



Міністерство освіти і науки України
Ministry of Education and Science of Ukraine
**Київський національний університет будівництва
і архітектури**
Kiev National University of Building and Architecture

**ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ В БУДІВНИЦТВІ
ТА АРХІТЕКТУРІ**

**ENERGY-EFFICIENCY IN CIVIL ENGINEERING
AND ARCHITECTURE**

Науково-технічний збірник

The Collection of Proceedings

Випуск № 5 Issue No 5

КИЇВ 2013 KYIV

Науково-технічний збірник “Енергоефективність в будівництві та архітектурі”. Випуск 5. Відповідальний редактор П. М. Куліков. – К.: КНУБА, 2013 р. – 172 с.

UKR В збірнику розміщено статті, присвячені різним аспектам комплексного впровадження принципів енергозаощадження в об'єктах будівництва та архітектури.

Збірник розрахований на працівників науково-дослідних і проектних організацій, викладачів, аспірантів та докторантів.

RUS В сборнике размещены статьи, посвященные различным аспектам комплексного внедрения принципов энергосбережения в объектах строительства и архитектуры.

Сборник рассчитан на работников научно-исследовательских и проектных организаций, преподавателей, аспирантов и докторантов.

ENG Articles is devoted to the investigation of various aspects of the complex implementation of save-energy principles in the civil engineering and architectural objects.

Collection is intended for researchers, designers, high school teachers, post-graduate students etc.

Редакційна колегія: П.М. Куліков (відп. редактор), П. П. Лізунов (заступник відп. редактора), В. О. Плоский (відп. секретар), В. А. Баженов, П.М. Гламаздин, Т. О. Кашченко, В. П. Корбут, А. М. Кравчук, Е. С. Малкін, О. Л. Підгорний, О.В.Приймак, О. В. Сергейчук, О. С. Слепцов, В. В. Товбич.

Editorial board: P. M. Kulikov (chief editor), P. P. Lizunov (deputy editor), V. O. Ploskiy (managing editor), V. A. Bazhenov, P.M.Glamazdin, T. O. Kashchenko, V. P. Korbut, A. M. Kravchuk, E. S. Malkin, O. L. Pidgorny, O.V. Pryimak, O. V. Sergeychuk, O. S. Sleptsov, V. V. Tovbych.

Адреса редакції: 03680, Київ, Повітрофлотський проспект, 31, КНУБА, к. 419, телефон редакції: 244-96-37.

Рекомендовано до видання вченою радою Київського національного університета будівництва і архітектури, протокол № 20 від 27 вересня 2013 року.

Наукове фахове видання
ISSN 0131-579 X

©Київський національний університет
будівництва та архітектури

СОЗДАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ КАРТИН НАПРЯЖЁННЫХ ЭФФЕКТОВ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ

*Национальный технический университет,
«Харьковский политехнический институт», Украина*

В работе рассматривается использование метода имиджевой интерполяции и экстраполяции совместно с экспериментальным поляризационно-оптическим методом на примере исследования картин напряжённого состояния пластины.

Постановка проблемы. В экспериментальной механике для наблюдения за изменениями полей напряжений и деформаций в нагруженных элементах конструкций часто используются различные оптические методы. Они основаны на явлениях фотоупругости, геометрического и интерференционного муара, голографической и лазерной спектроинтерферометрии и др. Общими недостатками этих методов являются сложность в практической реализации, недостаточная точность, большая трудоёмкость и постоянно возрастающая стоимость исследований. В этой связи целесообразно для анализа предельных состояний технических объектов совместно осуществлять экспериментальное и геометро-теоретическое исследование. Такой подход предполагает уточнение и дополнение экспериментальных испытаний результатами, полученными геометрическим методом имиджевой интерполяции и экстраполяции.

Анализ литературы. Для решения задач деформирования и прочности упругих конструкций разработано множество методов экспериментального моделирования. Наиболее известным и распространённым является поляризационно-оптический метод (метод фотоупругости), который позволяет проводить исследования полей напряжений (деформаций) с применением плоских и пространственных моделей конструкций (или их зон), изготовленных из прозрачных материалов, обладающих ярко выраженным физическим свойством - так называемой оптической чувствительностью [1]. Основными недостатками этого метода являются: необходимость выполнения точной модели из оптически чувствительного материала; необходимость проведения тарировки оптически чувствительного материала; необходимость использования специального оборудования (полярископы, полярометры, поляризационно-проекторные установки и др.).

Применение геометрического метода исследования механических полей позволяет на аналитическом и графическом уровне моделировать

картины напряжённого состояния объектов, получать их промежуточные и последующие изображения, сокращать количество экспериментов. В работах Куценко Л.М. и Шоман О.В. [2, 3] рассмотрено формообразование геометрических объектов разнообразных процессов на основе теории параллельных поверхностей. Приводятся теоретические основы метода имиджевой интерполяции и экстраполяции. Рассмотрена задача прогнозирования промежуточных и последующих фаз развития внешнего контура пожара [3, 4].

Постановка задачи. Цель исследования – осуществить геометрическое описание механического процесса напряжённо-деформированного состояния пластины от сосредоточенной нагрузки на основе теории R-функций и метода имиджевой интерполяции и экстраполяции.

Основная часть. Для эффективного использования экспериментально-геометрического подхода требуется развитие существующего алгоритма исследования имиджевой интерполяции и экстраполяции применительно к механическим картинам напряжённого состояния деталей [5].

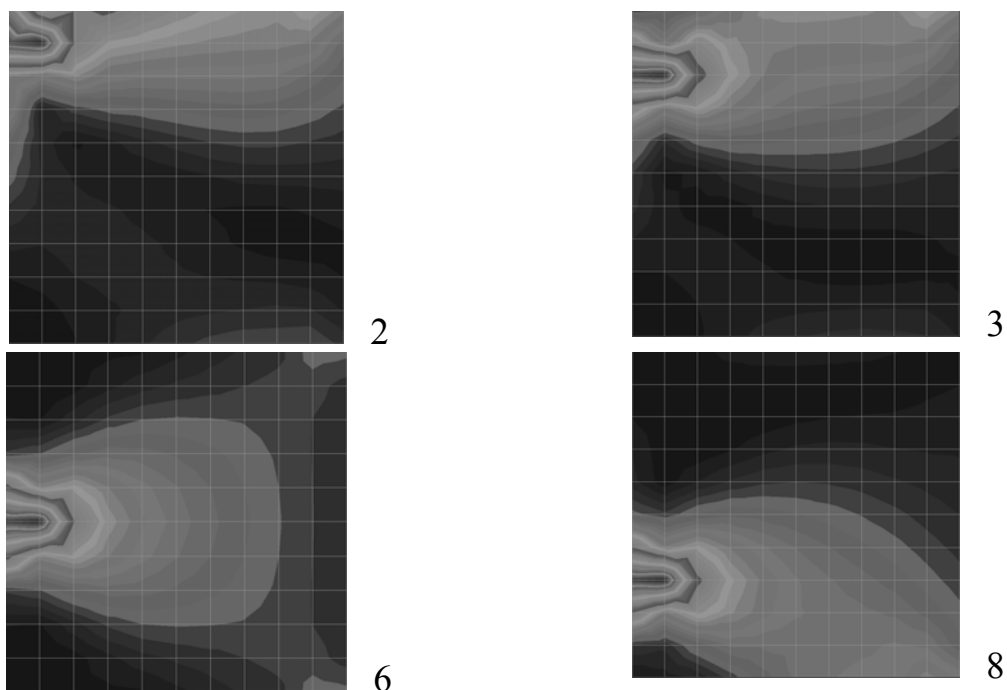


Рисунок 1. Картины внутренних напряжённых эффектов в пластине.

На первом этапе за основу выбираются изображения плоских контуров полученные экспериментальным поляризационно-оптическим методом. При этом рекомендуется внешние границы изображения контура выбирать постоянными, вследствие чего изменение изображения картины происходит только во внутренней области этой механической среды. В качестве первого примера такого физического поля выберем изображения напряжённого состояния металлической пластины. Пластина жёстко

закреплена с одной стороны и испытывает сжатие сосредоточенной силой. Размеры пластины 100×100×10 мм. На рисунке 1 показаны различные картины внутренних напряжённых эффектов пластины в зависимости от разного места приложения нагрузки.

На втором этапе согласно основам алгоритма геометрического метода имиджевой интерполяции и экстраполяции проводится оцифровка картин напряжённого состояния пластины и с помощью теории R-функций составляется логическое уравнение напряжённого поля. Пример оцифровки изображения для второго случая нагружения пластины и его единого логического уравнения показан на рисунке 2 и формуле 1.

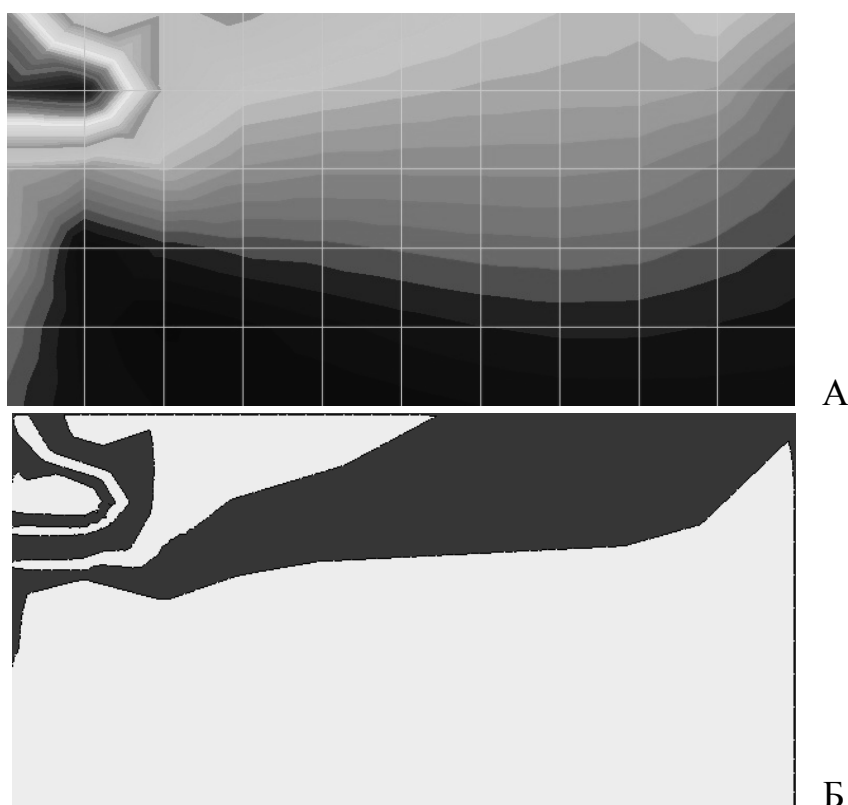


Рисунок 2. Увеличенное (А) и оцифрованное (Б) изображение картины напряжённых эффектов в пластине

$$\begin{aligned}
 \text{Fff_2} := & \text{diz}(\text{con}(\text{f5}, \text{diz}(\text{con}(\text{diz}(\text{con}(\text{diz}(\text{otr}(\text{f40}), \text{otr}(\text{f41})), \text{con}(\text{otr}(\text{f42}), \text{f43})), \\
 & \text{otr}(\text{f46}), \text{otr}(\text{f47}), \text{otr}(\text{f48}))), \text{con}(\text{con}(\text{f5}, \text{con}(\text{diz}(\text{con}(\text{f33}, \text{f34}), \text{con}(\text{otr}(\text{f35}), \text{f3} \\
 & \text{6})), \text{diz}(\text{con}(\text{f39}, \text{f38}), \text{f37}))), \text{diz}(\text{con}(\text{con}(\text{con}(\text{con}(\text{otr}(\text{con}(\text{otr}(\text{f19}), \text{otr}(\text{f20}))), \\
 & \text{f21}), \text{con}(\text{con}(\text{otr}(\text{f22}), \text{otr}(\text{f23})), \text{f24})), \text{f5}), \text{diz}(\text{con}(\text{con}(\text{con}(\text{diz}(\text{f6}, \text{otr}(\text{f7})), \text{co} \\
 & \text{n}(\text{f8}, \text{f9})), \text{con}(\text{con}(\text{otr}(\text{f10}), \text{otr}(\text{f11})), \text{f12})), \text{f5}), \text{con}(\text{diz}(\text{diz}(\text{con}(\text{otr}(\text{f13}), \text{otr}(\text{f1} \\
 & \text{4})), \text{otr}(\text{f15})), \text{diz}(\text{diz}(\text{f16}, \text{f17}), \text{otr}(\text{f18}))), \text{f5}))), \text{con}(\text{f5}, \text{diz}(\text{diz}(\text{con}(\text{con}(\text{otr}(\text{f25} \\
 & \text{), \text{otr}(\text{f26})), \text{f27}), \text{diz}(\text{otr}(\text{f28}), \text{f29})), \text{diz}(\text{con}(\text{otr}(\text{f30}), \text{f31}), \text{f32}))))))):
 \end{aligned} \tag{1}$$

На основе формул имиджевой интерполяции и экстраполяции получают промежуточные и последующие картины напряжённых эффектов в пластине.

Выводы. Учитывая вышесказанное, актуальными являются экспериментально-геометрические исследования картин внутренних механических процессов для элементов технических конструкций. Данный подход позволяет получать качественно более полные и достоверные результаты о поведении экспериментальных образцов, чем обычно применяемые методы.

Литература

1. *Щемелева Е.В.* Поляризационно-оптический метод исследования напряжений. / *Щемелева Е.В., Малахов А.Г., Водолагина С.К.* // Сборник докладов. – Ленинград, ЛОЛГУ, 1959, 451с.
2. *Куценко Л.М.* Метод іміджевої інтерполяції та екстраполяції / Л. М. Куценко, О. В. Шоман, А. В. Ромін // Труды ТГАТУ. – Мелитополь, 2001. – Вып. 4, т. 12. – С. 15–20.
3. *Шоман О.В.* Параллельні множини в геометричному моделюванні явищ і процесів / *Шоман О.В.* – Харків, НТУ «ХП», 2007, 287с.
4. *Анисимов К.В.* Геометрическое моделирование семейства кривых с учётом влияния предыдущих элементов на следующие: Диссертация ... к.т.н. / *Анисимов К.В.* – Харьков., 2011. -192 с.
5. *Шоман О.В.* Геометрическое моделирование изменения изображения внутренней области зуба /*Шоман О.В., Бережной В.О./*. Прикл. геом. и инж. графика / Труды ТГАТУ – Вып.4, Т.56. – Мелитополь 2013. – с. 237-240.

СТВОРЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ГЕОМЕТРИЧНОЇ МОДЕЛІ ДОСЛІДЖЕННЯ КАРТИН НАПРУЖЕНИХ ЕФЕКТІВ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ

В.О., Бережной, О.В. Шоман

У роботі розглядається використання методу іміджевої інтерполяції і екстраполяції спільно з експериментальним поляризаційно-оптичним методом на прикладі дослідження картин напруженого стану пластини.

CREATION of EXPERIMENTAL-GEOMETRICAL MODEL of PICTURES RESEARCH of TENSE EFFECTS of CONSTRUCTIONS ELEMENTS

V. Berezhnoy, O. Shoman

The use of method of imaginary interpolation and extrapolation is in-process examined jointly with an experimental polarization-optical method on the example of research of pictures of the tense state of plate.

ПРОЕКТУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ БУДІВЛІ В КОНКУРСІ «Solar Decathlon KNUCA». ГРУПА 2

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

В статті изложены основные результаты проектирования группой 2 «Nuclear Team» энергоэффективного здания, в соответствии с программой конкурса “Solar Decathlon” (Солнечное десятиборство).

Nuclear Team – команда №2 – спілка студентів-фахівців різноманітних спеціальностей університету КНУБіА.

Склад команди №2:

- 1 Левадна Анна Сергіївна Мб-31б
- 2 Струк Олена Ігорівна Мб-31б
- 3 Нетреба Максим Олександрович ДАС-45
- 4 Гудзь Антон Дмитрович ДАС-45
- 5 Мостова Олександра Андріївна АБС-33б
- 6 Власенко Дмитро Олексійович МБ-51а
- 7 Булавінов Максим Вікторович ДАС-45
- 8 Гейчук Олена Володимирівна ДАС-45
- 9 Дмитренко Ірина Сергіївна ДАС-45ПЦБ
- 10 Білопуп Тимофій Олександрович ПЦБ-51СТФ
- 11 Лучко Микола Григорович ТВ-41
- 12 Хаврель Ярослав Юрійович ТВ-44
- 13 Артюх Юлія Олександрівна ВВ-42
- 14 Тищенко Владислав Миколайович ТВ-42
- 15 Комаренко Іван Олегович ТВ-41БТФ
- 16 Коваль Світлана Миколаївна ТКД-31

За основну мету команди було покладено бажання реальної реалізації проекту та його впровадження в масове використання. Просте та функціональне архітектурне рішення було доповнено поглибленою працею фахівців інженерних спеціальностей.

Потужний склад практикуючих студентів-інженерів приніс свої плоди: в проекті закладено апробовані часом та масовим використанням системи та модулі. Успішне поєднання сучасних та економічно доцільних компонентів надали змогу створити будинок, який за загальним використанням енергії наближений до «0», що є дуже значною перемогою в кліматичних умовах України.

Конструкції

В проекті застосовується каркасний метод будівництва. Основними перевагами каркасного будівництва є:

- стислі терміни будівництва метало каркасного будинку;

- можливість ведення робіт у зимовий час;
- високі експлуатаційні показники каркасних будинків;
- високі показники енергозбереження каркасного будинку;
- високий рівень індустріалізації будівельних матеріалів;
- екологічність каркасного будинку;
- можливість архітектурної виразності;
- використання засобів малої механізації і т.д.

При такому рішенні значно зменшується вага конструкцій та збільшується її герметичність.

Зменшення ваги конструкції впливає не тільки на вартість та складність транспортування та монтажу, але й зменшення навантаження на фундамент, що дає великий вибір на варіанти влаштування фундаменту, зменшення його вартості та складності облаштування.

Проблема будівництва будинків в різних кліматичних умовах вирішується за рахунок зміни товщини шару утеплювача, за рахунок чого досягається можливість зводити будинки в різних кліматичних зонах без істотного збільшення вартості та трудовитрат. Тобто це дає можливість використовувати одні й ті самі типи будинків, як у південних районах країни, так і у північних.

Як вказує досвід, металеві каркасні будинки добре себе зарекомендували в сейсмічних зонах.

Однією з основних переваг технології каркасного будинку є будівництво у віддалених районах, де гостро стоїть питання зниження ваги та об'єму будівельних конструкцій.

В останні десятиліття розроблено безліч нових будівельних матеріалів. У зв'язку з цим вдалося досягти високої якості будівництва, знизити його матеріаломісткість, підвищити енергозбереження і довговічність за рахунок використання новітніх утеплювачів, ізоляційних матеріалів, вікон на основі склопакетів.

- внутрішні комунікації (водопровід, каналізація, розводка системи опалювання) можуть бути захованими в стіни;

- технологія дає ідеальні поверхні підлоги, стін і стель для висококласної обробки приміщень;

- гнучкість технології задовольняє будь-які побажання з архітектурної виразності будинку і внутрішньому плануванню приміщень. Каркасний будинок не піддається моральному старінню і легко модернізується;

- у каркасних будинків найкраще співвідношення ціна/якість.

В будинку в якості несучих конструкцій каркасу використовуються термопрофілі. Термопрофілями називають гнуті з гарячеоцинкованої тонколистової сталі профілі, теплопровідність яких істотно нижче теплопровідності традиційних сталевих профілів. Хороші теплотехнічні показники термопрофілей досягаються шляхом перфорування стінок

профілів. Крім того, термопрофілі легкі, мають точні розміри, зберігають свою форму і є стійкими в умовах навколишнього середовища.

Водопостачання

Система постачається водою від міської водопровідної мережі. На ввіді у будинку передбачається встановлення водомірного вузла. У систему влаштована ультрафіолетова лампа для знезараження води. Труби пластмасові. Гаряче вода циркулює з баку за допомогою насоса. У ванній кімнаті встановлений рушникопідсушувач від труби Т4. Каналізаційні труби прокладені під ухилом 0,02 м.

Сонячні батареї

В проекті використана фотоелектрична система з акумулятором, яка робить нашу будівлю більш автономною щодо забезпечення електроенергією. Також ця система є екологічно чистою, не забруднює навколишнє середовище і використовує відновльне джерело енергії (сонячні промені). Акумуляторні батареї забезпечують будівлю, на деякий час (в залежності від кількості акумуляторів) резервним живленням під час темного часу доби чи негоди. Інвертор не тільки перетворює постійний струм на перемінний, а і забезпечує електроенергією з мережі при відсутності напруги від фотоелектричної системи.

Освітлення

Для освітлення приміщень були використані світлодіодні лампи, які є більш економічними при використанні і мають більший термін роботи, ніж лампи розжарювання (лампа розжарювання 1000 год., світлодіод 50000 год. роботи). До того ж їх ККД = 100%, тобто 100% їх енергії йде на видиме світло і забезпечує приміщенню природне освітлення, на відміну від звичайних лампочок, в яких значна частина енергії йде на накаливання.

Опалення та кондиціонування

Для опалення ми використовуємо теплу підлогу, яка більш економічна за рахунок використання низькотемпературного теплоносія та передачі теплоти в приміщення за рахунок променевого випромінювання. Також потрібно зазначити, що тепла підлога забезпечує більш комфортні умови в приміщення, від правильного розподілу температури по висоті.

Кондиціонування в будинку виконано поєднанням двох систем: панельного охолодження та розумного провітрювання з рекуперацією тепла. В холодний період працюють тільки провітрювачі, якими обладнане кожне приміщення. Кожний провітрювач обладнаний рекуператором тепла з ефективністю 76%, фільтрами, датчиками вологості та якості повітря, також кожний прилад має 10 різних режимів роботи. В теплий період до системи провітрювачів додається система панельного охолодження, для підтримання потрібної температури в приміщенні.

Сонячні колектори

В нашому будинку ми використали сонячну енергію для потреб ГВП. Було підібрано дві панелі сонячних колекторів фірми Viessmann типу

Vitosol 200 F. Саме така кількість колекторів забезпечує потреби на ГВП трьох людей в червні місяці. Нажаль в інші місяці потреби покриваються не повністю і слід використовувати догрів водонагрівачем Vitocel B 100 який в свою чергу може використовувати тепло теплового насоса Vitocal 200 S.



Проблема полягає в тому, що сонячні колектори не можуть покривати потреби на ГВП цілорічно. Якщо ми підберемо кількість сонячних колекторів опираючись на надходження сонячної енергії по найменш сприятливому місяці, тобто грудні, то літом ми не зможемо використовувати все тепло яке вони будуть виробляти. Ось чому треба комбінувати декілька систем одночасно.

За нашими підрахунками використання сонячних колекторів допоможе зберегти приблизно 30 % енерговитрат на ГВП. На перший погляд цей відсоток може не вразити, але на півночі України це суттєво, зважаючи на кліматичні умови, до того ж використання сонячної енергії дає свій вклад в підтримання екологічної ситуації країни та Світу в загалом.

Є неосяжна впевненість, що ці теперішні студенти – майбутні фахівці, стануть невід'ємною частиною цивілізованого розвинутого суспільства.

**DESIGN OF ENERGY EFFICIENT BUILDINGS AT COMPETITION
«SOLAR DECATHLON KNUCA ». Group 2
*Y.Bilenko***

In the article it is described main results of architectural design of energy efficient building by group 2 «Nuclear Team».

МОДЕЛЮВАННЯ КОНТУРУ ТЕРМОПРОФІЛЮ НА БІООБ'ЄКТІ ВІД ТОЧКОВОГО ДЖЕРЕЛА ТЕПЛА

Національний технічний університет України «КПІ»

В роботі розглядається фрактальна розмірність термограми розподілу теплового поля в околі розігрітої ділянки тильної сторони долоні, після дії точкового джерела тепла, а також фрактальна апроксимація контуру термопрофілю.

Вступ. Для дослідження коефіцієнту теплопровідності, що характеризує процес розповсюдження тепла, необхідно розробити математичний апарат, що дає змогу визначити наявність порушення кровоплину. Апарат фрактальної геометрії дає можливість з деякою точністю апроксимувати термограму детермінованим фракталом.

Аналіз публікацій. В роботі [1] розглянута методика досліджень термограми, на основі фіксування розподілу температурного поля на поверхні шкірного покриття після дії точкового джерела тепла у стані спокою.

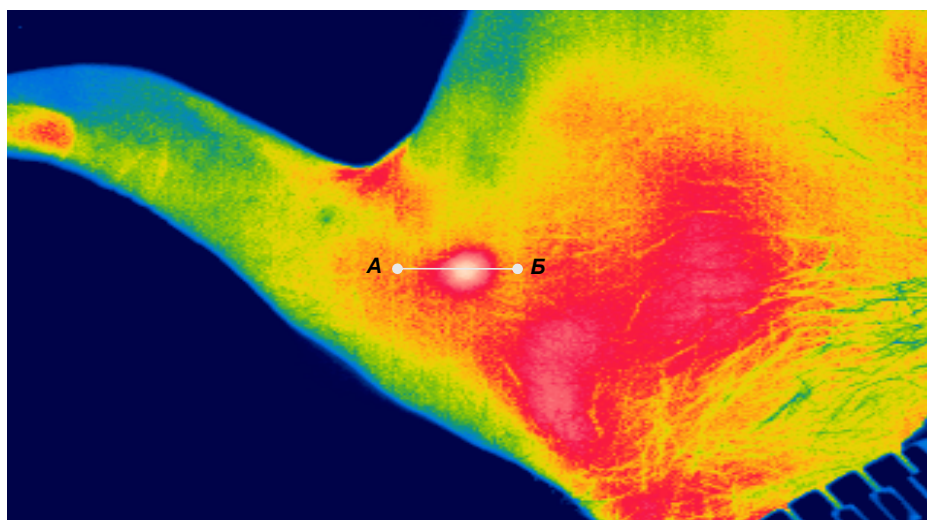


Рис. 1 Термограма поверхні шкірного покриття після дії точкового джерела тепла (а)

До поверхні тильної сторони долоні короткочасно (1-2 секунди) дотикалися тонким металевим стрижнем діаметром 2 мм, розігрітим до температури $T \approx 50^{\circ}\text{C}$ за допомогою інфрачервоного термографа. Зафіксовано розподіл теплового поля в околі розігрітої ділянки та його спектру теплового випромінювання (рис.1). В роботі [2] запропоновано

спосіб апроксимування структури поверхневого шару композитного матеріалу, що базується на його фрактальній розмірності [3]-[4].

Апарат фрактальної геометрії надає математичний опис розповсюдження тепла на тильній стороні долоні під дією точкового джерела тепла, що дозволяє з визначеною точністю прогнозувати подальше розширення тепла на ураженій (або не ураженій) ділянці долоні.

Мета досліджень. Дослідити фрактальну розмірність розповсюдження тепла під дією точкового джерела, апроксимувати контур розповсюдження по експериментальним даним наведених в роботі [1] та встановити коефіцієнт розповсюдження тепла.

Результати та їх аналіз. На рис.1 зображена поверхня тильної сторони лодоні після дії точкового джерела тепла, а на рис.2 проміжний результат випромінювання у вигляді термопрофілю по лінії АБ, довжина якої на поверхні шкірового покриття відповідає 20мм.

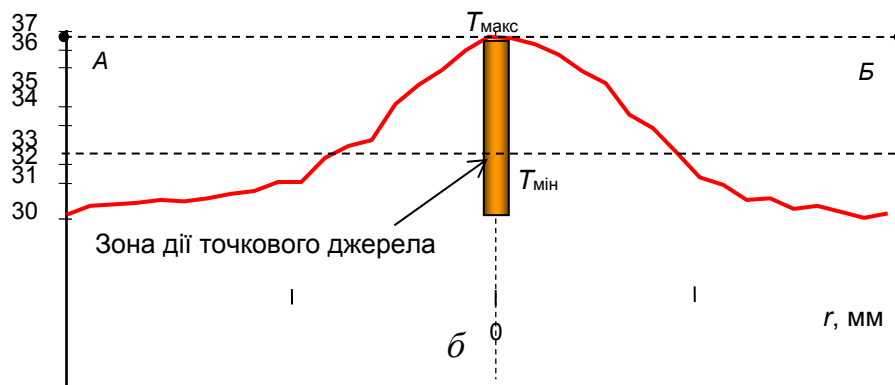


Рис. 2 Термограма поверхні шкірного покриття після дії точкового джерела тепла (а) та відповідний термопрофіль (б): $T_{\text{макс}} = 36,3^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{мін}} = 31,7^{\circ}\text{C}$; r – відстань від точки дії джерела тепла; $AB=20$ мм

Розглянемо область дії джерела тепла G (рис.3). Виходячи з експериментальних даних область G за площею покриття становить $101,28 \text{ мм}^2$. Підраховуючи кількість пікселів, що ввійшли до даної області маємо масштаб $2,5:1$.

Для встановлення фрактальної розмірності покривемо область G n -мірними чарунками, де n визначається евклідовською розмірністю k з співвідношення $n=k \cdot l$.

Фрактальна розмірність визначається за допомогою показника Хаусдорфа-Безіковича. Оскільки, область G двовимірна, то для отримання фрактальної розмірності необхідно оцінити показник $N(l)$. З співвідношення $N(l) \approx l^{-D}$ (1), де D —фрактальна розмірність, l —довжина сторони чарунки (в данному випадку площа чарунки зі стороною l), $N(l)$ —показник Хаусдорфа-Безіковича (кількість чарунок необхідних для покриття).

$$N(l) \approx l^{-D} \Rightarrow -D \approx \log_{l(l)} N(l), D \approx \log_{l(l)} N(l)^{-1}$$

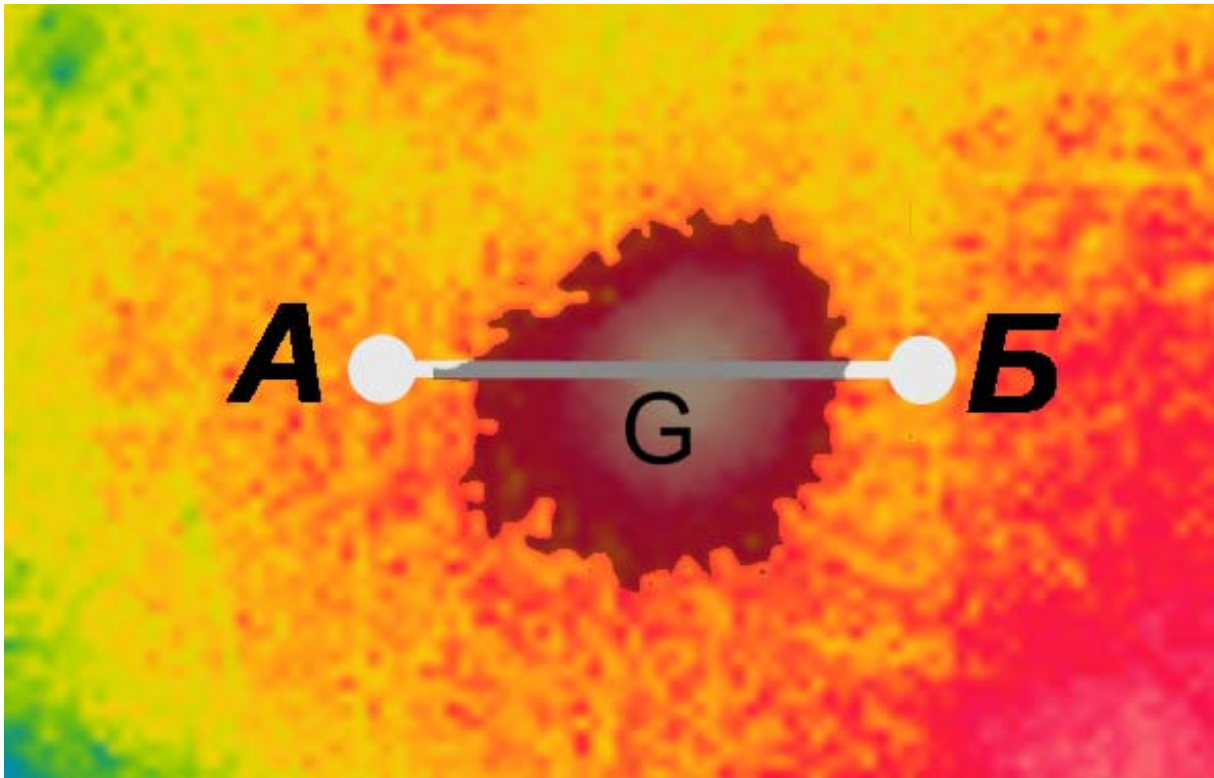


Рис.3 Область апроксимації G

Для знаходження міри Хаусдорфа-Безіковича скористаємося алгоритмом:

1. Область $dx-dy$ ($dx=x_{max}-x_{min}$, $dy=y_{max}-y_{min}$), в якій знаходяться пікселі, що покривають зону розповсюдження тепла, розбиваємо на чарунки. Довжина чарунки $l = \frac{dy}{N_y}$, де N_y —загальна кількість розбиття, а

значення l обмежено 1 пікселем з міркувань масштабування досліджень.

2. Знаходимо номери чарунки, що покривають ділянку розповсюдження тепла шкіри та підраховуємо їх кількість N

3. Проводимо перевірку на спряженість чарунок за допомогою співвідношення $[(i_x, i - i_x, i + 1) + (i_y, i - i_y, i + 1)] = (1, 1, 1)$. Для не спряжених чарунок розраховується $N_{допоміжне.}$ з умови

$$N_{\ddot{a}\ddot{i}\ddot{i}} = \left[\sqrt{(i_{x+1} - i_x)^2 + (i_{y+1} - i_y)^2} \right].$$

4. Розраховуємо $N(l) = N_l + N_{\ddot{a}\ddot{i}\ddot{i}}$ для певного вибраного значення l .

5. За допомогою рівняння регресії, методом найменших квадратів, будується пряма $y = kx + b$, де k —кутовий коефіцієнт, що визначає фрактальну розмірність (рис.4).

Контур розглядаємо в певному незмінному масштабі. Крок масштабування приймаємо за розмір ланки ламаної l , довжину $L(l)$ находимо таким же чином, як $N(l)$. Площу L находимо шляхом сумування всіх площ, що ввійшли до області G .

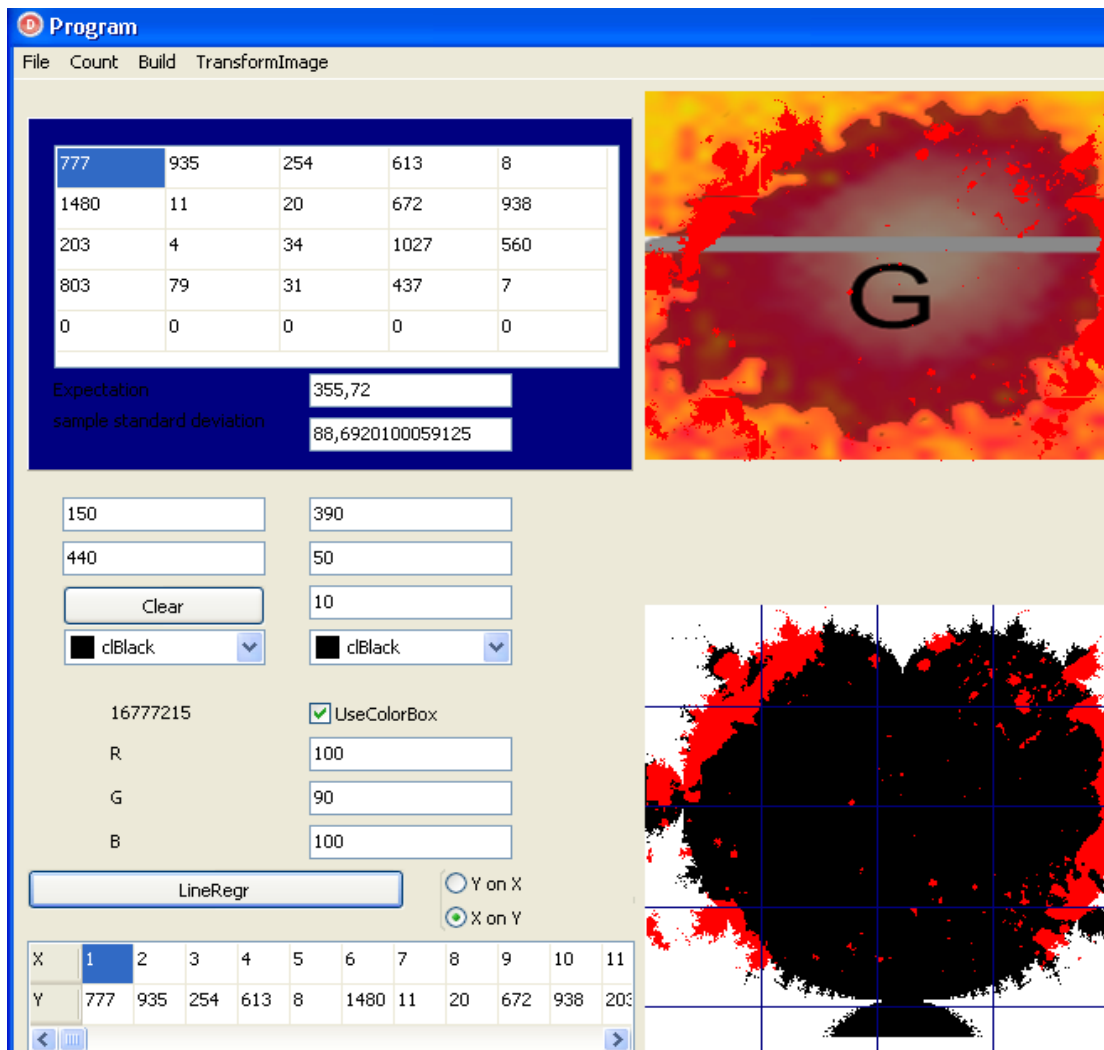


Рис.3 Реалізація програми на мові програмування Delphi

Знаходження фрактальної розмірності заданим чином, дає можливість знайти фрактальну розмірність всієї області поширення тепла.

Дані алгоритми були реалізовані за допомогою мови програмування Delphi, де вхідними даними є зображення термограми та довжина чарунки l . Було встановлено, що для довжини чарунки, обмеженої пікселем фрактальна розмірність є 1.31784.

Встановлення фрактальної розмірності, дало можливість опису ділянки поширення тепла від точкового джерела у стані спокою множиною Мандельброта, що підпорядкована закону $z_{i+1} = z_i^2 + c$, де c -комплексна змінна з точністю 0.0000381. Якщо точність апроксимації перевищує задану, це дає можливість встановити наявність порушення кровообігу.

Висновки та перспективи. Встановлення фрактальної розмірності та фрактальної апроксимації області розповсюдження тепла після дії точкового джерела дало можливість математично описати його контур з точністю 0.0000381 для подальшого аналізу. Якщо точність апроксимації

перевищує 0.0000381, то це може прогнозувати порушення кровообігу в даній ділянці.

Література

1. Котовський В.Й. Шляхи поліпшення характеристик сучасних піровідиконів: Автореф. дис. канд. техн. Наук
2. Дослідження точності фрактальної апроксимації структури деталей із композитних матеріалів. – Тези доповідей I-ї конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн та інноваційна діяльність», м. Київ, НТУУ «КПІ», фізико-математичний факультет
3. Фрактальна розмірність поверхні кратера Місяця та його контуру, його фрактальна апроксимація. – Тези доповідей XIV міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми геометричного моделювання». м. Мелітополь, Таврійський державний агротехнологічний університет.
4. Фрактальна розмірність поверхні кратера Місяця та його контуру, його фрактальна апроксимація. – м. Мелітополь, Праці ТДАТУ, Вип.4, т.53

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТУРА ТЕРМОПРОФИЛЯ НА БИООБЪЕКТЕ ОТ ТОЧЕЧНОГО ИСТОЧНИКА ТЕПЛА

В.В. Ванин, О.В. Залевская

В работе рассматривается фрактальная размерность термограммы распределения теплового поля в окрестности разогретой части тыльной стороны ладони, после действия точечного источника тепла, а также фрактальная аппроксимация контура термопрофиля.

MODELING OF A CONTOUR OF THERMOPROFILE ON BIOLOGICAL OBJECT FROM A POINT SOURCE OF HEAT

V. Vanin, O. Zalevska

This work considers the fractal dimension of the thermogram distribution of thermal field in the vicinity of the heated areas of the back of the hand, after exposure to a point source of heat and fractal approximation circuit thermoprofile. Apparatus of fractal geometry allows a certain amount of accuracy can be approximated thermogram deterministic fractal. If the accuracy of approximation exceeds 0.0000381, it can predict impaired circulation in this area.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ БУДІВЕЛЬ У ФОРМІ БАГАТОГРАННИКІВ З МЕТОЮ ЗНИЖЕННЯ ЗАТРАТ ЕНЕРГІЇ НА ЇХ ОПАЛЕННЯ

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна

В роботі запропонована загальна математична модель та підходи до її реалізації при оптимізації об'ємно-планувальних рішень будівель у формі багатогранних фігур з метою зниження затрат енергії на їх опалення.

На сьогоднішній день в Україні діє новий ДБН В.2.6-31:2006 “Теплова ізоляція будівель” [1]. В ньому пропонується два підходи до нормування рівня енерговитрат на опалення будівель.

На відміну від попередніх версій подібного нормативного документу, де визначалися вимоги тільки до теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій будівель, в даному документі вперше запропонований так званий споживчий або системний підхід щодо нормування витрат первинного палива на опалення будівель.

Це створює умови розглядати будівлю як один з елементів єдиної енергетичної системи, що включає в себе також джерело та системи транспортування теплової енергії. В даному випадку для забезпечення нормативних витрат первинного енергоносія на опалення будівель є можливість крім підвищення рівня теплозахисту огорожувальних конструкцій застосовувати у повній мірі і інші енергоефективні рішення як по відношенню до будівлі так і по відношенню до джерела й систем транспортування енергії.

Об'ємно-планувальні рішення можуть забезпечити додаткове скорочення теплоспоживання будівель за рахунок оптимізації їх форми, розмірів та орієнтації відносно частин світу.

Вирішення задач оптимізації об'ємно-планувальних рішень будівель висвітлено, зокрема, в [2, 3, 4, 5] та багато інших працях.

Так, в роботах [2, 3, 4] розглядаються дані рішення по відношенню будівель певної геометричної форми (прямокутний паралелепіпед як найбільш розповсюджена форма, трикутний паралелепіпед, циліндр). Також в роботах [4, 5] пропонуються підходи та розв'язки подібних задач для будівель з криволінійною поверхнею.

В даній роботі пропонується загальна математична модель та підходи до її реалізації при оптимізації об'ємно-планувальних рішень будівель у формі багатогранників з метою зниження затрат енергії на їх опалення. Сьогодні досить часто з'являються архітектурні рішення

будівель з такою формою. Вибір таких форм будівель часто визначається естетичним виглядом, формою ділянки будівництва, зручністю використання приміщень тощо.

Отже, необхідна витрата теплоти на опалення будівлі за опалювальний період згідно [1] визначається за формулою

$$Q_{i\bar{i}} = [Q_k - (Q_{Ai\bar{i}} + Q_s) \cdot \nu \cdot \zeta] \cdot \beta_h, \quad (1)$$

де Q_k - загальні тепловтрати через огорожувальну оболонку будинку, $\hat{e}\hat{A}\hat{\delta} \cdot \tilde{a}\tilde{i}\tilde{a}$;

$Q_{Ai\bar{i}}$ - побутові теплонадходження протягом опалювального періоду, $\hat{e}\hat{A}\hat{\delta} \cdot \tilde{a}\tilde{i}\tilde{a}$;

Q_s - теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду, $\hat{e}\hat{A}\hat{\delta} \cdot \tilde{a}\tilde{i}\tilde{a}$;

ν - коефіцієнт, що враховує здатність огорожувальних конструкцій будинків акумулювати або віддавати тепло при періодичному тепловому режимі;

ζ - коефіцієнт авторегулювання подавання тепла в системах опалення;

β_h - коефіцієнт, що враховує додаткове теплоспоживання системою опалення, пов'язане з дискретністю номінального теплового потоку номенклатурного ряду опалювальних приладів і додатковими тепловтратами через зарадіаторні ділянки огорож, тепловтратами трубопроводів, що проходять через неопалювані приміщення.

Для подальшого аналізу, будемо розглядати будівлю, що має форму багатогранної фігури.

В даному випадку загальні тепловтрати через огорожувальну оболонку будинку, $\hat{e}\hat{A}\hat{\delta} \cdot \tilde{a}\tilde{i}\tilde{a}$, за опалювальний період можна визначити як

$$Q_k = \chi_l \cdot \xi \cdot D_d \cdot \sum_{i=1}^n \left(\frac{F_i^{i\bar{i}}}{R_{i\bar{i}}^{i\bar{i}}} + \frac{F_i^i}{R_{i\bar{i}}^i} \right) + q_{inf} \cdot V_h, \quad (2)$$

де $\chi_l = 0,024$ - розмірний коефіцієнт;

ξ - коефіцієнт, що враховує додаткові тепловтрати, які пов'язані з орієнтацією огорожень за сторонами світу, наявністю кутових приміщень, надходженням холодного повітря через входи в будинок [1];

D_d - осереднене значення кількості градусо-днів в районі розміщення будинку, $\hat{i}\hat{N} \cdot \tilde{a}\tilde{i}\tilde{a}\hat{e}$;

n - загальна кількість зовнішніх огорожень будівлі;

$F_i^{i\bar{i}}$, F_i^i - відповідно непрозора та прозора площі поверхонь i -ї огорожувальної конструкції, m^2 ;

$R_{i\bar{i}}^{i\bar{i}}$, $R_{i\bar{i}}^i$ - відповідно приведений опір теплопередачі непрозорої та прозорої поверхні i -ї огорожувальної конструкції, $(i^2 \cdot \tilde{a}\tilde{d}\tilde{a}) / \hat{A}\hat{\delta}$;

q_{inf} - питома витрата теплоти на нагрів зовнішнього повітря, що інфільтрує через зовнішні огороження для забезпечення нормативного

вентиляційного повітрообміну в 1 м^3 опалювального об'єму будівлі протягом опалювального періоду, $\hat{\epsilon} \hat{A} \hat{\delta} \cdot \tilde{a} \hat{a} / i^3$

$$q_{inf} = \chi_2 \cdot D_d \cdot c \cdot n_{iA} \cdot \beta_V \cdot \gamma_C \cdot \eta; \quad (3)$$

де $\chi_2 = 6,672 \cdot 10^{-3}$ - розмірний коефіцієнт;

c - питома теплоємність повітря, $\hat{\epsilon} \hat{A} \hat{\alpha} / (\hat{\epsilon} \hat{a} \cdot \hat{E})$;

n_{iA} - середня кратність повітрообміну будинку протягом опалювального періоду, $\tilde{a} \hat{a}^{-1}$;

β_V - коефіцієнт зниження об'єму повітря у будинку, що враховує наявність внутрішніх огорожувальних конструкцій;

γ_C - середня густина повітря, що надходить до приміщення за рахунок інфільтрації та вентиляції, $\hat{\epsilon} \hat{a} / i^3$;

η - коефіцієнт впливу зустрічного теплового потоку в огорожувальних конструкціях;

V_h - опалюваний об'єм будинку, i^3 .

Запишемо формулу (1) як

$$Q_k = \chi_1 \cdot \xi \cdot D_d \cdot \sum_{i=1}^n F_i \cdot \left(\frac{1}{R_{iD_i}^{II}} + \varphi_i^I \cdot \left(\frac{1}{R_{iD_i}^I} - \frac{1}{R_{iD_i}^{II}} \right) \right) + q_{inf} \cdot V_h, \quad (4)$$

де $\varphi_i^I = F_i^I / F_i$ - коефіцієнт заклення i -ї огорожувальної конструкції;

F_i - загальна площа плоскої i -ї огорожувальної конструкції, м^2 .

Побутові теплонадходження протягом опалювального періоду, $\hat{\epsilon} \hat{A} \hat{\delta} \cdot \tilde{a} \hat{a}$, визначимо за формулою

$$Q_{Ai.I.} = \chi_1 \cdot q_{Ai.I.} \cdot z \cdot A_r, \quad (5)$$

де χ_1 - розмірний коефіцієнт, див формулу (2);

$q_{Ai.I.}$ - питомі побутові тепловиділення на 1 м^2 житлової або розрахункової площі будівлі, $\hat{A} \hat{\delta} / i^2$;

z - тривалість опалювального періоду, доби;

A_r - житлова або розрахункова площа будівлі, м^2 ;

Формулу для визначення теплових надходжень через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду, $\hat{\epsilon} \hat{A} \hat{\delta} \cdot \tilde{a} \hat{a}$, представимо у вигляді

$$Q_s = \sum_{i=1}^i \zeta_i^{ID} \cdot \varepsilon_i^{ID} \cdot \varphi_i^I \cdot F_i \cdot Q_i^s, \quad (6)$$

де ζ_i^I - коефіцієнт, що враховує затінення світлового прорізу i -го плоского огородження відносно прозорих огорожень непрозорими елементами заповнення;

ε_i^I - коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через світловий проріз i -го плоского огородження;

Q_i^s – середній потік сонячної радіації за опалювальний період, спрямований на i -ту поверхню плоского огородження за середніх умов хмарності, $\hat{\epsilon} \hat{A} \delta \cdot \tilde{a} \tilde{a} / i^2$, залежить від орієнтації огородження.

З урахуванням вищенаведених формул залежність для визначення розрахункових витрат енергії на опалення будинку буде визначатися за формулою

$$Q_{iI} = \left[\sum_{i=1}^n F_i \cdot \left[\chi_l \cdot \xi \cdot D_d \cdot \left(\frac{I}{R_{iI}^{II}} + \varphi_i^I \cdot \left(\frac{I}{R_{iI}^I} - \frac{I}{R_{iI}^{II}} \right) \right) - \zeta_i^{ID} \cdot \epsilon_i^{ID} \cdot \varphi_i^I \cdot Q_i^s \cdot \nu \cdot \zeta \right] + \right. \\ \left. + q_{inf} \cdot V_h - \chi_l \cdot q_{Ai} \cdot i \cdot z \cdot A_r \cdot \nu \cdot \zeta \right] \cdot \beta_h; \quad (7)$$

або ввівши позначення

$$A_i = \sum_{i=1}^n \chi_l \cdot \xi \cdot D_d \cdot \left(\frac{I}{R_{iI}^{II}} + \varphi_i^I \cdot \left(\frac{I}{R_{iI}^I} - \frac{I}{R_{iI}^{II}} \right) \right) - \zeta_i^{ID} \cdot \epsilon_i^{ID} \cdot \varphi_i^I \cdot Q_i^s \cdot \nu \cdot \zeta; \quad (8)$$

за формулою

$$Q_{iI} = \left[\sum_{i=1}^n A_i \cdot F_i + q_{inf} \cdot V_h - \chi_l \cdot q_{Ai} \cdot i \cdot z \cdot A_r \cdot \nu \cdot \zeta \right] \cdot \beta_h. \quad (9)$$

Отриманий вираз (9) є початковою математичною моделлю для знаходження оптимальних об'ємно-планувальних рішень заданого опалювального об'єму або площі будівлі, що визначають забезпечення мінімального значення розрахункової витрати теплової енергії на опалення.

Площі зовнішніх огорожень в загальному випадку є функції незалежних змінних x_1, x_2, \dots, x_k , що визначають їх геометричні розміри. Опалювальну площу або опалювальний об'єм також можна виразити через ці змінні.

Для знаходження змінних x_1, x_2, \dots, x_k , при яких функція (9) буде мати мінімальне значення, потрібно розв'язати систему рівнянь

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial Q_{iI}}{\partial x_1} = 0; \quad i \delta \epsilon \frac{\partial^2 Q_{iI}}{\partial x_1^2} > 0 \\ \frac{\partial Q_{iI}}{\partial x_2} = 0; \quad i \delta \epsilon \frac{\partial^2 Q_{iI}}{\partial x_2^2} > 0 \\ \dots \dots \dots \\ \frac{\partial Q_{iI}}{\partial x_{k-1}} = 0; \quad i \delta \epsilon \frac{\partial^2 Q_{iI}}{\partial x_{k-1}^2} > 0 \\ i \delta \epsilon V_h = f(x_1, x_2, \dots, x_k) = const \\ \dots \dots \dots \\ i \delta \epsilon A_h = \psi(x_1, x_2, \dots, x_k) = const \end{array} \right. \quad (10)$$

Наступним етапом даної роботи є реалізація запропонованої моделі для оптимізації об'ємно-планувальних рішень окремих випадків будівель у формі багатогранних фігур з метою зниження затрат енергії на їх опалення.

Література

1. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція: ДБН В.2.6-31:2006. - [Чинний від 2007-04-01]. – К. : Мінбуд України, 2008. – 71 с. - (Національні стандарти України).
2. Семенов Борис Александрович. Оптимизация параметров теплоиспользования в системах централизованного теплоснабжения городов: дис. докт. техн. наук : 05.14.01 / Семенов Борис Александрович. – Саратов, 2002. – 527 с. – Библиогр. : с. 428–452.
3. Маркус Т.А., Морис Э.Н., Здания, климат и энергия, Т.А. Маркус, Э.Н. Морис, Гидрометеоиздат, Л.: 1985, 540 с.
4. Табунщиков Ю. А. Бродач М. М. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2002. – 194 с.: ил.
5. Сергейчук О.В. Геометричне моделювання фізичних процесів при оптимізації форми енергоефективних будинків: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : спец. 05.01.01 “ Прикладна геометрія, інженерна графіка” / Сергейчук Олег Васильович; Київський національний університет будівництва і архітектури. – К., 2008. – 29 с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ЗДАНИЙ В ФОРМЕ МНОГОГРАННИКОВ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ ЭНЕРГИИ НА ИХ ОТОПЛЕНИЕ

В.А.Волощук

В работе предложена общая математическая модель и подходы по ее реализации при оптимизации объемно-планировочных решений зданий в форме многогранных фигур с целью снижения затрат энергии на их отопление.

MATHEMATICAL MODEL FOR OPTIMIZATION OF SHAPE AND ORIENTATION OF HOUSES IN FORM OF POLYHEDRONS FOR PURPOSE OF DECREASING HEATING ENERGY

V.Voloshchuk

The article proposes a general mathematical model and approaches to its realization for optimization of shape and orientation of houses in form of polyhedrons for purpose of decreasing heating energy.

ВОЗМОЖНОСТИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛОТДАЧИ АЛЮМИНИЕВЫХ СЕКЦИОННЫХ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

*Киевский национальный университет строительства и архитектуры,
Украина*

***В статье рассмотрен вопрос повышения теплоотдачи
алюминиевых секционных отопительных приборов.***

В последние годы все больше получают распространение в качестве источников теплоты в автономных системах теплоснабжения конденсационные котлы. Использование которых диктует необходимость перехода на температурные графики с пониженными температурами теплоносителя (80-60 °С, 75-50 °С или даже 55-30 °С). Для компенсации теплотерь даже в условиях более жестких требований к теплозащите зданий и сооружений при таких температурных режимах приходится увеличивать площадь отопительных приборов систем отопления. Чтобы избежать увеличения металлоемкости систем отопления при использовании температурных графиков с пониженными температурами теплоносителя, необходимо увеличивать теплоотдачу отопительных приборов. Однако, пока что рынок не отреагировал на этот запрос в полной мере. Некоторые производители стальных штампованных отопительных приборов предлагают только одну новинку – изменение направления потока внутри приборов так, чтобы сначала вода с высокой температурой протекала через внешнюю панель, обращенную внутрь помещений, а затем, отдав часть тепла, прошла с пониженной температурой по панели, обращенной к наружному ограждению [1]. Относительно для алюминиевых отопительных приборов, имеющих более высокие показатели по теплоотдаче, изменений в конструкции, используемой всеми производителями подобного оборудования, не отмечается.

