

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
АКАДЕМІЯ ІНЖЕНЕРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ЧЕРНІГІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

**МОНІТОРИНГ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ
МАЛОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ**

**Монографія
для наукових та промислових організацій
і вищих навчальних закладів освіти**

ЧЕРНІГІВ – 2018

УДК 697.1
М77

Затверджено вченою радою Чернігівського національного технологічного університету (протокол № 5 від 23 квітня 2018 р.).

Рецензенти:

Бушуєв С.Д. – д.т.н., професор, завідувач кафедри управління проектами Київського національного університету будівництва і архітектури;

Бурачек В.Г. – д.т.н., професор, професор кафедри геодезії, землеустрою та екології ПВНЗ Університет новітніх технологій;

Іванова І.М. – д.т.н., професор, професор кафедри промислового та цивільного будівництва Чернігівського національного технологічного університету.

М77 **Моніторинг енергоефективності малоповерхових будівель :**
монографія /О.І.Терещук, Є.Ю.Сахно, Д.В.Маргасов,
М.М.Корзаченко.– Чернігів: ЧНТУ, 2018. – 356 с.

ISBN 978-617-7571-20-8

В монографії представлено наукові основи моніторингу енергоефективності малоповерхових будівель на основі підходів нечіткого моделювання. Наведено конструктивні та архітектурні особливості малоповерхового будівництва в Україні, а також теоретичні та практичні заходи побудови нформайно-вимірювальних систем моніторингу енергоефективності. Надано рекомендації щодо вибору сучасних технологій теплоізоляції фасадів будівель та споруд.

Монографія орієнтована на наукових, інженерно-технічних працівників, аспірантів та студентів відповідних спеціальностей.

УДК 697.1

ISBN 978-617-7571-20-8

© Терещук О.І., Сахно Є.Ю.,
Маргасов Д.В., Корзаченко М.М.

© Чернігівський національний
технологічний університет, 2018

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ МАЛОПОВЕРХОВОЇ ЗАБУДОВИ ТА ПІДХОДІВ ЩОДО ПОБУДОВИ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ	7
1.1. Аналіз території малоповерхової забудови	7
1.2. Вітчизняний та закордонний досвід зведення малоповерхових будівель в щільній міській забудові	13
1.3. Аналіз методів та засобів побудови інформаційно-вимірювальних систем моніторингу енергоефективності будівель	19
1.4. Використання підходів нечіткого моделювання при проектуванні ІВС моніторингу енергоощадності	38
1.5. Постановка завдань дослідження щодо моніторингу енергоефективності будівель	47
Висновки до розділу 1	51
РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТИВНІ ТА АРХІТЕКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ МАЛОПОВЕРХОВОЇ ЗАБУДОВИ В УКРАЇНІ	53
2.1. Конструктивні та архітектурні особливості міст України	53
2.2. Дослідження особливостей кам'яниць лівобережжя України	63
2.3. Аналіз фундаментів історичних будівель.....	83
2.4. Дослідження конструктивних особливостей сучасної малоповерхової забудови Чернігова	85
2.5. Оцінка стану основ і фундаментів малоповерхових будівель	100
Висновки до розділу 2	110
РОЗДІЛ 3. ПОБУДОВА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГООЩАДНОСТІ МАЛОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ	112
3.1. Формалізація процесу моніторингу створюваної інформаційно-вимірювальної системи	112
3.2. Моделювання процесу моніторингу енергоощадності малоповерхових об'єктів.....	128
3.3. Модифікація методу аналізу ієрархій для оцінки рівня енергоефективності на основі системи критеріїв та індикаторів	146

3.4. Формування інформаційного забезпечення системи тепловізійного моніторингу.....	159
3.5. Створення програмних модулів інформаційної системи	179
Висновки до розділу 3	191
РОЗДІЛ 4. ЗБІР ТА ОБРОБКА ДАНИХ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ МАЛОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ	194
4.1. Вибір даних для побудови інформаційно-вимірювальної системи.....	194
4.2. Проведення моніторингу енергоощадності будівель м. Чернігова за допомогою розробленої ІВС	202
4.3. Розробка інформаційного порталу для прийняття проектних рішень.....	213
4.4. Визначення економічної ефективності розробленої інформаційної системи	217
Висновки до розділу 4.....	220
РОЗДІЛ 5. ВИБІР СИСТЕМ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД	221
5.1. Аналіз схем утеплення фасадів будівель	221
5.2. Штукатурні системи утеплення фасадів.....	234
5.3. Утеплення будівель за допомогою тришарових конструкцій	243
5.4. Вентильовані фасади	266
Висновки до розділу 5.....	274
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	275
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	278
ДОДАТКИ.....	297

ВСТУП

Однією з найважливіших соціальних проблем, які стоять перед Україною є вирішення житлової кризи, тобто забезпечення практично кожної сім'ї, кожного громадянина окремою квартирою або індивідуальним будинком. Справа ускладнюється тим, що є потреба збудувати житло для людей, які через війну на сході втратили своє житло. Потреба у комфортному житлі переважно приватної власності (одно-, двоповерхові; одно-, двоквартирні та багатоквартирні блоковані будинки з присадибними ділянками) зростає.

Будівництво індивідуальних будинків здійснюється за типовими проектами і за індивідуальними розробками. Будівельна база для цього існує, тим більше, що вона має тенденцію до розвитку і вдосконалення, особливо з появою найновіших технологій. В житлових будинках необхідно передбачити нові архітектурно-композиційні, об'ємно-просторові інженерні рішення, що забезпечують високий рівень комфортності проживання та архітектурно-естетичної якості. Покращити цей стан може лише комплексна реконструкція старих кварталів, при якій відбувається поліпшення умов проживання населення. Це відбувається за рахунок комплексного перевлаштування і модернізації інженерних споруд і мереж, що знижує витрати на їх обслуговування і ремонт, зменшуються витрати носіїв в системах.

Особливої уваги заслуговують території з історичною щільною забудовою та складними інженерно-геологічними умовами. Територія України, на якій відбувається будівництво та експлуатація об'єктів, більше як на 80% відноситься до складних інженерно-геологічних умов. Це будинки і споруди, основи яких складені слабкими та просідаючими ґрунтами, розташовані на наливних територіях, зсувонебезпечних схилах, карстових утвореннях, районах над гірничими виробками тощо [1]. Для даних територій необхідні чіткі наукові обґрунтування при прийнятті методів і принципів проведення інженерної підготовки територій, заходи з закріплення нестійких основ, прогнозування наслідків впливу нового будівництва на існуючу

забудову, особливо в умовах складної геології та щільної забудови, яка до того ж має велику історико-культурну цінність.

Процес побудови інформаційно – вимірювальних систем моніторингу енергоощадності муніципальних будівель полягає в формуванні інтегрованого інформаційного ресурсу шляхом поєднання даних діагностики будівель з процесами обробки отриманих даних і створення проектного рішення щодо реконструкції об'єкта [16-25]. Актуальність цього питання пов'язана з:

- зростанням кількості споживачів енергії, її ціною в умовах обмежених фінансових ресурсів;
- постійним збільшенням обсягів інформації, що визначають параметри енергоощадності, різноманіттям її форматів та способів опрацювання;
- розвитком інформаційних ресурсів і сервісів, які можуть використовуватися в системі;
- зростанням частини слабоструктурованих даних та невизначеностей в структурі інформаційного забезпечення енергоощадності будівель.

При цьому на сьогоднішній день на ринку інформаційних технологій представлено багато інструментаріїв вирішення проблеми діагностики і моніторингу будівель та споруд [26-32]. Однак, найбільш повне проведення моніторингу включає контроль, механізм постійного спостереження за обраними показниками будівель та споруд з оцінкою розмірів і причин відхилень, а також своєчасного інформування про можливості настання несприятливих, критичних або неприпустимих змін енергоощадності. Моніторинг є універсальним інструментом управління процесами, що протікають як у всьому об'єкті управління, так і в окремих складових цього об'єкта [33, 34].

Таким чином моніторинг в будівництві визначає діяльність, метою якої є отримання інформації про статистичні і динамічні характеристики об'єктів будівництва, технологічних процесів і засобів будівельного виробництва з наступною їх обробкою для отримання варіантів управлінських рішень. В теж час, з організаційної точки зору моніторинг в будівництві може розглядатися як: діяльність людини чи

соціальних груп; інформаційна система в будівництві; сукупність спрямованих дій для реалізації поставленої мети (процес або технологія); складова частина (підсистема) процесу управління.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ МАЛОПОВЕРХОВОЇ ЗАБУДОВИ ТА ПІДХОДІВ ЩОДО ПОБУДОВИ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

1.1. Аналіз території малоповерхової забудови

За останні роки міста України зазнали значних змін, за рахунок збільшення площ територій, зведення багатоповерхівок, утворення нових вулиць та розв'язок, модернізації застарілого житлового фонду, зміни ландшафтів міст. Це призводить до перегляду містобудівних документів та створення нових планів з зонування міських територій. Головним фактором при створенні нових документів повинно стати розроблення карт інженерно-геологічних районувань міст з нанесенням небезпечних зон. В подальшому кожна територія повинна містити розроблені рекомендації з планування забудови та прогнозування її змін в часі в залежності від інженерно-геологічних властивостей територій, характеристики існуючої забудови, параметрів нового будівництва. Така концепція зонування має стати основою перспективного планування перетворень міських територій для забезпечення їх стійкого та раціонального функціонування та використання. Формування такої концепції повинно відобразитися у державних нормах та стати підґрунтям до розробки містобудівної документації.

Необхідно зазначити, що спеціальні карти не можуть в повній мірі замінити інженерно-геологічні вишукування безпосередньо на майданчику, але враховуючи, що такі роботи для малоповерхового будівництва проводяться в незначній мірі, то ці карти стануть необхідним доповненням для визначення геології території забудови. Згідно з «Державним класифікатором будівель і споруд» ДК 018-2000 чинним від 01.01.2001 р. [2] об'єктами класифікації є споруди, будівлі, будинки та інженерні споруди (рис. 1.1).

За умовною висотою житлові будинки класифікують як:

- малоповерхові – висотою $H \leq$ до 9 м (як правило до 3-х поверхів включно);

- середньої поверховості – висотою $9 \text{ м} < H \leq 15,0 \text{ м}$ (4...5 поверхів);
- багатоповерхові – висотою $9 \text{ м} < H \leq 26,5 \text{ м}$ (як правило до 9-ти поверхів включно);
- підвищеної поверховості – висотою $26,5 \text{ м} < H \leq 47 \text{ м}$ (як правило до 16 поверхів включно);
- висотні – висотою $H > 47 \text{ м}$ (як правило понад 16-ть поверхів).

Малоповерхова житлова забудова Чернігова представлена:

- індивідуальними малоповерховими будинками – житлові будинки висотою до 9 м;
- дореволюційними – двоповерхові особняки, які мають привабливу архітектуру. Недоліками таких будинків є зношені конструкції та застарілі комунікації.



Рис. 1.1. Класифікація будівель згідно з ДК 018-2000

Малоповерхові будинки можна також класифікувати за призначенням (рис. 1.2), конструктивною схемою (рис. 1.3) та матеріалом зведення (рис. 1.4), функціональним призначенням (рис. 1.5), періодичністю проживання (рис. 1.6), поверховістю (рис. 1.7).

До першої групи потрібно віднести одноповерхові каркасні дерев'яні будинки з кам'яними фундаментами. Такі будинки масово перебудовуються власниками. Утеплюється фасад будинку з обшиттям пластиком або обкладанням цеглою, добудовують другий поверх, влаштовують прибудови, часто з порушенням або недотриманням будівельних норм.

До другої групи можна віднести двоповерхові будинки з кам'яними фундаментами, в яких високий кам'яний цокольний поверх, або перший поверх кам'яний, а другий – дерев'яний.

Схожі конструктивні схеми мають двоповерхові будинки з кам'яними фундаментами, стіни яких повністю викладені з цегли. Перекриття в таких будинках дерев'яні. В центральній частині міста в таких будинках на перших поверхах влаштовують магазини та салони, в таких випадках відбувається перепланування внутрішнього простору із збільшенням розміру вікон та входів в приміщення, влаштування нових прорізів.

Також досить часто малоповерхові будинки мають підвали. Фундаменти або цокольний поверх таких будинків виконані з цегли або бетонних блоків. Сучасні будинки мають більш різноманітні характеристики. Це стосується і фундаментів. Якщо раніш під час будівництва малоповерхових будинків при влаштуванні фундаментів перевагу надавали цеглі, використовуючи як биту цеглу на вапняному розчині, так і виконуючі цегляну кладку на всю глибину закладання фундаменту, то зараз в більшості малоповерхових будинків матеріалом фундаментів слугує монолітний бетон чи залізобетон, а в котеджах та масивних будинках збірний залізобетон. Цей вибір можна пояснити високою якістю бетону який зараз виготовляють та зниженням якості цегляних виробів [3].

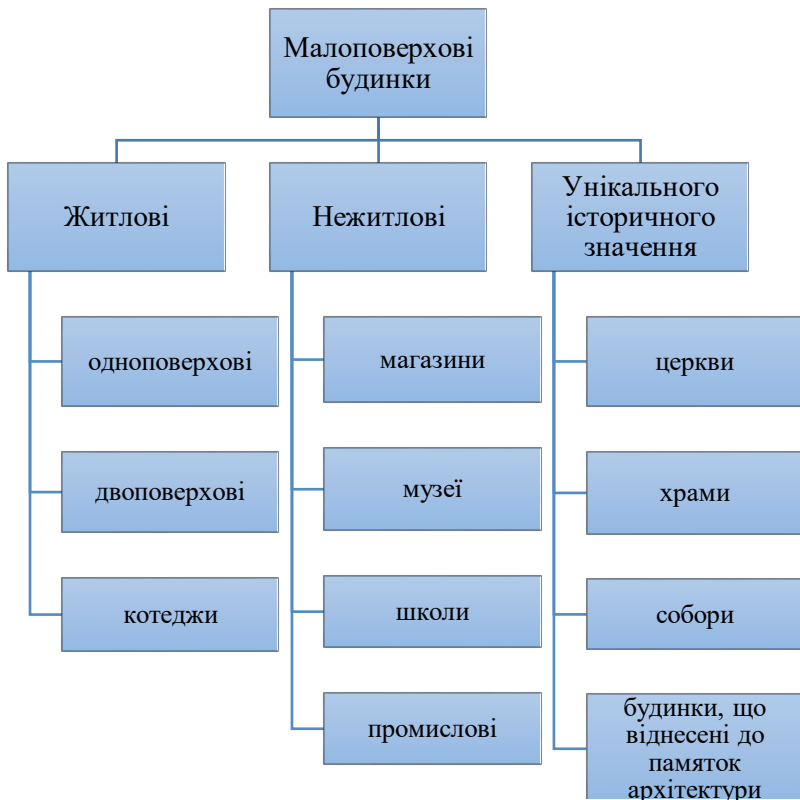


Рис. 1.2. Класифікація малоповерхових будинків за призначенням



Рис. 1.3. Класифікація малоповерхових будинків за конструктивною схемою



Рис. 1.4. Класифікація малоповерхових будинків за матеріалом зведення

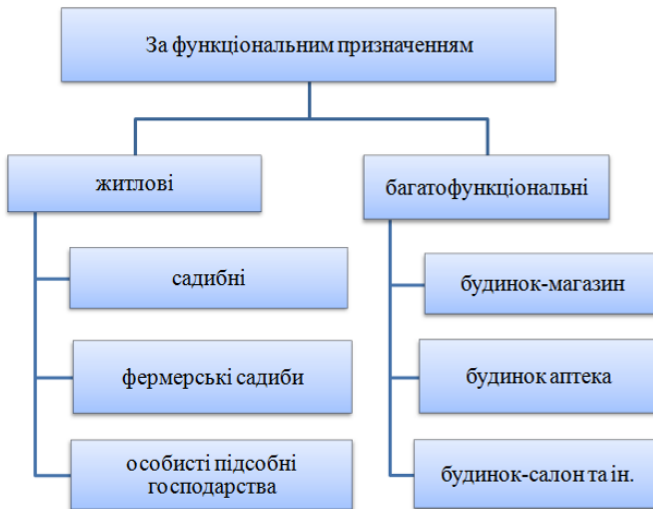


Рис. 1.5. Класифікація малоповерхових будинків за функціональним призначенням



Рис. 1.6. Класифікація малоповерхових будинків за періодичністю проживання

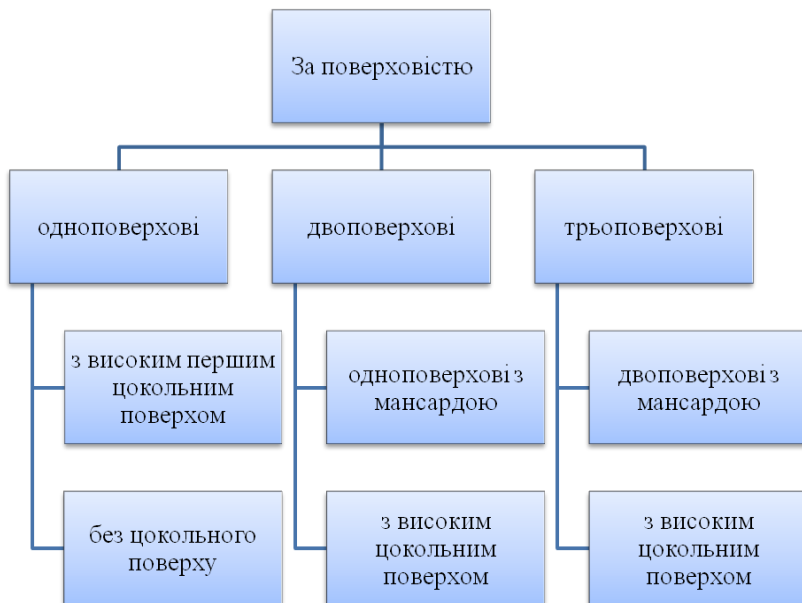


Рис. 1.7. Класифікація малоповерхових будинків за поверховістю

1.2. Вітчизняний та закордонний досвід зведення малоповерхових будівель в щільній міській забудові

В останній час суттєво зросли обсяги капітального будівництва в умовах реконструкції та модернізації старих міських районів великих міст України. Реконструкція існуючої забудови, зазвичай, супроводжується її ущільненням та раціоналізацією [4]. При зведенні будівель і споруд в щільній малоповерховій забудові не завжди звертається увага на архітектурно-історичні особливості території. При недостатньому практичному досвіді зведення будівель в умовах щільної забудови можуть виникати негативні фактори, такі як тріщини в несучих стінах, фундаментах, перекриттях, деформування основ та фундаментів поруч з розташованими спорудами, підвищення рівня ґрунтових вод тощо (рис. 1.8).

Аналіз проблем будівництва в умовах ущільненої забудови вивчали такі вчені як Фільваров Г.Й., Нечасва Т.С., Плешкановська А.М., Габрель М. М. та ін. [5-7]. Але в них в основному було відображено становище такого будівництва в м. Києві.

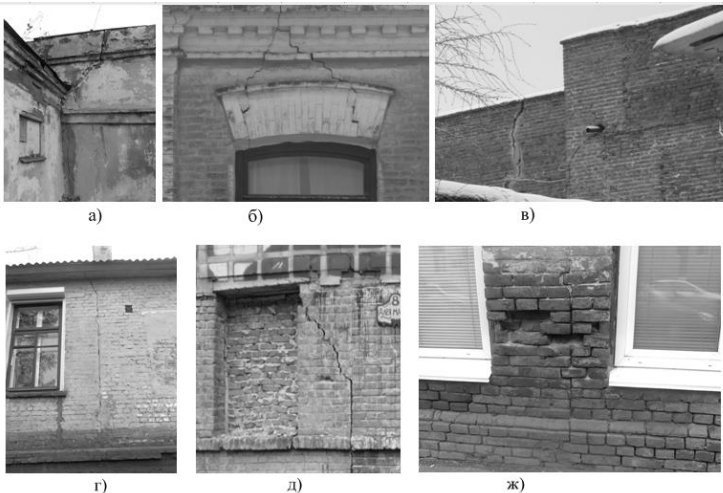


Рис. 1.8. Виявлені деформації будівельних конструкцій будинків та споруд м. Чернігова:

а) одноповерхової котельні на вул. Горького; б) двоповерхової будівлі музею

на вул. Льва Толстого; в), д) триповерхової офісної споруди на пр. Миру,
г) житлового одноповерхового будинку на пр. Перемоги,
ж) двоповерхового будинку на пр. Перемоги

Виконані дослідження показали, що загалом, зниження продуктивності праці за рахунок стисненості площадки будівництва, додаткових технологічних та організаційних перерв, поярусної та почергової роботи механізованих комплектів машин та бригад робітників складало в межах 25-30 %. Витрати на здійснення комплексу спеціальних робіт і організаційно-технічних заходів призводить до суттєвого збільшення вартості будівництва будинків. Таке збільшення на об'єктах-представниках знаходилася в межах 30-40 % від вартості будівництва будинку [8]. Успішне здійснення цього виду будівництва стосується питань не тільки збереження цінних пам'яток архітектури та історії, забезпечення нормальних умов проживання та праці мешканців у поруч розташованих будинках, а також і з питаннями зниження собівартості та трудомісткості будівельно-монтажних робіт.

Аналіз практичного досвіду зведення будинків в щільній малоповерховій забудові м. Чернігова дає можливість виокремити основні причини, які призводять до деформацій основ і фундаментів розташованих поряд будинків, а саме:

- динамічні впливи на поряд розташовані будинки під час забивання паль, шпунтів чи інших механізованих робіт;
- виконання дренажних робіт;
- будівництво будинків та прибудов без відповідних технічних заходів.

Обґрунтування раціональних рішень щодо зведення конструкцій підземної частини повинно базуватися на комплексному аналізі особливостей майданчику будівництва, об'ємно-планувального та конструктивного вирішення поруч розташованих будинків. Аналізуючи дослідження вчених загалом, які займаються ущільненою забудовою [4-10] можна виокремити наступну групу факторів, які необхідно враховувати при проведенні проектування та будівництва поруч з розташованими будинками:

1) наявність на майданчику слабких та нерівномірно стискуваних ґрунтів;

2) наявність високого рівня ґрунтових вод, можлива потреба водозниження або захист котлованів від попадання ґрунтових вод;

3) ґрунти на майданчику можуть знаходитись у водонасиченому і пластичному стані, в яких добре розповсюджуються динамічний вплив;

4) старі розташовані поруч будинки, як правило, мають фундаменти неглибокого закладання на природній основі – насипні сильностискувальні водонасичені ґрунти, які здатні ущільнюватися або втрачати стійкість при динамічних впливах;

5) заглиблення фундаментів під нові будинки як правило більше, ніж у існуючих будинках, що може привести до розвитку суфозії із під підшови фундаментів розташованих поруч будинків;

б) нові будинки, як правило підвищеної поверховості або висотні, суттєво завантажують сусідні ділянки – можливі значні сумісні осадки основи і фундаментів існуючих розташованих поруч будинків.

Сьогодні ці питання знайшли подальший розвиток в працях вчених В.В. Савйовського, С.А. Ушацького та інших [11-13]. Але в основному ці роботи стосуються багатоповерхового будівництва великих міст, в той час малі міста та містечка не отримали належної уваги. Також не в повній мірі досліджено малоповерхове будівництва в умовах щільної міської забудови.

Світова практика пройшла довгий шлях з організації і удосконалення технологій малоповерхового будівництва. Передусім необхідно відмітити, що в таких країнах, як США, Канада, Німеччина і Фінляндія, житлове будівництво спрямоване на малоповерхове житло, а об'єми і структура попиту і пропозиції, темпи введення і енергоефективність такого будівництва набагато перевищують досягнутий рівень ефективності в нашій країні. В середньому близько 80% житлового фонду в цих країнах є малоповерховим житлом [14] (рис. 1.9). Так, для прикладу, в США в 2007 р. було зведено більш ніж 320 млн. кв. м житла, з них 300 млн. – це індивідуальні будинки котеджного типу. Середня площа будинку на одну родину в США складає 148 кв. м. 83% всіх

будинків в США – це індивідуальні будинки на одну родину. 95% всього домобудування в США є дерев'яним або на дерев'яній основі [15].

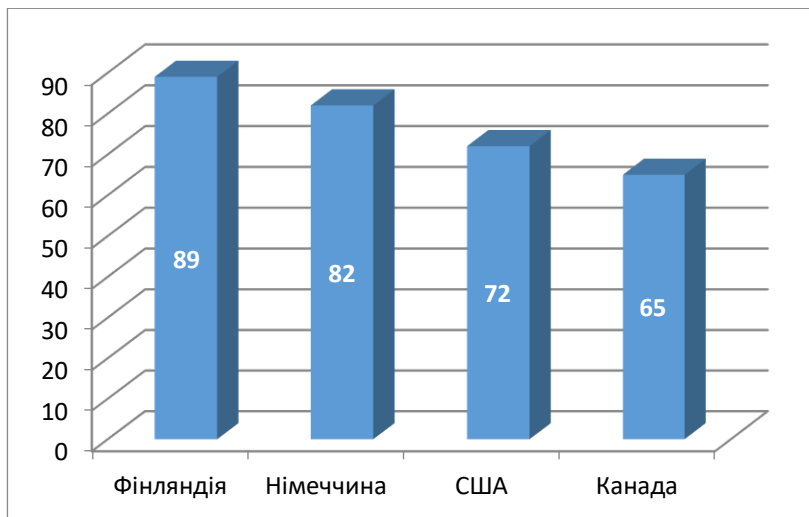


Рис. 1.9. Відсоток населення країн Європи і Америки, які проживають у власних будинках

Цікавий і досвід малоповерхової забудови в Канаді. Зокрема місто Торонто представляє собою скупчення поселень площею 150-200 га, з'єднаних між собою автобанами.

В країнах Європи розвиток малоповерхового будівництва почав розвиватися ще з XIX ст. Передмістя великих міст Європи оточені переважно історичною малоповерховою забудовою. Переважно такі території – це бідні райони з хаотичною забудовою. Їх архітектурний вид і планувальна структура вже давно сформована.

Стрімкий розвиток Лондона почався з будівництва залізничних доріг в 1830-х роках, що призвело до стрімкого переміщення населення з міст в приміські зони. З початком XX ст. навколо Лондона утворилася приміська зона, яку назвали «зовнішній пояс». Після Другої світової війни навколо «зовнішнього пояса» старих приміських територій утворювалась нова приміська зона з новими містами, завдання яких було в

тому, щоб розвантажити Лондон, населення і приміська територія якого розвивалась стихійно, та створити перепланування міста і прилеглих приміських зон для післявоєнного відновлення. Навколо Лондона було збудовано 20 таких міст. Нову зону назвали «метрополітенівський пояс», яка займає територію 5400 кв. км.

В країнах третього світу передмістя зазвичай розвиваються без будь-яких містобудівних обмежень. В Африці жителі таких нетрів іноді навіть роблять свої житла з картонних коробок та іншого сміття, а африканські кочівники навіть розбивають свої табори в передмісті з наметів. Українські передмістя кращі за Африканські, але до світових стандартів їм ще далеко.

Житлова політика другої половини 20-го століття була направлена на зведення будинків зі збірного залізобетону, вирішивши житлове питання в найкоротші терміни. Але при цьому існують тісні, морально застарілі, енерговитратні будинки, які потребують постійних ремонтів і модернізації.

Сьогодні за межами великих міст України спостерігається скупчення котеджних і дачних селищ. Замість окремих будинків зводяться житлові комплекси, територія передмість розширюється, формуються селища з високо щільною малоповерховою забудовою. Малоповерхова житлова забудова збільшується в об'ємах, але здебільшого носить хаотичний характер. Такі будинки мають відірваність від навколишнього середовища, кожен власник намагається збудувати будинок на свій смак, не враховуючи оточуючу забудову, що спотворює зовнішній вид передмість. В нашій країні не можна вважати індивідуальний будинок доступним житлом через значну вартість, не лише будов на ділянці, але і самої земельної ділянки, особливо в межах території великих міст.

Світовий досвід показує, що тенденція до уніфікації елементів житла є стійкою в передових країнах світу. В Європі і США сьогодні застосовується підхід до проектування малоповерхового будівництва, який називають MMC – Modern Methods of Construction (варіант в США – factory build housing, prefab housing), оснований на конструюванні і модульному збиранні основних елементів майбутніх будинків. Лідером

збірно-модульного домобудування є шведські житлово-будівельні компанії (на сьогодні в Швеції близько 90 % будинків будують за prefab-технологіями). Масове будівництво малоповерхових житлових будинків за збірними технологіями ведуть також в Канаді і Японії. В Канаді близько 75% житлового фонду збудовано за деревинно-каркасною технологією. Канадська технологія зведення збірних будинків займає лідируюче місце в сфері індивідуального домобудування.

Основними будівельними технологіями для малоповерхових будинків в Північній Америці, Центральній і Північній Європі є каркасно-панельні (63%-99%) і модульні (2%-25%), як найбільш швидко зводжувані [15].

Дерев'яне домобудівництво в Північній Америці і Європі переважає в країнах з великими лісними масивами (рис. 1.10).

В світовій практиці міське малоповерхове будівництво реалізується в основному на двох планувальних типах забудови – щільно-низькій і садибній. Садибна формується з блокованих або індивідуальних будинків з приватними земельними ділянками різної площі. Щільно-низька формується з багатоквартирних від двох- до чотирьохповерхових будинків з земельними ділянками загального користування, з наявністю при квартирах перших поверхів приватних палісадників невеликих площ.

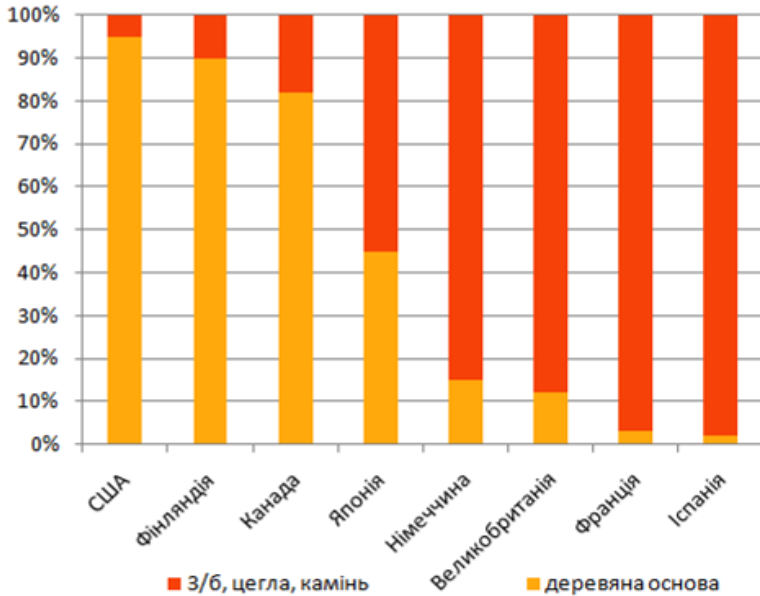


Рис. 1.10. Співвідношення типів домобудування дерев'яного (дерев'яна основа) і кам'яного (з/б, блоки, цегла, камінь тощо) в розвинутих країнах (%)

1.3. Аналіз методів та засобів побудови інформаційно-вимірювальних систем моніторингу енергоефективності будівель

Загально відомо, що моніторинг може мати різну цільову спрямованість, зокрема, може відслідковувати динамічні зміни середовища проживання в часі і просторі, що дозволить підвищувати рівень комфортності за рахунок компенсації взаємних патологічних впливів житла і людини, оперативно реагувати на наближення параметрів середовища проживання до критичних значень, попереджати і компенсувати негативні впливи. Відомі технічні рішення інформаційних та автоматичних засобів, методів і технологій моніторингу в будівництві [35-39]. В процесі моніторингу активно використовуються ІВС візуального спостереження (суб'єктивні

оцінки), фотографії, аудіозапис (суб'єктивний коментар оператора або об'єктивне відображення звукової картини будівництва), відеозйомка і кінозйомка, комп'ютерний і екранний моніторинг. Канал передачі даних моніторингу в будівництві може бути одноразовим або багаторазовим (повторюваним або циклічним). Вимірювані і передані дані можуть бути представлені в аналоговій або цифровій формі. Ланцюг передачі даних може бути єдиним (провідник, оптоволоконні лінії та ін.) Або являти собою сукупність модулів, які можуть вимагати при своєму стикуванні перетворення переданого сигналу (перекодування, посилення сигналу і ін.).

Моніторинг в будівництві може бути обмежений функціями вимірювання, передачі та накопичення оперативних даних, але може також включати в себе компоненту обробки даних для підготовки варіантів управлінського рішення. Зворотній зв'язок в системі моніторингу в будівництві може здійснюватися через операторську станцію на базі персональної ЕОМ.

Розвиток ІТ, методів і засобів передачі та обробки інформації створюють основу для вдосконалення методів і принципів організації інформаційно-вимірювальних систем (ІВС). До найважливіших особливостей розвитку сучасних ІВС слід віднести перехід від централізованої до розподіленої архітектури, розширення вимог до функціональних можливостей і широке використання програмних модулів обробки вимірювальних сигналів з різним ступенем інтеграції схемних і системних функцій. Проведемо аналіз існуючих методів побудови сучасних ІВС (рис. 1.11) для вибору раціональних технічних рішень моніторингу енергоощадності муніципальних будівель [39-41].



Рис. 1.11. Методи побудови ІВС

Методи аналізу і синтезу вимірювальних перетворювачів. Роботи по даному напрямку охоплюють широке коло проблем, пов'язаних з теоретичними та експериментальними дослідженнями методів вимірювання та підвищення точності вимірювальних перетворювачів (ВП) і каналів різного призначення. При цьому основна увага зосереджена на дослідженні і розвитку апаратної реалізації структурних та структурно-алгоритмічних методів і засобів вимірювального перетворення і підвищення точності вимірювань. Результати робіт з даного напрямку показують шляхи можливого розвитку засобів для вимірювання, заснованих на використанні структурних, алгоритмічних та структурно-алгоритмічних методів.

Методи дослідження каналів передачі вимірювальної інформації. Різноманіття можливих способів організації зв'язку між просторово - розподіленими датчиками, виконавчими пристроями і засобами обробки інформації диктують необхідність вдосконалення методів організації ІВС з розподіленою архітектурою, найважливішою особливістю яких є наявність цифрових каналів передачі вимірювальної і керуючої інформації. Перспективним є напрямок по розробці і стандартизації розподілених систем збору інформації та управління для низових ланок автоматизації на основі послідовних мультиплексних моноканалів (ПММ) обміну інформацією (по зарубіжній термінології "послідовні польові магістральні шини введення-виведення інформації"), що отримав назву FIELDBUS. Серед двох класів (H1 і H2) систем FIELDBUS

слід виділити системи класу Н1, що представляє собою розподілені системи, які створюються для організації зв'язку з віддаленими датчиками і виконавчими пристроями на основі ПММ з поєднаною передачею даних і енергії живлення (ППДЕЖ).

За кордоном, як окремими фірмами, так і об'єднаннями фірм зроблені значні зусилля по створенню систем, що відповідають вимогам проекту FIELDBUS, на основі ПММ-ППДЕЖ. В даний час роботи по стандартизації систем FIELDBUS проводить Міжнародна електротехнічна комісія (МЕК) (робоча група SC65C WG6), інструментальне товариство Америки ISA (комітет SP50) і Jemina (Японія). Комітетом SP50-ISA в даний час сформульовані підходи до характеристик майбутніх систем двох класів складності - Н1 і Н2.

Методи і засоби обробки вимірювальної інформації. Роботи по даному напрямку пов'язані з вирішенням теоретичних і прикладних проблем при створенні ІВС для промисловості і наукових досліджень. При цьому основними розв'язуваними завданнями є:

- моделювання вимірювальних сигналів та процесів;
- методи і алгоритми виділення вимірювальних сигналів;
- методи і алгоритми стиснення і класифікації даних в

ІВС.

Для дослідження вимірювальних процесів і алгоритмів обробки даних вимірювань були розроблені моделі вимірювальних сигналів на основі синхронізованих процесів. При цьому розглянуті питання забезпечення заданих спектральних та статистичних властивостей, проведена оцінка похибки модельних уявлень. Проблема виявлення вимірювальних сигналів на фоні перешкод вирішувалася з використанням методу виділення прихованих періодичностей по перетину нуля. Дослідження і розвиток цього методу стосовно до задач геофізики показали можливість простої апаратно-програмної реалізації алгоритмів виявлення і оцінки спектра сигналів. Для вирішення завдань стиснення даних запропоновано використовувати перетворення Хартлі (оперує тільки речовими даними), що дозволяє підвищити швидкодію алгоритмів стиснення [39]. Розвиток алгоритмів стиску даних з

використанням спектральних методів стосовно до завдань електроенергетики отримало в роботах [39, 42].

В останнє десятиліття сформувався новий математичний апарат, основою якого є новий клас базисних функцій - вейвлети. Особливість цього базису, локалізованого у часовій і частотній областях, що дозволяє перевести обробку нестационарних сигналів на якісно новий рівень. Проведено дослідження можливості застосування дискретного вейвлет-перетворення для вирішення задач класифікації сигналів. Застосування вейвлет-аналізу розглядається з позицій використання його як інструменту, за допомогою якого можна отримати інформаційний простір для подальшої розробки алгоритмів класифікації імпульсних сигналів.

Перелік і номенклатура завдань функціонування ІВС різноманітний і це пов'язано з предметними областями використання систем. Можна виділити три основних напрямки використання ІВС засоби вимірювання; вимірювальної системи для подальшого вирішення завдань контролю, діагностики, розпізнавання образів, ідентифікації, управління та ін.; інструментарію для наукових досліджень в галузях промисловості України.

Всі зазначені напрями використання ІВС мають свою специфіку дослідження, що позначається на завданнях функціонування ІВС. З іншого боку, можливості вирішення завдань ІВС обмежені, ІВС мають свою специфіку функціонування, яку в першу чергу слід розглядати як систему реалізації вимірювальної інформаційної технології, іншими словами, тільки ІВС може реалізувати в класі всіх технічних систем вимірювальну інформаційну технологію. Відповідно вимірювальна інформаційна технологія реалізує проведення процесу вимірювань на базі використання ІВС та отримання результату і похибки вимірювань. На рис. 1.12 наведено послідовний ланцюжок перетворення інформації в ІВС.

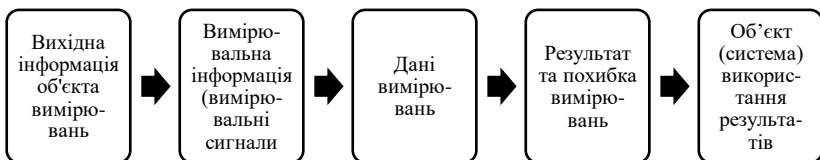


Рис. 1.12. Послідовність перетворення інформації
про об'єкт дослідження

Основні завдання функціонування ІВС при реалізації вимірювальної інформаційної технології можна сформулювати так [43, 44, 45]:

1. Забезпечення нормованих метрологічних характеристик функціонування ІВС як засобу вимірювання.

2. Гомоморфне перетворення вихідної інформації об'єкта вимірювань за допомогою первинних вимірювальних перетворювачів ІВС у вимірювальну інформацію (вимірювальні сигнали).

3. Перетворення вимірювальних сигналів в дані вимірювань відповідними пристроями порівняння (компаратор, АЦП) для наступних передачі, накопичення, зберігання і обробки.

4. Обробка даних вимірювань пристроями ІВС та визначення результатів.

5. Використання отриманих результатів вимірювань для подальшого вирішення завдань контролю, діагностики, розпізнавання, ідентифікації, управління та ін.

6. Захист інформації для досліджень на всіх етапах її трансформації, передачі і обробки апаратно-програмними засобами ІВС.

Р. Хартлі запропонував формулу для обчислення кількості I інформації про об'єкт, який може знаходитися в одному з рівноймовірних N станів:

$$I = \log_2 N. \quad (1.1)$$

Формулу для обчислення кількості інформації для подій з різною ймовірністю запропонував К. Шеннон, у цьому випадку кількість інформації визначається за формулою:

$$I = \sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i, \quad (1.2)$$

де N - кількість можливих подій; p_i - ймовірність окремих подій.

При введенні кількісної міри інформації було прийнято змістовне наповнення повідомлень (семантику) не враховувати, а обмежитися лише формальними ознаками, істотними з точки зору передачі повідомлень по каналах зв'язку. В результаті

враховуються тільки кількість N повідомлень, які підлягають передачі, імовірності $p(x_i)$ надходження їх на вхід каналу. Всю сукупність повідомлень подають у вигляді деякої системи X зі станами x_i :

$$X = \frac{x_1 x_2 \dots x_n}{p(x_1) p(x_2) \dots p(x_n)}; \sum_{i=1}^N p(x_i) = 1. (1.3)$$

де x_i - окремі повідомлення (або їх типи, класи); $p(x)$ - апіорна ймовірність появи повідомлень x_i .

Кількість інформації на синтаксичному рівні визначається через ентропію системи. Мірою необізнаності про системі є функція $H(y)$, яка разом з тим є і мірою невизначеності стану системи. Після отримання деякого повідомлення x одержувач отримує додаткову інформацію $I(x)$, яка зменшує його апіорну необізнаність так, що невизначеність стану системи після отримання повідомлення x стає дорівнювати $H(x)$. Тоді кількість $I(x)$ інформації про систему, отриманої в повідомленні x , визначиться як:

$$I(x) = H(y) - H(x). (1.4)$$

Тобто кількість інформації вимірюється величиною зміни (зменшення) невизначеності стану системи. Якщо кінцева невизначеність $H(y)$ прагне до нуля, то первинне неповне знання заміниться повним знанням, і кількість інформації $I(x) = H(x)$. Іншими словами, ентропія системи $H(y)$ може розглядатися як міра інформації, якої не вистачає. Ентропія системи $H(y)$, яка має N можливих станів, згідно з формулою К. Шеннона визначається як:

$$H(y) = - \sum_{i=1}^N P_i \log P_i, (1.5)$$

де P_i - імовірність того, що система знаходиться в i -ому стані.

У загальному випадку ІВС може бути побудована двома способами: з послідовною і паралельною архітектурою. В ІВС з послідовною архітектурою (її іноді називають централізованою системою) є системи, що перетворюють отримані сигнали, обробляють їх у послідовному режимі. Переваги такої архітектури побудови ІВС очевидні: завдяки використанню принципу поділу обробки за часом, вартість системи невелика.

В ІВС з паралельною архітектурою міститься ряд паралельних каналів вимірювання, кожен з яких має власні вузли перетворення аналізованих сигналів, і тільки процесор комп'ютера працює в режимі мультиплексування (тобто об'єднання сигналів). Подібний принцип побудови ІВС дозволяє проводити оптимізацію обробки сигналів в кожному каналі незалежно. У такій системі перетворення сигналів можна виконувати локально, в місці розташування джерела досліджуваного сигналу, що дозволяє передавати сигнали від вимірюваного об'єкта в цифровій формі.

Для опису ІВС, пояснення складу функціональних частин і елементів, їх призначення і взаємозв'язків в системі застосовуються структурні схеми. Опис вхідних функціональних елементів може здійснюватися за допомогою функціональних схем, що роз'яснюють протікаючі в них процеси. Узагальнена структурна схема показана на рис.1.13, а, б.

Також можна виділити багатовимірні ІВС, які засновані на одночасному вимірюванні різних властивостей середовища і залежать від його складу, з подальшою математичною обробкою результатів вимірювання.

Вимірюваними можуть бути, наприклад, електропровідність, щільність, температура кипіння або питома вага і т. д. У всіх випадках незалежно від характеру виконуваного розрахунку можливість вимірювання пов'язана з можливістю складання системи незалежних рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} X_1 = f_1(C_1, C_2, C_3, \dots, Q_i \dots C_k); \\ \dots \\ X_i = f_i(C_1, C_2, C_3, \dots, Q_i \dots C_k); \\ X_{k-1} = f_{k-1}(C_1, C_2, C_3, \dots, Q_i \dots C_k); \\ I = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_i + \dots + C_k, \end{array} \right. \quad (1.6)$$

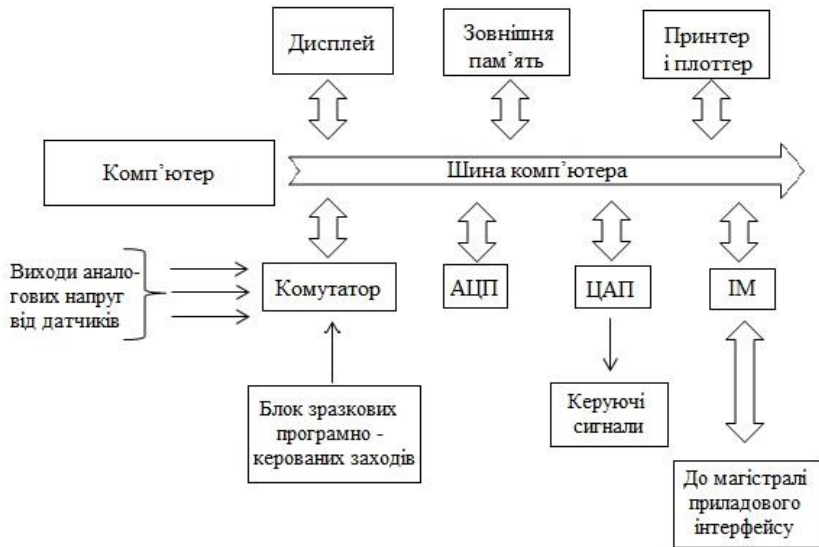
де X_i, X_j, \dots, X_{k-1} - вимірювані параметри аналізованого середовища; $C_1, C_2, C_3, \dots, Q_i, \dots, C_k$ - концентрації компонентів аналізованої середовища; $f_1, \dots, f_i, \dots, f_{k-1}$ - функції, що виражають характер залежності вимірюваних параметрів від складу середовища.

Функціональна незалежність рівнянь системи забезпечує принципову можливість її вирішення, тобто знаходження потрібного Ск. Таким чином ці системи забезпечують вибіркове визначення заданих величин в багатокомпонентному середовищі.

Для представлення моніторингу, як інформаційного супроводу життєвого циклу функціонування будівельних об'єктів при їх реконструкції використовуємо наступні ІТ, що показані на рис. 1.14, а та модель комплексного об'єкта перебудови (КОП), показану на рис. 1.14, б, що являє собою багаторівневу інфраструктуру вигляді піраміди інформаційних систем підтримки прийняття рішень [46-50].



а)



б)

Рис. 1.13. Узагальнена структурна схема побудови ІВС:
 а) структурна схема ІВС; б) схема елементів системи: ІМ – інтерфейсний модуль; ЦАП – цифрово – аналоговий перетворювач;
 АЦП – аналогово – цифровий перетворювач

Муніципальна будівля (рис. 1.14) має власну прибудинкову територію (шар 1) і підключено до інженерних комунікацій (шар 2), який поставляє будівлі, споруді (шар 3) ресурс для функціонування. З іншого боку, в будівлю або споруду включено обладнання (шар 5), що перетворює вхідний ресурс в експлуатаційні послуги (шар 6). Причому якість перетворення істотно залежить від використовуваної технологічної платформи (шар 4), а саме перетворення формує послуги (традиційні та альтернативні) для споживачів. Причому автоматизовані системи є основою технологічної платформи будівлі (шар 4).



Рис. 1.14. Схема моніторингу енергоощадності будівель:

- а) ІТ в управлінні енергоощадними технологіями; б) комплексна модель перебудови об'єкту: 1. Територія (географічне положення, природні ресурси, клімат та ін.); 2. Інженерні комунікації; 3. Будівля, споруда; 4. Технологічна платформа; 5. Устаткуваннябудівлі, споруди; 6. Експлуатаційні послуги(традиційні та альтернативні); 7. Користувачі

При побудові моделі моніторингу КОП застосовані такі методологічні засоби представлення як комплексний підхід і інфографічне моделювання. Моніторинг формує навколо КОП специфічну інформаційно-інтелектуальне середовище, що забезпечує енергоефективність будівлі, споруди на всіх етапах життєвого циклу, в тому числі, і на етапі перебудови [30, 51-55].

Відомо два підходи, які використовуються при побудові ІВС. Один заснований на застосуванні спеціалізованих комплексних систем, до складу яких входить апаратура аналого-цифрового перетворення, мікропроцесорні засоби цифрової обробки та пристрої відображення інформації. Прикладами спеціалізованої системи є багатоканальний аналізатор сигналів SA 3550 фірми Brüel & Kjær. А також багатоканальний спектральний аналізатор SI 1220 фірми Schlumberger Technologies. Дані пристрої дозволяють виконувати багатоканальний моніторинг конструкцій, дослідження резонансних явищ, структурний аналіз, тестування та балансування машинного обладнання, частотний аналіз сигналів і нелінійних ланцюгів [38, 56].

До недоліків такого підходу побудови вимірювальних систем можна віднести: обмеження кількості вхідних сигналів і їх характеристик; жорстка структура алгоритмів обробки (не

допускає розробку програм аналізу під конкретну задачу), обмежені можливості графічного представлення результатів; висока вартість вимірювальних систем.

Другий підхід заснований на застосуванні додаткових інтерфейсних модулів і цифрових процесорів сигналів у складі персонального комп'ютера. Суттєвими перевагами другого підходу є: гнучкість вимірювальної системи при реалізації різних алгоритмів обробки, функціональна повнота системи (вирішуються завдання введення даних, обробки, управління, аналізу, зберігання вимірювальних даних і результатів аналізу), високі метрологічні характеристики і можливість тиражування розроблених систем.

Перспективною є тенденція побудови ІС на базі типових мікропроцесорних засобів, що забезпечує масовість їх застосування. Стратегія створення таких систем полягає в об'єднанні реєструючих датчиків, апаратури збору даних та цифрової обробки сигналів, а також засобів програмного забезпечення в єдину інформаційну систему (рис. 1.15). Елементи системи зв'язані між собою на фізичному та логіко-функціональному рівні. Введення даних в ІВС реалізується апаратними засобами підсистеми збору даних, а керує процесом збору користувач, використовуючи екранні форми інтерфейсу.

З урахуванням вищезазначеного проведемо аналіз відомих ІВС в галузі енергозбереження, які використовуються в умовах сучасного економічного господарства.

Так, Асоціацією енергоаудиторів ЖКГ та Асоціацією міст України в рамках проекту «Підтримка інституційної спроможності українських міст в розробці та реалізації політики сталого енергетичного розвитку» реалізовується проект «Муніципальна енергетична реформа в Україні». Складено аналітичну довідку енергоефективності [57-62] на основі інформації, отриманої під час ознайомчих візитів до міст Києва, Житомира, Кам'янець-Подільського, Харькова, а також на основі аналізу ринку систем моніторингу енергоспоживання для будівель. Визначено, що в деяких містах подібні системи дозволяли вести базу даних енергоспоживання великої кількості будівель та розраховувати економію від впровадження проектів з підвищення енергоефективності. Так в 2006-2012 роках в м. Києві подібна система (рис. 1.16) дозволяла моніторити з

дискретністю один раз на місяць теплоспоживання більше ніж 1100 закладів бюджетної сфери, що були задіяні в Проєкті «Енергозбереження в адміністративних і громадських будівлях м. Києва», визначати економію теплової енергії з корекцією по погодним умовам та формувати звітні документи в розрізі структурних підрозділів КМДА [63, 64].

Зазначені системи дозволяють в подальшому спростити та прискорити інтеграцію та впровадження спеціалізованих програмних та програмно-апаратних комплексів і можуть бути рекомендовані на початковому етапі формування енергетичного менеджменту.

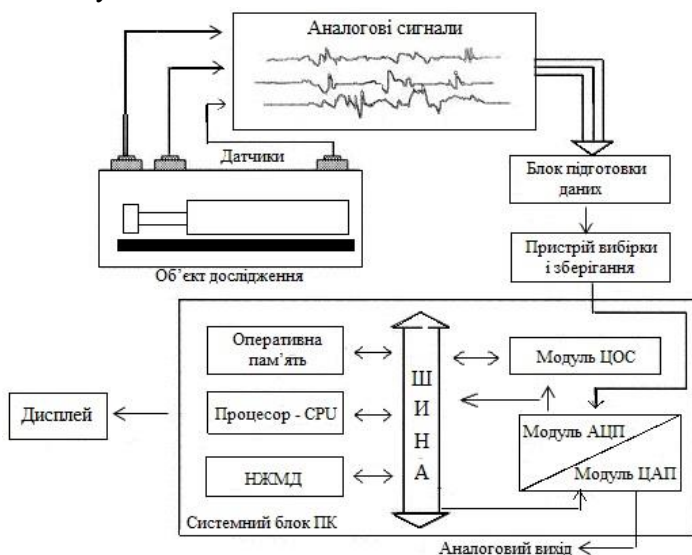


Рис. 1.15. Блок-схема ІВС:

НЖМД – накопичувач на жорстких магнітних дисках;

ЦОС – цифрова обробка сигналу; АЦП – аналого – цифровий пристрій;

ЦАП – цифрово – аналоговий пристрій

До недоліків подібних систем слід віднести їх неструктурованість (в ряді випадків), невпорядковану документацію та необхідність мати користувачів з достатньо високий рівнем володіння згаданими програмними комплексами. Станом на 2015 рік в Україні вже впроваджено

велику кількість спеціалізованих систем моніторингу, інформація по яким наведена нижче:

- системи, основані на аналізі щомісячних рахунків за енергоспоживання;
- системи з використанням ручного вводу даних з лічильників енергоресурсів;
- системи з використанням автоматизованого отримання та передачі даних з лічильників та пристроїв;
- комбіновані системи збору даних;
- програмний комплекс «Енергоцентр».

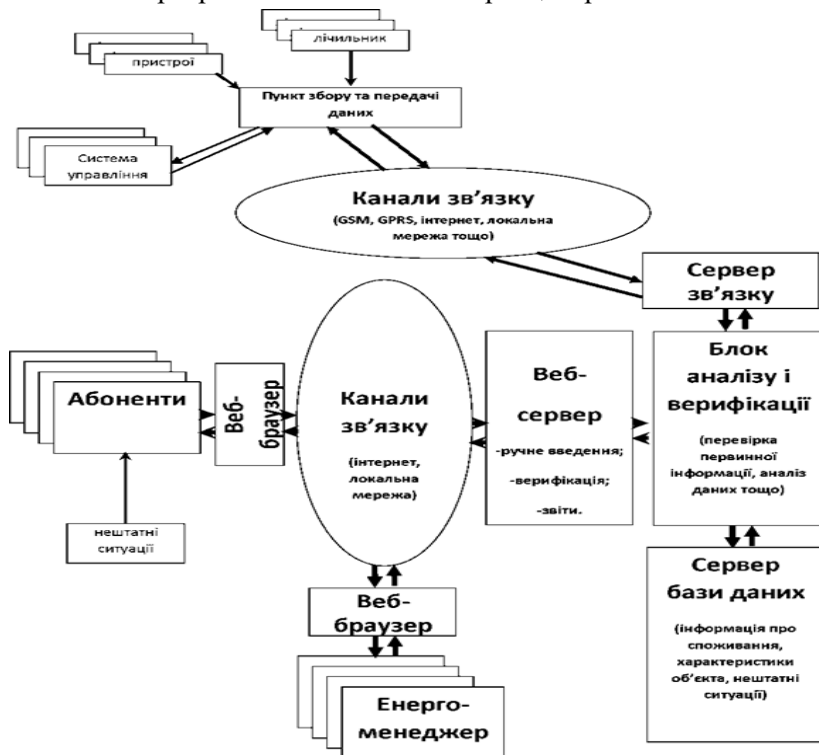


Рис. 1.16. Схема системи моніторингу енергоспоживання

Так, в Україні використовується програмний комплекс «Енергоцентр». У 2008-2012 р. продано більше 200 ліцензій «Енергоцентр» і понад 150 копій програмного забезпечення для вбудованих систем, дана система дозволяє (рис. 1.17, а):

- вести облік споживання енергоресурсів, за допомогою збору даних про параметри по кожній точці (групі) обліку з заданим періодом контролю (інтеграції);
 - функціонує в автоматичному і ручному режимі;
 - зберігає параметри обліку в базі даних;
 - забезпечує багатотарифний облік споживання (відпустки) електроенергії (розбивка доби на тарифні зони);
 - забезпечує контроль дотримання лімітів енергоспоживання;
 - дозволяє вести єдиний системний час з можливістю його коригування;
 - забезпечує відображення інформації про споживання енергоресурсів та моніторинг контрольованих систем на екранах комп'ютерів, автоматизованих робочих місць (АРМ) у графічному вигляді та у вигляді таблиць;
 - виводить розрахункові параметри на термінал та/або на пристрій друку на вимогу оператора;
 - забезпечує щоденний контроль працездатності засобів і приладів обліку електроенергії;
 - забезпечує взаємодію з іншими подібними системами, АСКОЕ енергокомпаній і системами управління підприємством (білінгові системи, АСУ ТП, АСУ та ін).
- При цьому система має наступні характеристики:
- «Коробкова» версія поширення, яка включає в себе диск дистрибутив, ключ захисту Guardant, документація з встановлення та налаштування системи;
 - наявність оперативного зворотного зв'язку від інтегратора до розробника;
 - швидкість розгортання від 30хв (до 10 приладів обліку) до доби (до 500 приладів обліку);
 - наявність всіх необхідних модулів, які входять в базову поставку для вирішення поставлених завдань: збору даних, відображення, формування даних передачі суміжних компаніям (XML файли, УППД, і ін формати), генерація звітів;
 - підтримка СУБД (Oracle, Postgresql, MS SQL);
 - підтримка всіх типів приладів обліку, поширених в Україні;
 - інтерфейс взаємозв'язку з існуючими системами основних виробників.

Досить актуальний зараз і процес ІМБ (ВІМ англ.), який використовується при управлінні і моніторингу проектів комплексного будівництва. При цьому, енергоощадні будівельні проекти з ремонту, реконструкції, реновації, термомодернізації будівель теж комплексні, що дає змогу імплементувати ІМБ і у процес втілення таких проектів. ІМБ розширює двовимірні креслення (плани, фасади, розрізи і т.п.) до 4-D, доповнюючи три основні просторові виміри (ширина, висота і глибина) часом, як четвертий вимір і вартістю як п'ятий. ВІМ охоплює не тільки геометрію, але і ГІС управління проектами, як комплексний процес, що поєднує традиційні методи управління з багатofакторним аналізом календарно-мережних графіків (1D), конструкторською (3D) і кошторисною (1D) документацією (рис.1.17, б). Формується єдиний, узгоджений за ресурсами і витратам, просторово - часовий план проекту. Засобами системи він візуалізується, аналізується, верифікується і, при необхідності, коректується з урахуванням виявлених помилок. Результати роботи системи документуються у вигляді ілюстраційних матеріалів, зображень і відео-презентацій, які можуть використовуватися як при розгляді і затвердженні планів, так і при їх реалізації, забезпечуючи наочний візуальний контроль за ходом робіт безпосередньо на будівельному майданчику.

Компоненти інтеграції з системами автоматизованого проектування AutoCAD, CATIA, ProEngineer, SolidWorks, Bentley MicroStation, Google SketchUp, а також із засобами управління проектами Primavera P3/P6, MS Project, Asta Powerproject забезпечують прозорий обмін даними та їх синхронізацію при внесенні змін і актуалізації інформації.

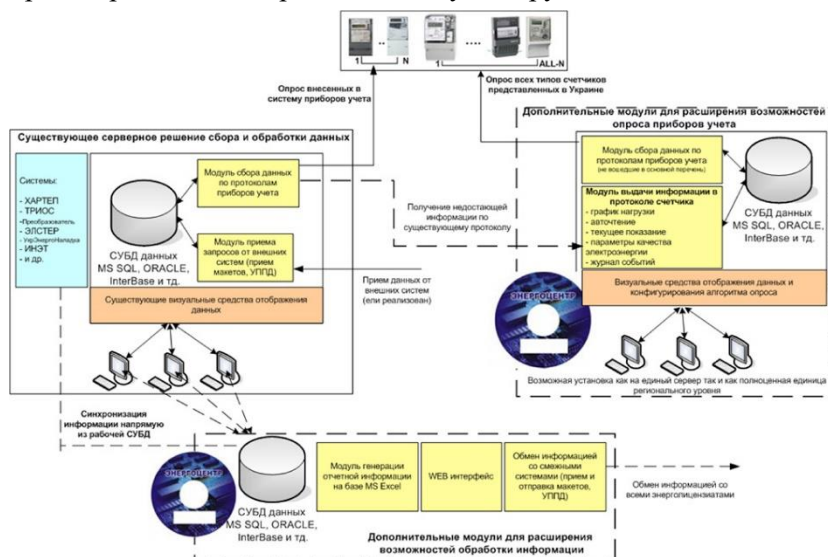
Останній час для вирішення задачі енергозбереження дуже часто використовують ГІС технології [65, 66], які дозволяють отримати термографічні карти будівлі. ГІС використовують спеціальне програмне забезпечення. З найбільш відомих і визнаних у всьому світі є комплекс програмних засобів – ArcGIS [67], визнаний у багатьох країнах як інструмент для офіційного представлення геоінформації. Платформа ArcGIS – сімейство програмних продуктів розроблено компанією ESRI, визнаним лідером у створенні і просуванні провідних геоінформаційних систем, з урахуванням

передових тенденцій розвитку ІТ і зростаючих вимог численних користувачів. З її допомогою користувачі можуть створювати загальні енергоефективні моделі даних для різних галузей промисловості, які забезпечують задану структуру поведінки реальних об'єктів. Так, наприклад, міські адміністрації Бельгії намагаються спонукати населення вирішувати проблему втрат тепла шляхом підтримання заходів з ізоляції дахів через податкові знижки та інші матеріальні стимули. Он-лайн проект "Збільш свій дах" [68, 69] намагається допомогти вирішити це питання через відносно просту візуалізацію – теплову карту. В результаті, отримано найбільшу термографічну карту, яка доступна в даний час он-лайн режимі (рис.1.17, б).

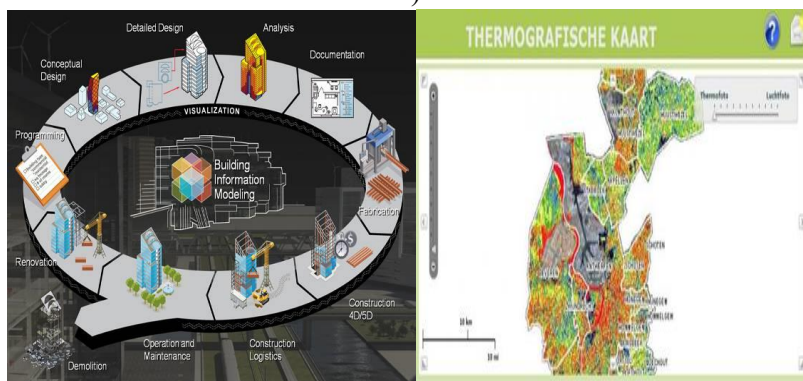
Ця карта є інформаційною ГІС системою яка відрізняється відкритістю інформації з використанням тепловізійної зйомки, що допомагає виділити проблемні зони та прийняти певні рішення з поліпшення енергоефективності дахів приватним і юридичним особам.

Також відомий проект Collecting DATA from Energy Certification to Monitor Performance Indicators for New and Existing buildings (далі DATAMINE) заснований у січні 2006 року [70] для реалізації положень EPBD в ЄС. Відправною точкою проекту DATAMINE було відсутність повної інформації про поточний стан європейського фонду будівель і процесів, що в них протікають. Ідея DATAMINE - використання енергетичних сертифікатів в якості джерела даних для цілей моніторингу. Враховуючи велику різноманітність будівель, а також сертифікатів в Європі і дуже різний статус національної реалізації EPBD, зусилля по здійсненню, загальної системи моніторингу могли бути реалізовані тільки в довгостроковій перспективі. Таким чином, метою DATAMINE була розробка на основі досвіду в області збору даних та аналізу на практичному рівні узгодженої системи моніторингу та розробка висновків і рекомендацій. Для цього було відібрано 12 модель-проектів держав-членів, серед яких: Німеччина, Польща, Великобританія, Данія, Італія, Греція, Бельгія, Австрія, Словенія, Іспанія, Ірландія, Болгарія. У кожній країні, яка брала участь у проекті, було проведено на малих масштабах тестування збору даних та моніторингу з використанням сертифікатів EPBD або енергетичних аудитів. Кожна модель використовувала різні

типи сертифікації, а також методи збору даних і моніторингу, в залежності від цілей, визначених основними учасниками. В проєкті реалізовано принцип «знизу - вгору».



а)



б)

в)

Рис. 1.17. Інформаційне забезпечення енергоощадності будівель в Україні та світі:

- а) побудова системи збору даних на базі існуючої системи модулів ПО «Енергоцентр»; б) інформаційне моделювання будівель (ІМБ); в) термографічна карта дахів Бельгії

У загальній складності в процесі моніторингу були визначені 255 параметрів, які можуть бути використані для опису енергетичного подання будівель, в залежності від конкретного випадку та виду енергетичного сертифіката. Розглянуті дані можна об'єднати в групи [71]:

А. Дані енергетичного сертифіката: дата сертифікації, класифікація будівель у відповідності з національними показниками, використовуваними при сертифікації.

Б. Загальні дані про будівлі: основні відомості про тип і розмір будівлі, наприклад, місцезнаходження (місто), призначення будівлі, опалювальна площа.

С. Дані про огорожувальних конструкціях будівлі: дані, що описують теплові характеристики огорожувальних конструкцій будівлі: коефіцієнти теплопередачі і площі елементів, властивості вікон.

Д. Дані про системах: дані, що описують системи енергопостачання будівлі, наприклад, тип теплогенеруючих систем, тип систем розподілу тепла, інформація про системи кондиціонування.

Ф. Основні параметри для інструментального підходу (операційний рейтинг): інформація на базі основних умов операційного рейтингу, необхідні величини (виміряне споживання енергії) зазначаються в групі параметрів.

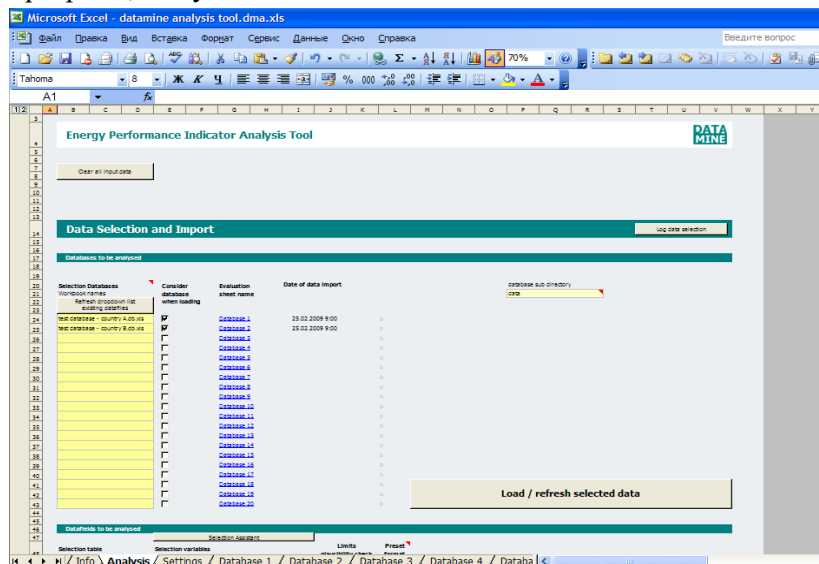
Г. Сумарне споживання енергії і генерація енергії: сумарне кінцеве енергоспоживання і генерація енергії, зазначаються в першу чергу для оперативного рейтингу і, також, для оціночного рейтингу.

Н. Первинна енергія, викиди CO₂ і порівняння: первинне енергоспоживання, викиди CO₂ для обох операційного та оціночного рейтингів.

В ході реалізації даного проекту моніторингу було зібрано понад 19000 наборів даних у 12 різних країнах. На рис. 1.18 наведено зведену інформацію про кількість і характеристики будинків і їх систем, типи енергетичних сертифікатів, які брали участь у реалізації проекту.

Відома також методологія моніторингу енергоспоживання підвідомчих установ Міністерства оборони США. Міністерство оборони США витрачає більше 2,5 млрд.

доларів в рік на енергоспоживання [72], в його підпорядкування входять: армія; військово-морський флот; військово-повітряні сили. Вони є найбільшими споживачами енергії в США. Розпорядженням (ЕО) 13123 "Озеленення уряду за рахунок ефективного енергетичного менеджменту" поставлені амбітні, але досяжні цілі енергетичного менеджменту для федерального уряду. У зв'язку зі значною часткою енергоспоживання Міністерства оборони США, ефективне використання енергетичних і водних ресурсів відіграє важливу роль у підтримці основних його завдань. У зв'язку з цим Міністерство оборони встановило завдання, спрямовані на підвищення ефективності, скорочення енергоспоживання, усунення відходів, а також підвищення якості життя. При цьому одним з перших кроків у розробці програми контролю за ефективним енерговикористанням є базова енергетична оцінка, яка буде надавати допомогу в оцінці ефективності існуючої енергетичної програми, або у визначенні та описі недоліків.



a)

Рис. 1.18. Система моніторингу енергоощадності проекту «DATAMINE»:

- а) робоче середовище «DATAMINE Analysis Tool»;
 б) структура даних «DATAMINE Analysis Tool»

No.	data field name	data field label	unit	definition	input type	predefined values
DATAMINE DATA STRUCTURE Version 1.0 from 10th October 2006						
Predefined values applicable for all data fields: (indication: there has been no input information or not available for the center; the component for which this information is required is not present)						
1	Energy Certificate Data	data set id		primary key for the unambiguous identification of the data set during data processing	0	two letter ISO country code "00" "01" - building building identity code, see below "02" "03" is case of a whole building. In case of an apartment the data number "01", "02", "03" of the apartment in the building "04" "05" - building floor number "01", "02", "03". If there are several data sets for the same building or apartment include always "01" first one always exists for a building. example: use building identity code: "02", indicate that it is a general building, and the data set is about the whole building and not an apartment and that it is the second data set for this building in the data base for building identity code: "01" indicate that it is a general building, the data set corresponds to apartment no. 2 of the building and it is the first data set for this apartment in the data base Building identity code: Code system is defined for each apartment or quarter. It is used for the data set identity code data also. Please don't use names and addresses for record of data privacy protection. A very simple solution is:
14	indicator for building or apartment	indicator_ba		indicator, if the data set that means the energy certificate refers a whole building or an apartment, see apartment	0	0: the data set is for a building 1: the data set is for a part of a building (more than one apartment or a part of a residential building) (in the data set is for an apartment)
15	status of the dataset	status_dataset		status as an indicator for evaluation	0	0: data dataset is not processed any 1: data dataset is building in the whole data base 2: data dataset is building in a future data base (no information available) 3: in the data set is not finished building design, new design data set for a new building to be entered 4: data dataset is building design data set for an existing building to be removed
4	date of certification	date_cert		value free but format predefined	1	introduction data fields classification lists

б)

Рис. 1.18. Закінчення (див. також с. 36)

Згідно методології побудови системи енергетичного менеджменту та реалізації програм з енергоефективності виділяють такі основні складові:

- планування - є важливою частиною програми управління енергією. Це планування складається з: проведення енергоаудиту для визначення видів використання енергії в установі; встановлення цілей; розробки плану дій для реалізації цих цілей;
- енергетичний аудит, а також введення в експлуатацію і повторне введення в експлуатацію систем вентиляції та кондиціонування, оцінка поточного використання енергії та надання допомоги у визначенні заходів в області енергозбереження;
- додатковий компонент програми енергетичного менеджменту - встановлення цілей та показників ефективності, які відстежують прогрес у досягненні цих цілей.

З 2005 року DUERS була замінена програмним забезпеченням « Army Energy and Water Reporting System

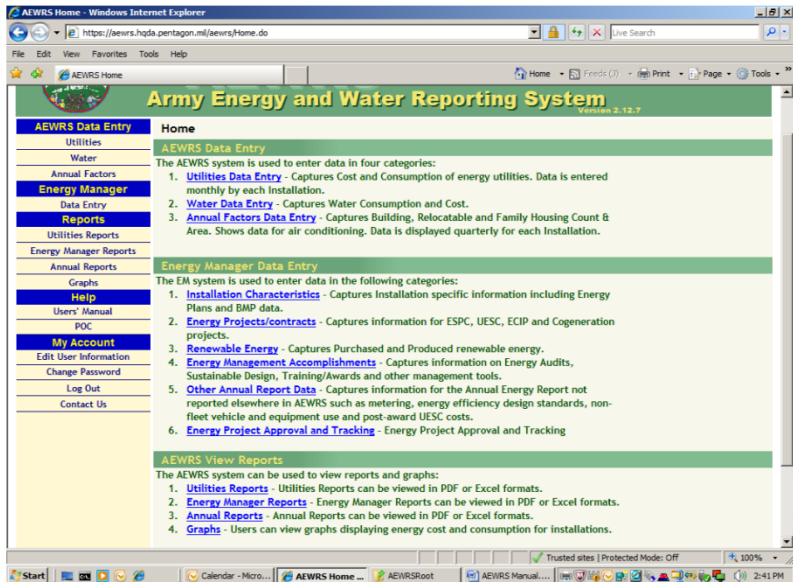
(AEWRS)» [73]. Ця автоматизована система збирає інформацію про: спожитої енергії в натуральному і грошовому вираженні, що забезпечує аналіз даних, фіксує дані про фінансуються програми з енергозбереження; поновлюваних джерелах енергії, води; досягнення за результатами раціонального використання енергії; інформацію про енергетичні сертифікати будівель LEED; формує звіти. AEWRS є веб-системою, тому користувачі мають доступ до її додатків через головний сервер. Прямий доступ можна отримати на веб-сайті <https://aewrs.hqda.pentagon.mil>, маючи ім'я користувача і пароль для доступу до системи. Домашня сторінка AEWRS наведена на рис.1.19.

1.4. Використання підходів нечіткого моделювання при проектуванні ІВС моніторингу енергоощадності

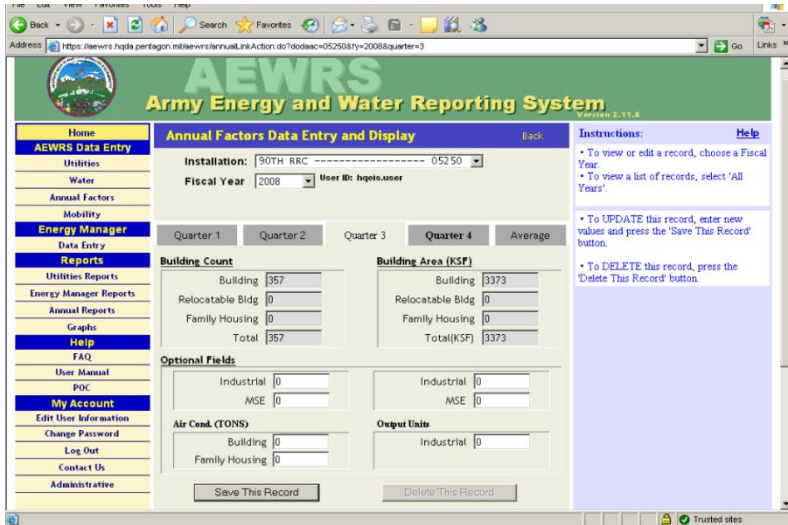
В основу роботи наведених систем покладений підхід, описаний в роботах [36, 37, 81, 82], який полягає в аналізі даних методом нечіткого моделювання як підходу до задач, де фігурує занадто багато невідомих. Проте існуючий математичний інструментарій є досить ефективним в процесі розробки цілком детермінованих кінцевих пристроїв із складною поведінкою. Але відомо, що в процесі аналізу енергоефективності не завжди існують данні, які є чітко детермінованими. Це пов'язано насамперед з неможливістю передбачити поведінку втрат тепла, погодних умов та інших факторів на визначеному проміжку часу. Заміщаючи сувору детерміновану математичну модель об'єкту нечітким описом використовуючи лише мінімальний набір закономірностей, не прямуючи до узгодженого опису системи. Це дозволяє працювати з даними, що отримані системою на невеликому проміжку часу, з так званими нечіткими числами. Таким чином, використання алгоритмів нечіткої логіки дає змогу спеціалістам в області аналізу енергоефективності побудувати модель, яка об'єднує підсистеми різних показників як по об'єкту дослідження, так і за своєю природою і дозволяє будувати прогноз розвитку системи, як кількісний, так і якісний.

Нечіткі продукційні когнітивні карти (Rules Based Fuzzy Cognitive Maps, RBFCMs) – FCMs (рис.1.20, а), засновані на правилах [83-85], для опису впливів між концептами

використовуються нечіткі продукційні правила. Узагальнені нечіткі продукційні когнітивні карти (Generalized Rules Based Fuzzy Cognitive Maps, BFCMs), узагальнюють властивості нечітких продукційних когнітивних карт і реалізують розширені можливості по аналізу і моделювання складних систем (рис. 1.20, б).



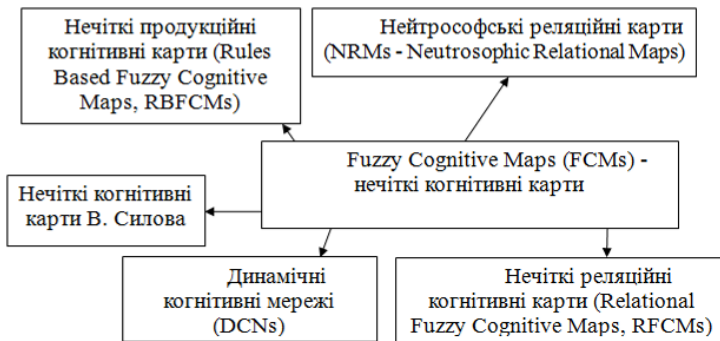
a)



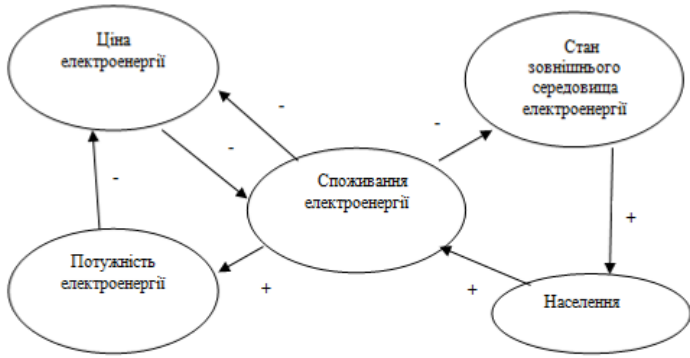
б)

Рис. 1.19. Система моніторингу енергоощадності проекту «AEWRs»:

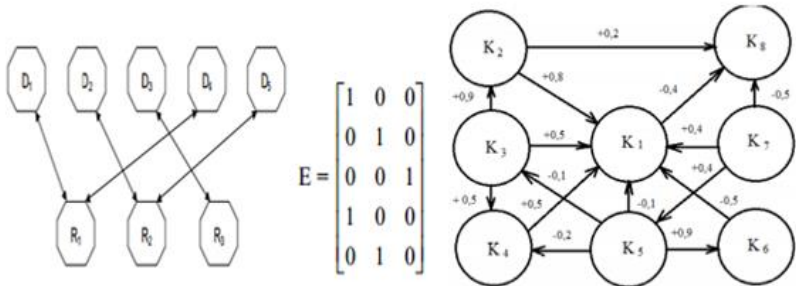
а) робоче середовище «AEWRs»; б) структура даних «AEWRs»



а)



б)



в)

г)

д)

Рис. 1.20. Когнітивне моделювання:

а) класифікація нечітких когнітивних моделей (карт);

б) нечітка когнітивна карта; в) нечіткі реляційні когнітивні карти;

г) матриця відношень нечіткої реляційної карти; д) динамічна когнітивна карта

Нечіткі реляційні когнітивні карти (Relational Fuzzy Cognitive Maps, RFCMs) і FRM - Fuzzy Relational Maps [86, 87], забезпечують гнучкість побудови та аналізу нечітких моделей слабоформалізованих систем і проблем за рахунок реляційного представлення нечітких співвідношень впливу між концептами. На рисунку 1.20, в: D1 – стан системи нормальний, D2 – поганий, D3 –середній, D4 –гарний, D5 –дуже гарний; R1 – гарний результат роботи системи, R2 – поганий результат, R3 – середній результат. На рисунку 1.20, г приведена матриця відношень стану системи та результати її роботи.

Нейтрософські реляційні карти (NRMs - Neutrosophic Relational Maps) [86, 87] в їх основі яких лежить ідея потрійності. Нейтрософської логіка характеризує кожне логічне твердження в 3D-нейтрософському просторі, де кожен вимір простору представляє відповідно істину (Т), невірне значення (F) і невизначеність (I) розглянутого твердження, а параметри Т, F, I відповідно є стандартними або нестандартними речовими.

Динамічні когнітивні мережі (DCNs) використовують апарат диференціальних рівнянь для опису моделі. Більш докладний аналіз і розвиток DCNs в сторону нечітких нейронних мереж проведено в [138], де авторами запропонована класифікація способів інтеграції нечітких і нейронних мереж (рис. 1.11, д). У загальному випадку під нечіткою моделлю розуміється інформаційно – логічна модель системи, побудована на основі теорії нечітких множин.

Для реалізації когнітивного моделювання в галузі аналізу енергоефективності муніципальних об'єктів в межах створюваної інформаційної системи пропонуються наступні фактори когнітивної карти (табл. 1.1). Індикатор «прив'язується» до відповідного фактору за допомогою встановлення відносини асоціації шляхом присвоєння таким відношенням коефіцієнту відповідності (число в інтервалі від 0 до 1). Чим вище значення коефіцієнта, тим точніше індикатор характеризує відповідний фактор. Розглянемо детально процес оцінки факторів в проєктованій інформаційній системі, який будемо проводити на основі процедури нечіткого виводу.

Таблиця 1.1

Фактори енергоефективності

№	Фактори		Індикатори
1	2	3	4
1	Фактори для характеристики об'єкту дослідження	Геометричні та об'ємні параметри; просторові	Широта, довгота; Висотність; Площа стін; Площа дверей та вікон;

		координати ГС.	Площа підлоги та стелі; Площа склоблоків; Загальна площа будівлі; Опалювальний об'єм будівлі; Висота будівлі; Кількість людей; Коефіцієнт, який враховує кількість тамбурів.
2	Фактори для огорожувальних конструкцій	Матеріал конструкцій; Товщина; Рік будови; Кількість поверхів; Наявність дефектів.	Коефіцієнт теплопередачі стін; Коефіцієнт теплопередачі вікон; Коефіцієнт теплопередачі стелі; Коефіцієнт теплопередачі дверей; Коефіцієнт теплопередачі підлоги; Коефіцієнт теплопередачі склоблоків; Витрати теплоти крізь огорожувальні конструкції; Витрати теплоти на нагрівання зовнішнього повітря, яке проникає через двері тамбурів, що відчиняються; Коефіцієнт опору теплопередачі стіни.
3	Фактори для тепловізійної зйомки	Вологість повітря; Температура поверхні; Температурний сигнал;	Температура зовнішнього повітря; Температура внутрішнього повітря; Температура внутрішньої поверхні стіни;

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4
		Вітер; Сонячна радіація; Опади; Теплове	Температура зовнішньої поверхні стіни; Швидкість вітру; Відносна вологість; Тепловий потік ззовні;

		відображення сусідніх об'єктів; Встановлення коефіцієнта випромінювання; Встановлення температури.	Тепловий потік всередині; Точка роси; Коефіцієнт опору теплопередачі стіни.
4	Фактори для системи вентиляції	Вид системи; Повітряобмін.	Корисний об'єм будівлі; Потрібний об'єм повітряобміну; Потужність системи; Електроспоживання системи; Теплота, що йде на нагрівання інфільтраційного повітря.

Використовуваний в різного роду експертних системах та системах підтримки прийняття рішень механізм нечіткого виведення в своїй основі має базу знань, що формується фахівцями предметної області у вигляді сукупності нечітких предикативних правил Π вигляду:

$$\Pi_1: \text{якщо } x \in A_1, \text{ тоді } y \in B_1;$$

$$\Pi_2: \text{якщо } x \in A_2, \text{ тоді } y \in B_2;$$

...

$$\Pi_n: \text{якщо } x \in A_n, \text{ тоді } y \in B_n,$$

(1.7)

де x – вхідна змінна (ім'я для відомих значень даних); y – змінна виведення (ім'я для значення даних, яке буде обчислено); A і B – функції приналежності, визначені відповідно на x і y .

Знання експерта $A \text{ ® } B$ відображає нечітке причинне відношення передумови і висновку, тому його можна назвати нечітким відношенням і позначити через R :

$$R = A \text{ ® } B, \quad (1.8)$$

де «®» називають нечіткою імплікацією.

Відношення R можна розглядати як нечітку підмножину прямого добутку $X \times Y$ повної множини передумов X і висновків Y . Для ілюстрацій розглянемо систему, яка описується наступними нечіткими правилами:

$$\Pi_1: \text{якщо } x \in A, \text{ то } w \in D;$$

P_2 : якщо $y \in B$, то $w \in E$; (1.9)

P_3 : якщо $z \in C$, то $w \in F$,

де x, y, z – імена вхідних змінних; w – ім'я змінної виведення; A, B, C, D, E, F – задані функції приналежності (як правило трикутної форми).

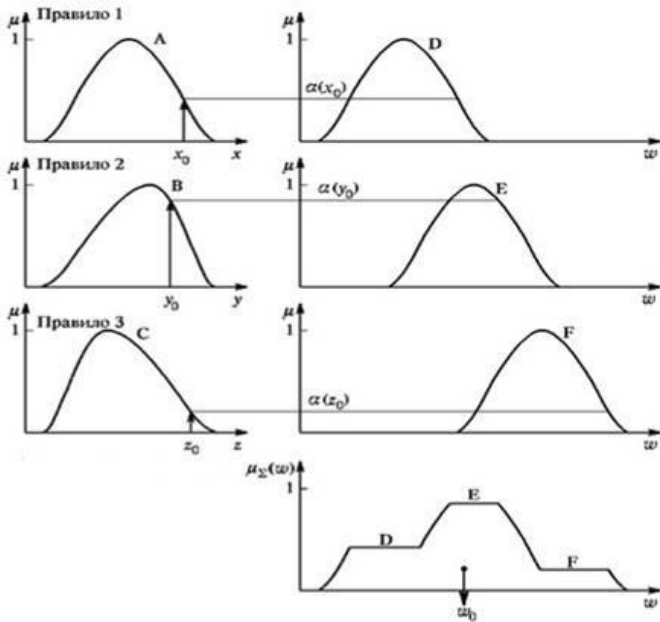
Процедура здобуття логічного висновку ілюструється рисунком 1.21, а. Передбачається, що вхідні змінні набули деяких конкретних (чітких) значень — x_0, y_0, z_0 . Відповідно до приведених етапів, на етапі 1 (нечіткість) для даних значень і виходячи з функцій приналежності A, B, C , знаходяться міри істинності $a(x_0), a(y_0)$ і $a(z_0)$ для передумов кожного з трьох приведених правил.

На етапі 2 (Логічне виведення) відбувається «відсікання» функцій приналежності висновків правил (тобто D, E, F) на рівнях $a(x_0), a(y_0)$ і $a(z_0)$.

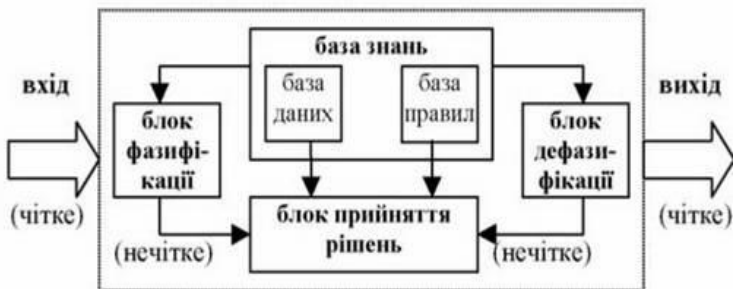
На етапі 3 (Композиція) розглядаються усічені на другому етапі функції приналежності і виконується їх об'єднання з використанням операції \max , внаслідок чого виходить комбінована нечітка підмножина, що описується функцією приналежності і відповідає логічному висновку для вихідної змінної w_0 .

Нарешті, на 4-му етапі (закінчення) – при необхідності знаходиться чітке значення вихідної змінної, наприклад, із застосуванням центроїдного методу: чітке значення вихідної змінної визначається як центр тяжіння для кривої.

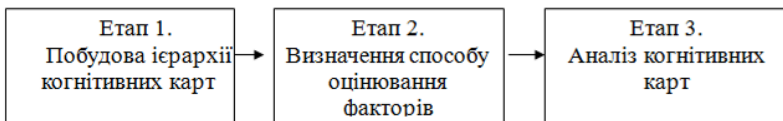
При цьому система нечіткого виведення складається з п'яти функціональних блоків (рисунок 1.21, б). Розробка інформаційної системи аналізу енергоефективності методом комплексного когнітивного моделювання забезпечує виконання цих вимог. Відповідно до вищевказаного підходу аналіз енергоефективності території включає наступні етапи представлені на рисунку 1.21, в.



а)



б)



в)

Рис. 1.21. Процедура та система нечіткого виведення:
а) ілюстрація до процедури логічного висновку; б) система нечіткого виведення; в) етапи аналізу енергетичної ефективності

Етап 1. Побудова ієрархії когнітивних карт. Карта являє собою граф з двома типами концептів: фактори відображають властивості системи, оцінювані на якісному рівні, індикатори є вимірними показниками, що характеризують той чи інший фактор.

Індикатор «прив'язується» до фактору, який він характеризує, шляхом встановлення відношення асоціації. Даному відношенню може бути зіставлений коефіцієнт відповідності (число в інтервалі від 0 до 1). Чим вище значення коефіцієнта, тим точніше індикатор характеризує відповідний фактор.

Етап 2. Визначення способу оцінювання факторів. Кожному фактору зіставляється лінгвістична змінна, значеннями якої є нечіткі оцінки типових станів фактора, наприклад: «низька», «середня», «висока». Щоб оцінити фактор на основі індикатора, будуються функції належності на множині його значень. Функції можуть будуватися на основі розподілу значень індикатора для всіх порівнюваних територіальних об'єктів.

Для того щоб врахувати вплив зовнішніх чинників, що відбивають природно-кліматичні, соціально-економічні, містобудівні та інші особливості територіальних утворень, пропонується використовувати методика типологічного групування. Формуються кластери територій зі схожими зовнішніми умовами і функції приналежності будуються окремо для кожного кластеру.

Етап 3. Аналіз гібридної когнітивної карти дозволяє дати оцінку кожному фактору. При отриманні нечіткої оцінки фактора за значенням індикатора враховуються коефіцієнти відповідності індикатора фактору. Оцінки, отримані для одного фактора за кількома індикаторами, агрегуються.

Якщо фазифікації здійснюється з урахуванням зовнішніх умов, ступінь впевненості в оцінці коригується, зважаючи на ступінь приналежності території до відповідного кластеру. У разі якщо об'єкт потрапив одночасно в кілька кластерів, оцінки, отримані для кожного кластера, агрегуються.

За результатами аналізу гібридної когнітивної карти може бути побудовано дерево причин. Воно показує поточні

стани факторів, що впливають на енергоефективність, для конкретного об'єкту і пояснює під впливом яких причин склалися ці стани.

