, 400 Вт на канал, управління RS-485	5	460	2300
16	S100-12	Блок живлення стабілізований, 12 В, 100 Вт	3	99	297
17	IC-REL8	Релейний модуль, 8 каналів	8	184	1472
18	NI-3000	Інтегрований центральний контроллер	1	3740	3740

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 303.18.00.000 ПЗ

Арк.

107

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
19	FTA54	Датчик вологості і температури зовнішній	1	376	376
20	WRF06	Кімнатний датчик температури, декор	11	58	638
21	IC-INP16	Інтерфейсна панель вхідів/виходів 16	1	324	324
22	IC-TEMP4	Модуль датчиків температури, 4 канали	3	322	966
Разом по устаткуванню з ПДВ, у.е*.::					36779
* 1 у.о.= 1 USD В проекті використовувалося обладнання: AMX (США), Thermokon (Німеччина), AviSat (Україна).					

4.2. Аналіз економічної ефективності використання системи «Розумний будинок»

Аналіз економічної ефективності системи «Розумний будинок» проведено на прикладі житлового приміщення з вихідними даними, наведеними в таблиці 4.2, вартість автоматизації 1 м² – 50\$. Витрати пов'язані з експлуатацією приміщення представлені в таблиці 4.3, а економічний ефект від автоматизації – у таблиці 4.4.

Таблиця 4.2

Параметри житлового приміщення

Параметри	Значення
Вартість автоматизації на 1 м ² , \$	50
Площа приміщення, м ²	200
Ставка дисконту, % за рік	20
Ріст вартості енергоресурсів, % за рік	10
Ріст вартості експлуатації, % за рік	3

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						108
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3

Витрати на енергоносії та експлуатацію

Вихідні дані	\$/м ² за рік
Затрати на енергоносії	30
Експлуатаційні витрати	30

Таблиця 4.4

Економічний ефект

Критерій	Покращення, %
Енергозбереження	30
Скорочення експлуатаційних витрат	20

Аналіз економічної ефективності проводиться за допомогою визначення показників: чистої теперішньої вартості (NPV), індекс рентабельності (PI), термін окупності (PP) та показника внутрішньої норми доходності (IRR).

Розрахунок проводиться в табличній формі і має наступний вигляд:

Таблиця 4.5

Дисконтування

Рік	It	NCF	$1/(1+0,2)^t$	$It/1,2t$	$NCF/1,2t$
1	10000	3000	0,8333	8333	2499,9
2		3216	0,6944		2233,19
3		3451,08	0,5787		1997,14
4		3707,072	0,4823		1787,921
5		3985,991	0,4019		1601,97
6		4290,047	0,3349		1436,737
7		4621,673	0,2791		1289,909
8		4983,539	0,2326		1159,171
9		5378,584	0,1938		1042,37
10		5810,034	0,1615		938,3204
У	10000	42444,02		8333	15986,63

1. Розрахунок NPV:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{NCF}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^{T-1} \frac{It}{(1+r)^t}$$

$$NPV = 15986,63 - 8333 = 7653,628 \$$$

2. Індекс рентабельності PI:

$$PI = \frac{\sum \frac{NCF}{(1+r)^t}}{\sum \frac{It}{(1+r)^t}}$$

$$PI = 15986,63/8333 = 1,92$$

3. Період окупності PP:

$$PP = Tk + \frac{\sum_{t=0}^{T-1} \frac{It}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^{Tk} \frac{NCF}{(1+r)^t}}{\frac{NCF}{(1+r)^t}}$$

$$PP = 1 + (8333 - 2499,9) / 2233,19 = 3,6 \text{ років}$$

4. Внутрішня норма доходності IRR (графічний метод):

$$IRR = 27 \%$$

4.3. Висновок до розділу 4

В результаті проведених обрахунків техніко-економічних показників впровадження системи «Розумний будинок» у приватному будинку площею 320 м² встановлено, що індекс рентабельності становить 1,92>1, а термін окупності 3,6 < 5 р, тобто даний проект рентабельний та його слід прийняти.

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						110
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5.

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Організаційні та технічні заходи електробезпеки

До роботи на електроустановках допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли інструктаж та навчання з безпечних методів праці, перевірку знань правил безпеки та інструкцій відповідно до займаної посади та кваліфікаційної групи з електробезпеки, і які не мають проти показів, визначених Міністерством охорони здоров'я України [20 , 21].

