

## АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В ЗАДАЧАХ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ У БУДІВНИЦТВІ

**Постановка проблеми.** Проблема енергозбереження в усіх галузях виробництва, споживання та обслуговування набула стратегічного значення в зв'язку зі зменшенням запасів природних енергоносіїв на Землі, значним підвищенням трудовитрат та коштів на їх видобування, погіршення екології та негативний вплив на клімат від їх спалення. В Україні все це відбувається на фоні високого питомого енергоспоживання в порівнянні з передовими країнами.

В будівництві високе енергоспоживання закладається ще в процесі проектування, що пов'язане з недосконалими об'ємно-планувальними рішеннями будівель, неврахуванням впливу кліматичних параметрів на їх форму, недостатньою проектною теплоізоляційною здатністю огорожувальних конструкцій, нераціональною площею світлопрозорих конструкцій. Енергоспоживання також збільшується із-за низького рівня виконання будівельних робіт, несвоєчасним проведенням заходів із збереження теплозахисних якостей огорожувальних конструкцій та ліквідації втрат в системі теплопостачання.

Спираючись на проведені дослідження і досвід з їх реалізації, вчені з прикладної геометрії можуть внести свою долю у вирішення проблеми енергозбереження, беручи участь у вдосконаленні інформаційного, науково-методологічного та нормативного забезпечення процесу проектування в рамках «Галузевої програми підвищення енергосфektivності в будівництві на 2010-2014 р.р.» [1] (далі – Галузева програма), яка є основою реалізації «Енергетичної стратегії України до 2030 р.» [2] в будівельній галузі.

Дослідження в Україні з прикладної геометрії стосовно проблеми енергозбереження розпочалися в 1972 р. в КІБІ на кафедрі архітектурних конструкцій під керівництвом д.т.н. Підгорного О.Л. при підготовці наукових кадрів через аспірантуру та докторантуру на базі розділів архітектурно-будівельної фізики: кліматологія і теплотехніка, природне освітлення, інсоляція та сонцезахист (Підгорний О.Л., Дворецький О.Т., Пугачов Є.В., Плоский В.О., Сергейчук О.В., Орел С.І, Висоцький А.М., Мартинов В.Л., Козлов А.П., Буравченко В.С.).

**Постановка завдання.** Метою статті є аналіз проведених в прикладній геометрії напрацювань з проблеми енергозбереження та визначення перспективних напрямків геометричних досліджень в руслі галузєвої програми.

**Основна частина.** Проведені дослідження з геометричного моделювання з питань енергозбереження виконувались за такими напрямками:

- інформаційне забезпечення проектування енергоефективних будівель;

- теоретичне та науково-методологічне забезпечення теплотехнічних розрахунків та оптимізації форми об'єктів будівництва;

- нормативне забезпечення проектування, зведення, експлуатації об'єктів будівництва та натурних і лабораторних випробувань огорожувальних конструкцій і матеріалів;

- отримання та використання сонячної радіації як альтернативного джерела енергії;

- використання геліосвітлення внутрішніх об'єктів будівель.

У Галузєвій програмі встановлені такі основні завдання зниження енергоємності будівель:

- оптимізація форми будівель;

- оптимізація теплоізоляційної оболонки будівель;

- оптимізація інженерних систем кліматизації будівель;

- використання поновлюваних джерел енергії;

- розробка і застосування нових теплоізоляційних матеріалів.

Зіставимо завдання Галузєвої програми з напрямками досліджень у прикладній геометрії з метою визначення можливої участі вчених-геометрів у реалізації програми.

*Інформаційне забезпечення проектування енергоефективних будівель.* Усі завдання, що поставлені Галузєвою програмою, можуть бути вирішені при якісному та достовірному інформаційному забезпеченні, яке включає:

- розрахункові кліматичні параметри;

- методи поповнення відсутніх кліматичних параметрів;

- розробка геометричних моделей, зручних для використання;

- насичення додатковою інформацією існуючих засобів проектування;

- визначення функціональних взаємозалежностей між різними напрямками енергозбереження.

Помилки у вхідних розрахункових кліматичних параметрах зводять нанівещь всі зусилля, пов'язані з вирішенням оптимізаційних завдань, у тому числі і завдань зниження енергоємності будівель.