Таким чином процес підтримки прийняття рішень про заходи з енергозбереження може бути реалізований за допомогою створення інформаційної системи, яка дає змогу на основі масивів факторів та відповідних їм індикаторів побудувати когнітивну карту. Структура карти повинна відображати зв'язки між факторами за напрямком і силою впливу на процес енергозбереження та стани енергоефективності об'єктів, визначати та задавати на основі нечіткої оцінки факторів функції приналежності за значеннями індикаторів, формулювати правила для непрямого оцінювання факторів, які віднесені до стохастичних, або таких, що не включені явно в модель.

1.5. Постановка завдань дослідження щодо моніторингу енергоефективності будівель

Основними функціями інформаційних систем моніторингу та управління ефективністю енергозбереження є введення, зберігання і редагування даних про енергогосподарстві на рівні регіонів, муніципальних утворень, моніторинг та аналіз даних, внесених в систему. Однак інтерпретація користувачем формованих звітів найчастіше викликає труднощі. Різниця кліматичних умов, особливості інфраструктури, сформованої структури споживання паливно-енергетичних ресурсів, спотворюють результати порівняння територіальних утворень між собою. Крім того, для розуміння ситуації необхідно враховувати, що одні показники характеризують створені умови для реалізації потенціалу енергозбереження, інші - зовнішні умови, що впливають на освоєння потенціалу, треті - досягнутий рівень енергоефективності. При обстеженні будівельного комплексу важливим завданням є проведення масового і оперативного обстеження фактичного теплотехнічного стану будівель або, іншими словами, фактичного розподілу температур (температурних полів) по поверхні зовнішніх огорожувальних

конструкцій будівель і споруд. Подібні обстеження покликані допомогти:

- виявити найбільш несприятливі місця, через які спостерігаються підвищені тепловтрати;
- визначити фактичний опір теплопередачі як усього будинку в цілому, так і окремого розглянутого фрагмента (вузла, стику).

Температура поверхні будівельних конструкцій залежить від теплофізичних властивостей їх матеріалів, наявності теплопровідних включень, як конструктивно прийнятих (обумовлених), так і випадкових, які є технологічними або будівельними дефектами [88-91]. Якщо користуватися традиційними методами, то для визначення теплофізичного стану огороджувальних конструкцій будівлі необхідно встановити від кількох сот до кількох тисяч, залежно від розмірів обстежуваного об'єкта, термодатчиків. Природно, великий часовий інтервал, велика трудомісткість і висока вартість такої роботи суттєво ускладнюють здійснення такого виду контролю під час приймання будівель в експлуатацію і особливо перед капітальним ремонтом або реконструкцією.

При формуванні процесу моніторингу енергоощадності муніципальних будівель утворюється сукупність інформаційно-управляючих систем [8-10], які взаємодіють між собою (рис. 1.22). На рисунку об'єкт управління розглядається у взаємодії з інформаційною системою обробки даних та системою прийняття проектних рішень, щодо виконання робіт по енергозбереженню. Розв'язування поставленого завдання відбувається на основі підходів системного аналізу з єднальною ланкою між вхідними параметрами діагностування енергоощадності будівель з вихідними параметрами реалізації проекту енергозбереження, які визначають ефективність роботи ІВС [92-94].

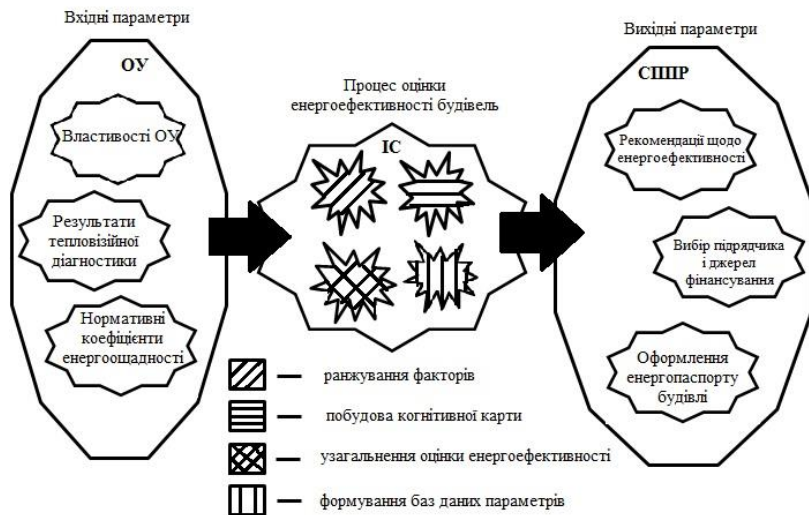


Рис. 1.22. Система моніторингу енергоощадності муніципальних будівель

В сфері математичного моделювання систем енергозбереження та побудови на основі створених моделей інформаційних систем використовують два основних поняття: «фактор» та «індикатор». Найчастіше один і той ж фактор, що визначає ефективність використання енергетичних ресурсів, може оцінюватися на основі безлічі індикаторів, що доповнюють один одного, деякі фактори взагалі можна оцінити лише побічно і дуже приблизно. Для полегшення аналізу показників, в ході моніторингу ситуації у сфері енергозбереження, інформаційна система повинна виконувати інтелектуальну обробку даних, яка дасть змогу оцінити поточний стан енергоефективності територіальних утворень в умовах неповноти вихідних даних і неоднозначності їх інтерпретації. Прототип інформаційної системи, моніторингу, оцінки та прийняття рішень (управління процесами енергозбереження на основі аналізу енергоефективності) повинен виконувати наступні функції:

— формування та збереження масивів даних про об'єкти дослідження на основі їх термографії;

— оновлення та редагування даних в залежності від зовнішніх умов;

— аналіз даних та отримання параметрів оцінки енергоефективності на вибраних ОПП об'єктах;

— формування звітів щодо енергоефективності за запитом ОПП.

Означені вище функції системи дають змогу ОПП на основі звітів за відповідним запитом, формувати управлінські рішення щодо планування заходів енергоефективності об'єктів. Але завдяки особливостям оцінки станів об'єктів, впливу зовнішніх умов, методичних особливостей оцінки факторів, їх залежності від систематичних та випадкових груп похибок процес напрацювання комплексу управлінських рішень затрудняє якісний аналіз отриманих звітів, отриманих для різних класів, груп об'єктів.

Також слід врахувати той факт, що масив показників, на основі яких проводиться вибір рішення складається з трьох класів показників:

— показники, які характеризують умови для здійснення заходів по енергоефективності;

— показники, що характеризують зовнішні умови, які впливають на попередні та накладають обмеження на їх реалізацію;

— показники, які оцінюють поточний стан.

Крім того, система характеризується значною мірою невизначеності факторів. Фактор, на основі якого може бути сформульоване управлінське рішення може бути оцінений на основі декількох індикаторів, взаємно пов'язаних між собою, чи таких, які належать до різних множин.

Таким чином розв'язок такого роду проблеми можливий за умови, коли інформаційна система може проводити інтелектуальну обробку даних в умовах нечіткості вхідних даних, їх неповноти, неоднозначності інтерпретації. Реалізація системи, яка виконує вказані функції дасть змогу сформулювати висновки про прийняття рішень в термінах природної мови. Виходячи зі сказаного можна зробити висновок про незаперечні переваги використання ІВС при моніторингу енергоощадності

будівель в широкому діапазоні зміни температур. До переваг тепловізійного моніторингу належать:

- широка область застосування та дистанційність і безконтактність процесу контролю;
- висока продуктивність контролю внаслідок реєстрації ІЧ-камерою десятків-сотень тисяч елементів в секунду;
- мобільність та незмінність внутрішньої структури об'єкта;
- можливість діагностики об'єкта дослідження без його зупинки;
- висока інформативність, в тому числі оброблених даних;
- малі часові та фінансові витрати на проведення обстеження внаслідок відсутності складних і дорогих заходів щодо збору даних.

Все це є особливо важливим, маючи на увазі ситуацію, що склалася, при якій, з одного боку, в будівельному комплексі спостерігається значний приріст нових будівель житлового та соціального призначення, а з іншого - інтенсивно збільшується число потребуючих реконструкції та капітального ремонту об'єктів.

Висновки до розділу 1

1. Проведено аналіз територій малоповерхової забудови, який показав, що розвиток міст України вимагає перегляду та модернізації містобудівних документів та нових планів зонування міських територій. В зв'язку з цим в розділі наведено загальну класифікацію малоповерхових будівель згідно ДК 018-2000, принципи малоповерхової забудови та співвідношення типів домобудівництва в провідних країнах світу. Визначено, що процеси побудови інформаційної системи моніторингу енергоощадності муніципальних будівель є досить актуальними в зв'язку з обмеженістю енергоресурсів в Україні та залежності від імпорту. Аналіз методів побудови ІВС показав, що вони не в повній мірі задовольняють сучасним вимогам щодо побудови системи моніторингу енергоощадних об'єктів, інформаційні

ресурси таких систем передбачують застосування досить великої кількості параметрів та факторів. Тому стає задача інтеграції цих даних в інформаційний простір оцінки ефективності енергозбереження та прийняття рішень щодо реалізації енергоощадного проекту.

2. Досліджено моделі побудови систем моніторингу енергоощадності будівель показали, що існують два підходи для побудови ІВС: перший заснований на застосуванні спеціальних комплексних систем, другий – на використанні додаткових інтерфейсних модулів і цифрових процесорів сигналів у складі ПЕОМ. Перспективною є тенденція побудови ІВС на базі теплових мікропроцесорних засобів, що забезпечує масовість їх застосування. При цьому ефективність її використання напряму залежить від способі об'єднання програмного забезпечення в єдиний інформаційний комплекс.

3. Досить широке застосування в даних інформаційних технологіях енергоощадності знайшли стандарти XML, та веб – служби реєстраторів на базі універсального стандарту UDDI з отриманням СУБД (Oracle, Postgresql, MS SQL). Актуален також процес ІМБ, який розширює двомірне креслення до 4D доповнюючи основні просторові виміри часом та вартістю, що забезпечує інтеграцію ІВС системами ГІС з платформаю AutoCAD, CATIA, ProEngineer, SolidWorks, та іншими, а також засобами управління проектами Project Expert та MS Project.

4. Визначено, що для моделювання процесів моніторингу енергоощадності будівель ефективно використовувати методи нечіткого моделювання, тому що в процесі аналізу енергоефективності не завжди існують дані, які є чітко детермінованими. Це пов'язано насамперед з неможливістю передбачення поведінки втрат теплової енергії, погодних умов та інших факторів, що змінюються протягом встановленого періоду. Замінюючи сувору детерміновану математичну модель об'єкту нечіткими моделями потребує лише мінімального набору закономірностей не використовуючи загальний опис системи.

5. Аналіз структурної схеми взаємозв'язку між вхідними (первинними) параметрами і вихідними (вторинними) параметрами, що визначають результат роботи ІВС моніторингу

енергоощадності будівель показав, що розкриття механізму побудови системи дозволяє в залежності від вхідних параметрів управляти процесом оцінки енергоощадності шляхом ранжування факторів, побудови когнітивних моделей, формування баз даних параметрів і узагальненої оцінки енергоефективності процесу моніторингу муніципальних будівель.

РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТИВНІ ТА АРХІТЕКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ МАЛОПОВЕРХОВОЇ ЗАБУДОВИ В УКРАЇНІ

2.1. Конструктивні та архітектурні особливості міст України

Загальновідомо, що українці селились переважно на берегах річок. На високому правому березі розміщені Київ, Чернігів, Путивль, Новгород-Сіверськ, Полтава, Ромни, Суми, Гадяч та багато інших (рис. 2.1) [95].

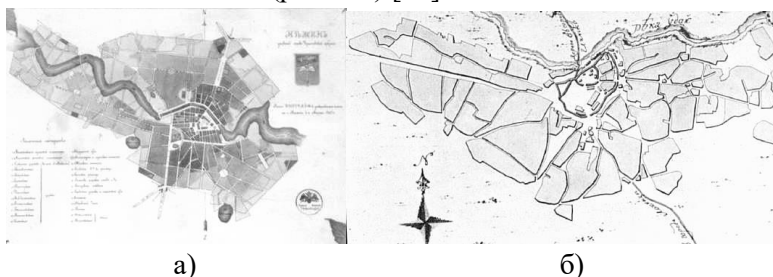


Рис. 2.1. Карти міст України:
а) м. Ніжин, XVIII ст.; б) м. Прилуки, XVIII ст.

В утворенні архітектурних ансамблів укріплення міст – їх розміщення, конфігурація і характер – мали важливу роль. Зараз від цих оборонних споруд залишилися де інде незначні залишки на поверхні землі (в Києві, Чернігові, Новгород-Сіверському). Міста і багато крупних населених пунктів були оточені стінами, ровами і валами.

На даний час територія більшості міст збільшилася в декілька разів, при цьому природний ландшафт міг змінюватися докорінно, осушувалися болота, насипалися цілі території (з 1970-х по 1985 рр. у заплаві р. Десни на південно-західній околиці м. Чернігова, район Лісковиці, було виконано намівання піску на ділянці близько 50 га), засипалися яри та балки (так наприклад струмок, що протікав по дну яру біля Іллінського монастиря в Чернігові в XVII ст. засипали ґрунтом та будівельним сміттям, а на схилі яру утворили терасу для спорудження будинку друкарні), змінювалися русла річок, як

природно так і штучно (в 2015 році в Чернігові забудовник збудував будинок на березі р. Стрижень, з одного боку русла пісок насипався, а з іншого зрізувався, що призвело до переміщення русла на декілька метрів), а деякі русла пересихали повністю і на їх місці зводилися будинки (в Чернігові існували кілька невеликих ручаїв, що впадали в Стрижень та Десну, протікаючи, судячи з результатів геологічного буріння, в районах сучасних І міської лікарні, Центрального ринку, проспекту Перемоги та в деяких інших місцях).

До кінця X століття будівництво на Русі велося тільки з дерева, через що ці пам'ятки до наших днів не збереглись. Кам'яне будівництво у древньоруських містах, і зокрема, в Києві, почало поширюватися з кінця X століття.

Друга половина XVI - перша половина XVII ст. - характеризується змінами містобудування. Старі міста в Україні почали розбудовувати. Виникали й нові міста. На Київщині та Чернігівщині, які за тих часів потерпали від татарських і ногайських нападів, міста здебільшого виникали поблизу замків і перебували під їх захистом, а також поблизу давніх городищ, де для будови міських укріплень використовувалися вали й рештки оборонних споруд минулих часів. Упродовж XVI ст. - першої половини XVII ст. будівництво оборонних споруд не лише не втратило свого значення, а й набуло розмаху. До кінця XVII ст. застосовують баштову систему укріплень. При цьому міські укріплення будували переважно з дерева. Дерев'яна фортеця була неодмінною ознакою міста на землях Подніпров'я та Лівобережжя, де відчувався брак інших будівельних матеріалів.

На півночі Чернігівської губернії хати будувалися як однокамерні, так і двокамерні, з різних порід лісу і покривалися дахи дранкою чи соломою. У південній частині губернії хати будувалися у безлісій місцевості переважно із глини та очерету. Вгорі і знизу укладалися дерев'яні балки, часто із верби, а середина між ними заповнювалася очеретяними снопами, які укладалися вертикально і прибивалися до горизонтально закріплених лат. Стелі настиляли із дощок, покладених на сволюки поперек будівлі, згори настиляли дубці лози і обмазували глиною. Дахи покривали соломою. У лісовій частині регіону хати

будувалися з різних порід дерева (осики, берези, сосни), а підвалини стелилися із дуба.

На жаль, більшість дерев'яних будівель, або будівель з недовговічних матеріалів не дійшли до нашого часу. Лише в 70-тих роках ХХ століття в Києві під час будівництва метро на Подолі, було виявлено дерев'яні будинки та вулиці Х-ХІ століття на глибині 10-12 м. Вони були занесені річним мулом, місцями до 4 м, що врятувало їх від руйнувань [96]. Київською археологічною експедицією було розкопано більш ніж 100 подібних будинків. Нижній поверх (підкліть) будинку заглиблювали в землю на 60-80 сантиметрів, на другому поверсі була житлова кімната з піччю і сіннями. Стіни будували з дошок, які штукатурили і, можливо, білили. Площа такого будинку – 16-20 кв.м. (рис. 2.2). Навіть невелика садиба, складалася з декількох будівель і була обнесена дубовою огорожею.



а)



б)

Рис. 2.2. Дерев'яний зруб Х століття, виявлений під час розкопок на Подолі при будівництві київського метро в 1972 р.:

а) нижня частина житлового зрубу; б) з'єднання колод

В 2015 році під час планових робіт на Поштовій площі археологи виявили зруби та частоколи ХІ-ХІІІ століть [97].

До ХVІІІ-ХІХ ст. житло в Києві принципово не змінювалося. Хоч були певні зміни - стали ширше використовувати глину (нею обмазували дерев'яний каркас), великі будинки заможних родин будували вже з цегли. Почтова площа ХVІІІ століття являла собою достатньо складне інженерне вирішення. Всі мостові постійно доводилось укріплювати, так як ґрунт просідав або розпливався. Археологи знаходять безліч вкопаних стовпів, які підпирали мостову та уламків плінфи ХІІ ст.

В 2008 році на Подоліархеологи знайшли частину старого київського водопроводу XVIII ст. Зруб, що звужувався до верху з щільно підігнаними і скріпленими колодами. В 1990 р. на території Замку в м. Ніжин на глибині 1,5 м. були виявлені верхні вінці зрубу підклітку житлової будови XVII- XVIII ст. (рис. 2.3, а). Зруб, орієнтований довгою стороною по лінії північ-південь, викопаний на 1,2 м. котлован відстоїть на 0,1-0,5 м. від його стінок. Підкліт зроблений з колод діаметром 0,2-0,3 м. «в обло», з залишком довжиною до 0,2 м. Південну стінку зрубу з середини підтримували три стовпи, західну – два стовпи ззовні зрубу [98].

Під час розкопок 2003 року в районі вулиць Московська в м. Ніжин було виявлено залишки підвалів кін. XVIII-XIX ст. Довжина вцілілого фундаменту підвалів, що зберігся, становить 4 м, при висоті 1,5 м. Споруда зрубної конструкції була складена з балок довжиною 3,7 м, зустрічаються балки 2,5 і 3 м діаметром 0,25-0,35 м. На вул. Московській в 2005 р., 12 були зафіксовані залишки дерев'яної прямокутної будівлі розміром 4x10 м. від неї вціліло 76 кілків, забитих у материковий шар по її периметру (рис. 2.3, б). В 2007 році археологічні дослідження на вул. Московській, 4 в м. Ніжин розкрили дерев'яну зрубну споруду прямокутної форми XVII ст. Вона складалася з двох приміщень розміром 2x3,5 та 2x3 м.

У 2008 р. археологічні розкопки здійснювалися на вул. Подвойського, 13а і 13б. Під час робіт виявлено залишки двох житлових споруд каркасно-стовпової конструкції XVII – початку XVIII ст.

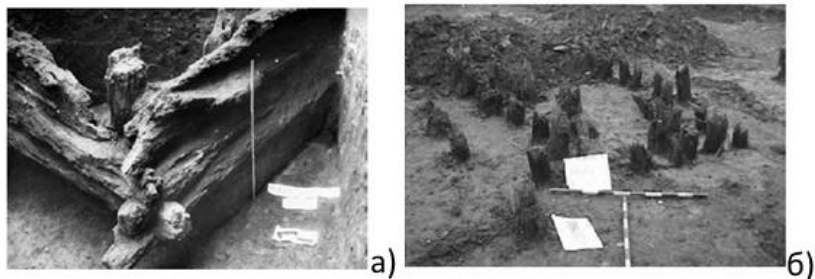


Рис. 2.3. Рештки дерев'яних споруди, виявлені в м. Ніжин:
а) руб XVII- XVIII ст., розкопки 1990 р. на території «Замку»;
б) залишки будівлі по вул. Московській, розкопки 2005 р.

В Чернігові в XII-XIII століттях житло не відрізнялось від інших міст. Частина населення мешкала в землянках, заглиблених у ґрунт на глибину від 0,5 до 1,8 м. стіни будували з дошок, розколотих навпіл колод або робили за традиційною для України технологією хат-мазанок, для чого споруджували каркас із вбитих у землю вертикальних паль, виплітали їх лозою, яку обмащували глиною. Наземні будинки будували з колод одно та двоповерховими. Житлові будинки мали розміри 4 м на 4 м.

На зміну дерев'яним та глинобитним житловим будівлям та будівлям побутового характеру на території міст в Україні знаходять все частіше використання цегляні будівлі та споруди. Цегляне будівництво не могло би з таким успіхом розвиватися, якщо б на Лівобережжі не було значних запасів високоякісної глини, піску і в'язучих матеріалів. Якщо дерев'яні та глинобитні будівлі мали обмежений час в експлуатації і руйнувались не тільки під впливом нерівномірних деформацій, а і за рахунок впливу природних факторів та зміни режиму експлуатації, то цегляні будівлі, як показав аналіз, можуть експлуатуватися на протязі століть (так на сьогодні в міській забудові м. Чернігова залишається в експлуатації не один десяток кам'яних будівель XVIII – XIX ст.) [99].

Для пам'яток Київської Русі X – початку XI століть характерно використання лесовидного суглинку як вихідної сировини для заповнювача-цемянки, що спеціально випалювався. Використання цемянки в якості заповнювача широко застосовувалося в візантійському зодстві і має древні традиції. Вітрувій (I ст. до н.е.) писав, що добавлення до розчину битої і просіяної черепиці покращує якість цього розчину [100]. Необхідно відмітити, що добавлення цемянки в якості заповнювача рекомендувалось навіть в XIX ст. [101].

Технологія з використанням вапняно-цемянкових розчинів проіснувала майже 300 років (X-XIII ст.) в Київській Русі. Її було втрачено після татаро-монгольської навали. Аналіз вапна різних давньоруських будівельних розчинів показав, що в фундаментах, закладених у вологу почву, нерідко використовувалося не гідравлічне, а повітряне вапно, та навпаки, в стінах, де гідравлічні властивості вапна не потрібні, часто застосовували гідравлічне вапно [102]. Точних

стандартних розмірів цегли на той час не існувало. Не лише в будівлях одного комплексу, але навіть і в одній будівлі можна виявити цеглу різних розмірів. Стандарт «государева кирпича», що був введений Борисом Годуновим (7х3х2 вершки – 31,2х13,4х8,9 см) повинен був використовуватися для виготовлення цегли для кам'яного будинку в Західній Сибірі – житлової палати митрополита Корнилія в м. Тобольську (1574 р.). Дані стандарти не у всіх містах виконували, відомо, що в Сибірі цеглу виготовляли тонше, для скорішого висихання маси та швидшого обжигу (7х3,5х1,5 вершки – 31х15,5х6,7 см, 1699 р.)

На початку XVIII ст. Петро I встановив розміри, які потім довго вважали еталонними – 28х14х7 см. Окрім того, він зобов'язав всіх виробників цегли ставити клейма, так як цей метод дозволяв виявляти майстрів, що виготовляли неякісну цеглу. Найрозповсюджуваний розмір, що зустрічається 32х16х8 см, незважаючи на розмір цегли, встановлений московським Наказом кам'яних робіт (28х14х7 см). Цегляне виробництво того часу характерне тим, що разом з звичайною плоскою цеглою виготовляли жолобчату, яку називали ще литовською або пальчатою. Окрім цегли звичайних розмірів застосовували також цеглу великорозмірну. В Троїцькому соборі в Чернігові для влаштування значного виносу вінцевого карнизу спеціально робились великі цегляні плити розміром 50х25-26х5,5-6 см (рис. 2.4). Дані цегляні блоки застосовувались лише тоді, коли без блоків природного каменю або без особливих металевих кріплень неможливо було виконати карниз значного виносу зі звичайної цегли.

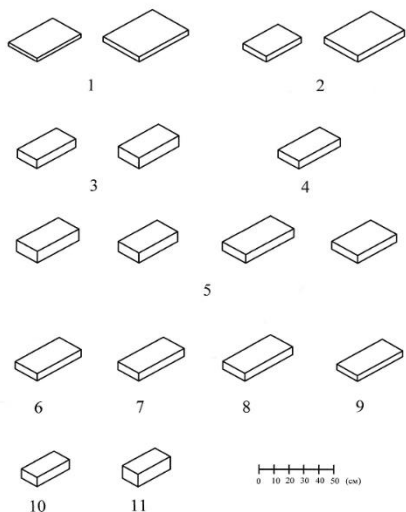


Рис. 2.4. Великорозмірна цегла в кладці будівель Чернігова:
 1 – Спасо-Преображенський собор; 2 – Борисоглібський собор; 3 – Троїцький собор; 4 – Введенська церква; 5 – Колегіум; 6 – Палац Полуботка; 7 – Полкова канцелярія; 8 – Кам'яниця Константиновича; 9 – Іллінська церква;
 10 – звичайна червона цегла; 11 – модульна цегла

З 1714 по 1741 роки в Російській імперії діяла заборона на кам'яне будівництво, а відповідно і виробництво цегли, у всіх містах, окрім Санкт-Петербурга. В середині XVIII ст. виробляли два види цегли: для будівництва будівель – п'яти сортів (27x13x6,7 см), та «пічну» (22x9x4,5 або 22x11x7 см), яку дозволялось використовувати лише для кладки труб та печей. В 1811 році Інженерний департамент Військового міністерства склав «Урочный реестр по части гражданской архитектуры», в якому було сказано, що цегла повинна бути розміром 26,6x13,3x6,7 см. Цим розмірам повинна була відповідати свіже сформована цегла, яка під час сушки змінювала свої розміри. Після обжигу цегла навіть на одному заводі могла мати різні розміри. Різниця могла досягати 1-2 см, а отже стандартизувати таку цеглу за розміром готового виробу не було можливим. [103]. Тому у другому виданні «Урочных положений», які вийшли в 1893 р., габарити цегли необхідно було встановлювати за розміром сухого матеріалу.

В 1847 році було видано «Правила для единообразной и прочной выделки кирпича, долженствующего употребляться как в Санкт-Петербурге, так и в других местах России, на казенных и частных заводах», згідно з цими правилами було встановлено розмір готової цеглини (26,7x13,3x6,7 см), вага цегли повина була бути від 10 до 11 фунтів. Покладений в воду і витриманий в ній до 5 днів зразок не повинен збільшитися на 1/6 або на 1/5 частини.

Класичний розмір київської цегли складав 27x14x7 см. І лише в 1927 році в Радянському Союзі був прийнятий новий стандарт виготовлення цегли (25x12x6,5 см, а також 25x12x8,8 см).

Про масовий характер будівництва будівель в XVIII ст. свідчать ревізійні полкові книги 1740-1747 рр. Частина будівель, навіть виробничих, були дерев'яними або глинобитними; за об'ємно-просторовим рішенням вони не відрізнялись від кам'яних. Навіть виплавка металу виконувалась в дерев'яних сараях, як видно з креслення 1732 р. села Деменки на Чернігівщині. Зрозуміло, що ці будівлі до нас не дійшли.

Проаналізувавши літературні джерела [98, 104], було складено таблиці 2.1 та 2.2 зміни кількості будівель в м. Чернігові з 1798 по 1896 рр. та м. Ніжина з 1766 по 1804 рр.

Таблиця 2.1

Кількість кам'яних будинків по роках (без врахування громадських та культових споруд) в м. Чернігові

№ п.п.	Рік	Дерев'яних будинків, шт.	Кам'яних будинків, шт.	Приватних будинків, шт.
1	1798-1800	644	3	647
2	1842	705	19	724
3	1858	799	33	832
4	1885	1565	199	1764
5	1896	2162	225	2387

Таблиця 2.2

Порівняння кількості будинків м. Ніжина з 1766 по 1804 рр.

Рік опису	Церкви, собори,	Шпиталі, школи,	Житлових будинків	Примітка

	храми		погребі тощо					
	дерев'яних	кам'яних	дерев'яних	кам'яних	дерев'яних	кам'яних	змішані	
1766	8	15	37	7	-	-	-	
1781	10	9	236	60	136	31	20	та ще близько 1700 хат
1804	4	14	215	43	175	83		Загальна кількість - 1080 будинків в місті
1897	-	-	-	-	3518	64	32	3 3610 будинків 3541 одноповерхові, 22 - двоповерхові
1898	-	-	-	-	455	10	15	205 глиняно-лозових

Отримані дані свідчать про значну перевагу дерев'яних будинків над кам'яними (рис. 2.5).

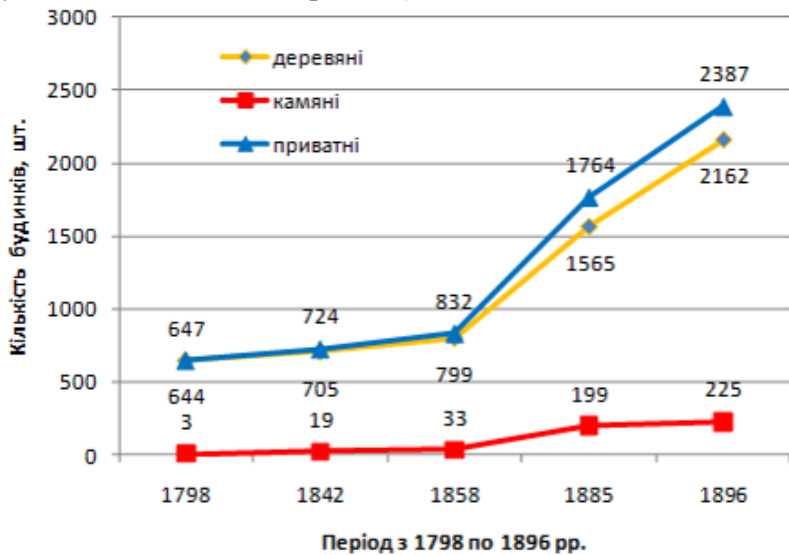


Рис. 2.5. Графік відношення кількості кам'яних будівель до дерев'яних в м. Чернігові за період з 1798 по 1896 рр.

Кам'яні будівлі житлового, адміністративного, учбового та інших призначень збереглися в невеликій кількості. За своєю структурою вони доволі схожі між собою і в більшості випадків відносяться до небагаточисленних варіантів простих камерних побудов. В більшості випадків житлові будинки XVII – XVIII ст. – дерев'яні чи кам'яні – представляли собою тип звичайної сільської хати «на дві половини» (рис. 2.6). Дахи будинків були доволі високими і покривались тесом, гонтом, іноді комишем або черепицею [99].

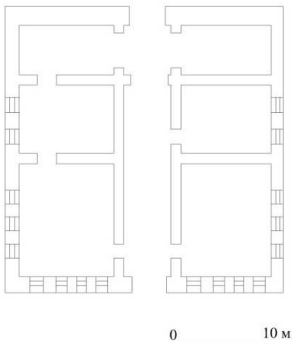


Рис. 2.6. Приклад планування будинків XVII ст.: план будинку Полуботка в Чернігові (XVII ст.)

Цікавим розвитком принципу камерної побудови житлових будівель є корпуси монастирських келій. Розміщені в ряд житлові кімнати утворюють витягнутий корпус, перекритий за звичай склепіннями (рис. 2.7). Більшість збережених будівель відносяться до першої половини XVIII ст. (келії Києво-Печерської лаври, Елецького і Троїцького монастирів в Чернігові та інших монастирів). Цікавим є багатоваріантні входи в келії.

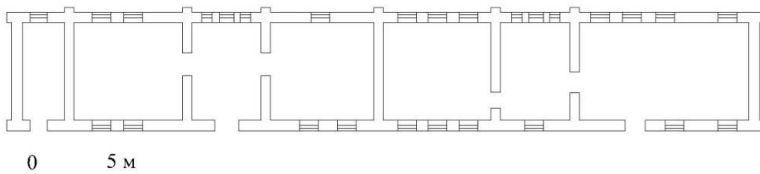


Рис. 2.7. План келій Благовіщенського монастиря в Ніжині (XVIII ст.)

Необхідно відмітити одну з конструктивних особливостей корпусів монастирських келій. Майже завжди внутрішні перегородки в них були капітальними і кожна ячейка перекривалась окремим склепінням.

Найпростіший лінійно-камерний тип житлової будівлі з часом поступається більш розвинутих схемам. Довжина житлового корпусу скорочується за рахунок подвоєного ряду камер (будинок Лизогуба в Чернігові), а також завдяки новому плануванню житлового корпусу. В чернігівському архіві зберігаються неопубліковані описи і креслення кам'яних будинків, складені не пізніше 1784 р. Це креслення канцелярій, судів, караулень, амбарів, конюшень і тому подібних будівель. Креслення є інвентарними, тобто вони фіксували існуючі на той час будівлі, на більшості з них суміщено зображення плану, фасаду і розрізу. Представлені на даних кресленнях споруди підтверджують той факт, що до середини XVIII ст. більшість адміністративних і господарських будівель представляли собою тип звичайних сільських хат [99].

Плани зображувальних будівель в більшості випадків представляють витягнутий прямокутник, рівномірно поділений на окремі прохідні або непрохідні кімнати. Більшість зображувальних на кресленнях будівель, як це виходить з написів, зроблені з бруса соснового або пластин соснового дерева, в деяких кімнатах встановлено печі. Ширина і довжина будівель залежать від габаритів камер – кімнат і їх кількості. Більшість будівель мали підвали. Такими прикладами є кам'яниця Полуботка в Любечі та кам'яниця Константиновича в Чернігові (на жаль не збереглася), арсенал Галагана в Прилуках і кам'яниця в бувшій садибі Покорщина, близь Козельця, тощо.

В будівлях того часу перевагу надавали більш складним у виконанні склепінчастим перекриттям, завдяки їх довговічності та вогнестійкості, ніж більш простішим, балочним. Кам'яні перекриття такого типу виконували також в підвалах культових, житлових, і господарських будовах. Одне з таких перекриттів, точніше те що від нього залишилось, було досліджено на прикладі будинку Ігумена в м. Чернігові (рис. 2.8, а) [105]. Більш детально було досліджено перекриття одноповерхового будинку

по вул. Стрілецькій під час демонтажу будівлі, яка мала в товщі стін армування металевими пластинами (рис. 2.8, б).

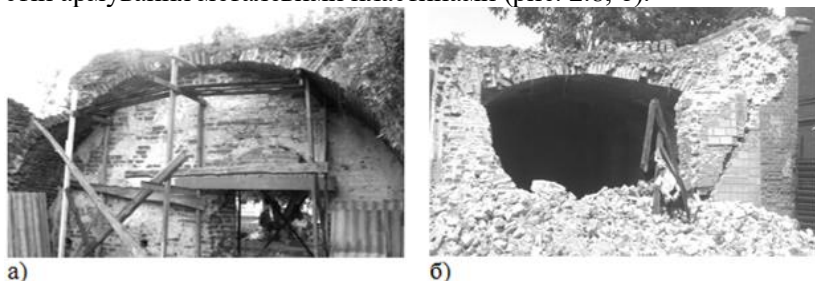


Рис. 2.8. Склепінчасті перекриття виявлені в м. Чернігові:
а) залишки перекриття будинку Ігумена; б) перекриття одноповерхового будинку по вул. Стрілецькій

2.2. Дослідження особливостей кам'яниць лівобережжя України

Кам'яниця (будівля) – загальна назва для пам'яток цивільної мурованої архітектури XVI–XVIII ст. в Україні. Кам'яниці Західної України значно відрізнялися від кам'яниць Києва та лівобережних територій. Якщо на Західній Україні кам'яниці були збудовані за часів польського володарювання і були подібними до європейських кам'яних будинків, мали зазвичай по кілька поверхів і оздоблення, то кам'яниці, що будувались на території Гетьманщини були за своїм планом подібні до звичайної хати на дві половини і мали один чи, рідше, два поверхи [106].

У Києві більшість кам'яниць розташовувалась на Подолі. Переважна більшість з них була знищена пожежею 1811 року. До складу садиби XVII століття входили і дерев'яні допоміжні споруди, а самі садиби оточували міцним парканом. Як видно на плані І. Ушакова 1690, житловий будинок киянина нагадував зрубну хату. Дерев'яні будинки XVII століття мали планування, подібне до планування хати на дві половини, і скатні дахи, криті гонтом.

Українське бароко представлене кам'яними будівлями різного призначення: насамперед, це монастирські ансамблі, собори, церкви, дзвіниці, дещо менше виконаних у цьому стилі

палаців і навчальних будівель. Існували й барочні кам'яниці. П'ять таких кам'яниць було побудовано в XVII–XVIII століттях на Подолі. Велика частина забудови була дерев'яною, тому під час пожежі 1811 року вигоріло багато будинків. Хоча київські кам'яниці відрізнялися одна від одної за своїм виглядом, були у них і спільні риси: розташування приміщень, форма віконних і дверних прорізів, наявність глибоких підвалів. Як правило, весь будинок належав одному купцеві або його сім'ї: внизу знаходилися підвали, часто зі складами товарів, на першому поверсі – крамниці, на другому – житлові кімнати. До нашого часу збереглися такі кам'яниці: будинок Петра I в Києві; будинок Рибальського в Києві; будинок Мазепи в Києві; будинок полкової канцелярії в Чернігові; будинок Полуботка в Чернігові; будинок полкової канцелярії в Козельці; кам'яниця Дараганів в Козельці; кам'яниця Полуботка в Любечі; кам'яниця Лизогубів в Седневі; полкова скарбниця в Прилуках; кам'яниця Кочубея в Батурині; кам'яниця в Глухові; будинок вїта в Сумах; теремок в Червоному.

За типом багатокамерного народного житла був побудований і не зберігся до наших днів палац Богдана Хмельницького в Суботові, що біля Чигирина. Він був прямокутним у плані, розділеним стінами на шість окремих приміщень, чотири з яких були житловими і мали печі. Крім того, до дворового фасаду палацу була зроблена допоміжна прибудова. Також не дійшли до нашого часу, але були досліджені: будинок шевського цеху в Києві (зруйновано в сер. XX ст.); будинок Артемихи в Києві (зруйновано у другій пол. XIX ст.); будинок Київського магістрату (розібрано на поч. XIX ст.); будинок Сави Туптала (розібрано на поч. XIX ст.); кам'яниця Костянтиновичів в Чернігові; кам'яниця Чарниша в Сорочинцях.

Кам'яниця Лизогубів в Седневі – пам'ятка архітектури XVII століття, найстаріша мурована житлова будівля Лівобережної України. Одноповерхова мурована на підвали будівля. Пам'ятка архітектури прямокутна в плані, витягнута з півночі на південь, симетрична, п'ятикамерна. За своєю розпланувально-просторовою структурою є розвитком традиційного типу українського народного житла – хати на дві

половини. Кімнати перекрито циліндричними та зімкненими склепіннями з розпалубками. Будинок був житловим. В стінах є численні ніші, що мали як господарське, так і конструктивне призначення. Напівпідвальний поверх за розплануванням ідентичний першому, з тією лише відмінністю, що під ганком улаштовано тайник – прямокутну камеру з двома нішами. Будинок має високий цоколь. Стіни розчленовано глибокими арковими віконними нішами. Будинок муровано з цегли на вапняно-піщаному розчині. Споруджено будівлю у 1690 році. У другій чверті XIX століття замість ганку на головному фасаді збудовано укріплену контрфорсами вежу з готичними вікнами (рис. 2.9, а, б).



а)

б)

Рис. 2.9. – Кам'яниця Лизогубів у Седневі:
а) загальний вид; б) загальний вид підземної частини

Кам'яниця Полуботка в Любечі – пам'ятка цивільної архітектури XVIII ст.. Орієнтована за лінією північ–південь, зовнішні розміри 11,7 × 8,6 м (рис. 2.10). Масивні стіни та великий підвал можуть свідчити про те, що кам'яниця мала службове та господарське призначення. Вона могла виконувати і оборонні функції. Кам'яниця мурована з цегли. Має один поверх із підвалом, прямокутна в плані. Вікна мають трицентрові лучкові перемички. Під вікнами містяться фігурні ніші. Підвал освітлюється люкарнами. Головне приміщення перекрито зімкненим склепінням, п'яти якого розташовані дуже низько – на рівні підвіконня, тому над отворами вікон, дверей і ніш утворені розпалубки. Передпокій перекрито коробовим склепінням, у схової камери – похиле

коробове склепіння. Склепіння мають залізні затяжки, заанкерені в муруванні стін. Такі ж затяжки з анкерами є у товщі стін. Стіни дуже масивні, муровані з цегли формату 29×14×6,5 см, дуже поганого випалу, ланцюговою системою на вапняно-піщаному розчині. З західного, східного та північного боків фундамент кам'яниці побудований впритул до стін котловану. З південного боку котлован був значно більшим за муровану будівлю. Після зведення фундаменту котлован був засипаний материковим суглинком з крапленнями глини, в якому знайдені дрібні уламки цегли. Котлован заглиблений у материк на 2,40 м від сучасної поверхні і на 2,00–2,15 м від цеглин цоколя кам'яниці, які маркують денну поверхню XVIII ст. На цегляній поверхні фундаменту зі східного, західного та північного боків зафіксований цем'янковий розчин, який на окремих ділянках зберігся частково [107]. З південного боку слідів розчину не було, що дозволило детально дослідити мурування фундаменту. Оскільки кам'яниці побудована на краю тераси (від сучасного краю за 6–8 м), напевно, вже під час будівництва спостерігалось просідання ґрунту в котловані у бік тераси (з західного боку). Через це саме з цієї сторони зафіксовано більшу глибину фундаменту (2,15 м від цоколя), ніж зі східної (2,0 м), і елементи його вирівнювання з розколотих у довжину цеглин у нижній частині підмурка. Зовнішній ряд фундаменту викладений почергово ложковою (ряд) та тичковою (два ряди) кладкою. Лише в місті вирівнювання кладки спостерігається підряд два ряди ложкової кладки. У стінах будівлі та в шарі руйнації виявлено численний будівельний матеріал XVIII ст., який складався з прямокутної цегли теракотового кольору різних відтінків розмірами 28,0–29,0 × 13,0–13,5 × 6,0–6,5 см, а також лекальної з різними типами профілювання зовнішнього краю. Наприкінці XIX ст. кам'яницю реставрували, біля вікон у підвал (одного з західного боку і двох зі східного) зробили приямки (збереглося по одному з різних боків), а з північного боку біля входів до верхнього приміщення та підвалу прибудували ганок. Одним боком ганок був поставлений на цоколь XVIII ст., іншим – на культурний шар, тож з часом він просів у північному напрямку. Добудовані частини складені на цементному розчині з цілої та фрагментованої цегли XVIII і XIX ст. На деякій цеглі XIX ст. є клейма «Г.А.М.», «Г.М.», «ИД», «МЛ» (рис. 2, 10–13). Цеглу з клеймом «Г.А.М.» і, ймовірно, «Г.М.», що знайдена у всіх реставрованих частинах

будівлі, можна пов'язати з ім'ям Григорія Олександровича Милорадовича (1839–1905), на території садиби якого і знаходилася кам'яниця.

Протягом середини 30-х – початку 60-х рр. XX ст. приміщення кам'яниці пристосували під маслозавод. Для зручності одне з вікон зі східного боку розширили й перетворили на вхід до підвалу, до якого прибудували чотири сходинки з будівельного матеріалу XVIII ст., ймовірно, з розібраної для входу стіни. З південного та західного боків виявлено цегляні та бетонні прибудови середини XX ст.



а)



б)



в)



г)

Рис. 2.10. Кам'яниця Полуботка в Любечі (XVIII ст.):

а) вигляд у 20-х рр. XX ст.; б) малюнок Опанаса Слостіона, 1895 р.; в) вигляд з південного сходу до реставрації; г) загальний вид підвалу до реставрації

Полкова скарбниця (арсенал Галагана) в Прилуках – пам'ятка цивільної мурованої архітектури поч. XVIII ст. (рис. 2.11). Збудована в 1714 р. для зберігання полкового скарбу, клейнодів і зброї. У XIX ст. зазнала ряд значних змін: прибрано віконні і дверні заповнення, перебудовано фронтони над торцевими фасадами. Прямокутна у плані споруда збудована з місцевої цегли на вапні, тинькована, однокамерна, має глибокий підвал з багаточисельними нішами в стінах метрової товщини, перекриття

– півциркульне склепіння з розпалубками. Віконні отвори – півциркульні. Торці увінчані високими барочними фронтонами. Реставрована в 1989 р.

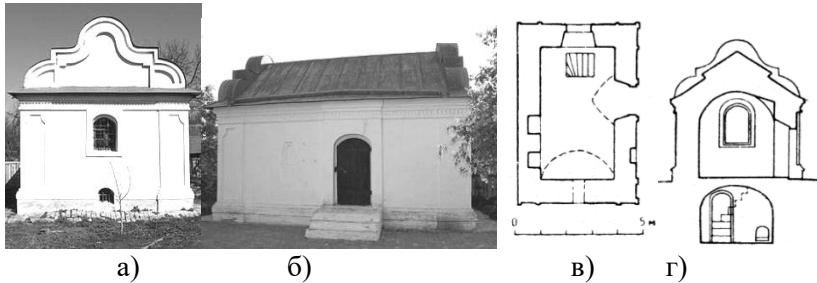


Рис. 2.11. Кам'яниця Галагана в Прилуках (XVIII ст.):
а) північний фасад; б) південний фасад; в) план; г) розріз

Починаючи з другої половини XIX століття Прилуки інтенсивно забудовувалися будинками-особняками і громадськими спорудами. В основному це були дерев'яні рублені будинки обкладені цеглою. До кращих споруд, які ще збереглися до наших днів, можна віднести двохповерховий будинок купця Московченка, головний будинок у садибі відомих українських меценатів Тарновських на Соборній вулиці, фасад театру Бродського (міський Будинок культури) на Переяславській, готель Лапшука (жіноча консультація) на розі Київської і Земської, особняк Будики (радіовузол) на Київській, палац Шкуратових (школа №4) і приватна гімназія Т.Федоренко (гуртожиток допоміжної школи на Садовій).

Цікаву забудову містить **вулиця Гімназична в Прилуках** (рис. 2.12). Прокладена у I-й половині XIX ст., згідно Генерального плану забудови міста 1802 року. На вулиці Гімназичній збереглися цілі квартали старої забудови, серед них привертають увагу пам'ятки дерев'яної та мурованої архітектури: будинки №№ 31/1, 35а, 35б, 55, 61 (побудований 1824 року, у підвалі закладена залізнична рейка, на якій вибито 1801 рік) та інші. Цікавість також представляє житлова забудова XIX століття в Прилуках: провінційні старі будинки в історичному центрі, цегляна Фраткінська синагога 1872, будинок родини меценатів Тарновських, будинок статського радника П.Шкурата, тощо.

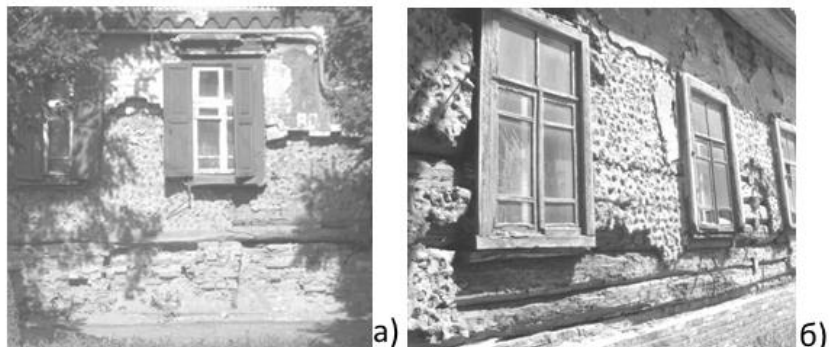


Рис. 2.12. Одноповерхові будинки в м. Прилуки:
 а) будинок по вул. Гімназичній (цокольна частина знаходиться
 в незадовільному стані); б) будинок по вул. Київська
 (на стіні відсутнє облицювання)

Більшість будинків малоповерхові. Фундамент – цегляний, каркас будинку виконаний з дерев'яних брусів. Брус з'єднано металевими скобами. По брусу виконано врубки в які вставлено дерев'яні кілочки з метою подальшого нанесення глиняного розчину, який містить досить значну кількість шматочків битої цегли. По штукатурному розчині виконано облицювання будинку цеглою. Цегла тримається за рахунок товстих цвяхів, які набито по периметру стін.

Будинок Чернігівської полкової канцелярії (рис. 2.13) (Будинок Мазепи в Чернігові) – пам'ятка цивільної архітектури XVII ст. Споруджено в 1690-х рр. на території Чернігівського Дитинця недалеко від замкового рову. У XVIII ст. тут містилася полкова канцелярія Чернігівського козацького полку, а з кінця XVIII ст. до початку XX ст. – архів. Будинок первісно був мурованим двоповерховим. Зазнав пошкоджень під час пожеж 1718 і 1750 рр. У другій половині XVIII ст. до північного фасаду прибудовано тамбур з фігурним фронтоном та влаштовано ще один невеликий тамбур – вхід у підвал з надвору. В одному зі склепінь було прорубано люк для виходу на горище. Первісно ходи в підвал і на другий поверх містилися в товщі внутрішньої поперечної стіни. У XIX ст. в будинку було розібрано печі, пробито нові вікна на східному й західному фасадах, покриття даху дахівкою замінено бляшаним. Реставровано в 1954 та 1969

пр. Будинок одноповерховий, шестикамерний типу “хати на дві половини”, на такому ж підвалі. Двокамерні (парадні та “чорні”) сени ділять будинок на дві половини – західну чоловічу й східну – жіночу, у кожній з яких по дві кімнати. Зараз будівля має двосхилий дах із монументальними трикутними фронтонами на причілках. Розміри будинку в плані 21 × 16 м. Усі приміщення перекрито системою циліндричних склепінь із розпалубками (у двох західних кімнатах склепіння втрачені). Глибина підвалу складає 2,6 м від поверхні землі. В східних приміщеннях в стінах підвалу виконані ніші. В західних приміщеннях розміщені цегляні стовпи розміром 138x223 см. Стовпи є опорами склепінь, виконаних з глиняної цегли охристого кольору розміром 6x12x26 см [108].

Для укріплення стін в південно-західному куті будівлі в XVIII ст. були облаштовані контрфорси. Перекриття над підвалом – напівциркульні склепіння з розпалубками, в північно-західному приміщенні – хрестове склепіння. Цоколь в будівлі цегляний оштукатурений складним розчином з додаванням цементу. Кладка виконана з глиняної цегли охристого кольору. Товщина швів кладки 1-1,5 см. Розчин в швах рихлий, вологий, осипається. Висота цоколю перемінна від 20 до 60 см з заходу на схід. Цоколь виступає за межі стіни уступами від 20 до 25 см. На північному і південному фасадах в західній частині будівлі виявлені тріщини. Тріщини розкриваються знизу вгору. Тріщини наскрізні. Ширина розкриття тріщин досягає 3 мм. В зимовий час процес утворення тріщин проявляється активніше ніж влітку. На торцевому східному фасаді виявлені волосяні тріщини. Також тріщини виявлені в нішах підвальної частини.

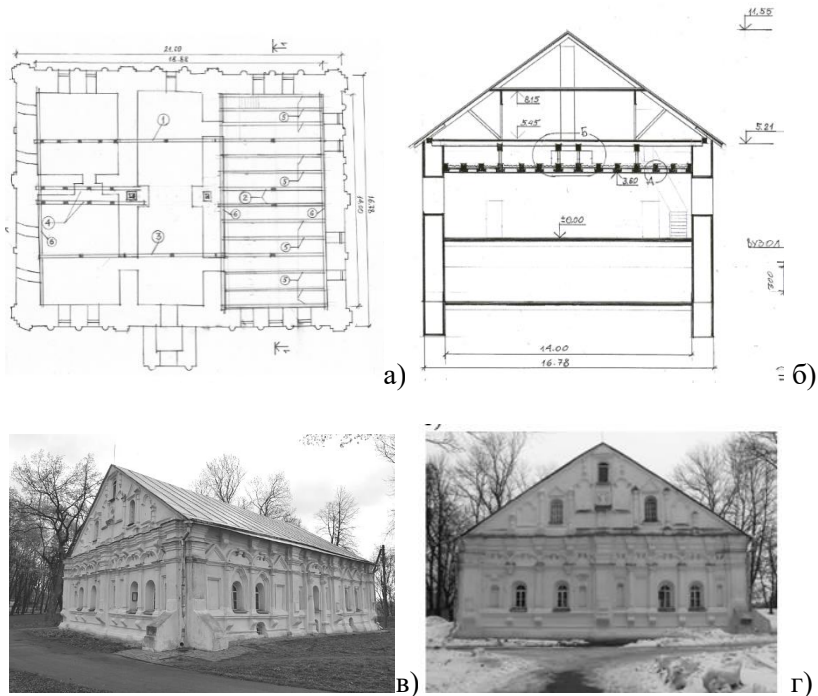


Рис. 2.13. Креслення Чернігівської полкової канцелярії за Павленко В.В.:

а) план перекриття; б) розріз будинку; в), г) сучасний вид будинку

Будівля розміщена на майданчику зі спокійним рельєфом і дещо в пониженій його території, що призводить до замкнення фундаментів. Верхній шар представлений насипним ґрунтом з будівельним сміттям, органічними рештками темно-сірий до чорного, потужністю 3 м. Другий шар – пісок пилюватий середньої щільності, кварцовий жовто-сірий, потужністю 0,6 м. Третій шар – супісок твердий пилюватий з прошарками піску жовто-сірий, потужністю 1 м. Під супіском залягає пісок пилюватий з прошарками мілкого, середньої щільності жовто-сірий.

При обстеженні встановлено, що руйнування несучих конструкцій і фундаменту відбуваються через зміну ґрунтових

умов та послаблення ґрунту несучого шару основи. За характером, місцем розміщення тріщин можна припустити про наявність під західною частиною фундаменту слабких ґрунтів, що містять органічні рештки. Для припинення деформацій необхідно провести підсилення основ та фундаментів, влаштувати гідроізоляцію підвалу, виконати відведення поверхневих вод.

Будинок Ігумена (Петропавлівська церква) – одна з унікальних споруд XVIII ст. м. Чернігова, від якої на разі залишилися руїни, входить до комплексу Єлецького Успенського монастиря. На час проведення обстеження в експлуатації знаходилася лише частина підвалу, яка використовувалася як погріб для зберігання овочів, а решта будівлі майже повністю зруйнована. Публікації, що стосувалися б конструктивних особливостей будинку чи експлуатаційних характеристик, відсутні, як і будь-які технічні документи. Післявоєнні залишки надземної частини будівлі були занедбані, заходи по її захисту від зовнішніх факторів не проводилися. Це призвело до повної втрати несучої здатності стін та перекриття. Підземну частину почали експлуатувати як погріб, при чому в одному з підвальних приміщень було влаштовано вантажний підйомник, який закрив прохід в іншу частину підвалу. Збудована за часів Гетьманщини, архітектурна споруда була унікальною для свого часу – найбільша трапезна церква на території Лівобережжя (рис. 2.14). Її довжина без прибудов і тамбурів – більше 46 м, а ширина – щонайменш 18 м. Товщина стін – понад півтора метри, висота одного з приміщень, яке збереглося – близько 5 м [109].



а)

б)

Рис. 2.14. Будинок Ігумена в Чернігові
(Петропавлівська церква):

- а) загальний вид під час розкопок; б) стан підвалу;
в) план підвальної частини, яка була доступна до огляду

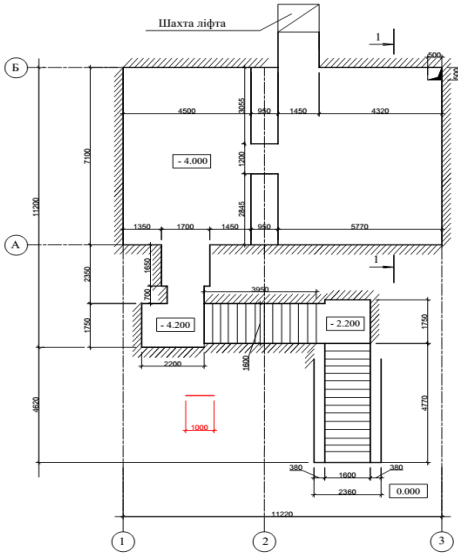


Рис. 2.14. Закінчення
(див. також с. 72)

в)

За час існування у будинку влаштовувались прибудови, системи опалення, виконувались ремонти, підсилення конструкцій, та інші роботи. Тому обстежена цегла досить різноманітна за матеріалом виготовлення та за розмірами. Частіше зустрічається глиняна цегла розмірів 35x19x6 см, 28x17x5-7 см та 26,5x12,6x6,0 см [110].

Церква Святого Михайла в м. Остер («Юрієва Божниця») була побудована за указом Володимира Мономаха у 1098 році. Це єдина пам'ятка часів Київської Русі, яка збереглася на Лівобережжі Дніпра та Десни (рис. 2.15).

Згідно даних археологічних розкопок раніше це була прямокутна за формою церква довжиною з апсидою біля 16 м та шириною 10 м. Божниця мала два стовпи-пілони, на які, як і на виступи по боках апсиди, спирався купол на поперечних арках. Нині від величного храму збереглася лише вівтарна частина – апсида і частина південно-східної стіни.

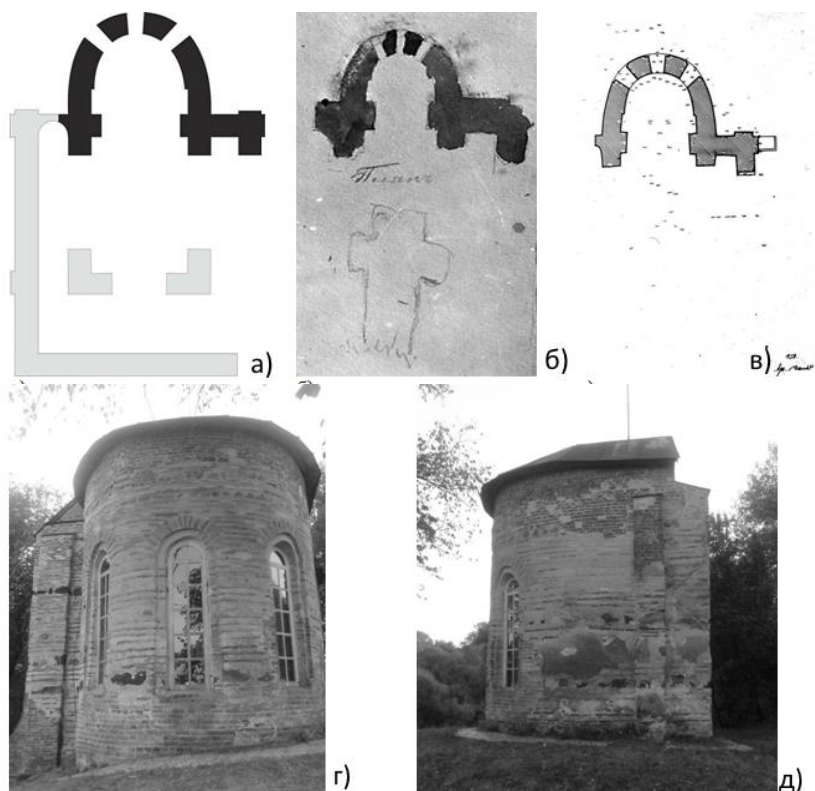


Рис. 2.15. План церкви:

а) план за М. Константиновичем, кінець XIX ст.; б) план збережених стін, кам'яний хрест за церквою (не зберігся), акварель невідомого автора, 1899 р.; в) план зображення стін, креслення 1940-х рр.; г) вид зі сходу; д) вид з півночі

В м. Остер та Козелець зустрічаються будинки які обкладені цеглою, така цегла кріпилася цвяхами, які проходили крізь спеціальний отвір в центрі цеглини (рис. 2.16).

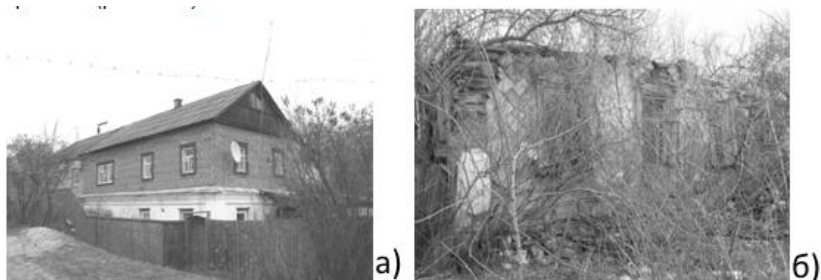


Рис. 2.16. Малоповерхові будинки обкладені цеглою:

а) житловий будинок в м. Остер; б) залишки
одноповерхового будинку в Козельці

Київська полкова канцелярія в Козельці – пам'ятка цивільної архітектури XVIII ст., одна із двох збережених адміністративних будівель канцелярій козацьких полків (рис. 2.17, а). Двоповерхова з підвалом мурована будівля. Протягом XIX ст. закладено деякі віконні й дверні отвори та пробито нові. Будівля канцелярії прямокутна в плані (співвідношення сторін 2:1). Великих розмірів вікна мають півциркульні перемички. Внутрішніми капітальними стінами будівля поділена на п'ять кімнат, згрупованих навколо сіней, що прилягають до ганку. Всі приміщення першого й другого поверхів перекриті циліндричними або зімкнутими склепіннями. Під східною половиною будівлі є підвал, що складається з кількох камер, перекритих коробовими склепіннями й освітлених за допомогою вікон, розташованих на рівні цоколя. Стіни цегляні на вапняному розчині [111]. Споруда полкової канцелярії у плані прямокутна (13,5 x 17,5 м), двоповерхова.

За полковою канцелярією знаходилась бувша католицька церква. В 60-х роках її перебудували в спортивну школу. Будівля має декілька прибудов сучасного та більш пізнього часу. Фундаменти будівлі цегляні на вапняному розчині складені з червоної цегли 26,5-27x12,5x13x6,5 см. шви мають товщину 1,5 см місцями досягають до 2 см (рис. 2.17, б).



Рис. 2.17. Малоповерхові історичні будинки в Козельці:
а) Київська полкова канцелярія (XVIII ст.); б) католицька церква (XIX ст.)

«Покорщина» – пам'ятка дерев'яної садибної архітектури періоду бароко, дійшла до нас з XVIII ст. Ансамбль включає дерев'яний потинькований головний будинок, відомий як будинок Дараган та муровану комору. Це найдавніший із збережених донині садибних комплексів Лівобережної України. Садиба збудована в середині XVIII ст. на невисокій терасі правого берега ріки Остер (рис. 2.18). Головний будинок садиби збудовано близько середини XVIII ст. Одноповерховий, дерев'яний, з мурованим підвалом, прямокутний у плані. Перекриття плоскі по дерев'яних балках, підвал перекрито коробовим склепінням.

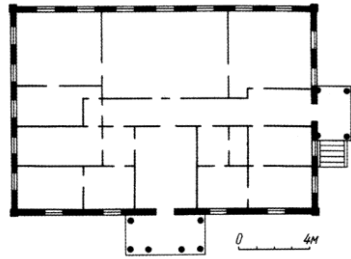


Рис. 2.18. Будинок Дараган в Покорщині:
а) загальний вид (фото 2016 р.); б) обмірний план Карташевського

Глибина підвальної частини близько двох метрів (рис. 1.19). Стіни підвалу завтовшки 70 см з червоної цегли на вапняному розчині. В окремих місцях замість кладки зустрічається цегляний бій, фундаменти печей також виконані на цегляному бої. Цокольна частина в середньому має висоту 50

см. Розміру бруса перекриття підвалу 30х30 см. Бруси перекриття спиралися на масивні колоди (близько 60 см в діаметрі), які місцями були замуrowані в цегляну кладку стін. Більшість брусів перетворилися на попiл, особливо нижні частини, що спиралися на ґрунт, внаслідок чого стовпи в кладці сповзли на 30-40 см до низу, чим спричинили випирання кладки. Саме перекриття виконано наступним чином: в масивних колодах по центру бічних граней виконано пази висотою близько 8 см, в які заведені дерев'яні дошки, зверху яких втрамбовано до 20 см глинистого ґрунту, поверх колод настелено дерев'яну підлогу. Під віконними прорізами підвалу зустрічаються ніші, перемички яких виконано з металевих пластин. В окремих місцях кладки наявні металеві труби діаметром 2 см, що можливо було закладено в більш пізній час під час підсилення стін підвалів. Стіни зрубні – горизонтально укладені один на одній бруси, які з'єднані врубками на кутах. Брус по довжині з'єднаний між собою дерев'яними кілками. Під час обстеження виявлено цеглу покриту глазур'ю, що теж скоріш за все вкладено в більш пізньому часі [112].



а)



б)



в)



г)

Рис. 2.19. Підвальна частина будинку Дараган:

- а) загальний вид підвалу; б) цегляний бій під фундаментом печі;
- в) руйнування кладки стіни внаслідок опускання дерев'яного стовпа вниз на 30 см; г) колодязь в одному з підвальних приміщень

Кам'яниця Дараганів – пам'ятка архітектури, унікальна господарська будівля (комора) XVIII століття, що входить до комплексу споруд садиби Покорщина (рис. 2.20). Будівля збереглася в первісному об'ємі. Цегляна, квадратна в плані, однокамерна, двоповерхова з глибоким підвалом, який повторює по розмірах наземні поверхи. Перекриття – зімкнуті зводи. Будівля має три поверхи: наземний, напівпідвальний і власне підвальний, з багатьма нішами. Загадкою тут є відсутність кам'яних сходів, навіть не видно їх слідів в наземному поверсі, що розташований над землею на висоті 2-2,5 м. Цегла з якої зведено скарбницю має різні розміри та колір (переважно червона). Найбільш розповсюджені розміри 26,5x14x6,5; 32x14x6; 34x16x5,5 см. Зустрічаються цеглини товщиною від 3 до 7 см.



Рис. 2.20. Кам'яниця Дараганів (XVIII ст.):
а) загальний вид кам'яниці; б) загальний вид підвальної частини

В урочищі Гончарівка біля Батурина виявлено заміську **резиденцію Гетьмана** України Івана Мазепи. На той час палац був великою спорудою. Разом з прибудовою його довжина дорівнювала 20 м, а ширина - 15 м. Підвал (15 x 15 м) був поділений двома навхресними стінами на чотири господарські приміщення. Лабораторні аналізи цегли та вапнякового розчину з розвалів стін палацу, визначили, що вони у 1.3-1.5 рази міцніші за пересічну сучасну цеглу.

Згідно з рисунком цього палацу Мазепи 1744 р. та археологічними джерелами, його основна частина (без прибудови) мала квадратний план, три поверхи, мансарду, дерев'яні перекриття (рис. 2.21). Розмір основи цілої лекальної цеглини показує, що ширина напівколон на фасадах палацу

становила близько 30 см. Палац мав розвинутий цокольний поверх з глибокими мурованими підземеллями. Поверхи палацу могли сягати у висоту 4,26– 5,33 м. Як впливає з Берхгольцевого кресленика, перекриття батуринського палацу були не склепінчастими (як у багатьох тогочасних козацьких будинках-кам'яницях, Київській Академії чи Київському Магістраті на Подолі, будованих коштом І. Мазепи), а пласкими, по дерев'яних балках [113].

Кам'яниця Кочубея в Батурині (будинок генерального суду) – пам'ятка цивільної архітектури кінця XVII ст. (рис. 2.22 а,б). Дослідження показали, що в XIX ст. древні стіни, що збереглися, по зовнішньому периметру були обкладені новою кладкою. Наземна частка будівлі виявилася як би включеною у футляр і завдяки цьому збереглася. Під час другої світової війни будинок сильно постраждав, залишилися цілими тільки підвал і частина зовнішніх стін. Споруда цегляна, тинькована, побілена. Первинний периметр в плані близький квадрату, поділений на сіни і прямокутну камеру. Цьому периметру відповідає підвальне приміщення, що складається зі сполучених арочним отвором двох камер: одної – прямокутної з вікном і глибокими нішами, другої – квадратної в плані. Обидві камери перекрито напівциркульними склепіннями з розпалубками. У підвал веде спеціальний вхід, розміщений в невеликих прямокутних в плані сінях, де знаходяться круті сходи, що ведуть у підвал і на горище.

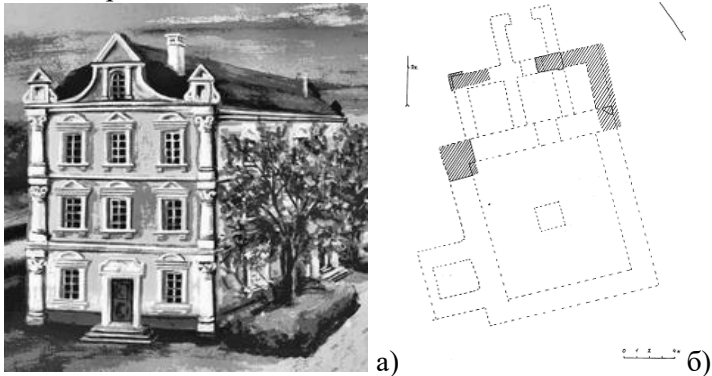
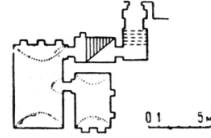
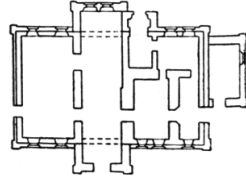


Рис. 2.21. Палац гетьмана Івана Мазепи в околиці Батурина Гончарівка:

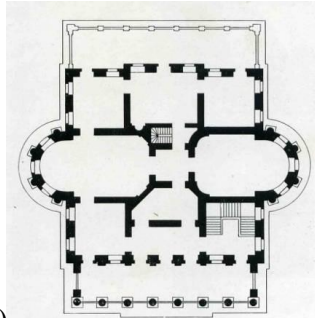
- а) реконструкція В. Коваленка, художник С. Дмитрієнко (2006 р.);
- б) план фундаментів палацу Мазепи на Гончарівці



а) б)

Рис. 2.22. Кам'яниця Кочубея в Батурині (XVII ст.):
а) загальний вид (фото 2016 р.); б) план-схема кам'яниці Кочубея

Палац Розумовського в Батурині – пам'ятка архітектури кінця XVIII ст. Триповерховий палац будували з 1799–1803 рр. (рис. 2.23, а, б).



а) б)

Рис. 2.23. Палац Розумовського в Батурині (XVIII ст.):
а) фото 1912 р.; б) план другого поверху Батуринського палацу
(проект Чарльза Камерона 1799р.)

Кам'яниця у Глухові – пам'ятка архітектури XVIII ст. Мурований двоповерховий будинок прямокутний у плані, видовжений з заходу на схід, на підвалі. Основний об'єм двокамерний, типологічно повторює народне житло «хата+сіни». Зі сходу прилягає прямокутного плану камера, що містить сходи до підвалу. Вона перекрита частково втраченим коробовим склепінням. Підвал двокамерний, перекритий коробовими склепіннями (рис. 2.24).

Будинок муровано з місцевої цегли на вапняно-піщаному розчині. Стіни мають значну товщину – в 3 цеглини. Перекриття (крім підвалу) – плоскі, по дерев'яних балках.

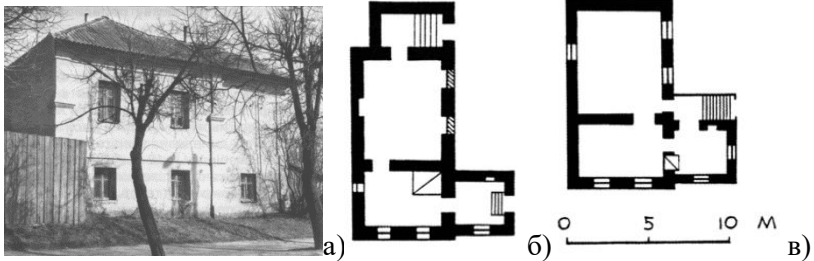


Рис. 2.24. Кам'яниця у Глухові (XVIII ст.):

а) загальний вигляд; б) план-схема підвалу; в) план-схема першого поверху

Будинок Кочубея в селі Тиниця, Чернігівської області – один зі збережених садибних будинків XVIII ст. на Лівобережній Україні. Цегляний, прямокутний у плані. Споруда має плоске балкове перекирення (рис. 2.25, а, б).

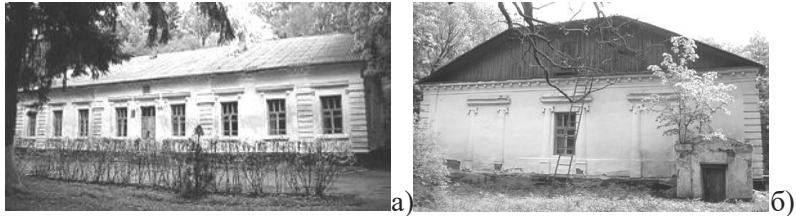


Рис. 2.25. Будинок Кочубея в селі Тиниця (XVIII ст.):

а) загальний вид; б) східний фасад

Скарбниця Кочубея в селі Тиниця (рис. 2.26) – цегляна, двоповерхова, квадратна в плані споруда XVIII ст.. Із західного боку у межах першого поверху – галерея з арками стрільчастої форми, а над ній – дерев'яна надбудова – веранда. Перекирення плоскі. Західній аркаді відповідає декор першого поверху решти фасадів пам'ятника у вигляді аркових плоских ніш. У цих нішах прямокутні віконні отвори, напівциркульні ніші. У стінах другого поверху – прямокутні вікна.



Рис. 2.26. Скарбниця в селі Тиниця (XVIII ст.):
а) загальний вид; б) галерея з арками; в) аркові пласкі ніші

Будинок війта в Сумах – пам’ятка архітектури. Збудований наприкінці XVII ст. До нашого часу залишився лише цоколь, на якому збудовано інший будинок. Для кам’яниці характерні потужні стіни і склепіння. Це говорить про оборонний характер споруди.

Теремок в селі Червоне Сумського району (будинок Кондратьєвих) – пам’ятка цивільної архітектури XVIII ст., найстаріший садибний будинок Слобожанщини. Кам’яниця збудована у першій третині XVIII ст.. Споруда належить до однокамерного типу будов (рис. 2.27). Будинок був спочатку одноповерховим, з підвалом і коробовими склепіннями. У сер. XVIII ст. була прибудована ще одна камера, також з підвалом, але з плоским перекриттям. У третій прийом над усією будівлею був надбудований другий поверх. Всі ці прибудови легко розрізнити. На другому поверсі одне вікно закладене. Вгорі було шість вікон, з яких одне розтесано на двері й одне — закладене. Імовірно, нижній поверх служив складом, а верхній був житловим.



Рис. 2.27. Теремок в селі Червоне Сумського району
(будинок Кондратьєвих) (XVIII ст.):

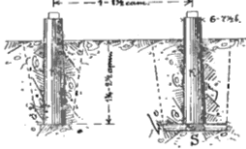
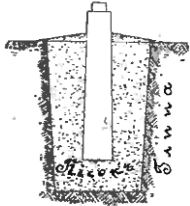
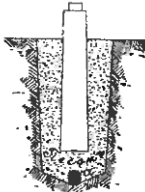
а) загальний вигляд у 1914 р.; б) сучасний вид

2.3. Аналіз фундаментів історичних будівель

Зазвичай при оцінці технічного стану та розробці рекомендацій зі зміни чи підсиленні фундаментів інженери проектувальники виходять з сучасного розуміння ролі фундаментів в проектуванні малоповерхових будівель. Проте поза увагою залишаються цілий ряд можливих особливостей в конструкціях та зведенні фундаментів що існували (таблиця 2.3) [114].

Таблиця 2.3

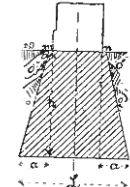
Аналіз форм та особливостей конструкції фундаментів

Вид фундаменту	Креслення	Короткий опис
1	2	3
1. Дерев'яні стільці		Стільці заривали в землю вертикально, підкладаючи під нижній кінець плити, дошку або хрест з двох пластин.
2. Дерев'яний фундамент в піску		В глинистому ґрунті, для того щоб фундаменти не випирало з землі від дії морозів їх встановлювали на шар піску, пазухи теж засипали піском.
3. Дерев'яний фундамент в піску з дренажем		Якщо ґрунт непроникний для води, то фундаментні ями осушували закритим дренажем.

<p>4. Кам'яні стільці</p>		<p>Вид стільців складених з бутової плити.</p>
---------------------------	--	--

Продовження табл. 2.3

1	2	3
<p>5. Зрізані піраміди</p>		<p>Стільцям, які складаються з рваного каміння, надавали вигляд зрізаних пірамід.</p>
<p>6. Цегляні фундаменти</p>		<p>Також стільці виконували з перепаленої цегли (залізняка).</p>
<p>7. Безперервні фундаменти</p>		<p>Такі фундаменти виконували з бутової плити, бутового каміння або цегли-залізняка, як прямокутного так і трапецоподібного перерізу.</p>
<p>8. Прямокутний безперервний фундамент</p>		<p>Найпростіший вид фундаменту – прямокутник.</p>
<p>9. Два прямокутників</p>		<p>Найпростіший вид фундаменту – прямокутник.</p>

<p>10. Вид трапеції</p>		<p>Збільшення уширення підшви фундаменту застосовували при слабкій основі.</p>
-------------------------	---	--

Продовження табл. 2.3

1	2	3
<p>11. Вид трапеції з прямокутником</p>		<p>При слабкій основі.</p>
<p>12. Ступінчастий вид</p>		<p>При збільшенні до низу, для полегшення кладки, відкоси виконують двома-трьома уступами.</p>
<p>13. Несиметричні фундаменти</p>		<p>Застосовували в тих випадках, коли сили що діють на фундамент мали неvertикальний напрямок.</p>

Від правильно вибраного фундаменту в значній мірі залежать надійність, безпечність та довговічність будівель і споруд а також їх енергоефективність та енергозбереження, особливо це торкається будівель з підвальними частинами.

2.4. Дослідження конструктивних особливостей сучасної малоповерхової забудови Чернігова

На даний час значна частина будинків великих і малих міст України мають значний фізичний та моральний знос. Їх стан погіршують інженерні мережі як будинків так і прилеглої інфраструктури. Набуває значного розвитку підземне будівництво: влаштування підземних торгівельних комплексів, автопаркінгів, значних підвальних частин будинків. Це призводить до ущільнення районів міст, особливо малоповерхової території. Напрямок держави до вступу в «Євросоюз» ставить підвищені вимоги до організації міського середовища, яке повинно відповідати стандартам Європейських міст, що підтверджує актуальність даного питання про особливості проектування і експлуатації основ і фундаментів малоповерхових будівель в умовах щільної міської забудови.

Обсяги цивільного будівництва в умовах існуючої міської забудови збільшуються, що прогнозується й в найближчі роки. Частково це пояснюється неможливістю певних міст збільшувати площі своїх меж, частково ущільнення районів великих міст, особливо центральної частини, пояснюється намаганням розмістити більше об'єктів, якомога ближче один від одного, створюючи таким чином центри (кола) спільних інтересів. Негативні фактори, які призводять до погіршення стану основ і фундаментів малоповерхових будівель в умовах щільної міської забудови:

- поряд з малоповерховою забудовою зводяться багатоповерхові будинки, які мають значний тиск на ґрунт основи;

- забивання палів поблизу малоповерхових будівель;

- будівництво ведеться різними будівельними організаціями, які як правило мають недостатній досвід виконання робіт в умовах ущільненої забудови;

- застосування технологій, які не в певній мірі відповідають даним умовам.

- при розміщенні нових об'єктів не завжди враховується архітектурний вигляд.

Як наслідок будинки, що розміщені поряд зазнають зовнішніх впливів і деформуються (рис. 2.28).

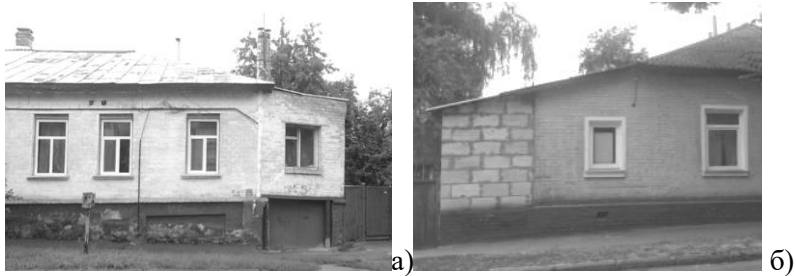


Рис. 2.28. Прибудови до будинків (м. Чернігів):
 а) прибудова до будинку, без надійного фундаменту; б) сучасна прибудова до більш пізньої прибудови будинку

Проаналізувавши забудову міста Чернігова, було складено карту з умовним поділом на 4 зони (рис. 2.29):

1 зона – малоповерхова забудова (переважно одноповерхові будинки, двоповерхові є виключенням в районах вулиць Коцюбинського, Першого Травня, районів 5-кутів, Лісковиці, тощо, трьохповерхові – це переважно будинки шкіл, дитячих садків, тощо) – представлено на карті червоним кольором;

2 зона – забудова 5-ти поверховими будинками – зелений колір;

3 зона – забудова 9-ти поверховими будинками – блакитний колір;

4 зона – забудова будівлями більше 9-ти поверхів (переважно 16-ти поверховими) – синій колір.

Місця де неможливо виокремити район в одну з зон, в зв'язку з близьким розміщенням багатоповерхівок з малоповерховою забудовою виокремлено фіолетовим кольором.

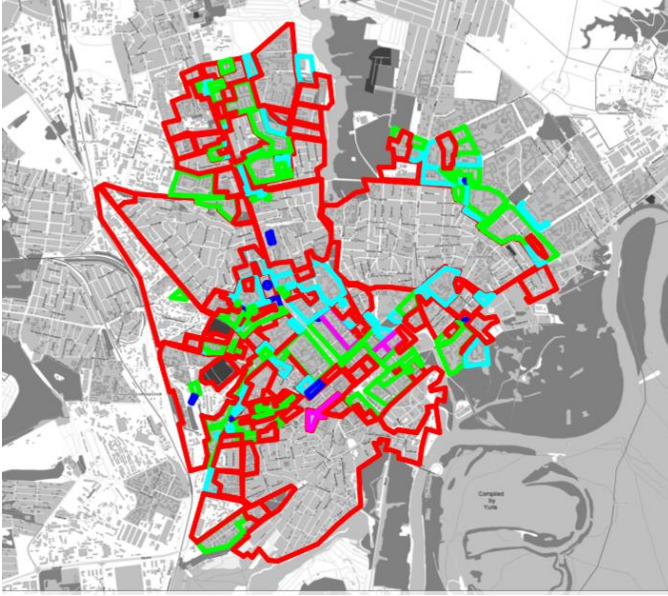


Рис. 2.29. Зонування міста Чернігова в залежності від поверховості

Зони малоповерхової забудови були досліджені більш ретельно. Особливої уваги було приділено вул. Коцюбинського, вул. 1-го Травня та вул. Гончара. На вул. Коцюбинського 33 будинки одноповерхові, 29 – двоповерхових, 6 – триповерхових, 7 – чотирьохповерхових, 5 – п'ятиповерхових, вище 5 поверхів – лише 6 будинків. На вул. 1-го Травня всі будинки одноповерхові, лише 5 будинків мають мансарди.

Вулиця Коцюбинського розташована у центральній частині міста – одночасно в обох його районах – Новозаводському і Деснянському. Є паралельною одній з головних чернігівських магістралей – проспекту Перемоги. Тягнеться від місцевості Холодні Яри і аж до Стрижня. Вулицю перетинають вулиці Ремісничка, Кирпоноса, проспект Миру, вулиці П'ятницька, Мстиславська, Гончар; від вулиць відходять вулиці Деснянка, Героїв Крут та Пушкіна. Довжина вулиці – 1,8 км, ширина – 20 м (рис. 2.30).



Рис. 2.30. Вулиця Коцюбинського в Чернівці:

- а), б) загальний вид вулиці; в) фото 1960-х років;
г) сучасне фото будинку на даній вулиці

Вулиця Гонча є однією з найстаріших у місті. На ній розташовувалась кам'яниця Константиновича – пам'ятка цивільної архітектури XVIII ст., зруйнована під час Німецько-радянської війни. У 1905 році за кошти міської думи й меценатів зведено будівлю Чоловічої торговельної школи у псевдоросійському (неоросійському) стилі, зараз тут знаходиться Чернігівський економічний коледж. У 1927-1929 роках за проектом Г. Конопатського на вулиці споруджено будівлю Чернігівської електростанції у стилі конструктивізм (зараз — ПАТ «Чернігівобленерго»). Вулиця переважно забудована одно-двоповерховими будиночками (рис. 2.31).

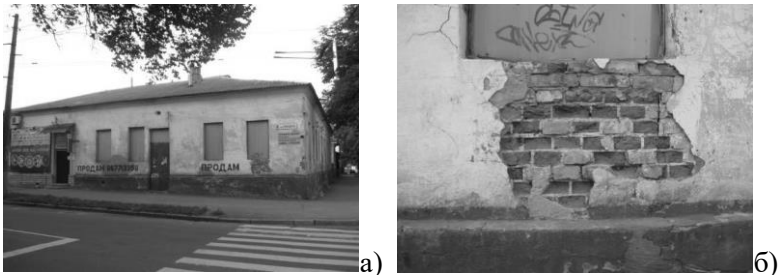


Рис. 2.31. Будівля Парафіяльної школи на вул. Гончій (XVIII ст.):
а) загальний вид; б) частина стіни, цегляна кладка з цегли «сирець» на вапняному розчині

Газова котельня по вул. Горького, біля музею Тарновського розміщена на схилах р. Десни (рис. 2.32). Дана споруда має деформації у вигляді прогинів при наявності в основі слабкого ґрунту та деформації у вигляді розлому будівлі при аварійному замочуванні основ.



Рис. 2.32. Газова котельня по вул. Горького в м. Чернігів:
а) загальний вид; б), в), г), д) деформації споруди

В 2006 році на стінах будівлі були виставлені гіпсові (одинарні) маяки (рис. 2.33).

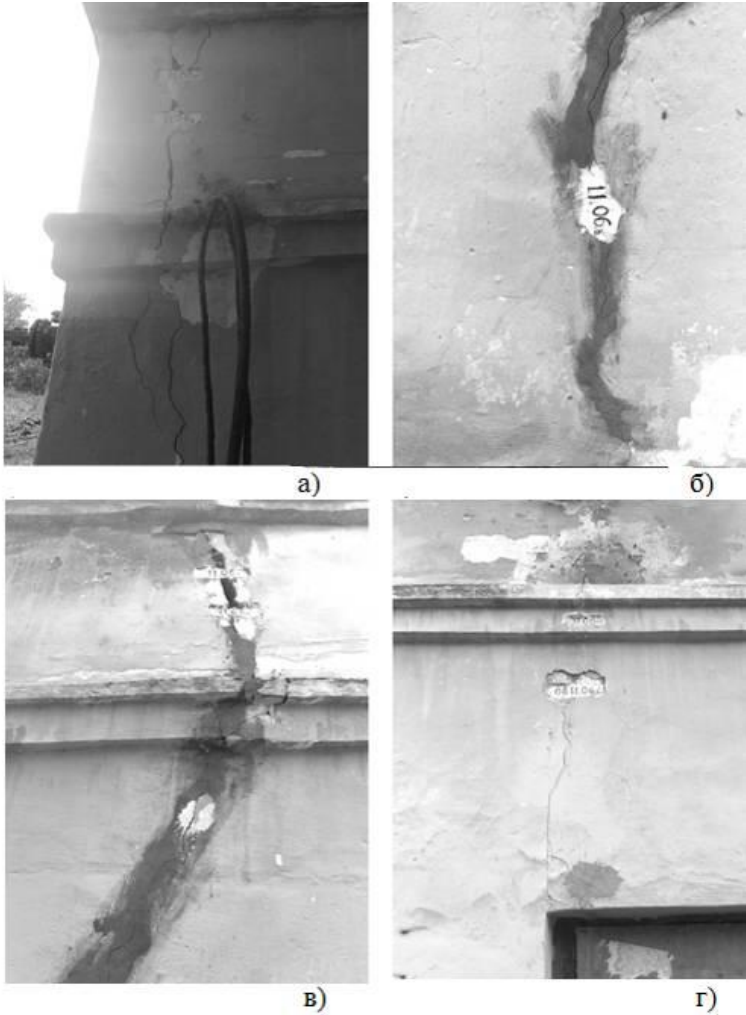


Рис. 2.33. Гіпсові маяки на стіні котельні
по вул. Горького в м. Чернігів

Також було проведено комплекс робіт по відновленню та ремонтуванню конструкцій, зокрема встановлення металевих тяжів (рис. 2.34).

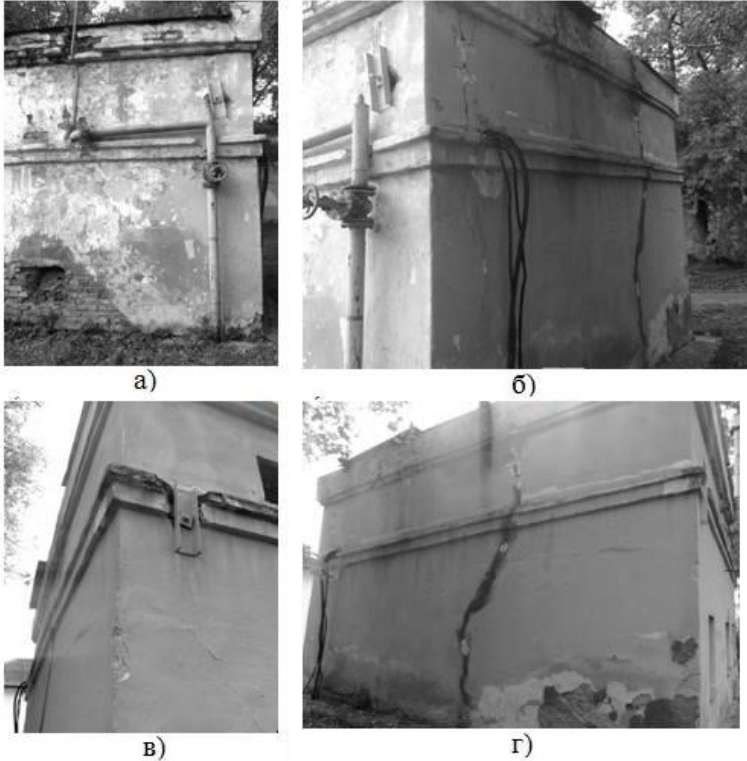


Рис. 2.34. Встановлення металевих тяжів

Головною причиною деформації споруди стали зсуви. Будівля втратила стійкість і почала руйнуватись. Проте не зважаючи на цілий комплекс відновлюваних робіт будівля втратила стійкість і почала руйнуватись далі. Роботу котельні було припинено в 2010 році, а поряд збудовано нову, на надійніших фундаментах.

Деформації **газової котельні по вул. Щорса** біля військової частини в Чернігові – це класичний приклад вигину будівлі. Цей вид деформацій зустрічається рідше ніж інші, але тріщини розкриваються значніше. Довжина тріщини 260 см, ширина 1,5 – 2,5 см (рис. 2.35).

Дана будівля має один вид деформації, що не можна сказати про **одноповерховий будинок по вул. Курсанта**

Єськова (рис 2.36), де виявлено лише різного роду тріщин більше 60 (рис. 2.36).