Для определения путей возможной интенсификации теплоотдачи в подобных приборах авторы провели анализ процессов теплоотдачи в их традиционной конструкции.

Фактически все выпускаемые алюминиевые секционные приборы имеют одинаковую конструкцию, представленную на рис. 1.

Теплообмен между поверхностями отопительного прибора и воздуха носит сложный комплексный характер: частично прибор отдает теплоту воздуху лучистым теплообменом, а частично – конвективным. Если с анализом лучистого теплообмена все достаточно просто – он описывается законом Стефана-Больцмана [2], то с конвективной составляющей теплообмена все обстоит сложнее. На внешних поверхностях внешних

ребер теплообмен описывается критериальным уравнением для теплоотдачи при естественной конвекции [3]:

$$Nu = Gr \cdot Pr, \quad (1)$$

где: Nu – критерий Нуссельта;

Gr – число Грасгофа;

Pr – число Прандтля.

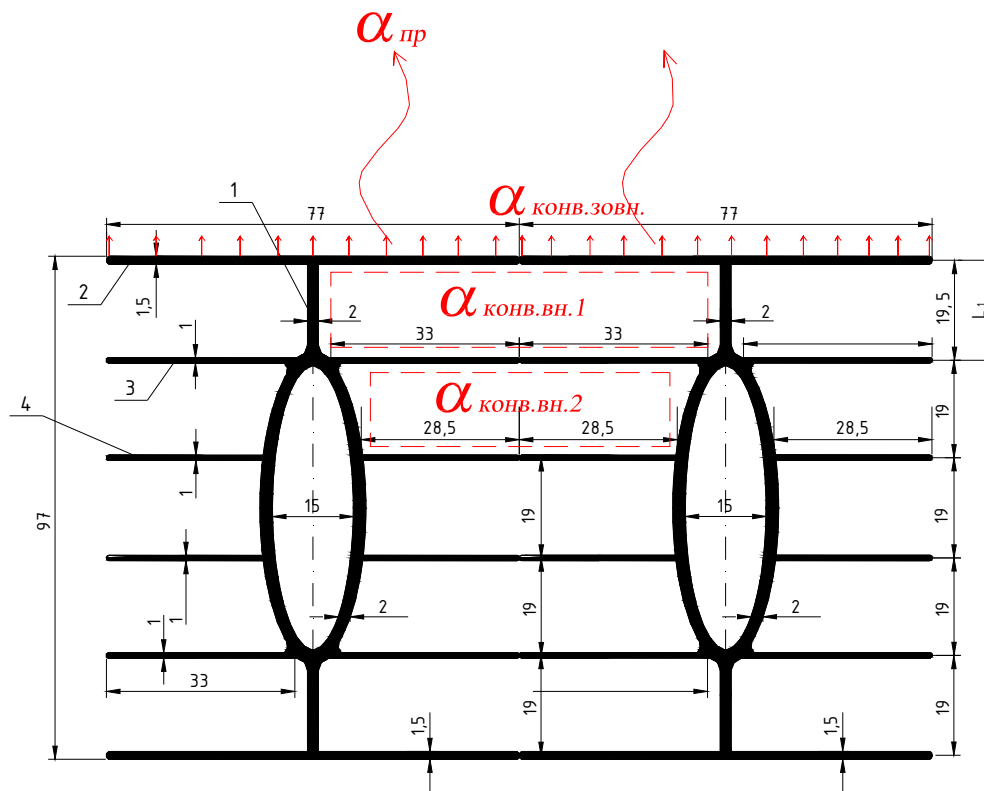


Рисунок 1

Однако, теплоотдача внутри межреберного пространства носит более сложный характер. Подобные задачи, но для другой области техники (охлаждение радиоэлектронных приборов) рассматривались в работах [4, 5, 6]. Использовать результаты этих работ для поставленной цели довольно сложно, поскольку геометрический масштаб исследуемых в работах [4, 6] конструкций слишком сильно отличается от анализируемой конструкции, а в работе [5] в уравнении (1) вводится безразмерный тепловой поток H

$$Nu = H \cdot Gr \cdot Pr, \quad (2)$$

для определения которого необходимо знать распределение скорости воздуха по сечению канала, образованного ребрами, что само по себе является довольно сложной задачей. Решение подобной задачи описано также в [7]. Однако, приведенная расчетная зависимость

$$Nu = c \cdot \left[\left(\frac{l^3 \cdot \rho^2 \cdot g \cdot \beta \cdot \Delta t}{\mu^2} \right) \cdot \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right) \right]^n, \quad (3)$$

где: l – характерный геометрический размер, м;

g – ускорение свободного падения, м/с;
 β – коэффициент объемного расширения, 1/К;
 ρ – плотность вещества, кг/м³;
 Δt – разность температур, °К;
 μ – динамическая вязкость, Па·с;
 c – удельная теплоемкость вещества, Дж/кг·°С;

и в этом случае имеет в составе эмпирический коэффициент ε – поправку на геометрию канала, методика определения которой не приведена и расстояния между пластинами, для которых проводились исследования, намного меньше, нежели те, что имеют место в отопительных приборах.

Наиболее приемлемой для расчетов оказалась формула, приведенная в [8]:

$$Nu = \frac{1}{24} \cdot \frac{s}{l} \cdot Ra \cdot \left[1 - \exp\left(\frac{-35}{\frac{s}{l} Ra}\right) \right]^{3/4}, \quad (4)$$

где: Ra – число Релея, $Ra = Gr \cdot Pr$;

l – характерный геометрический размер, м/

Расчеты, проведенные по этой формуле, показали, что коэффициент теплоотдачи свободной конвекции в межреберном канале находится на уровне $\alpha_n = 5,73 \frac{\hat{A}\dot{\Delta}}{i^2 \cdot \tilde{N}}$. В тоже время, коэффициент теплоотдачи на внешней поверхности внешнего ребра лежит в диапазоне $9,7 < \alpha_i < 12 \frac{\hat{A}\dot{\Delta}}{i^2 \cdot \tilde{N}}$, т.е. имеет значение в два раза выше, чем коэффициент теплоотдачи в полости между внутренними ребрами.

Проведенные расчеты показывают, что поиски конструкций алюминиевых отопительных приборов с увеличенной теплоотдачей нужно искать на пути увеличения поверхности внешнего ребра, а увеличение количества внутренних ребер будет менее эффективным.

Литература

1. Комфорт и экономичность с радиаторами «Kermi»// Отопление, водоснабжение, вентиляция+кондиционирование. –2012. –№6. –с. 12-13.
2. Богословский В. Н. и др. Отопление и вентиляция. Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. –М.: Стройиздат, 1991 г.
3. Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С. Теплопередача. Изд. 2-е. –М.: «Энергия», 1969. -440 с.
4. Колтрон К. Дж. Журнал «Хитинг», 1960, №7, с. 22-25.

5. *Бодойя, Остерл* «Развитие естественной конвекции между вертикальными параллельными пластинами», Труды американского общества инженеров-механиков, Теплопередача, 1962 г.

6. *Сперроу, Бахрами* «Экспериментальное исследование теплоотдачи свободной конвекцией от вертикальных параллельных пластин, разделенных открытым или закрытым сбоку промежутком», Труды американского общества инженеров-механиков, Теплопередача, 1980 г.

7. *Керн Д., Краус А.* Развитые поверхности. –М.: «Энергия», 1977. -464 с.

8. *Ройзен Л. И. и Дулькин И. Н.* Тепловой расчет ребренных поверхностей. Под ред. В. Г. Фастовского. –М.: «Энергия», 1977. -256 с.

МОЖЛИВОСТІ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ТЕПЛОВІДДАЧІ АЛЮМІНІЄВИХ СЕКЦІЙНИХ ОПАЛЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ

П. М. гламаздин, П. Л. Зінич

У статті розглянуто питання підвищення тепловіддачі алюмінієвих секційних опалювальних приладів.

POSSIBILITY OF THE INTENSIFICATION OF HEAT ALUMINIUM SECTIONAL RADIATORS

Pavel M. Glamazdin, Petr. L. Zinych

The article considers question of increase heat transfer section aluminum radiators.

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ВЕРТИКАЛЬНОМ ФАСАДЕ

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

В работе предложен способ построения энергетических солнечных карт, на которых нанесены изолинии солнечной радиации, падающей на вертикальный фасад. Энергетические солнечные карты позволят на стадии проектирования оценивать архитектурно-конструктивные решения светопрозрачных конструкций и солнцезащитных устройств с учётом, прежде всего, энергетического влияния солнца на климатические параметры жилых помещений.

Постановка проблемы. По мнению международных экспертов, инвестирование в энергоэффективность часто имеет значительно более высокую рентабельность по сравнению с увеличением объемов добычи топлива для удовлетворения потребностей в энергоресурсах. Кроме этого, повышение энергоэффективности положительно влияет на энергетическую безопасность, качество окружающей среды и социальную сферу.

Сейчас в Украине готовится Закон об энергетической эффективности жилых и общественных зданий, направленный на отражение требований Директивы 2010/31/ЕЕС о энергетические характеристики зданий. Украина взяла на себя обязательства по выполнению Директивы Европейского Экономического Союза в вопросах энергетики, энергосбережения и возобновляемых энергоресурсов.

Директива в числе других требований предлагает создание схемы энергетической сертификации зданий с целью усовершенствования энергетической эффективности. Предполагается, что сертификация будет иметь влияние на рынок недвижимости в плане инвестирования в энергетическую эффективность. В соответствии с Директивой каждая страна на государственном уровне должна разработать детализированную и адаптированную к национальным условиям методологию расчета энергоэффективности здания на основе общей схемы. Соблюдение комфортных условий является важным для сохранения и восстановления трудоспособности, охраны человеческого здоровья и жизни. Оптимальные для здоровья и работоспособности параметры среды обеспечиваются не только путем применения инженерных систем отопления и кондиционирования, но и рациональными архитектурными и конструктивными решениями зданий.

Анализ достижений и публикаций. Вопросам влияния светопрозрачных конструкций на энергоэффективность зданий посвящены работы, в том числе, украинских учёных. Повышению эффективности

светопрозрачных конструкций посвящены работы [2,3], в которых предложен алгоритм комплексного решения вопросов естественного освещения, инсоляции солнцезащиты, шумоизоляции, теплозащиты при проектировании светопрозрачных конструкций. Работы [4,5] посвящены повышению эффективности малоэтажных зданий за счёт использования солнечной энергии. В работе [6] предложен метод анализа местной климатологической информации путём нанесения её на комплексную солнечную карту, для чего на точках, соответствующих положениям солнца на небесной сфере в определённые часы и даты, отмечаются значения температуры воздуха. По этим точкам проводятся изотермические кривые, образующие на солнечной карте температурные зоны желательной и нежелательной инсоляции.

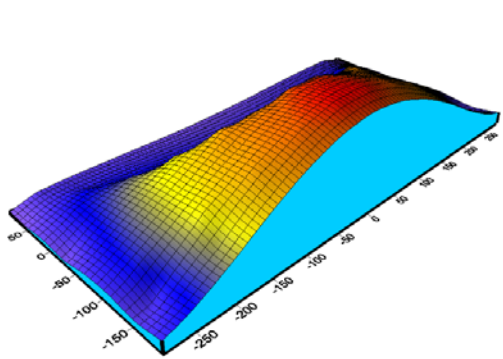
Распределению отраженной солнечной энергии на приёмнике посвящена работа [7]. В ней предлагается способ оценки отражающих свойств концентратора по энергетическим картам и проектирование оптимальных по форме и размерам приёмников отражённой энергии.

Постановка задачи. Архитектурно - строительный климатический район юга Украины характерен тем, что по параметрам зимы должен быть отнесён к зимнему доминирующему климату, а по параметрам лета к летнему доминирующему климату. В связи с этим типология будущих энергоэффективных зданий существенно усложнится при повышении класса эффективности здания.

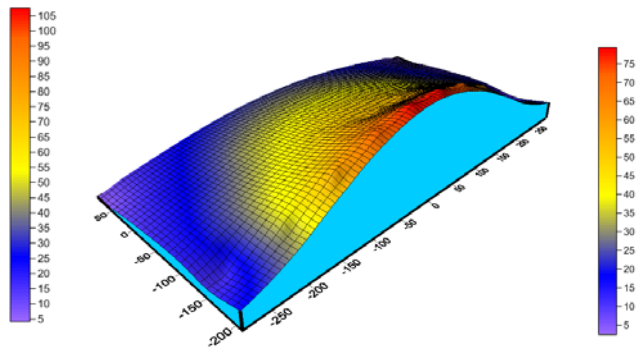
Это означает, что архитектура эффективного здания для юга Украины должна одновременно соответствовать климатическим условиям холодной зимы и климатическим условиям жаркого лета с высокой солнечной радиацией.

Основная часть. Большая энергетическая нагрузка в жаркий период, связанная с обеспечением комфортной температуры в жилых помещениях с помощью кондиционирования, может быть снижена за счёт эффективных солнцезащитных устройств. Причём при проектировании системы климатизации недостаточно учитывать наружную температуру. Необходимо рассчитывать количество тепловой энергии, в основном солнечной, падающей на оболочку здания.

Для построения поверхности распределения солнечной радиации на вертикальный фасад здания использованы данные о количестве солнечной радиации [1]. На солнечной карте вдоль проекций траекторий солнца 22 числа каждого месяца наносятся числовые отметки, соответствующие величинам солнечной радиации. Значения солнечной радиации за полугодие полностью покрывают солнечную карту. Поэтому модель распределения солнечной радиации за весь год должна состоять из двух солнечных карт: с января по июнь и с июля по декабрь. Точечный массив аппроксимируется поверхностью с помощью компьютерной программы Surfer (рис. 1).



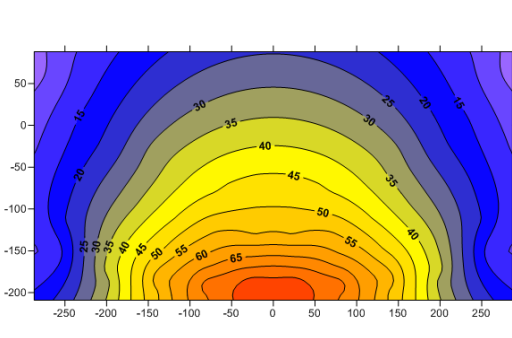
с января по июнь



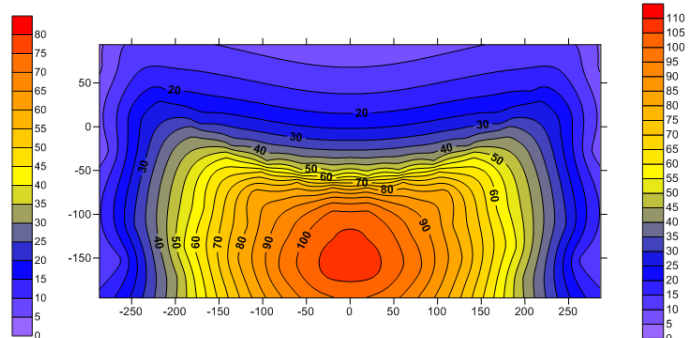
с июля по декабрь

Рис. 1. Трёхмерная модель солнечной радиации на южный фасад здания при облачном небе, Вт/м²

На рисунке 2 изображены изолинии солнечной радиации при облачном небе с числовыми отметками интенсивности в Вт/м².



с января по июнь



с июля по декабрь

Рис. 2. Изолинии солнечной радиации при облачном небе, Вт/м²

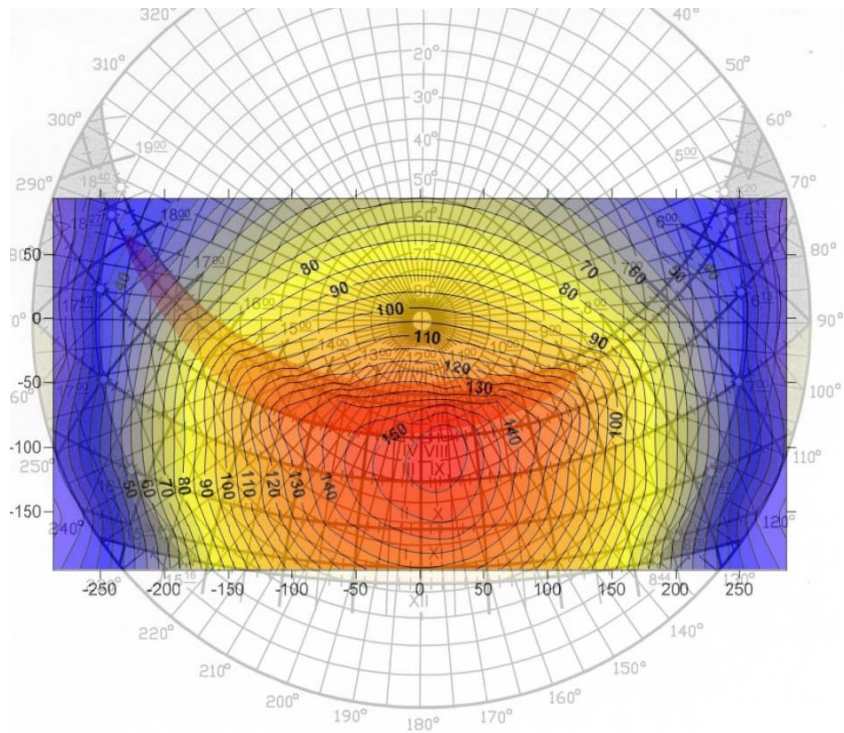


Рис. 3. Солнечная карта с учетом количества солнечной радиации на вертикальную поверхность южной ориентации для Симферополя, Вт/м²

При совмещении солнечной карты с изолиниями солнечной радиации получаем энергетическую солнечную карту (рис.3). Проектирование солнцезащитных устройств с использованием энергетической солнечной карты позволит определять количество солнечной энергии, которое солнцезащитное устройство не пропускает в помещение.

Выводы.

Энергетические солнечные карты позволят на стадии проектирования оценивать архитектурно-конструктивные решения светопрозрачных конструкций и солнцезащитных устройств с учётом, прежде всего, энергетического влияния солнца на климатические параметры жилых помещений.

Литература

1. ДСТУ-НБВ.1.1-27:2011. Строительная климатология. 2011.
2. Сергейчук О.В. Перспективные направления геометрических исследований по повышению энергоэффективности в строительстве / О.В.Сергейчук // Прикл. геометрия та інж. графіка. – К.: КНУБА, 2010.– Вип.86. – С. 31-36.
3. Сергейчук О. В. Оптимизация физико-технических параметров светопрозрачных конструкций в процессе проектирования

энергоэффективных зданий. // Материалы международной конференции «Биосферносовместимые города и поселения» Брянск: 2012. С. 50 – 56.

4. Дворецкий А.Т. Особенности проектирования энергоэффективных зданий юга Украины/ Сборник трудов. Выпуск 68. «Строительство, материаловедение, машиностроение», Днепропетровск, 2013 – с. 125.

5. Dvoretzky A.T. Increasing Energy Effectiveness of Individual House with Use of Solar Energy / Dvoretzky A.T. – Lublin 2008. ISSN 1730 – 8658, MOTROL, Motorization and Power Industry in Agriculture, TOM 10 A, 121 p.

6. Буравченко В. С. Геометрические методы регулирования инсоляционного режима энергоэффективных зданий// Диссертация канд. техн. наук. Киев, 2013. 190 с.

7. A. Dvoretzky COMPUTER SIMULATION OF THE FLUX DISTRIBUTION ON RECEIVER SURFACES/ A. Dvoretzky, T. Denysova// The 15th International Symposium on Solar Thermal Concentrating Technologies. - Berlin, Germany. 2009г.

GEOMETRICAL MODEL OF THE SOLAR RADIATION DISTRIBUTION ON VERTICAL FACADES

Dvoretzky A., Chebyshev M.

In this paper we propose a method for constructing solar energy maps, with isolines of solar radiation, incident on the vertical façade. Solar energy maps allow to evaluate architectural design solutions of translucent constructions and shading devices on the design stage, taking into account, in particular, the influence of the solar energy on the climate parameters of accommodation.

ГЕОМЕТРИЧНА МОДЕЛЬ РОЗПОДІЛУ СОНЯЧНОЇ РАДІАЦІЇ НА ВЕРТИКАЛЬНОМУ ФАСАДІ

Дворецький О., Чебишев М.

У роботі запропоновано спосіб побудови енергетичних сонячних карт, на яких нанесені ізолінії сонячної радіації, падаючої на вертикальний фасад. Енергетичні сонячні карти дозволять на стадії проектування оцінювати архітектурно-конструктивні рішення світлопрозорих конструкцій і сонцезахисних пристроїв з урахуванням, насамперед, енергетичного впливу сонця на кліматичні параметри житлових приміщень.

ОТРАЖЕНИЕ КОНИК В ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗЕРКАЛАХ

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства,
Украина*

В работе представлены геометрические и аналитические зависимости отражения кривых второго порядка в круглом и эллиптическом цилиндре. Представлены компьютерные модели полученных результатов. Рассмотрено влияние кривизны поверхности на ее отражающие свойства.

Анализ основных исследований и публикаций. Геометрия отражений в цилиндрических зеркалах рассматривалась во многих работах. В [5-8] с помощью кривых зеркал исследовалось такое понятие как анаморфизм. В работе [4] представлено два способа построения отражения в круглом цилиндре: способ инверсии и свойство отраженных лучей образовывать фокальную поверхность. Существующие способы достаточно громоздки и требуют много вспомогательных построений. В работе [3] приведен пример отражения прямых линий и контуров.

Продолжение исследований в этой области достаточно актуально, так как кривые зеркала находят все большее применение в таких сферах как архитектура, дизайн. Широкое распространение цилиндрические зеркала получили в фасадах зданий. Зеркальные стеклянные фасады – визитная карточка современной архитектуры. На рис.1 и рис.2 представлен круглый цилиндрический и эллиптический зеркальные фасады. Каковы особенности отражений в них? Как отражаются в них кривые линии?



Рис.1. Круглый цилиндрический фасад



Рис.2. Фасад в форме эллиптического цилиндра

Основная часть. Поставим задачу – получить изображение окружности в круглом цилиндрическом зеркале. При моделировании используем свойство биссектрисы, являющейся нормалью в точке

отражения. Это свойство описано в работе [3] и представляет собой соотношение $\frac{SK}{AK} = \frac{SL}{AL}$, где $A(x_A, y_A, z_A)$ -отражающаяся точка, $S(x_S, y_S, z_S)$ - точка зрения, $K(x_K, y_K, z_K)$ - искомая точка в зеркале, точка $L(x_L, y_L, z_L)$. лежит на биссектрисе и образуется пересечением прямой SA и нормали к цилиндру в точке $K(x_K, y_K, z_K)$.

Зададим круглое цилиндрическое зеркало радиуса $R=15$: $x^2 + y^2 = R^2$.

Уравнение отражающейся окружности радиуса $r=10$ имеет вид $(x_A - 30)^2 + y_A^2 = r^2$. Для $S(60, 0, 20)$ решаем систему уравнений в Maple:

```
>S:=evalf(solve({((xk-xs)^2+(yk-ys)^2+(zk-zs)^2)/((xk-xa)^2+(yk-ya)^2+(zk-za)^2)=((xl-xs)^2+(yl-ys)^2+(zl-zs)^2)/((xl-xa)^2+(yl-ya)^2+(zl-za)^2), xk=sqrt(R^2-yk^2), (xl-xk)/(2*xk)=zl-zk, (xl-xk)/(2*xk)=(yl-yk)/(2*yk), yl=(xl-xa)*(ys-ya)/(xs-xa)+ya,zl=(xl-xa)*(zs-za)/(xs-xa)+za}, [xk,yk,zk,xl,yl,zl]));
```

Затем из всех решений системы выбираем такие $K(x_K, y_K, z_K)$, которые лежат на выпуклой части зеркала.

Полученное изображение имеет вид, представленный на рис.3-4: Можно заметить, что размеры окружности существенно уменьшились. Для точки зрения $S(60, -40, 20)$ форма отраженной окружности крупный план смещения относительно оси зеркала показаны на рис.5-6.

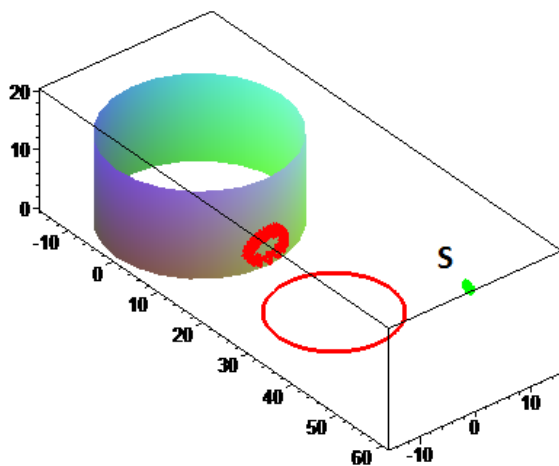


Рис.3. Модель отражения окружности в зеркале для $S(60, 0, 20)$

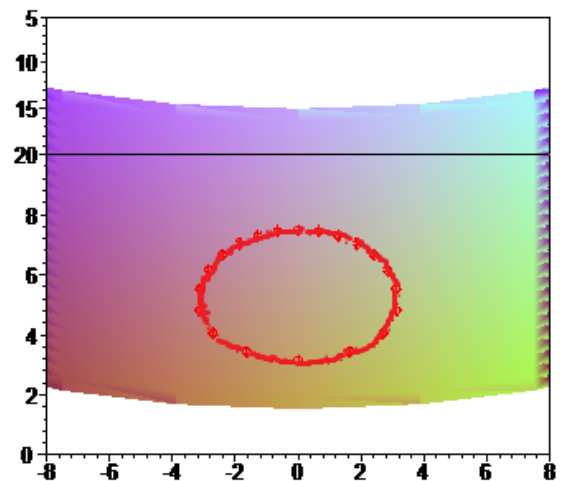


Рис.4. Крупный план изображения в зеркале цилиндра для $S(60, 0, 20)$

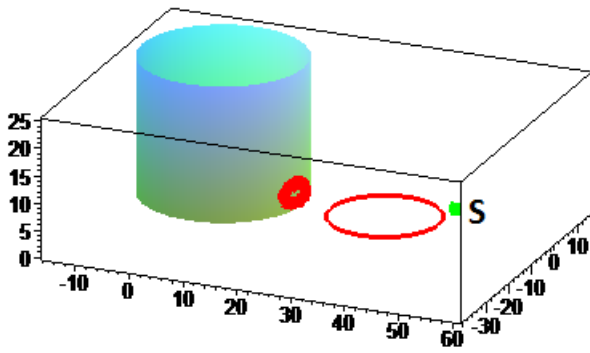


Рис.5. Модель отражения окружности в зеркале для $S(60,-40,20)$

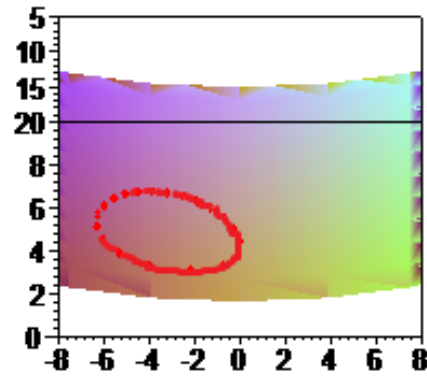


Рис.6. Крупный план изображения в зеркале цилиндра для $S(60,-40,20)$

Рассмотрим отражение той же окружности $(x_A - 30)^2 + y_A^2 = 100$ в эллиптическом цилиндре $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$, где $a=15$, $b=25$. Точка зрения имеет координаты $S(70,0,20)$. Изображение в зеркале увеличилось, получилось растянутым и сильно искаженным. Так получилось потому, что кривизна для эллиптического цилиндра в вершине малой оси эллипса в 3 раза меньше, чем у круглого цилиндра. Это свойство эллиптического цилиндра можно использовать, когда здание нужно сделать незаметным, как бы спрятанным. Например, на рис.2 зеркальные фасады эллиптического цилиндра делают его практически невидимым среди окружающей зелени.

Попробуем получить в эллиптическом цилиндре изображение эллипса $\frac{(x-40)^2}{20^2} + \frac{y^2}{5^2} = 1$. Получилась кривая в виде “чайки” (рис.8).

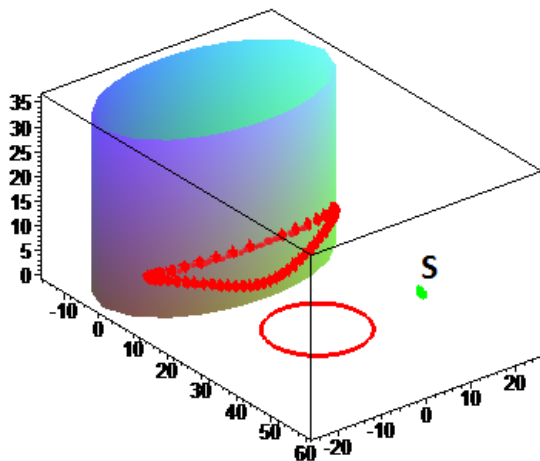


Рис.7. Отражение окружности в эллиптическом цилиндре

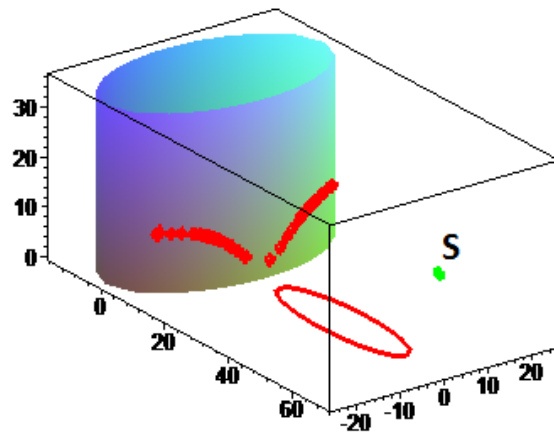


Рис.8. Отражение эллипса в эллиптическом цилиндре

Выводы. Отражение в кривых зеркалах, в частности в цилиндрических круговых зеркалах и эллиптических зеркалах могут быть

использованы для построения анаморфоза (уродливых изображений, которые при отражении имеют правильный вид).

Большой интерес представляет обратная задача, когда в кривом зеркале надо получить четкое изображение. Это материал дальнейших исследований.

Результаты исследований можно использовать в архитектуре при создании криволинейных зеркальных фасадов зданий, для получения интересных изображений в существующих фасадах, для создания новых форм.

Литература

1. Кривошапко С. Н., Иванов В. Н., Халаби С. М. Аналитические поверхности. – Москва: Наука, 2006. – 536 с.
2. Денисова Т. В. Отражение плоских объектов в конических зеркалах // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. трудов. — Симферополь : НАПКС, 2012. — Вып. 41. — С. 74—78.
3. Денисова Т. В. Отражение плоских объектов в криволинейных зеркалах // Прикладна геометрія та інженерна графіка. — Київ : КНУБА, 2012. — Вип. 90. — С. 97—101.
4. Вялков В.И. Отражения в цилиндрических зеркалах // Начертательная геометрия и ее приложения. — М-Л : Транспорт, 1969. — Вип. 240.
5. ANAMORPHIC ART at the London Knowledge Lab and the National Gallery, December 12 & 13 2008
6. Self-anamorphic images A.P. Crompton¹ & F.E. Brown
7. Рэй Смит Настольная книга художника. – Москва: Астрель, 2004
8. <http://log-in.ru/articles/anamorfoznoe-iskusstvo/>

ВІДБИТТЯ КОНІК В ЦИЛІНДРИЧНИХ ДЗЕРКАЛАХ

Т.В. Денисова

У роботі представлені геометричні та аналітичні залежності відбиття кривих другого порядку в круглому і еліптичному циліндрі. Представлені комп'ютерні моделі отриманих результатів. Розглянуто вплив кривини поверхні на її відбивальні властивості.

REFLECTION OF CONICS IN CYLINDRICAL MIRRORS

T. Denysova

The paper presents the geometric and analytic dependence of the reflection curves of the second order in a circular and elliptic cylinder. Computer models of the obtained results are presented. The effect of the surface curvature on its reflective properties is considered.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ ЭКСПОЗИЦИИ

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
Украина*

Усовершенствована методика расчета технико-экономической эффективности систем освещения зданий путем применения экспозиции при определении времени использования естественного освещения с учетом их светотехнической эффективности. Она особенно эффективна при сравнении вариантов светопроемов друг с другом, а также при разработке программ для светового кондиционирования помещений.

Постановка проблемы. Известно, что системы естественного освещения (ЕО) зданий в значительной степени оказывают влияние на их энергоэффективность.

Рост стоимости электроэнергии делает ЕО существенным экономическим фактором. Однако экономика ЕО определяется не только экономией энергоресурсов. Исследования, проводившиеся в нашей стране, показали, что хороший естественный свет в большей степени стимулирует рост производительности труда, чем аналогичное по качеству и уровням искусственное освещение. Велика роль естественного света и при создании благоприятной психо-физиологической обстановки в помещении.

Системы ЕО играют значительную роль в архитектурном оформлении интерьеров и на эстетическое качество интерьеров и внешнюю архитектуру здания.

В то же время системы ЕО зданий являются одними из наиболее уязвимых элементов архитектурно-конструктивного решения. Они в большей степени подвергаются воздействию наружного и внутреннего загрязнения. Светопроемы являются источниками значительных теплопотерь и теплопоступлений в здание.

Форма светопроемов, их аэродинамические характеристики, играют значительную роль в распределении снеговых нагрузок на покрытие, влияют на скопление пыли и снега. Фонари и окна могут быть наиболее слабым местом ограждений с точки зрения протечек, неконтролируемой инфильтрации воздуха и т.п.

Все эти факторы делают проектирование систем ЕО весьма сложной задачей, связанной с оптимизацией их формы, размеров и размещения в ограждении. Именно эти факторы в значительной степени зависят от проектировщика.

В данной работе рассматривается один из аспектов этого сложного процесса технико-экономическая эффективность систем освещения зда-

ний.

Анализ основных исследований и публикаций. В одной из предыдущих статей автором был предложен критерий, объединяющий и количественные и временные характеристики освещения – экспозиция [1]. В ней было выдвинуто предположение, что этот критерий может участвовать в оценке экономической эффективности систем освещения зданий.

Российскими специалистами предложена методика технико-экономической оценки систем освещения зданий с учетом временных характеристик естественного освещения [2].

Целью данной работы является усовершенствование предложенной методики с использованием экспозиции.

Основная часть. Согласно этой методике среднегодовые затраты на потребление электрической энергии на освещение Z_{el} для данного варианта системы определяется по следующей формуле

$$Z_{el} = N \cdot z \cdot C, \quad (1)$$

где N – удельная установленная мощность системы искусственного освещения помещения, Вт/м²;

z – продолжительность использования искусственного освещения, ч/год для данного варианта;

C – перспективная стоимость электрической энергии, гр.

В данном случае под временем использования понимается чисто временная продолжительность между моментами отключения (утром) и включения (вечером) искусственного освещения.

Однако во многих случаях, как при совмещенном освещении, так и при световом кондиционировании встает вопрос о количественном учете величины природного освещения и его влияние на время использования естественного освещения. В данной ситуации лучше всего использовать экспозицию освещения.

Экспозиция \mathcal{E} , лк·ч, определяет поверхностную плотность световой энергии падающего излучения и определяется в общем виде из следующего выражения

$$\mathcal{E} = \int_{t_1}^{t_2} E(t) dt. \quad (2)$$

Процесс зрительного восприятия в помещениях связан с постоянством количества освещения, т.е. чем меньше освещенность, тем больше времени необходимо для различия (опознания) объекта, и наоборот, чем больше освещенность, тем меньше времени необходимо для различения. При недостаточном уровне экспозиции процесс накопления зрительного вещества в фоторецепторах будет опережать процесс разложения, и глаз будет перенапрягаться, особенно при восприятии мелких объектов. И, наоборот, при высоком уровне экспозиции процесс разложения вещества будет опережать процесс накопления. Фоторецепторы будут очень часто посылать в мозг электрические сигналы, что связано с перевозбуждением зрительной

системы. И не случайно при таком положении мы стремимся закрыть окна шторами.

В статье К.И. Иоффе [3] отмечается, что при нормировании освещения в помещениях в качестве критерия оценки необходимо использовать не освещенность на горизонтальной поверхности, а экспозицию на зрачке глаза. В этом случае обеспечивается синхронизация гипоталамических структур и организма в целом, а также оптимизируются энергетические характеристики систем освещения.

В связи с этим учет временных характеристик важен не только с экономической точки зрения, а и с медицинской.

Впервые этот критерий был предложен Т. Глаголевой [4] для определения нормативного значения КЕО в промышленных зданиях.

В качестве $E(t)$ (формула 2) может быть введена любая освещенность, которая эффективно оценивает данный вид зрительной работы. Это может быть и средняя сферическая освещенность, полусферическая, цилиндрическая и др.

Методика определения затрат с учетом экспозиции следующая.

Определяется суммарная годовая экспозиция под открытым небосводом \mathcal{E}_n . Все расчеты лучше всего осуществлять с использованием программных комплексов, таких как Radiance, Лара и др., а также по методике, изложенной в [2], хотя точность расчетов при этом будет низкая. На рис.1 представлен пример расчета наружной годовой экспозиции (все расчеты осуществлялись с использованием программы Radiance для условий полусферического небосвода).

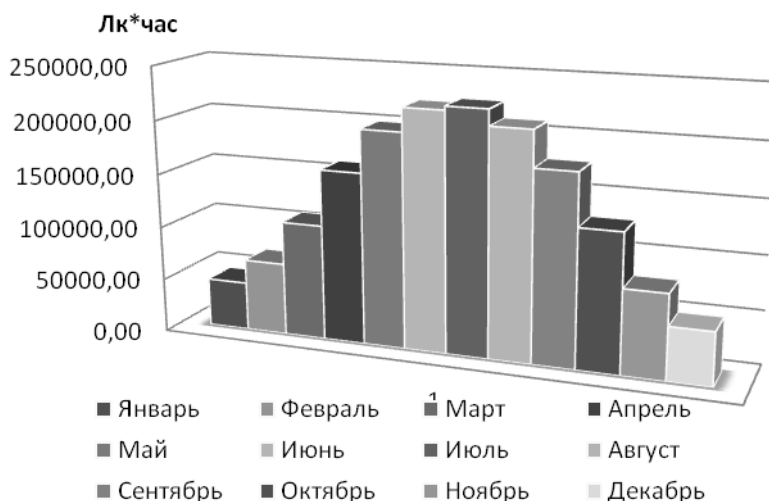


Рис.1. Годовая экспозиция на открытой местности в г. Киеве

Определяется суммарная годовая экспозиция в помещении $\mathcal{E}_в$. На рис.2 представлен пример расчета экспозиции в центральной точке офисного помещения размером в плане 6,15×3,05 м, размер окна 2,1×1,32 м. Расчётная точка расположена на высоте 0.85 м в месте пересечения диагоналей.

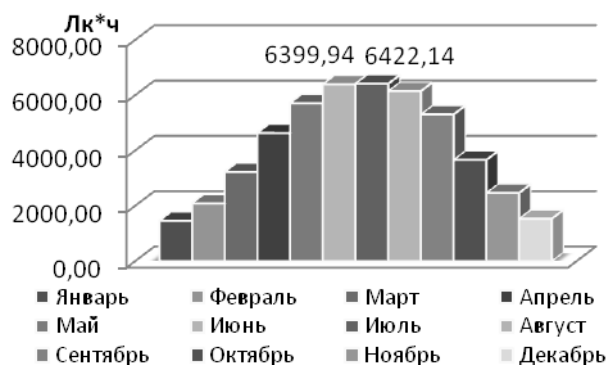


Рис.2. Годовая экспозиция в офисном помещении при вертикальном светопроеме

Используя соотношение (3) определяется время использования

$$\frac{Э_n}{Э_в} = \frac{T_с}{T_э}, \quad \text{отсюда} \quad T_э = \frac{T_с Э_в}{Э_n}, \quad (3)$$

где $T_о$ – время использования естественного света под открытым небосводом, ч/год;

$T_е$ – время использования естественного освещения в помещении, ч/год.

Продолжительность использования искусственного освещения, z , определится из следующей зависимости

$$z = T - T_э, \quad (4)$$

где T – время работы искусственного освещения в помещении в зависимости от условий его эксплуатации (например, количества рабочих смен в промышленных зданиях, рабочих помещениях), ч/год.

Как видно из формулы (3) время использования ЕО определяется с учетом эффективности светопроемов улавливать естественный свет и распределять его по объему помещения.

В численном эксперименте эффективность определялась для трех положений светопроема: вертикальный, горизонтальный и наклонный (мансардный) при различных ориентациях. Наиболее эффективным оказался наклоненный по углом 45° светопроем восточной ориентации.

Выводы. Уточнена методика технико-экономической оценки систем освещения зданий. Она особенно эффективна при сравнении вариантов светопроемов друг с другом, у которых одинаковое время использования. Также при разработке программ для светового кондиционирования помещений.

Перспективы дальнейших исследований. В этой работе проведены исследования для помещения с одним светопроемом, т.е. простейшая система, и с горизонтальной освещенностью. Получены прогнозируемые результаты. Однако, для сложных систем ЕО трудно прогнозировать какие-либо результаты. Поэтому дальнейшие исследования будут направлены на отработку данной методики для различных систем с введением в экспозицию пространственных характеристик светового поля, что, к сожалению, недоступно для программного комплекса Radiance.

Литература

1. Егорченков В.А. Моделирование естественного освещения зданий с учетом временных характеристик. – В кн. "Геометрическое моделирование и компьютерные технологии, практика, образование: Материалы VI международной научно-практической конференции"/Редкол.: Ю.М. Тормосов (отв.ред.) и др.; Харьк. гос. ун-т питания и торговли. – Харьков, 2009. – С. 159-163.
2. СП 23-102-2003. «Естественное освещение зданий». Свод правил по проектированию и строительству. – М., 2005. – 87 с.
3. Иоффе К.И. Биологическое влияние видимого света на организм человека/Світлотехніка та електроенергетика, 2008, №3. – С. 21-29.
4. Глаголева Т.А. Естественное освещение промышленных зданий. – М.: Профиздат, 1961. – 88 с.

ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ З УРАХУВАННЯМ ЕКСПОЗИЦІЇ

В.О. Єгорченков

Удосконалена методика розрахунку техніко-економічної ефективності систем освітлення будівель шляхом застосування експозиції при визначенні часу використання природного освітлення з урахуванням їх світлотехнічної ефективності. Вона особливо ефективна при порівнянні варіантів світлопрорізів друг з другом, а також при розробці програм для світлового кондиціонування приміщень.

EFFICIENT LIGHTING SYSTEMS OF BUILDINGS IN VIEW THE EXPOSITION

V. Yegorchenkov

There has been refined on the procedure of the calculation of technical and economic efficiency of buildings lighting systems through the use of light exposure in determining the time of use of natural lighting, taking into account their lighting efficiency. It is particularly effective in comparison of options of light openings with each other, as well as in development of programs for light conditioning of rooms.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ИНФРАКРАСНОГО НАГРЕВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ

Южный филиал НУБиП Украины «Крымский агротехнологический университет», г.Симферополь, Украина

Рассмотрено использование тепловой вычислительной модели при разработке системы инфракрасного излучения, предназначенной для локального нагрева удаленной поверхности. Показано, что тепловая модель переноса излучения позволяет проектировать эффективные инфракрасные системы с использованием зеркально отражающих поверхностей, благодаря возможности определения полей потоков излучения в системах с источником излучения конечных физических размеров и многократным отражением излучения при наличии кондуктивного теплообмена в прозрачной для излучения среде.

Инфракрасный нагрев поверхностей используется для осуществления технологических процессов подготовки к нанесению покрытий и сушки в машиностроении, строительстве, пищевой промышленности. Положительными свойствами лучистого переноса энергии являются непосредственная передача энергии от источника к поверхности, возможность создавать значительные тепловые потоки на единицу площади поверхности, малая инерционность изменения потока излучения во времени [1]. К главным недостаткам устройств, использующих лучистую теплопередачу, следует отнести высокую неравномерность распределения теплового потока по облучаемой поверхности и существенные потери энергии из-за рассеяния теплового излучения в окружающее пространство [2].

Элементами системы инфракрасного (ИК) нагрева являются источник излучения, зеркально или диффузно отражающие поверхности, направляющие или преграждающие путь потоку излучения к облучаемой поверхности, облучаемая поверхность и прозрачная для излучения среда, разделяющая источник, отражающие и облучаемые поверхности. Элементом системы могут являться также устройства преломления потока излучения, например, линзы или призмы.

При разработке систем ИК нагрева используют оптико-геометрические представления о распространении излучения и экспериментальные данные о распределении потоков теплового излучения от выпускаемых промышленностью источников [2, 3].

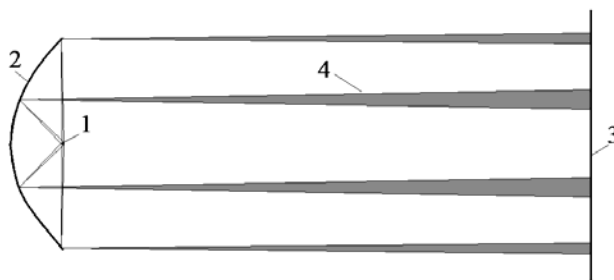
Существенно расширить возможности проектирования и создания ИК систем позволяет использование вычислительных моделей, основанных на решении уравнений энергетического баланса прозрачной

для излучения среды, находящейся между источником излучения и облучаемой поверхностью [4]. Такие модели позволяют учесть физические размеры и форму источника излучения, оптические свойства отражающих поверхностей, облучаемой поверхности и среды, разделяющей источник и облучаемую поверхность, многократность отражения излучения в системе, спектральные характеристики излучения, поглощения и преломления всех элементов системы, оценивать тепловой баланс проектируемой системы в условиях сложного кондуктивно-конвективно-лучистого теплообмена.

Тепловые вычислительные модели представляют собой аппроксимации уравнений сохранения массы, количества движения и энергии для конечно-элементного представления области пространства, на границах которой заданы условия теплообмена различного рода.

Решением тепловой модели являются значения суммарного теплового потока и теплового потока излучения, термодинамической и радиационной температуры в узлах или элементах расчетной области.

Рассмотрим пример использования тепловой вычислительной модели при разработке ИК системы, задачей которой является передача потока излучения через воздушную среду на заданное расстояние с малым рассеянием энергии (см. рис.1). Для снижения стоимости системы линзы в нее не включаем. Источник излучения – спираль линейной лампы накаливания, размещенная в геометрическом фокусе параболоцилиндрического зеркального отражателя. Диаметр спирали - 2 мм, ширина отражателя – 200 мм, фокусное расстояние – 50 мм, ширина облучаемой поверхности или площадки облучения – 300 мм. Облучаемая поверхность удалена от источника излучения на расстояние 1000 мм. Для выбранной ширины отражателя источник излучения максимально удален от поверхности отражателя, что способствует снижению тепловых потерь системы за счет кондуктивно-конвективной теплопередачи в поверхность отражателя и уменьшению угла рассеяния излучения от источника конечного физического размера.



1 – источник ИК излучения; 2 – зеркальный параболоцилиндрический отражатель; 3 – облучаемая поверхность; 4 – ход отраженных лучей

Рисунок 1. Схема ИК системы.

Для схемы на рис.1 получим решение тепловой модели, задав граничные условия 1-го рода на стенке 3 и границах воздушной среды (температура 300 К, степень черноты 1), условия 2-го рода на поверхности источника излучения (тепловой поток 50000 Вт/м^2 , степень черноты 1) и

условия 3-го рода для лучисто-конвективного теплообмена отражателя 2 (для внутренней поверхности степень черноты 0, коэффициент диффузности отражения 0; для внешней поверхности степень черноты 0, температура окружающей среды термодинамическая 300 К, радиационная 300 К, коэффициент теплоотдачи в окружающую среду 10 Вт/м²К). Свойства среды в расчетной области соответствуют свойствам сухого воздуха, конвективную составляющую теплообмена не учитываем. В модели используем комбинированную сетку конечных элементов: регулярную в области поверхности источника излучения и треугольную. Характерный размер сетки – 1 мм. Для решения задачи лучистого теплопереноса используем модель дискретных ординат с дискретизацией по углу $\varphi=180$ (1 луч на 2°) [5].

На рис.2 приведена контурная картина поля потока излучения в расчетной области и диаграмма распределения радиационной температуры на облучаемой поверхности.

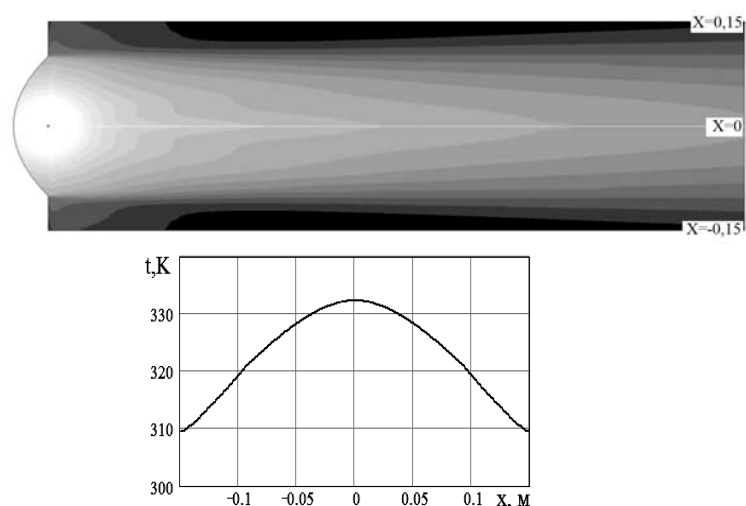
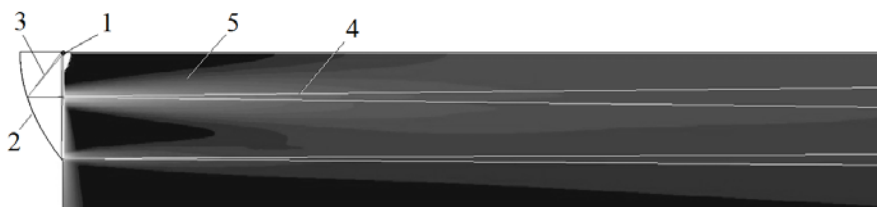


Рисунок 2. Поле потока излучения и распределение радиационной температуры на облучаемой поверхности

Для установления соответствия хода лучей оптической модели интенсивности излучения тепловой модели решим тепловую модель для случая, когда свойствами зеркального отражения обладают только отдельные участки параболической поверхности, а прямого излучения от источника в правую от него полуплоскость нет. Результаты сопоставления приведены на рис.3 и показывают, что тепловая и оптическая модели одинаково описывают передачу излучения в части направления. Тепловая модель дополнительно позволяет определить распределение интенсивности излучения в заданном направлении.

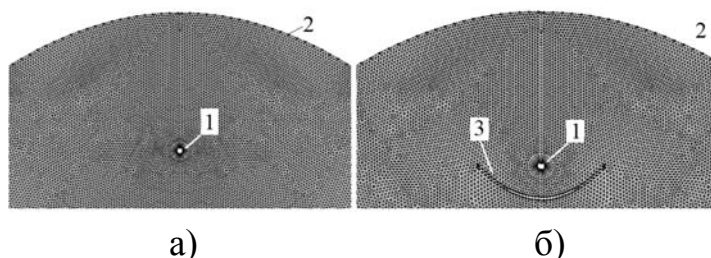


1 – источник излучения; 2 – отражатель; 3 – оптические лучи прямого излучения; 4 – оптические лучи отраженного излучения; 5 – поле интенсивности излучения

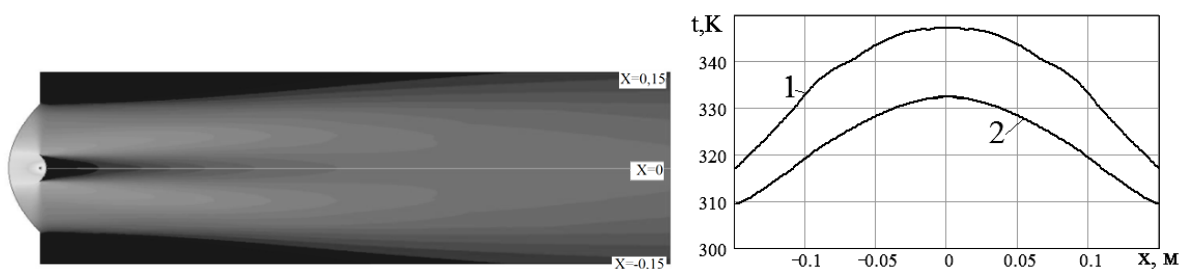
Рисунок 3. Соответствие хода лучей оптической модели и поля интенсивности излучения тепловой модели

Анализ распределения потоков энергии ИК системы показывает, что 49% мощности источника излучения падает на площадку облучения шириной 300 мм, а 51% мощности рассеивается в окружающее пространство, из которых 5,2% - через поверхность отражателя.

Для уменьшения рассеяния энергии излучения за пределы площадки облучения в рассматриваемую схему ИК системы включим затеняющий поверхность облучения параболический зеркальный отражатель с фокусным расстоянием 10 мм, разместив его так, что фокус параболы совпадает с центром источника излучения (см. рис.4). Установка затеняющего отражателя 3 позволила направить поток излучения источника в правую полуплоскость на отражатель 2, что привело к увеличению мощности излучения, падающего на площадку облучения, до 81,7% мощности источника. Поле потока излучения и диаграмма распределения радиационной температуры для схемы с затеняющим отражателем приведены на рис.5.