Для забезпечення безпеки робіт у діючих електроустановках належить виконувати наступні організаційні заходи:

- призначення осіб, які відповідають за організацію та проведення робіт;
- оформлення наряду чи розпорядження на проведення робіт;
- організація нагляду за проведенням робіт;
- оформлення закінчення робіт, перерв у роботі, переведення на інші робочі місця.

До технічних заходів, які необхідно виконувати в діючих електроустановках для забезпечення безпеки робіт належать:

1. При проведенні робіт зі зняттям напруги в діючих електроустановках чи поблизу них:

- вимкнення установки (частини установки) від джерела живлення електроенергії;
- механічне блокування приводів апаратів, які здійснюють вимкнення, зняття запобіжників, від'єднання кінців лінії, яка

		—			ДРМ 303.18.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Воробель Я.В.			РОЗДІЛ 5	Літ.	Аркуш	Аркушів
Консульт.		Гурик О.Я.					111	
Консульт.		Клепчик В.М.				ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ		
Н. Контр.		Коваль В.П.						
Зав каф.		Тарасенко М.Г.						

- здійснює електропостачання та інші заходи, що унеможливають випадкову подачу напруги до місця проведення робіт;
- встановлення знаків безпеки та захисних огорож біля струмопровідних частин, що залишаються під напругою і до яких в процесі роботи можливе доторкання або наближення на недопустиму відстань;
- встановлення заземлення (ввімкнення заземлювальних ножів чи встановлення переносних заземлень);
- огороження робочого місця та вивішування плакатів безпеки;

2. При проведенні робіт на струмопровідних частинах, які знаходяться під напругою та поблизу них:

- виконання робіт за нарядом не менш ніж двома працівниками зі застосуванням електрозахисних засобів, під постійним наглядом, із забезпеченням безпечного розташування працівників, використовуваних механізмів та пристосувань.

5.2. Захист від статичної електрики

Статична електрика – це сукупність явищ, що пов'язані з виникненням, накопиченням та релаксацією вільного електричного заряду на поверхні або в об'ємі діелектричних та напівпровідникових речовин, матеріалів та виробів. Виникнення зарядів статичної електрики є результатом складних процесів перерозподілу електронів чи іонів при стиканні двох різнорідних тіл (речовин) [21].

Порушення поверхневого контакту при терті тіл призводить до електризації - виникнення електричних зарядів, які можуть утримуватись на поверхні цих тіл протягом тривалого часу. Такі заряди, на відміну від рухомих зарядів динамічної електрики (електричний струм) знаходяться у статичному стані.

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						112
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електричні заряди виникають:

- при терті діелектричних тіл один об одного або об метал (наприклад, пасові передачі);
- при переливанні, перекачуванні, перевезенні в ємностях горючих та легкозаймистих рідин;
- при транспортуванні горючих газів трубопроводом;
- при подрібненні діелектриків;
- при переміщенні сухого запиленого повітря зі швидкістю понад 15 – 20 м/с і т.п.

Систематичний вплив електростатичного поля підвищеної напруженості негативно впливає на організм людини, викликаючи, в першу чергу, функціональні розлади центральної нервової та серце-судинної систем. Відповідно до ГОСТ 12.1.045-84 гранично допустима напруженість електричного поля $E_{\text{доп}}$ на робочих місцях не повинна перевищувати 60 кВ/м, якщо час впливу t_v не перевищує 1 год; при $1 \text{ год} < t_v < 9 \text{ год}$ – $E_{\text{доп}} = 60\sqrt{t_v}$.

Захист від статичної електрики та її небезпечних проявів досягається трьома основними способами:

- запобіганням виникнення та накопичення статичної електрики,
- прискоренням стікання електростатичних зарядів,
- нейтралізацією електростатичних зарядів.

5.3. Запобігання виникненню та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного походження на об'єктах електроенергетики

Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій — це підготовка та реалізація комплексу правових, соціально-економічних, політичних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та інших заходів,

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						113
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спрямованих на регулювання безпеки, проведення оцінки рівнів ризику, завчасне реагування на загрозу виникнення надзвичайної ситуації на основі даних моніторингу (спостережень), експертизи, досліджень та прогнозів щодо можливого перебігу подій з метою недопущення їх переростання у надзвичайну ситуацію або пом'якшення її можливих наслідків [22].

