



Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Ministry of Education, Science, Youth and Sports of Ukraine
**Київський національний університет будівництва
і архітектури**
Kiev National University of Building and Architecture
Українська Асоціація з прикладної геометрії
Ukrainian Association of Applied Geometry

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В БУДІВНИЦТВІ ТА АРХІТЕКТУРІ

ENERGY-SAVINGS IN CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE

Науково-технічний збірник

The Collection of Proceedings

Випуск № 2 Issue No 2

КИЇВ 2011 KYIV



**УКРАЇНЬСЬКА АСОЦІАЦІЯ
З ПРИКЛАДНОЇ ГЕОМЕТРІЇ**



**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ПРИРОДООХОРОННОГО ТА
КУРОРТНОГО БУДІВНИЦТВА**



**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ**

**ДОПОВІДІ ВОСЬМОЇ МІЖНАРОДНОЇ
КРИМСЬКОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

*«ГЕОМЕТРИЧНЕ ПЛА
КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ:
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕКОЛОГІЯ,
ДИЗАЙН»*



26 вересня – 30 вересня 2011р.

УКРАЇНА, АР КРИМ, м. СІМФЕРОПОЛЬ

Науково-технічний збірник “Енергозбереження в будівництві та архітектурі”. Випуск 2. Відповідальний редактор А.М.Тугай. – К.: КНУБА, 2011р. – 190 с.

UKR В збірнику розміщено статті, присвячені різним аспектам комплексного впровадження принципів енергозбереження 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: А.М.Тугай (відп. редактор), П.П.Лізунов (заступник відп. редактора), В.О. Плоский (відп. секретар), В.А.Баженов, Т.О.Кашченко, В.П.Корбут, А.М.Кравчук, Е.С.Малкін, О.Л.Підгорний, Л.Л.Покровський, Ю.К.Росковшенко, О.В.Сергейчук, О.С.Слепцов, М.В.Степанов, В.В.Товбич.

Editorial board: A.M.Tugay (chief editor), P.P.Lizunov (deputy editor), V.O. Ploskyi (managing editor), V.A.Bazhenov, T.O.Kashchenko, V.P.Korbut, A.M.Kravchuk, E.S.Malkin, O.L.Pidgorny, L.L.Pokrovskyi, Yu.K.Roskovshenko, O.V.Sergeychuk, O.S.Sleptsov, M.V.Stepanov, V.V.Tovbych.

Адреса редакції: 03680, Київ, Повітрофлотський проспект, 31, КНУБА, к. 419, телефон редакції: 2449637

Наукове фахове видання

©Київський національний університет
будівництва та архітектури

ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ:



Координатор: Всеукраинская общественная организация «Украинская ассоциация по прикладной геометрии» (УАПГ)



Принимающая организация: Национальная академия природоохранного и курортного строительства (НАПКС)

Координатор: Всеукраинская общественная организация «Украинская ассоциация по прикладной геометрии» (УАПГ)

Принимающая организация: Национальная академия природоохранного и курортного строительства (НАПКС)

Председатель конференции:

Федоркин С.И., ректор НАПКС, Симферополь

Заместители председателей:

Дворецкий А.Т., НАПКС, Симферополь

Плоский В.А., КНУСА, Киев

Сопредседатели конференции:

Михайленко В.Е., КНУСА, Киев,

Подгорный А.Л., КНУСА, Киев,

Сазонов К.А., КНУТД, Киев

Научный комитет:

Штахель Х.

Вайс Г.

Несторович М.

Молнар Э.

Ванин В.В.

Ильичёв В.А.

Ковалёв С.Н.

Ковалёв Ю.Н.

Колчунов В.И.

Комяк В.М.

Корчинский В.М.

Кузнецова И.А.

Куценко Л.Н.

Пилипака С.Ф.

Пугачёв Е.В.

Сергейчук О.В.

Скидан И.А.

Тормосов Ю.М.

Хомченко А.Н.

Шоман О.В.

Технический комитет:

Бондарь Е.А.

Максименко А.Е.

Денисова Т.В.

Митрофанова С.А.

Воскресенская С.Н.

Данильченко Е.Л.

**МОДЕЛЮВАННЯ ПРЯМОГО ТА ВІДБИТОГО СОНЯЧНОГО
СВІТЛА СТОСОВНО ЗАДАЧ ГЕЛІОТЕХНІКИ ТА
ГЕЛІООСВІТЛЕННЯ**

Київський національний університет будівництва і архітектури

Проводиться огляд праць автора по моделюванню прямого і відбитого сонячного світла, утворенню багатоланкових потоків променів та управління ними. Висвітлено можливості застосування в задачах геліотехніки і геліоосвітлення, які сприяють енергозбереженню в будівництві та архітектурі.

Постановка проблеми. Енергозбереження в будівництві та архітектурі пов'язана з ефективним застосуванням світлової та теплової сонячної енергії, а також мінімізацією енергозатрат для сонцезахисту і створенням комфортного світлового і теплового середовища в будівлях.

Суттєвою складовою надходження світлової енергії є пряме сонячне світло, яке має змінний характер в часі як за напрямом променів, так і за добовою тривалістю. Тому має практичне значення моделювання з урахуванням цього прямого, відбитого та заломленого світла, можливість створення багатоланкових потоків світла, та управління ними, розробка прийомів концентрації.

Постановка завдання. Провести аналіз праць автора по моделюванню потоків сонячного світла визначити можливості розвитку досліджень та їх використання в практичних задачах.

Основні дослідження автора по поставленій задачі зосереджені в докторській дисертації, публікаціях у фахових виданнях та у викладах матеріалів доповідей на науково-практичних конференціях.

Основна частина. Ключовою моделлю є модель надходження прямого сонячного світла, яка відображає його змінність в залежності від положення Землі на орбіті в задану добу, протягом доби та в залежності від широти місцевості.

Моделювання прямого сонячного освітлення в кожен добу року виконано, за допомогою напрямного конуса, кожна твірна якого визначає напрям паралельних сонячних променів в заданий момент доби.[1,2]. З допустимим наближенням його можна отримати, якщо вважати лінію орбіти Землі колом, рух Землі по орбіті рівномірним, а до кожної доби віднести одну точку на орбіті, поділивши її на 365 рівних дуг. Тоді кожній такій точці S_i відповідатиме в задану добу єдиний напрям на Сонце.

При розгляді руху сонця відносно Землі виникає прямий круговий конус з вершинною S_i як результат обертання напрямку на Сонце навколо осі обертання Землі. Форма конуса залежить від кута α між віссю та твірною, який визначається для кожної доби за формулою [3].

$$\cos\alpha \equiv \cos\varphi \cdot \cos\gamma = 0,3979 \cos\gamma.$$

де φ є постійний кут нахилу осі Землі до площини орбіти, рівний $66,55^\circ$. Тому $\cos\varphi$ є постійна величина. Кут γ є кут між напрямком на Сонце в день літнього сонцестояння 22 червня і напрямком на Сонце в N -у добу після цього дня. Тому він визначається як добуток добового повороту $\frac{360^\circ N}{365 \text{ днів}}$ на число N :

$$\gamma = \frac{360^\circ N}{365}$$

Поділ конуса на денну і нічну частину для будь-якої широти δ відбувається за допомогою площини горизонту, що складає кут δ з віссю конуса. Розгляд особливостей форми конуса в різні доби року, поділу на денну і нічну частини, симетрії в точках з однаковими або дзеркальними умовами наведено в праці [3].

Створення ланцюжків прямих, відбитих та заломлених променів в роботі [4] виконано на основі об'єднання хвильової та променевої трактовки поширення коливань. При поширенні коливань в площині фронти падаючої та відбитої хвилі в кожний момент являються вітками огинаючої однопараметричної множини кіл, що мають центри на відбиваючій лінії.

При цьому падаючі та відбиті промені з'єднують центр кожного кола з відповідними точками дотику до нього ліній фронтів хвиль. При просторовій картині відбиття від поверхні фронти хвиль є полами огинаючої двопараметричної множини сфер поверхні з центрами на відбиваючій поверхні, а промені з'єднують центри сфер з відповідними точками їх дотику до фронтів хвиль.

У випадку заломлення кожна точка заломлюючої лінії чи поверхні є центром двох кіл або сфер, відношення радіусів яких дорівнює коефіцієнту заломлення. Таким чином утворюють дві множини кіл, кожна з яких огинається лініями чи поверхнями падаючої та заломленої хвилі.

Випадок заломлення може мати місце при використанні оптичних систем.

При моделюванні потоків сонячних променів падаючі промені вважаються паралельними. Тому фронтами падаючих хвиль є прямі або площини [5].

За рахунок відбиваючої лінії чи поверхні можна концентрувати або розсіювати світло.

Якщо відбиваючою є пряма або площина, то відбиті сонячні промені також паралельні і мають фронт хвиль у вигляді прямої чи площини.

У цьому випадку модель відбитих променів на протязі доби має напрямний конус, дзеркально напрямний конусу падаючих променів [6].

Послідовними відбиттями в задачах геліоосвітлення можна транспортувати сонячне світло у внутрішні об'єми приміщень. При цьому можна так задати траєкторію потоку, щоб останній напрямний конус відбитих променів зайняв таке ж положення як і напрямний конус падаючих променів. Це дає можливість відтворити у приміщенні зовнішню картину сонячного освітлення.

При отриманні в ланках потоку паралельних відбитих променів можна обирати їх напрями.

При цьому виникає наступні три випадки, які розглянуто в роботі [7] на прикладі першої ланки: відбиті промені паралельні осі напрямного конуса падаючих променів, паралельні будь якій прямій в полуденній площині, паралельні довільній прямій. В кожний момент напрямний падаючий промінь (твірна напрямного конуса) разом із заданим напрямом, проведеним через вершину конуса, задають площину, в якій розташовується відбитий промінь. Відбиваюча площина перпендикулярна цій площині і являється бісекторною відносно падаючого і відбитого променів.

В першому випадку при відбитті, паралельному осі конуса, відбитий потік променів вздовж кіл паралелей напрямного конуса розшаровується на кругові циліндричні поверхні. В інших випадках циліндричні поверхні є еліптичними, тому що кола паралелей лежать в площинах, не перпендикулярних напрями відбиття. Це означає, що відбувається стискування потоку на величину різниці малої і великої осей основ еліптичних поверхонь. За рахунок таких стискувань можна добитись збільшення концентрації потоків паралельних променів.

Результат стискування в будь – якій ланці аналогічний розглянутому для першої ланки, якщо попередній напрямний конус відбитих променів вважати за конус падаючих.

Описане моделювання потоків з урахуванням особливостей рішень може використовуватись для геліоосвітлення внутрішніх об'ємів крупних будівель через різного типу світловоди, світлові колодязі, відкриті світлові впадини, отвори-ілюмінатори, світлові шахти тощо. Ці можливості розглянуті в [8].

В геліотехніці важливу роль грає концентрація сонячної енергії. Застосування неслідкуючих концентраторів для отримання низькотемпературного тепла широко розглядається в роботах проф. Дворецького О.Т. і його учнів. Крім згаданої вище пропозиції по стискуванню потоків паралельних променів можна додати можливість використання торсових поверхонь [9].

Висновок. Включені в огляд праці створюють наукову базу для розвитку досліджень і розширення прикладних можливостей використання сонячної енергії в геліотехніці і геліоосвітленні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Подгорный А.Л. Геометрическое моделирование пространственных конструкций. Дис. ...докт.техн.наук. – М. 1975. – 335с.
2. Подгорный А.Л. К вопросу автоматизации инсоляционных расчётов.// Прикл.геом. и инж.граф. – К., 1981.- вып..31.-с.12-15
3. Підгорний О.Л., Щепетова І.М., Сергейчук О.В. Зайцев О.М., Процюк А.В. Світлопрозорі огороження будинків, навч.посібник. Під ред.. проф.. Підгорного О.Л. – К.: Видавець Домашевська О.А., 2005.-282с.
4. Підгорний О.Л. Моделювання ланцюжків прямих відбитих, заломлених та дифрагуючих променів на основі поєднання хвильового та променевого трактувань розповсюдження коливань. // Геометричне та комп'ютерне моделювання – Х.: ХДУХТ, 2004.-вип.4.-С.20-31
5. Підгорний О.Л. Дворецкий О.Т. Апарат відбиття для ортотоміки при паралельних падаючих променях. // Праці ТДАТА, - Мелітополь. 2002.-вип.4 т15.с.9-15
6. Підгорний О.Л. Добовий конус відбитих сонячних променів// Прикл. геом. та інж. графіка. – К.2004.- Вип.74.-С.9-13.
7. Підгорний О.Л. Геометричні основи керування потоками відбитих сонячних променів в задачах геліотехніки і геліоосвітлення. // Геометричне та комп'ютерне моделювання: енергозбереження, екологія, дизайн. Збірник наукових праць КНУТД. К.: ДОП КНУТД. 2005. –С.5-10
8. Подгорный А.Л. Геометрические основы гелиоосвещения внутренних объемов зданий. //Прикл.геом.та инж. графика. Спецвыпуск.-К 2009.-вип.82.-с 5-9.
9. Підгорний О.Л. Можливості використання торсових поверхонь в якості відбивачів сонячних променів. // Прикл.геом.та інж.графіка.-К., 2008. – вип. 80.-с11-15.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЯМОГО И ОТРАЖЕННОГО СОЛНЕЧНОГО СВЕТА ОТНОСИТЕЛЬНО ЗАДАЧ ГЕЛИОТЕХНИКИ И ГЕЛИООСВЕЩЕНИЯ

А .Подгорный.

Проводится обзор работ автора по моделированию прямого и отражённого солнечного света, образованию многозвенных потоков лучей и управлению ими. Освещены возможности применения в задачах гелиотехники и гелиоосвещения, которые способствуют энергосбережению в строительстве и архитектуре.

DESIGN DIRECT AND REFLECTED SUNLIGHT IN RELATION TO TASKS OF SOLAR RADIATION ENGINEERING AND ГЕЛИООСВЕЩЕНИЯ GELIOILLUMINATIONS

О. Pidgorniy

The review of works of author is conducted on a design direct and reflected sunlight, to formation of iterative streams of rays and management by them. Possibilities of application are lighted up in the tasks of the solar radiation engineering and gelioilluminations, which assist an energy-savings in building and architecture.

КАУСТИКА И КВАЗИФОКАЛЬНАЯ ЛИНИЯ КОНГРУЭНЦИИ ОТРАЖЁННЫХ ЛУЧЕЙ

*Национальная Академия Природоохранного и Курортного
Строительства, Украина.*

Abstract. Curves of caustics by reflection for 2D and surfaces of caustics by reflection for 3D are considered. It is proved that the surface of caustics of the reflected ray congruence is not the zone of maximum concentration. Such zone is quasifocal line. For 3D the curve of caustic can be considered as the zone of concentration of reflected rays, so called burning curve.

Анотація. У статті розглянута крива каустики для 2D задачі і поверхня каустики для 3D задачі. Доведено, що поверхня каустики конгруенції відбитого проміння не є зоною концентрації. Такою зоною є квазіфокальна лінія. Для 2D задачі криву каустику можна вважати зоною концентрації відбитого проміння, тобто «пекучої кривої».

Постановка проблемы. Отражения играют центральную роль во многих приложениях: при преобразовании солнечной энергии в другие виды энергии, освещении естественным и искусственным светом, в архитектуре.

Для практики особое значение заключается в определении параметров зоны наибольшей концентрации конгруэнции отражённых лучей. Бытует мнение, что такой зоной является каустика: плоская и пространственная. Однако есть основание считать, что зоной наибольшей концентрации конгруэнции отражённых лучей является квазифокальная линия [6,7,8].

Анализ исследований и публикаций. Двухмерная каустика как огибающая отражённых лучей (2D задача) принадлежит плоскости, если нормали кривой сечения совпадают с нормальными поверхностями вдоль этого сечения. В остальных случаях одним из путей решения трёхмерной задачи (3D) отражения предлагается рассматривать поверхность нормалей вдоль плоского сечения отражающей поверхности и поверхность отражённых лучей вдоль этого же сечения [4,5].

Огибающая нормалей кривой известна как эволюта и может быть представлена как множество центров кривизны. Фокусирование происходит на эволюте кривой W . Из-за этой оптической связи, эволюта известна как множество фокусов кривой W или в действительности каустика отражения. Ортоготика была применена в изучении каустик Квителетом в 1826 году. Каустики появились в 1682 у Ширнхауза. Детальное изучение специальных случаев было проделано Кели в 1856

году. В работах Брюса, Джиблинга, Гибсона [1,2] рассмотрены каустики и ортотомики эллипса при точечном источнике, расположенном не в фокусе. На рисунке 1 изображено отражение от эллипса с источником, расположенном внутри эллипса, на рисунке отражение с источником, расположенном за пределами эллипса. В последнем случае каустика имеет две точки возврата, ортотомика имеет одну точку самопересечения.

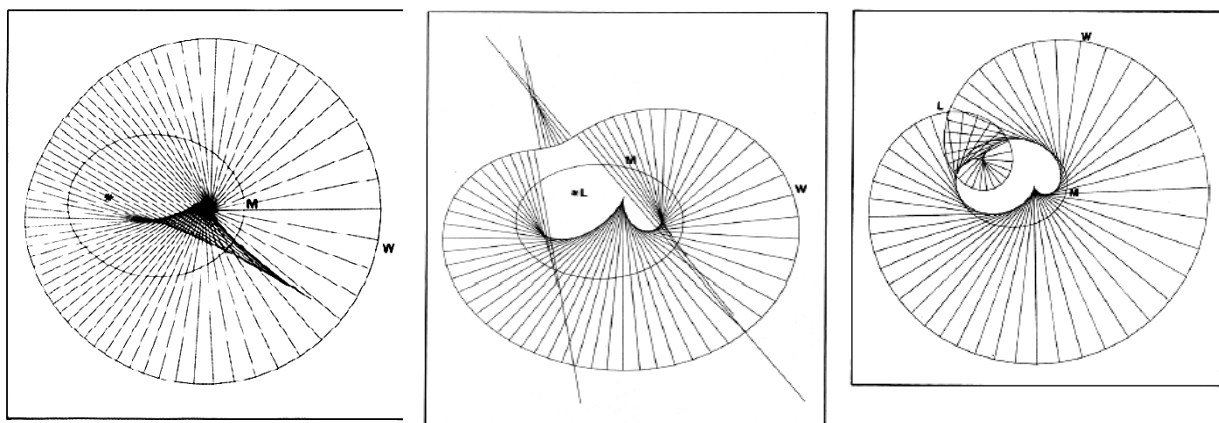


Рис.1. Каустики эллипса при различных положениях источника L

На рисунке 2 изображена компьютерная визуализация каустики при отражении от трёхосного эллипсоида (сделано Давидом Фидалом). Каустикой является огибающая проекции поверхности отражённых лучей для сечения трёхосного эллипсоида.

Так например 2D каустика окружности с источником в несобственной точке есть эпициклоида (рис. 3). Её уравнение

$$\begin{aligned} x &= \frac{3a}{4} \cos \alpha - \frac{a}{4} \cos 3\alpha \\ y &= \frac{3a}{4} \sin \alpha - \frac{a}{4} \sin 3\alpha, \end{aligned} \quad (1)$$

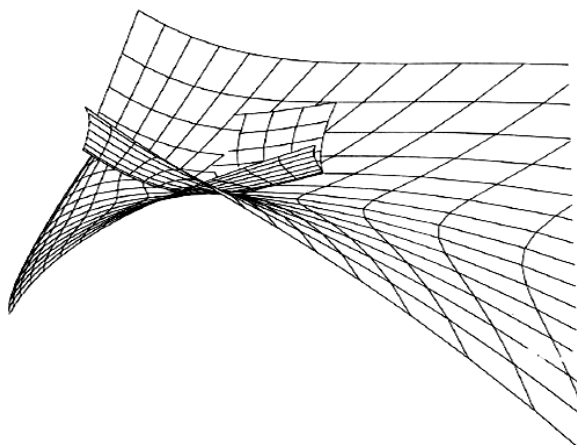
a – радиус отражающей окружности,

α – угол, определяющий точку на отражающей окружности.

Она же есть «жгучая кривая».

В работе [3] проф. Глеезера рассмотрены каустики окружности для различного положения источника для плоской задачи – плоские кривые и для пространственной задачи - поверхности (рис. 3). Для плоской задачи справедливо утверждение, что каустика есть «жгучая кривая»

В случае пространственной задачи все лучи конгруэнции отражённых лучей касаются поверхности, которая есть каустика при отражении или фокальная поверхность.



Каустика для отражающей сферы с источником в несобственной точке есть поверхность вращения эпициклоиды. В связи с этим возникает вопрос: - « Что есть «жгучая зона» для конгруэнции отражённых лучей: поверхность каустики или квазифокальная линия?».