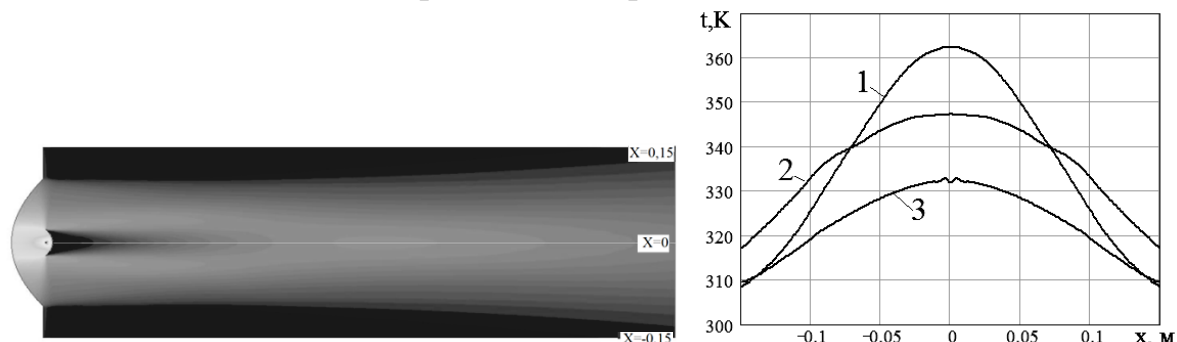


а) исходная схема; б) схема с затеняющим зеркальным отражателем; 1 – источник излучения; 2 – отражатель; 3 – затеняющий отражатель
Рисунок 4. Схема размещения затеняющего отражателя



1 – схема с затеняющим отражателем; 2 – исходная схема
Рисунок 5. Поле потока излучения и распределение радиационной температуры на облучаемой поверхности для схемы с затеняющим отражателем

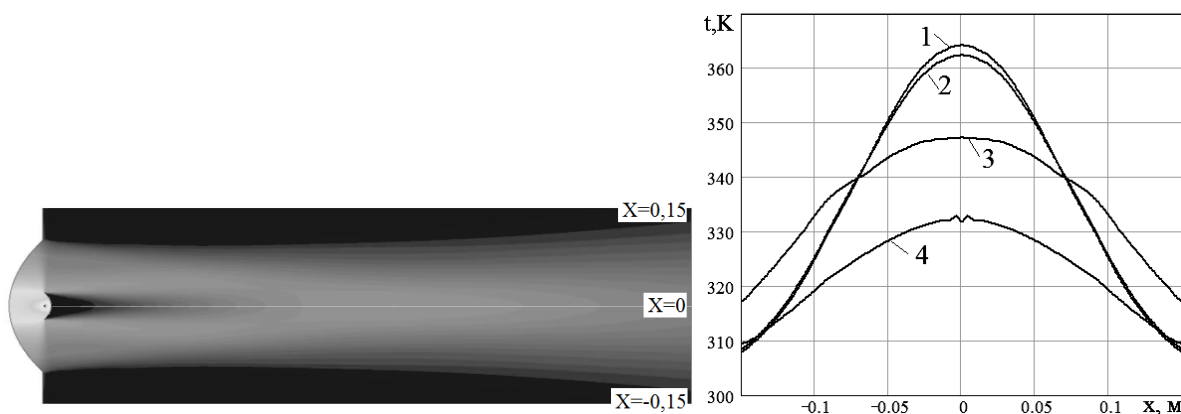
Далее сместим источник излучения вместе с затеняющим отражателем в направлении площадки облучения. Мощность излучения на площадку достигает максимума, равного 86,1%, при смещении 5 мм. Поле потока излучения и диаграмма распределения радиационной температуры для схемы со смещением приведены на рис.6.



1 – схема со смещением источника излучения; 2 – схема с затеняющим отражателем; 3 - исходная схема

Рисунок 6. Поле потока излучения и распределение радиационной температуры на облучаемой поверхности для схемы со смещением источника излучения

Следующим шагом концентрации потока излучения на площадке облучения выполним поворот периферийной части параболического профиля отражателя к центру, в результате которого получим увеличение мощности излучения на площадку до 87%. Поле потока излучения и диаграмма распределения радиационной температуры для схемы с поворотом части профиля приведены на рис.7.



1 – схема с поворотом части отражателя; 2 – схема со смещением источника излучения; 3 – схема с затеняющим отражателем; 4 - исходная схема

Рисунок 7. Поле потока излучения и распределение радиационной температуры на облучаемой поверхности для схемы с поворотом части профиля отражателя

Выводы.

Тепловая модель переноса излучения позволяет проектировать эффективные системы ИК нагрева с использованием зеркально отражающих поверхностей, благодаря возможности определения полей

потоков излучения в системах с многократным отражением ИК излучения при наличии кондуктивного теплообмена в прозрачной для излучения среде.

Литература

1. Дринберг А.Я., Снедзе А.А., Тихомиров А.В. Технология лакокрасочных покрытий. Л. – М.: Государственное научно-техническое издательство химической литературы, 1951. – 528 с.
2. Блох А.Г., Журавлев Ю.А., Рыжков Л.Н. Теплообмен излучением: Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 432 с.
3. Гинзбург А.С. Инфракрасная техника в пищевой промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 407 с.
4. Суржиков С.Т. Вычислительный эксперимент в построении радиационных моделей излучающего газа. – М.: Наука, 1992. – 157 с.
5. The Discrete Ordinates (DO) Radiation Model. Radiative Heat Transfer. Modeling Heat Transfer. Fluent 6.0 manual // Help for Fluent 6.1 package. Fluent Inc., 2001. -V. 11.-P. 14-15.

РОЗРОБКА СИСТЕМ ІНФРАЧЕРВОНОГО НАГРІВУ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛОВИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ *О.О. Завалий*

Розглянуто використання теплової обчислювальної моделі при розробці системи інфрачервоного випромінювання, призначеної для локального нагрівання віддаленої поверхні. Показано, що теплова модель переносу випромінювання дозволяє проектувати ефективні інфрачервоні системи з використанням дзеркально відбиваючих поверхонь, завдяки можливості визначення полів потоків випромінювання в системах з джерелом випромінювання кінцевих фізичних розмірів і багаторазовим відбиванням випромінювання при наявності кондуктивного теплообміну в прозорому для випромінювання середовищі.

DEVELOPMENT OF INFRARED HEATING SYSTEMS USING THERMAL COMPUTATIONAL MODELS *A. Zavalii*

The paper presents usage of the thermal computational model for the development of infrared radiation system, intended for local warming of a remote surface. The presented thermal radiation transport model allows the design of efficient infrared systems using reflective mirror surfaces. This is due to ability to define fields of radiation fluxes in systems with a source of radiation of ultimate physical dimensions and multiple reflection of radiation in the presence of conductive heat transfer in a transparent to the radiation medium.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ БИОФОРМЫ

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

Рассмотрены обобщенные координатные системы, позволяющие моделировать биоформы в процессе роста по заданной траектории или поверхности. Приведены формулы преобразования координат специальных систем в традиционные.

Постановка проблемы. Формы живой природы изменяют свою структуру в процессе роста по определенным траекториям. Ставится задача сформировать этот процесс единой геометрической моделью.

Постановка задания. Направление роста задается направляющей фигурой (плоскость, поверхность, плоская или пространственная кривая). Для того, чтобы направляющая фигура являлась носителем сетки дискретизации она должна быть основой некоторой обобщенной координатной системы, в которой формируется дискретный каркас поверхности моделируемой биоформы.

В зависимости от постановки геометрической задачи используют различные координатные системы, среди которых традиционными (наиболее употребляемыми) в трехмерном пространстве являются: прямоугольная декартова, косоугольная (аффинная), полярная цилиндрическая, полярная сферическая, проективная и т.д.

Анализ последних исследований. Известны исследования, связанные с применением специальных (обобщенных) координатных систем [1, 2 и т.д.]. Авторы справочника [3] определяют координатную систему как « схему правил, описывающих каждый объект (точку) некоторого класса». Координатную систему в n -мерном точечном пространстве можно рассматривать как аппарат, позволяющий фиксировать n параметров точек. При этом параметры могут быть величинами различной природы (расстояния, углы, отношения и т.д.) Координаты могут отсчитываться вдоль двупараметрического множества линий, которые называются координатными линиями. Координатные системы, где координатными линиями являются прямые, называются линейными. Любая линейная система координат может рассматриваться как двупараметрическое множество координатных прямых (конгруэнция), где задана система отсчета луча конгруэнции и начало отсчета линейной координаты вдоль луча.

С учетом особенностей роста биоформы [4]. предлагается обобщенная линейная система координат, где началом отсчета линейной координаты является поверхность (плоскость) или линия (кривая или прямая). Модель реализуется наиболее просто, если множество координатных прямых представляют собой гиперболическую

конгруэнцию, одна из фокальных фигур которой обеспечивает расслоение конгруэнции на множество плоскостных пучков.

На рис. 1 показана конгруэнция прямых, фокальными фигурами которой является некоторый торс Δ и кривая s . Конгруэнция расслаивается на множество плоскостей инцидентности Σ_i . Каждой плоскости Σ_i принадлежит пучок лучей конгруэнции с центром S на фокальной кривой s .

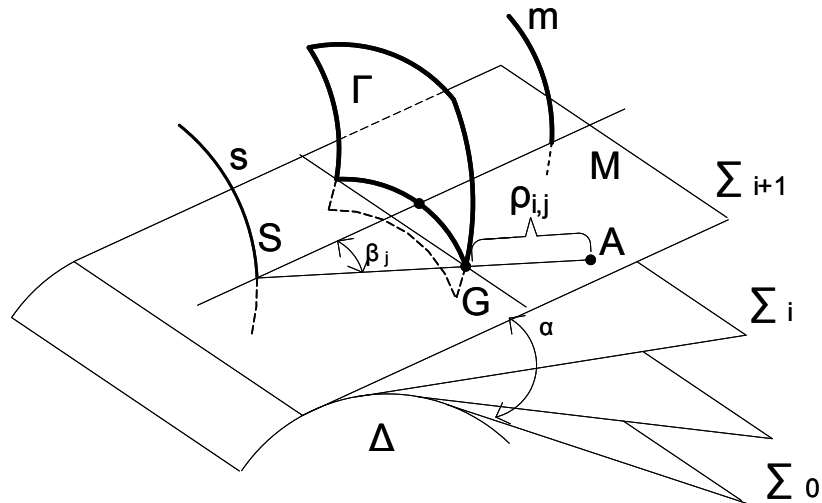


Рис. 1.

Произвольная точка A трехмерного пространства имеет три координаты α , β и ρ . Началом отсчета параметра α является заданная плоскость инцидентности Σ_0 , началом отсчета параметра β является фиксированная в данной плоскости прямая SM , где точка M определяется в результате пересечения заданной линии m с плоскостью инцидентности. Началом отсчета линейного параметра ρ является кривая g , получаемая в результате сечения заданной поверхности Γ плоскостью Σ_i . Направляющая поверхность является носителем сетки дискретизации.

Элементы представленного аппарата могут принимать различную форму и положение и совпадать. При этом образуется множество линейных координатных систем с направляющей фигурой роста, которая является носителем сетки дискретизации моделируемой поверхности. Например, фокальная фигура Δ может быть торсом, конической или цилиндрической поверхностью, прямой линией (собственной или несобственной). Фокальная фигура S может быть кривой (плоской или пространственной), прямой линией, собственной или несобственной. Фигура Γ может быть произвольной поверхностью, плоскостью или линией, совпадающей с фокальной фигурой S .

С одной стороны, формирование точечных каркасов поверхностей способом конечных разностей можно выполнять непосредственно в специальной координатной системе, заменяя параметры X , Y , Z соответствующими параметрами специальной системы. С другой стороны

формирования точечных каркасов такой поверхности можно представить как соответствующее преобразование каркаса, сформированного в декартовой системе координат. Авторы справочника [3] на стр. 362 приводят трактовку такого преобразования как «Активную» точку зрения, или точку зрения «alibi» на преобразование координат, при котором каждой точке объекта в этой же координатной системе относится новая точка.

Формирование дискретных точечных каркасов поверхностей в специальных более сложных координатных системах в литературе отсутствует.

Поскольку для решения большинства прикладных задач используются традиционные координатные системы, необходимы соответствующие формулы перехода из специальной системы в традиционную. В общем случае, не имея конкретных параметров специальной координатной системы, это сделать невозможно. Поэтому такие формулы перехода необходимо выводить в каждом конкретном случае.

Рассмотрим примеры специальных координатных систем и формы перехода из них в декартову прямоугольную систему координат.

Полярная система координат на основе эвольвенты.

Фокальными фигурами конгруэнции координатных прямых являются фронтально проецирующий круговой цилиндр Δ и несобственная вертикальная прямая. Тогда конгруэнция расслаивается на плоские пучки двояко. С одной стороны пучки лучей конгруэнции принадлежат к фронтальным плоскостям, а с другой стороны – фронтально-проецирующим плоскостям, которые огибают цилиндр Δ . Началом обсчета полярного угла α является плоскостью XOY .

Каждой плоскости инциденции лучей принадлежит пучок фронтальных координатных прямых. Поэтому параметру β обобщенной координатной системы соответствует координата Y . Рассмотрим два простейших варианта выбора направляющей поверхности Γ обобщенной координатной системы.

1. Поверхность Γ совпадает с цилиндром Δ (рис. 2).

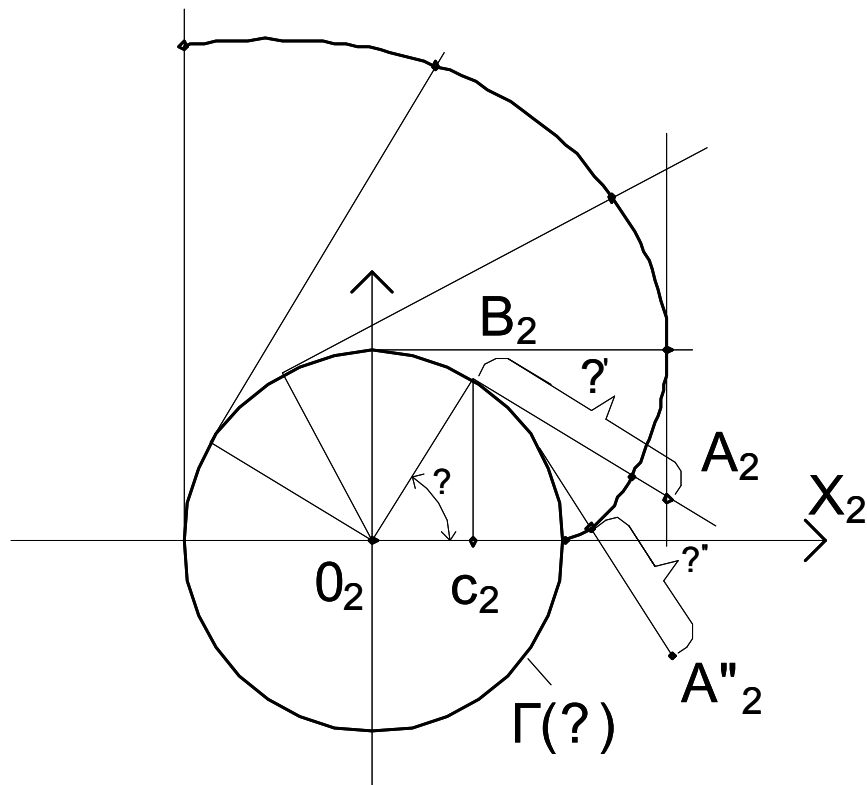


Рис. 2

Началом отсчета параметра ρ' являются образующие цилиндра Γ . В этом случае формулы перехода в декартову систему координат имеют вид:

$$\begin{aligned} X &= R \cos \alpha + \rho \sin \alpha \\ Y &= Y \\ Z &= R \sin \alpha + \rho \cos \alpha \end{aligned} \quad (1)$$

2. Поверхность Γ является эвольвентным цилиндром и является началом отсчета параметра ρ'' . Тогда формулы (1) приобретают вид:

$$\begin{aligned} X &= R \cos \alpha + \frac{2\pi R \alpha \sin \alpha}{180^\circ} + \rho \sin \alpha \\ Y &= Y \\ Z &= R \sin \alpha - \frac{2\pi R \alpha \cos \alpha}{180^\circ} - \rho \cos \alpha . \end{aligned} \quad (2)$$

Тороидальная система координат (рис. 3).

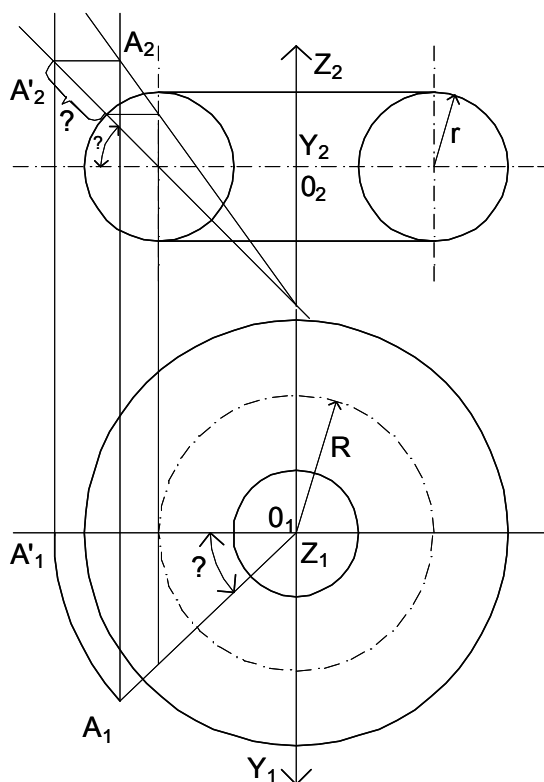


Рис. 3

Фокальными фигурами конгруэнции координатных прямых является ось OZ и осевая окружность тора

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = R^2 \\ z = 0 \end{cases}$$

(3)

Конгруэнция расслаивается на множество плоских пучков лучей в вертикальных плоскостях проходящих через ось OZ и имеющих центры на осевой окружности тора. Параметры α , β и ρ повторяют параметры обобщенной координатной системы. Направляющей фигуре Δ обобщенной системы соответствует либо поверхность тора, либо осевая окружность тора.

В последнем случае формулы перехода в декартову систему координатную систему имеют вид:

$$\begin{aligned} X &= (R + \rho \cos \beta) \cos \alpha \\ Y &= (R + \rho \cos \beta) \sin \alpha \\ Z &= \rho \sin \beta. \end{aligned} \quad (4)$$

Если направляющей фигуре Δ соответствует поверхность тора, формулы (4) приобретают вид:

$$\begin{aligned} X &= [R + (r + \rho) \cos \beta] \cos \alpha \\ Y &= [R + (r + \rho) \cos \beta] \sin \alpha \\ Z &= (r + \rho) \sin \beta. \end{aligned} \quad (5)$$

Пример 1.

Дискретный точечный каркас поверхности, изображенной на рис. 4 сформирован в полярной системе координат на основе эвольвенты окружности. Направляющей поверхностью роста биоформы является круговой цилиндр $x^2 + z^2 = 4$.

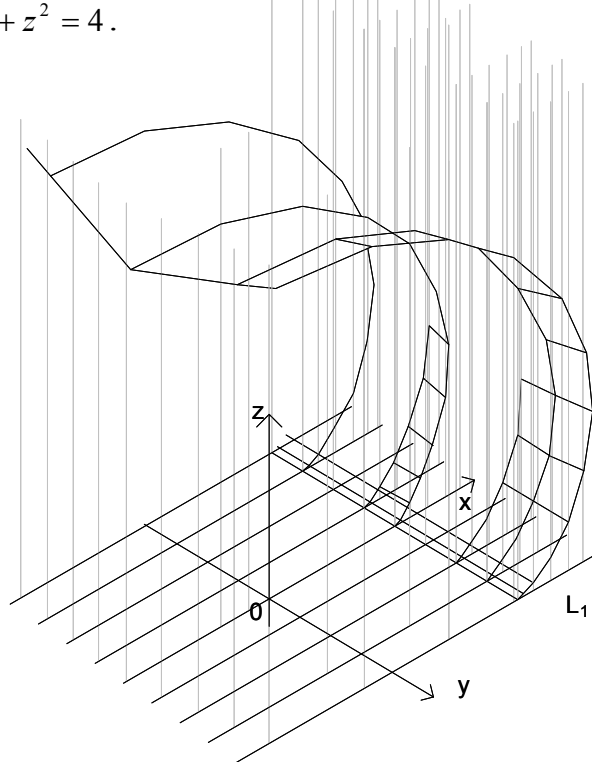


Рис. 4

Изменения формы в процессе роста задано вычислительными операторами:

$$\begin{array}{l} \text{изменение полярного угла } \alpha \quad \begin{array}{cc} 1 & -1 \\ -1 & +1 \end{array} + 0,07 = 0 \\ \text{изменение радиуса вектора } \rho \quad \begin{array}{cc} 1 & -1 \\ -1 & +1 \end{array} - 0,01 = 0 \end{array}$$

в качестве начальных условий приняты точки на прямой $l : X = 4; Z = 0; Y = ih$, где $h = 1$, и точки на эвольвенте окружности:

$$\begin{cases} x^2 + z^2 = 4 \\ y = 0 \end{cases}$$

с шагом $\alpha = 15^\circ$.

Пример 2

Дискретный точечный каркас поверхности, изображенной на рис. 5 сформирован в полярной системе координат на основе тора. Направляющей поверхностью роста биоформы является тор $(\sqrt{x^2 + y^2} - 2)^2 + z^2 = 9$. Поэтому для перехода в декартову систему координат используем формулы (7), где $r = 3, R = 2$, а $\alpha; \beta; \rho$ – полярные координаты.

Дискретные параметры α и β имеют постоянный угловой шаг соответственно 10° и 15° . Исходными (начальными) условиями для

определения значений параметра ρ приняты точки на кривых a и b и разностной оператор

$$\begin{array}{c} \circ \\ \circ \quad \circ \\ \circ \end{array} + P = 0$$

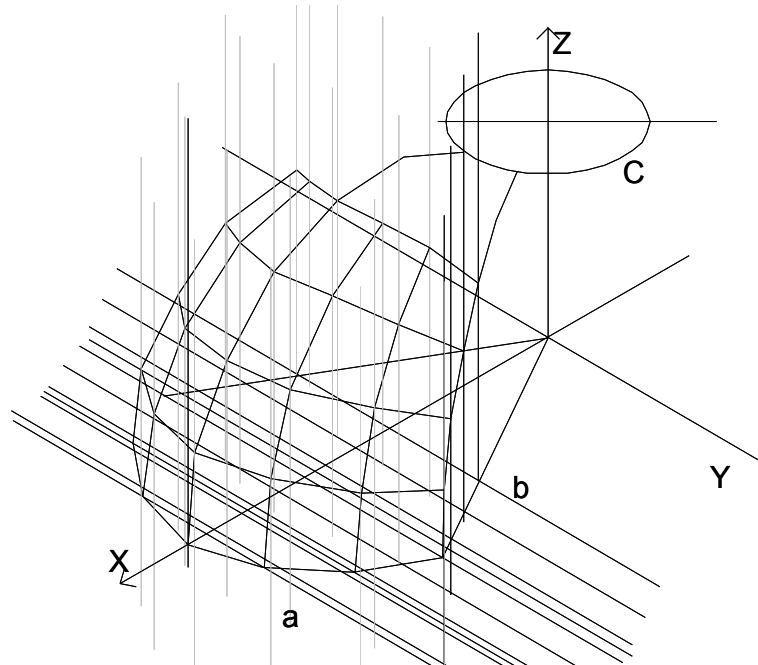


Рис. 5

Для того, чтобы поверхность в итоге роста прошла через точки окружности c

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = 4 \\ z = 5, \end{cases}$$

задача с начальными условиями была заменена на задачу с краевыми условиями. Поэтому координаты узлов определены из системы конечно – разностных уравнений, составленных для каждого неизвестного узла.

Выводы. Выполненное обобщение координатных систем позволяет моделировать биоформы в процессе роста по заданной траектории или направляющей поверхности. Приведенные формулы преобразования координат позволяют описывать точечные каркасы моделируемых биоформ в традиционных координатных системах.

Литература

1. Скидан И.А. Квазисферические координаты и их применение в прикладной геометрии. « Прикладная геометрия». Вып. 23. - К.: « Будівельник», 1977. -с. 38-42.

2. Слав Л.И. Об одном подходе к конструированию нелинейных преобразований. «Прикладная геометрия и инженерная графика», вып. 35.- К.:«Будівельник»,1983 -с. 113–116.

3. Корн Г., Корн Т. «Справочник по математике для научных работников и инженеров». - М: «Наука» 1968. - 720 с.

4. Кащенко А.В., Ковальов С.Н. Дискретное моделирование принципов видоизменения биоформы в процессе ее роста.- Міжвідомчий науково-технічний збірник “Прикладна геометрія та інженерна графіка”. Вип. 90. - К.: КНУБА, 2012 - с. 138-144.

МОДЕЛЮВАННЯ НАПРЯМКУ РОЗВИТКУ БІОФОРМИ

О.В. Кащенко

Розглянуто узагальнені координатні системи, що дозволяють моделювати біоформи в процесі росту по заданій траєкторії або поверхні. Наведено формули перетворення координат спеціальних систем на традиційні.

MODELING OF THE BIOFORM DEVELOPMENT DIRECTION

A. Kashchenko

It is considered generalized coordinate systems, allowing prototype bioform in process of the growing on given to paths or directing surfaces. It is worked out formulas of transformation coordinates of the special systems in traditional.

РЕАЛІЗАЦІЯ МУЛЬТИДИСЦИПЛІНАРНОГО ПІДХОДУ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ

*Київський національний університет будівництва і архітектури,
Україна*

В статті викладені основні організаційні, науково- методичні засади проведення конкурсу “Solar Decathlon KNUCA” за програмою міжнародного конкурсу “Solar Decathlon” (Сонячне десятиборство).

Підвищення якості підготовки фахівців передбачає поряд з традиційними методами навчання застосування інноваційних методик. Для творчих спеціальностей ефективним є впровадження в навчальний процес експериментального та конкурсного проектування, зокрема, на мультидисциплінарній основі. Такий підхід особливо доцільний для створення проектів екологічних та енергоефективних будівель, оскільки їх проектування вимагає системного розгляду, інноваційних методик та залучення дослідницьких даних з різних наукових галузей.

Серед конкурсів, пов'язаних з тематикою проектування екологічних та енергоефективних будівель, вирізняється своєю повнотою, ґрунтовністю, результативністю конкурс Solar Decathlon (Сонячне десятиборство) – міжнародний архітектурно – інженерний конкурс зі створення енергоефективного житлового будинку. Вперше він був започаткований у 2002 р. в США, зараз проводиться також у Європі і Азії. Конкурс проходить кожні два роки. Учасниками конкурсу є команди студентів вищих навчальних закладів архітектурного та будівельного профілю.

Конкурс «Solar Decathlon» стимулює студентів до впровадження енергоефективних та екологічно рішень в їх проектах, формує їх світогляд щодо оптимального використання ресурсів. Майбутні інженери та архітектори працюють сумісно над створенням енергоефективних будинків та споруд. Під час конкурсу команди змагаються в десятиох дисциплінах (саме тому конкурс має назву Decathlon – десятиборство): архітектура, конструктивні особливості будинку, альтернативні джерела енергії, баланс електроенергії, умови комфорту, побутові прилади та функціонування, комунікація та суспільна свідомість, ринкова привабливість, інновації, сталий характер проекту.

Важливим положенням проведення цього конкурсу є практична реалізація прототипу як здійснення зв'язку між теоретичними, проектними пропозиціями та практикою через випробування технології транспортування та монтажу елементів будівлі, експлуатації будівлі, проведення об'єктивної верифікації концепції, визначення професійної та громадської оцінки.

Передумовами проведення конкурсу в КНУБА є визначена мета, навчальні та професійні задачі, наявність базового теоретичного та практичного досвіду у студентів і викладачів відповідно, а також необхідного методичного, матеріального та інформаційного забезпечення.

Об'єктом проектування для учасників конкурсу є індивідуальний житловий будинок з використанням ресурсоефективних технологій (енергоефективних та водозберігаючих), сучасних будівельних екологічних матеріалів та зниженням негативного впливу на навколишнє середовище під час експлуатації будинку. Правила конкурсу в цілому базуються на Правилах «Solar Decathlon Europe».

В навчальному процесі цей конкурс передбачає об'єднання і систематизацію діяльності студентів різних спеціальностей під час проектування енергоефективного будинку, опанування студентами уміння організації колективної роботи, планування пошукової та проектної роботи, актуалізацію знань і вмінь з енергоефективності та екології майбутніх випускників університету.

Організаторами конкурсу виступили: КНУБА, міжнародний проект «КНУБА Зелене будівництво» за підтримки Німецького товариства міжнародного співробітництва (GIZ GmbH).

Учасниками конкурсу були студенти факультетів КНУБА 3-6 курсів, аспіранти, викладачі, які входили до складу мультидисциплінарних команд. До проведення конкурсу були залучені студенти і викладачі архітектурного, будівельного, санітарно – технічного, будівельно – технологічного факультетів та факультету автоматизації та інформаційних технологій. В цілому в конкурсі взяло участь біля ста студентів різних факультетів університету, які об'єдналися в шість команд.

Журі конкурсу відповідно до специфіки конкурсних розділів також формувалось на мультидисциплінарній основі, об'єднавши провідних спеціалістів університету, будівельних організацій, фірм – виробників будівельних матеріалів і конструкцій та представників міжнародних організацій.

Проведення конкурсу було заплановано на 2012-13 навчальний рік та проведено в кілька етапів:

- підготовчий - формування команд, проведення лекцій, семінарів, тренінгів;
- основний - робота в конкурсних групах, продовження лекцій, семінарів, проведення консультацій фахівцями з конкурсних дисциплін;
- фінальний - подача конкурсних робіт журі, презентація, робота журі, підведення підсумків визначення та нагородження переможців.

На підготовчому етапі за підтримки Німецького товариства міжнародного співробітництва GIZ було проведено ряд лекцій, семінарів та тренінгів за програмою конкурсу з питань сучасних тенденцій енергоефективної архітектури та будівництва, організації проведення

такого конкурсу в університеті м. Розенхайм (Німеччина), тренінги з використання програмного забезпечення RETScreen тощо.

Також впродовж підготовчого та основного етапів учасники конкурсу, викладачі та студенти, мали можливість отримати інформацію щодо методик проектування, особливостей застосування сучасних енергоефективних конструкцій, матеріалів на факультативних лекціях «Еволюція ідей Solar Decathlon» (Селиванов О.І., КНУБА), «Досвід проектування енергоефективних будівель» (Ф.Хоннерляйн, GIZ), «Сучасне енергозберігаюче архітектурне скло» (GLASTRÖSCH, Пономаренко І.), «Енергоефективні світлопрозорі конструкції» (А.Фрьобіш, SCHUCO), «Ефективне утеплення будівельних конструкцій» (Дац П., корпорація ТЕХНОКОЛЬ), «Ефективні матеріали KNAUF Гіпс, KNAUF Інсулейшн» (Гавриш О.М., KNAUF Гіпс; Духно Г., KNAUF Інсулейшн), «Фотовольтаїка та вітрогенератори» (Ковпак О., компанія Atmosfera), «Використання відновлювальних джерел енергії в системах теплопостачання будівлі (інженерне обладнання компанії VISSMANN)» (Швачко Н.А., VISSMANN), «Принцип проектування мультикомфортного будинку SAINT-GOBAIN» та «Конструктивні рішення від ISOVER» (Д. Ротар, SAINT-GOBAIN, ISOVER).

На основному етапі відбувалось проектування конкурсного об'єкту мультидисциплінарною командою. Консультативну допомогу при виконанні проектів надавали викладачі відповідних спеціальностей з різних факультетів КНУБА та представники архітектурно – будівельних компаній. Метод за яким створювалися ці об'єкти можна охарактеризувати як еволюційний з ітераційним, поетапним наближенням до узгодженого архітектурно – інженерного рішення з найкращими показниками енергоефективності. Проектування як процес є прогностичним моделюванням, тому ми вважаємо за можливе застосовувати ряд прогностичних методів: евристичні методи з побудовою структурної моделі, «мозковий штурм», ділові ігри, морфологічний аналіз, та інші творчі методи – асоціації, перетворення, інверсії, аналогії, парадоксу та ін.

Цим проектам притаманні риси концептуальних проектів, вони мають експериментальну складову з новими технологічними та конструктивними особливостями. З точки зору архітектурного формоутворення важливим є раціоналізація архітектурного рішення з одночасним узгодженням конструктивних та інженерних рішень. Наслідком врахування прийнятих формоутворюючих факторів та обмежень стало наближення спроектованих будівель до компактних об'ємів сферичної форми на основі геодезичного куполу або до компактних будівель зі спадастими дахами.

Важливою складовою процесу проектування було використання програмного забезпечення для верифікації отриманих результатів. Специфіка проектних рішень потребувала застосування розрахункових

программ, зокрема, RETscreen для визначення показників їх енергоефективності. Можливості сучасних інформаційних технологій дозволили провести ряд вебінарів та отримати дистанційні консультації, від спеціаліста компанії «EGS-plan International GmbH» (Штутгарт, Німеччина) Флоріана Шмідтхена, яки є також експертом GIZ.

Колективна робота вимагає специфічних методів організації діяльності, планування, розподілу функціональних обов'язків членів команди, узгодження їх сумісної діяльності. Аналіз проходження конкурсу свідчить про необхідність посилення уваги навчання методів командної творчої роботи. Корисною стала інформація, отримана викладачами на семінарі-тренінгу: «Методики викладання дисципліни «Енергоефективність у будівельній галузі», організований та проведений Німецьким товариством міжнародного співробітництва (GIZ) під егідою Федерального міністерства навколишнього середовища, охорони природи та безпеки ядерних реакторів Німеччини (BMU) та Пілотного проекту «Енергоефективна забудова» разом із Фондом підтримки будівельної галузі 20-24 травня 2013р. в Києві. В цілому, результати конкурсу є такими, що можуть доповнити матеріал існуючих навчальних програм проектування енергоефективних будівель.



Рис.1. Відкриття виставки.



Рис. 2. Презентація конкурсних робіт

Література

1. Режим доступу <http://www.solardecathlon.gov>
2. Режим доступу <http://www.sdeurope.org>
3. Режим доступу <http://www.giz.ua>
4. Режим доступу <http://www.eepp.org.ua>
5. Кащенко Т.О. Енергозбереження в архітектурі як складова освітньо - професійної програми - Збірник наукових праць Київського національного університету технологій та дизайну, 2004- с.155-160.
6. Кащенко Т.О. Архітектурне проектування на засадах енергоефективності. -Науково - практична конференція КНУБА «Сучасна архітектурна освіта. Методологічний простір архітектурного проектування» 12.2009
7. Кащенко Т.О. Енергозбереження і інформація в архітектурі. Збірник наукових праць Київського національного університету технологій та дизайну, 2005-с. 314-31
8. Kashchenko T. Workshop as a creative method in achivment of sustainable architecture goals - Dall'ex tempore al workshop. Esperienze di ricerca e progetto. – Roma, Gangemi editore, 2012- 82-86.

РЕАЛИЗАЦИЯ МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНОГО ПОДХОДА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ

Т.А. Кащенко

В статье изложены организационные, научно – методические основы проведения конкурса “Solar Decathlon KNUCA” в соответствии с программой международного конкурса “Solar Decathlon” (Солнечное десятиборство), ориентированный на проектирование архитектурных объектов с использованием ресурсоэффективных технологий, современных экологических строительных материалов и конструкций с целью снижения негативного влияния на окружающую среду в процессе эксплуатации здания.

REALIZATION OF MULTYDICIPLINARY APPROACH TO THE DESIGN OF ENERGY EFFICIENT BUILDINGS

T.A. Kashchenko

In the article it is described organization, scientific and methodical bases of holding competition “Solar Decathlon KNUCA” in accordance to the idea of world competition “Solar Decathlon”. The competition is devoted to design of architectural objects with the use of source efficient technologies, modern ecological materials and constructions with the purpose of minimizing of negative influence on an environment in the process of exploitatation of building

ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ БІОКЛІМАТУ ТЕРИТОРІЇ ЗАБУДОВИ

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

В статті розглядаються питання формування параметрів біокліматичної оцінки території забудови для вирішення завдань біокліматичної архітектури.

Вступ. В [1] розглядаються питання виявлення сукупності класифікаційних ознак біокліматичної архітектури. Було визначено, що особливістю проектування біокліматичних будівель є принцип максимальної адаптації будівлі до оточуючого природного середовища, що дозволяє отримати архітектуру, яка володіє якостями елементу природної екосистеми. Напрямом для вирішення такої задачі є визначення параметрів біоклімату території забудови та її оцінки. Біокліматична оцінка – визначення позитивних та негативних впливів різних кліматичних факторів, що виявляє потенціал території для раціонального використання при будівництві.

Аналіз стану досліджень. Постановка проблеми. На сьогоднішній день дослідження щодо основних кліматичних факторів та їх впливу на забудову мають значний перелік та характеризуються глибиною та широтою вивчення. Результатом цих досліджень, крім іншого, є державні нормативні документи, які забезпечують засоби врахування кліматичних параметрів в ході проектування та будівництва [2].

Розвиток будівельної галузі носить характер динамічного процесу, який постійно розвивається. Одним із шляхів розвитку будівельної галузі стала екологічна та енергоефективна архітектура, напрямом якої є біокліматична архітектура. Задачі біокліматичної архітектури потребують визначення параметрів біоклімату території, які розширюють перелік параметрів, які зазвичай досліджуються в будівельній кліматології.

Мета статті – визначення параметрів біоклімату території забудови відповідно до задач біокліматичної архітектури.

Основна частина. До основних кліматичних факторів, які враховуються при будівництві відносяться: сонячна радіація, температура повітря, вологість повітря, опади, вітер. За допомогою цих кліматичних факторів вирішується важливі задачі в будівельній кліматології при проектуванні будівель та розрахунку будівельних конструкцій та їх елементів [3,4]. В таблиці 1 представлені основні з них.

Розвиток екологічної та енергоефективної архітектури поставив нові задачі, при вирішенні яких визначальними є кліматичні фактори. (табл..1).

Таблиця 1

Кліматичні фактори	Задачі, які вирішуються в будівельній практиці з урахуванням кліматичного фактору та представлені в нормативних документах	Нові задачі, які вирішуються в будівельній практиці при проектуванні енергоефективних будівель
Сонячна радіація	Тривалість опромінення територій, будівель та приміщень (інсоляція, освітленість, сонцезахист).	Використання енергії Сонця для опалення будівель, визначення орієнтації та форми будівель з урахуванням напрямів сонячних променів для акумуляції тепла чи для захисту від перегріву; використання відбитих променів сонячного світла для отримання додаткового освітлення
Температура повітря	Розрахунок теплової витривалості огорожуючих конструкцій (опору теплопередачі, теплової інерції та інше). Визначення типів погод.	Використання тепла внутрішнього повітря, яке віддають люди, прибори та ін.. для господарсько-побутового використання в будівлях
Вологість повітря	Для визначення типів погод, визначення місць конденсації вологи на поверхнях будівельних конструкцій	
Опади	Проектування водовідведення з покрівлі, зливної каналізації; зволоження стін будівель дощами; врахування навантажень від снігу та ожеледиці; розрахунок снігових заносів.	Збір та збереження дощової та талої води для господарсько-побутового використання в будівлях
Вітер	Врахування вітрового режиму при плануванні та забудові міст та територій; врахування охолоджуючого впливу вітру на людей та будівлі, проектування	Використання вітру для отримання споживчої енергії, проектування сучасних систем провітрювання та підігріву будівель

	повітряного обміну в будівлях; врахування вітрових навантажень на будівлі при розрахунку несучої здатності конструкцій будівель.	
--	--	--

Як видно з таблиці 1, триває розширення переліку задач, які вирішуються в архітектурному проектуванні за допомогою кліматичних факторів. Така тенденція дозволяє проектувати та зводити будівлі, в яких розширюються можливості раціонального використання енергії. Усі перераховані в таблиці 1 задачі є важливими та необхідними при проектуванні біокліматичних будівель. А кліматичні фактори, представлені в таблиці 1 є такими, які формують параметри біоклімату території.

Але завданням біокліматичної архітектури є не вирішення окремих завдань, пов'язаних з економією енергії, а створення цілісного екосередовища забудови, де є можливість існування в гармонії з природним середовищем. Для цього необхідним є включення всіх параметрів кліматичної системи та розуміння системи зв'язків між ними, зміна яких призводить до динамічних змін в екосередовищі забудованої території.

Так, при сучасному будівництві відбуваються процеси зростання щільності населення в містах, порушується баланс органічного та неорганічного в природі. Спрощуючи біологічний склад оточуючого нас середовища, ми зменшуємо рівень її комфортності, робимо її менш життєздатною. Окремо споруджені екобудівлі чи їх комплекси не можуть значно вплинути на загальну екосистему забудови. Таким чином, проблема формування «здорового» біоклімату всередині забудови залишаються невирішеними.

Постає питання, як зберегти якість природного життя при підвищенні щільності забудови.

Прийемо природну кліматичну систему за оптимальну модель при формуванні екосистеми та розглянемо принципи її організації. Відомо, що основними складовими кліматичної системи є атмосфера, гідросфера, літосфера, біосфера. На рівні забудови - це ґрунт, атмосфера, сонячне випромінювання, вода, рослини і живі організми. В межах екосистеми вони пов'язані між собою і залежать один від одного, а також здійснюють обмін енергією і матерією між собою і з навколишнім середовищем. Відомо, що природні умови будь-якої території формувались багато мільйонів років. Вторгнення людини в природні ландшафти призводить до зміни зв'язків і залежностей між складовими частинами природи та клімату, створює нові співвідношення між ними.

У таблиці 2 розглянуто основні природні фактори, які формують біоклімат місцевості, а також вплив на них штучних факторів, які виникають при забудові території.

На основі наведених в таблиці 2 прикладів та їх наслідків, можна зробити висновок про нагальну необхідність досліджень в напрямку методів оцінки широкого комплексу питань, пов'язаних з біокліматичною оцінкою території забудови та пошуку засобів для вирішення завдань екологічної сумісності будівельних споруд, міст з навколишнім середовищем.

Таким чином, наступним етапом є визначення та систематизація нових підходів та засобів біокліматичної архітектури для формування комфортного та екологічного середовища проживання.

Таблиця 2

Природні фактори, які впливають на формування біоклімату території	Штучні фактори при будівництві, які впливають на формування біоклімату території	
	приклади	наслідки
Літосфера - ґрунт (поверхневий шар літосфери, у якому здійснюється взаємодія живої матерії з мінеральною (неорганічною))	Заміна ґрунтового покриву штучними поверхнями з асфальту, каменю та інше	Змінюється співвідношення між складовими радіаційного і теплового балансу, що призводить до зниження вологості повітря, підвищується прогрівання ґрунту влітку і охолодження його взимку
	Зміна рельєфу території в процесі реконструкції і будівництва – засипаються яри та балки, створюються дамби і насипи, тунелі; - створення штучного рельєфу в містах залежно від висоти будівель, їх розміщення по території, ширини і орієнтування вулиць і міських площ	Можливість зсувів, змиву і розмиву ґрунтів, вітрової ерозії, змінюються теплові і водно – фізичні властивості окремих ділянок; - створюється своєрідний вітровий режим, підвищується турбулентність приземного і пограничного шару повітря.
Гідросфера (вода) - це динамічна система, в якій постійно проті-	Зміна площі відкритих водоймищ (намивні території), напряму та руху ґрунтових вод (перешкоджання руху	Зміна водних запасів, гідрологічного режиму водотоків і водойм, якості вод, відповідно неконтрольований вплив на

<p>кають фізичні, хімічні та біологічні процеси. Всі природні води Землі перебувають у безперервному кругообігу.</p>	<p>підземних рік), забруднення води при будівництві</p>	<p>основні елементи гідрологічного циклу: опади, випаровування, стік. В результаті згубний вплив на усі параметри біоклімату.</p>
<p>Біосфера) — рослини та живі організми. Біосферний рівень організації живої матерії — це сукупність усіх екосистем планети, які пов'язані між собою глобальними геохімічними циклами, океанічними та атмосферними циркуляціями.</p>	<p>Зменшення територій, які покриті природною рослинністю при забудові та зміна видового складу рослинності, нераціональне використання зрубаної деревини, захаращення та забруднення прилеглих до будівництва територій; в процесі вилучення земель під будівництво відбувається знищення або якісне погіршення середовища існування комах і тварин</p>	<p>Знищується фітомаса для фотосинтезу, погіршується газовий склад атмосфери, змінюється гідрологічний режим водних об'єктів. Можливий вплив на зміну альbedo земної поверхні. Інтегральне альbedo крон дерев становить 10-15%, трави 20 - 25, свіжого снігу - до 90%. Альbedo земної поверхні - один з важливих факторів, що визначають клімат як в цілому в світі, так і окремих його регіонів.</p>
<p>Атмосфера - суміш газів, що оточують Землю, та утримуються завдяки силі тяжіння. Атмосфера Землі є ключовим фактором у підтримці планетарної екосистеми.</p>	<p>Збільшення у атмосфері шкідливих викидів при виробництві більшості будівельних матеріалів. Виділення шкідливих викидів в атмосферу при будівництві (при зварювальних та фарбувальних роботах; утворення пилу та шкідливих газів при роботі будівельної техніки)</p>	<p>Змінюється стан та прозорість атмосфери, що впливає на надходження сонячної радіації, кількість сонячних днів, температурні умови та режим випадання опадів. Збільшується забруднення повітря. Систематичне вдихання забрудненого повітря помітно погіршує здоров'я людей. Забруднення повітря пошкоджує будівлі, тьмяніють та руйнуються фарби, кородують метали, руйнуються історичні пам'ятки.</p>

Висновок. Перед біокліматичною архітектурою ставиться завдання органічного поєднання архітектури та оточуючого середовища вже на початкових стадіях проектування, за рахунок врахування природно - кліматичних, соціальних та екологічних факторів місцевості.

Література

1. Кривенко О.В. Біокліматична архітектура як явище в екологічній архітектурі // Енергоефективність в будівництві та архітектурі. - К.: КНУБА, 2013. – Вип. 4. – с. 155 – 159.
2. ДСТУ–Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 119с.
3. Маркус Т. А., Моррис Э. Н. Здания, климат и энергия / Пер. с англ.; под ред. Н. В. Кобышевой, Е. Г. Малявиной. — Л.: Гидрометеоиздат, 1985. — 543 с.
4. В.Н.Куприянов: Строительная климатология и физика среды: Учебное пособие. – Казань: КГАСУ, 2007. – 114 с.

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ БИОКЛИМАТА ТЕРРИТОРИИ ЗАСТРОЙКИ

О.В.Кривенко

В статье рассматриваются вопросы формирования параметров биоклиматической оценки территории застройки для решения задач биоклиматической архитектуры.

THE PROBLEM DEFINITION OF BIOKLIMAT PARAMETERS OF BUILDING TERRITORY

О.Кryvenko

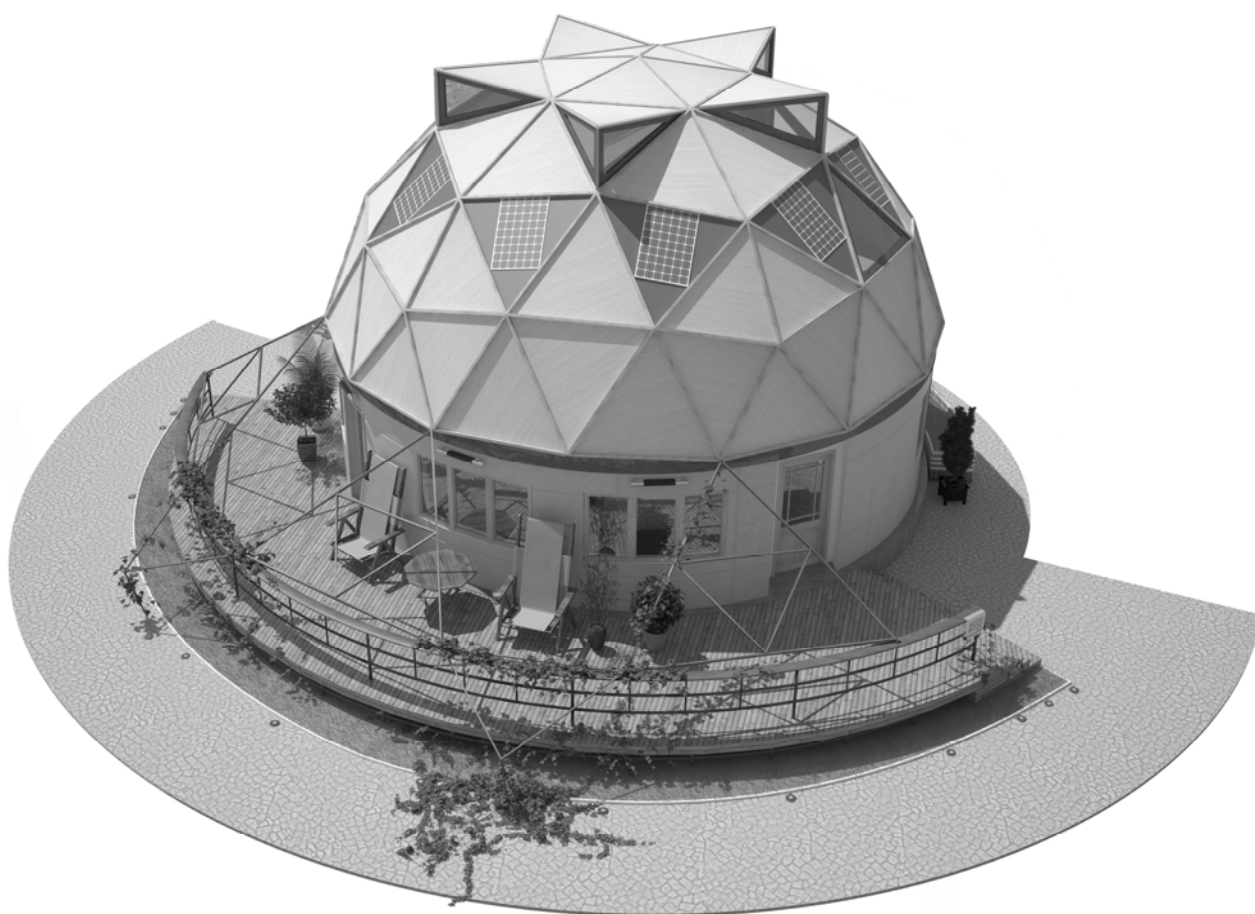
Questions of formation parameters bioclimatic assessment the development area to solve problems bioclimatic architecture are discussed in the article.

АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ БУДИНКУ «ЕКО-ДОМ». КОМАНДА № 4

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

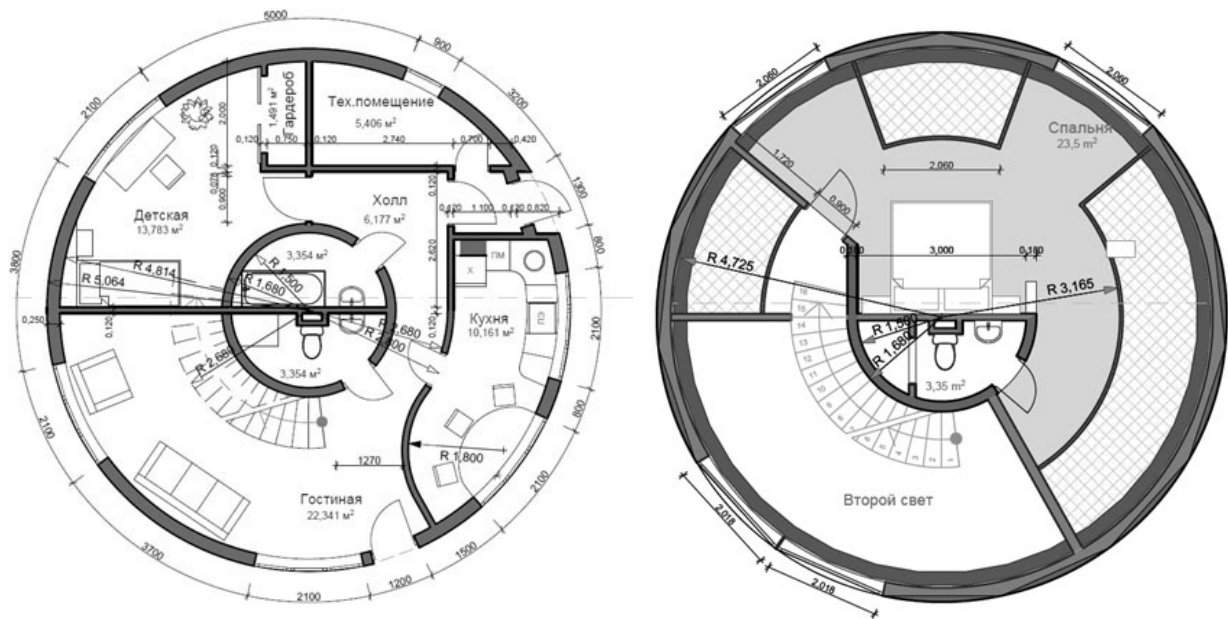
До складу команди увійшли талановиті, активні студенти Університету: Черевішна Анастасія (ГАП), Белошарпа Яна, Рязанова Таня, Груздова Наталія, Гусев Микита, Кочуков Артем, Огнева Людмила, Малішевська Ольга, Зубалій Андрій, Сизоненко Анна, Чеховська Анастасія, Якшин Антон, Локкаєв Юсуп.

За ітогами конкурсу «Солар Декатлон» проект зайняв 3 місце і був нагороджений відзнакою за оригінальність рішення.



Ідея формотворення будівлі виникла на основі аналізу енергоефективних геомертичних форм. Була прийнята найбільш ефективна геометрична організація об'єму – сферична, а прототипом

конструктивної будови – геодезичний купол. Купольний будинок володіє високою сейсмоустойчивістю, і руйнування навіть 35% елементів конструкції не приводить до її обвалення. Недосяжна для інших будівель міцність, дозволяє купольним будовам витримувати більше снігове навантаження.



Геодезичний купол за своєю суттю – конструктор, що має малу номенклатуру типових елементів, тому для його споруди не потрібна кваліфікована робоча сила, а сама збірка виробляється дуже швидко.

Геодезичний купол дуже легкий. Для споруди купольного удома не потрібний потужний і дорогий фундамент. Геодезичний купол може має

будь-яку кількість вікон, ви можете склити весь купол – це майже не вплине на його прочностні характеристики.

В основу архітектурно-планувальної структури закладена каркасна система. Висота житлових приміщень першого поверху 2,7м, висота приміщень другого поверху змінна за рахунок куполу.

На першому поверсі розміщуються технічне приміщення та приміщення житлової та не житлової площі.

Будинок забезпечується всім технічним оснащенням, в тому числі енергопостачанням, холодною та гарячою водою, телерадіокомплексом, пожежною сигналізацією.

Територія навколо будинку впорядковується озелененням.

Зовнішні стіни запроектовані з використанням естетичних вимог та нормативних значень опору теплопередачі з використанням сучасних фасадних технологій:

Системи сандвіч-панелі яка являє собою шар утеплювача зовні з нанесенням штукатурки армованої склотканиною та пофарбуванням водорозчинними фарбами.

Вікна енергозберігаючі металопластикові з двокамерними склопакетами.

Перший поверх облицьований сандвіч-панелями, другий поверх являє собою каркас з зашитими трикутниками, що заповнені утеплювачем, та обшиті фанерними листами, які обробляються.

АРХИТЕКТУРНО – ПЛАНИРОВОЧНОЕ РЕШЕНИЕ ЗДАНИЯ «ЭКО – ДОМ». КОМАНДА 4

А.В. Кузьмина

В статье описаны проектные решения объекта, который принимал участие в конкурсе «Солар Декатлон». Команда № 4 заняла 3 место и была отмечена жюри за оригинальность решения.