Зазначені функції запобігання надзвичайним ситуаціям техногенного та природного характеру в нашій країні виконує Єдина державна система запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного і природного характеру, затверджена Постановою Кабінету Міністрів України від 3 серпня 1998 р. № 1198.

Єдина державна система запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного і природного характеру (ЄДСЗР) включає в себе центральні та місцеві органи виконавчої влади, виконавчі органи рад, державні підприємства, установи та організації з відповідними силами і засобами, які здійснюють нагляд за забезпеченням техногенної та природної безпеки, організують проведення роботи із запобігання надзвичайним ситуаціям техногенного та природного походження і реагування у разі їх виникнення з метою захисту населення і довкілля, зменшення матеріальних втрат.

Основною метою створення ЄДСЗР є забезпечення реалізації державної політики у сфері запобігання і реагування на надзвичайні ситуації, забезпечення цивільного захисту населення.

Завданнями ЄДСЗР є:

- розроблення нормативно-правових актів, а також норм, правил та стандартів з питань запобігання надзвичайним ситуаціям та забезпечення захисту населення і територій від їх наслідків;
- забезпечення готовності центральних та місцевих органів виконавчої влади, виконавчих органів рад, підпорядкованих їм сил і засобів до

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						114
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дій, спрямованих на запобігання і реагування на надзвичайні ситуації;

- забезпечення реалізації заходів щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій;
- навчання населення щодо поведінки та дій у разі виникнення надзвичайної ситуації;
- виконання цільових і науково-технічних програм, спрямованих на запобігання надзвичайним ситуаціям, забезпечення сталого функціонування підприємств, установ та організацій, зменшення можливих матеріальних втрат;
- збирання та аналітичне опрацювання інформації про надзвичайні ситуації, видання інформаційних матеріалів з питань захисту населення і територій від наслідків надзвичайних ситуацій;
- прогнозування і оцінка соціально-економічних наслідків надзвичайних ситуацій, визначення на основі прогнозу потреби в силах, засобах, матеріальних та фінансових ресурсах;
- створення, раціональне збереження і використання резерву матеріальних та фінансових ресурсів, необхідних для запобігання і реагування на надзвичайні ситуації;
- проведення державної експертизи, забезпечення нагляду за дотриманням вимог щодо захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій (у межах повноважень центральних та місцевих органів виконавчої влади);
- оповіщення населення про загрозу та виникнення надзвичайних ситуацій, своєчасне та достовірне його інформування про фактичну обстановку і вжиті заходи;
- захист населення у разі виникнення надзвичайних ситуацій;

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						115
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- проведення рятувальних та інших невідкладних робіт щодо ліквідації надзвичайних ситуацій, організація життєзабезпечення постраждалого населення;
- пом'якшення можливих наслідків надзвичайних ситуацій у разі їх виникнення;
- здійснення заходів щодо соціального захисту постраждалого населення, проведення гуманітарних акцій;
- реалізація визначених законодавством прав у сфері захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій, в тому числі осіб (чи їх сімей), що брали безпосередню участь у ліквідації цих ситуацій;
- участь у міжнародному співробітництві у сфері цивільного захисту населення.

					<i>ДРМ 303.18.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						116
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 6.

ЕКОЛОГІЯ

6.1. Проблеми охорони навколишнього природного середовища в галузі будівництва

Завдання неухильного піднесення матеріального і культурного рівня життя народу нашої країни в чималому ступені залежать від виконання планів капітального будівництва. Поряд з великими благами, що придбані людством від розвитку суспільного виробництва і містобудування, зростає антропогенний вплив на природу, який виражається у виснаженні ряду природних ресурсів, забрудненні повітря, вод Світового океану, морів, озер, річок, а також ґрунту.