Рис. 2. Каустика при отражении от трёхосного эллипсоида

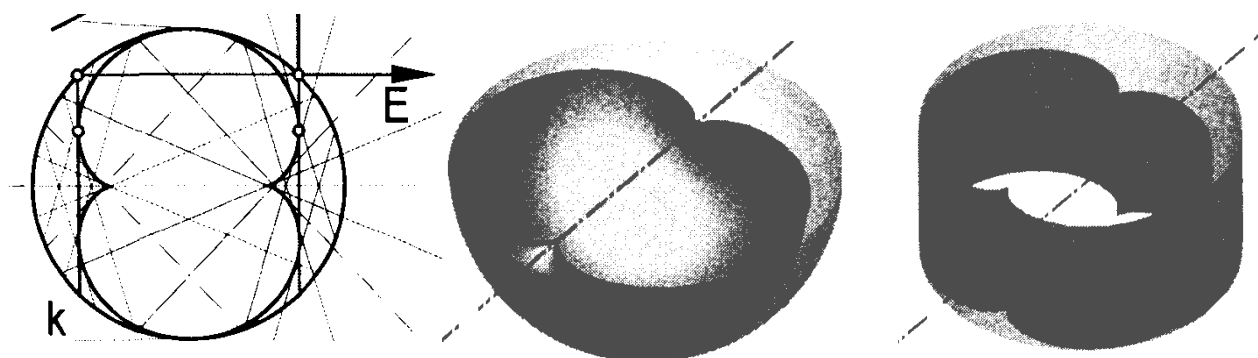


Рис.3. Каустики при отражении от окружности, сферы и цилиндра

Формулировка целей и задач статьи. В 2D задаче отражения существует понятие «жгучей кривой» - каустики при отражении. Для 3D задачи каустика при отражении есть поверхность. Целью статьи является доказательство того факта, что поверхность каустики не есть зона наибольшей концентрации отражённых лучей. На самом деле зоной концентрации является квазифокальная линия для 3D задачи.

Основная часть. Говорить о максимальной концентрации лучей конгруэнции на поверхности – каустики не корректно. Линией максимальной концентрации для конгруэнции отражённых лучей является квазифокальная линия. Примером может служить отражающая сфера. Зоной концентрации лучей конгруэнции отражённых от сферы лучей есть квазифокальная прямая [], проходящая через центр сферы (рис.).

Ось приёмника солнечной установки проходит через центр сферы и во всех положениях направлена на солнце. Эта ось совпадает с квазифокальной линией (прямая для сферы) конгруэнции отражённых лучей.

Изучены квазифокальные линии для ряда поверхностей вращения и каналовых поверхностей. Однако мало изучены поверхности каустики для этих отражающих поверхностей.

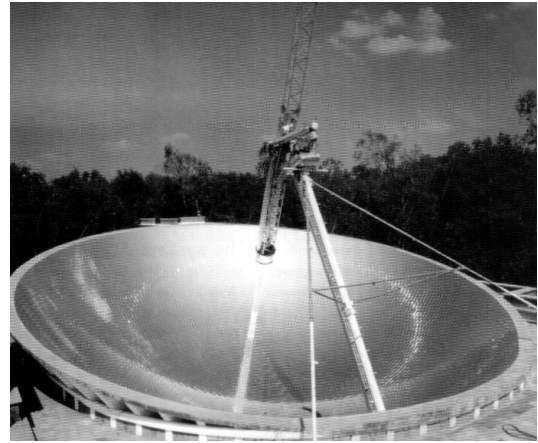
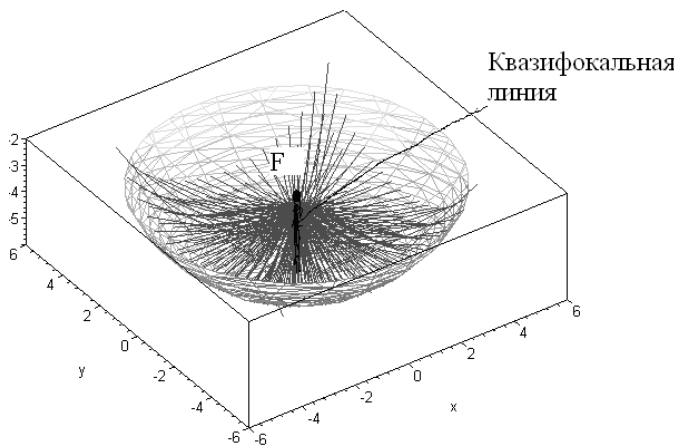


Рис.4. Квазифокальная прямая линия есть линия концентрации лучей для отражающей сферы.

Зоной концентрации конгруэнции отражённых лучей для прямого кругового конуса является квазифокальная прямая линия, проходящая через вершину конуса [7].

$$\frac{x^2}{\operatorname{tg}^2 \varphi} + \frac{y^2}{\operatorname{tg}^2 \varphi} - \frac{z^2}{1} = 0 \quad \text{- уравнение конуса вращения.} \quad (2)$$

Уравнение квазифокальной прямой для отражающего конуса, проходящей через начало координат имеет вид:

$$x = \frac{x_F}{z_F} \cdot z \quad (3)$$

Угол наклона λ фокальной линии \mathbf{f} ,

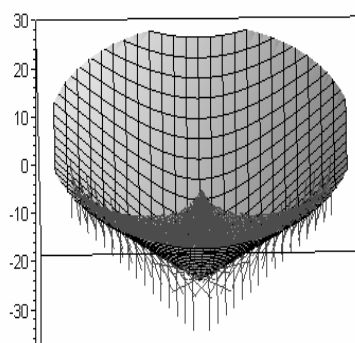
$$\text{где} \quad \lambda = \operatorname{arctg} \lambda, \quad \operatorname{tg} \lambda = \frac{x_F}{z_F} \quad (4)$$

На рисунке 5 изображена поверхность отражённых лучей. Лучи этой поверхности отражаются от окружности, которая является сечением отражающего конуса. Если все точки отражающей окружности \mathbf{k} , падающие лучи и нормали к отражающему конусу вдоль окружности \mathbf{k} совместить с фронтальной плоскостью σ , вращая вокруг двойной прямой \mathbf{m} поверхности отражённых лучей, то все точки окружности \mathbf{k} совместятся с другой окружностью χ . От окружности χ лучи отразятся и коснутся каустики окружности χ . Для конгруэнции отражённых от конуса лучей фокальной поверхностью является конус своей вершиной совпадающий с вершиной отражающего конуса с соответствующей направляющей ω (рис. 6).

Если отражённые лучи вернуть в исходное положение обратным вращением, то точки касания каустики образуют пространственную



кривую ω , которая лежит на поверхности каустики для отражающего конуса Фокальную поверхность конгруэнции отражённых лучей или поверхность каустики для отражающего конуса зададим направляющей ω и вершиной, совпадающей с вершиной отражающего конуса. Направляющая ω



есть пространственная кривая поверхности отражённых лучей (рис. 6).

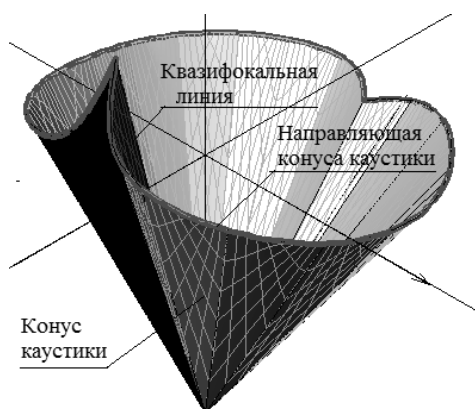


Рис. 5. Направляющая поверхности каустики для отражающего конуса

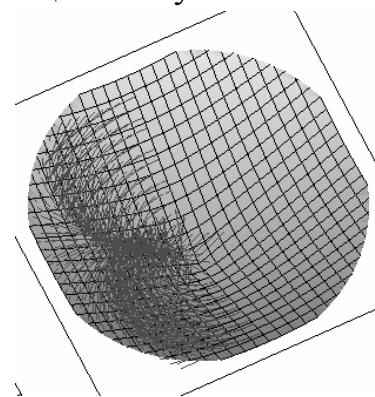


Рис. 6. Компьютерная визуализация конгруэнции отражённых от конуса лучей и поверхности каустики.

Выводы. Из вышесказанного можно сделать вывод, что кривая каустика как «жгучая кривая» отвечает своему названию только для плоской задачи (2D). Это наблюдается на плоскостях проекций или в плоских сечениях

конгруэнции отражённых и преломлённых лучей. Для конгруэнции отражённых лучей, т.е. для 3D задачи, зоной наибольшей концентрации является квазифокальная линия. Поверхность каустики является фокальной поверхностью конгруэнции отражённых лучей и все лучи конгруэнции касаются этой поверхности.

Аннотация. В статье рассмотрены кривые каустики для 2D задачи и поверхности каустики для 3D задачи. Доказано, что поверхность каустики конгруэнции отраженных лучей не является зоной концентрации. Такой зоной является квазифокальная линия. Для 2D задачи кривую каустику можно считать зоной концентрации отражённых лучей, т.е. «горящей кривой».

ЛИТЕРАТУРА

1. Брус Дж., Джиблин П. Кривые и особенности: Геометрическое введение в теорию особенностей. Пер. с англ. М. «Мир», 1988. 262с.
2. Bruce J.W., Giblin P.J., Gibson C.G. On caustics by reflection, *Topology*. 1981. I.21. 179 – 199.
3. Glaeser G. Reflection on Spheres and Cylinders of Revolution. *Journal for Geometry and Graphics*.// Volume 3. 1999, No. 2, p. 121 – 139.
4. Підгорний О.Л., Дворецкий А.Т. Модель плоскої відбивальної системи для паралельних падаючих променів. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. – вип 4, том 15. – Мелітополь : ТГАТА, 2002. – С. 12-15.
5. Подгорный А.Л. Поверхности отраженных лучей // *Прикладная геометрия и инженерная графика*. Киев. «Будівельник», 1975. – Вып. 20. С.13 – 16.
6. Дворецкий А.Т. Квазифокальная кривая при отражении от поверхностей вращения и каналовых поверхностей// *Прикладная геометрия и инженерная графика*.-Киев:-1993 -вып. 55 , с.
7. Дворецкий А.Т. Компьютерное моделирование потока отраженных лучей / Дворецкий А.Т., Денисова Т.В. // *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. – Вип. 80. – КНУБА. - Київ, 2008. – С. 19-24.
8. Dvoretzky A. Computer simulation of the flux distribution on receiver surfaces [Электронный ресурс] /A. Dvoretzky, T.Denysova // *The 15th International Symposium on Solar Thermal Concentrating Technologies*. Berlin, Germany, 2009

МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМОЙ БИОСФЕРОСОВМЕСТИМОГО ГОРОДА

*Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования «Государственный университет
- учебно - научно - производственный комплекс», Россия*

Предложена модель природо-социо-технической структуры территориальной автотранспортной системы биосферосовместимого города как объекта управления. Разработана обобщенная модель системы мониторинга в составе автоматизированной системы управления. Выстроена система показателей оценки состояния составляющих природо-социо-технической структуры и предложен критерий оценки в виде гуманитарного баланса.

The model nature-social-technical structure of territorial motor transportation system of biosphere compatibility city as object of management is offered. The generalized model of system of monitoring in structure of the automated control system is developed. The parameters of an estimation of a condition making nature-social-technical of structure are generated and the criterion of an estimation as humanitarian balance is offered.

Постановка проблемы. Проблеме антропогенного и техногенного воздействия на окружающую среду посвящено большое количество исследований, публикаций, а также действий правительств и общественных организаций, в т.ч. и международных. Разработаны рекомендации рационального использования различных видов ресурсов, минимизации негативного техногенного воздействия на окружающую среду. При этом, в качестве критерия выхода на траекторию экологического развития, чаще всего, принимается экологический ущерб [см., например, [1]].

Однако узкопрофессиональное рассмотрение этой проблемы не обеспечивает ее решения. Данная проблема значительно шире, и речь должна идти не только о жизнедеятельности в поселениях, т.е. о функционировании производственной и управляющей сфер с точки зрения минимизации экологического ущерба, но и о развитии человеческого потенциала в широком смысле слова [2]. С этих позиций требуются междисциплинарные исследования.

Автотранспортные системы в городах и поселениях являются сложными организационно-техническими структурами, которые будут жизнеспособными и саморазвивающимися только при условии их ресурсной самодостаточности. Для решения задачи преобразования

автотранспортных систем, оказывающих значительное негативное воздействие на окружающую среду, в структуры, обеспечивающие развитие человека, необходимо построение моделей различного уровня детализации и конкретизации, адекватных фактическому состоянию системы на рассматриваемой территории с одновременным учетом разнообразия отношений, связей и взаимодействий между функционально самостоятельными подсистемами разных типов (технической, социальной, природной).

Анализ основных исследований и публикаций. При решении поставленной задачи принята парадигма биосферной совместимости поселений, предложенная Российской академией архитектуры и строительных наук, основная идея которой заключается в том, что «Биосфера со всеми сложными процессами в ней протекающими,..., должна находиться в состоянии ... экологического самообеспечения, согласованного с законами природы и, одновременно, с потребностями развивающего общества» [2]. Этот постулат, изложенный в работах и исследованиях по тематике биосферосовместимости [2, 3], рассматривается как основополагающий при жизнедеятельности человека и соответственно функционировании различных организационно-технических структур, в т.ч. и автотранспортных, в системе биосферосовместимых городов и поселений.

В качестве методологической основы решаемой задачи можно использовать методы теории построения информационных систем, в частности подход, базирующийся на использовании принципов адаптации объекта управления к изменяющимся условиям внешней среды и к своим внутренним изменениям [4], и рассматривающийся в настоящей работе применительно к территориальной автотранспортной системе (ТАТС).

Моделирование управления (основная часть). На первом этапе моделирования предложена модель единой природо-социо-технической структуры автотранспортной системы биосферосовместимого города как объекта управления (рисунок 1), в составе которой выделены следующие составляющие:

- природная составляющая как часть внешней среды, взаимодействующая с объектами ТАТС и подвергающаяся негативному воздействию по отдельным компонентам (атмосферный воздух, вода, почва);

- автотранспортная составляющая, оказывающая воздействие на природную и социальную среды, и определяющая возможность формирования неблагоприятной экологической обстановки на определенной территории;

- социальная составляющая как часть внешней среды, взаимодействующая с объектами ТАТС в части удовлетворения своих потребностей.

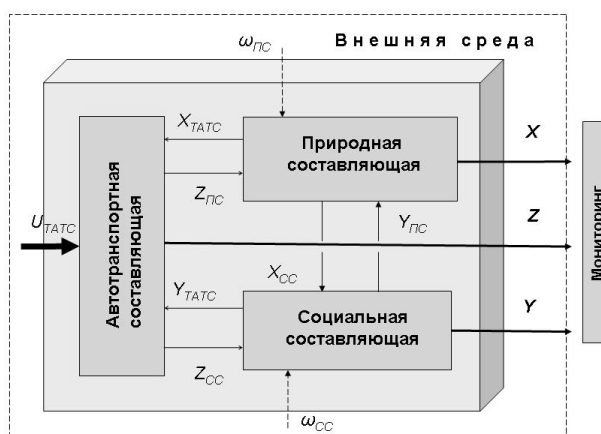


Рисунок 1 – Общий вид модели объекта управления – природо-социо-технической структуры ТАТС

Параметры, введенные на рисунке 1:

X - множество состояний природной среды, формируемое воздействиями объектов ТАТС, природоохранных и рекреационных мероприятий и внешней среды;

Z - множество состояний автотранспортной составляющей, характеризуемое местами удовлетворения потребностей, входящими в ТАТС, и их параметрами;

Y - множество состояний социальной среды, определяемое как «человеческий потенциал» в составе рассматриваемой структуры, и зависящее от воздействия двух других составляющих.

Воздействия внутри структуры:

$X_{ТАТС}$, $X_{СС}$ - множества воздействий природной составляющей на автотранспортную и социальную составляющие: ($X_{ТАТС}$, $X_{СС} \subset X$);

$Z_{ПС}$, $Z_{СС}$ - множества воздействий автотранспортной составляющей на природную и социальную среды ($Z_{ПС}$, $Z_{СС} \subset Z$);

$Y_{ТАТС}$, $Y_{ПС}$ - множества воздействий социальной составляющей на автотранспортную и социальную составляющие: ($Y_{ТАТС}$, $Y_{ПС} \subset Y$).

Внешние возмущающие воздействия:

$\omega_{ПС}$ - на природную составляющую, которые влияют на распространение и накопление загрязнений, поступающих от объектов ТАТС. Например, природно-климатические факторы;

$\omega_{СС}$ - на социальную составляющую. Например, уровень образования и культуры общества, которые будут определять возможность сотрудничества с биосферой и управления человеческой деятельностью в гармонии с природой.

Состояние природной среды описывается функцией: $X = f(Z_{ПС}, Y_{ПС}, \omega_{ПС})$. Это состояние будет определять потенциал биосферы к восстановлению от воздействия ТАТС. Аналогичным образом, состояние социальной среды Y есть функция: $Y = f(Z_{СС}, X_{СС}, \omega_{СС})$, и состояние автотранспортной составляющей - $Z = f(X_{СС}, Y_{ПС})$.

Следующим этапом моделирования при управлении ТАТС биосферосовместимого города является построение модели системы мониторинга.

Обобщенная модель системы мониторинга (рисунок 2) включает два функциональных блока: контрольно-измерительный и предварительной оценки.

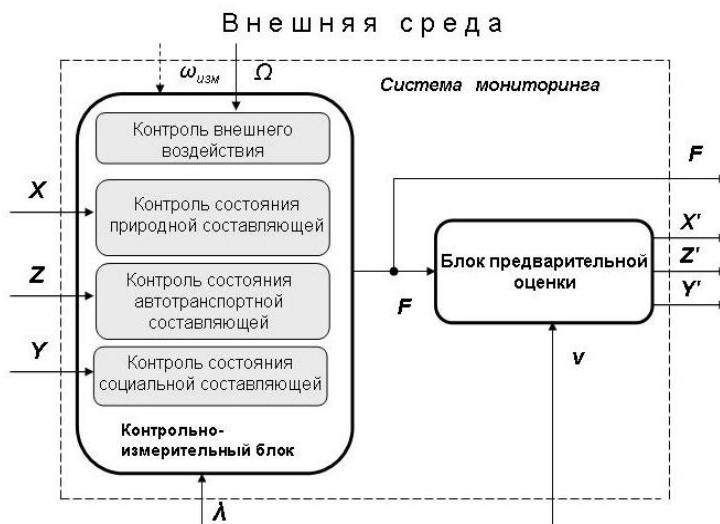


Рисунок 2 - Обобщенная модель системы мониторинга

Контрольно-измерительный блок осуществляет сбор данных для наиболее реалистичной оценки фактического (сформированного на данный момент) состояния природо-социо-технической структуры ТАТС. Результат измерений в виде компонентов множества F поступает в блок предварительной оценки, а также в информационно-аналитическую систему.

Во втором функциональном блоке системы мониторинга осуществляется предварительная оценка текущего состояния рассматриваемой структуры, результат которой формируется в виде:

X' – множества предварительной оценки состояния природной составляющей в составе природо-социо-технической структуры;

Z' – множества предварительной оценки состояния автотранспортной составляющей в составе природо-социо-технической структуры;

Y' – множества предварительной оценки состояния социальной составляющей в составе природо-социо-технической структуры;

F – множества, сформированного по результатам функционирования контрольно-измерительного блока.

В дополнение к представленным в модели информационным потокам, формируемым составляющими природо-социо-технической структуры, в системе мониторинга обозначены взаимодействия не только с входными и выходными потоками информации, но и с внешней средой, поскольку система мониторинга не существует изолировано от

окружающих ее элементов: Ω - множество контролируемых параметров внешних воздействий и $\omega_{изм}$ – множество неконтролируемых параметров внешних воздействий.

Реализации принципа адаптации выстраиваемой системы мониторинга к изменяющимся условиям внешней и внутренней сред будет способствовать организация обратных связей между этапом обработки данных и формированием отчетов, характеризуемая векторами:

λ – вектором настройки контрольно-измерительного блока и сигналом обратной связи о проведенных наблюдениях и результатах измерений;

ν - вектором управления блока предварительной оценки и сигналом настройки соответствующего блока путем сопоставления результатов мониторинга с заложенными в банке знаний готовыми моделями.

Для организации мониторинга сформирована система показателей оценки состояния составляющих природо-социо-технической структуры, которые являются обязательными параметрами не только при функционировании самой системы мониторинга, но и необходимыми для составления баланса между векторами взаимодействий составляющих в составе анализируемой структуры. Такие балансы получили название гуманитарных [2,3], и могут расцениваться как критерии оценки состояния анализируемых систем.

Выбор показателей оценки отвечает, принятой для объекта управления концептуальной основе - парадигме биосферной совместимости, и относится к тем компонентам, которые:

- для природной составляющей наиболее подвержены негативному воздействию со стороны ТАТС (составляющие вектора $Z_{ПС}$) и отражают способность природной среды (биосферы) к регенерации и восстановлению с учетом в этом процессе социума (составляющие вектора $Y_{ПС}$);

- для социальной составляющей характеризуют уровень удовлетворения потребностей населения в безопасных и качественных услугах ТАТС (составляющие вектора $Z_{СС}$) и отражают влияние химических загрязняющих веществ и (или) физических видов загрязнения со стороны природной среды на рассматриваемой территории (составляющие вектора $X_{СС}$), являющихся следствием опосредованного техногенного влияния;

- для автотранспортной составляющей являются характеристикой потребления ресурсов природной среды и емкостью биосферы, необходимых для функционирования ТАТС (вектор $X_{ТАТС}$), и отражают уровень внедрения и реализации инновационных (биосферосовместимых) технологий (вектор $Y_{ТАТС}$).