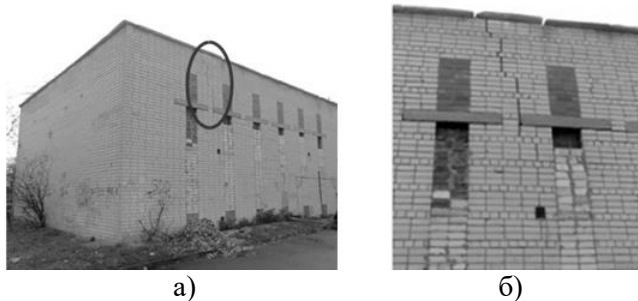
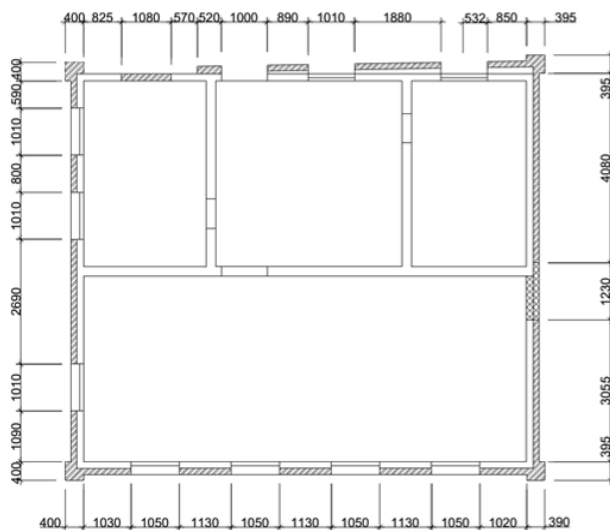


Рис. 2.35. Газова котельня по вул. Щорса:
а) – загальний вид; б) – тріщина, розкриття 1,5-2,5 см



В)

Рис. 2.36. Загальний вид будинку по вул. Курсанта Єськова:

а) вид з проїзної частини; б) вид з подвір'я; в) план будинку

Будинок виконано з дерев'яного бруса на кам'яному фундаменті, стіни зовні обкладено червоною цеглою (рис. 2.37).

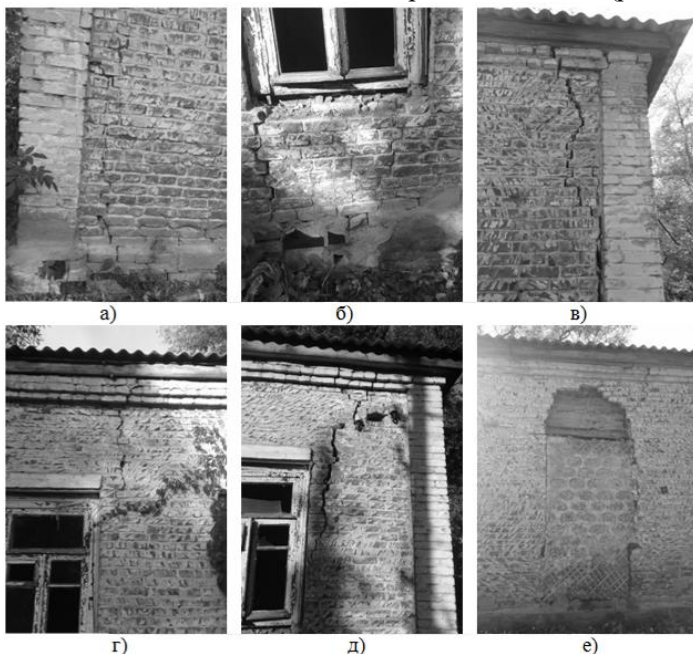


Рис. 2.37. Деформації будинку

Досить значні деформації виявлені також при обстеженні двохповерхової **будівлі музею Лісковиці**, по вул. Льва Толстого (рис. 2.38, 2.39).

При детальному вивченні характеру руйнування конструкцій будівлі можна зробити припущення що деформації виникли внаслідок порушення структури ґрунтів основи. Порушення структури ґрунтів основ можливе по наступним чотирьом причинам: від метеорологічних впливів; від впливу ґрунтових вод і газу; від динамічних впливів механізмів; в результаті грубих помилок будівельників.

Аналізуючи дані отримані при спостереженні за даною ділянкою можна зробити висновок що будинок явно потерпає від значного зволоження, причина якого перенасичення вологою

грунтів, замокання стіни будинку вище цоколю внаслідок затоплення території, що спостерігається після тривалих опадів, особливо навесні та восени. Як наслідок – деформації та руйнування конструкцій будинку.

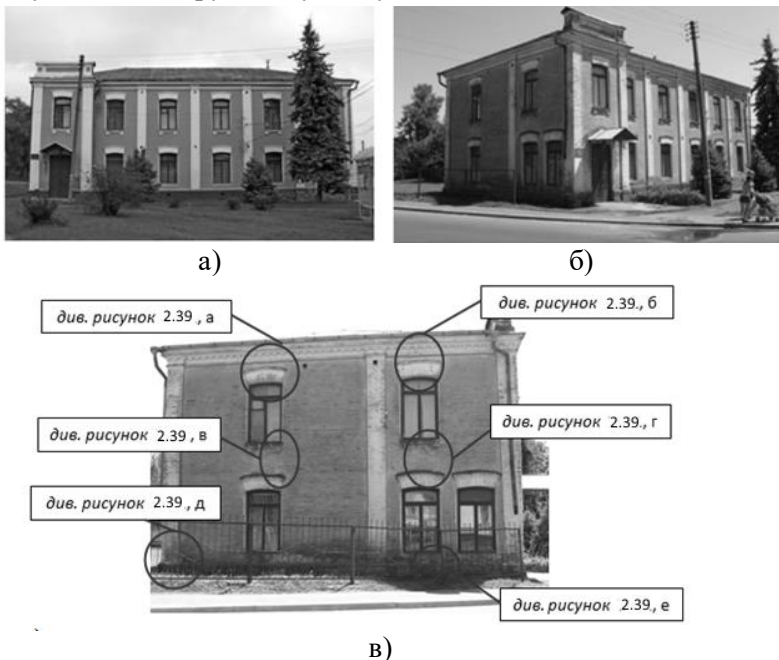


Рис. 2.38. Музей Лісовиці по вул. Льва Толстого:
а) головний фасад; б) вид з вулиці Князя Чорного;
в) деформації фасаду з вулиці Князя Чорного

В окремих шарах стін внаслідок значного зволоження може виникнути значний тиск, здатний привести до їх розшарування. Надмірне зволоження стін сприяє появі цвілі на конструкціях, зниженню теплозахисних якостей стін, утворенню вологості в приміщеннях, що можна визначити по наступних зовнішніх ознаках: виникненню сирих темних плям на стінах, набуханню штукатурки, висотам та ін. Зволоження стін знижує їх міцнісні характеристики і приводить до погіршення теплотехнічних властивостей. Тому, щоб забезпечити нормативний термін служби будівель і зберегти проектні експлуатаційні характеристики їх конструкцій в межах цього терміну, необхідно попереджати проникнення вологи в конструктивні елементи

будівель. Крім деформацій, що виникають в результаті зволоження, стінні матеріали піддаються ще й температурним діям. Добові коливання температур зовнішнього і внутрішнього повітря, а також сонячна радіація викликають у стінах знакомі періодичні напруження, які разом з усадочними деформаціями та деформаціями внаслідок дії вологи, осідання фундаментів і зовнішніх навантажень, поступово приводять до руйнування будівельних конструкцій і матеріалів. Промерзання також можуть спричинити руйнування. Найчастіше промерзають кути будівель, стіни, покриття вздовж карнизів і перемички. Ознакою промерзання є темні сирі плями, нерідко покриті цвільлю, на якій розвиваються гриби, протікають біологічні процеси. Такі конструкції руйнуються набагато швидше.



а)



б)



в)



г)



д)



е)

Рис. 2.39. Деформування лівого бічного фасаду:

- а) тріщина над лівим вікном другого поверху; б) тріщина над правим вікном другого поверху; в) тріщина між першим та другим поверхами лівих вікон; г) тріщина між першим та другим поверхами правих вікон; д) тріщина в фундаменті; е) тріщина під правим вікном першого поверху

Поряд, **через вулицю Князя Чорного**, знаходиться адміністративний одноповерховий будинок, який також через значне зволоження ґрунту зазнав деформацій (рис. 2.40, 2.41).



а)

б)

Рис. 2.40. Будинок по вулиці Князя Чорного:

- а) загальний вид; б) деформації фасаду, що виходить на вул. Князя Чорного



а)



б)



в)

г)

Рис. 2.41. Деформації фасаду, що виходить на вул. Князя Чорного

Навпроти адміністративного будинку, **через вул. О. Десняка**, знаходиться житловий будинок, який теж почав деформуватися (рис. 2.42, а, б). Для зупинення процесу руйнування, і відновлення першочергових характеристик було виконано заміну фундаменту на новий (рис. 2.42, в, г).



а)



б)



в)



г)

Рис. 2.42. Житловий будинок по вул. О. Десняка:
а) загальний вид; б) деформації стіни та руйнування фундаменту;
в), г) вид після підсилення фундаменту

Для заміни фундаменту, як правило, такі одноповерхові дерев'яні будинки піднімають домкратами і виконують заміну старої цегляної кладки на нову (рис. 2.43) або на бетонний чи залізобетонний фундамент (рис. 2.44). Такі будинки досить

легкі, адже висота їх за звичай не перевищує 3-4 м, стіни з колод або напівколоїд, обшиті дошкою. Утеплювач в таких будинках як правило приймався з екологічних матеріалів (моху, стружки, конопель тощо) [115].

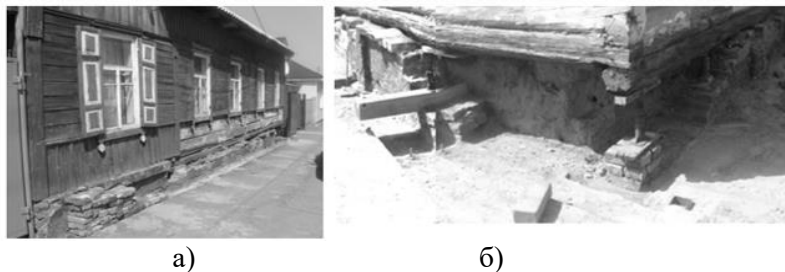


Рис. 2.43. Заміна фундаменту дерев'яного будинку:
а) загальний вид будинку; б) встановлення будинку на домкрати та заміна старої цегляної кладки на нову

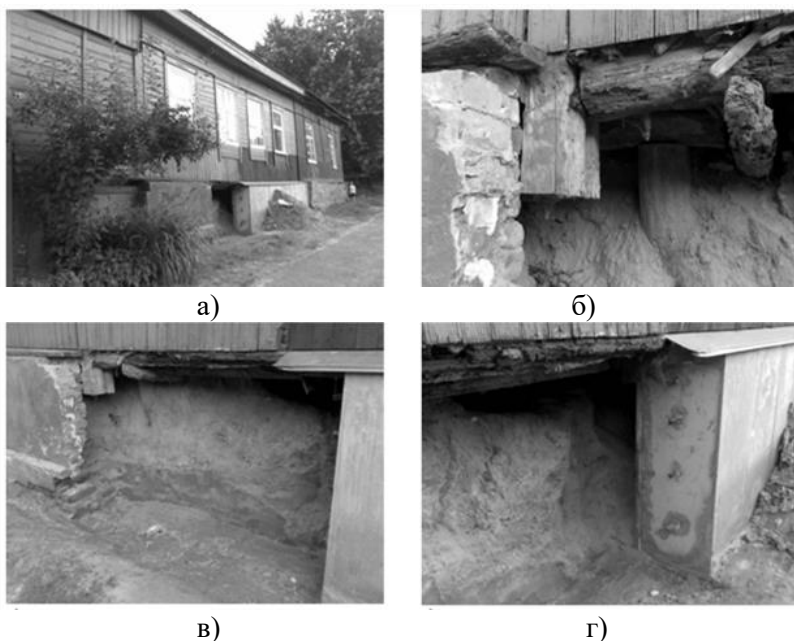


Рис. 2.44. Заміна старого цегляного фундаменту на залізобетонний:
а) загальний вид; б), в) стан старого цегляного фундаменту;
г) новий залізобетонний фундамент

Необхідно зауважити, що при будівництві одно-двох поверхових будинків майже у всіх випадках використовують стрічкові фундаменти, а при збільшенні поверховості необхідно обов'язково враховувати інженерно-геологічні дані. Так в районі «П'яти кутів», майже всі фундаменти стрічкові, виключенням є 16 поверховий житловий будинок, який звели на плитному фундаменті.

В районі «Центрального ринку» один будинок збудували на плитному фундаменті, інший на стрічковому, а третій на палях. Біля р. Стрижень для 10-ти поверхових будинків застосовують буро-ін'єкційні палі, в районі «Масанів» – забивні палі, виключення є лише один будинок на стрічкових фундаментах.

Забивні палі мають переріз 30x30 см (80%) та 40x40 см (20%), буро-ін'єкційні виготовляють діаметром 35-40 см. Максимальна глибина таких фундаментів складає 10-12 м.

За весь час будівництва існує один випадок використання складальних фундаментів, глибиною до 12 м, один випадок використання шпунтів в якості огороження стін на пивзаводі та декілька випадків використання пірамідальних паль (в 80-х роках). Також декілька разів застосовували буро-набивні палі з уширеною п'ятою (2000-2005 р.р.).

Оскільки територія м. Чернігів досить зрізана ярами, то при будівництві в таких місцях застосовують піщані подушки. По вул. Коцюбинського використовували піщану подушку завтовшки 2 м та перехресні стрічкові фундаменти. Біля **готелю «Градецький»** (рис. 2.45, а) при будівництві 5-ти секційного житлового будинку, 40 років тому, виконали піщану подушку товщиною 8-9 м.

Район «Лісковиця» майже весь був намитий піском товщиною 3-5 м (рис. 2.45, б).



а)

б)

Рис. 2.45. Вид на Чернігів згори:
а) на готель «Градецький»; б) на район «Лісковиця»

Також при будівництві будинків, досить часто, особливо в історичному центрі міста, наштовхуються на старі колодязі, погребі, тунелі чи комунікації. Один з таких тунелів мав висоту 3-3,5 м а ширину 4-5 м, та був майже повністю занесений мулом та піском.

Що стосується реконструкції будинків, то вони мають різну конструкцію і поверховість. При виборі типу фундаментів в більшій степені, ніж для масового будівництва, застосовують індивідуальний підхід.

Історичні будинки м. Чернігова майже всі дерев'яні чи цегляні одно- або двоповерхові переважно на стрічкових фундаментах [116].

2.5. Оцінка стану основ і фундаментів малоповерхових будівель

Оцінку стану основ і фундаментів роблять з врахуванням:

- загальної поведінки системи „основа – фундамент – будівля”;
- конструктивних рішень будівлі та матеріалу, що використаний для надземної та підземної частин;
- впливу основи на будівлю з врахуванням властивостей ґрунту та можливість впливу в наступному інженерно-геологічних процесів;
- час експлуатації будівлі до обстеження і після реконструкції (підсилення);
- вплив сусідньої забудови, перспективи її зміни.

Оцінку стану виконують на даний час і на перспективу. Для основ це зміна властивостей ґрунтів (підвищення рівня ґрунтових вод). Основні підготовчі роботи для прийняття рішень по підсиленню основ і фундаментів при підсиленні та реконструкції будівель і споруд наступні:

- з'ясувати та уточнити завдання на обстеження;
- зібрати архівні дані, що відносяться до самого будинку, фундаментів, основ, в тому числі і до сусідніх майданчиків, якщо це можливо;
- зробити загальну оцінку системи „фундамент – основа – будівля” з врахуванням візуального обстеження стану будівлі;
- врахування стану майданчику сусідньої забудови;
- проведення обстеження фактичного стану основ і фундаментів з встановленням їх конструкцій, геометричних розмірів;
- проведення інженерно-геологічних вишукувань, що є додатковими та розкривають характер поведінки основи, особливо на ушкоджених ділянках;
- проведення перевірки по розрахунках основ і фундаментів за деформаціями та несучою здатністю. Уточнення спільної роботи системи „фундамент – основа – будівля” за числовим моделюванням на ПЕОМ;
- врахування особливостей експлуатації, перспективи розвитку зміни сусідньої забудови в оцінці стану та проведенні розрахунків;
- складання висновків про технічний стан основ і фундаментів.

Звіт за результатами обстеження, як правило, складається для будівлі (споруди) вцілому. Дозволяється виконувати окремо та складати звіт для підземної та надземної частини будівлі. Обстеження повинні бути професійними, виваженими, неупередженими, розкривати реальну картину стану основ і фундаментів. Також обстеження повинні бути комплексні, коли існує можливість перевірити встановленні факти, це досягається за рахунок таких робіт:

- візуальна оцінка стану будівлі, споруди вцілому;
- збір, вивчення та аналіз архівних даних про інженерно-геологічні умови майданчика та конструкції будівлі чи споруди;

- врахування даних робітників, співробітників або мешканців, що мають відношення до експлуатації будівлі;
- визначення міцності матеріалу фундаментів;
- складання обмірних креслень фундаментів;
- виявлення стану надземних конструкцій;
- встановлення виду та стану ґрунтів несучого стану основи;
- встановлення міцності та деформативності основи вцілому;
- стан сусідньої забудови та її вплив на будівлю, що обстежується;
- проведення геодезичних вимірювань;
- оцінка зміни гідрогеологічних умов, наявність гідроізоляції в підземній частині будівлі та змінна вологості матеріалу конструкцій;
- співставлення отриманих даних обстеження;
- перевірочні розрахунки основ і фундаментів за несучою здатністю та деформативністю ґрунту основи і фундаменту.

Архівні матеріали збирають у власника будівлі, в проектних та вишукувальних організаціях, в міських архівах та будівельних організаціях, ці матеріали являють собою:

- робочі креслення, архітектурно-планувальні рішення, що є в паспорті будівлі або БТІ;
- креслення реконструкції, підсилення;
- звіти про господарчу діяльність;
- акти на виконанні роботи;
- журнал спостереження за деформаціями;
- журнал випробування паль;
- дані, що відносяться до експлуатації будівлі;
- висвітлення будівництва чи експлуатації об'єкта в пресі.

Архівні дані без перевірки використовувати не можна. Необхідно враховувати спрощену систему для малоповерхових будівель. Визначення розмірів і фактичного стану існуючих фундаментів при обстеженні - це обов'язковий важливий елемент обстеження, тип фундаменту і його кошторисні рішення встановлюють при влаштуванні шурфів, що можуть бути одно- чи двосторонніми.

Шурфи повинні влаштовуватись так, щоб охопити основні типи фундаментів. Розміри фундаменту визначають прямими або непрямыми замірами окрім того пробурюють стінки, а також випробують зондуванням для фіксації поверхні фундаментів. При візуальному обстеженні виявляють якість кладки та можливі дефекти: тріщини, механічні пошкодження, міцність поверхневого шару кладки чи кладочного розчину. Інструментальними методами визначають міцність бетону, цегли, розчину кладки, будівельного каменю. І на основі цього отримують дані про стан фундаментів. Врахування загального стану будівлі або споруди при проведенні оцінки роботи системи „основа – фундамент – будівля” необхідно для загальної оцінки роботи основ і фундаментів. Всі тріщини та інші дефекти у стінах будинку фіксуються на фасадах та фотографуються. Необхідно обов’язково фіксувати розкриття тріщин. Особливі деформації позначаються написами. До інших дефектів відносять підвищену вологість кладки, висоли, враження грибок, вивітрювання кладки, руйнування штукатурки або облицювального шару.

Після проведення обстеження узагальнюють наявні деформації у будівлі (споруді) та приходять до висновку, які ділянки основи та фундаментів потребують додаткового вивчення. В кожному випадку обстеження потрібно виконувати інженерно-геологічні вишукування, які називаються умовно додатковими. Об’єм цих вишукувань призначають з врахуванням:

- загальної характеристики геологічної будови місцевості;
- попередні звіти з інженерно-геологічних вишукувань на даній чи сусідній ділянках;
- конструктивної схеми будинку;
- ділянки ослаблення будівлі та основи;
- ділянки зміни в об’ємно-планувальному рішенні;
- наявність підземної частини та її характеристики (включно комунікацій);
- особливі властивості ґрунтів;
- можливість проявлення інженерно-геологічних процесів, включаючи підробку та суфозію, ін.

До складу інженерно-геологічних вишукувань включають:

- буріння свердловин та влаштування шурфів;
- визначення фізико-механічних властивостей природного стану та під подошвою фундаменту.

З цією метою бажано проводити статичне та динамічне зондування, а при можливості випробування ґрунтової основи штампами (Е). При зміні режиму ґрунтових вод призначити додаткові спостереження в часі. Для пальових фундаментів додатково планується проведення випробування паль статичним навантаженням (робочих чи пробних). Бажано, щоб інженерно-геологічні вишукування були комплексними. Для малоповерхового будівництва стан ґрунтів на ділянці можна встановлювати за допомогою більш простих методів (використовувати розроблені карти-схеми, щупи, шурфи ін.). За результатами вишукувань складають звіт, в якому розкривається геологічна будова, розрахункові показники основи і рекомендації щодо підсилення основ і фундаментів.

Обстеження фундаментів і їх основ виконується з метою:

- визначення геометричних розмірів і якості матеріалів фундаментів;
- вивчення характеристик ґрунтів основ;
- встановлення причин деформацій будівель і споруд з розробкою заходів, що забезпечують стійкість будівлі або споруди при їх нормальній експлуатації;
- отримання вихідних даних про несучу здатність основ і фундаментів.

Для обстеження основ і фундаментів зовнішніх і внутрішніх стін закладаються шурфи з двох сторін стіни. Шляхом заміру товщі стіни і виступів фундаменту отримують ширину подошви фундаменту. При обстеженні фундаментів необхідно враховувати що за пройдений час застосовувались досить різноманітні типи фундаментів, в залежності від призначення будівлі і ґрунтових умов. Найчастіше зустрічаються наступні типи фундаментів – рис 2.46.



Рис. 2.46. Типи фундаментів

Відомо, що з перших днів експлуатації всі елементи й конструкції будинків і споруд змінюють свої властивості, поступово знижуючи свої показники якості. Ці зміни відбуваються під впливом багатьох фізико-механічних і хімічних факторів. До них відносяться: неоднорідність матеріалів; попереми́нне зволоження, висушування, заморожування і відтавання; вплив солей, кислот, лугів, корозія

металу, гниття деревини, стирання конструкцій, тощо. Відбуваються поступові зміни самої структури і властивостей матеріалів. Всі будівельні матеріали і конструкції поступово руйнуються під впливом зовнішніх факторів: механічних, фізичних, біологічних, хімічних та ін.. процеси, що руйнують будівельні матеріали внаслідок зовнішнього впливу називаються ерозією і корозією.

На повітрі причиною корозії є проникнення в пори і гігроскопічні тріщини будівельних конструкцій водяної пари. При коливанні температури вода в порах по чергово замерзає і розтає, руйнуючи тим самим структуру матеріалу. Руйнування зовнішніх поверхонь цегляних стін вивітрюванням відбувається під впливом дії вітру, зміни температури, по черговим зволоженням і висиханням, замерзанням води в порах. У водному середовищі процеси корозії будівельних матеріалів залежать від хімічних властивостей води.

Таким чином, для оцінки та забезпечення надійності будівель і споруд необхідно знати залишковий ресурс всіх конструкцій, термін їх служби, властивості взаємодії матеріалів та методи ремонту, відновлення, підсилення та реконструкції будівель і споруд. Терміни служби конструкцій є приблизними, розрахунковими величинами, які залежать від зношення матеріалу. Фізичний знос встановлюють за результатами обстеження, коли визначають міцність матеріалу фундаменту, дефекти у вигляді тріщин та пошкоджень, зміну стану поверхневого шару металу та зміни у будівлі, прогини, перекоси, появу тріщин. Величина фізичного зносу елементів будинків та споруд визначається візуальним обстеженням з використанням необхідних приладів. Величина фізичного зносу конструкцій визначається за табличними даними нормативних документів шляхом порівняння наведених в них ознак фізичного зносу, з виявленими під час обстеження. Конкретний відсоток величини фізичного зносу в межах наведеного інтервалу визначається виходячі з таких міркувань:

- якщо елемент має всі ознаки фізичного зносу, що відповідають даному інтервалові, то величина зносу приймається рівною верхній межі інтервалу;

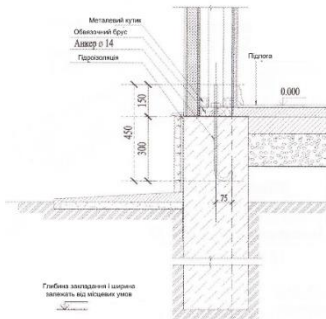
- якщо в елементі виявлена тільки одна з кількох ознак зносу, його величина приймається рівною нижній межі інтервалу;

- якщо оцінку величині фізичного зносу треба визначити тільки за однією ознакою, то її обчислюють шляхом інтерполяції в залежності від розміру або характеру існуючих несправностей.

Відповідно до % зносу стан фундаментів називають:

- 0...20% – добрий стан фундаментів;
- 21...40% – задовільний;
- 41...60% – незадовільний (підсилюють);
- 61...80% – ветхий (фундаменти потребують демонтажу);
- 81...100% – непридатний.

Фізичний знос залежить від матеріалу фундаменту, його якості та часу експлуатації. Для прикладу наведемо будівництво фундаменту за канадською технологією [117]. В даній технології використовують мілко заглиблений монолітний стрічковий фундамент (рис. 2.47, а), або стовпчастий фундамент по якому влаштовують монолітний ростверк. Матеріалом виготовлення фундаменту може бути бетон або ж залізобетон. Далі по периметру фундаменту улаштовують обв'язочний брус, до якого потім кріплять каркас будинку (рис. 2.47, б). Обв'язочний брус потрібно міцно закріпити до бетонної або залізобетонної основи (фундаменту).



а)



б)

Рис. 2.47. Фундамент для полегшеного будинку:

- а) вузол закріплення зовнішньої стіни до стрічкового фундаменту;
- б) кріплення обв'язочного бруса до стрічкового фундаменту

Різницею при влаштуванні фундаменту в порівнянні з «канадською» технологією може бути лише глибина промерзання ґрунту, яка в Україні найбільше значення становить на Чернігівщині – 1,2 м., та властивості ґрунтів, які можуть відрізнятися за своїми фізико-механічними показниками. Але ці питання можна вирішити збільшивши глибину, або ширину фундаменту, в окремих випадках можна застосовувати інший тип фундаменту.

Перед початком будівництва треба на будівельному майданчику з'ясувати геологічну будову ґрунтів, їх основні фізико-механічні властивості, рівень ґрунтових вод для того, щоб визначити розрахунковий опір ґрунтів та оцінити стійкість проєктованої споруди. Інженерно-геологічні дослідження полягають у виконанні безпосередньо на ділянці шурфування й буріння з наступною обробкою результатів у лабораторних умовах. При виборі глибини закладання фундаментів треба враховувати не тільки міцнісні характеристики ґрунтів, але й глибину їх промерзання, рівень ґрунтових вод, глибину поширення зони землерийв. Що ж до глибини закладання фундаментів внутрішніх стін опалювальних будинків то її установлюють без урахування промерзання ґрунтів тоді, коли ґрунти будуть захищені від зволоження і промерзання. При будівництві враховують і здимання ґрунтів. До здиральних належать дрібні, пилюваті і глинисті ґрунти. У таких випадках фундамент влаштовують з арматурним каркасом і нижче від рівня промерзання на 8...10 см. Якщо на ділянці спостерігається високий рівень ґрунтових вод, треба передбачити його зниження до проєктних відміток дна котловану або траншеї.

При мілкому закладанні фундаментів на нездимальних ґрунтах копати траншеї і ями доцільно вручну. У цьому випадку при акуратній роботі в суглинках і глині можна залишати вертикальні земляні стінки й використовувати їх як опалубки. При глибокому закладанні фундаментів, а також копанні котловану для підвалу бажано використовувати землерийну техніку. Розбивку плану траншеї, котлованів роблять з урахуванням допустимої крутості земляних схилів. Котловани і траншеї з вертикальними стінками можна копати тільки у щільних глинистих і суглинчастих вод на глибину не більше

1...1,5 м. Залежно від глибини і розмірів виїмки, а також від виду і ступеня вологості ґрунту, стіни виїмки укріплюють дерев'яними, металевими кріпильними конструкціями або роблять схили. При водонасичених ґрунтах глибину виїмки приймають до 0,25 м., при вологих – 0,5...0,75 м.

З метою запобігання обвалуванню схилів не дозволяється складування ґрунту ближче 0,5 м від бровки виїмки. Щоб запобігти затопленню дощовою водою траншеї і котлованів з верхнього боку ділянки влаштовують водовідвідну каналу. Конструкція і глибина закладання фундаментів залежать від геологічних умов будівельного майданчика. В особливих ґрунтових умовах (набухаючи, насипні, ґрунти, що осідають, тощо) улаштовують стовпчасті фундаменти. Їх також застосовують для будинків з легкими каркасними стінами (тобто будинки зведені за «канадською» технологією). Стовпи ставлять у кутках будинків, місцях перетину стін або вздовж їх на відстанях, що визначаються конструкцією рандбалок. Стовпчасті фундаменти можуть бути у вигляді окремих опор, буро набивних паль, пірамідних паль з цокольною залізобетонною балкою [118].

Особливі вимоги висуваються і до фундаментів, які влаштовуються на ґрунтах, що осідають. До ґрунтів, що осідають, належить звичайно макропористі, тобто ґрунти, у яких у природному стані видно пори неозброєним оком. Як правило, до них належать лесові суглинки. На таких ґрунтах треба підготувати підвалини під фундаменти таким чином: усунути властивості до осідання у межах товщі ґрунтів або прорізати цю товщу фундаментами; вийняти шар ґрунту, що осів, із котловану із зворотним пошаровим засипанням і трамбуванням ґрунту; уберегти ґрунт у підваляні будинку від зливових і господарських вод за допомогою відведення їх або улаштуванням глиняних екранів і вимощення (вимощення повинне бути шириною не менше 1 м і перекривати пазухи на 30 см. Потрібно зробити залізобетонні пояси на рівні фундаменту і перекриття першого поверху.

При зведенні будинків на лесових ґрунтах треба максимально скорочувати строки зведення фундаментів, прагнути до того, щоб котлован надовго не залишався відкритим і

не був під атмосферними опадами. Крім того, останній шар ґрунту (50 см) можна розкривати тільки перед укладанням фундаменту. Котлован треба обнести валом, а після улаштування фундаментів пазухи ретельно утрамбувати лесовим ґрунтом з його зволоженням. На відміну від зведення фундаменту на звичайних ґрунтах, тут треба відразу ж виконати підлогу підвального приміщення із схилом до приямка, у якому розміщений випуск у зливову каналізацію або відстійник на випадок заповнення підвалу господарськими водами.

Іноді треба зводити фундамент на розсипчастих пісках, супісках, що осідають. Пілуваті різновиди цих ґрунтів при водонасиченні і механічному впливі здатні до розущільнення, розрідження і втрати міцності. Крім того, при підтопленні території може збільшитися мінералізація ґрунтових вод і підвищитися їхня агресивність до бетону. Тому в таких випадках рекомендується робити водовідлив на період провадження робіт, а також зміцнювати стіни котловану і траншей або закладати схили безпечної крутості.

Для захисту від підтоплення будинків рекомендується пластовий дренаж. Крім того, треба підсипати котлован гравієм з піском, робити гідроізоляцію фундаментів, підлог підвалу із застосуванням антикорозійних матеріалів [119]. Вибір схеми дренажу підтоплювальних територій і окремих будівель і споруд виконується на основі оцінки характеру розміщення і інтенсивності джерел підтоплення, гідрогеологічних, інженерно-геологічних та інших природних умов, а також інженерно-виробничих задач захисту і організаційно-територіальних можливостей. Дренажні заходи призначаються для загального захисту підтоплювальної території або окремих її районів (ділянок) і локального захисту підземних частин окремих будівель і споруд або підземних комунікацій.

Отже, можна зробити висновок, що відмінність використання фундаменту полягає лише в особливостях кліматичного районування та географічному місцеположенні України на відміну від Канади.

При зведенні будівлі використовуються традиційні гідроізоляційні та теплоізоляційні матеріали. В якості гідроізоляції використовують як рідкі так і сипучі матеріали, все залежить від

того що потрібно ізолювати. В якості ізоляції фундаментів використовують глину, гарячий бітум, руберойд, толь та сучасні гідро ізолюючі суміші типу «Hygrostop» чи «Penetron». В якості ізоляції каркасу, підлоги та даху використовують гідроізоляційні плівки та мембрани типу «Euroizol», «Tyvek» та інші. Але потрібно зазначити, що в даній технології передбачено використання гідростійкої деревоволокнистої фанери. Це дає допоміжний захист від вологи.

Від холоду взимку та надмірного тепла влітку будинок захищає теплоізоляційна вставка всередині стін, виконана у вигляді дерев'яних «сандвічпенелей» (утеплювач здебільшого полістирол або будь-який інший, захищений з двох сторін деревоволокнистими плитами) та сам каркас, адже як відомо дерево є одним з кращих теплоізоляційних конструктивних матеріалів.

Для прикладу наведемо товщини матеріалів які однаково утримують тепло:

- цегла – 860 мм;
- бетон – 380 мм;
- дерево – 140 мм;
- полістирол – 40 мм.

Будинок збудований за «канадською» технологією вже має утеплення, виконане у вигляді дерев'яних сандвіч панелей, сам же каркас також дерев'яний, що виключає так звані «містки холоду». Тому додаткового утеплення будинок не потребує, що збільшує внутрішній простір квартир, та здешевлює саму вартість будівництва. Утеплювач всередині каркасів можна змінювати в залежності від побажань та пропозицій замовників.

Висновки до розділу 2

1. Проведено аналіз конструктивних та архітектурних особливостей історичних будівель XI-XVIII століть. Наведено конструктивно-планувальні схеми, матеріали несучих конструкцій та види деформацій стін та фундаментів, що дає можливість обґрунтувати конструктивні рішення та методи будівництва малоповерхових об'єктів в сучасних умовах господарювання, перетворення міських територій, реконструкції

та енергозахисту малоповерхових будівель в Україні.

2. Визначено, що сьогодні в великих містах України (не враховуючи малі) зберігається значна міська малоповерхова забудова приватної та комунальної власності, що характеризується різноманітними об'ємно-планувальними рішеннями, конструктивними схемами та використанням будівельних матеріалів. Зведення таких будинків відноситься до різних періодів і які потребують подальшої експлуатації. Проте на сьогодні в таких містах практично відсутня загальна оцінка їх технічного стану, рівень експлуатаційної придатності та можливості покращення умов експлуатації в подальшому, малоповерхова забудова залишається поза увагою щодо забезпечення практичними рекомендаціями їх експлуатації, обстеження та підсилення.

3. Встановлено, що оцінка технічного стану малоповерхових об'єктів в масовому порядку сьогодні не проводиться, але власникам приходится звертати увагу на їх стан при погіршенні експлуатаційної придатності або необхідності реконструкції. Як правило при оцінці технічного стану та розробці рекомендацій по зміні чи підсиленню фундаментів та стінових конструкцій інженери-проектувальники виходять з сучасного розуміння ролі деформацій та енергозахисту будівель. Проте поза увагою залишається цілий ряд можливих особливостей в конструкціях та методах підвищення енергоефективності будівель та споруд.

4. Встановлено, що небезпечні інженерно-геологічні процеси і умови їх розвитку необхідно детально вивчати і враховувати з метою прогнозування і оцінки ризиків, що впливають на міцність фундаментів будинків, а також розробляти на цій основі заходи по інжирному захисту територій і споруд від небезпечних процесів. Розробка таких заходів повинна виконуватися в складі проекту об'єкта будівництва і ґрунтуватись на результатах комплексного вивчення інженерно-геологічної обстановки і моніторингу енергоефективності стану зовнішнього середовища, який повинен виконуватись до початку будівництва, а при необхідності продовжуватись на стадії будівництва і в період експлуатації споруд.

РОЗДІЛ 3. ПОБУДОВА ІНФОРМАЦІЙНО- ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГООЩАДНОСТІ МАЛОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ

3.1. Формалізація процесу моніторингу створюваної інформаційно-вимірювальної системи

Формалізація об'єктів управління (ОУ), проектування (ОП) та методів і процесів розробленої ІВС у вигляді єдиного інформаційного простору дає можливості визначати всі подальші процеси застосування цієї системи. При цьому для реалізації інформаційної системи і для впровадження енергоощадних проектів формується комплекс параметрів у складі бази знань організації, в якій накопичуються і зберігаються всі моделі цього ОУ на протязі його ЖЦ. З БД пов'язані процеси здобуття, накопичення, супроводження знань про результати моніторингу з подальшою їх формалізацією. З літературних джерел відомо, що існує два класи підходів до проектування складних систем на основі моделей [72, 93, 120, 121]: структурний, заснований на ідеї алгоритмічної декомпозиції та об'єктний, пов'язаний з декомпозицією і виділенням не процесів, а об'єктів. Для управління інформаційною системою енергоощадного проекту поле знань проектування ІВС слід доповнити моделями, які підтримують інформаційно-орієнтовані підходи та підходи, що орієнтовані на дані моніторингу. Таким чином, при формалізації параметрів та створення єдиної комплексної інформаційної системи моніторингу та управління енергоощадністю малоповерхових будівель розробити математичну модель для створення ІВС.

Проблема збору, обробки поточної інформації про стан енергоощадності будівель та розробка рішень щодо зниження енерговитрат є доволі трудомісткою задачею і часто не під силу людському інтелекту. Теж саме стосується і команди енергоощадного проекту та розробників ІВС оскільки виникає необхідність здійснення взаємодії між елементами системи. Чим детальніше розробляється модель, тим складніше виконувати навігацію по ній та підтримувати цілісність її даних, крім того при

прийнятті управлінських рішень неможливо гарантувати відсутність помилок.

При проектування ІВС моніторингу енергоощадності будівель слід зазначити, що раціональний розподіл функцій між людиною (експерт, що знімає показники тепловізора) та системою прийняття управлінських рішень залежить від організації їх взаємодії при вирішення поставленої задачі. Ефективність автоматизованого управління даною системою може зменшитися через складність ЕОМ оперувати значною експериментальною інформацією та невизначеними параметрами [122, 123]. Тому, побудуємо архітектуру ІВС для роботи з вимірювальними параметрами, в якій представлено три рівня управління: перший рівень – збір інформації про енергетичні параметри будівель – залишається за людиною, другий рівень – обробка даних за допомогою ЕОМ і отримання когнітивної моделі, і третій рівень прийняття рішень про енергоефективні заходи. Базові суб'єкти та об'єкти створеної ІВС представлено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Базові суб'єкти та об'єкти для створення ІВС

Базові суб'єкти ІВС	Об'єкти системи	Фактори, що визначають функціонування ІВС
1	2	3
Споживачі енергії	Кінцеві споживачі енергії: промислові і муніципальні об'єкти, будівництво, діловий і комерційний сектор, приватна власність	Здатність до споживання та використання енергії, з можливістю її збереження
Ринки	Оператори і учасники ринку	Можливість організувати торгівлю енергією та засобів енергозбереження
Компанії з моніторингу та діагностики	Організації, які надають послуги енергоаудиту, моніторингу енергоощадності об'єктів	Наявність структур та інформаційних технологій, які забезпечують надання послуг
Муніципальні	Обласна, міська	Здатність забезпечувати

органи управління	та районні ради	управління функціонуванням та розвитком енергосистеми міста та області. Розподіл енергії між споживачами
-------------------	-----------------	--

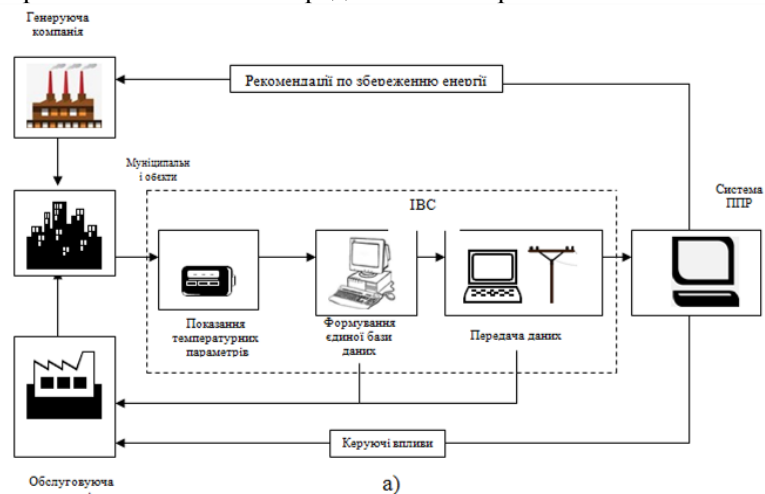
Продовження табл. 3.1

1	2	3
Постачальники енергії	Генеруючі компанії та організації які передають енергію	Можливість вироблення енергії, зберігання для подальшого розподілу між споживачами
Передача інформації по каналам зв'язку	Канали зв'язку, інформаційні системи	Передача великого об'єму інформації, її зберігання та забезпечення доступу споживачів

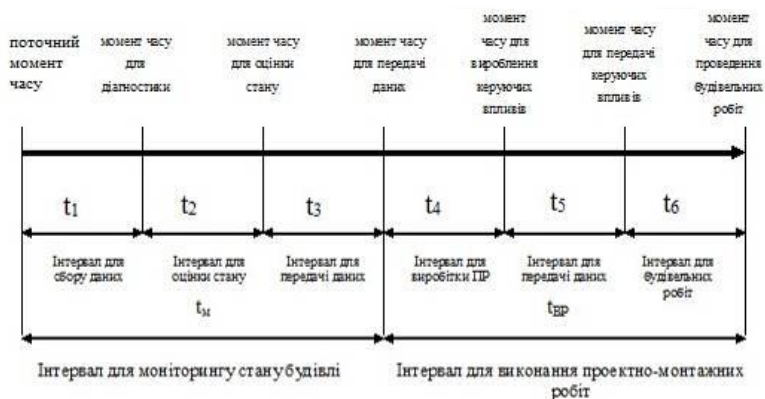
Така система працює наступним чином: за допомогою спеціальних приладів проводиться вимірювання температурних параметрів об'єкту. Отримані дані генеруються в базі даних, потім передаються особі яка приймає проектні рішення. На основі існуючих фінансових ресурсів СППР надає рекомендації з реконструкції приміщень, відповідно з отриманих даних, і надає їх в обслуговуючу компанію, яка виконує будівельно-монтажні роботи. Схема такої системи представлена на рис. 3.1, а.

У відповідності з рис. 3.1,а на рис. 3.1, б представлено часовий графік моніторингу стану будівель та виконання проектно-монтажних робіт згідно проекту. В загальному вигляді дана ІВС функціонує наступним чином. Першим етапом являється збір інформації про температурний стан малоповерхового об'єкта. Для цього експерту, за допомогою тепловізійної зйомки, необхідно виміряти температуру об'єкта в контрольних точках. Отримані дані обробляються та переносяться в інформаційну систему «Термографії будівель», де проводиться процес аналізу даних, побудова когнітивної карти оцінки енергоефективності об'єкта. Результати заносяться в базу даних, яка дозволяє об'єднати отримані дані і знайти найбільш вразливі точки по тепловтратам. На основі систематизованих параметрів, інженер енергоаудитор вводить отримані дані на

сервер глобальної інформаційної мережі. Використавши звичні операції інтернет-користувач (особа, яка ініціює прийняття рішень на рівні міста, області або країни) скориставшись діями, які рекомендовані по енергозбереженню (заміна вікон, утеплення стін, додавання джерел енергії і т.д.) в залежності від наявних матеріальних ресурсів, дає команду на проведення ремонтних робіт. По закінченню операцій система присвоює об'єкту клас енергоефективності з візуалізацією параметрів і видає енергопаспорт на об'єкт. Алгоритм функціонування запропонованої системи представлено на рис. 3.2.



а)



б)

Рис. 3.1. Моніторинг енергоощадності малоповерхових будівель:
 а) схема моніторингу енергоощадності будівель; б) часовий графік енергомоніторингу та реконструкції будівель

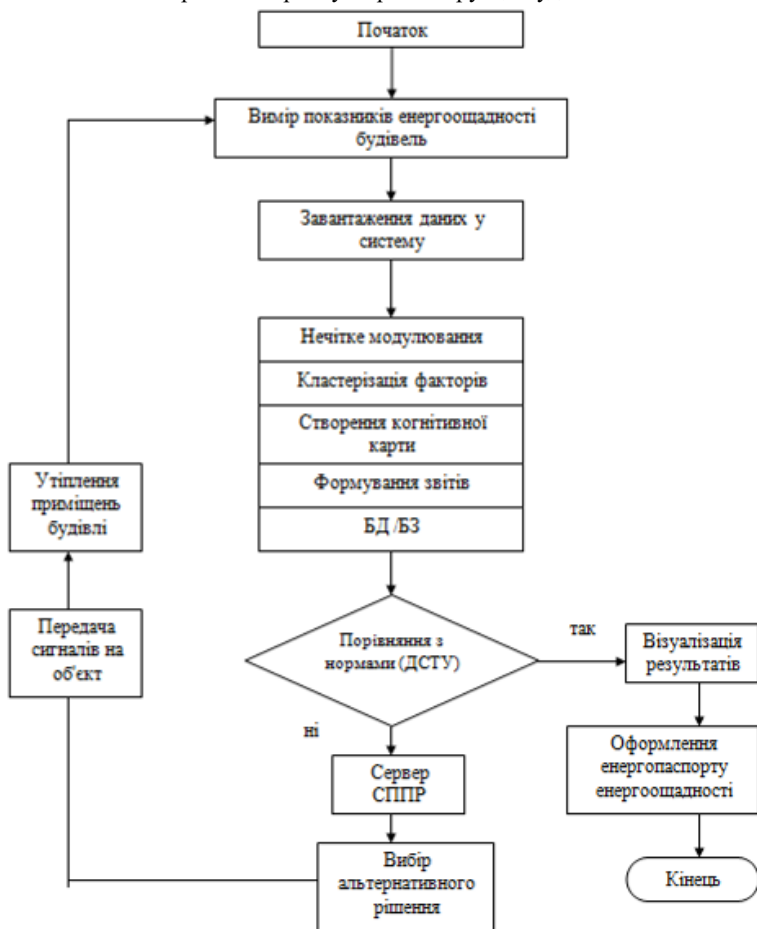


Рис. 3.2. Алгоритм роботи системи з об'єктами

Основними функціональними характеристиками запропонованої ІС є:

1. інтерактивний інтерфейс для постановки завдань і вводу даних та обліку інформації проектувальником;
2. можливість роботи з вхідними та вихідними файлами даних в командному режимі;

3. наявність власної компактної БД та бази правил для зберігання в закодованому вигляді параметрів моніторингу енергоощадності будівель в обраній галузі;

4. механізм вибору найкращих рішень по енергоощадності будівель;

5. система кодування контексту моделей для передачі в інтернет;

6. здатність коригування параметрів в залежності від рішень СППР.

Вказаний набір функцій реалізується завдяки функціональними можливостями експертних систем та підходів нечіткого моделювання, тому для експериментального опрацювання інформаційної технології застосування ІС для формування моделей, використано відповідні вимірвальні пристрої та прибори.

Для оцінки ефективності розробленої інформаційно-вимірвальної системи необхідно вибрати критерії та фактори аналізу. При цьому, для ефективного вибору системного та офісного програмного забезпечення, необхідно враховувати вид підприємства або проекту, для якого виконується оцінка ефективності. Аналіз факторів дозволяє визначити переваги або недоліки нової ІВС, оцінюється гнучкість, а також можливі фінансові ризики при застосуванні нової системи.

Відомо, що в теорії інформаційних технологій використовуються різні критеріальні характеристики: точність, швидкодія, надійність, вартість та ін. Кожну з них можна розглядати як однопараметричний (частковий) критерій ефективності, чи використовувати узагальнений (комплексний) критерій, що пов'язує у необхідних пропорціях основні, найважливіші часткові параметри системи. В теперішній час знаходять застосування технічні, економічні і техніко-економічні критерії ефективності (табл. 3.2). З врахуванням [124-127] для створеної ІВС запропонуємо наступні види однопараметричних критеріїв ефективності. Найважливіші з них подано в таблиці 3.2, де використовуються такі позначення : $V_b(t, \tau)$ – реальний об'єм інформації, що одержується в процесі контролю і керування; $N_o(t, \tau)$ – кількість інформації, що залишається на виході ІВС після обробки; t – поточний момент

часу; τ – момент часу, відносно якого виконується робота; C_i – річні експлуатаційні витрати; $C_{роз}$ – вартість розробки; C_T – вартість виготовлення; n – гарантована кількість років роботи ІВС; λ_o – середня інтенсивність відмов ІВС; λ_y – середня ефективність безвідмовної роботи ІВС; $H_o(t, \tau)$ – ентропія об'єкта, що характеризує невизначеність до початку процесу контролю і керування; $H_i(t, \tau)$ – ентропія об'єкта, що залишилась, після контролю і керування; V_{oc} – об'єм пам'яті, що необхідно для зберігання файлів операційною системою та її функціонування; $V_{субд}$ – об'єм пам'яті, для зберігання файлів СУБД; $V_{даних}$ – об'єм пам'яті, для зберігання записів в базі даних та результатів виконання функцій; $V_{програ\text{м}}$ – об'єм пам'яті, для зберігання текстів та бібліотек додатків; N_3 - число запитів за годину; V_o - обсяг даних, які замовляються; $K_{гот}$ – коефіцієнт готовності системи; $K_{над}$ – коефіцієнт програмного надлишку; P_k^x - оцінка k -ї характеристики якості; V_k^x - ваговий коефіцієнт k -ї характеристики якості.

Найбільш простий метод побудови інтегрального критерію полягає в тому, що один з критеріїв приймається як узагальнений, а всі інші враховуються у вигляді обмежень, що визначають область допустимих альтернатив:

$$E = q_k; q_i \geq q_i^{(0)}, i = 1, 2, \dots, l; \quad (3.1)$$

$$q_i \geq q_i^{(0)}, i = l+1, l+2, \dots, ni \neq k$$

де $q^{(0)} = (q_1^{(0)}, q_2^{(0)}, \dots, q_n)$ - вектор, який визначає допустимі значення за всіма критеріями. В цьому випадку завдання порівняння альтернатив по векторному критерію ефективності зводиться до задачі прийняття рішень зі скалярним критерієм, а всі інші критерії переводяться в розряд обмежень. Отримані рекомендації будуть залежати від обмежень для допоміжних критеріїв. При цьому, задача прийняття рішень при виборі альтернативи формулюється як задача математичного програмування:

$$\max[q_k(\alpha)], \text{ або } \min[q_k(\alpha)], \text{ якщо } \alpha \in A$$

$$q_i(\alpha) \geq q_i^{(0)}, i = 1, 2, \dots, l;$$

$$q_i(\alpha) \leq q_i^{(0)}, \quad i = l+1, l+2, \dots, n; \quad i \neq k. \quad (3.2)$$

Таблиці 3.2

Однопараметричні критерії ефективності

№ критерію	Домінуючі параметри	Вид критерію	Назва критерію	Зміст	Вагові коефіцієнти критерії
1	2	3	4	5	6
1	Кількість інформації	$V_b(t, \tau) = H_o(t, \tau)$	Інформаційний критерій	Пристрій вважається ідеальним, якщо при експлуатації працює без втрати інформації	$AL_1=0,25$
2	Вартість	$C_\Sigma = t \sum_3^n C_3 + C_{роз} + C_T$	Критерій вартості	Кількість грошей, необхідних для придбання і функціонування ІВС у даній системі за час роботи	$AL_2=0,1$
3	Надійність	$\tau = \frac{3600}{\lambda_b + \lambda_y}$	Критерій системної надійності	Середній час безвідмовної роботи пристрою даній системі за час роботи	$AL_3=0,15$
4	Кількість інформації до і після оброблення	$E_p(t, \tau) = [H_o(t, \tau) - H_i(t, \tau)] / H_o(t, \tau)$	Інформаційний критерій	Відношення реальної і потенційної інформації	$AL_4=0,05$

				ної можливості ІВС	
--	--	--	--	--------------------------	--

Продовження табл. 3.2

1	2	3	4	5	6
5	Об'єм оперативної пам'яті	$V_{оп} = V_{ос} + V_{субд} + V_{даних} + V_{програми}$	Інформаційний критерій	Показує обсяг інформації, що підтримується ІВС	$AL_5=0,08$
6	Продуктивність ІВС	$P = \frac{N_3 \cdot V_D}{3600} \cdot K_{ГОТ}$	(Критерій продуктивності)	Кількість операцій, що виконуються за встановлений час	$AL_6=0,3$
7	Якість інформаційної системи	$P^Q = \frac{\sum_{k=1}^k (P_k^x \cdot V_k^x)}{\sum_{k=1}^k V_k^x}$	Інтегрований критерій	Визначає міру похибок системи під час експлуатації	$AL_7=0,07$

У ряді випадків узагальнений показник ефективності будуть на основі адитивних і мультиплікативних перетворень над обраною системою критеріїв q_i , і у випадку адитивних перетворень:

$$E = \varphi(q_1, q_2, \dots, q_n) = \sum_{i=1}^n b_i q_i, \quad (3.3)$$

де b_1, b_2, \dots, b_n – позитивні чи негативні коефіцієнти, причому позитивні ставляться при тих критеріях, які бажано максимізувати, а негативні – при тих, які треба мінімізувати, за умови шукається E_{\max} .

У випадку мультиплікативних перетворень узагальнений критерій формується наступним чином:

$$(3.4) \quad E = \varphi(q_1 q_2, \dots, q_n) = \prod_{i=1}^n q_i^{\alpha_i},$$

де α_i – деякі числа.

В деяких випадках побудова узагальненого критерію засноване на тому, що узагальнена якість альтернатив оцінюється відстанню між ідеальною і розглянутою альтернативами і чим ближче якість розглянутої альтернативи до ідеальної, тим вона краще. В якості ідеальної зазвичай приймається альтернатива, якій відповідає вектор $q^{(0)} = (q_1^{(0)}, q_2^{(0)}, \dots, q_n^{(0)})$, де компонентами є максимальні значення для критеріїв оптимальності, що підлягають максимізації і мінімальні значення для критеріїв що мінімізуються, досяжні на множині альтернатив $X = \{x^1, \dots, x^m\}$. В цьому випадку узагальнені критерії можуть бути сформульовані у вигляді:

а) суми абсолютних відхилень від ідеальної альтернативи для частих критеріїв однієї розмірності:

$$E = \varphi(q_1 q_2, \dots, q_n) = \sum_{i=1}^l (q_i^{(0)} - q_i) + \sum_{i=l+1}^n (q_i - q_i^{(0)}), \quad (3.5)$$

де $q_i (i = 1, 2, \dots, l)$ часті критерії оптимальності, які підлягають максимізації, а $q_i (i = l+1, l+2, \dots, n)$ – частинні критерії оптимальності, які підлягають мінімізації;

б) суми відносних відхилень для частинних критеріїв різної розмірності:

$$E = \varphi(q_1 q_2, \dots, q_n) = \sum_{i=1}^l \frac{q_i^{(0)} - q_i}{q_i^{(0)} - q_i^{\min}} + \sum_{i=l+1}^n \frac{q_i - q_i^{(0)}}{q_i^{\max} - q_i^{(0)}}, \quad (3.6)$$

де q_i^{\min}, q_i^{\max} - найменше та найбільше значення для критеріїв оптимальності для всієї множини альтернатив.

Важливість критерію визначається шляхом опитування експертів, при цьому кожен j - й експерт визначає по-перше набір чисел C_{ij} , які відображають його думку про відносну

цінність i – критерію, причому числа C_{ij} записані в довільному масштабі. Потім вони нормуються, і в результаті отримуємо:

$$C_{ij} = C_{ij} / \sum_{i=1}^n C_{ij} \cdot \sum_{i=1}^n b_{ij} = 1. \quad (3.7)$$

Остаточні значення коефіцієнтів b_i обчислюються в результаті усереднення значень b_{ij} ($j = 1, 2, \dots, m$), одержуваних від усіх експертів. Якщо компетентність експертів в групі вважається

однаковою, то $b_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m b_{ij}$. Якщо ж компетентність j -го

експерта оцінюється числом g_j , $\sum_{j=1}^m g_j = 1$, то $b_i = \sum_{j=1}^m g_j b_{ij}$.

У подальшому методами ранжування, безпосередньої оцінки або методом послідовних переваг формується значення коефіцієнтів C_{ij} . Такий спосіб оцінки важливості факторів у множині альтернатив можливий при умові їх однозначного оцінювання та умовах коли стани системи визначені і детерміновані, система структурована.

У загальному випадку при проектуванні ІВС необхідно враховувати такі показники як вартість ЕОМ, ПЗ, вартість установки, підтримки і обслуговування, а також вартість втрат, які виникли внаслідок помилок в роботі системи. Необхідно враховувати, що дані витрати мають різні строки використання, так середній строк експлуатації ЕОМ складає 4-5 років, для ПО цей показник залежить від типу і виду ліцензії, але в середньому складає 3-4 роки [126]. При цьому критерії, що наведено в табл. 3.2 можуть бути як якісними так і кількісними. Якісний критерій показує, досягнута або не досягнута мета (ефект) ІВС. Цей критерій ефективності можна розглядати у вигляді двох значень: 1 – якщо мета досягнута, 0 – у протилежному випадку. Кількість критерій є величиною, що характеризує роботу системи в чисельному вигляді. Розробка критерію ефективності основана на переліку вимог, що пред'являються до ІВС; сукупність цих вимог які узагальнені та сформульовано в роботі [126, 127] є наступними:

1. Візуальність – відобразити основне призначення ІС, виходячи з мети проектування й оптимізації.
2. Чисельність – виражатися в чисельній формі.
3. Межа – мати цілком певні й обґрунтовані межі.
4. Конкретність – мати ясний фізичний зміст.
5. Простота – мати порівняльну простоту і наочність.
6. Універсальність – забезпечувати можливість порівняння різних варіантів у різних умовах, наприклад бути нормованим.
7. Оптимальність – забезпечувати можливість вирішення задачі оптимізації.
8. Індивідуальність – забезпечувати можливість урахування індивідуальних вимог, наприклад шляхом введення вагових коефіцієнтів.
9. Прогноз – забезпечувати можливість прогнозування шляхів підвищення ефективності ІС.
10. Комплексність – забезпечувати можливість комплексного техніко-економічного аналізу.

В таблиці 3.3 наведено порівняльний аналіз сформованих критеріїв ефективності у відповідності від запропонованих у роботі [127] вимог.

Таблиця 3.3

Результати аналізу одно параметричних критеріїв

Номер критерію	Показність	Чисельність	Межа	Конкретність	Простота	Універсальність	Оптимальність	Індивідуальність	Прогноз	Комплексність	Сумарна оцінка
1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	+7
2	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	+7
3	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	+6
4	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	+7
5	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	+8
6	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	+8
7	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	+6

З таблиці видно, що найбільш повно встановлені вимоги до системи критеріїв щодо простоти та універсальності ІВС.

Крім того при створенні ІВС необхідно враховувати знання спеціаліста в даній галузі. Для виявлення таких вимог [126] було проведено відповідні дослідження через «Аналіз Кано», в результаті моніторингу організацій, були виділені основні вимоги, які пред'являються користувачам к загальносистемному та офісному ПЗ. В результаті було встановлено, що вимоги користування до ПЗ у фірм різних типів практично однакові: знайомство ПЗ, зручність інтерфейсу, простота використання, швидкість роботи, стабільність роботи, швидкість розгортання, можливість видаленого адміністрування, можливість автоматизованої установки. Для оцінки важливості факторів був використаний метод «безпосередньої оцінки» (табл. 3.4), де користувачам і адміністраторам в залежності від розміру підприємства, запропоновано оцінити їх за шкалою від 1 до 10. На основі опитувань і отриманих з них даних можна побудувати алгоритм вибору ПО згідно вимогам замовника.

Таблиця 3.4

Вимоги до набору програмного забезпечення
малого підприємства

№ п/п	Фактор	Вага	Стандартні відхилення оцінок	Достовірність показників
1	Знайомство ПО	9	1	Достовірне
2	Зручність інтерфейсу	10	1	Достовірне
3	Простота використання	10	1	Достовірне
4	Швидкість роботи	10	2,03	Достовірне
5	Стабільність роботи	10	1	Достовірне
6	Швидкість розгортання	7	2,4	Достовірне
7	Можливість видаленого адміністрування	7	3,98	Недостовірне
8	Автоматична установка	8	2,15	Достовірне

При цьому коефіцієнт авторитету експерта (ступінь компетентності) – це число, яке показує, з якою вагою включаються в статистичну обробку оцінки даного експерта. Коефіцієнти авторитету можуть задаватися в вигляді деяких чисел від 0 до 1, на основі статистики попередніх експертиз. Якщо статистичних даних недостатньо і неможна побудувати матрицю порівняння компетентності, то коефіцієнти авторитету можуть бути визначені на основі формальних відомостей про експерта:

- а) освіта;
- б) наукова підготовка;
- в) стаж роботи за пріоритетним напрямком;
- г) кількість проведених експертиз.

Оцінка може бути проведена з використанням шкали балів [128] (табл. 3.5). Кількість балів по пунктах А і В, додаються і таким чином визначається первинний бал експерта B_{aj} . Коефіцієнт авторитета розраховується за формулою:

$$K_{aj} = \frac{B_{aj}}{\sum_{j=1}^m B_{aj}}$$

Таблиця 3.5

Шкала оцінки компетентності експертів

Направлення	Опис всередині направлення	Бал
А	за пріоритетним напрямком	5
	за суміжній спеціальності	4
	за напрямком (незакінчене)	3
	за суміжній спеціальності (незакінчене)	2
	Не співпадає з профілем експертизи	0
В	Академік	5
	Доктор наук	4
	Кандидат наук	3
	Аспірант, м.н.с.	2
	Без наукового ступеня	0
С	Не менше 10 років	5
	Не менше 5 років	4
	Не менш 1 року	3

	Менше 1 року	1
	Відсутні	0
D	Більше 20	5
	10-20	4
	4-9	3
	1-3	1
	немає	0

Проведемо оцінку ефективності розробляємої ІВС за допомогою евристичних методів прийняття рішень, які враховують якісні оцінки експертів при виборі найкращого варіанту проектного рішення [83]. Тут кожному факторові (j) в залежності від його важливості конкретному критерію (i) відповідає визначене число балів b_{ji} у межах від 0 до 10, тобто: $0 \leq b_{ji} \leq 10$, та кожному критерію привласнюється ваговий коефіцієнт a_i в залежності від його відносної важливості (визначається експертом), тобто $0 \leq a_i \leq 1$. При цьому сума відносних вагових коефіцієнтів усіх критеріїв повинна дорівнювати 1. Алгоритм використання проводиться за наступними етапами:

1. Аналізується ІС:
 - вибирається m факторів B ;
 - вибирається p критеріїв K .
2. Задається матриця-стовпець вагових коефіцієнтів критеріїв та таблиця балів в залежності від відповідності j -го фактора i -ому критерію та визначається сума балів по кожному фактору:

$$BF = B \cdot AL = \begin{pmatrix} bf_1 \\ bf_2 \\ \dots \\ bf_m \end{pmatrix}, AL = \begin{pmatrix} AL_1 \\ AL_2 \\ \dots \\ AL_n \end{pmatrix}; B = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{m1} & b_{m2} & \dots & b_{mn} \end{pmatrix}. \quad (3.8)$$

де $bf_j = \sum_{i=1}^n a_i b_j$ – сума балів j -го фактору по i -тому критерію, $j = 1, 2, \dots, m$.

3. Вибирається рядок з максимальною сумою балів – $\max (bf_j)$.

4. Називається фактор, що є визначальними для обраних критеріїв із заданими ваговими коефіцієнтами.

Проведемо аналіз запропонованої ІВС за наведеною методикою. Так перелік критеріїв за якими аналізується система представлена в табл.3.2.

Найбільш важливими факторами даної системи будуть:

1. Здатність системи накопичення, обробки та зберігання інформації b_{i1} .

2. Наявність технологій, що забезпечують моніторинг температури в постійному режимі b_{i2} .

3. Передача та розподіл інформації між користувачами b_{i3} .

4. Своєчасність подачі інформації до СППР b_{i4} .

5. Можливість адаптивного управління інформаційною системою b_{i5} .

6. Можливість візуалізації отриманих даних b_{i6} .

7. Простота управління ІВС і сумісність з існуючих ПЗ b_{i7} .

Вихідні дані до розрахунку ефективності запропонованої ІВС наведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

Вихідні дані до розрахунку

AL b	AL ₁ =0,25	AL ₂ =0,1	AL ₃ =0,15	AL ₄ =0,05	AL ₅ =0,08	AL ₆ =0,3	AL ₇ =0,07
b_{i1}	10	8	9	8	6	8	7
b_{i2}	10	9	9	8	8	7	7
b_{i3}	9	10	8	6	8	5	7
b_{i4}	10	8	9	5	4	8	5
b_{i5}	10	8	6	5	8	9	9
b_{i6}	8	8	10	10	8	7	6
b_{i7}	7	9	10	9	5	9	6

За обраними даними формуємо матриці вагових коефіцієнтів критеріїв та знайдемо величину ВФ, використовуючи калькулятор множення матриць (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Визначення вагових коефіцієнтів

На основі виконаних розрахунків видно, що найбільш впливовими факторами на ІВС є кількість інформації та об'єм оперативної пам'яті з коефіцієнтом $b_{fi} = 8,42$.

3.2. Моделювання процесу моніторингу енергоощадності малоповерхових об'єктів

З врахуванням рис. 3.1 опишемо ІВС, яка складається з 4 рівнів управління має внутрішнє та зовнішнє середовище, а також взаємозв'язки між керуваними параметрами. Інформаційна система, яка представляється в роботі може бути класифікована як квазістатична, так як стани системи та її поведінка залежать від зовнішніх умов і система при різних характеристиках зовнішніх впливів поводить себе як статична або як динамічна. Також при реалізації система може бути класифікована як штучна, технічна та складна [129, 130].

Інформаційна система підтримки рішень (ІСПР) пов'язує інтелектуальні ресурси управлінця з можливостями комп'ютера для поліпшення якості рішень в умовах напівструктурованих завдань. Таким чином, у подальшому процес удосконалення ІСПР призведе до створення інтелектуальної інформаційної СПР. Використання комп'ютерних технологій управління засноване на формалізації [32, 84,85, 131]:

- методів оцінки об'єктивних (вимірюваних) і суб'єктивних (даються керівником або експертом) вихідних і проміжних даних;

- аналізу ситуації;
- формування рішень;
- узгодження оцінок і варіантів рішень;
- динаміки управління.

Одним з основних елементів інформаційної системи побудованої на візуальних експериментальних даних термограм, експертних системах і когнітивних картах, є формалізація системи у модель візуально-об'єктного представлення знань (МВОПЗ) [132]. Дана модель служить «прошарком» (інтерфейсом) між людським досвідом, накопиченим в процесі рішення деякої задачі і машинної формою подання знань. Причому можливість інтерпретації синтезованих моделей на комп'ютері досягається за рахунок розробки методів трансляції МВОПЗ в форматovanу базу знань і виведення на основі знань рішень. В основу моделі МВОПЗ покладено ієрархічний метод репрезентації доменних знань (рис. 3.4). Відповідно до цього, присутні наступні категорії предметно-залежних даних:

$$M^{(d)} = (I^d, I^i, C, E, S),$$

(3.9)

де I^d - вихідні дані (Initial data); I^i - експертні знання, уточнюючі вихідні дані (Investigate); C - експертні методи досліджень і знання з вирішальними правилами (експертні висновки); $Expl$ - пояснювальні знання (Explain); S - рішення та їх способи (reSolution).

Категорія S містить множину рішень, які надалі надаватиме система користувачеві. Нарівні з категоріями I^d , I^i , C , $Expl$, формалізовані рішення та способи рішень повинні бути представлені у формі адекватної для сприйняття користувачем. Центральним завданням розробника системи є встановлення якомога більшого числа зв'язків між правилами, які належать категорії C і елементами, які дані множиною рішень S . Тобто приходимо до висновку, що найбільш придатними для формалізації є достатньою мірою, вивчені предметні області. На підставі відображень множин I^d , I^i , C , S (рис. 3.4) система може виводити рішення і представляти користувачу у доступній формі.

Відповідно до задач, сформульованих при проектуванні інформаційної системи аналізу енергоефективності муніципальних об'єктів основними з них є введення, зберігання і редагування даних про енергогосподарстві на рівні регіонів, муніципальних утворень, моніторинг та аналіз даних, внесених в систему.

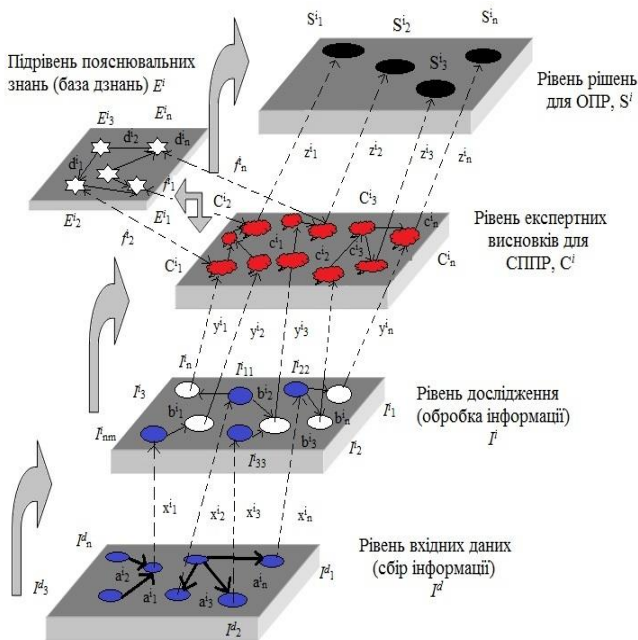


Рис 3.4. Рівнева модель представлення знань:

$S^1, S^2, S^3, \dots, S^n$ – елементи результуючих даних; $C^1, C^2, C^3, \dots, C_n$ – елементи масиву експертних оцінок; $I^d_1, I^d_2, I^d_3, \dots, I^d_n$ – елементи масиву вхідних даних, індикатори; $F_1, F_2, F_3, \dots, F_n$ – елементи масиву обробки даних; $F_{11}, F_{22}, F_{33}, \dots, F_{nm}$ – елементи вхідних даних після обробки; $E^1, E^2, E^3, \dots, E_n$ – елементи проміжкових результатів; \longrightarrow – зв'язки між елементами; \dashrightarrow – зв'язки між правилами

Використовуючи підходи математичного моделювання [89-92] та модель МВОПЗ формалізація процесів на етапі створення системи, що представлена на рис. 3.4, може бути описана наступним чином.

Рівень вхідних даних (I^d). Формування вхідних даних про об'єкт дослідження представляє собою множину інформації виду:

$$I^d = \langle t, O, T, R^{OT}, U, R^{OV}, \varepsilon \rangle, \quad (3.10)$$

де $t = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ – вісь часу; $O = \{o_1, o_2, \dots, o_N\}$ – множина об'єктів аналізу; $T = \{T_1, T_2, \dots, T_N\}$ – множина

технічних параметрів об'єктів; $R^{OT} \subset O \times T$ – множина причинно-наслідкових зв'язків між об'єктами та їх параметрами; $U = \{u_1, u_2, \dots, u_N\}$ – множина векторів вхідних дій; $R^{OV} \subset O \times U$ – множина асоціативних зв'язків; $\mathcal{E} = \{\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_M\}$ – невраховані зовнішні фактори впливу які можна віднести до похибок представлення даних, стохастична компонента.

Рівень дослідження інформації (I^i) характеризується задачами групування, класифікації та кластеризації інформації, представленої на попередньому рівні. На даному етапі моделювання встановлюються концепти двох рівнів – фактори та індикатори, встановлюються причинно-наслідкові зв'язки між ними, проводиться розподіл вхідних масивів на факторні та результуючі, уточнюються і визначаються види та форми функціональних перетворень між ними :

$$(3.11) \quad I^i = \langle t, O^C, R^{O^C O^C}, T^{(X,Y)}, A, H, \Psi \rangle,$$

де $t = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ – вісь часу; $O^C = \{O_1^C, O_2^C, \dots, O_m^C\}$ – множина кластерів, груп об'єктів (m – кількість кластерів, груп); $T^{(X,Y)} = \begin{cases} T^X = \{T_1^X, T_2^X, \dots, T_k^X\} \\ T^Y = \{T_1^Y, T_2^Y, \dots, T_l^Y\} \end{cases}$ – множини факторних T^X та результуючих T^Y технічних параметрів об'єктів; $R^{T^{(X,Y)}} \subset T^X \times T^Y$ – множина причинно-наслідкових зв'язків між технічними параметрами об'єктів; A – алгоритм, функція виходу; H – функція поведінки, функція переходів; Ψ – функція управління, яка змінює як A так і H .

Рівень експертних висновків C є одним із основних етапів у загальній моделі представлення знань так як на цьому етапі проводиться основна процедура формування та параметризація оцінок про характеристики об'єктів дослідження і їх взаємний вплив. Питання взаємної узгодженості оцінок експертів при практичному використанні методів прийняття

рішень має значний рівень складності внаслідок того, що, як правило, об'єкти описуються масивами як параметричних так і якісних факторів. Крім того рівень узгодженості оцінок експертів значною мірою залежить від кваліфікації та інших характеристик формування груп експертів, а також від методу формування рішень.

Так як основним методом експертного оцінювання в роботі обрана методика аналізу ієрархій (МАІ) яка базується на побудові матриць попарних порівнянь то постає питання визначення узгоджени оцінок експертів та, відповідно, отриманні узгодженої матриці попарних порівнянь альтернатив (об'єктів). Визначення Парето-оптимальних порівнянь проведемо на основі аналізу графу:

$$G = \langle V, E, S, W \rangle, \quad (3.12)$$

де $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ - множина вершин, які складаються з елементів порівняння; $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$ - множина ребер, які характеризують наявність порівняльної оцінки для елементів, пов'язаних вершин цим ребром; n - кількість елементів порівняння; m - кількість порівнянь $m = \frac{n(n-1)}{2}$ за умови коли порівняння проведені для всіх пар елементів); $S = \{s_1, s_2, \dots, s_m\}$ - множина, яка є відображенням переважаючих порівняльних оцінок на множині ребер $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$; $W = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$ - множина, яка є відображенням множини ваг на множину ребер.

Граф $G = \langle V, E, S, W \rangle$ приведених умов є орієнтованим і напрямком ребер вказує на перевагу одного елемента над іншим.

Процедуру пошуку Парето-оптимальних порівнянь доцільно проводити за допомогою пошуку максимального остовного графу для зваженого зв'язного неорієнтованого графу за алгоритмом [133]. При цьому пошук проводиться на неорієнтованому графі, так як в даному випадку врахування переважності одного елемента над іншим не є важливим.

Доповнення остовного графу проводиться шляхом перебору всіх вершин остовного графу, які не мають прямого зв'язку, та знаходженням для цих пар відповідного значення та визначення нових оцінок $S' = \{s'_1, s'_2, \dots, s'_m\}$. Значення порівняльної оцінки s'_1 отримують переміщенням по маршруту остовного графу, який зв'язує вершини пари, що розглядається і визначається перемноженням порівняльних оцінок. Якщо переміщення відбувається проти напрямку ребра, то обирають обернену величину порівняльної оцінки. Так як при розрахунку порівняльних оцінок використовується властивість абсолютно узгодженої матриці, то отриманій множині $S' = \{s'_1, s'_2, \dots, s'_m\}$ буде відповідати нова множина $W' = \{w'_1, w'_2, \dots, w'_n\}$, всі елементи якої є одиничними.

Таким чином, процес підвищення ступеню узгодженості матриці попарних порівнянь складається з 4 етапів (рис. 3.5):

1. Побудова графу G за вхідною матрицею попарних порівнянь.
2. Пошук максимального остовного підграфу в графі $G = \langle V, E, S, W \rangle$.
3. Доповнення остовного графу до повного графу.
4. Приведення отриманих оцінок до оцінок за обраною шкалою Сааті.

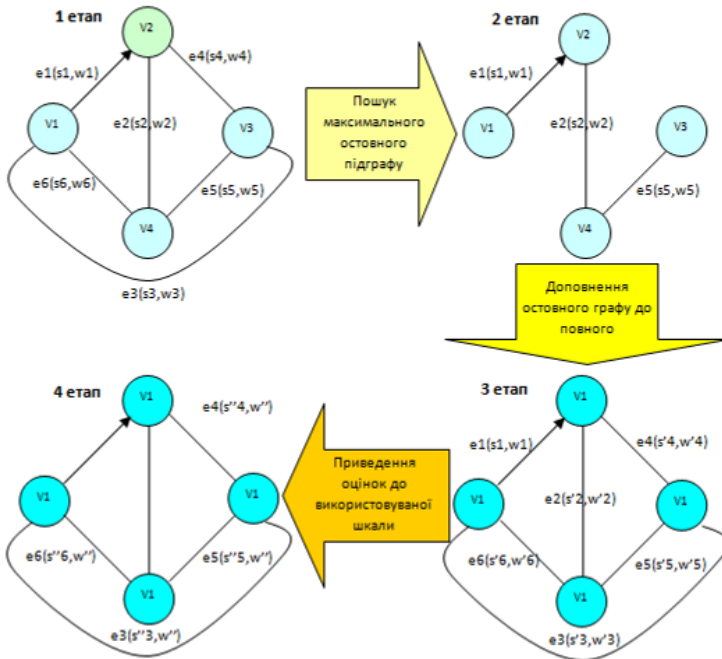


Рис. 3.5. Алгоритм підвищення узгодженості оцінок експертів

Підрівень пояснювальних знань Expl є одним із найбільш важливих для визначення набору альтернативних оптимальних рішень для рівня рішень ОПР. На даному етапі проводиться процедура побудови гібридних когнітивних карт. Невирішеними проблемами тепловізійної діагностики є багато питань, зокрема необхідність ефективного комбінування результатів ІЧ з'омки та точкового вимірювання щільності та потужності теплового потоку крізь огорожуючі конструкції (необхідно вирішити протиріччя між більш швидким тепловізійним вимірюванням та більш довгим вимірюванням теплових потоків).

Відповідно до запропонованої методики оцінки енергоефективності досліджуваної предметної області ІВС повинна включати три основних модулі:

- «Модуль когнітивного моделювання»;

- «Модуль оцінки факторів»;
- «Модуль аналізу ситуації».

Перші два модулі призначені для створення проекту з аналізу енергоефективності об'єктів вибраного класу (наприклад, муніципальних малоповерхових об'єктів, дитячих дошкільних закладів, житлових будинків, тощо), третій модуль використовується для аналізу поточного стану та класифікації на вибраному класі об'єктів, а також порівняння оцінок для різних об'єктів чи кластерів. Модуль когнітивного моделювання відповідає за побудову та ієрархії когнітивних карт. Він являє собою графічний редактор спеціального призначення (рис.3.6, а), що формує діаграми у формі векторного зображення. Архітектура інформаційної системи зображена на рис.3.6, б включає в себе наступні елементи:

- «Джерела вхідних даних», де користувач вводить інформацію в систему;

- «Модуль заповнення даних» - дозволяє користувачеві обирати об'єкти муніципальної власності, визначити необхідні фактори та індикатори системи, присвоїти їм відповідну градацію;

- «Модуль заповнення даних» взаємодіє з «Модулем збереження даних» де інформація, яку ввів користувач в систему зберігається;

- «Модуль когнітивного моделювання», в якому користувач може побудувати когнітивну карту у вигляді графа тепловтрат з індикаторами які впливають на головний фактор, попередньо вибравши об'єкти муніципальної власності на основі якого хоче побудувати граф тепловтрат;

- «Модуль оцінки факторів» працює на основі «Алгоритмів системи нечіткого виводу». В цьому модулі користувач може підрахувати узагальнену характеристику енергоефективності будівлі.

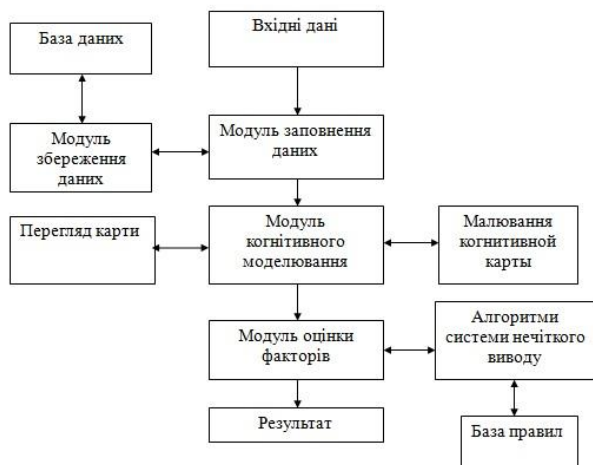
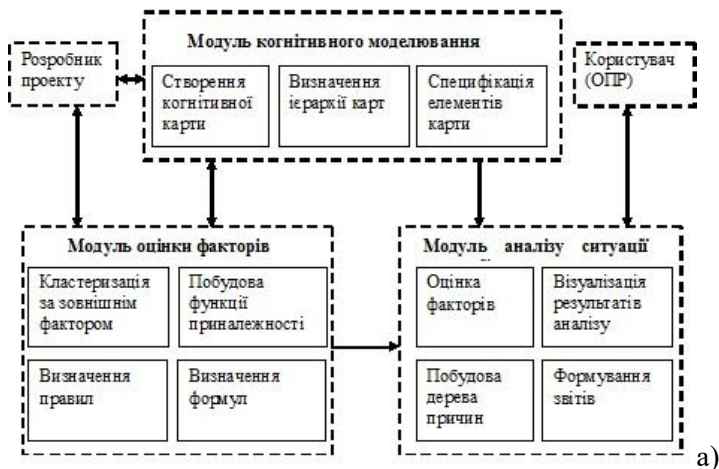


Рис. 3.6. Структура інформаційної системи:

а) модель когнітивного моделювання; б) архітектура інформаційної системи

Приведена структура та архітектура взаємодії елементів проектованої інформаційної системи може бути корисна відповідним користувачам для обґрунтування прийняття рішень щодо підвищення енергоефективності об'єктів. Підвищення якості рішень відбувається за рахунок інтелектуального аналізу даних, що дозволяє враховувати [134]:

- вплив зовнішнього середовища на об'єкт дослідження (кліматичні, методичні, соціально-економічні особливості об'єктів);
- причинно-наслідкові зв'язки між факторами, що впливають на стан системи;
- невизначеності, що виникають при інтерпретації даних, що характеризують стан енергоефективності.

Задача створення інформаційної системи полягає в розробці програмного засобу, який забезпечить проведення аналізу та обробку різнорідних даних про об'єкти регіональної чи муніципальної інфраструктури [129, 130, 135, 136]. Цільовими користувачами програмного засобу можуть бути особи державних установ, ЖЕКу, інженери будівельної компанії та іншими організаціями, основні потреби яких програмний засіб повинен задовольняти при реалізації задач розрахунку тепловтрат до ініціації енергоощадних проєктів [137-139].

Можна виділити наступні класи користувачів інформаційної системи:

- 1) Інженер енергоаудитор;
- 2) Користувач (особа, яка ініціює прийняття рішень).

Інформаційна система включає в себе три модулі:

1. Модуль заповнення даних:

- створення факторів та індикаторів, визначення їх градацій;

- ведення вхідних даних для подальшого аналізу;

2. Модуль когнітивного моделювання:

- створення графу.

3. Модуль оцінки факторів:

- візуалізація результатів;

- побудова правил оцінки факторів.

На рисунку 3.7 зображена діаграма варіантів користування системою. Інформаційна система направлена на аналіз та обробку різнорідних даних щодо енергоефективності об'єктів муніципальної власності. Система повинна виконувати наступні завдання:

- збереження масивів даних про об'єкти дослідження на основі їх термографії;

- створення факторів та індикаторів;

- градація факторів та індикаторів;

- побудова когнітивної карти на основі збережених даних;
- аналіз даних та отримання параметрів оцінки енергоефективності на вибраних ОПП об'єктах.

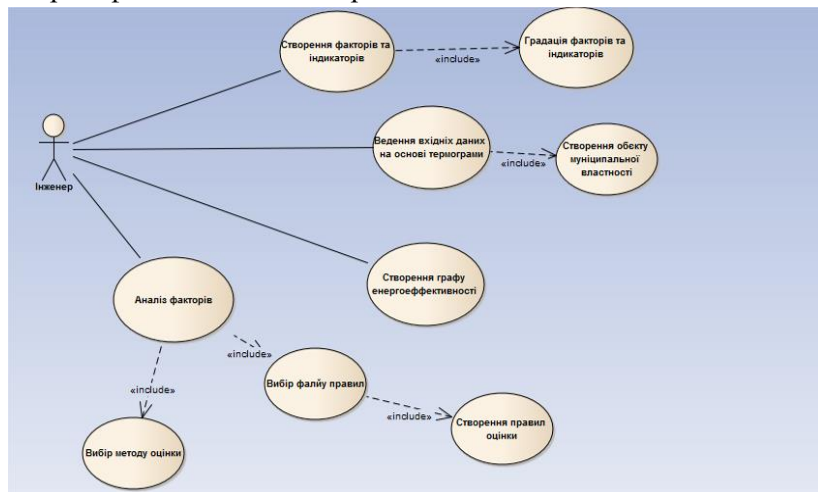


Рис.3.7. Діаграма варіантів користування системою

Таким чином, на основі раніше визначеної структури, завдань та математичної формалізації задач, які пропонувані до реалізації, була розроблена інформаційна система аналізу енергоефективності малоповерхових об'єктів на основі комплексного когнітивного моделювання. Перед початком роботи з системою користувач чи ОПП повинен мати термограму об'єкту чи їх сукупності, яка повинна бути проаналізована.

При цьому гібридна когнітивна карта (ГКК) являє собою граф, вершинами якого є концепти двох видів: фактори і індикатори. Формально ГКК можна задати у вигляді:

$$G = \langle F, I, R^{FF}, R^{FI}, P, R^{FP} \rangle, \quad (3.13)$$

де F - множина факторів; I - множина індикаторів; $R^{FF} \subset F \times F$ - множина причинно-наслідкових зв'язків між факторами; $R^{FI} \subset F \times I$ - множина асоціативних зв'язків між

факторами та індикаторами; P - множина процедур оцінки факторів (фазифікації, кластеризації, групування, нечіткого виведення та ін.); R^{FP} - множина відношень, які пов'язують фактори і процедури.

Множину факторів $F = \{f_1, f_2, \dots, f_i, \dots, f_n\}$ для побудови когнітивної нечіткої моделі будемо визначати як деякі властивості системи, що можуть бути оцінені якісно чи непараметрично [140-143].

В проектуванні ІС до них віднесені наступні:

- вид власності об'єкту;
- характеристика об'єкту;
- істотність витрат за видами місць витрат;
- параметри витрат та оцінка.

Як додаткові параметри, для реалізації модуля аналізу та підтримки прийняття рішень можуть бути введені:

- методи оптимізації витрат;
- ефективність ліквідаційних заходів по усуненню витрат;
- використання технологій енергозбереження чи усунення.

Для кожного окремого фактору f_i з множини $F = \{f_1, f_2, \dots, f_i, \dots, f_n\}$ поставлена у відповідність лінгвістична змінна, яка характеризується терм-множиною $T_i = \{T_{i1}, T_{i2}, \dots, T_{ij}, \dots, T_{im}\}$, терми якої представляють собою нечіткі оцінки типових станів фактора, наприклад «низький рівень», «середній рівень», «високий рівень». Множина факторів розбита на підмножини, які характеризують [141, 144, 145]:

- FC – цільові фактори, стан яких дозволяє оцінити ситуацію в цілому;
- FU – керовані фактори, стан яких можна свідомо змінювати;
- FE – стохастичні фактори, збурення, на стан яких в рамках системи неможливо вплинути.

Множина індикаторів представляє собою параметричні показники, які описують чисельно значення факторів. Чисельні характеристики індикаторів оцінюються за допомогою прямих вимірювань безпосередньо на об'єктах за допомогою технічних чи інших засобів. До них в проектованій ІС можна віднести наступні:

- термограмма;
- площа місця витрат;
- інтенсивність витрат за видами місць витрат;
- параметри поверхні;
- зовнішні чинники (температура, вологість та ін.).

Множина асоціативних зв'язків між факторами та індикаторами представлена як:

$$R^{FI} : F \times I \rightarrow [0, 1]. \quad (3.14)$$

При цьому відношенню $f_i R^{FI} i_j$ ставиться у відповідність коефіцієнт відповідності (приналежності) $a_{ij} \in [0, 1]$. Чим вище значення коефіцієнта, тим точніше індикатор i_j характеризує фактор f_i .

Між факторами встановлюються причинно-наслідкові відношення – «відношення впливу»:

$$R^{FF} : F \times F \rightarrow [-1, 1]. \quad (3.15)$$

Відношенню $f_i R^{FF} f_j$ ставиться у відповідність ваговий коефіцієнт w_{ij} , який характеризує не тільки напрямок зв'язку впливу, але й його силу.

Оцінка сили впливу $|w_{ij}|$ може бути проведена за наступною шкалою: 0,1 - дуже слабкий вплив; 0,3 - слабкий вплив; 0,5 - істотний; 0,7 - сильний; 0,9 - дуже сильний (0,2, 0,4, 0,6, 0,8 - проміжні значення). Сила впливу може бути не тільки константою, а й змінною, яка приймає різні значення для якісно різних об'єктів дослідження чи для однойменних об'єктів в динаміці. Сума ступенів впливу декількох чинників на один і той же фактор не обов'язково повинна складати одиницю, оскільки можуть існувати і невраховані фактори, які не ввійшли в

множину. А також ті які на данному етапі дослідження віднесені до стохастичних.

Мережа взаємовпливів факторів представляє собою дерево (сукупність дерев). Коренем дерева є цільовий фактор, листям - «зовнішні» або керовані чинники. Відношення впливу дозволяють виявити причини досягнутого рівня того чи іншого фактора і оцінити важливість тієї чи іншої причини. Якщо впливаючих факторів багато, вони можуть бути винесені на піддіаграми – когнітивні карти нижнього рівня. Фактор, до якого «прикріплена» дочірня карта, стає цільовим на цій карті (коренем дерева) – так званім «портовим вузлом». У свою чергу, до деяких факторів на дочірньої карті також можуть бути прикріплені карти нижнього рівня. Таким чином, формується ієрархія когнітивних карт: $\{G_k, R^{\wedge}\}$. Будемо говорити, що карта G_1 домінує над $G_2(G_1, R^{\wedge} G_2)$, якщо:

$$\exists f^p \mid f^p \in F_1; f^p \in F_2; f^p \notin F_1^C; f^p \in F_2^C, (3.16)$$

де F_1, F_2 - відповідно множини факторів карти G_1, G_2 ; F_1^C, F_2^C - підмножини цільових факторів карт G_1, G_2 ; f^p – портовий вузол.

Ієрархічний підхід дозволяє не тільки зменшити розміри карт і зробити їх більш наочними, а й виділити підсистеми, що описують окремі аспекти досліджуваної системи, і пов'язати їх допомогою портових вузлів. Якщо до фактору приєднана піддіаграма, то поряд з символом відповідного фактору поміщується спеціальна піктограма. Аналіз гібридної когнітивної карти дозволяє дати оцінку кожному фактору.

Розглянемо множину об'єктів термографічного аналізу $O = \{o_k\}$, які є об'єктами оцінювання. Кожен об'єкт із множини характеризується власним набором значень індикаторів $\{i, j, k\}$. У результаті аналізу необхідно отримати нечіткі оцінки факторів $\{f_i^k\}$. Кожна оцінка може бути представлена у вигляді:

$$\langle T(af_i^k), \mu_{T(f_i^k)} \rangle, (3.17)$$

де T – терм нечіткої оцінки; $\mu_{T(f_i^k)}$ – значення функції приналежності.