Наслідком забруднення навколишнього середовища є збільшення числа захворювань на рак, алергією, ураження органів дихання, шлунково-кишкового тракту, слуху і т.д. Особливу тривогу викликає мутагенний вплив різних забруднень. Рішення проблеми охорони природи і раціонального використання її ресурсів вимагає об'єднаних зусиль всього людства. Сучасні підприємства будівельної індустрії, а також будівельні майданчики з обслуговуючими їх промисловими базами, автогосподарствами і т.д. є суттєвими джерелами забруднення навколишньої природи. У ряді випадків затримка будівництва природоохоронних об'єктів, низька їх якість негативно позначаються на ефекті охорони природи і приводять часом до надзвичайних наслідків.

Залишається невирішеним відставання з будівництвом багатьох природоохоронних об'єктів. Аналогічні претензії слід пред'явити і до інших будівельних міністерств. Це одна з причин триваючого забруднення морів,

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив	Воробель Я.В.				РОЗДІЛ 6		Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Белякова І.В.								
Консульт.	Зварич Н.М.								
Н. Контр.	Коваль В.П.						ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ		
Зав каф.	Тарасенко М.Г.								

озер і річок в ряді регіонів нашої країни, а також повітряного басейну, особливо у великих містах і промислових центрах. Нерідкі випадки низького рівня експлуатації газоочисних установок.

Враховуючи, що з видобутої природної сировини, 96-98 % йде у відходи, найбільш раціональним шляхом вирішення цієї проблеми є перехід на маловідходне, а в перспективі на безвідходне виробництво. Вже на стадії проектування можна вживати заходів, спрямованих на запобігання забруднень навколишнього середовища. Чим вище індустріалізація будівництва, зокрема монолітність споруд, тим менше обсяг робіт, виконуваних на будівельно-монтажному майданчику механізмами з двигунами внутрішнього згоряння. Як відомо, на підприємствах будівельної індустрії механізми в основному працюють на електроприводі. Прийшов час широкого переведення на електропривод багатьох видів будівельних механізмів: зварювальних апаратів, компресорів, вантажопідіймальних механізмів, насосів, бульдозерів, екскаваторів, засобів малої механізації, багато з яких працюють поки на двигунах внутрішнього згоряння.

6.2. Екологічні аспекти будівництва енергоефективних будинків

Екологічний супровід проектів будівництва передбачає здійснення комплексу регламентованих процедур, спрямованих на забезпечення екологічної безпеки в районі створення (будівництва) підприємства, що надає вплив на стан довкілля, та пов'язаних з розробкою та проведенням заходів, спрямованих на охорону природи і здоров'я населення від шкідливих впливів цього об'єкта на всіх стадіях його життєвого циклу. Як передпроектна, так і проектна підготовка будівництва малого підприємства повинні включати в себе відповідні етапи екологічного супроводження інвестиційно-будівельного проекту.

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						118
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Склад документів, а, отже, і види екологічних обґрунтувань, в кожному конкретному випадку будуть залежати від обраної стадійності розробки проектної документації.

Як об'єкти екологічного обґрунтування виступають:

- вибір місця (майданчики) розміщення об'єкта;
- проектні рішення, пов'язані з вибором технології, асортименту продукції чи послуг, виробничих потужностей та інших рішень;
- способи і обсяги вилучення природних ресурсів;
- рівень екологічної небезпеки виробленої продукції і відходів, що утворюються;
- екологічна безпека (можливий екологічний ризик) планованої діяльності, що включає оцінку впливу об'єкта на навколишнє природне середовище при нормальному режимі експлуатації і виникненні аварій;
- плановані природоохоронні заходи;
- способи організації будівельно-монтажних робіт;
- заявка на отримання ліцензії (здатність претендента ліцензії забезпечити екологічно безпечне здійснення ліцензованого виду діяльності).

Вимоги до змісту обґрунтування, глибиною опрацювання, складу вихідної інформації, порядку погодження та проходження експертизи залежать від типу передпроектної та проектної документації, характеру запланованій діяльності та виду підприємства.

Основною метою розробки екологічного обґрунтування в передпроектної та проектної документації є запобігання або зниження екологічно шкідливого впливу на навколишнє природне середовище при новому (капітальному і некапітальному) будівництві, розширенні, реконструкції, технічному переозброєнні підприємств, установці нестационарних об'єктів, консервації та ліквідації об'єктів, а також збереження природних ресурсів та створення сприятливих умов для життя

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						119
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

людей шляхом всебічного комплексного розгляду всіх втрат і переваг, пов'язаних з реалізацією запланованій діяльності.