Поскольку в рамках принятой парадигмы автотранспортные системы должны функционировать на принципах биосферосовместимости, то тем самым, будут способствовать реализации всех функций поселений через

свои составляющие. Проведенными исследованиями [5] установлено, что если хотя бы одна из функций не реализуется, то нарушаются принципы развития города как самоорганизующейся системы. В этой связи, поскольку ТАТС является одной из городских подсистем, то, «проецируя» ее на равнозначные функции города через составляющие рассматриваемой структуры, можно записать:

$$Z_{ПС} = f(\Pi^{\Phi 1}; \Pi^{\Phi 2}; \Pi^{\Phi 3}; \Pi^{\Phi 4}; \Pi^{\Phi 5}; \Pi^{\Phi 6}; \Pi^{\Phi 7});$$

$$Y_{ПС} = f(\Pi^{\Phi 1}; \Pi^{\Phi 2}; \Pi^{\Phi 3}; \Pi^{\Phi 4}; \Pi^{\Phi 5}; \Pi^{\Phi 6}; \Pi^{\Phi 7});$$

$$X_{ТАТС} = f(\Pi^{\Phi 1}; \Pi^{\Phi 2}; \Pi^{\Phi 3}; \Pi^{\Phi 4}; \Pi^{\Phi 5}; \Pi^{\Phi 6}; \Pi^{\Phi 7});$$

$$Y_{ТАТС} = f(\Pi^{\Phi 1}; \Pi^{\Phi 2}; \Pi^{\Phi 3}; \Pi^{\Phi 4}; \Pi^{\Phi 5}; \Pi^{\Phi 6}; \Pi^{\Phi 7});$$

$$X_{СС} = f(\Pi^{\Phi 1}; \Pi^{\Phi 2}; \Pi^{\Phi 3}; \Pi^{\Phi 4}; \Pi^{\Phi 5}; \Pi^{\Phi 6}; \Pi^{\Phi 7});$$

$$Z_{СС} = f(\Pi^{\Phi 1}; \Pi^{\Phi 2}; \Pi^{\Phi 3}; \Pi^{\Phi 4}; \Pi^{\Phi 5}; \Pi^{\Phi 6}; \Pi^{\Phi 7}).$$

$$\text{Тогда } X = F(\Pi^{\Phi 1}; \Pi^{\Phi 2}; \Pi^{\Phi 3}; \Pi^{\Phi 4}; \Pi^{\Phi 5}; \Pi^{\Phi 6}; \Pi^{\Phi 7});$$

$$Y = F(\Pi^{\Phi 1}; \Pi^{\Phi 2}; \Pi^{\Phi 3}; \Pi^{\Phi 4}; \Pi^{\Phi 5}; \Pi^{\Phi 6}; \Pi^{\Phi 7});$$

$$Z = F(\Pi^{\Phi 1}; \Pi^{\Phi 2}; \Pi^{\Phi 3}; \Pi^{\Phi 4}; \Pi^{\Phi 5}; \Pi^{\Phi 6}; \Pi^{\Phi 7}),$$

где $\Pi_i^{\Phi n}$ - i -тый показатель Φ_n – функции города;

Φ_n - n -ая функция города; $n=1 \dots N$, $N=7$ [2,3,5].

Выводы и перспективы дальнейшего исследования. Исходя из принятой парадигмы и принципов биосферной совместимости, предложены модель объекта управления и обобщенная модель системы мониторинга, отвечающие поставленной задаче, и используемые в дальнейшем при моделировании в составе автоматизированной системы управления автотранспортной структурой биосферосовместимого города.

Такой подход накладывает определенные требования к формированию моделей управления природо-социо-техническими структурами, в т.ч. и автотранспортными, назначение которых обеспечение гуманитарного баланса биосферосовместимого города. Подобные задачи будут являться перспективными как с теоретической, так и с практической точек зрения для дальнейшего исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Донченко, В.К. Актуальные проблемы изучения техногенного загрязнения окружающей среды [Текст]/ В.К. Донченко // Экологическая безопасность. Методологические проблемы экологической безопасности. 2007.- № 1-2(17-18).
2. Ильичев, В.А. Принципы преобразования города в биосферосовместимый и развивающий человека [Текст] / В.А. Ильичев. – М.: Градостроительство, 2009. - № 3–С. 20-30.

3. Ильичев, В.А. Биосферная совместимость: Технологии внедрения инноваций. Города, развивающие человека. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011.- 240 с.

4. Константинов, И.С. Система экомониторинга при адаптивном управлении экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса [Текст] / О.А. Иващук, И.С. Константинов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2009. - № 8. – С. 38-43.

5. Ильичев, В.А. Некоторые вопросы проектирования поселений с позиции концепции биосферной совместимости [Текст] / В.А. Ильичев, В.И. Колчунов, А.В. Берсенев, А.Л. Поздняков. – Academia, 2009. – №1. – С. 50-57.

Барыкин Б.Ю., к.т.н.
Барыкин А.Б.

ПРИМЕНЕНИЕ БИОПОЗИТИВНЫХ ПРИНЦИПОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА НЕУДОБЬЯХ.

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства,
Украина*

Стаття присвячена розгляду питань будівництва на незручних територіях в умовах складного рельєфу місцевості на основі прийнятих біопозитивних принципів. Запропонован комплекс оригінальних технічних рішень будівель і споруд, що дозволяють ефективно освоювати різні рельєфні утворення, підземний простір і прибережні території.

Статья посвящена рассмотрению вопросов строительства на неудобьях в условиях сложного рельефа местности на основе принятых биопозитивных принципов. Предложен комплекс оригинальных технических решений зданий и сооружений, позволяющих эффективно осваивать различные рельефные образования, подземное пространство и прибрежные территории.

The article is devoted to consideration of building questions on inconvenient territory in the conditions of complicated relief on the basis of the accepted biopositive principles. The complex of original technical decisions of buildings and constructions that allowed assimilating different relief, underground space and off-shore territories, is offered.

Постановка проблемы. Социально-экономическое развитие человечества в XXI веке столкнулось с такими проблемами, которые так или иначе затрагивают коренные интересы всех стран и народов, касаются самих судеб человечества и даже угрожают самому существованию жизни на нашей планете. К числу таких глобальных проблем относится на наш взгляд в первую очередь экологическая проблема, связанная с развитием городов и населенных пунктов, их застройкой [1,2,3,4,5]. В 2001 году впервые в истории в городах стало жить более 50% жителей планеты. Стали заметны признаки глобального экологического кризиса связанного с городами. И естественно, что этот вопрос привлекает к себе внимание правительств, общественности и ведущих ученых практически всех стран мира [6,7,8,9,10].

Анализ основных исследований и публикаций. В ряде стран начато экологическое образование населения, в части перехода на устойчивое развитие городов и стран [3,4,9,10]. В этой области работают передовые ученые ведущих стран мира, разрабатывающие новейшие

теории экологической деятельности и жизни человека. На правительственном уровне почти всюду разрабатываются специальные программы, которые направлены на улучшение качества окружающей среды, на защиту воздуха, воды и почвы от загрязнения отходами производства и другой деятельности человека, в том числе и от стихийно растущей застройки территорий (постоянный рост урбанизированных территорий, площадь которых уже сопоставима с площадью Земли; каждую минуту мы теряем около 20 га пашни), на учет более отдаленных экологических последствий различных хозяйственных проектов [4,5,6].

И тем не менее, ни одна из глобальных экологических проблем не решена, ни одно негативное явление не остановлено, состояние природы в целом продолжает ухудшаться [7,8].

Многие исследования указывают на то, что человечество подошло к необходимости глобального пересмотра взаимоотношений с природой, а именно: достаточно быстрый и в своей сути революционный переход к природосберегающей и природовоспроизводящей (биопозитивной) деятельности, которая позволит улучшить природную среду и получить положительные результаты до наступления экологической катастрофы.

Строители и архитекторы признали необходимость экологического проектирования и строительства, т.е. создания и разработки систем экологической и технической сертификации новых и уже существующих зданий и сооружений.

Основная часть. Для осуществления этого процесса необходимо разработать основные положения биопозитивной техники и технологий в зависимости от мест проживания человека до всех сфер деятельности [3]. Основными принципами биопозитивности, которые разрабатываются в НАПКС, являются [2,3,4]:

1. Принцип экологической равноценности, суть которого заключается в том, что любой строительный или искусственный объект, привносимый с природную среду, должен наряду со своими основными функциями исполнять те функции, которые выполняла замененная часть природной среды.

2. Принцип экологической совместимости: сохранение и реконструкция ландшафтных образований, флоры и фауны, использование биологически чистых производств, в которых используется замкнутые и малоотходные технологии, использование нетрадиционных источников получения энергии и т.п.

3. Принцип экологической поддержки, состоящий в том, что производство должно не только разрушать биосферу, но и помогать ее восстанавливать.

4. Принцип экологической гармонии и красоты: созданные объекты пропорциональны окружающей природе и ландшафту, улучшают качество жизни.

5. Принцип экологического подобия: все технологии – экологически чистые, дающие минимум отходов, все они подобны природным технологиям.

По нашему мнению принципы биопозитивности должны применяться ко всем направлениям деятельности и жизни человека, в том числе и к строительству. Только биопозитивные принципы сосуществования человечества и природной среды, в которой он обитает, позволят нам остановить надвигающееся из года в год глобальное ухудшение состояния природы, перейти к биопозитивным технологиям.

Биопозитивные принципы в области строительства требуют, как правило, нетрадиционных технических решений. Эта работа уже начата и будет продолжаться в НАПКС силами преподавателей, студентов и аспирантов кафедры железобетонных конструкций.

На основе этих принципов в Национальной академии природоохранного и курортного строительства разработан комплекс биопозитивных природосберегающих зданий и сооружений [3,4]:

- для строительства предусматривается территория неудобий – склонов 35° - 50° , лощин, в том числе с оползнями, которая не может быть использована для рекреационного и сельскохозяйственного освоения;
- построенные здания и сооружения воспроизводит ту же биопродукцию, что и занятая ими поверхность земли, или еще большую. Для этого устраиваются озеленяемые подпорные стены, озеленяемые шумозащитные экраны, озеленяемые поверхности стен и кровли зданий, биопозитивные берегоукрепительные сооружения;
- при возведении зданий и сооружений не производится промышленное изменение рельефа, здание вписывается в рельеф, не загрязняя окружающий ландшафт. Здания не диссонируют с ландшафтом, их высота не более высоты деревьев.

В разработанный комплекс входят следующие здания и сооружения:

1. Жилые, рекреационные и другие здания на крутых склонах, осложненных оползневыми явлениями, не требующие террасирования склонов, их подрезки вызывающей активизацию оползней. После планировки склона на его поверхность монтируют перекрестные ленты фундамента, на которые можно опирать стены, а в местах пересечения – колонны. Система перекрестных лент передает на основание только нормальную силу, а наклонная составляющая воспринимается специальным упором в нижней части склона. Упор выполняют в виде свайного ростверка из буронабивных свай диаметром 0,6-1,0 м.

2. Откосодерживающие здания в лощинах и в местах резкого падения рельефа, выполняющие ряд функций: собственно здание, откосодерживающее и оползнеудерживающее сооружение. При строительстве нескольких зданий такого типа в протяженной лощине возникает возможность в протяженной лощине устраивать ряд

дополнительных горизонтальных участков с их озеленением, пригодных для рекреационного использования.

3. Озеленяемая высокоплотная малоэтажная застройка территорий с уклонами местности. Здания оригинальной архитектуры, образующие при их блокировке озеленяемые внутренние дворики, имеют высоту не более 3-4 этажей, отличаются высокой сейсмостойкостью, позволяют застраивать территории со спокойным рельефом и с большими уклонами. При этом террасирования склонов не производится, не активизируются оползни.

4. Коммуникационные здания, служащие для создания путей коммуникаций при застройке склонов и одновременно являющимися обычными зданиями. Возводятся в сравнительно небольшом количестве (одно на группу зданий). Коммуникационный путь применяют вертикально-горизонтальный, горизонтально-вертикальный, наклонный или криволинейный. Возможны также комбинации указанных путей.

5. Здания в условиях крутого рельефа, поднятые над поверхностью земли.

6. Биопозитивные берегоукрепительные сооружения – буны, волноотбойные стены, искусственные водоросли.

7. Озеленяемые подпорные и шумозащитные стены, в которых лицевая поверхность выполнена в виде повторяющихся полых сквозных элементов, которые заполнены растительным грунтом, с многолетними вьющимися растениями, образующими сплошной зеленый покров на поверхности стен.

8. Подземные или полуподземные обвалованные здания.

9. Энергоактивные и энергоэкономичные здания, выполняющие дополнительные функции производства энергии за счет преобразования нетрадиционной возобновляемой энергии и сохраняющие энергию.

Выводы. Применение данного комплекса технических решений зданий и сооружений для биопозитивного строительства позволит значительно снизить нагрузку на природную среду и улучшить экологическую ситуацию в целом по Крыму.

Перспективы дальнейшего исследования. На основе анализа строительной практики перспективы дальнейших разработок лежат в следующих направлениях:

1. Создание современных технических решений для строительства на неудобьях, основанных на новейших технологиях с применением современных конструкционных материалов, не используя при проектировании земли пригодные для сельскохозяйственного освоения или создания парков и садов.

2. Расширение применения биопозитивных принципов и биопозитивных конструкций.

3. Всемерное сохранение рельефа местности с разработкой мероприятий по стабилизации оползневых процессов, укрепления скал,

сохранения и укрепления береговой зоны, отказом от строительства высоких зданий, а также промышленного изменения рельефа.

4. Развитие работ, связанных с сокращением поступления вредных веществ в окружающую среду и развитием шумозащитных принципов проектирования зданий

ЛИТЕРАТУРА

1. *Барыкин Б.Ю.* Основные природоохранные требования к застройке ЮБК // В сб. Формирование окружающей среды на урбанизированных территориях Крыма.- Симферополь, 1996. - 104с.

2. *Тетиор А.Н.* и др. Природосберегающие конструкции зданий и сооружений. - Л.: МПП МинВУЗа УССР, 1989. - 198 с.

3. *Барыкин Б.Ю.* Принципы биопозитивности // Строительство и техногенная безопасность / Сб. научн. тр. Крым. акад. природоохр. и курорт. стр-ва. – Симферополь: КАПКС, 2000.- С.26-28.

4. *Тетиор А.Н.* Городская экология. – М.: Изд.центр Академия, 2007. – 330 с.

5. *Яковлев С.В.* Экология и строительство. – М.: Стройиздат, 1997. – 291 с.

6. *Гаев А.Я.* Экологические основы строительного производства М.: Стройиздат, 1995. – 197 с.

7. *Мазур И.И., Молдаванов О.И.* Курс инженерной экологии.- М.: Высшая школа, 1999.- 231 с.

8. *Хорунжая Т.А.* Методы оценки экологической опасности. – М.: Экспертное бюро, 1998. – 163 с.

9. *Тимонин А.С.* Инженерно-экологический справочник Том 1.- Калуга: Изд-во Н.Бочкаревой, 2003. - 917с.

10. *Гальперин М.В.* Экологические основы природопользования – М.: Изд-во «Форум», 2003.- 263 с.

КАВИТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАКЕТОВ ШАЙБ В ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Національний авіаційний університет

Аннотация – в работе представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований кавитационных характеристик пакетов дроссельных шайб. Определено оптимальное количество шайб в пакете, а также диаметр их отверстий для безкавитационной работы.

Ключевые слова – кавитация, дроссельная шайба, пакет шайб.

Постановка проблемы. Необходимость иметь гидравлические агрегаты малых габаритов минимальной массы вынуждает отступать от рекомендаций, оговаривающих оптимальную конструкцию проточной части дроссельных устройств. Как правило, размеры междроссельных камер реальных конструкций пакетов дроссельных шайб не исключает взаимного влияния ступеней дросселирования.

В связи с вышесказанным были проведены исследования кавитационных характеристик некоторых дроссельных устройств гидравлических систем самолетов.

Анализ последних исследований. Явление кавитации является фундаментальным для различных жидких сред. Оно имеет место в жидкостных системах, а также в открытых руслах. Исследование кавитации представляет практический интерес. На современном этапе исследования проводятся в двух направлениях: исключение явления кавитации в функциональных жидкостных системах машин и механизмов, а также создание кавитационных технологий для различных отраслей.

Формулирование целей статьи. Теоретическое и экспериментальное определение критических параметров истечения жидкости через пакеты дроссельных шайб.

Основная часть. Результаты теоретических исследований. Теоретические исследования позволили установить, что кавитационные режимы в дроссельных устройствах, применяемых в конструкциях гидравлических систем воздушных судов, можно с достаточной для инженерных расчетов точностью определять по полученным в данной работе зависимостям. Явления кавитации можно избежать, повышая противодавление или увеличивая число ступеней дросселирования.

Для определения критического противодействия для пакета шайб с шахматным расположением дроссельных отверстий (рис. 1) была получена следующая формула:

$$\bar{P}_{KP. \dot{A} \dot{E}} = \left(\frac{D_{A \dot{E} \dot{O}}}{D_{A \dot{O}}} \right)_{\dot{A} \dot{E}} = \frac{1}{1 + i \frac{1 - \bar{D}_{\dot{E} D}}{\bar{D}_{\dot{E} D}}}. \quad (1)$$

где $P_{ВЫХ}$, $P_{ВХ}$ - давление на выходе и входе дроссельного пакета; n - количество дроссельных шайб в пакете; \bar{P}_{KP} - критическое противодействие для одной шайбы.

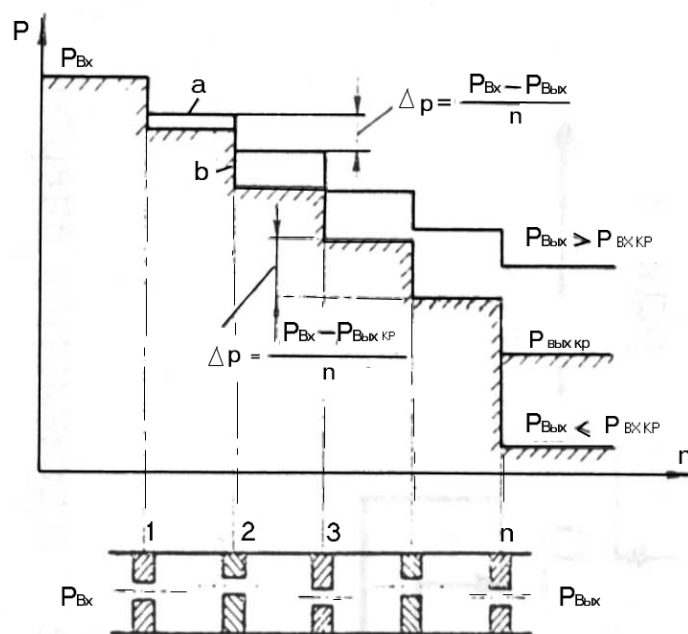


Рис.1. Распределение давления в пакете шайб с шахматным расположением дроссельных отверстий равных диаметров: а - истечение без кавитации, б - истечение с кавитацией.

Так же получена аналитическая зависимость для определения критического противодействия для пакета шайб с шахматным расположением дроссельных отверстий и равным относительным противодействием

$$\left(\frac{P_{ВЫХ.КР}}{P_{ВХ}} \right)_{ПАК} = \bar{P}_{KP}^n \quad (2)$$

Давления перед пакетом и в сливной линии обычно известны из условий гидравлического расчета системы, поэтому используя уравнение

(2) можно рассчитать число шайб в пакете, исходя из условий работы на границе кавитации. Решая уравнения относительно n , имеем:

$$n \geq \frac{\lg\left(\frac{P_{\text{ВЫХ.КР}}}{P_{\text{ВХ}}}\right)_{\text{ПАК}}}{\lg \bar{P}_{\text{КР}}} \geq \frac{\lg \bar{P}_{\text{КР.ПАК}}}{\lg \bar{P}_{\text{КР}}} \quad (3)$$

Для определения потребного числа шайб в пакете необходимо иметь противодействие, заданное в долях от давления входа.

Зная число шайб в пакете, можно определить диаметр каждой из них. Распределение давления в камерах между шайбами с шахматным расположением дроссельных отверстий, вычисленное по уравнению (2), показано на рис. 2.

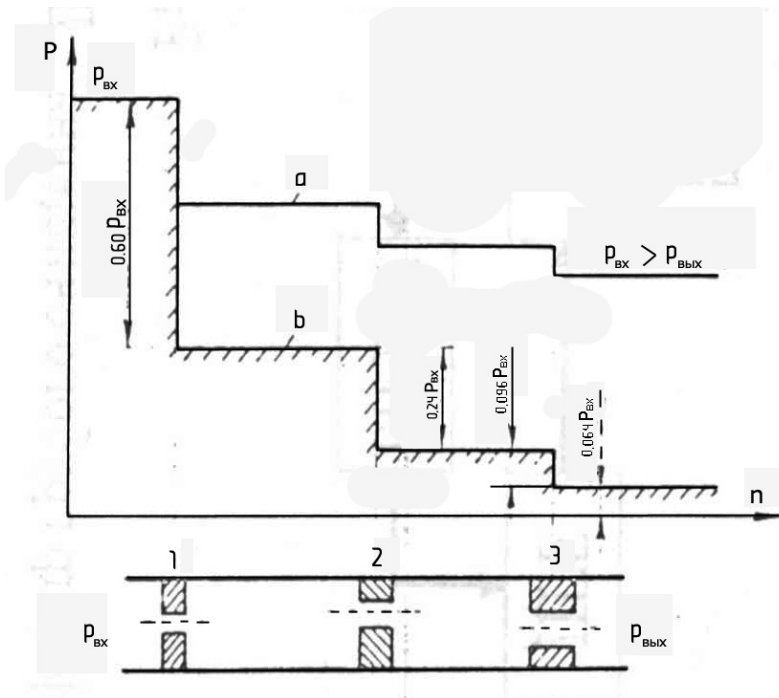


Рис. 2. Распределение давления в пакете шайб с шахматным расположением дроссельных отверстий и равным относительным противодействием.