Достовірність кліматичних параметрів зазвичай пов'язують з числом років їх спостереження і реєстрації. При цьому враховується однорідність спостережень. Вважається, що чим більші період і

однорідність умов спостережень, тим більш достовірні кліматичні параметри, які отримуються методами статистичної обробки метеорологічної інформації. Тому в будівельних нормах з кліматології [3] приймаються періоди спостережень 50-80 років, а неоднорідність спостережень (вплив зростання міст, вирубки лісу і ін.) спеціальним чином нівелюється.

Проте, в основу розрахунку нормативних параметрів, доцільно закладати прогностичні принципи, що базуються на аналізі можливих змін клімату в результаті антропогенного чинника, які почали розроблятися в 70-80 рр. ХХ століття і правильність яких вже можна частково перевірити. Розробка методів прогностичної обробки кліматичних параметрів може розглядатися в геометричній постановці і стати одним з напрямів геометричних досліджень.

Ще однією проблемою при вирішенні оптимізаційних завдань по енергоефективності будівель є брак кліматичних параметрів, які закладені в нормах. Заповнення необхідної кліматичної інформації може бути здійснене геометричними методами на основі аналізу фізичних закономірностей зміни в часі або в просторі кліматичних параметрів [4]. Такі методи необхідно розробляти.

Встановлення взаємозв'язку між різними напрямками енергозбереження може базуватися на системному підході, геометрична модель якого розроблена у [7].

*Теоретичне та науково-методологічне забезпечення розрахунків та оптимізації об'єктів будівництва.* Підвищення енергозбереження у будівельній галузі неможливе без розвитку сучасних методів розрахунку та оптимізації енергоефективності об'єктів будівництва. Це, зокрема, стосується оптимізації форми будівель, їх теплоізоляційної оболонки, систем кліматизації, удосконалення методів випробувань теплотехнічних характеристик матеріалів та конструкцій.

Найважливіше місце в підвищенні енергоефективності будівель, як це наголошується в Програмі, займає проблема оптимізації їх форми, оскільки вона служить основою подальшої оптимізації. Для оптимізації форми необхідно мати її геометричну модель, яку можна побудувати, застосовуючи методи прикладної геометрії. Розробка оптимальної моделі вимагає комплексного аналізу і моделювання формоутворювальних чинників, які включають природно-кліматичні умови, нормативні вимоги, фізико-технічні процеси в конструкціях і середовищах, що розділяють їх, технологічні вимоги. Таке моделювання в прикладній геометрії тільки почало розроблятися [8] і стосується, в основному, врахування впливу сонячної і теплової радіації. Подальшого розвитку вимагають питання оптимізації форми будівель на заданому класі форм (прямокутні будівлі, блоковані будівлі і тому подібне) [9], врахування впливу вологості, вітру, навколишньої забудови, інсоляції приміщень через вікна та інших чинників.

Істотним потенціалом енергоефективності будівель є розвиток застосування пасивних систем використання сонячної енергії, за рахунок оптимізації об'ємно-планувальних вирішень будівель, їх форми і орієнтації, оптимізації площі вікон залежно від орієнтації і перерозподілу світла в глибину приміщень. Розв'язання цих питань потребує участі фахівців з прикладної геометрії.

*Нормативне забезпечення проектування, зведення, експлуатації об'єктів будівництва та натурних і лабораторних випробувань огороджувальних конструкцій і матеріалів.* Українські норми з будівельної кліматології щойно затверджені. У них включено широкий набір кліматичних параметрів, достатній для проведення оптимізаційних розрахунків з енергозбереження в будівництві. Для отримання енергетичних характеристик короткохвильової та довгохвильової атмосферної радіації, була використана геометрична модель атмосферної радіації, адаптована для цілей будівництва, розроблена в КНУБА [8].

Фахівцями з прикладної геометрії разом з кліматологами та архітекторами розроблено також нове архітектурно-будівельне кліматичне районування території України, яке стане основою для удосконалення типологічних вимог до будівель та містобудівних утворень.

В Україні діють нові норми з проектування теплоізоляційної оболонки будівель [13], в розробленні яких приймали участь геометри. Ці норми істотно підвищили вимоги до енергозбереження. Однак вони потребують подальшого удосконалення. Відзначимо наступні основні недоліки цього документа.

1. Утеплення стін не диференційоване залежно від їх орієнтації.
2. Енергозбереження будівель розглядається тільки з точки зору мінімізації питомих витрат енергії на опалювання будівель.
3. Недостатньо уваги приділено проектуванню світлопрозорих конструкцій будівель.