ARCHITECTURAL – PLANNING SOLUTIONS OF BUILDING “EKO – DOME”. GROUP 4

A. V. Kuzmina

Architectural – planning solutions of building, which took part at competition “Solar Decathlon KNUCA”. Group 4 got 3 place and were awarded by jury in nomination for the original solution

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕРХОНЬ НОРМАЛЕЙ ЯК ЗАСІБ СИСТЕМАТИЗАЦІЇ ПОВЕРХОНЬ ВІДБИТТЯ

*Київський національний університет будівництва та архітектури,
Україна*

Розглядається принцип, згідно з яким запропоновано систематизувати відбиваючі поверхні.

Постановка проблеми. Розрахунок архітектурної акустики передбачає геометричні розрахунки відбиттів від внутрішніх поверхонь залів для посилення прямого звуку відбитим. Часто форма внутрішніх поверхонь має складні форми, відбиття від яких потребує вивчення.

Аналіз стану досліджень. Сучасна архітектура не обмежується певною кількістю можливостей, а використовує великий спектр форм внутрішнього оздоблення залів. З точки зору архітектурної акустики, ці форми представляють собою відбиваючі екрани. Відбиваючі властивості традиційних поверхонь вивчені в багатьох працях. Вивчення поверхонь відбитих променів широко представлені в роботах Підгорного О.Л. [2,3] та його учнів.

Мета статті. Маючи дослідження властивостей поверхонь другого та вищих порядків, є можливість використовувати їх в якості відбиваючих поверхонь. Отримання поверхонь відбитих променів від таких складних поверхонь це досить складна задача. Для її спрощення можна систематизувати поверхні за певними ознаками, та, відповідно, систематизувати поверхні відбитих променів, що дозволить скласти класифікацію поверхонь відбитих променів.

Основна частина.

Вздовж ліній перетину багатьох поверхонь відомі поверхні нормалей. Властивості та форми їх описані та вивчені. Відомо також, що різні поверхні мають спільні поверхні нормалей. Таким чином, систематизування відбиваючих поверхонь за принципом спільних поверхонь нормалей дає корисну перспективу для вивчення відбиттів.

Для систематизації необхідно виділити кілька типів поверхонь нормалей: площина, гіперболічний параболоїд, круговий конус, поверхня нормалей 4-го порядку.

Площина створюється пучок нормалей на прямолінійних твірних циліндра, конуса та тора.

Поверхня нормалей у вигляді гіперболічного параболоїда утворюється на твірних косих поверхонь. До них відносяться гіпар та одпорожневий гіперболіод, а також лінійчаті спіралевидні поверхні.

Поверхні нормалей у вигляді кругового конуса створюються на поверхнях обертання. Окрім поверхонь обертання другого порядку, таких

як еліпсоїд, однопорожневий та двопорожневий гіперболоїди, параболоїд, до розділу можна віднести псевдосферу, круговий тор, еліптичний тор, катеноїд та багато інших, приведених в літературі [1]. Нормалі у вигляді кругового конуса також будуються для деяких видів циклічних поверхонь. Наприклад, до часних випадків каналових поверхонь відносяться трубчаті поверхні, як обвідна одно параметричного сімейства сфер постійного радіуса. Також, Цикліди Дюпена, поверхня, обидва сімейства ліній якої складаються з окружностей та каналові поверхні Іоакімсталя належать до групи поверхонь, яку ми розглядаємо.

Поверхня нормалей четвертого порядку будується на лінії перетину площини, перпендикулярної до вісі поверхні з поверхнею еліптичного конуса, еліпсоїда, однопорожневого гіперболоїда, двопорожневого гіперболоїда та параболоїда загального виду. Лінія перетину представляє собою еліпс.

Таким чином, відбиваючі поверхні розбито на чотири групи:

Поверхня нормалей	Відбиваюча поверхня	Рівняння відбиваючої поверхні
Площина (I група)	Площина	$\frac{x}{a} + \frac{y}{b} + \frac{z}{c} = 1$
	Циліндр	$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$
	Конус (еліптичний)	$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 1$
	Торс	$r=r(u,v)=a(v)+ul(v)$
Гіперболічний параболоїд (II група)	Гіперболічний параболоїд	$z = \frac{x^2}{2p} - \frac{y^2}{2p}$
	Однопорожневий гіперболоїд	$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 1$
	Лінійчаті спіралевидні поверхні	$z = \pm \sqrt{x^2 + y^2 - a^2} \operatorname{ctg} \gamma + p \operatorname{Arctg} \frac{y}{x} \pm p \operatorname{Arctg}(\sqrt{x^2 + y^2 - a^2}/a)$
Круговий конус (III група)	Круговий конус	$\frac{x^2 + y^2}{a^2} - \frac{z^2}{c^2} = 0$
	Еліпсоїд обертання	$\frac{x^2 + y^2}{a^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$
	Однопорожневий гіперболоїд обертання	$\frac{x^2 + y^2}{a^2} - \frac{z^2}{c^2} = 1$
	Двopopожневий гіперболоїд обертання	$\frac{-x^2 - y^2}{a^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$
	Параболоїд обертання	$2z = \frac{x^2 + y^2}{p}$
	Тор	$(x^2 + y^2 + z^2 + a^2 - b^2)^2 = 4a^2(x^2 + y^2)$

	Цикліди Дюпена	$(x^2 + y^2 + z^2 - \mu^2 + b^2)^2 = 4(cx - a\mu)^2 + 4b^2y^2$
	Поверхні Іоакімсталя	$(x^2 + y^2 + z^2 - 2\mu ax)^2 = 4a^2(x^2 + y^2)$
Поверхня нормалей 4го порядку (IV група)	Конус загального виду	$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 0$
	Еліпсоїд загального виду	$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$
	Однопорожневий гіперболоїд загального виду	$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 1$
	Двопорожневий гіперболоїд загального виду	$-\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$
	Параболоїд загального виду	$z = \frac{x^2}{2p} + \frac{y^2}{2p}$

Написання рівняння поверхні нормалей проводиться згідно алгоритму геометричного побудовання. Для спрощення, поверхня нормалей будувалась на лінії перетину площиною, перпендикулярною до всієї координат.

Для поверхонь I групи рівняння площини нормалей буде у вигляді:

$$\begin{aligned}x &= x_a + a_1t + b_1k \\y &= y_a + a_2t + b_2k \\z &= z_a + a_3t + b_3k\end{aligned}$$

Як видно, це є параметричне рівняння площини. Параметри рівняння залежать від виду відбиваючої поверхні та положення площі перетину.

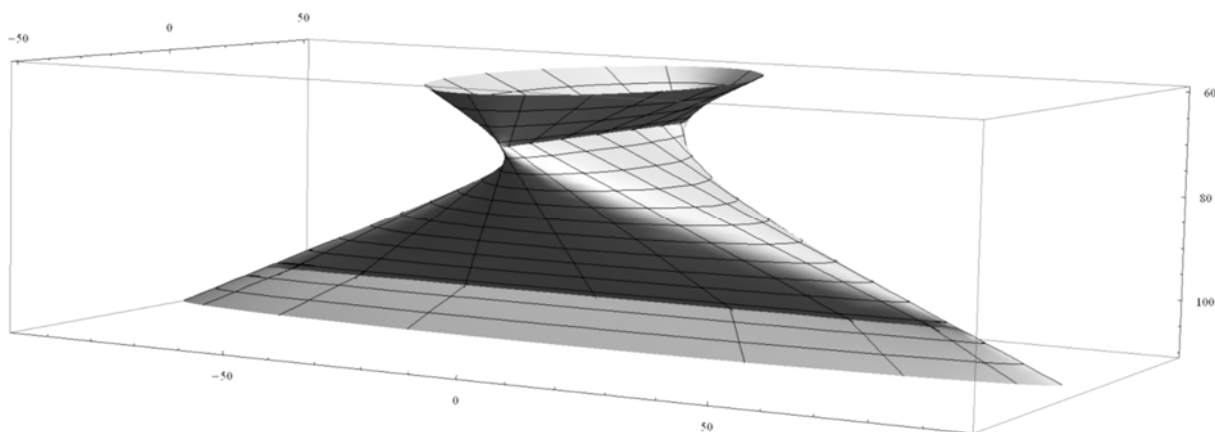
Для поверхонь IV групи параметричне рівняння поверхонь нормалей буде мати вигляд:

$$\begin{aligned}x &= a_1t \cos u + a_2 \cos u \\y &= b_1t \sin u + b_2 \sin u \\z &= c_1t + c_2\end{aligned}$$

$a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2$ коефіцієнти, які залежать від виду відбиваючої поверхні.

Так, для конуса 2-го порядку $a_1=t/a, a_2=a, b_1=t/b, b_2=b, c_1=-1/c, c_2=c$, для еліпсоїда 2-го порядку $a_1=t/a, a_2=a, b_1=t/b, b_2=b, c_1=1/c, c_2=c$.

Для перевірки по рівнянню була побудована поверхня нормалей для IV групи відбиваючих поверхонь.



Висновки. Систематизація відбиваючих поверхонь за принципом спільних поверхонь нормалей дозволяє групувати поверхні відбитих променів.

Література

1. *Кривошапко С.Н., Иванов В.Н.* Энциклопедия аналитических поверхностей.-М., Книжный дом «Либроком», 2009. 556стр.
2. *Підгорний О.Л.* Розшарування конгруенцій нормалей поверхонь 2-го порядку вздовж ліній плоских перерізів.//Прикладна геометрія та інженерна графіка.– К.: КДТУБА,1996.Вип.60. – С. 8-14. Вип.61. –С.10-12.
3. *Подгорный А.Л.* Поверхности отражённых лучей//Прикладная геометрия и инженерная графика. Вып. 20.–К.;Будівельник, 1975.–С.13-16.
4. *Козак Ю.В.* Принципи енергозбереження, які застосовуються в архітектурі//Енергоефективність в будівництві та архітектурі.Вип.4.- К.:КНУБА, 2013.-с.145-149.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ НОРМАЛЕЙ КАК СПОСОБ СИСТЕМАТИЗАЦИИ ОТРАЖЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Ю.В. Козак

Рассматривается принцип, согласно котрому предложено систематизировать отражающие поверхности.

RESEARCH OF SURFACES OF NORMALS AS SYSTEMATIZATION OF REFLECTING SURFACES.

Y.Kozak

The principle, according to which it is possible to systematize, reflecting surfaces, was considered.

РОЗРАХУНОК КОЛИВАНЬ ДВОЛАНКОВИХ МАЯТНИКІВ

Київський національний університет будівництва і архітектури

Наведено спосіб складання диференціальних рівнянь опису коливань дволанкового маятника. Спосіб базується на розв'язанні системи диференціальних рівнянь відносно кутів, утворених ланками маятника з вертикалями.

Постановка проблеми. Маятникові коливальні системи широко застосовуються у машинах і механізмах, наприклад, гасителях вібрацій та різноманітних заспокоювачів, у віброустаткуванні, у церковних дзвонах, у морських бакенах, розважальних атракціонах у сільськогосподарських молотарках, у, тощо. Дослідженням цих систем займаються фахівці багатьох областей точних наук: теоретичної механіки, теорії машин і механізмів, прикладної й обчислювальної математики, тощо. На ефективність функціонування перерахованих пристроїв істотно впливають їх експлуатаційні параметри, у тому числі і пов'язані з їх геометричною формою. Особливо це стосується багатоланкових маятникових механічних систем [1]. При дослідженні цього різновиду пристроїв бажано було б унаочнити взаємне положення окремих ланок маятника у певні моменти часу, а також передбачити варіанти нестійкості (хаотичності) коливань. Ці два питання можуть стати предметом дослідження прикладної геометрії, адже взаємне положення ланок маятника можна унаочнити із застосуванням комп'ютерної анімації, а хаотичні коливання можна дослідити за допомогою графічних зображень – фазових портретів.

Огляд літературних джерел. В літературі докладно описано випадки дволанкового та триланкового маятників [1, 2]. Відомі результати складання системи диференціальних рівнянь для опису руху ланок маятників. Але для розв'язання у замкнутому вигляді таких систем диференціальних рівнянь часто бракує обчислювальних ресурсів комп'ютерів. Тому застосовують різного роду інтерактивні інструменти для моделювання, імітації й аналізу динамічних систем (наприклад, MatLab Simulink). Вони мають деякі недоліки при розробці високоточних моделей динамічних систем із великою кількістю диференціальних рівнянь, особливо коли важлива швидкість їхнього виконання. Крім того існують обмеження на величини кутів відхилень ланок маятників. Тому доцільним буде дослідження коливань багатоланкового маятника, який базується на розв'язанні системи диференціальних рівнянь стосовно узагальнених координат маятника – тобто кутів, утворених з вертикалями відповідними ланками маятника.

Постановка завдання. Розробити спосіб унаочнення схеми коливань дволанкового маятника, який базується на розв'язанні системи

диференціальних рівнянь відносно кутів, утворених ланками маятника з вертикалями.

Основна частина. Наведемо спрощення, які звичайно приймаються при складанні рівнянь Лагранжа (як приклад – для подвійного маятника): маятник утворений двома невагомими і нерозтяжними твердими прутами, що не згинаються, рух маятника здійснюється в межах площини; дві маси, що рухаються, розташовані на кінцях другої ланки (рис. 1). Вважається, що кути відхилення не великі, і що тертя руху відсутнє.

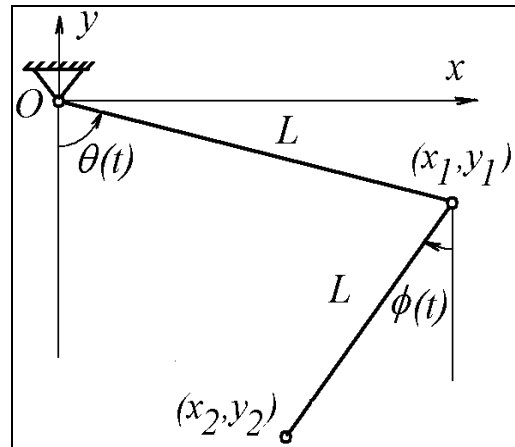


Рис. 1. Параметри подвійного маятника

Як узагальнені координати ми вибираємо θ і ϕ , що представляють собою кути відхилення від вертикалі першої й другої маси, відповідно.

Для переходу від декартових до узагальнених координат, використовуємо співвідношення

$$x_1 = L \sin \theta \quad y_1 = -L \cos \theta, \quad (1)$$

де індекс 1 показує, що вирази стосуються першої маси.

Наведемо вирази для обчислення кінетичної й потенціальної енергії першої маси. Кінетична енергія в декартових координатах має вигляд

$$T = \frac{1}{2} m \dot{x}^2 + \frac{1}{2} m \dot{y}^2. \quad (2)$$

Тоді одержуємо вирази для швидкості першої маси \dot{x}_1 й \dot{y}_1 :

$$\dot{x}_1 = L \dot{\theta} \cos \theta \quad \dot{y}_1 = L \dot{\theta} \sin \theta. \quad (3)$$

Потенціальна енергія в декартових координатах залежить лише від y ,

$$U_1 = mgy \Rightarrow -mgL \cos \theta. \quad (4)$$

Тепер підставляючи замість \dot{x}_1 і \dot{y}_1 у рівняння для кінетичної енергії T_1 знаходимо в термінах узагальнених координат:

$$T_1 = \frac{1}{2} m \dot{x}_1^2 + \frac{1}{2} m \dot{y}_1^2 \Rightarrow \frac{1}{2} m ((\dot{\theta} L \cos \theta)^2 + (\dot{\theta} L \sin \theta)^2) \Rightarrow \frac{1}{2} m (L^2 \dot{\theta}^2). \quad (5)$$

Коли відомі кінетична й потенціальна енергії для першої маси, то можна перейти до обчислень, пов'язаних з другою масою. Декартові координати другої маси можна визначити аналогічно викладеному, використовуючи першу масу як точку відліку. Таким чином,

$$\begin{aligned} x_2 &= x_1 + L \sin \phi & y_2 &= y_1 - L \cos \phi \\ \Rightarrow x_2 &= L(\sin \theta + \sin \phi) & y_2 &= L(-\cos \theta - \cos \phi) \end{aligned} \quad (6)$$

Ми слідуємо тієї ж самої процедури, щоб знайти T_2 й U_2 . Спочатку знайдемо координати швидкості другої маси:

$$\dot{x}_2 = L(\dot{\theta} \cos \theta + \dot{\phi} \cos \phi) \quad \dot{y}_2 = L(\dot{\theta} \sin \theta + \dot{\phi} \sin \phi). \quad (7)$$

Використовуємо швидкість, щоб знайти кінетичну енергію.

$$\begin{aligned} T_2 &= \frac{1}{2} m(\dot{x}_2^2 + \dot{y}_2^2) \Rightarrow \frac{1}{2} mL^2 [(\dot{\theta} \cos \theta + \dot{\phi} \cos \phi)^2 + (\dot{\theta} \sin \theta + \dot{\phi} \sin \phi)^2] \\ &\Rightarrow \frac{1}{2} mL^2 \left[(\dot{\theta}^2 \cos^2 \theta + 2\dot{\theta}\dot{\phi} \cos \theta \cos \phi + \dot{\phi}^2 \cos^2 \phi) + \right. \\ &\quad \left. (\dot{\theta}^2 \sin^2 \theta + 2\dot{\theta}\dot{\phi} \sin \theta \sin \phi + \dot{\phi}^2 \sin^2 \phi) \right] \end{aligned}$$

Або, після перетворень, одержуємо

$$T_2 = \frac{1}{2} mL^2 (\dot{\theta}^2 + 2\dot{\theta}\dot{\phi}(\cos \theta \cos \phi + \sin \theta \sin \phi) + \dot{\phi}^2). \quad (8)$$

Так само знаходимо вираз для U_2

$$U_2 = mgy_2 \Rightarrow mgL(-\cos \theta - \cos \phi). \quad (1.9)$$

Застосовуючи тригонометричну тотожність

$$\cos a \cos b + \sin a \sin b = \cos(a - b). \quad (10)$$

і поєднуючи (5) і (8), знаходимо загальну кінетичну енергію T_{tot} , а також поєднуючи (1.4) і (1.9), знаходимо потенціальну енергію U_{tot} :

$$T_{tot} = \frac{1}{2} mL^2 (2\dot{\theta}^2 + \dot{\phi}^2 + 2\dot{\theta}\dot{\phi} \cos(\theta - \phi)); \quad (11)$$

$$U_{tot} = mgL(-2 \cos \theta - \cos \phi). \quad (12)$$

Таким чином, ми визначили повну кінетичну й потенціальну енергію для системи функція двох узагальнених координат. Ця інформація для визначення рівнянь рухів далі використовується як елемент лагранжевої механіки. Функція Лагранжа системи (лагранжіан) визначається як $L \equiv T - U$, тобто для розглянутої системи маємо лагранжіан у вигляді

$$L = \frac{1}{2} mL^2 (2\dot{\theta}^2 + \dot{\phi}^2 + 2\dot{\theta}\dot{\phi} \cos(\theta - \phi)) + mgL(2 \cos \theta + \cos \phi). \quad (13)$$

У лагранжевій механіці необхідно знайти рівняння руху для кожної змінної при використанні наступного співвідношення [2, 3]:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q_i} \equiv 0. \quad (14)$$

Це співвідношення має місце для всіх узагальнених координат q_i . Спочатку знайдемо рівняння руху для координати θ :

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{\theta}} \right) = \frac{d}{dt} (2mL^2 \dot{\theta} + mL^2 \dot{\phi} \cos(\theta - \phi)) = 2mL^2 \ddot{\theta} + mL^2 \ddot{\phi} \cos(\theta - \phi) - mL^2 \dot{\phi} (\dot{\theta} - \dot{\phi}) \sin(\theta - \phi)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \theta} = -mL^2 \dot{\theta} \dot{\phi} \sin(\theta - \phi) - 2mgL \sin \theta$$

Після виконання аналітичних перетворень одержуємо

$$2\ddot{\theta} - \ddot{\phi} \cos(\theta - \phi) + \dot{\phi}^2 \sin(\theta - \phi) + \frac{2g}{L} \sin \theta = 0. \quad (15)$$

Далі виконаємо те ж саме для ϕ :

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{\phi}} \right) = \frac{d}{dt} (mL^2 \dot{\phi} + mL^2 \dot{\theta} \cos(\theta - \phi)) = mL^2 \ddot{\phi} + mL^2 \ddot{\theta} \cos(\theta - \phi) - mL^2 \dot{\theta} (\dot{\theta} - \dot{\phi}) \sin(\theta - \phi)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \phi} = -mL^2 \dot{\theta} \dot{\phi} \sin(\theta - \phi) - mgL \sin \phi$$

Перетворимо це в стандартну форму,

$$\ddot{\phi} + \ddot{\theta} \cos(\theta - \phi) - \dot{\theta}^2 \sin(\theta - \phi) + \frac{g}{L} = 0. \quad (16)$$

Отже, було отримано подвійну систему диференціальних рівнянь другого порядку (15) – (16). Розв'язання її точно аналітичними методами навряд чи можливо (адже на практиці ці рівняння ще будуть ускладнені певними деталями). Тому систему рівнянь розв'язують чисельно за допомогою математичних пакетів наприклад, Maple або Mathcad. Для зручності необхідно спочатку виконати деякі перетворення.

Спочатку, розв'яжемо (15) відносно $\ddot{\theta}$:

$$\ddot{\theta} = \frac{-1}{2} \ddot{\phi} \cos(\theta - \phi) - \frac{1}{2} \dot{\phi}^2 \sin(\theta - \phi) - \frac{g}{L} \sin \theta. \quad (17)$$

Тоді включаючи цю величину в (16), одержуємо:

$$\ddot{\phi} = \frac{1}{1 - 0.5 \cos^2(\theta - \phi)} \left(\frac{1}{2} \dot{\phi}^2 \sin(\theta - \phi) \cos(\theta - \phi) + \frac{g}{L} \sin \theta \cos(\theta - \phi) + \dot{\theta}^2 \sin(\theta - \phi) - \frac{g}{L} \sin \phi \right) \quad (18)$$

Далі розв'язуємо (16) відносно $\ddot{\phi}$:

$$\ddot{\phi} = -\ddot{\theta} \cos(\theta - \phi) + \dot{\theta}^2 \sin(\theta - \phi) - (g/L) \sin \phi. \quad (19)$$

І підставляючи це назад в (15), маємо:

$$\ddot{\theta} = \frac{-1}{2 - \cos^2(\theta - \phi)} \left(\dot{\theta}^2 \sin(\theta - \phi) \cos(\theta - \phi) - \frac{g}{L} \sin \phi \cos(\theta - \phi) + \dot{\phi}^2 \sin(\theta - \phi) + \frac{2g}{L} \sin \theta \right) \quad (20)$$

В результаті одержано рівняння для $\ddot{\theta}$ й $\ddot{\phi}$ тільки в термінах диференціалів більше низького порядку.

Рівняння Лагранжа є одним з математичних інструментів, які використовуються в класичній механіці. Ці рівняння дозволяють описувати у тому числі і рух багатоланкового маятника.

Далі розглянемо рух подвійного маятника за умови малої амплітуди. У цьому випадку величина $|\theta - \phi|$ дорівнює 0, що у свою чергу дозволяє вважати $\cos(\theta \pm \phi) \Rightarrow 1$ і $\sin(\theta \pm \phi) \Rightarrow 0$, і $\sin \theta \approx \theta$. У такий спосіб отримана система рівнянь (15) – (16) приймає вигляд

$$\ddot{\theta} = \frac{g}{L} (\phi - 2\theta); \quad \ddot{\phi} = \frac{2g}{L} (\theta - \phi). \quad (21)$$

Якщо ми покладемо $\theta = B_1 e^{i\omega t}$ $\phi = B_2 e^{i\omega t}$ й візьмемо другі похідні за часом і потім підставимо ці величини назад в (21), ми одержуємо

$$\begin{aligned} -\omega^2 B_1 &= \frac{g}{L} B_2 - \frac{2g}{L} B_1 \\ -\omega^2 B_2 &= \frac{2g}{L} B_1 - \frac{2g}{L} B_2 \end{aligned} \Rightarrow \begin{bmatrix} \frac{2g}{L} & \frac{-g}{L} \\ \frac{-2g}{L} & \frac{2g}{L} \end{bmatrix} \bar{B} = \omega^2 \bar{B}. \quad (22)$$

Щоб знайти величину для ω , ми повинні знайти власні значення для цієї системи рівнянь. В результаті знаходимо

$$\omega^2 = \frac{g(2 \pm \sqrt{2})}{L}. \quad (23)$$

Це приводить до двох характерних частот системи,

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{(2 + \sqrt{2})g}{L}}, \quad \omega_2 = \sqrt{\frac{(2 - \sqrt{2})g}{L}}. \quad (24)$$

Для знаходження нормальних станів системи, ми повинні знайти власні вектори системи. Для цього ми повинні включити знайдені власні значення назад у матрицю в (22) і визначити, коли та система буде дорівнювати нульовому вектору [4, 5]:

$$\begin{aligned} &\frac{g}{L}(2 + \sqrt{2}): \\ &\begin{bmatrix} \frac{g}{L}(2 - 2 - \sqrt{2}) & \frac{-g}{L} \\ \frac{-2g}{L} & \frac{g}{L}(2 - 2 - \sqrt{2}) \end{bmatrix} \bar{B} = \bar{0} \\ &\Rightarrow \frac{g}{L}(-B_1\sqrt{2} - B_2) = 0 \quad \Rightarrow -\sqrt{2}B_1 = B_2 \Rightarrow \begin{pmatrix} 1 \\ -\sqrt{2} \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (25)$$

Подібно виконаємо для другого власного значення,

$$\begin{aligned} &\frac{g}{L}(2 - \sqrt{2}): \\ &\begin{bmatrix} \frac{g}{L}(2 - 2 + \sqrt{2}) & \frac{-g}{L} \\ \frac{-2g}{L} & \frac{g}{L}(2 - 2 + \sqrt{2}) \end{bmatrix} \bar{B} = \bar{0} \\ &\Rightarrow \frac{g}{L}(B_1\sqrt{2} - B_2) = 0 \quad \Rightarrow \sqrt{2}B_1 = B_2 \Rightarrow \begin{pmatrix} 1 \\ \sqrt{2} \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (26)$$

Це означає, що будь-які два кути, які задовольняють цим відношенням, (типу $5 = \theta$, $5\sqrt{2} = \phi$ або $3 = \theta$, $-3\sqrt{2} = \phi$) будуть нормальними коливаннями (модами) системи. Випадок, що обидва кути - та ж сама ознака, - симетричний мода коливання й коли ці дві - протилежні ознаки антисиметрична мода [99].

Далі знайдемо рівняння руху для подвійного маятника, коли маси й довжини не рівні. Оберемо першу довжину й масу, відповідно, l_1 і m_1 , а другу довжину й масу, відповідно, l_2 і m_2 ; тоді маємо рівняння для координат вузлових точок:

$$\begin{aligned}
x_1 &= l_1 \sin \theta \\
y_1 &= -l_1 \cos \theta \\
x_2 &= x_1 + l_2 \sin \phi \Rightarrow l_1 \sin \theta + l_2 \sin \phi \\
y_2 &= y_1 - l_2 \cos \phi \Rightarrow -l_1 \cos \theta - l_2 \cos \phi
\end{aligned} \tag{27}$$

Потенціальна енергія

$$\begin{aligned}
U &= m_1 g y_1 + m_2 g y_2 \\
&\Rightarrow -(m_1 + m_2) g l_1 \cos \theta - m_2 g l_2 \cos \phi
\end{aligned} \tag{28}$$

Кінетичну енергію знайдемо так само як і у попередньому випадку: знаходячи похідні часу кожної з координат (як в (3) і (7)) і включаючи їх у рівняння для кінетичної енергії (як в (5) і (8)) і використовуючи тотожність (10)), одержуємо

$$T = \frac{1}{2} m_1 l_1^2 \dot{\theta}^2 + \frac{1}{2} m_2 (l_1^2 \dot{\theta}^2 + l_2^2 \dot{\phi}^2 + 2l_1 l_2 \dot{\theta} \dot{\phi} \cos(\theta - \phi)). \tag{29}$$

Тепер можна знайти функцію Лагранжа (як в (13)):

$$\begin{aligned}
L &= \frac{1}{2} m_1 l_1^2 \dot{\theta}^2 + \frac{1}{2} m_2 (l_1^2 \dot{\theta}^2 + l_2^2 \dot{\phi}^2 + 2l_1 l_2 \dot{\theta} \dot{\phi} \cos(\theta - \phi)) \\
&\quad + (m_1 + m_2) g l_1 \cos \theta + m_2 g l_2 \cos \phi
\end{aligned} \tag{30}$$

Застосування тих же самих лагранжевих методів як в (14) стосовно θ дає рівняння руху,

$$\begin{aligned}
\frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}} &= m_1 l_1^2 \dot{\theta} + m_2 l_1^2 \dot{\theta} + m_2 l_1 l_2 \dot{\phi} \cos(\theta - \phi) \\
\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}} \right) &= (m_1 + m_2) l_1^2 \ddot{\theta} + m_2 l_1 l_2 \ddot{\phi} \cos(\theta - \phi) - m_2 l_1 l_2 \dot{\phi} \sin(\theta - \phi) (\dot{\theta} - \dot{\phi})
\end{aligned} \tag{31}$$

$$\frac{\partial L}{\partial \theta} = -l_1 g (m_1 + m_2) \sin \theta - m_2 l_1 l_2 \dot{\theta} \dot{\phi} \sin(\theta - \phi)$$

$$\Rightarrow (m_1 + m_2) l_1 \ddot{\theta} + m_2 l_2 \ddot{\phi} \cos(\theta - \phi) + m_2 l_2 \dot{\phi}^2 \sin(\theta - \phi) + g (m_1 + m_2) \sin \theta = 0$$

а стосовно ϕ дає рівняння,

$$\frac{\partial L}{\partial \dot{\phi}} = m_2 l_2^2 \dot{\phi} + m_2 l_1 l_2 \dot{\theta} \cos(\theta - \phi)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{\phi}} \right) = m_2 l_2 \ddot{\phi} + m_2 l_1 l_2 \ddot{\theta} \cos(\theta - \phi) - m_2 l_1 l_2 \dot{\theta} \sin(\theta - \phi) (\dot{\theta} - \dot{\phi}) \tag{32}$$

$$\frac{\partial L}{\partial \phi} = m_2 l_1 l_2 \dot{\theta} \dot{\phi} \sin(\theta - \phi) - l_2 m_2 g \sin \phi$$

$$\Rightarrow m_2 l_2 \ddot{\phi} + m_2 l_1 \ddot{\theta} \cos(\theta - \phi) - m_2 l_1 \dot{\theta}^2 \sin(\theta - \phi) + m_2 g \sin \phi = 0$$

Щоб було зручно використовувати рівняння (32) у цифровій формі, доцільно було б їх розв'язати як попередньо (17) - (20), коли одержано рівняння для $\ddot{\theta}$ й $\ddot{\phi}$ тільки в термінах диференціалів низького порядку.

При дослідженні маятникових пристроїв бажано було б унаочнити взаємне положення окремих ланок маятника у певні моменти часу, а також передбачити варіанти нестійкості (хаотичності) коливань. Ці два питання

можуть стати предметом дослідження прикладної геометрії, адже взаємне положення ланок маятника можна унаочнити із застосуванням комп'ютерної анімації, а варіанти хаотичності коливань можна дослідити за допомогою спеціальних графічних зображень – фазових портретів.

З позицій прикладної геометрії ці два питання повністю не розкриті у зайнятій науковій ніші. Звідси стає зрозумілою актуальність обраної теми досліджень, яка полягає у розробці алгоритмічного забезпечення програм геометричного моделювання багатоланкових механічних маятникових коливань вантажів, та вивчення цього процесу засобами унаочнення у часі фазових портретів і анімаційного моделювання положень ланок маятникових коливальних систем.

Висновок. Наведений спосіб опису коливань дволанкового маятника базується на розв'язанні системи диференціальних рівнянь відносно кутів, утворених ланками маятника з вертикалями.

Література

1. *Гаврилов С.В., Коноплев В.А.* Компьютерные технологии исследования мехатронных многозвенных систем. М.: СПб.: Наука, 2004, 191 с.
2. *Бутиков Е.И., Кондратьев А.С.* Механика: Учеб. пособие: М.; СПб.: Физматлит и др., 2000. - 352 с.;
3. *Мартынов Б.А.* Теория колебаний. Математические модели динамических систем. Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2002. 56 с.
4. *Мандельштам Л.И.* Лекции по теории колебаний. М.: Наука, 1972. 472 с.
5. *Тер Хаар Д.* Основы гамильтоновой механики М.: Наука, 1974. 222с.

РАСЧЕТ КОЛЕБАНИЙ ДВУХЗВЕННЫХ МАЯТНИКОВ

Р.М.Колочавін

Приведен способ составления дифференциальных уравнений описания колебаний двухзвенного маятника. Способ базируется на решении системы дифференциальных уравнений относительно углов, образованных звеньями маятника с вертикалями.

CALCULATION OF FLUCTUATIONS OF TWO-TIER PENDULUMS

R.M.Kolochavin

The way of drawing up the differential equations of the description of fluctuations of a two-tier pendulum is given. The way is based on the decision of system of the differential equations concerning the corners formed by links of a pendulum with verticals.

ЯКІСНИЙ АНАЛІЗ МЕХАНІЧНИХ КОЛИВАЛЬНИХ СИСТЕМ НА БАЗІ ФАЗОВИХ ПОРТРЕТІВ

*Національний університет цивільного захисту України, м. Харків,
Український науково-дослідний інститут пожежної безпеки, м.Київ*

Розглянуто якісний аналіз механічних коливальних систем, коли вантаж здійснює коливання за наявності пружини і демпфера.

Постановка проблеми. З позицій прикладної геометрії якісна теорія диференціальних рівнянь викликає інтерес тому, що вона може становити теоретичну базу методів унаочнення поведінки сім'ї інтегральних кривих диференціальних рівнянь у часі за допомогою графічних зображень, що відносяться до нового класу графічних об'єктів дослідження - до класу *фазових портретів коливальних систем*. Враховуючи динамічний характер коливального процесу, унаочнення логічно здійснювати засобами анімаційного комп'ютерного моделювання, що також становить інтерес для прикладної геометрії.

Вважається, що найважливішою подією в історії розвитку диференціальних рівнянь є створення їх *якісної теорії* [1, 2]. Оскільки розв'язки у аналітичному вигляді існують лише для досить невеликого кола диференціальних рівнянь, побудова достатньо загальної теорії в цьому напрямку виявлялася неможливою. Прийоми чисельного розв'язання рівнянь, засновані на теоремах існування, також не відкривали шляхи до загальної теорії [1 - 6].

Аналіз відомих результатів. Якісна теорія диференціальних рівнянь була одночасно створена математиками А.Пуанкаре й А.М.Ляпуновим. Задача, поставлена Пуанкаре, полягала у тому, щоб, не інтегруючи диференціальне рівняння, дослідити поведінку сім'ї інтегральних кривих рівняння $y' = f(x, y)$ або системи $\frac{dx}{dt} = \varphi(x, y)$, $\frac{dy}{dt} = \psi(x, y)$ на всій площині тільки на основі властивостей функцій, що містяться у правих частинах рівнянь. А.Пуанкаре дав класифікацію і показав значення особливих точок інтегральних кривих, дослідив поведінку останніх в околі особливих точок, увів поняття граничного циклу як замкненої інтегральної кривої, до якої наближаються по спіралях досить близькі інтегральні криві.

Дослідження творця якісних методів А.М.Ляпунова спочатку були зв'язані з конкретною задачею астрономії. Ляпунов розглядав систему n звичайних лінійних рівнянь

$$\frac{dx_k}{dt} = X_k(x_1, x_2, \dots, x_n, t); \quad (k=1, 2, \dots, n), \quad (1)$$

де X_k є розклади при досить малих x_k у ряди, що сходяться, по цілих ступенях x_k і дорівнюють нулю при $x_1 = x_2 = \dots = x_n = 0$; коефіцієнти при цьому або постійні, або залежать від t .

Ляпунов з'ясував, у яких випадках питання про стійкість системи (1) може бути розв'язано за першим наближенням, тобто шляхом дослідження системи, у якій функції X_k замінюються членами розкладу першого ступеня відносно x_k . Зазначимо, що вивчення системи (1) при цьому проводилося лише *якісними методами*, тобто без її безпосереднього інтегрування.

Подальший розвиток якісної теорії диференціальних рівнянь визначався глибокими зв'язками досліджень із проблемами математичного природознавства і техніки (задачі аеро- і гідродинаміки, теорії пружності, сейсмології, тощо).

Постановка завдання. Розглянути якісний аналіз механічних коливальних систем, коли вантаж здійснює коливання за наявності пружини і демпфера.

Основна частина. Вивченням механічних коливань займаються фахівці багатьох галузей точних і інженерних наук: теоретичної механіки, прикладної та обчислювальної математики, теорії коливань механізмів, тощо. Найпоширеніші види коливань, які досліджуються на практиці, описуються нелінійними *диференціальними рівняннями другого порядку*. Тому розглянемо нелінійне диференціальне рівняння другого порядку

$$\frac{d^2x}{dt^2} = f\left(x, \frac{dx}{dt}\right), \quad (2)$$

і представимо динамічну коливальну систему, що складається з елементарної частки одиничної маси, яка рухається по осі x і на котру діє сила $f\left(x, \frac{dx}{dt}\right)$. Тоді диференціальне рівняння (2) буде рівнянням руху частки. Значенням x і dx/dt , які у будь-який момент часу характеризують стан системи, відповідає точка на площині $\left(x, \frac{dx}{dt}\right)$, що називається *площиною станів* або *фазовою площиною* [2, 8].

Фазова площина зображує сукупність усіх можливих станів розглянутої динамічної системи. Кожному новому стану системи відповідають різні точки фазової площини. Таким чином, зміні станів системи можна поставити у відповідність рух деякої точки по фазовій площині. Таку точку називають *зображуючою точкою*. Траєкторія зображуючої точки, називається *фазовою траєкторією*, а швидкість цієї

точки - *фазовою швидкістю*. У літературі (особливо навчальній) для траєкторії зображуючої точки більш вживаним є термін *фазовий портрет*.

Якщо ввести змінну $y = \frac{dx}{dt}$, то рівняння (2) можна звести до системи двох диференціальних рівнянь

$$\frac{dx}{dt} = y; \quad \frac{dy}{dt} = f(x, y). \quad (3)$$

При цьому, якщо t розглядати як параметр, то розв'язком системи (3) буде пара функцій $x(t)$ і $y(t)$, що визначають на фазовій площині (x, y) криву (*фазову траєкторію*, або *фазовий портрет*).

Можна показати, що система (3), як і більш загальна виду

$$\frac{dx}{dt} = X(x, y); \quad \frac{dy}{dt} = Y(x, y). \quad (4)$$

де функції X і Y неперервні разом зі своїми частинними похідними в деякій області D , має таку властивість.

Якщо $x(t)$, $y(t)$ - розв'язок диференціальної системи (4), то

$$x = x(t + C); \quad y = y(t + C), \quad (5)$$

також є розв'язком розглянутої диференціальної системи (4), де C - довільна дійсна постійна. Розв'язкам (5) при можливих значеннях C відповідатиме на фазовій площині (x, y) та ж сама фазова траєкторія. Далі, якщо дві фазові траєкторії мають спільну точку, то вони збігаються. При цьому зростанню або убуванню параметра t відповідає визначений рух зображуючої точки по траєкторії.

На рис. 1 наведено традиційну схему коливальної системи вантажу з пружиною та демпфером (тобто вантаж є підресорений).

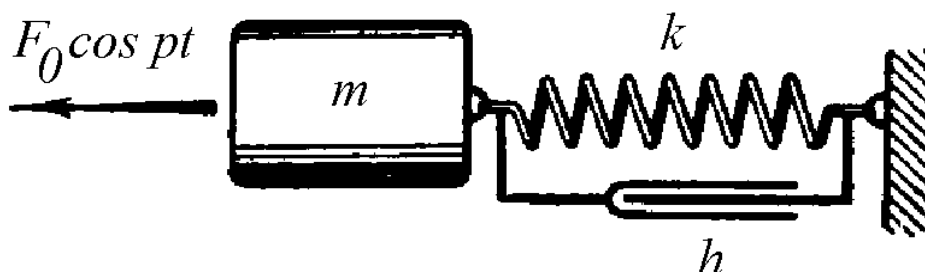


Рис. 1. Схема коливання вантажу з пружиною та демпфером

Маємо таке рівняння коливань вантажу за наявності сил тертя [3]:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + h \frac{dx}{dt} + kx = F_0 \cos pt,$$

або

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2\delta \frac{dx}{dt} + \omega^2 x = f_0 \cos pt, \quad (6)$$

де x – зміщення, m – маса вантажу, яка коливається, h – коефіцієнт сили тертя, k – жорсткість пружини, δ – коефіцієнт затухання, ω – власна частота коливань, F_0 – амплітуда зовнішньої сили, p – колова частота зовнішньої сили.

Відомо, що диференціальне рівняння (6) можна тотожно замінити на систему диференціальних рівнянь (де $f_0 = F_0/m$)

$$\frac{dx}{dt} = y; \quad \frac{dy}{dt} = f_0 \cos pt - 2\delta y - \omega^2 x. \quad (7)$$

При цьому величина y буде швидкістю вантажу. З теорії коливань [3] відомий точний розв’язок рівнянь (7). Але цікавішою є інтерпретація цього розв’язку на площині в системі координат Oxy , в результаті чого одержується графічне зображення, яке в якісній теорії диференціальних рівнянь називається „фазовим портретом”.

Для побудови фазових портретів на фазовій площині та у фазовому просторі було складено maple-програму розв’язання системи диференціальних рівнянь (7), головний фрагмент якої має вигляд [10, 11]:

```

sys := [diff(x(t),t) = y(t),
        diff(y(t),t) = f0*cos(p*t) -
        2*delta*y(t) - omega^2*x(t)]:
sol := dsolve(sys):

assign(sol): x(t), y(t):

for i from 1 to 3 do
xx := x(t); yy := y(t);
f1 := x(t) = i/5;
f2 := y(t)=0;
unassign('_C1'): _C1: unassign('_C2'): _C2:
t := 0:
sol2 := solve({f1, f2}, {_C1, _C2}):
assign(sol2): _C1, _C2;
unassign('t'): t:
xxx[i]:= xx;      yyy[i]:= yy;

```

```
end do:
```

```
unassign('t'): t:
```

```
spacecurve({[xxx[1](t), yyy[1](t), t],  
            [xxx[2](t), yyy[2](t), t],  
            [xxx[3](t), yyy[3](t), t]},  
          t=0..100, color=black,  
          numpoints=1500, labels=[x,y,t], axes=BOXED,  
          orientation=[-90, 0], thickness=2,  
          axesfont=[TIMES,ITALIC,18],  
          labelfont=[TIMES,ITALIC,18]);
```

```
spacecurve({[xxx[1](t), yyy[1](t), t],  
            [xxx[2](t), yyy[2](t), t],  
            [xxx[3](t), yyy[3](t), t]},  
          t=0..100, color=black,  
          numpoints=500, labels=[x,y,t], axes=BOXED,  
          orientation=[-130, 65], thickness=2,  
          axesfont=[TIMES,ITALIC,18],  
          labelfont=[TIMES,ITALIC,18]);
```

На рис. 2 і 3 наведено приклад системи, де має статися *резонансне явище* ($m = 50$; $h = 0.8$; $k = 25$; $p = \sqrt{k/m}$; $F_0 = 1$). Про це свідчать побудовані за допомогою складеної програми траєкторії, які ніби «намотані» на конічну поверхню.

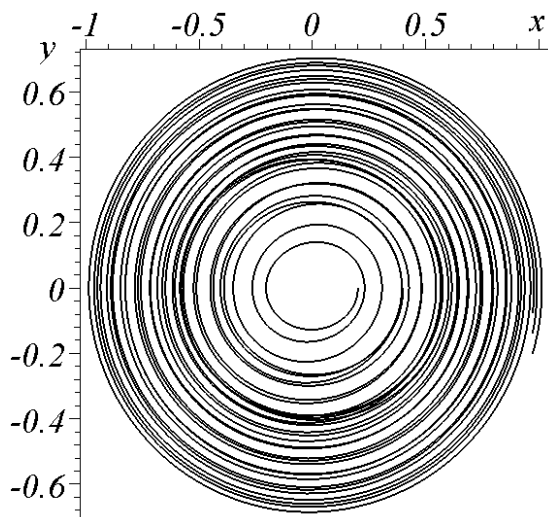


Рис. 2. Фазовий портрет коливальної системи в резонансі

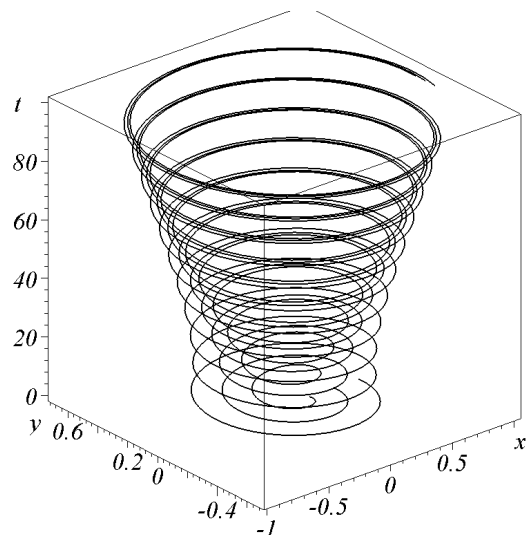


Рис. 3. Узагальнений фазовий портрет системи в резонансі

Для порівняння наведено приклад (рис. 4 і 5) системи зі *сталим* коливанням ($m = 1$; $h = 0.5$; $k = 10$; $F_0 = 1.5$; $p = 2.5$). Про це свідчать траєкторії, які ніби намотані на циліндричну поверхню.

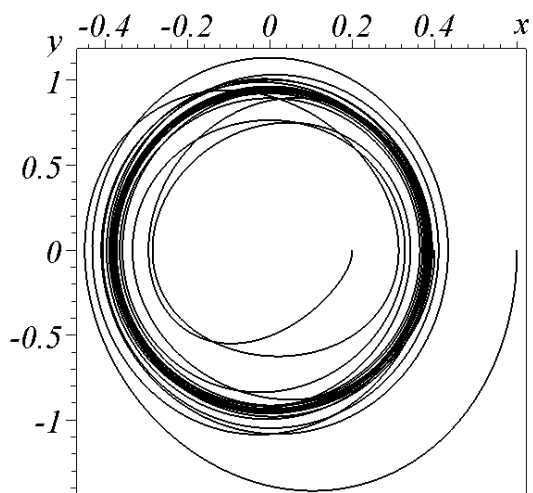


Рис. 4. Фазовий портрет сталої коливальної системи

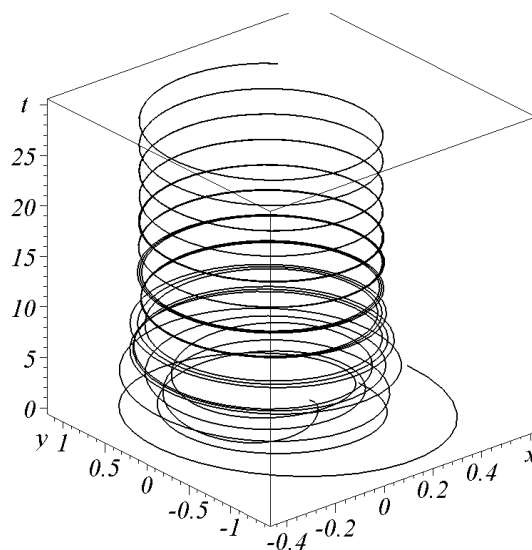


Рис. 5. Просторовий фазовий портрет сталої коливальної системи

На рис. 6 і 7 наведено *систему з биттям* під час коливань ($m = 10$; $h = 0.1$; $k = 5$; $p = \sqrt{k/m} + 0,1$; $F_0 = 1$). Про це свідчать траєкторії, які ніби намотані на „фасонну” поверхню обертання.

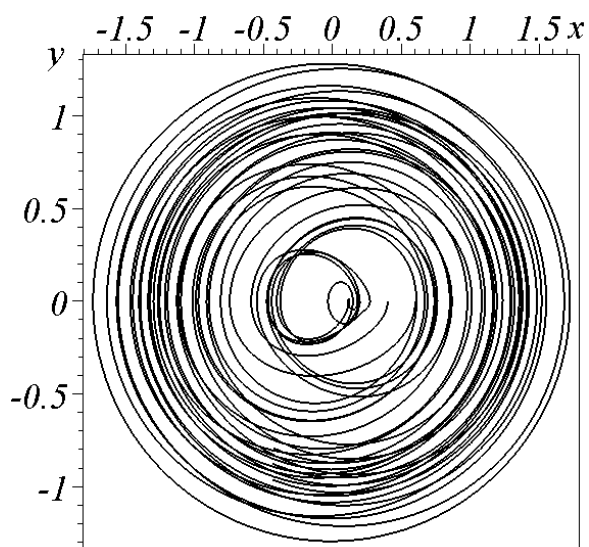


Рис. 6. Фазовий портрет коливальної системи з биттям

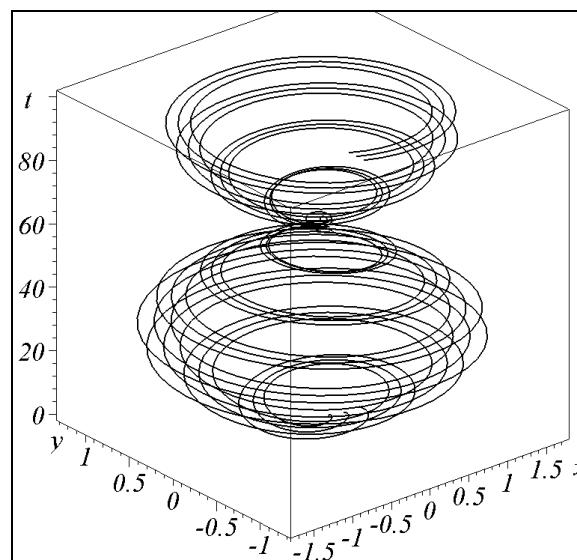


Рис. 7. Узагальнений фазовий портрет системи з биттям

Висновки. За допомогою фазових портретів можна пояснити деякі прояви механічних коливальних систем, коли вантаж здійснює коливання за наявності пружини і демпфера.

Література

1. *Бабаков И. М.* Теория колебаний. / *И.М.Бабаков* / М., ГИТТЛ, 1958. – 628 с.
2. *Пановко Л.Г.* Введение в теорию механических колебаний. - / *Л.Г. Пановко* / М.: Физматгиз, - 1971 2-е Изд 1989
3. *Амелькин В.В.* Дифференциальные уравнений в приложениях. – / *В.В. Амелькин* / М.: Наука, 1987. – 158 с.
4. *Стрелков С.П.* Введение в теорию колебаний. – / *С.П.Стрелков* / М.: Наука, 1964. – 438 с.
5. *Эрроусмит Д.* Обыкновенные дифференциальные уравнения. Качественная теория с приложениями. - / *Д. Эрроусмит, К.Плейс* / М.: Мир, 1986. – 243 с.
6. *Яблонский А.А.* Курс теории колебаний. – / *А.А.Яблонский, С.С. Норейко* / М.: Высшая школа, 1966. – 255 с.
7. *Андронов А.А.* Теория бифуркаций динамических систем на плоскости. / *А.А.Андронов, Е.А.Леонтотч, И.П.Гордон, А.Г. Майер* / М., 1967.
8. *Рабинович М.И.* Введение в теорию колебаний и волн. / *М.И. Рабинович, Д.И. Трубецков* / М.: Наука, 1992
9. *Бидерман В.Л.* Прикладная теория механических колебаний. – / *В.Л. Бидерман* / М.: Высшая школа, 1972. – 416 с.
10. *Ларін О.М.* Фазові портрети коливань надресорного вантажу, спричинених періодичними нерівностями шляху // *О.М.Ларін, Б.І.Кривошей* / Геометричне та комп'ютерне моделювання. Харків: ХДУХТ, 2005. Вип. 10. – С. 25-32
11. *Ларін О.М.* Дослідження руху транспортного засобу за допомогою графічних зображень // *О.М.Ларін, Б.І.Кривошей* / Праці Таврійської держ. агротехнічної академії. Мелітополь: ТДАТА, 2005. Вип. 4. - Т. 30 - С.

КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ ФАЗОВЫХ ПОРТРЕТОВ

Д.В.Кукуруза, М.М.Пиксасов, Л.Л.Запольский

Рассмотрен качественный анализ механических колебательных систем, когда груз осуществляет колебание при наличии пружины и демпфера.

THE QUALITATIVE ANALYSIS OF MECHANICAL OSCILLATORY SYSTEMS ON THE BASIS OF PHASE PORTRAITS

D. Kukuruzza, M. Piksasov, L. Zapolsky

The qualitative analysis of mechanical oscillatory systems when freight carries out fluctuation in the presence of a spring and a damper is considered.

ОПТИМІЗАЦІЯ ОРІЄНТАЦІЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ З ДОТРИМАННЯМ НОРМ ОСВІТЛЕНОСТІ ТА ІНСОЛЯЦІЇ

*Кременчуцький національний університет імені Михайла
Остроградського, Кременчук, Україна*

Анотація – розроблено спосіб оптимізації орієнтації гранних енергоефективних будівель за критерієм мінімізації теплового балансу будівлі з оточуючим середовищем протягом опалювального періоду з дотриманням норм освітленості та інсоляції. Спосіб можна застосовувати при проектуванні енергоефективних і звичайних будинків.

Постановка проблеми. При проектуванні енергоефективних будівель виникає завдання оптимізації теплоенергетичного впливу зовнішнього клімату на тепловий баланс будівлі. Це можливо за рахунок оптимізації геометричних параметрів будівель: азимутальної орієнтації, пропорцій, розташування і площі світлових прорізів; оптимального розподілу утеплювача по огорожувальних конструкціях. Вдалий вибір параметрів орієнтації для будівель з різною геометричною формою дає можливість збільшити вплив тепла від сонячної радіації на оболонку будівлі в опалювальний період і зменшити – у літній період. Що дає можливість скоротити витрати на опалення протягом опалювального періоду та охолодження протягом літнього періоду.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирішенню питання підвищення енергоефективності будівель присвячені роботи [1–3], але в них визначалися оптимальні пропорції будівель з точки зору мінімізації тепловтрат через огорожувальні конструкції за одним параметром пропорцій, дані рекомендації по орієнтації будівлі. У роботах [4, 5] окремо оптимізувалася форма будівлі та окремо параметри утеплювача непрозорих конструкцій будівлі з точки зору мінімального теплового балансу огорожувальних конструкцій. У роботі [6] розглядалася багатопараметрична оптимізація енергоефективних будівель. Питання оптимізації орієнтації будівлі з дотриманням норм освітлення та інсоляції для будівель з різною геометричною формою, опором теплопередачі огорожувальних конструкцій, площею та розташування вікон не розглядалося.

Постановка завдання. Для підвищення енергоефективності будівель запропонувати спосіб оптимізації енергоефективних будівель з дотриманням норм інсоляції та освітлення приміщень. Критерієм оптимізації є мінімізація теплового балансу огорожувальних конструкцій з оточуючим середовищем для опалювального періоду.

Основна частина. Для оптимізації орієнтації енергоефективних будівель розроблено комплекс програм *OPTORIENT* моделювання теплового балансу як окремих граней, так і будівлі в цілому для опалювального та літнього періодів за різних вихідних умов. Моделі будуються на екрані дисплея і оцінюються проектувальником. Алгоритм використання моделей та оптимізації наведено на рис.1. При цьому дотримуються вимоги норм інсоляції приміщень і природнього освітлення (КПО).