Диаметры шайб в пакете с $\bar{P} = const$ на границе кавитации выбираются в соответствии с уравнением:

$$\frac{d_1}{d_2} = \sqrt[4]{\frac{P_{\text{ВХ}}(1 - \bar{P}_{\text{КР}})}{P_{\text{ВХ}} \bar{P}_{\text{КР}}^{n-1}(1 - \bar{P}_{\text{КР}})}} = \sqrt[4]{\frac{1}{\bar{P}_{\text{КР}}^{n-1}}}$$

или

$$d_n = \frac{d_1}{\sqrt[4]{\bar{P}_{\text{КР}}^{n-1}}} \quad (4)$$

Установлено, что при соосном расположении дроссельных отверстий имеет место неравномерное распределение перепадов давления между шайбами, что снижает величину критического противодействия для этой конструкции по сравнению с пакетами с шахматным расположением дроссельных отверстий.

Результаты экспериментальных исследований.

Пакет шайб НУ–5810–40М используется в качестве дросселя минимального расхода жидкости АМГ–Ю для охлаждения насосов регулируемой подачи при неработающих потребителях гидросистем самолетов Ту–134 и Ту–154. Пакет состоит из 10 шайб с отверстиями диаметром 1,16 мм, относительная длина канала у крайних шайб $\bar{l}_2 = 2,5$, все остальные шайбы имеют $\bar{l}_1 = 1,7$. Дроссельные каналы расположены на расстоянии $2,5 d$ друг от друга. У первых и последних пяти шайб отверстия просверлены соосно. Отверстия первых пяти шайб смещены диаметрально противоположно отверстиям вторых пяти шайб. Из рассмотрения кавитационной характеристики пакета, полученной экспериментально (рис. 3, кривая I) следует, что зона кавитационной стабилизации расхода начинается при противодействии ниже 0,07. Расчетное значение критического противодействия для десяти шайб, вычисленное по формуле (2), составляет 0,068.

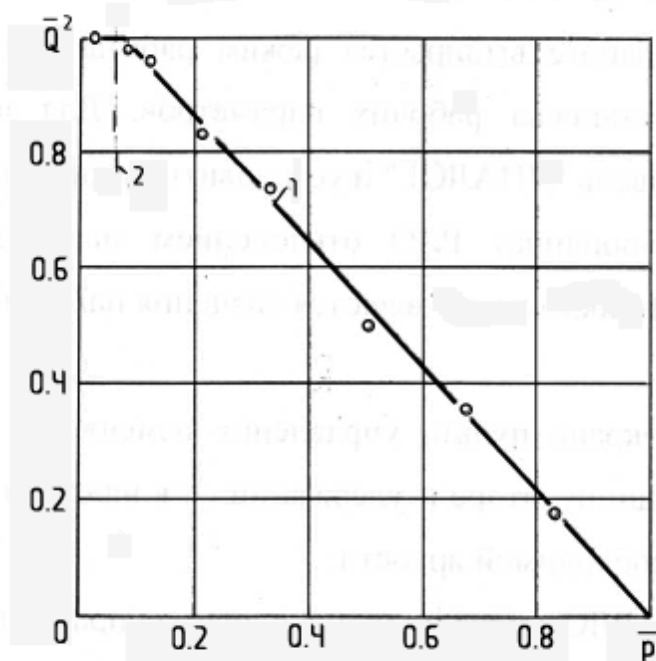


Рис. 3. Кавитационная характеристика пакета дроссельных шайб НУ-5810-40М1: 1- эксперимент, 2 – расчет.

Проводились исследования дроссельного пакета, предназначенного для перепуска жидкости между полостями цилиндра разворота колеса передней опоры самолета Ан–24 в режиме демпфирования колебаний. Пакет состоит из четырех шайб с отверстиями диаметром 0,85 мм,

расположенными в общем корпусе с радиальным смещением. Относительная длина дросселирующих каналов $\bar{l} = 1,1$. Расстояние между шайбами равно одному диаметру отверстия. Отношение его диаметра к диаметру камеры между дросселями $d/D=0,17$. Кавитационная характеристика пакета (рис. 4, кривые 1,2) показывает, что стабилизация расхода для четырех шайб начинается при противодавлении ниже 0,14. Расчет удовлетворительно согласуется с экспериментальными данными как для четырех шайб, так и для одной.

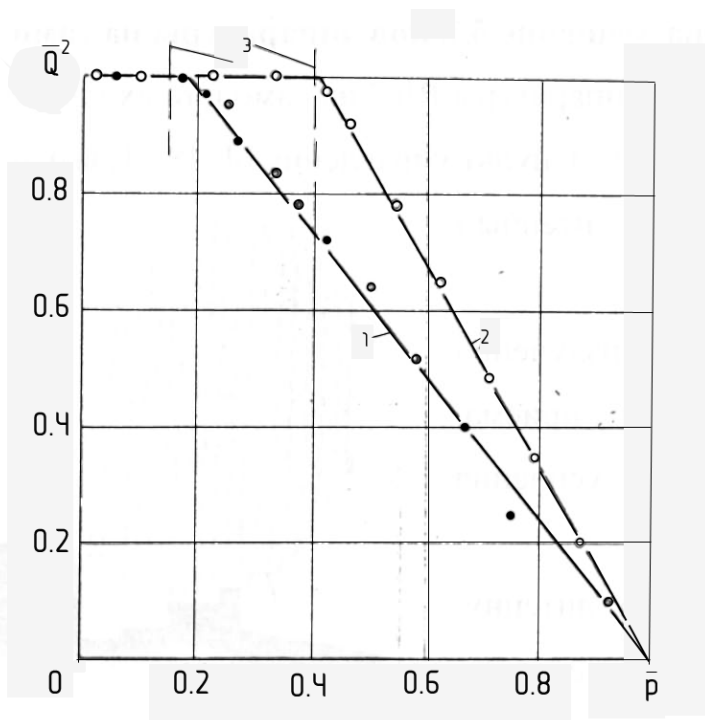


Рис. 4. Кавитационные характеристики дроссельного пакета демфирования колебаний передней опоры самолета Ан-24: 1 – четыре шайбы; 2 – одна шайба; 3 – расчетные значения.

Исследование дроссельного пакета с обратным клапаном (рис. 5), предназначенного для торможения потока жидкости при выпуске шасси самолета Ан-24, показало, что при прямом потоке жидкости (слева направо) ее давление отжимает затвор клапана направо. Жидкость в этом случае движется через кольцевую щель между затвором и корпусом, а также частично через дроссельный пакет. При обратном потоке жидкости (справа налево), что соответствует циклу выпуска шасси, вся жидкость проходит через дроссельный пакет.

Дроссельный пакет состоит из пяти шайб. Две шайбы имеют по одному центральному отверстию диаметром 1,57 мм. Относительная длина дроссельного канала – $\bar{l} = 0,64$. Три шайбы имеют по четыре отверстия с

диаметром 0,88 мм при относительной длине дроссельного канала $\bar{l} = 1,2$. Проливки пакетов выполнены при различном расположении дроссельных шайб. Кривая 1 соответствует пакету из пяти шайб: первая, третья и пятая шайбы имеют по четыре отверстия $d_1=0,88$ мм, вторая и четвертая – по одному ($d_2=1,57$ мм, $l=1$ мм). Кривая 2 соответствует тому же пакету, но его последняя шайба имеет одно отверстие $d_2=1,57$ мм. Кривая 3 – пакет из трех шайб по четыре отверстия в каждой ($d_1=0,83$ мм). Кривая 4 представляет одну дроссельную шайбу с отверстиями $d_1=0,83$ мм, кривая 5 – одну дроссельную шайбу с отверстиями $d_2=1,57$ мм.

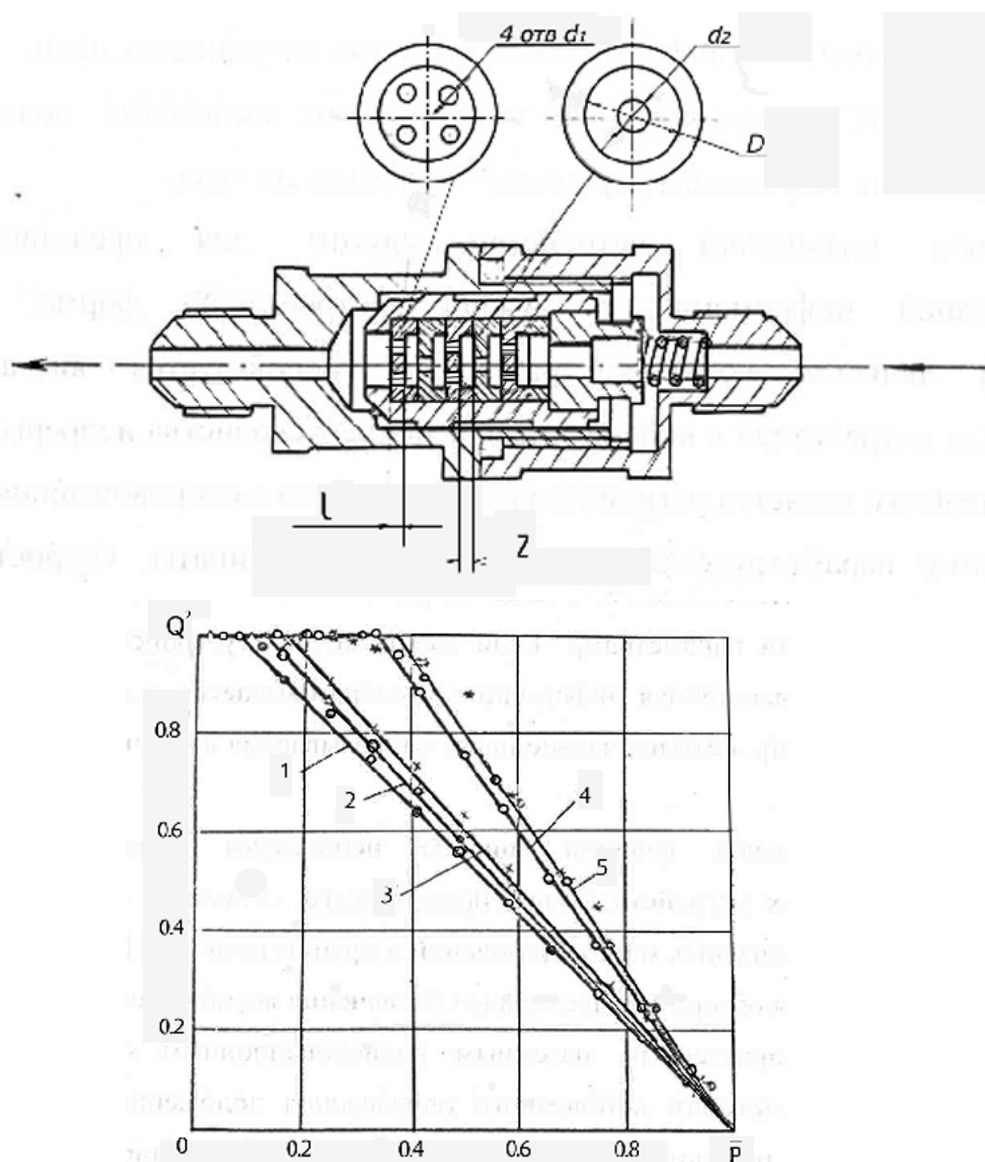


Рис. 5. Конструкция и кавитационные характеристики дроссельного пакета гидросистемы самолета Ан-24.

Изображенные на рис. 5 характеристики показывают, что каждая из ступеней дросселирования имеет свою величину \bar{P}_{KP} в пределах от 0,34 до 0,38. Критическое противодавление для пакета в целом составляет 0,09.

Такое же значение дает расчет, если противодействие для одной шайбы принять равным 0,33.

Выводы:

В результате теоретических и экспериментальных исследований были определены критические параметры истечения жидкости через пакет дроссельных шайб, которые необходимы для оптимального расчета количества дроссельных шайб и их геометрии в проточной части, позволяющих обеспечить безкавитационную работу устройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кавитация в жидкостных системах воздушных судов // М.М. Глазков, В.Г. Ланецкий, Н.Г. Макаренко и др. - К.:КИИГА, 1987. - 64 с.
2. Пирсол И. Кавитация. - М.: Мир, 1975. - 94 с.

Бетин В.Д., к.т.н, доц.
Дворников В.А.,
Шамрай Е.В.,

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАЗВИТИЯ ВЗРЫВА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ОБОЛОЧКИ ЗАРЯДА

Криворожский национальный университет

В моделях скважинных зарядов исследована зависимость геометрических параметров развития взрыва от толщины и материала оболочки.

Постановка проблемы. В работах ряда отечественных и зарубежных исследователей отмечается, что развитие процессов детонации в скважинном заряде и, соответственно, воздействие взрыва на окружающую среду, в значительной степени определяются конструкцией самого заряда. Наличие продольных полостей (в оболочке и без нее), использование различных (точечных, многоточечных, линейных) инициаторов существенно изменяет механизм воздействия взрыва на массив и позволяет влиять на результаты отбойки пород.

Среди факторов, влияющих на процесс развития взрыва в заряде с полостью, могут быть материал и толщина оболочки продольной полости.

Цель статьи. Изучение результатов моделирования развития взрыва скважинного заряда при изменении параметров оболочки продольной полости.

Основная часть. Съёмка процессов развития и прохождения детонации в зарядах ВВ с различными вариантами инициирования проводилась на открытом полигоне. Фотографирование протекания детонации производилось с помощью сверхскоростной фоторегистрирующей установки СФР, задействованной в варианте лупы времени при скорости вращения зеркала 15000 об/мин.

Заряды аммонита № 6 ЖВ (рис. 1 а, б) и граммонита 79/21 (рис. 2 в, г) подвешивались вертикально; расстояние от нижнего торца заряда до грунта составляло не менее 0,5 м. Оболочка зарядов выполнялась из нескольких слоев прозрачного полиэтилена, пропаянных между собой. Толщина оболочки при начальных экспериментах составляла 1,0...1,5 мм, в дальнейшем - 3,5...5 мм.

Дополнительно формировались заряды в стеклянных трубах длиной 0,7...0,9 м с наружным диаметром 100 мм (толщина стенки 5 и 8 мм).

Съёмки производились из специально оборудованного бункера через бронестекло. Вокруг места взрывов выполнялась временная обваловка. При фотосъёмке процессов продолжительность взрыва фиксировалась до

момента прохождения детонационной волной нижнего торца заряда. Время дальнейшего разлета продуктов детонации не учитывалось. Этапы прохождения детонации фиксировались дискретно (разрыв между кадрами составлял 8 мкс).

В процессе проведения экспериментов изменялась толщина полиэтиленовой оболочки. При изучении результатов фотосъемки взрывов было отмечено, что при малой толщине оболочки заряда (1...1,5 мм) разлет продуктов детонации начинался непосредственно за фронтом волны (рис. 2). При увеличении толщины оболочки до 3 мм фронт волны «выдвигался» вперед по заряду на величину до $0,5d_3$; между ним и разлетающимися продуктами детонации возникала зона, в которой оболочка сдерживала разлет продуктов детонации.

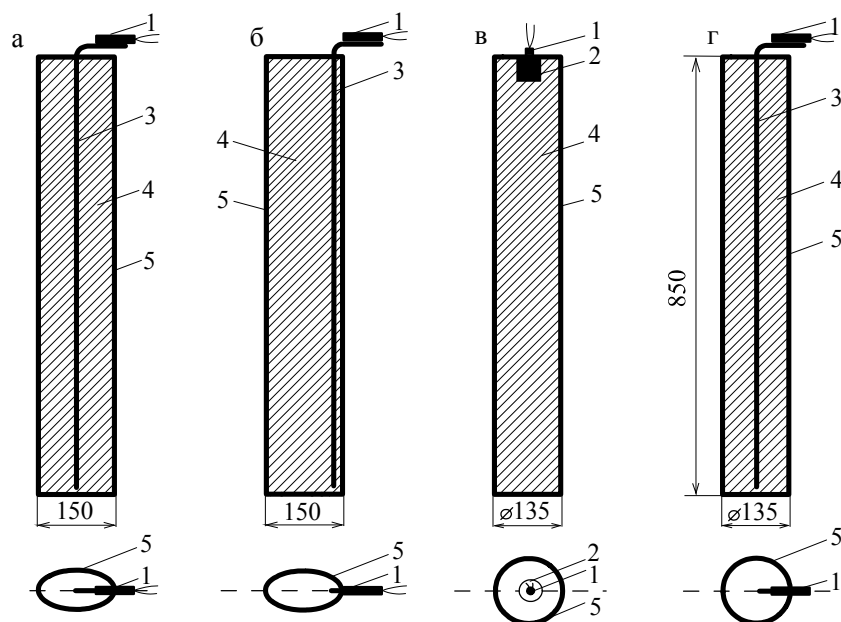


Рис. 1. Конструкции экспериментальных зарядов (а, б – аммонита № 6 ЖВ; в, г – граммонита 79/21):

1 – электродетонатор; 2 – шашка – детонатор; 3 – линейный инициатор (3÷4) нити ДШЭ-12; 4 – взрывчатое вещество; 5 – полиэтиленовая оболочка заряда.

Целенаправленное изменение толщины оболочки до 4...5 мм привело к увеличению расстояния между фронтом детонационной волны и началом разлета продуктов детонации до величины, составлявшей $1\div 1,6$ диаметра заряда. Подобное явление наблюдалось вне зависимости от способа инициирования и типа ВВ (рис. 3).

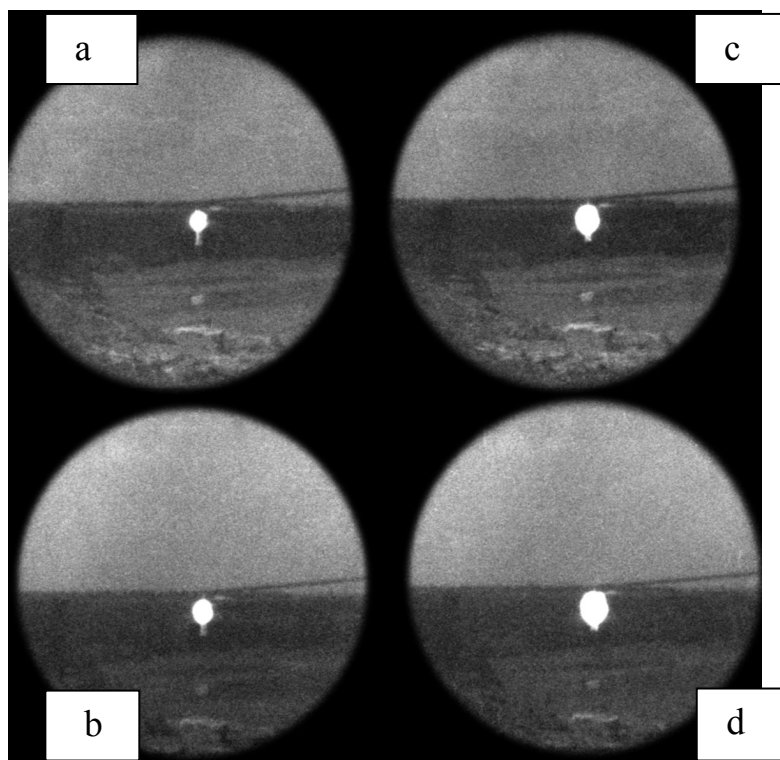


Рис. 2. Протекание процесса взрыва и разлета продуктов детонации в заряде ВВ при толщине полиэтиленовой оболочки 1 мм: а, b, c, d – последовательность кадров съемки процесса взрыва.

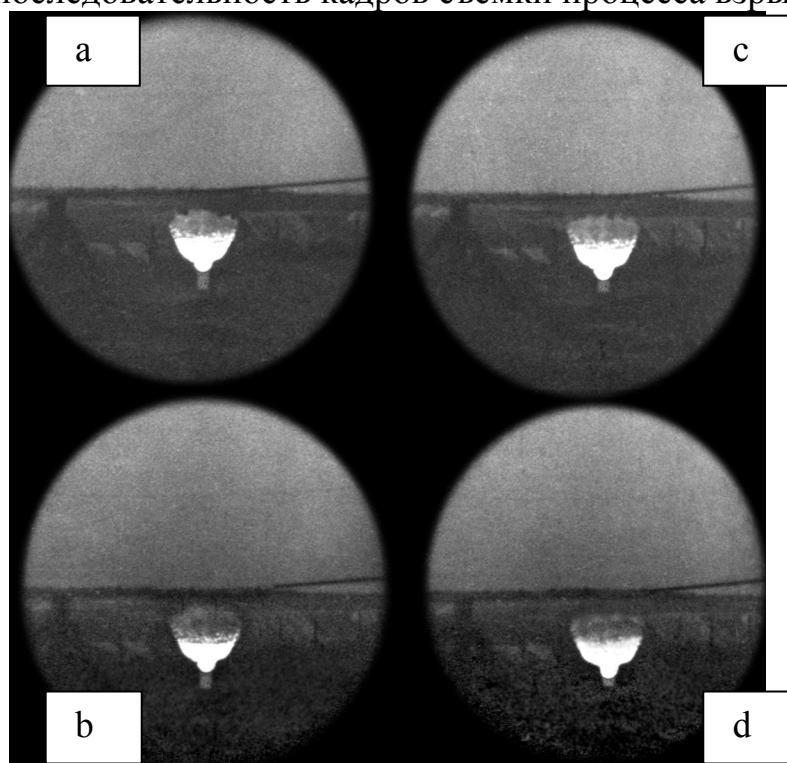


Рис. 3. Протекание процесса взрыва и разлета продуктов детонации в заряде ВВ при толщине полиэтиленовой оболочки $3,5 \div 4$ мм: а, b, c, d – последовательность кадров съемки процесса взрыва.