Перше питання нерозривно пов'язане з оптимізацією форми будівель і вимагає їх сумісного розгляду. Воно частково вирішене для двох окремих випадків – оптимізації розподілу утеплювача при заданій формі будівлі і оптимізації форми будівлі при заданому законі розподілу утеплювача залежно від орієнтації елементарної ділянки поверхні [8]. Загальний випадок – одночасна оптимізація форми і розподілу утеплювача в прикладній геометрії не розглядалася.

Мінімізація енергоспоживання будівель в літній період є важливим напрямом досліджень для України, оскільки все ширше використовується кондиціонування приміщень. Це питання безпосередньо пов'язане з оптимізацією проектування світлопрозорих конструкцій.

Світлопрозорі огорожі є найуразливішими елементами зовнішньої теплоізоляційної оболонки будівель, через які здійснюється найбільш інтенсивний теплообмін між зовнішнім і внутрішнім середовищем. Визначення і застосування в приміщеннях мінімально необхідної науково обгрунтованої площі скління, як наголошується в Галузевій програмі, дасть істотне збереження енергоресурсів, що витрачаються для підтримки оптимальних параметрів мікроклімату в будівлях.

Істотним недоліком нормативів проектування світлопрозорих огорожень будівель є те, що вимоги до освітлення приміщень, їх інсоляції і теплозахисту регламентуються різними нормативними документами. Наприклад, вимоги до інсоляції приміщень житлових і громадських будівель встановлюються санітарними нормами, які орієнтуються лише на дію ультрафіолетової радіації, що складає менше 4% сонячної енергії. Норми з природного освітлення враховують тільки видиме світло (приблизно 46%) за умови суцільної хмарності. Норми з теплової ізоляції будівель враховують надходження сонячного тепла лише в період опалювання. Проектування сонцезахисних пристроїв взагалі лише декларується без встановлення необхідних методик їх розрахунку, це притому, що інфрачервона радіація складає більше 50% сонячної енергії.

Норми з природного освітлення приміщень вимагають істотної переробки. В даний час за ініціативою і за участю фахівців з прикладної геометрії закінчена робота над українським стандартом з розрахунку інсоляції, розробляються зміни до [16], планується розробка стандарту з розрахунку і проектування сонцезахисних пристроїв. Проте, як це підкреслюється в Галузевій програмі, актуальним завданням є розробка нових державних норм з комплексного проектування світлопрозорих огорож.

При проведенні лабораторних випробувань теплотехнічних властивостей огорожувальних конструкцій виникає необхідність штучного імітування зміни кліматичних параметрів у часі та просторі. Для цього використовуються геометричні моделі розповсюдження сонячної та теплової радіації. Ці методи знайшли своє відображення у державних стандартах з методів визначення опору теплопередачі та показників теплостійкості огорожувальних конструкцій, які зараз знаходяться у друку.

*Використання геліоосвітлення внутрішніх об'єктів будівель.* Новітні тенденції розвитку архітектури спрямовані на розвиток комплексних систем геліоосвітлення шляхом введення прямих і відбитих потоків сонячного світла у внутрішні частини будинків, в які за традиційними рішеннями воно не могло б потрапити. Ефективним засобом регулювання потоку денного світла може виступати модель добових конусів відбитих сонячних променів [19]. На цій основі розроблені геометричні основи керування потоками сонячних променів в задачах

геліотехніки і геліоосвітлення [20]. Необхідна розробка відповідного нормативного забезпечення використання геліоосвітлення в архітектурі.

**Висновок.** Аналіз галузевої програми підвищення енергоефективності в будівництві на 2010-2014 рр. показує можливі напрями геометричних досліджень, спрямованих на підвищення енергоефективності в будівництві.