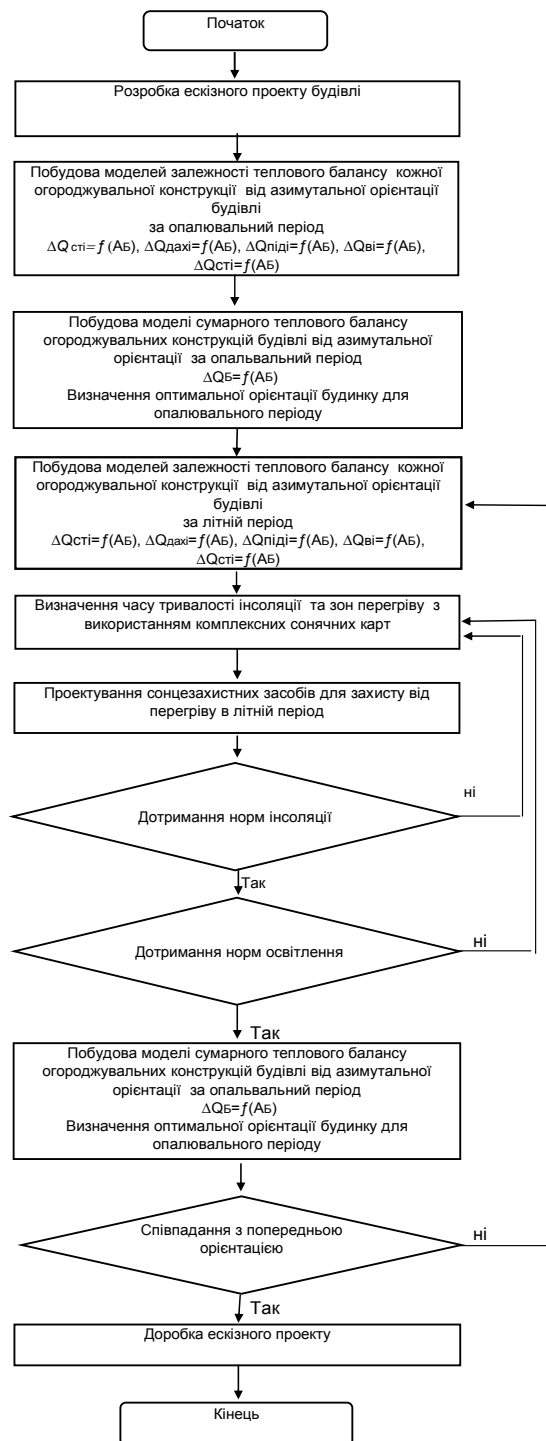


Рис.1. Алгоритм оптимізації орієнтації будівель

Приклад оптимізації. Мансардна будівля, яка розташована в м. Київ (50-й градус північної широти), об'ємом $V= 762,9 \text{ м}^3$ (рис. 2) з прямокутним планом. Кут нахилу даху 30 градусів.

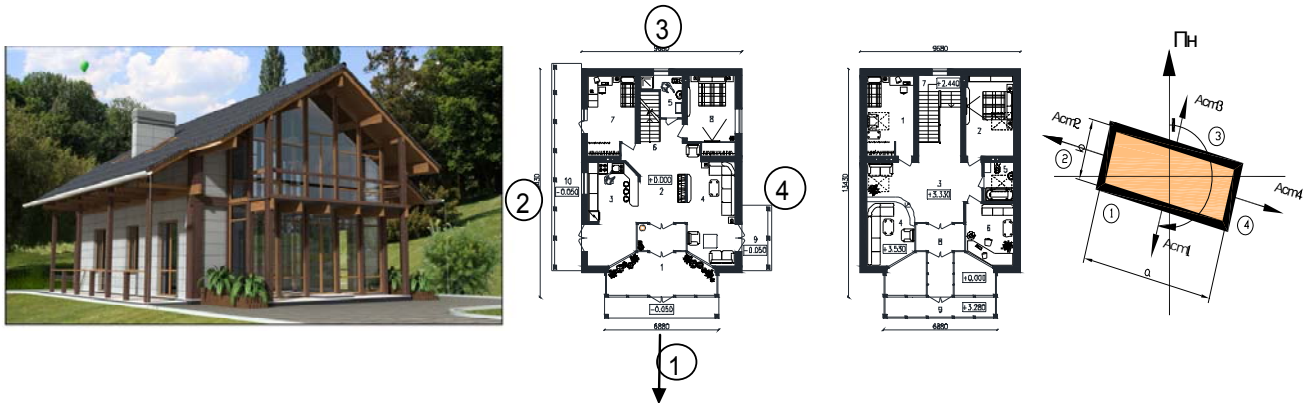
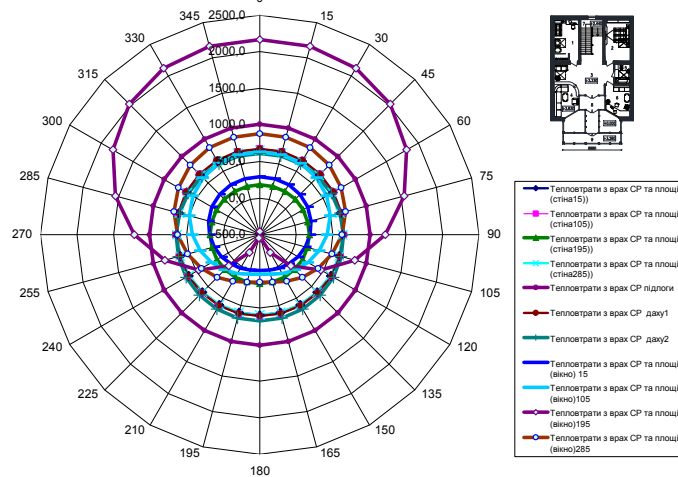


Рис. 2. Енергоефективна будівля

Тепловий баланс кожної грані огороджувальних конструкцій будівлі
за опалювальний період для 50 град Пн.Ш. в залежності від орієнтації кВтгод $Q=f(A_B)$



СУМАРНИЙ ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЛІ
 $Q=f(A_B)$ для опалювального періода м. Київ (кВт год)

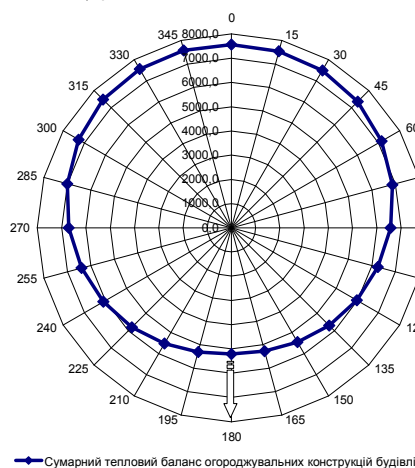


Рис.3. Моделі залежності теплового балансу окремих конструкцій $\Delta Q_{ki}=f(A_B)$ та будівлі вцілому $\Delta Q_B=f(A_B)$ від азимутальної орієнтації для опалювального періоду

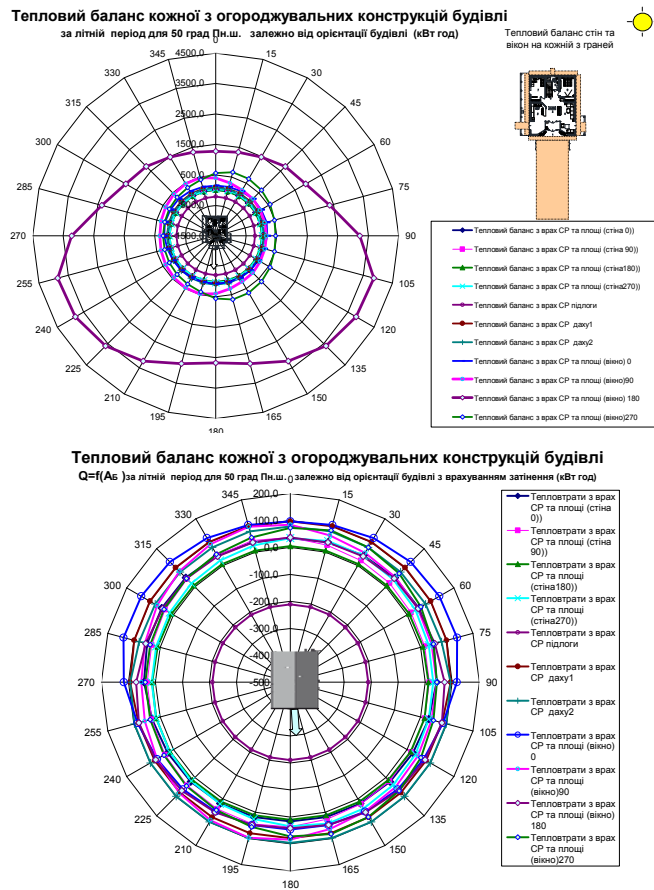


Рис.4. Моделі залежності теплового балансу окремих конструкцій $\Delta Q_{ki}=f(A_{\Sigma})$ та будівлі в цілому $\Delta Q_{\Sigma}=f(A_{\Sigma})$ від азимутальної орієнтації для літнього періоду

Будівля має наступні параметри форми $a = 9,68$ м, $b = 12$ м, $h = 8,3$ м (по внутрішній поверхні конструкцій), опір теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій кожної з граней будівлі складає $R_{ст1} = 5,6$ м²К/Вт, $R_{ст2} = 5,6$ м²К/Вт, $R_{ст3} = 5,6$ м²К/Вт, $R_{ст4} = 5,6$ м²К/Вт, $R_{дах5} = 7,0$ м²К/Вт, $R_{дах6} = 7,0$ м²К/Вт, $R_{підл} = 8,0$ м²К/Вт, площа вікон кожної з граней $S_{в1} = 2,61$ м², $S_{в2} = 5,6$ м², $S_{в3} = 46,10$ м², $S_{в4} = 7,82$ м², $S_{вдах5} = 0,96$ м², $S_{вдах6} = 1,92$ м². Опору теплопередачі світлопрозорих конструкцій на кожній із граней $R_{в1} = 0,75$ м²К/Вт, $R_{в2} = 0,75$ м²К/Вт, $R_{в3} = 1,8$ м²К/Вт, $R_{в4} = 0,75$ м²К/Вт, $R_{вдах5} = 0,75$ м²К/Вт, $R_{вдах6} = 0,75$ м²К/Вт.

Визначено залежність теплового балансу кожної грані всіх типів конструкції [6] від азимутальної орієнтації для опалювального періоду. Найбільший вплив орієнтація має для світлопрозорих конструкцій, а особливо для подвійно зашкленого фасаду з опором теплопередачі $R_{в3} = 1,8$ м²К/Вт і великою площею $S_{в3} = 46,10$ м². Для нього теплонадходження від сонячної радіації перевищують тепловтрати.

Для оптимізації орієнтації будівлі моделюється тепловий баланс кожної огорожувальної конструкції $\Delta Q_{ki}=f(A_{\Sigma})$ та будівлі в цілому $\Delta Q_{\Sigma}=f(A_{\Sigma})$ з оточуючим середовищем [6]. Оптимізовано орієнтацію будівлі. Будівля орієнтується подвійним скляним фасадом на південь

рис.3, що дає скорочення тепловтрат 29 відсотків порівняно з північною орієнтацією.

Для захисту будинку від перегріву в літній період будуються моделі теплового балансу. Найбільші теплонадходження відбуваються через подвійний скляний фасад за рахунок надходження тепла від сонячної радіації. З використанням комплексних сонячних карт будуються сонцезахисні пристрої, які захистять будівлю від перегріву рис.4. При цьому дотримуються норми освітленості та інсоляції.

Для подальшого підвищення енергоефективності необхідно оптимізувати пропорції будівлі, площу та розташування вікон, перерозподілити утеплювач по огорожувальним конструкціям.

Висновки. Розроблено комплекс програм *OPTORIENT* та спосіб оптимізації орієнтації будівлі з різною гранною геометричною формою за критерієм мінімізації теплового балансу будівлі з оточуючим середовищем за опалювальний період з дотриманням норм освітленості та інсоляції. Його використання дає можливість зменшити витрати на опалення протягом опалювального періоду та охолодження протягом літнього періоду.

Література

1. *Маркус Т. А.* Здания, климат и энергия / Т. А. Маркус, Э. Н. Морис. – Л. : Гидрометеиздат, 1985. – 540 с.

2. *Табунищikov Ю. А.* Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий / Ю. А. Табунищikov, М. М. Бродач. – М. : АВОК-ПРЕСС, 2002. — 194 с.

3. *Мартинov В. Л.* Геометричне моделювання параметрів енергоактивних житлових будинків/ В. Л. Мартинov // Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції «Геометрическое моделирование и компьютерные технологии: теория, практика, образование». – Харьков, 2009. – С. 153–158.

4. *Сергейчук О. В.* Оптимізація розподілу утеплювача по поверхні будівлі при заданому класі його ефективності/ О. В. Сергейчук // Матеріали VI Міжнародної Кримської науково-практичної конференції «Геометричне та комп'ютерне моделювання: енергозбереження, екологія, дизайн». – Сімферополь, 2009. – С. 44–49.

5. *Сергейчук О. В.* Оптимізація форми енергоефективної будівлі, зовнішня оболонка якого n-параметрична поверхня / О. В. Сергейчук // Матеріали VII Міжнародної Кримської науково-практичної конференції «Геометричне моделювання та комп'ютерний дизайн». – Сімферополь, 2010. – С. 150–155.

6. *Мартинov В. Л.* Багатопараметрична оптимізація гранних енергоефективних будівель / В. Л. Мартинov // Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Геометричне моделювання, комп'ютерні

технології та дизайн: теорія, практика, освіта». – Ужгород, 2011. –С. 135–139.

**ОПТИМИЗАЦИЯ ОРИЕНТАЦИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ
ЗДАНИЙ С СОБЛЮДЕНИЕМ НОРМ ОСВЕЩЕННОСТИ И
ИНСОЛЯЦИИ**

В. Л. Мартынов

Разработан способ оптимизации ориентации гранных энергоэффективных зданий по критерию минимизации теплового баланса здания с окружающей средой в течение отопительного периода с соблюдением норм освещенности и инсоляции. Способ возможно использовать при проектировании энергоэффективных и обычных домов.

**OPTIMIZATION OF ORIENTATION ENERGOEFFECTIVNYH
BUILDINGS IN ACCORDANCE WITH THE RULES AND LIGHT
INSOLATION**

V. Martynov

Method of optimizing the orientation of the face of energy efficient buildings by minimizing the heat balance of the building with the environment during the heating period, in compliance with rules-light and sun exposure. The method may be used in the design of energy-efficient and conventional homes.

АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МАКРОСТРУКТУРИ ПРИМЕЖОВОГО ШАРУ МІЖ ПОТОКАМИ, ЩО РУХАЮТЬСЯ З РІЗНОЮ ШВИДКІСТЮ

*Київський національний університет будівництва і архітектури,
Україна*

Запропоновано підхід до наближеного аналітичного опису турбулентних примежових шарів між потоками, які взаємодіють, шляхом аналізу макроструктури без використання дослідних коефіцієнтів, понять «турбулентна в'язкість» та «турбулентне число Прандтля».

Постановка проблеми. У вентиляційній техніці широко застосовується взаємодія між потоками повітря. Взаємодія затоплених припливних струминних течій широко застосовується при подачі повітря у вентилятованих приміщеннях. Серед останніх рішень можна відзначити розроблені на кафедрі теплогазопостачання і вентиляції Київського національного університету будівництва і архітектури повітророзподільники [1-5] ежекційні тангенціальні ПЕТ (автори — доценти В.Б. Довгалюк та В.О. Мілейковський; впроваджуються ТОВ “науково-виробничий комплекс “Клімат”), які використовують взаємодію струмин, що насталяються на опуклі поверхні. Припливні струмини взаємодіють з конвективними потоками та іншими потоками повітря у приміщенні, що необхідно враховувати при побудові ефективних схем організації повітрообміну. Таким чином, дослідження взаємодії потоків є актуальною задачею.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Основною проблемою досліджень є недостатній розвиток теорії турбулентних течій. Критеріям простоти, легкості розуміння та застосування найбільш відповідає теорія турбулентних примежових шарів професора А.Я.Ткачука [6] на базі методу особливостей. Дрібні вихрові утворення у даній теорії виконують роль особливостей. При цьому не використовуються фіктивні величини і експериментальні константи - “турбулентна в'язкість”, “турбулентне число Прандтля” тощо. Професор А.Я.Ткачук теоретично отримав більшість відомих експериментальних формул для пристінних примежових шарів та вільних ізотермічних струмин. На сьогодні виконується узагальнення даного підходу для потоків з великомасштабною вихровою структурою, у тому числі, для затоплених струминних течій та слідів при обтіканні тіл.

Г.Н. Абрамович [7] відзначив невдалі спроби створення теорії примежового шару між потоками, що взаємодіють (теорія Кьюза, теорія Л.А. Вуліса, В.П. Кашкарова і Т.П. Леонтьєвої). Основною проблемою є відсутність подібності профілів швидкості при різних умовах, що

суперечить дослідним даним (рис. 1). Натомість запропоновано при розгляді взаємодії потоків зі швидкостями u_1 та u_2 користуватися повною аналогією зі струминою, випущеною з початковою швидкістю u_0 , у супутньому (або зустрічному) потоку зі швидкістю u_n , яка на відстані x має півширину B .

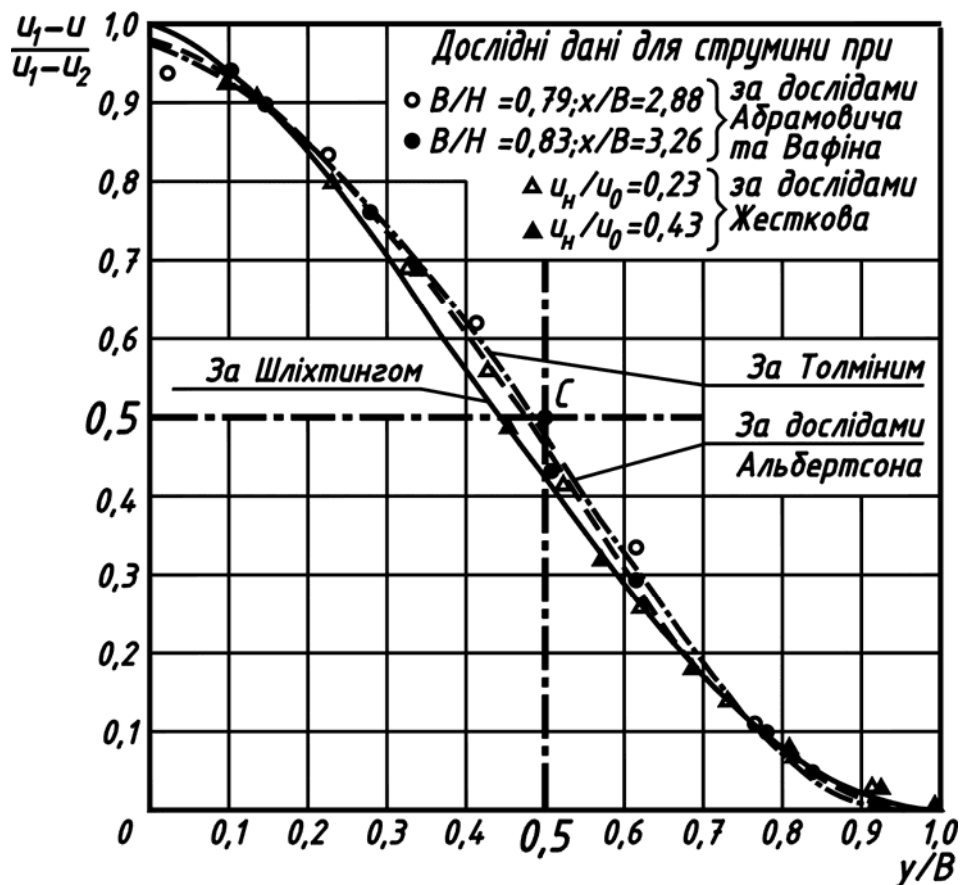


Рис. 1. Профіль швидкості примежового шару між потоками за Г.Н. Абрамовичем.

Розглянемо випадок, коли $|u_1| \geq |u_2|$. Профіль швидкості у примежовому шарі між потоками, повна ширина якого дорівнює B , прийнято як половину профілю швидкості, характерного для вільних струмин (рис. 1) при тому ж значенні півщини B . При такому підході виникає асиметрія профілю швидкості відносно центру C (на перетині штрих-пунктирних ліній). Якщо розглянути взаємодію потоків, спрямованих у протилежних напрямках з однаковими швидкостями, то отримаємо симетричну задачу, де неможливо виділити основний та другорядний потоки. Тому і профіль швидкості очікується симетричним. У цьому випадку Г.Н. Абрамович припускає додаткову нестійкість руху, за якої головним стає почергово потік 1 та потік 2. Тому необхідно ввести поправку, яка дозволить досягти симетрії профілю швидкості.

Межа змішування потоків досліджувалася у роботі Л.Д. Ландау та Е.М. Ліфшиця [8]. Межа змішування потоків нестійка, що призводить до її

“розбобтування” і турбулізації. У роботі [9] зазначено, що “межа здійснює характерний хвилеподібний рух”. Вона може бути сформована вихровою пеленою, аналогічною тій, яку розглядає у своїй теорії професор А.Я. Ткачук. Різниця полягає лише у тому, що у першому випадку вихори великомасштабні, а у другому — дрібномасштабні.

Наявність упорядкованої макроструктури великомасштабних вихорів (клубів) у струминах відома здавна (завдяки спостереженням за потоками диму), задовго до формування гідроаеродинаміки як науки, про що свідчать витвори мистецтва. Наприклад, на рис. 2, а наведена фотокопія картини Тиціана Вечелліо, написаної у XVI столітті. При зображенні диму автор показав саме упорядковану макроструктуру, утворену великомасштабними вихорами — клубами, розміри яких сумірні з розмірами самого потоку. Зображення потоку диму виконано практично симетрично відносно осі. Саме такий принцип покладено в основу схеми формування клубів (рис. 2, б) І.А. Шепелева, виконаної чотири століття пізніше.



Рис. 2. Зображення струминних течій: а - Картина Тиціана Вечелліо (1488/1490 — 1576) Авель і Каїн*. При зображенні диму чітко видно упорядковану макроструктуру потоку, утворену клубами; б — схема формування клубів І.А. Шепелева

Після того, як А. Таунсенд звернув увагу на суттєву роль великомасштабних вихорів у формуванні струминних течій [10], наукове обґрунтування упорядкованості макроструктури виконали Г. Браун та А. Рошко [11, 12] на базі досліджень Х. Гранта та Д. Триттона [10, 13] і власних експериментів. При змішуванні потоків вихори рухаються зі

* http://ru.wikipedia.org/wiki/Файл:Titian_-_Cain_and_Abel.JPG

швидкістю u_6 , близькою до середнього арифметичного швидкостей потоків [12, 14, 15]:

$$u_6 \approx (u_1 + u_2) / 2 \quad (1)$$

Така ситуація спостерігається, якщо вихори котяться межами незбурених потоків. З іншого боку, якщо б між границею вихору та межами потоків існувала різниця швидкостей, то сила Магнуса винесла би вихор до одного з потоків і порушила регулярну структуру.

Щодо розвитку макроструктури у різних роботах наведені різні припущення. У роботах А. Рошка [12], Рокуелла, Нікколза [16] прийнято, що розвиток макроструктури відбувається злиттям вихорів, а у роботі І.А. Шепелева [17] — шляхом розпаду. Авторські дослідження [18, 19] виявили роль ежекції навколишнього повітря вихорами. Останнє припущення дозволило отримати крім профілів швидкості та температури темп розширення та затухання струмин різної форми без залучення дослідних даних.

Формулювання цілей та завдання статті. Дана робота починає другий етап досліджень макроструктури турбулентних струминних течій, що передбачає аналітичний опис взаємодії турбулентних струмин. У даній роботі буде побудована спрощена схема макроструктури турбулентного примежового шару, що утворюється при контакті потоків, які рухаються з різною швидкістю. За цією схемою буде визначено поправки, які дозволяють використовувати дані щодо параметрів вільних струмини для примежового шару, утвореного при взаємодії потоків.

Оригінальна частина. Аналіз візуальних досліджень вільних турбулентних струминних течій, у тому числі авторських (рис. 3, а, б), дозволяє стверджувати, що у вільних струминах структура, показана на рис. 1 не є стійкою. Клуби мають тенденцію упорядковуватися у шаховому порядку (рис. 3, в). Між клубами з зовнішнього боку утворюється міжклубний шар, де реалізується підтікання повітря до струмини у напрямку, перпендикулярному до осі. Міжклубний шар біля осі має вигляд хвилеподібної доріжки, схожої на доріжку Кармана у сліді за тілом. Оскільки швидкість на цій доріжці максимальна, а на зовнішній межі — близька до нуля, то клуби котяться зовнішньою межею.

При взаємодії двох потоків між ними утворюється розрив тангенціальної складової швидкості. За теорією А.Я. Ткачука цей примежовий шар моделюється вихровою пеленою (рис. 3, г). Ця спочатку нескінченно тонка пелена ежектує повітря потоків і зростає. У міжклубному шарі реалізується підтікання рідини або газу до клубів перпендикулярно напрямку швидкості потоків, а повздовжня складова швидкості за інерцією практично зберігається. Якщо обидва потоки не обмежені твердими поверхнями, то розширення триває нескінченно. Порівняння рис. 3, в та г показує, що половина примежового шару між

потоками ідентична зовнішній частині вільної струмини у супутньому потоку поза лінією, що сполучає центри вихорів.

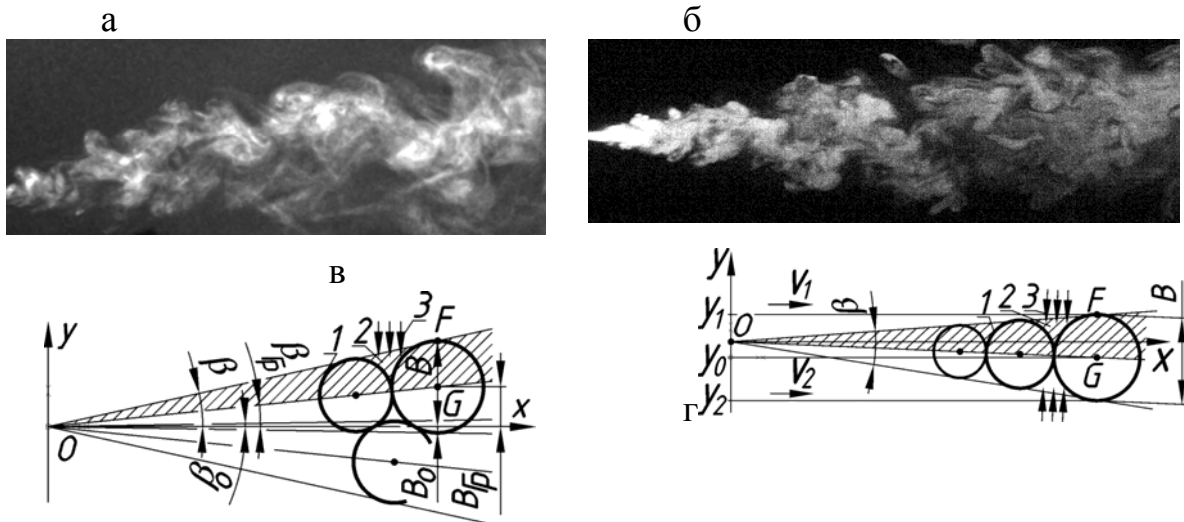


Рис. 3. Вільні струмини:

а — вісесиметрична струмина слабого розчину ураніну при освітленні лампою Вуда [11],

б — зрізи плоских струмин слабого розчину ураніну при освітленні плоским променем фіолетового напівпровідникового лазера 405 нм 250 мВт (у приміщенні зі щільно задратованими вікнами або без вікон задля безпеки), **в** — схема макроструктури вільних струмин у нерухомому середовищі або супутньому (зустрічному) потоку, **г** — макроструктура примежового шару між потоками, які взаємодіють:

1 — клуб, **2** — міжклубний шар, **3** — потік, що підтікає

Уводимо декартову систему координат x , y , причому вісь y спрямуємо від потоку 2 до потоку 1 перпендикулярно їхнім швидкостям, а вісь x — у напрямку швидкості. Ординати меж примежового шару з потоками, відповідно, 1 та 2 позначимо y_1 та y_2 . Ордината центра вихору (позначена за аналогією до струмин):

$$y_{Гр} = (y_1 + y_2) / 2 \quad (2)$$

Ширина примежового шару:

$$B \approx y_1 - y_2 \quad (3)$$

Для зручності поставимо характерні точки на схемах макроструктури примежових шарів (рис. 3, в, г) та на профілі швидкості (рис. 1), наприклад, Шліхтинга. Ординату характерної лінії за Грімтліним (відповідає точці G), де швидкість дорівнює половині осьової, позначимо $y_{Гр}$. Виконуємо лінійне масштабування, щоб точка G відобразилася до центра графіку C . При цьому для симетрування графіка більш зручно

використовувати інші осі координат з центром $C(0,0)$ і діапазоном від мінус одиниці до одиниці. Абсциса:

$$\tilde{y} = 2(y - y_6)/B; \quad (4)$$

ордината:

$$\tilde{u} = 2(u_6 - u)/(u_1 - u_2). \quad (5)$$

Якщо профіль швидкості у струмині

$$(u_1 - u)/(u_1 - u_2) = f(y/B), \quad (6)$$

то профіль швидкості у примежовому шарі:

$$\tilde{u} = g(\tilde{y}) = (2f((1 - (y_{Гр}/B))|\tilde{y}| + (y_{Гр}/B)) - 1)\text{sgn}(\tilde{y}), \quad (7)$$

де $(y_{Гр}/B)$ — константа ($0 < y_{Гр}/B < 1$), що залежить тільки від функції f і визначається з рівняння:

$$f(y_{Гр}/B) = 1/2, \quad (8)$$

а $\text{sgn}(x)$ — функція знаку, що набуває значення плюс один при $x > 0$, мінус один при $x < 0$ та нуль при $x = 0$ і використовується для формування непарної функції профілю швидкості.

Якщо функція f монотонно спадає та гладка у межах аргументу від $y_{Гр}/B$ до одиниці, то похідна функції $g(y)$ має у межах від нуля до одиниці лише одну точку усунютого розриву при $y = 0$. Справді, за умов гладкості f у вищенаведених межах легко перевірити гладкість функції g окремо у межах $[-1, 0)$ та $(0, 1]$ за правилом взяття похідної складної функції. При $y < 0$ похідна

$$g'(\tilde{y}) = - (2f((1 - (y_{Гр}/B))(-\tilde{y}) + (y_{Гр}/B)) - 1)' = 2(1 - (y_{Гр}/B))f'(y/B).$$

При $y > 0$ похідна

$$g'(\tilde{y}) = (2f((1 - (y_{Гр}/B))\tilde{y} + (y_{Гр}/B)) - 1)' = 2(1 - (y_{Гр}/B))f'(y/B).$$

Обидві отримані залежності однакові, а значить, і межа похідної при $\tilde{y} \rightarrow 0$ ліворуч і праворуч також однакова, що доводить усунівність розриву за рахунок відсутності похідної функції $\text{sgn}(0)$. З фізичної точки зору даний профіль (7) нічим не гірший за гладкий.

Побудовані профілі швидкості (рис. 4) різних авторів, серед яких авторський профіль [20] з уведеною поправкою за формулою (7) добре збігаються з дослідними даними Альбертсона, а також, дослідним профілем Грімтіліна, масштабованими за цією ж формулою. Аналогічно будуються профілі температури та концентрації домішок.

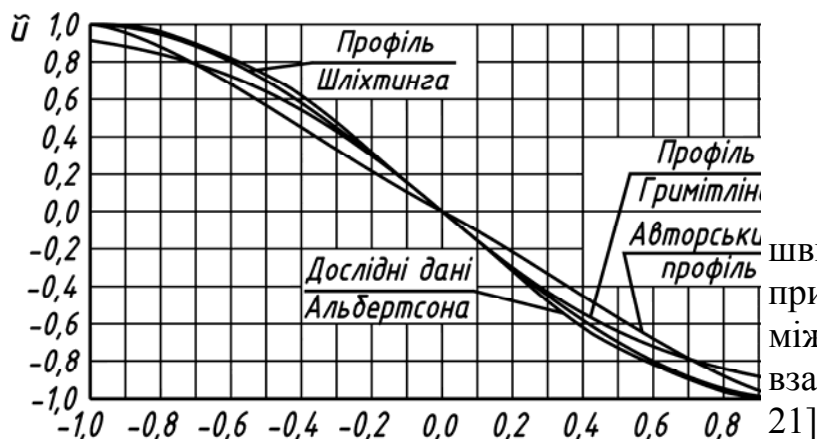


Рис. 4. Профілі швидкостей у примежовому шарі між потоками, що взаємодіють [7, 20, 21]

Вищенаведена аналогія дозволяє використовувати залежності для розширення струминних течій у супутніх потоках, яким будуть присвячені наступні роботи.

Висновки

1. Запропоновано підхід до наближеного аналітичного опису турбулентних струминних примежових шарів між потоками, що взаємодіють, на підставі геометричного та кінематичного аналізу макроструктури струминного примежового шару.

2. Запропонований підхід дає можливість без залучення дослідних коефіцієнтів отримати поправку, яка дозволяє застосовувати залежності, що описують струмини у супутніх потоках, для примежових шарів між потоками, що взаємодіють між собою.

Перспективи подальшого дослідження. Подальші дослідження будуть спрямовані на аналітичний опис макроструктури турбулентних потоків, які виникають в результаті взаємодії струминних течій. Серед них будуть розглянуті і течії у супутніх, зустрічних потоках та потоках під різними кутами до струмини. Це дозволить обґрунтувати шляхи удосконалення повітророзподільників ПЕТ, виконати аналітичне обґрунтування та оптимізацію запропонованих у роботах [22...25 та ін.] схем організації повітрообміну на базі струмин, які взаємодіють між собою та аналітично вирішити багато інших задач, пов'язаних зі струминними течіями.

Література

1. Патент № А 44971 UA 7 F 24 F 13/06. Повітророзподільник. / Ткачук А.Я., Мілейковський В.О. // Промислова власність. – 2002. – №3. Кн.1 – С. 4.82
2. Патент № С2 73805 UA 7 F 24 F 13/06. Повітророзподільник (варіанти). / Довгалюк В.Б., Мілейковський В.О., Кібеко О.М., Шенгелевич В.І. // Промислова власність. – 2005. – №9. Кн.1. – С. 3.138
3. Патент № С2 73818 UA 7 F 24 F 13/06. Повітророзподільник. / Довгалюк В.Б., Мілейковський В.О., Кібеко О.М., Шенгелевич В.І. // Промислова власність. – 2005. – № 9. Кн.1 – С. 3.139.
4. Патент № 91617 UA МПК(2009) F 24 F 13/06. Повітророзподільник. / Довгалюк В.Б., Мілейковський В.О., Кривша К.Є.
5. Патент № 96625UA МПК(2011.01)F24F13/00F24F13/06 (2006.01). Повітророзподільник./Довгалюк В.Б.,Мілейковський В.О., Драчук М.М.
6. Ткачук А.Я. Розрахункова модель усередненого руху в турбулентній зоні плоских і вісесиметричних пристінних примежових шарів // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: Науково-технічний збірник. – Вип. 2. – К.: КНУБА, 2001. – 104 с. – С. 3-18
7. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй. - М.: Гос. изд-во физ.-мат лит., 1960.- 715 с.
8. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика сплошных сред. – М.: Гостехиздат, 1953. – 788 с.
9. Бетчов Р., Криминале В. Вопросы гидродинамической устойчивости. – М.: Мир, 1971. – 351 с.
10. Grant H. The large eddies of turbulent motion // Journal of Fluid Mechanics, 1958, v. 4, pp. 149-190.
11. Brown G., Roshko A. On density effects and large structure in turbulent mixing layers // Journal of Fluid Mechanics, 1974, v.64, p.4, pp.775-816.
12. Рошко А. Структура турбулентных сдвиговых течений: новая точка зрения // Ракетная техника и космонавтика, 1976, т. 14, № 10, с. 8-20.
13. Tritton D. Some new correlation measurements in a turbulent boundary layer // Journal of Fluid Mechanics, 1975, v. 28, p. 3, pp. 439-462.
14. Озеберг, Клайн. Рецензия на статью Рокуэлл, Никколс. Естественное разрушение плоских струй (Труды АОИМ, сер. Д, 1972, т. 94, №4, с.15-26) // Труды АОИМ, сер. Д, 1972, т. 94, №4, с.24
15. Kalghatgi G. Study of Coherent Structures in Axisymmetric Jets Using an Optical Technique // AJAA Journal, 1980, v. 18, No 3, pp. 225-226
16. Рокуэлл, Никколс. Естественное разрушение плоских струй // Труды АОИМ, сер. Д, 1972, т. 94, №4, с.15-26
17. Шепелев И.А. Аэродинамика воздушных потоков в помещении. – М.: Стройиздат, 1978. – 144 с.
18. Мілейковський В.О. Визначення розширення та затухання плоских напівобмежених струмин // Будівництво України: Науково-

виробничий журнал. – № 6, 2011. – С. 42-44.

19. *Довгалюк В.Б., Мілейковський В.О.* Аналітичні дослідження макроструктури струминних течій для розрахунку енергоефективних систем повітророзподілення // Науково-техн. збірник “Енергоефективність в будівництві та архітектурі”. Випуск 4. Відповідальний редактор П.М. Куліков. - К.: КНУБА, 2013 р. - 328 с. – С. 73-81.

20. *Мілейковський В.О.* Геометричне обґрунтування профілю швидкості в струминних примежових шарах // Будівництво України: Науково-виробничий журнал. – № 1, 2010. – С. 17-20.

21. *Гримитлин М.И.* Распределение воздуха в помещениях. – М.: Стройиздат, 1982.–164 с.

22. *Возняк О.Т., Ковальчук А.О.* Повітророзподіл зустрічними неспіввісними круглими струминами // Вентиляція, освітлення та теплогазо-постачання: Наук.-техн.збірник. –Вип. 6.–К.: КНУБА, 2003.–104 с.–С.5-10.

23. *Возняк О.Т.* Вплив взаємодії струмин на повітророзподіл у приміщенні // Вісник НУ «Львівська політехніка».–Львів, 2001.– С. 27–31.

24. *Возняк О.Т., Ковальчук А.О.* Ефективність повітророзподілу зустрічними неспіввісними струминами // Вісник Національного Університету «Львівська політехніка» №460 Теплоенергетика. Інженерія довілля. Автоматизація.–Львів, 2002.– С. 157–161

25. *Vozniak O., Kovalchuk A.* Air distribution by opposite non-coaxial air jets // VII Vedecka Konferencia s medzinarodnou ucastou Kosicko-Lvovsko-Rzeszowska: Zbornik prednasok. –Kosice, 2002.– С. 173–178..

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАКРОСТРУКТУРЫ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ МЕЖДУ ПОТОКАМИ, ДВИЖУЩИМИСЯ С РАЗЛИЧНОЙ СКОРОСТЬЮ

В.А. Милейковский

Предложен подход к приближенному аналитическому описанию турбулентных пограничных слоев между взаимодействующими потоками путём анализа макроструктуры без использования экспериментальных коэффициентов, понятий «турбулентная вязкость» и «турбулентное число Прандтля».

THE ANALYTICAL RESEARCHES OF THE BOUNDARY LAYER MACROSTRUCTURE BETWEEN FLOWS MOVING WITH DIFFERENT VELOCITIES

V. Mileikovskiy

We offer an approach to the approximate analytical description of turbulent boundary layers between interacting flows using an analysis of the macro-structure without the use of experimental factors, the concepts of "turbulent viscosity" and "turbulent Prandtl number."

ПОНЯТТЯ УСАМІТНЕНИХ ХВИЛЬ ТА МЕТОДИ ЇХ ОПИСУ

Українська державна академія залізничного транспорту, м. Харків

Наведено деякі відомості про усамітнені (відокремлені) хвилі (так звані солітони), які можна описати нелінійними диференціальними рівняннями типу *sin-Гордона* і *Кортевега-де Вріза*, і розглянуто приклади їх впровадження при моделюванні механічних пристроїв.

Постановка проблеми. Хвилі на поверхні води здавна привертали увагу дослідників, адже вони являють собою широко відоме явище в природі, що супроводжує переміщення суден по воді. При певних умовах на воді можна спостерігати і усамітнену (відокремлену) хвилю, яку прийнято називати *солітон*. Солітон – це відокремлена хвиля в середовищах різної фізичної природи, яка зберігає незміною свою форму й швидкість при поширенні [1, 2].

Поняття «солітон» започаткував британський інженер Джон Скотт Рассел (1808-1882). У 1834 році він першим описав «велику відокремлену хвилю». Ось як автор розповідав про відкриття: «Я стежив за рухом баржі, яку швидко тягла по вузькому каналі пара коней. Коли баржа зненацька зупинилася, то маса води, якій баржа надала руху, не зупинилася; замість цього вона зібралася біля носа судна в стані активного руху, потім зненацька залишила його, котячись уперед з величезною швидкістю, приймаючи форму великого одиночного водяного спучення, округлого, гладкого і чітко вираженого водяного пагорба, що продовжував свій шлях уздовж каналу, анітрошки не міняючи своєї форми й не знижуючи швидкості. Я поїхав за ним (за пагорбом) верхи, і коли я нагнав його, він як і раніше котився вперед зі швидкістю приблизно вісім або дев'ять миль на годину, зберігши свій первісний профіль спучення довжиною біля тридцяти футів і висотою від фута до фута з половиною» [2].

Аналіз основних досліджень і публікацій. Рассел назвав виявлене ним явище «відокремленою хвилею трансляції». Однак, його повідомлення зустріли скептично визнані авторитети в галузі гідродинаміки – Джордж Эйрі й Джордж Стокс, які вважали, що хвилі при русі на великі відстані не можуть зберігати свою форму [2,8]. Для цього в них були всі підстави: вони виходили із рівнянь гідродинаміки, загальноприйнятих на той час.

Остаточну ясність у проблему внесли голландський вчений Дидерик Йоханнес Кортевег та його учень Густав де Вріз. У 1895 році, через тринадцять років після смерті Рассела, вони знайшли точне рівняння, хвильові розв'язки якого повністю описують процеси, що спостерігаються.

Постановка задачі. Розглянути приклади усамітнених (відокремлених) хвиль, які можна описати нелінійними диференціальними

рівняннями типу \sin -Гордона і Кортвега-де Вріза, та навести приклад впроваджень солітонів при моделюванні механічних пристроїв.

Основна частина. Хвилі Кортвега-де Вріза мають несинусоїдальну форму й стають синусоїдальними тільки у випадку, коли їхня амплітуда дуже мала. При збільшенні довжини хвилі вони набувають вигляд далеко рознесених горбів, а при дуже великій довжині хвилі залишається лише один горб, що і відповідає «відокремленій» хвилі. Отже, звичайна хвиля має форму правильної синусоїди (рис. 1а). Нелінійна хвиля Кортвега-де Вріза виглядає як послідовність далеко рознесених горбів, розділених слабо вираженою западиною (рис. 1б). При дуже великій довжині хвилі від неї залишається тільки один горб – «відокремлена» хвиля, тобто солітон (рис. 1в).

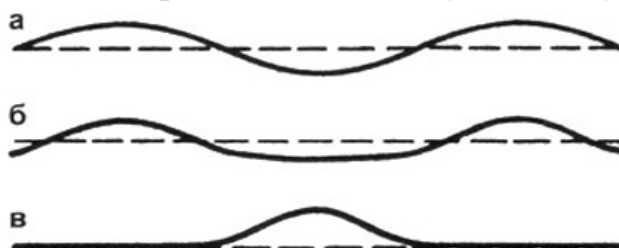


Рис. 1. Різновиди хвиль на поверхні води

На рис. 2 наведено «сценарій» поведінки нелінійної хвилі на поверхні води при відсутності дисперсії [3]. Її швидкість не залежить від довжини хвилі, але збільшується з ростом амплітуди. Гребінь хвилі рухається швидше, ніж підшва, фронт стає все крутішим, і хвиля перекидається. Але відокремлений горб на воді можна представити у вигляді суми складових з різною довжиною хвилі. Якщо середовище має дисперсію, довгі хвилі в ньому побіжать швидше, ніж короткі, вирівнюючи крутість фронту. У певних умовах дисперсія повністю компенсує вплив нелінійності, і хвиля буде довго зберігати свою первісну форму – тобто утвориться солітон. Тобто солітон виникає «на стику» нелінійності й дисперсії, що компенсують один одного.

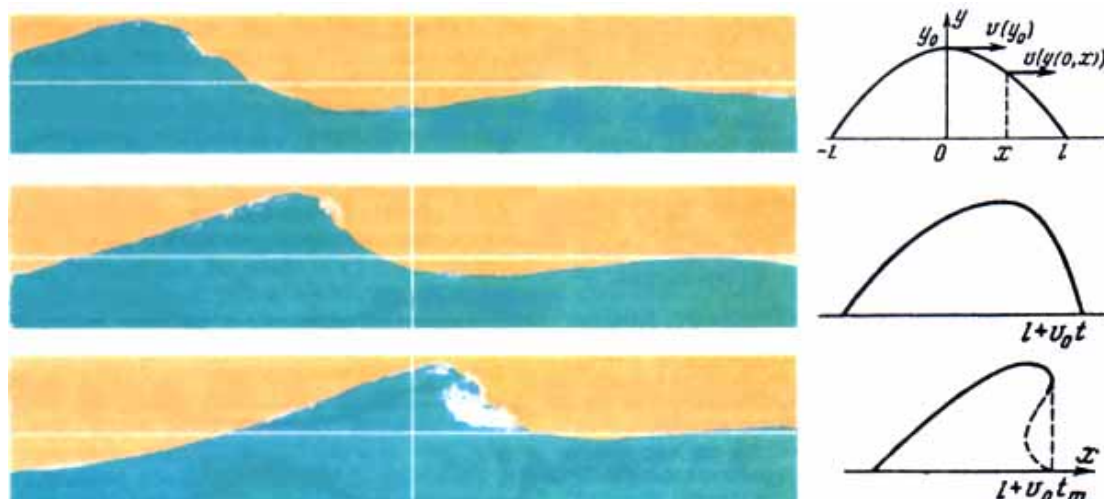


Рис. 2. Утворення форми солітона з періодичної морської хвилі [3]

Швидше за все буде рухатися вершина горба, і в деякий наступний момент його передній фронт стане крутіше. Крутість фронту збільшується,

і з часом відбудеться «перекидання» хвилі. Подібне перекидання хвиль можна спостерігати у вигляді прибою на морському березі.

Одна з дивних властивостей «відокремлених» хвиль полягає в тому, що вони багато в чому подібні до часток. Так, при зіткненні двох солітонів вони не проходять один через одного, як звичайні лінійні хвилі, а ніби відштовхуються один від одного подібно тенісним м'ячам.

На воді можуть виникати солітони й іншого типу, названі груповими, тому що їхня форма досить подібна із групами хвиль, які в реальності спостерігаються замість нескінченної синусоїдальної хвилі. Груповий солітон нагадує амплітудно-модульовані електромагнітні хвилі; його обвідною є несинусоїдальна крива, її форма описується більше складною функцією – гіперболічним секансом (рис. 3).

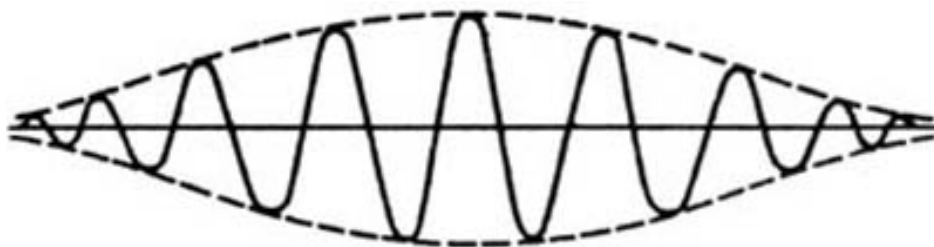


Рис. 3. Схема групового солітона

Швидкість такого солітона не залежить від амплітуди, і цим він відрізняється від КдВ-солітонів. Під обвідною звичайно перебуває не більше 14 – 20 хвиль (цуг, або хвильовий пакет) з однією довжиною хвилі, але з різною амплітудою, що поширюється як одне ціле, зберігаючи форму обвідної. Середня – найвища – хвиля в групі виявляється, таким чином, в інтервалі від сьомої до десятої; звідси відомий серед моряків вираз «дев'ятий вал», який має велику руйнівну силу.

На рис. 4 наведено деякі приклади прояву солітонів в механічних системах, описаннях нелінійним рівнянням типу \sin -Гордона. В певній механічній системі збудження (коливання) передаватимуться завдяки пружному зв'язку між сусідніми елементами, в результаті чого по ланцюгу розповсюдиться солітон, описаний рівнянням \sin -Гордона [4,5,7].

Наприклад, якщо у карданній передачі центральна частина обертається з непостійною кутовою швидкістю при наявності кутового зсуву поздовжньої осі вала. Тоді описати колівальну систему можна рівнянням \sin -Гордона [1, 6, 8].

Існує багато прикладів механізмів утворення відокремлених хвиль – аналогів солітонів. Так, солітонна хвиля може утворитися в ланцюжку маятників, закріплених на струні й попарно з'єднаних пружинами, а також в ланцюжку карданних валів при наявності зазорів у вузлах їхніх з'єднань.

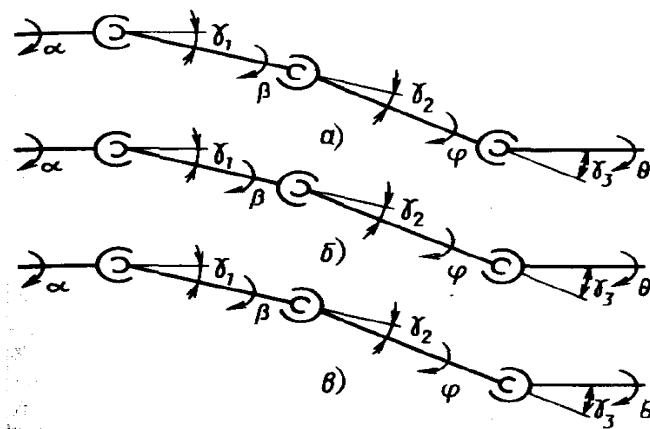
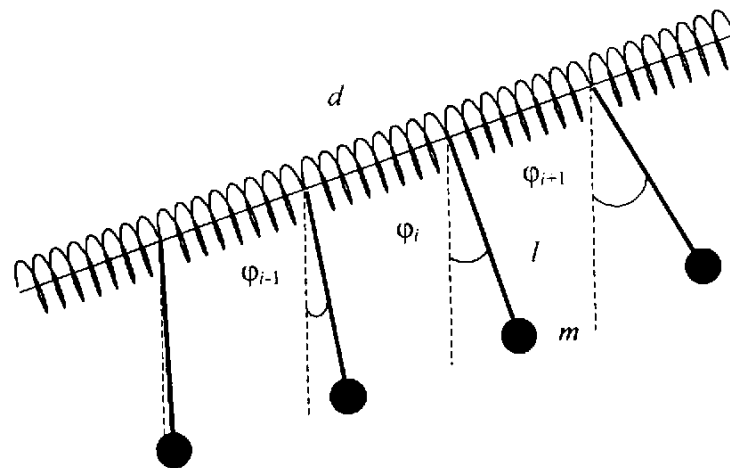
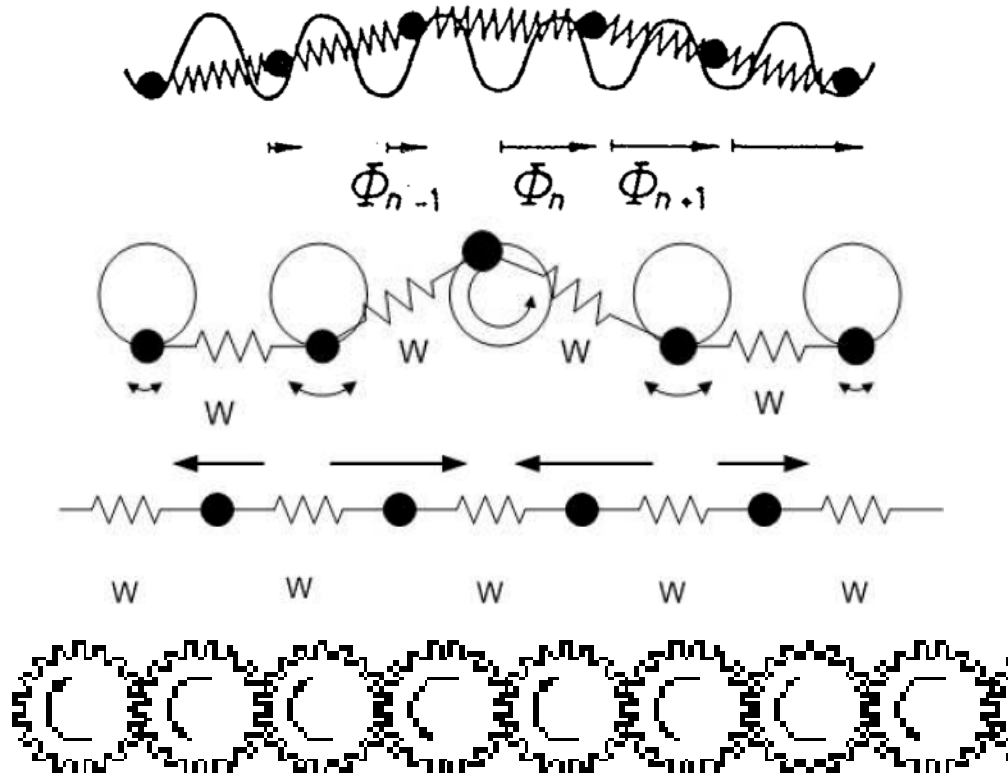


Рис. 4. Приклади механізмів, де можливе утворення аналогів усамітнених хвиль

Висновок. Наведені відомості про усамітнені (відокремлені) хвилі, дозволяють описати солітони нелінійними диференціальними рівняннями типу \sin -Гордона і Кортевега-де Вріза, і розглянуто приклади їх впровадження при моделюванні механічних пристроїв.