Оцінка факторів, для яких індикатори відсутні чи немає можливості отримати відповідні дані, виводиться на основі оцінок інших факторів. Таким чином, вибір способу оцінювання того чи іншого фактора здійснюється залежно від конкретної ситуації: чи пов'язаний фактор з індикаторами, чи впливають на нього зовнішні фактори, чи відомі оцінки впливають на нього або залежних від нього факторів, в якій формі представлені знання експертів про взаємовплив факторів та ін. Такий підхід можна назвати кейс-підходом (від англ. case - випадок, прецедент). Для його застосування необхідно розробити бібліотеку процедур, з якої дослідник вибирає найбільш відповідні для кожної ситуації. Усі ситуації оцінювання можна розділити на дві основні групи: оцінювання на основі значень індикаторів і непряме оцінювання на основі оцінок інших факторів. У рамках кожної групи також можуть бути виділені підгрупи ситуацій:

1. Оцінюваний фактор має зв'язок з одним або кількома індикаторами.

Оцінка фактора за таких умов може бути визначена за допомогою процедур фазифікації. Щоб оцінити фактор f_i на основі індикатора i_j ($i_j, f_i, R^{FI} i_j$), для кожного терма будуються функції приналежності на базовій множині значень індикатора.

Функції приналежності (ФП) можуть будуватися різними способами:

- суб'єктивним (функції будує експерт);
- на основі рівномірного розбиття базової множини за кількістю термів;
- на основі розподілу значень індикаторів для всіх об'єктів порівняння;
- на основі розподілу значень індикатора для всіх порівнюваних об'єктів, можна вважати найбільш доцільним.

Нечітка оцінка фактора виходить шляхом фазифікації значень індикатора. Для урахування коефіцієнта відповідності a_{ij} використовується операція множення:

$$\mu_{T(f_i^k)} = a_{ij} \mu_{T(i_j^k)}, \quad (3.18)$$

де $\mu_{T(i_j^k)}$ - значення ФП, отримане при фазифікації значення індикатора i_j^k без урахування коефіцієнта відповідності.

Якщо фактор пов'язаний з декількома індикаторами i_{j1}, \dots, i_{jn} , то для агрегування оцінок отриманих шляхом фазифікації значень кожного індикатора можна використовувати операцію алгебраїчного додавання:

$$\mu_{T(f_i^k)} = a_{ij1} \mu_{T(i_{j1}^k)} + \dots + a_{ijn} \mu_{T(i_{jn}^k)}. \quad (3.19)$$

Схематично процедура агрегування показана на рисунку 3.8, де:

а) ситуація оцінювання фактора за кількома індикаторами; б) ситуація оцінювання фактора по індикатору з урахуванням зовнішнього впливу; в) оцінюється фактор, який є наслідком інших оцінених факторів; г) оцінюється фактор, який впливає разом з іншими на оцінений фактор.

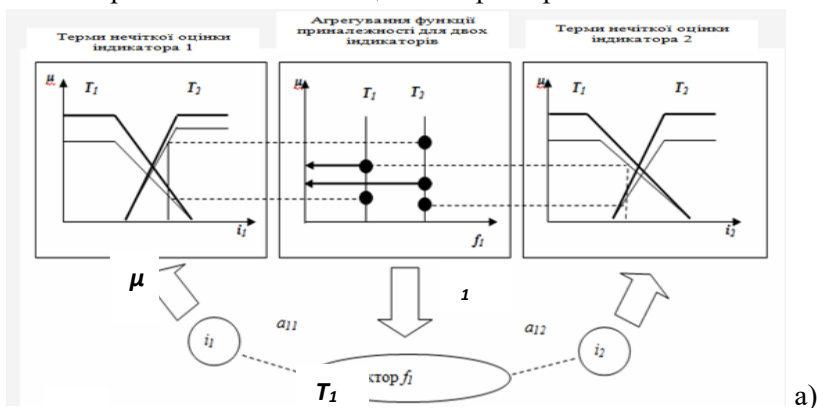


Рис. 3.8. Процедура агрегування факторів та індикаторів

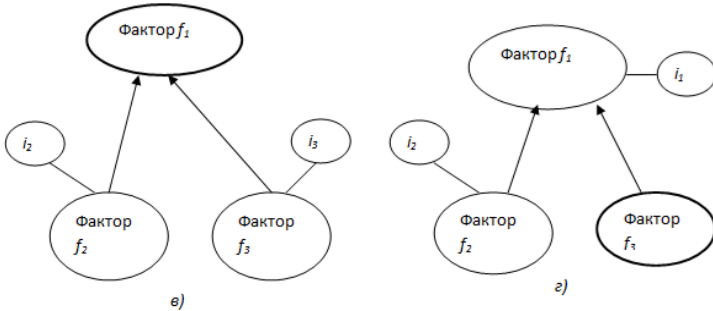
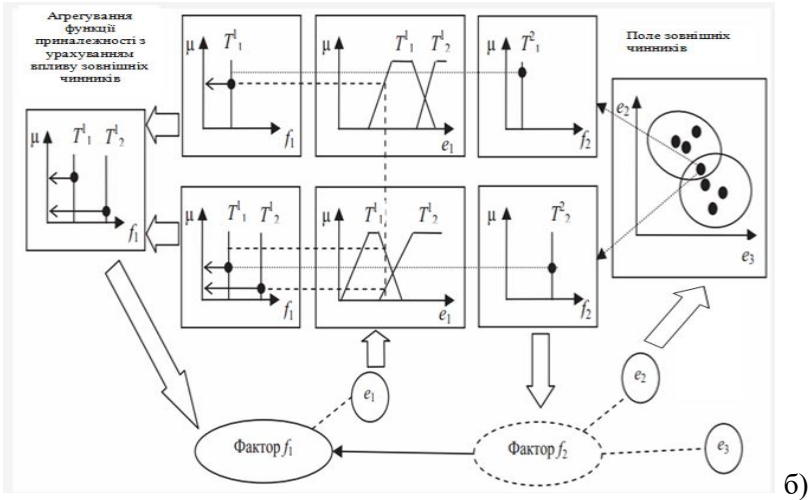


Рис. 3.8. Закінчення (див. також с. 142)

2. На оцінюваний фактор впливає фактор, який характеризує зовнішнє обмеження.

На оцінюваний фактор f_{i1} впливає фактор f_{i2} , що є зовнішнім обмеженням $(f_{i2} R^{FF} f_{i1} \cdot f_{i2} \in F^E)$. Цей вплив доцільно враховувати через параметри функцій приналежності. На множині O виділяються кластери TO зі схожими зовнішніми умовами, тобто з однаковими значеннями зовнішнього фактора f_{i2} . Функції приналежності на множинах значень індикаторів, пов'язаних з f_{i1} , будуються окремо для кожного кластера. При кластеризації за фактором f_{i2} ознаками кластеризації виступають

індикатори ij , пов'язані з цим фактором: $f_{i2} R^{Fl} i_j$. Нечітка кластеризація дозволяє визначити нечітке покриття:

$$\mathfrak{Z}(O) = \{O_l \subseteq O\}, l = \bar{1}, \bar{L}, \text{ яке задається матрицею } \left\| \mu_{O_l}(o_k) \right\|$$

значень функцій приналежності об'єктів $o_k \in O$ нечітким кластерам O_l . Найменування кластерів O можна розглядати як терми T лінгвістичної змінної, зіставленої відповідного зовнішнього фактору f_{i2} . Таким чином, можна для кожного об'єкта O_k задати значення зовнішнього фактора у вигляді:

$$\left\langle T(f_{i2}^k), \mu_{T_l(f_{i2}^k)} = \mu_{O_l}(o_k) \right\rangle. \quad (3.20)$$

Кластеризацію територіальних утворень пропонується виконувати за допомогою алгоритму Густафсона-Кесселя [146].

Як вже вказувалося, функції приналежності для фактора f_{il} , на який впливає зовнішній чинник f_{i2} , формуються окремо для кожного кластера. Після фазифікації за індикаторами, пов'язаним з f_{il} , ступінь впевненості в оцінці коригується з урахуванням ступеня приналежності об'єкта до відповідних кластерів:

$$\mu_{T^m(f_{i1}^k)/T^l(f_{i2}^k)} = \{ \mu_{T^m(f_{i1}^k)}, \mu_{T^l(f_{i2}^k)} \}, \quad (3.21)$$

де $\mu_{T^m(f_{i1}^k)/T^l(f_{i2}^k)}$ - значення функції приналежності до значення T^m фактора f_{i1} , для об'єкта O_k з урахуванням ступеня його належності до кластеру $O_l = T_l$ за фактором f_{i2} .

У разі якщо об'єкт потрапив одночасно в кілька кластерів, оцінки, отримані для кожного кластера, агрегуються за допомогою операції максимуму:

$$\mu_{T^m}(f_{i1}^k) = \max\{\mu_{T^m}(f_{i1}^k)/T^{l1}(f_{i2}^k), \mu_{T^m}(f_{i1}^k)/T^{l2}(f_{i2}^k)\}. \quad (3.22)$$

Схематично процедура отримання оцінки з урахуванням впливу зовнішнього фактора проілюстрована на рисунку 3.8, б.

Якщо на один і той же фактор впливають кілька зовнішніх факторів, оцінки, отримані з урахуванням впливу кожного окремого зовнішнього фактора, агрегуються за допомогою операції мінімуму.

Оцінка факторів, у яких немає індикаторів або немає можливості отримати значення індикаторів, може бути отримана на основі оцінок інших факторів. Розглянемо дві ситуації:

— оцінюється фактор, що є наслідком інших оцінених факторів (рисунок 3.8, в);

— оцінюється фактор, що впливає поряд з іншими факторами на деякий оцінений фактор (рисунок 3.8, г).

Для ситуації, представленої на рисунку 3.8, а на фактор f_1 впливають фактори f_2 і f_3 ($f_2 R^{FF} f_1, f_3 R^{FF} f_1$), для яких оцінки отримані шляхом фазифікації значень індикаторів i_2 і i_3 ($f_2 R^{FI} i_2, f_3 R^{FI} i_3$).

Формат правил для визначення оцінки фактора f_1 буде наступний:

$$f_2 \in T^i(f_2) \text{ if } f_3 \in T^j(f_3), \text{ то } f_1 \in T^i(f_1), \quad (3.23)$$

де $T^i(f_2), T^j(f_3), T^i(f_1)$ - нечіткі оцінки факторів f_2, f_3, f_1 .

Для ситуації, представленої на рисунку 3.8, боцінки факторів f_1 і f_2 визначаються на основі значень індикаторів i_1 і i_2 ($f_1 R^{FI} i_1, f_2 R^{FI} i_2$), необхідно вивести оцінку фактора f_3 , яка впливає спільно з фактором f_2 на фактор f_1 . Формат правил буде наступний:

$$\text{якщо } f_1 \in T^i(f_1) \text{ if } f_2 \in T^j(f_2), \text{ то } f_3 \in T^j(f_3). \quad (3.24)$$

При побудові правил необхідно враховувати характеристики відносин впливу, встановлених між факторами, які зв'язані правилами, а саме напрямком і силою впливу. Правила можуть бути оцінені ваговими коефіцієнтами у вигляді числових значень з інтервалу $[0,1]$. Коефіцієнти відображають впевненість експертів у достовірності правил. При їх призначенні треба врахувати, що на цільовий фактор, присутній в умовній або заключній частині правила, можуть впливати невраховані фактори, не відображені на діаграмі.

За результатами аналізу гібридної когнітивної карти може бути побудовано дерево причин. Воно показує поточні стани факторів, що впливають на енергозбереження чи енергоефективність, для конкретного об'єкту енергоаудиту і пояснює, чому і під впливом яких причин склалися ці стани. Дерево причин формується на основі відповідної когнітивної карти шляхом присвоєння кожному фактору його оцінки. Пропонований підхід дозволяє не просто оцінити рівень енерговитрат (ефективності) на вибраній множині досліджуваних об'єктів, але і проаналізувати причини ситуації, що склалася і визначити основні напрямки прийняття рішень для ефективного виправлення стану обраної для дослідження системи.

3.3. Модифікація методу аналізу ієрархій для оцінки рівня енергоефективності на основі системи критеріїв та індикаторів

Для побудови когнітивної карти оцінки впливу факторів на процес формування прийняття рішень в розроблюваній інформаційній системі значною мірою впливають набір факторів оцінки та їх внутрішня структура – критерії та індикатори. Особливістю масивів даних для аналізу і прийняття рішень є те, що весь масив факторів є якісно різномірним за своїм змістом, а також те, що набір критеріїв і відповідних їм індикаторів не структурований як за рівнем впливу так і за якісними характеристиками, які можуть представляти чисельні технічні оцінки, економічні показники, якісні характеристики тощо [147-150].

Постає задача узагальненої оцінки критеріїв з метою оцінки на їх основі масиву факторів за рівнем важливості (вагомості, значущості) в моделі прийняття рішень. Слід зазначити, що система показників, яка формується на основі набору факторів, критеріїв та їх індикаторів містить значну міру невизначеності, яка характерна для такого роду систем. Крім того, вибір факторів для оцінювання значною мірою залежить як від зовнішнього середовища (об'єктивних причин), так і від якостей та задач, які ставить ОПР (суб'єктивних причин). Тому постає задача розробки алгоритму впорядкування та визначення ваги окремих факторів на основі аналізу їх внутрішнього наповнення (критеріального набору, масиву індикаторів) з врахуванням як зовнішніх чинників так і запитів ОПР. Причому необхідно розглядати саме систему факторів, в межах кожного з яких існує система індикаторів, які його визначають і, відповідно, формують якість та вагу відповідного фактору. Це означає, що система формуючих індикаторів також набуває актуальності не лише як показник оцінки альтернативи, але й як оціночний показник ефективності управління в цілому.

Для вирішення такої проблеми пропонується використати за основу групування факторів [151] за наступними групами: параметричні, економічні, соціальні та експлуатаційні. Кожна з цих груп факторів потребує подальшої деталізації, зважаючи на можливість кількісного оцінювання окремих критеріїв групи, внутрішньої структури критеріїв та їх індикаторів. Модуль аналізу стану енергоефективності малоповерхових об'єктів на системному рівні передбачає оперування набором факторів оцінювання. Особливістю є те, що обрані для аналізу фактори включають в себе на другому рівні декомпозиції набір індикаторів (критеріїв), які значною мірою визначають їх вагомість та значущість. Таким чином загальний опис системи (S) на рівні системи оцінки енергоефективності включає в себе також вектори критеріїв для кожної окремої альтернативи:

$$S = \{F, R_{(F)}, I, R_{(I)}\}, \quad (3.25)$$

де $F = \{f^1, \dots, f^m\}$ – множина елементів, альтернатив, критеріїв оцінки станів системи (факторів енергоефективності);

$f^i = \{I^1, \dots, I^k\}$ – внутрішня структура окремої альтернативи, яка формується за допомогою набору індикаторів $I^k \in I$ для кожного окремого фактору (альтернативи).

Задачу ранжування факторів для оцінки їх рівня значущості в інформаційній системі оцінки енергоефективності доцільно на наш погляд проводити за допомогою методики аналізу ієрархій з врахуванням особливостей формування факторів їх індикаторами. Використання експертних оцінок для побудови узагальненої матриці попарних порівнянь повинно враховувати і внутрішню структуру факторів. Цим самим буде досягнуто виконання основних принципів теорії систем – ієрархії, збереження і причинно-наслідкових обмежень.

Вхідними умовами до використання методики є:

1) масив факторів $F = \{f^1, \dots, f^m\}$;

2) визначені масиви індикаторів для кожного із факторів:

$$f^i : I^i = \{i_1^i, \dots, i_k^i\}.$$

Задача полягає у визначенні ваги факторів з врахуванням особливостей їх формування за допомогою їх індикаторів. Таким чином, ранжування важливості факторів при побудові системи оцінки енергоефективності буде визначатись його глобальною відносною цінністю ω_{gl}^i . На першому кроці проведемо декомпозицію та представлення задачі в ієрахічному вигляді (рис. 3.9). На основі визначених факторів, критеріїв, індикаторів та їх відношень побудована ієрахічна форма системи ранжування факторів та оцінки енергоефективності об'єкту, представлена на рис.3.10.

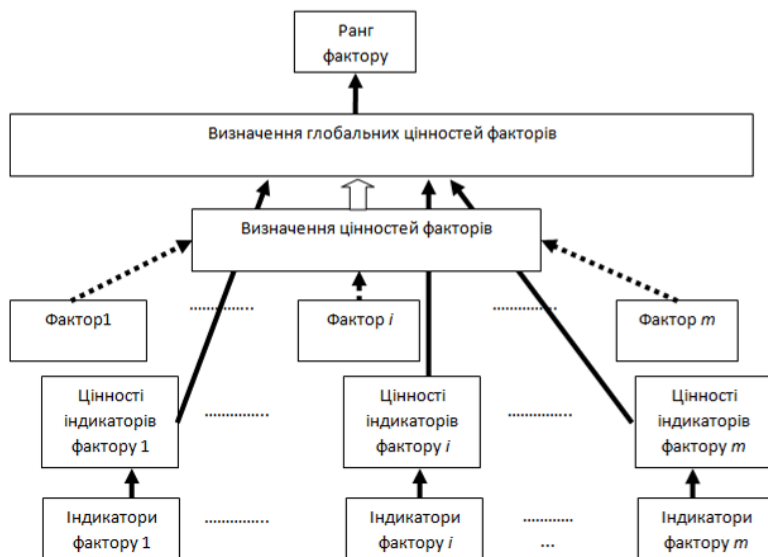


Рис. 3.9. Декомпозиція розв'язку задачі ранжування факторів в ієрархію

В приведеній ієрархії можна виділити наступні рівні:

Рівень 1 – «інтегральна оцінка» – рівень, на якому відбувається визначення комплексного показника енергоефективності.

Рівень 2 – «формування груп факторів» – рівень визначення вагових коефіцієнтів вкладу факторів у інтегральний комплексний показник енергоефективності.

Рівень 3 – визначення масиву факторів впливу на рівень енергоефективності – визначення глобальних показників впливу факторів, ранжування факторів.

Рівень 4 – формування масиву індикаторів та визначення їх відносних цінностей в формуванні факторів (рівень 3).

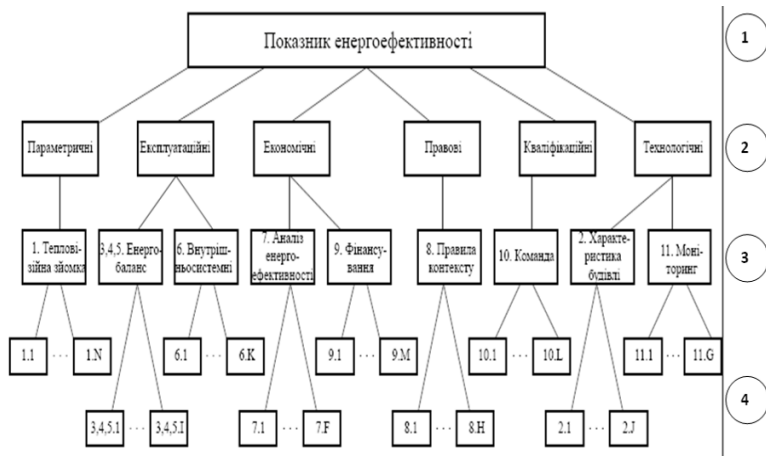


Рис.3.10. Ієрархічна форма системи оцінки енергоефективності об'єкту

Ієрархічну 4-х рівневу модель оцінки енергоефективності можна представити у вигляді 2-х підсистем, кожна з яких має свої окремі функції, а саме: підсистема 1 - ранжування факторів (рівень 4, рівень 3) та підсистема 2 - визначення комплексного показника енергоефективності (рівень 2, рівень 1).

Підсистема 2 призначена для визначення комплексного показника енергоефективності на основі інформації підсистеми 1, в якій проводиться побудова когнітивної карти (модуль когнітивного моделювання). Особливістю масивів даних для аналізу і прийняття рішень є те, що весь масив факторів є якісно різномірним за своїм змістом, а також те, що набір критеріїв і відповідних їм індикаторів не структурований як за рівнем впливу так і за якісними характеристиками, які можуть представляти різного роду параметричні технічні оцінки, економічні показники, якісні характеристики тощо (див. табл. 1.1 та 3.2).

Процес ранжування факторів доцільно проводити за схемою, представленою на рис. 3.11. Багатошарова модель представляє собою декомпозицію задачі визначення ваги

факторів з врахуванням їх внутрішньої структури – наборів індикаторів.

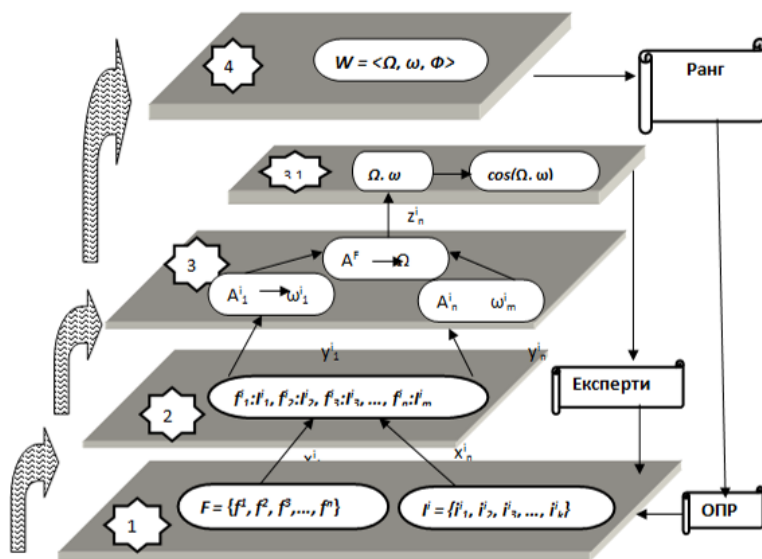


Рис.3.11. Багатошарова модель ранжування факторів оцінки енергоефективності

На першому рівні моделі формуються масиви факторів $F = \{f^1, \dots, f^m\}$ та масиви індикаторів, які характерні для об'єкту дослідження $I = \{I^1, \dots, I^k\}$. Формування масивів та індикаторів проводиться двома групами користувачів – інженером із знань (експертом, експертами) та ОПР.

На другому рівні визначаються критеріальні набори, які характеризують окремі фактори відповідними їм індикаторами $f^i : I^i = \{i^1, \dots, i^k\}$. При цьому в межах кожного окремого фактору набір індикаторів має якісно однорідні показники, які формуються на основі груп факторів. В залежності від характеристики групи фактор може характеризуватися наборами індикаторів які мають результати вимірювань, так і індикаторами, визначеними на основі експертних оцінок. В межах

кожного факторального набору $f^i : I^i = \{i_1^i, \dots, i_k^i\}$ ставиться задача визначення відносних цінностей індикаторів, які його формують. Мета цієї задачі – визначення ваг впливу $\{\omega_1^i, \omega_2^i, \dots, \omega_k^i\}$ їх на елементи наступних рівнів ієрархії. Реалізацію доцільно проводити за методикою Сааті [115, 116] шляхом попарного порівняння індикаторів за відповідною шкалою. Таким чином, для кожного окремого фактору f^i із набору $F = \{f^1, \dots, f^m\}$ буде сформована матриця попарних порівнянь $A^i = (a_{ij}^i)$ індикаторів $f^i : I^i = \{i_1^i, \dots, i_k^i\}$, на основі якої визначається їх вектор відносних цінностей.

На третьому рівні ієрархічної системи оцінювання інтегрального показника енергоефективності проводиться порівняння факторів $F = \{f^1, \dots, f^m\}$ та визначення їх ваг $\{\Omega^1, \Omega^2, \dots, \Omega^m\}$. Процедура побудови матриці попарних порівнянь характеризується тим, що факторальний набір $F = \{f^1, \dots, f^m\}$ включає в себе якісно різнорідні фактори, параметри яких можуть змінюватися залежно від об'єкту дослідження. Тому на даному етапі доцільно залучати для формування матриці $A^F = (a_{ij}^F)$ кваліфікованих експертів чи інженера зі знань з відповідною кваліфікацією.

Таким чином, після реалізації третього рівня системи отримуємо вектор показників $W(\Omega, \omega)$, який включає в себе оцінки факторів на основі визначення їх ваг $\{\Omega^1, \Omega^2, \dots, \Omega^m\}$ та оцінки індикаторів, які їх формують $\{\omega_1^i, \omega_2^i, \dots, \omega_k^i\}$:

$$W = \left[\begin{array}{c} \Omega^1 \begin{bmatrix} \omega_1^1 \\ \omega_2^1 \\ \dots \\ \omega_k^1 \end{bmatrix} \\ \Omega^2 \begin{bmatrix} \omega_1^2 \\ \omega_2^2 \\ \dots \\ \omega_l^2 \end{bmatrix} \\ \dots \\ \Omega^m \begin{bmatrix} \omega_1^m \\ \omega_2^m \\ \dots \\ \omega_z^m \end{bmatrix} \end{array} \right], \quad (3.26)$$

де k, l, \dots, z - кількість індикаторів, які формують відповідний фактор, причому $k \neq l \neq \dots \neq z$.

На останньому рівні ієрархії проводиться визначення інтегральних (глобальних) показників ваг факторів із врахуванням їх внутрішньої структури на основі визначення ваг відповідних індикаторів $W = \langle \Omega, \omega \rangle$. В роботі [152] визначення глобальних критеріїв на основі уточнення ваг їх внутрішньої структури проводиться за допомогою адитивної згортки виду

$$W_{(x_j)} = \sum_{i=1}^m \Omega^i \omega_{i(x_j)}^j, \quad j = \overline{1, n}, \quad (3.27)$$

де $x_i \in X$ – масив альтернатив вибору; $\omega_{i(x_j)}^j$ – ваги критеріїв, які формують альтернативи; Ω^i – ваги альтернатив, оцінені за методикою Сааті.

Методика оцінювання глобального критерію, як правило, проводиться в задачах багатокритеріальної оптимізації, за умови коли об'єкти дослідження описуються стандартизованими та однойменними критеріями. Характерною особливістю даного дослідження є саме різнокритеріальність – оцінка факторів

проводиться власними наборами індикаторів, які формуються в межах кожного фактору окремо - $f^i : I^i = \{i_1^i, \dots, i_k^i\}$. Тому для визначення глобального критерію запропонований новий підхід у використанні МАІ до приведеного випадку оцінювання глобального критерію.

Основна ідея побудови модифікованого методу МАІ базується на трьох проблемах:

1) формування узгоджених матриць попарних порівнянь індикаторів у окремих факторах $A^F = (a_{ij}^F)$;

2) формування узгодженої матриці порівнянь факторів $A(F) = (a_{ij}^F)$;

3) визначення глобального критерію на основі факторально-індикаторних оцінок.

Використання попарних порівнянь в МАІ дає змогу проводити коректне визначення ваг показників та проводити їх ранжування тільки за умови коли індекс узгодженості (ІУ) не перевищує 10% [152]. У випадку аналізу індикаторів та факторів які мають чисельні характеристики (технічні параметри, експериментальні дані, грошові оцінки тощо) проблема узгодженості порівнянь дещо знижується і значною мірою залежить від експертних оцінок при порівнянні непараметричних факторів. В таких випадках може статись, що отримані вектори відносних цінностей альтернатив чи вектори ваг (як індикаторів у факторах так і самих факторів) можуть мати значну міру неузгодженості в порівнянні з ідеальним експериментом.

В роботах [152, 153] міру неузгодженості пропонується оцінювати за допомогою порівняння абсолютно узгодженої матриці та отриманої експертними методами. При цьому абсолютно узгоджена матриця має жорстко пов'язані елементи і

для такої матриці виконується умова $\frac{a_{ij}}{a_{kj}} = const$ для всіх j .

Розглянемо матрицю попарних порівнянь $A^F = (a_{ij}^F)$. Рядки цієї матриці можна трактувати як вектори

$\vec{a} = (a_{i_1}, a_{i_2}, \dots, a_{i_n})$. Тоді для абсолютно узгодженої матриці вони повинні бути паралельними $\vec{a}_i \parallel \vec{a}_j$. Відповідно кут між векторами, а точніше косинус кута між векторами $\cos(\angle \vec{a}_i \vec{a}_j) = 1$. Тоді мірою узгодженості матриці попарних порівнянь крім традиційного індексу узгодженості [152] може виступати значення $\cos(\angle \vec{a}_i \vec{a}_j)$, величина якого вказує на те, якою є залежність між елементами матриці. Зменшення залежності елементів призводить до збільшення кута між векторами рядків матриці і відповідно до зменшення показника узгодженості.

Косинус кута між векторами визначається як:

$$\cos \alpha = \frac{\vec{a}_i \vec{a}_j}{|\vec{a}_i| \times |\vec{a}_j|} \text{ або } \cos \alpha = \frac{\langle \vec{a}_i \vec{a}_j \rangle}{\sqrt{\langle \vec{a}_i \vec{a}_i \rangle \langle \vec{a}_j \vec{a}_j \rangle}}, \quad (2.28)$$

де $\langle \vec{a}_i \vec{a}_i \rangle$ скалярний добуток векторів.

Для матриці попарних порівнянь $A^F = (a_{ij}^F)$ рівень узгодженості – косинус кута між векторами можна представити як:

$$IY^F = \cos \alpha = \frac{\sum_{k=1}^n a_{ik} a_{jk}}{\sqrt{\sum_{k=1}^n a_{ik}^2 \sum_{k=1}^n a_{jk}^2}}. \quad (3.29)$$

На її основі для кожної пари векторів попарних порівнянь отримуємо матрицю узгодженостей:

$$IY^F = \begin{pmatrix} 1 & iy_{12} & \dots & iy_{1n} \\ iy_{21} & 1 & \dots & iy_{2n} \\ \dots & \dots & 1 & \dots \\ iy_{n1} & iy_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix}. \quad (3.30)$$

Елементи матриці узгодженостей лежать в межах $0 \leq i y_{ij} \leq 1$ і показують ступінь узгодженості кожного парного порівняння до інших. Проміжним результатом оцінки елементів матриці (3.30) є можливість визначення мінімальних та максимальних узгоджень, їх ранжування, встановлення монотонних послідовностей, тощо. Таким чином, реалізація запропонованої методики дає змогу, незважаючи на достатньо велику розмірність масиву індикаторів в межах заданого фактору, проводити коректні попарні порівняння з досягненням заданого рівня узгодженості ($IY \leq 10\%$) та визначення відносних цінностей індикаторів $\{\omega_1^i, \omega_2^i, \dots, \omega_k^i\}$, яким можна довіряти. Аналогічну методику доцільно використовувати і для формування узгодженої матриці попарних порівнянь факторів $A(F) = (a_{ij}^F)$, на основі оцінки ступеню узгодженості якої визначаються відносні оцінки цінностей факторів на факторальному наборі $\{\Omega^1, \Omega^2, \dots, \Omega^m\}$. Таким чином, в результаті формується узагальнений вектор ваг $W(\Omega, \omega)$ виду (3.26).

Використання інформаційної системи аналізу енергоефективності значною мірою залежить від багатьох зовнішніх чинників, які пов'язані як з об'єктивними причинами, наприклад, кваліфікацією та іншими характеристиками експертів, ОПР, тощо, так і суб'єктивними чинниками – технічними параметрами об'єктів, зміною нормативних документів, тощо. Для реалізації поставленої задачі розроблений та апробований модуль ранжування факторів оцінки енергоефективності з врахуванням їх внутрішньої структури, характеристик та якості індикаторів, які їх формують. Для цього на основі методу аналізу ієрархій розроблена його модифікація, яка дозволяє проводити ранжування факторів аналізу енергоефективності шляхом підвищення рівня узгодженості експертних оцінок за рахунок корекції попарних порівнянь. Процедура корекції попарних порівнянь з метою досягнення прийнятного рівня узгодженості може проводитись в автоматичному та ітераційному режимах, а також за допомогою повторного експертного опитування.

Умова ітераційного корегування відповідає ситуації, коли вхідні дані про порівняння альтернатив достатньо

узгоджені, але існують порівняльні судження, які значно відрізняються від інших як за величиною так і за достовірністю. В усіх інших випадках, за умов значної неузгодженості матриці попарних порівнянь та при наявності суджень, які протирічать одне одному доцільно проводити повторне експертне оцінювання.

Рівень достовірності попарних суджень та їх порівняння по достовірності в роботі пропонується визначати на основі статистичного аналізу чисельних значень попарних порівнянь матриці, де для вибірки із $n(n-1)$ оцінок попарних порівнянь (без діагональних елементів) визначаються середнє значення оцінок та середньоквадратичне відхилення (СКВ) σ як міра розкиду узгодженості порівнянь. Схематично адаптивну процедуру корегування попарних порівнянь з метою підвищення рівня узгодженості представлено на рис.3.12.

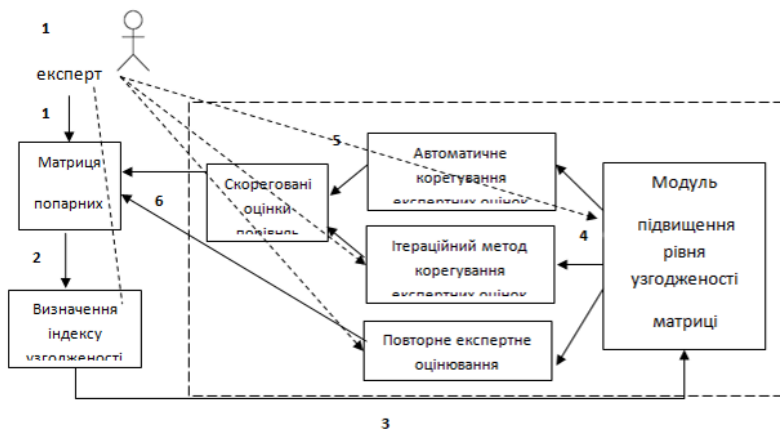


Рис. 3.12. Схема адаптивного підбору чисельних оцінок в матриці попарних порівнянь (пунктиром позначена участь експерта в процесі обробки матриці попарних порівнянь)

Реалізація пропонованого підходу включає в себе наступні послідовні кроки (див. рис. 3.12):

- 1) формування матриці попарних порівнянь;
- 2) визначення індексу узгодженості та необхідності його корегування;

- 3) за необхідності – передача значень експертних оцінок та розрахованого індексу на вхід модулю підвищення рівня узгодженості;
- 4) вибір алгоритму підбору коректних порівнянь;
- 5) корекція експертних оцінок;
- 6) перерозрахунок ваг факторів та визначення задовільного індексу узгодженості.

Алгоритм вибору методу корегування матриць представлений на рис. 3.13. Автоматична корекція має певні обмеження, пов'язані з ситуаціями, коли має місце низький рівень узгодженості і аналіз даних не дає корисної інформації [152]. Процес автоматичного корегування проводиться на основі порівняння функціоналу узгодженості Φ , розрахованого на основі матриці косинусів. Алгоритм автоматичної корекції приведений на рис. 3.14, а.

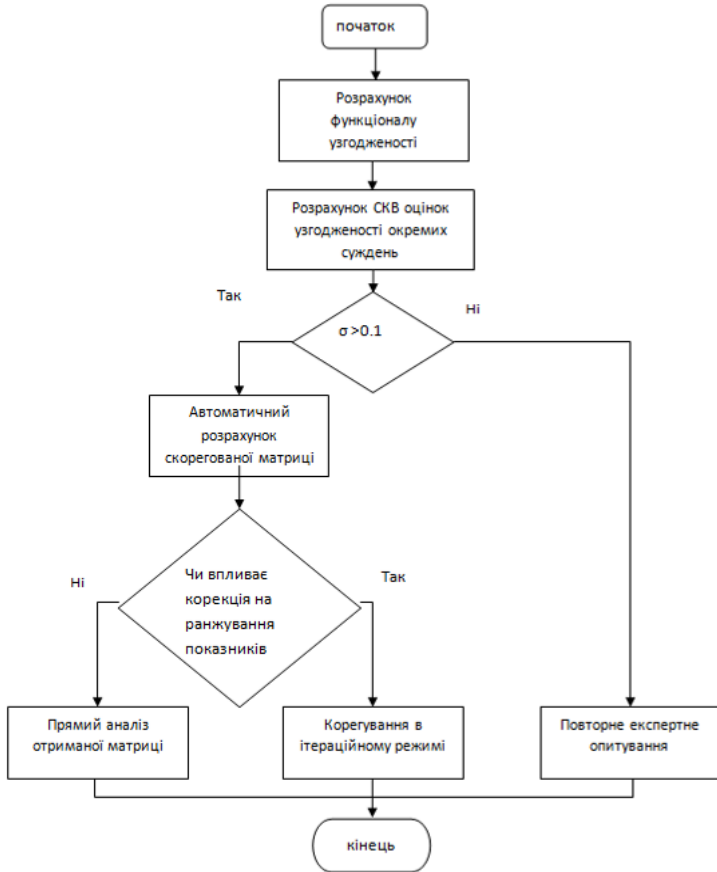


Рис. 3.13. Алгоритм вибору методу корегування в процесі підвищення ступеню узгодженості парних порівнянь

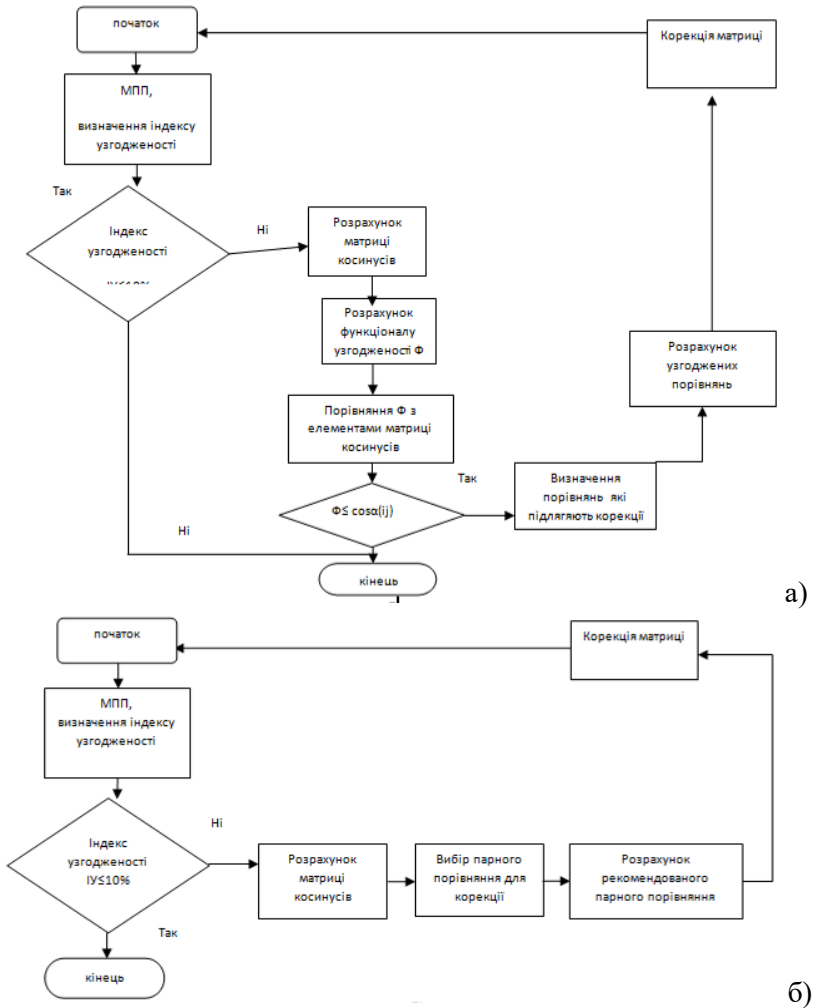


Рис. 3.14. Алгоритм корекції матриць:

- а) алгоритм автоматичної корекції матриці попарних порівнянь;
- б) алгоритм ітераційного процесу корекції матриці попарних порівнянь

Ітераційні процедури корекції доцільно використовувати за умов, коли має місце достатня узгодженість попарних порівнянь по більшості позицій матриці попарних порівнянь, є корисна інформація про ваги показників. При цьому перевагою

ітераційного методу є те, що процес корекції пов'язаний з однією із оцінок – як правило з елементом порівняння, який має найнижчий рівень узгодженості, і всі інші скореговані оцінки базуються на скорегованому первинному елементі [152, 154]. Алгоритм ітераційного процесу корекції матриці попарних порівнянь приведений на рис. 3.14, б.

Умова автоматичного корегування матриці попарних порівнянь відповідає ситуації, коли результат ранжування показників не змінюється при приведенні індексу узгодженості до прийняттого значення.

В роботі [152] на основі аналізу СКВ від індексу узгодженості для матриць різної розмірності встановлено, що ймовірність раціонального корегування матриці попарних порівнянь тим більша, чим більший розкид узгодженостей суджень, так як в цих випадках можна виділити максимально повязані оцінки експертів. За [152] зона раціонального корегування відповідає розподілу Парето. В матриці попарних порівнянь СКВ може приймати значення від 0 до 0,5. Згідно правилу Парето пропонується визначати нижню межу СКВ в межах 20% від максимального значення, тобто на рівні $0,5 \cdot 20\% = 0,1$. Таким чином матриці попарних порівнянь, для яких СВК оцінок узгодженості окремих суджень перевищують 0,1 ($\sigma > 0,1$) можуть бути скореговані представленими методами.

3.4. Формування інформаційного забезпечення системи тепловізійного моніторингу

В основі проектування ІВС лежить моделювання заданої предметної області. Для того щоб отримати раціональний проект ІВС у вигляді системи правильно працюючих програмних модулів, необхідно мати цілісне, системне уявлення моделей, які відображають всі аспекти функціонування майбутньої інформаційногокомплексу[155-157]. При цьому під моделлю предметної області розуміємо деяку систему, яка імітує структуру або функціонування досліджуваної проблеми і відповідає основній вимозі – бути адекватною цій галузі. Комплекс розроблених алгоритмів та методів оцінки стану

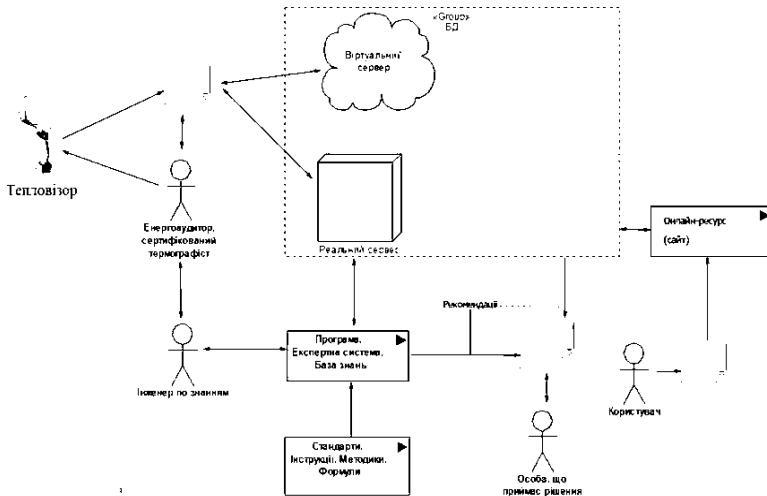
енергоефективності муніципальних об'єктів дає можливість проводити обґрунтований вибір напрямків реалізації заходів з енергозбереження.

Модель функціонування інформаційної експертно-аналітичної системи представлена на рис. 3.15. Вона представляє собою складну систему структурованого типу, в якій можна вирізняти декілька основних підсистем, а саме:

- користувачі системи, представлені на рис. 3.15, а як «Інженер по знанням», «Термографіст», «ОПР», «Сторонній користувач»;
- програмні засоби реалізації задач та отримання результатів, які представлені як «Експертна система». «Он-лайн ресурс»;
- технічні засоби комунікацій та доступу, представлені як «реальний сервер», «віртуальний сервер».

Користувачі системи якісно розподілені на виконання наступних функцій:

- початковий аналіз системи та формування масивів вхідної інформації;
- формулювання задач та груп експертів;
- сторонні особи, які мають обмежений доступ до інформації із системи.



а)

Рис. 3.15. Схема функціонування ІВС:

а) технічне та програмне забезпечення ІВС; б) алгоритм діагностування



б)

Рис. 3.15. Закінчення (див. також с. 160)

На етапі початкового аналізу проводиться термографічне знімання об'єкту та занесення даних термограм в базу даних експертної системи. Контроль за процесом термозйомки та занесенням даних, їх зберіганням на реальному чи віртуальному сервері здійснюється інженером із знань. Отримані вхідні дані потрапляють у інформаційну систему аналізу енергоефективності де проводиться їх обробка в модулі когнітивного моделювання та оцінки факторів. Результат гібридного когнітивного моделювання у графічному вигляді та у вигляді нечіткого логічного оцінювання є одним із результатів, який передається ОПР як рекомендації до вибору напрямку прийняття рішень в галузі енергозбереження. Додаткова можливість, яка може бути використана паралельно з когнітивним моделюванням, представляє собою процедуру оцінювання факторів у моделі визначення енергоефективності об'єктів.

Оцінка факторів представляє собою визначення їх ступеню впливу (ваги) при формування узагальненого (інтегрального) показника енергоефективності об'єкту з врахуванням внутрішньої структури фактору через оцінку ваг індикаторів, що його формують.

Особа, що приймає рішення, базуючись на стандартах, методиках, інструкціях та правилах енергоаудиту, формує перелік факторів, які впливають на визначення інтегрального показника енергоефективності. Поряд з цим, формується група експертів, які разом з ОПР визначають переліки індикаторів, які формують фактори впливу на енергоефективність. Реалізація задачі комплексного оцінювання та ранжування факторів на

основі їх внутрішньої структури реалізується в ПМ «Ранг» інформаційної системи і формується у вигляді чисельної ваги фактору впливу чи у вигляді ранжування факторів за силою впливу. Таким чином рекомендації ОПР формуються інформаційною системою у вигляді звітів двох видів:

- визначення комплексної інтегральної оцінки стану енергоефективності об'єкту чи об'єктів дослідження;
- оцінки ваги факторів, які впливають на інтегральну оцінку.

Крім того, за необхідністю та за запитом ОПР можлива деталізація останньої оцінки на рівні визначення ваг індикаторів, які формують вагу заданого фактору. Результати оцінки стану енергоефективності об'єктів зберігаються як на реальному сервері так і можуть бути доступні он-лайн сторонньому користувачеві, який має доступ до системи.

Основними засобами розробки підсистеми на початковому етапі є вибір серверу баз даних та мови реалізації програмного продукту [158, 159].

Сервер бази даних.

Для вибору бази даних розглянуті наступні сервера баз даних :

1. postgresQL;
2. oracle;
3. mySQL.

PostgreSQL - безкоштовний і разом з тим досить швидкий і потужний SQL сервер (СУБД). Багато сучасних дистрибутивів Linux включають в себе PostgreSQL. Запущений сервер PostgreSQL має змогу проводити управління великими масивами баз даних. Зазвичай, для кожного проекту або кожного користувача використовується окрема база даних. Проте використання PostgreSQL ускладнює перенесення бази даних з одного сервера на інший, оскільки цей сервер баз даних розроблявся для забезпечення роботи з даними, які займають великий обсяг і мають складну структуру. СУБД Oracle використовується в основному для управління базами даних зі складною структурою і великими розмірами. До того ж, СУБД цього типу не є вільно поширюваними [160, 161]. MySQL є

мережевий СУБД, і проектування БД необхідно проводити через термінал користувача. Редагування БД в даної СУБД здійснюється за допомогою SQL -запитів. Дана СУБД містить декілька видів таблиць, серед яких тільки за допомогою таблиць типу InnoDB можна організувати зв'язки між таблицями. Дана СУБД також містить безліч утиліт для збільшення продуктивності при редагуванні і пошуку даних БД. Основним недоліком даної СУБД є те, що неможливо здійснити перевірку даних (при накладених обмеженнях) на рівні СУБД. Таким чином оптимальним за параметрами швидкості, потужності, управління, тощо для реалізації поставлених завдань сервером баз даних обраний PostgreSQL.

Мова програмування.

Загальновідомо, що усі популярні мови можна поділити на універсальні й спеціалізовані. Універсальні мови використовуються для вирішення різних завдань. Спеціалізовані мови призначені для вирішення завдань одного, максимум кількох, видів завдань, наприклад, роботи з базами даних, web-програмування або написання скриптів для адміністрування операційних систем, їх можливо поділити на:

1. Мови для роботи з базами даних:

а) мови, що входять до складу промислових клієнт-серверних систем управління базами даних (PL-SQL в СУБД Oracle, Transact-SQL у Microsoft SQL Server);

б) мови як частини інших видів СУБД (Visual FoxPro, Microsoft Access, Paradox і т.п.).

2. Мови призначені для web-програмування:

а) мова, яка виконується на сервері, що підтримує Web-сайт (PHP, Perl, VBScript);

б) мова, яка виконується на браузері (програми перегляду) клієнта JavaScript, JScript, VBScript.

3. Мови для математичних розрахунків.

4. Мови для автоматизації роботи певних програмних продуктів (VBA в Microsoft Office).

5. Спеціалізовані мови інших видів.

До універсальних мов можна віднести мови Visual C++, Visual C++.Net, Visual C #.Net, Visual J#.Net, Java, Delphi, Borland C #, Borland C++ Builder. У професійному

програмуванні царюють такі мови як Java, C, C++, C#, VisualBasic, PHP, JavaScript.

Для розробки підсистеми управління проектами енергоощадності будівель в роботі пропонується використовувати мову об'єктно-орієнтовану мову програмуванняJava [162, 163].

Особливості реалізації проектів на Java:

- можливість запуску на різноманітних платформах;
- відсутність необхідності установки додатків;
- компактний код (для скорочення часу завантаження);
- вбудована підтримка безпеки додатків.

У ролі середовища розробки було обране середовище NetBeans. Дане середовище розробки призначена для написання і налагодження програм, написаних на Java. Вибір мови програмування обумовлений його функціональною повнотою та відповідністю для написання проектів, що взаємодіють з БД, зокрема PostgreSQL. Вибір СУБД ApacheDerбузумовлений тим, що програмний модуль «Ранг» отримує властивості як локального так і віддаленого зберігання даних. Крім того існує можливість вбудування його в програму додатки, а також дана СУБД підтримує роботу груп користувачів на сервері. При цьому також забезпечується синхронізація локальної та серверної БД. Робота з СУБД ApacheDerby організована на основі технології ORM (Object-relational mapping) з використанням бібліотеки OrmLite [75, 164]. Використання технології ORM забезпечує зручність адаптації програмного забезпечення до структурних змін в БД. Крім того є додаткова можливість збереження об'єктів БД у вигляді XML-файлів. З метою зберігання результатів оцінювання та формування засобів описання інформації про проведені ранжування розроблена та реалізована БД, яка використовується при оцінці енергоощадності будівель та проектів з їх реконструкції.

Канал передачі даних моніторингу в будівництві може бути одноразовим або багаторазовим (повторюваним або циклічним). Вимірювані і передані дані можуть бути представлені в аналоговій або цифровій формі. Ланцюг передачі даних може бути єдиним (провідник, оптоволоконна лінія та ін.), або вляти собою

сукупність модулів, які можуть вимагати при своєму стикуванні перетворення переданого сигналу (перекодування, посилення сигналу і ін.).

Моніторинг в будівництві може бути обмежений функціями вимірювання, передачі та накопичення оперативних даних, але може також включати в себе компоненту обробки даних для підготовки варіантів управлінського рішення. Такі оброблені дані можуть бути представлені особі, що приймає рішення, в наочній формі (наприклад, у вигляді мнемосхеми процесу) або у формі протоколу (тексти і специфікації на екрані монітора, контролера або стільникового телефону, роздруківка на принтері). Зворотній зв'язок в системі моніторингу в будівництві може здійснюватися через операторську станцію на базі персональної ЕОМ. Система діагностування в процесі визначення технічного стану об'єкта реалізує деякий алгоритм тестового або функціонального діагностування.

Таких процедур в базовому циклі три (рис. 3.15, б):

- процедура розпізнавання документованих даних (ДД);
- процедура обробки ДД;
- процедура зберігання ДД.

Названі процедури є сукупністю операцій з обробки ДД, орієнтованих на різні складові цих об'єктів обробки, і можуть бути використані при вирішенні таких завдань [165]:

1. Проведення розпізнавання нових видів даних при виникненні нових вимог з боку споживача документованих даних - в технологічних процедурах «Розпізнавання ДД» і «Обробка ДД».

2. Проведення аналітичних досліджень структурних елементів, наприклад бази даних інформаційно-аналітичної системи за технологічною процедурою «Зберігання ДД».

Результатом експериментальної перевірки є конкретні значення відповідних сигналів об'єкта у відповідних контрольних точках. Остаточний висновок про технічний стан об'єкта (діагноз) робиться в загальному випадку за сукупністю отриманих результатів експериментальних перевірок.

В результаті проведеної роботи було виконано наступне:

1. Вибрана мова програмування Java.
2. Вибране середовище для розробки NetBeans. NetBeans IDE - інтегрована середовище розробки написана мовою

Java. Програма NetBeans може працювати на платформах Windows, Linux, Mac OS і на інших платформах, які підтримують віртуальну машину Java (JVM), підтримує розробку на мовах програмування Java, C / C ++, PHP, Java Script та інші.

3. Розроблено та описано прототип підсистеми підтримки прийняття рішень для енергоефективності будівель муніципальної власності.

Таким чином, найбільш ефективним використання систем моніторингу може бути за умови інтеграції з іншими системами, зокрема системами білінгу енергопостачальних організацій, що значно спрощує виставлення рахунків та зменшує витрати робочого часу. Іншою необхідною опцією є можливість обміну інформацією між різними системами обліку та автоматизована система комерційного обліку електричної енергії (АСКОЕ), що можуть існувати в рамках одного муніципалітету, в тому числі встановлені різними компаніями. Вирішенням питань обміну інформацією є формування протоколів обміну, що дозволить сформувати єдине інформаційне поле та знизити витрати на впровадження зазначених систем і максимально використовувати вже встановлене обладнання.

Перспективою подальшого розвитку та функціонування подібних систем має стати формування загальнодержавного стандарту щодо обмін даними, що відкриває наступні перспективи:

- покращення конкуренції між різними системами моніторингу та спрощення переходу до більш функціональних;

- можливість проводити порівняння показників енергоспоживання різними муніципалітетами, в т.ч. для оцінки ефективності впровадження заходів;

- усунення людського фактору, зменшення помилок та покращення оперативності виставлення рахунків за енергоспоживання.

Далі проведемо вибір інтегрованого середовища та прототипу системи. Дане дослідження направлене на аналіз та обробку різнорідних даних щодо енергоефективності об'єктів

муніципальної власності, тому система повинна виконувати наступні завдання:

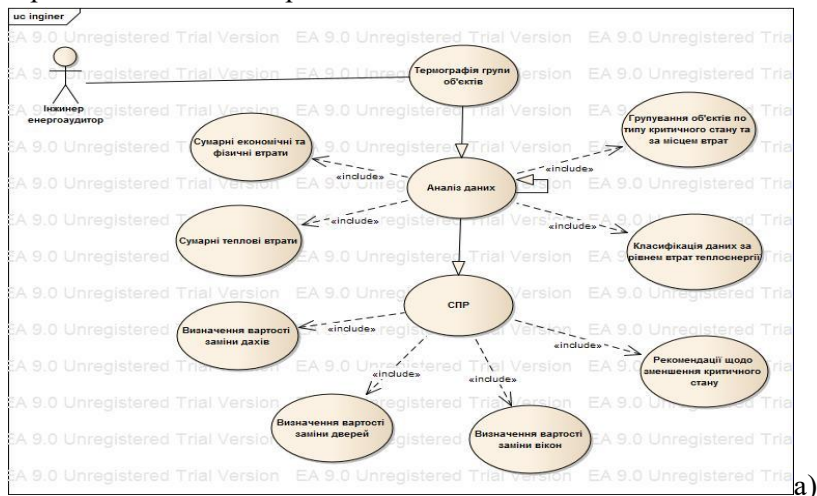
1. Аналіз результатів термографії об'єктів малоповерхового будівництва;
2. Визначення критичних станів об'єктів малоповерхового будівництва;
3. Групування та класифікація отриманих даних виходячи від величини втрат тепла;
4. Оцінку економічних та фізичних втрат;
5. Оцінку теплових втрат;
6. Оцінку вартості заходів щодо зменшення втрат;
7. Пропонування рекомендацій щодо вартості заходів, рівня критичності втрат тощо.

В системі виділені дві ролі: «Інженер енергоаудитор» та «Користувач (особа, яка ініціює прийняття рішень)». На рис 3.16, а зображена діаграма варіантів користування підсистемою для користувача класу «Інженер енергоаудитор». Інженер енергоаудитор з початку роботи в програмному модулі створює «нове дослідження», після цього переходить до «термографії об'єктів». На цьому етапі користувач може вибрати перелік об'єктів муніципальної власності, наприклад отримати дані про термографію всіх однотипних об'єктів (шкіл, ДНЗ, тощо) міста. Наступний етап - «Аналіз даних». На основі виконаних досліджень проведемо вибір інтегрованого середовища та прототипу інформаційно – вимірювальної системи для оцінки енергоощадності об'єктів та прийняття рішень щодо реконструкції будівель.

У обраній функції користувач має можливість проводити групування обраних об'єктів виходячи із заданого (наприклад, критичного) стану втрат згідно температури поверхні та місця втрат енергії. Також може бути проведена класифікація даних за запитом «місце втрати – величина втрати» для всіх обраних об'єктів.

Результат запиту може бути представлений у вигляді оцінки економічних, фізичних, теплових втрат, на основі чисельної оцінки яких, звернувшись до налаштування «СППР» отримати мотивовані та рекомендовані варіанти мінімізації втрат.

На рис. 3.16, б зображена діаграма варіантів користування системою для користувача класу «Користувач (особа, яка ініціює прийняття рішень)». «Користувач (особа, яка ініціює прийняття рішень)» з початку роботи в програмному модулі створює «нове дослідження», після цього переходить до «термографії об'єктів». На цьому етапі він може вибрати перелік об'єктів малоповерхової забудови, наприклад провести оцінку варіантів прийняття рішень на основі аналізу термографії та температури поверхні окремого об'єкту (будинку). Наступний етап - «Аналіз даних». У обраній функції користувач має можливість проводити групування обраних об'єктів за місцями втрат енергії, виходячи із заданого рівня (наприклад, критичного) втрат, згідно температурі поверхні. Також може бути проведена класифікація даних за запитом «місце втрати – величина втрати» для всіх елементів обраного об'єкту. Результат запиту може бути представлений у вигляді оцінки економічних, фізичних, теплових втрат, на основі чисельної оцінки яких, звернувшись до налаштування «СППР» отримати мотивовані варіанти мінімізації втрат.



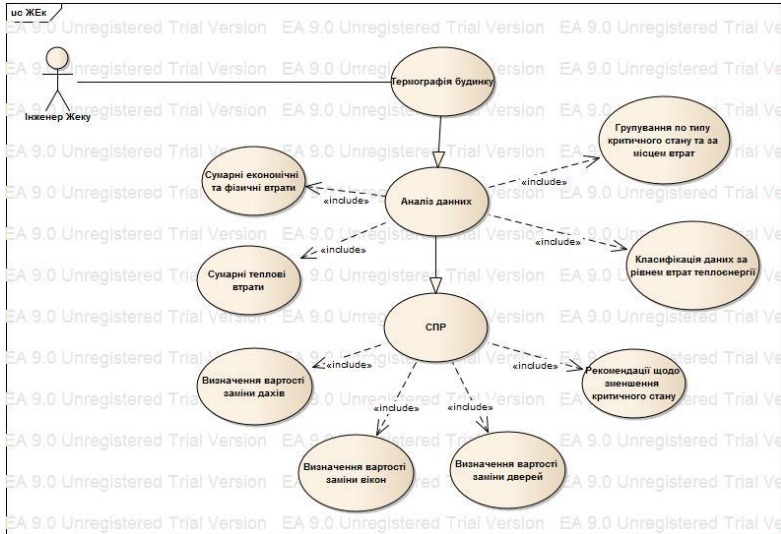


Рис. 3.16. Діаграма варіантів користування системою:
 а) для користувача класу «Інженер енергоаудитор»; б) для користувача класу «Користувач (особа, яка ініціює прийняття рішень)»

Діаграма послідовності відображає взаємодії об'єктів впорядкованих за часом. На діаграмі послідовностей показано у вигляді вертикальних ліній різні процеси або об'єкти, що існують одночасно. Надіслані повідомлення зображуються у вигляді горизонтальних ліній, в порядку відправлення. На рисунку 3.17 та 3.18 представлені діаграми послідовності основних задач підсистеми.

На рисунку 3.17 зображена послідовність дій виконання завдання «Термографія». На початковому етапі користувач вибирає тип об'єкту, тип муніципальної власності (МВ): школа, жила будівля, дитячий садок, тощо. Після цього з'являється прапорець вибору адреси, якщо користувач його активує то з'являється меню с адресами відповідно вибраного об'єкту МВ. Натиснувши кнопку «Термографія», користувачеві відображається результат термографії у вікні виводу.

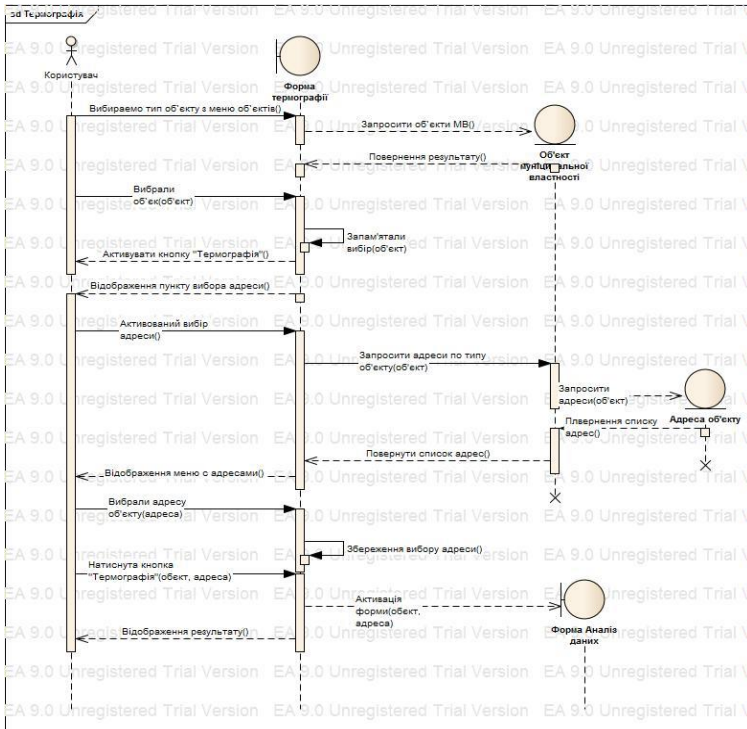


Рис. 3.17. Діаграма послідовності виконання задачі «Термографія»

На наступному етапі становиться активною форма «Аналіз даних» для подальших дій. На рисунку 3.18, а приведено діаграму послідовності на прикладі виконання задачі «Групування» на формі «Аналіз даних». Спочатку користувач обирає потрібну дію. Як приклад розглянута дія «Групування». Після вибору дії, користувач переходить до вибору стану втрат (критичний, задовільний, значний, незначний) та місця втрат (вікна, двері, дах) та виконує вказану дію («Виконати»). В процесі виконання цього завдання дані збираються з попередніх дій користувача, а також передаються на обробку в базі знань, яка групує вхідні дані виходячи з бази знань.

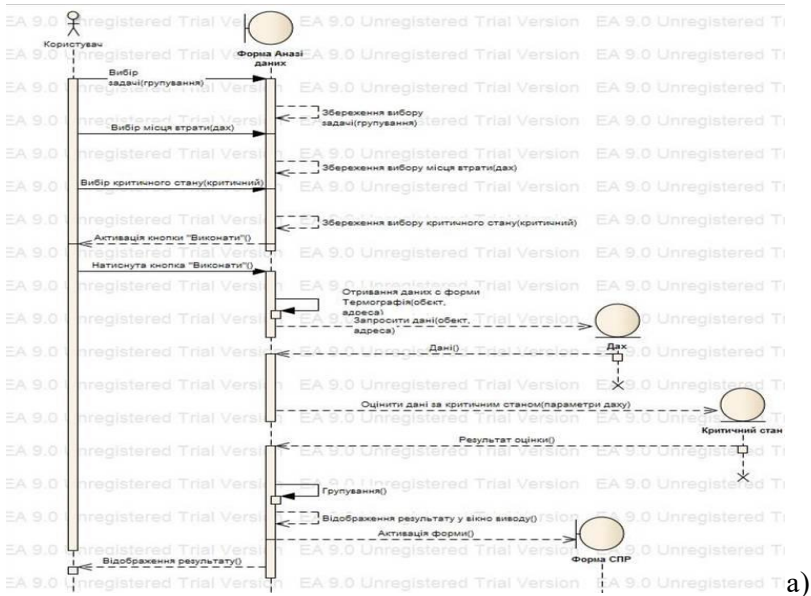


Рис. 3.18. Діаграма послідовності групування даних:
 а) «Групування» на формі «Аналіз даних»; б) «Оцінка вартості заміни даху» на формі «СПР»

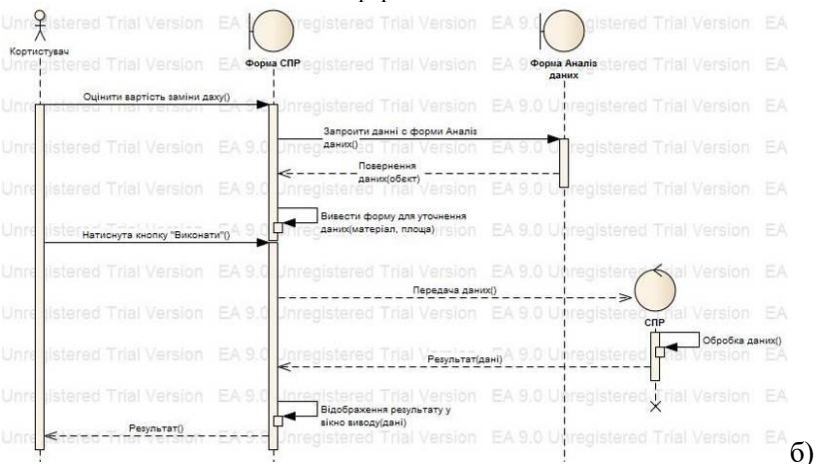


Рис. 3.18. Закінчення (див. також с. 170)

Після обробки даних результат виводиться у вікно виводу та становиться активною форма «СПР» для подальших дій. На

рисунку 3.18, б приведена діаграма послідовності на прикладі виконання задачі «Оцінка вартості заміни даху» на формі «СПР». Спочатку користувач вибирає задачу, в даному прикладі «Оцінка вартості заміни даху», та натискає на кнопку «Виконати». В процесі виконання цього завдання, дані збираються с попередніх дій користувача, а також передаються на обробку модулю «СПР», модуль «СПР» обробляє дані за допомогою баз знань. Після обробки даних результат виводиться у вікно виводу.

Діаграма діяльності в UML, це візуальне представлення графу діяльностей. Граф діяльностей є різновидом графу станів скінченного об'єкту, вершинами якого є певні дії, а переходи відбуваються по завершенню дій. На рисунку 3.19 приведені діаграми діяльності основних задач системи. На рисунку 3.19, а зображена діаграма діяльності задачі «Термографія». На початку діяльності задачі вибирається об'єкт аналізу, його адреса, після цього проводиться обробка даних та представлення результату користувачеві. На рисунку 3.19, б зображена діаграма діяльності однієї з задач блоку «Аналіз даних», групування. На діаграмі видно, що початковим етапом є вибір задачі, у наведеному прикладі це – групування. Наступний – вибір рівня оцінки втрат та місця втрат для обраного на першому етапі об'єкту (рис. 3.19, в). Після цього проводиться обробка вхідних даних та відображення результату користувачеві. На цьому діяльність задачі закінчується. На рисунку 3.19, в розглянемо діяльність блоку «СПР» на прикладі задачі «Розрахунок вартості заміни вікна». На початку діяльності проводиться вибір задачі, в нашому прикладі це – розрахунок вартості заміни вікна. Наступний крок - заповнення уточнюючих даних. Завершуючим станом є та обробка та представлення результату користувачеві.

Виходячи з аналізу та проектування СППР, структуру БД може бути спроектована наступним чином (рис. 3.20):

У базі даних програмної підсистеми міститься вся інформація щодо її об'єктів, а саме:

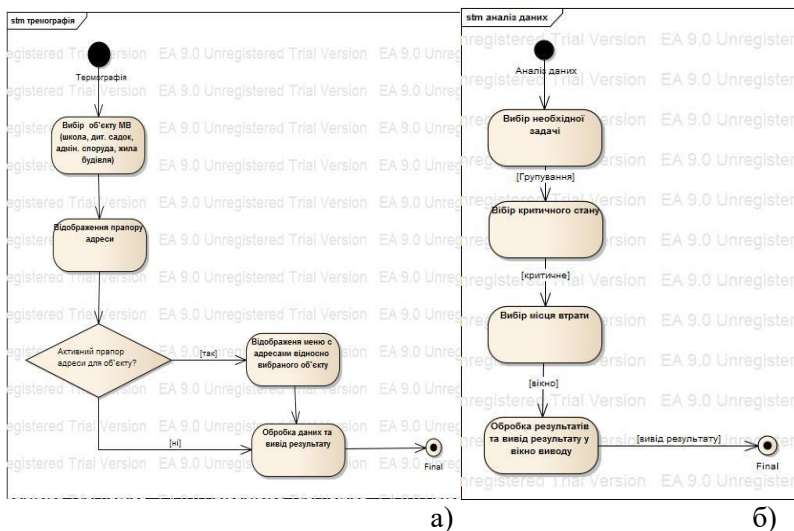
- про об'єкт муніципальної власності (школа, адмін. будівля, тощо);
- про основні джерела втрат тепла (вікна, двері, дах);

- дані для класифікацій втрат в основних джерелах (дах, вікна, стінах);

Зв'язок між таблицями визначений як «багато до багатьох».

На основі раніше визначених завдань був реалізований прототип ІВС. На рисунку 3.21, а зображене головне вікно прототипу. На першому етапі роботи з програмним модулем необхідно провести визначення термографії об'єкту, аналіз якого буде проведений у подальшому. На рис. 3.21, б приведені меню, у якому пропонується вибір об'єктів для аналізу термографії. Після вибору об'єкта, користувачеві пропонується вибір адреси відносно вибраного об'єкта (рис. 3.21, б).

Для уточнення адреси, якщо користувач хоче уточнити адресу будівлі необхідно виділити прапор вибору адреси, після чого активується меню зі списком адрес. Після чого користувач може виділити адресу для проведення аналізу термографії.



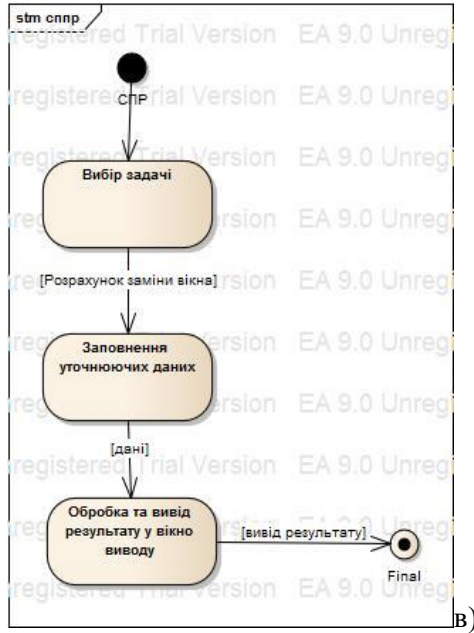


Рис. 3.19. Діаграма діяльності:

- а) діаграма діяльності задачі «Термографія»; б) діаграма діяльності «Аналіз даних»; в) діаграма діяльності «Вибір діяльності»

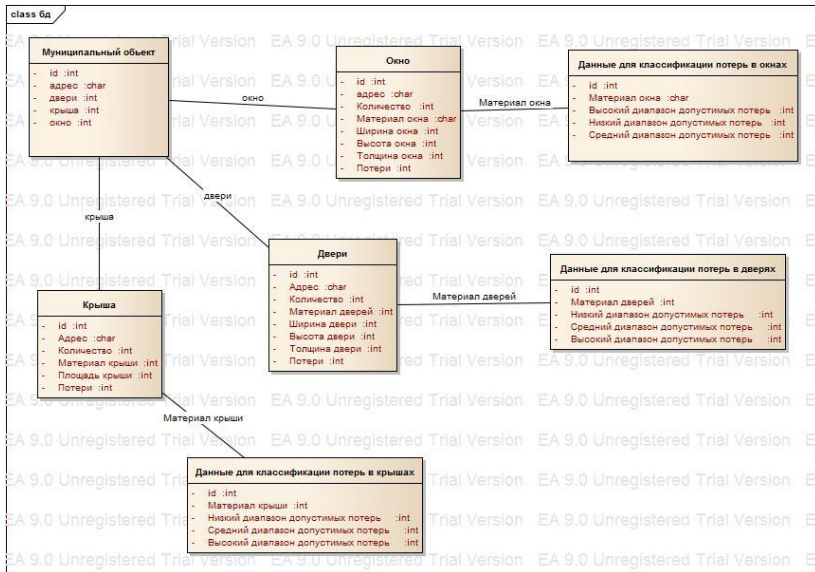


Рис. 3.20. Схема БД

Результатом вибору об'єкту термографії є відображення елементів об'єкта з їхніми втратами (рис. 3.21, в). На рисунку 3.21, в відображена таблиця з даними стосовно обраного об'єкту. Після проведення вибору об'єкту термографії користувач автоматично переходить на вкладку «Аналіз даних». Наступним кроком є проведення аналізу даних. На цьому етапі виводяться параметричні характеристики результатів термографії та пропонується вибір подальших дій (рис. 3.22).

До уваги користувача пропонуються наступні задачі:

- групування об'єктів за місцем втрат;
- класифікація даних;
- сумарні втрати тепла;
- економічні та фізичні збитки.

Розглянемо задачу групування за місцем втрати. Для цього виберемо задачу групування критичній стан, за яким проводимо групування та місце втрати, у результаті отримаємо таблицю з даними (рис. 3.22, б). На рисунку також зображена задача класифікації даних за місцем втрат від величини втрат.

В таблиці виводяться дані – місце втрати та величина втрати залежно від діапазону втрати. Діапазон втрати залежить від критично стану втрати тепла в елементах об'єкту. На рисунку 3.22, в зображена задача сумарні збитки тепла. В таблиці відображена сума всіх збитків по всім вікнам об'єкту. В таблиці відображено місце втрати, сумарні грошові втрати, та сумарна кількість вікон, елементів об'єкту.

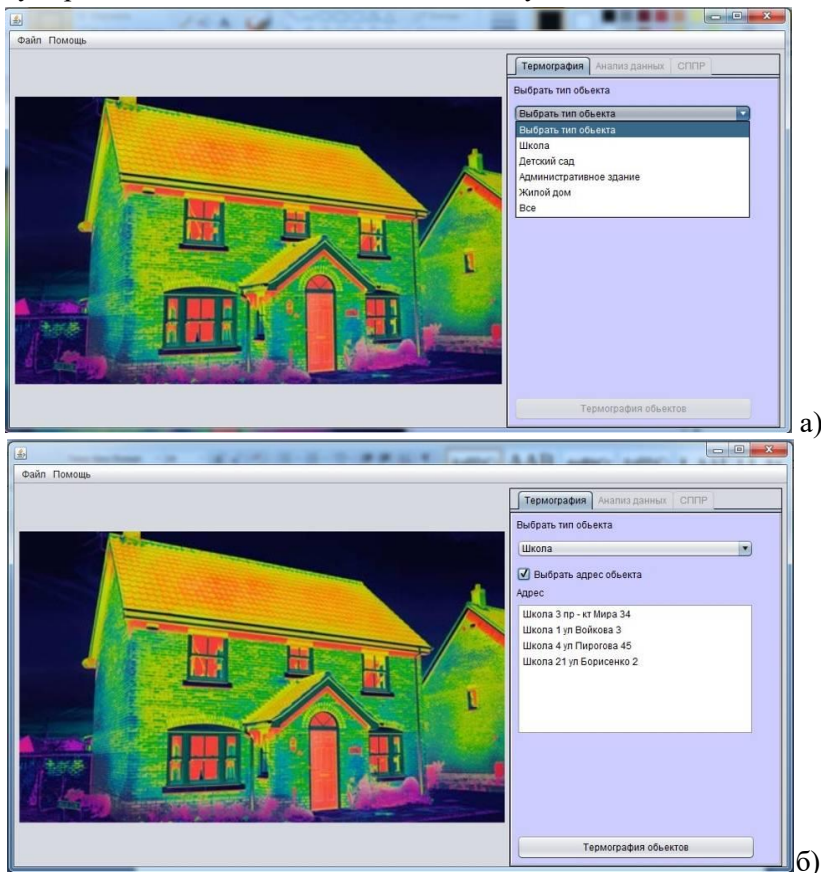
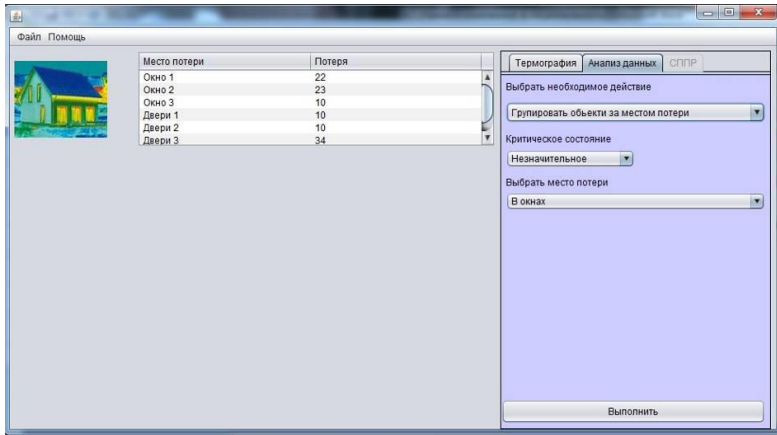
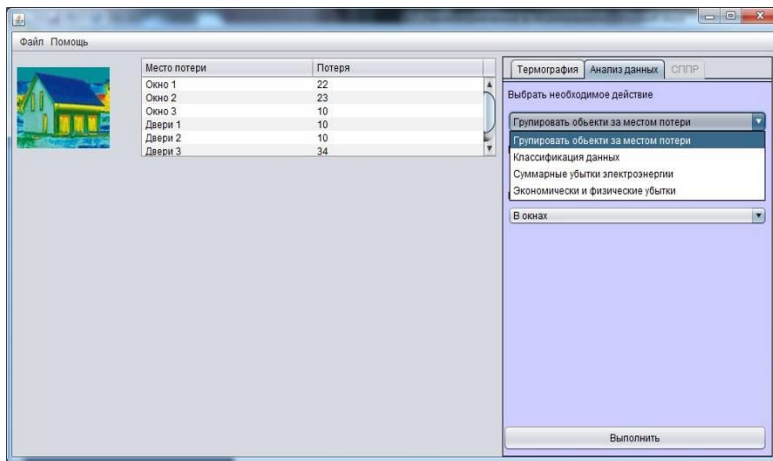


Рис. 3.21. Отримання параметричних характеристик аналізу:
 а) головне вікно прототипу; б) список адрес;
 в) вивід результату термографії



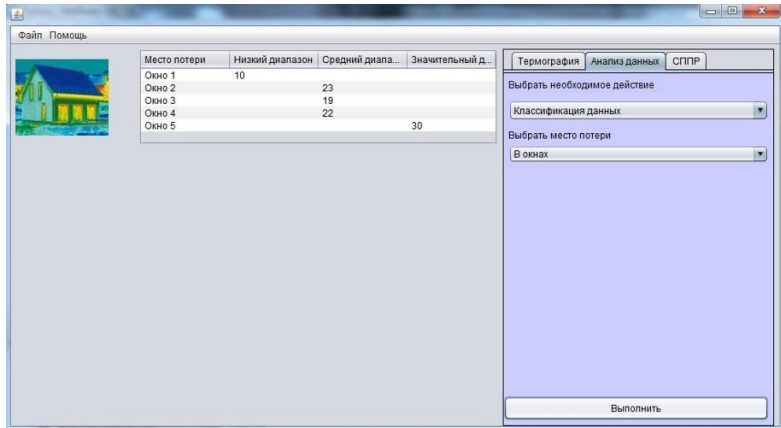
в)

Рис. 3.21. Закінчення (див. також с. 175)

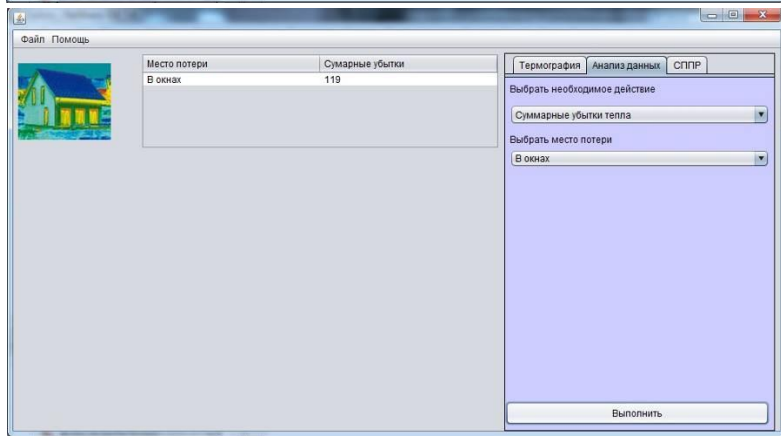


а)

Рис. 3.22. Групування та класифікація параметрів:
 а) вибір задач на етапі аналіз даних; б) задача «Класифікація даних»;
 в) задача «Сумарні збитки тепла»



б)



в)

Рис. 3.22. Закінчення (див. також с. 176)

Після того як проведено аналіз даних, користувачеві стає доступна можливість функція допомоги прийняття рішення щодо мінімізації втрат. На рисунку 3.23, а зображено вибір задач. Це є не повний вибір можливих задач, так як це прототип в майбутньому буде розширюватись список можливих задач.

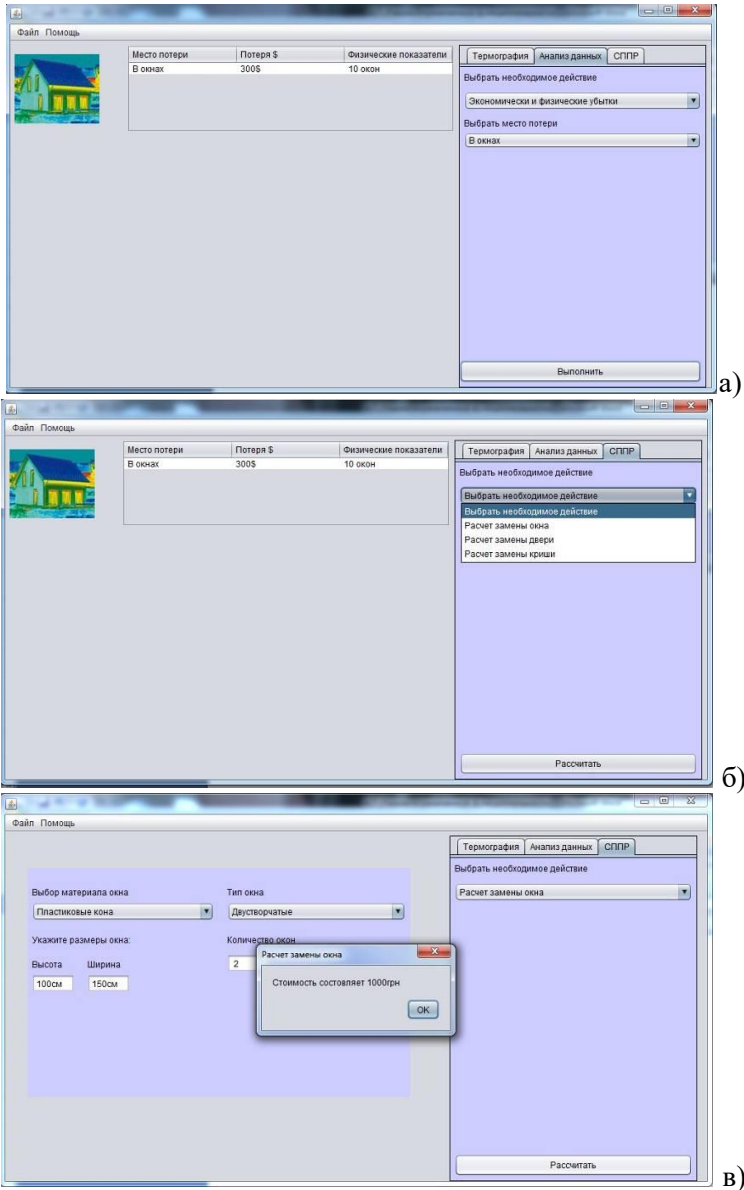


Рис.3.23. Приняття рішень для мінімізації енерговитрат:
 а) задача «Сумарні економічні та фізичні збитки»; б) задачі «Допомоги прийняття рішення»;в) задача «Розрахунок заміни вікна»

На рисунку 3.23, б зображена задача розрахунку вартості заміни вікна. На цьому етапі користувачеві пропонується вибратирозміри вікна, кількість вікон та тип вікна, після натискання кнопки «Розрахувати» буде відображення вартість заміни вікон (рис. 3.23, в).

Таким чином, в результаті проведених досліджень було розроблено та описано прототип підсистеми підтримки прийняття рішень для енергоефективності будівель муніципальної власності.

3.5. Створення програмних модулів інформаційної системи

На основі раніше визначеного прототипу структури, завдань та математичної формалізації задач, які пропонувані до реалізації, була розроблена інформаційна система аналізу енергоефективності муніципальних об'єктів на основі комплексного когнітивного моделювання (додаток А). Перед початком роботи з системою користувач чи ОПП повинен мати термограму об'єкту чи їх сукупності, яка повинна бути проаналізована. На рисунку 3.24 зображене головне вікно програми, яке включає в себе модулі:

- «Модуль заповнення даних»;
- «Модуль когнітивного моделювання»;
- «Модуль оцінки факторів».

Використання програми для оцінки стану енергоефективності об'єктів малоповерхової забудови проводиться поетапно у наступній послідовності:

- 1) формування масивів вхідних даних для аналізу;
- 2) вибір типу тепловтрат будівлі;
- 3) когнітивне моделювання;
- 4) оцінка енергоефективності.

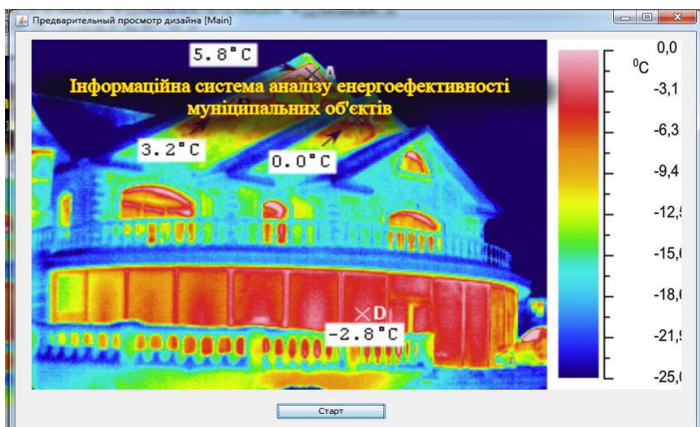
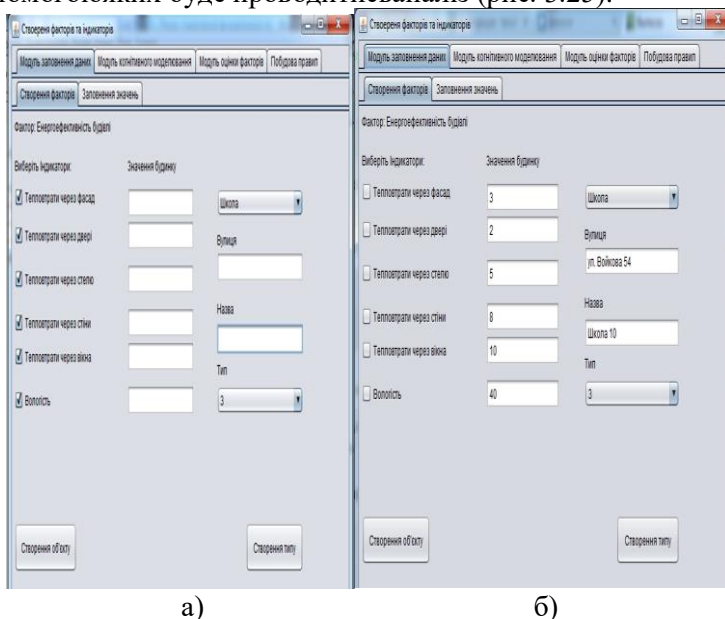


Рисунок 3.24. Головне вікно програми «Термографія»

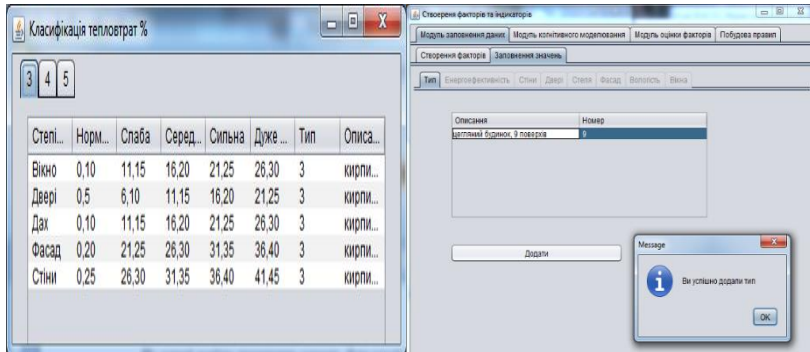
На першому етапі роботи з системою необхідно на основі термограми об'єкту аналізу визначити набір факторів, за допомогою яких буде проводитись аналіз (рис. 3.25).



а)

б)

Рис. 3.25. Вибір факторів для аналізу енергоефективності:
 а) фактори для аналізу; б) числові параметри; в) вікно типу теплозтрагбудівлі; г) додавання типу втраг



в)

г)

Рис. 3.25. Закінчення (див. також с. 180)

Перший етап – формування масиву даних - включає в себе наступні дії:

1. вибір факторів, за якими буде відбуватись аналіз енергоефективності та встановлення відповідних до них індикаторів (рис 3.25, а);

2. визначення числових параметрів вибраних факторів згідно термограми об'єкту аналізу та заповнення адреси та назви будівлі (рисунок 3.25, б);

В меню визначення факторів та індикаторів також відображається вікно вибору типів тепловтрат будівлі та їх детальна характеристика (рисунок 3.25, в). Якщо користувач не знайшов відповідний об'єкту чи запиту ОПП тип втрат, то він має можливість створити свій тип на вкладці «Заповнення значень» (рисунок 3.25, г).

3. після формування вимог до типів втрат проводиться деталізація значень факторів, які були попередньо вибрані в п.п. 1.4 та 3.1. Приклад форми для заповнення градацій факторів приведений на рисунку 3.26, а;

4. виконання всіх попередніх умов дає змогу створити об'єкт аналізу (рисунок 3.26, б) та перейти до наступного етапу.