Как видно по изображениям зарядов и геометрической форме взрывов (рис. 3 – заряд с полиэтиленовой оболочкой толщиной 4...5 мм),

длина участка «опережения» фронта $l_{он. фр.}$ соизмерима с длиной пути детонации по заряду за время 24...60 мкс. Ширина участка $l_{он. фр.}$ в верхней части незначительно превышает ширину (диаметр) заряда, что, возможно, объясняется некоторым расширением оболочки перед разрывом.

При взрывах зарядов аммонита №6 ЖВ в стеклянных трубах «опережение» фронта волны, т.е. время до разрушения стенок трубы после прохождения детонации, составляло 24...32 мкс (в твердой оболочке скорость детонации ВВ возрастает - приближается к верхнему пределу).

Схематическое развитие процесса взрыва и разрушения оболочки в модели представлено на рис. 4.

Тонкая оболочка заряда разрушается непосредственно после прохождения фронта детонационной волны (рис. 2, рис. 4 а).

При увеличении толщины оболочки, продукты взрыва разрывают ее с некоторым «замедлением»; за это время фронт волны детонации проходит по заряду некоторое расстояние, зависящее от толщины и (в некоторой степени) от материала оболочки. Это обуславливает характерную геометрическую форму развития взрыва заряда (рис. 3; рис. 4 б, 4 в).

Таким образом, в ходе экспериментов обнаружено, что наличие относительно тонкой (3,5...5 мм – полиэтилен, 5...8 мм – стекло) оболочки заряда приводит к созданию интервала времени (в десятки микросекунд) между прохождением детонационной волны по ВВ и прорывом продуктов детонации через оболочку (рис. 5).

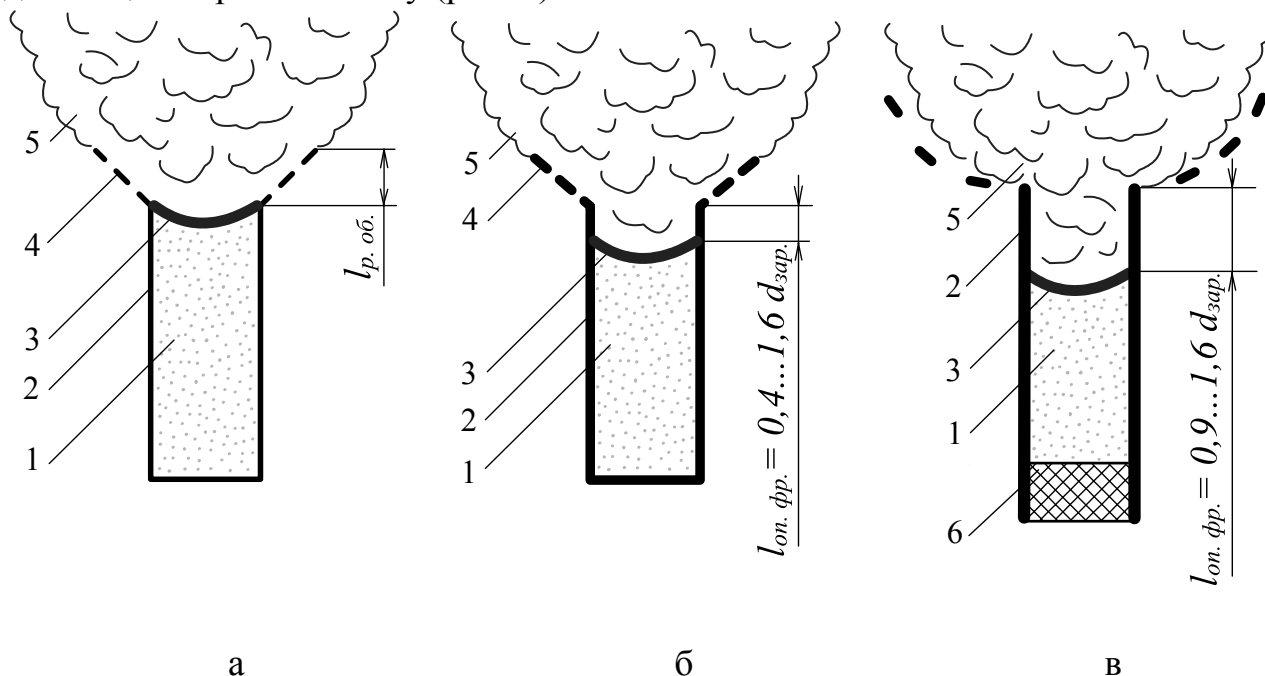


Рис. 4. Моделирование разрушения оболочки заряда:

а, б – полиэтиленовой, в – стеклянной.

1 – заряд ВВ, 2 – оболочка заряда (полиэтилен, стекло), 3 – фронт детонационной волны, 4 - разрушающаяся («раздвигаемая»)

полиэтиленовая оболочка, 5 – продукты взрыва заряда, 6 – заглушка заряда в стеклянной трубе.

Зависимость времени между прохождением фронта детонационной волны и разрушением оболочки, при различных типах ВВ, представлена на рис. 5.

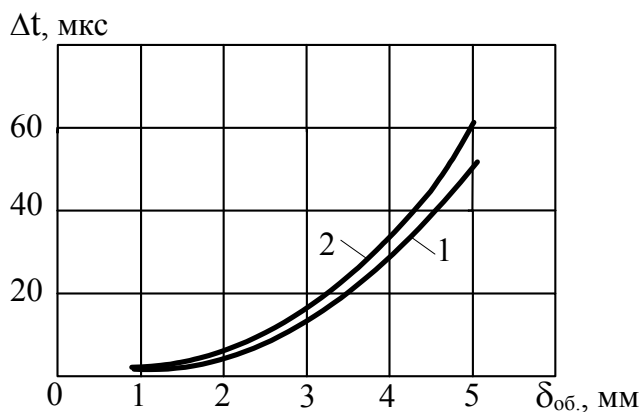


Рис. 5. Влияние толщины оболочки заряда на величину задержки расширения продуктов детонации ВВ:

- 1 – заряды аммонита № 6 ЖВ ($d_3 = 0,150$ м);
- 2 – заряды граммонита 79/21 ($d_3 = 0,135$ м).

Выводы. Выявленная особенность развития процесса взрыва позволяет разработать конструкции скважинных зарядов, сочетающие направленность действия и уменьшение времени взрывчатого превращения ВВ со снижением пикового давления продуктов детонации на стенки скважины. Масса ВВ рационально распределяется по длине скважины, что обеспечивает хорошие результаты дробления пород при уменьшении величины заряда.

В скважинных зарядах, разработанных с учетом результатов приведенного моделирования, полость не охватывает ВВ, а располагается у стенки скважины. При взрыве заряда оболочка полости задерживает проникновение внутрь продуктов детонации, что способствует снижению пикового давления продуктов взрыва и направленности действия взрыва.

Результаты моделирования развития процесса взрыва были использованы при формировании скважинных зарядов с боковой полостью и линейным инициированием, успешно примененных для отбойки пород в карьерах и при проведении специальных взрывных работ (интенсивное дробление скальных пород вблизи зданий и сооружений).

ЛИТЕРАТУРА

Бетин В.Д. Развитие детонации в скважинных зарядах с полыми цилиндрами // Разработка рудных месторождений: Научно– техн. сб. – Кривой Рог: Изд-во КТУ. – 2003. – Вып. 83. – С. 68-74.

АНОТАЦІЯ

Бетін В.Д., Дворніков В.А., Шамрай О.В. Моделювання геометричних параметрів розвитку вибуху при зміні оболонки заряду.

Стаття для збірника "Прикладна геометрія та інженерна графіка". Криворізький національний університет, 2011.

Стаття присвячена моделюванню процесу вибуху свердловинного заряду при різній товщині і матеріалі оболонки. Вивчені геометричні параметри розвитку вибуху при зміні оболонки заряду. Доведено, що наявність тонкої оболонки заряду приводить до створення інтервалу часу (у десятки мікросекунд) між проходженням хвилі детонації по ВВ і проривом продуктів детонації через оболонку. Це дозволяє розробити конструкції свердловинних зарядів зі спрямованою дією вибуху і раціонально розподіленою по довжині свердловини масою ВВ.

Результати моделювання геометричних параметрів розвитку вибуху використані для розробки конструкцій свердловинних зарядів з бічною порожниною і лінійним ініціюванням, успішно застосованих для відбійки порід у кар'єрах та при проведенні спеціальних підривних робіт.

Ключові слова: моделювання, геометричні параметри, розвиток вибуху, товщина оболонки, інтервал часу.

ANNOTATION

Betin V.D., Dvornikov V.A., Shamray E.V. Modeling geometric parameter developments of the blast when change the shell of the charge.

The Article for collection "Applied geometry and engineering graphics". Krivorozhskiy national university, 2011.

The Article is dedicated to modeling of the process of the blast hole charge under different thickness and material of the shell. The Studied geometric parameters of the development of the blast when change the shell of the charge. It Is Proved that presence for fine shell of the charge brings about creation time lag (in groups of ten of the microseconds) between passing of the wave to detonations on VV and breakout of the products to detonations through shell. This allows to develop the designs holes charges with directed action of the blast and rationally portioned on length of the bore hole by mass VV.

The Results of modeling geometric parameter developments of the blast are used for development design holes charges with lateral cavity and linear initiation, successfully used for destroying in quarry and when undertaking the special blasting.

The Keywords: modeling, geometric parameters, development of the blast, thickness of the shell, time lag.

Боровский Б.И., д.т.н., проф.,
Тимченко З.В., к.геогр.н., доц.

ОБОБЩЕНИЕ ДАННЫХ ПО НАИБОЛЬШИМ МАКСИМАЛЬНЫМ СРОЧНЫМ РАСХОДАМ ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ НА РЕКАХ СЕВЕРНЫХ И СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫХ СКЛОНОВ КРЫМСКИХ ГОР

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства,
Симферополь, Украина*

Abstract. With the use of the complexes generalization of most maximal urgent expenses of rain water floods for the rivers of north and north-eastern slopes of the Crimean mountains is conducted. Calculation correlations with the high values of correlation index are got as a result.

Keywords: rain floods, descriptions of river areas, most maximal urgent expenses of water.

Аннотация. С использованием комплексов, полученных на основании теории размерностей, проведено обобщение наибольших максимальных срочных расходов воды дождевых паводков для рек северных и северо-восточных склонов Крымских гор. В результате получены расчётные соотношения с высокими значениями индекса корреляции.

Ключевые слова: дождевые паводки, теория размерностей, характеристики участков реки, наибольшие максимальные срочные расходы воды

Постановка проблемы. Зимне-весенние и летне-осенние паводки характеризуются наибольшими максимальными срочными расходами воды. Такие расходы часто приводят к наводнениям. Учёт этих расходов воды имеет важное практическое значение для определения размеров водопропускных устройств железнодорожных и автодорожных магистралей, водохранилищ, прудов и гидротехнических сооружений. В связи с отсутствием на многих реках гидрометрических наблюдений необходимы соотношения для расчёта наибольших максимальных срочных расходов в этих условиях.

Анализ публикаций. В случае отсутствия гидрометрических наблюдений в работе [1] предложена система эмпирических соотношений, не относящаяся, в частности, к рекам Крыма. В работе [2] для рек Крыма проведено обобщение экспериментальных данных по состоянию на 1962 год в виде зависимости модуля стока от площади водосборного бассейна F:

$$M_{\text{макс}} = V/(F + 1)^n;$$

где V и n – эмпирические величины.

Обобщение проведено по данным почти полувековой давности, поэтому в настоящее время не даёт положительных результатов. К тому же изменилась информация по дождевым паводкам после 1962 г. Тёплый период: Салгир – Пионерское 21,4 (1960 г.) и 116 м³/с (1972 г.); Бурульча – Межгорье 18,5 (1966 г.) и 38,2 м³/с (1969 г.); Биюк-Карасу – Белогорск 27,2 (1933 г.) и 43,6 м³/с (1964 г.); Биюк-Карасу – Зыбины 21,9 (1949 г.) и 50,6 м³/с (1981 г.). Помимо этого, появилась возможность использования данных рек Кизил-Коба – Краснопещерное, Ангара – Перевальное, М.Салгир – Симферополь и Биюк-Карасу – Карасёвка. Кроме этого, за счёт увеличения статистики происходит уменьшение вероятности обеспечения максимальных расходов.

Следует считаться с мнением [3], что обобщение только по площади водосбора не может привести к положительным результатам.

В работе [4] с использованием положений теории размерностей получены безразмерные комплексы для обобщения наибольших максимальных срочных расходов дождевых паводков Q_{\max} :

$$K_1 = Q_{\max} \tau_{\text{п}} / L^3; \quad (1)$$

$$K_2 = F / L^2; \quad (2)$$

$$K_3 = H / L, \quad (3)$$

где $\tau_{\text{п}}$ - продолжительность подъёма паводка (с.); F – площадь водосбора участка реки (м²); L – длина участка реки (м); H – падение участка реки (м).

Исследования показали, что использование комплекса K_1 не всегда даёт положительные результаты из-за трудности определения $\tau_{\text{п}}$.

Цель статьи. Обобщение данных по наибольшим максимальным срочным расходам дождевых паводков на реках Крыма для получения расчётных соотношений.

Основная часть. В комплексе (1) вместо $\tau_{\text{п}}$ используем продолжительность паводка $T_{\text{п}}$, выражение для которой предложено в работе [5]:

$$T_{\text{п}} = 5 + 7,5 \lg (F + 1), \text{ сут.} \quad (4)$$

Тогда комплекс K_1 примет вид

$$K_4 = Q_{\max} T_{\text{п}} / L^3. \quad (5)$$

Теория размерностей допускает умножение (деление) безразмерных комплексов на размерные постоянные величины. Поэтому можно перейти к принятым в практике размерностям в формулах (2) – (5):

Q_{\max} – м³/с; $T_{\text{п}}$ – сут.; F – км²; L – км; $i = H/L$ – м/км, уклон реки.

Для обобщения данных по Q_{\max} используем комплексы K_2 , K_3 , K_4 и соотношение (4), записав критериальную связь:

$$Q_{\max} T_{\text{п}} / L^3 = f(F/L^2, i). \quad (6)$$

В Государственном водном кадастре приведены данные по Q_{\max} для рек северных и северо-восточных склонов крымских гор в холодный и

тёплый периоды года. Эти данные в качестве примера приведены в табл. 1 (холодный период).

Отметим, что из имеющейся статистики по этой группе рек исключены данные по гидропостам Салгир – Гвардейское и Салгир – Двуречье, т.к. интенсивность паводков на них зависит от регулирования на Симферопольском водохранилище.

Таблица 1.

Исходные данные (холодный период)

№ п/п	Река - пост	F , км ²	L , км	i , м/км	F/L^2	Q_{max} , м ³ /с	P , %	λ	$Q_{max1\%}$, м ³ /с
1	Су-Индол – Тополевка	71	14	25	0,362	19,4	1,9	0,83	23,4
2	Салгир - Пионерское	262	9,0	11,1	3,22	29	3,7	0,7	41,4
3	Кизил-Коба – Краснопещерное	16,8	2	105	4,2	8,04	5,5	0,6	13,4
4	Салгир – Симферополь	321	21	7,48	0,73	71,3	2,6	0,79	90,3
5	Ангара – Перевальное	38,3	5,8	32,6	1,139	21,4	3,2	0,72	29,7
6	М.Салгир – Симферополь	96	21	21,8	0,218	4,45	5,5	0,60	7,4
7	Бештерек – Мазанка	30	15	26,3	0,133	3,54	5,2	0,61	5,8
8	Бурульча – Межгорье	85	18	33,8	0,262	18,1	2,6	0,79	22,9
9	Биюк-Карасу – Белогорск	275	11	15,5	2,273	50,6	2,3	0,82	61,7
10	Биюк-Карасу – Зыбины	601	41	5,34	0,358	20,5	4,3	0,65	31,5
11	Биюк-Карасу – Калиновка	1140	62	4,22	0,297	71,3	2,7	0,78	91,4
12	Биюк-Карасу – Карасёво	3,5	2,3	56,2	0,66	21,5	16,7	0,42	51,2

Обеспеченность P определялась по формуле [1]:

$$P = [(m / (n + 1)) \cdot 100\%, \quad (7)$$

где m – номер значения максимального срочного расхода в ранжированном ряду; n – количество лет наблюдения.

С помощью ряда максимальных срочных расходов по формуле (7) определим значение переходного коэффициента λ в зависимости от P (табл.2).

Таблица 2.

Значения коэффициента λ

Холодный период						Тёплый период					
Обеспеченность $P, \%$						Обеспеченность $P, \%$					
0,1	1	2	5	10	25	0,1	1	2	5	10	25
1,3	1	0,84	0,61	0,46	0,32	1,5	1	0,83	0,61	0,47	0,28

С помощью значений коэффициента λ наблюдаемые значения Q_{max} пересчитаны в наибольший максимальный срочный расход 1%-ой обеспеченности $Q_{max1\%}$.

Это позволило преобразовать комплекс K_4 (5) в вид:

$$K = Q_{max1\%} T_n / L^3 \quad (8)$$

и скорректировать соответствующим образом выражение (6):

$$K = f(F/L^2, i).$$

В результате обобщения данных при исходных параметрах: $F = 3,5 - 1140 \text{ км}^2$; $L = 2 - 62 \text{ км}$; $i = 4,22 - 105 \text{ м/км}$; $F/L^2 = 0,133 - 4,2$ для холодного и тёплого периодов получены следующие соотношения.

Холодный период ($Q_{max} = 3,54 - 71,3 \text{ м}^3/\text{с}$) при индексе корреляции 0,998:

$$K = 1,22i - 22,6 \frac{F}{L^2} - 10,5 \quad (\text{при } i > 30 \text{ м/км и } F/L^2 \geq 0,6);$$

$$K = 0,042 + 0,484 \frac{F}{L^2} - 0,0262i \quad (\text{при } i < 30 \text{ м/км и } F/L^2 \geq 0,6);$$

$$K = 1,79 \left(\frac{F}{L^2} \right)^{2,35} + 0,0046i - 0,115 \quad (\text{при } 4 < i \leq 35 \text{ м/км и } 0,13 < F/L^2 < 0,6).$$

Тёплый период ($Q_{max} = 11,6 - 118 \text{ м}^3/\text{с}$) при индексе корреляции 0,999:

$$K = 0,944i - 10,6 \frac{F}{L^2} - 14,6 \quad (\text{при } i > 30 \text{ м/км и } F/L^2 \geq 0,6);$$

$$K = 0,66 + 2,33 \frac{F}{L^2} - 0,029i \quad (\text{при } i < 30 \text{ м/км и } F/L^2 \geq 0,6);$$

$$K = 0,193 \left(\frac{F}{L^2} \right) + 0,0058i - 0,077 \quad (\text{при } 4 < i \leq 35 \text{ м/км и } 0,13 < F/L^2 < 0,6).$$

Среднеквадратичная ошибка определения $Q_{max1\%}$ составляет для холодного периода $44,7 \text{ м}^3/\text{с}$, для теплого периода $30 \text{ м}^3/\text{с}$.

Весьма приближенная связь, характеризующая влияние среднемноголетнего расхода Q , имеет вид:

$$Q_{max1\%}^X / Q = 165 - 330Q \quad (\text{при } Q < 0,4 \text{ м}^3/\text{с});$$

$$Q_{max1\%}^X / Q = 120 - 50Q \quad (\text{при } Q > 1,3 \text{ м}^3/\text{с});$$

$$Q_{max1\%}^T / Q_{max1\%}^X = 4,7 - 9Q \quad (\text{при } Q < 0,4 \text{ м}^3/\text{с});$$

$$Q_{max1\%}^T / Q_{max1\%}^X = \frac{6,7}{Q} - 2,9 \quad (\text{при } Q > 1,3 \text{ м}^3/\text{с});$$

Уменьшение Q ведёт к росту отношения расходов.

Результаты расчёта по формулам для K для двух рек, приведены в табл. 3.

Результаты расчёта

Устье реки	F , км ²	L , км	F/L^2	i	$Q_{\max 1\%}$	
					холодный период	тёплый период
Сары-Су	127	27,7	0,166	21,8	11,8	83,1
Салы	44	14	0,224	36	16,3	27,6

Следует отметить, что со временем происходит изменение объёма информации по паводковым стокам. Это потребует корректировки расчётных соотношений.