Література

1. *Кудряшов Н. А.* Нелинейные волны и солитоны / Н. А. Кудряшов // Соросовский образовательный журнал. – 1997. – №2. – С. 85 – 91.
2. Солитоны в математике и физике / Ньюэлл А. Пер. с англ. И.Р. Габитова и др./ Михайлов А.В. ред. – Москва:Мир, 1989. – 323 с.
3. *Голубев А.* Солитоны. / Голубев А. // Наука и жизнь, № 11, 2001 г., С. 24 – 28.
4. *Давыдов А.С.* Солитоны в молекулярных системах. Изд. 2-е, испр., перераб. и доп./ Давыдов А.С. АН УССР. Ин-т теорет. физики – Киев: Наук. думка, 1988. – 303 с.
5. *Филиппов А.Т.* Многоликий солитон. – (Б-чка "Квант" Вып.48) / Филиппов А.Т. Москва: Наука, 1986. – 224 с.
6. *Юркевич В.Э.* Физика солитонов / Юркевич В.Э., Ролов Б.Н.; Рост. н/Д гос. пед. ин-т – Ростов н/Д:Рост. ун-т, 1985. – 191 с.
7. Электронный ресурс. Режим доступа http://www.mpi-ks-dresden.mpg.de/~andreym/solitons/collision/pendulum/pendulum_r.html
8. *Дмитриев П.Е.* Теория солитонов в работе карданных передач. Электронный ресурс. Режим доступа http://www.nntu.nnov.ru/RUS/NEWS/futuretechnology/s4p1_05.rtf.

ПОНЯТИЕ УЕДИНЕННЫХ ВОЛН И МЕТОДЫ ИХ ОПИСАНИЯ

Г.В.Морозова

Приведены некоторые сведения об уединенных (отделенных) волнах (называемые солитонами), которые можно описать нелінійними дифференціальними рівняннями типу \sin -Гордона или Кортевега-де Вріза, и рассмотрены примеры их внедрения при моделировании механических устройств.

CONCEPT OF LONELY WAVES AND METHODS OF THEIR DESCRIPTION

G. Morozova

Some data on the lonely (separated) waves (called by solitons) which can be described the nonlinear differential equations like Sin-Gordon or Korteweg-de Vries are provided, and examples of their introduction are reviewed when modeling mechanical devices.

ЯКІСНИЙ АНАЛІЗ ТРОХОЇДАЛЬНОЇ МОДЕЛІ МОРСЬКИХ ХВИЛЬ З МЕТОЮ ВИКОРИСТАННЯ ЇХ ЕНЕРГІЇ

Національний університет цивільного захисту України

Наведено якісний аналіз геометричного моделювання профілів морських хвиль у товщі та на поверхні води, розробленого на основі трохойдальної моделі формоутворення цих хвиль.

Постановка проблеми. Використання енергії морських хвиль займає одне з чільних місць у низці поновлювальних джерел енергії. В основі функціонування хвильових енергетичних станцій лежить силовий вплив хвиль на робочі органи, виконаних у вигляді поплавків, маятників, лопаток, оболонки, тощо. Механічна енергія їх переміщень перетворюється в електричну за допомогою спеціально розроблених електрогенераторів. Загальноприйнятою вважається точка зору, згідно з якою енергію хвиль доцільно використовувати у відкритому морі, а не біля берегів, де рівень зазначеної енергії суттєво знижується внаслідок тертя води об дно та зворотної циркуляції води. Для обґрунтування схеми практичного використання цього різновиду джерела енергії необхідно мати якісну картину формоутворення профілів хвиль залежно від глибини. Дана робота являє собою певний крок до розв'язання цієї проблеми.

Огляд відомих результатів. Профіль морської хвилі віддалено нагадує плоску синусоїду, яка є розв'язанням певного класу диференціальних рівнянь. Класичний підхід при складанні зазначених рівнянь полягає в намаганні враховувати переміщення часток води з позицій механіки суцільного середовища. Тому дослідження хвиль з позицій механіки розвивалися у напрямку ускладнення вигляду (нелінійності) диференціальних рівнянь з метою одержання розв'язків, більш адекватних дійсності.

Принципово іншим шляхом досліджень є геометричне моделювання профілів хвиль. Вигляд руху водяних часток під час хвилювання товщі води вперше було знайдено експериментальним шляхом братами Веберами [1, 2]. Ці спостереження були підтверджені теоретичними дослідженнями Роселя, Сен-Венана, Бусінеска, Ері. Було виявлено такі властивості хвиль [4-6]: у підповерхневому прошарку рідини частки рухаються за еліптичними траєкторіями; рух часток з траєкторіями у вертикальних площинах здійснюється в одній фазі; у товщі води хвилі не викликають масопереніс рідини; потужність, яка переноситься хвилями, пропорційна квадрату їх амплітуди й періоду.

Постановка задачі. Навести якісний аналіз геометричного моделювання профілів морських хвиль у товщі та на поверхні води, розроблений на основі трохойдальної моделі формоутворення цих хвиль.

Основна частина. Відомо, що висота хвиль, утворена падінням каменя на поверхню води, швидко убуває з відстанню r від місця падіння каменя. Можна назвати відразу дві головні причини, що ведуть до ослаблення хвиль. Перша пов'язана з розходженням кругових хвиль: збереження потоку енергії веде до падіння амплітуди (висоти) хвилі за законом $H \sim r^{-1/2}$. Інший ефект менш тривіальний: швидкість хвиль на воді залежить від їхньої довжини (у більш довгих хвиль і швидкість більше); у результаті з відстанню хвилі стають більш довгими.

У цьому випадку виявляється дисперсія хвилі, коли початкове збурення, утворене в місці падіння каменя, «розтаскується» на спектральні компоненти. Кожна із хвиль рухається зі своєю швидкістю, і вперед виходять більш довгі. Цей ефект можна пояснити на прикладі задачі, коли мандрівники A і B виходять із одного пункту з різними швидкостями в одному напрямку й відстань між ними згодом зростає лінійно. Переходячи тепер до великої кількості таких мандрівників, швидкості яких різні, легко зрозуміти, що «щільність» мандрівників (їх число на один метр) падає з відстанню від вихідного пункту. Аналогічні оцінки для хвиль, виходячи із закону збереження енергії, також приводять до залежності $H \sim r^{-1/2}$. Спільний вплив цих двох причин веде до сумарного ослаблення висоти хвилі (внаслідок дисперсії й розходження) за законом $H \sim r^{-1}$.

Теорія трохоїдальних хвиль, розроблена Герстнером у 1802 р., за простотою своїх рішень і відповідності спостережуваному характеру хвиль брижі в природі, знайшла широке застосування й зберегла своє значення по теперішній час, особливо при розв'язанні різних інженерних питань. Побудова трохоїди по точках є очевидною. При зміні відстані r розглянутої точки від центра кола, що котиться, від 0 до R , форма трохоїди буде змінюватися - від прямої (при $r = 0$) до циклоїди (при $r = R$).

Форма трохоїди близько підходить до формі хвиль брижі, висота гребеня її більше, ніж глибина западини, тобто ця крива на відміну від синусоїди не симетрична відносно горизонтальної осі. Зіставлення трохоїди з поверхнею хвилі брижі, отриманої у хвильовому лотку, показує досить близький збіг цих кривих.

Периметр кола, що котиться, $2\pi R$ повинен дорівнювати довжині хвилі, і відстань точки інтересу від центра кола, що котиться, повинна дорівнювати $h/2$, тобто половині висоти хвилі для часток, що лежать на поверхні води. Відповідно до теорії трохоїдальних хвиль, кожна частка рідини робить рух по дузі кола радіуса R , величина якого убуває зі збільшенням глибини. Таким чином, схема руху часток по Герстнеру буде мати вигляд, показаний на дослідах братів Веббів [1,2].

Вся теорія трохоїдальної хвилі формулюється у вигляді таких положень:

- хвилеподібна поверхня трохіодального профілю може служити поверхнею рівня рідини, частки якої рухаються рівномірно по кругових орбітах, розташованих у вертикальній площині,
- формоутворення хвилі підпорядковується нерозривності, рівнянню гідродинамічної рівноваги й граничним умовам;
- теорія справедлива не тільки для хвиль нескінченно малої висоти (як більшість із теорій хвильових рухів рідини), але й для хвиль кінцевої висоти.

Однак можливість існування руху рідини, що підкоряється цим положенням, не доводить ще, що рух рідини при хвилях брижів відбуваються саме за цією схемою. Особливе значення через це має зіставлення результатів даної теорії зі спостереженнями над явищем у природі. Проводилося зіставлення форми поверхні хвилі брижі, отриманої в лабораторних умовах, з теоретичною трохіодою, що показує досить близький збіг теорії з природою. Ще більше значення має перевірка основних залежностей між елементами хвилі, отриманими з теорії трохіодальних хвиль із тими ж значеннями в природі.

Саме тому, при розв'язанні інженерних питань дотепер всі дослідники дії хвиль на спорудження й береги користувалися рівняннями теорії трохіодальних хвиль, що підкуповує своєю простотою. Все сказане тут, однак, аж ніяк не применшує наукового значення точних математичних рішень хвильових рухів. Варто лише побажати, щоб подальші дослідники довели їх до більше зручних для практичного застосування форм.

Більшість дослідників виходили із припущення про нескінченно малу висоту хвилі, що дозволяло спрощувати рішення, зневажаючи членами, що містять висоту в ступені 2 і вище. Однак хвилі, що виникають на поверхні морів і океанів під впливом сил вітру, не задовольняють цій умові, тому що - у них є величиною кінцевої, тому, застосовуючи до них виводи, засновані на розгляді нескінченно малих хвиль, ми робимо, помилку, величина якої тим більше, чим більше відношення хвилі до глибини.

Слід зазначити, що теорія трохіодальних хвиль на необмеженій глибині розв'язує завдання про поступальну хвилю (хвилі брижів) точно при кінцевій висоті хвилі, тому що вона повністю задовольняє рівнянням гідродинаміки. Єдине заперечення, що виставлялося критиками теорії трохіодальних хвиль, полягає в тому, що ці хвилі вихрові, тобто не мають потенціалу швидкості.

Висловлювалася думка що період хвилі не є постійним і змінюється при підході до берега. У зв'язку із цим варто висловити такі міркування. Зміна періоду хвилі є ні що інше, як зміна числа хвиль, що проходять в одиницю часу через певні створи. Така зміна може бути лише при загасанні окремих хвиль або утворенні з однієї хвилі двох або декількох. Це можливо й дійсно має місце в природі, коли хвиля розбивається й

рухається далі до берега у вигляді «розбитої» хвилі. Тут можливі як загасання окремих хвиль у момент розбивання їх, так і поділ однієї хвилі на дві або трохи.

У тих випадках, коли глибина води така, що позначається вплив дна на хвилювання, застосовувати рівняння руху, що припускають необмежену (нескінченну) глибину, не можна. При рівному характері дна варто вважати, що для практичних цілей треба переходити до формул, що враховують обмежену глибину при $H = L$ відносна помилка буде дорівнює нескінченності. Форма хвильової поверхні визначається еліптичною трохойдою, тобто кривою, що представляє слід точки, яка рухається по еліпсу, що у той же час переміщається з постійною швидкістю уздовж осі.

Переходячи до аналізу отриманих результатів, зауважуємо наступне: траєкторії часток при хвилях брижів на обмеженій глибині, на відміну від хвиль, що поширюються на необмеженій глибині, мають форму еліпсів з більшою віссю, розташованої горизонтально. Відштовхуючись від вище сказаного, ми можемо зрозуміти теорію впливу обмеженої глибини на виникнення хвиль.

При цьому з переходом від поверхневих часток до часток, розташованих нижче рівня води, еліпси міняють свою форму. Причому вертикальні півосі еліпсів зменшуються значно швидше, ніж горизонтальні; таким чином, траєкторії часток із глибиною здобувають обрису усе більше витягнутих еліпсів і, нарешті, на дні при $z = H$ ці еліпси здобувають форму прямих, паралельні поверхні дна. Таким чином, донні частки випробовують лише коливальні рухи по прямої лінії навколо деякого центра, що збігає з їхнім положенням у стані спокою.

Хвиля являє собою одиночний гребінь, що рухається, швидкість і довжина якого залежать від висоти хвилі. Він одержав назву солітон (від англ. solitary wave - відокремлена хвиля). Головна особливість солітонов полягає в незмінності їхньої форми в процесі поширення, і, отже, такі хвилі можуть поширюватися на великі відстані без втрати своєї енергії. Роль подань про солітонів різко зросла, коли стало ясно, що якщо початкове збурення має іншу форму, то воно скидає все зайве у хвіст і трансформується у солітони, число яких визначається законами збереження (маси, енергії). Крім того, солітони зберігають свою форму при взаємодії із собі подібними.

Ефекти, які призводять до аномально довгого існування хвиль на воді (і у воді), можна пояснити за допомогою солітонів. Для цього необхідно проаналізувати фактори, здатні перешкодити швидкому ослабленню хвильового поля. По-перше, обмеження поширення хвилі тільки одною просторовою координатою, щоб ліквідувати її розходження у вигляді кругових хвиль. Найпростіший приклад - поширення хвилі в річці. У відкритому морі природними каналами (хвилеводами) служать підводні хребти й течії струминного типу. Однак, такі хвилеводи не можуть

перешкоджати ефектам дисперсії, і, отже, хвиля однаково послабляється (хоча й не так швидко) і її довжина зростає.

Іншим фактором, про яке необхідно згадати, є нелінійність. Під цим поняттям ми будемо мати на увазі залежність швидкості поширення хвилі від її амплітуди. У всіх лінійних моделях швидкість поширення визначається характеристиками середовища (наприклад, для хвиль на воді максимальна швидкість їхнього поширення, глибиною водойми). Тим часом глибина водойми під різними частинами хвилі різна: вона збільшується під гребенем і зменшується під западиною.

Загалом кажучи, швидкість поширення хвилі залежить від локальної глибини. Але це означає, що гребінь хвилі повинен рухатися швидше її западини й, отже, профіль хвилі буде спотворюватися: його передній фронт буде ставати усе більше крутим і зрештою хвиля повинна перекинутися (так обрушуються хвилі поблизу берега).

Тепер можна зрозуміти спільний вплив нелінійності й дисперсії на трансформацію хвиль. Розглянемо, наприклад, еволюцію гребеня. Нелінійність у чистому виді, як ми вже описали, хоче, так сказати, привести до того, щоб передній фронт ставав крутіше, і гребінь прагне наздогнати підніжжя. Дисперсія ж у чистому виді прагне розтаскати хвилю на її спектральні компоненти, щоб більше короткі хвилі відставали від тих, які більш довгі. Отже, нелінійність, що сприяє утворенню більше крутого фронту хвилі (з високочастотними гармоніками), і дисперсія, що прагне потягти короткі хвилі із крутого фронту, діють у протилежних напрямках. Але тоді можлива їхня взаємна компенсація, і форма хвилі в процесі поширення буде що не змінюється (стаціонарної).

На завершення розглянемо як і чому висота хвилі зі зменшенням глибини поступово убуває. Дійсно, поки хвиля брижів не розбита, енергія її убуває при поступальному русі дуже мало за рахунок внутрішнього тертя рідини й тертя часток об дно. Таким чином, для двох сусідніх ділянок, розташованих на шляху руху хвилі, енергія зберігається постійною. Тому при зменшенні глибини та ж сама кількість енергії повинна передатися меншому об'єму рідини, у зв'язку із чим висота хвилі повинна зрости, тому що енергія хвилі пропорційна квадрату висоти хвилі. Дійсно, енергія хвилі, що доводиться на одиницю поверхні хвиль, дорівнює енергії забурунування. Як тільки хвиля забурунування переходить у розбиту хвилю, завдяки, бурхливим вихровим явищам, які супроводжують обвалення хвилі, частина енергії хвилі гаситься.

Висновок. Наведене якісне дослідження трохоїдальних профілів хвиль дозволить спростити уявлення у часі профілів морських хвиль у товщі води та на її поверхні, що буде корисним в процесі конструювання хвильових енергетичних установок поплавкового та маятникового типу.

Література

1. *Островский Л.А.* Волны на поверхности жидкости. – Режим доступа: http://www.femto.com.ua/articles/part_1/0573.html
2. *Бобылев Д.* Волны. – Режим доступа: http://gatchina3000.ru/big/022/22681_brockhaus-efron.htm
3. *Дивизинюк М.М.* Математические закономерности формирования морских волн, определяющих акустические и антропогенные свойства приповерхностного слоя вод. / *М.М.Дивизинюк, Л.В.Третьякова, И.А.Плескачева, Е.А. Шрамкова* // Сб. науч. тр. – Севастополь: СНУЯЕтаП, 2010. - Вып. 24. – С. 236 - 242.
4. *Лионе Ж.-Л.* Некоторые методы решения нелинейных краевых задач / *Ж.-Л.Лионе* - М.: Мир, 1972.
5. *Березин Ю.А.* О численных решениях уравнения Кортевега-де Вриза.// Численные методы механики сплошной среды. Новосибирск / *Ю.А.Березин* 1973, т.4, е2, с.20-31
6. *Miura R.M.* Korteweg-de Vries equation and generalization. II. Existence of conservation laws and constants of motion. // *R.M.Miura, C.S.Gardner, M.D. Kruscal* / J.Math.Phys. 1968. V.9. P. 1204-1209.
7. *Куценко Л.М.* Геометричне моделювання трохойдальних хвиль на поверхні води / *Л.М.Куценко, О.О.Савченко* // Прикладна геометрія та інженерна практика. Праці / Таврійський державний агротехнологічний університет. – Вип. 4, т. 46. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – С. 33 - 41
8. *Савченко О.О.* Побудова профілів морських хвиль на основі трохойдальної моделі / *О.О.Савченко* // Прикладна геометрія та інженерна практика. Праці / Таврійський державний агротехнологічний університет. – Вип. 4, т. 51. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – С. 187 - 193

КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ТРОХОИДАЛЬНОЙ МОДЕЛИ МОРСКИХ ВОЛН С ЦЕЛЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ ЭНЕРГИИ

А.А.Савченко

Приведен качественный анализ геометрического моделирования профилей морских волн в толще и на поверхности воды, разработанного на основе трохойдальной модели формообразования этих волн.

TROKHOIDAL QUALITATIVE ANALYSIS MODELS SEA WAVES FOR THE PURPOSE OF USE OF THEIR ENERGY

A. Savchenko

The qualitative analysis of geometrical modeling of profiles of sea waves is provided in thickness and on a water surface, the forms of these waves developed on the basis of trokhoidal model.

ПЕРСПЕКТИВНІ ЗАСОБИ ОСВІТЛЕННЯ У ВИРІШЕННІ ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ІНТЕР'ЄРНОГО ПРОСТОРУ ВНЗ

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

В роботі розглядається концепція підвищення енергоефективності вищих навчальних закладів за рахунок використання енергозберігаючих технологій освітлення на базі світлодіодних приладів з врахуванням типологічних особливостей формування структури архітектурного простору цих закладів.

Постановка проблеми. Визнання енергозбереження як однієї з основних засад реалізації державної енергетичної політики є на сьогодні загальним для всіх розвинених країн світу. За даними [1] реалізація програм підвищення ефективності використання енергоресурсів у промисловості та активна популяризація заходів енергозбереження серед населення дозволили значно скоротити споживання енергоресурсів у країнах ЄС. В той же час стан енергетичної безпеки України оцінюється як далекий від оптимального. Зазначимо, що якщо проблемам теплозбереження за рахунок використання при будівництві теплозберігаючих огорожуючих конструкцій, установки двокамерних теплозберігаючих вікон з добре ізольованими профілями; використанню вентиляційних установок з високоефективною рекуперацією тепла приділяється досить багато уваги і саме ці параметри будівель враховуються при аудиті їх енергоефективності, як в країнах ЄС, так і в Україні, то науково обґрунтована база впровадження сучасних систем освітлення, як ефективних засобів енергозбереження, тільки формується.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Об'єктом дослідження роботи є шляхи підвищення енергоефективності вищих навчальних закладів з використанням енергозберігаючих технологій освітлення, зокрема світлодіодних приладів з врахуванням типологічних особливостей формування структури архітектурного простору цих закладів. Типології вузів і їх комплексів присвячено досить багато досліджень в науковій літературі [2-5]. В означеному аспекті тема раніше не розглядалася.

Оригінальна частина. В Україні вищі навчальні заклади за формою власності поділяються на заклади *державної, комунальної та приватної* форм власності, які цілком рівноправні між собою та забезпечують ідентичну якість освіти. За типами українські ВНЗ поділені на університети, академії, інститути, консерваторії (музичні академії), коледжі й технікуми (училища). Згідно з Законом України «Про вищу освіту (ст.25) м.Київ, 17 січня 2002 року N 2984-III», кожний тип вищого

навчального закладу має відповідний рівень акредитації, кадрового та матеріально-технічного забезпечення. Зазначимо, що університети і інші навчальні заклади IV рівня акредитації сьогодні треба розглядати як поліфункціональні учбові комплекси, тому що вони як і більшість вищих закладів нижчого рівня акредитації не обмежуються тільки освітньою діяльністю. Наприклад, за визначенням, університет «є провідним науково-методичним центром, має розвинуту інфраструктуру навчальних, наукових і науково-виробничих підрозділів, відповідний рівень кадрового і матеріально-технічного забезпечення, сприяє поширенню наукових знань та здійснює культурно-просвітницьку діяльність». Виходячі з цього, вищий учбовий заклад стає моделлю системи освіти, що складається з наступних підсистем: підсистеми освіти, підсистеми культурно-розважальних центрів, підсистеми побутового обслуговування і виробничої сфери. За цією системою найбільш сталою (за складом) є перша підсистема, що включає наступні основні зони: учбово-наукову (лабораторні і учбові корпуси, учбово-виробничі майстерні, науково-дослідні підрозділи), спортивну зону. Склад інших підсистем може варіюватись залежно від напрямку діяльності закладу. Так, до складу підсистеми культурно-розважальних центрів може входити виставково-музейний комплекс, арт-центри, бібліотеки; до підсистеми побутового обслуговування - житлова зона (студентські гуртожитки), житло для викладачів, господарська зона; виробнича сфера може складатися з таких організацій як проектно-дизайнерські, конструкторські бюро, наприклад, для вищих навчальних закладів напряму дизайну, майстерні дизайну одягу, реставрації і багато інших. Таким чином, система освітлення ВНЗ має широку сферу призначення, починаючи з освітлення приміщень холів, лекційних аудиторій, робочого освітлення у бібліотеках і аудиторіях для практичних занять і закінчуючи акцентним і декоративним освітленням у приміщеннях іншого багатоцільового призначення. Зазначимо, що існуючі будівельні норми щодо освітлення громадських будівель і споруд і розрахункові формули кількості приладів освітлення для приміщень різного призначення орієнтовані на традиційні засоби освітлення [5].

Як свідчить досвід проектування, світлодіодне повнокольорове освітлення сьогодні широко використовується в театрах, концертних залах, під час сценічних вистав, в ресторанах і інших громадських місцях для створення яскравих і динамічних світлових представлень. В той же час білі світлодіоди активно застосовують і в системах загального освітлення. Світлодіодні світлові прилади білого кольору знаходять застосування в системах світлових карнизів відбитого світла, робочого освітлення і в стельових світильниках, що встановлюються в магазинах, музеях, офісах, школах, лабораторіях, лікарнях і приватних квартирах. З аналізу їх технічних характеристик, приведених в довідниках західних фірм виробників, зокрема широко відомої фірми-виробника світлодіодних приборів Philips [7, 8, 9] можна зробити наступні висновки щодо тих

переваг, які дають світлодіодні системи перед традиційними системами освітлення:

- Енергоефективність світлодіодів може бути до п'яти разів вище, ніж у ламп розжарювання і галогенних ламп. Постійний розвиток світлодіодної технології підвищує енергоефективність світлодіодів, по порівнянню, наприклад, з люмінесцентними лампами. Одним з чинників, якому часто не надається належного значення, але який може значно понизити світлову віддачу системи, являється енергоспоживання світильника у вимкненому стані. Електроенергія витрачається у вимкненому стані, коли вимикачі або регулятори знаходяться в ланцюзі між блоком живлення або трансформатором і світильником. Потужність, споживана трансформатором при вимкненому світловому приладі, може перевершувати 2 Вт, а втрати від цього можуть складати до 20%% загального енергоспоживання системи.

- Світлодіодні джерела світла по своєму устрою є спрямованими і випромінюють світло тільки в потрібному напрямі. У зв'язку з цим такі світильники зі вбудованою оптикою можуть направляти світло на цільові освітлювані об'єкти ефективніше, ніж люмінесцентні лампи і лампи розжарювання, які випромінюють світло у всіх напрямках.

- Якість світла білих світлодіодів порівнянна з якістю світла розрядних ламп високого тиску і люмінесцентних ламп. Останні досягнення в області виробництва світлодіодів забезпечують постійність кольору і колірну температуру, еквівалентні або перевершуючі ці характеристики у традиційних джерел світла. Так, по своїй здатності точно передавати кольори білі світлодіоди наближаються до традиційних джерел світла, а часто і перевершують їх. Освітлювальні прилади, що випускаються зараз з білими люмінофорними світлодіодами мають індекс кольоропередачі 80 або більше, що збігається з цим параметром у компактних люмінесцентних ламп, кварцевих металогалогенних ламп і деяких холодно-білих люмінесцентних ламп. Крім того, світлодіоди можуть виготовлятися в широкому діапазоні колірних температур. Так, світлодіодні світильники білого світла з фіксованою колірною температурою можуть легко замінити більшість традиційних джерел світла

У світлодіодних світильниках білого світла, що настроюються, колірна температура може регулюватися прямо під час роботи за допомогою контролерів освітлення. Біле світло, що настроюється, використовується для внесення динамічних змін у громадські простори (наприклад, створення різних схем утрішнього, вечірнього і нічного освітлення, театральне і студійне освітлення зі змінними відтінками білого світла).

Таблиця 1

Галузі застосування приладів освітлення в залежності від колірної температури

Колірна температура	Тепле світло, 2700 К	Біле світло, 3000 К	Нейтральне світло, 3500 К	Холодне світло, 4100 К	Денне світло, 5000–6500 К
Галузь застосування	Ресторани Вестибюлі готелів Магазини Житлові приміщення	Бібліотеки Офісні приміщення Магазини	Виставкові зали Книжні магазини Офісні приміщення	Навчальні аудиторії Офісні приміщення Супермаркети Лікарні	Галереї. Музеї Ювелірні магазини Приміщення для медичного огляду

Подібно до люмінесцентних джерел, світлодіоди можуть забезпечити увесь діапазон колірних температур світла: теплий, нейтральний, холодний, денний. При модернізації освітлення світлодіоди можуть замінювати люмінесцентні і галогенні лампи, а також лампи розжарювання і металогалогенові лампи.

Таблиця 2

Джерела світла і їх колірна температура

Колірна температура	Люмінесцентне	Галогенне	Лампа накаливання	Світлодіод	Металогалогенне
Тепле світло, 2700 К	+		+	+	
Біле світло, 3000 К	+	+		+	+
Нейтральне світло, 3500 К	+			+	
Холодне світло, 4100 К	+			+	+
Денне світло, 5000–6500 К	+			+	

• Істотно збільшений корисний термін служби світлодіодів в порівнянні з традиційними джерелами світла. У представленій нижче таблиці приведені дані для порівняння діапазонів корисного терміну служби світлодіодних джерел світла з діапазонами номінальних термінів служби традиційних джерел світла за даними Департаменту енергетики США [9].

Таблиця 3

Діапазони корисного терміну служби джерел світла

Джерела світла	Типовий діапазон корисного використання (години)
Лампа накаливання	750 – 2 000/номінальний строк використання
Галогенна лампа накаливання	2 000 – 2 000/ номінальний строк використання
Металогалогенна лампа	500 – 20 000/ номінальний строк використання
Лінійна люмінесцентна лампа	20 000 – 30 000/ номінальний строк використання
Білий світлодіод	35 000 – 50 000/корисний строк використання

- На відміну від традиційних джерел світла, світлодіоди можуть використовуватися навіть після істотного зниження світлового потоку. При цьому повний вихід з ладу відбувається дуже рідко.

- Багато світлодіодних освітлювальних приладів, що випускаються, не лише відповідають вимогам стандартів по енергоефективності і екологічності, але і часто перевершують їх. Важливо відмітити, що світлодіодні світильники створюють холодне світло і не генерують ІК- і УФ-випромінювання, тобто придатні для використання в музеях, на виставках і в історичних місцях, де традиційне освітлення може стати причиною знебарвлення чорнила і фарб або руйнування тканин або інших чутливих до ІК- і УФ-випромінювань матеріалів.

Висновки. Проведений аналіз фізичних і естетичних властивостей світлодіодних освітлювальних приладів, підтверджений багатим практичним досвідом їх використання в різних громадських інтер'єрах, показав перспективність їх застосування в інтер'єрному просторі вищих навчальних закладів як з точки зору вирішення проблеми енергозбереження, так і з метою декорування цього простору і підвищення психологічного комфорту перебування в ньому.

Література

1. Франчук І.А. Світові тенденції розвитку енергозабезпечення і систем їх державного регулювання / І.А.Франчук // Економіка та держава. – №12.– 2008– С.66-68.
2. Солобай П.А. Структурно-функциональное и композиционное моделирование учебных комплексов. Дисс. ХДТУБА. 2001.
3. Цитович Г.Н. Высшие учебные заведения с развивающейся планировочной структурой. М.: Стройиздат.1982. –256 с.
4. Королев В.Н. Архитектурно-планировочная организация зданий высшей архитектурной школы.: Дис. канд. арх-ры: 18.00.02 / Ленингр. ордена Окт. Рев. и ордена Труд. Кр. Знамени инж.-стр. ин-т. Л., 1988.
5. Гельфонд А.Л. Архитектурное проектирование общественных зданий и сооружений: Учеб.пособие.- М.: Архитектура-С, 2006. – 280 с., ил.
6. Эргономика в дизайне среды: Учеб.пособие/ Рунге В.М., Манусевич Ю.П.- М.: «Архитектура-С», 2007. – 328 с.:ил.
7. Джонатан Вейнерт, Светодиодное освещение. принципы работы, преимущества и области применения. Справочник. Пер. с англ. М. 2010, –150с.
8. Данные об индустрии светодиодного освещения (“Facts About the Solid State Lighting Industry,”), август 2009. /Веб-сайт Союза разработчиков систем освещения нового поколения, – Режим доступа:

www.nglia.org/documents/NGLIA%20Fact%20Sheet%20August%202009.pdf,
234 с.

9. “Quality White Lighting.” /Веб-сайт Philips, – Режим доступа:
www.philipslumileds.com/technology/whitelighting.cfm

**ADVANCED LIGHTING EQUIPMENT IN DECIDING ENERGY
EFFICIENCY INTERIOR SPACE OF HIGH SCHOOL**

O.Safonova, V.Safonov

In the article the concept of increasing energy efficiency of higher educational institutions is considered at the expense of using energy saving technologies of lighting on the basis of light-diode devices based on the typological features of formation of structure of interior space of these institutions is considered.

МІЖДИСЦИПЛІНАРНИЙ ПІДХІД В ЗДОБУТТІ ЗНАНЬ НА ПРИКЛАДІ КОНКУРСУ “SOLAR DECATHLON KNUCA”

Київський національний університет будівництва і архітектури

Дана стаття присвячена актуальності міждисциплінарної взаємодії представників архітектурно-інженерних спеціальностей на прикладі досвіду проведення конкурсу Solar Decathlon КНУБА, приділена увага аспектам утворення малих проектів на синергетичному рівні і супутнім позитивним ефектам.

Не секрет, що галузь альтернативної енергетики та інших екологічно спрямованих напрямків розвитку технологій на науково-практичному рівні не задовольняє сучасним потребам економіки та народного господарства в жодній країні. Ризик стагнації виникає через те, що комерційний інтерес спонукає до проведення досліджень у закритому режимі, науковий потенціал зацікавленої спільноти залишається незадіяним в повній мірі. Як наслідок, намічені результати не досягаються, а наукові кадри знаходять собі реалізацію в інших наукоємних сферах життєдіяльності.

Впродовж всієї історії науки можна відзначити періоди, коли розвиток наукових досліджень загальмовувався. За таких умов затримувалась поява нових важливих напрямків досліджень, відмирили цілі галузі науки. Інтенсифікація знань, обумовлена накопиченням і засвоєнням певної інформації широкими масами населення і як наслідок - якісні зрушення в конкретному напрямку, може відбуватися за умов сприятливих соціальних, культурних, економічних та політичних чинників. Найбільш ефективними в цьому відношенні є періоди взаємодії різних дисциплін. Синергетичний ефект в конкретному напрямку науки спостерігається при розширенні групи вчених до міжгалузевого рівня. Суттєвий приріст відзначений також при залученні до вирішення питання інших верств населення та представників різних вікових категорій. Зокрема студентство є одним з найбільш благодатних середовищ здатних до продукування принципово нових концепцій.

Визнаним фактом вважається здатність молодших поколінь до більш швидкого засвоєння інформації. В залежності від культурного оточення і прагнень індивіда якість набутих студентом знань разом із схильністю до нестандартного погляду в розгляді проблемних питань подеколи дозволяє конкурувати з визнаними фахівцями, а при мультидисциплінарному підході суттєво доповнює оперативний об'єм знань дослідницької команди.

Можливо саме пошук нових підходів до питання енергоефективності в будівництві підштовхнув представників Департаменту енергетики Сполучених Штатів (DOE) і науковців з Національної лабораторії

відновлюваної енергетики (NREL) до того, щоб започаткувати міжнародний архітектурно-інженерний конкурс зі створення енергоефективного житлового будинку. Конкурс отримав назву Solar Decathlon (Сонячне десятиборство), через специфіку і кількість дисциплін за якими проводилося оцінювання. Підхід до оцінювання можна назвати системним. Кожна дисципліна має свою категорію і оцінюється провідними фахівцями відповідної галузі. Будинки монтуються командами на спеціально відведеному майданчику, який відкривається до огляду відвідувачам впродовж місяця. Експлуатаційні умови таких будинків максимально наближені до реальних.

Наведемо основні етапи розвитку конкурсу Solar Decathlon. [1., 2.]

- В 2002 році чотирнадцять команд з усієї території Сполучених Штатів, а також Пуерто-Ріко взяли участь у першому конкурсі.

- Вже в 2005 році до участі в конкурсі приєдналися представники Канади та Іспанії.

- В 2007 до вище названих країн примкнула команда Дармштадтського технічного університету з Німеччини. Із своїм інноваційним рішенням будинку з використанням технологій Volkswagen вони здобули перше місце. Того ж року між Міністерством житлового будівництва Іспанії і урядом Сполучених Штатів підписано угоду про взаємопорозуміння і співпрацю.

- В 2009 році в конкурсі Solar Decathlon U.S. приймало двадцять команд, цього року учасники з Дармштадтського технічного університету підтвердили свою першість.

- В 2010 перший Solar Decathlon Europe відбувся в Мадриді. Відтоді кожне змагання відбувається раз на два роки, в Європі по парних, а в США по непарних роках.

- В 2013 році географія конкурсу була доповнена відкриттям Solar Decathlon China, який відбувся в місті Датун. Цьогорічним переможцем стала команда з Австралії.

Можна констатувати, що на сьогодні Solar Decathlon вийшов на рівень престижного міжнародного культурно-масового заходу, що приваблює безліч туристів. Це потужний рекламний майданчик для спонсорів і меценатів, якими охоче виступають представники різних медіа-організацій, будівельних фірм і виробників будівельної продукції. Для студентів участь в конкурсі є не тільки засобом самоствердження на професійному рівні, але й цікавим відпочинком і унікальним життєвим досвідом міжнародного спілкування.

Насправді, «Сонячне десятиборство» має в своїй основі вагомий науково-практичний результат для організаторів і особливо для тих, хто започаткував цей конкурс. З особливостей правил конкурсу слід зробити висновок, що організаторів цікавить саме інтелектуальна інноваційна складова, а не конкретні будинки, як виріб. Адже в межах цих змагань

затверджуються патенти, визначаються ефективні технології виробництва і нові методики монтажу елементів будівельних конструкцій.

Слід зазначити, що цей конкурс позиціонується не як змагання представників різних країн, а саме як конкурентні перегони навчальних закладів, що мають свої власні традиції в методиці освіти. Тут кожна команда має шанс підтвердити престиж навчального закладу, довівши свою безперечну перевагу над іншими.

Період студентства є визначним в житті і кар'єрі кожної людини. Саме на цьому етапі закладаються засадини і визначаються базові погляди майбутнього професіонала.

Найпростішими, а подеколи найбільш дієвими способом організації роботи студентів в навчальному процесі є примушення (стимуляція методом «кнута»), а в найкращому випадку утворення авторитарного режиму, за якого студент, хоч і виконує заплановану програму за своїм бажанням, але все ж перебуває в пригнобленому стані. Такі обмеження кожного студента продиктовані конкретними вимогами учбової програми в межах навчального процесу. Ефективному навчанню сприяє зацікавленість і азарт, але значно заважає погроза і страх.

Участь в конкурсах дає можливість учасникам розкрити свої здібності, визначити царину закладених талантів, реалізувавши свій внесок в колективну співпрацю.

На сьогодні для більшості університетів країн СНД звичним є формат організації конкурсів, що включає проведення воркшопів, семінарів або утворення робочих груп в межах однієї спеціальності. Але такий підхід вже не задовольняє сучасним потребам провідних студентів до отримання додаткової освіти та підвищення кваліфікації. Серед негативних аспектів слід відзначити те, що акцентування на отриманні нагороди залишає в тіні процес вирішення поставленої проблеми, робить його нецікавим обов'язком, також спостерігається суб'єктивність в оцінці членами журі. Окрім того, організація конкурсу вимагає матеріальної підтримки, тому традиційним є залучення спонсорів. Рекламно-комерційні цілі, що зазвичай переслідують виробники продукції значно звужують спектр впровадження результатів, обмежує інтерес потенційних учасників конкурсу. За умов відсутності міждисциплінарного підходу учасники конкурсів не отримують якісного приросту набутих знань.

Встановивши головною метою успішну реалізацію проекту будинку змагання з «Сонячного десятиборства», спонукає учасників до залучення представників суміжних спеціальностей, вимагає планування і самоконтролю на всіх етапах, дає можливість студентам своїми силами сформувати модель проектної організації. Необхідність втілення задуму змушує таким чином вийти за межі суто проектної «паперової» діяльності, акцентуючи увагу на аспектах якісно нового підходу до проектування,

будівництва і експлуатації. Участь в подібних конкурсах можна назвати «бойовим хрещенням» для майбутньої професійної діяльності студентів.

«Solar Decathlon КНУБА». Як показав досвід ініціативної групи організаторів конкурсу на підготовчому етапі жодна методика, включаючи метод багатоступінчастого мозкового штурму, не дадуть певного результату без достатнього ступеня внутрішньої мотивації кожного учасника заходу. Тому в решті решт в конкурсі були задіяні організатори і учасники, що мають низку мотиваційних факторів, зокрема: зацікавленість тематикою енергоефективного будівництва, високий рівень професійних навичок, самовідданість, прагнення до росту якісної складової знань, організаційні здібності і вміння працювати в колективі.

Суттєвим бар'єром для кураторів кожної команди стало жорстке обмеження щодо втручання викладачів в творчий процес студентської команди, визначене загальними правилами міжнародного конкурсу «Solar Decathlon». Це змушувало відмовитись від звичних підходів і сформованих навичок в роботі зі студентами, проте призвело до збагачення викладацького досвіду шляхом застосування нових методик.

Робоча атмосфера. Питання утворення гармонійної атмосфери в робочому колективі проектної організації розглядається чимало представниками різних спеціальностей. Існує безліч методик, що враховують психологічну, соціологічну, педагогічні і професійну специфіку. Зокрема останнім часом в Україні і країнах СНД багатьма організаціями використовуються методики запозичені з вдалого досвіду провідних закордонних компаній. Але в кожному окремому випадку слід відзначити необхідність кореляції запропонованих методик з розрахунку на особливості менталітету і конкретних якостей членів колективу.

В мультидисциплінарних командах знання і зусилля кількох людей можуть організовуватися за принципом взаємного посилення. *Нададитивний ефект* є одним з найважливіших показників ефективності високорозвинутого колективу. Він являє собою здатність колективу як цілого досягати набагато вищих результатів у роботі ніж це може зробити така ж по чисельності група людей, які працюють незалежно один від одного і не об'єднанні системою визначених відносин. [3.]

Користуючись прикладом проведення «Solar Decathlon КНУБА» слід зазначити, що на рівні з командами, які вдало компілюють приклади світового досвіду існують і такі, що продукують власні цікаві інноваційні ідеї. В цьому відношенні найбільш ефективною можна назвати роботу команди №3, що мала назву «S.A.T.-Group». Результати такої роботи більш корисні в застосуванні. Після професійної обробки вони можуть бути використані в багатьох галузях народного господарства.

На початковому етапі принцип *аутсорсингу* добре вбудовується в структуру моделі конкурсної команди. Але визначальним стає етап появи

спільної рушійної сили. Механізм взаємодії в даному випадку нагадує описану вченими, роботу мозку під час рішення нестандартної задачі. При достатньому напруженні системи, між синапсами нервових клітин, які до того не були між собою задіяні, пробігає електричний заряд влучної думки. Подібно до цього в колективі людей, які ще не виопрацювали ефективний режим взаємодії, ідея, що за вдалих умов виникає в одних учасників миттєво відбивається в свідомості інших раціоналізованим рішенням, варіацією, цікавою інтерпретацією.

Особливо радісно відзначати, що при такому підході деякі учасники відкривають в собі нові сильні сторони і опрацьовують необхідні в майбутньому професійні якості.

Таким чином, вже на базі вищої школи можливе отримання професійного досвіду методом організації міждисциплінарної взаємодії, реалізація якої можлива в умовах проведення конкурсів. Проведення подібних заходів відзначається позитивними наслідками, як для учасників, так і для організаторів.

Література

1. Режим доступу <http://www.solardecathlon.gov>
2. Режим доступу <http://www.sdeurope.org>
3. Режим доступу <http://uk.wikipedia.org/>

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД К ОБУЧЕНИЮ НА ПРИМЕРЕ КОНКУРСА “SOLAR DECATHLON KNUCA”

А.И. Селиванов

Киевский национальный университет строительства и архитектуры
Статья посвящена актуальности междисциплинарного взаимодействия представителей архитектурно-инженерных специальностей на примере опыта проведения конкурса Solar Decathlon KNUCA, рассмотрены аспекты образования малых проектов на синергетическом уровне.

INTERDISCIPLINARY APPROACH TO STUDING BASED ON THE EXPERIENCE OF THE “SOLAR DECATHLON KNUCA” COMPETITION

O.I. Selivanov

The article is devoted to the relevance of the interaction between architects and engineers based on the experience of the Solar Decathlon KNUCA competition; considering aspects of the formation of small synergistic projects.

ФРАКТАЛЫ В МОДЕЛИРОВАНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*Национальный технический университет "Харьковский
политехнический институт", Украина*

Анализируется метод фрактального моделирования экологических динамических систем. Перечисляются преимущества данного метода. Классификация фракталов.

Постановка проблемы. Современный подход к изучению сложных динамических систем связан с разработкой все усложняющихся методов исследования объектов со сложной структурой. Относительно экологических систем требуется всестороннее изучение биофизических процессов, происходящих в экосистемах, и разработка методов контроля динамики их состояния. Однако, при изучении любой подобной системы ученые сталкиваются с проблемой, суть которой – огромный разрыв между математической и экспериментальной (полевой) экологией. Сложившаяся ситуация сильно затрудняет исследование биосферы и ее экосистем из-за невозможности охвата фантастической сложности живых систем в рамках качественных представлений без использования количественных моделей.

При экологическом моделировании сложных природных систем, таких как биосфера и ее экосистемы, исследователь сталкивается со следующими проблемами: «Каждое отдельное действие или вмешательство в систему обретает коллективный аспект, который может повлечь за собой совершенно неожиданные глобальные изменения. ...Не только каждое состояние системы, но и само определение системы в том виде, в каком ее описывает модель, обычно нестабильно или, по крайней мере, метастабильно. ...Очень часто отклик системы на возмущение оказывается противоположным тому, что подсказывает нам наша интуиция. ...Мы приучены мыслить в терминах линейной причинности, но теперь нуждаемся в новых "средствах мышления"» [1]. Это высказывание одного из основателей синергетики, делает понятным трудности математической экологии. А также поясняет необходимость создание новой, "своей" математики для моделирования эко- и биосистем, которая сможет отразить парадоксальные свойства живой природы.

Анализ основных исследований и публикаций. В середине 80-х годов XX века сформировался новый подход к анализу структуры экологических систем, объединяющий степенные законы и самоподобие в контексте теории фракталов. Термин “фрактал” был предложен Б. Мандельбротом для обозначения нерегулярных, но самоподобных структур [2]. Одно из определений фрактала, данное Мандельбротом звучит следующим образом: “Фракталом называется структура, состоящая из

частей, которые в каком-то смысле подобны целому”. Самоподобие как сходство сложных структур на разных масштабах отражено в теории фракталов [3]. Правильные (математические) фракталы получают простыми итеративными процедурами. В своей нынешней форме теория фракталов связана с теорией хаоса [4]. Детерминированный хаос представляется в современной науке не как беспорядок, а как сложная форма порядка с большим числом степеней свободы. Здесь же возникает понятие фрактальных (нецелых) размерностей, проявляющихся во многих сложных процессах. Для анализа степени самоподобия обычно используется показатель Херста. В теории фрактальных систем выполнено большое количество работ отечественными учеными. Особенно интересные работы связаны с мультифрактальным анализом изображений динамических систем, выполненных Учаевым Д. В., Малинниковым В. А., Никольским А. Е. [5].

Основная часть. Используемые в настоящее время в науке методы, в большинстве своем, базируются на приближенном представлении структур геометрическими объектами с целыми размерностями (точками, линиями, поверхностями). Основным недостатком такого рода методов является то, что они характеризуют структуру на одном либо нескольких масштабных уровнях, не позволяя получить масштабно-инвариантного описания природных структур. Таким образом, все эти методы не учитывают одного из важнейших качеств системы – целостности, выражающейся в принципиальной несводимости свойств системы к сумме свойств составляющих ее элементов и не выводимости из последних свойств системы.

Математический аппарат, построенный на основе представлений о фракталах и фрактальных множествах, позволяет объяснить или даже предсказать экспериментально наблюдаемые факты и явления в различных областях. Действительно, экосистемы представляют собой открытые неравновесные системы, строение и эволюция которых определяются приходящим из окружающей среды потоком энергетических ресурсов. Потоки энергии и вещества, приходящие через открытые системы, обеспечивают возникновение в них эффектов самоорганизации – образование макроскопических диссипативных структур. Эти структуры обладают имманентной структурной универсальностью.

Количественное описание пространственной структуры сложных динамических систем, к которым можно отнести и экосистемы, с использованием фрактального подхода позволяет выделять иерархические уровни структурной организации этих систем, строить модели, воспроизводящие иерархическую структуру пространственной организации динамических объектов. С помощью фракталов эти структуры можно создавать и использовать в компьютерных программах.

Использование концепции фракталов позволяет давать адекватную количественную оценку не только конфигурации исследуемой структуры в

целом, но так же неоднородности распределения на ней геометрических, физических, химических и др. характеристик, соответственно природе изучаемой структуры, что невозможно достигнуть обычными методами. Имеющийся опыт в области численного фрактального описания изображений структур самой различной природы показывает его эффективность при анализе скрытых процессов, т. е. таких процессов, которые нельзя наблюдать непосредственно, но при этом они существенно влияют на характеристики изучаемых систем.

В основном фракталы делят на: геометрические, алгебраические и стохастические.

Геометрические фракталы. В двумерном случае фракталы можно получить, задав некоторую ломаную, называемую генератором. За один шаг алгоритма каждый из отрезков, составляющих ломаную, заменяется на ломаную-генератор, в соответствующем масштабе. В результате бесконечного повторения этой процедуры (а точнее, при переходе к пределу) получается фрактальная кривая. При видимой сложности полученной кривой, её общий вид задается только формой генератора. Примерами таких кривых служат: кривая дракона, кривая Коха, кривая Леви, множество Кантора, треугольник Серпинского, коврик Серпинского.

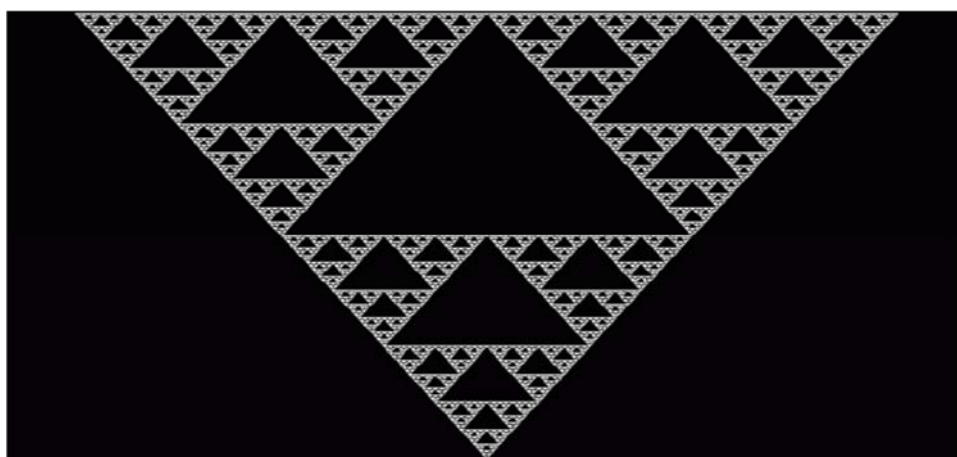


Рис. 1. Треугольник Серпинского

Алгебраические фракталы. Для построения алгебраических фракталов используются итерации нелинейных отображений, задаваемых простыми алгебраическими формулами. Наиболее изучен двумерный случай. Нелинейные динамические системы могут обладать несколькими устойчивыми состояниями. Каждое устойчивое состояние (аттрактор) обладает некоторой областью начальных состояний, при которых система обязательно в него перейдет. Таким образом, фазовое пространство разбивается на области притяжения аттракторов. Если фазовым является двумерное пространство, то, окрашивая области притяжения различными цветами, можно получить цветовой фазовый портрет этой системы

(итерационного процесса). Меняя алгоритм выбора цвета, можно получить сложные фрактальные картины с причудливыми многоцветными узорами. Примеры алгебраических фракталов: множество Мандельброта, множество Жюлиа, бассейны Ньютона, биоморфы.

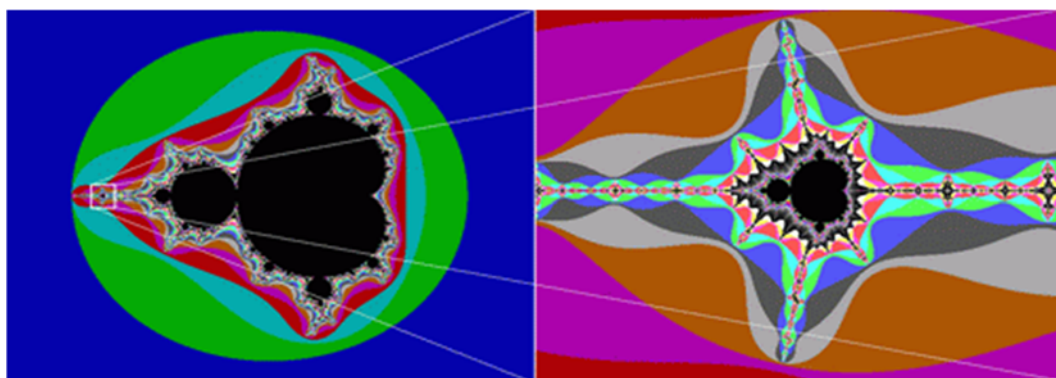


Рис. 2. Множество Мандельброта

Стохастические фракталы. Все природные объекты создаются по капризу природы, в этом процессе всегда есть случайность. Фракталы, при построении которых в итеративной системе случайным образом изменяются какие-либо параметры. Называются стохастическими. Эти фракталы наиболее интересны для физиков, так как находят свое отражение в физических процессах. Соотношение случайности и закономерности может быть разным.

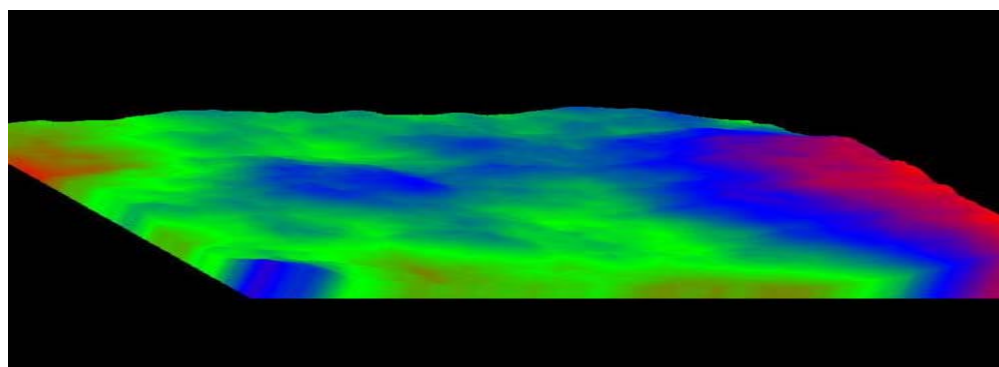


Рис. 3. "Плазма"

Выводы: Количественное описание пространственной структуры природных систем с использованием фрактального подхода позволяет выделять иерархические уровни структурной организации природных систем, строить модели, воспроизводящие иерархическую структуру пространственной организации природных систем, а также формулировать гипотезы о возможных механизмах генезиса. В связи с перечисленными преимуществами метода фрактального моделирования мы видим целесообразным его применение в моделировании экологической системы, в том числе и созданной искусственно человеком на производстве. Этому вопросу будут посвящены дальнейшие исследования.

Литература

1. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой: Пер. с англ. М.: Эдиториал УРСС, 2001. 312 с.
2. Mandelbrot B.B. "Fractals, Form, chance and dimension" (San – Francisco, 1997).
3. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы: Пер. с англ. М.: Институт компьютерных исследований, 2002. 656 с.
4. Кроновер Ричард М. Фракталы и хаос в динамических системах: Пер. с англ. М.: Техносфера, 2006. 488 с.
5. Мультифрактальный математический анализ синергетических структур // Труды Международной научно-практической интернет-конференции «Перспектива и развитие».- М.:МФТИ, 2004. (соавторы Малинников В. А., Никольский А. Е., Учаев Д. В.)

ФРАКТАЛИ В МОДЕЛЮВАННІ ЕКОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

Е.С. Сидоренко, В.В. Халиль

Аналізується метод фрактального моделювання екологічних динамічних систем. Перераховуються переваги даного методу. Класифікація фракталів.

FRACTALS IN THE MODELLING OF ECOLOGICAL SYSTEMS

E. Sidorenko, V. Halil

The method of fractal modeling of ecological dynamic systems is analyzed. Benefits of this method are listed. The classification of fractals.

ОПИС КОМПОНЕНТІВ ВІДБИВАЛЬНИХ СИСТЕМ З КЛАСИЧНИМИ КРИВИМИ У ЯКОСТІ ВІДБИВАЧІВ

ДВНЗ «Ужгородський національний університет» (м. Ужгород)

Розглянуто опис і побудову компонентів відбивальних систем, коли профілем відбивача є одна з класичних кривих (Діоклеса цисоїда, Дінострата квадратриса, локон Аньези, строфоїда, тощо).

Постановка проблеми. Відбивальні системи знаходять широке застосування в архітектурній акустиці, геліотехніці, теплових обігрівачів [1 - 3]. Для геометричного розрахунку на координатній площині Oxy відбивальної системи, яка складається з кривої L та джерела променів у точці $S(x_s, y_s)$, необхідно мати рівняння її ортотоміки, подери та катакаустики. Зазначені криві мають назву компонентів відбивальних систем і використовуються при їх конструюванні. З цих позицій ще не дослідженими виявилися відбивальні системи, коли в якості відбивача використовується одна з класичних кривих (наприклад, Діоклеса цисоїда, Дінострата квадратриса, локон Аньези, строфоїда, кубіка Чирнгаузена, трактриса, тощо). Ці криві мають специфічні властивості, які доцільно доповнити і оптико-геометричними властивостями.