Наступним етапом оцінки енергоефективності об'єкту є побудова когнітивної карти. Карта відображається виходячи з попередньо встановлених оцінок факторів, індикаторів та їх чисельних оцінок, а також стандартних тепловтрат об'єкту

аналізу та інших впливів на стан тепловтрат будівлі (рисунок 3.26, в).

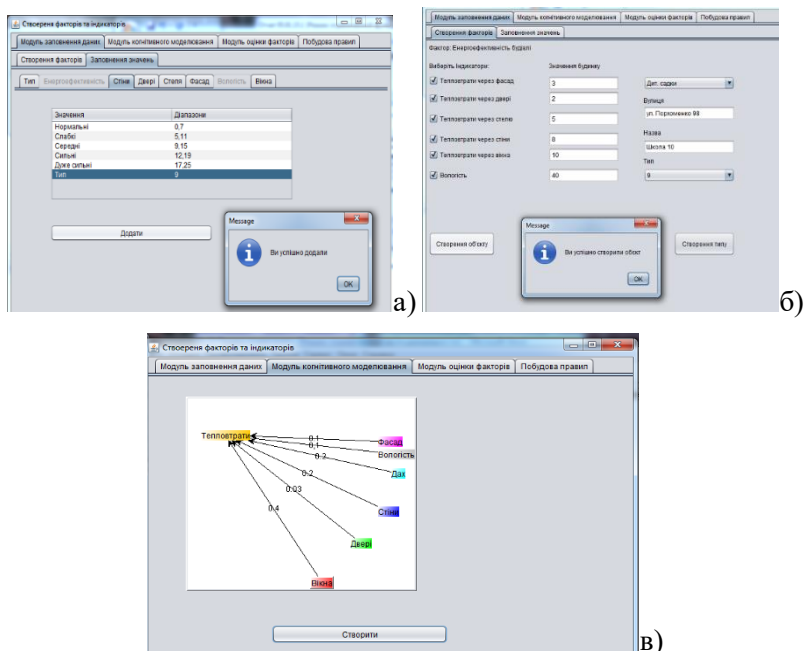


Рис. 3.26. Побудова когнітивної карти:

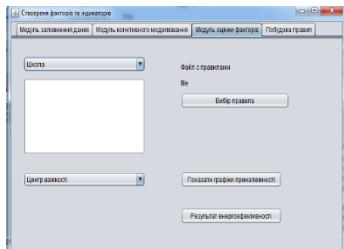
- а) форма заповнення градацій фактора вікна; б) додавання нового об'єкту аналізу; в) когнітивна карта оцінки енергоефективності об'єкту

Останій етапом дослідження енергоефективності є використання нечітких методів оцінювання станів об'єктів на основі когнітивного моделювання і представляє собою процедуру нечіткого оцінювання факторів. Інтерфейс модулю оцінки факторів приведений на рисунок 3.27, а. Процедура оцінювання включає в себе наступні дії:

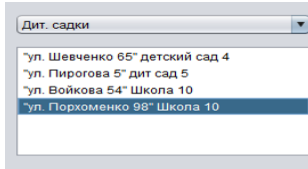
- 1) вибір типу об'єкту та його адреси (рисунок 3.27, б);
- 2) вибір типу дефазифікації результату (рисунок 3.27, в);
- 3) вибір файлу правил (рисунок 3.27, г).

Якщо файл, що відповідає вимогам ОПР, відсутній, то користувач може самостійно його створити за допомогою вкладки

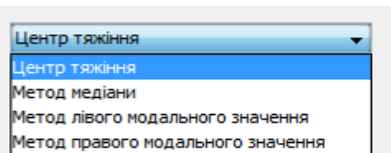
«Побудова правил» (рисунок 3.27, д), після чого вибратийого для використання.



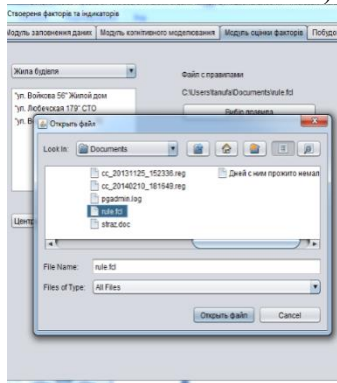
а)



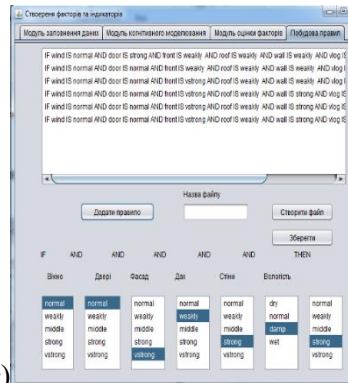
б)



в)



г)



д)

Рис. 3.27. Процедура нечіткого оцінювання:
а) модуль оцінки факторів; б) вибір типу муніципальної власності в) центр тяжіння; г) вибір файла з правилами; д) створення бази правил

Виконання всіх попередніх пунктів дає змогу провести побудову функцій приналежності згідно встановлених параметрів об'єктів та оцінених узагальнених ваг факторів з їх індикаторами на основі когнітивного моделювання (див. когнітивну карту, представлену на рисунку 3.26, в.

Узагальнена оцінка стану енергоефективності об'єкту аналізу проводиться за допомогою методики, описаної в п.3.4 і відображається в залежності від вибору методу дефазифікації, який встановлює користувач. Результат оцінки енергоефективності об'єкту за методом дефазифікації «центр

тяжіння (CenterofGravity)» приведений на рисунок 3.28, а. Представлене на рисунку 3.28, б чисельна оцінка «termo:-18,33» вказує на узагальнений рівень теплових втрат об'єкту за обраними факторами та відповідними їм індикаторами. Результат аналізу енергоефективності об'єкту проводиться на основі градацій тепловтрат та віднесення обраного об'єкту до відповідного класу.

Проектування архітектури програмного забезпечення для факторально-індикаторного аналізу відбувається наступним чином. Модуль ранжування факторів структурно є елементом інформаційної системи аналізу енергоефективності в частині підтримки управлінських рішень щодо проведення енергоефективних заходів. Так, основний модуль системи «гібридне когнітивне моделювання» дає змогу оцінити клас енергоефективності об'єкту чи групи об'єктів за рівнем втрат. Модуль ранжування факторів дає змогу визначити, згідно мотивованих та узгоджених суджень експертів, групи факторів за їх силою впливу на формування визначеного рівня енергоефективності (див. Додаток Б).

Основними вимогами, які висуваються до модулю «Ранг» є (рис. 3.29):

1. Представлення експертних оцінок суджень у логічній формі, у вигляді списків елементів порівняння з відображенням їх властивостей у чисельній формі.

2. Відображення отриманих коректних результатів порівняння факторів та їх рагів (ваг) у процесі формування управлінських рішень.

3. Використання алгоритмічних методів формалізації.

4. Наявність модулів логічного виводу отриманих рішень.

Реалізація приведених вимог повинна базуватись на принципах структурно-функціонального підходу в процесі створення програмного модулю ранжування факторів впливу на енергоефективність.

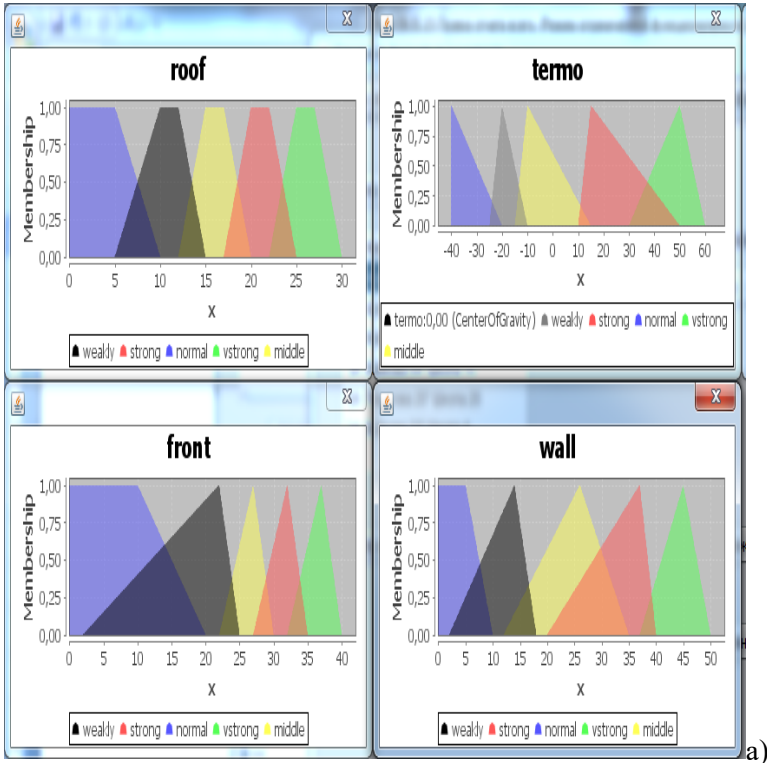
Основні задачі, які висуваються до проектного модулю ранжування факторів:

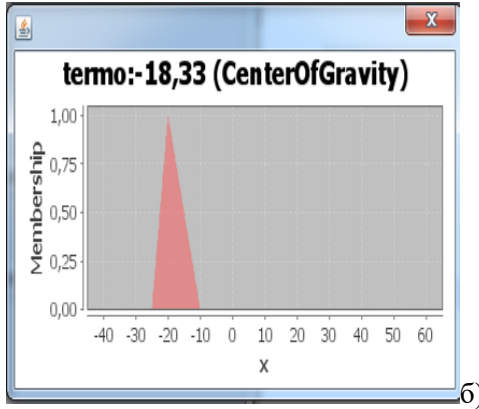
1. Побудова ієрархії, за якою проводиться визначення параметрів факторів та проводиться обробка інформації.

2. Оцінка достовірності значень експертних оцінок та їх класифікація за розрахованими критеріями якості.

3. Підтримка адаптивного методу вибору та реалізації оптимального алгоритму корегування кількісних оцінок парних порівнянь.

4. Формування звіту за результатами ранжування та його інтеграція в ІС оцінки енергоефективності.

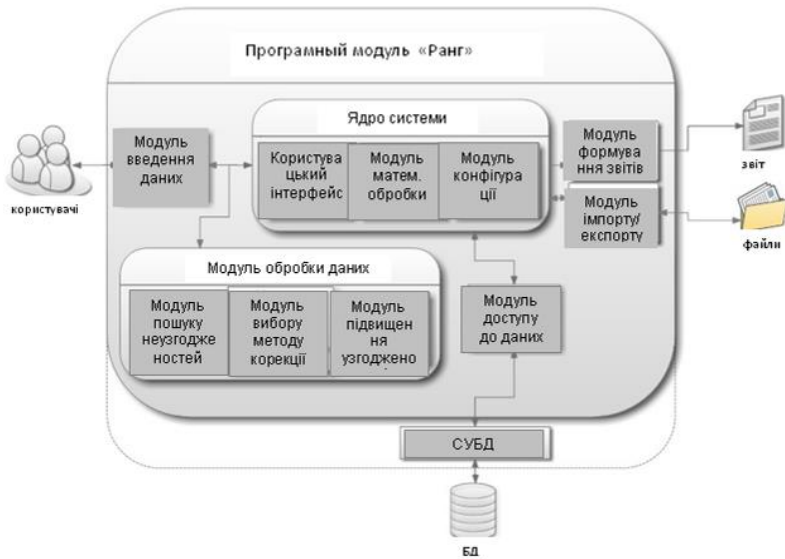




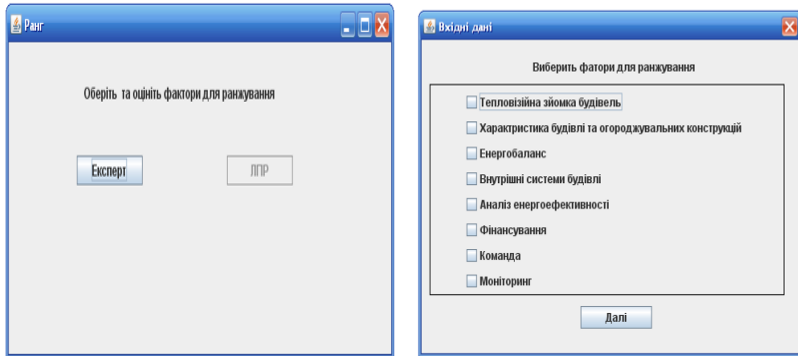
б)

Рис. 3.28. Результати:

- а) моделювання графіки функцій приналежності;
- б) результати нечіткого оцінювання енергоефективності будівлі



а)



б)

в)

Рис. 3.29. Програмний модуль «Ранг»:
 а) структура програмного модулю «Ранг»; б) головне вікно ПІМ «Ранг»;
 в) вибір факторів для ранжування

Основні функції програмного модулю «Ранг» та його взаємодії з користувачами приведені на рис. 3.29, а. Особливістю такої взаємодії є те, що ОПР має доступ до всіх функцій модулю, а експерт тільки до процедури попарного порівняння альтернатив.

Програмний модуль повинен давати можливість декомпозиції задачі у вигляді ієрархії, порівняння елементів ієрархії, ідентифікацію на основі функціоналу Φ суджень, які недостатньо узгоджені, автоматичного, ітераційного чи повторного експертного корегування матриць попарних порівнянь та отримання масиву ранжованих факторів для підтримки та уточнення управлінських рішень по енергоефективності.

З врахуванням особливостей задачі ранжування факторів впливу на показники енергоефективності, та необхідністю за запитом ОПР врахування структури факторів шляхом оцінювання ваг індикаторів, що їх формують, розроблений інтерфейс програмного додатку, головне вікно якого представлено на рис. 3.29, б, в. Програмне забезпечення, написане на Java, компілюється і транслюється в спеціальний байт-код, призначений для віртуальних Java-машин (JVM) різних комп'ютерних архітектур, що забезпечує мобільність розробленого ПЗ

відсерверної архітектури і персональних комп'ютерів до мобільних пристроїв. Крім того вибірковою програмування Java знімає питання про вибір операційної системи, так як мова програмування Java є кросплатформною і має можливість запуску на практично всіх операційних системах.

Згідно з вимог, розроблюване програмне забезпечення повинно функціонувати як локально так і через мережу інтернет, максимально просто бути встановленим на клієнтському комп'ютері. Тому в якості СУБД для інформаційної частини та зберігання структур даних запропонована СУБД ApacheDerby[160], яка может поставлятися як в серверному виконанні так і у вбудованому вигляді. Тому програмне забезпечення автоматично може працювати як з локальною базою даних, вбудованою в програму, так і підтримувати зв'язок з віддаленою БД.

Сутність «MAIPROCESSTABLE» описує процес виконання задач зважування та ранжування, формалізованих за допомогою MAI. Передбачається, що кожен процес визначення ваги (рангу) складається з поставленої мети (сутність «PROBLEMTABLE»), критеріїв або факторів (сутність «CRITERYTABLE») і індикаторів (сутність «DECISIONTABLE»). Сутність «PROCESSCRITERYBUNDLETABLE» забезпечує зв'язок процесів і критеріїв (факторів) для повторного використання набору факторів з іншим набором індикаторів. Для організації інтерфейсу користувача при побудові ієрархії створена сутність категорій задач «CATEGORYTABLE». Сутності «CRITERYCOMPARISONTABLE» і «DECISIONCOMPARISONTABLE» виконують функції зберігання оцінок за критеріями (факторами) та індикаторами.

Такий набір сутностей дозволяє проводити створення, зберігання, редагування та аналіз рішень, виконаних на базі модифікованого методу аналізу ієрархій.

Програма проектувалась за допомогою принципів розділення даних та їх представлення. Структура програми складається з двох модулів Core і GUI (Graphic user interface). Модуль Core відповідає за

виконання функцій програми, модуль GUI забезпечує відображення інформації і дає можливість взаємодії з нею. Структура модулю Core представлена на рис.3.30, а.

Як видно, модуль складається з класів MathPart та Rang.

Клас

MathPart виконує основні функції які забезпечують розрахунок основних параметрів та показників. Клас Rang проводить ранжування параметрів факторів та побудову поточних вагів для кожного фактора з урахуванням їх індикаторів. Структура модулю GUI представлена на рис.3.30, б.

Найбільш важливим алгоритмом в програмі є алгоритм коректування матриці попарних порівнянь для підвищення рівня узгодженості експертних оцінок, що підвищує рівень достовірності вагів та, відповідно, рангів факторів оцінки енергоефективності, та алгоритм корекції оціночних суджень експертів за одним із пропонуванних методів на основі визначення функціоналу Φ .

Дані алгоритми дозволяють виявити неузгодженість або помилку введення даних, а також розрахувати додаткові величини які можуть бути допоміжними величинами для ОПР в формуванні процедур аналізу енергоефективності.

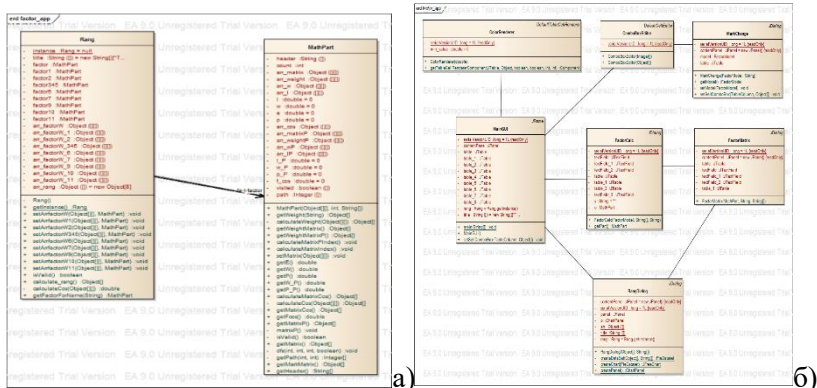


Рис. 3.30. Структура модулей «Ранг»:

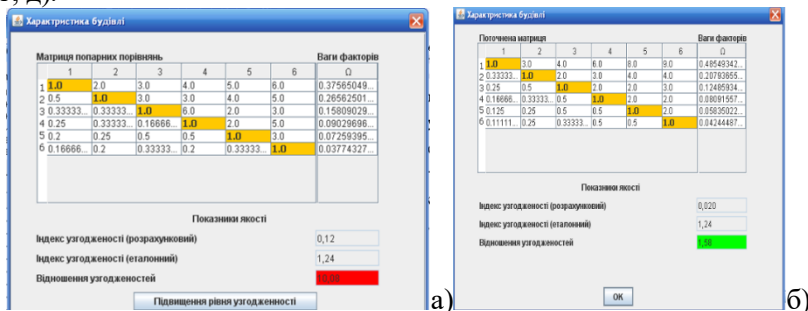
а) структура модуля Core ПМ «Ранг»;

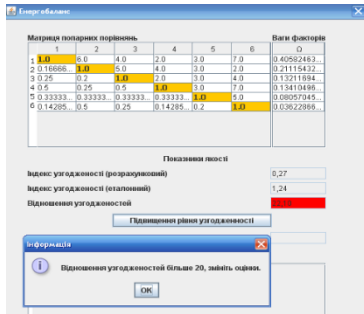
б) пакет графічного інтерфейса ПМ «Ранг»

На етапі проведення експертного оцінювання та формування на його основі матриць попарних порівнянь можливі випадки, коли судження експертів припускають логічні помилки і як наслідок – матриці попарних порівнянь є неузгодженими. Для усунення вказаних проблем призначені інструменти виявлення неузгоджених порівнянь, їх корекції та підвищення рівня узгодженості.

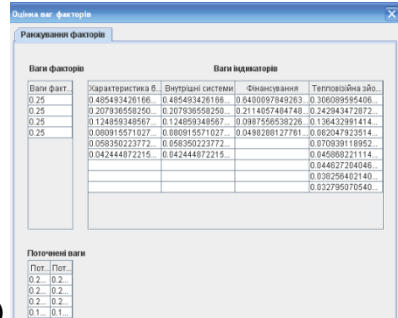
В залежності від початкових значень індексу узгодженості ОПР може обирати автоматичну чи ітераційну процедуру переоцінювання порівнянь (рис. 3.31). На рис. 3.31 а,б приведені матриці попарних порівнянь з недостатньо узгодженими порівняннями ($I_U=10,08\%$) та скоректованими судженнями експертів ($I_U=1,58\%$). Якщо пошук порівнянь проведено некоректно, та зміна факторів до припустимого рівня проводиться у автоматичному режимі.

У випадку значної неузгодженості ($>20\%$) система пропонує провести повторні попарні порівняння (рис. 3.31, в). По закінченню та корекції всіх матриць попарних порівнянь програмний модуль формує звіт у чисельному вигляді чи у вигляді секторальних діаграм з оцінкою ваги факторів (рис. 3.31, г, д).

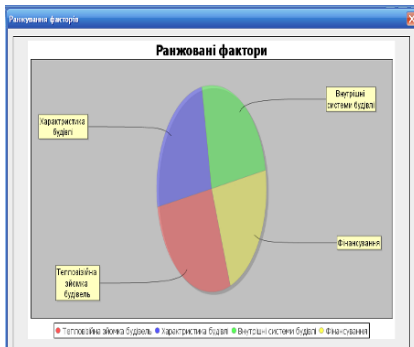




В)



Г)



Д)

Рис. 3.31. Результати ранжування факторів : а), б), в) матриці парних порівнянь до корекції; г) до підкорекції

Крім того в системі передбачена можливість створення звіту, який відображає послідовність, проміжкові та кінцеві результати оцінки ваг факторів та індикаторів з подальшим їх роздрукуванням чи експортом у файл.

Висновки до розділу 3

1. Проведено формалізацію процесу моніторингу створюваної інформаційно – виміральної системи та визначено базові суб'єкти та об'єкти ІВС. Виконаний однопараметричний аналіз критеріїв ефективності параметрів ІВС, де кожному фактору в залежності від його важливості конкретному критерію відповідає визначене число балів від 0 до 10. В результаті матричного аналізу критеріїв ефективності визначено, що найбільш впливовими факторами на ІВС є

кількість інформації та об'єм оперативної пам'яті коефіцієнтом 8,42.

2. Розроблена чотирирівнева система представлення знань та на її основі з врахуванням експериментальних даних створена модель візуально – об'єктного представлення знань, яка є інтерфейсом між людським досвідом накопиченим в процесі рішення поставленої задачі і машинною формою подання знань. При цьому можливість інтерпретації синтезованих моделей в ПЕОМ досягнуто на основі методів трансляції моделей в форматovanу базу знань з отриманням необхідних проектних рішень.

3. Встановлено, що для проведення експертного оцінювання показників енергоощадності об'єктів ефективно використовувати методикку аналізу ієрархій, яка дає можливість проводити узгодженість оцінок експертів і приймати раціональні проектні рішення щодо реконструкції муніципальних об'єктів і споруд.

4. На основі підходів нечіткого моделювання здійснено оцінку впливу факторів, що визначають енергоощадність будівель за індикаторами, які являють собою параметричні показники, що чисельно описують значення факторів. Відношення впливу дозволяє виявити причини досягнутого рівня того чи іншого фактора і оцінити важливість тієї чи іншої причини його появи. Результатом такого дослідження є комплексна когнітивна карта, яка показує взаємозв'язок між параметрами ІВС.

5. Проведено модифікацію методу аналізу ієрархій для оцінки рівня енергоефективності на основі критеріїв та індикаторів тепловізного обстеження, яка заключається в тому, що в методі запроновано мірою узгодженості матриць попарних порівнянь крім традиційного індексу використовувати значення косинусу кута попарних векторів, величина якого показує ступінь залежності між елементами матриці.

6. Розроблено комплекс алгоритмів вибору методу коригування процесу підвищення ступеню узгодженості і формалізовану методикку формування чисельних оцінок в матриці попарних порівнянь. Визначено, що для побудови

когнітивної карти оцінки впливу факторів, їх ранжування та формування на їх основі комплексного показника енергоефективності об'єкту в розроблюваній інформаційній системі значною мірою впливають набір факторів оцінки та їх внутрішня структура.

7. Визначено технічне та програмне забезпечення функціонування ІВС. Встановлено, що для створення інформаційного забезпечення інформаційної системи слід обрати середовище NetBeans з мовою програмування Java. Програма NetBeans може працювати на платформах Windows, Linux, Mac OS і на інших платформах, які підтримують розробку ІВС на мовах програмування Java, C / C + +, PHP, JavaScript та інших.

8. Проведено вибір інтегрованого середовища та прототипу інформаційної системи для двох варіантів користування класу «Інженер – енергоаудитор» та класу «Користувач». Створено діаграми послідовності виконання поставлених завдань, де результат запиту може бути представлений у вигляді оцінки фізичних та теплових втрат, а також звернувшись до меню СППР можливо отримати рекомендації щодо мінімізації енерговитрат.

9. Створено структуру програмного модулю інформаційної системи «Термографія». Аналіз роботи системи показав, що програма дозволяє формувати набір факторів та їх індикаторів, і на їх основі будувати когнітивну карту для оцінки енергоефективності об'єкту досліджень. Узагальнена оцінка енергоефективності проводиться за методом дефазифікації «центр тяжіння» з чисельною оцінкою «termo-18.3», що вказує на узагальнений рівень теплових витрат за обраними факторами та відповідними їм індикаторами, що дозволяє віднести об'єкт досліджень до відповідного класу енергоощадності.

10. Створено архітектуру програмного забезпечення для факторіально – індикаторного аналізу «Ранг», яка дає можливість визначити відповідно мотивованих та узгоджених суджень експертів групи факторів та силу їх впливу на формування визначеного рівня енергоефективності. Найбільш вагомим модулем програми є алгоритм коригування матриці попарних

порівнянь, який дає можливість підвищити рівень узгодженості експертних оцінок, достовірності вагових коефіцієнтів та відповідно ранги факторів оцінки енергоефективності.

РОЗДІЛ 4. ЗБІР ТА ОБРОБКА ДАНИХ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ МАЛОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ

4.1. Вибір даних для побудови інформаційно-вимірjuвальної системи

Вибір вхідних параметрів для моніторингу будівель складається з чотирьох блоків, котрі в свою чергу розділяються на підпункти, які більш детально характеризують дані які необхідні для розрахунку проекту. При цьому збір та обробка інформації для моніторингу є складною задачею. З рисунку 4.1 видно, що параметри для розрахунку надходять з 4 оточуючих підсистем. Проектувальнику необхідно бути ознайомленим із змінами параметрів у часі і постійно їх коригувати для точного розрахунку, і саме від цього залежить адекватність моніторингу.



Рис. 4.1. Схема збору та обробки даних для моніторингу

Загальновідомо, що найбільш жорсткі вимоги щодо ефективного використання теплової енергії пред'являються до житлових та муніципальних будівель[31, 166-169]. Для цього, з 1

липня 2013р. введені в дії зміни до ДБН В.2.6-31:2006, що стосуються змін кліматичних зон України (рис. 4.2, а), підвищення теплової ізоляції будівель (додаток В) та опору теплопередачі огорожувальних конструкцій для скорочення теплових втрат [170-173].

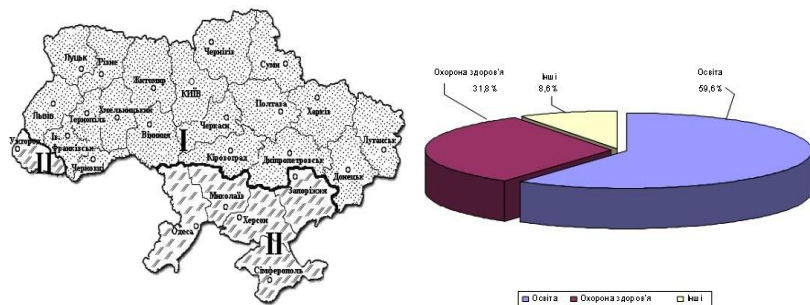


Рис. 4.2. Результати споживання енергії в Україні та м.Чернівці:

а) температурні зони України; б) споживання енергії закладами та установами бюджетної сфери м. Чернівців

Бюджетна сфера м. Чернівці включає в себе установи (заклади) освіти, охорони здоров'я та інші установи (установи культури, спорту і туризму, органи міських та районних рад і т.д.), які в багатьох випадках розташовані в малоповерхових будівлях. Найбільше енергоресурсів споживають заклади управління освіти (дошкільні навчальні заклади, школи) – 60% від загальної кількості споживання бюджетною сферою. Заклади охорони здоров'я споживають – 31,8 % , рис. 4.2, б). Значна частка побудованих на даний момент будівель характеризується вкрай низьким рівнем теплозахисту, а отже, неприпустимо високими витратами тепла на підтримання необхідних параметрів мікроклімату. Серед основних причин малої енергоефективності будівель - низький рівень термоопору основних будівельних конструкцій [81, 82]. Рішення проблеми розробки та впровадження алгоритму ефективного моніторингу функціональних будівельних систем, має будуватися з використанням наступних кроків [174-177]:

1) визначення масиву даних, які обумовлюють ефективне функціонування будівлі, споруди;

2) розробка системи збору та обробки первинної та вторинної інформації;

3) визначення періодичності збору даних для різних інформаційних категорій;

4) розробка кінцевого кількості показників та індикаторів;

5) інтерпретація результатів моніторингу;

6) додання результатами моніторингу прикладного характеру для розробки управлінських рішень.

Згідно зарубіжному досвіду, найважливішим, якщо не основним, інструментальним методом енергетичних обстежень в будівництві є інфрачервона (ІЧ) тепловізійна діагностика, доповнена виміром потужності теплового потоку, напрямку і швидкості руху повітря, а також ряду інших параметрів. Обстеження будівель зводиться до визначення дефектів будівництва за аномаліями теплових полів [178, 179]. При проведенні обстежень з застосуванням інфрачервоної камери можна виділити 2 основних етапи:

1. Підготовка та проведення тепловізійної зйомки зі збором всієї необхідної супутньої інформації;

2. Обробка результатів: якісний і кількісний аналіз.

Перший етап детально викладено в методиках і полягає вреєстрації температурно-вологісних показників оточуючих конструкцію середовищ та інших умов проведення обстеження. Другий етап включає проведення двох послідовних стадій: якісного та кількісного аналізу. Якісний (попередній) аналіз термограм полягає в аналізі температурних аномалій і розробці попереднього висновку про стан контрольованого об'єкта або його частини. Кількісний аналіз полягає у комп'ютерній обробці термограм і вирішенні зворотної задачі нестационарної теплопередачі в багатопарової тривимірної області з відповідними граничними і початковими умовами з подальшим визначенням приведенного опору теплопередачі обстежуваного об'єкта та його окремих елементів. В результаті кількісного аналізу також проводиться фіксування дефектних зон зовнішньої оболонки будівлі [180-185].

Фундаментальним поняттям теплового контролю (ТК) є температурний сигнал, який визначається як різниця температур в

досліджуваній точці i в зоні, прийнятої за бездефектну: $\Delta T(x, y, \tau) = T(x, y, \tau) - T_{\delta\delta}(x, y, \tau)$ (в англomовній літературі для позначення ΔT часто використовують некоректний термін «температурний контраст»). При цьому теплопередача крізь стіну може розглядатись стаціонарною або нестаціонарною [22, 186, 187]. Стаціонарність є обов'язковою умовою якщо використовуються формули, рекомендовані зарубіжними стандартами, тоді щільність теплового потоку крізь огорожуючі конструкцію складає:

$$Q_{cur_av} = Q_{cur_ref} \frac{T_{outav}^w - T_{out}^{air}}{T_{outref}^w - T_{out}^{air}}, \quad (4.1)$$

де Q_{cur_ref} – це наявне значення щільності теплового потоку у вибраній еталонній точці на внутрішній поверхні стіни; $T_{outref}^w - T_{out}^{air}$ – різниця температур зовнішньої поверхні стін у еталонній точці та зовнішнього повітря; T_{outav}^w – середня температура зовнішньої стіни, розрахована шляхом усереднення результатів тепловізійної зйомки.

Приймається, що за рахунок лінійного характеру теплопередачі щільність потужності теплового потоку у різних точках пропорційна різниці температур зовнішньої стіни та зовнішнього повітря. При цих розрахунках не розглядаються тепловтрати за рахунок вентиляції.

Рівняння (4.1) дозволяє перетворити звичайну термограму зовнішньої стіни у зображення з калібруванням потужності теплового потоку. Тоді загальні тепловтрати можливо оцінити формулою:

$$W = Q_{cur_ref} \tau S \frac{T_{outav}^w - T_{out}^{air}}{T_{outref}^w - T_{out}^{air}} \frac{T_{air}^{in} - T_{air}^{out}}{T_{airnorm}^{in} - T_{airnorm}^{out}}, \quad (4.2)$$

де S – область, у якій здійснено усереднення результатів тепловізійних замірів.

Величина Q_{cur_ref} залежить від опору теплопередачі стіни, а інші параметри коректують тепловтрати по всій

поверхні огорожувальної конструкції згідно нормативам [171, 172, 188].

Розглянемо стаціонарну теплопередачу через плоску стінку (рис. 4.3, а), оскільки відповідні завдання виникають при тепловізійній діагностиці огорожувальних конструкцій будівель і споруд, а також димових труб.

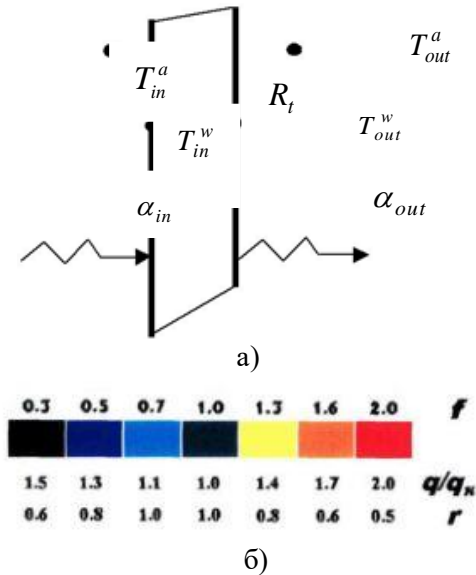


Рис. 4.3. Термографічні вимірювання:

а) теплопередача теплопровідністю через плоску стінку; б) шкала значень

$f(t)$ та відповідних величин термічного опору r ($\text{м}^2\text{С}/\text{Ккал}$)

і відносної щільності теплового потоку $q/q_{\text{норм}}$.

Розглянемо плоску стінку, що розділяє два середовища з різною температурою T_{in}^a і T_{out}^a (рис.4.3, а), теплообмін на поверхнях пластини характеризується коефіцієнтами α_{in} і α_{out} . Одношарова пластина має термічний опір $R_t = L/\lambda$

багат шарова - $R_t = \sum_{i=1}^N L_i / \lambda_i$. Тепловий потік крізь стінку дорівнює:

$$Q = \frac{T_{in}^w - T_{out}^w}{R_t}, \text{ або } Q = \frac{T_{in}^a - T_{out}^a}{R}, \quad (4.3)$$

де $R = 1/\alpha_{in} + R_t + 1/\alpha_{out}$ - повний тепловий опір стінки з урахуванням опорів прикордонних шарів, що залежать від відповідних коефіцієнтів теплообміну.

Це визначення відповідає тепловізійній діагностиці якості теплоізоляції димових труб або огорожувальних конструкцій будівельних споруд. При цьому за допомогою тепловізора вимірюють температурне поле на зовнішній поверхні ствола труби (стіни будівлі) T_{out}^w і за його амплітудою або текстурі судять про наявність прихованих дефектах і оцінюють їх параметри. Визначення термічного опору стінки являє собою типову зворотну задачу технічної діагностики. Для визначення теплотехнічних параметрів досліджуваних будівель використовується відносна характеристика теплообміну між поверхнею стіни і зовнішнім середовищем $f(t)$, яка дорівнює відношенню різниці температури поверхні конструкції і повітря для базового ділянки:

$$f(t) = [T(O,t) - T_b(t)] / [T^{\sigma}(O,t) - T_b(t)]. \quad (4.4)$$

Це характеристика еквівалентна співвідношенню для значень термодинамічної температури за умови рівності коефіцієнтів теплового випромінювання та лінійності апаратурного перетворення радіаційної температури. При рівності коефіцієнтів теплообміну (K) для обох точок поверхні характеристика $f(t)$ дорівнює відношенню густини теплових потоків в цих точках. Відповідно, при лінійного зв'язку термодинамічної температури і яскравості на тепловому знімку (J): $T(O,t) = aJ(t) + b; T_b(t) = a + J_b(t) + b$, і параметр

$f(t)$ безпосередньо виражається через відповідні значення яскравості:

$$f(t) = [J(t) - J_{\mathcal{B}}(t)] / [J^{\bar{0}}(t) - J_{\mathcal{B}}(t)]. \quad (4.5)$$

Теплове зображення поверхні конструкції потрібно відкоригувати на геометричні викривлення і на показниках від найближчих об'єктів, які беруть участь в теплообміні випромінюванням і, в тій чи іншій мірі, закривають небо і поверхню землі. По тепловому зображенню розраховується «зображення» $f(t)$ (масив значень $f(t)$) окремо для всіх ділянок поверхні конструкції з різко несхожими значеннями коефіцієнта теплообміну і коефіцієнта випромінювання.

Залежність температури атмосферного повітря від часу апроксимується виразом: $T_{\mathcal{B}}(t) = T_{\mathcal{B}}(O) + \sum_{m=1}^M \{\alpha_m \sin(m\omega t) + \beta_m \cos(m\omega t)\}$,

де коефіцієнти $T_{\mathcal{B}}(O)$, α_m і β_m обчислюються за значеннями $T_{\mathcal{B}}(t)$. Залежність температури зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції від часу в цьому випадку буде визначатися виразом:

$$T(O, t) = T_{\mathcal{B}}(t) + [T_s - T_{\mathcal{B}}(t)] / (K_r + 1) + Z(t, r, K), \quad (4.6)$$

де $Z(t, r, K)$ - коефіцієнт залежності добутку щільності речовини оболонки будинку на його теплоємність – pC .

За даними опорних вимірів в базових точках можна визначити (оцінити) значення коефіцієнта теплообміну $K^{\bar{0}} = q^{\bar{0}} / [T^{\bar{0}}(O, t) - T_{\mathcal{B}}(t)]$ і визначити (оцінити) термічне опір r по формулі (4.6), знаючи виміряне значення $T^{\bar{0}}(O, t)$, $T_s^{\bar{0}}$.

Якщо неможливо виміряти $T_s^{\bar{0}}$, то в якості базових вибираються візуально нормальні (без видимих дефектів) зони огорожувальної конструкції, які характеризуються найбільш представницькими середніми значеннями яскравості на тепловому знімку. Для таких зон величини r і pC покладаються відповідно проектним.

Подальша обробка здійснюється за масивом значень (зображенню) $f(t)$. Припускаємо, що відмінність $f(t)$ визначає зміну температури внутрішньої поверхні конструкції T_s , тоді:

$$T_s - T_s^{\bar{0}} = [f(t) - 1]S(t), \quad S(t) = [T^{\bar{0}}(O, t) - T_{\theta}(t)](K^{\bar{0}}r^{\bar{0}} + 1). \quad (4.7)$$

Побудоване «зображення» (масив) $\{T_s - T_s^{\bar{0}}\}$ характеризуватиме зміну температури внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, яка може бути визнана відповідним дійсності на основі апріорних (у тому числі модельних) уявлень. Будемо позначати різницю температури внутрішньої поверхні захисної конструкції імовірно відповідної дійсності - ΔT_s . Розрахунки і конкретна практика показують, що величина $f(t)$ слабо залежить від зміни температури внутрішньої поверхні стіни. Проте, висока точність вимірювань і обчислення величини $f(t)$ в «вдалий» час дозволяють фіксувати зміну температури внутрішньої поверхні стіни порядку 1°K . Шкала значень теплотехнічних характеристик, визначених величиною $f(t)$ має змінну характеристику (рис. 4.3, б). Так, наприклад, наведена шкала значень r при $f(t) > 1$ дана з урахуванням можливої зміни K в діапазоні від 10 до 20 $\text{Вт}/\text{м}^2\text{K}$, а шкала значень $q_{cp} / q_{cp}^{\text{норм}}$ в області $f(t) < 1$ дана виходячи з того, що зменшення $f(t)$ пов'язане зі зростанням K через тріщини, пористості і вологості зовнішнього шару стіни, а також викликаним ними зменшенням термічного опору таким чином: $r=1,0; 0,8; 0,6 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{K}$ для $f(t) = 0,7; 0,5; 0,3$.

Величина $f(t)$ найбільш сильно залежить від термічного опору поверхневого шару. Відповідно зміна $f(t)$ через зміну K - в 20 разів менше. Зміна величини добутку щільності матеріалу шару на його теплоємність ρC на $1 \cdot 10^6 \text{ Дж}/\text{м}^3\text{K}$ призводить до зміни значення $f(t)$ приблизно на 0,4.

Як правило, при обстеженні будівель впливом можливої зміни величини pC можна знехтувати. Величина $f(t)$ в різних зонах оболонки будівлі може бути як більше, так і менше одиниці. Область значень $f(t)$, більше одиниці, при обліку можливого зменшення K та збільшення Ts , відповідає зменшенню термічного опору шару. Значення $f(t)$, менші одиниці, при обліку можливого зменшення Ts , (і можливого збільшення r), як правило пов'язані з істотним зростанням K і зменшенням $T(O, t)$ крізь тріщини, пористості, вологості шару і пов'язаним з ними зменшенням термічного опору і збільшення відносних теплових втрат.

4.2. Проведення моніторингу енергоощадності будівель м. Чернігова за допомогою розробленої ІВС

При виконанні даної наукової роботи реєстрація теплових полів (в натурних умовах) по обстежуваним поверхням зовнішніх огорожувальних конструкцій здійснювалася за допомогою інфрачервоної камери в зимовий та осінньо-весняний періоди 2014-2015 року. Об'єктом дослідження були різні будівлі м. Чернігова (див. додаток Г), зокрема Чернігівський національний технологічний університет (ЧНТУ) (рис. 4.4, а).



а)



б)

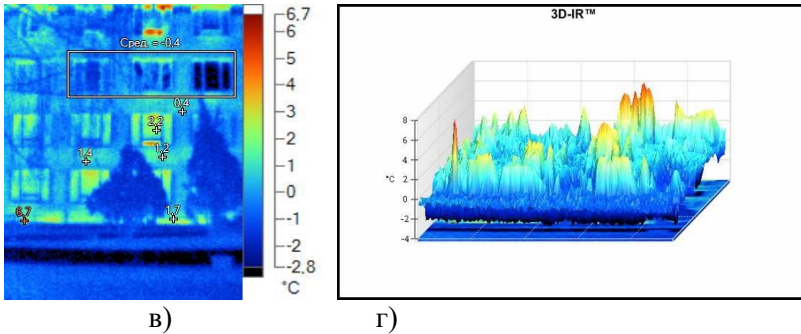


Рис. 4.4. Термографічна зйомка
 Чернігівського Національного технологічного університету
 у м.Чернігові, вул. Шевченко, 95, 20.02.2014 9:28:34:
 а) фасад ЧНТУ; б) тепловізор; в) термограма;
 г) 3D частотно-температурна гістограма

При проведенні термографічної зйомки об'єкта з боку вулиці вимірювання проводилися при відсутності атмосферних опадів, туману, задимлення, конденсату (інею) на поверхнях, а також прямого і відображеного сонячного випромінювання протягом 8 годин до початку і під час проведення вимірювань. У зв'язку з останньою обставиною, тепловізійне обстеження проводилось або в нічний час, або в світанкові години. Швидкість вітру при проведенні обстеження не перевищувала 1,5 м/с, вологість повітря 48-51%. Обстеженню піддавалися поверхні з коефіцієнтом випромінювання 0,7 - 0,96 (цегла, бетон, штукатурка, мармур, фасадна фарба, скло, деревина і т.п.). Встановлення камери [189-192] вибиралося таким чином, щоб поверхня об'єкта вимірювань перебувала в прямій видимості під кутом спостереження не менше, як 60° і на віддаленні не більш, як 30 м. При цьому загальні кліматичні умови в Чернігівському регіоні наступні. Клімат у місті є помірно-континентальним, середня температура січня складає $-4,9^\circ\text{C}$, для липня $+18,7^\circ\text{C}$, а також:

- розрахункова температура для систем опалення (середня температура найбільш холодної п'ятиденки) становить -23°C ;
- абсолютна мінімальна температура зовнішнього повітря -36°C ;

- середня температура опалювального періоду - 1,4 °С;
- тривалість періоду із середньою температурою повітря меншою за +8 °С (тривалість опалювального періоду) – 185 діб.

У експерименті брали участь такі апарати та прилади: тепловізор FlukeTi-100, свідоцтво про перевірку тепловізора №05\0088, кваліфікаційне свідоцтво спеціаліста неруйнівного контролю II рівня №7254\14. Тепловізор загального застосування, який використовує неохолоджуваний FPA приймач з наступними основними параметрами(рис.4.4, б):

- температурна роздільна здатність (NETD): 0,08°С при 30°С;
- діапазон вимірюваних температур: від -20 °С до+200 °С і більше;
- абсолютна похибка вимірювання температури - не більше± 2 °С;
- формат зображення - не менше 128x240 елементів;
- частота кадрів тепловізорів - не менше 0,5 Гц;
- просторовий дозвіл елементів розкладання в рядку сканерів - не менше 100;
- робочий температурний діапазон експлуатації від – 10°С до +50 °С і більше.
- спектральний діапазон: 7,5-13 мкм;
- просторова роздільна здатність 1,3 мрад;
- частота зміни зображень: 50/60 Гц (залежно від частоти промислової мережі).

Тепловізійна зйомка зовнішніх стінових огорожувальних конструкцій проводилася з метою фіксації розподілу теплових полів по внутрішніх і зовнішніх поверхнях конструкцій і виявленню місць зі зниженими температурами і тепловтратами. На першому етапі вимірювали зовнішні температури стіни з цегли покриті фасадної фарбою і вікна дерев'яні при температурах внутрішнього повітря відповідно від +20,7 °С до +22,2 °С і зовнішнього від – 9,2 °С до - 2,8 °С. Таким чином, температурний напір склав мінімально 25 °С, що відповідає вимозі ГОСТ 26629-85 «Метод тепловізійного контролю якості теплоізоляції огорожувальних конструкцій». При проведенні обстеження відносна вологість внутрішнього повітря склала 51%. Температура мінімальна внутрішнього

повітря на момент обстеження склала +20,7 °С, температура по внутрішніх поверхнях стін була зафіксована мінімально +17 °С, що відповідає вимозі щодо забезпечення нормованого температурного перепаду між температурою повітря і температурою внутрішньої поверхні стіни, не більше ($\Delta t = 4$ °С), зазначеного в ДБН В.2.6-31 : 2006.

Згідно п.2.2 ДБН В.2.6-31: 2006 мінімально допустиме значення $R_{q \min}$ опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій і дверей житлових і громадських будинків встановлюється згідно з додатком залежно від температурної зони експлуатації будинку. У подальшому для визначення ділянок огорожувальних конструкцій з підвищеними тепловтратами проводиться шляхом визначення розрахункового опору теплопередачі, згідно з формулою:

$$q_{in} = (t_{in} - \tau_{in}) \cdot \alpha_{in}, \quad (4.8)$$

де q_{in} - тепловий потік внутрішньої огорожувальної конструкції розрахунковий, Вт/м², t_{in} - виміряні температури внутрішнього повітря, °С, τ_{out}, τ_{in} - виміряні температури внутрішньої та зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції, °С.

Тепловий потік q_{in} можливо виміряти датчиками або приборами миттєвого вимірювання теплового потоку. Якщо немає можливості виміряти потік, можна виміряти внутрішні температури на вікнах, стінах і помножити різницю цих температур порівняно з повітрям у кімнаті на 8,7 Вт/(м²°С) це є стійкий коефіцієнт теплообміну всередині. Таким чином можна знайти потік на даний момент часу, але це вже не за вимогами ДСТУ і можлива похибка розрахунку.

Таким чином:

$$q_{in} = (t_{in} - \tau_{in}) \cdot \alpha_{in}, \quad (4.9)$$

де α_{in} - стійкий коефіцієнт тепловіддачі всередині для стін, підлог, гладких стель 8,7 Вт/(м²°С); t_{in} - виміряні

температури внутрішнього повітря, °C; τ_{in} - виміряні температури внутрішньої та зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції, °C.

Однією з основних функцій тепловізора є візуалізація розподілу температури, здійснювана за допомогою термограмм (теплових інфрачервоних зображень). Термограма являє собою зображення, кожен піксель якого зафарбовується певним кольором (залежно від обраної палітри і діапазону подання тепловізора або ПО для обробки тепловізійних даних). Теплові зображення є псевдокольоровими, тобто зв'язок палітри кольорів з температурою задається оператором. Існує безліч палітр, що входять в програмне забезпечення тепловізійних комплексів. На практиці частіше використовують палітри «Веселка» (Rainbow) і «Кольори розжареного заліза» (Iron). При правильному підборі палітри зони з близькими температурами можна представити за допомогою контрастних кольорів (рис. 4.4, в, г), проте не слід перебільшувати значення палітри для підвищення достовірності виявлення прихованих дефектів. Число кольорів для представлення температурної матриці змінюється від 1 до 256, що пов'язано з особливостями формування зображень в операційній системі. Іншими словами, кожен колір має свій індекс i , виходячи із пропорції, йому зіставляється певний інтервал температур в обраному динамічному діапазоні термограми. В таблицях 4.1 та 4.2 наведено основні параметри тепловізійної діагностики.

Таблиця 4.1

Інформація про зображення

Температура фону	-1,8°C
Коефіцієнт випромінювання	0,93
Середня температура	-0,4°C
Межі зображення	-2,8°C до 6,7°C
Модель камери	Ti100
Розмір ІЧ-датчика	120 x 160
Серійний номер камери	Ti100-13120026
Виробник камери	Fluke Thermography
Час зображення	20.02.2014 9:28:34

Серйозність	Середнє
-------------	---------

Таблиця 4.2

Маркери основного зображення

Ім'я	Температура	Коефіцієнт випромінювання	Фон
Гарячий	6,7°C	0,93	-1,8°C
P0	2,2°C	0,93	-1,8°C
P1	0,4°C	0,93	-1,8°C
P2	1,2°C	0,93	-1,8°C
P3	1,7°C	0,93	-1,8°C
P4	1,4°C	0,93	-1,8°C

У сучасних тепловізорах глибина оцифровки сигналу досягає 14 біт, що дозволяє з мінімальною похибкою дискретизації оцифровувати весь можливий діапазон змін температур (задається оператором при роботі з тепловізором). Отримана температурна матриця найчастіше містить зони аномально високих (викидів) або аномально низьких сигналів (фону), які не несуть корисної інформації, тому для перегляду слабо контрастних деталей температурної матриці вона може бути представлена оператору в певному діапазоні амплітуд (амплітудному вікні) [189-191].

Термографічна зйомка по рис. 4.4 проведена кваліфікованим енергоаудитором за допомогою тепловізора Fluke Ti100-13120026 (свідотство про державну метрологічну атестацію №05\0088 від 11.02.2014р.) при температурі зовнішнього повітря -1,5°C та 22°C всередині приміщення, при відносній вологості зовні 66%. Температура фону визначена за допомогою «теплого дзеркала». Коефіцієнт випромінювання узятий з нормативів по фарбі. Розподіл температур фасаду по термозображенню ЧНТУ 0,4 °C до 6,7 °C. Слід зауважити, що тепловізійна з'юмка, хоча і досить інформативна, але може мати не малу похибку, зумовлену неточно визначеним коефіцієнтом випромінювання матеріалу стіни, відбитим сонячним випромінюванням, температурним фоном і іншими факторами. На термограммі видно жовтим кольором тепловтрати та точки з температурою поверхні фасаду, бачимо

прямокутну область с середньою температурою $-0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, де були замінені вікна, тепловтрат там майже нема.

Згідно зарубіжному досвіду, найважливішим, якщо не основним, інструментальним методом енергетичних обстежень в будівництві є інфрачервона тепловізійна діагностика, яка доповнена виміром потужності теплового потоку, напрямку і швидкості руху повітря, а також ряду інших параметрів. Обстеження будівель зводиться до визначення дефектів будівництва за аномаліями теплових полів. Таблиця вимірювань муніципальних об'єктів м. Чернігова наведено в додатку. Результати вимірювання першого корпусу ЧНТУ наступні:

- середнє $R_q = 1,15$ для стін ЧНТУ (близько 35% від норми);

- $R_q = 0,36$ для вікон дерев'яних ЧНТУ (близько 47% від норми);

- $R_q = 0,747$ для вікон металопластикових ЧНТУ (близько 99,8% від норми);

- $R_q = 0,28$ для скла ЧНТУ (близько 37,5 % від норми);

- $R_q = 0,4$ для дверей ЧНТУ (близько 78,8% від норми).

Також інакше опір теплопередачі можливо розрахувати за формулою:

$$R = \frac{1}{\alpha_{in}} \left(\frac{t_{in} - \tau_{out}}{t_{in} - \tau_{in}} - 1 \right). \quad (4.10)$$

Тоді результати розрахунку наступні:

- середнє $R = 1,13$ для стін ЧНТУ (близько 34,4% від норми);

- $R = 0,49$ для вікон дерев'яних ЧНТУ (близько 65,9% від норми);

- $R = 0,78$ для вікон металопластикових ЧНТУ (близько 105% від норми);

- $R = 0,34$ для скла та алюмінія фарб. ЧНТУ (близько 45,8 % від норми);

- $R = 0,48$ для дверей ЧНТУ (близько 98,6 % від норми).

Головним фактором в даному дослідженні визначений фактор «Енергоефективність будівлі», а індикаторами, на основі яких буде оцінюватись фактор визначені: «тепловтрати в вікнах», «тепловтрати в дверях», «тепловтрати в фасаді», «тепловтрати в стінах». Для виділення лінгвістичних термів щодо кожної лінгвістичної змінної використаємо оцінку енергоефективності будівлі згідно шкали класифікації енергоефективності будівель, приведеній в таблиці 4.3 [172].

Таблиця 4.3

Класи класифікації енергетичної ефективності будинку

Клас енергетичної ефективності будинку	Різниця у % розрахункового або фактичного значення питомих тепловтрат E від максимально допустимого значення E_{\max} $[(q - E_{\max}) / E_{\max}] \times 100\%$
A	Мінус 50 та менше
B	Від мінус 49 до мінус 10
C	Від мінус 9 до плюс 5
D	Від плюс 6 до плюс 25
E	Від плюс 25 до плюс 75
F	Плюс 76 і більше

Лінгвістична зміна «Енергоефективність будівлі» має наступні терми:

- «дуже висока»;
- «висока» ;
- «нормальна» ;
- «занизька»;
- «низька».

Для лінгвістичних змінних «тепловтрати в вікнах», «тепловтрати в дверях», «тепловтрати в фасаді», «тепловтрати в стінах» обрані наступні терми:

- «нормальні втрати» ;
- «слабкі втрати»;
- «середні втрати» ;
- «сильні втрати» ;

– «дуже сильні втрати».

За основними зовнішніми показниками - вулична температура 0 градусів Цельсія, внутрішня температура 23 градуса Цельсія - створено числові значення відповідним термам:

- «припустимі втрати» - в діапазоні від 0 до 3;
- «слабкі втрати» - в діапазоні від 7 до 11;
- «середні втрати» - від 11 до 15;
- «сильні втрати» від 15 до 19;
- «дуже сильні втрати» - від 19 до 23.

Для лінгвістичної змінної «Енергоефективність будівлі» будемо використовувати класифікацію енергоефективності. В свою чергу термінергоефективності будівлі матимуть наступні значення:

- «дуже висока» - від 45 до 60%;
- «висока» від 10 до 50%;
- «нормальна» - від 15 до -15%;
- «занизка» від -10 до -25%;
- «низька» від -20 до -40%.

Також для більш детального оцінювання ведемо додатковий індикатор «вологість повітря на вулиці»:

- «сухий клімат» - від 40 до 60%;
- «нормальній клімат»-від 50 – 75%;
- «вологий клімат» - від 60 до 85%;
- «мокрый клімат» - від 85 до 95%.

На основі вказаних факторів та індикаторів з їх числовими значеннями когнітивна карта має вигляд, представлений на рисунок 4.5, а. На дугах вказано степінь впливу індикаторів на фактор. Ступінь впливу, визначена на основі когнітивного моделювання тісно корелюється з загальноприйнятими значеннями рисунок 4.5, б. Таким чином, на основі когнітивної карти отримані функції приналежності всіх факторів та індикаторів, приведені на рисунок 4.5, в.

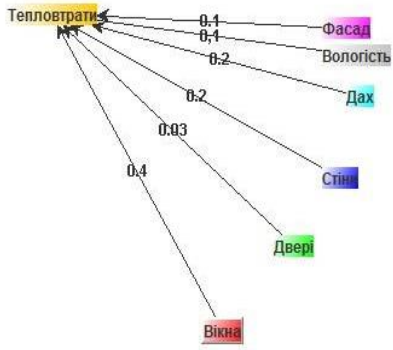
Аналіз термограми показує, що втрати тепла в фасаді будівлі нерівномірні як для різних типів факторів, так і для однотипних факторів на площині дослідження. Тому, для узагальненої оцінки нами були встановлені наступні сумарні параметри втрат за факторами:

- сумарні втрати у вікнах відповідно до термограми приблизно дорівнюють +10 градусів Цельсія;
- втрати у стінах +2 градусів Цельсія;
- втрати даху + 5 градусів Цельсія;
- втрати фасаду + 5 градусів Цельсія;
- втрати в дверях +3 градусів Цельсія;
- вологість повітря 40%.

Для тестування системи аналізу енергоефективності використані різні методи дефазифікації (див. рисунок 4.6). Результат оцінки енергоефективності фасаду першого корпусу ЧНТУ за методом «Центр тяжіння» зображений на рисунку 4.6, а.

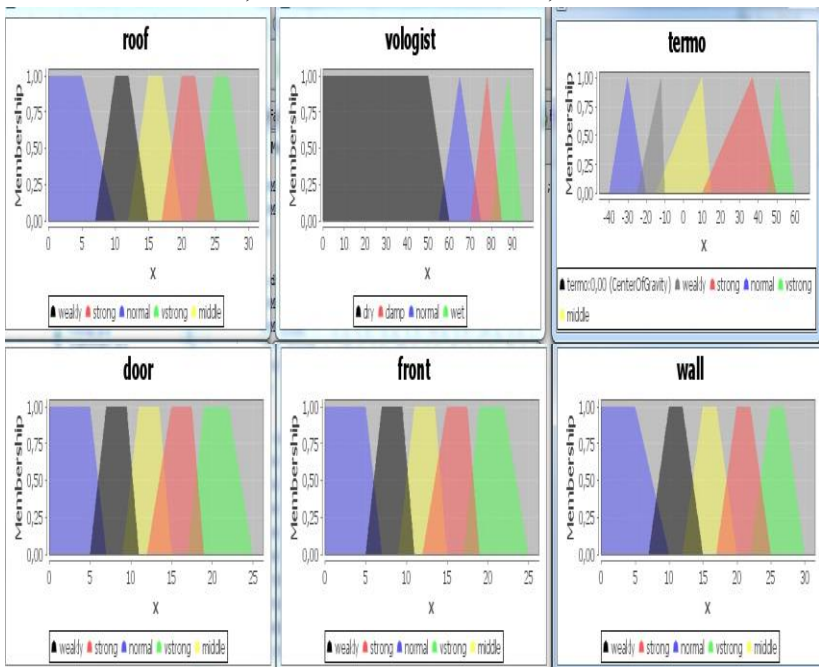
При дефазифікації методом центру ваги звичайне (не нечітке) значення вихідної змінної дорівнює абсцисі центру ваги площі, обмежений графіком кривої функції приналежності відповідної вихідної змінної. Аналізуючи результат, можемо зробити висновки, що енергоефективність будівлі на основі отриманих вхідних даних належить до категорії «висока енергоефективність» це означає, що будівля має мало тепловтрат.

Розглянемо результати аналізу іншими методами аналізу. Аналіз результату «методом медіани» зображено на рисунку 4.6, б. Центр площі або метод медіани дорівнює абсцисі, яка ділить площу, обмежену графіком кривої функції приналежності відповідної вихідної змінної, на дві рівні частини. Аналіз результату «методом лівого та правого модального значення» зображено на рисунку 4.6, в, г. Метод лівого значення вихідної змінної визначається як мода нечіткої множини для відповідної вихідної змінної або найменшої моди (лівіша), якщо нечітка множина має декілька модальних значень.



а)

б)



в)

Рис. 4.5. Результати когнітивного моделювання: а) когнітивна карта; б) втрати тепла через елементи будівлі; в) функції приналежності факторів та індикаторів системи

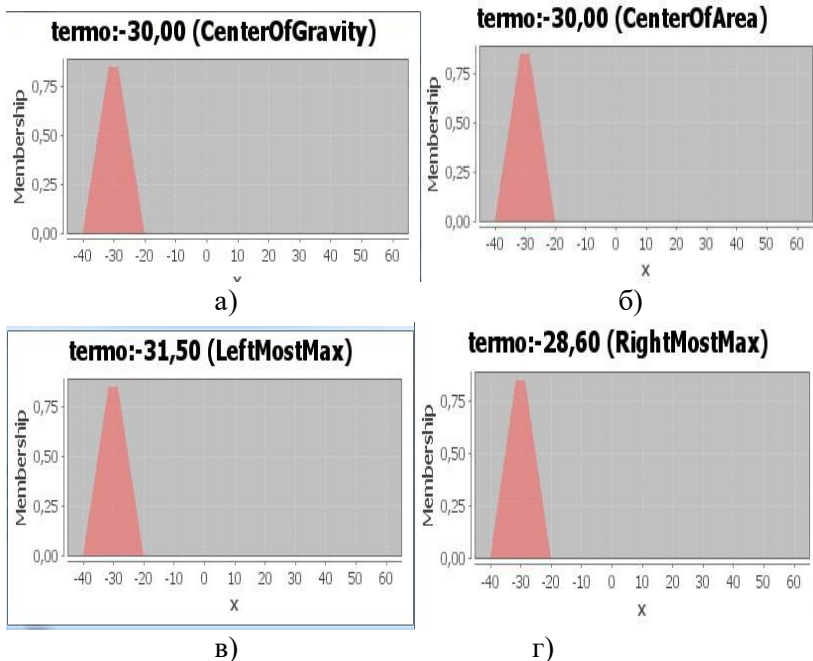


Рис. 4.6. Результати оцінки енергоефективності:
 а) методом «Центр тяжіння»; б) методом «Метод медіани»;
 в) методом «Метод лівого модально значення»;
 г) методом «Метод правого модально значення»

Метод правого значення вихідної змінної визначається як мода нечіткої множини для відповідної вихідної змінної або найменшої моди (правіша), якщо нечітка множина має декілька модальних значень.

Типізація втрат тепла проводиться на основі сформованих термів та їх фазифікації. Результати дефазифікації – перетворення логічних значень в чіткі оцінки - проводиться в залежності від загальної форми функції приналежності – трапецієдальної, триангулярної та ін. В роботі використаний центроїдний метод дефазифікації, який визначається центром ваги вихідної нечіткої множини для тепловтрат, визначених термами втрат:

$$\mu = \frac{\sum_{k=1}^N \alpha_k \mu_k}{\sum_{k=1}^N \alpha_k}, \quad (4.11)$$

де μ - центр ваги терма; α_k - рівень істинності правила.

В залежності від значень рівнів істинності α_k проведена типізація втрат шляхом варіації значень тепловтрат за правилом 3-х сигм навколо визначеного центру ваги. Всі отриманні значення ведуть до одного висновку, що дана будівля належить до категорії «висока енергоефективність» це означає що будівля має мало тепловтрат. Дана система працює на основі не чітких даних, приблизних суджень інженера, тож отримані результати не завжди можуть відповідати дійсності. Для більшої енергоефективності потрібно замінити усі вікна та встановити ролети на вікна, також встановити тепловідбивні екрани за радіатори опалення. Також слід зробити утеплення фундаменту. Утеплення (термомодернізація) фасаду більш затратний метод та актуален тільки при одночасній заміні вентиляції на рекуперативну.

4.3. Розробка інформаційного порталу для прийняття проектних рішень

Прийняття рішень до розробки та реалізації енергоощадних проектів можливо розглядати як процес від формування цінностей з енергоощадності, виникнення бажання до змін, вибору вигод, пошук можливостей та ресурсів, управління втіленням, досягнення економії та контроль за рахунок інформаційної системи моніторингу і управління (рис.4.7) [164, 193, 194]. Для успішної реалізації поставлених задач пропонується створити портал на основі ціннісного підходу (див. додаток Д).



Рис. 4.7. Загальний погляд на процес прийняття рішень для енергоощадного проекту

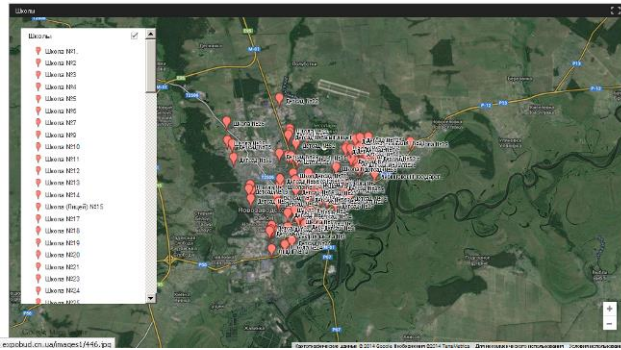
Після роботи розробленої системи моніторингу енергоощадності муніципальних будівель отримані дані заносяться до інформаційного порталу, який допомагає прийняти управлінські рішення щодо реконструкції будівельних об'єктів (рис. 4.8).

Інформаційні технології моніторингу бюджетних будівель м. Чернігова можуть бути представлені, як сформований у мережі Інтернет он-лайн ресурс з інформаційною ГІС системою, де є 3D карта об'єктів або дані з їх наземного лазерного сканування, є інтерфейс адміністратора для введення статистичних даних про об'єкт енергоспоживання та користувача, який відкриває дані щодо енергоефективності по кожному об'єкту при наведенні курсора безпосередньо на нього.



Рис. 4.8. Створення інформаційного порталу для прийняття управлінських рішень:

- а) головна сторінка порталу; б) 3D карта міста Чернігова;
в) тепловізійне обстеження



в)

Рис. 4.8. Закінчення (див. також с. 214)

Також є фото або відео візуалізації тепловтрат та дефектів бюджетних будівель по м. Чернігову, згідно тепловізійної зйомки та експрес звітів (додаток Д), зроблених у програмі SmartView, яка безкоштовно поставляється з кожним тепловим зором FLUKE. Для пропонованої ІВС створюємо сайт в програмі «блокнот» в операційній системі Windows для надійності, простоти та доступності користування системою.

Розглянемо структуру і роботу сайту. Сайт розроблено в текстовому редакторі і створений на HTML, з використанням php. Для ефективної роботи розробленої ІВС створюємо управляючий портал, який дасть можливість приймати управлінські рішення для підвищення енергоефективності муніципальних будівель. Головна сторінка має в собі панель управління (рис. 4.8, а), а в лівій частині меню, а також контентну область, для відвідувачів сайту. Код веб – сторінки, написаний, на HTML, з використанням css – таблиці стилей. Виконання карти в 3D, було виконано на основі google карти (рис. 4.8, б). Інші сторінки були створенні та збережені в програмі microsoftword 2007, для подальшого редагування і для заливки його на хостинг (4.8, в).

Згідно плану заходів із залучення громадськості м. Чернігова до впровадження міського енергетичного плану виконано створення сторінки «Енергоефективний Чернігів» у

соціальній мережі Facebook. Також інформаційний портал дає можливість обрати пропоновану схему фінансування проекту з реконструкції муніципальної будівлі (рис. 4.9). Тому в роботі розроблено алгоритм управління фінансовим механізмом для запуску енергоощадних проектів з пріоритетністю для замовника – суб'єкта енергоощадного проекту, з мінімальною залежністю від позикових коштів.

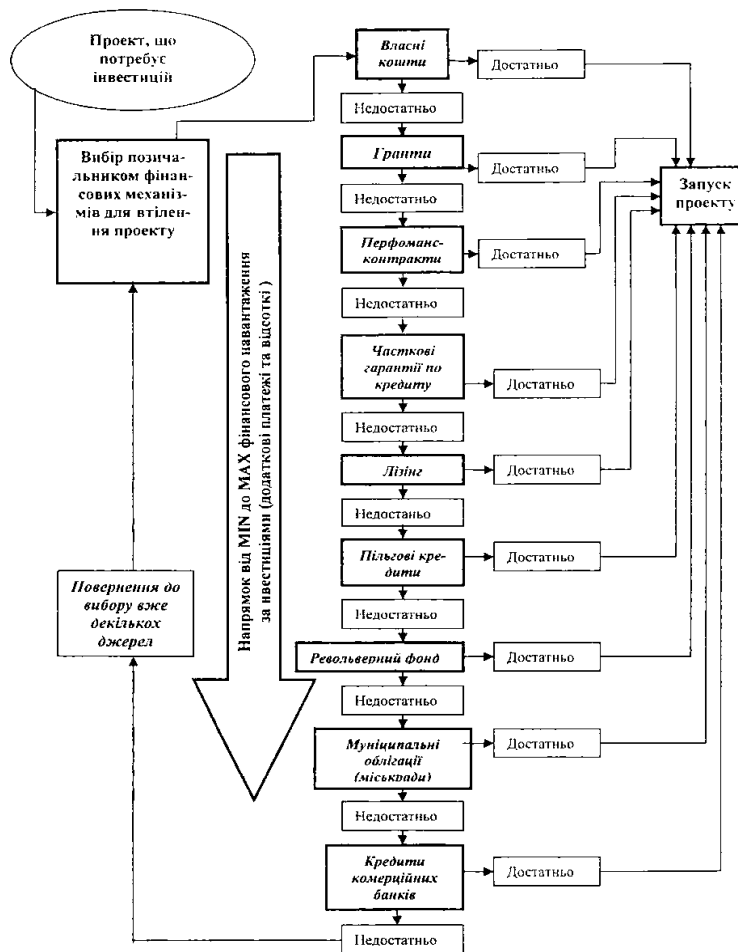


Рис. 4.9. Алгоритм вибору фінансових механізмів проекту

Таким чином, розроблений інформаційно – вимірювальний комплекс моніторингу доповнюється системою прийняття управлінських рішень на рівні муніципального чи обласного управління. Крім того інформаційний портал буде у вільному доступі для всіх зацікавлених сторін з питань енергоощадності.

Цей портал буде також корисним звичайним громадянам України для всебічного обговорення і розуміння проблеми енергозбереження в країні, що надасть можливість більш широкого застосування енергозберігаючих технологій, інформаційних та діагностичних комплексів, а також систем розробки та впровадження енергетичних проектів в різних галузях господарства країни, тим самим забезпечуючи її безпечність і незалежність від світових монополістів, які встановлюють надвисокі ціни на енергоносії.

4.4. Визначення економічної ефективності розробленої інформаційної системи

З попередніх досліджень встановлено, що процес управління інноваційним проектом зітворення інформаційної системи моніторингу енергоощадності муніципальних будівель є дуже актуальними і буде використовуватися для енергозбереження в будівельній та інших галузях промисловості України. Тому всебічне вивчення інноваційних процесів є важливим завданням, для реалізації даного проекту. В даному розділі поставлено задачу оцінити економічну ефективність від розробки та впровадження інноваційного проекту зі створення інформаційної системимоніторингу енергоощадності будівель [186, 195, 196].

Для економічного розрахунку інноваційно-інвестиційного проекту зі створення інформаційної системи в таблиці 4.4 представлено необхідні програмні продукти та технічні засоби, що використовуються в ІВС.

Проведемо розрахунок прибутків та збитків створеної інформаційної системи, яка наведена в таблиці (додаток Е). Розрахунок інноваційного проекту виконано з врахуванням наступних початкових даних:

- основна продукція – розробка інформаційної системи моніторингу енергоощадності муніципальних будівель;

- тип проекту – малий, короткостроковий;
- період окупності – не більше 3 місяців;
- орієнтована ціна продукції – 14000 грн;
- капіталовкладення – 50000 грн (на початок проекту);
- ставка дисконтування – 30% у грн; ПДВ – 20%.
- фонд заробітної плати: 12 000 грн/міс.

Таблиця 4.4

Вибір комплектуючих для модернізації системи

№	Найменування технічного засобу	Ціна, вартість розробки (грн.)	Характеристика
1	Тепловізор Fluke Ti100	69 0000	Прилад для візуалізації температурних полів та вимірювання температури
2	ІС «Термографія»	3 000	Побудова когнітивних карт, узагальнена оцінка стану енергоефективності об'єкту
3	Програмний модуль «РАНГ»	5 000	Побудова ієрархії, визначення параметрів факторів, оцінка достовірності значень експертних оцінок за критеріями якості
4	Інтернет – портал «Моніторинг енергоощадності у міських будівлях»	6 000	Інформаційна підтримка прийняття проектних рішень щодо енергоефективності будівель
5	Комп'ютерне забезпечення	24 000	Забезпечення роботи інформаційної системи та обміну інформацією між користувачами
6	Оргтехніка	3000	Забезпечення роботи

			інформаційних систем
7	Загальні витрати	110 000	

Розрахунок ефективності проекту проведемо за допомогою програми Project Expert 6.1. В додатку Е наведено календарний план виконання робіт за проектом. В результаті проведених розрахунків отримуємо графік окупності інвестиційного проекту зі створення інформаційної системи моніторингу енергоощадності муніципальних будівель (рис. 4,10).

Проаналізувавши тенденцію сумарного грошового потоку бачимо, що крива спочатку падає, а потім йде вгору і на четвертий місяць 2016 року баланс стає позитивним, отже проект починає приносити кошти (відбувається окупність проекту). Інтегральні показники інвестиційного проекту наведено в таблиці 4.5, період розрахунку 6 місяців.



Рис. 4.10. Графік окупності проекту

Таблиця 4.5

Інтегральні показники

Показник	Гривня	Долар США
Ставка дисконтування	30,00 %	15,00 %
Період окупності	5 міс	5 міс
Дисконтний період окупності	5 міс	5 міс
Середня норма рентабельності	546,15 %	523,25 %

Чистий приведений прибуток	290 280	11 674
Індекс прибутковості	2,58	2,54
Внутрішня норма рентабельності	9597,00 %	7870,00 %
Модифікована внутрішня норма рентабельності	727,45 %	623,48 %
Тривалість	0,34 років	0,34 років

Також можна побачити, що на перших місяцях впровадження проекту виникає певний дефіцит коштів, і його найбільше значення становить 145 304 тис. грн.

Висновки до розділу 4

1. Проведено збір та обробку вихідних даних для моніторингу енергоощадності будівель, а також обсягів споживання енергії в Україні та м. Чернігів. При проведенні діагностичних робіт встановлено, що суворе визначення опору теплопередачі (і відповідно тепловтрат) як на момент зйомки, так і на весь опалювальний період, вимагає вимірювання потоку і температур протягом тривалого часу з метою усереднення. Якщо не можна вимірювати тривалий час, можна скористатися відповідними датчиками для миттєвого вимірювання теплового потоку і в останньому випадку результати будуть набагато точніше. При цьому отримані зовнішні термограми корисні для перенесення результатів на всю будівлю, оскільки з них видно внесок окремих зон, тим не менш, при побудові ІВС дані виміри є адекватними і можуть використовуватися для оцінки енергоощадності.

2. Проведено аналіз роботи створеної ІВС моніторингу енергоощадності будівель на муніципальних об'єктах міста Чернігова. Здійснена термографічна зйомка першого корпусу Чернігівського національного технологічного університету та на основі запропонованої методики визначено, що енергоефективність будівлі належить до категорії «висока енергоефективність», і це означає, що будівля має невеликий обсяг тепловитрат, що досягається завдяки заміні дерев'яних вікон на металопластикові на всі поверхх корпусу.

3. Створено інформаційний потрал для підтримки прийняття рішень щодо енергозбереження при опаленні об'єктів муніципальної власності. Головна сторінка потралу має панель управління, меню, а також контенту область для відвідувачів сайту. Даний портал представляє рекомендації по вибору

проекту з реконструкції будівлі та варіанти його фінансування. Використання порталу дає можливість сприяти прозорості витрачання бюджетних коштів та залучення громадськості міста до обговорення проблеми енергозбереження.

4. Визначено економічну ефективність розробленої ІВС. Було проведено розрахунок інноваційно – інвестиційного проекту в програмному комплексі Project Expert. Термін проекту зі створення ІВС – короткостроковий, загальні витрати на проект складають приблизно 110 тис. грн., період окупності 5 місяців. Чистий приведений прибуток 290 280 тис. грн. за рік.

РОЗДІЛ 5. ВИБІР СИСТЕМ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

5.1. Аналіз систем утеплення фасадів будівель

Відомо, що фасадні системи утеплення будівель – один з найкращих конструктивних засобів збільшення теплоізоляційних характеристик огорожуючих конструкцій. При використанні фасадних систем утеплення забезпечується не тільки високий показник опору теплопровідності, але і нормальний вологістний режим конструкцій при експлуатації, а звідси – комфортні умови для проживання людей. За конструктивним виконанням зовнішні теплоізоляційні системи можуть бути:

- з пошаровим захистом утеплювача, при якому шари наносять один на інший за допомогою «мокрих» процесів. Розрізняють, відповідно, легкі штукатурні системи, де несучі для системи функції виконує плита утеплювача, а товща шарів після утеплювача не перевищує, як правило, 20 мм та важкі штукатурні системи, де несучі для системи функції виконує арматурна сітка та анкери, а товща шарів після утеплювача може досягати 40 мм;

- системи, де утеплювач є середнім шаром (типу «колодязна кладка» та «сандвіч» - панелі);

- система з жорстким облицювальним шаром, повітряним прошарком, який виконує функцію «щілини» між облицювальним та теплоізоляційним шарами. А також, при необхідності, допоміжні: вітрозахисні, пароізоляційні, антиконденсатні та гідроізоляційні шари.

Ідея створити багатшарову конструкцію виникла в зв'язку з потребою в оптимальних будівельних системах:

- довговічних;
- забезпечуючих здоровий мікроклімат в приміщеннях;
- маючих оптимальні витрати на будівництво і експлуатацію будівлі.

У стінах з подібними характеристиками одним з основних елементів конструкції є утеплювач. Зовнішні стінові конструкції можна утеплити використавши шар ізоляції:

- внутрішньо;
- зовнішньо;
- в конструкції, де ізоляція виступає в якості середнього шару.

Найбільшої уваги надають системам зовнішнього утеплення. Тепла «шуба» для будинку, в яку укутані всі частини будівлі – краще технічне вирішення. В зовнішнього утеплення є ряд переваг:

- при зовнішній теплоізоляції утворюються температурно-вологісні умови роботи огорожуючої конструкції;

- стіна надійно захищається від негативних зовнішніх впливів добових і сезонних температурних коливань, які ведуть до нерівномірних деформацій елементів стін, що веде до появи тріщин, розкриттю швів, відшаруванню штукатурки. Ці коливання сприймає вже теплоізоляційний шар, для якого це не шкодить жодним чином;

- стінка захищена від атмосферних впливів, появлення мікроорганізмів на поверхні стіни, утворення льоду в товщі стіни;

- в холодні пори року зовнішня теплоізоляція протидіє охолодженню масивів огорожуючих конструкцій до температури «точки роси» і появі конденсату на внутрішніх поверхнях;

- зовнішні теплоізоляційні системи (наприклад виконані зі застосуванням кам'яної вати) не перешкоджають стінам «дихати».

Функціональне призначення системи теплоізоляції – це зниження до мінімуму тепловтрат через огорожуючі стінові конструкції будівель і споруд, забезпечення різновидів та архітектурно – естетичної виразності фасаду. Зниження до мінімуму тепловтрат через стіни будівлі дозволяє на 30% і більше зменшити витрати на опалення і відповідно, на стільки ж

знизити викиди в атмосферу продуктів горіння, що дуже важливо в сьогоденній непростій екологічній ситуації. Оновлення і різновид архітектурних форм фасадів за допомогою систем теплоізоляції дозволяє забезпечити кожному будинку індивідуальність, ярку виразність і, звичайно ж, придати містам зовсім інший архітектурний вигляд. Але відсутність якісної нормативної бази, яка б регламентувала вимоги до систем, до їх застосування дозволяє вважати системою теплоізоляції все, що наклеюється або навішується на фасад будівлі. Найбільш розповсюдженою і доступною системою теплоізоляції є «скріплена система», особливо імпортного виробництва. Принцип системи полягає в утворенні монолітної багатопшарової огорожуючої конструкції, яка працює як одне ціле, що забезпечує її надійну і довговічну експлуатацію. Такі системи при умовах вірного застосування можуть забезпечити:

- зниження тепловтрат;
- практично виключити «містки холоду» в огорожуючих конструкціях;
- зберегти, доповнити і урізноманітнити фасади архітектурними елементами;
- утворити оптимальні умови для праці теплоізоляційного шару, як найбільш вразливого елемента конструкції;
- за рахунок невеликої ваги не збільшувати навантаження на існуючі конструкції;
- ремонтоспроможність у випадку втрати працездатності.

Такі системи однаково ефективні для будь-яких конструктивних схем будівель: каркасно-монолітних, великопанельних, блочних, цегляних та ін. Незначні особливості, які можуть виникати при їх утепленні, не змінюють принципу дії самої системи, а легко вирішуються за допомогою нескладних конструктивно-технологічних рішень тих або інших вузлів фасаду (рис. 5.1).

Тепловтрати через виниклі «містки холоду» в системах теплоізоляції – це, в першу чергу, місця інтенсивного старіння утеплювача за рахунок накопичення вологи, утворення біологічних речовин і, як наслідок, передчасне руйнування

системи. Тому тільки ті системи, які можуть забезпечити суцільний контур теплоізоляції, можна віднести до надійних і довговічних.

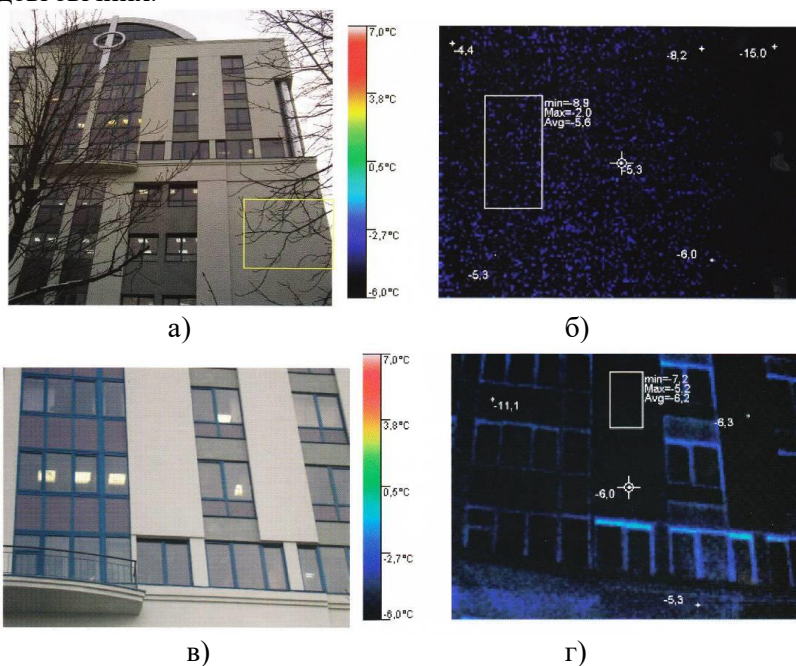


Рис. 5.1. Фотографії будинку та його термограми:
а), б) висотного; в), г) малоповерхового

Одним із розповсюджених методів теплоізоляції каркасно-монолітних будівель є створення самонесучих стін за методом «сендвіч». Така система має конструкцію: стіна, яка складається із зовнішнього шару (лицьова цегла); шару утеплювача (пінополістирол або мін плита) і основи з цегли завтовшки 250 мм або інша схема, побудована за принципом – блоки з ніздрюватого бетону і шару облицювальної цегли.

Головними недоліками такої системи є міжповерхові стикування, теплоізоляція яких виконується за «скріпленням» методом. Але стик необхідно не тільки ізолювати, але і герметизувати, а це вже проблема, з якою будівельники зіштовхнулись при зведенні великопанельних будинків і на жаль до цього часу радикальних методів вирішення даного

питання так і не знайшли. Стики протікають, промерзають і, відповідно, потребують постійного ремонту, витрат як матеріальних, так і трудових ресурсів. Вода проникає крізь стики (рис. 5.2), а також крізь шви цегляної кладки зволожує утеплювач, а від'ємні температури завершують справу і поступово руйнують його, таким чином, знижують довговічність системи. Як правило, в таких системах утеплювач не закріплюється за допомогою клею або інших елементів, а просто укладається, тобто існує висока ймовірність його ущільнення і утворення додаткових «містків холоду».

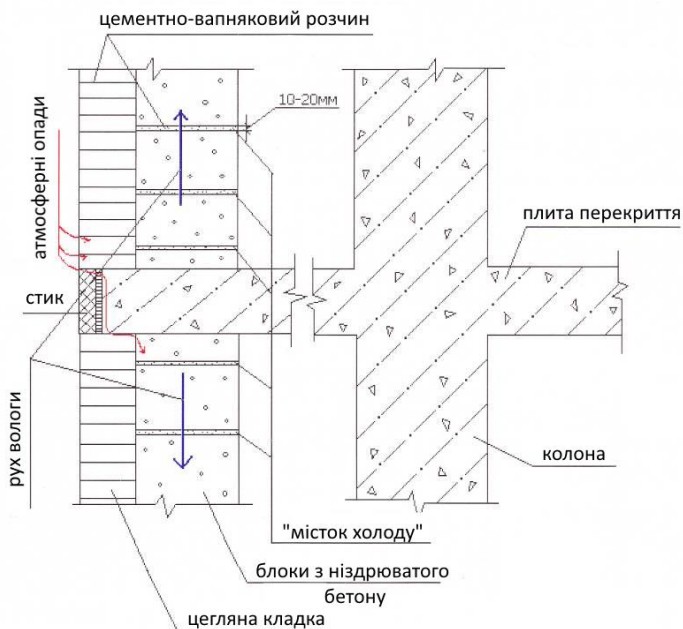


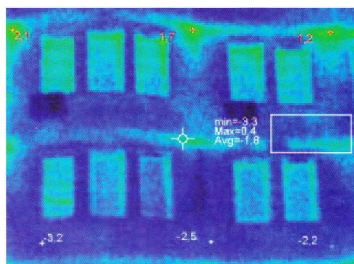
Рис. 5.2. Приклад огорожувачих стінових конструкцій в каркасно-монолітних будинках

При використанні блоків з ніздрюватого бетону картина приблизно таж, але ускладнюється допоміжною кількістю «містків холоду», в кладочних швах. Проблемні сторони такого методу знайшли своє підтвердження випробуванням за допомогою тепловізора (рис. 5.3) і характерно те, що навколостикова зона (місце тепловтрат) в залежності від термінів експлуатації будівлі постійно збільшується, що з часом

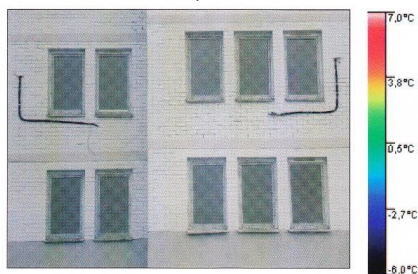
приведе до втрат теплоізоляційних властивостей огорожуючих конструкцій повністю, і до необхідності їх заміни. А враховуючи те, що система відноситься до важковідновлювальних – це викликає допоміжні складнощі, а подальша експлуатація без ремонту – витрати на опалення, зниження комфортності проживання (пліснява, грибки, висока вологість і т. ін.), постійні експлуатаційні витрати на герметизацію і теплоізоляцію стиків, втрату естетичних властивостей фасаду (утворення висолів). Сьогодні можемо спостерігати як власники таких будинків утеплюють лише свої квартири, що не призводить до високого ефекту по збереженню тепла, так як перекриття та сусідні квартири слугують містками холоду.



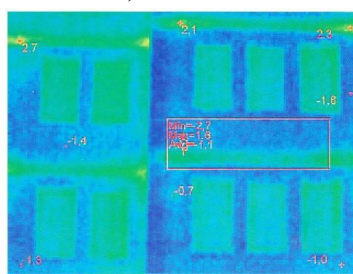
а)



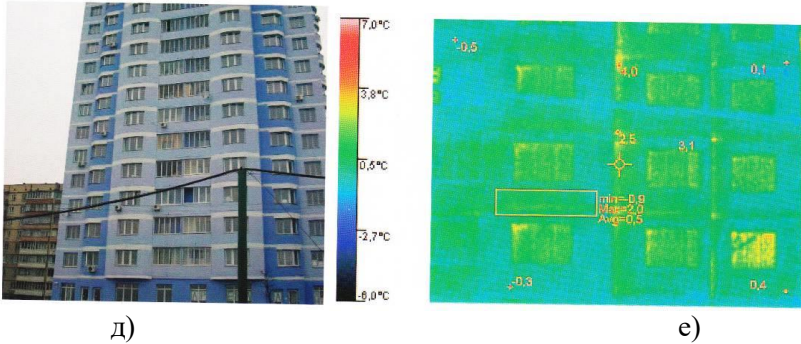
б)



в)



г)



д) е)
Рис. 5.3. Утеплення будинку при використанні
ніздрюватого бетону:

а)-е) відповідно фотографії і термограмми будівлі

В будівельному виробництві використовується також метод утеплення цегляних будинків за схемою, аналогічній трьохшаровим панелям на жорстких зв'язках в великопанельному та малоповерховому будівництві. Господарі житла з трьохшаровими панелями на жорстких зв'язках вимушені регулярно обновлювати обробку внутрішніх стін, так як після кожної зими промерзання панелей в місцях жорстких зв'язків і навколо стикової частини панелей (де утворюються «містки холоду») призводить до утворення плісняви, грибків і почорнінню оздоблювального шару. Окрім цього, додаткова кількість «містків холоду» утворюється за рахунок ущільнення незакріпленого всередині панелі утеплювача. В деякій мірі застосування гнучких зв'язків при виробництві трьохшарових панелей дозволило зменшити кількість «містків холоду», але проблема промерзання і протікання як стиків, так і панелей залишилась.

Утеплення цегляних будинків по такому методу (рис. 5.4) має точно такі ж проблеми – це промерзання в місцях суцільної цегляної кладки, необхідної для забезпечення несучої здатності стіни, накопичення конденсату в утеплювачі і його дострокове руйнування, а також ущільнення не закріпленого утеплювача в конструкції стіни. Найбільший недолік цієї системи є її не ремонтпридатність.