Выводы:

1. Предложена совокупность комплексов для наибольших максимальных срочных расходов дождевых паводков.

2. В результате обобщений получены аналитические соотношения с высокими индексами корреляции, позволяющие рассчитать наибольшие максимальные срочные расходы дождевых паводков для рек северных и северо-восточных склонов Крымских гор.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пособие по определению расчётных гидрологических характеристик. – Ленинград: ГМИ, 1984. – 448 с.

2. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Т.6. Украина и Молдавия. – Вып. 4. Крым. – Ленинград: ГМИ, 1966. – 344 с.

3. Соколовский Д.Л. Речной сток. – Ленинград: ГМИ, 1952. – 492 с.

4. Тимченко З.В. Применение теории размерностей для обобщения наибольших срочных максимальных расходов воды // Учёные записки ТНУ им. В.И. Вернадского. – Т. 21 № 2 «География». – Симферополь, 2008. – С. 285 – 298.

5. Гопченко Е.Д., Романчук М.Е. Нормирование характеристик максимального стока весеннего половодья на реках Причерноморской низменности. – Киев: КНТ, 2005. – 148 с.

МЕТОДИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ РОЗРАХУНКУ ПРИВЕДЕНОГО ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ СТІНОВИХ КОНСТРУКЦІЙ З ВЕНТИЛЬОВАНИМ ПОВІТРЯНИМ ПРОШАРКОМ

*Державне підприємство «Науково-дослідний інститут будівельних
конструкцій» (ДП НДІБК), Україна*

Постановка проблеми. В останній час в Україні отримали широке застосування конструкції фасадної теплоізоляції з вентильованим повітряним прошарком та індустриальним опорядженням. Стінові конструкції, виконані за даним принципом, мають істотні переваги з точки зору будівельної теплофізики, водночас потребують детального аналізу теплових характеристик кінцевого конструктивного рішення при виборі параметрів теплоізоляційного шару. Під параметрами теплоізоляційного шару розуміються показники густини, повітропроникності та розрахункової теплопровідності утеплювача. Відповідно, дані параметри враховуються при проведенні розрахунку приведенного опору теплопередачі стінової конструкції, на підставі якого визначається кінцеве значення товщини теплоізоляційного шару.

В нормативному документі [1] для характеристики теплоізоляційних властивостей огорожувальної конструкції використовуються наступні поняття:

- опір теплопередачі термічно однорідної огорожувальної конструкції, R_{Σ} , $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{Вт}$;
- приведений опір теплопередачі термічно неоднорідної огорожувальної конструкції, $R_{\Sigma \text{ пр.}}$, $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{Вт}$.

Враховуючи, що стінові конструкції з вентильованим повітряним прошарком мають у своєму складі теплопровідні включення, то вони відносяться до термічно неоднорідних огорожувальних і для них необхідно проводити визначення $R_{\Sigma \text{ пр.}}$. Це положення також чітко визначено у нормативному документі [2].

Мета роботи. Проведення аналізу основних існуючих методичних принципів щодо розрахунку приведенного опору теплопередачі та розроблення уточненої методики розрахунку приведенного опору теплопередачі стінових конструкцій з вентильованим повітряним прошарком.

Аналіз існуючих методик розрахунку. Методика визначення приведенного опору теплопередачі встановлюється згідно додатку И [1]. Нормами встановлено два методичні підходи для розрахунків.

Перший метод розрахунку оснований на визначенні опору теплопередачі характерних однорідних фрагментів (зон) огорожувальної конструкції з подальшим визначенням середньозваженого по площині приведенного опору теплопередачі. Алгоритм розрахунку за вказаним методом визначений в [1] на основі формул (И.2), (И.3). Водночас слід зазначити, що математичний вираз за формулою (И.2) містить помилку і

розрахунки за вказаною формулою є невірними. Приведемо зазначений вираз:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{j=1}^J \frac{R_j F_j}{F_{\Sigma}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}}, \quad (1)$$

де $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{з}}$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К); R_j – термічний опір j -ої термічно однорідної зони конструкції, (м²·К)/Вт; F_j – площа j -ої термічно однорідної зони конструкції, м²; F_{Σ} – загальна площа конструкції, м².

Формула (1) була включена до норм на основі раніше діючих нормативів з будівельної теплотехніки [3], однак зазнала помилкової видозміни. Згідно формул (4)-(6) СНиП [3] опір теплопередачі неоднорідної огорожувальної конструкції повинен визначатися за кінцевою формулою:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{j=1}^J \frac{F_{\Sigma}}{R_j F_j} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}}. \quad (2)$$

Порівнюючи наведені формули (1) та (2), зрозуміло, що вони не є ідентичними, і при здійсненні розрахунків за ними будуть отримані різні результати.

Водночас, формула (2) також не повністю відображує фізичний зміст поняття приведеного опору теплопередачі. Так, приведеним опором теплопередачі огорожувальної конструкції називається фізична величина, що чисельно дорівнює відношенню перепаду температур повітря по різні сторони огорожувальної конструкції до усередненої за площиною густині теплового потоку через даний фрагмент конструкції при стаціонарних умовах теплопередачі. Дане визначення відповідає формулі:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{з}}}{\left(\int_F q dF \right) \cdot F_{\Sigma}^{-1}}, \quad (3)$$

або після перетворень:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{з}}}{\left(\int_F q dF \right) \cdot F_{\Sigma}^{-1}} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{з}}}{\left(\sum_i q_i F_i \right) \cdot F_{\Sigma}^{-1}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_i \left(\frac{q_i}{t_{\text{в}} - t_{\text{з}}} \cdot F_i \right)} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_i \frac{F_i}{R_{\Sigma i}}}, \quad (4)$$

де $t_{\text{в}}$, $t_{\text{з}}$ – температура відповідно внутрішнього та зовнішнього повітря по різні сторони огорожувальної конструкції, °С (К); q_i – густина теплового потоку через i -ту частину (зону) конструкції, Вт/м²; $R_{\Sigma i}$ – опір теплопередачі i -ої частини конструкції, (м²·К)/Вт; F_i – площа i -ої частини конструкції, м².

Саме останній вираз можна знайти в нормативних документах [4, 5] для визначення приведенного опору теплопередачі.

Навіть, не беручи до уваги сам факт неправильності розрахункової формули в [1], здійснення розрахунків за формулою (4) є досить проблематичним, особливо для конструкцій зовнішніх стін з вентиляваним повітряним прошарком. Це обумовлено тим, що на практиці не можливо адекватно розділити фрагмент такої конструкції на частини за рахунок наявності великої кількості різного роду теплопровідних включень. Розрахунок приведенного опору за вказаним методом можливий тільки при прийнятті цілого ряду різного роду припущень, що знижують точність розрахунку. Враховуючи, що для таких конструкцій, як зовнішні стіни з вентиляваним повітряним прошарком таких припущень необхідно зробити значну кількість, то можливість використання зазначеного методу для їх розрахунку викликає сумніви.

Другий метод розрахунку оснований на визначенні приведенного опору теплопередачі огорожувальної конструкції з наявними лінійними теплопровідними включеннями. Алгоритм розрахунку за вказаним методом визначений в [1] на основі формул (И.4)-(И.7). Основна розрахункова формула представлена у вигляді:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^m k_j L_j}, \quad (5)$$

де k_j – лінійний коефіцієнт теплопередачі, j -го теплопровідного включення, Вт/(м·К); L_j – лінійний розмір (проекція), j -го теплопровідного включення, м; $R_{\Sigma i}$ – опір теплопередачі i -ої термічно однорідної зони конструкції, (м²·К)/Вт; F_i – площа i -ої термічно однорідної зони конструкції, м².

Наведена формула може бути застосована для визначення приведенного опору теплопередачі стінових огорожувальних конструкцій, що містять у своєму складі тільки лінійні теплопровідні включення. Прикладами вказаних елементів можуть бути віконні відкоси, вузли примикань міжповерхових та балконних перекриттів до конструкцій зовнішніх стін, колони, тощо. В конструкціях зовнішніх стін з вентиляваним повітряним прошарком наявна велика кількість різноманітних точкових елементів-теплопровідних включень, наприклад: дюбелі для кріплення плит теплоізоляції, несучі кронштейни, гнучкі з'єднувальні елементи, тощо, що не можуть бути враховані при розрахунках за формулою (5). Таким чином, обидва методичні принципи, що наведені в [1], не дають змогу провести адекватні розрахунки приведенного опору теплопередачі конструкцій зовнішніх стін з вентиляваним повітряним прошарком.

Основна частина.

Уточнений метод розрахунку приведенного опору теплопередачі.

Даний метод заснований на положеннях європейських нормативних документів та знайшов своє застосування в практиці проектування РФ [6].

Метод базується на представленні огорожувальної конструкції у вигляді сукупності елементів, що її складають. Кожен елемент здійснює деякий вплив на тепловий потік через огорожувальну конструкцію, сукупність яких дорівнює величині повного потоку через огорожувальну конструкцію.

Відповідно, тепловий потік, що обумовлюється кожним елементом огорожувальної конструкції, характеризується величиною питомого теплового потоку, що помножується на відповідний геометричний коефіцієнт, який залежить від типу елемента.

Елементи огорожувальної конструкції можуть бути: плоскими, лінійними та точковими. *Плоскі* елементи – це однорідні частини огорожувальної конструкції, *лінійні* елементи – це лінійні теплопровідні включення, один з лінійних розмірів яких набагато перевищує інший, *точкові* елементи – це точкові теплопровідні включення, розміри яких набагато менші огорожувальної конструкції. Геометричні показники проєкцій вказаних елементів на огорожувальну конструкцію будуть відповідно вимірятись m^2 , m та од. (шт.) відповідно.

Дані положення можуть бути виражені у формульному вигляді:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{t_b - t_3}{\left(\int_F q dF \right) \cdot F_{\Sigma}^{-1}} = \frac{t_b - t_3}{\left(\sum_{m=1}^M Q_m \right) \cdot F_{\Sigma}^{-1}} = \frac{F_{\Sigma}}{\left(\sum_{m=1}^M \frac{Q_m}{t_b - t_3} \right)} = \quad (6)$$

$$= \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^I \frac{Q_i \cdot F_i}{(t_b - t_3) F_i} + \sum_{j=1}^J \frac{Q_j \cdot L_j}{(t_b - t_3) L_j} + \sum_{k=1}^K \frac{Q_k \cdot N_k}{(t_b - t_3) N_k}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^I \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^J k_j L_j + \sum_{k=1}^K \psi_k N_k},$$

де $R_{\Sigma i}$, F_i , k_j , L_j – те саме, що у формулі (5), ψ_k – точковий коефіцієнт теплопередачі, k -го теплопровідного включення, Вт/К; N_k – загальна кількість k -их теплопровідних включень, шт.

Розрахунок опору теплопередачі, лінійного та точкового коефіцієнтів теплопередачі необхідно здійснювати на підставі результатів двовірних та тривірних температурних полів. Геометричні показники слід визначати за проектними даними. Методика розрахунків двовірних та тривірних полів приведена в [1,6,7,8].

Приклад розрахунку приведенного опору теплопередачі стінової конструкції з вентиляльованим повітряним прошарком.

Розрахункова модель. Оскільки основною метою статті є відображення методики та прикладу розрахунку приведенного опору теплопередачі зовнішньої огорожувальної конструкції з вентиляльованим повітряним прошарком, то не будемо зупинятись на принципах вибору моделі які відображені у літературі [7, 9]. Для розрахунку вибрано типовий фрагмент конструкції фасадної теплоізоляції висотою в один поверх, що

виконаний на основі цегляної кладки в одну цеглу та мінераловатною ізоляцією товщиною 150 мм ($\lambda=0,045$ Вт/м·К). Розміри фрагмента фасаду становлять 3,3 x 5,96 м, загальний вигляд представлений на рис.1. Загальна площа непрозорої частини фрагмента фасаду дорівнює 15,7 м². У розрахунку враховується вплив наступних теплопровідних включень: панелі перекриття товщиною 200 мм, віконних відкосів, металевих кронштейнів та пластикових дюбелів.

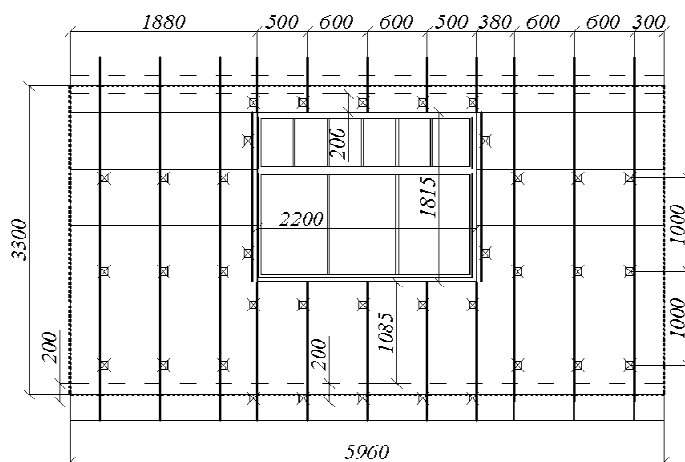
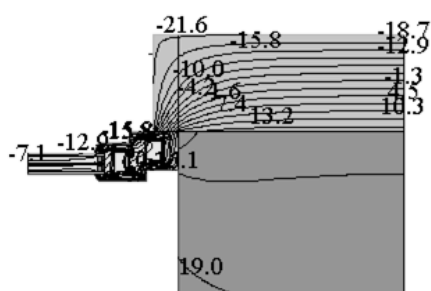


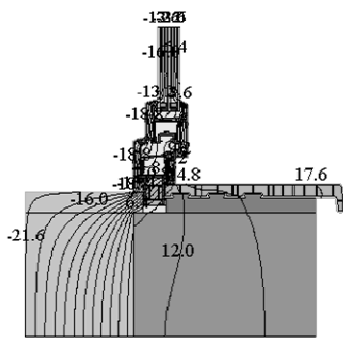
Рис.1 – Загальний вигляд фрагмента фасаду

Послідовність розрахунку. Для розрахунку приведенного опору теплопередачі вибраного фрагмента фасадної системи визначається наявність плоских, лінійних та точкових елементів. До *плоских* елементів відносяться фрагмент конструкції по його однорідній частині (по полю), тобто за винятком віконного прорізу у світлі, проекції міжповерхового перекриття та ригеля над віконним прорізом. Загальна площа даного елемента становить $F=3,3 \cdot 5,96 - 2,2 \cdot 1,815 = 14,48$ м². До *лінійних* елементів відносяться віконні відкоси, залізобетонний ригель над віконним прорізом, панель перекриття. До *точкових* елементів відносяться кронштейни та дюбелі. Тоді, відповідно до формули (6) розраховуються теплові характеристики елементів (рис. 2-6).



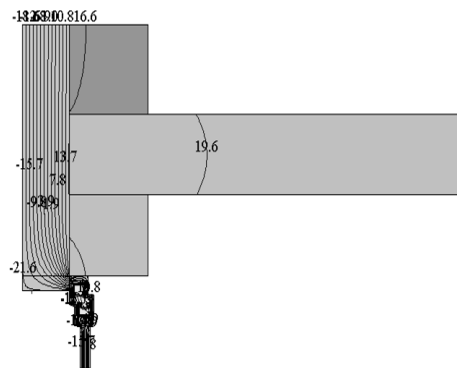
Тип елемента фасада:	лінійний
Лінійний коефіцієнт теплопередачі	$k_l = 0,059$ Вт/(м·К)
лінійний розмір теплопровідного включення	$L_l = 1,815$ м

Рис.2 – Температурне поле вузла у зоні віконного прорізу (горизонтальний переріз)



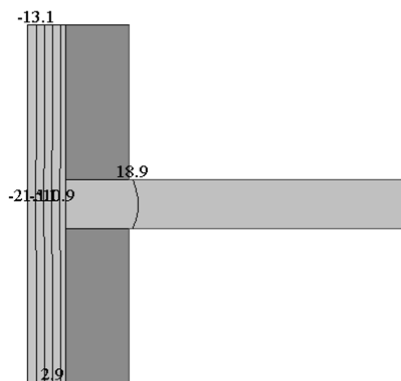
Тип елемента фасада:	лінійний
Лінійний коефіцієнт теплопередачі	$k_2 = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$
лінійний розмір теплопровідного включення	$L_2 = 2,2 \text{ м}$

Рис.3 – Температурне поле вузла у зоні віконного прорізу (підвіконня)



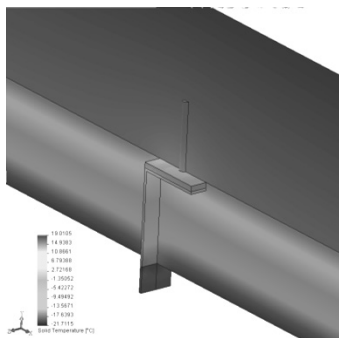
Тип елемента фасада:	лінійний
Лінійний коефіцієнт теплопередачі	$k_3 = 0,162 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$
лінійний розмір теплопровідного включення	$L_3 = 2,2 \text{ м}$

Рис.4 – Температурне поле вузла у зоні віконного прорізу (панель перекриття та ригель)



Тип елемента фасада:	лінійний
Лінійний коефіцієнт теплопередачі	$k_4 = 0,058 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$
лінійний розмір теплопровідного включення	$L_4 = 5,96 \text{ м}$

Рис.5 – Температурне поле вузла у зоні панелі перекриття



Тип елемента фасада:	точковий
Точковий коефіцієнт теплопередачі	$\Psi_1 = 0,015 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$
Загальна кількість теплопровідних включень	$N_1 = 32 \text{ шт.}$

Рис.6 – Температурне поле вузла у зоні кронштейна

Аналогічно точковому елементу кронштейну знайдені характеристики для точкових елементів дюбелів. Точковий коефіцієнт

теплопередачі $\Psi_2 = 0,003 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$. Загальна кількість теплопровідних включень (пластикових дюбелів з розрахунку 8шт. на 1 м^2) $N_2 = 126$ шт.

Таким чином, приведений опір теплопередачі конструкції за формулою (6) становить:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{15,7}{\frac{14,48}{3,8} + (0,059 \cdot 1,815 + 0,04 \cdot 2,2 + 0,162 \cdot 2,2 + 0,058 \cdot 5,96) + (0,015 \cdot 32 + 0,003 \cdot 126)} = 2,88 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Відповідно, коефіцієнт теплотехнічної однорідності розглянутого фрагмента фасада:

$$r = \frac{R_{\Sigma \text{ пр}}}{R_{\Sigma \text{ пр}}} = \frac{2,88}{3,8} = 0,76.$$

Наведений приклад розрахунку показує алгоритм визначення теплових показників неоднорідних включень та їх орієнтовні числові значення.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Запропонована методика розрахунку дозволяє враховувати внесок в загальну величину теплозахисту зовнішньої огорожувальної конструкції кожного елемента без винятку. Розрахунки за даною методикою дозволять накопити достатню базу даних щодо питомих теплових потоків через лінійні та точкові теплопровідні включення, на базі якої створити в подальшому прості інженерні методики розрахунку приведенного опору теплопередачі сучасних стінових конструкцій з вентиляльованим повітряним прошарком. Також, запропонована методика є загальною і може бути використана для розрахунків будь-яких огорожувальних конструкцій.

Наведені методичні положення для конструкцій зовнішніх стін з вентиляльованим повітряним прошарком потребують деяких уточнень, що враховуватимуть ще й тепловтрати за рахунок інфільтрації повітря в товщі теплоізоляційного шару, які характерні для даного типу конструкцій [10].

Після остаточної розробки методики розрахунків вона може бути основою для включення у відповідні нормативні документи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2006. – [Чинний з 01.04.2007].- К.: Мінбуд України, 2006. – 64 с. – (Державні будівельні норми України).
2. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустриальними елементами з вентиляльованим повітряним прошарком. Загальні технічні умови: ДСТУ Б В.2.6-35:2008. – [Чинний з 01.06.2009 р.] – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 29 с. – (Національний стандарт України).

3. СНиП II-3-79 Строительная теплотехника. – М., 1979. – 32с.
4. Конструкції будинків і споруд. Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій: ДСТУ Б В.2.6-101:2010. – [Чинний з 01.10.2010 р.] – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 53 с. – (Національний стандарт України).
5. СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты зданий. – М., 2004. – 138с.
6. Гагарин В.Г. Теоретические предпосылки расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. / В.Г. Гагарин, В.К. Козлов // Строительные материалы – 2010. – С.4-12.
7. Теплопровідні включення в будівельних конструкціях. Обчислення теплового потоку та поверхневої температури. Частина 1. Загальні методи: ДСТУ ISO 10211-1:2005. – [Чинний з 01.03.2008 р.] – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 38 с. – (Національний стандарт України).
8. Фаренюк Г.Г. Визначення лінійного коефіцієнту теплопередачі термічно неоднорідних огорожувальних конструкцій / Г.Г Фаренюк, Є.С. Колесник // Будівельні конструкції. – 2008. – вип.68. – С.138-147.
9. Кривошеин А.Д. К вопросу о расчете приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций / А.Д. Кривошеин, С.В. Федоров // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – №8(18). – С. 21-27.
10. Фаренюк Г.Г. Вплив інфільтрації повітря на теплові характеристики системи утеплення огорожувальних конструкцій з вентиляльованим повітряним прошарком. / Фаренюк Г.Г., Венжего Г.С., Колесник Є.С. //Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2010 – №2 – С.153-158.