Екологічний супровід будівельно-монтажних робіт складається в проходженні Проекту організації будівництва в частині розділу «Охорона навколишнього середовища».

Загальною метою здійснення перелічених вище видів природоохоронної діяльності є запобігання погіршенню якості навколишнього середовища після початку експлуатації будинку і, по можливості, підтримка його на нормативному рівні.

6.3. Раціональне використання земель в будівництві

Під раціональним використанням земель в будівництві слід розуміти скорочення площ сільськогосподарських угідь, що відводяться під забудову, за рахунок збільшення щільності забудови, підвищення поверховості будівель, використання під будівництво ділянок, незручних для сільського господарства. За характером утворення всі незручні і невикористовувані в сільському господарстві землі діляться на дві групи:

1. Землі, незручні для сільського господарства в силу природних причин: болота, заболочені ділянки, яри, піски, сильно засолені землі і т. д.
2. Землі, які стали непридатними для сільського господарства в результаті технічного впливу людини: кар'єри, виробітку, відвали, підтоплювані території н т. д.

При освоєнні під промислове і цивільне будівництво земель першої групи проводиться інженерна підготовка території. що включає наступні заходи:

- 1) вертикальне планування та водовідведення з забудовуваної майданчики:
- 2) зниження рівня ґрунтових вод на заболочених ділянках;

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						120
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 3) засипку і зміцнення ярів;
- 4) регулювання малих річок і водотоків;
- 5) боротьбу із зсувами, затопленням, підтопленням. Негативними факторами при освоєнні заболочених територій під будівництво є:
 - а) необхідність проведення спеціальних заходів через слабку несучої здатність ґрунтів при будівництві великих споруд;
 - б) несприятливість санітарних умов для населення району.

При наявності ярів на території будівництва передбачаються заходи але запобігання подальшого їх росту, з регулювання стоку поверхневих вод з прилеглої території. Невеликі яри засипають. Заходи з освоєння ярів намічаються відповідно до їх містобудівної класифікації, типом і розмірами. Освоєння під будівництво непридатних земель із пісками, зарослими кущами територіями, як правило, не вимагає значних капітальних витрат. Вартість інженерної підготовки невисока. Більш складну і трудомістку задачу представляє використання в будівництві територій, зіпсованих в результаті технічного впливу людини. Вартість будівельного освоєння відпрацьованих кар'єрів і виробок досить висока в розрахунку на 1 га. Характер використання порушених територій залежить від типів порушень, а також від фізико-географічних і гірничотехнічних умов. Яри та гірничі виробки можна використовувати під підземне будівництво з метою розміщення складів, холодильників, сховищ нафти, газу і нафтопродуктів, гаражів і т. д. Під землею слід розміщувати метро, дороги і гаражі для автомобілів, насосні станції, інженерні мережі, склади, комунальні підприємства. Підземний простір широко використовується і сьогодні. У колишніх виробках вапняку розводять печериці, овочі, фрукти, вина. У місті Дніпрорудному Запорізької області в старій виробці на глибині 440 м працює кафе "Кристал". Створені

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						121
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підземні лікарні, концертні та танцювальні зали, склади нафто- і газопродукти, цехи підприємств і т. д.

					<i>ДРМ 303.18.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						122
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Опираючись на структуру споживання енергії (транспорт – 26 %, промисловість – 31 %, експлуатація будівель – 41 %) а також враховуючи, що в процесі експлуатації будівель до 85 % енергії витрачається на його обігрівання та охолодження, а 17-19 % на освітлення, необхідно здійснювати дослідження для проектування і конструювання будинків, орієнтовані на майбутні стандарти щодо мінімально допустимого споживання енергії.

2. Встановлено, що проектування будівель, на основі проектів «зелених» і «розумних» технологій, може істотно підвищити їх рівень енергоефективності та зменшити об'єми споживання енергії. Пріоритетними при виборі енергозберігаючих рішень повинні мати комплексні рішення, які сприяють покращенню якості мікроклімату приміщень та його екологічності. Сучасна будівля має собою являє інженерних, архітектурних й екологічних рішень.

3. На основі системного аналізу результатів дослідження з тематики проекту виведені параметри, позитивно впливають на екологічність і комфортність будівель, в т. ч. на кількість енергії, що необхідна для їх зведення, експлуатації та технічного обслуговування.