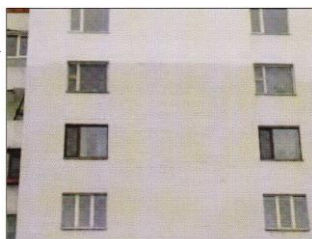
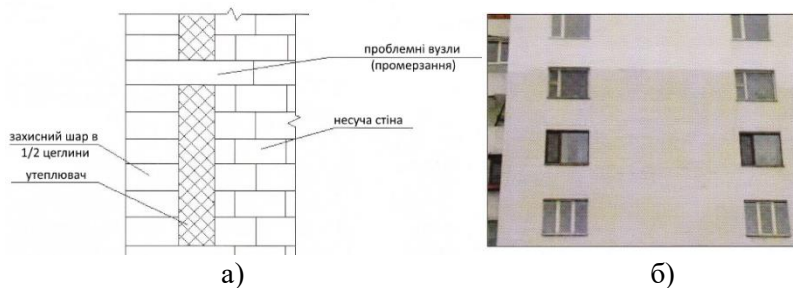


Рис. 5.4. Утеплення стін цегляних будівель:
 а) схема утеплення; б)-д) відповідно фотографія та термограма будівлі

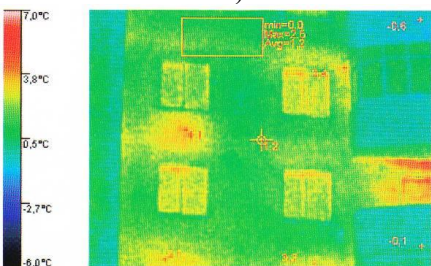
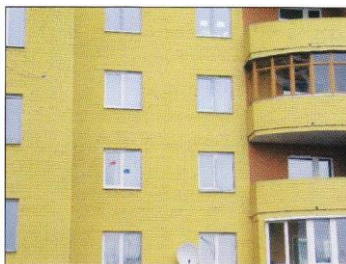
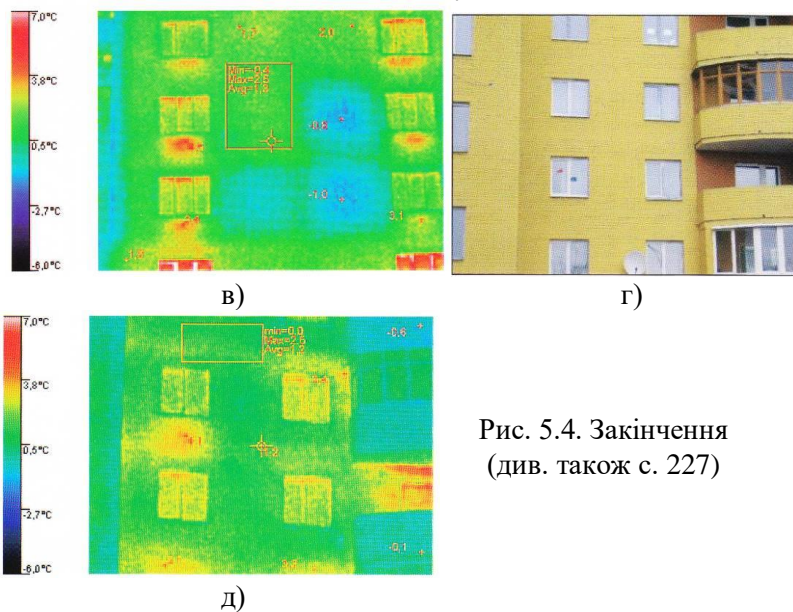


Рис. 5.4. Закінчення
 (див. також с. 227)

Достатньо розповсюдженим методом утеплення фасадів загальних, адміністративних будівель є метод «вентильованих фасадів». Принципова відмінність цього методу від методу скріпленої теплоізоляції полягає в тому, що елементи конструкції працюють окремо і не створюють єдину конструкцію. В даному випадку дозволяється попадання вологи

в утеплювач і, за рахунок вентиляції, його висушування (рис. 5.5).

Цей метод утеплення малоефективний у випадку різкого переходу температури крізь $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, а саме, в осінньо-зимовий період, коли дощі чергуються з від'ємними температурами. В такій ситуації зволожений утеплювач промерзає і може знаходитись в такому стані весь період зберігання від'ємної температури повітря, відповідно відбувається промерзання стін.

Окрім цієї проблеми, проблемним є закріплення декоративних елементів системи, можливість вивітрювання шару утеплювача за допомогою повітряних потоків, обмеження можливості в утворенні індивідуальних архітектурних особливостей будівель і споруд. Також даний метод малоефективний при значній висоті будинку, адже при цегляній кладці досить важко досягти виконання ідеально рівної поверхні стіни, а тому і товщина вентилязованого зазору може коливатися, що зводить на нівець всю систему.

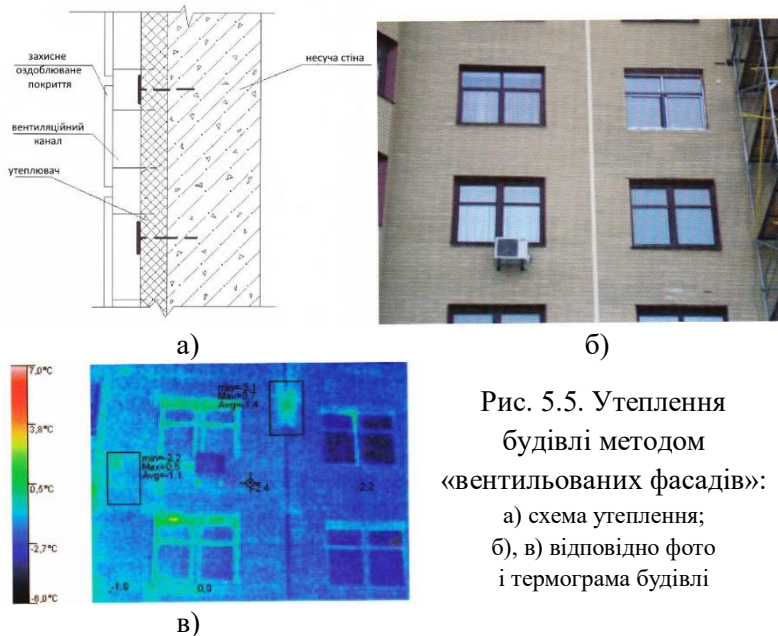


Рис. 5.5. Утеплення будівлі методом «вентилюваних фасадів»:
а) схема утеплення;
б), в) відповідно фото і термограма будівлі

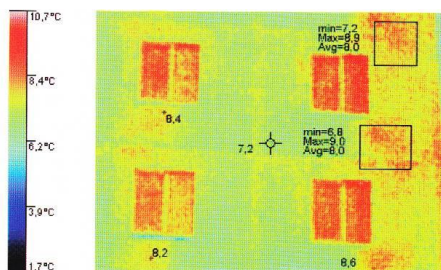


Рис. 5.6. Утеплення фасадів «з середини»:

- а) схема утеплення;
- б)-д) відповідно фотографія будинку та його термограма

д)

В останній час на ринку утеплення фасадів з'явилося так зване енергозберігаюче захисне покриття у вигляді шару фасадної фарби. Покриття складається з полімерної основи, заповненої вакуумними керамічними мікросферами, які можуть відбивати тепло, за рахунок високої паропроникності виводити залишки вологи з матеріалу огорожуючої конструкції, тобто як би «висушувати», а полімерне зв'язуюче забезпечує захист стін від атмосферних опадів. Таким чином утворюються оптимальні умови для збереження теплоізоляційних властивостей матеріалу стіни. Однак, як показали випробування будинків з таким покриттям, останнє не може бути допоміжним шаром теплоізоляції, яке б мало можливість разом з огорожуючою конструкцією забезпечити нормальні значення опору теплопровідності огорожуючих конструкцій.

Один з суттєвих недоліків композиційних фасадних панелів, це те що вони не пройшли головного тесту – на пожежобезпеку (рис. 5.7).

Пожежа, яка сталась 27 травня 2006 р. в Дохі – столиці Катару, особливого резонансу не отримала. На цей випадок звернули увагу лише деякі спеціалісти. Пожежа сталась на новобудовах, які ще не встигли здати в експлуатацію, і люди при цьому не постраждали. Пожежа виникла від замикання електроінструменту, від якого загорівся виконаний з композитних панелей нависний вентиляований фасад недобудованої споруди. Композитні панелі вибухали, розкидаючи навколо розплавленій алюміній та пластмасу. Ці «вогняні бризки» підпалили такий же фасад вже завершеного сусіднього будинку, в якому теж ще ніхто не мешкав. Пожежникам, які намагалися зупинити швидко розповсюджуєме полум'я довелось боротися не лише з полум'ям але і з клубами густого чорного і їдкого диму, який

розповсюджувався навкруги. Наступній пожежі СМІ приділили значно більше уваги. По-перше, загорілася одна з найвищих адміністративних будівель Центральної Азії, гордість столиці Казахстану – Астани (34-поверховий Транспорт-Тауер). По-друге, в ньому були розміщені офіси одразу трьох міністерств: культури і інформації, транспорту і комунікації, індустрії і торгівлі. По-третє, всі були впевнені, що будівля облицьована негорючими матеріалами, тому були шоковані пожежею. Але пожежники не змогли нічого вдіяти, адже полум'я виникло на 27 поверсі, а пожежні східці досягали лише до 10-го, пожежний гелікоптер виявився несправним, спеціальний висотний підіймач не змогли використати в зв'язку з сильним вітром, і людям нічого не залишалося як спостерігати, коли композит на фасаді вигорить і полум'я опуститься донизу.

Тому потрібно зводити ризик займання до мінімуму, а для цього потрібно виключити застосування горючих матеріалів в облицюванні захисного декоративного екрану висотних будівель.

Зазвичай постачальники матеріалів повинні отримати чотири протоколи від науково-випробувальних інститутів МНС України: на виділення диму, на токсичність, на горючість і на розповсюдження полум'я. Якщо матеріал признаний негорючим, випробування на розповсюдження полум'я не потрібні. Потім на основі цих протоколів видають відповідні сертифікати. Європейські сертифікати, наприклад, німецької сертифікаційної системи TUF, де-юре у нас признають, але де-факто приходиться все рівно отримувати українські.

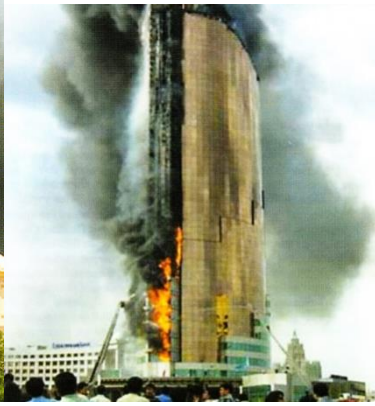


а)

б)



в)



г)



д)



е)

Рис. 5.7. Руйнування фасаду викликані пожежею:
а) виділення їдконого диму; б) фото після пожежі; в), г) рух вогня
зверху до низу; д) наслідки пожежі в Італії; е) те ж у Великобританії

Аналізи даних прикладів реальних пожеж наглядно демонструють, що не дивлячись на пожежні характеристики матеріалів, які використовують в конструкціях будівель, у випадку якщо виникне велика пожежа, конструкція зруйнується. Таким чином, ризик пожежного навантаження, можна зменшити тільки прийняттям цілісного пожежо-технічного підходу до проектування і будівництва будівель і до керування пожежною безпекою. Аналіз комплексного підходу протипожежного захисту представлено на рис. 5.8 там також показано випробування плит утеплювача в лабораторії.



а)



б)



в)



г)



д)

Рис. 5.8. Комплексний підхід до пожежної безпеки:
а) схема протипожежного захисту; б), в) випробування плити на горючість в лабораторії; г), д) переріз панелі після 30 хвилин дії полум'я

5.2. Штукатурні системи утеплення фасадів

Попри швидке поширення навісних вентиляваних фасадів, найпопулярнішим способом утеплення будівель залишається контактний, штукатурний спосіб. Особливо це стосується котеджів. «Шуба» служить фасадом вже майже півстоліття. Системи скріпленої теплоізоляції з наступним оздобленням штукатуркою вперше були застосовані в Західній Німеччині в 1957 р. До речі, ці фасади збереглися досі без

капітального ремонту. Після нафтової кризи 70-х років зовнішні системи скріпленої теплоізоляції стали застосовуватись дуже широко. В 1973-93 роках в Німеччині за цією технологією було утеплено близько 300 млн. м² фасадів. Це дало змогу заощадити тепло, що утворилося б від спалення близько 18 млн. тонн рідкого палива. Справжній бум системи скріпленої теплоізоляції фасадів почався після об'єднання Німеччини в рамках державної програми санації споруд, побудованих за радянськими проектами в Східній Німеччині. За 5 років реалізації цієї програми використання скріпленої теплоізоляції потроїлося з 15 до 45 млн. м²/рік.

Аналогічна ситуація склалася і в Польщі, де на держзамовленнях і при державній фінансовій підтримці програми утеплення споруд, виріс один з найбільших у світі виробників сухих будівельних сумішей – концерн «Атлас». Також скрізь застосовується подібна система теплоізоляції нових і старих будівель в Білорусії. Окрім суттєвої економії тепла, зовнішня теплоізоляція сприяє підвищенню якості й комфортності помешкань, створює здоровий і затишний мікроклімат (підвищена температура і сухість внутрішніх стін, збереження мікроклімату в приміщеннях в будь-яку пору року при значно менших енергозатратах). Значно краще зберігається зовнішній вигляд фасадів (менший діапазон коливання температур в огорожувальних конструкціях, зниження негативного впливу оточуючого середовища).

Стандартом фасаду досі залишається оштукатурений фасад. На це є ціла низка причин. По-перше, оштукатурені фасади для пересічного громадянина і забудовника традиційні і звичайні. Перш за все це стосується житлових будинків: у забудовника, особливо якщо це приватний будинок, ледь не на підсвідомому рівні закладено, що фасад повинен бути оштукатуреним.

По-друге, вони не вимагають надзвичайно високого професіоналізму. Оскільки технологія принаймні деяких етапів роботи (штукатурення) традиційна, то з нею знайомі всі будівельники, чого не скажеш про вентфасади. Відхилення на міліметр при монтажі вентиляованого фасаду на нижніх поверхах може обернутися нерівністю в 5 см нагорі, адже

напрямні профілі вже не переставиш, а коли фасад оштукатурюють, то помилку легко виправити (наприклад підізвавши пінополістирольну плиту).

По-третє, утеплювати фасад штукатурним способом швидше, бо облаштування вентиляованих фасадів досить трудомістке. Якщо багатопверхівку з площею фасаду 8-10 тис. м². штукатурним способом можна утеплити за 2,5 міс., то за допомогою вентфасаду лише за 4-5 міс. Щоправда це можливо виконати лише в теплу пору року: коли надворі менше ніж 5 градусів тепла, фахівці наполегливо радять припинити всі «мокрі» процеси, в тому числі і ті, що відбуваються при утепленні фасаду штукатурним методом.

По-четверте, обирати оштукатурений фасад будівельників змушує недосконалість більшості систем вентиляованих фасадів. Якщо поглянути на деякі об'єкти з вентиляованими фасадами, то можна побачити, що ці системи недоопрацьовані: там є «містки холоду», зокрема в місцях віконних укосів. Зрештою, штукатурна технологія оздоблення фасаду забезпечує багатший вибір відтінків (лише базових кольорів – до 200).

Та найголовніше – утеплення фасадів традиційним, штукатурним способом, дешевше, ніж за допомогою вентфасадів. Частково це пояснюється тим, що в штукатурних системах утеплення фасадів можна застосувати пінополістирольну теплоізоляцію, яка приваблює багатьох забудовників низькою ціною. Водночас штукатурні системи утеплення фасадів мають кілька суттєвих вад. Чи не найголовніша – залежність фасадних робіт від погоди. Крім того, що штукатурні роботи неможливі в холодну пору року, так само не радять їх виконувати в 30-градусну спеку, при сильному вітрі чи в зливу. Також оштукатурений фасад потрібно закривати від дощу й прямих сонячних променів спеціальними сітками чи тентами, поки він не просохне.

Специфіка штукатурного методу утеплення фасаду полягає в тому, що для нього застосовуються різнорідні матеріали, які перебувають між собою в тісному фізико-хімічному контакті. З огляду на це фізична й хімічна сумісність між собою матеріалів, що застосовуються для утеплення фасаду штукатурним способом, набуває першочергового значення. Тому провідні фахівці в галузі

будівельної хімії наголошують на необхідності системного підходу при виборі матеріалів для утеплення й оштукатурення фасаду. Вони нагадують, що при застосуванні клею для утеплювача одного виробника зі штукатуркою другого і фарбою третього фасади протягом кількох років починали руйнуватися: десь почалася несприятлива реакція, десь через різні коефіцієнти лінійного розширення на межі двох шарів виникли напруження. Через це будь-яке поєднання матеріалів, що застосовуються при контактному способі утеплення фасадів, мають пройти випробування на сумісність.

Кожний виробник будівельної хімії розробив системи утеплення фасадів на базі своїх матеріалів. Вони мають таку будову: стіна – теплоізоляція – армування (наприклад скловолокнева сітка) – ґрунтовка – штукатурка (шпаклівка) – фарба.

Для прикладу наведемо найбільш поширені технології штукатурних систем утеплення фасадів.

Система утеплення TEX-COLOR. В основі утеплення «Текс-колер» – використання двох видів утеплювача: мінераловатної плити «Парок» та пінополістиролу ПСБ-М. Застосовують також кислотійкі армуючі сітки зі скловолокну, різні профілі та кутики, комплекс сухих будівельних сумішей, які складаються зі спеціального клею для теплоізоляційних плит та армуючого шару, акрилової ґрунтовки з кварцовим піском, різних видів штукатурок (мінерально-декоративної, декоративно-полімерної). Також в систему входить фасадна акрилова дисперсійна фарба та дюбелі зі сталеву гладкою серцевиною (120 мм).

Стійка до кислот ґрунтовка призначена для нанесення на синтетичні і мінеральні штукатурки, в тому числі і гіпсові, бетон, азбестоцемент, силікатну та керамічну цеглу. Мінімальна температура застосування ґрунтовки – 5 градусів, час висихання – приблизно 24 години. Витрати ґрунтовки складають приблизно 200 мл./м².

Еластичний, володіючий високою адгезією клей використовують при приклеюванні як мінераловатних, так і пінополістирольних утеплювачів. Клей також застосовують для шпаклювання та вирівнювання великих нерівностей поверхонь та зменшення проникнення вологи в поверхню. Життєдайний

термін клею в залежності від температурних умов складає 2-3 години, час висихання при температурі 20 градусів та відносній вологості повітря 65% – 2-4 дні. Витрати в залежності від поверхні та товщі шару – 6-8 кг/ м².

Штукатурні системи утеплення фасадів з використанням теплоізоляційних плит «Парок». Для фасадного утеплення під штукатурку компанія Парок випускає 6 типів плит, які відрізняються одна від одної щільністю та жорсткістю. Найбільш використовувані так звані «легкі», тонко штукатурні системи утеплення. В цій системі теплоізоляційний шар системи є несучим, плита безпосередньо тримає на собі шар штукатурки та сприймає всі навантаження та дії, які діють на систему в процесі експлуатації. Влаштування цієї системи ґрунтується на приклеюванні плит до підготовленої поверхні підоснови клейовим складом, і допоміжному кріпленні цих плит закріплюючими елементами, нанесенні на поверхню плит утеплювача розчину з утопленням в нього армуючої склосітки, нанесення захисно-оздоблювального розчину з наступним фарбуванням паропроникаючою фасадною фарбою у відповідності з кольоровим вирішенням фасаду. Товща штукатурки складає не більше 5-7 мм, а кількість дюбелів на 1 м² системи 4-8 шт., в залежності від вітрового навантаження та геометрії.

«Важка» штукатурна система, де теплоізоляційний шар системи не є несучим або сприймає навантаження стиску, а всі інші навантаження і дії, які діють на систему в процесі експлуатації, сприймаються армуючою сіткою з оцинкованої сталі та анкерною системою, застосовується, здебільшого, в скандинавських країнах. При улаштуванні цієї системи не потрібно ретельної підготовки поверхні, адже товща штукатурки складає 30-40 мм (рис. 5.9). При проектуванні теплоізоляційної оболонки будівлі на основі штукатурної системи потрібно керуватися наступними принципами:

- кожен наступний від основи шар повинен мати більш високу паропроникність та більш низьку теплопровідність;
- всі компоненти системи повинні бути хімічно сумісними;
- кожен наступний від основи шар повинен мати більш високу гідрофобність.

Цей спосіб використовується для будівель не вище 20 м (з міцною підставою, тобто бетону, цегли). При цьому заглиблення та кривизна поверхонь стін повинна відповідати вимогам приймання в експлуатацію (відхилення від вертикалі площини або кутів по висоті одного поверху складає максимум 6-10 мм). Окрім того, не допускаються також виступи розчину у швах, тобто поверхні бетонних елементів і розчину швів знаходяться за площиною стіни і не виступають за неї. Якщо ці умови дотримано, застосовують плити Фасрок-Л, структура волокон яких перпендикулярна до стіни, плити приклеюють розчином, наносячи його на всю поверхню плити, дозволяється також не застосовувати механічний спосіб кріплення.

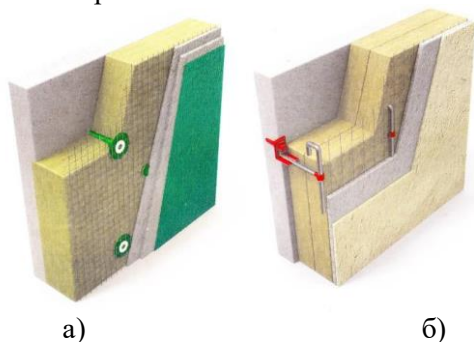


Рис. 5.9. Штукатурні системи:
а) легка; б) важка

Утеплення зовнішніх стін з використанням плит Фасрок та Фасрок-Л можливо використовувати на плоских та заокруглених поверхнях як з оштукатуренням так і без нього (рис. 5.10).

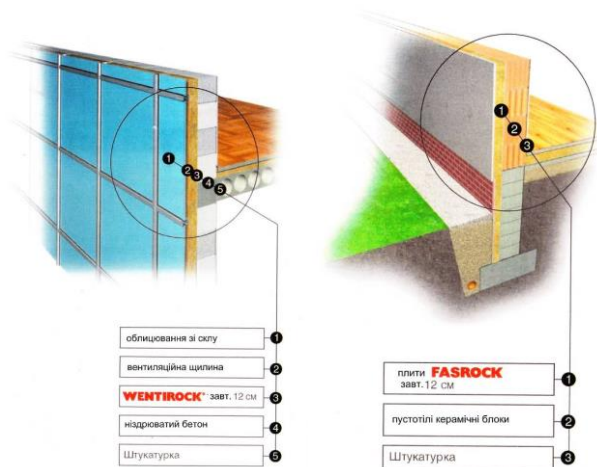


Рис. 5.10. Метод «легкий мокрий» з утеплювачем мінеральною ватою «Роквул»

У випадку, коли будівля вище 20 мабо стіни мають слабку підоснову (наприклад, стара штукатурка), а також, коли підоснова виконана з газобетону, поверхня якої відноситься до пилоутворюючої, також можна застосовувати плити Фасрок-Л, але допоміжно (окрім приклеювання) плити кріплять механічними з'єднувачами зі шляпками 14 см в кількості 4 шт. на 1 м² стіни. При більшій поверхні стін з відхиленнями від 6 до 10 мм відносно до всього фасаду збільшиться витрата клею, тому, чим менше відхилення тим краще.

Переваги:

- довговічна експлуатація;
- висока паропроникність;
- довговічність та біологічна стійкість, а також хімічна нейтральність.

У випадку неохайного виконання стін або якщо при зведенні стінки не витримана вертикаль по відвісу, або бетонна стіна має нерівності (бетонні елементи виступають за площину стіни), а розчин у швах або існуюча штукатурка має фактуру з різницею поверхні до 2 см, рекомендується застосовувати плити «Фасрок». Ці плити характеризуються сплутаною структурою волокон, більшість яких розміщено паралельно до стіни.

Ці плити монтуються з нанесенням клеючого розчину на плиту та по її контуру, а потім закріплюють механічними з'єднаннями, незалежно від вигляду підоснови та висоти будівлі. З'єднувачі мають шлямпи діаметром близько 6 см та витрату у середньому 8 штук на 1 м² фасаду.

Легкі штукатурні системи утеплення. Конструктивні елементи багатошарових систем (утеплювач, армуючі, ґрунтовка, початкові та фінішні шари) повинні бути сумісними між собою, виходячи з умови паропроникності, гідрофобності, адгезії та працювати як єдина система. Одна з вимог, яка відноситься до фасадів, полягає в тому, що паропроникність ізоляційної системи повинна бути приблизно в п'ять разів більше паропроникності ізолюючого огороження.

В легких штукатурних системах утеплення несучі для системи функції виконують плити утеплення, закріплені на підоснові (стіні) за допомогою клею та дюбелів. Сумарна товща шарів в таких системах не перевищує, як правило, 15 мм. В легкій штукатурній системі утеплення, клейовий та армуючі шари розміщуються безпосередньо на утеплювачі. До утеплювачів, застосованих в таких системах, висуваються найвищі вимоги. Утеплювач повинен мати високу паропроникність, і в той же час не затримувати та не накопичувати вологу в своєму об'ємі, адже ці системи в силу технологічних особливостей влаштовуються без пароізоляційних мембран. В легких штукатурних фасадних системах з застосуванням плит «Парок ФАЛ 1» волокна розміщені, на відміну від звичайних плит, перпендикулярно ізолюючій поверхні, що збільшує міцність системи утеплення на розрив.

Переваги системи:

- за рахунок невеликих розмірів плит (1200x200 мм) та достатньої гнучкості, їх застосування дозволяє легко виконувати утеплення криволінійних поверхонь;

- застосування плит щільністю 80 кг/м³ дозволяє зменшити вагу легкої штукатурної системи на 30-40%;

- завдяки високій міцності плит на відрив шарів (більше 0,05 МПа), а також високій адгезії клейових складів, можливо застосування плит в легких штукатурних системах з висотою будівлі до 20 м без механічного закріплення дюбелями,

що дозволяє спростити монтаж та прискорити процес влаштування теплоізоляційної системи. При висоті будівлі більше 20 м, плити закріплюються дюбелями з широкою шляпкою 130-140 мм, не більше 5-6 дюбелів на м².

Фасадні системи з важкою штукатуркою. В даних системах шари наносяться один на одного за допомогою мокрих процесів, а несучі для системи функції виконує арматурна сітка та анкери, при цьому товща шарів після утеплювача може досягати 50 мм. В даній системі плита не приклеюється до поверхні ізолюючої стіни, а закріплюється за допомогою спеціальних дюбелів, які є одночасно зв'язками. Це можуть бути дюбель-анкера для систем з горизонтальними зв'язками або спеціальні анкерні пристрої в системах з похилими зв'язками. Особливість системи залежить від захисту фінішного шару, від лінійних теплових деформацій металеві несучої сітки. Як правило, в надійних системах є проміжки, між фінішним покриттям та армуючим шаром, заповнені еластичним шаром. Можливий варіант, коли в склад фінішного покриття вводять еластомери, які чинять перепону тріщиновиникненню не дивлячись на теплові переміщення сітки. Товщина сітки та розміри вічок підбираються виробниками систем (рис. 5.11).

Утеплювач в важких штукатурних системах повинен відповідати ряду вимог, таких як:

- хімічна нейтральність (інфільтрати не повинні в жодному разі утворювати корозійно-активні розчини, щоб виключити пошкодження несучих елементів системи, а саме, сітки та кріплення;

- утеплювач повинен мати високу міцність на стиск та здвиг, щоб працювати в складі системи;

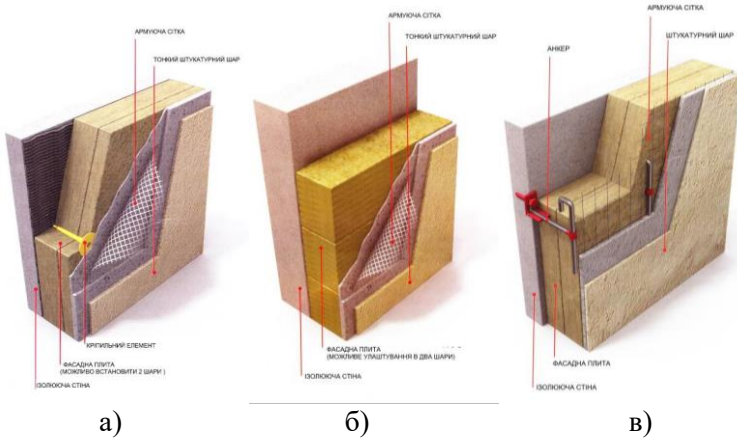
- утеплювач повинен бути паропроникним, мати водопоглинання за об'ємом менше 5% так як в цих системах не використовується пароізоляційні матеріали.

Для кріплення утеплювача використовують фасадні дюбелі (дюбель-гриб) рис. 5.11, ж, з.

Пластиковими дюбелями можна кріпити теплоізоляцію до міцних поверхонь з бетону, або цегли, однак вони не походять для фіксації важких утеплювачів на порожнистих стінах, або поверхнях зі спіненого бетону.

Будівельні норми і правила визначають такі стандарти за кількістю використовуваних дюбелів:

- для кріплення теплоізоляції на внутрішніх стінах, або на фасадах одноповерхових будівель на кожен квадратний метр утеплювача необхідно п'ять дюбелів - 4 по кутках, і один в центрі панелі;
- для кріплення на кутах будинків - по 6 дюбелів (грибки встановлюються паралельно один одному);
- для кріплення на фасадах будівель, висотою від 8 до 20 м, необхідно 7 дюбелів на 1 м² утеплення (паралельно + 1 в центрі);
- для кріплення на фасадах багатоповерхових будівель при висоті понад 20 метрів - 9 дюбелів на квадратний метр теплоізоляції.



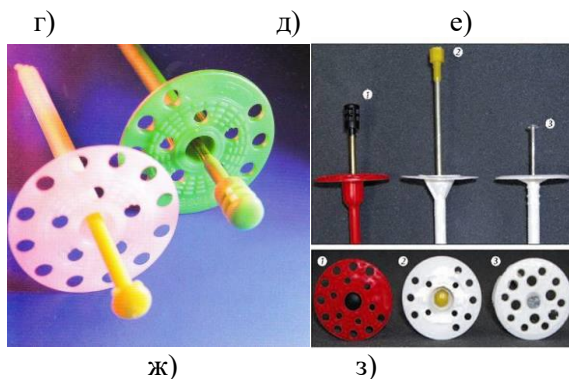


Рис. 5.11. Приклад систем з важкою штукатуркою:
 а)-в) конструктивні схеми; г)-е) технологічні схеми утеплення;
 ж) пластикові дюбелі для кріплення утеплювача; з) три варіанти
 дюбелів з різними термоізоляційними рішеннями

5.3. Утеплення будівель за допомогою тришарових конструкцій

Прототипом перших сендвіч-панелей стали вироби, винайдені американським інженером Франком Ллойдом Райтоном в тридцять роки минулого століття. В ті часи, створення легких, міцних і зручних елементів для будівництва стало великим кроком вперед, однак моделі потребували удосконалення. Цим вже в 1950 р. займався Олден Б. Доу, студент архітектурного університету Wright і брат засновника компанії «Dow Chemical». І незабаром з'явилися нові сендвіч-панелі, які демонстрували цілий ряд зразкових характеристик. Саме Доу створює перші трьохшарові сендвіч-панелі, які володіють найширшим спектром позитивних якостей. Ці панелі легкі при монтажі, теплозберігаючі, надійні і є можливість різного виду декорування фасаду. Але, не дивлячись на всі позитивні якості, сендвіч-панелі мали один суттєвий недолік – час виготовлення. Виробництво перших сендвіч-панелей потребувало серйозних часових затрат, і існуючі, на той час, виробничі зусилля просто не встигали виробляти панелі в потрібній кількості.

Ситуація змінилась в 1960 році, коли компанія «Alside», ввівши ряд суттєвих нововведень в процес виготовлення сендвіч-панелей, знизила час і збільшила швидкість

виробництва. З тих часів виробництво цих виробів було поставлено на «конвеєр», а об'єм випускаємої продукції дозволив розширити можливості будівництва швидкомонтуємих будівель і споруд.

В Радянському Союзі завдяки плановій економіці була розроблена ціла система виробництва і монтажу панелей, які тепер можна умовно назвати «сендвіч». На всій території СРСР були побудовані уніфіковані типові заводи по виробництву металевих конструкцій і панелей, які слугують прообразом існуючих сендвічей. Також вироблялись панелі з наповнювачем з мінеральної вати. Конструкції були достатньо громіздкі, збирались за допомогою кутиків і саморізів, для їх встановлення і монтажу потрібні були великвантажні крани. Думка про створення безкаркасної технології сендвіч-панелей, звичайно, була актуальною, але по-перше, не було ефективної мінераловатної сировини, по-друге, не було якісного клею для приклеювання вати до металу, а найголовніше – технології. Тим паче, будівлі, побудовані ще в радянські часи з тих старих панелей, все ще достатньо міцні. І при демонтуванні старих огорожуючих конструкцій приблизно 50 % мають ще досить пристойний вигляд, що зв'язано перш за все з достатньо великою товщиною використовуваного металу і застосуванням імпортованих пінополіуретанів.

За функціональним призначенням сендвіч-панелі поділяють на стінові і покрівельні. Стінові панелі можуть застосовуватись для улаштування огорожень, стін, перегородок промислових, харчових об'єктів, загальних і житлових будівель і споруд будь-якого призначення, адміністративних будівель, модульних, збірно-розбірних будівель, автозаправочних станцій, торгових підприємств, спортивних споруд, сушильних камер, холодильних установок, теплових модулів та теплових контурів в промислових приміщеннях, воріт і дверей, а також для утеплення будов. Покрівельні панелі застосовують для настилу покрівлі будівель з кутом похилу не менше 5 %. Закріплення панелей до несучих конструкцій (прогонів) виконується з використанням самонарізних гвинтів. Це забезпечує швидкість і легкість монтажу покрівельних панелей. Конструктивні особливості країв покрівельних панелей

забезпечує високу щільність і надійність стику, гарантують довготривалий строк (не менше 20 років) експлуатації об'єкту.

Сучасні сендвіч панелі – це трьохшарові стінові конструкції, основний матеріал для будівництва швидкокомуніуємих будівель. Сендвіч панелі – це сучасний будівельний матеріал, який представляє собою пошарову структуру з обшивкою з металевих листів, які в свою чергу, міцно зв'язані з внутрішнім шаром – утеплювачем. Металеві листи мають товщину, достатню для утворення самонесучої стінової конструкції. Облицювання панелей може виконуватись з наступних матеріалів (або з їх комбінацій):

- оцинкована сталь завтовшки 0,5-0,7 мм;

- оцинкована сталь завтовшки 0,5-0,6 мм з високоякісним полімерним покриттям (в якості покриття використовують поліестер, пурол і т. ін., колір покриття вибирається по каталогам кольорів);

- алюмінію завтовшки 0,8-1 мм.

В якості утеплювача застосовується пінополіуретан, пінополістирол, мінеральна вата, скловолокно. Для міцного з'єднання сталевих листів з утеплювачем застосовується, як правило високоякісний двохкомпонентний поліуретановий клей. Важливим є те, що цей будівельний матеріал значно знижує собівартість будівництва. Окрім того, використання сендвіч-панелей в якості головного будівельного матеріалу багатократно зменшує навантаження на фундамент. Це дає можливість надбудовувати з їх допомогою мансарди на будівлях зі «слабкими» фундаментами. При цьому, незважаючи на відносно малу товщину сендвіч-панелей, коефіцієнт їх теплового опору в декілька разів перевищує характеристики традиційних будівельних матеріалів. Наприклад, панель з пінополістиролу завтовшки 50 мм замінює 200 мм деревини, або 1000 мм кладки з повнотілої цегли, по теплотехнічним характеристикам.

Швидкий монтаж панелей значно зменшує кошторисні втрати і термін будівництва. Бригада з двох монтажників з одним під'ємним механізмом за зміну може перекрити 200-300 м² поверхні. В свою чергу високо естетична зовнішня поверхня сендвіч-панелей (зовнішні листи можуть мати поверхню, відформатовану під плитку, декоративну штукатурку і т. д.) і кольорова гама (зазвичай близько 40 кольорів і відтінків, в

залежності від виробника) допомагає не оздоблювати внутрішні і зовнішні фасади будівель. Багаторічна практика показала, що сендвіч-панелі добре витримують будь-які погодні умови, надійно захищають від атмосферних впливів, вогнестійкі, екологічно безпечні, не вражаються грибками і пліснявою. Хоча, як уже було відмічено під дією вогню деякі види теплоізоляції можуть виділяти токсичні речовини.

Сендвіч-панелі виробляють, як правило, наступних товщин: 80,100,120,150,200,250 і 300 мм. Довжина стандартних панелей коливається від 2600 мм до 13000 мм. Обшивка панелі може бути гладкою або профільованою (з глибиною профілю не більше 0,5 мм). Межові відхилення розмірів панелей не повинні перевищувати: по довжині від -10,0 до +10,0 мм; по ширині від -2,0 до +2,0 мм; по товщині від -2,0 до +2,0 мм. Непрямокутність панелей не повинна бути більше 2 мм. Непрямолінійність повздовжніх кромek панелей повинна знаходитись в межах допуску на ширину панелі. Неплощинність панелей не повинна перевищувати: по полю – 2,5 мм; по стиковим кромкам панелей – 1,0 мм; суміщення кромek металевих листів відносно один одного не повинно бути більше 1,5 мм.

Переваги сендвіч-панелей:

- високі тепло-звукоізоляційні властивості;
- вогнестійкість панелей (мінераловатна плита з базальтового волокна забезпечує межі вогнестійкості які відповідають пожежним вимогам);
- високі естетичні якості – поверхня не потребує подальшого оздоблення та має антикорозійне покриття;
- низькі показники водопоглинання і не велика питома вага;
- відповідність вимогам санітарних і екологічних норм.

Теплоізоляційні матеріали, які застосовують при виробництві сендвіч-панелей досить різноманітні. Досить розповсюджений матеріал – це **мінеральна вата** (волокневий матеріал, отриманий з силікатних розплавів гірських порід, металургійних шлаків та інших сумішей).

Переваги:

- низька теплопровідність;

- стійкість при високих температурах (мінеральні волокна здатні витримувати, не плавлячись, температуру більше 1000 градусів);

- низька щільність;
- довговічність (в умовах перемінних теплових і кліматичних навантажень);
- гарна паропроникність;
- висока звукоізоляційна властивість;
- екологічність.

Окрім того, мінераловатні плити не деформуються при температурах від -80 до 600 градусів, не сідають з часом, не впитують вологу і легкі в обробці. Відносяться до негорючих будівельних матеріалів.

Окрім своєї головної функції матеріали з базальтового волокна ефективно чинять супротив розповсюдженню полум'я і можуть використовуватися в якості протипожежної ізоляції і вогнезахисту.

Пінополістирол – це теплоізоляційний матеріал, отриманий вспучуванням і спаюванням між собою гранул полістиролу (водою або паром при нагріванні до температури 80-100 градусів). Пінополістирол – горючий матеріал з температурою застосування не більше 60-70 градусів. Це обмежує його застосування в будівельних конструкціях або ускладнює його з врахуванням обов'язкового виконання вимог пожежної безпеки. В будівництві пінополістирол використовують двох типів: пінополістирольні плити і екструзійний пінополістирол. Екструзія пінополістиролу дозволяє отримати матеріал з рівномірною структурою, яка складається з дрібних, практично повністю закритих ніздер. У нього практично відсутнє водопоглинання (менше 0,2 % об'єму). Екструзійний пінополістирол структурно має дуже високу міцність на стиск, а також володіє стабільними теплоізоляційними характеристиками, які значно перевищують середнє значення більшості інших ізоляційних матеріалів. Він морозостійкий і довговічний, хімічно стійкий і не піддається гниінню. В останній час розроблені нові різновиди матеріалу, в яких вдалося значно знизити горіння за рахунок введення в матеріал більш ефективних антипіренів (що дозволило віднести їх до групи важкогорючих матеріалів).

Екструзійний пінополістирол легко обробляється (гарно ріжеться, легко підігнати за допомогою звичайного ножа) і дуже легкий в монтажі. Працювати з ним можливо при будь-яких погодних умовах.

Пінополіуретан отримують з рідких компонентів, дозування і змішування яких забезпечується за допомогою спеціального обладнання. Реакції вспінання і затвердіння протікають настільки швидко, що вже через декілька хвилин після виготовлення виріб готовий для застосування. Жорсткий пінополіуретан щільністю 30-35 кг/м³, тобто який має 97 % газової фази, має звично ізольовані ніздрі діаметром 0,2-1,0 мм.

Механізм утворення пінопласту виключно важкий, оскільки дуже швидко збільшується в об'ємі при одночасному збільшенні температури і в'язкості. Повний цикл вспінання складає 10-40 с., потім піднімання піни припиняється і рідка фаза переходить в тверду.

На основі пінополіуретанів виробляють напівжорсткі і жорсткі матеріали. Поліуретани перероблюють всіма існуючими технологічними методами – екструзією, пресуванням, литвом, заливкою, напиленням і т. д. На основі цих матеріалів отримують абсолютно всі відомі типи матеріалів і виробів: наповнені, армовані, вспінені, ламіновані, у вигляді плит, листів, блоків, профілів, волокон, плівок і т. д. Методом заливання пінополіуретану в пресформу можна отримати теплоізоляційні панелі типу «сандвіч», які складаються з застиглого пінополіуретану і облицювальних листів. Пінополіуретанові сандвіч-панелі значно легші аналогічних панелей з теплоізоляцією з мінеральної вати за рахунок зменшення товщини і відсутності металевого каркасу. Але даний матеріал є пожежонебезпечним.

Зведення огороджуючих конструкцій з розміщенням утеплювача всередині стіни можливо з використанням практично будь-якого з конструкційних матеріалів (лісоматеріали, штучні кам'яні матеріали, різні панелі та монолітні конструкції). Багат шаровими огороджуючими конструкціями, наприклад, можуть бути: зовнішні стіни дерев'яних будинків, трьохшарові залізобетонні панелі, стіни зі штучних кам'яних матеріалів, в тому числі і колодязної кладки. Колодязна кладка має вигляд

доволі поширеної трьохшарової конструкції і є одним із частинних випадків системи вентфасадів. Товща першого шару – внутрішньої несучої стіни – визначається лише вимогами міцності та значенням паропроникності, товща теплоізоляційного шару диктується теплофізичними вимогами; призначення третього (лицьового) шару – захистити утеплювач від зовнішніх дій. Конструкції трьохшарових стін з утеплювачем в якості внутрішнього шару застосовуються доволі часто.

Переваги:

- порівняно невелика товщина, та вага;
- висока теплова ефективність;
- вогнестійкість.

При проектуванні та експлуатації трьохшарових стін з внутрішнім розміщенням утеплювача виникає одна надзвичайно серйозна проблема – конденсація вологи всередині конструкції. Водяна пара, проходячи крізь товщу конструкції, в результаті процесу конденсації, може призводити до прогресуючого руйнування зовнішньої захисної стіни та зв'язків, а також до зволоження, і можливо до повного руйнуванню утеплювача.

Для припинення конденсації конструкція стіни повинна передбачати існування повітряного вентиляційного зазору. Вентиляційна щілина допомагає зберегти утеплювач в сухому стані, гарантуючі високу якість утеплювача. Таким чином, по суті трьохшарова стіна з повітряною щілиною є вентиляційним фасадом, тільки роль облицювання тут виконує не листовий або плитковий матеріали, а кам'яна зовнішня стіна. Але в даних системах виконання ремонтних робіт, наприклад по заміні частини утеплювача, майже завжди неможлива. А тому не будь-який утеплювач може бути застосований в трьохшарових системах. Тут для теплоізоляції ставлять підвищені вимоги, а саме:

- висока стійкість до стискаючих і розтягуючи деформаційних дій;
- висока вологостійкість;
- можливість протистояти органічному розкладанню;
- низька повітропроникність;
- негорючість та відсутність осідання.

Дерев'яні сандвіч панелі. Деякі компанії постачають та зводять будинки з стінових панелей типу «сандвіч» з дерева. Панелі виробляються з сухого соснового бруса та заповнюються утеплювачем і облаштувують вологоізоляцією. Під такий будинок немає необхідності закладувати масивний фундамент, так як вага будинку незначна. Такі конструкції ідеально підходять для зведення за короткий термін повноцінного житла, а також індивідуальних котеджей, банних та недорогих дачних будинків (рис. 5.12).

Також виготовляють дерев'яні сандвіч-панелі з двох листів OSB-панелей між які вкладають утеплювач. Товщина панелей в готовому вигляді становить від 120 мм до 224 мм. Максимальний розмір панелі 1.25 метра на 7,0 метра. Така панель володіє винятковими енергозберігаючими властивостями і має високу міцність. Стіни і кути будинків, зібраних за цією технологією, ідеально рівні і прямі. Крім того, монтаж будинків проводиться в будь-який час року, побудовані будинки мають відмінні експлуатаційні характеристики і довговічні. Торці панелей закриваються брусками, які служать для з'єднання за принципом "шип-паз". Жорсткість конструкції досягається завдяки винятковим властивостям плит OSB. Самі панелі є основним несучим елементом конструкції.

OSB - це спресована деревностругана плита з орієнтованою плоскою тріскою (відповідає Європейському стандарту EN-300-OSB). Прямокутні вузькі тріски товщиною 0,5 - 0,7 мм і довжиною до 140 мм укладаються в три шари, причому тріска в зовнішніх шарах плити розташовується уздовж головної осі плити, а у внутрішньому шарі - перпендикулярно головній осі. Процес пресування проходить в умовах високого тиску і високої температури, з використанням фенолформальдегідних водостійких смол. За рахунок просочення тріски клеєм і гідрофобною емульсією досягається висока міцність і велика стійкість до мінливих погодних умов.

Незважаючи на застосування синтетичних сполук для виробництва плит, OSB екологічний та гігієнічно нешкідливий матеріал.



а)



б)



в)



г)



д)



е)



ж)

Рис. 5.12. Виготовлення дерев'яних сандвіч панелей:
 а) схема виготовлення ; б),в) виготовлення сандвіч панелей з OSB листів;
 г), д) обробка сандвіч панелей; е), ж) транспортування та монтаж

Полегшені стіни. Стіни в яких цеглу частково замінено ефективним теплоізоляційним матеріалом або повітряним прошарком називають полегшеними. В таких стінах несучі функції виконує цегла, а теплозахисні – теплоізоляційні матеріали. Такі стіни економічніші за витратами матеріалу і вартістю в порівнянні з суцільними стінами, а найголовніше – вони тепліші (рис. 5.13). Цегляно-бетонні стіни – це стіни наповнювач в яких легкий бетон, або термовкладка з легкого ніздрюватого бетону, застосування термовкладок більш ефективне так як дозволяє скоротити виробництво «мокрих» будівельних процесів при зведенні будівлі.

Стіни з колодязної кладки – це стіни де зовнішня і внутрішня стіна (як правило товщиною в півцеглини) зв'язані між собою вертикальними цегляними діафрагмами. Ці діафрагми розміщені через три, чотири постілі по довжині стіни і ділять стіну на колодязі. Колодязі заповнюють утеплювачем (наприклад легким бетоном). Цегляні стіни з теплоізоляційними панелями складаються з несучої частини і теплоізоляційної частини у вигляді гіпсових, гіпсошлакових, пінобетонних та інших панелей.

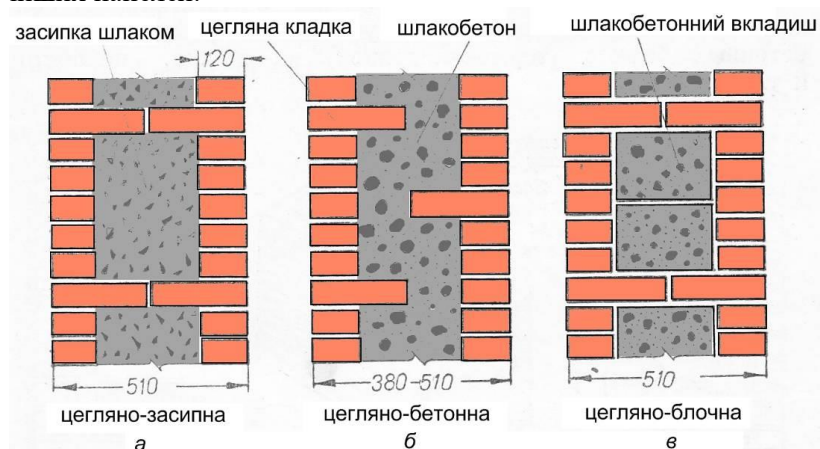


Рис. 5.13. Розрізи полегшених цегляних стін:

а), в) системи Попова; б) системи Попова-Орляникова

Панелі заводського виробництва. При спорудженні швидкокомтованих будівель намітилась тенденція переходу від

«набірного» сендвіча до готових сендвіч-панелей заводського виробництва (рис. 5.14, а). Застосування сендвіч панелей дає змогу не тільки прискорити спорудження огорожувальних конструкцій принаймні вдвічі, а й підвищити надійність конструкції. Якщо при набірному методі монтажу стін на ділянку розміром 6х1 м потрібно три саморізи по ширині і п'ять по довжині (всього-15), то для готової панелі такого ж розміру достатньо два саморізи знизу і два згори. А чим менше кріплень, тим менше проблемних місць, де можуть виникнути «містки холоду» чи може протекти вода.

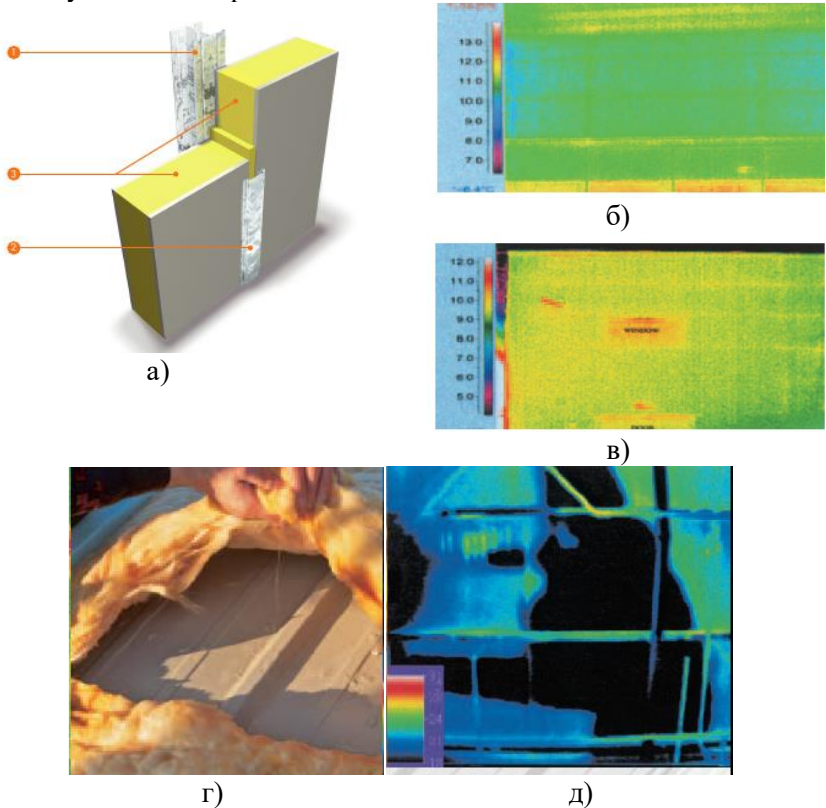


Рис. 5.14. Сендвіч панелі:

- а) загальний вид сендвіч панелі (1 – елемент каркасу, 2 – елемент конструкції сендвіч панелі, 3 – теплоізоляція); б) термограма стіни, вид ззовні; в) термограма багатошарової теплоізоляційної панелі; г) результат

проникнення 1 % (за об'ємом) вологості в ізоляційний матеріал з мінеральної вати; д) термографічний рисунок складальних покрівельних виробів з хімічно мінеральної вати, які зібрані на місці будівництва

До переваг сендвіч панелей заводського виробництва відносять і те, що в них, на відміну від набірних конструкцій, не зсідається мінеральна вата, а отже не утворюються порожнини, в які може потрапити холодне повітря чи вода. Сендвіч панелі використовують для спорудження стін, перегородок і покрівлі, будівництва нових споруд і утеплення старих. Для покрівель застосовують спеціальні покрівельні сендвіч-панелі, в яких зовнішньою обшивкою є профнастил зі спеціальною канавкою для стікання води. Покрівельні сендвіч-панелі також по особливому з'єднуються між собою – фальцевим з'єднанням або спеціальним замком. Щоправда, для покрівель існує обмеження: ухил повинен бути не менше 5-6 градусів. В іншому випадку покрівля споруди робиться плоскою і вкривається рулонним матеріалом.

Є спеціальні кутові сендвіч-панелі, застосування яких позбавляє монтажників трудомісткої процедури виконання кутових примикань і забезпечує гарний зовнішній вигляд. Деякі виробники випускають два види кутових сендвіч-панелей: з гострим і закругленим кутом. Також випускаються сендвіч панелі для утеплення існуючих споруд, обшиті з одного боку, а не з двох. Між собою сендвіч-панелі з'єднуються «в замок». Низка фірм пропонує панелі не лише зі стандартним замком, а й зі спеціальним «архітектурним» або прихованим, який закриває кріпильні елементи. Цей замок розроблений спеціально для поліпшення естетичних характеристик фасадів. Хоча кріпильні елементи за допомогою спеціальних нащільників можна сховати від зайвих очей, якщо панелі з'єднані стандартним замком. Деякі виробники пропонують панелі з енергозберігаючим замком, який передбачає з'єднання «в паз» сусідніх листів утеплювача.

Стандартним матеріалом для обшивки сендвіч панелей є оцинкований профнастил завтовшки 0,5-0,8 мм з поліестеровим покриттям або без нього. Більш дорогі види покриття – пурол, пластізол, PVDF – застосовуються лише тоді, коли стіни знаходяться під дією агресивного середовища: наприклад, поблизу моря або на м'ясопереробних підприємствах, де стіни регулярно мийуть спеціальним розчином.

Для обшивки сендвіч-панелей можуть також застосовуватися: картон, гіпсокартон, фанера, ДСП, пластик, азбоцемент. Цими матеріалами сендвіч-панелі обшиваються з внутрішнього боку, тоді як з зовнішнього застосовується звичайний профнастил. Такі панелі дають можливість зменшити обсяг внутрішніх оздоблювальних робіт. Також внутрішня обшивка покликана враховувати специфіку певних об'єктів. Наприклад, для об'єктів харчової, фармацевтичної промисловості застосовуються сендвіч-панелі з внутрішньою обшивкою з ПВХ чи нержавіючої сталі. Для зовнішньої обшивки сендвіч-панелей також застосовують не один профнастил. Окремі виробники як альтернативу пропонують панелі з нержавіючої сталі чи алюмінію, а деякі фірми застосовують для сендвіч-панелей фасадні касети. Випускають також і панелі, виготовлені з кількох частин з різними видами профілю.

Заповненням слугує утеплювач. Як правило це мінеральна вата, пінополіуретан або пінополістирол. Хоча цими трьома матеріалами список заповнювачів не вичерпується. Дехто застосовує скловату, або розроблений в Україні матеріал «Юніпор». Мінераловатні утеплювачі дорожчі за інші і дещо поступаються теплоізоляційними характеристиками, зате вони негорючі (вогнестійкість з мінераловатним наповнювачем досягає 180 хв.) і довговічні. Пінополіуретан та пінополістирол належать до слабогорючих матеріалів і їх застосування в будівництві обмежено протипожежними вимогами. Але їх можна використовувати на об'єктах харчової промисловості, на відміну від мінеральної вати. Пінополістирол поступається іншим матеріалам за довговічністю. Але його перевагою є найнижча ціна, тоді як перевага пінополіуретану – найкращі теплоізоляційні властивості.

Різні заповнювачі різної товщини (від 40 до 300 мм) дозволяють виготовляти сендвіч-панелі зі спеціальними властивостями – протипожежні (класу вогнестійкості до F-90, витримують полум'я протягом 90 хв.), звукоізоляційні (випускають спеціальні перфоровані панелі). Технологія виробництва дозволяє виготовити панелі будь-якої товщини. Серед недоліків сендвіч-панелей заводського виготовлення можна назвати можливість їх пошкодження при завантаженні-розвантаженні, необхідність розбирати цілий ряд панелей заради

заміни однієї (тоді як в стіні з набірного «сендвіча» достатньо відкрутити пошкоджений лист профнастилу), а також вищу собівартість будівлі. Так, заради захисту, на заводі їх вкривають захисною плівкою, яка знімається вже при монтажі. А застосовуючи високоякісну обшивку намагаються досягти меншого ремонту ніж стіни з неякісної обшивки. Також відбуваються їх вдосконалення: наприклад новий спосіб з'єднання дозволяє застосовувати панелі на дахах з ухилом менше 5 градусів (але мінімум 2,5 градуси); при монтажі, в замок панелі, закладається ущільнювальна стрічка з піногуми або бітумного матеріалу; з'явилися панелі з покриттям «хамелеон», що змінює свій колір залежно від освітлення.

Нижче приведені термографічні зображення які демонструють високоякісні ізоляційні характеристики разом з низькою проникністю повітря, що є звичайним атрибутом теплоізоляційних покрівельних і стінових виробів якісних матеріалів.

Також потрібно пам'ятати, що волога – ворог теплоізоляції. Наприклад, 1% об'єму вологості в ізольованих матеріалах з хімічної мінеральної вати може знизити теплові характеристики на 85% і більш, при чому коефіцієнт теплопровідності знизиться з 0,25 Вт/м²К до 0,47 Вт/ м²К. Велика асиметрична чорна пляма на рис. 5.14, д представляють собою відсутню, невірно розміщену або погано функціонувану ізоляцію, що веде до утворення значного містку холоду, втрати безперервності ізоляції і великим тепловим втратам за час всього терміну слугування будівлі.

При проектуванні комбінованих панелей необхідно використовувати статичний аналіз або повномасштабні випробування, щоб забезпечити задовільну конструкційну цілісність за граничним станом першої групи (максимальне розрахункове несуче навантаження) і по граничному стану другої групи (звичайне експлуатаційне навантаження). Розрахунок по граничним станам приймає до уваги навантаження вітру і снігу у відповідності з нормами конкретної країни, і має наступні випадки навантаження, які необхідно прийняти до уваги для всіх теплоізоляційних покрівельних і стінових панельних виробів. Це: теплове навантаження і повзучість.

Теплове навантаження. Теплове розширення для зовнішнього і внутрішнього листового метала буде різним, оскільки температура зовнішнього і внутрішнього середовища відрізняється. Маючи на увазі те, що теплоізоляційна серцевина прикріплена до обох листів, така різниця може викликати згинання панелі. Це може значно вплинути на величину тимчасового навантаження. Тому потрібно приймати до уваги вплив температури. Температура поверхні влітку залежить від кольору зовнішнього покриття і відображення поверхні панелі. Для розрахунку за станом першої групи для всіх кольорів потрібно використовувати $T=80^{\circ}\text{C}$. Для розрахунку за станом другої групи можна використовувати наступні значення (див. табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Зовнішня температура

Кольори	R_G , %	$T_{\text{внутр.}}$, $^{\circ}\text{C}$
<i>Дуже світлі кольори</i>	75-90	+55
<i>Світлі кольори</i>	40-74	+65
<i>Темні кольори</i>	8-39	+80

Тут R_G – степінь відображення в порівнянні з оксидом магнію, який приймається за 100%. Температура зовнішнього боку взимку залежить від місцезнаходження і коливається в межах $T_{\text{зовн.}} = -10$ і -30°C . Зовнішня температура покрівлі взимку приймається за 0°C , оскільки вважається, що при найгіршій комбінації навантаження вона буде покрита снігом. Загалом, $T_{\text{внутр.}}$ для внутрішнього боку можна прийняти за -20°C взимку і $+25^{\circ}\text{C}$ влітку для розрахунків як по граничним станам першої групи, так і по граничним станам другої групи.

Повзучість. Теплоізоляційна серцевина – це полімерний матеріал, який при довготривалому навантаженні постійно деформується. Таким чином, прогин панелі при постійному навантаженні може поступово збільшуватися. Таке явище відоме як деформація повзання (среер). Деформація покрівельних панелей може розвинути після тривалого періоду постійного навантаження (наприклад, снігу). Стінові панелі, однак, не деформуються, завдяки тому, що вони не навантажуються тривалим навантаженням. Деформація приймається до уваги з урахуванням коефіцієнта надійності до модуля здвигу серцевини

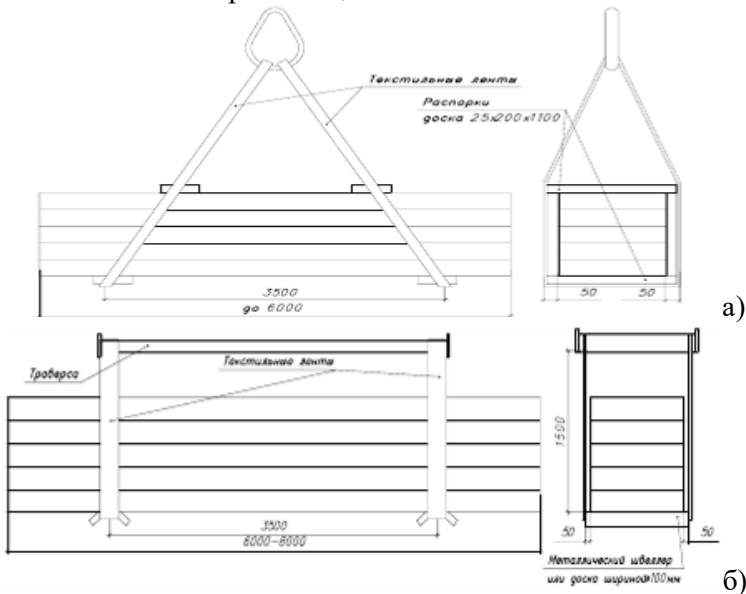
(G), який приймається у відповідності з типом матеріалу серцевини і видом навантаження.

Розвантаження панелей виконують за допомогою спеціальних пристосувань, які виключають вплив вантажних строп на бічні кромки панелей у відповідності з рис. 5.15, а, б, в. Транспортування панелей відбувається за схемами що показані на рис. 5.15, г, д.

В процесі експлуатації будівель і споруд, стіни і покрівля яких виконані з металевих сандвіч панелей, необхідно контролювати стан металевих сандвіч панелей, необхідно контролювати стан огорожуючі конструкції. Зовнішній огляд проводиться не рідше одного разу за шість місяців.

Оцінці підлягає:

- Стан поверхні сандвіч панелей;
- Стан фасонних елементів і надійність їх кріплення;
- Степінь герметизації стиків.



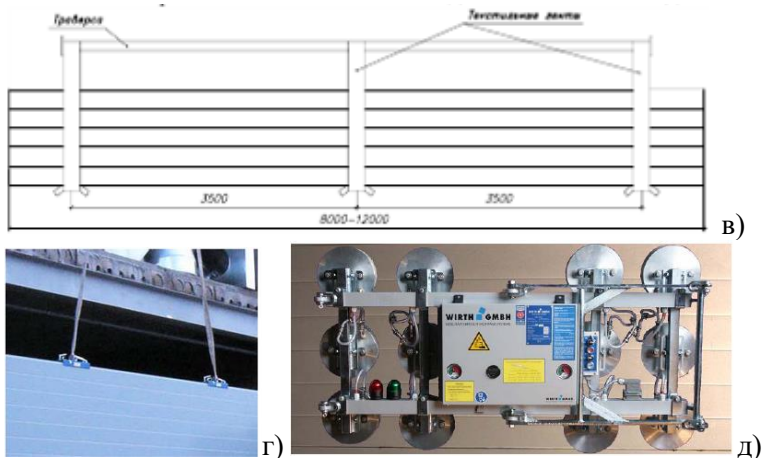


Рис. 5.15 Схеми стропування та транспортування сендвіч панелей:

- а) пакетів панелей довжиною не більше 6 м; б) пакетів панелей довжиною від 6 м до 8 м; в) пакетів панелей довжиною більше 8 м; г) транспортування і укладання стінових панелей на місці монтажу за допомогою струбцини; д) транспортування і укладання стінових і покрівельних панелей на місці монтажу за допомогою системи ОктопусКТ-В (вантажепідемність від 250 до 400 кг)

МДМ панелі. МДМ-панель – це конструкція, що складається з трьох шарів пінополістирольної серцевини та сталевोї звареної шпукатурної сітки, яку, після зведення будівлі, вкривають спеціальним бетоном (рис. 5.16).



Рис. 5.16. Конструкція МДМ-панелі

Один квадратний метр готової стіни приблизно важить 220 кг, але може бути і більше, що залежить від армування. В разі потреби (наприклад перекриття або несучі балки), сталеву сітку можна укріпити арматурою, що додасть стійкості всій конструкції. Допустиме навантаження на 1 м/п стінової МДМ-панелі становить 32 тони. Навантаження на 1 метр квадратний перекриття близько 1 тони. Будівлі з таких панелей (одна панель важить близько 25-27 кг) витримують землетрус у 7-9 балів. Головні характеристики МДМ панелі представлено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2

Головні характеристики МДМ-панелі

Фізичні показники			
1	2	3	4
1	Висота виробу	мм	3000
2	Ширина виробу	мм	1200
3	Товщина пінополістиролу - сердечника	мм	100
4	Розмір між арматурними сітками-картами	мм	135
5	Розмір чарунки сітки-карти	мм	50x50
6	Діаметр дроту сітки-карти	мм	3
7	Товщина одного шару бетону*	мм	40-60
8	Щільність тепло ізолюючого сердечника	кг/м ³	15

Продовження табл. 5.2

1	2	3	4
9	Діаметр дроту опорного елемента	мм	3,5
10	Вага виробу	кг	27
Показники виробу з обох сторін вкритих бетоном*			
11	Стійкість на стискання до початку руйнування (шар 4 см)	кг/м.п.	32000
12	Перекриття (з додатковим армуванням) до 6 м.п.	кг/м ²	1000
13	Вага 1 м ² (шар бетону 40-60 мм)	кг/м ²	195-260
14	Клас пожежної безпеки	K2	
15	Вогнестійкість МДМ плити перекриття (без руйнування) RE145	хв	47
16	Вогнестійкість стінової МДМ плити (без руйнування) REI 120	хв	122
Теплоізоляційні властивості			
17	Термічний опір МДМ панелі	R _o	2,53

* - під бетоном розуміють – цемент з піском + добавка фібро волокна 900 гр. на 1 м³ та пластифікатори приблизно 1,5 % ваги цементу.

Випробування, монтаж та технологічні особливості МДМ панелей показано на рис. 5.17 та 5.18.

Порядок монтажу стінових панелей.

Стінові панелі, розміщені горизонтально.

1. Найнижчу панель закріплюють першою таким чином, щоб нижні фасонні елементи і опори (інтервал макс. 1,5 м) знаходилися на однаковому рівні. Панель кладуть на опори і прикріплюють верхній край до прогонів за допомогою одного або двох кріплень в залежності від прогону і навантаження вітру (рис. 5.19).

2. Другу панель кладуть на першу таким чином, щоб краї були вирівняні і ущільнені, і ширина з'єднань була паралельною. Вказаним методом кріплять панель до сталльної конструкції. В бічному з'єднанні мається заводське ущільнення, нема необхідності його ізолювати.

3. Таким чином продовжують по направленню до верхнього краю стіни і при необхідності укорочують останню панель до потрібної ширини. Верхній край останньої панелі потрібно кріпити до металевої конструкції з інтервалом кріплень до 500 мм.

4. Якщо на краях, ребрах, кутах панелей, або біля дверей, вікон і т. д. використане наскрізне кріплення, воно повинно бути закрито, щоб з'єднання не було видно.

Стінові панелі розміщені вертикально.

1. Перед проведенням монтажу переконуються, що нижній прогін тимчасово або постійно притулений по всій довжині і лежить рівно.

2. Прямо і рівно кріплять нижній фасонний виріб до нижнього прогону.

3. Першу панель кладуть пазом в кут, і перед монтажем переконуються, що вона лежить відвісно. На ребровому краї використовують скрите кріплення, а в куті – скзовне кріплення. В кожній точці використовують одне або два кріплення, в залежності від прогону і навантаження вітру.

4. Край другої панелі вставляють в ребро закріпленої панелі таким чином, щоб з'єднання було паралельним і

рівномірним по всій висоті панелі. На передньому краї в місцях доторкання з прогонами укріплюють відповідну кількість кріплень.

5. Продовжують подібним чином, поки не закривають всю стіну.

6. Якщо буде необхідність, висоту панелі можна вкоротити, наприклад, у отворах або на кутах. Тут потрібно використовувати наскрізне кріплення, однак їх необхідно закривати фасонними виробами з жести.

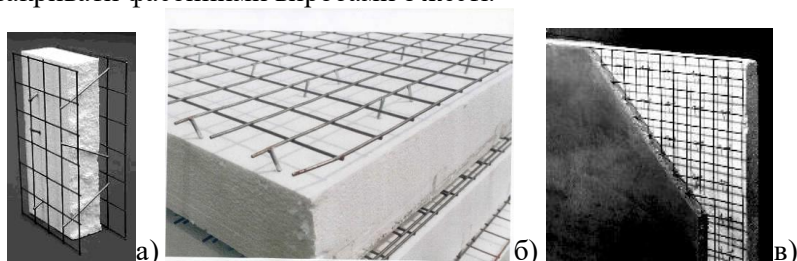
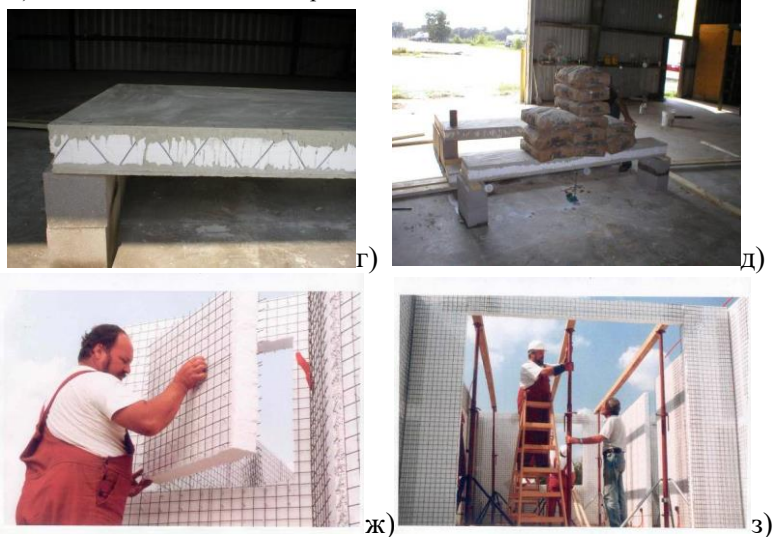


Рис. 5.17. Випробування та монтаж МДМ панелей:
а-в) загальний вид панелей; г-д) випробування МДМ панелей;
ж-з) виконання віконних та дверних отворів; е-к) покриття розчином панелей



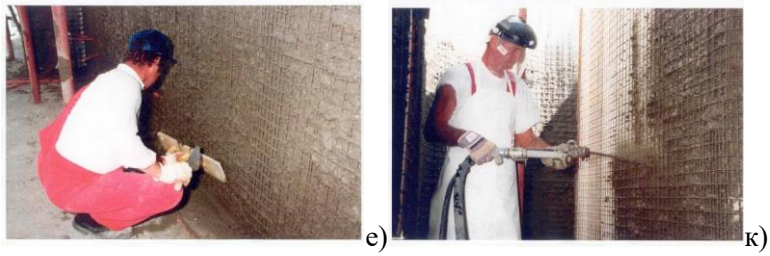


Рис. 5.17. Закінчення (див. також с. 261)

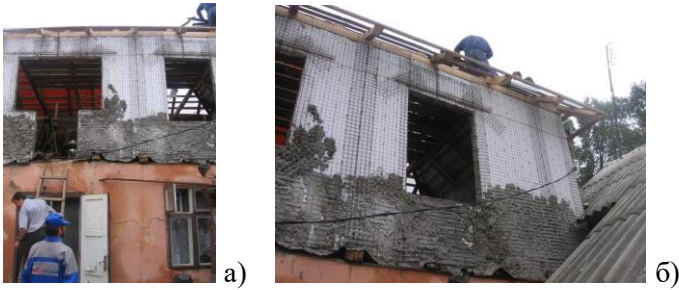


Рис. 5.18. Технологічні особливості МДМ панелей:
 а-б) використання МДМ панелей для надбудови при слабких основах будівлі;
 в-г) монтаж стін з МДМ панелей (при вимиванні ґрунту з під фундаментів
 конструкція залишилася в початковому стані без деформацій та руйнувань);
 д-ж) виготовлення даху; з) влаштування перекриття

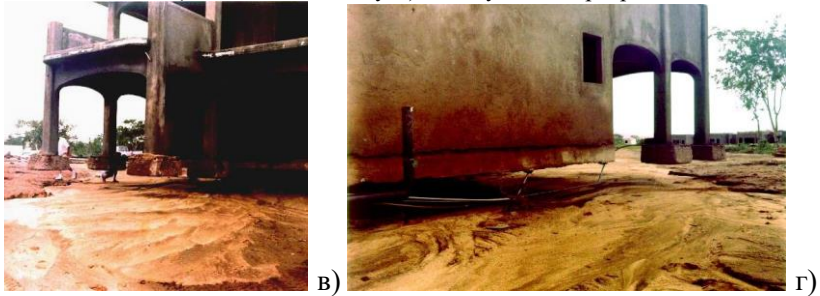




Рис. 5.18. Закінчення (див. також с. 261)

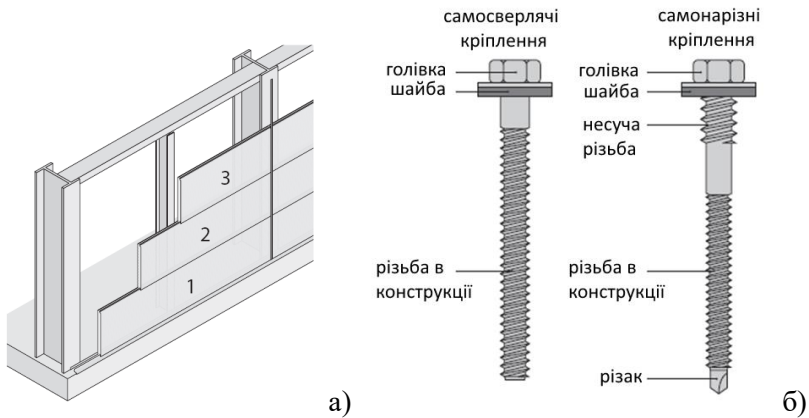


Рис. 5.19. Монтаж панелей:

а) порядок монтажу панелей; б) спеціальні кріплення панелей

Фасонні елементи повинні бути надійно закріплені і вирівняні, вірно ущільнені і повинні мати рівні і недеформовані краї. Головні кріплення призначені для кріплення теплоізоляційних панелей до рами будівлі, а допоміжні кріплення – кріплять панелі одна до одної, до поверхні і т. д. Кріплення є невід’ємною частиною будівлі і їх міцність, опір погодним умовам, довговічність і зовнішній вигляд повинні бути ретельно продумані як частина загального проекту.

Ці кріплення сконструйовані спеціальним чином, щоб проходити крізь панель, нарізувати різьбові з’єднання в конструкції та запечатувати зовнішній листовий метал (рис. 5.19, б). Це виконується однією швидкою операцією з використанням шурупверта з наконечником, чуттєвим до глибини. Виробники

кріплень постачають різноманітні пристосування для цих приладів. Кріплення виготовляються таким чином, щоб підходити для більшості широковикористовуваних матеріалів і конструкцій. Існують наступні варіації:

- кріплення, виготовлені з високоякісної вуглеводневої сталі або з нержавіючої сталі;

- точки свердління відрізняються в залежності від матеріалу і товщини;

- різьба, яка утворена самонарізним кріпленням, може відрізнятися в залежності від типу і товщини матеріалу;

- загальна довжина кріплення буде відрізнятися в залежності від товщини прикріпленої панелі;

- у панелей, які кріплять крізь всю товщину кріплення мають допоміжне несуче різьблення під самою голівкою, щоб переносити сумісне навантаження, викликане рухом людей і снігу. Це також міцно з'єднує зовнішній шар поверхні з шайбою, утворюючи ізоляцію та стійкість проти впливу негоди;

- ущільнюючі шайби можуть різнитися за розміром і за матеріалом, в залежності від того, застосовують їх для покрівель чи стін або ж світлових прорізів;

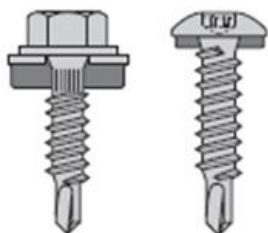
- голівка кріплення може бути з металу, яка закрита пластиковим ковпачком будь-якого кольору.

Допоміжні кріплення з'єднують листи, кайму з листовим металом або кайму з каймою. В основному для допоміжних кріплень використовують шурупи або заклепки (рис. 5.20).

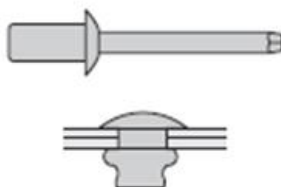
Самосверлячі або самонарізні шурупи з'єднують листовий метал разом і ущільнюють його таким самим чином, як і головне кріплення. Їх виконують з високоякісної вуглеводневої сталі або нержавіючої сталі і з головками різної форми, для скріплення різних матеріалів. Заклепки виготовляють з алюмінієвого сплаву і кріплять в два етапи – свердять отвори в двох компонентах, вводять заклепку в отвір і закріплюють її за допомогою клепального інструменту. Клепальний пристрій продавлює серцевину крізь тіло заклепки і деформує її таким чином, що вона захватує обидва матеріали, до кінцевого деформування виступаючої частини голівки.

Інші потайні кріплення використовують для особливих виробів, таких як бічне перекриття світлових прорізів, де звичайні сліпі заклепки і кріплення непридатні. Це більш крупніші кріплення, що мають різну форму, деякі потребують застосування клепаального пристрою, інші використовують шурупи, щоб продавити ізоляційну ущільнювальну втулку до нижнього боку листа.

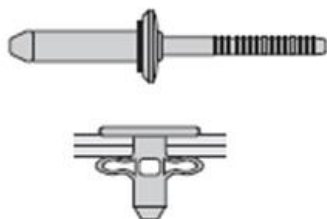
накладні шурупи



потайні заклепки



потайні кріплення
(Buld-tite)



кріплення покрівлі,
прорізів (Lap-lox)

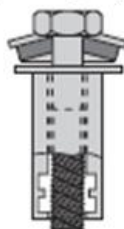


Рис. 5.20. Різновиди кріплення панелей

Критичне пошкодження з'єднання може виникнути в трьох випадках:

1. Стягування – зовнішній шар покриття панелі руйнується навколо голівки і шайби кріплення більше і більше, поки отвір не стає достатньо великим для того, щоб панель вискочила з нього, залишаючи все кріплення на своєму місці (рис. 5.21, а).

2. Зрив – під дією вітру кріплення виривається з головної балки або прогону (рис. 5.21, б).

3. Пошкодження при розтягу кріплення – в результаті розтягу кріплення ламається, залишаючи частину різьби в рамі (рис. 5.21, в). Допустиме зусилля розтягу кріплення з вуглеводної або нержавіючої сталі діаметром 5,5 мм складає 6,0 кН.

4. Іншим видом пошкодження, не зв'язаним з тиском вітру, є бічний зсув (рис. 5.21, г). В цьому випадку панель рухається вздовж поверхні балки або прогону, і кріплення ламається або перерізується. Існує вірогідність, що кріплення серйозно пошкодить листи покриття панелі перед тим, як виникне руйнування. Допустиме навантаження при бічному ковзанні кріпильного елемента з вуглецевої або нержавіючої сталі діаметром 5 мм складає 3,9 кН.

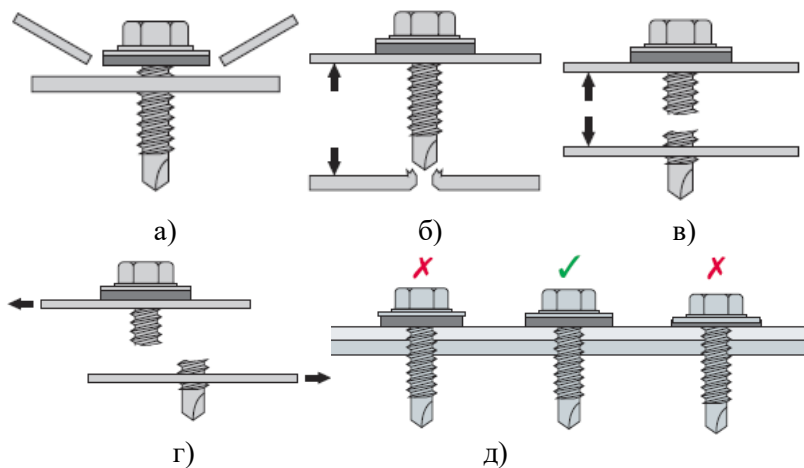


Рис. 5.21. Види пошкоджень при кріпленні панелей:
а) деформація стягування; б) деформація зриву; в) пошкодження при розтягу кріплення; д) установка основних і допоміжних кріплень: погано затиснена шайба, вірне кріплення, сильно стиснута шайба

Установка основних і допоміжних кріплень показана на рис. 5.21, д. На рис. 5.22 наведено оснащення та інструмент для кріплення сандвіч панелей.

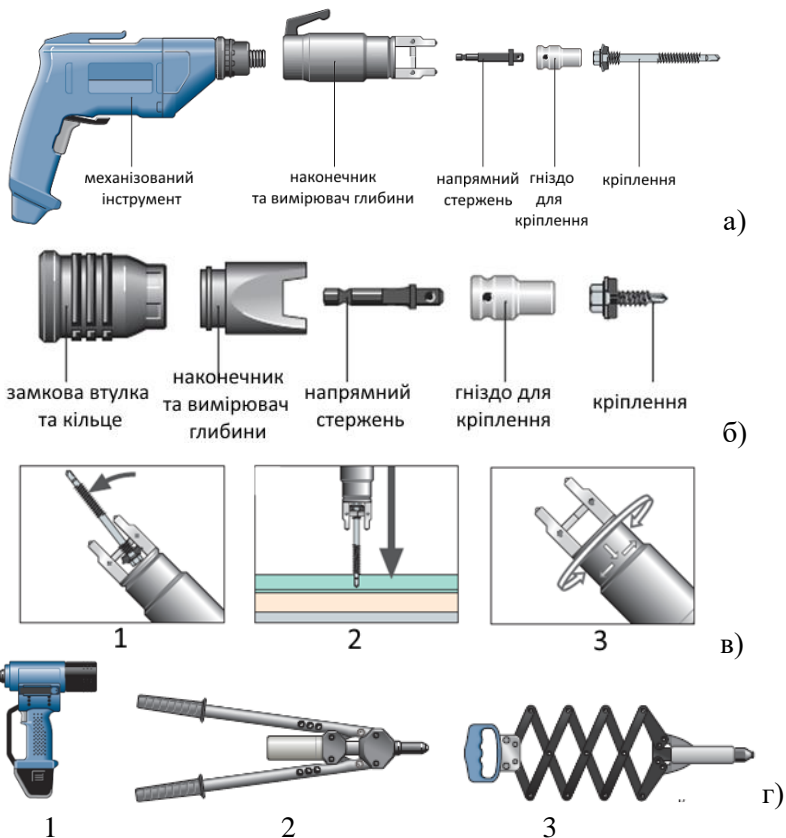


Рис. 5.22. Оснащення та інструмент для кріплення сандвіч панелей:

- а) інструмент для основних кріплень; б) оснащення для допоміжних кріплень; в) спосіб встановлення кріплення: 1 – вкласти кріплення в гніздо; 2 – провести кріплення крізь панель; 3 – встановити обмеження глибини; г) інструмент для заклепок: 1 – клепальний інструмент який працює на батарейках; 2 – ричажний інструмент; 3 – кліщі-ножиці

5.4. Вентильовані фасади

Вентильовані фасадні системи розроблені для зберігання утеплювачів в стані фізичної сухості з метою забезпечення низьких значень коефіцієнта теплопровідності безпосередньо утеплювача та, відповідно, забезпечення постійного

температурно-вологісного режиму експлуатації огорожень та параметрів мікроклімату ізованих приміщень. Вентилюваний фасад є теплоізоляційною системою, тобто з'єднання спеціально підібраних елементів, забезпечуючих стійкість і довготривалий тепловий та атмосферний захист ізованих поверхонь (рис. 5.23).

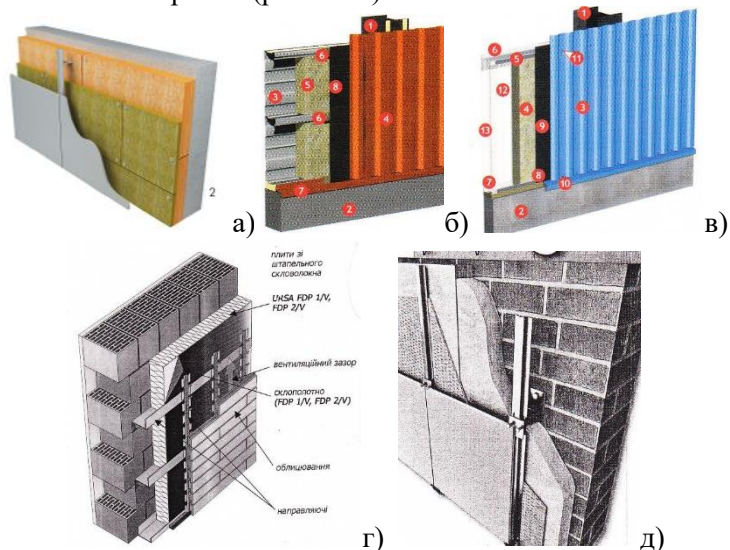


Рис. 5.23. Вентилювані фасади:

а) загальний вид вентиляваного фасаду:

1 – одношарова схема утеплення; 2 – двошарова схема утеплення;

б) вентиляванний фасад промислової будівлі:

1 – колона каркасу; 2 – цоколь; 3 – внутрішня стінова касета; 4 – профнастил;

5 – теплоізоляція; 6 – термопрокладка стрічкова; 7 – планка цокольна;

8 – супердифузійна мембрана;

в) вентиляванний фасад промислової будівлі:

1 – колона каркасу; 2 – цоколь; 3 – профнастил; 4 – теплоізоляція;

5 – термопрокладка стрічкова; 6 – стіновий ригель (Z-профіль); 7 – стіновий ригель

(C-профіль); 8 – ущільнювач цокольний; 9 – супердифузійна мембрана; 10 – планка цокольна; 11 – шуруп само нарізний; 12 – плівка пароізоляції; 13 – профнастил;

г-д) вентиляванний фасад з оздобленням плитками

Переваги вентиляції через фасад наступні. Система вентфасадів може застосовуватись при утепленні існуючих будівель і при спорудженні нових, забезпечуючи широкий вибір рішень естетики будівлі. Дуже цінною якістю вентиляваних фасадів в умовах вітчизняного будівництва, для якого характерні

форс-мажорні обставини, є те, що їх можна монтувати цілий рік. Водночас вентилязовані фасади дорожчі, ніж оштукатурені і монтуються дещо повільніше (приблизно 1000-2000 м² / міс). Переваги вентфасадів обумовлені їх конструкцією: на каркас, що кріпиться до несучих конструкцій будівлі, навішуються плити мінераловатного утеплювача, захищеного з зовнішнього боку вітроводозахисною мембраною, а потім ззовні навішуються панелі облицювального матеріалу так, щоб між ним і утеплювачем зберігалася вентиляційна щілина. Остання сприяє видаленню вологи, яка накопичується в утеплювачі внаслідок температурної конденсації і проникнення з приміщення через стіни.

Для того, щоб система «дихала», в якості утеплювача використовується тільки мінвата (базальтова або скловолокнева), а в якості вітробар'єру – тільки мембрани, тобто матеріали з високими паропроникними властивостями. Якщо утеплювач закріплюють механічними з'єднувачами, то перевірка підоснови не є суттєвою, очищення підоснови від пилу та ґрунтування непотрібні. Ширина вентиляційної щілини в вітчизняній практиці становить 20-25 мм. Ця величина запозичена з європейських нормативів, які встановлювали мінімальний розмір вентиляційної щілини в вентфасадах в 20 мм. Але потрібно враховувати, що з урахуванням нерівностей стін і панелей відстань між утеплювачем і облицювальними панелями може в окремих місцях зменшуватися з 20 до 2 мм, а в цьому випадку система вентилязованого фасаду перестає працювати. Тому, наприклад, в Німеччині були запроваджені нові стандарти вентилязованих фасадів, які встановлюють мінімальну ширину вентиляційної щілини 40 мм, а оптимальну – 60 мм. Але в той же час, малий формат облицювальних плиток (600x100 мм) в системах, наприклад «Скапрок», забезпечує додатковий притік повітря по всій висоті фасаду, що забезпечує більшу ефективність системи з повітряним каналом від 15 мм порівняно з крупноформатними вентилязованими фасадами з повітряним каналом 20-25 мм.

Система вентилязованих фасадів складається з трьох основних компонентів – системи кріплення (підконструкція), теплоізоляційних панелей і елементів облицювання.

Розглянемо кожен компонент окремо.

1. Підконструкція, за допомогою якої закріплюють елементи облицювання, виготовляють зазвичай з алюмінію, нержавіючої або ж оцинкованої сталі, рідше з дерева. Дерев'яний профіль може використовуватись при облицюванні малоповерхових індивідуальних будинків. Але потрібно зауважити, що дерево попередньо оброблюють розчинами проти шкідників та вологи. Алюмінієві і сталеві системи кріплення, що складаються з кронштейнів та вертикальних і горизонтальних профілів, застосовують перш за все у багатоповерхових спорудах.

Вибір матеріалу підконструкції залежить і від матеріалу, використаного для облицювання. Наприклад, якщо фасад вирішено облицювати алюмінієвими матеріалами, то система кріплення обов'язково повинна бути теж алюмінієвою, бо зі сталлю алюміній утворює гальванічну пару, що стимулює прискорення корозії. Якщо для кріплення алюмінієвої фасадної системи застосувати оцинковану сталь, то гарантію на такий фасад можна дати не більше ніж на 7 років.

Система кріплення (підконструкція), як відзначають фахівці, – найбільш складний і важливий елемент вентилязованих фасадів, адже саме на систему кріплення лягають всі навантаження і від її надійності залежить стійкість усього навісного фасаду.

2. Елементи облицювання. Розманіття облицювальних елементів вентфасадів значно більше, ніж асортимент каркасних. Для облицювання вентилязованих фасадів використовуються:

- алюмінієві композитні матеріали;
- алюмінієві листові матеріали;
- скляні конструкції з алюмінієвим каркасом;
- дрібно штучні фасадні плити з високомарочного бетону;
- фіброцементні плити;
- оцинкована сталь (фарбована або з кам'яною посипкою);
- керамічна плитка (керамограніт);
- натуральний камінь;
- сталеві касети;

- сталеві панелі;
- сталевий сайдинг;
- вініловий сайдинг;
- та інше.

Найбільшого поширення на даному етапі в нашій країні набули дрібно штучні фасадні плити з високо марочного бетону. Широко розповсюджені й алюмінієві облицювальні матеріали – композитні і листові. Це обумовлено такими характеристиками алюмінію, як міцність і жорсткість, мала вага, стійкість до корозії, легкість в обробці, яскравий і сучасний зовнішній вигляд. Захисно – облицювальні екрани повинні підходити до каркасу, з умови співставлення лінійних деформацій. Композитні матеріали дуже легкі (4,5-7,4 кг/м³)- за однакової жорсткості вони в 3,5 рази легші за сталеві і в 1,5 рази легші за суцільний алюмінієвий лист.