Анотація: У статті представлений аналіз існуючих методів розрахунку приведенного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій та запропонована уточнююча методика для розрахунку конструкцій зовнішніх стін з вентиляльованим повітряним прошарком. Наведена методика розрахунку враховує вплив різного роду теплопровідних включень та геометричних особливостей конструкцій фасада.

Abstract: The paper describes an analysis of existing methods for calculating of the reduced thermal resistance of the exterior structures and proposed subdivision technique for the analysis of structures exterior walls with a ventilated air gap. The above method of calculation takes into account the influence of different heat-and geometrical features of structures facade.

УДОСКОНАЛЕННЯ ПОВЕРХНІ ТРАНСПОРТУЮЧОГО ШНЕКА ДИСКОВОГО КОПАЧА КОРЕНЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН

Національний авіаційний університет (Київ)

Розглянуті питання удосконалення відомих вітчизняних та зарубіжних очисних шнеків-гелікоїдів копачів бурякозбиральних комбайнів та причіпних машин. Доводяться переваги розробленого авторами гелікоїдального шнека-транспортера за показниками швидкості транспортування і якості очищення коренеплодів від ґрунтових і рослинних решток.

Постановка проблеми. Серед сучасних самохідних бурякокомбайнів і причіпних коренезбиральних машин, як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва, найбільш поширеними є ті, що оснащені викопувальними робочими органами (ВРО) дискового типу : КС – 6Б, (АТ « Тернопільський комбайновий завод»), РКМ-6-05 (ООО «Днепромаш-Инвест»), SK-2500, М III SA TE -120 (Данія) та ін. Експлуатація таких ВРО можлива на вищих швидкостях у порівнянні з лемішковими чи кулачковими копачами при забезпеченні кращих показників технологічної надійності виконання процесу викопування коренеплодів і якості очищення викопаних коренеплодів від залишків ґрунту, гички та інших рослинних решток, зокрема, за рахунок використання повздовжнього шнека-транспортера, що встановлений слідом за копачем.

Аналіз останніх досліджень. Значним резервом збільшення валового врожаю цукрових буряків і виходу цукру, є зменшення витрат і збереження технологічних якостей бурякової сировини при механізованому збиранні. Так, зокрема, за нормативними вимогами Держстандарту України, забрудненість вороху коренеплодів ґрунтом і рослинними рештками має складати не більше 7%[1]. Але, як показують результати останніх досліджень, цей показник значно перевищується, особливо в складних умовах роботи машин (підвищена твердість або вологість ґрунту, значна забур'яненість посівів, невіривняність рослин за розмірами та по відношенню до поверхні поля і осі рядка, тощо) [1,2]. При тривалому зберіганні (більше 60 діб), на бурякоприймальних пунктах цукрових заводів така сировина різко втрачає свої кондиції. Крім того, вочевидь, певна частина родючих ґрунтів вивозиться з полів до заводів разом з коренеплодами.

Постановка завдання. Врахувавши приведені вище переваги дискового копача ВРО зі шнеком-транспортером, за мету ставимо

покращення первинного очищення щойно викопаних коренеплодів шляхом удосконалення транспортуючого шнека.

Основна частина. Авторами статті розроблений ВРО [3], що містить два спарених диски 1, що розташовані під кутом один до одного та розміщений вздовж повздовжньої осі симетрії робочого органу транспортуючий пристрій 2, виконаний у вигляді шнека з навивкою по гвинтовій лінії – прямого гелікоїда (рис.1). Крок гелікоїда 2 зменшується в напрямку від центра дисків до їх периферії:

$$P_1 > P_2 > P_3 > \dots$$

(1)

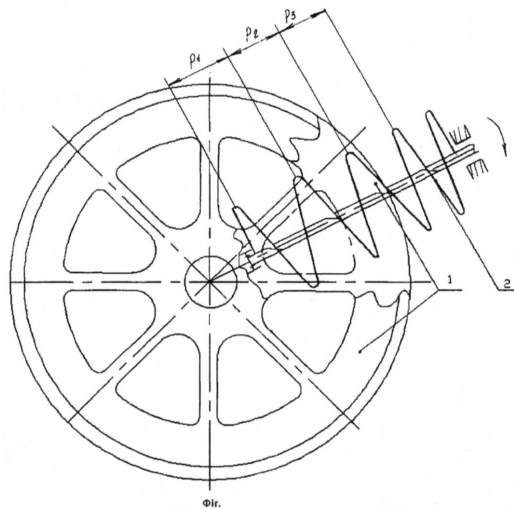


Рис.1. Схема дискового копача з шнеком-транспортером.

При обертанні даного шнека, будь-яка точка A його гвинтової поверхні перемістившись із одного положення в інше, на одній з площин проєкцій опише деяку частину повного оберту навколо осі, а на іншій переміститься вздовж осі шнека на долю кроку P , що можна подати у вигляді формули:

$\hat{A}_1 A_1' / 360^\circ = A_2 A_2' / P(2)$ Звідси $\hat{A}_1 A_1' = A_2 A_2' \cdot 360^\circ / P(3)$ Врахувавши (1), отримаємо обернену залежність, тобто, зі зменшенням кроку шнека, збільшується швидкість обертання його робочої поверхні, а, отже, покращується якість очищення коренеплодів.

Висновки. Таким чином, новий транспортуючий шнек гелікоїдального типу копача для коренеплодів (Патент № 59726), завдяки його конструктивним особливостям, забезпечує поступове підвищення швидкості транспортування щойно викопаних коренеплодів і, як наслідок, покращення якості їх очищення.

Подальші дослідження будуть пов'язані із розробкою конструктивних параметрів шнека (діаметр, довжина, швидкість обертання тощо) в

залежності від розмірно-масових характеристик коренеплодів, стану ґрунту і т.д.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Роїк М.В., Зуєв М.М., Куриль В.Л., Гументик М.Я.* Науково-методичні рекомендації щодо збирання цукрових буряків.- К.: Аграрна наука, 2002.-

42 с.

2. *Юрчук В.П., Волоха М.П., Волоха В.М.* Аналіз геометричних моделей робочих поверхонь копачів коренезбиральних машин // Праці таврійської Державної агротехнічної академії. Мелітополь: ТДАТА.-2005.- Т.30, Вип.4,41 -46с.

3. Патент на корисну модель № 59726 України, МПК А 01 Д 25/04. Робочий орган для викопування коренеплодів / *Юрчук В.П., Волоха М.П., Баишта О.Т., Волоха В.М., Болдирєва Л.В.* (Україна); Національний авіаційний університет. – и 2010 13625; заяв. 16.11.2010; опубл. 25.05.2011, Бюл.№10.

МОДЕЛЮВАННЯ ОСВІТЛЕНOSTІ ВІД ДЗЕРКАЛЬНО ВІДБИВАЮЧИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ШАХТ

*Національний університет водного господарства та
природокористування, Україна (м. Рівне)*

Постановка проблеми та аналіз основних досліджень і публікацій. Найбільш близькими до даного дослідження є роботи [1-4]. В роботі [2] розглядався розрахунок природної освітленості від дифузно відбиваючих циліндричних шахт, а також – основні моменти розрахунку освітленості від дзеркально відбиваючих циліндричних шахт. Але для дзеркально відбиваючих шахт розрахунок не був реалізований програмно, що не дозволяло візуалізувати і проаналізувати його результати та оцінити вплив на них розрахункових параметрів. Решта робіт [1, 3, 4] стосується моделювання ефективності циліндричних шахт з дифузним і дзеркальним відбиванням. В них освітленість моделюється лише на рівні нижньої основи шахти. Отже, метою даної роботи є моделювання природної освітленості довільної горизонтальної площини, розташованої під шахтою.

Основна частина. Розрахунок прямої освітленості від циліндричної світлової шахти з дзеркальним відбиванням світла не відрізняється від розрахунку для дифузно відбиваючої світлової шахти [2]. Простір під світловою шахтою зонується (виділяються три зони). В першій зоні розрахункова точка освітлюється прямим світлом, яке пройшло через вхідний отвір шахти, та відбитим від всієї внутрішньої поверхні шахти світлом. В другій зоні розрахункова точка освітлюється прямим світлом, яке пройшло через видиму з розрахункової точки частину вхідного отвору, і світлом, відбитим від частини внутрішньої поверхні шахти, видимої з розрахункової точки. В третій зоні розрахункова точка освітлюється тільки відбитим від частини внутрішньої поверхні шахти, видимої з розрахункової точки.

Для розрахунку відбитого світла для кожної відбиваючої точки частини внутрішньої поверхні, видимої з розрахункової точки, визначаються кількість відбивань променя до виходу з світлової шахти і кут його нахилу до горизонтальної площини на вході в шахту, якій, як це доведено в [2], дорівнює куту його виходу з шахти. Детальніше визначення цих двох параметрів описано в [2, 4]. Це дозволяє визначити яскравість променя на виході з світлової шахти, і, отже, змоделювати освітленість розрахункової точки на горизонтальній поверхні відбитим світлом або, при необхідності, визначити в ній координати світлового вектора. Останнє дозволяє розраховувати освітленість в розрахунковій точці не тільки на горизонтальній, але й на будь-якій похилій площині.

Оскільки поверхня освітленості від світлової шахти є поверхнею обертання навколо осі симетрії світлової шахти, то розрахункові точки задавалися вздовж прямої, паралельної осі x і розташовані на заданій відстані від нижньої основи шахти. На рис. 1 показано освітленість горизонтальної площини, розташованої на відстані 0,5 м від нижньої основи шахти, прямим світлом (точкова лінія), відбитим світлом (штрихова лінія) і сумарним світлом (суцільна лінія). Розрахунок проводився для хмарного небозводу за стандартом МКО при значенні коефіцієнта дзеркального відбивання $\rho=0.8$ і параметрах шахти (радіус, висота) $R=1$ м, $H=3$ м. Яскравість небосхилу в розрахунку приймалася рівною 1, тобто освітленість розраховувалась у відносних одиницях.

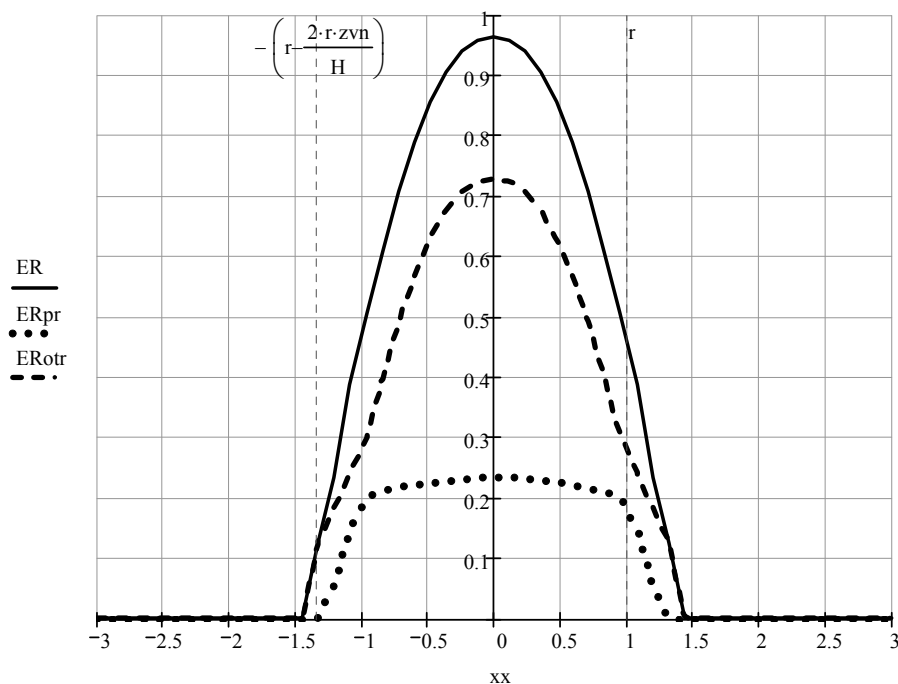


Рис.1. Освітленість горизонтальної площини, яка розташована на відстані 0,5 м від нижньої основи шахти, при таких її пропорціях: $R=1,0$ м, $H=3,0$ м

Як видно з рисунку для таких розташування горизонтальної розрахункової площини (близького до нижньої основи шахти) і параметрів шахти освітленість, створена відбитим світлом (штрихова лінія), переважає освітленість, створену прямим світлом. Крива сумарної освітленості на границях зон, показаних вертикальними штриховими лініями, має особливі точки, що відповідає світло просторовій експозиції.

На рис. 2 показано ті ж криві, але для горизонтальної площини, розташованої на відстані 5,0 м від нижньої основи шахти. Як видно з рисунку, при великих відстанях площини від нижньої основи переважає вже не відбите світло, а пряме. Причому крива прямої освітленості наближається до кривої сумарної освітленості, тобто в таких випадках відбите світло відіграє незначну роль у створенні сумарної освітленості, а максимальне значення сумарної освітленості сильно зменшується (в першому випадку – приблизно 0,95, а в другому – приблизно 0,06).

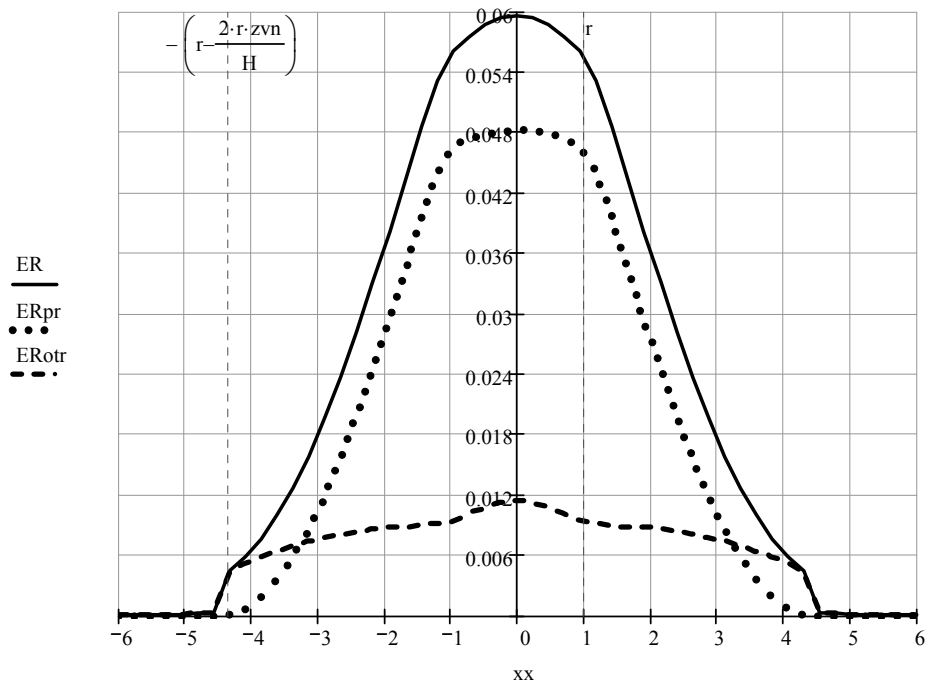


Рис.2. Освітленість горизонтальної площини, яка розташована на відстані 5,0 м від нижньої основи шахти, при таких її пропорціях: R=1,0 м, H=3,0 м

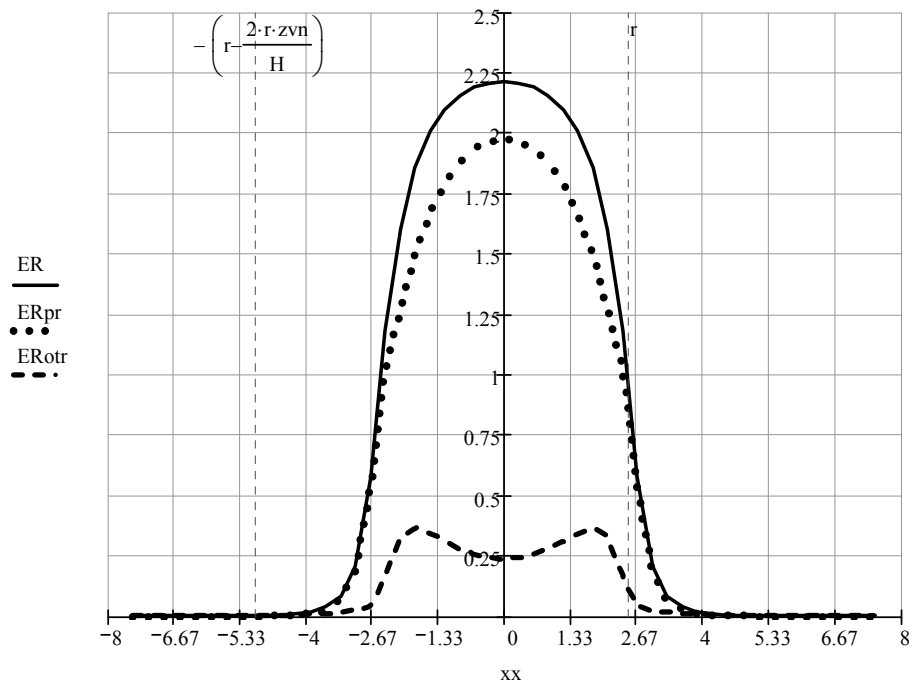


Рис.3. Освітленість горизонтальної площини, яка розташована на відстані 0,5 м від нижньої основи шахти, при таких її пропорціях: R=2,5 м, H=1,0 м. Максимальне значення, коли точка горизонтальної площини освітлюється повністю відкритим небозводом, становить $7\pi/9 \approx 2,443$.

На рис. 3 показані криві освітленості для площини, розташованої на відстані 0,5 м від нижньої основи шахти, при R=2,5 м, H=1,0 м, тобто шахта є низькою і широкою. Як видно з рисунку, пряма освітленість набагато переважає відбиту і характер кривої відбитої освітленості

змінився порівняно з рисунками 1, 2, а саме, крива має вже не один максимум, розташований на осі шахти, а два. А на осі шахти вона має локальний мінімум. Причому крива прямої освітленості наближається до сумарної кривої, оскільки вклад відбитої освітленості стає незначним. Описані зміни відповідають фізиці процесу поширення світла, що підтверджує коректність моделі та її комп'ютерної реалізації.

Для ілюстрації зміни вкладу прямої і відбитої освітленості в сумарну освітленість площини залежно від її відстані до нижньої основи шахти на рис. 4 показано графік, на якому по горизонтальній осі відкладена відстань площини від нижньої основи шахти, а по вертикальній – відношення потоку освітленості, створеного прямим світлом, до потоку освітленості, створеного відбитим світлом. Потоки обчислювалися в межах першої і другої зон, тобто всередині кола, утвореного як перетин горизонтальної розрахункової площини з прямим коловим конусом, який обмежує другу зону [2]. Третя зона до уваги не бралася, оскільки в неї пряме світло не потрапляє.

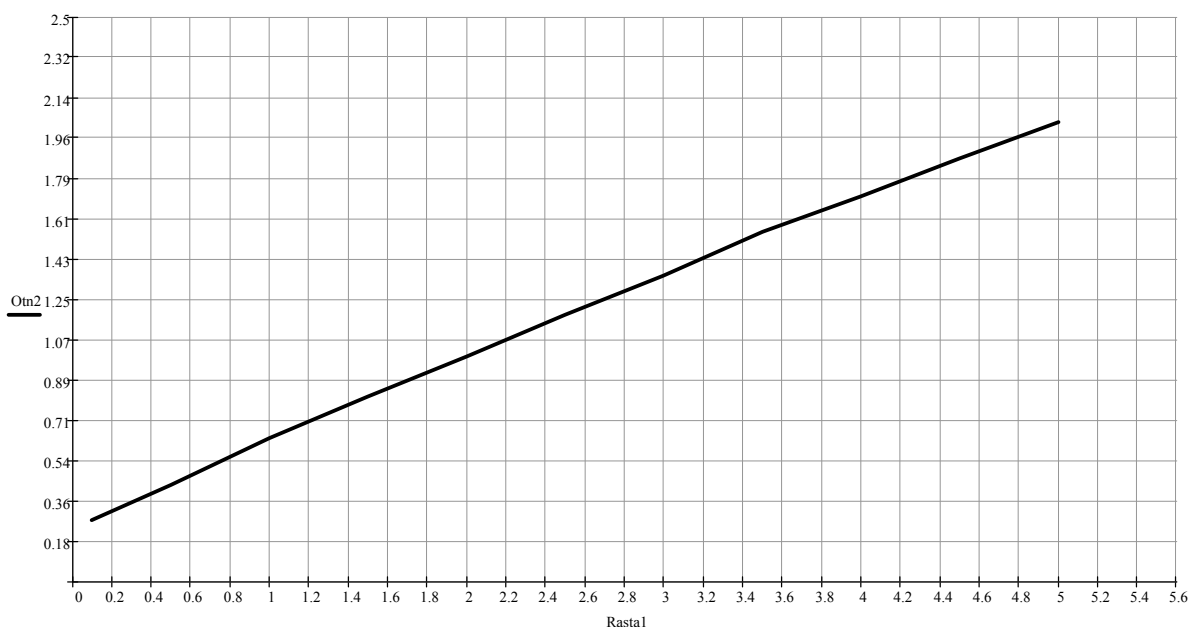


Рис.4. Залежність відношенні потоків, створених прямим і відбитим світлом в межах першої та другої зон, від відстані розрахункової площини до нижньої основи шахти

З рисунку 4 видно, що по мірі віддалення розрахункової площини від нижньої основи шахти відношення прямого потоку світла до відбитого зростає прямолінійно.

