

ТЕОРІЯ ГРАФІВ ЯК ІНСТРУМЕНТ АНАЛІЗУ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ ЕЛЕМЕНТІВ ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ЖИТЛА

Київський національний університет будівництва і архітектури

У статті розглядається можливість застосування одного з методів розділу математики Теорія графів в архітектурному проектуванні енергоефективних будівель в якості інструменту аналізу взаємозв'язків проектуваного об'єкта.

Постановка проблеми. До теперішнього часу виникла стійка область взаємодії архітектури і математики, що має при цьому досить чітку структуру: певне коло завдань містобудування та об'ємної архітектури, розв'язуваних певними математичними або геометричними методами. На даний час розроблені різні методи геометричного опису будівель. Їх можна поділити на чотири основних типи – зображенні за допомогою сітки і решітки з однаковими чарунками, складних сіток і решіток, у вигляді багатогранників і багатокутників, у вигляді графів. Розділ математики «Теорія графів» дає велику різноманітність методів для вирішення архітектурних завдань. Вони дозволяють корегувати функціональні зв'язки всередині об'єктів, оптимізувати пошук проектного рішення, здійснювати композиційний аналіз з різних аспектів і т.д. відповідно до моделей, які можна викласти на мові теорії графів, тобто більш абстрактно, на основі понять, які акцентують увагу на бінарних відношеннях між частинами, з яких komponується ціле.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Родоначальником теорії графів є Леонард Ейлер, 1736 рік. У XIX і XX графи стали використовуватися при побудові схем електричних ланцюгів і молекулярних схем. Як окрема математична дисципліна теорія графів була вперше представлена в роботі угорського математика Кеніга в 30-ті роки XX століття. В архітектурі можливість застосування графів почали досліджувати в 2004 році (Джон Геро і Джері Цай, Австралія).

Основна частина. Як відомо, граф у прикладному аспекті - це математична модель системи, в якій вершинами позначаються її елементи, а ребрами - наявність будь-якого бінарного відношення між ними. Для різних областей використання види графів можуть відрізнятися орієнтовністю, обмеженнями на кількість зв'язків і додатковими даними про вершини або ребра.

При створенні геометричної моделі архітектурного проекту будівлі, особливо енергоефективної, потрібно буде брати до уваги як енергетичний вплив на об'єкт зовнішнього середовища (кліматичної зони, температурно-вологісного режиму, вітрового режиму, режиму інсоляції, локальні мікрокліматичні умови), так і всі внутрішні взаємозв'язки в будівлі, які формуються об'ємно-планувальними, конструктивними та інженерно-

технічними рішеннями. Врахування цих факторів допоможе з сухого схематичного графа створити модель взаємозв'язків об'єкту, оптимізувавши яку, можна буде впливати на якісні показники архітектурного об'єкту (в особливості – на енергобаланс), змінюючи елементи моделі (графу).

Створення геометричної моделі об'єкту починається з визначення просторових зв'язків між елементами об'єкту (будинку) – рис. 1.