Аналіз останніх досліджень. В роботах [1-3] розглядаються графічні методи дослідження відбивальних систем. Але графічні методи важко формалізувати, внаслідок чого їх не варто класти в основу алгоритмів комп'ютерного синтезу відбивальних систем. В роботі [4] наведено опис катакаустики - як елемента відбивальної системи - у випадку, коли крива визначена у явному вигляді $y = f(x)$. Але такий опис кривої не завжди є зручним, наприклад, ним не можливо описати криву, яка має форму „петлі”. Тому для розширення класу кривих, які можливі у якості відбивачів, у роботі [5, 6] було виконано дослідження для кривих, заданих параметрично. Дана робота присвячена всебічній перевірці одержаних описів на прикладі класичних кривих.

Постановка завдання. Знайти опис і графічний вигляд компонентів відбивальних систем, коли в якості відбивача використовується одна з класичних кривих (Діоклеса цисоїда, Дінострата квадратриса, локон Аньези, строфоїда, тощо).

Основна частина. Відбивальна система $\{S, f\}$ на площині Oxy визначається двома головними елементами - точкою $S(x_s, y_s)$ як джерелом променів та гладкою і опуклою від точки S відбивальною кривою $y = f(x)$. Однак, для розрахунку системи $\{S, f\}$ ще необхідно мати і їй відповідні описи та зображення ортотоміки, подери і катакаустики [4].

Визначимо точки $S'(x_s', y_s')$, $P(x_p, y_p)$ і $C(x_c, y_c)$ (рис.1) в залежності від положення точки $A(x_a, y_a)$ падіння на відбивальну криву окремого

променя за умови, що точки S' , P і C розташовані, відповідно, на ортотоміці 2, подері 3 та катакаустиці 4 обраної кривої 1.

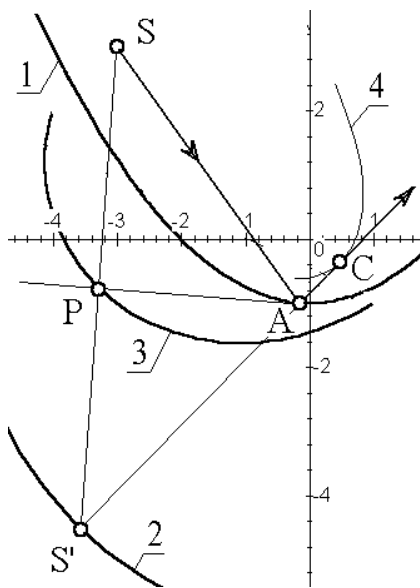


Рис.1. Елементи відбивальної системи

Нехай координати точки A на кривій задано у вигляді $x_A = t$; $y_A = f(t)$, де t - параметр. Маємо рівняння дотичної до кривої в точці A :

$$y - f(t) = f'(t)(x - t) .$$

(1)

Відбитий у точці A промінь побудуємо за допомогою точки S' , розташованої на ортотоміці кривої - тобто розташованій симетрично точці S відносно дотичної (1). В цьому випадку відбитий у точці A промінь буде збігатися з прямою $S'A$.

Точки $S(x_s, y_s)$ і $S'(x_{s'}, y_{s'})$ розташовані симетрично відносно прямої (1) тоді, коли будуть виконуватися співвідношення

$$x_{s'} = 2t - x_s + 2k ; \quad (2)$$

$$y_{s'} = 2f(t) - y_s + 2f'(t)k ,$$

$$\text{де } k = \frac{x_s - t + f'(t)(y_s - f(t))}{1 + (f'(t))^2} .$$

Знаходимо координати точки $S'(x_{s'}, y_{s'})$. Побудована за цим законом множина точок S' в залежності від параметра t утворить ортотоміку відбивальної системи $\{f, S'\}$, опис якої має вигляд (2).

Рівняння відбитого променя $S'A$

$$(f(t) - y_{s'})(x - x_{s'}) - (y - y_{s'})(t - x_{s'}) = 0 \quad (3)$$

та рівняння прямої SS'

$$(y_s - y_{s'})(x - x_{s'}) - (y - y_{s'})(x_s - x_{s'}) = 0 . \quad (4)$$

Точка P на подері визначається в результаті перетину дотичної і прямої SS' . Тобто координати точки P обчислюються в результаті розв'язання відносно x і y системи рівнянь (1) і (4).

Катакаустикою називається обвідна сім'ї відбитих променів [3, 4]. Тобто для визначення координат точки C , що належить катакаустиці, необхідно [5] розв'язати відносно x і y систему рівнянь

$$(f(t) - y_{s'})(x - x_{s'}) - (y - y_{s'})(t - x_{s'}) = 0 ; \quad (5)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \left\{ (f(t) - y'_s)(x - x'_s) - (y - y'_s)(t - x'_s) \right\} = 0.$$

Наведені співвідношення покладено в основу складеної мовою Maple програми зображення елементів відбивальної системи.

В якості прикладів відбивальних кривих було обрано: напівкубічну параболу $x = at^3$; $y = t^2$ (рис. 1), локон Аньезі $y = -\frac{a^3}{a^2 + x^2}$ (рис. 2),

Дінострата квадратриса $y = t \cot\left(\frac{\pi x}{2a}\right)$ (рис. 3), крива Гауса

$$y = \frac{1}{\sqrt{\pi}} h e^{-h^2 x^2} \text{ (рис. 4), Діоклеса цисоїда } y = 2a \sin^2 t; \quad x = 2a \frac{\sin^3 t}{\cos t}$$

(рис. 5), строфоїда $x = at \frac{t^2 - 1}{1 + t^2}$ $y = 2a \frac{t^2}{1 + t^2}$ (рис. 6).

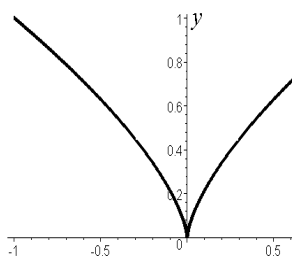


Рис. 1.

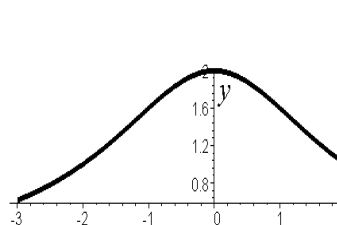


Рис.2.

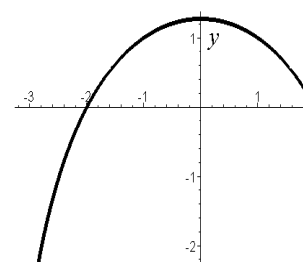


Рис. 3.

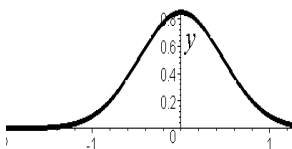


Рис. 4.

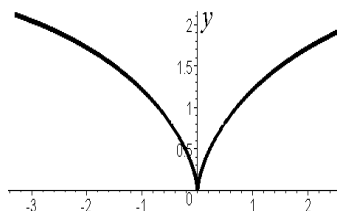


Рис. 5.

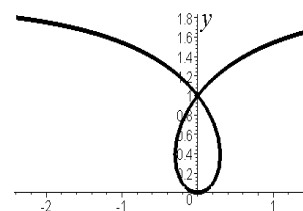


Рис. 6.

Наведемо компоненти відбивальної системи залежно від положення точки джерела променів для: напівкубічної параболі (рис. 7); локона Аньезі (рис. 8); Дінострата квадратрисі (рис. 9); кривої Гауса (рис. 10); Діоклеса цисоїди (рис. 11); строфоїди (рис. 12). При чому, парні рисунки відрізняються розташуванням джерела променів (вище або нижче кривої).

Для зручності сприйняття графічної інформації на рисунках відбивальну криву позначено цифрою 1, ортотоміку – цифрою 2, подеру – цифрою 3 і катакаустіку цифрою 4. Крім того, ці лінії виділені за їх типами. Слід пам'ятати, що катакаустіки на рисунках зображують разом зі своїми асимптотами.

На практиці при реальному конструюванні відбивача доцільно використовувати анімаційні зображення компонентів відбивальних систем залежно від початкових параметрів відбивача, а також від напрямку руху точки джерела променів.

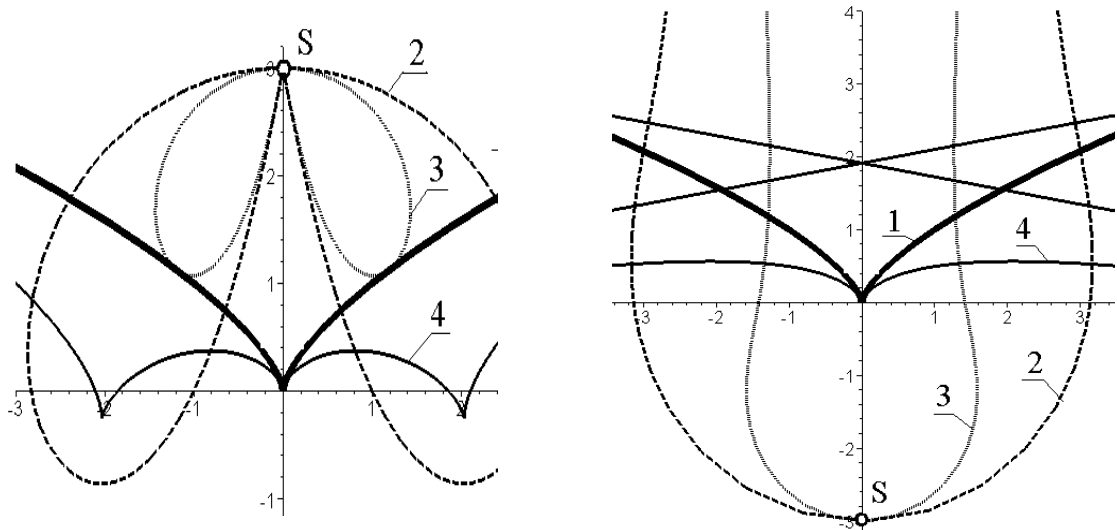


Рис. 7. Компоненти відбивальної системи для напівкубічної параболи

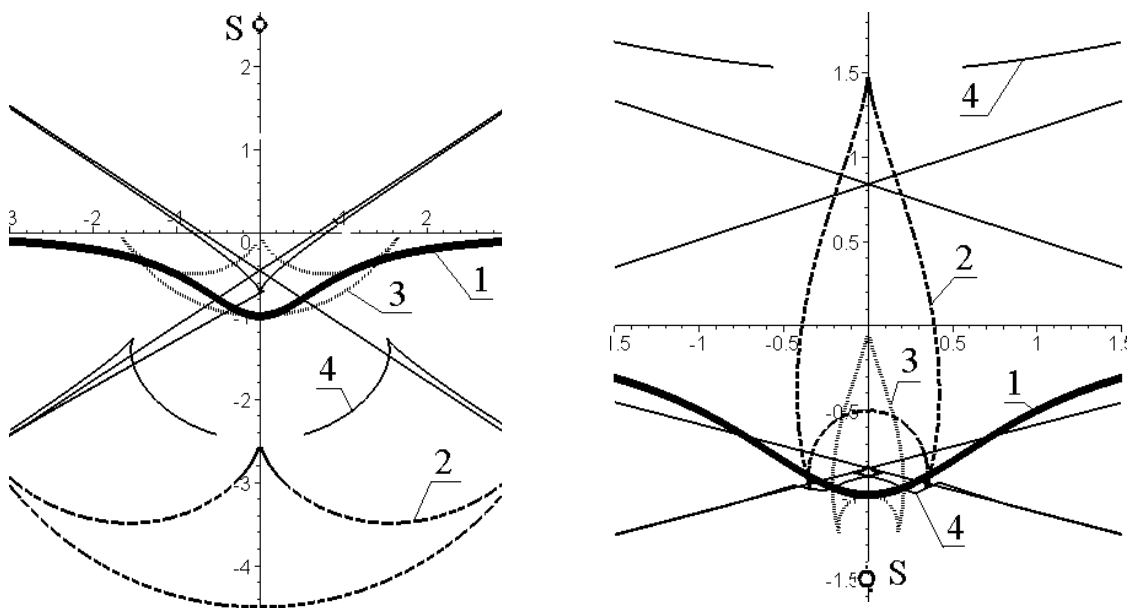


Рис. 8. Компоненти відбивальної системи для локона Аньезі

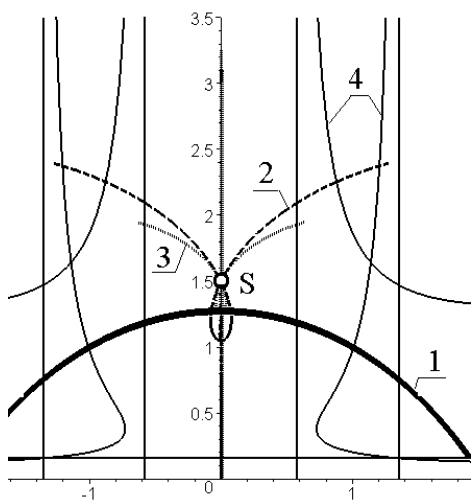


Рис. 9. Компоненти відбивальної системи для Дінострата квадратриси

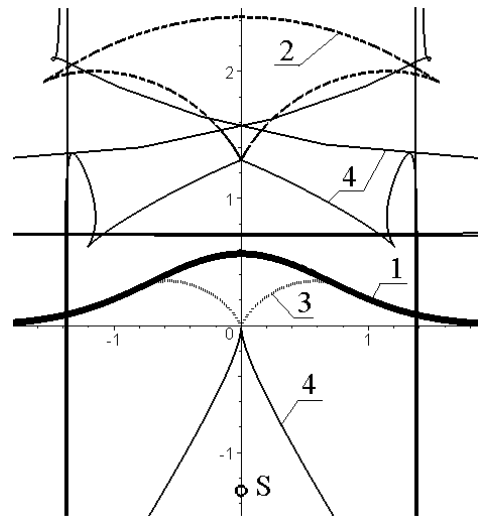
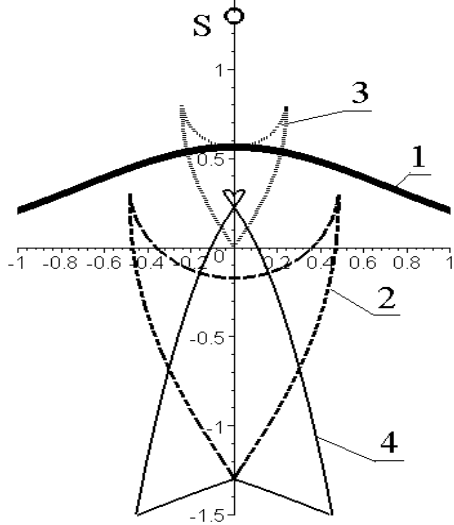
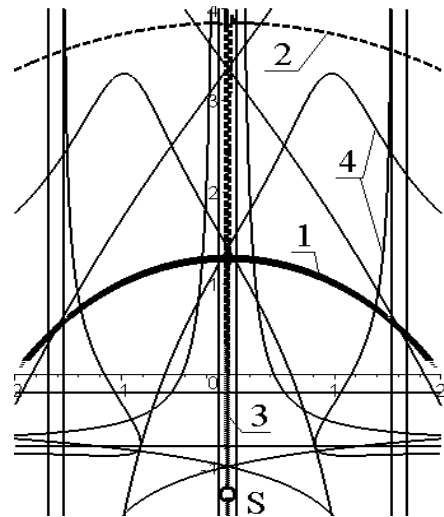


Рис. 10. Компоненти відбивальної системи для кривої Гауса

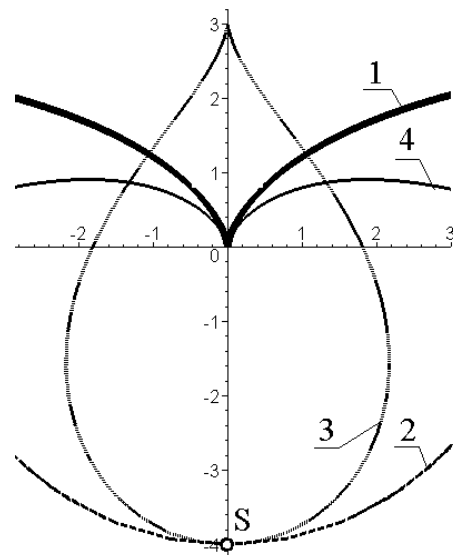
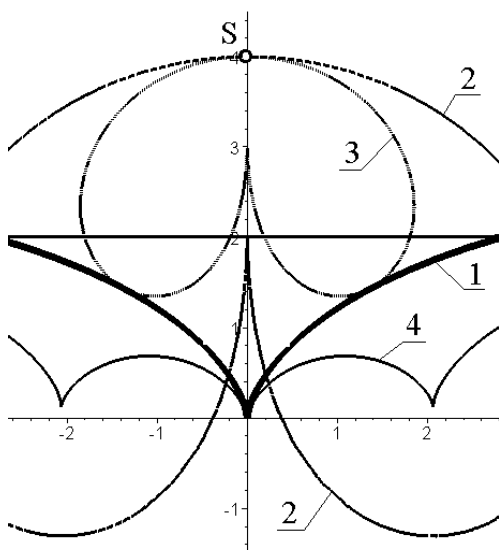


Рис. 11. Компоненти відбивальної системи для Діоклеса цисоїди

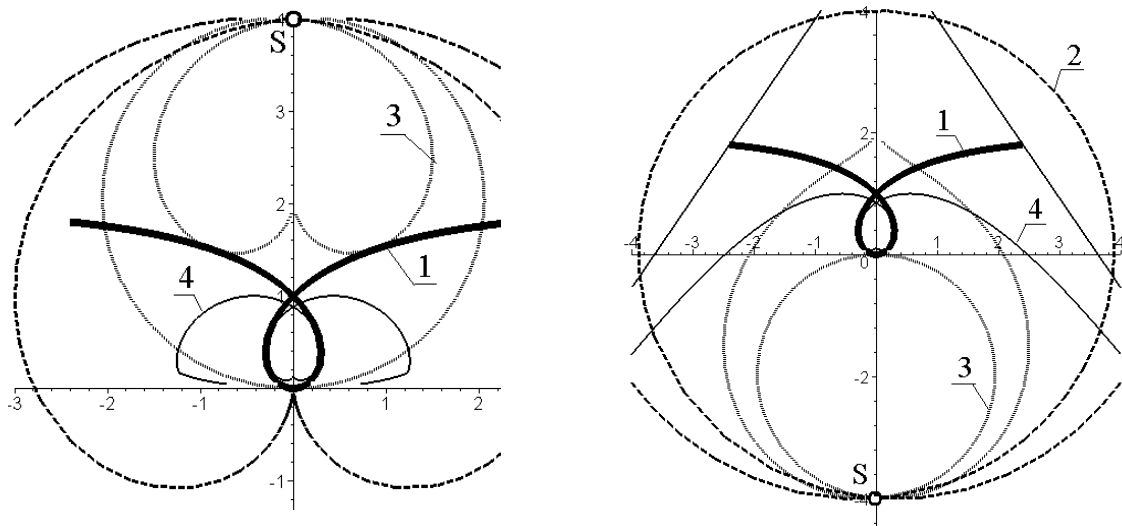


Рис. 12. Компоненти відбивальної системи для строфоїди

Висновок. При конструюванні реальних конструкцій відбивачів певну допомогу може зробити унаочнення компонентів відбивальних систем для класичних кривих як відбивачів.

Література

1. Михайленко В.Е., Обухова В.С., Подгорный А.Л. Формообразование оболочек в артектуре.-Киев:Будівельник,1972.-206с
2. Дворецкий А.Т. К вопросу формообразования ортотомики с использованием подэрного преобразования. - В Сб. трудов IV Международной н/п конференции «Современные проблемы геометрического моделирования». Мелитополь: ТГАТА, 1997. - с.28 -30
3. Мазуренко Е.Д. Геометрическое моделирование катакаустик и карстовых областей на плоскости.- Харьков: ХГПУ, 1996.- 12 с.
4. Підгорний О.Л., Куценко Л.М. Опис подери, ортотоміки і катакаустики як елементів відбивальної системи // Труды / Таврическая государственная агротехнологическая академия. - вып. 4, том 10. - Мелитополь: ТГАТА, 1999 - С. 14 - 18
5. Куценко Л.Н. О катакаустах кривых, заданных параметрически // Вісник Запорізького державного університету, № 1, 2002, с. 57-61.
6. Куценко Л.М. Опис подери, ортотоміки і катакаустики для кривої, заданої параметрично // Труды / Таврическая гос. Агротехн. академия.- вып. 4, том 16. – Мелитополь: ТГАТА, 2002 - С. 10 - 14.

ОПИСАНИЕ КОМПОНЕНТОВ ОТРАЖАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С КЛАССИЧЕСКИМИ КРИВЫМИ В КАЧЕСТВЕ ОТРАЖАТЕЛЕЙ

С.В. Тютюнников

Рассмотрено описание и построение компонентов отра-жательных систем, когда профилем отражателя является одна из классических кривых (Диоклеса цисоида, Динострата квадратриса, локон Аньези, строфоида, и т.п.).

DESCRIPTION OF COMPONENTS OF REFLECTIVE SYSTEMS WITH CLASSICAL CURVES AS REFLECTORS

S. Tutunnikov

The description and creation of components of reflective systems when a profile of a reflector is one of classical curves (Diokles a cissoid, Dinostrata a quadratrix, Agnesi's ringlet, strofoida, etc.) is considered.

РЕКОНСТРУКЦІЯ ІСТОРИЧНОЇ ЗАБУДОВИ ЗА ПРИНЦИПАМИ ЕНЕРГЕФЕКТИВНОСТІ

Київський національний університет будівництва і архітектури

Розглянуто можливість проведення реконструкції будівель історичної забудови, що розташовані у містах, з використанням відновлювальних джерел енергії та експлуатації обладнання, що працює на енергії з відновлювальних джерел і впровадження енергозберігаючих технологій.

Постановка проблеми. Як відомо невід'ємною частиною вже сформованої частини забудови великих міст являється історична забудова. Зважаючи на стрімкість розвитку будівельної галузі постає питання збереження та відновлення хоча б тих будівель, що відносяться до пам'яток архітектури. Держава створює організаційно-правові умови та визначає принципи діяльності щодо виявлення, вивчення, охорони та державного обліку, збереження, використання й утримання об'єктів архітектурної та містобудівної спадщини, ведення просвітницької роботи, збереження історичного середовища, забезпечує контроль за дотриманням законодавства у сфері охорони архітектурної та містобудівної спадщини [5, 6]. У розрізі цієї проблеми головним аспектом являється формування механізму забезпечення ефективного комплексу, що складається не лише з проведення реставраційно-відновлювальних робіт але й використання альтернативних джерел енергії та впровадження енергозберігаючого обладнання і технологій при виконанні таких робіт.

Аналіз досліджень. Аналізуючи роботи Андреева Л.В., Вечерського В.В., Ушакова Ю.С., Славіної Т.А., Кодіна В.О. та інших у напрямку реконструкції будівель історичної забудови, можна зазначити, що підвищення енергоефективності у житловому секторі слід розглядати не лише за рахунок нового будівництва, а і за допомогою реконструкції вже існуючого житлового фонду. Пасивне збереження міського середовища протирічить самій історичній природі міста, яке завжди знаходиться в процесі розвитку та оновлення. Крім фізичного розростання міст, періодично відбувається їх внутрішня трансформація. Таким чином, в процесі історичного розвитку міста формується структура з різними по своїй часовій стійкості функціональними ланками і композиційними елементами. На відміну від попередніх років сьогодні у галузі архітектури і будівництва все частіше фігурує тенденція до використання новітніх матеріалів та обладнання у галузі енергозбереження. Щодо забудови, особливо центральної частини міст, існує сувора регламентація законодавства у цьому напрямку. А.Е. Гутнов, так зазначив важливий аспект містобудівної сфери: «Якщо раніше містобудівний проект

охоплював виключно питання просторової організації міста, то сьогодні фахівець примушений вирішувати свої задачі не тільки в просторі, а і в часі, який є найважливішою характеристикою в процесі міської життєдіяльності» [3, С. 41].

Головним завданням при вирішенні питання реконструкції історичної забудови за принципами енергоефективності постає необхідність чіткого формування концепції, що включає в себе можливість поєднання комплексу заходів для збереження такої забудови у поєднанні з комплексом заходів спрямованих на формування енергозберігаючого функціонування конкретного об'єкту.

Мета роботи. Враховуючи той факт, що нам відомі заходи пов'язані з реконструкцією та заходи щодо енергоефективності у сфері житлового будівництва, метою дослідження постає визначення можливого формування поєднань робіт з реконструкції та енергозбереження при реконструкції історичної забудови міст.

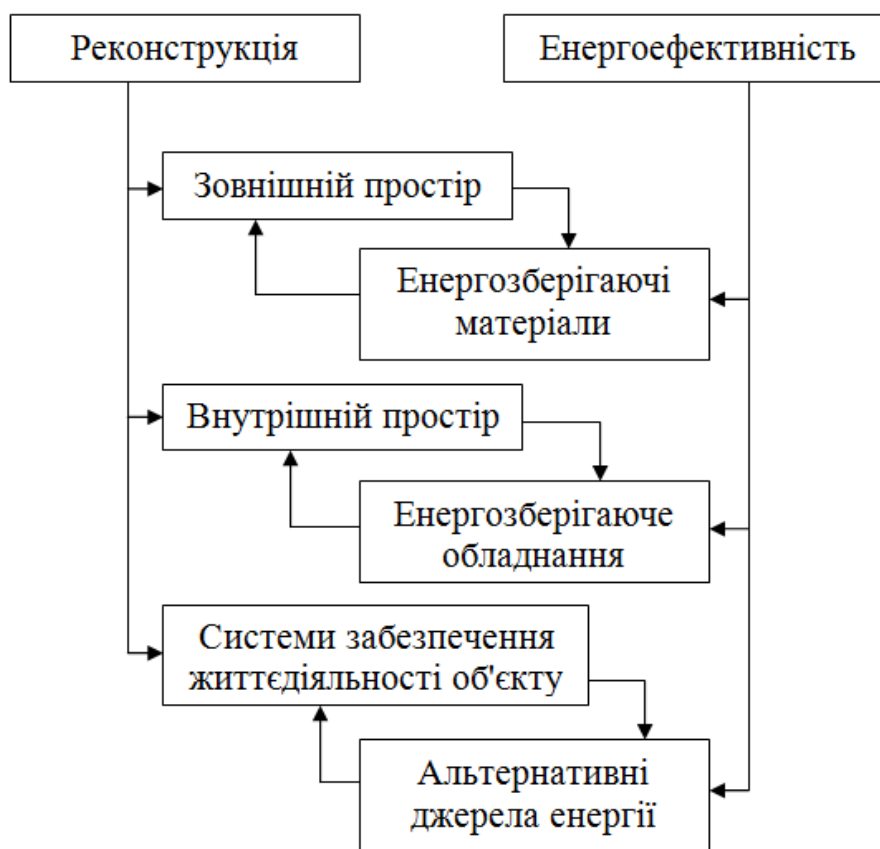


Рис. 1. Поєднання реконструкції з енергоефективністю

Основна частина. Для досягнення поставленої мети розглянемо одиничний об'єкт реконструкції історичної забудови за принципами енергоефективності у вигляді окремої системи. У будь якому випадку коли мова йде про енергозбереження будівельного об'єкту формування такого процесу складається з ряду організаційно-технологічних рішень.

Основними з яких являються рішення щодо енергоефективності самого об'єкту та рішення щодо забезпечення енергоефективного функціонування систем, які створюють умови для життєдіяльності даного об'єкту. З метою змістовного розгляду системи реконструкції історичної забудови за принципами енергоефективності, поділимо її на дві підсистеми:

- 1) Реконструкція історичної забудови в умовах міського планування;
- 2) Комбіноване поєднання енергозберігаючого обладнання та енергоощадних систем і технології з використанням відновлюваних джерел енергії.

За допомогою морфологічного аналізу визначимо можливі критерії впливу на функціонування вищезазначених підсистем.

Морфологічний аналіз – це метод структурно-параметричного синтезу складних систем, який складається з наступних етапів: 1) опис бажаних функціональних властивостей системи; 2) виявлення максимально повного переліку основних функцій системи; 3) визначення альтернативних способів реалізації кожної функції; 4) генерування всіх можливих варіантів системи, кожен з яких складається з ланцюгу, який враховує рівно по одному способу реалізації кожної окремої функції; 5) оцінка ефективності варіантів; 6) вибір найбільш прийняттого варіанту [2].

Розглянемо першу підсистему - реконструкція історичної забудови в умовах міського планування.

До об'єктів даної підсистеми належать житлові та громадські будівлі, що експлуатуються при незмінній зовнішній архітектурі, та які реставруються, ремонтуються і підпадають під реконструкцію та модернізацію з розміщенням в межах одного житлового кварталу. Це будівлі застарілого житлового фонду різної поверховості та призначення, а також сучасні об'єкти громадського й адміністративного значення. Сучасний підхід до реконструкції історичних міст полягає в розгляді пам'яток архітектури в місті як цілісної системи, яка вступає в активну взаємодію з його сучасною структурною.

Відповідно до чинних нормативних та правових актів законодавства України, державні органи у сфері будівництва та архітектури притримуються жорсткої політики щодо містобудівної діяльності та у сфері збереження об'єктів історичної спадщини [5, 6, 8]. Тому необхідно звернути увагу на доцільність врахування всіх зовнішніх та внутрішніх факторів взаємодії міського середовища на об'єкти історичної забудови:

- 1) Умови реконструкції:
 - забезпечення міцності;
 - забезпечення функціональної зручності;
 - забезпечення естетичної комфортності міського середовища.
- 2) Архітектурно-конструктивні та технологічні параметри. Архітектурі:
 - Кліматичний контроль будівництва (кліматичні зони);

- Форма будівлі;
- Компактність будівлі;
- Процент скління фасадів.

Конструктивні параметри:

- Поверховість будівлі;
- Теплотехнічні характеристики огорожуючих конструкцій.

Технологічні параметри:

- Звичайна вентиляція;
- Використання рекуператорів.

Враховуючи досвід вітчизняних та зарубіжних спеціалістів [4, 9] в цій галузі можна зазначити деякі способи для забезпечення належного функціонування підсистеми реконструкції історичної забудови в умовах міського планування:

- підсилення фундаментів та несучих конструктивних елементів об'єкту;
- зміна об'ємно-планувальних та конструктивних рішень об'єкту;
- застосування новітніх матеріалів та обладнання при проведенні реставраційних робіт;
- використання клімату з метою оптимізації заходів на опалення та вентиляцію;
- збалансоване розташування житлових та функціональних зон всередині об'єкту з урахуванням його форми та компактності;
- використання поліпшених склопакетів з відповідним коефіцієнтом теплопровідності.

Невід'ємною частиною при реконструкції будь якого об'єкту в умовах міського планування є інженерні мережі. До них відносяться мережі: водопостачання, електропостачання, газопостачання та каналізації. В той час, як внутрішні мережі розглядаються нами у питанні формування енергозбереження, зовнішні потребують комплексного розгляду при реконструкції в умовах міської забудови.

Розглянемо другу підсистему - комбіноване поєднання енергозберігаючого обладнання та енергоощадних систем і технологій з використанням відновлюваних джерел енергії. Об'єктами даної підсистеми виступають поєднання новітніх енергоощадних систем і технологій, енергозберігаючого обладнання із застосуванням альтернативних джерел енергії.

Беручи до уваги вітчизняні законодавчі акти [5, 6, 8] та досвід зарубіжних спеціалістів [9] можемо вважати за доцільне при реконструкції історичної забудови наближувати показники об'єктів що підлягають реконструкції до показників, так званих, пасивних будівель [10]:

- оболонка будівлі з підвищеною теплоізоляцією $U < 15 \text{ кВт/м}^2$ на рік;
- запобігання наявності містків холоду;

- компактна форма будівельної споруди;
- пасивне використання сонячної енергії завдяки орієнтації будівлі на південь і відсутності затінення;
- поліпшені склопакети зі спеціальними профілями і покращеним коефіцієнтом теплопередачі вікна;
- герметичність будинку на відповідному рівні;
- рекуперація тепла з відпрацьованого повітря, рівень повернення тепла 75%;
- високоефективні пристрої з економії електроенергії для домашнього господарства;
- підігрів води за допомогою сонячних колекторів або теплового насоса;
- пасивний підігрів повітря за допомогою, наприклад, ґрунтового теплообмінника.

Для більш детального розгляду реалізації другої підсистеми розділимо заходи щодо енергозбереження на три окремі категорії, що включають в себе окремі елементи:

1. Енергоефективність об'єкту в цілому:
 - підвищення енергоефективності стін;
 - підвищення енергоефективності світлопрозорих огорожень;
 - підвищення енергоефективності даху або перекриттів стелі верхнього поверху;
 - підвищення енергоефективності підвалу або нижнього поверху;
2. Внутрішні системи функціонування об'єкту:
 - підвищення енергоефективності внутрішнього інженерного обладнання та комунікацій будівлі.
3. Альтернативні джерела енергії:
 - вироблення електроенергії за допомогою фотоелектричних перетворювачів;
 - установа опалювальної системи з використанням пального з деревного грануляту;
 - використання геотермічної системи опалення й охолодження;
 - застосування геліотермічної опалювальної системи й абсорбційної системи охолодження.

Висновки. При формуванні робіт з реконструкції історичної забудови міст за принципами енергоефективності постає питання якісного поєднання таких робіт з комбінацією енергозберігаючих засобів. Зважаючи на постійну трансформацію у розрізі міської забудови, (нове будівництво та різного роду ремонти і реконструкції), доволі складно підібрати конкретний варіант комбінованих поєднань енергозберігаючого обладнання і технологій не порушуючи цілісність архітектурних форм об'єкту. На шляху до вирішення даного питання необхідно керуватись рядом обмежень та умовами щодо використання різних заходів, що будуть використані у подальшому дослідженні.

Література

1. Вечерський В.В. Спадщина містобудування України: теорія і практика історико-містобудівних пам'яток-охоронних досліджень населених місць – К.:НАТІАМ, 2003, 558 с.
2. Гусаков А.А. Системотехника строительства: монография /А.А. Гусаков. – М.: Стройиздат, 1983. – 440 с.
3. Гутнов А.Э. Эволюция градостроительства. – М.: Стройиздат, 1984. – 256 с., С. 41.
4. Енергозбереження у житловому фонді: проблеми, практика, перспективи: довідник. – К.: НДПроектреконструкція, Deutsche Energie-Agentur GmbH(dena), Instituts Wohnen und Umwelt GmbH (IWU), 2006. – 144 с.
5. Закон України «Про охорону культурної спадщини».
6. Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності».
7. Клир Джорж. Системология. Автоматизация решения системных задач: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1990. – 544 с.
8. Проект закону «Про охорону архітектурної та містобудівної спадщини» // Вісник Українського національного комітету ICOMOS. — К., 2008.
9. Реконструкция зданий по стандартам энергоэффективного дома: Пер. с нем./ И. Габриель, Х. Ладенер. – СПб.:БХВ-Петербург, 2011. – 480 с.: ил. – (Строительство и архитектура).
10. Refurbishment with Passive House components
http://passiv.de/en/02_informations/04_refurbishment/04_refurbishment.htm

РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКИ ПО ПРИНЦИПАМ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

Е.И.Черноморденко

В данной статье рассматривается возможность проведения реконструкции зданий исторической застройки, расположенных в городах, с использованием возобновляемых источников энергии и эксплуатации оборудования, работающего на энергии из возобновляемых источников и внедрения энергосберегающих технологий.

RECONSTRUCTION OF THE HISTORICAL BUILDING BY THE PRINCIPLES OF ENERGY EFFICIENCY

E.Chernomordenko

This article discusses the possibility of carrying out reconstruction of historic buildings, are located in the cities, with the use of renewable energy sources and operation of equipment, operating on energy from renewable sources and implementation of energy saving technologies.

ПОСТРОЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЛОПАТОК ГРУНТОМЕТАТЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ БРАХИСТОХРОН ДЛЯ ПОЛЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СИЛ ИНЕРЦИИ

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры
Национальный университет гражданской защиты Украины*

Предложены методы построения пространственных лопаток грунтометателя с помощью брахистохрон, найденных для поля центробежных сил инерции. Использовано уравнение брахистохроны, записанное в полярной системе координат. Приведены результаты построения поверхностей лопаток с разными формами оснований.

Постановка проблемы. Транспортировка грунта способом метания является эффективным средством для остановки (или гашения) низовых пожаров в условиях отсутствия воды [1-11]. Среди разнообразных механизмов, используемых для реализации такой технологии, особый интерес вызывают роторные грунтометатели [1, 2, 4-11], которые грунт в зону возгорания выбрасывают с помощью лопаток, расположенных на вращающемся роторе. В связи с этим актуальное значение приобретают задачи, связанные с выбором рациональной (“оптимальной”) формы лопаток.

Анализ основных исследований и публикаций. В работах [7, 8, 11] проведены исследования по выбору рациональных параметров грунтометателя с *прямолинейными лопатками*. Исследованиям по использованию в грунтометателях более перспективных *криволинейных лопаток* посвящены публикации [4-7, 9, 10]. Днище такой лопатки представляет собой поверхность, полученную в результате изгиба плоскости по кривой, являющейся брахистохроной для центробежной силы инерции (основание лопатки – отрезок прямой, параллельный оси ротора). В работе [12] получено аналитическое выражение брахистохроны в полярной системе координат в обратной форме.

Комплексное решение задачи требует, однако, такого выбора формы поверхности лопатки, которая была бы оптимальной не только с точки зрения времени схода частиц грунта [12], но также рациональной с точки зрения других эксплуатационных характеристик механизма: усилий по внедрению лопатки в грунт, динамическим нагрузкам на лопатки и ротор, мощности приводного двигателя и т.д. В дальнейшем для удобства лопатку с брахистохронными образующими, основания которых расположены на некоторой дуге, а не на отрезке прямой, будем называть *пространственной лопаткой*.

Исследования по рациональному выбору формы пространственных лопаток в настоящее время отсутствуют.

Постановка задачи. Используя в качестве образующей брахистохрону для поля центробежных сил инерции, записанную в полярной системе координат, разработать методы построения пространственных лопаток близких к оптимальным по характеру движения частиц грунта, позволяющих уменьшать усилия внедрения лопаток в грунт и динамические нагрузки на лопатки и ротор, снижать мощность приводных двигателей и т.д. Построить пространственные лопатки опытного варианта конструкции ротора, для разных форм основания лопаток.

Основная часть. На рис. 1 показана схема грунтометателя: 1 – ступица; 2 – кольцо; 3 – спица; 4 – криволинейная лопатка. Предполагается, что метатель вращается с угловой скоростью ω против хода часовых стрелок. Радиусы R_1 и R_2 представляют собой радиусы окружностей, проходящих через заднюю и переднюю кромки лопатки.

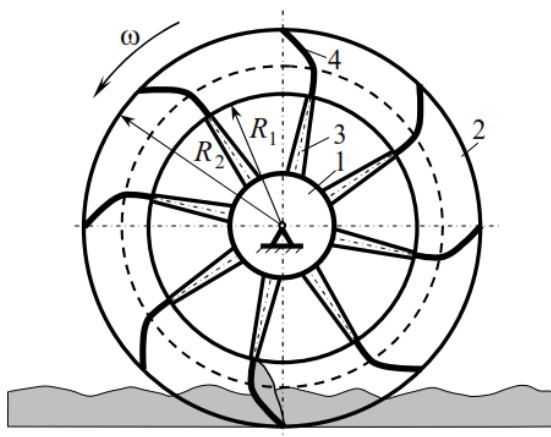


Рис. 1. Схема грунтометательного механизма

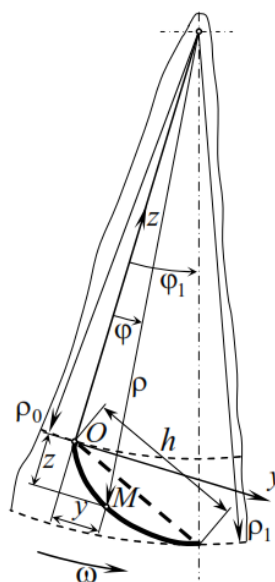


Рис. 2. Брахистохрона для поля центробежных сил инерции

Уравнение брахистохроны для поля центробежных сил инерции. На рис. 2 показан профиль криволинейной лопатки в форме брахистохроны для поля центробежных сил инерции [4, 5, 12] (штриховой линией показан профиль днища прямолинейной лопатки): (ρ, φ) – полярные координаты; ρ_0, ρ_1 – начальное и конечное значения полярного радиуса (соответствуют R_1, R_2 на рис. 1); φ_1 – конечное значения полярного угла (в дальнейшем начальный угол обозначается как φ_0 ; на рисунке не показан).

Форма криволинейной лопатки найдена как решение задачи о брахистохроне в поле центробежных сил инерции [4, 5, 12]. Установлено, что решение этой задачи не является единственным. Приемлемое по конструктивным соображениям решение в полярной системе координат (обратная форма) имеет вид

$$\varphi(\rho) = \arctg z - \frac{1}{\sqrt{1-C^2}} \arctg \frac{z}{\sqrt{1-C^2}} + C_1, \quad (1)$$

где $z = \sqrt{\frac{C^2 \rho^2}{\rho^2 - \rho_0^2} - 1}$; $C^2 < 1$ – константа.

Константы C и C_1 в (1) определяются с помощью краевых условий:

$$\text{при } \varphi = \varphi_0 \quad \rho = \rho_0, \quad z = z(\rho_0) = z_0 = \sqrt{\frac{C^2 \rho_0^2}{\rho_0^2 - \rho_0^2} - 1} = \infty; \quad (2)$$

$$\text{при } \varphi = \varphi_1 \quad \rho = \rho_1, \quad z = z(\rho_1) = z_1 = \sqrt{\frac{C^2 \rho_1^2}{\rho_1^2 - \rho_0^2} - 1}. \quad (3)$$

Построенное с их помощью трансцендентное уравнение для нахождения C оказывается таким

$$\varphi_1 - \arctg \sqrt{\frac{x \rho_1^2}{\rho_1^2 - \rho_0^2} - 1} + \frac{1}{\sqrt{1-x}} \arctg \frac{\sqrt{\frac{x \rho_1^2}{\rho_1^2 - \rho_0^2} - 1}}{\sqrt{1-x}} - \varphi_0 + \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1-x}}\right) \frac{\pi}{2} = 0, \quad (4)$$

где $x = C^2$.

Константа C_1 определяется из выражения

$$C_1 = \varphi_0 - \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1-C^2}}\right) \frac{\pi}{2}. \quad (5)$$

Методы построения поверхностей пространственных лопаток из брахистохрон. Основная идея изложенных ниже двух методов формирования поверхностей пространственных лопаток состоит в следующем: построенные с их помощью поверхности должны быть такими, чтобы траектории движения частиц по ним были близки к брахистохронам, т.е. свойства этих поверхностей были максимально приближены к свойствам поверхностей криволинейных лопаток.

Формирование поверхностей и дальнейший анализ их свойств удобно осуществлять в декартовой системе координат. На рис. 2 показана такая система координат (правая). Начало координат (точка O) находится в начальной точке “базовой” брахистохроны; ось z направлена вдоль полярного радиуса к оси ротора; ось y – к периферии ротора; ось x – на

читателя (на рисунке не показана). Выбор ее обусловлен тем, что одной из важнейших характерных особенностей оптимальной кривой является то, что полярный радиус, проходящий через ее начальную точку, представляет собой касательную к кривой в этой точке. Физически это означает, что на начальном этапе движения сила (центробежная сила инерции) близка к направлению движения, т.е. обеспечивает максимальное ускорение, что не возможно при использовании прямолинейной лопатки (случай, когда прямолинейная лопатка расположена вдоль радиуса, не удовлетворителен с технологической точки зрения). Из формулы (1) вытекает и строгое обоснование этого заключения, так как

$$\lim_{\rho \rightarrow \rho_0 + 0} \frac{d\varphi}{d\rho} \rightarrow 0.$$

В этом легко убедиться, определив производную от выражения (1) по ρ и найдя соответствующий предел.

Декартовы и полярные координаты произвольной точки M кривой (см. рис. 2) связаны очевидными соотношениями

$$y = \rho \sin \varphi, \quad z = \rho_0 - \rho \cos \varphi. \quad (6)$$

Первый метод. При формировании поверхностей начало брахистохрон будем располагать на кривой в основании лопатки, осуществляя поступательное перемещение “базовой” брахистохроны, показанной на рис. 2 (плоскости кривых будут параллельны плоскости Oyz). На рис. 3 показаны несколько типичных форм оснований (строго говоря – проекций оснований на плоскость Oxy): 1) – прямоугольная; 2) – полуокружность радиуса r ; 3) – дуга окружности радиуса r_1 ; 4) – половина дуги эллипса. Для опытного варианта ротора использовались следующие значения параметров: $r = 0,05\text{м}$; $b = 0,03\text{м}$ ($r_1 \approx 0,0567\text{м}$). Прямоугольное основание отвечает в принятой терминологии криволинейной лопатке.

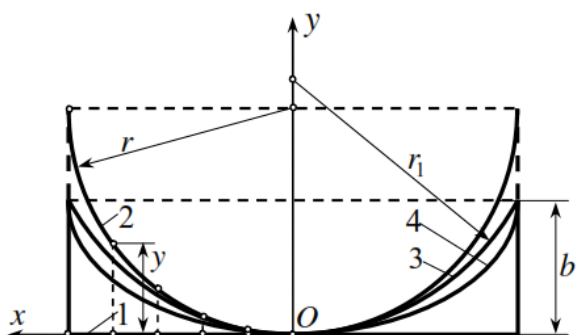


Рис. 3. Проекция оснований пространственных лопаток на плоскость Oxy

На кривой 2 показаны точки, в которых располагаются начала брахистохрон для положительных значений x (шаг по оси Ox с учетом удобства последующей программной реализации следует брать равномерным).

На рис. 4, а кроме проекции “базовой”, показана проекция брахистохроны верхней кромки лопатки (жирные линии), а также проекции нескольких

промежуточных кривых (тонкие линии).

Второй метод. Очевидно, что выбранные таким способом кривые, строго говоря, не будут оптимальными кривыми (брахистохронами). Для превращения их в брахистохроны необходимо каждую кривую вместе с начальным полярным радиусом повернуть в ее плоскости на соответствующий угол ϑ (рис. 4, б) вокруг оси вала ротора (см. также рис. 2).

Указанный угол является малым. Например, для опытного прототипа $\vartheta_{\max} \leq 8^\circ \approx 0,141 \text{ рад}$. Тогда с точностью до малых высших порядков для определения ϑ будет справедлива формула

$$\vartheta = \frac{y}{\rho_0}, \quad (7)$$

где y координата начальной точки брахистохроны (см. рис. 3; 4, б).

Формулы для декартовых координат произвольной точки брахистохроны повернутой на угол ϑ на основании выражения (6) приобретают вид (см. рис. 4, б)

$$y = \rho \sin(\varphi + \vartheta), \quad z = \rho_0 - \rho \cos(\varphi + \vartheta). \quad (8)$$

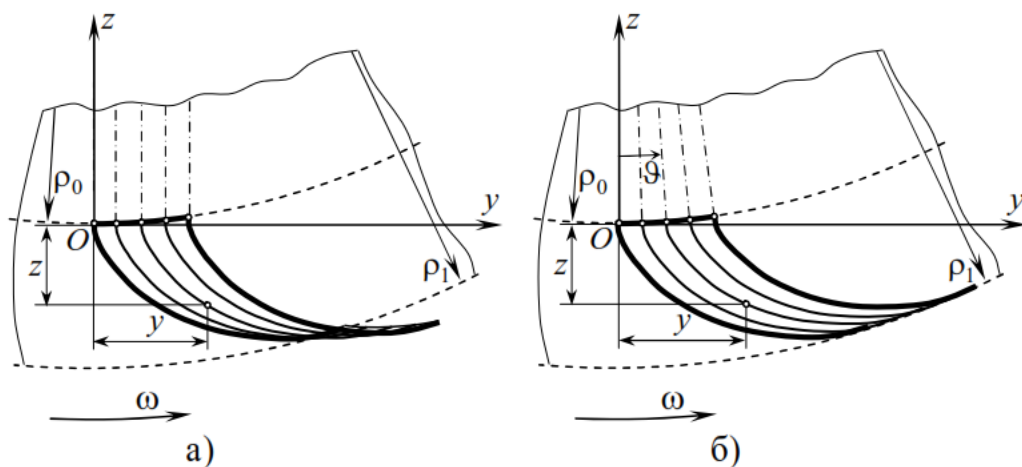


Рис. 4. Формирование пространственных лопаток: а) – параллельный перенос оптимальной образующей; б) – параллельный перенос с поворотом оптимальной образующей

Эти выражения следуют также и из формул линейного преобразования координат

$$\left. \begin{aligned} y &= \rho_0 \sin \vartheta + \rho \sin \varphi \cos \vartheta - (\rho_0 - \rho \cos \varphi) \sin \vartheta, \\ z &= \rho_0 (1 - \cos \vartheta) + \rho \sin \varphi \sin \vartheta + (\rho_0 - \rho \cos \varphi) \cos \vartheta, \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

которые после упрощения приводятся к (8).

Первые слагаемые в формулах (9) отвечают координатам поступательного перемещения вспомогательной системы координат (на рис. 4 не показана), остальные отражают эффект поворота этой системы координат на угол ϑ . Таким образом в первом методе используется только поступательно перемещающаяся система координат, координаты начала которой определяются по формулам

$$y = \rho_0 \sin \vartheta, \quad z = \rho_0(1 - \cos \vartheta). \quad (10)$$

Пространственные лопатки опытного варианта конструкции ротора. Формирование поверхностей лопаток по первому и второму методу осуществлялось со следующими параметрами механизма: $R_1 = \rho_0 = 0,496\text{ м}$; $R_2 = \rho_1 = 0,632\text{ м}$; $\varphi_0 = 0$; $\varphi_1 = 20^\circ = 0,349\text{ рад}$; $h = 0,2\text{ м}$; $n = 222\text{ мин}^{-1}$ ($\omega = 23,25\text{ рад/с}$). Описание форм основания лопаток и их размеров дано выше.

Поверхности лопаток $z = p(x, y)$ строились с использованием средств двумерной кубической сплайн-интерполяции MathCAD (здесь z аппликата точки поверхности, в отличие от координаты z в формулах (6), (8)-(10)). Предварительно насчитывалась матрица значений аппликат поверхности на равномерной сетке значений x и y . По значениям x , о выборе которых сказано выше, находились углы ϑ по формуле (7). На равномерной сетке значений φ с использованием одномерной кубической сплайн-интерполяции по выражениям (8) строилась зависимость $z = z(y)$, позволяющая уже на равномерной сетке значений y насчитывать значения z . При программной реализации алгоритма приходится преодолевать некоторые сложности, связанные с тем, что проекция поверхности объемной лопатки на плоскость Oxy не является прямоугольником.

Важным обстоятельством с точки зрения дальнейших исследований движения частиц грунта по лопатке является то, что полученные таким способом функции $z = p(x, y)$ в среде MathCAD можно аналитически дифференцировать, как и традиционные функции.

Лопатки с основанием 1, фактически криволинейные лопатки, показаны на рис. 5, а, б. Кроме возможности наглядного представления их формы, рисунки полезны с точки зрения последующих сопоставлений указанных лопаток с пространственными. При формировании боковых стенок использовались соответственно первый (поступательное перемещение брахистохроны) и второй (поступательное перемещение брахистохроны с поворотом) методы (см. также рис. 4, а, б). Боковые стенки первой лопатки не приемлемы с технологической точки зрения и соображений прочности и жесткости. Для лопатки на рис. 5, б

выступающие части боковых стенок могут служить своеобразным разрыхлителем, облегчающим внедрение лопатки в грунт. Заметим, что выбор формы боковых стенок криволинейных лопаток определяется в первую очередь технологическими соображениями.

Объемные лопатки с основанием второго типа (полуокружность) показаны на рис. 6, а, б.

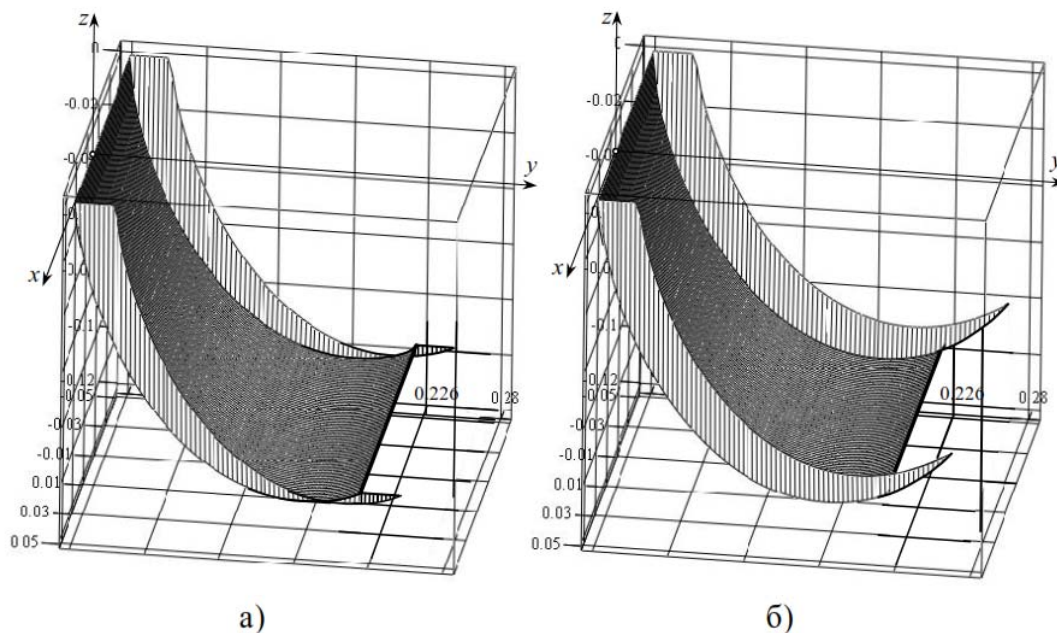


Рис. 5. Поверхности лопаток с основанием 1:
а) – метод 1; б) – метод 2

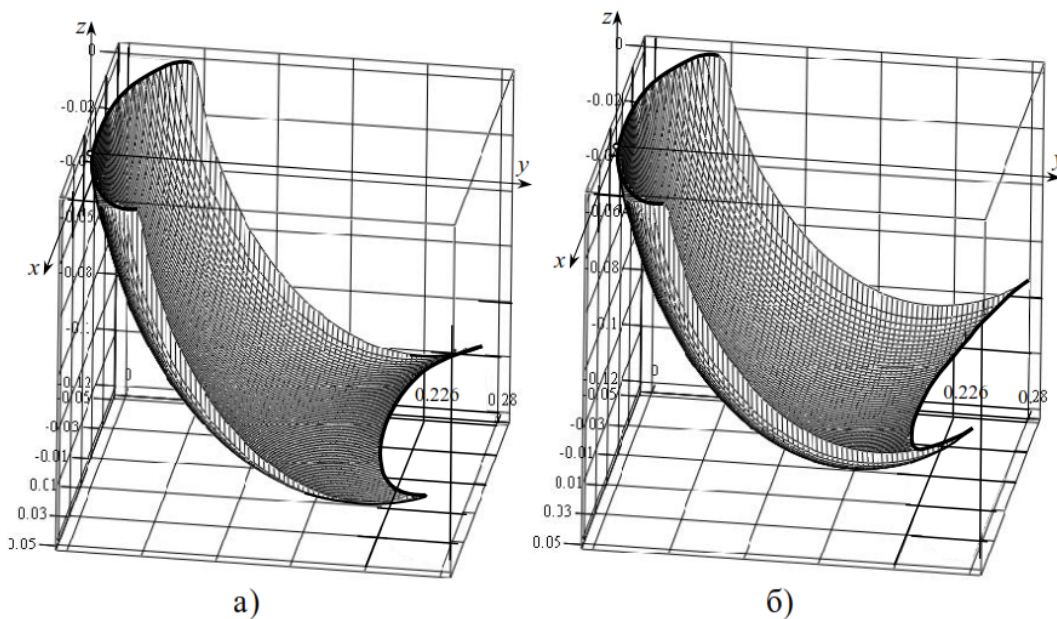


Рис. 6. Поверхности лопаток с основанием 2:
а) – метод 1; б) – метод 2

Лопатка, построенная по второму методу, имеет более вогнутую периферийную часть и более вытянутые боковые части. Такая лопатка способна вместить большее количество грунта.

