

# **ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ**

## **Питання:**

1. Впровадження схемотехнічних принципів енергоефективності
2. Впровадження методології системного та процесного підходів до організації життєвого циклу енергоефективних будівель.
3. Створення бази даних

## **1. ВПРОВАДЖЕННЯ СХЕМОТЕХНІЧНИХ ПРИНЦИПІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ.**

Системотехнічний підхід у будівництві заснований на постулату про універсальність принципів та законів організації та розвитку складних природних біологічних, соціально-економічних та технологічних (зокрема будівельних систем). Загальними є вимоги високої організації, економічності, гнучкості, надійності, пристосовуваності. Практичне застосування таких підходів у багатьох галузях науки та техніки підтвердило їхню універсальність. Біологічні системи є найбільш високоорганізованими системами. Вони мають такі якості стійкості функціонування, які поки що лише частково досягаються при створенні будівельних об'єктів та їх систем управління.

Наразі процеси життєвого циклу будівель організовані таким чином, що характеристики енергоефективності будівель досягаються простим підсумовуванням архітектурних, конструктивних, інженерних рішень будівель, при цьому не розглядається їх взаємозалежність та взаємодія у системі та не приділяється увага організаційним аспектам життєвого циклу будівлі. У зв'язку з цим не досягається необхідного рівня енергоефективності

та не забезпечується його наступності на всіх стадіях життєвого циклу. Саме тому необхідно розглядати енергоефективні будівлі з позиції теорії функціональних систем, що динамічно працюють. Системний підхід, заснований на теорії функціональних систем, дозволяє вивчати системний взаємозв'язок будівлі, її внутрішньої оболонки та зовнішнього середовища. Функціональна система є універсальним принципом організації процесів та механізмів, що закінчуються отриманням кінцевого пристосувального ефекту. Саме такими системами є сучасні енергоефективні будівлі, що керуються автоматичними системами підтримки заданого рівня мікроклімату та характеристиками енергоефективності. Таке зіставлення дозволяє з користю для технічних систем розкрити неосяжні можливості тих принципів організації, які має центральна нервова система живого організму.

Системний підхід, заснований на теорії функціональних систем, дозволяє вивчати системний взаємозв'язок будівлі, її внутрішньої оболонки та зовнішнього середовища, «функціональна система є системою активно об'єднаних процесів, які, раз об'єднавшись, прагнуть зберегти створену архітектуру співвідношень». Центри, що управляють компонентами функціональної системи, прагнуть збереження встановлених певним чином взаємодій між ними. За своєю архітектурою функціональна система цілком відповідає будь-якій кібернетичній моделі зі зворотним зв'язком, і тому вивчення властивостей різних функціональних систем організму, зіставлення ролі в них приватних та загальних закономірностей, безсумнівно, послужить пізнанню будь-яких систем з автоматичним регулюванням. Функціональна система є універсальним принципом організації процесів та механізмів, що закінчуються отриманням кінцевого пристосувального ефекту. Саме такими системами є сучасні енергоефективні будівлі, що керуються автоматичними системами підтримки заданого рівня мікроклімату та характеристиками енергоефективності. Таке зіставлення дозволяє з користю для технічних систем розкрити неосяжні можливості тих принципів організації, які має центральна нервова система живого організму.

Інтерпретація життєвого циклу енергоефективних будівель з позиції системного підходу робить обґрунтованим застосування методів системотехніки та дозволяє:

- розглянути будівлю як єдину енергетичну систему та зрозуміти об'єднуючі причинно-наслідкові зв'язки, що характеризують перетворення початкової ситуації на кінцеву;
- встановити взаємозв'язки функціональних підсистем та їх процесів на межах основних стадій життєвого циклу енергоефективних будівель;
- забезпечити наступність рівня енергетичної ефективності будівель на всіх стадіях розвитку системи від проектування до ліквідації або реконструкції будівель із переходом на новий рівень енергетичної ефективності.

Новизна застосування системотехнічного та функціонального підходів до організації життєвого циклу будівлі полягає в усвідомленні будівлі як системи, що складається з функціональних підсистем і проходить у своєму розвитку всі стадії життєвого циклу. Застосування принципів системотехніки будівництва сприяє вирішенню організаційно-технічних завдань, які неможливо вирішити стандартними методами.