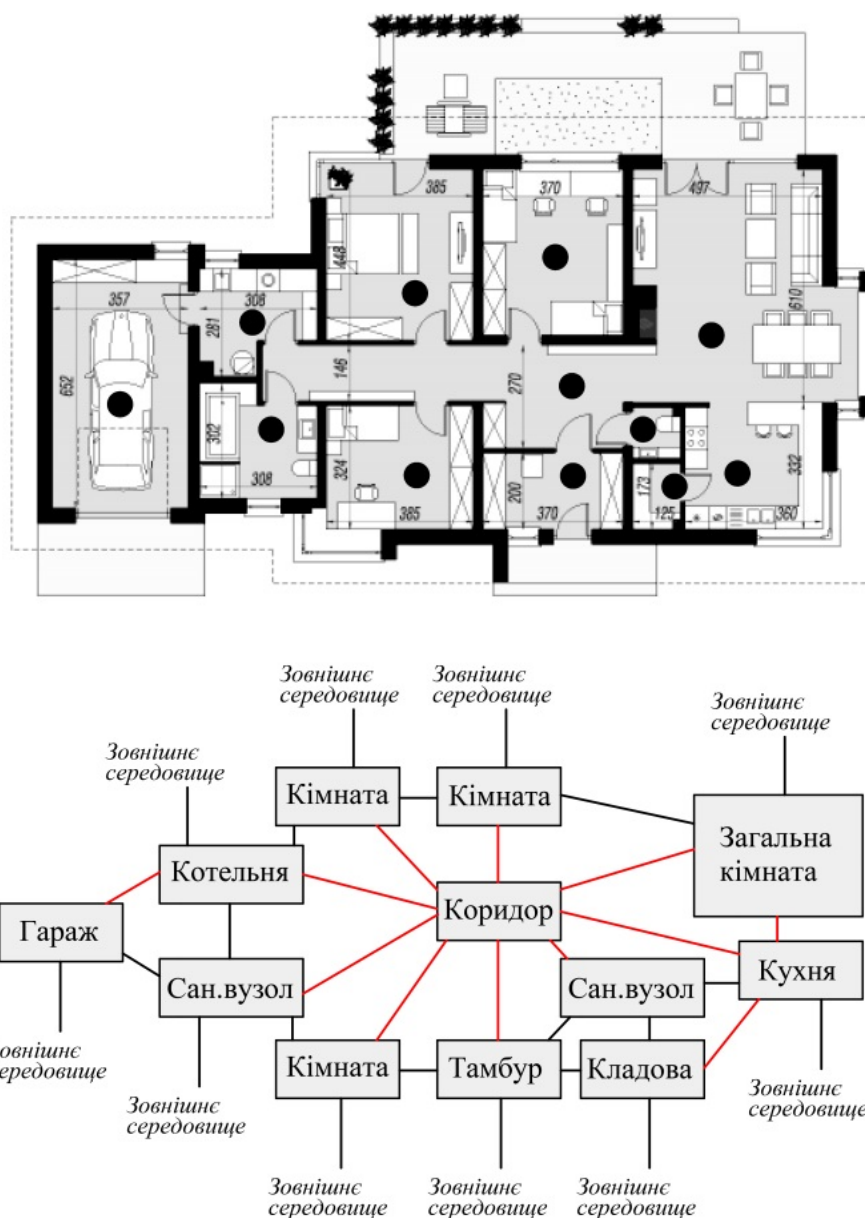


Рис. 1.

План одноповерхового будинку та неорієнтований граф зв'язків між елементами.

Для опису теплофізичних процесів та взаємозв'язків у енергоефективних будинках звичайного графу (навіть орієнтованого) недостатньо, оскільки такий граф відображає лише частину властивостей об'єкта (аналіз можна зробити лише за обраними окремими аспектами), і також у ньому відсутня можливість коректного представлення двонаправленого обміну енергією між вершинами.

У 1960 роках Генрі Пейнтер ввів поняття «Граф зв'язку» («Bond graph»). Граф зв'язку являє собою графічне представлення фізичної динамічної системи. Він схожий на більш відому блок-схему та віддалено на орієнтований граф, з основною відмінністю, що дуги у зв'язках графа являють собою двонаправлений обмін фізичної енергії (рис.2), в той час як в блок-схемах та орієнтованих графах вони являють собою односпрямований потік інформації. Окрім того, граф зв'язку може бути багатозначним. Це означає, що аналіз можна проводити за кількома параметрами різної розмірності.

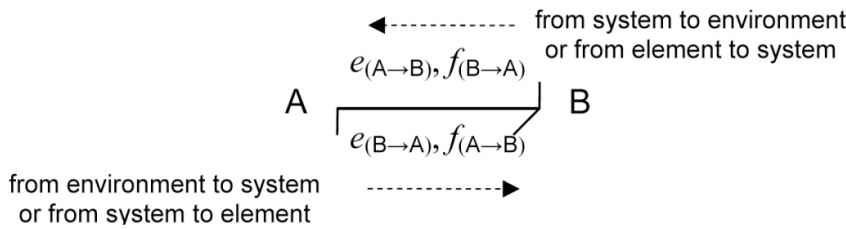


Рис. 2.

Двонаправлений обмін фізичною енергією у «Графі зв'язку» [3]

Як інструмент моделювання, графи зв'язку можна використовувати на концептуальній стадії проектування. Графи зв'язку складаються зі змінних (сил), елементів і визначених зв'язків (рис.3). Графи зв'язку були застосовані в багатьох фізичних областях, таких, як механіка, електроніка й гідравліка, для моделювання процесів переносу енергії і зміни поведінки системи. Аналогічно їх можна застосувати в архітектурі, оскільки архітектурна композиція також являє собою систему, будучи сукупністю частин, між якими існують певні зв'язки з обмінними процесами.

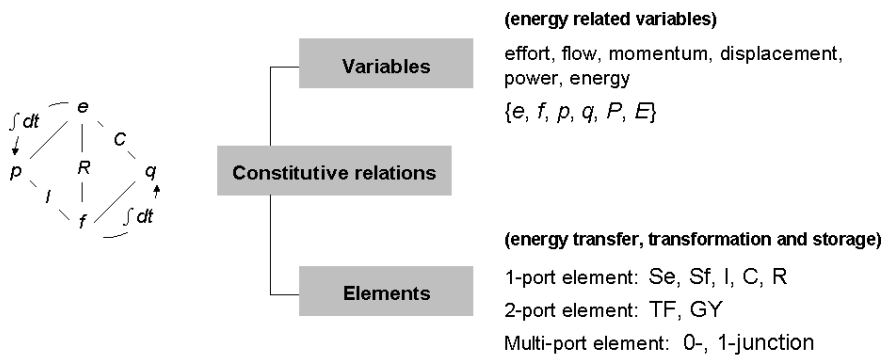


Рис. 3.