### Список літератури

1. Галузева програма підвищення енергоефективності в будівництві на 2010-2014 рр. / Мінрегіонбуд України.
2. Енергетична стратегія України на період до 2030 р.
3. Строительная климатология и геофизика : СНиП 2.01.01-82. — М. : Стройиздат, 1983. — 136 с. [Введены в действие с 1 янв. 1984 г.].
4. Сергейчук О.В. Геометричний аналіз кліматичних показників / О.В. Сергейчук, В.П. Шитюк // Праці Тавр. держ. агротехн. акад. — Мелітополь : ТДАТА, 2009. — Вип. 4 : Прикл. геометрія та інж. графіка. — Т. 43. — С. 81—87.
5. Подгорный А. Л. К вопросу автоматизации инсоляционных расчетов / А. Л. Подгорный // Прикл. геометрия и инж. графика : республ. межвед. науч.-техн. сб. — К. : Будівельник, 1981. — Вип. 31. — С. 12—15.
6. Державний стандарт України. Будинки і споруди. Настанова з розрахунку інсоляції об'єктів цивільного призначення : ДСТУ-Н Б В.2.2-27:2010. — [Чинні від 2011-01-01] / Мінрегіонбуд України. — К. : Укрархбудінформ, 2010. — 90 с. — (Державний стандарт України).
7. Плоский В.О. Дослідження структурних особливостей методів геометричного моделювання та тенденцій розвитку прикладної геометрії : дис. ... доктора техн. наук : 05.01.01 / Плоский Віталій Олександрович. — К., 2007. — 277 с.
8. Сергейчук О. В. Геометричне моделювання фізичних процесів при оптимізації форми енергоефективних будинків : дис. ... доктора техн. наук : 05.01.01. — Київ, 2008. — 425 с.
9. Мартинов В.Л. Щодо оптимальних параметрів малоповерхових енергоекономічних будівель при їх блокуванні / В.Л. Мартинов // Праці Тавр. держ. агротехн. акад. (специвпуск) : Збірник праць XII Міжнародної наук.-практ конференції «Сучасні проблеми геометрії моделювання», Мелітополь, 8-11 чер. 2010 р. — Мелітополь : ТДАТА, 2009. — С. 48—55.
10. Пугачов Є.В. Дискретне геометричне моделювання скалярних і векторних полів стосовно будівельної світлотехніки : дис. ... доктора техн. наук : 05.01.01. — К., 2001. — 341 с.
11. Плоский В. О. Системне уявлення та конструювання геометричної моделі задачі теплового переносу у вологонасиченій бетонній огорожуючій конструкції / О. В. Плоский, А. П. Козлов // Вісник

- Херсонського державного технічного університету. — Херсон : ХДТУ, 2003. — № 3 (19). — С. 351—353
12. Плоский В.О. Фактори формування музейного середовища / В.О. Плоский, В.Б. Довгалоук // Технічна естетика і дизайн : межвід. наук.-техн. зб. — К. : КНУБА, 2010. — Вип. 7. — С. 41—44.
  13. Теплова ізоляція будівель : ДБН В.2.6-31:2006. — / Мінбуд України — К. : Укрархбудінформ, 2006. — 65 с.— [Чинні від 2007-04-01].
  14. Світлопрозорі огороження будинків : навч. посібник для студ вищ. навч. закл. / О. Л. Підгорний, І. М. Щепетова, О. В. Сергейчук та ін; під ред. О. Л. Підгорного — К. : Домашевська О.А., 2005. — 282 с.
  15. Санитарные нормы и правила обеспечения инсоляцией жилых и общественных зданий и территорий жилой застройки : СН 2605-82. [Введены в действие со 2 июля 1982 г.] — М. : Минздрав СССР, 1982. — 3 с. — (Державні санітарні норми України).
  16. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5-28-2006. / Держбуд України. — К. : Укрархбудінформ, 2006. — 76 с.[Чинні з 2006-10-01].
  17. Сергейчук О.В. Геометричні питання удосконалення нормативної методики розрахунку природного освітлення приміщень / О.В. Сергейчук // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за напрямом “Інженерна механіка”) — Вип. № 22 : Сучасні проблеми геом. моделювання. — Частина 1. — Луцьк: ЛДТУ — 2008. — С. 308—313.
  18. Дворещкий А. Т. Геометрическое моделирование отраженных энергетических потоков в гелиотехнике : дисс. ... доктора техн. наук : 05.01.01. — Симферополь, 2001. — 325 с.
  19. Підгорний О.Л. Добовий конус відбитих сонячних променів / О.Л. Підгорний // Прикладна геометрія та інженерна графіка. Київ. Будівельник, - 2004.- Вип. 74. С. 9 – 13.
  20. Підгорний О. Л. Геометричні основи керування потоками відбитих сонячних променів в задачах геліотехніки і геліоосвітлення / О. Л. Підгорний // Зб. наук. праць Київського національного університету технологій та дизайну (спецвипуск) : Геометрич. та комп'ют. моделювання : енергозбереження, екологія, дизайн : доповіді 2-ї Кримської наук.-практ. конференції, Сімферополь-Новий Світ, 19-23 вер. 2005 р. — К. : КНУТД, 2005. — С. 5—11.