1. Функціонально-системний принцип енергоефективності будівель. Системоутворюючим фактором є конкретний результат (цільова функція) функціонування системи. Цей принцип повністю відповідає життєвому циклу енергоефективних будівель як будівельних систем, де складність ієрархії, безліч цілей, непідпорядкованість та ненадійність критеріїв щодо окремих підсистем роблять дуже актуальним досягнення кінцевого результату щодо введення та функціонування об'єктів будівництва та багатьох інших показників. Саме результат – досягнення будинками необхідного рівня енергоефективності є системоутворюючим фактором у будівельному виробництві та вимагає переорієнтації багатьох організаційно-технологічних та управлінських рішень, які ще часто приймаються без підпорядкування їх

досягненню кінцевого результату, про що свідчать численні розрізнені нормативно-будівель.

## 2. Імовірно-статистичний принцип енергоефективності.

Модульність і багатоваріантність одна із головних принципів забезпечення гнучкості будівельного виробництва. У будівництві тривалість, кошторисна вартість, трудомісткість та інші показники є ймовірними через вплив на них випадкових факторів, тому вони мають характеризуватися розподілами, що відображають ймовірність досягнення запроєктованої величини цих показників. Це твердження повною мірою відноситься і до енергетичної ефективності будівель, рівень якої знаходиться в деяких межах і залежить від ймовірної зміни вихідних даних (проектних рішень) та впливу зовнішніх умов (процесів будівництва та експлуатації, що зазнають впливу як внутрішніх, так і зовнішніх дій). Вивчення на основі ймовірно-статистичного принципу моделей і методів, які застосовуються для дослідження таких складних систем як енергоефективні будівлі, показало, що проблеми будівельного виробництва можуть вирішуватися лише за допомогою ймовірних моделей, у яких перемінні (енергоспоживання, теплозахист та ін.) є випадковими величинами. При цьому необхідно відразу відкинути припущення, згідно з яким певним значенням змінних завжди відповідає одне значення цільової функції, що піддається розрахунку. Необхідно прийняти, що значення цільової функції виражається статистичними розподілами, що перебувають у стохастичній залежності від усіх статистичних розподілів значень параметрів системи.

## 3. Імітаційно-моделюючий принцип енергоефективності будівель

Цей принцип полягає у дослідженні складних систем за допомогою методів математичного моделювання. У будівництві з його складними організаційно-технологічними та управлінськими системами моделювання стає єдиним можливим методом дослідження. Цей принцип знаходить все більше застосування у моделюванні енергоефективних будівель, оскільки системи проектування, будівництва та експлуатації енергоефективних

будівель, безумовно, відносяться до класу найскладніших систем як за своєю структурою, так і за функціонуванням. Складні функціональні системи характеризуються показником ефективності, якою приймають функціонал від процесу функціонування. Наприклад, як основний показник енергоефективності будівель згідно з СНиП 23-02-2003 прийнято показник питомої витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію будівлі, величина якої залежить від процесу функціонування будівлі як єдиної енергетичної системи. Застосування імітаційно-моделюючого принципу пов'язане з ускладненням будівельних систем, організацією їх функціонування в умовах вимог до енергоефективності, коли збільшується кількість параметрів, що найбільш істотно відображають функціонування системи та досягнення заданого результату. Проблема може бути сформульована у вигляді багатоцільової оптимізаційної задачі, що характеризується наявністю кількох і конкуруючих цілей, набором можливих рішень, які не зумовлені, але неявно визначаються набором параметрів та набором обмежень, які повинні бути прийняті до уваги для досягнення раціонального рішення. Одним із перспективних напрямів реалізації імітаційно-моделюючого принципу є функціональне моделювання. Функціональне моделювання життєвого циклу енергоефективних будівель є найскладнішим завданням, вирішення якого вимагає застосування спеціальних методик та інструментів.

4. Інтерактивно-графічний принцип енергоефективності будівель. Методологія організації та управління сучасним будівельним виробництвом в умовах підвищення вимог до енергоефективності будівель потребує застосування графічних способів подання інформації та її коригування та використання в інтерактивному режимі. У зв'язку з цим актуальними є застосування різних технологій моделювання енергоефективних будівель, що застосовуються на етапах проектування, будівництва та експлуатації. В даний час в архітектурно-будівельному проектуванні застосовуються системи електронного опису 3D моделі будівлі та її інформаційних