Алюмінієві композитні матеріали виготовляються у вигляді панелі, яку можна легко розкроїти на будівельному підприємстві. Максимальна довжина панелі може сягати 8 м, що дає змогу суттєво економити на залишках матеріалу.

Для облицювання навісних фасадів широко застосовуються й фіброцементні плити. Це сформовані з цементу, армованого волокном, елементи форматом 600x100 мм, а також від 600x600 до 1200x1500 мм. Вони захищені шаром ґрунтовки, а також двома шарами фарби. Іноді їх зверху посипають кам'яною крихтою. Особливості фіброцементних панелей оштукатуреного фасаду, широка кольорова гама (щонайменше сотня відтінків) і морозостійкість (до 150 циклів).

Для елітного житла застосовується керамограніт. Він поєднує вигляд керамічної плитки з характеристиками граніту (водо і морозостійкістю). При цьому такий фасад дешевший за гранітний.

Вініловий сайдинг непридатний на високих будівлях, де вітрові навантаження великі, а протипожежні норми жорсткі. Особливості монтажу вентфасадів з вінілового сайдингу полягають в тому, що для фасаду використовується дерев'яний каркас або каркас з ПВХ - профілів, а монтаж сайдингу повинен проводитися лише при плюсовій температурі. Існують два основних види ПВХ, з якого виробляється фасадний сайдинг – спінений і ударостійкий. Ударостійкий ПВХ розм'якшується при $t = 83\text{ }^{\circ}\text{C}$, тоді як спінений – при $75\text{ }^{\circ}\text{C}$; міцність на розрив – 38 Н/мм^2 , а у спіненого – 15

Н/мм². Сайдинг, що пропонується на українському ринку, значно відрізняється між собою за якістю. Дешевий – через 5 років втрачає колір на сонці і гнеться. Довговічний послугує 20-30 років. При купівлі довговічного зверніть увагу що такий матеріал повинен бути:

- виготовлений тільки з первинного полімеру (чи з додаванням сировини);
- кількість ребер жорсткості приблизно 10 (але не 4-6);
- наявність і термін письмової гарантії на збереження кольору;
- морозостійкість сягає: -40 °С (але не -20 °С);
- чи добре сайдинг гнеться і чи швидко він відновлює свою форму;
- ширину і міцність монтажної полиці;
- комплект аксесуарів.

Ще одною групою матеріалів для облицювання вентиляованих фасадів є матеріали з оцинкованої сталі з полімерним покриттям – сайдинг, панелі, касети. Вони виготовляються з тієї ж оцинкованої сталі з полімерним покриттям, що й профнастил, але більш товщої. Сайдинг має товщину 0,5 або 0,7 мм, касети й панелі – 0,7-1 мм. Різниця між цими матеріалами полягає перш за все у зовнішньому вигляді. Він визначає й сферу застосування: сайдингом облицюють переважно промислові об'єкти, панелями й касетами – торгові та промислові, також касетами можуть облицюватись фасади багатопверхових житлових будинків.

Монтувати фасадні касети й панелі дещо складніше, ніж профнастил – сусідні касети потрібно підганяти одну до одної. Свого часу в європейській пресі пройшла кампанія проти сталевих фасадів на тій підставі, що вони нібито виступають екраном, який створює шкідливе електромагнітне поле. Але це не було підтверджено дослідженнями. Ця кампанія дуже нашкодила виробникам.

3. Теплоізоляція. Для вентиляованих систем підходить не будь-який утеплювач. Застосування горючих матеріалів заборонено у випадку швидкого розповсюдження вогню тягою у вентиляованому прошарку. Немає сенсу застосовувати закритопористі матеріали з низьким коефіцієнтом паропроникності, зводячи на нівець переваги вентиляованої

системи. Утеплювач повинен мати мале водопоглинання та витримувати температурні та механічні деформації.

Фасадні касети «Альбатрос». Компанія «Альбатрос» виготовляє фасадні касети двох типів: відкриті й закриті (касети виконуються як з прямим кутом, так і з похилим бортом) (рис. 5.24). Касети покриті захисною плівкою. При виготовленні касет було враховано термічне розширення матеріалу (збільшено розмір кріпильних отворів і запроєктовано рухомі з'єднання), також є отвори для видалення конденсату з внутрішньої поверхні касет. Касети змінюють свій колір в залежності від кута зору та відображення світла.

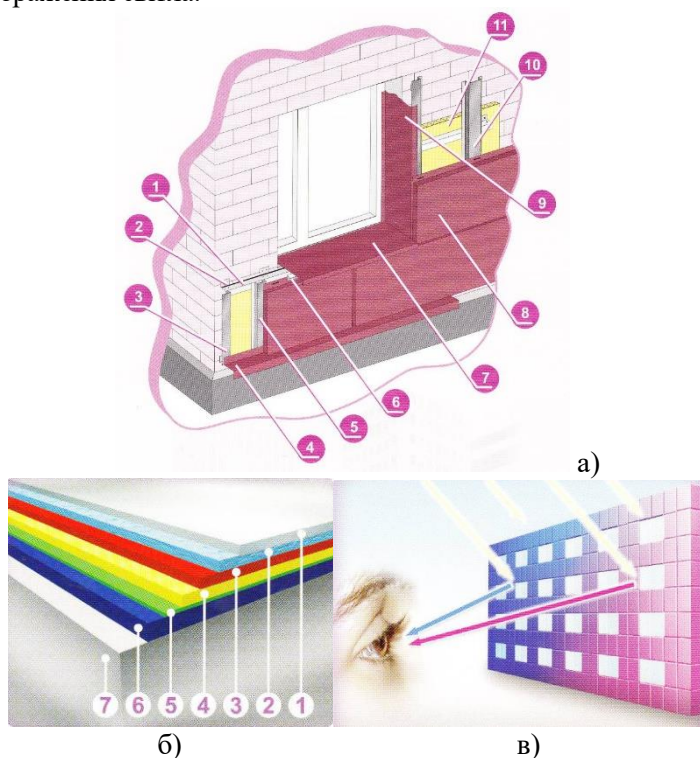


Рис. 5.24. Фасадні касети:

- а) загальний вид фасаду: 1 – несучий профіль; 2 – кронштейн; 3 – профіль Z – подібний; 4 – злив цокольний; 5 – профіль проміжний; 6 – профіль гнучий (підвіконний); 7 – злив віконний; 8 – фасадна касета; 9 – планка віконна; 10 – профіль основний; 11 – утеплювач;

б) структура покриття:

1 – напівпрозоре покриття PVDF; 2 – перламутровий пігмент PVDF;

3 – PVDF; 4 – ґрунтове покриття; 5 – конверсійний шар;

6 – цинкове покриття; 7 – сталь (завтовшки 1,2 мм);

в) створення ефекту «хамелеон»

Верхній шар покриття напівпрозорий і містить перламутрові пігменти. Створення двох чи більше кольорових відтінків в тім же шарі покриття – результат відношення між світлом, відбитим від шару основи, і пігментного шару. Ті промені, через які проходять пігменти, відбиваються від шару основи, створюючи ефект покриття «хамелеон». Продукція виготовляється компанією «RUUKKI» (Фінляндія).

Для виготовлення фасадних панелей може використовуватися оцинкована сталь завтовшки 0,5 мм з полімерним покриттям (поліестер). Оцинковану сталь з початку покривають спеціальним шаром, який запобігає окисненню цинку, потім ґрунтується (ґрунт виконує роль звязуючого), а далі з лицьової сторони наносять кольорове полімерне покриття, яке не тільки захищає матеріал від природних впливів, але і прикрашає його. Захисне покриття наноситься також з зворотного боку сталі.

Потрібно зауважити що завдяки принципу провітрюваній стіни до наших днів дожив такий пам'ятник архітектури, як Софіївський собор (м. Київ) та інші будинки, які легко впізнати за багаточисленними вентиляльованими віконцями на фасадах.



а)



б)

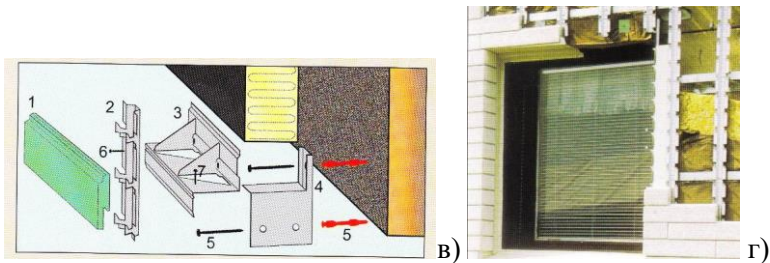


Рис. 5.25. Приклади вентилязованих фасадів будівель:

а) будинок з вентиляційними каналами в стінах (Софіївський собор);

б) будинок з вентиляційними каналами, які показано стрілками;

в) кріплення вентилязованого фасаду:

1 – зовнішній захист (камінь); 2 – вертикальний направляючий профіль;

3 – горизонтальний Z – профіль; 4 – несуча система; 5 – дюбелі; 6 – шуруп

для кріплення вертикального профілю; 7 – шуруп для кріплення

горизонтального профілю; г) приклад обрамлення вікна

Таким чином, обираючи з наведеного огляду оптимальну технологію утеплення будівлі можливо добитися економії теплової енергії на опалення і загального зменшення витрат на утримання будинку.

Висновки до розділу 5

1. На основі аналізу існуючих систем утеплення будівель було встановлено, що основними системами утеплення є технології зовнішнього та внутрішнього утеплення фасадів, і в залежності від конструктивних особливостей будівельних об'єктів необхідно обирати найкращий метод утеплення будівель.

2. Широке розповсюдження в будівництві при утепленні фасадів будівель знайшли штукатурні системи такі, як система утеплення TEX-COLOR, з використанням теплоізоляційних плит «Парок», легкі та важкі штукатурні системи та тришарові утеплювальні конструкції. Основними перевагами таких систем є довговічність експлуатації, паропроникність, хімічна та біологічна стійкість, порівняно невелика товщина та вага. В якості недоліків слід відмітити недостатньо термо- та вологостійкість тришарових конструкцій, обмежені фізичні та механічні властивості.

3. При використанні в якості утеплювача вентилязованих фасадів слід зазначити, що вони забезпечують постійний температурно-вологісний режим експлуатації та параметри

мікроклімату ізольованих приміщень. Переваги вентиляованих фасадів обумовлені конструктивними особливостями, де на каркас, який кріплять до несучих конструкцій будівлі, навішуються плити мінерального утеплювача з облицювальним матеріалом. Фасади мають вишуканий дизайн та можуть приймати, фактично, форму фасаду будівлі. Основним недоліком є обмеженість використання по параметрам вогнестійкості. Також необхідно відмітити, що рулонні та мінераловатні матеріали не можна використовувати в фасадних системах в зв'язку з їх усадкою в часі.

4. При виборі матеріалу для утеплення фасадів будівлі слід враховувати їх конструктивні особливості, допустиму температуру експлуатації, фізичні та механічні навантаження конструкції, економічність виготовлення та встановлення, технологію виробництва а також тепло- та вологостійкість фасадних конструкцій.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В монографії вирішена важлива наукова проблема моніторингу енергоощадності малоповерхових будівель на основі підходів нечіткого моделювання, що дає можливість проводити експрес – аналіз енергоефективності для прийняття проектних рішень щодо реконструкції будівельних об'єктів без зайвих витрат ресурсів.

До основних висновків та результатів дослідження можна віднести:

1. Аналіз стану малоповерхової забудови показав, що малоповерхові будівлі можна класифікувати в залежності від їх властивостей згідно ДК 018-2000. При зведенні будівель в щільній малоповерховій забудові слід брати до уваги архітектурно-історичні особливості території забудови. При цьому недостатній досвід зведення малоповерхових будівель може викликати негативні фактори, такі як тріщини в несучих конструкціях, фундаментах, перекриттях, деформації основ та інші, що негативно впливає на показник енергоефективності будівельних об'єктів.

2. Дослідження конструктивних та архітектурних особливостей малоповерхової забудови дали можливість прослідити еволюцію становлення та вирішення проблем будівництва на території України починаючи з XVI століття. Особливу увагу приділено архітектурним елементам малоповерхових будівель, які розташовані на території сучасної Чернігівської області. Встановлено що на даний час з будинків, що залишилися в якості історичних пам'яток архітектури, переважають кам'яні споруди, які досі використовуються в якості об'єктів історичної спадщини. Також в роботі наведено аналіз форм та особливостей конструкцій фундаментів, які є основними при проектуванні малоповерхових будинків та споруд.

3. В результаті проведеного аналізу існуючих методів та моделей моніторингу енергоощадності будівель визначено, що на даний час питання побудови інформаційно – вимірювальних систем, які б забезпечували швидкість та достовірність проведення дослідження з прийняттям проектних рішень вивчено недостатньо. Встановлено, що процес моніторингу

передбачає застосування значної кількості різномірних параметрів, що є важливою проблемою при побудові інтегрованої інформаційної системи зі створення єдиного інформаційного простору з діагностики, аналізу енергоефективності і прийняття рішень щодо реалізації інвестиційного проекту з реконструкції будівель.

4. Розроблено модель моніторингу енергоефективності будівель та часовий графік виконання проектних робіт, які дають можливість визначити критерії та фактори для аналізу системи та описати порядок їх взаємодії для побудови ІВС. Шляхом проведення однопараметричного аналізу критеріїв ефективності встановлено, що використання евристичних методів вибору найкращого варіанту проектного рішення дає можливість врахувати якісні оцінки експертів і найбільш впливовими факторами є кількість інформації та об'єм оперативної пам'яті з коефіцієнтом $BF_i = 8.42$.

5. Запропоновано чотириохрівневу модель візуально – об'єктного представлення знань для визначення енергоефективності муніципальних будівель, яка враховує експериментальні дані термограм, експертні критерії та параметри системи прийняття проектних рішень і має можливість інтерпретації синтезованих моделей в форматовану базу знань і може служити програмним інтерфейсом між вхідними параметрами діагностики будівлі і машинною формою обробки та подання знань.

6. Визначено, що для побудови інформаційно – вимірювальної системи моніторингу енергоощадності муніципальних будівель доцільно використовувати підходи нечіткого моделювання, де фігурує багато факторів, передбачити зміну в часі яких досить важко таких як втрати тепла, погодні умови та ін. При цьому встановлено, що впливаючі фактори представляють собою дерево цілей між якими встановлюються причини – наслідкові відношення, що дає можливість визначити причини існування рівня енергоефективності будівельного об'єкту, сформувані когнітивну карту і оцінити їх важливість для прийняття проектного рішення щодо реконструкції.

7. Запропоновано модифікований метод аналізу ієрархій для оцінки рівня енергоефективності на основі системи критеріїв

та індикаторів, в якому на основі побудови узагальненої матриці попарних порівнянь впливу факторів на індикатори рядки матриці можливо описати як вектори узгодженості параметрів, а мірою неузгодженості може виступати косинус кута між векторами, величина якого вказує на ступінь залежності між елементами матриці.

8. Запропоновано інтегроване середовище, прототип ІВС, технічне та програмне забезпечення процесу моніторингу енергоощадності будівель. В системі виділено дві ролі «Інженер – енергоаудитор» та «Користувач», особа, яка ініціює прийняття проектних рішень, та створено діаграму варіантів користування системою. Встановлено, що для створення ІВС слід обирати програмне середовище NetBeans, яке може працювати на прототипах Windows, Linux, Mac OS та інших з мовою програмування Java. Розроблено програмні модулі «Термографія» та «Ранг», які графічно реалізують методика дослідження енергоощадності, а також можуть служити в якості аналітичного інструменту при проведенні досліджень з моніторингу енергоефективності муніципальних будівель.

9. В роботі проведено збір та обробку вихідних даних для проведення моніторингу. Моделювання роботи інформаційної системи проводилося на прикладі центрального корпусу Чернігівського національного технологічного університету. Результати розрахунків показали, що енергоефективність будівлі належить до категорії «висока енергоефективність» і будівля має невеликий обсяг енерговитрат. Створено інформаційний портал для підтримки прийняття управлінських рішень з вибору проекту реконструкції муніципальних будівель для державних органів влади, проектних установ та громадськості міста для прозорості витрачання бюджетних коштів. Очікуваний економічний ефекти від користування системою складає 290 280 тис. грн.

10. Проведено аналіз сучасних технологій теплоізоляції будівель та споруд. Визначено, що фасадні системи утеплення будівель є одним з найкращих засобів збільшення теплоізоляційних характеристик огорожувальних конструкцій. Наведено відомості щодо можливості використання для збільшення енергоефективності будівель такі системи утеплення, як TEX-COLOR, теплоізоляційні плити «Парок»,

тришарові утеплювальні конструкції, вентилявані фасади та легкі та важкі штукатурні системи. Встановлено, що при виборі найкращої технології утеплення малоповерхових будівель та споруд слід враховувати фізичні, механічні та температурні характеристики будівельного матеріалу, що дає можливість знайти оптимальне співвідношення між енергоефективністю конструкцій і вартістю їх застосування з одночасним врахуванням параметрів тепло- та вогнестійкості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Матвеев І.В. Складні інженерно-геологічні та сейсмонебезпечні умови України і напрямки досліджень, що потребують вирішення за потреби будівництва / І.В. Матвеев // Світ Геотехніки. №3. 2013. – С. 16-19.
2. Державний класифікатор будівель та споруд: ДК 018-2000. – [Чинний від 01.01.2001]. – К.: Держстандарт України, 2000. – 53 с. – (Національні стандарти України).
3. Корнієнко М. В. Особливості зміни конструктивних рішень фундаментів цегляних приватних будівель за XVIII – XXI ст. / М. В. Корнієнко, М. М. Корзаченко // Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво). – К.: ДП НДІБК, 2013. – Вип. 79. – С. 158 – 166.
4. Осипов О.Ф. Технологічні аспекти зведення будинків в умовах комплексної реконструкції міських районів / Осипов О.Ф., Гладун І.Т. // Містобудування та територіальне планування. Науково-технічний збірник. Вип. 18. –К.: КНУБА, 2004. – С. 132-137.
5. Фільваров Г.Й. Проблеми сталого розвитку населених пунктів України / Фільваров Г.Й., Нечаєва Т.С., Плешкановська А.М. // Містобудування та територіальне планування. Науково-технічний збірник. Вип. 9. – К.: КНУБА, 2001. – С. 305-318.
6. Плешкановська А.М. Передумови комплексної реконструкції міських територій / Плешкановська А.М. // Містобудування та територіальне планування. Науково-технічний збірник. Вип. 12. – К.: КНУБА, 2002. – С. 117-120.
7. Габрель М. М. Підвищення ефективності використання просторового потенціалу – інтегральна задача містобудівної діяльності / Габрель М. М. // Містобудування та територіальне планування. Науково-технічний збірник. Вип. 12. – К.: КНУБА, 2002. – С. 9-18.
8. Голов О.О. Деформації основ фундаментів будівель в умовах щільної міської забудови: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.23.02 / Голов Олег Олександрович. – Дніпропетровськ, 2005. – 19 с.

9. Осипов О.Ф. Технологічні аспекти зведення конструкцій підземної частини з поруч розташованими будинками / Осипов О.Ф., Гладун І.Т., Акимов Ф.Н. // Будівництво та техногенна безпека. Збірник наукових праць. Вип. 22. – Сімферополь: Національна академія природоохоронного та курортного будівництва, 2007. – С. 70-75.
10. Осипов О.Ф. Будівництво в умовах міської забудови. Досвід і перспективи / Осипов О.Ф., Гладун І.Т. // Містобудування та територіальне планування. Науково-технічний збірник. Вип. 12. –К.: КНУБА, 2004. – С. 9-18.
11. Савйовский В.В. Техническая диагностика строительных конструкций зданий / Савйовский В.В. – Харків: ФОРТ, 2008. – 560 с.
12. Ушацький С.А. Організація зведення і реконструкції будівель і споруд: Навчальний посібник / Ушацький С.А. – К.: 1992. – 183 с.
13. Гнідець Б.Г. Легкомонтовані універсальні каркасні системи для малоповерхового житлового та іншого індивідуального будівництва / Гнідець Б.Г., Гнідець Р.Б., Гнідець З.Б. // Вісник нац. ун-ту «Львівська політехніка» «Теорія і практика будівництва». – Львів, 2011. – №737. – С. 58-64.
14. Бондаренко Е.Ю. Зарубежный опыт организации малоэтажного строительства/ Бондаренко Е.Ю., Иваненко Л.В. // Основы экономики, управления и права. Вып. 2 (8) / 2013. – С. 49-53.
15. Балаев С.Ю. Анализ зарубежного опыта индивидуального малоэтажного домостроения (ИМД) и возможности развития ИМД в России [Электронный ресурс] / С.Ю. Балаев. – Режим доступа: <http://www.marketologi.ru/publikatsii/stati/analiz-zarubezhnogo-opyta-individualnogo-maloetazhnogo-domostroenija-imd-i-vozmozhnosti-razvitiya-imd-v-rossii/>. – Дата доступу: 25.05.2017.
16. Авдієнко О.П. Реконструкція житла. Сучасний стан проблем / О.П. Авдієнко, Л.Н. Андріонова // Реконструкція житла. – 2004. – Випуск 5. – С.13–16.

17. Богомолов Ю. М. Информационные технологии в организации строительства / Богомолов Ю. М. – Минск: ИРФ «Обозрение», 1997. – 240с.

18. Бусленко Н. П. Лекции по теории сложных систем / Бусленко Н. П., Калашников В.В., Коваленко И.Н. – М.: Советское радио, 1973. – 438 с.

19. Бушуев С. Д. Информационная модель системы организационного управления / С.Д. Бушуев., А.Б.Лисицын, А. Г. Тиминский // Управління проектами та розвиток виробництва: Зб. наук. праць. – 2008. – № 2. (26) – С. 20-29.

20. Бушуев С. Д. Креативные технологии в управлении проектами и программами / С.Д. Бушуев, Н.С. Бушуева, И. А. Бабаев и др. – К.: Саммит книга, 2010. – 768 с.

21. Бушуев С. Д. Управление инновационными проектами и программами на основе системы знаний P2M: монография / Ярошенко Ф.А., Бушуев С.Д., Танака Х. – К., 2011. – 263 с.

22. Данченко О. Б. Формалізація інформаційного середовища систем управління проектами будівництва складних енергетичних об'єктів / Данченко О.Б., Лега Ю.Г., Тесля Ю.М., Палагіна О.А., Черниш С.В. // Вісник ЧІТІ. – Черкаси: "Графія України", 2001. – №1. – С.118-123.

23. Цюцюра С.В. Інтегрована інформаційна система управління енергетичними комплексами / С.В. Цюцюра // Тези доповідей 65-ї Науково-практичної конференції КНУБА 20-22 квітня 2004. – Ч. 4. – К.: КНУБА, 2004. – С.13.

24. Цюцюра С.В. Системний аналіз створення інформаційно-інтегрованих систем управління підприємствами енергоємних галузей / С.В. Цюцюра, В.Д. Цюцюра, О.В. Криворучко // Автоматизація виробничих процесів. – 2005. – № 2 (21). – С. 49 – 52.

25. Цюцюра С. В. Управління інноваційними проектами модернізації підприємств енергоємних галузей // Монографія. – К.: Науковий світ, 2007. – 225 с.

26. Абрамова Е.В. Оптимизация диагностических систем теплового контроля: диссертация ... доктора технических наук : 05.11.13 / Абрамова Елена Вячеславовна; [Место защиты: Науч.-исслед. ин-т интроскопии Моск. НПО "Спектр"]. – Москва, 2011. – С.15-48.

27. Волков В. Л. Измерительные информационные системы. Учебное пособие для студентов технических специальностей дневной, вечерней и заочной форм обучения/ АПИ НГТУ, Арзамас, 2008.– 158с.

28. Горбачовський О. П. Проблеми енергозбереження в житлово-цивільному будівництві // Будівництво України. – 1998. - №2. – С. 12-14.

29. Данилова Т.В. Обґрунтування доцільності реконструкції житлових будинків на доінвестиційній стадії управління проектами: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.13.22 «Управління проектами та розвиток виробництва» –Дніпропетровськ, 2001. – С.5-10.

30. Езерский Е. А. Инжиниринг в проектировании дополнительной защиты зданий: Сборник науч. трудов по мат. науч.-практ. семинара. Качество информационных услуг / Езерский Е.А., Монастырев П.В., Монастырева М.В. – Тамбов: ТГТУ, 2002. – С. 46–51.

31. Енергозбереження у житловому фонді: проблеми, практика, перспективи: Довідник / “НДІпроектреконструкція”, DuetscheEnergie-AgenturGmbH (dena), InstitutsWohnenund-UmweltGmbH (IWU), 2006. – 144 с.

32. Казимир В. В. Модельно-орієнтоване управління інтелектуальними виробничими системами: дис.... д-ра техн. наук: 05.13.06 / НАН України; Інститут проблем математичних машин і систем. – К., 2006. – С. 18-24.

33. Теодорович Н. Н. Особенности построения территориально-распределенных систем мониторинга комплексов зданий // Сборник материалов IX Международной научно-практической конференции «Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии»/ Пенза: РИО ПГСХА, 2007. – С.29-75.

34. Ушацький С. А. Організація зведення і реконструкції будівель та споруд: Навч. посібник для вузів буд. спец. / [Ушацький С.А., Лубенець В.Г., Майданов В.М. та ін.] – К.:Вища шк.,1992. –183 с.

35. Криницький Н. А. Автоматизированные информационные системы / Н.А. Криницький, Г.А. Миронов,

Г.Д. Фролов; под ред. А.А. Дородницына. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982. – 384 с.

36. Любарский Ю. Я. Интеллектуальные информационные системы. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. – 232 с.

37. Лялюк О. Г. Модель інтегрованого еколого-економічного управління інвестиційним процесом будівництва / О. Г. Лялюк, О.Г.Чухряєва // Вісник ВПІ. – 2005. – №6. – С.60–65.

38. Парахуда Р. Н., Литвинов Б. Я. Информационно-измерительные системы: письменные лекции. – СПб.: СЗТУ, 2002. – 74с.

39. Чье Ен Ун. Обзор методов и средств построения информационно-измерительных систем/ Электронное научное издание «Ученые заметки ТОГУ», 2013. –Т4, №4. – С.1000-1007.

40. Грэхем И. Объектно-ориентированные методы. Принципы практика / Грэхем И. – М.: Изд. Дом «Вильямс», 2004. – 880с.

41. Саиф К. Мухамед. Особенности построения информационных систем технического учета энергоресурсов предприятия, Харьковский национальный университет радиоэлектроники/ Системи обробки інформації, 2011. – Випуск7(97). – С.30-33.

42. Трахтенгерц Э. А. Современные компьютерные технологии управления информационно-аналитической деятельностью / Трахтенгерц Э. А., Иванилов Е. Л., Юркевич Е. В. // М. СИНТЕГ. 2007. – 372 с.

43. Бабак В. П. Теоретические основы информационно-измерительных систем: Учебник / В.П. Бабак, С.В. Бабак, В.С. Еременко др. Под.ред. чл.-кор. НАН Украины В.П. Бабака. – К.: ТОВ «Софія-А», 2014.– 832с.

44. ГОСТ 222315-77. Средства агрегатные информационно-измерительных систем. Общие положения.- М.: Государственный комитет стандартов, 1977. –10с.

45. Кузнецов Б.Ф. Стохастические модели и методы анализа информационно-измерительных систем / Кузнецов Б.Ф. – АСУТП. – Ангарск: Ангарская государственная техническая академия, 2007.–180с.

46. ИСО 50001 Система енергетичного менеджменту. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki/ISO_50001.
47. Лізунов П. П. Інформаційні системи в менеджменті: навч. посіб./Петро Петрович Лізунов, Наталія Петрівна Івлева, Ганна Леонідівна Васильєва; В.о. Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт.- К. : КНУБА, 2010.- 128 с.
48. Department of Defense, Energy Manager's Handbook, August 25 2005, p. 250. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.acq.osd.mil/ie/energy/library/DoDEnergyManagerHandbook.doc>.
49. O'Brien James A. Management Information Systems: managing information technology in the internetworked enterprise. / O'Brien James A. - 4th ed. - NY: McGraw-Hill, 1999. - 700 p.
50. Osborn A. Energy Manager / Rover Group, UK. Saving Energy by Raising Awareness: Seminar «Energy management: Low cost energy saving Techniques». Kiev, April 1997.
51. Савицька М. А. Енергозбереження в сучасному житловому будівництві / М.А. Саницька, О.Р. Позняк, У.Д. Марушак // Ринок інсталяцій. - 2005. - №5. - С. 46-48.
52. Саджениця В. Енергозбереження в житлово-комунальному господарстві України // Ринок інсталяцій. - 2005. - №4. - С. 22-23.
53. McDonough W., Braungart M., Cradle to Cradle ®: Remaking the Way We Make Things. North Point Press. 2002.
54. Roodman, D. M. Lenssen, N. "A Building Revolution: How Ecology and Health Concerns are Transforming Construction, World watch Institute, Washington, DC, 1995.
55. Saunders, Harry D., «The Khazzoom-Brookes postulate and neoclassical growth.» The Energy Journal, October 1, 1992.
56. Сайт цифрових учебно-методических материалов ВГУЭС. Методическое обеспечение учебного процесса: ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ. Часть 1. Автор: Крюков В.В., редактор: Ильин А.А. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://abc.vvsu.ru/Books/I_i_s_1/page0003.asp.

57. Звіт про науково-технічну роботу «Науковий аналіз нормативно-методичної бази з питань енергоефективності в будівельній галузі та розроблення рекомендацій щодо її приведення до вимог законодавства України та вимог євростандартів». – Науково-технічне підприємство «Стандарт». – Київ. - 2010. – 87с.

58. Иншеков Е. Н. Анализ международного законодательства в сфере оценки энергоэффективности, паспортизации и маркировки зданий. Оценка международных систем учета, мониторинга энергопотребления и выбросов парниковых газов зданий // Е. Н. Иншеков. – К.: КПИ, 2011. – 91с.

59. Нікітін Є.Є., Тарновский М.В., Чернявський А.В.Посібник з муніципального енергетичного менеджменту / Є. М. Иншеков. – К.: Поліграф плюс, 2014. –238 с.

60. Програма розвитку і реформування житлово-комунального господарства м. Харкова на 2003-2010 рр. Колектив авторів / Під керівництвом Шатенка Л.М, Бабаєва В.М., Семенова В.Т. – Харків: ХДАМГ, 2003. – 205 с.

61. Сайт Державного агенства з енергоефективності та енергозбереження України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://saee.gov.ua/archives/3547>.

62. Украина: Энергосбережение в зданиях. ЕС – EnergyCenterKiew, Ukraine 27/6 InstitutskaStr., Office 45, Kiew – 21, Ukraine – 241 с., С. 18-22.

63. Методика оцінки ефективності впровадження проекту з енергозбереження в адміністративних і громадських будівлях м. Києва, що затверджена розпорядженням Київської міської держадміністрації № 831 від 18.05.2006 р. (укр.)

64. Сайт поддержки проекта «Энергосбережение в административных и общественных зданиях г. Киева». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.kiba.com.ua.

65. Сеппанен О. Маркировка и экологические требования к энергопотребляющему оборудованию зданий в странах ЕС / Сеппанен О. // Энергосбережение. – №4/2009. – С. 56-60.

66. Штангей С. В. Использование геоинформационных технологий в телекоммуникации/ Штангей С. В. // Вісник НТУ

«ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2012. – № 68 (974). – С. 13-24.

67. Сайт <http://bim-info.ru/>[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://bim-info.ru/po.php>.

68. Гаязова К. Стандарти енергоефективності в Європі і Німеччині [Електронний ресурс]. – Ред. К. Гаязова. Institute for Market Transformation (IMT) / Режим доступу: <http://kz.beeca.net/biblioteka/ee-terplosnabzhenii/publikacii/252>.

69. Он-лайн проект "Збільш свій дах" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zoominorpuwdak.antwerpen.be>.

70. DATAMINE Collecting Data from Energy Certification to Monitor Performance Indicators for New and Existing buildings – FINAL REPORT, DATAMINE Project Team, January 2009, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://env.meteo.noa.gr/datamine/DATAMINE_Final_Report.pdf.

71. Бех Ю. В. Філософські проблеми сучасного управління складними системами: ідеї, принципи моделі: монографія / Ю. В. Бех, А. І. Слепцов; Нац. пед. ун-т імені М. П. Драгоманова. – К.: Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2012. – С. 35-48.

72. Буяльський В. М. Спосіб ідентифікації моделей репрозіторів систем автоматизованого проектування інтегрованої АСУ / В. М. Буяльський // Нові технології, 2009. – № 1(23). – С. 173-177.

73. Army Energy and Water Reporting System (AEWRS). User/Reporter Manual, September 2011, p. 49.

74. Дорф Р. Современные системы управления. Пер. с англ. / Дорф Р., Бишоп Р. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2002. – 832 с.

75. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств / Пер. с франц. Под ред. С.И. Травкина. – М.: Радио и связь, 1982. – 432 с.

76. Круглов В.В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети / Круглов В.В., Длин М.И., Голунов Р.Ю. – М.: Физматлит, 2000. – 252 с.

77. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику / Штовба С.Д. – Винница: Континент – Прим, 2007. – 198 с.

78. Axelrod, R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites I R. Axelrod. – Princeton, NJ: Princeton University Press, 1976. – 405 p.

79. Glykas M.(ed.) Fuzzy Cognitive Maps: Advances in Theory, Methodologies, Tools and Applications Studies in Fuzziness and Soft Computing, Vol. 247 – Springer: 2010, 200p.

80. Tolman, E.C. Cognitive Maps in rats and men I E.C. Tolman II Psychological Review. – 1948. – V. 42. № 55. – P. 189-208.

81. Маліков В. М. Підвищення ефективності енергозбереження в житлово-комунальному господарстві / В.М. Маліков, А.А. Худенко // Будівництво України. – 2003. – №3. – С.8.

82. Маляренко В. А. Енерго та ресурсозбереження при реформуванні житлово-комунального господарства України // Интегрированные технологии и энергосбережение. – 2004. – №1. – С. 3–8.

83. Маслов В.П. Інформаційні системи і технології в економіці: Навчальний посібник / В.П. Маслов. – Київ: «Слово», 2006. – 264с.

84. Маргасов Д. В. Інформаційні технології у моніторингу енергоощадності бюджетних будівель м. Чернігова // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія “Технічні науки” : науковий збірник / Черніг. нац. технол. ун-т. – Чернігів : Черніг. нац. технол. ун-т, 2014. – № 1 (71). – С. 186.

85. Маргасов Д. В. Розробка моделі та модифікація методу аналізу ієрархій для оцінки рівня енергоефективності [Текст] / Д. В. Маргасов, Е. Ю. Сахно, І. С. Скітер // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2015. – Т. 5, № 2 (77). – С. 25-39, doi: 10.15587/1729-4061.2015.51027.

86. Терещук О.І. Проведення тепловізійного моніторингу малоповерхових будівель та споруд/ Терещук О.І., Сахно Є.Ю., Буренін О.І.// Матеріали VIII міжнародної науково-практичної конференції 10-12 травня 2018 р. «Комплексне

забезпечення якості технологічних процесів та систем», м. Чернівці: ЧНТУ, 2018. Т2- С.94-95.

87. Цветков В. Я. Методы и системы поддержки принятия решений в управлении / Цветков В. Я. – М., 2001. – 70 с.

88. Антонова Г. В. Утепление жилого дома / Антонова Г. В. // Жилищное строительство. – 2004. – №1. – С.26–30.

89. Бешинська О. В. Оцінка фактичної якості теплоізоляційних характеристик огорожувальних конструкцій існуючих будівель / О.В. Бешинська, О.Г. Ратушняк // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. – 2006. – Вип. 9. – Київ. :КНУБА. – С.107–111.

90. Дмитриев А. Н. Управление энергосберегающими инновациями / А.Н. Дмитриев. – М.: АСВ. – 2001. – 314 с.

91. Зинченко С. В. «Шість кроків проекту з термосанації будівлі». [Електронний ресурс]: Сайт <http://energoauditor.biz> –Режим доступу: URL: <http://energoauditor.biz/2013/07/shist-kroktiv->. – Title from Screen. – Date of Access. – 2013.

92. Глушков М.В. Введение в АСУ / Глушков М.В. – К.: Техника, 1972.– 312с.

93. Денисов А.А. Теория больших систем управления. Учеб. Пособие/ А.А. Денисов, Д.Н. Колесников. – Л.: Энергоатомиздат, 1982. – 288с.

94. Сергієнко І. В. Наукові ідеї В.М. Глушкова та розвиток актуальних напрямів інформатики / Сергієнко І. В. – К.: Наук. думка, 2013. – 288 с.

95. Цапенко М. Архитектура Левобережной Украины XVII-XVIII веков / Цапенко М. – М.: Стройиздат, 1967. – 235 с.

96. Леся Гасиджак [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://prostir.museum/ua/post/350055>. – Дата доступу: 14.07.2017.

97. Носач В. Киевская Русь под Почтовой площадью: столичные археологи показали уникальные находки [Електронний ресурс]. – Режим доступу:<https://styler.rbc.ua/rus/puteshestviya/progulivayas-ulitsam-12-13-veka-kieve-prohodyat-1465829493.html>. – Дата доступу: 14.07.2017.

98. Ситий Ю. До питання про локалізацію літописного Ніжати́на та Унені́жа / Ю. Ситий // Ніжинська старовина: Науковий історико-культурологічний збірник. – 2005. – Вип. 1(4). – С. 7-13.

99. Цапенко М. Архитектура Левобережной Украины XVII-XVIII веков / Цапенко М. – М.: Стройиздат, 1967. – 235 с.

100. Витрувий Десять книг об архитектуре. – М.: Архитектура-С, 2006. – 328 с.

101. Урочный реестр по части гражданской архитектуры или описание разных работ, входящих в состав каменных зданий. – СПб.: Инженерный департамент при Военном министерстве, 1811. – 59 с.

102. Медникова Е.Ю. К вопросу о качестве извести в древнерусских строительных растворах / Медникова Е.Ю. // КСИА. 1982. Вып. 172. – С. 89.

103. Гончар П.Д. Простейшие способы производства кирпича / Гончар П.Д. – М.: Центральное бюро технической информации НИИНСМа АС и А СССР, 1958. – 50 с.

104. Леп'явко С. Чернігів. Історія міста / С. Леп'явко. – К.: Темпора, 2012. – 432 с.

105. Корзаченко М.М. Дослідження будинку Ігумена в м. Чернігові / М.М. Корзаченко, М.В. Корнієнко // Матеріали Всеукраїнської конференції молодих учених і студентів «Проблеми сучасного будівництва» (17 грудня 2014 року). – Полтава: ПолтНТУ, 2014. – С. 40-41.

106. Кам'яниця (будівля). Матеріали з Вікіпедії – вільної енциклопедії [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Кам'яниця_\(будівля\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Кам'яниця_(будівля)). – Дата доступу: 25.05.2017.

107. Веремейчик О.М. Дослідження кам'яниці П. Полуботка в Любечі / О.М. Веремейчик, О.М. Бондар // Археологічні дослідження в Україні 2009 р. – К.: ІА НАН України, 2010. – С. 5-52.

108. Корнієнко М.В. Проблеми, що виникають при обстеженні історичних малоповерхових будівель на прикладі будинку полкової канцелярії в Чернігові / Корнієнко М. В., Корзаченко М. М., Завацький С. В., Павленко В. В. // Основи та

фундаменти: Міжвідомчий науково-технічний збірник. – Вип. 36. – К.: КНУБА, 2015. – С. 96-105.

109. Адруг А. Архітектура Чернігова другої половини XVII початку XVIII століть / Адруг А. – Чернігів: ЦНТЕІ, 2008. – 224 с.

110. Горб О.Н. Обследование фундаментов исторического здания «Дом Игумена» в г. Чернигове / Горб О.Н., Корзаченко Н.Н., Корниенко Н.В. // Актуальные проблемы геотехники, экологии и защиты населения в чрезвычайных ситуациях: материалы 70-й студенческой научно-технической конференции, г. Минск, 24 апреля 2014 года: секция «Геотехника и экология в строительстве». – Минск: БНТУ, 2015. – С. 19-22.

111. Корзаченко М.М. Дерев'яна садибна архітектура XVIII ст. у м. Козелець / Корзаченко М. М., Корнієнко М.В. // Новітні технології у науковій діяльності і навчальному процесі: Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених і студентів (м. Чернігів, 18-19 травня 2016 р.): збірник тез доповідей. – Чернігів: Черніг. нац. технол. ун-т, 2016. – С. 231-233.

112. Корзаченко М. М. Дослідження будинку Дараган в смт. Козелець (науково-дослідна робота під шифром «Покорщина») / Корзаченко М. М. – Чернігів: ЧНТУ, 2016. – 32 с.

113. Коваленко В. Резиденція гетьмана Івана Мазепи на Гончарівці в Батурині / В. Коваленко, В. Мезинцев. – <http://boOk.net/index.php?p=achapter&bid=14195&chapter=1>.

114. Стаценко В. Части зданий (гражданская архитектура) / Стаценко В. – С.-Петербург: Типографія Штаба Отд. Корп. Погр. Стражи, 1912. – 516 с.

115. Ткач А. В. Природні екологічно безпечні утеплювачі будинків / Ткач А.В., Корзаченко М.М. // Новітні технології у науковій діяльності і навчальному процесі: Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих учених (м. Чернігів, 19-20 квітня 2017 р.): збірник тез доповідей. – Чернігів: Черніг. нац. технол. ун-т, 2017. – С. 210-211.

116. Корнієнко М. В. Дослідження фундаментів давніх чернігівських кам'яниць / Корнієнко М. В., Корзаченко М. М. //

Основи і фундаменти: Міжвідомчий науково-технічний збірник.
– Вип. 33. – К.: КНУБА, 2013. – С. 155 – 167.

117. Haun L. Habitat for Humanity how to build a house / Larry Haun, Vincent Laurence, Tim Snyder. – Newtown: The Taunton Press, 2002. – 280 p.

118. Atkinson M.F. Structural foundations manual for low-rise buildings. – London and New York: Spon Press, 2003. – 258 p.

119. Soil mechanics and foundation engineering / Boyce J.R., Mackechnie W.R., Schwartz K. // Proceedings of the Eighth Regional Conference for Africa on *Soil Mechanics and Foundation Engineering* (Harare, 1984). – Boston: A.A. Balkema, 1984. – 442 p.

120. Месарович М.Д. Общая теория систем: математические основы. Под ред. С. В. Емельянова / Месарович М.Д., Такахара Я. – М.: Мир, 1978 г. – 312 с.

121. Месарович М. Д. Теория иерархических многоуровневых систем / Месарович М. Д., Мако Д., Такахара И. – М.: Мир, 1973. – 344 с.

122. Сахно Є.Ю. Побудова структури інформаційного центру управління електроенергетичної галузі / Сахно Є.Ю., Калінько І.В., Двоєглазова М.В. // Управління розвитком складних систем, 2010. – Випуск 2. – С. 55-59.

123. Сахно Є.Ю. Управління інтеграцією інформаційних процесів та зв'язків систем підприємства та проектів: (Монографія) / Сахно Є.Ю., Калінько І.В., Скітер І.С., Двоєглазова М.В. – К.: Кондор-Видавництво, 2013.–214с.

124. Бахтизин В.В. Оценка качества интеллектуальных информационных систем / Бахтизин В.В., Неборский С.Н. // OSTIS, 2012. – С. 453 – 455.

125. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. Учебник для Вуза / Олифер В.Г., Олифер Н.А. – Сп.б: Питер, 2010. – 943 с.

126. Оценка эффективности информационных систем: Часть 3. Пример расчета эффективности использования ИС методом ТЕІ.
Режим доступа http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/l-otcenka_efektivnosti_3/index.html.

127. Філінюк М.А. Критеріальне оцінювання ефективності інформаційних пристроїв та систем / Філінюк

М.А., Багацький В.О., Ліщинська Л.Б., Войцеховська О.В. – Вінниця: ВНТУ, 2014 – 143 с.

128. Голиков Ю. А. Экономическая эффективность системы защиты информации : учеб.-метод. пособие/ Ю.А. Голиков, Л.Ю. Сульгина. – Новосибирск: СГГА, 2012. – 41 с.

129. Бурков В. Н. Основы математической теории активных систем / Бурков В. Н. – М.: Наука, 1977. – 255 с.

130. Бурков В.Н. Теория активных систем / Бурков В.Н., Новиков Д.А. // Труды международной научно-практической конференции (17-19 ноября 2009 г., Москва, Россия). Том II. Общая редакция. – М.: ИПУ РАН, 2009. – С.88-110.

131. Ирнин А. В. Разработка информационной системы поддержки принятия решений для управления процессами в условиях недостоверной информации: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01. – М.: РГБ, 2005. – С. 38-64.

132. Гаврилова Т.А. Извлечение и структурирование знаний для экспертных систем / Гаврилова Т.А., Червинская К.Р. – М.: Радио и связь, 1992. – 200 с.

133. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику / Штовба С.Д. – Винница: Континент – Прим, 2007. – 198 с.

134. Тесля Ю. Н. Введение в информатику природы / Юрий Тесля. – К. : Кондор, 2010. – 256 с.

135. Кононенко И. В. Компьютеризация управления развитием производственно-экономических систем / Кононенко И. В. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2006. – 239 с.

136. Сикулер Д. В. Автоматизированная информационная система экспертного типа поддержки принятия решений при распознавании технических объектов : диссертация ... кандидата технических наук : 05.13.06, 05.13.18. – Санкт-Петербург, 2003. –С. 98-125.

137. Пономаренко Л. А. Комп'ютерні технології управління інноваційними проектами. / Л.А. Пономаренко. – К.: Київ. нац. торговельно-економ. ун-т, 2001. – 423 с.

138. Пономаренко Л. А. Стратегія управління проектами енергозбереження та реінжинірингу енергоємних виробництв промисловості / Л.А. Пономаренко, С.В. Цюцюра // Проблеми

підвищення ефективності інфраструктури: Зб. наук. праць. – К.: НАУ, 2007. – Вип. 14. – С. 40 – 44.

139. Праховник А. В. Енергетичний менеджмент / [А.В. Праховник, О.І. Соловей, В.В. Прокопенко та ін.]; Київ: ІЕЕ НТУУ «КПІ», 2001. – 472 с.

140. Кулинич А. А. Когнитивная система поддержки принятия решений «Канва» / А.А. Кулинич // Программные продукты и системы. – 2002. – №3. – С. 25-28.

141. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии индентификации. Нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети / Ротштейн А.П. – Винница: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 1999. – 320 с.

142. Митюшкин Ю. И. SoftComputing: идентификация закономерностей нечеткими базами знаний / Митюшкин Ю.И., Мокин Б.И., Ротштейн А. П. – Винница: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2002. – 145 с.

143. Орловский С. А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации / Орловский С. А. – М.: Наука, 1981. – 371 с.

144. Лагереv Д. Г. Автоматизация разработки управленческих решений в социально-экономических системах на основе применения нечетких когнитивных моделей: диссертация ... кандидата технических наук : 05.13.10 Брянск, 2007.– С.110-127.

145. Ротштейн О. П. Проектування нечітких баз знань. Лабораторний практикум та курсове проектування з дисципліни “Теорія нечітких множин та її застосування”: Навч. посібник / Ротштейн О. П., Штовба С. Д. – ВДТУ, 1999. – 63с. Укр. мовою.

146. Бодянский Е.В., Колчигин Б.В., Волкова В.В., Плисс И.П. Адаптивная нечеткая кластеризация данных на основе метода Густафсона – Кесселя//Искусственный интеллект и обработка знаний, УСиМ, 2013. – №2. – С. 40 – 46.

147. Джексон П. Введение в экспертные системы / Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2001. – 624 с.

148. Силов В.Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке / В.Б. Силов. – М.: ИНФОРПРЕСС, 1995. – 228 с.

149. Сушков Ю.А. Многокритериальность в многорежимных системах [Текст] / Ю.А. Сушков // Архитектура и программное обеспечение цифровых систем. – М.: МГУ, 1984. – С.71-77.

150. Тоценко В. Г. Методы и системы поддержки принятия решений. Алгоритмический аспект / Тоценко В. Г.– Киев: Наукова думка, 2002. – 381 с.

151. Агеев М. К. Новые факторы энергоэффективности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://energoauditor.biz/2013/10/novy-e-factory-e-nergoe-ffektivnosti-2/#more-585>.

152. Ломакин В. В., Лифиренко М. В. Алгоритм повышения степени согласованности матрицы парных сравнений при проведении экспертных опросов // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11–9. – С. 1798-1803.

153. Ковалюк О. О. Аксиоматична основа прийняття рішень в умовах комбінованої невизначеності / В. М. Дубовой, О. О. Ковалюк // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – Вінниця, 2006.–№1(11).–С. 70-75.

154. Барабаш Ю.Л. Коллективные статистические решения при распознавании / Барабаш Ю.Л. – М.: Радио и связь, 1983. – 224 с.

155. Шабатура В.М. Розробка вимірювальних каналів інформаційно-вимірювальних систем з часовим представленням інформації/ Шабатура В.М., Севастьянов В.Ю. // Наукові праці ДонНТУ Випуск 148, 2009. – С. 188-195.

156. Шабатура Ю. В. Перспективні технології формування вимірювальної інформації в імпульсних інформаційно-вимірювальних системах / Ю.В. Шабатура // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2008. – № 2 (16). – С. 99-104.

157. Шабатура Ю.В. Технологія вимірювання на основі представлення значень вимірюваних величин часовими інтервалами. Монографія / Шабатура Ю.В. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 324с.

158. Лавріщева К.М. Програмна інженерія / Лавріщева К.М.–К.: Наукова думка, 2008.–319 с.

159. Палмер С. Р. Практическое руководство по функционально-ориентированной разработке ПО / С.Р. Палмер, Д. В. Фелсинг. – М.: Изд. Дом «Вильямс», 2002. – 304с.
160. ДСТУ 2874-94. Бази даних. Терміни та визначення. – К.: Держ. Стандарт України, 1995. – 32с.
161. Корнеев В.В. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации / Корнеев В.В., Гареев А.Ф., Васютин С. В., Райх В.В. – М.: «Нолидж», 2000. – 352 с.
162. Arnold, Ken, James Gosling, and David Holmes. The Java™ Programming Language, Fourth Edition. Addison-Wesley, Boston, 2005. ISBN: 0321349806, p. 28-30.
163. Bloch, Joshua. Effective Java™ Programming Language Guide. Addison-Wesley, Boston, 2001. ISBN: 0201310058, p. 15-20.
164. ДСТУ 2155-93. Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів з енергозбереження: [Чинний від 01.01.95]. – К.: Держстандарт України, 1994. – 18с.
165. Энергетический аудит зданий. Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы» №6. 2011 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://esco-ecosys.narod.ru/2011_6/art191.htm.
166. Дешко В.І. Аналіз нормативів споживання теплоти в Україні та світі / Дешко В.І., Шовкалюк М.М., Шевченко О.М., Шовкалюк Ю. В. // Нова тема. – №2. – 2008. – С.6-10.
167. ДСТУ-Н Б А.2.2-52007. Настанова з розроблення і складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві і реконструкції. Київ. – Минрегіонбуд України. – 2008.
168. Кірюшин В. М. Деякі аспекти реконструкції будинків перших масових серій / В.М. Кірюшин, О.Б. Лотоцький, В. А. Руденко, І.М. Онищук // Реконструкція житла. – 2004. – Випуск 5. – С. 4–9.
169. Ковалко М. П. Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України / М.П. Ковалко., С.П. Денисюк. – Київ: Українські енциклопедичні знання, 1998. – 512 с.

170. ГОСТ 16381–77. – Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Классификация и общие технические требования.– [Чинний від 01.07.77.]

171. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 141 с.

172. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. [Чинний від 2006-09-09]. – К. : Мінбуд України, 2006. – 65с.

173. ДСТУ Б.В.2.7-38-95. Матеріали і вироби будівельні теплоізоляційні. Методи випробувань.– [Чинний від 03.04.96.]. – К.: Держкоммістобудування України.

174. Кривошеєв П. І. Науково-технічні проблеми реконструкції житлових будинків / П.І. Кривошеєв, Ю.С. Слісаренко // Реконструкція житла. – 2005. – Випуск 6. – С. 88–92.

175. Курбатов В. Л. Повышение эффективности энергосбережения совершенствованием теплозащиты наружных стен зданий / В.Л. Курбатов, В.Г. Шухова // Строительные материалы, оборудовании, технологии XXI века. – 2004. – №3. – С.46-47.

176. Лівінський О. М. Опоряджувальні роботи: Матеріали, технологія і організація робіт, засоби механізації. Монографія / Лівінський О.М., Лівінський М.О., Друкований М.Ф. та ін. – К.: „МП Леся”, 2005. – 486 с.

177. Мхитарян Н.М. Энергосберегающие технологии в жилищном и гражданском строительстве / Мхитарян Н.М.– К.: Наукова думка, 2000. – 412 с.

178. Михеев Д. А. Качественная тепловизионная оценка здания из сборного железобетона / Д. А. Михеев, Р. А. Назиров, Н. Г. Захарьин // Вестник КрасГАСА : сб. науч. тр. Всерос. науч.-практ. конф. Вып. 8. – Красноярск: КрасГАСА, 2005. – С. 176-183.

179. Михеев Д. А. Повышение тепловой эффективности наружных стеновых ограждений на основе анализа тепловизионных исследований : диссертация ... кандидата

технических наук : 05.23.01 / Михеев Денис Александрович; [Место защиты: Сиб. федер. ун-т]. – Красноярск, 2010. – 226 с.

180. Луканин В. Н. Теплотехника: учеб. для вузов / В. Н. Луканин, М.Г. Шатров, Г.М. Камфер и др.; под ред. В. Н. Луканина. – 4-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2003. – 671 с.

181. Ратушняк Г. С. Енергозбереження та експлуатація систем теплопостачання. Навчальний посібник / Ратушняк Г. С., Попова Г.С. – Вінниця: ВДТУ, 2002. – 102 с.

182. Наумов А. Л. Маркировка энергоэффективности инженерного оборудования как основной инструмент энергосбережения / Наумов А. Л. // Энергосбережение №3. – 2010. – С. 4-9.

183. Ратушняк Г. С. Проектування захисних конструкцій будівель за теплофізичними параметрами. Навчальний посібник. / Г.С. Ратушняк, Г.С. Попова. – Вінниця: ВДТУ, 2003. – 78 с.

184. Ратушняк Г. С. Управління проектами енергозбереження шляхом термореновації будівель: навч. посібник / Г. С. Ратушняк, О.Г. Ратушняк. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 106 с.

185. Черненко В. К. Технологія будівельного виробництва: Підручник / [В.К. Черненко, М.Г. Ярмоленко, Г.М. Батура та ін.]; За ред. В.К. Черенка, М.Г. Ярмоленко. – К.: Вища шк., 2002. – 430 с.

186. Мацієвська А. Матеріали для термореновації будинків/ Ринок інсталяцій. – 2003. – № 12. – С.11–13.

187. Чурьянов Н.С. Способ оценки фактической величины приведенного сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций зданий // Строительные материалы, оборудования, технологии XXI века. – М.: ООО «РИА Композит», 2003. – № 12. – С.20–21.

188. Шойхет Б. М. О технических требованиях к волокнистым теплоизоляционным материалам в строительстве / Б. М. Шойхет, Л.В. Ставрицкая, Е.Г. Овчаренко // Энергосбережение. – 2002. – №1.

189. Вавилов В. П. Инфракрасная термография и тепловой контроль / Вавилов В. П. – Москва, «Спектр», 2009. – С. 340-400.

190. Вавилов В. П. Пессимистический аспект тепловизионного энергоаудита строительных сооружений

[Текст] / В. П. Вавилов // Дефектоскопия. – 2010. – N 12. – С. 49-54.

191. Вавилов В.П. Тепловизоры и их применение / Вавилов В.П., Климов А.Г. – М.: Интел универсал, 2002. –88 с.

192. Росковшенко Ю. К. Мінімальний опір теплопередачі будівельних огорожувальних конструкцій / Ю.К. Росковшенко, М.В. Степанов // Будівництво України. – №2. – 2005.– С. 41–44.

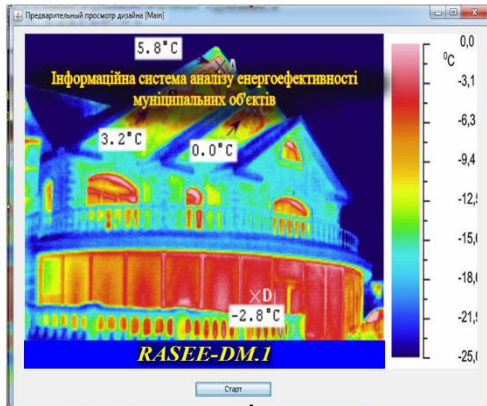
193. Дешко В.І. Ефективність впровадження проектів з енергозбереження в адміністративних і громадських будівлях / Дешко В.І., Хоренженко Ю.В., Шовкалюк М.М.//Вісник СумДУ. – 2006. – №5. – С. 85-89.

194. Дорош М.С. Реформування електроенергетичної галузі України шляхом реалізації інвестиційних проектів // Управління проектами та розвиток виробництва: Зб. наук. праць. – Луганськ, 2004. – №4. – С. 23-31.

195. Поколенко В. О. Втілення інноваційної моделі управління інвестиціями в структурі інвестиційно-будівельної корпорації / Поколенко В.О., Безуха А.В., Шпаков А. В. // Будівельні матеріали та вироби. – 2003. – №3. – С. 13-19.

196. Поколенко В.О. Концептуальні основи інжинірингової системи управління великими інвестиційно-будівельними проектами / Поколенко В.О. // Зб. наук. праць «Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин». – Вип.9. – 2001. – С. 44-51.

**Програмний модуль
аналізу енергоефективності муніципальних об'єктів
«RASEE-DM.1», «Термографія»***
* - RASEE-DM.1 – формалізовано за алгоритмом:
Rapid Analysis System of Energy Efficiency – Dmyty Margasov



НАСТАНОВА КОРИСТУВАЧА

Призначення

Програмний модуль «RASEE-DM.1» призначений для експрес-аналізу стану енергоефективності муніципальних об'єктів за вибором особи, що приймає рішення (ОПР) з метою встановлення рівня теплових втрат в об'єктах. Програмний модуль дає змогу обирати як групи об'єктів для оцінки так і місця втрати тепла на групі об'єктів та його узагальненої оцінки. Програмний модуль може бути застосований органами влади суб'єктів держави і муніципальних районів для обґрунтування прийняття рішень щодо підвищення енергетичної ефективності при формуванні програм енергозбереження.

Можливості:

- формування масивів факторів та індикаторів факторів для аналізу енергоефективності об'єктів;
- визначення числових параметрів вибраних факторів згідно термограми об'єкту аналізу;
- ідентифікація об'єкту аналізу за адресою;
- визначення вагів факторів та індикаторів, які їх формують;

продовження додатку А

- побудова когнітивних карт за оцінками факторів, індикаторів, їх чисельних оцінок, стандартних тепловтрат об'єкту;
- використання нечітких методів оцінювання станів об'єктів на основі когнітивного моделювання;
- наочне представлення результатів оцінювання тепловтрат, оцінки та класифікації енергоефективності об'єктів.

Вимоги до системи

Вимоги до технічних засобів:

- персональний комп'ютер на базі процесора IntelPentiumIII 750 МГц та вище;
- оперативна пам'ять - 64 Мб та вище;
- місце на жорсткому диску – не менше 10 Мб;
- відео адаптер SVGA 800X600 256 кольорів та вище;
- CD-ROM 12-й швидкісний та вище;
- маніпулятор типу “миша”.

Вимоги до операційної системи.

Програма потребує встановленої операційної системи MicrosoftWindows 2000/XP/2003 та PowerPoint 2000/XP, Java, NetBeansIDE, PosrgreSQL.

Головне вікно програмного модулю «*RASEE-DM.*»

Головне вікно програмного модулю «*RASEE-DM.1*» представлено на рис. 1.

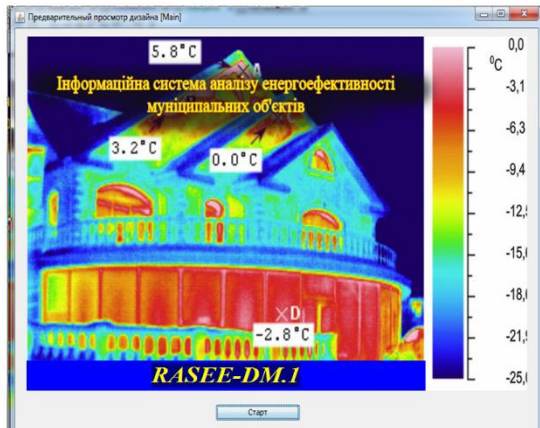


Рисунок 1. Головне вікно програмного модулю «*RASEE-DM.1*»

продовження додатку А

Для початку роботи системи користувач чи ОІР повинен мати термограму об'єкту чи об'єктів, які повинні бути проаналізовані.

На рис. 2 зображене стартове вікно системи, яке включає в себе:

- «Модуль заповнення даних» (1);
- «Модуль когнітивного моделювання» (2);
- «Модуль оцінки факторів» (3).

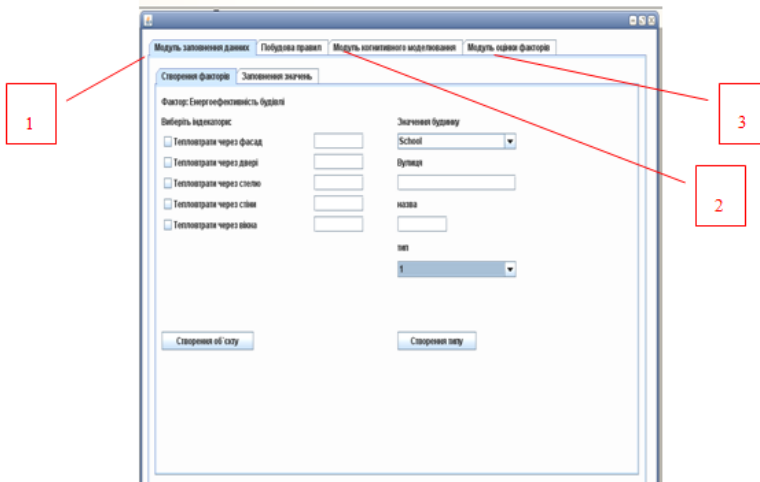


Рисунок 2. Стартове вікно програми

Використання програми проводиться поетапно у наступній послідовності:

- Формування масивів вхідних даних для аналізу
- Когнітивне моделювання
- Оцінка енергоефективності.

1. Формування масивів вхідних даних для аналізу

Проводиться на основі на основі термограми об'єкту аналізу шляхом визначення набір факторів, за допомогою яких буде проводитись аналіз (модуль заповнення даних (1)).

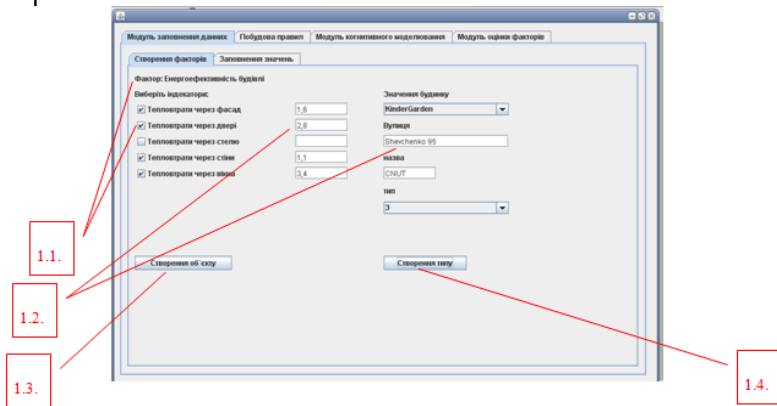


Рисунок 3. Вибір факторів для аналізу енергоефективності

Формування масивів даних включає в себе наступні дії:

- Вибір факторів («Створення факторів»), за якими буде відбуватись аналіз енергоефективності та встановлення відповідних до них індикаторів (1.1).

- Визначення числових параметрів («Заповнення значень») вибраних факторів згідно термограми об'єкту аналізу та заповнення адреси та назви будівлі (1.2). (рис. 3.);

Визначені параметри характеризують об'єкт за рівнем тепловтрат і зберігаються в базі даних шляхом ініціації кнопки «Створення об'єкту» (1.3).

За умов, коли необхідно створити новий тип тепловтрат, додати об'єкт аналізу чи вибрати стандартизовані значення, проводиться процедура «Створення типу» (1.4)

- Вибір типу тепловтрат будівлі. В меню визначення факторів та індикаторів також відображається вікно вибору типів тепловтрат будівлі та їх детальна характеристика (рис. 4).

ОПР чи експерт на основі аналізу термограми може віднести об'єкт до одного з типів тепловтрат (1-5) за стандартизованими значеннями (1.5.).

продовження додатку А

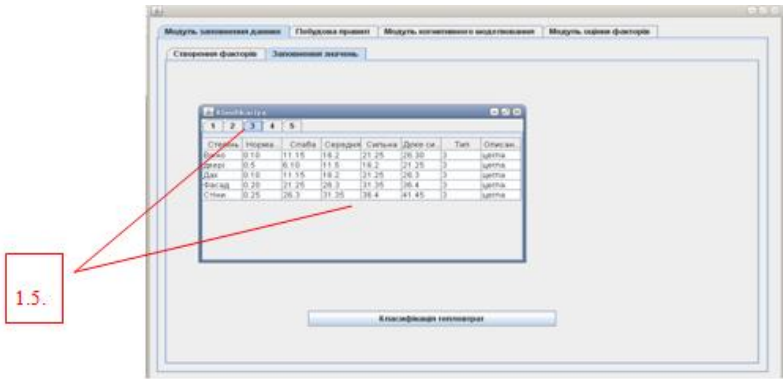


Рисунок 4. Вікно типу тепловтрат будівлі

Якщо користувач не знайшов відповідний об'єкту чи запити ОПР тип втрат, то він має можливість створити свій тип (1.6.) та його характеристики (1.7.) на вкладці «Заповнення значень» (рис. 5).

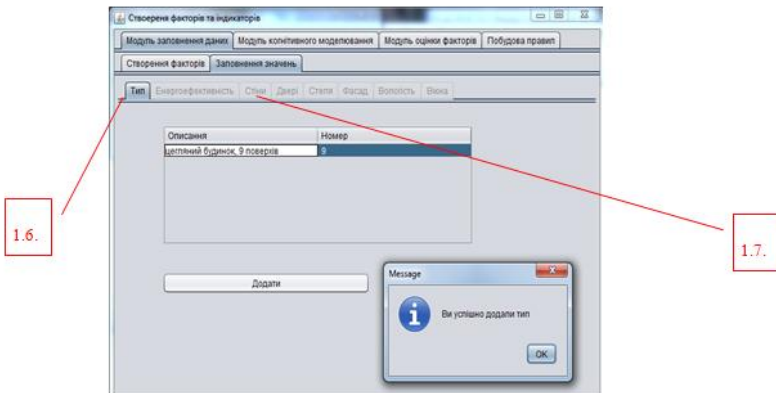


Рисунок 5. Додавання типу тепловтрат

- Після формування вимог до типів втрат за необхідності проводиться деталізація значень факторів, які були попередньо вибрані. Приклад форми для заповнень градацій факторів приведений на рис. 6.

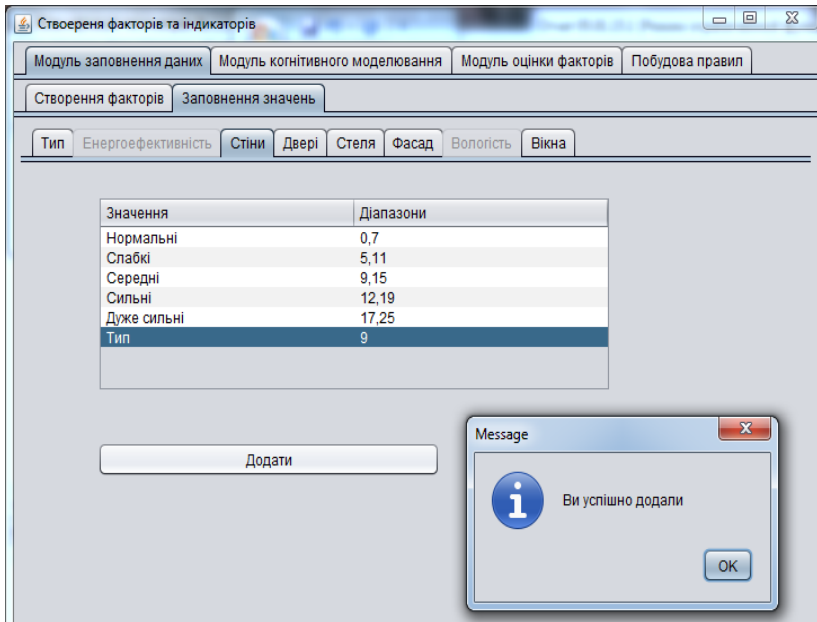


Рисунок 6. Форма заповнення градацій фактора вікна

Виконання всіх попередніх умов дає змогу створити об'єкт аналізу

2. Побудова когнітивної карти.

Модуль когнітивного моделювання (2.1.) призначений для визначення ваг індикаторів (2.2.), які формують визначений за термограмою тип тепловтрат об'єкту аналізу.

Карта відображається виходячи із попередньо встановлених оцінок факторів, індикаторів (2.3.) та їх чисельних оцінок (2.4.), а також стандартних тепловтрат об'єкту аналізу та інших впливів на стан тепловтрат будівлі (рис. 7).

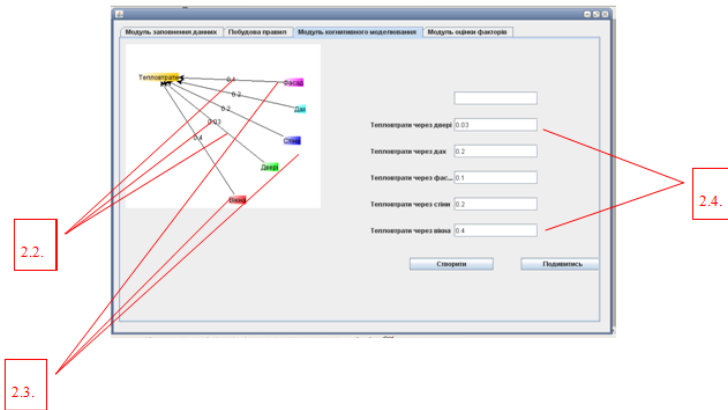


Рисунок 7. Когнітивна карта оцінки енергоефективності об'єкту

Результати когнітивного моделювання використовуються для визначення комплексної оцінки енергоефективності об'єкту.

3. Оцінка енергоефективності

Проводиться з використання нечітких методів оцінювання станів об'єктів на основі когнітивного моделювання, представляє собою процедуру нечіткого оцінювання факторів.

Інтерфейс модулю оцінки факторів приведений на рис. 8 і включає в себе вибір об'єкту (3.1.), вибір типу дефазифікації результату (3.2.), вибір файлу правил (3.3.) та представлення результату оцінювання енергоефективності (3.4.).

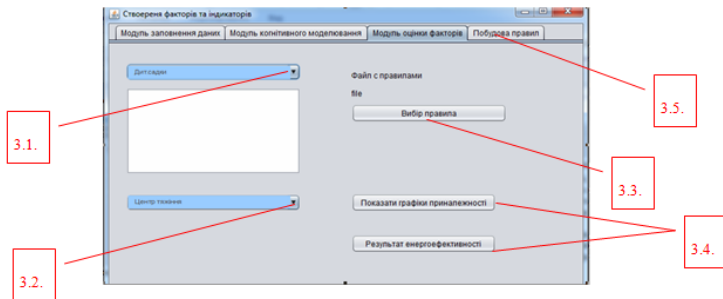


Рисунок 8. Модуль оцінки факторів
продовження додатку А

Процедура оцінювання включає в себе наступні дії:

1) вибір типу об'єкту та його адреси (рис. 9);

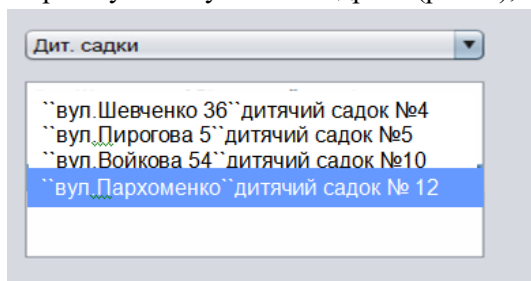


Рисунок 9. Вибір типу муніципальної власності та адреси

2) вибір типу дефазифікації результату (рис. 3.10);

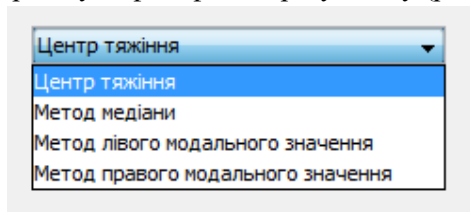


Рисунок 3.10. Вибір методу дефазифікації

3) вибір файлу правил (рис. 3.11).

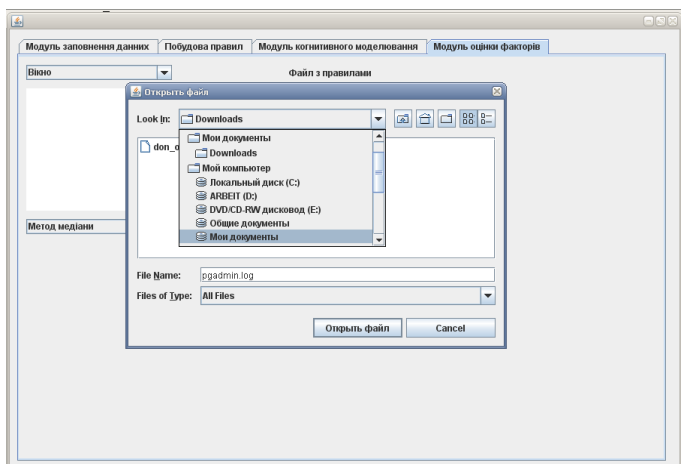


Рисунок 3.11. Вікно вибору файла з правилами продовження додатку А

Якщо файл, що відповідає вимогам ОНР, відсутній, то користувач може самостійно його створити за допомогою вкладки «Побудова правил» (3.5.) (рис. 12), після чого вибрати його для використання.

Вибір правил нечіткої інтерпретації результатів когнітивного моделювання за обраними факторами та індикаторами (3.6.) проводиться шляхом встановлення відповідно до вимог ОНР чи оцінок експерта відповідних логічних параметрів оцінки вимог до тепловтрат (3.7.)

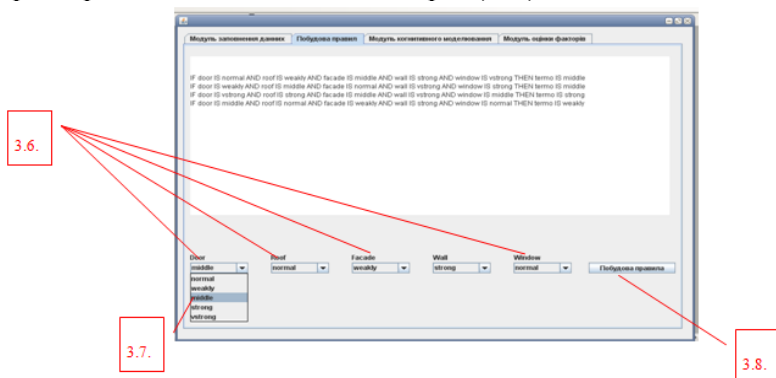


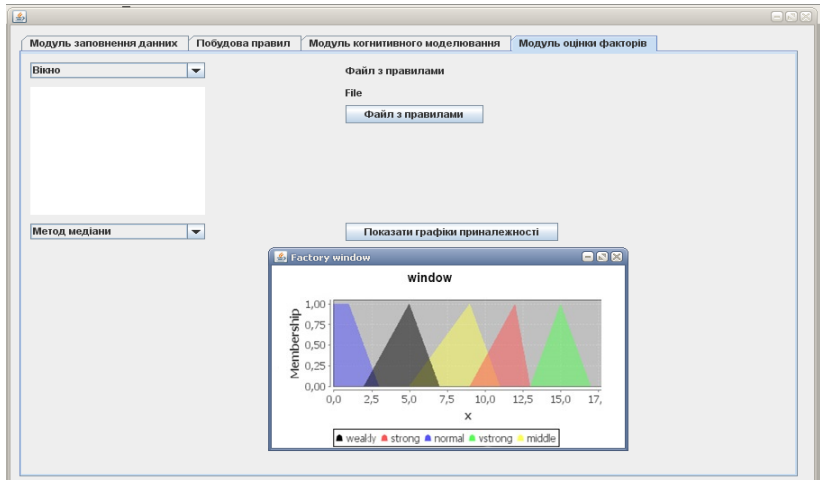
Рисунок 3.12. Створення бази правил

Виконання всіх попередніх пунктів дає змогу провести побудову правил нечіткого оцінювання (3.8.) функцій приналежності згідно встановлених параметрів об'єктів та оцінених узагальнених ваг факторів з їх індикаторами на основі когнітивного моделювання.

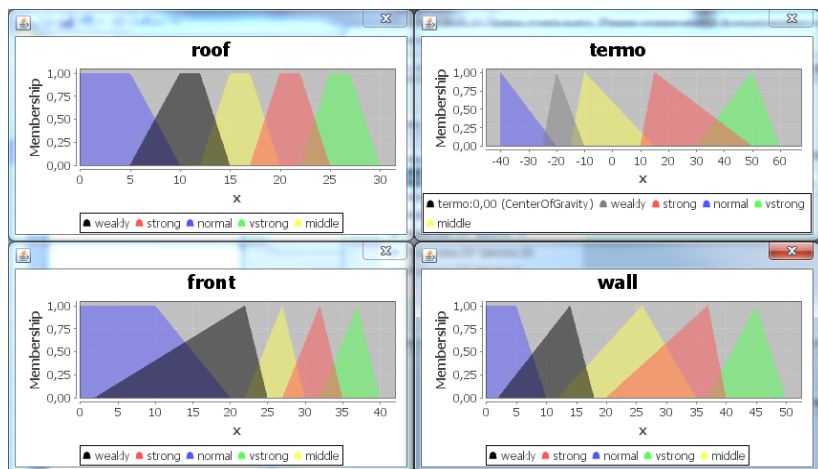
При натисканні кнопок (3.4.) ОПР отримує:

- графіки приналежності за обраними факторами «roof», «termo», «front» та «wall» приведені на рис. 13 (а), (б).

продовження додатку А



а)



б)

Рисунок 13. Графіки функцій приналежності

Узагальнена оцінка стану енергоефективності об'єкту аналізу відображається в залежності від вибору методу дефазифікації (3.2.) (рис. 8) та рис.10, який встановлює користувач.

продовження додатку А

Результат оцінки енергоефективності об'єкту за методом дефазифікації «центр тяжіння (CenterofGravity)» приведений на рис.14.

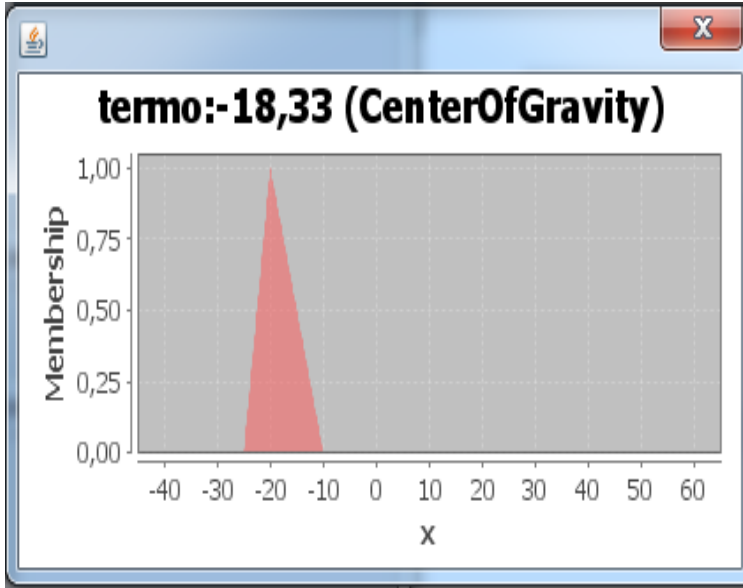


Рисунок 14. Результат нечіткого оцінювання енергоефективності будівлі

Представлена на рис. 14 чисельна оцінка «*termo:-18,33*» вказує на узагальнений рівень теплових втрат об'єкту за обраними факторами та відповідними їм індикаторами.

Результат аналізу енергоефективності об'єкту проводиться на основі градацій тепловтрат та віднесенні обраного об'єкту до відповідного класу.

Даний документ містить текст прототипу програми підсистеми підтримки прийняття рішень в проектах термомодернізації будівель муніципальної власності.

- 1) Клас інтерфейс MyFrame.java
 - 2) Клас DBcon.java
- Клас інтерфейс MyFrame.java

продовження додатку А

```
package podsis;
```

```
import podsis.DBCon.*;
import static podsis.DBCon.Con;
```

```

import java.awt.Color;
import java.awt.Dimension;
import java.awt.Graphics2D;
import java.awt.Point;
import java.sql.ResultSet;
import java.sql.SQLException;
import java.util.Arrays;
import java.util.Random;
import java.util.Vector;
import java.util.logging.Level;
import java.util.logging.Logger;
import javax.swing.DefaultListModel;
import javax.swing.JComponent;
import javax.swing.JFrame;
import javax.swing.JLabel;
import javax.swing.JList;
import javax.swing.JPanel;
import javax.swing.*;

/**
 *
 * @author margasovDV
 */
public class MyFrame extends JFrame {
    static DefaultListModel listModel = new DefaultListModel();
    JLabel label = new JLabel();
    JLabel labelSh = new JLabel();
    JTable tab = new JTable();
    Icon icon = new ImageIcon("1.jpg");
    Icon icon2 = new ImageIcon("2.jpg");
    Icon icon3 = new ImageIcon("3.jpg");
    JScrollPane scrol = new JScrollPane();
    JPanel jPanel8 = new JPanel();

    JLabel jLabel7 = new JLabel();
    JComboBox jComboBox6 = new JComboBox();
    JComboBox jComboBox7 = new JComboBox();
    JLabel jLabel8 = new JLabel();

```

продовження додатку А

```

JLabel jLabel9 = new JLabel();
JLabel jLabel10 = new JLabel();
JLabel jLabel11 = new JLabel();
JLabel jLabel12 = new JLabel();
JTextField jTextField3 = new JTextField();
JTextField jTextField1 = new JTextField();
JTextField jTextField2 = new JTextField();
/**
 * Creates new form NewJFrame
 */
public MyFrame() {
    initComponents();
        jComboBox1.setVisible(true);
jPanel2.setVisible(false);
jButton2.setText("Термография объектов");
jList1.setModel(listModel);
jTabbedPane1.setEnabledAt(1, false);
jTabbedPane1.setEnabledAt(2, false);
jCheckBox1.setVisible(false);
jButton2.setEnabled(false);
label.setSize(jPanel4.getSize());
label.setIcon(icon2);
jPanel4.add(label);
    }
    private void jMenuItem1ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
        // TODO add your handling code here:
        System.exit(0);
    }
    private void jButton1ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
        jTabbedPane1.setEnabledAt(2, true);
        if (jComboBox4.getSelectedIndex() == 1) {
            продолжения добавку A
            tab.setModel(new javax.swing.table.DefaultTableModel(
                new Object[][]{{"Окно 1", 10, "", ""}, {"Окно
2", "", 23, ""}, {"Окно 3", "", 19, ""}, {"Окно 4", "", 22, ""},
{"Окно 5", "", "", 30}},},

```

```

        newString[]{"Место потери", "Низкий
диапазон", "Средний диапазон", "Значительный диапазон",});
        scrol.setViewportView(tab);
    } else {
        if (jComboBox4.getSelectedIndex() == 0) {
            String a = null;
            a = jComboBox3.getSelectedItem().toString();
            tab.setModel(new                                ja-
vax.swing.table.DefaultTableModel(
                new Object[][]{"Окно 1", 30, a}, {"Окно
2", 23, a}, {"Окно 3", 19, a}, {"Окно 4", 25, a}, {"Окно 5", 22,
a},},
                    newString[]{"Место потери", "Потеря",
"Критическое состояние"}));
            scrol.setViewportView(tab);
        }
        if (jComboBox4.getSelectedIndex() == 2) {
            String a = null;
            a = jComboBox2.getSelectedItem().toString();
            tab.setModel(new                                ja-
vax.swing.table.DefaultTableModel(
                new Object[][]{a, 119},},
                newString[]{"Местопотери", "Сумарныеубытки"}));
            scrol.setViewportView(tab);
        }
    }

```

продовження додатку А

```

        newObject[][]{a, "300$", "10 окон"},},
        newString[]{"Место потери", "Потеря $", "Физические
показатели"}));
        scrol.setViewportView(tab);

```

```

    }
    }
    // jTabbedPane1.setSelectedIndex(2);
}
private void jCom-
boBox4ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
    // TODO add your handling code here:
    if (jComboBox4.getSelectedIndex() == 0) {
        jLabel2.setVisible(true);
        jComboBox3.setVisible(true);
    }

    if ((jComboBox4.getSelectedIndex() == 2) || (jCom-
boBox4.getSelectedIndex() == 3)) {
        jComboBox3.setVisible(false);
        jLabel2.setVisible(false);
    }

    if (jComboBox4.getSelectedIndex() == 1) {
        jComboBox3.setVisible(false);
        jLabel2.setVisible(false);
    }
}
private void jCom-
boBox2ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
    // TODO add your handling code here:
}
private void jBut-
ton2ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
    jTabbedPane1.setEnabledAt(1, true);
    label.setVisible(false);
    //Отображение изображения и таблицы с параметрами
    labelSh.setIcon(icon);
    продолжения dodatku A
    labelSh.setSize(icon.getIconHeight(), icon.getIconWidth());
    tab.setModel(new javax.swing.table.DefaultTableModel(

```

```

        new Object[][]{{"Окно 1", 22}, {"Окно 2", 23},
{"Окно 3", 10}, {"Двери 1", 10}, {"Двери 2", 10}, {"Двери 3",
34}, {"Крыша", 25},},
        new String[]{"Место потери", "Потеря"}));
        scrol.setViewportView(tab);
        javax.swing.GroupLayout jPanel4Layout = new ja-
vax.swing.GroupLayout(jPanel4);
        jPanel4.setLayout(jPanel4Layout);
        jPanel4Layout.setHorizontalGroup(
            jPan-
el4Layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment
.LEADING)

.addGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.TRAILING, jPanel4Layout.createSequentialGroup()

.addComponent(labelSh, javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZ
E, 150, Short.MAX_VALUE)

.addPreferredGap(javax.swing.LayoutStyle.ComponentPlacement.R
ELATED)

            .addComponent(scrol,                                ja-
vax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,                        ja-
vax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE,                          ja-
vax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
        );
        jPanel4Layout.setVerticalGroup(
            jPan-
el4Layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment
.LEADING)

            .addGroup(jPanel4Layout.createSequentialGroup()

.addGroup(jPanel4Layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.TRAILING, false)

            .addComponent(labelSh,                                ja-
vax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE,                          122,
Short.MAX_VALUE)

```

```

        .addComponent(scrol,
vax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,
Short.MAX_VALUE))
        .addGap(0, 0, Short.MAX_VALUE))
);

```

продовження додатку А

```

        jButton2.setEnabled(false);
        jTabbedPane1.setSelectedIndex(1);
    }
    private void jCheck-
Box1ItemStateChanged(java.awt.event.ItemEvent evt) {
        // TODO add your handling code here:
        if (evt.getStateChange() == 1) {
            jPanel2.setVisible(true);
            listModel.clear();
            if
boBox1.getSelectedItem().toString().equals("Школа")) {
                try {
                    Con();
                } catch (SQLException ex) {
                    Log-
ger.getLogger(MyFrame.class.getName()).log(Level.SEVERE, null,
ex);
                }
            } else {
                jPanel2.setVisible(false);
            }
        }
    private void jCom-
boBox1ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
        if
boBox1.getSelectedItem().toString().equals("Выбрать
объекта")) {
            jCheckBox1.setSelected(false);
            jTabbedPane1.setEnabledAt(1, false);
            jTabbedPane1.setEnabledAt(2, false);
        }
    }
}

```

```

        if (!comboBox1.getSelectedItem().toString().equals("Выбрать
        объекта")) {
            jButton2.setEnabled(true);
            jCheckBox1.setVisible(true);
            listModel.clear();
            if (comboBox1.getSelectedItem().toString().equals("Школа") &&
            jCheckBox1.isSelected()) {
                try {
                    Con();
                } catch (SQLException ex) {
                    Log-
                    ger.getLogger(MyFrame.class.getName()).log(Level.SEVERE, null,
                    ex);
                }
            }
        } else {
            jButton2.setEnabled(false);
            jPanel2.setVisible(false);
            jCheckBox1.setVisible(false);
        }
    }

    private void jButton3ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
        if (comboBox5.getSelectedItem().toString().equals("Расчет замены окна"))
        {
            JOptionPane.showMessageDialog(MyFrame.this,
            "Стоимость составляет 1000грн", jCom-
            boBox5.getSelectedItem().toString(),
            JOptionPane.PLAIN_MESSAGE);
        }
    }
}

```



```

        .addGroup(jPanel8Layout.createParallelGroup(javax.swing.
GroupLayout.Alignment.LEADING, false)
                .addComponent(jComboBox6, 0,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, Short.MAX_VALUE)
                .addComponent(jLabel7,      ja-
vax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,    253,    ja-
vax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE))
                .addComponent(jLabel8)

```

```

        .addGroup(jPanel8Layout.createSequentialGroup()
                .addGroup(jPanel8Layout.createParallelGroup(javax.swing.
GroupLayout.Alignment.LEADING)
                .addComponent(jTextField1,      ja-
vax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,    59,      ja-
vax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
                .addComponent(jLabel9))
                .addGap(18, 18, 18)

```

```

        .addGroup(jPanel8Layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLa
yout.Alignment.LEADING)
                .addGroup(jPanel8Layout.createParallelGroup(javax.swing.
GroupLayout.Alignment.LEADING, false)
                .addComponent(jLabel10)
                .addComponent(jTextField2,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,    59,      ja-
vax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE))))
                .addGap(18, 18, 18)

```

продовження додатку А

```

        .addGroup(jPanel8Layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLa
yout.Alignment.LEADING)
                .addComponent(jTextField3,      ja-
vax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,    59,      ja-
vax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
                .addComponent(jLabel12)
                .addComponent(jLabel11)
                .addComponent(jComboBox7,      ja-
vax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,    248,      ja-
vax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE))

```

```

.addContainerGap(javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE,
Short.MAX_VALUE))
    );
    jPanel8Layout.setVerticalGroup(
        jPanel8Layout.createParallelGroup(
            GroupLayout.Alignment.LEADING)
        .addGroup(jPanel8Layout.createSequentialGroup()
            .add(jPanel8Layout.createParallelGroup(
                GroupLayout.Alignment.LEADING)
                .addGroup(jPanel8Layout.createSequentialGroup()
                    .addGroup(jPanel8Layout.createSequentialGroup()
                        .addGap(25, 25, 25)
                    )
                )
            )
        )
    );

.addGroup(jPanel8Layout.createParallelGroup(
    GroupLayout.Alignment.LEADING)
    .addGroup(jPanel8Layout.createSequentialGroup()
        .addGroup(jPanel8Layout.createSequentialGroup()
            .addComponent(jLabel11)
        )
    )
);

.addPreferredGap(javax.swing.LayoutStyle.ComponentPlacement.R
ELATED)
    .addComponent(jComboBox7, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
    .addGap(18, 18, 18)
    .addComponent(jLabel12)
);

    продовження додатку А

    .addPreferredGap(javax.swing.LayoutStyle.ComponentPlace
ment.UNRELATED)
    .addComponent(jTextField3, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 25,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
);

.addGroup(jPanel8Layout.createSequentialGroup()
    .addComponent(jLabel7)
);

```

```

.addPreferredGap(javax.swing.LayoutStyle.ComponentPlacement.R
ELATED)
        .addComponent(jComboBox6,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,          ja-
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE,          ja-
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
        .addGap(18, 18, 18)
        .addComponent(jLabel8)
        .addGap(18, 18, 18)

.addGroup(jPanel8Layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLa
yout.Alignment.BASELINE)
        .addComponent(jLabel9)
        .addComponent(jLabel10))

.addPreferredGap(javax.swing.LayoutStyle.ComponentPlacement.R
ELATED)

.addGroup(jPanel8Layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLa
yout.Alignment.BASELINE)
        .addComponent(jTextField1,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,      25,      ja-
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
        .addComponent(jTextField2,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,      25,      ja-
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE))))

.addContainerGap(javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE,
Short.MAX_VALUE)
);
javax.swing.GroupLayout jPanel4Layout = new ja-
vax.swing.GroupLayout(jPanel4);
        продолжениядодаткуА
        jPanel4.setLayout(jPanel4Layout);
        jPanel4Layout.setHorizontalGroup(

```

```

        JPanel-
el4Layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment
.LEADING)
        .addGroup(jPanel4Layout.createSequentialGroup()
            .addGap(25, 25, 25)
            .addComponent(jPanel8,                ja-
                javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE,                ja-
                javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, Short.MAX_VALUE)
            .addGap(49, 49, 49))
    );
    JPanel4Layout.setVerticalGroup(
        JPanel-
el4Layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment
.LEADING)
        .addGroup(jPanel4Layout.createSequentialGroup()
            .addGap(45, 45, 45)
            .addComponent(jPanel8,                ja-
                javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE,                ja-
                javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, Short.MAX_VALUE)
            .addGap(117, 117, 117))
    );
}
}

public static void main(String args[]) throws SQLException {

    java.awt.EventQueue.invokeLater(new Runnable() {
        @Override
        public void run() {
            MyFrame frame = new MyFrame();
            frame.setBackground(Color.lightGray);
            frame.setVisible(true);
        }
    });
}

```

продовження додатку А

```

Клас DBcon.java
package podsist;

import java.sql.*;
import podsist.MyFrame;

/**
 *
 * @author margasovDV
 */
public class DBCon {

    private Connection connection = null;
    public void establishConnection() {
        if (connection != null) {
            return;
        }
        String url = "jdbc:postgresql://localhost:5432/kp";
        try {
            Class.forName("org.postgresql.Driver");

            connection = DriverManager.getConnection(url,
"postgres", "poi");
            if (connection != null) {
                System.out.println("Connecting to database...");
            }
        } catch (Exception e) {
            System.out.println("Problem when connecting to the
database 1");
        }
    }

    public ResultSet getAdrShool() {
        String string = "";
        ResultSet rs = null;
        Statement s = null;
        try {
            s = connection.createStatement();
            rs = s.executeQuery("SELECT* FROM shool");
                продовженнядодаткуА

```

```

        } catch (Exception e) {
            System.out.println("Problem in do not show data");
        }

        return rs;
    }

    public void closeConnection() {
        try {
            connection.close();
        } catch (Exception e) {
            System.out.println("Problem to close the connection
to the database");
        }
    }

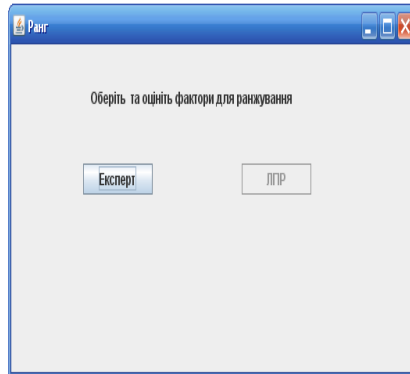
    public static void Con() throws SQLException {
        DBCon x = new DBCon();
        x.establishConnection();

        try {
            ResultSet rs = x.getAdrShool();
            while (rs.next()) {

                MyFrame.listModel.addElement(rs.getString(2) +
" " + rs.getString(6));
                System.out.println(rs.getString(2) + rs.GetString(6));
            }
        } catch (Exception e) {
            System.out.println("Problem when printing the data-
base.");
        }
        x.closeConnection();
    }
}

```

**Програмний модуль
аналізу енергоефективності муніципальних об'єктів
«ПМ РАНГ»**



НАСТАНОВА КОРИСТУВАЧА

Призначення

Програмний модуль «*ПМ РАНГ*» структурно є елементом інформаційної системи аналізу енергоефективності в частині підтримки управлінських рішень щодо проведення енергоефективних заходів. Призначений для визначення, згідно мотивованих та узгоджених суджень експертів, ваг групи факторів за їх монотонною силою впливу на формування встановленого рівня енергоефективності

Можливості:

1. Побудова ієрархії, за якою проводиться визначення параметрів факторів та проводиться обробка інформації.
2. Оцінка достовірності значень експертних оцінок та їх класифікація за розрахованими критеріями якості.
3. Підтримка адаптивного методу вибору та реалізації оптимального алгоритму корегування кількісних оцінок парних порівнянь.
4. Визначення ваг індикаторів, які формують загальну оцінку енергоефективності в розрізі факторів впливу.
5. Формування звіту за результатами ранжування та його інтеграція в ІС оцінки енергоефективності.