Змінні (сили), елементи і визначені зв'язки у «Графі зв'язку» [3]

Кожний зв'язок, що з'єднує між собою певні елементи (вузли), представлений миттєвою дією енергії (dE/dt) або сили. Потік в кожній дузі позначається парою змінних, що називається «змінні сили», результатом (добутком) яких є миттєва потужність зв'язку. Змінні сили в кожному вузлі можна розбити на два типи: "зусилля" та "потік". Зусилля множиться на потік і отримуємо потужність, тобто «змінну силу». Приклади зусилля - сила, момент обертання, напруга або тиск; потік - швидкість, струм та об'ємні витрати. У

таблиці 1 представлені найбільш поширені галузі енергії та відповідні "зусилля" та "потіки" (пари «змінних»), діючих у кожному зв'язку.

Таблиця. 1.

Energy Domain	effort	e symbol	e unit (metric)	e unit (imperial)	flow	f symbol	f unit (metric)	f unit (imperial)
Mechanical, translation	Force	F	N	lb	Linear velocity	v	m/s	ft/s, mph
Mechanical, rotation	Torque	τ	N·m	ft·lb	Angular velocity	ω	rad/s	rad/s
Electrical	Electromotive force	V or u	V	V	Current	I or i	A	A
Magnetic ^[1]	Magnetomotive force				Flux rate			
Hydraulic	Pressure	P	Pa	psi	Volumetric flow rate	Q	m ³ /s	ft ³ /s
Thermal	temperature	T	°C or K	°F	entropy flow rate	S	W/°C	ft·lb/s·°F

Зв'язки мають інші особливості. Однією з них є «напів-стрілки» - знаки конвенції. Вони позначають передбачений напрямок додатного потоку енергії. Вибір додатного напрямку є довільним, із застереженням, що потрібно бути послідовним у всьому графі з обраним напрямком.

Незалежно від предметної області, моделювання зв'язків графа зазвичай виходить з визначення ключових 1 і 0 з'єднань, пов'язаних з конкретними зусиллями і потоками в системі, та визначення дисипативних (R) та накопичувальних елементів (I і C). В термічних графах:

- R-елементи (одиниця потоку) – це опір теплопередачі,
- C-елементи (одиниця зусилля) – накопичення температури,
- I-елементи – потенціал даного вузла.

Види вузлів:

- «0» – коли потоки у вузлі в сумі дорівнюють нулю, зусилля рівні;
- «1» – коли зусилля у вузлі в сумі дорівнюють нулю, потоки рівні.

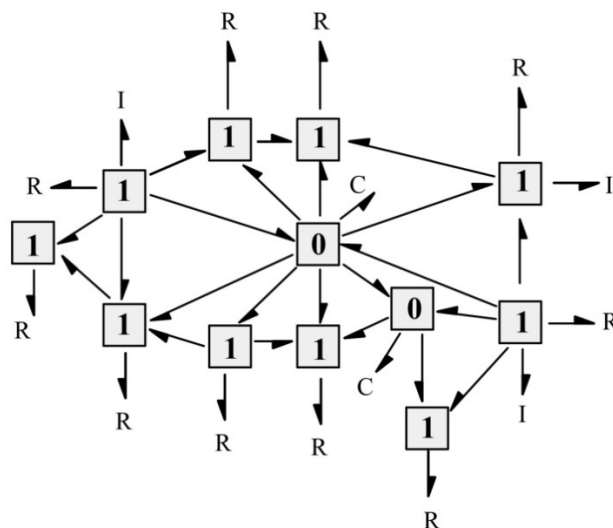


Рис. 4.

«Граф зв'язку» одноповерхового будинку (план будинку – див. рис.1.)

Висновки та перспективи подальших досліджень. У подальших дослідженнях буде проводитись аналіз всіх можливих взаємозв'язків між вершинами графа, планується побудова схеми ребра.

Література

1. *Tamm У.* Теорія графів. Пер. з англ. М.: Мир, 1988. 424 с.
2. *Харарі Ф.* Теорія графів - М.: Світ, 1973. (Вид. 3, М.: КомКніга, 2006. - 296 с.)
3. *John S Gero and Jerry Jen-Hung Tsai,* ARCHI BOND GRAPHS IN A UNIFIED REPRESENTATION FOR BUILDING DESIGN, Sydney, Australia, 2005. – 10 с.
4. *Фридман И.* Научные методы в архитектуре / И. Фридман; пер. с англ. А.А. Воронова. – М.: Стройиздат, 1983. – 160 с.

Аннотация

В статье рассматривается возможность применения одного из методов раздела математики Теория графов в архитектурном проектировании энергоэффективных зданий в качестве инструмента анализа взаимосвязей проектируемого объекта.

Annotation

The article examines the possibility of using one of the methods branch of mathematics Graph Theory in the architectural design of energy efficient buildings as a tool for analyzing interdependencies designed object.