параметрів (EPD), інформаційне моделювання будівель (BIM), а також 4D технології моделювання будівель з прив'язкою до календарного графіка будівництва. Протягом життєвого циклу будівлі інформація може змінюватись, доповнюватись та об'єднуватись. Інформація, що міститься в моделі, може змінюватися, доповнюватися, замінюватись, відображаючи поточний стан будівлі. Таким чином, інформаційне моделювання будівель дозволяє поєднувати роботу над проектом у просторі, а й у часі. Застосування інтерактивно-графічного принципу дозволяє керувати життєвим циклом будівлі, здійснювати збирання та комплексну обробку в процесі проектування всієї архітектурно-конструкторської, технологічної, економічної та іншої інформації про будівлю, у тому числі про споживання енергоресурсів та показників енергоефективності, з усіма взаємозв'язками та залежностями, коли будівля і все, що має щодо нього, розглядаються як єдиний об'єкт. Застосування цього принципу дозволяє створювати та коригувати динамічні бази показників, що характеризують енергоефективність будівель.

##### 5. Інженерно-економічний принцип енергоефективності будівель.

Відповідно до даного принципу оцінку енергоефективності будівель необхідно проводити не лише з технічної, а й з організаційної та економічної точок зору. Відсутність комплексних показників та критеріїв оцінки економічної ефективності – найбільш суттєвий методологічний недолік методів оцінки енергетичної ефективності, що застосовуються в будівництві. Прийняті нині показники або обмежені однією з видів енергетичних ресурсів, або дозволяють оцінити будинок як єдину енергетичну систему. Показники, що застосовуються в даний час, підходять для розрахунку енергоефективності будівель тільки на стадіях проектування та будівництва, а на стадії експлуатації будівель їх постійне обчислення не має економічного сенсу. На думку авторів, їхнє застосування недостатньо для мотивації власників до підвищення рівня енергоефективності будівель. Діючі методики щодо визначення ефективності організаційно-технічних рішень достатньо не

враховують економічні інтереси ні окремих учасників інвестиційно-будівельного процесу, ні будівельної галузі країни в цілому. Єдиним орієнтиром є програма зниження енергоємності у 2020 році по відношенню до 2007 року ВВП на 40%. Реалізація сформульованих системотехнічних принципів енергоефективності обумовлена їхньою інтеграцією в існуючу систему організації будівельного виробництва та нормативно-правове поле вимог до енергоефективності. Оцінними критеріями реалізації є певні цільові показники, що характеризують енергоефективність та енергозбереження. Відповідно до системного підходу, крім нормованих значень питомої витрати теплової енергії у будівлях необхідно забезпечити необхідний рівень комфортності при економії витрат на інші енергоресурси та дотримання комфортного мікроклімату за оптимальних витрат матеріальних та фінансових ресурсів. Виконання цієї складної задачі можливе лише за допомогою методологічних підходів, що враховують усі сторони будівель як складних систем. Впровадження системотехнічних принципів дозволить забезпечити необхідний рівень енергоефективності на всіх стадіях будівельного виробництва. Запропоновані принципи можуть бути використані при розробці механізмів досягнення, заданих у 261-ФЗ цільових показників та затвердженні правил і нормативів, оскільки вони засновані на досягненнях сучасної фундаментальної науки – системотехніки. Застосування принципів системотехніки дозволить системно вирішувати складні завдання організації будівництва енергоефективних будівель, а також підтримки необхідного рівня енергоефективності на всіх стадіях їхнього життєвого циклу. Таким чином, реалізація системотехнічних принципів має стати методологічною основою будівельного виробництва енергоефективних будівель та сприяти підвищенню енергетичної ефективності не лише в рамках нормованих показників, а й усієї будівельної галузі загалом.

## **2. ВПРОВАДЖЕННЯ МЕТОДОЛОГІЇ СИСТЕМНОГО ТА ПРОЦЕСНОГО ПІДХОДІВ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ.**

Головне завдання системного підходу зводиться до встановлення заданого стану функціонування системи, що є цільовим орієнтиром. Отже, головне завдання системного підходу в організації життєвого циклу енергоефективних будівель зводиться до такого функціонування будівлі, за якої досягався б високий рівень енергоефективності на всіх стадіях. Системний підхід до організації життєвого циклу енергоефективних будівель відповідає також принципам сталого розвитку середовища життєдіяльності та системотехнічними принципами енергоефективності.

На думку авторів, нині організація життєвого циклу будівель не відповідає основним принципам системного підходу, а саме:

1. Цілепокладання – основною метою будівництва, експлуатації або реконструкції будівлі не завжди ставиться високий рівень енергоефективності, відсутня методика комплексної оцінки енергоспоживання будівлею, що враховує споживання енергоресурсів на всіх стадіях життєвого циклу. Інвестори, проектувальники, будівельники та експлуатуючі організації мають різні цілі та прагнуть досягти їх на різних етапах життєвого циклу будівлі.