Вимоги до системи

Вимоги до технічних засобів:

- персональний комп'ютер на базі процесора IntelPentiumIII 750 МГц та вище;
- оперативна пам'ять - 64 Мб та вище;
- місце на жорсткому диску – не менше 10 Мб;
- відео адаптер SVGA 800X600 256 кольорів та вище;
- CD-ROM 12-й швидкісний та вище;
- маніпулятор типу “миша”.

Вимоги до операційної системи.

Програма потребує встановленої операційної системи MicrosoftWindows 2000/XP/2003 та PowerPoint 2000/XP, Java, NetBeansIDE, PosrgreSQL.

Головне вікно програмного модулю «*RASEE-DM.*»

Головне вікно програмного модулю «*RASEE-DM.1*» представлено на рис.1.

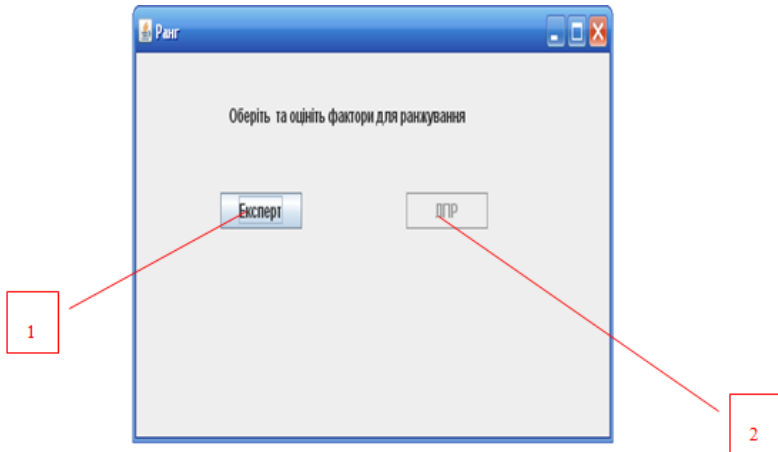


Рисунок 1. Головне вікно програмного модулю «*ПМ РАНГ*»

Функціональні можливості використання модулю розділені в залежності від користувача: експертне оцінювання (1) та особа, що приймає рішення (ОПР) (2)

продовження додатку Б

Для початку роботи програмного модулю експерт чи ОПР повинен провести вибір факторів, які необхідні для поточнення впливу їх індикаторів.

На рисунку 2 зображене стартове вікно системи, обране експертом, з визначенням необхідних для ранжування факторів (3):

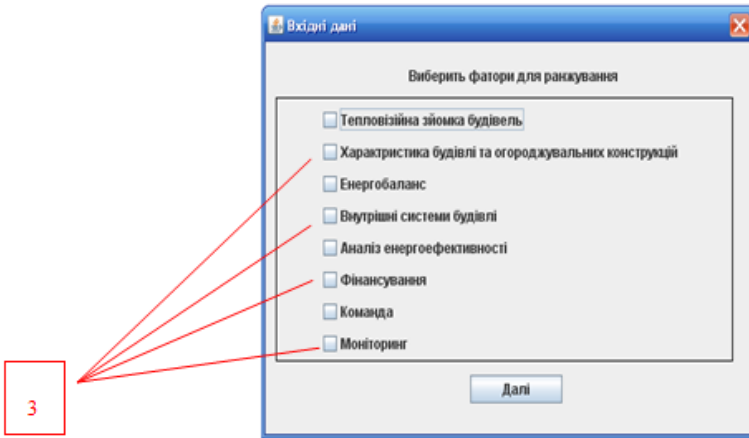


Рисунок 2. Стартове вікно програми

Для обраних експертом факторів окремо (наприклад, за фактором «внутрішні системи будівлі») (4), проводиться попарне порівняння індикаторів (4.1.) шляхом встановлення чисельних результатів порівнянь (4.2.). Результати вибору та оцінки приведені на рис.3. При натисканні на «Розрахувати» (4.3.) проводиться формування матриці попарних порівнянь для обраного фактору (5) та визначення показників якості – розрахункового індексу узгодженості (ІУ) (5.1) еталонного індексу узгодженості в залежності від кількості індикаторів фактору (5.2.) та відношення узгодженостей (5.3.) Якщо відношення узгодженостей перевищує 10% то результат попарних порівнянь вважається незадовільним, ваги індикаторів (5.5.) визначеними некоректно і при натисканні «Підвищення рівня узгодженості» (5.4.) проводиться автоматична корекція попарних порівнянь на основі експертних оцінок за розробленою методикою.

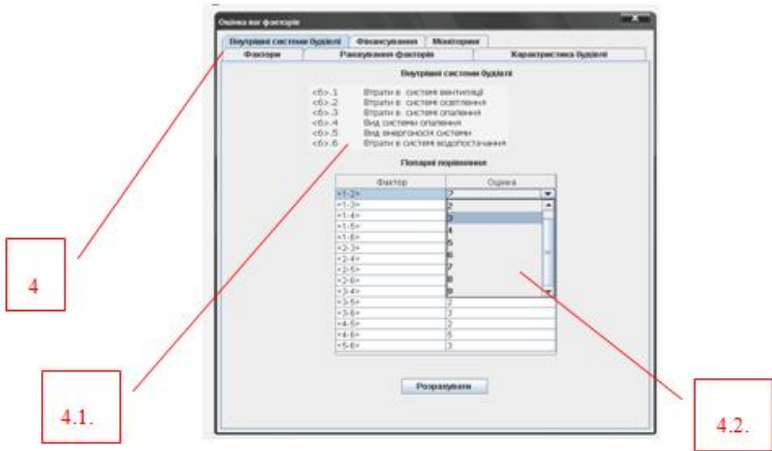


Рисунок 3. Попарне експертне порівняння індикаторів для обраного фактору

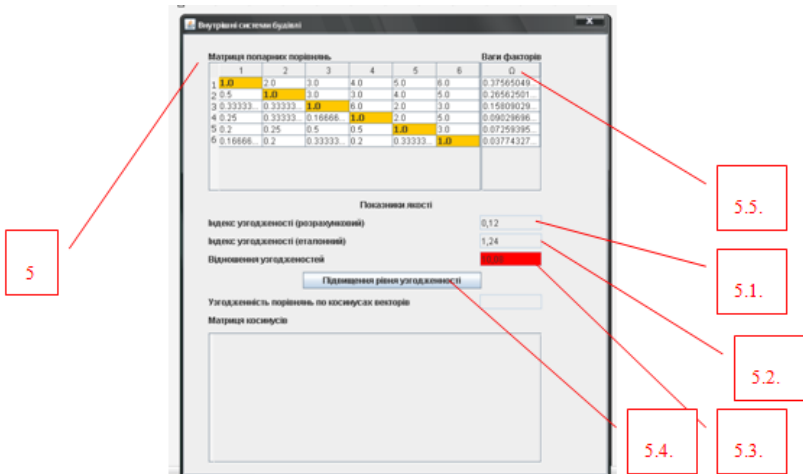


Рисунок 4. Попарне експертне порівняння індикаторів

При цьому встановлюються елементи матриці, які необхідно скорегувати та рівень оцінки коректності суджень експертів (5.6.), а також загальний рівень узгодженості за

розробленою методикою модифікації методу МАІ (5.7.). Результати представлені на рис. 5.

продовження додатку Б

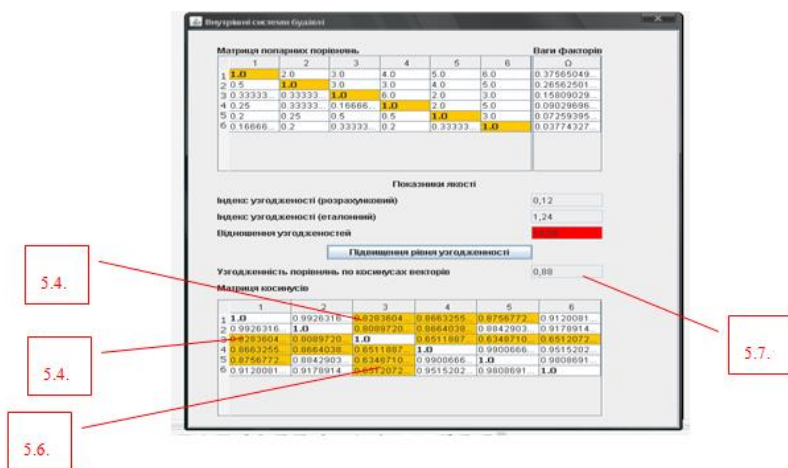


Рисунок 5. Парне експертне порівняння індикаторів

Скореговані матриця парних порівнянь (5.8.), розрахований індекс узгодженості (5.9.), відношення узгодженостей (5.10) та ваги індикаторів (5.11.) приведені на рис.6.

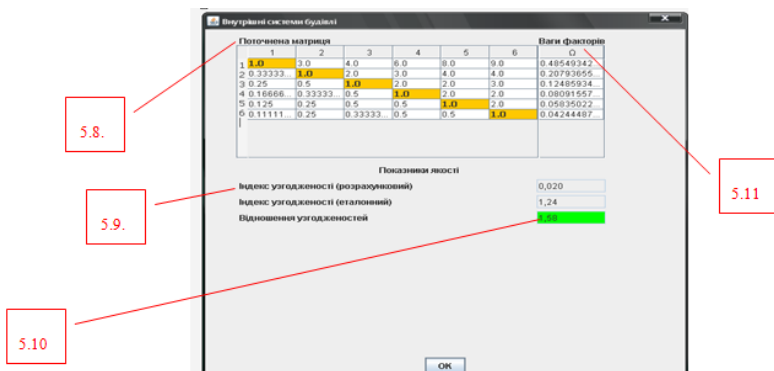


Рисунок 6. Визначення значень ваг індикаторів обраного фактору на основі корекції матриці парних порівнянь

Результати оцінювання зберігаються для загального ранжування обраних факторів (6), рис. 7.

продовження додатку Б

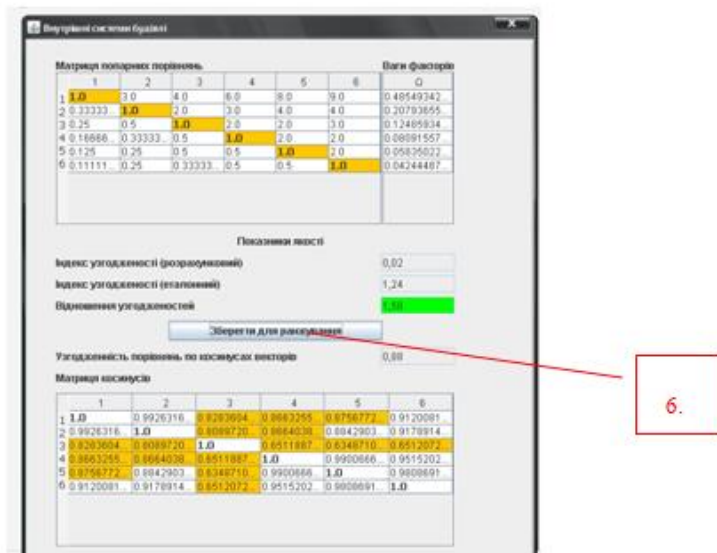


Рисунок 6. Визначення значень ваг індикаторів обраного

У випадку значної неузгодженості (>20%) система пропонує провести повторні попарні порівняння (7), (рис.7.).

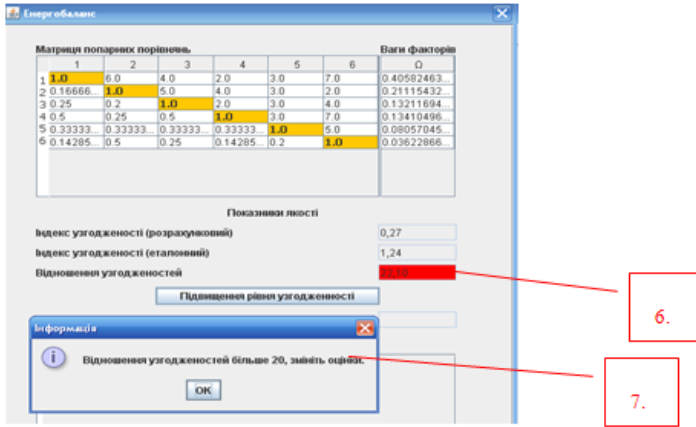
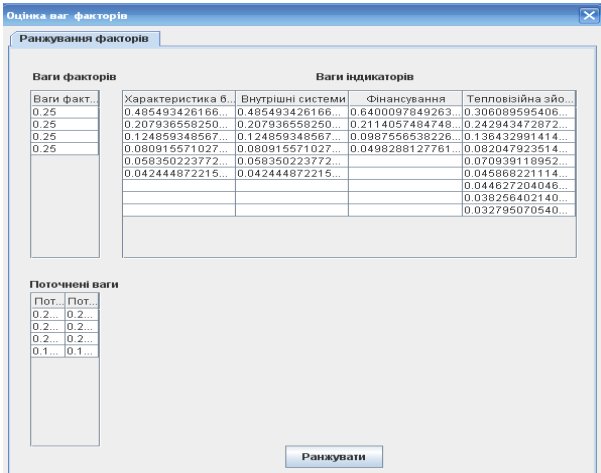
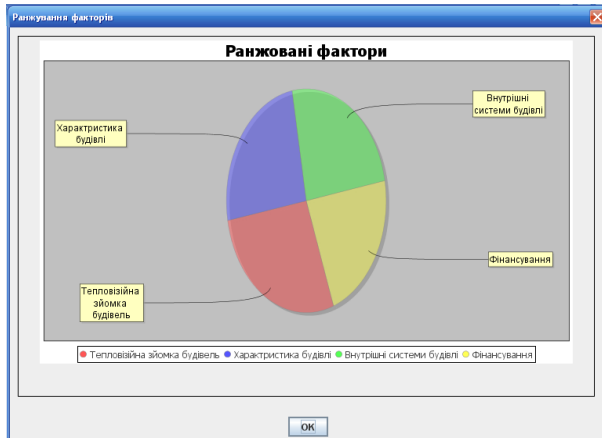


Рисунок 7. Використання системи у випадку значної неузгодженості попарних порівнянь.
продовження додатку Б

По закінченню та корекції всіх матриць попарних порівнянь програмний модуль формує звіт у чисельному вигляді (рис.8, а) чи у вигляді секторальних діаграм з оцінкою ваги факторів (рис. 8, б)



а)



б)

Рисунок 8. Вікна представлення результатів ранжування факторів ПМ «Ранг»:

- а) чисельні значення результатів ранжування факторів з вагами індикаторів;
 б) графічне представлення результатів ранжування продовження додатку Б

В системі передбачена також можливість створення звіту, який відображає послідовність, проміжкові та кінцеві результати оцінки ваг факторів та індикаторів з подальшим їх роздрукуванням чи експортом у файл.

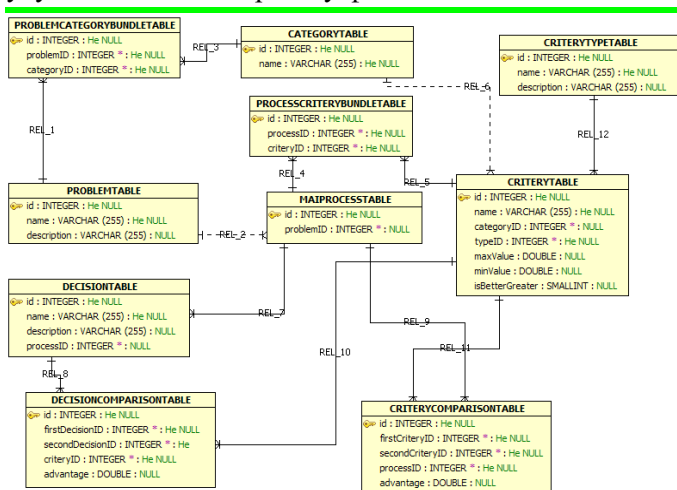


Рисунок 9. ER-модель бази даних ПМ «Ранг»

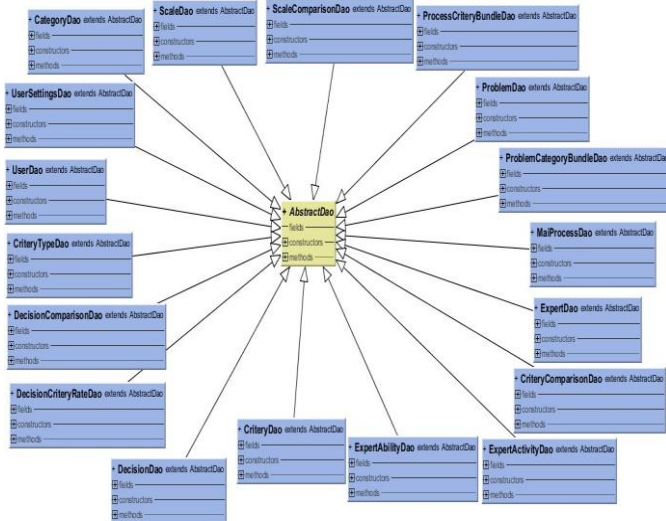


Рисунок 10. UML – діаграма для основних класів ПЗ продовженнядоаткуБ

Код основних алгоритмів модуля«Ранг»:

```

packageru.maximus.mai.core.dao;
import java.sql.SQLException;
import ru.maximus.mai.core.matters.CriteriaComparison;
import com.j256.ormlite.dao.Dao;
import com.j256.ormlite.dao.DaoManager;
import com.j256.ormlite.support.ConnectionSource;
public class CriteriaComparisonDao extends AbstractDao{
    private static CriteriaComparisonDao instance =null;

    public static synchronized CriteriaComparison-
    DaogetInstance()
        throws Exception{
        if (instance == null){
            instance = newCriteriaComparisonDao();
        }
        returninstance;
    }
}
    
```



```

        private static Dao<CriteryComparison, Integer>criteryComparisonDao;
        protected CriteryComparisonDao() throws SQLException,
        Exception{ super();
        }

        @Override
        protected void setUpDao(ConnectionSourceconnectionSource) throws SQLException{
        criteryComparisonDao
        =DaoManager.createDao(connectionSource, CriteryCompari-
        son.class);
        }

        public Dao<CriteryComparison, Integer> getDao(){ return
        criteryComparisonDao;
        }
        }

```

продовження додатку Б

```

package ru.maximus.mai.core.math.finders; import java.util.*;
import ru.maximus.mai.core.math.BigFraction; import
port ru.maximus.mai.core.math.BigFractionMatrix; import
port ru.maximus.mai.core.math.DecisionPriority;
import ru.maximus.mai.core.math.methods.MathForMAI;
import ru.maximus.mai.core.matters.*;
import ru.maximus.mai.gui.reports.data.*; public class
MaiFinder extends DecisionFinder{
    public MaiFinder(MathForMAI math){ super(math);
    }

    public MaiFinder(MathForMAI math, ReportData re-
    portData){ super(math,reportData);
    }

    public ReportData getReportData(){ return reportData;

```

```

    }
    public void setReportData(ReportData reportData){
this.reportData =reportData;
    }

    @Override
    public List<DecisionPriority> findDecisionPriorities(MaiProcess process){ reportData.clearData();
    reportData.setProblem(process.getProblem()); for (Expert
expert : process.getExpertPlayers()){
    reportData.getExperts().add(newExpertData(expert));
    }

    reportData.getExperts().add(new Ex-
pertData(process.getExpert())); re-
portData.setNameOfMethod(algorithm.getNameOfMethod());
List<DecisionPriority> result = findRanks(process);
    returnresult;
    }

```

продовженнядодаткуБ

```

private List<DecisionPriority> findRanks(MaiProcess pro-
cess) { List<DecisionPriority> result = new
LinkedList<DecisionPriority>();
    List<ProcessCriteryBundle>bundles= pro-
cess.getCriteryBundlesAsList();
    List<Decision> decisions =process.getDecisionsAsList();

    Map<Critery, BigFraction> criteriesPriority
=calcCriteryPriorities(process, bundles);
    List<CriteryData> tmpCrit = new-
LinkedList<CriteryData>(); for (ProcessCriteryBundle bundle : bun-
dles){
    tmpCrit.add(newCriteryData(bundle.getCritery().getId(),
bundle.getCritery().getName(), criteriesPriori-
ty.get(bundle.getCritery()).doubleValue()));

```

```

    }
    reportData.setCriteries(tmpCrit);
reportData.normCriteriyPriority();
    Map<ProcessCriteriyBundle,List<DecisionPriority>> deci-
sionsPriority =
algorithm.calcDecisionPriorities(bundles,decisions);

```

```

    BigFraction[] normalvals = new BigFrac-
tion[decisions.size()]; for (int row = 0; row < decisions.size();
row++){
    BigFraction tmp = new BigFraction(0,1);
    for (ProcessCriteriyBundle critery : bundles){ if (deci-
sionsPriority.get(critery) == null)continue;
    if ((!Dou-
ble.isNaN(decisionsPriority.get(critery).get(row).getPriority()))
    && (!Dou-
ble.isNaN(criteriesPriority.get(critery.getCriteriy()).doubleValue()))){
    tmp=
    tmp.add(criteriesPriority.get(critery.getCriteriy()).multiply(new
BigFraction(decisionsPriority.get(critery).get(row).getPriority(), 1));
    }
    }
    normalvals[row] =tmp;
    }

```

продовження доатку Б

```

    normalvals =MathForMAI.normalize(normalvals);
List<DecisionData> tmp = newLinkedList<DecisionData>();
    for (int i = 0; i < normalvals.length; i++){
    DecisionPriority prior = new
DecisionPriority(decisions.get(i),
normalvals[i].doubleValue());
    result.add(prior);
    tmp.add(new
DecisionDa-
ta(prior.getDecision().getName(), prior.getPriority()));
    }

```

```

        reportData.setDecisions(tmp);returnresult;
    }
    private Map<Critery, BigFraction> calcCriteryPriorities(MaiProcessprocess, List<ProcessCriteryBundle> criteries){
        Collection<ExpertActivity> experts
        =process.getExpertActivities(); if (experts.isEmpty()){
            experts = newLinkedList<ExpertActivity>(); ex-
            perts.add(new ExpertActivity(process.getExpert(),1.0f));
        }
        Map<Critery, BigFraction> result = new
        HashMap<Critery,BigFraction>(); List<Critery> crits = new-
        LinkedList<Critery>();
        List<CriteryData> criteryDatas = new-
        LinkedList<CriteryData>(); for (ProcessCriteryBundle critery : crite-
        ries){
            crits.add(critery.getCritery());
            criteryDatas.add(new
                CriteryDa-
            ta(critery.getCritery().getId(), critery.getCritery().getName(),null));
        }
        for (ExpertActivity expertActivity : experts){
            BigFraction[][] matrix
            =MathForMAI.getCriteryComparisonMatrix(crits, pro-
            cess,expertActivity.getExpert());
            CriteryCompareData criteryCompareData = newCritery-
            CompareData(); criteryCompareData.setExpert(new
            ExpertData(expertActivity.getExpert())); criteryCompareDa-
            ta.setMatrix(newBigFractionMatrix(matrix));
                продолженняядоаткуБ
            criteryCompareData.setCriterys(criteryDatas);
            Map<ProcessCriteryBundle,BigFraction>
                priorityForExpert =
            algorithm.recalcPrioritiesAsMap(criteries,matrix);
            BigFraction[] priorities = new BigFraction[criteries.size()];
            int i = 0;
            for(ProcessCriteryBundle critery : criteries){ BigFraction
            tmp =result.get(critery.getCritery());

```

```

        priorities[i] = (tmp != null ? tmp :
            new BigFraction(0, 1)).add(priorityForExpert.
                get(critery));
result.put(critery.getCritery(),priorities[i]); i++;
    }
    criteryCompareData.setPriorites(priorities); BigFraction SZ
=algorithm.calcSZ(matrix); BigFraction IS = algo-
rithm.calcIS(SZ,matrix.length); BigFraction OS = algo-
rithm.calcOS(IS,matrix.length); criteryCompareData.setOs(OS);

re-
portData.getCriteryCompareData().add(criteryCompareData);
    }
    for (ProcessCriteryBundle critery : criteries){ re-
result.put(critery.getCritery(),
    result.get(critery.getCritery()).divide(experts.size()));
    }
returnresult;
    }

@Override
public double convertPriorityToValue(double priority, int
count){ return priority *100;
    }

@Override
public boolean needReverse(){ returntrue;
    }

        продолжениядоаткуБ

@Override
public String getName(){ return"МАИ";
    }
    }

public abstract class DecisionFinder{
protected ReportData reportData = newReportData();

```

```

        public abstract
List<DecisionPriority>findDecisionPriorities(MaiProcess process);
        public abstract double convertPriorityToValue(double priority,
int count); public abstract boolean needReverse();
        public abstract StringgetName(); protected MathForMAIalgorithm;
        public DecisionFinder(MathForMAI math){ this.algorithm
=math; algorithm.setReport(reportData);
        }
        public DecisionFinder(MathForMAI math, ReportData reportData){
this.algorithm =math;
this.reportData =reportData;
        }

        public MathForMAI getAlgorithm(){ returnalgorithm;
        }
        public void setAlgorithm(MathForMAI algorithm){
this.algorithm =algorithm;
this.algorithm.setReport(reportData);
        }
        list){
        public Map<Decision, Integer>getPlaceInCollection(List<DecisionPriority>
return getPlaceInCollection(list,needReverse());
        }
        public Map<Decision, Integer>getPlaceInCollection(List<DecisionPriority>
list, boolean needReverse){
        Map<Decision, Integer> result = new
HashMap<Decision,Integer>(); int place =1;
        продолжениядодаткуБ
        DecisionPriority beforeElem =null;

        Collections.sort(list);
        if (needReverse)Collections.reverse(list);

        for (DecisionPriority elem : list){ if (beforeElem == null){
beforeElem =elem;

```

```

    } else{
    if (beforeElem.getPriority() != elem.getPriority()){
    place++;
    }
    beforeElem =elem;
    }
    result.put(elem.getDecision(),place);
    }
    returnresult;
    }
    }

packageru.maximus.mai.core.math.finders;

import java.util.Collections; import java.util.HashMap; import
java.util.LinkedList; import java.util.List;
import java.util.Map;

import ru.maximus.mai.core.math.BigFraction;           im-
port ru.maximus.mai.core.math.DecisionPriority;
import ru.maximus.mai.core.math.methods.MathForMAI;
import ru.maximus.mai.core.matters.Criteriy;
import ru.maximus.mai.core.matters.Decision;           im-
port ru.maximus.mai.core.matters.MaiProcess;
import ru.maximus.mai.core.matters.ProcessCriteriyBundle;
import ru.maximus.mai.gui.Main;
public class GeometricAverageFinder extends PlaceOrder-
Finder{ public GeometricAverageFinder(MathForMAI math){
super(math);
}

                                продолжениядоаткуБ

@Override
public List<DecisionPriority> findDecisionPriorities(MaiProcess process){ returnfindRanks(process);
}

```

```

private List<DecisionPriority> findRanks(MaiProcess process)
{
    List<DecisionPriority> result = new
LinkedList<DecisionPriority>();

    List<ProcessCriteryBundle>criteries=
process.getCriteryBundlesAsList();
    List<Critery> criteryList = newLinkedList<Critery>();
    for (ProcessCriteryBundle bund : criteries){ criteryList.add(bund.getCritery());
    }
    List<Decision> decisions =process.getDecisionsAsList();

    Map<ProcessCriteryBundle, BigFraction>
criteriesPriority =
algorithm.recalcPrioritiesAsMap(criteries,
MathFor-
MAI.getCriteryComparisonMatrix(criteryList, process,Main.user));
    Map<ProcessCriteryBundle,
List<DecisionPriority>>
decisionsPriority = algorithm.calcDecisionPriorities(criteries, decisions);

    Map<Critery, Map<Decision, Integer>>placeDec
= new HashMap<Critery,
Map<Decision,Integer>>();
    for (Critery critery : criteryList){ placeDec.put(critery,
getPlaceInCollection(decisionsPriority.get(critery),true));
    }

    for (Decision dec : decisions){ BigFraction tmp = new Big-
Fraction(1,1);
    for (Critery critery : criteryList){
    tmp=
tmp.multiply(criteriesPriority.get(critery).pow(placeDec.get(
critery).get(dec)));
    }

    продолжения додатку Б

    result.add(new DecisionPriority(dec,tmp.doubleValue()));
    }
    Collections.sort(result);returnresult;
}

```



```

    }

    @Override
    public String getName(){
    return "Метод среднегогеометрического";
    }

    }
    packageru.maximus.mai.core.math.graphs;          importja-
va.util.HashSet;
    importjava.util.TreeSet;
    importjava.util.Vector;

    public classKruskalEdges<T>
    {
    Vector<HashSet<T>> vertexGroups = newVec-
tor<HashSet<T>>(); TreeSet<Edge<T>> kruskalEdges =
newTreeSet<Edge<T>>();

    public TreeSet<Edge<T>>getEdges()
    {
    returnkruskalEdges;
    }
    HashSet<T> getVertexGroup(Tvertex)
    {
    for (HashSet<T> vertexGroup : vertexGroups){ if (ver-
texGroup.contains(vertex)){
    returnvertexGroup;
    }
    }
    returnnull;
    }

    }

    продолжениядоаткуБ

    public void insertEdge(Edge<T>edge)
    {
    T vertexA = edge.getVertexA(); T vertexB = edge.getVertexB();

```

```

    HashSet<T> vertexGroupA =getVertexGroup(vertexA);
    HashSet<T> vertexGroupB =getVertexGroup(vertexB);

    if (vertexGroupA == null){ kruskalEdges.add(edge);
    if (vertexGroupB == null){
        HashSet<T> htNewVertexGroup = newHashSet<T>();
    htNewVertexGroup.add(vertexA); htNewVertexGroup.add(vertexB);
    vertexGroups.add(htNewVertexGroup);
    }
    else{
        vertexGroupB.add(vertexA);
    }
    }
    else{
        if (vertexGroupB == null){ vertexGroupA.add(vertexB);
    kruskalEdges.add(edge);
    }
    продолжениядоаткуБ

    else if (vertexGroupA != vertexGroupB){
    ver-
    texGroupA.addAll(vertexGroupB);vertexGroups.remove(vertexGrou
    pB);kruskalEdges.add(edge);
    }
    }
    package ru.maximus.mai.gui.tree.strategies.controllers; import
    java.util.List;
    importjavax.swing.tree.DefaultMutableTreeNode;

    importcom.j256.ormlite.dao.ForeignCollection;          im-
    portru.maximus.mai.core.matters.Crtery;                im-
    portru.maximus.mai.core.matters.Decision;importru.maximus.mai.co
    re.matters.MaiProcess;
    importru.maximus.mai.core.matters.ProcessCrteryBundle;
    importru.maximus.mai.gui.tree.ITreeRefresher;
    importru.maximus.mai.gui.tree.strategies.MaiStrategy;
    продолжениядоаткуБ

```

```

public class MaiController implements AbstractLoadingCon-
troller{ private MaiProcess process;
public MaiController(MaiProcess process){ this.process
=process;
}

@Override
Public void loadNextLevel(ITreeRefresher
refresher,DefaultMutableTreeNode node, boolean
immediately){
node.removeAllChildren();
Object userObject =node.getUserObject(); if (userObject in-
stanceof String){
String data = (String)userObject;
if (data.equals(MaiStrategy.TARGET)){
node.add(newDefaultMutableTreeNode(process));
} else if (data.equals(MaiStrategy.CRITERIES)){ Foreign-
Collection<ProcessCriteryBundle>list=
process.getCriteryBundles();
for (ProcessCriteryBundle critery : list){
node.add(newDefaultMutableTreeNode(critery));
}
} else if (data.equals(MaiStrategy.ALTERNATIVES)){ For-
eignCollection<Decision>list=
process.getDecisions();

for (Decision decision : list){ node.add(new
DefaultMutableTreeNode(decision));
}
}
}
refresher.refreshTree();

packageru.maximus.mai.gui.tree.strategies.editors;

importjava.awt.Component; importjava.awt.FlowLayout;
importjava.awt.event.ActionEvent;
importjava.awt.event.ActionListener; importja-
va.awt.event.MouseEvent; importjava.util.EventObject;
продовженнядоаткуБ

```

```

import javax.swing.AbstractCellEditor;           import ja-
vax.swing.JButton;
import javax.swing.JComponent; import javax.swing.JLabel;
import javax.swing.JPanel; import javax.swing.JTree; import ja-
vax.swing.UIManager;
import javax.swing.tree.DefaultMutableTreeNode; import ja-
vax.swing.tree.TreeCellEditor;

```

```

import ru.maximus.mai.core.matters.Critery;           im-
port ru.maximus.mai.core.matters.Decision;           im-
port ru.maximus.mai.core.matters.Problem;           im-
port ru.maximus.mai.gui.tree.ExtTree;
import ru.maximus.mai.gui.tree.strategies.MaiStrategy; import
ru.maximus.mai.gui.util.Icons;

```

```

public class MaiEditor extends AbstractCellEditor implements
TreeCellEditor, ActionListener {
    JButton addButton; JLabel label;
    Object panelNode; JComponent editedComponent; JPanel panel;
}

```

```

public MaiEditor(){
    addButton = new JButton("+"); addButton-
    addActionListener(this);
    addButton-
    setBackground(UIManager.getColor("Tree.background")); addButton-
    setBorder(null);
    label = new JLabel(); label-
    setFont(UIManager.getFont("Tree.font"));
    panel = new JPanel(new FlowLayout(FlowLayout.LEFT,
0,0)); panel.setOpaque(false);
    panel.add(label); panel.add(addButton);
}

```

```

public Component getTreeCellEditorComponent(JTree tree,
Object value, boolean isSelected, boolean expanded, boolean leaf, int
row) {
    DefaultMutableTreeNode node = (Default-
MutableTreeNode)value; panelNode = node.getUserObject();
}

```

продовження додатку Б

```
        if (panelNode instanceof String) {Stringtemp =
(String)panelNode;
        if (temp.equals(ExtTree.LOADING_STRING)) { la-
bel.setIcon(Icons.getLoadingIcon()); la-
bel.setText(ExtTree.LOADING_STRING);
        } else if (temp.equals(MaiStrategy.TARGET)){ la-
bel.setIcon(Icons.getTargetIcon()); la-
bel.setText(MaiStrategy.TARGET);
        } else if (temp.equals(MaiStrategy.CRITERIES)) { la-
bel.setIcon(Icons.getCrteryIcon()); la-
bel.setText(MaiStrategy.CRITERIES);
        } else if (temp.equals(MaiStrategy.ALTERNATIVES)) { la-
bel.setIcon(Icons.getDecisionIcon()); la-
bel.setText(MaiStrategy.ALTERNATIVES);
        }
        } else if (panelNode instanceof Problem){ la-
bel.setIcon(Icons.getTargetIcon()); la-
bel.setText(((Problem)panelNode).getName()); returnlabel;
        } else if (panelNode instanceof Crtery){ la-
bel.setIcon(Icons.getCrteryIcon()); la-
bel.setText(((Crtery)panelNode).getName());
        returnlabel;
        } else if (panelNode instanceof Decision){ la-
bel.setIcon(Icons.getDecisionIcon()); la-
bel.setText(((Decision)panelNode).getName()); returnlabel;
        }
        returnpanel;
    }

    public Object getCellEditorValue(){ returnpanelNode;
    }

    public boolean isCellEditable(EventObject anEvent){ if
(anEvent instanceof MouseEvent){
        return ((MouseEvent) anEvent).getClickCount() >=1;
    }
}
```

```
    }  
    return true;  
    }  
  
    public void actionPerformed(ActionEvent e) { editedComponent = (JComponent) e.getSource(); super.stopCellEditing();  
    }
```

Нормативні показники енергоощадності будівель

Таблиця 1

Нормативні максимальні теплові витрати житлових
і громадських будинків (E_{\max})

Ч.ч.	Призначення будівлі	Значення E_{\max} , кВт·год/м ² {кВт·год/м ³ }, для температурної зони України	
		I	II
1	Житлові будинки поверховістю:		
	1	$600 \times F_h^{-1/4}$	$500 \times F_h^{-1/4}$
	від 2 до 3	$470 \times F_h^{-1/4}$	$400 \times F_h^{-1/4}$
	від 4 до 9	55	48
	від 10 до 16	48	42
	від 17 до 24	43	38
	25 і більше	40	35
2	Громадські будівлі та споруди, окрім груп будівель за позиціями 3-6 поверховістю:		
	від 1 до 3	{ $230 \times V_h^{-1/3}$ }	{ $200 \times V_h^{-1/3}$ }
	від 4 до 9	{15}	{13}
	від 10 до 16	{14}	{12}
	від 17 до 24	{13}	{11}
	25 і більше	{12}	{11}
3	Будинки та споруди навчальних закладів	{31}	{28}
4	Будинки та споруди дитячих дошкільних закладів	{36}	{33}
5	Заклади охорони здоров'я	{47}	{42}
6	Підприємства торгівлі	{15}	{12}
7	Готелі	51	44
Примітка: F_h – опалювана площа житлового будинку, м ² ; V_h – опалюваний об'єм громадського будинку або споруди, м ³ .			

продовження додатку В

Таблиця 2

Допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції Δt_{cz} , °С

Призначення будинку	Вид огорожувальної конструкції		
	Стіни (зовнішні, внутрішні)	Покриття та перекриття горищ	Перекрыття над проїздами та підвалами
Житлові будинки, дитячі установи, школи, інтернати	4,0	3,0	2,0
Громадські будинки, крім зазначених вище, адміністративні та побутові, за винятком приміщень з вологим або мокрим режимом експлуатації	5,0	4,0	2,5
Виробничі будинки з сухим та нормальним режимом експлуатації	7,0	5,0	
Виробничі будинки з вологим та мокрим режимом експлуатації	$t_e - t_p$	0,8 ($t_e - t_p$)	
Виробничі будинки з надлишками тепла (більше 23 Вт/м ³)	12	12	

Таблиця 3

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будинків ($R_{q \min}$)

№ поз.	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{q \min}$, м ² ·К/Вт, для температурної зони	
		I	II
1	2	3	4
1	Зовнішні стіни	3,3	2,8
2	Суміщені покриття	5,35	4,9
3	Горищні покриття та перекрыття неопалювальних горищ	4,95	4,5

Продовження додатку В

Продовження табл. 3

1	2	3	4
4	Перекриття над проїздами та неопалювальними підвалами	3,75	3,3
5	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,75	0,6
6	Вхідні двері в багатоквартирні житлові будинки та в громадські будинки	0,5	0,45
7	Вхідні двері в малоповерхові будинки та в квартири, що розташовані на перших поверхах багатоповерхових будинків	0,65	0,6

Таблиця 4

Розрахункові значення температури й вологості повітря приміщень

Призначення будинків	Розрахункова температура внутрішнього повітря	Розрахункове значення відносної вологості $\varphi_{в}$, %
Житлові	20	55
Громадські та адміністративні	20	50-60
Лікувальні й дитячі навчальні заклади	21	50
Дошкільні заклади	22	50

Таблиця 5

Значення коефіцієнта тепловіддачі на внутрішній поверхні огорожуючої конструкції

№	Внутрішня поверхня огорожуючої конструкції	Коефіцієнт тепловіддачі $\alpha_{в}$, Вт/(м ² °С)
1	Стін, підлог, гладких стель, стель із виступаючими ребрами при відношенні висоти ребра h до відстані α між гранями сусідніх ребер $h/\alpha \leq 0,3$	8,7
2	Стель з виступаючими ребрами при відношенні $h/\alpha > 0,3$	7,6
3	Зенітних ліхтарів	9,9

4	Вікон	8,0
---	-------	-----

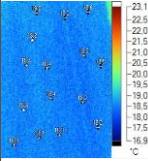
Продовження додатку В

Таблиця 6

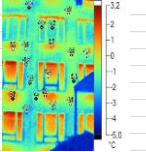
Значення коефіцієнта тепловіддачі для зимових умов

Зовнішня поверхня огорожуючої конструкції	Коефіцієнт тепловіддачі для зимових умов $\alpha_{зовн}$, Вт/(м ² °С)
1. Зовнішніх стін, покриттів, перекриттів над проїздами й над холодними (без огорожуючих стінок) підпіллям в північній кліматичній зоні	23
2. Перекриттів над холодними підвалами, що сполучаються із зовнішнім повітрям; перекриттів над холодними (зі огорожуючими стінками) підпіллям й холодними поверхами в північній кліматичній зоні	17
3. Перекриттів горищних і над не опалювальними підвалами зі світловими прорізами в стінах, а також зовнішніх стін з повітряним прошарком, вентиляваним зовнішнім повітрям	12
4. Перекриттів над не опалювальними підвалами без світлових прорізів у стінах, розташованих вище рівня землі, і над неопалювальними технічними підпіллями, розташованими нижче рівня землі	6

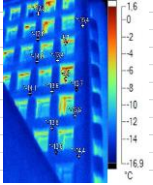
Таблиця вимірювань теплових параметрів

Резерва дільниця зовнішня та внутрішня східного фасаду ЧНТУ								
Термограми	Температура °С зовніш. стіни, τ_{out}	Температура °С внутрішньої поверхні, τ_{in}	Температура повітря, t_{in} внутрішня, °С	Температура погік внутр. °С	Коефіцієнт теплопровідчачі α_m , Вт/(м ² °С) по ДСТУ	Коеф. прибіл. опору теплопередачі $R_{01} = \frac{\tau_{in} - \tau_{out}}{q_{in}}$	Значення норм. коеф. опору R_{01} м ² К/Вт	% від норм. значення коеф. опору
Резерва зовнішня і внутрішня дільниця східного (біл споргалу) фарба, вікна дерев.	Вікна дерев.							
	0,6	14,6	21	51,2	8,00	0,2734375	0,75	36,4583333
	1,9	17,2	21,1	31,2	8,00	0,490384615	0,75	65,3846154
Середн. ариф.	1,25	15,9	21,05	41,2	8,00	0,355582524	0,75	47,411
	Стіни							
	-1,2	18,5	21,3	24,4	8,70	0,808702791	3,3	24,5061452
	-1,3	18,3	21,1	24,4	8,70	0,804597701	3,3	24,3817485
	-0,7	18,4	21	22,6	8,70	0,8443855	3,3	25,5874394
	-3,7	18,8	21	19,1	8,70	1,175548589	3,3	35,6226845
	-2,3	18,4	21,3	25,2	8,70	0,820451843	3,3	24,8621771
	-1,8	18,5	21	21,8	8,70	0,933333333	3,3	28,2828283
	-1,8	18,2	20,7	21,8	8,70	0,91954023	3,3	27,8648555
	-2,4	18,4	21	22,6	8,70	0,91954023	3,3	27,8648555
	-2,9	18,6	21,2	22,6	8,70	0,950486295	3,3	28,802615
	-3,2	18,2	21	24,4	8,70	0,878489327	3,3	26,208887
	-0,5	18,9	21	18,3	8,70	1,061890027	3,3	32,1772736
	-2,8	18,3	21,4	27,0	8,70	0,78235076	3,3	23,7075988
	-2,7	19	21	17,4	8,70	1,247126437	3,3	37,7917102
	-0,1	18,5	21	21,8	8,70	0,855172414	3,3	25,9143156
	1,7	18,2	20,8	22,6	8,70	0,729442971	3,3	22,1043324
	0,1	18,4	21	22,6	8,70	0,809018568	3,3	24,5157142
	-2,6	18,6	21	20,9	8,70	1,01532567	3,3	30,7674446
	-1,7	18,2	20,9	23,5	8,70	0,847169008	3,3	25,6717881
	-1,4	18,9	21	18,3	8,70	1,111111111	3,3	33,6700337
	-1,1	18,4	21	22,6	8,70	0,862068966	3,3	26,123302
	-2,3	18,5	21	21,8	8,70	0,956321839	3,3	28,9794497
	-2,1	18,2	21	24,4	8,70	0,833333333	3,3	25,2525253
	-0,1	18,4	21,4	26,1	8,70	0,708812261	3,3	21,4791594
	-1,3	18,6	21	20,9	8,70	0,953065134	3,3	28,8807616
	-2,4	18,2	21	24,4	8,70	0,845648604	3,3	25,6257153
	-0,9	18,9	20,8	16,5	8,70	1,197822142	3,3	36,2976407
	-2,9	18,3	21	23,5	8,70	0,902511707	3,3	27,3488396
	0,5	18,4	21	22,6	8,70	0,791335102	3,3	23,9798516
	1,9	18,5	20,9	20,9	8,70	0,795019157	3,3	24,0914896
	0,9	18,2	20,8	22,6	8,70	0,764809903	3,3	23,1760577
	-2,9	18,4	21	22,6	8,70	0,941644562	3,3	28,5346837
	-2,4	18,6	21	20,9	8,70	1,005747126	3,3	30,4771856
	-0,7	18,2	21	24,4	8,70	0,775862069	3,3	23,5109718
	-1,8	18,9	21	18,3	8,70	1,133004926	3,3	34,334826
	-2	18,3	21,1	24,4	8,70	0,833333333	3,3	25,2525253
	-1,8	18,4	21	22,6	8,70	0,893015031	3,3	27,0610615
	-1,9	18,5	21	21,8	8,70	0,937931034	3,3	28,4221526
	-2,6	18,2	21	24,4	8,70	0,853858785	3,3	25,8745086
	-3,2	18,4	21	22,6	8,70	0,954907162	3,3	28,9365807
	-1,9	18,6	21,4	24,4	8,70	0,841543514	3,3	25,5013186
	-1,4	18,2	21	24,4	8,70	0,804597701	3,3	24,3817485
	-2,8	18,9	21	18,3	8,70	1,187739464	3,3	35,992105
	-1,8	18,3	20,8	21,8	8,70	0,924137931	3,3	28,0041797
	-3,3	18,6	21	20,9	8,70	1,048850575	3,3	31,7833507
	-2,2	18,2	21	24,4	8,70	0,837438424	3,3	25,3769219
	0,1	18,9	20,9	17,4	8,70	1,08045977	3,3	32,7412052
	1	18,3	21	23,5	8,70	0,73648361	3,3	22,3176852
	-1,6	18,4	21	22,6	8,70	0,884173298	3,3	26,7931302
	-0,8	18,5	21	21,8	8,70	0,887356322	3,3	26,8895855
	-3,2	18,2	21	24,4	8,70	0,878489327	3,3	26,208887
	-2,7	18,4	21	22,6	8,70	0,932802829	3,3	28,2667524
	-2	18,4	21	22,6	8,70	0,901856764	3,3	27,3289928
	-2,4	18,5	21	21,8	8,70	0,96091954	3,3	29,1187739
	-2,3	18,2	21	24,4	8,70	0,841543514	3,3	25,5013186
	-3	18,4	21	22,6	8,70	0,946065429	3,3	28,6686494
Середнє арифм.	-1,6490909	18,45	21,01	22,30	8,70	0,91	3,30	27,63
мода	-1,8	18,4	21			0,878489327		
ΔT , °С з внутріш. стіною і внутр. повітрям			2,6					

продовження додатку Г

Реперна дилжка зовнішня та внутрішня північно-східного фасаду ЧНТУ									
Термограми	Температура °С зовніш. стіни, τ _{out}	Температура внутрішньої поверхні, τ _{in}	Температура повітря, τ _m внутрішня.	Тепловий потік внутр. °С q _{вн.} =τ _{вн.} °q	Коефіцієнт теплоізоляції α _m , Вт/(м ² °С) по ДСТУ	Коеф. прил.опору теплопередачі R _q = $\frac{(\tau_{in} - \tau_{out})}{q_m}$	Значення норм. коеф. опору R _q m ² K/Вт	% від норм. значення коеф. опору	
Реперна зовнішня і внутрішня дилжка північно-східного (вхід) фасаду ЧНТУ: фасади, мін. фарба, вікна дерев., скло	Вікна ПВХ	-1,8	17,8	21	25,6	8,00	0,765625	0,75	102,083333
		-2	17,8	21,1	26,4	8,00	0,75	0,75	100
		-1,7	17,7	21,3	28,8	8,00	0,673611111	0,75	89,8148148
		-1,6	17,9	21,1	25,6	8,00	0,76171875	0,75	101,5625
		-1,8	17,9	21	24,8	8,00	0,794354839	0,75	105,913978
Середнє арифм.	-1,78	17,82	21,1	26,24	8	0,74906194	0,75	99,87493	
Стіни									
	-3,7	19,7	22	20,0	8,70	1,169415292	3,3	35,436827	
	-2,3	19,8	22,3	21,8	8,70	1,016091954	3,3	30,7906653	
	-1,8	19,7	21,7	17,4	8,70	1,235632184	3,3	37,4433995	
	-1,8	20	21,7	14,8	8,70	1,473968898	3,3	44,6657242	
	-2,4	20	21,6	13,9	8,70	1,609195402	3,3	48,763497	
	-2,9	19,9	21,2	11,3	8,70	2,015915119	3,3	61,088337	
	-3,2	19,8	22	19,1	8,70	1,201671891	3,3	36,4142997	
	-0,5	20	22,1	18,3	8,70	1,122058019	3,3	34,0017581	
	-2,8	19,7	21,4	14,8	8,70	1,521298174	3,3	46,0999447	
	-2,7	20	21,8	15,7	8,70	1,449553001	3,3	43,9258485	
	-0,1	19,9	21,3	12,2	8,70	1,642036125	3,3	49,7586704	
	1,7	19,8	21,8	17,4	8,70	1,040229885	3,3	31,5221177	
	0,1	19,9	22	18,3	8,70	1,083743842	3,3	32,8407225	
	-2,6	18,6	22	29,6	8,70	0,716700473	3,3	21,7181962	
	-0,6	18,2	22	33,1	8,70	0,568663037	3,3	17,2322132	
	-1,8	19,7	22	20,0	8,70	1,074462769	3,3	32,5594778	
	-2,4	20	22	17,4	8,70	1,287356322	3,3	39,0107976	
	-1,4	19,9	22,2	20,0	8,70	1,064467766	3,3	32,256599	
	0,9	19,8	21,4	13,9	8,70	1,357758621	3,3	41,1442006	
	-1,7	19,9	21,4	13,1	8,70	1,655172414	3,3	50,1567398	
	-2	18,6	21,3	23,5	8,70	0,876968923	3,3	26,5748158	
	-0,6	18,2	21,5	28,7	8,70	0,654824103	3,3	19,8431546	
	-0,9	18,9	21,8	25,2	8,70	0,784780024	3,3	23,7812128	
	-0,8	19,7	21,5	15,7	8,70	1,309067688	3,3	39,6687178	
	-1,3	20	21,4	12,2	8,70	1,748768473	3,3	52,992984	
	-1,6	19,9	21,9	17,4	8,70	1,235632184	3,3	37,4433995	
	-1,4	19,8	21,8	17,4	8,70	1,218390805	3,3	36,9209335	
	0,3	19,9	22	18,3	8,70	1,072796935	3,3	32,508998	
	-2	18,6	22	29,6	8,70	0,696416498	3,3	21,1035302	
	-0,5	18,2	22	33,1	8,70	0,565638234	3,3	17,1405525	
	-1,8	19,7	22	20,0	8,70	1,074462769	3,3	32,5594778	
	-0,3	20	21,1	9,6	8,70	2,121212121	3,3	64,2791552	
	-2,6	19,9	22	18,3	8,70	1,231527094	3,3	37,3190028	
	-2,8	19,8	22	19,1	8,70	1,18077325	3,3	35,7810076	
	-2	19,9	22	18,3	8,70	1,198686371	3,3	36,3238294	
	-1	18,6	22	29,6	8,70	0,662609872	3,3	20,079087	
	-1,2	18,9	21,4	21,8	8,70	0,924137931	3,3	28,0041797	
	-1,6	19,7	22	20,0	8,70	1,064467766	3,3	32,256599	
	-0,9	20	22	17,4	8,70	1,201149425	3,3	36,3984674	
	-1,5	19,9	21,8	16,5	8,70	1,29461585	3,3	39,2307833	
	-2,2	19,8	21,5	14,8	8,70	1,487491548	3,3	45,0755015	
	-0,5	18,9	21	18,3	8,70	1,061850027	3,3	32,1772736	
	-1,4	19,7	21,9	19,1	8,70	1,102403344	3,3	33,4061619	
	1,6	20	22	17,4	8,70	1,057471264	3,3	32,0445838	
	1,3	19,9	22	18,3	8,70	1,018062397	3,3	30,8503757	
	1,4	19,8	22	19,1	8,70	0,961337513	3,3	29,1314398	
	2,2	19,9	22	18,3	8,70	0,968801314	3,3	29,3576156	
	-2	19,8	22	19,1	8,70	1,138975967	3,3	34,5144232	
	-2	18,9	22	27,0	8,70	0,774935113	3,3	23,4828822	
Середнє арифм.	-1,2265306	19,5755102	21,79184	19,282	8,7	1,163135632	3,3	35,24653	
мода	-2	19,9	22			1,235632184			
Двері дерев'яні									
	-1,8	12,4	16,3	33,9	8,70	0,418508694	0,5	89,7988506	
	0,3	12,8	16	27,8	8,70	0,448994253	0,5	67,816092	
	0,2	12	16	34,8	8,70	0,33908046	0,5	78,8074713	
Середнє арифм.	-0,4333333	12,4	16,1	32,19	8,7	0,402194669	0,5	78,80747	
Δ T, °С з внутріш. стайкою і внутр. повітрям			2,1						

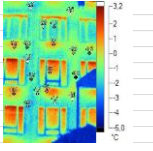
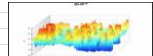
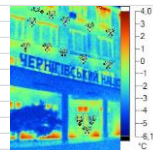
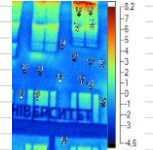
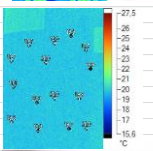

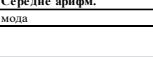
продовження додатку Г

Реперна ділянка зовнішня та внутрішня північно-східного фасаду (багатоповерховий корпус) ЧНТУ								
Термограми	Температура °С зовнішньої стіни, T_{out} вікна	Температура °С внутрішньої поверхні, T_{in}	Температура повітря, T_m внутрішня.	Тепловий потік внутр. °С	Коефіцієнт теплопровідності α_m , Вт/(м ² °С) по ДСТУ	Коеф. прибл. опору теплопередачі $R_{q, m} = \frac{(T_m - T_{out})}{q_m}$	Значення норм. коеф. опору $R_{q, min}$ м ² К/Вт	% від норм. значення коеф. опору
Реперна зовнішня і внутрішня ділянка північно-східного фасаду ЧНТУ (багатоповерх. корпус) мармур. плитка								
	-7,3	11,7	22	82,4	8,00	0,230582524	0,75	30,7443366
	-5,3	10,6	20,8	81,6	8,00	0,194852941	0,75	25,9803922
	-3,5	14,2	20	46,4	8,00	0,381465517	0,75	50,862069
	-5,4	11,7	21	74,4	8,00	0,22983871	0,75	30,6451613
	-5,2	10,6	21	83,2	8,00	0,189903846	0,75	25,3205128
	-6,1	14,2	21,1	55,2	8,00	0,367753623	0,75	49,0338164
	-5,3	14,5	21,3	54,4	8,00	0,363970588	0,75	48,5294118
	-4	15,3	21,4	48,8	8,00	0,395491803	0,75	52,7322404
	-6,1	10,4	21,7	90,4	8,00	0,182522124	0,75	24,3362832
Середнє арифм.	-5,355556	12,577778	21,14444	68,5333	8	0,281820186	0,75	37,57602
	Стіни							
	-13,8	18,8	21,9	27,0	8,70	1,208750463	3,3	36,6288019
	-13,8	18,4	21,3	25,2	8,70	1,276258423	3,3	38,6744977
	-14,4	18,5	22	30,5	8,70	1,08045977	3,3	32,7412052
	-13,6	18,2	21,7	30,5	8,70	1,044334975	3,3	31,6465144
	-14	18,4	21	22,6	8,70	1,432360743	3,3	43,404871
	-15,4	18,6	21,2	22,6	8,70	1,503094607	3,3	45,5483214
	-13,8	18,2	21	24,4	8,70	1,3136289	3,3	39,8069364
	-13,4	18,9	21	18,3	8,70	1,767925561	3,3	53,5735018
	-14,1	18,3	21,4	27,0	8,70	1,201334816	3,3	36,4040853
	-7,3	19	21	17,4	8,70	1,511494253	3,3	45,8028561
	-13,5	18,5	21	21,8	8,70	1,471264368	3,3	44,5837687
	-13	18,2	20,8	22,6	8,70	1,379310345	3,3	41,7972832
	-14,3	18,4	21	22,6	8,70	1,445623342	3,3	43,8067679
	-13,8	18,6	21	20,9	8,70	1,551724138	3,3	47,0219436
	-15	18,2	20,9	23,5	8,70	1,41336739	3,3	42,8293149
	-14,1	18,9	21	18,3	8,70	1,806239737	3,3	54,7345375
	-14,6	18,4	21	22,6	8,70	1,458885942	3,3	44,2086649
	-14,6	18,5	21	21,8	8,70	1,521839908	3,3	46,1163358
	-13,5	18,2	21	24,4	8,70	1,301313629	3,3	39,4337463
	-14,4	18,4	21,4	26,1	8,70	1,256704981	3,3	38,0819691
	-13	17	21	34,8	8,70	0,862068966	3,3	26,123302
	-14,3	18,2	21	24,4	8,70	1,334154351	3,3	40,4289197
	-13,8	18,2	20,8	22,6	8,70	1,414677277	3,3	42,8690084
	-15	17,5	21	30,5	8,70	1,067323481	3,3	32,3431358
	-14,1	19,9	22	18,3	8,70	1,860974275	3,3	56,3931598
	-14,6	19,2	22	24,4	8,70	1,387520525	3,3	42,0460765
	-13,8	18,9	21	18,3	8,70	1,789819376	3,3	54,2369508
	-15	18,3	21,1	24,4	8,70	1,366995074	3,3	41,4240931
	-14,1	18,4	21	22,6	8,70	1,436781609	3,3	43,5388366
	-14,6	18,5	21,7	27,8	8,70	1,188936782	3,3	36,0283873
	-14,6	18,2	21	24,4	8,70	1,346469622	3,3	40,8021098
	-13,5	18,4	21	22,6	8,70	1,41025641	3,3	42,7350427
	-14,4	18,6	21,4	24,4	8,70	1,354679803	3,3	41,0509031
	-13,8	18,2	21	24,4	8,70	1,3136289	3,3	39,8069364
	-15	18,9	21	18,3	8,70	1,855500821	3,3	56,2272976
	-14,1	18,3	20,8	21,8	8,70	1,489655172	3,3	45,1410658
	-14,6	18,6	21,7	27,0	8,70	1,230997405	3,3	37,3029517
	-14,6	18,2	21	24,4	8,70	1,346469622	3,3	40,8021098
	-13,5	18,9	20,9	17,4	8,70	1,862068966	3,3	56,4263323
	-14,4	18,3	21	23,5	8,70	1,392081737	3,3	42,1842951
	-13,8	18,4	21	22,6	8,70	1,42351901	3,3	43,1369397
	-15	18,5	21,7	27,8	8,70	1,203304598	3,3	36,4637757
	-14,1	18,2	21	24,4	8,70	1,325944171	3,3	40,1801264
	-14,6	18,4	21	22,6	8,70	1,458885942	3,3	44,2086649
	-14,6	18,4	21	22,6	8,70	1,458885942	3,3	44,2086649
	-13,5	18,5	21,7	27,8	8,70	1,149425287	3,3	34,8310693
	-14,4	18,2	21	24,4	8,70	1,338259442	3,3	40,5533164
	-13,5	18,4	21,7	28,7	8,70	1,111111111	3,3	33,6700337
Середнє арифм.	-14,014583	18,44375	21,18958	23,8888	8,7	1,390131482	3,3	42,1252
мода		-14,6	18,2	21		1,458885942		
ΔT , °С з внутріш. стіною і внутр. повітрям			2,56					

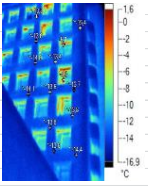
продовження додатку Г

Реперні ділянки зовнішня та внутрішня східного фасаду ЧНТУ								
Термограми	Температура °C зовніш. стіни, t_{out}	Температура °C внутрішньої поверхні, t_{in}	Температура внутрішня, t_{in}	Температура зовнішня, t_{out}	Коефіцієнт теплопровідності α in, Вт/(м ² °C)	Коеф. прибіл. опору теплопередачі $R = \frac{1}{\alpha_{in} - \alpha_{out}}$	Значення норм. коэф. опору $R_{q,норм}$ м ² К/Вт	% від норм. значення коэф. опору
	Вікна дерев.							
	0,6	14,6	21	-2,8	8,00	0,33984375	0,75	45,3125
Реперні зовнішня і внутрішня ділянка східного (біля спортзалу) фарба, вікна дерев.	1,9	17,2	21,1	-2,8	8,00	0,641025641	0,75	85,4700855
Середн. ариф.	1.25	15.9	21.05	-2.8	8.00	0.490434696	0.75	65.39129
	Стіни							
	-1,2	18,5	21,3	-2,8	8,70	0,874384236	3,3	26,496492
	-1,3	18,3	21,1	-2,8	8,70	0,866174056	3,3	26,2476987
	-0,7	18,4	21	-2,8	8,70	0,937223696	3,3	28,4007181
	-3,7	18,8	21	-2,8	8,70	1,128526646	3,3	34,1977771
	-2,3	18,4	21,3	-2,8	8,70	0,84026952	3,3	25,4627127
	-1,8	18,5	21	-2,8	8,70	0,979310345	3,3	29,6760711
	-1,8	18,2	20,7	-2,8	8,70	0,965517241	3,3	29,2580982
	-2,4	18,4	21	-2,8	8,70	0,937223696	3,3	28,4007181
	-2,9	18,6	21,2	-2,8	8,70	0,946065429	3,3	28,6686494
	-3,2	18,2	21	-2,8	8,70	0,862068966	3,3	26,123302
	-0,5	18,9	21	-2,8	8,70	1,187739464	3,3	35,992105
	-2,8	18,3	21,4	-2,8	8,70	0,78235076	3,3	23,7075988
	-2,7	19	21	-2,8	8,70	1,252873563	3,3	37,9658656
	-0,1	18,5	21	-2,8	8,70	0,979310345	3,3	29,6760711
	1,7	18,2	20,8	-2,8	8,70	0,928381963	3,3	28,1327868
	0,1	18,4	21	-2,8	8,70	0,937223696	3,3	28,4007181
	-2,6	18,6	21	-2,8	8,70	1,024904215	3,3	31,0577035
	-1,7	18,2	20,9	-2,8	8,70	0,893997446	3,3	27,0908317
	-1,4	18,9	21	-2,8	8,70	1,187739464	3,3	35,992105
	-1,1	18,4	21	-2,8	8,70	0,937223696	3,3	28,4007181
	-2,3	18,5	21	-2,8	8,70	0,979310345	3,3	29,6760711
	-2,1	18,2	21	-2,8	8,70	0,862068966	3,3	26,123302
	-0,1	18,4	21,4	-2,8	8,70	0,812260536	3,3	24,6139556
	-1,3	18,6	21	-2,8	8,70	1,024904215	3,3	31,0577035
	-2,4	18,2	21	-2,8	8,70	0,862068966	3,3	26,123302
	-0,9	18,9	20,8	-2,8	8,70	1,31276467	3,3	39,7807476
	-2,9	18,3	21	-2,8	8,70	0,898254576	3,3	27,2198356
	0,5	18,4	21	-2,8	8,70	0,937223696	3,3	28,4007181
	1,9	18,5	20,9	-2,8	8,70	1,020114943	3,3	30,912574
	0,9	18,2	20,8	-2,8	8,70	0,928381963	3,3	28,1327868
	-2,9	18,4	21	-2,8	8,70	0,937223696	3,3	28,4007181
	-2,4	18,6	21	-2,8	8,70	1,024904215	3,3	31,0577035
	-0,7	18,2	21	-2,8	8,70	0,862068966	3,3	26,123302
	-1,8	18,9	21	-2,8	8,70	1,187739464	3,3	35,992105
	-2	18,3	21,1	-2,8	8,70	0,866174056	3,3	26,2476987
	-1,8	18,4	21	-2,8	8,70	0,937223696	3,3	28,4007181
	-1,9	18,5	21	-2,8	8,70	0,979310345	3,3	29,6760711
	-2,6	18,2	21	-2,8	8,70	0,862068966	3,3	26,123302
	-3,2	18,4	21	-2,8	8,70	0,937223696	3,3	28,4007181
	-1,9	18,6	21,4	-2,8	8,70	0,878489327	3,3	26,6208887
	-1,4	18,2	21	-2,8	8,70	0,862068966	3,3	26,123302
	-2,8	18,9	21	-2,8	8,70	1,187739464	3,3	35,992105
	-1,8	18,3	20,8	-2,8	8,70	0,970114943	3,3	29,3974225
	-3,3	18,6	21	-2,8	8,70	1,024904215	3,3	31,0577035
	-2,2	18,2	21	-2,8	8,70	0,862068966	3,3	26,123302
	0,1	18,9	20,9	-2,8	8,70	1,247126437	3,3	37,7917102
	1	18,3	21	-2,8	8,70	0,898254576	3,3	27,2198356
	-1,6	18,4	21	-2,8	8,70	0,937223696	3,3	28,4007181
	-0,8	18,5	21	-2,8	8,70	0,979310345	3,3	29,6760711
	-3,2	18,2	21	-2,8	8,70	0,862068966	3,3	26,123302
	-2,7	18,4	21	-2,8	8,70	0,937223696	3,3	28,4007181
	-2	18,4	21	-2,8	8,70	0,937223696	3,3	28,4007181
	-2,4	18,5	21	-2,8	8,70	0,979310345	3,3	29,6760711
	-2,3	18,2	21	-2,8	8,70	0,862068966	3,3	26,123302
	-3	18,4	21	-2,8	8,70	0,937223696	3,3	28,4007181
Середнє арифм.	-1,6490909	18,45	21,01	-2,80	8,70	0,96	3,30	29,22
мода		-1,8	18,4	21		0,937223696		
$\Delta T, ^\circ C$ з внутріш. стіною і внут. повітрям			2,6					

продовження додатку Г

Регерна ділянка зовнішня та внутрішня північно-східного фасаду ЧНТУ								
Термограми	Температура °C зовніш. стіни, τ _{out}	Температура °C внутрішньої поверхні, τ _{in}	Температура повітря, τ _{in}	Температура зовнішня повітря, τ _{out}	Коефіцієнт теплопровідч. α в м, Вт/(м ² °C) по ДСТУ	Коеф. приби. опору теплопередачі R = $\frac{1}{\alpha_{\text{вн}} \cdot \tau_{\text{вн}} - \tau_{\text{зовн}}}$	Значення норм. коэф. опору R _{норм} м ² К/Вт	% від норм. значення коэф. опору
	Вісна ПІВХ							
Регерна зовнішня і внутрішня ділянка північно-східного (вхід) фасаду ЧНТУ: фасадна, мін. фарба, вікна дерев., скло	-1,8	17,8	21	-2,8	8,00	0,8046875	0,75	107,291667
	-2	17,8	21,1	-2,8	8,00	0,7803303	0,75	104,040404
	-1,7	17,7	21,3	-2,8	8,00	0,711805556	0,75	94,9074074
	-1,6	17,9	21,1	-2,8	8,00	0,80859375	0,75	107,8125
	-1,8	17,9	21	-2,8	8,00	0,834677419	0,75	111,290323
	Середнє арифм.	-1,78	17,82	21,1	-2,8	8	0,788013451	0,75
      	-3,7	19,7	22	-2,8	8,70	1,124437781	3,3	34,0738722
	-2,3	19,8	22,3	-2,8	8,70	1,03908046	3,3	31,4872867
	-1,8	19,7	21,7	-2,8	8,70	1,293103448	3,3	39,184953
	-1,8	20	21,7	-2,8	8,70	1,54158215	3,3	46,7146106
	-2,4	20	21,6	-2,8	8,70	1,637931034	3,3	49,6342738
	-2,9	19,9	21,2	-2,8	8,70	2,007073386	3,3	60,8204056
	-3,2	19,8	22	-2,8	8,70	1,18077325	3,3	35,7810076
	-0,5	20	22,1	-2,8	8,70	1,247947455	3,3	37,8165895
	-2,8	19,7	21,4	-2,8	8,70	1,521298174	3,3	46,0999447
	-2,7	20	21,8	-2,8	8,70	1,455938697	3,3	44,1193545
	-0,1	19,9	21,3	-2,8	8,70	1,863711002	3,3	56,476091
	-1,7	19,8	21,8	-2,8	8,70	1,298850575	3,3	39,3591083
	0,1	19,9	22	-2,8	8,70	1,242474001	3,3	37,6507273
	-2,6	18,6	22	-2,8	8,70	0,723461799	3,3	21,9230848
	-0,6	18,2	22	-2,8	8,70	0,635208711	3,3	19,2487488
	-1,8	19,7	22	-2,8	8,70	1,124437781	3,3	34,0738722
	-2,4	20	22	-2,8	8,70	1,310344828	3,3	39,707419
	-1,4	19,9	22,2	-2,8	8,70	1,134432784	3,3	34,376751
	0,9	19,8	21,4	-2,8	8,70	1,623563218	3,3	49,1988854
	-1,7	19,9	21,4	-2,8	8,70	1,739463602	3,3	52,7110182
	-2	18,6	21	-2,8	8,70	0,911025968	3,3	27,6068475
	-0,6	18,2	21,5	-2,8	8,70	0,731452456	3,3	22,1652259
	-0,9	18,9	21,8	-2,8	8,70	0,860087198	3,3	26,0632484
	-0,8	19,7	21,5	-2,8	8,70	1,436781609	3,3	43,5388366
	-1,3	20	21,4	-2,8	8,70	1,871921182	3,3	56,7248843
	-1,6	19,9	21,9	-2,8	8,70	1,304597701	3,3	39,5332637
	-1,4	19,8	21,8	-2,8	8,70	1,298850575	3,3	39,3591083
0,3	19,9	22	-2,8	8,70	1,242474001	3,3	37,6507273	
-2	18,6	22	-2,8	8,70	0,723461799	3,3	21,9230848	
-0,5	18,2	22	-2,8	8,70	0,635208711	3,3	19,2487488	
-1,8	19,7	22	-2,8	8,70	1,124437781	3,3	34,0738722	
-0,3	20	21,1	-2,8	8,70	2,383445141	3,3	72,1953073	
-2,6	19,9	22	-2,8	8,70	1,242474001	3,3	37,6507273	
-2,8	19,8	22	-2,8	8,70	1,18077325	3,3	35,7810076	
-2	19,9	22	-2,8	8,70	1,242474001	3,3	37,6507273	
-1	18,6	22	-2,8	8,70	0,723461799	3,3	21,9230848	
-1,2	18,9	21,4	-2,8	8,70	0,997701149	3,3	30,2333682	
-1,6	19,7	22	-2,8	8,70	1,124437781	3,3	34,0738722	
-0,9	20	22	-2,8	8,70	1,310344828	3,3	39,707419	
-1,5	19,9	21,8	-2,8	8,70	1,373260738	3,3	41,6139618	
-2,2	19,8	21,5	-2,8	8,70	1,5280595	3,3	46,3048333	
-0,5	18,9	21	-2,8	8,70	1,187739464	3,3	35,992105	
-1,4	19,7	21,9	-2,8	8,70	1,175548589	3,3	35,6226845	
1,6	20	22	-2,8	8,70	1,310344828	3,3	39,707419	
1,3	19,9	22	-2,8	8,70	1,242474001	3,3	37,6507273	
1,4	19,8	22	-2,8	8,70	1,18077325	3,3	35,7810076	
2,2	19,9	22	-2,8	8,70	1,242474001	3,3	37,6507273	
-2	19,8	22	-2,8	8,70	1,18077325	3,3	35,7810076	
-2	18,9	22	-2,8	8,70	0,804597701	3,3	24,3817485	
Середнє арифм.	-1,2265306	19,5755102	21,79184	-2,8	8,7	1,251338171	3,3	37,91934
мода	-2	19,9	22			1,242474001		
	Двері дерев'яні							
	-1,8	12,4	16,3	-2,8	8,70	0,447981138	0,5	112,068966
	0,3	12,8	16	-2,8	8,70	0,560344828	0,5	85,0574713
	0,2	12	16	-2,8	8,70	0,425287356	0,5	98,5632184
Середнє арифм.	-0,43333333	12,4	16,1	-2,8	8,7	0,477871107	0,5	98,56322
Δ T, °C з внутрн. стіною і внутр. повітрям			2,1					

продовження додатку Г

Реперія диванка зовнішня та внутрішня північно-східного фасаду (багатоповерховий корпус) ЧНТУ								
Термограми	Температура °C зовніш. стіни, t_{out}	Температура °C внутрішньої поверхні, t_{in}	Температура повітря, t_{in} внутрішня,	Температура °C зовнішня повітря, t_{out}	Коефіцієнт теплопровідч. α in, Вт/(м ² °C) по ДСТУ	Коеф. прибіл.опору теплопередачі $R = \frac{1}{\alpha_{in}} \left(\frac{t_{in} - t_{out}}{t_{in} - t_{in}} \right)$	Значення норм. коеф. опору $R_{n, m^2 K/W}$	% від норм. значення коеф. опору
Реперія зовнішня і внутрішня диванка північно-східного фасаду ЧНТУ (багатоповерх. корпус) мармур. шпигка	Вікна та скло							
	-7,3	11,7	22	-9,2	8,00	0,253640777	0,75	33,8187702
	-5,3	10,6	20,8	-9,2	8,00	0,242647059	0,75	32,3529412
	-3,5	14,2	20	-9,2	8,00	0,504310345	0,75	67,2413793
	-5,4	11,7	21	-9,2	8,00	0,280913978	0,75	37,4551971
	-5,2	10,6	21	-9,2	8,00	0,237980769	0,75	31,7307692
	-6,1	14,2	21,1	-9,2	8,00	0,423913043	0,75	56,5217391
	-5,3	14,5	21,3	-9,2	8,00	0,435661765	0,75	58,0882353
	-4	15,3	21,4	-9,2	8,00	0,50204918	0,75	66,9398907
	-6,1	10,4	21,7	-9,2	8,00	0,216814159	0,75	28,9085546
Середнє арифм.	-5,3555556	12,5777778	21,14444	-9,2	8	0,344214564	0,75	45,89528
	Стіни							
	-13,8	18,8	21,9	-9,2	8,70	1,038190582	3,3	31,4603207
	-13,8	18,4	21,3	-9,2	8,70	1,093935791	3,3	33,1495694
	-14,4	18,5	22	-9,2	8,70	0,909688013	3,3	27,5663034
	-13,6	18,2	21,7	-9,2	8,70	0,899835796	3,3	27,2677514
	-14	18,4	21	-9,2	8,70	1,220159151	3,3	36,9745197
	-15,4	18,6	21,2	-9,2	8,70	1,229000884	3,3	37,242451
	-13,8	18,2	21	-9,2	8,70	1,124794745	3,3	34,0846893
	-13,4	18,9	21	-9,2	8,70	1,538040504	3,3	46,607288
	-14,1	18,3	21,4	-9,2	8,70	1,019651465	3,3	30,8985292
	-7,3	19	21	-9,2	8,70	1,620689655	3,3	49,1118077
	-13,5	18,5	21	-9,2	8,70	1,273563218	3,3	38,5928248
	-13	18,2	20,8	-9,2	8,70	1,211317418	3,3	36,7065884
	-14,3	18,4	21	-9,2	8,70	1,220159151	3,3	36,9745197
	-13,8	18,6	21	-9,2	8,70	1,331417625	3,3	40,3459886
	-15	18,2	20,9	-9,2	8,70	1,16645381	3,3	35,3470852
	-14,1	18,9	21	-9,2	8,70	1,538040504	3,3	46,607288
	-14,6	18,4	21	-9,2	8,70	1,220159151	3,3	36,9745197
	-14,6	18,5	21	-9,2	8,70	1,273563218	3,3	38,5928248
	-13,5	18,2	21	-9,2	8,70	1,124794745	3,3	34,0846893
	-14,4	18,4	21,4	-9,2	8,70	1,057471264	3,3	32,0445838
	-13	17	21	-9,2	8,70	0,752873563	3,3	22,8143504
	-14,3	18,2	21	-9,2	8,70	1,124794745	3,3	34,0846893
	-13,8	18,2	20,8	-9,2	8,70	1,211317418	3,3	36,7065884
	-15	17,5	21	-9,2	8,70	0,876847291	3,3	26,57113
	-14,1	19,9	22	-9,2	8,70	1,592775041	3,3	48,2659103
	-14,6	19,2	22	-9,2	8,70	1,165845649	3,3	35,328656
	-13,8	18,9	21	-9,2	8,70	1,538040504	3,3	46,607288
	-15	18,3	21,1	-9,2	8,70	1,128899836	3,3	34,2090859
	-14,1	18,4	21	-9,2	8,70	1,220159151	3,3	36,9745197
	-14,6	18,5	21,7	-9,2	8,70	0,994971264	3,3	30,1506444
	-14,6	18,2	21	-9,2	8,70	1,124794745	3,3	34,0846893
	-13,5	18,4	21	-9,2	8,70	1,220159151	3,3	36,9745197
	-14,4	18,6	21,4	-9,2	8,70	1,141215107	3,3	34,582276
	-13,8	18,2	21	-9,2	8,70	1,124794745	3,3	34,0846893
	-15	18,9	21	-9,2	8,70	1,538040504	3,3	46,607288
	-14,1	18,3	20,8	-9,2	8,70	1,264367816	3,3	38,3141762
	-14,6	18,6	21,7	-9,2	8,70	1,030774935	3,3	31,2356041
	-14,6	18,2	21	-9,2	8,70	1,124794745	3,3	34,0846893
	-13,5	18,9	20,9	-9,2	8,70	1,614942529	3,3	48,9376524
	-14,4	18,3	21	-9,2	8,70	1,170710941	3,3	35,4760891
	-13,8	18,4	21	-9,2	8,70	1,220159151	3,3	36,9745197
	-15	18,5	21,7	-9,2	8,70	0,994971264	3,3	30,1506444
	-14,1	18,2	21	-9,2	8,70	1,124794745	3,3	34,0846893
	-14,6	18,4	21	-9,2	8,70	1,220159151	3,3	36,9745197
	-14,6	18,4	21	-9,2	8,70	1,220159151	3,3	36,9745197
	-13,5	18,5	21,7	-9,2	8,70	0,994971264	3,3	30,1506444
	-14,4	18,2	21	-9,2	8,70	1,124794745	3,3	34,0846893
	-13,5	18,4	21,7	-9,2	8,70	0,961337513	3,3	29,1314398
Середнє арифм.	-14,014583	18,44375	21,18958	-9,2	8,7	1,186112362	3,3	35,9428
мода	-14,6	18,2	21			1,220159151		
$\Delta T, ^\circ C$ з внутріш. стіною і внут. повітрям		2,56						

Створення веб-сторінки

```

<html>

<head>
<title></title>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html;
charset=windows-1251">
<meta name="keywords" content="">
<meta name="description" content="">
<link href="../css/stl.css" type="text/css" rel="stylesheet">
<link href="../css/menu.css" type="text/css"
rel="stylesheet">
<script type="text/javascript"
src="wpscripts/jsFlashVer.js"></script>
</head>
<body>
<div style="position:absolute; left:0px; top:0px;">
<a href="../images1/405.jpg" tppabs="../images1/405.jpg"
rel="" title=""></a>
</div>

<div style="position:absolute; left:1640px; top:0px;">
<a href="../images1/405.jpg" tppabs="../images1/405.jpg"
rel="" title=""></a>
</div>
*****
Також було використано рhркод.
*****
<?php
echo '<a href="../index.php"></a>'?>
*****

```

Для візуального відображення, і створення ефектів, використовували таблицю стилів, окремо для сайту, і окремо для меню сайту.

```

*****
Сайт:
html {
    background: url(..images1/12.jpg) no-repeat center center
fixed;
    -moz-background-size: 100%; /* Firefox 3.6+ */
    -webkit-background-size: 100%; /* Safari 3.1+ и Chrome
4.0+ */
    -o-background-size: 100%; /* Opera 9.6+ */
    background-size: 100%; /* Современные браузеры */
}
*****
Меню:
    .navigation ul {
        margin: 0px;
        padding: 0px;
        list-style:none;
        width:220px;
        height:250px;
        float:left;

        border-radius: 3px; /*скруглѐние уголки*/
        -moz-border-radius: 3px;
        -webkit-border-radius: 3px;
        /* box-shadow: 0 5px 5px rgba(0,0,0 0.15);/*тѐнь*/
        -mozbox-shadow: 0 5px 5px rgba(0,0,0 0.15);
        -webkit-box-shadow: 0 5px 5px rgba(0,0,0 0.15);
    }
    /*Добавим обводку для меню*/
    /*Добавим изменение фона и цвета ссылки, когда мышка
попадает на раздел меню.*/
    .navigation ul li:hover a {
        color: red;
        /*font-size:18px;*/
    }
    /**/

```

```
.menu > li{
    position: relative;
}
.menu li ul {
    width:220px;
    height:250px;
    position: absolute;
    display: none;
    top: 3px;
    left: 210px;
    color:#fff;
}
.menu li:hover ul {
    display: block;
    color:red;
}
.menu li ul li a:hover{
    /* font-size: 18px;*/
    color: red;
    text-decoration:none;
}
*****
```

Додаток Е

Розрахунок проекту створення інформаційної системи моніторингу енергоощадності муніципальних будівель

Project Expert - [Прибыли-убытки (грв.)]						
Проект Обмен Редактор Результаты Окно Справка						
	1.2016	2.2016	3.2016	4.2016	5.2016	6.2016
Валовый объем продаж				235 063,98	235 643,71	236 224,88
Потери						
Налоги с продаж						
Чистый объем продаж				235 063,98	235 643,71	236 224,88
Материалы и комплектующие						
► Сдельная зарплата				67 050,98	67 216,35	67 382,12
Суммарные прямые издержки				67 050,98	67 216,35	67 382,12
Валовая прибыль				168 013,00	168 427,36	168 842,75
Налог на имущество						
Административные издержки	1 000,00	1 002,47	1 004,94	1 007,42	1 009,90	1 012,39
Производственные издержки	27 075,00	75,18	69 416,14	75,56	75,74	75,93
Маркетинговые издержки						
Зарплата административного персонала	4 000,00	4 009,87	4 019,75	4 029,67	4 039,61	4 049,57
Зарплата производственного персонала	7 200,00	7 217,76	12 260,25	12 290,49		
Зарплата маркетингового персонала						
Суммарные постоянные издержки	39 275,00	12 305,27	86 701,08	17 403,13	5 125,25	5 137,89
Амортизация						
Проценты по кредитам						
Суммарные непроизводственные издержки						
Другие доходы						
Другие издержки	1 500,00	1 503,70	4 019,75	3 525,96		
Убытки предыдущих периодов		40 775,00	54 583,97	145 304,81		
Прибыль до выплаты налога	-40 775,00	-54 583,97	-145 304,81	1 779,10	163 302,11	163 704,86
Суммарные издержки, отнесенные на прибыль						
Прибыль от курсовой разницы						
Налогооблагаемая прибыль	-40 775,00	-54 583,97	-145 304,81	1 779,10	163 302,11	163 704,86
Налог на прибыль						
Чистая прибыль	-40 775,00	-54 583,97	-145 304,81	1 779,10	163 302,11	163 704,86

Project Expert - [Календарный план]

Проект Обмен Редактирование Вид Этапы Результаты Окно Справка

№	Наименование этапа	Длительность	Дата начала	Дата окончания
1	• разработка программного обеспечения	60	01.01.2016	01.03.2016
2	• Загрузка программного обеспечения	10	01.03.2016	11.03.2016
3	• Тепловизионная диагностика	10	28.03.2016	07.04.2016
4	• обработка та передача данных	3	07.04.2016	10.04.2016
5	• принятая решение про энергоэффективность	14	11.04.2016	25.04.2016

2016

Январь	Февраль	Март	Апрель	Май
		3 003,70		
		3 014,82		
			1 004,94	
			1 511,13	
				2 014,83

Эффективность инвестиций

Длительность проекта 6 мес.

Период расчета 6 мес.

Гривна	
Ставка дисконтирования	30,00 %
Период окупаемости - PB	5 мес.
Дисконтированный период окупаемости - DPB	5 мес.
Средняя норма рентабельности - ARR	546,15 %
Чистый приведенный доход - NPV	290 280
Индекс прибыльности - PI	2,58
Внутренняя норма рентабельности - IRR	9 597,00 %
Модифицированная внутренняя норма рентабельности - MIRR	727,45 %
Длительность - D	0,34 лет
Доллар	
Ставка дисконтирования	15,00 %
Период окупаемости - PB	5 мес.
Дисконтированный период окупаемости - DPB	5 мес.
Средняя норма рентабельности - ARR	523,25 %
Чистый приведенный доход - NPV	11 674
Индекс прибыльности - PI	2,54
Внутренняя норма рентабельности - IRR	7 870,00 %
Модифицированная внутренняя норма рентабельности - MIRR	623,48 %
Длительность - D	0,34 лет

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**Терещук Олексій Іванович,
Сахно Євгеній Юрійович,
Маргасов Дмитро Валерійович,
Корзаченко Микола Миколайович**

МОНІТОРИНГ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ МАЛОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ

**Монографія
для наукових та промислових організацій
і вищих навчальних закладів освіти**

Комп'ютерна верстка і макетування

Т. М. Колот

Підписано до друку 26.04.2018. Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. – 20,7.
Тираж 300 пр. Замовлення № 425/18.

Редакційно-видавничий відділ Чернігівського національного
технологічного університету
14035, Україна, м. Чернігів, вул. Шевченка, 95.
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців,
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції
серія ДК № 4802 від 01.12.2014 р.