Лопатки с более пологим основанием 3 (дуга окружности радиуса $r_1 > r$) представлены на рис. 7, а, б. Их особенность, как и лопаток с основанием 4 (половина эллиптической дуги), показанных на рис. 8, а, б, заключается в меньшей глубине внедрения в грунт ($h < r$).

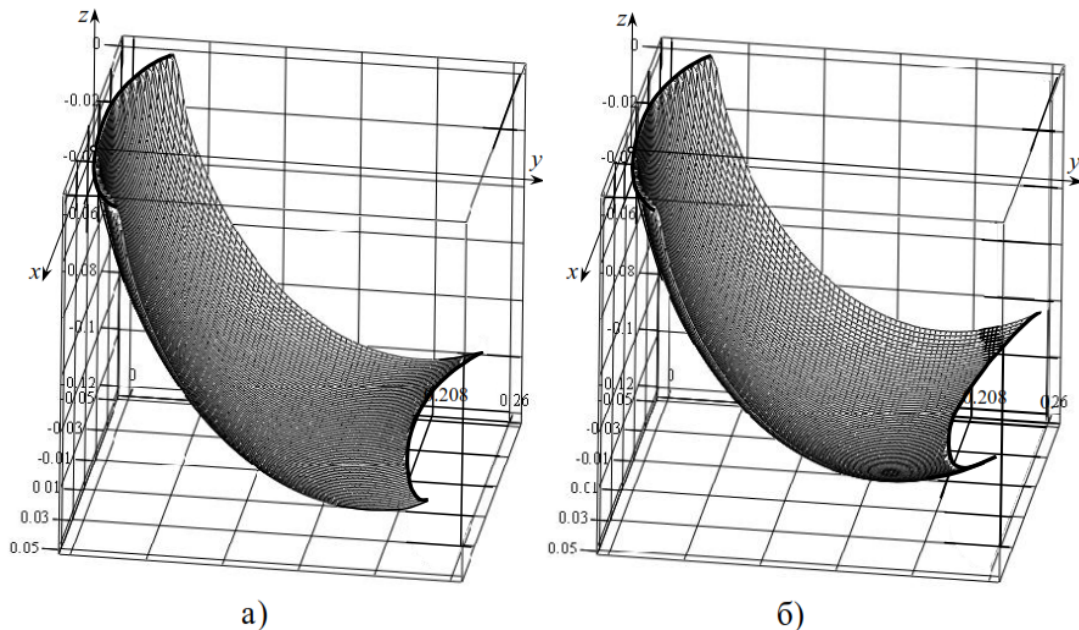


Рис. 7. Поверхности лопаток с основанием 3:
а) – метод 1; б) – метод 2

Принципиальная особенность лопаток с основаниями 2-4, в отличие от лопаток с основанием 1, в том, что внедрение их в грунт происходит не всей длиной передней кромки одновременно, а происходит в течение некоторого, хотя и короткого, промежутка времени.

Таким образом, лопатки, поверхности которых формируются из оптимальных кривых с помощью разработанных методов, могут быть эффективным средством уменьшения усилий внедрения лопаток в грунт и динамических нагрузок на лопатки и ротор, снижения мощности приводных двигателей и т.д.

Выводы. Разработаны методы построения пространственных лопаток роторного грунтометателя с помощью брахистохрон, полученных для поля центростремительных сил инерции. Форма их поверхности близка к оптимальной по характеру движения частиц грунта и может быть эффективна по другим эксплуатационным характеристикам механизма. Построены пространственные лопатки опытного варианта конструкции ротора, для разных форм основания лопаток.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на разработку методов изучения движения частиц грунта по поверхностям пространственных лопаток.

Литература

1. Найдыш В.М. Обоснование параметров и разработка машины для насыпки противозерозионных валов на склонах / В.М. Найдыш, Е.Н. Нагорный, Н.С. Левчук, А.И. Караев // Механизация и электрификация сельхоз производства.– 1989.– № 4.– С. 7-12.

2. Найдыш В.М. Геометрическое моделирование поверхностей рабочих органов плуга-метателя / В.М. Найдыш, Е.Н. Нагорный, А.И. Караев // Тезисы докладов Всесоюзной н/т конференции по современным проблемам земледельческой механики / МИМСХ.– М., 1989. – С. 50-51.

3. Семків О.М. Розрахунок робочого органа ланцюгового ґрунтометального механізму / О.М. Семків, В.М. Шатохін // Міжвідомчий науково-технічний збірник “Прикладна геометрія та інженерна графіка”. Випуск 87.– К.: КНУБА.– 2011.– С. 303-312.

4. Шатохин В.М. Об оптимальной форме лопатки роторного ґрунтометателя / В.М. Шатохин, О.М. Семкив, А.Н. Попова // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений.– 2013.– № 2.– С. 49-55.

5. Шатохін В.М. Про оптимальну форму лопатки роторного металника ґрунту / В.М. Шатохін, О.М. Семків, А.М. Попова // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету.– Мелітополь: ТДАТУ, 2012.– Вип. 4.– Т. 55.– С. 260-269.

6. Шатохін В.М. Розроблення методів побудови лопаток оптимальної форми роторного ґрунтометального / В.М. Шатохін, О.М. Семків, Н.В. Шатохіна // Одинадцятий міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові: Тези доповідей.– Львів: КІНПАТРИ ЛТД.– 2013.– С. 96.

7. Шатохин В.М. Сравнение прямолинейной и криволинейной (оптимальной) лопаток роторного ґрунтометателя / В.М. Шатохин, О.М. Семкив, А.Н. Попова // Науково технічний збірник “Енергоефективність в будівництві та архітектурі”.–К.: КНУБА.– 2013.– Вип. 4.– С. 301-309.

8. Попова А.М. Дослідження руху частки ґрунту по лопатці: результати комп’ютерних експериментів / А.М. Попова, В.М. Шатохін // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету.– Мелітополь: ТДАТУ.– 2012.– Вип. 4.– Т. 54.– С. 135-144.

9. Семків О.М. Опис руху частки ґрунту по лопатці із профілем брахістохрони у полі відцентрових сил інерції / О.М. Семків,

В.М. Шатохін, А.М. Попова // Геометричне та комп'ютерне моделювання: Збірник наукових праць.– Харків: ХДУХТ.– 2012.– Вип. 30.– С. 190-200.

10. Семків О.М. Исследование движения частицы грунта по лопатке с профилем оптимальной формы в поле центробежных сил инерции / О.М. Семків, В.М. Шатохин, А.Н. Попова // Міжвідомчий науково технічний збірник “Технічна естетика і дизайн”.– К.: КНУБА.– 2012.– Вип. 11.– С. 165-174.

11. Семків О.М. Дослідження траєкторії руху частки ґрунту після її вильоту з робочої поверхні лопатки роторного ґрунтометальника / О.М. Семків, А.М. Попова // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету.– Мелітополь: ТДАТУ.– 2012.– Вип. 4.– Т. 54.– С. 126-134.

12. Шатохин В.М. Оптимальные траектории движения точки, перемещающейся под действием центробежной силы инерции / В.М. Шатохин, Н.В. Шатохина // Восточно-Европейский журнал передовых технологий.– Харьков, 2012.– Вып. 4/7 (58).– С. 9-14.

13. Кирьянов Д.В. Mathcad 13 / Д.В. Кирьянов – СПб.: ВХВ-Петербург, 2006.– 608 с.

ПОБУДОВА ПРОСТОРОВИХ ЛОПАТОК ҐРУНТОМЕТАТЕЛЯ ЗА ДОПОМОГОЮ БРАХИСТОХРОН ДЛЯ ПОЛЯ ВІДЦЕНТРОВИХ СИЛ ІНЕРЦІЇ

В.М. Шатохін, О.М. Семків, А.М. Попова

Запропоновано методи побудови просторових лопаток ґрунтометателя за допомогою брахістохрон, знайдених для поля відцентрових сил інерції. Використано рівняння брахістохрони, яке записане в полярній системі координат. Приведено результати побудови поверхонь лопаток з різними формами основ.

BUILDING OF TRIDIMENSIONAL GROUND-THROWER BLADES USING BRACHISTOCHRONES FOR THE FIELD OF CENTRIFUGAL FORCES OF INERTIA

V. Shatokhin, O. Semkiv, A. Popova

Methods of tridimensional ground-thrower blades building with usage of brachistochrones, which were found for the field of centrifugal inertia forces, are suggested. Equation of brachistochrone, that was written in polar coordinate system, is used. Results of constructing blades surfaces with different shapes of foundations are shown.

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИМИ МОДЕЛЯМИ
ЗАДАЧ ПЕРЕТВОРЕННЯ ФАЗ ГІДРАТУ МЕТАНУ**

*Національний технічний університет
"Харківський політехнічний інститут", Україна,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
Україна*

Розглянуто особливості підходів до математичного моделювання об'єктів розробки покладів гідрату метану. Зроблено огляд задач, пов'язаних з моделюванням поверхневих властивостей газових гідратів. Визначено підґрунтя для застосування геометричних методів у дослідженнях фаз перетворення гідрату метану. Надано структуру моделювання картин перебігу явищ і процесів.

Постановка проблеми. Останнім часом природні газові гідрати привертають до себе особливу увагу [1] як можливе джерело палива, що знаходиться в надрах землі. А найсуттєвішим з потенціальних джерел енергії є гідрат метану ("вогняний лід") [2], запаси якого на планеті, за приблизними оцінками, складають не менше 250 трильйонів м³ (за енергетичною цінністю це в 2 рази більше цінності всіх запасів нафти, вугілля та газу, разом узятих). Потенціально біля 98 % світових запасів газових гідратів зосереджено під дном океанів, 2 % – на суші в зоні вічної мерзлоти. Гідрат метану – це супрамолекулярне сполучення метану з водою. Якщо гідрат метану нагрівається або знижується тиск, то сполучення, пройшовши певні фази, розпадається на воду і природний газ (метан). З одного кубічного метра гідрату метану (за умови нормального атмосферного тиску) можна отримати 164 м³ природного газу. Але поки що не існує достатньо дешевих технічних можливостей для здобуття вільного метану. Нинішній початковий стан освоєння покладів вимагає не тільки удосконалення існуючих фізичних та математичних алгоритмів, але й розробки нових моделей, які майже завжди супроводжуються графічною інформацією. Тому спеціальні геометричні дослідження мають постійно сприяти моделюванню фаз перетворення гідрату метану.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні проблеми газових гідратів, як індустріальних, так і природних, приваблюють до себе спеціалістів у багатьох країнах світу. Газові гідрати – це сполучення "включення" [3], де молекули газу заключені в кристалічні комірки [4], що складаються з молекул води, які утримуються водневим зв'язком. Процес утворення газових гідратів починається з формування центрів кристалізації на поверхні розділу газ – вода. Це може бути вільна поверхня, оболонка мікробульбашки газу в об'ємі води або оболонка краплі води, що

сконденсувалася в об'ємі газу [5]. Зростання кристалу може відбуватися як в об'ємі води, що вміщує розчинений газ, так і в об'ємі газу, який вміщує пару води. При цьому можливо утворення трьох типів кристалів: масивних, віскерних [5] і гель-кристалів. Необхідним є вивчення всіх типів. Тому актуальним стає подальший розвиток газогідратної проблематики. Справа в тому, що на сьогоднішній день недостатньо вивчені навіть механічні особливості гідратів і практично ще не досліджені поверхневі властивості різновидів газових гідратів [6]. Ці прогалини частково можуть бути ліквідовані з допомогою використання аналітичних підходів до геометричного моделювання явищ і процесів, а також з допомогою методів опису паралельних множин [7].

Формулювання цілей та завдання статті. З'ясувати можливості аналізу, синтезу та оптимізації геометричних моделей явищ і процесів. Навести приклади поверхонь та кривих, що є геометричним вираженням узагальнених паралельних множин.

Основна частина. Загальний підхід до вирішення проблем аналізу, синтезу та оптимізації геометричних моделей явищ і процесів базується на понятті узагальнених паралельних множин, кожний елемент яких (наприклад, лінія чи поверхня) відповідає певним характеристикам явища або процесу, що моделюється. До задач, які підлягають розгляду з позицій теорії паралельних множин, слід віднести моделювання фронтів поширення збурень у середовищі, поверхонь розділення фаз перебігу фізичних явищ і процесів та створення геометричних моделей картин силових ліній полів різної природи.

Якщо процес поширюється в однорідному середовищі, то з позицій прикладної геометрії його fronti моделюють за допомогою паралельних множин. Якщо процес протікає у неоднорідному середовищі, то в цьому випадку геометричні моделі фронтів необхідно подавати як геометричні моделі квазіпаралельних множин. Паралельні і квазіпаралельні множини складають узагальнені паралельні множини.

Графічним поданням паралельних множин є сім'я паралельних (еквідистантних) ліній на площині або сім'я паралельних (еквідистантних) поверхонь у тривимірному просторі. В свою чергу, графічним поданням квазіпаралельних множин є сім'я квазіпаралельних ліній на площині або сім'я квазіпаралельних поверхонь у просторі.

Паралельні множини зручно використовувати як математичну (або графічну) абстракцію для пояснення геометричних проявів деяких фізико-хімічних процесів або явищ [8]. На основі поняття еквіфазних (паралельних, квазіпаралельних) кривих і поверхонь з'ясуємо можливості та загальний підхід до геометричного моделювання явищ і процесів.

Розглянемо геометричну інтерпретацію задач моделювання картин перебігу явищ і процесів та визначимо загальний підхід до розв'язання зазначеного класу задач (у таблиці 1 наведено дані щодо умов розв'язання задач).

Види процесів і явищ та їх геометрична інтерпретація

Вид фізичного процесу або явища, що моделюється	Вихідні умови геометричної задачі	Фізичні величини (параметри), за якими будують сім'ю еквіфазних поверхонь	Результат
Хвильові збурення в середовищі	Рівняння, граничні умови	Параметр часу, координати точок, що належать фронту	Сім'я фронтів збурень (коливань однакової фази)
Розподіл параметрів (концентрацій, тисків) у пластах газонафтових родовищ	Розташування свердловин, зображення початкової сітки ізоліній	Координати, значення тисків, концентрацій тощо	Картини ізоліній після інтерполяції або екстраполяції
Фільтрація в ґрунті	Рівняння, граничні умови	Значення напору та швидкостей руху струменів	Картина ліній однакового напору та ліній струменів

Задача 1. Описати на площині або у просторі сім'ю еквіфазних кривих або поверхонь, що є моделями хвильових фронтів поширення збурення в середовищі. При цьому необхідно забезпечити таку форму фронту, щоб мати найвищий показник передачі потужності збурення у заданому напрямі та запобігти розсіюванню енергії в інших напрямках.

Задача 2. Описати в перерізі пластів газонафтових родовищ сім'ю кривих розподілу однакових значень параметрів (концентрацій, тисків тощо) та визначити розташування інших точок однакового значення цих параметрів. Картини розподілу тисків, концентрацій та інших параметрів змінюються через процеси в ґрунтах. Важливою є перебудова картини за умови зміни значення того чи іншого параметра.

Задача 3. Описати на площині сім'ю кривих, що є графіком розподілу значень напору та швидкостей струменів у задачі фільтрації в нормальному перерізі. Для інженерної практики інтерес становлять

дослідження фізичних полів тисків і швидкостей рідини. Саме за цими полями розраховують зони, де можливе інтенсивне вимивання ґрунту.

Наведені задачі містять типові приклади геометричних проявів у просторі та на площині процесів і явищ, для опису яких доцільно використовувати поняття еквіфазних поверхонь і кривих як геометричного вираження узагальнених паралельних множин. Якщо проаналізувати кожен із зазначених задач, то можна визначити загальний підхід до геометричного моделювання картин перебігу явищ і процесів. Схему цього підходу наведено на рис. 1.

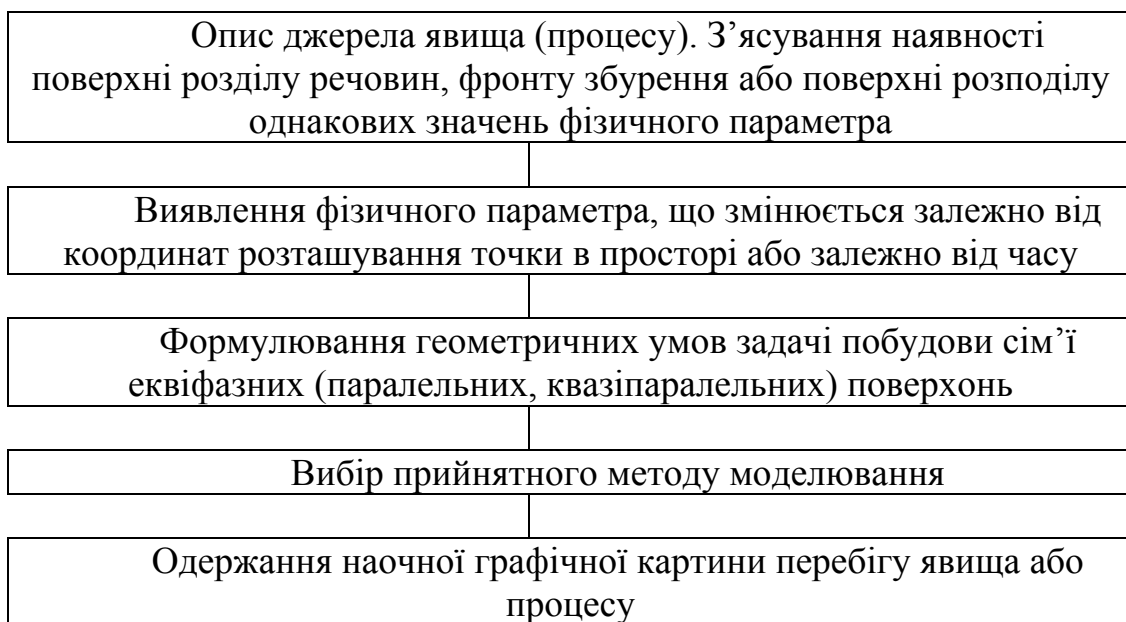


Рис. 1. Схема загального підходу до розв'язання задач геометричного моделювання еквіфазних поверхонь

Наочними розв'язками задач моделювання процесів і явищ є графічні картини еквіфазних поверхонь або кривих. Ці картини будуть адекватними моделями розв'язків тієї чи іншої прикладної задачі, якщо виконуються всі етапи запропонованого загального підходу.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Для об'єктів видобутку метану з кристалогідратів важко одержати емпіричні дані у зв'язку з практичними труднощами (великі глибини і тиск). Тому адаптаційні та прогнозні методи моделювання здатні використовувати тільки обмежену кількість вихідних даних. Освоєння покладів твердих газогідратів має свої особливості, які потребують серйозного вивчення. Зараз однією з найбільш суттєвих задач є створення високоефективних технологій переводу газу з твердого стану у вільний стан безпосередньо в пластах землі. Дослідження кінетики газогідратоутворень і морфології кристалогідратів далеко не завершені. Для поглибленого вивчення процесів утворення, стабільного існування та руйнування кристалогідратів потрібні систематичні експериментальні дослідження та глибокі

теоретичні узагальнення із залученням потенціалу геометричного моделювання.

Література

1. <http://www.rbc.ua/rus/top/show/v-ukraine-nashli-zapasy-metana-kotorogo-hvatit-na-1-5-tys--01062010143100>.
2. <http://portmone.name/portmone/2009/nomer-ot-21.04.09/alternativnaja-energetika-gaz-iz-chernogo-morja.html>.
3. *Макогон Ю.Ф.* Природные газовые гидраты: распространение, модели образования, ресурсы / *Ю.Ф. Макогон* // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2003. – Т. XLVII. – № 3. – С. 70–79.
4. http://www.ng.ru/energy/2009-02-10/14_metan.html.
5. *Макогон Ю.Ф.* Вискерные кристаллы газогидратов / *Ю.Ф. Макогон, Дж.С.Хольсти* // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2003. – Т. XLVII. – № 3. – С. 43–48.
6. *Кузнецов Ф.А.* Газовые гидраты: исторический экскурс, современное состояние, перспективы исследований / *Ф.А. Кузнецов, В.А. Истомин, Т.В. Родионова* // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2003. – Т. XLVII. – № 3. – С. 5–18.
7. *Шоман О.В.* Паралельні множини в геометричному моделюванні явищ і процесів. Монографія. / *О.В. Шоман* // – Харків: НТУ "ХПІ", 2007. – 288 с.
8. *Шоман О.В.* Особливості підходів до геометричного моделювання у дослідженнях станів газових гідратів / *О.В. Шоман, В.Я. Даниленко* // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2013. – Вип. 4. – Т. 57. – С. 243–248.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ МОДЕЛЯМИ ЗАДАЧ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФАЗ ГИДРАТА МЕТАНА

О. В. Шоман, В. Я. Даниленко

Рассмотрены особенности подходов к математическому моделированию объектов разработки ископаемых гидрата метана. Выполнен обзор задач, связанных с моделированием поверхностных свойств газовых гидратов. Определены основы для применения геометрических методов в исследованиях фаз преобразования гидрата метана. Представлена структура моделирования картин протекания явлений и процессов.

**PROVIDING GEOMETRICAL MODELS OF TASKS
OF TRANSFORMATION OF PHASES OF HYDRATE OF
METHANE**

O. Shoman, V. Danylenko

The features of going are considered near the mathematical modelling of objects of development of minerals of hydrate of methane. The review of tasks, related to the modelling of superficial properties of gas hydrates is executed. Bases are certain for application of geometrical methods in researches of phases of transformation of hydrate of methane. The structure of modelling of pictures of flowing of the phenomena and processes is presented. Possibilities of analysis, synthesis and optimization of geometrical models of the phenomena and processes are exposed.

МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОСТРУКТУРОВАНОЇ ЗАБУДОВИ (НА ПРИКЛАДІ РАЙОНУ м. ЛЬВОВА)

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Містобудівні заходи енергозбереження розглянуто на прикладі проектування району м. Львова. Акцентовано увагу на принципі енергетичної структуризації забудови.

Постановка проблеми. Між містобудівними концепціями і споживанням енергетичних ресурсів існує прямий зв'язок. Та проблеми енергозбереження в містах і міських районах переважно розглядаються в контексті енергоекономічних рішень для окремих будівель, мереж і систем. Враховуючи важливість енергії у розвитку регіонів, їх вичерпності і вартості, містобудівні рішення повинні охоплювати комплексно напрямки, що сприяють збереженню палива та енергії у проектованій забудові. Це мають бути не просто освоєння нових територій, а їх переосмислення з метою енергозбереження. Для проектів детального планування житлових районів ряду великих міст характерна відсутність урахування такого фактору енергозбереження, як скорочення енерговитрат та оптимізація енергетичного балансу території шляхом *моделювання забудови з об'єктів різного рівня енергоспоживання*. Отже, на наступних стадіях аналізу проблем енергозбереження у галузі містобудування необхідне як поглиблення питань, що розглядалися, так і розширення області досліджень.

Аналіз останніх публікацій та досліджень. Містобудівні проекти не входять до переліку об'єктів, що підлягають експертизі з енергозбереження [1]. Поняття «енергоефективний проект» визначено як «проект, спрямований на скорочення енергоспоживання, а саме: реконструкцію мереж і систем постачання, регулювання і облік споживання води, газу, теплової та електричної енергії, модернізація огорожувальних конструкцій та технологій виробничих процесів» [2]. Не враховано потенціал енергозбереження містобудівної діяльності і в інших нормативних документах і програмах [3; 4]. Натомість у вітчизняній та закордонній містобудівній теорії проведена певна дослідницька робота, яка присвячена проблемам енергозбереження. Відповідно до досліджень авторів [5; 6; 7; 8, 9 і т.п.], цей напрям складається з: регулювання розвитку поселень; встановлення мораторію на розширення меж міста на 20-30 років з метою раціонального управління міськими трубопроводами і системами; підвищення компактності міських територій; цільового формування виробничих

комплексів; удосконалення планувальних схем розміщення інженерно-транспортних та енергетичних комунікацій, у зв'язку з цим раціонального територіального розміщення споживачів енергії; оптимізації прив'язки будинків до природного середовища та максимально широким використанням природних видів енергії (сонячної, енергії вітру); об'ємно-планувальних і конструктивних рішень, спрямованих на скорочення витрат енергії. Проте, багатонаправленність і складність проблеми економії енергоресурсів у містобудуванні і районному плануванні зумовили певну обмеженість публікацій щодо наукових досліджень та їх впровадження у практику проектування й будівництва. В розвиток цієї теми авторами статті розглянуто на практичному прикладі послідовність енергетичної структуризації забудови.

Мета статті – визначення, обґрунтування та застосування прийомів теплоенергетичної структуризації районної забудови.

Виклад основного матеріалу. Важливе значення в рішенні завдань територіального енергозбереження мають науковий аналіз та прогнозування. Системні наукові дослідження з питань архітектурного енергозбереження на кафедрі архітектурних конструкцій Національного університету «Львівська політехніка» провадяться з 1998 року. Вони знаходять впровадження у пошукових, навчальних та реальних проектах. Так, у співпраці зі спеціалістами кафедри «Містобудування» розробляється проект забудови району м. Львів із використанням напрацювань у галузі енергозбереження, та розглядається можливість максимально втілити їх у цьому проекті.

Територія проектування (Голоско) знаходиться на відстані 1,5 км від історичного центру Львова, у північній частині міста, і належить до Шевченківського адміністративного району (рис. 1). Площа території проектування становить близько 125 га. Ділянка характеризується складними умовами, зокрема рельєфом із великим перепадом висот та крутими ухілами. Це накладає певне обмеження у плануванні району (та окремих кварталів), конфігурації вуличної мережі. Існує необхідність враховувати розташування проектованої забудови у силуеті і панорамі м. Львова. До планувальних обмежень входять: із західної і північно-західної сторони – Брюховецький лісопарк, з півдня – залізнична колія, із південно-східної, східної і північної сторін – вулиці загальноміського значення безперервного руху. За ландшафтним положенням ділянка розташована на одній височині з церквою св. Юра. Ці височини створюють один із силуетів історичного Львова. На території проектування є такі типи забудови: а) багатоповерхова забудова – корпуси Львівської Академії друкарства (учбові корпуси та корпуси гуртожитків); б) квартали садибної житлової забудови які розташовані вздовж вул. Замарстинівська; в) однорядна забудова історичного ареалу села «Голоско»; г) дачна забудова; д) декілька дрібних комунальних підприємств.



Рис.1 Шевченківський район м. Львова із Голоско – територією проектування

Проектом передбачено: а) реконструкцію та невідкладну термомодернізацію корпусів Академії; б) знесення неактуальних будівель і споруд; в) розгляд умов підвищення енергоефективності існуючих однородинних будинків та стимулювання власників; г) розпланування нової енергоефективної житлової забудови, що формується з багатоквартирних і котеджних та відповідних громадських будинків.

Виконанню проекту та визначенню переліку заходів енергозбереження передувало: аналіз систем водо- газо- та тепlopостачання, транспортних та пішохідних зв'язків; визначення стану наявної і складу перспективної забудови; вивчення особливостей температурного режиму території, даних півометрії, вологості, інсоляції, режиму вітрів, можливостей використання захисних властивостей рельєфу; розглядалися потенціал та перспективи використання поновлюваних джерел енергії і т.п. Містобудівні заходи енергозбереження вимагали побудови: гіпсометрії проектованої території; визначення і нанесення інсольованих та вітрозахисених ділянок (рис. 2). Узгодження з ними попереднього розпланування проектованої території (рис. 3) надало можливість уструктурувати забудову району. Процес моделювання структури забудови полягав: у варіативному доборі співвідношень об'єктів-споживачів енергії за класами будівель; у знаходженні оптимальних можливостей розміщення громадських будівель і житлових комплексів; проведенні розрахунків теплового балансу та на його основі визначенні найоптимальнішого варіанту їх взаєморозташування (див. рис. 4).

Для наявних будинків, а це 18% від проектованої забудови, планується максимально підвищити клас ефективності шляхом їхньої термомодернізації із зниженням розрахункових значень питомих тепловитрат на опалення ($q_{\text{буд}}$ до $50,0 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$) та переведення їх з класів E (та навіть F) і D до класу D-C.

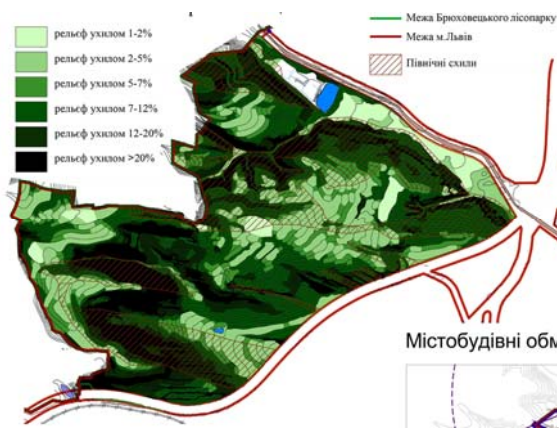


Рис.2 Гіпсометрія території з нанесенням інсоляційної сітки та виявленням вітрозахисених ділянок

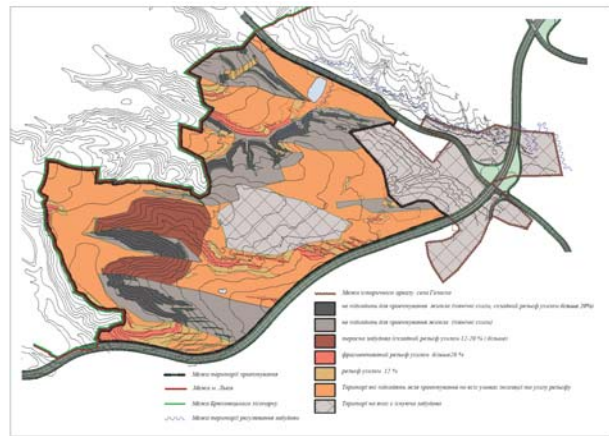


Рис.3 Попередній розподіл проєктованої території.

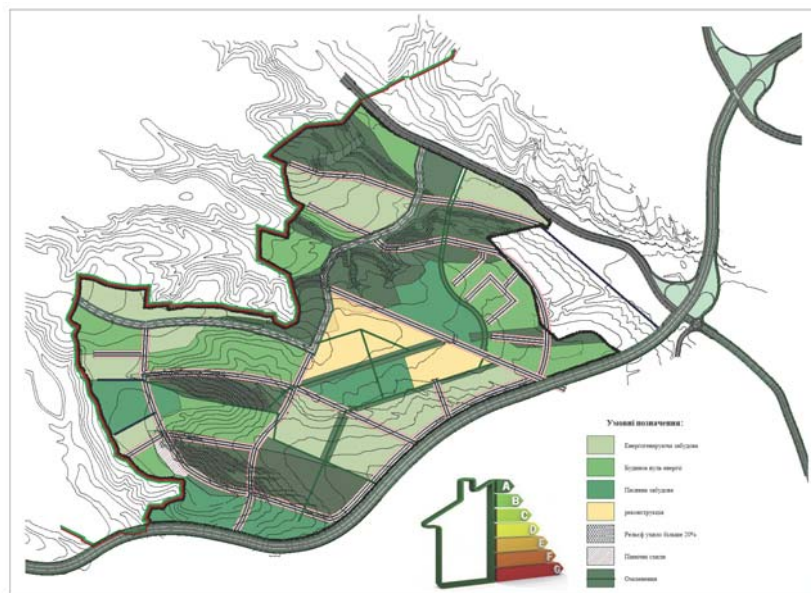


Рис.4 Структурний розподіл забудови району відповідно до класу енергоефективності наявних та нових будівель.

Серед нових будинків запропоновано такий розподіл. Багатоквартирні будинки, що складатимуть 42% забудови, повинні відповідати енергоефективності класу В (до 25% нижче рівня питомого енергоспоживання класу С). Частка громадських будинків становить 11%. Їх енергоефективність проектується теж на рівні класу В. 28% котеджних будинків планується запроєктувати з енергоефективністю в діапазоні від класу В до класу А (до 3-4%).

Визначення класів енергетичної ефективності об'єктів, їхньої частки у структурі забудови дозволяє зайнятися безпосереднім проектуванням будівель. Та перейти до наступного етапу - розгляду варіантів моделей структур і знаходженню найоптимальнішого з них розрахунком енергетичного балансу території. Усього розглянуто 7 основних варіантів комбінацій. Наближені розрахунки енергетичного балансу показали розбіжність між результатами варіантів до 14%.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Розподіл плям забудови за шкалою маркування надає можливість уніфікації відповідних економічнообґрунтованих заходів із заощадження енергії в будинках, а також оцінювання інвестиційної привабливості будівництва та заохочення забудовників, які надають перевагу проектам енергоефективного будівництва.

Подальші дослідження на теоретичному рівні передбачають уточнення переліку прийомів і заходів містобудівного енергозбереження та уточнення енергоекономічних розрахунків, що могли б слугувати підтвердженням рекомендацій, сформульованих у даній статті.

На прикладному рівні існує об'єктивна необхідність відпрацювати послідовність проектування та визначити оптимальне співвідношення енергоспоживчих об'єктів у структурі забудови.

1. Положення про державну експертизу з енергозбереження (Із змінами, внесеними згідно з Постановами КМ). Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1094-98-%D0%BF>.
2. ЗАКОН УКРАЇНИ Про енергозбереження Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1994, N 30, ст.283.
3. ЗАКОН УКРАЇНИ Про регулювання містобудівної діяльності (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2011, N 34, ст.343.
4. Оновлення Енергетичної стратегії України на період до 2030 р.- Режим доступу: <http://mre.kmu.gov.ua/fuel/doccatalog/document?id=222032>
5. Голованова Л. А. Основные аспекты территориального энергосбережения: Учеб. пособие. – Хабаровск: Изд-во Хабар. гос. техн. ун-та, 2002. – 115 с.
6. Атаманчук В.В. Містобудівні аспекти енергозбереження // Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник / Відпов. ред. М.М. Осетрін. – К., КНУБА, 2006. – Вип. 25. – 31-37с.
7. Фильваров Г.И., Крыжановский В.П. Проблемы экономии энергоресурсов в планировке и застройке городов. Обзорная информация. – М.: Стройиздат, 1985.
8. Габрель М.М. Просторова організація містобудівних систем / Інститут регіональних досліджень НАН України – К.: Видавничий дім А.С.С., 2004. – 400 с., іл.
9. Табунициков Ю.А. Основы математического моделирования теплового режима здания как единой теплоэнергетической системы. Докторская диссертация. - М.: НИИСФ, 1983.

SIMULATION OF ENERGY STRUCTURED BUILDING (ON THE DISTRICT OF LVIV)

L.Shuldan, M.Lepkaluk

City planning measures of energy saving were considered after the example of designing of Lviv district. The principle of energy structuring of housing system.

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ В ОБЛАСТИ КРЕПЛЕНИЯ

*Казанский государственный архитектурно-строительный
 университет*

С целью уточнения решений рассматривается расчет балки, традиционно рассчитываемой по одномерной схеме, трехмерными элементами. Отмечается, что уточнение схемы расчета позволяет получать более реальные расчетные данные и тем самым позволяет создавать более прочные и надежные конструкции.

Конструкции и сооружения предназначены для выполнения определенных функций в течение заданного срока. К сожалению, конструкции, созданные человеком, в отличие от естественных конструкций, далеки от совершенства и они нередко разрушаются до установленного срока эксплуатации [1].

Для обеспечения нормальной работы конструкций необходимо совершенствовать каждый этап его создания: создание материала, технологии, проекта и т.д. При этом особое внимание надо уделять совершенствованию методов расчета, в частности, уточнять схемы расчета: переходить от одномерных расчетных схем к двумерным схемам; от двумерных расчетных схем к трехмерным схемам. При этом в узлах сопряжения, в областях закрепления возникает сложное напряженно-деформированное состояние (НДС). Уточнения НДС в таких областях за счет введения трехмерных схем расчета позволяют более грамотно оценить несущую способность конструкции.

Для иллюстрации рассмотрим расчет обычной балки с учетом закрепления узлов. Обычно, вводя те или иные гипотезы, расчет балки сводят к расчету одномерной задачи. Хотя известно, что любой объект, окружающий нас, представляет собой трехмерный объект. Для прикидочных расчетов, такой подход можно и нужно использовать. Однако для ответственных объектов необходимо стремиться к более точным расчетным схемам. Для этой цели разработан вариант метода конечных элементов МКЭ-3 [2]. Разрешающие соотношения получаются из уравнения Лагранжа:

$$\delta \int_0^1 \int_0^1 \int_0^1 W \sqrt{g} dt^1 dt^2 dt^3 = \int_0^1 \int_0^1 \int_0^1 \rho f^i \delta u_i \sqrt{g} dt^1 dt^2 dt^3 + \int_S p^i \delta u_i dS,$$

где W – удельная потенциальная энергия деформации трехмерного тела; f^i , p^i – контравариантные компоненты вектора массовых и поверхностных сил; ρ – массовая плотность; g – определитель

метрического тензора; S – поверхность граней тела. Из вариационного уравнения Лагранжа после ряда преобразований получается система $24N$ алгебраических уравнений вида: $[A] \{U\} = \{R\}$. Здесь $[A]$ – симметричная матрица жесткости системы ленточной структуры, $\{U\}$ – вектор неизвестных, $\{R\}$ – вектор нагрузки, N – суммарное число узлов в рассматриваемом трехмерном объекте.

На базе сплайнового варианта метода конечных элементов [2-3] проведен анализ напряженно - деформированного состояния заземленной на одном конце балки.

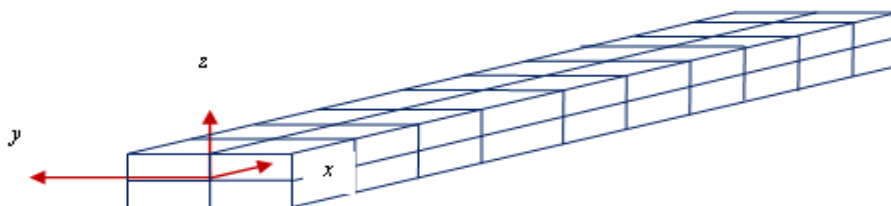


Рис. 1

Рассмотрена балка, заземленная на торце $x=20$ см, со следующими параметрами: длина $l=20$ см, ширина $b=20$ мм, толщина $t=10$ мм, модуль упругости $E=100000$ МПа, $\nu=0,3$. На другом торце балки приложена сила $P=10000$ Н, равномерно распределенная по торцу. Схема разбиения балки на конечные элементы представлена на рис.1.

На рис.2-3 представлены распределения нормальных напряжений σ_x и интенсивность напряжений σ_{int} соответственно в сечении $x=19$ см. Согласно сопромату, следовало бы ожидать равномерное распределение напряжений σ_x . Однако расчет балки трехмерными элементами дает совершенно другую картину. Силы сосредотачиваются в угловых точках сечения балки.

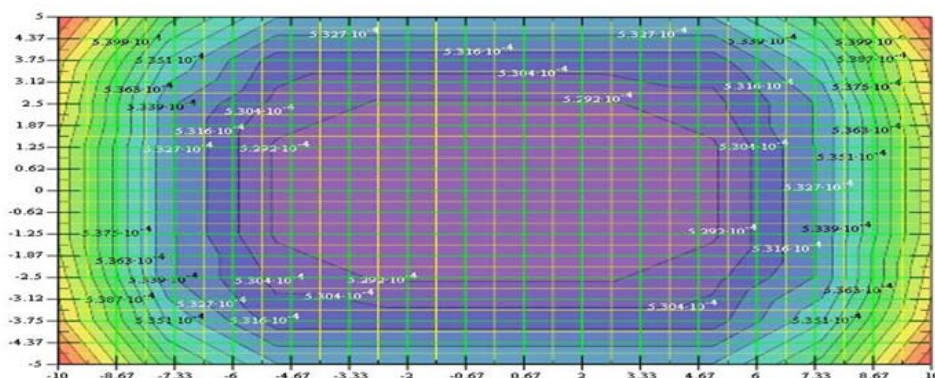


Рис. 2 Распределения нормальных напряжений σ_x

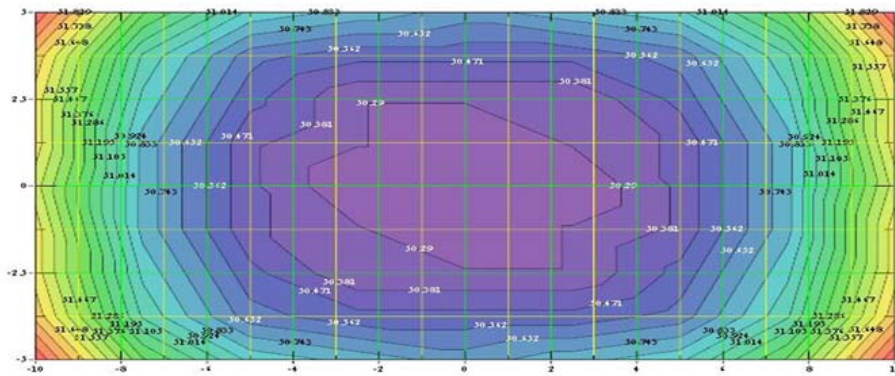


Рис. 3. Распределение интенсивности напряжений σ_{int}

Наблюдается также интересная картина распределения касательных напряжений σ_{yz} в этом сечении (рис.4).

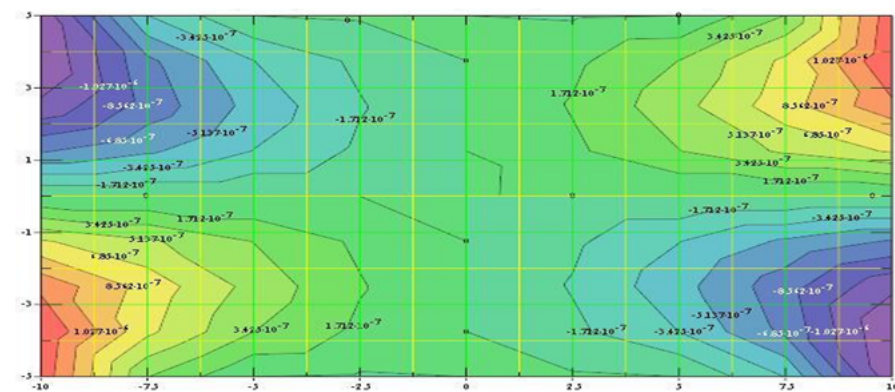


Рис. 4. Распределения касательных напряжений σ_{yz}

Балка (рис.1) была рассчитана также на изгиб. Суммарная поперечная сила на торце ($x=0$) равнялась 2кН. На рис.5 представлено распределение перемещений $v(x,y)$ в плоскости $z=-2.5$ см.

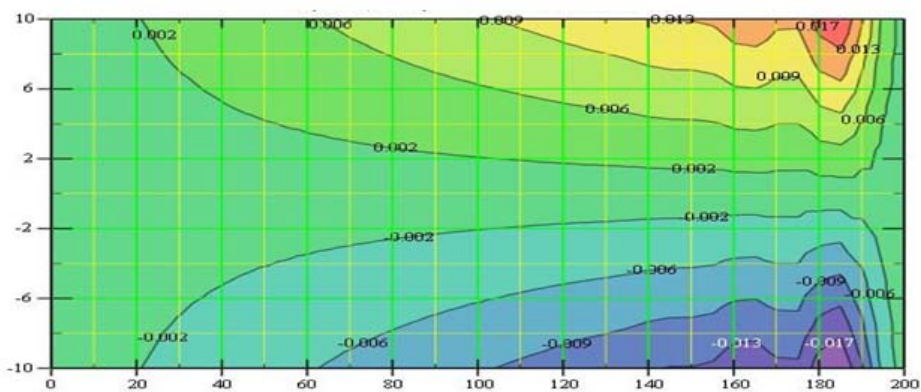


Рис. 5 Распределения перемещения $v(x,y)$

Как видно из рис.5 вблизи защемления наблюдается существенное изменение характера деформирования, вследствие жесткого закрепления торца балки.

На рис.6 представлена картина распределения σ_{22} в сечении $x=19$ см.

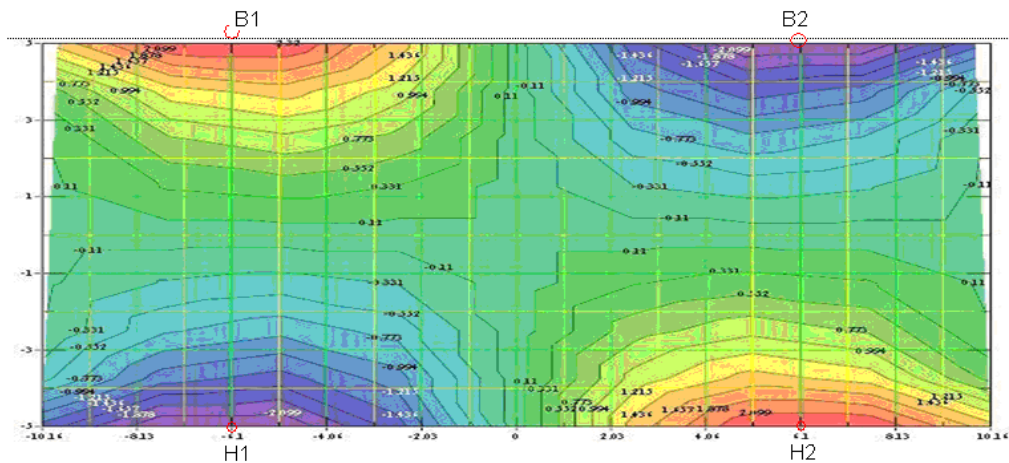


Рис. 6. Распределения напряжений σ_{22}

Из рис.6 видно сужение поверхности $z=+5$ мм и расширение поверхности $z=-5$ мм. Максимальные напряжения σ_{11} наблюдаются на поверхностях $z=\pm 5$ мм. Максимальные напряжения σ_{22} наблюдаются в точках B_1, B_2, H_1, H_2 .

Заключение. Уточнение схемы расчета – переход от одномерной расчетной схемы к трехмерной схеме – позволяет получать более реальные расчетные данные с учетом узлов закрепления, и тем самым позволяет создавать более прочные и надежные конструкции.

Литература

1. Якупов Н.М. Механика: проблема - идея - практика. Казань: Казан. гос. ун-т, 2010. 161 с.
2. Якупов Н.М., Киямов Х.Г., Якупов С.Н., Киямов И.Х. Моделирование элементов конструкций сложной геометрии трехмерными конечными элементами // Механика композиционных материалов и конструкций, 2011. Т.17. №1. С.145-154.
3. Якупов Н.М., Киямов Х.Г., Султанов Л.У. К исследованию напряженно - деформированного состояния сферических оболочек с дефектами // Труды VI международной конференции «Инженерные системы - 2013». РУДН, М., 2013. С.39-44.

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ В ОБЛАСТІ КРІПЛЕННЯ *Н.М. Якупов, Х.Г. Киямов, Ф.Г. Ахмадиев*

З метою уточнення рішень розглядається розрахунок балки, що традиційно розраховується за одновимірною схемою, тривимірними елементами. Відзначається, що уточнення схеми розрахунку дозволяє

отримувати реальніші розрахункові дані і тим самим дозволяє створювати міцніші і надійніші конструкції.

STRESS-STRAIN STATE OF DESIGN ELEMENTS OF FIXING

N. Yakupov, H. Kiyamov, F. Akhmadiev

In order to clarify the calculation of the beam approaches are traditionally calculated by a one-dimensional scheme, three-dimensional elements. It is noted that the specification of the computation scheme allows to obtain more realistic estimates, and thus allows for more robust and reliable design.

ЗМІСТ

В.А. Березной, О.В. Шоман	2
СОЗДАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ КАРТИН НАПРЯЖЁННЫХ ЭФФЕКТОВ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ	
Я.В. Біленко	6
РЕАЛІЗАЦІЯ МУЛЬТИДИСЦИПЛІНАРНОГО ПІДХОДУ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ	
В.В. Ванін, О.В.Залевська	10
МОДЕЛЮВАННЯ КОНТУРУ ТЕРМОПРОФІЛЮ НА БІООБ'ЄКТИ ВІД ТОЧКОВОГО ДЖЕРЕЛА ТЕПЛА	
В.А. Волощук	15
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ОБ'ЄМНО- ПЛАНУВАЛЬНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ БУДІВЕЛЬ У ФОРМІ БАГАТОГРАННИКІВ З МЕТОЮ ЗНИЖЕННЯ ЗАТРАТ ЕНЕРГІЇ НА ЇХ ОПАЛЕННЯ	
П. М. Гламаздин, П. Л. Зинич	20
ВОЗМОЖНОСТИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООТДАЧИ АЛЮМИНИЕВЫХ СЕКЦИОННЫХ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ	
А.Т. Дворецкий, М.В. Чебышев	24
ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ВЕРТИКАЛЬНОМ ФАСАДЕ	
Т.В. Денисова	29
ОТРАЖЕНИЕ КОНИК В ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗЕРКАЛАХ	
В.А. Егорченков	33
ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ ЭКСПОЗИЦИИ	
А.А.Завалий	38
РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ИНФРАКРАСНОГО НАГРЕВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ	
А.В. Кащенко	44
МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ БИОФОРМЫ	
Т.О. Кащенко	52
РЕАЛІЗАЦІЯ МУЛЬТИДИСЦИПЛІНАРНОГО ПІДХОДУ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ	
О.В. Кривенко	57
ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ БІОКЛІМАТУ ТЕРИТОРІЇ ЗАБУДОВИ	

Г.В. Кузьміна	63
АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ БУДИНКУ «ЕКО-ДОМ». КОМАНДА № 4	
Ю.В. Козак	66
ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕРХОНЬ НОРМАЛЕЙ ЯК ЗАСІБ СИСТЕМАТИЗАЦІЇ ПОВЕРХОНЬ ВІДБИТТЯ	
Р.М.Колочавін	70
РОЗРАХУНОК КОЛИВАНЬ ДВОЛАНКОВИХ МАЯТНИКІВ	
Д.В.Кукуруза, М.М.Пікрасов, Л.Л.Запольський	77
ЯКІСНИЙ АНАЛІЗ МЕХАНІЧНИХ КОЛИВАЛЬНИХ СИСТЕМ НА БАЗІ ФАЗОВИХ ПОРТРЕТІВ	
В.Л. Мартинов	84
ОПТИМІЗАЦІЯ ОРІЄНТАЦІЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ З ДОТРИМАННЯМ НОРМ ОСВІТЛЕНОСТІ ТА ІНСОЛЯЦІЇ	
В.О. Мілейковський	90
АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МАКРОСТРУКТУРИ ПРИМЕЖОВОГО ШАРУ МІЖ ПОТОКАМИ, ЩО РУХАЮТЬСЯ З РІЗНОЮ ШВИДКІСТЮ	
Г.В. Морозова	99
ПОНЯТТЯ УСАМІТНЕНИХ ХВИЛЬ ТА МЕТОДИ ЇХ ОПИСУ	
О.Л. Підгорний, В.О. Плоский, О.В. Сергейчук, О.В.Приймак, В.С. Пінчук, І.А. Йосипчук	104
ДОСВІД ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ ТА НАУКОВОЇ РОБОТИ ЗА НАПРЯМКОМ «ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ» У КНУБА	
О.О.Савченко	108
ЯКІСНИЙ АНАЛІЗ ТРОХОЇДАЛЬНОЇ МОДЕЛІ МОРСЬКИХ ХВИЛЬ З МЕТОЮ ВИКОРИСТАННЯ ЇХ ЕНЕРГІЇ	
О.О. Сафронова, В. К. Сафронов	114
ПЕРСПЕКТИВНІ ЗАСОБИ ОСВІТЛЕННЯ У ВИРІШЕННІ ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ІНТЕР'ЄРНОГО ПРОСТОРУ ВНЗ	
О.І. Селиванов	120
МІЖДИСЦИПЛІНАРНИЙ ПІДХІД В ЗДОБУТТІ ЗНАНЬ НА ПРИКЛАДІ КОНКУРСУ “SOLAR DECATHLON KNUCA”	
Е. С. Сидоренко, В. В. Халиль	125
ФРАКТАЛЫ В МОДЕЛИРОВАНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ	
С.В. Тютюнников	130
ОПИС КОМПОНЕНТІВ ВІДБИВАЛЬНИХ СИСТЕМ З КЛАСИЧНИМИ КРИВИМИ У ЯКОСТІ ВІДБИВАЧІВ	
Є.І.Чорноморденко	137
РЕКОНСТРУКЦІЯ ІСТОРИЧНОЇ ЗАБУДОВИ ЗА ПРИНЦИПАМИ ЕНЕРГЕФЕКТИВНОСТІ	

<i>В.М. Шатохин, О.М. Семкив, А.Н. Попова</i>	143
ПОСТРОЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЛОПАТОК ГРУНТОМЕТАТЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ БРАХИСТОХРОН ДЛЯ ПОЛЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СИЛ ИНЕРЦИИ	
<i>О. В. Шоман, В. Я. Даниленко</i>	153
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИМИ МОДЕЛЯМИ ЗАДАЧ ПЕРЕТВОРЕННЯ ФАЗ ГІДРАТУ МЕТАНУ	
<i>Л.О. Шулдан, М.М. Лепкалюк</i>	159
МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОСТРУКТУРОВАНОЇ ЗАБУДОВИ (НА ПРИКЛАДІ РАЙОНУ м. ЛЬВОВА)	
<i>Н.М. Якупов, Х.Г. Киямов, Ф.Г. Ахмадиев, И.М. Тамеев, Р.Р.Кантюков</i>	164
К РАСЧЕТУ ЭЛЕМЕНТОВ СФЕРОИДАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	
<i>Зміст</i>	169