2. Зовнішнє середовище системи – зовнішній клімат, земна поверхня як джерело енергії та енергетичний обмін між будинком та зовнішнім середовищем враховується на стадії проектування. На стадіях будівництва та експлуатації взаємодія будівлі та зовнішнього середовища враховується тільки з боку зовнішнього середовища (при прийнятті рішення про утеплення зовнішніх конструкцій), та не враховується вплив будівлі на середовище (інфраструктура будівлі, енергоресурсообмін, утилізація будівельних матеріалів після ремонтних робіт, реконструкції та демонтажу будівлі).



3. Внутрішні компоненти будівлі як системи – облік взаємозв'язку архітектурно-планувальних, конструктивних, інженерних, енергетичних підсистем будівель, спрямованих на їх високу енергоефективність, здійснюється не в масовій забудові та реконструкції, а лише в окремих пілотних проектах будівель, сертифікованих за «зеленими» стандартами енергоефективності.

4. Функціонування системи – відсутній єдиний центр відповідальності за організацію взаємодії енергетичних ресурсів та підсистем будівлі з досягнення високого рівня енергоефективності, її обліку та контролю, мотивації та регулювання.

З погляду системного підходу енергоефективність будівлі – це не статична характеристика, а динамічна, що змінюється протягом усього життєвого циклу: від інвестиційного задуму до виведення з експлуатації. Необхідно наголосити, що при виборі проектних рішень потрібно враховувати те, що сукупні енергетичні витрати на будівництво будівлі, первинні енерговитрати на видобуток та переробку сировини, виробництво будівельних матеріалів, конструкцій, виробництво будівельно-монтажних робіт, транспортні витрати, інженерне обладнання будівлі можуть суттєво перевищувати сумарні експлуатаційні енерговитрати на опалення та вентиляцію будівлі за весь розрахунковий термін експлуатації будівлі та витрати на її подальшу утилізацію.

Організація життєвого циклу будівлі як життєвого циклу складної системи є цілеспрямованою впорядкованою взаємодією взаємопов'язаних елементів (підсистем будівлі) та зовнішнього середовища для досягнення мети – високої енергетичної ефективності. Ця мета є основною, визначальною вектор розвитку життєвого циклу будівель та споруд. Зображення життєвого циклу будівлі як системи дозволить концептуально сегментувати його за стадіями, описати контрольні точки руху системи за життєвим циклом і, таким чином, приймати рішення за певними критеріями (наприклад, висока енергоефективність) до руху системи на наступну стадію.

Стадії життєвого циклу утворюють структуру робіт для детального моделювання життєвих циклів системи при використанні процесів життєвого циклу системи.



Рисунок – Схема життєвого циклу будівлі як системи

На рисунку життєвий цикл будівлі представлений з позиції класичного зображення життєвого циклу систем, прийнятого у системній інженерії [ISO/IEC 15288:2008].

Видно, що будівля як система існує на всіх стадіях життєвого циклу, і на всіх стадіях відбувається взаємодія із зовнішнім середовищем. Цільова функція системи забезпечує його основні характеристики, якщо цільовою функцією задати енергоефективність, то будівля протягом усього життєвого циклу буде енергоефективною, причому поняття «енергетична ефективність» стосовно будівель, поєднує в собі такі важливі характеристики як енергозбереження, ресурсозбереження втрати надійності, комфортабельності та сприятливого сталого розвитку середовища життєдіяльності людини. Життєвий цикл будівлі як системи є, таким чином, складною системою процесів, які зазвичай володіють паралельними, ітеративними, рекурсивними і залежать від часу характеристиками: протягом життєвого циклу будівлі як системи взаємодіють із зовнішнім середовищем, через них проходять матеріальні, людські, фінансові, інформаційні та інші потоки, що є підсистемами. На різних стадіях життєвого циклу будівель ці потоки певним

чином видозмінюються та залишають систему, виконавши свої функції по відношенню до неї. На думку авторів, запропонована схема може бути структурною основою процесів і процесів, які стосуються життєвому циклу будь-якого будинку як системи.