4. Розроблена однопровідна цифрова інформаційно-вимірювальна система контролю мікроклімату в приміщеннях, що відрізняється наявністю модуля оцінки теплових втрат через стіну будівлі і реалізація спільного використання компонентів мережі MicroLAN і мікроконтролерів сімейства Atmel.

					<i>ДРМ 303.18.00.000 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>		<i>Воробель Я.В.</i>			ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ		
<i>Перевірів</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>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
						123	
					<i>ЕММ-61, ФПТ, ТНТУ</i>		

5. Доопрацьовано розрахунково-експериментальний метод оцінки теплових втрат через стіну будівлі, що полягає у безперервному вимірюванні температури поверхонь з різних сторін стіни і розрахунку теплового потоку з урахуванням історії розвитку нестационарного процесу теплопровідності.

					<i>ДРМ 303.18.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						124
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Autodesk knowledge network. Getting Started. – <http://knowledge.autodesk.com/support/autocad/learn-explore/#?sort=score>.
2. Graphisoft R&D zRt. – www.graphisoft.com.
3. Nemetschek AG. – www.nemetschek.com/en.
4. Антонов А. А. Инженерное оборудование высотных зданий / А. А. Антонов. – Москва: АВОК-Пресс, 2007. – 314 с.
5. Байбурин, А.Х. Качество и безопасность строительных технологий: монография / А.Х. Байбурин, С.Г. Головнев. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – 453 с.
6. Институт пассивного дому. – www.passiv-rus.ru.
7. Файст В. Основные положения по проектированию пассивных домов / В. Файст /. – М: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. – 144 с.
8. Kieback & Peter. – www.kieback-peter.ru.
9. Siemens AG. – www.siemens.ru.
10. Пчелинцев, В. А. Охрана труда в строительстве/ В. А. Пчелинцев, Д. В. Коптев, Г. Г. Орлов. – М.: Стройиздат, 1991. – 272 с.
11. Экономика строительства : учебник / под общей ред. И.С. Степанова. – 3-е изд., доп. и перераб. – М.: Юрайт-Издат, 2007. – 620 с.
12. Анфилатов В.С. Системный анализ в управлении: Учебное пособие / В.С. Анфилатов, А.А. Емельянов, А.А. Кукушкин. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.
13. Черноруцкий И.Г. Методы принятия решений / И.Г.Черноруцкий / СП.: БХВ-Петербург, 2005. – 416 с.

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Воробель Я.В.				Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Белякова І.В.			ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ			
Консульт.		Белякова І.В.					125	
Н. Контр.		Коваль В.П.			ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ			
Зав каф.		Тарасенко М.Г.						

14. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник: Учебное пособие для вузов / Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. – М.: Высш. шк., 2004. – 616 с.
15. Graphisoft. – <http://152916.mastert.web.hosting-test.net/sprav/cad/archicad/glava%204/index2.html>.
16. Ливчак И. Ф. Вентиляция многоэтажных жилых зданий : монография / И. Ф. Ливчак, А. Л. Наумов. – М.: АВОК-Пресс, 2005. – 133 с.
17. Табунщиков Ю.А. Энергоэффективные здания/ Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач, Н.В.Шилкин. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. – 200с.
18. www.artlantis.com/en/home.
19. www.abok.ru.
20. Міжгалузеві правила по охороні праці (правила безпеки) при експлуатації електроустановок. – 7-е вид. – К.: Сиб. Унів. Вид-во, 2007. – 176 с.
21. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник/ В.Ц.Жидецький, В.С Джигирей, О.В.Мельников. – Вид. 5-те, доповнене. – Львів: Афіша, 2000. – 350 с.
22. Стеблюк М.І. Цивільна оборона та цивільний захист: Підручник. – 2-ге вид., перероб. Затверджено МОН / М.І. Стеблюк.– К., 2010. – 487 с.
23. Гаев А. Я. Экологические основы строительного производства: учеб. пособие / А. Я. Гаев и др. – Свердловск : Изд-во Урал. ун-та, 1990. – 180 с.
24. Экология и строительство / Под ред. С.В.Яковлева. – Москва: Стройиздат, 1987. – 96 с.

					ДРМ 303.18.00.000 ПЗ	Арк.
						126
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		