В даний час під час будівництва та експлуатації будівель не дотримується наступності показників енергоефективності, закладених на стадії проекту, оскільки відсутній центр відповідальності та контролю за їх виконанням. Енергоефективність будівлі має бути забезпечена на всіх стадіях життєвого циклу. Запроектвані параметри енергетичної ефективності можуть зазнати істотної зміни в процесі будівництва та на стадії експлуатації будівлі, оскільки має місце ряд суб'єктивних та об'єктивних факторів, таких як природно-кліматичні умови будівництва, зміна характеристик застосовуваних матеріалів у процесі експлуатації, ці, заміна інженерного обладнання на стадії експлуатації тощо.

Будинки є статичними об'єктами, проте їх життєві цикли відбуваються у динаміці, проектування, будівництво та експлуатація будівель є процесами. Таким чином, енергоефективність будівель повинна забезпечуватись на всіх стадіях життєвого циклу, від інвестиційного задуму будівництва та до виведення їх з експлуатації, отже, життєвий цикл енергоефективних будівель необхідно розглядати з позицій не лише системного, а й процесного підходу. Таким чином, будівля як енергетична система проходить усі стадії свого життєвого циклу, що є процесами. Управління цими процесами, згідно з процесним підходом, має ґрунтуватися на виділенні центру відповідальності за дотриманням рівня енергетичної ефективності будівель.

### **3. СТВОРЕННЯ БАЗИ ДАНИХ ЕНЕРГОЄМНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ**

При застосуванні системного підходу до організації життєвого циклу енергоефективних будівель можна стверджувати, що однією з основних проблем є проблема прийняття організаційно-технічних рішень, оскільки має великий рівень невизначеності, стохастичності, багатоваріантності. Стохастичність, будівельного виробництва викликана багатьма факторами: невизначеністю зміна на будівельному майданчику, альтернативністю вибору підрядних організацій, що мають різні технологічні можливості, невизначеністю у виборі постачальника будівельних матеріалів та конструкцій, обумовлена різними логістичними можливостями, невизначеністю будівельного майданчика, невизначеністю поведінки людей та перебігу технологічних процесів у введеному в експлуатацію будівель, змінами експлуатаційних умов, прийнятті рішень про ремонти та реконструкцію тощо.

За даними європейського довідкового документа щодо найкращих доступних технологій у сфері енергоефективності для багатьох технологій доцільною є оцінка витрат та вигод протягом усього життєвого циклу. У процесах організації життєвого циклу енергоефективних будівель важливе значення має методологія обґрунтування та оцінки організаційно-технічних рішень, спрямованих на досягнення кінцевого результату – введення будівель в експлуатацію з необхідним рівнем енергоефективності. Необхідність моделювання енергоефективності обумовлена складністю будівлі як енергетичної системи, яка перебуває у безперервному розвитку та взаємозв'язку із зовнішнім середовищем.

Під організаційно-технічними рішеннями розуміється конкретний опис технічних основ та технологічної схеми реалізації процесів будівельного виробництва та технічні, економічні, нормативно-правові та інші заходи 72

організаційного характеру, що використовуються при цьому. Існуючі в даний час документи, що регламентують організаційно-технічні в галузі проектування, будівництва та експлуатації, присвячені оптимізації витрачання теплової енергії, яка є однією з основних складових енергоспоживання будівельних об'єктів. Важливою перевагою запропонованої економіко-математичної моделі є її здатність визначати (з урахуванням зазначених умов) не тільки економічну ефективність енергозберігаючого заходу, що розглядається, в період його розробки або впровадження, але й дати наближений прогноз про можливість збереження цієї ефективності в наступний період часу.

Відповідно до прийнятої в даний час методики визначення енергетичної ефективності будівель (СНиП 23-02-2003, СП 50.13330.2012), методи їх проектування можуть бути по-різному використані залежно від творчого потенціалу, кваліфікації проектувальників та наявних технічних можливостей. Тут має місце свобода проектування, за якої важливим є досягнення кінцевих характеристик будівлі, у тому числі енергоефективності. Встановлені критерії можуть також використовуватися для визначення необхідності покращення енергетичної ефективності існуючих будівель. Відповідно такий підхід до проектування вносить серйозні зміни у весь процес вироблення організаційно-технічних рішень та організації будівельного виробництва енергоефективних будівель.

Результативність цієї роботи стала підсумком комплексу заходів, започаткованих організаційно-технічним аналізом територіальних рішень у галузі ефективності теплоізоляції перспективних і існуючих будівель. Незважаючи на те, що запропонований комплекс заходів враховує регіональні особливості, що, безперечно, є важливим при організації будівельного виробництва енергоефективних будівель, у них не враховуються використання відновлюваних джерел енергії (сонячної енергії, теплових насосів, вітрової енергії), а також вплив використання систем

управління будівлями, що автоматично підтримують задані параметри мікроклімату та контролюють показники витрати енергоресурсів.

На думку авторів, при виборі будматеріалів необхідно враховувати те, що сумарні питомі енерговитрати на будівництво будівлі (у тому числі на видобуток та переробку сировини, виробництво будівельних матеріалів та виробів-напівфабрикатів, будівельно-монтажні роботи, транспорт, обладнання будівлі тощо) .) можуть суттєво перевищувати питомі експлуатаційні енерговитрати на опалення будівлі за весь розрахунковий термін служби будинку та витрати на подальшу утилізацію будівлі. Отже, критерієм оптимальності обраних проектних рішень, у тому числі і на вибір будівельного матеріалу, поряд з критеріями екологічної безпеки, повинні бути сукупні питомі енерговитрати на будівництво будівлі, його експлуатацію (опалення, ремонт тощо) за весь розрахунковий термін служби цієї будівлі та подальшу утилізацію.

Імітаційне моделювання доцільно застосовувати, тому що зараз у сучасній науці про процеси організації проектування, будівництва та експлуатації енергоефективних будівель не вирішено низку проблемних ситуацій:

1. Не існує закінченої математичної постановки проблеми спадкоємності рівня енергоефективності на стадіях життєвого циклу енергоефективних будівель, тому показники, сформовані на стадії проектування, можуть не дотримуватися на стадіях будівництва та експлуатації, оскільки не існує для цього ефективних мотивуючих та контролюючих механізмів

2. Аналітичні методи проектування енергоефективних будівель є, але математичні процедури настільки складні і трудомісткі, що імітаційне моделювання дає простіший спосіб вирішення задачі.

3. Імітаційне моделювання може бути єдиною можливістю обліку багатоваріантності та ймовірнісного характеру будівельного виробництва

внаслідок труднощів підготовки експериментів та спостереження явищ у реальних умовах.

4. Для довготривалого дослідження процесів життєвого циклу енергоефективних будівель може знадобитися стиснення тимчасової шкали. Імітаційне моделювання дає можливість керувати часом процесів, оскільки модельний час у програмі може змінюватись.

Таким чином, імітаційне моделювання є одним із інструментів методології процесів організації життєвого циклу енергоефективних будівель. Метою імітаційного моделювання є опрацювання та вибір найменш енергоємного варіанта життєвого циклу будівлі. Для цього необхідно виявити фактори енергоспоживання будівлями протягом життєвого циклу, які є змінними в моделі, а потім розробити алгоритм їх визначення та значення занести до відповідної інформаційної бази даних.

Основними етапами процесу імітаційного моделювання є:

1. Постановка цілей моделювання.
2. Збір даних про досліджувану систему (об'єкт моделювання).
3. Пошук та обґрунтування формалізованого представлення моделі.
4. Формальний опис моделі у текстовому вигляді.
5. Підготовка вихідних модулів формальної мови.
6. Транслявання вихідних модулів у проміжні модулі та збір у спільний файл.
7. Виробництво обчислень.
8. Отримання та обробка результатів моделювання.

У процесі обробки результатів імітаційного моделювання користувач моделі отримує та накопичує статистичні дані, які можуть бути використані для аналізу, різних розрахунків та коригування вихідних даних моделювання. Після досягнення умов завершення експерименту за допомогою системи аналізу результатів можна провести статистичну обробку результатів імітацій та обчислити вибраний критерій функціонування системи. Результати

експерименту та критерій ефективності підлягають обговоренню з експертами проблемної галузі для уточнення та коригування моделі.

Таким чином, використання імітаційної моделі дозволяє поєднувати експертні дані та формальний апарат стохастичних агрегативних систем. Однак, незважаючи на незаперечні переваги імітаційного моделювання, в даний час у Росії цей метод дослідження складних систем використовується мало, це пов'язано з тим, що розробка таких моделей потребує великих тимчасових та вартісних витрат. Автор вважає за необхідне створення концептуальної імітаційної моделі енергоємності життєвого циклу будівель, що визначає склад та структуру системи, властивості елементів та причинно-наслідкові зв'язки, властиві системі та суттєві для досягнення цілей моделювання – економію енергоресурсів. Очевидно, що значна частина параметрів системи – це випадкові величини. Тому особливе значення при формуванні вихідних даних мають вибір законів розподілу випадкових величин, апроксимація функцій.