Висновки та перспективи досліджень. В роботі розроблена комп'ютерна модель природної освітленості горизонтально площини від циліндричної світлової шахти з дзеркальним відбиванням світла і проаналізовано результати моделювання залежно від відстані горизонтальної розрахункової площини від нижньої основи шахти. Показано характер зміни кривої освітленості, створеної відбитим світлом, залежно від геометричних параметрів шахти. Подальші дослідження

можна спрямувати на моделювання освітленості та інших характеристик світлового поля від шахт різних форм.

В статье моделируется освещенность горизонтальной плоскости, расположенной под зеркально отражающей цилиндрической световой шахтой. Источником естественного света является облачный небосвод по стандарту МКО. Анализируется характер изменения освещенности, создаваемой отраженным от внутренней поверхности шахты светом, в зависимости от параметров шахты и расстояния расчетной горизонтальной плоскости от нижней основы шахты.

In article light exposure of the horizontal plane located under mirror reflecting cylindrical light shaft is modelled. A source of natural light is the cloudy sky under standard ICI. Character of change of the light exposure created reflected from internal surface of shaft by light, depending on parameters of shaft and distance of a settlement horizontal plane from the bottom basis of shaft is analyzed.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гарбарук Ю.В., Кундрат Т.М., Пугачов Є.В. Порівняння коефіцієнта корисної дії циліндричних світлових шахт з дифузним і дзеркальним відбиванням світла // Технічна естетика і дизайн. – 2010. – Вип. 8. – С. 75 – 79.
2. Пугачов Є.В. Дискретне геометричне моделювання скалярних і векторних полів стосовно будівельної світлотехніки: Дис. ... докт. техн. наук: 05.01.01/К., 2001. – 353 с.
3. Пугачов Є.В., Кундрат Т.М. Моделювання ефективності циліндричних світлових шахт з дифузним відбиванням світла//Системні технології: регіон. міжвуз. зб. наук. праць. – Дніпропетровськ: ДНВП “СТ”, 2006. – Вип. 3(44). – С. 82-87.
4. Пугачов Є.В., Кундрат Т.М. Ефективність світлових шахт з дзеркальним відбиванням світла // Прикл. геометрія та інж. графіка 2006. – Вип. 76. – С. 63-67.

ПИТАННЯ СТАБІЛЬНОЇ РОБОТИ ВИТЯЖНИХ ВЕНТИЛЯТОРІВ СИСТЕМ АСПІРАЦІЇ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ КОМБІНАТІВ

Криворізький технічний університет, Україна

Розглянуто задачу визначення причини відмов роботи витяжних вентиляторів і умов їх стабільної роботи, а також вплив властивостей транспортованого матеріалу на тягодуттєве обладнання. Представлені результати аналітичних досліджень та експериментальні дані.

Аспірація, витяжна вентиляція, місцеві відсмоктувачі.

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами. В умовах тривалої експлуатації одним з видів погіршення стійкості системи аспірації є її розрегулювання внаслідок порушення структури системи. Інтенсивне зношення внутрішньої поверхні повітроводів аспіраційних систем абразивними частинками відбувається при перевищенні швидкості транспортування вище проектної, що, з одного боку, є сприятливим для процесу видалення пилу та запобігання його осіданню, а з іншого, – небажаним, тому що можливе винесення продуктів переробки.

Аналіз досліджень і публікацій. Аспіраційні установки з місцевими відсмоктувачами видаляють дуже значну кількість пилу. Вміст пилу в повітрі аспіраційних систем залежить від властивостей пилу, досконалості укриття, вологості матеріалу, який обробляється, відсутності або наявності гідрознепилювання та інш. Однак, умовам роботи тягодуттєвого обладнання, терміном їх роботи та нормалізації умов експлуатації трубопроводів приділяється замала увага як в наукових роботах так і на виробництві.

Постановка задачі. В статті розглянуто питання забезпечення безперебійної та стабільної роботи витяжних вентиляторів систем аспірації гірничо-збагачувальних комбінатів.

Викладення матеріалу і результати.

Стабільність роботи витяжних вентиляторів суттєво впливає на запобігання осідання пилу на внутрішній поверхні аспіраційних трубопроводів. Під стабільністю роботи мається на увазі час їх безперебійної роботи до стану відмови. Причини відмови роботи тягодуттєвого обладнання пов'язані з відмовою роботи самого тягодуттєвого обладнання, відмовою електродвигуна та іншими причинами. Відмова роботи тягодуттєвого обладнання можлива з таких механічних причин (рис. 1): заміни сальників; поломки муфти; поломки лопатей вентилятора; руйнування підшипників; поломки рами.

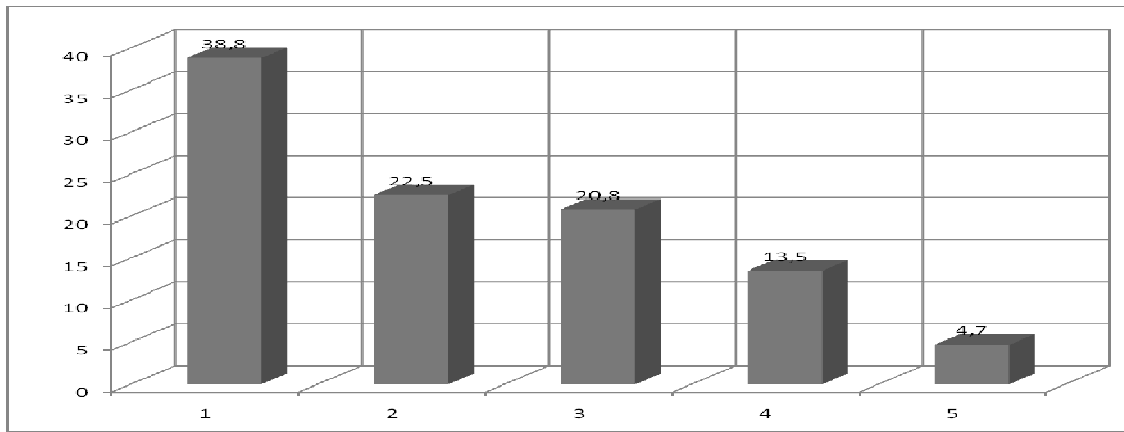


Рис. 1. Механічні причини простоїв тягодуттєвого обладнання
 1 – заміна сальників; 2 – поломка муфти; 3 – поломка лопатей вентилятора; 4– руйнування підшипників; 5 – поломка рами

Відмова роботи електродвигуна можлива з таких причин (рис. 2): перегрівання обмоток двигуна і спрацювання захисту; відмова електродвигуна; низький опір ізоляції; обрив фаз; спрацювання запобіжника; відмова пускача.

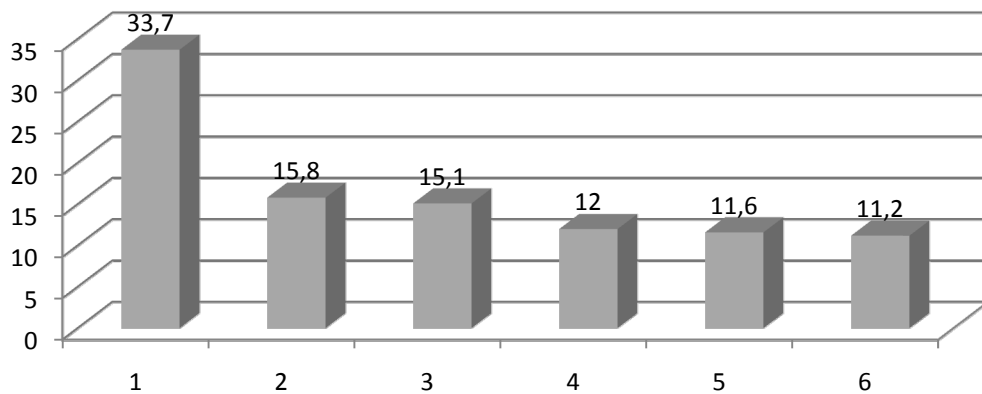


Рис. 2. Електричні причини простоїв тягодуттєвого обладнання
 1 – перегрівання обмоток двигуна і спрацювання захисту; 2 – зношення електродвигуна; 3 – низький опір ізоляції; 4 – обрив фаз; 5 – спрацювання запобіжника; 6 – відмова пускача

Інші причини простоїв тягодуттєвого обладнання: розгерметизація аспіраційного трубопроводу; неполадка щита керування; підготовка до пуску.

Для підвищення експлуатаційної надійності та збільшення міжремонтних строків експлуатації електродвигунів існують різні пристрої [1–2], які варто ширше використовувати у виробництві.

Основна частина простоїв, пов'язаних з відмовою роботи тягодуттєвого обладнання, залежить від часу проведення планових ремонтів і технічного обслуговування. Це можна пояснити недостатнім і несвоєчасним технічним обслуговуванням.

Основною відмовою із групи простоїв з різних причин є розгерметизація аспіраційного трубопроводу в процесі тривалої експлуатації. У більшості випадків це відбувається в результаті зношення, корозії і перевищення граничних навантажень із-за великої кількості пилу, що осів на внутрішній поверхні. У реальних умовах середня наробка подібних електродвигунів на відмову складає до 1200 годин. Найбільша інтенсивність відмов спостерігається при наробленні до 400 годин, а середнє значення інтенсивності відмов складає $0,0099 \text{ год}^{-1}$. При цьому із-за недостатньої якості виготовлення електродвигунів виникає близько 35%, а з причин недостатнього захисту відбувається 50% відмов [3]. Сам електродвигун у середньому відмовляє близько 12 раз до відправлення на капремонт [4].

Розгляд зношення трубопроводів аспіраційних систем показав, що найчастіше зношуються вузли поворотів трубопроводів з утворенням «мульди зношення». Причиною зношення є виконання відводів з невідповідним радіусом кривизни, крім того це змінює аеродинамічну характеристику вентиляційної мережі [5].

При розгляді параметрів роботи димососів аспіраційних систем ЦВС-2 агломераційного цеху № 2 НКГЗК після експлуатації упродовж 30-40 років, основні зміни існують в показниках швидкості, розрідження та об'ємів відсмоктуваної пилоповітряної суміші при проектних витратах для кожної з тягодуттьових установок у $300000 \text{ м}^3/\text{год}$ і ККД у 99,0%. Суттєвим недоліком є зменшення кількості відсмоктуваного повітря в порівнянні з розрахунковими витратами. При русі пилоповітряної суміші по аспіраційним повітропроводам зі зниженою швидкістю, відбувається осідання частинок пилу на стінки повітропроводу. Це призводить до її часткової або повної закупорки [7]. Згідно з отриманими дослідними даними: об'єми перемішуваної газопилової суміші не відповідають проектним даним у 1,18 – 2,02 рази в бік зменшення; за швидкістю руху пилогазової суміші – у бік зменшення від 1,43 до 1,60 рази, і, відповідно, по розрідженню – у бік зменшення від 1,02 до 2,34 рази; за концентрацією викидів шкідливих речовин в атмосферу – у бік збільшення від 1,5 до 2,0 рази, а ККД зменшився в 1,003 – 1,030 рази.

На думку авторів, найкращим способом зниження концентрації пилу в аспіраційному повітрі, є встановлення пилоуловлюваного апарату в максимальній близькості до місця його видалення відсмоктувачем.

Згідно з даними дробильної фабрики НКГЗК, середньорічний план-графік ремонту перевантажувальних вузлів і агломераційних машин за 2000 – 2009 роки представлений на рис.3. Продуктивність тягодуттьового обладнання варіюється від 10 до 300 тис. $\text{м}^3/\text{год}$ при монтажі даних систем ще у 1975 р. і проведеними середніми і капітальними ремонтами в 1997 – 2001 рр.

У наведеному на рис.3 графіку видно, що найбільшу увагу в ремонтному відношенні потребують до себе перевантажувальні вузли –

близько 86 годин на місяць, і в 1,27 рази на місяць менше – ремонт агломераційних машин.

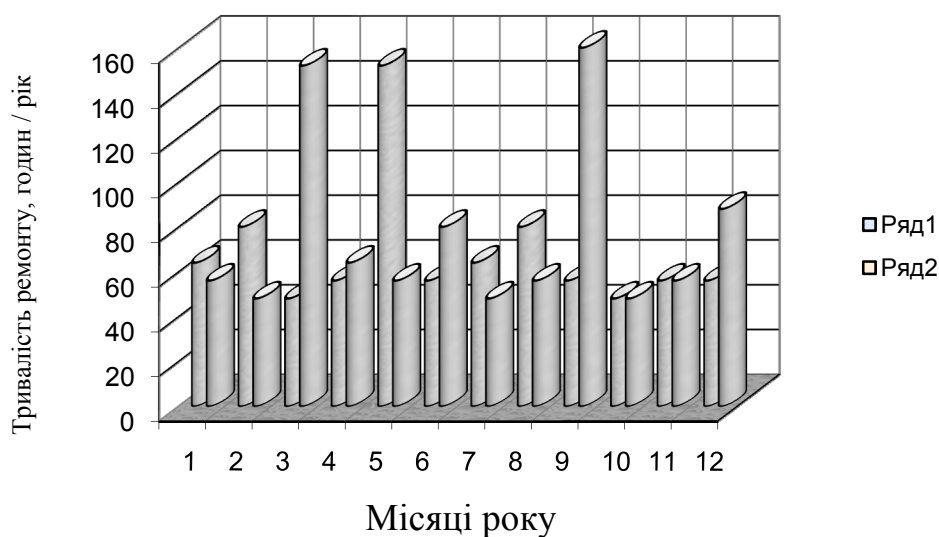


Рис. 3. Середньорічний план-графік ремонтів аспіраційного обладнання і повітроводів НКГЗК за 2000-2009 рр.: Ряд 1 – агломераційні машини; Ряд 2 – перевантажувальні вузли.

Згідно з даними експлуатації аспіраційних систем, наприклад, аглофабрики № 2 НКГЗК, термін зношення металу у відводах з товщиною стінки 10 мм – від 0,5 до 1,4 мм на рік, у залежності від умов експлуатації.

У результаті зношення трубопроводу і наявності вологості в 3%, трубопроводи піддаються корозії. Уникнення цього полягає в збільшенні товщини стінки металу трубопроводу вузла відводу в 2-6 раз і недопущенні збільшення швидкості руху повітря. Можливе також використання зносостійких матеріалів [8].

Висновки

Визначено причини відмов і стабільної роботи витяжних вентиляторів, а також вплив властивостей транспортованого матеріалу на тягодуттєве обладнання. Установлено, що основна доля простоїв, пов'язаних з відмовою роботи тягодуттєвого обладнання, залежить від тривалості проведення планових ремонтів і технічного обслуговування, котрі пов'язані переважно з відмовою роботи електродвигуна або складових частин димососу.

ЛІТЕРАТУРА

1. А.с. СССР № 708457, МКИ² Н 02 Н 7/08. Устройство для защиты электродвигателя от перегрузки и короткого замыкания/ Косяковский Л.Я. //-Б.И.-№1, 1980. - 3 с.
2. Защита асинхронных электродвигателей с автоматическим формированием установки срабатывания / Лазаревич Г.Г., Лабак В.И., Шкода А.А., Мурашкина И.В.// Научные аспекты повышения эффективности горнорудного производства: Сб. науч. тр. - Кривой Рог: НИГРИ, 1999. - С. 173 – 178.

3. Надежность асинхронных двигателей / Ванеев Б.Н., Сердюк Л.И., Главный В.Д. и др.; Под ред. Ванеева Б.Н. - К.: Техніка, 1983. - 143 с.
4. Разработка научно-технических предложений и промышленное опробование систем виброизоляционной и релейной защиты горно-обогачительного оборудования: Отчет о НИР ИГТМ НАН Украины, х.т. 12/831. - Днепропетровск, 1999. - 90 с.
5. Рябов А.В. Влияние фасонных элементов воздухопроводов на аэродинамическую характеристику вентилятора высокого давления // Исследования в области обеспыливания воздуха: Сб. науч. трудов; Под ред. Ю.Г.Грачева. – Пермь: Издательство Пермского политехнического института, 1986. - С. 106-111.
6. Халецкий. И.М. Вентиляция и отопление заводов черной металлургии: /Справочник/ - М.: Металлургия, 1981. - 240 с.
7. Молчанов Б.С. Проектирование промышленной вентиляции: Пособие для проектировщиков. - Л. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1964 – 280 с.
8. Омаргалиева С.А. Влияние расхода поверхностно-активных веществ на изменение силы сцепления между стенками воздухопроводов и влажной пылью. - Алма-Ата .Горное дело. Казахский политехнический ин-т им. В.И.Ленина. - Вып. 11. - С. 200 - 203.

Анотация

А.В. ГЕРАСИМЧУК, А.М. ГОЛИШЕВ, С.И.ЗАДОРОЖНИЙ

Криворожский технический университет, г. Кривой Рог

ВОПРОС СТАБИЛЬНОЙ РАБОТЫ ВЫТЯЖНЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ СИСТЕМ АСПИРАЦИИ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ КОМБИНАТОВ

Рассмотрена задача определения причины отказов работы вытяжных вентиляторов и условий их стабильной работы, а также влияние свойств транспортируемого материала на тягодутьевое оборудование. Представленные результаты аналитических исследований и экспериментальные данные.

Аспирация, вытяжная вентиляция, местные отсосы

AV Gerasimchuk, AM Golishev, SI Zadorozhny

Krivoy Rog Technical universitet, Krivoy Rog

QUESTION OF THE STABLE EXHAUST FAN ASPIRATION SYSTEMS GOK

The problem of determining the causes of failures of exhaust fans and the conditions of stable operation, as well as the influence of the properties of the transported material on the forced-draft equipment. The presented results of analytical studies and experimental data.

Aspiration, ventilation, local pumps

ФОКАЛЬНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ КОНГРУЭНЦИИ ОТРАЖЕННЫХ ЛУЧЕЙ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства,
Украина*

Abstract. The way of caustic surfaces (focal surface of congruence) description for solar ray reflection is considered. The reflecting surfaces are the surfaces of revolution and they are given by parametric equation.

Анотація. У статті розглянуто спосіб знаходження поверхонь каустик при відбитті сонячних променів від поверхонь обертання, які задані параметричними рівняннями.

Постановка проблеми. При исследовании отраженного потока возникает интерес описания поверхности, которой касаются все отраженные лучи, т.е. каустической или фокальной поверхности.

Анализ исследований и публикаций. Ранее были получены аналитические описания каустик на плоскости при отражении от различных кривых [2]. Все гораздо сложнее и интереснее в трехмерном пространстве. Там на каждом отраженном луче есть две точки концентрации энергии, т.е. каустическая поверхность в пространстве состоит из двух листов. Известно, что каустики в трехмерном пространстве имеют стандартные особенности: «ласточкин хвост», «пирамида», «кошелек» [1] (рис.1).

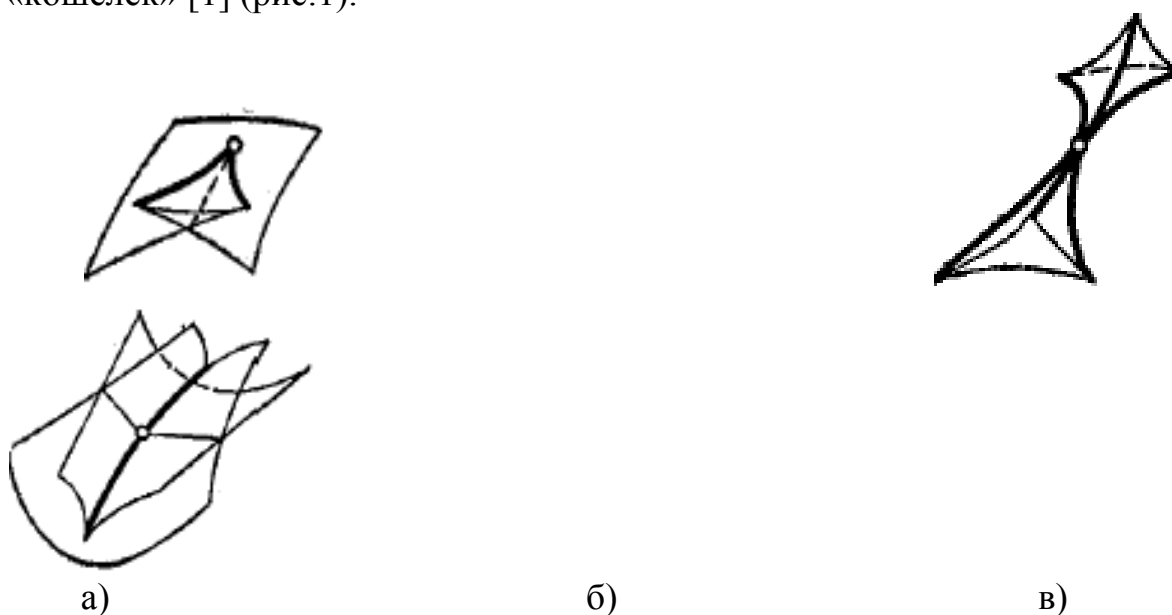


Рис.1

Формулировка целей и задач статьи. Получить формулу для нахождения каустических поверхностей конгруэнции отраженных лучей в

трехмерном пространстве. Осуществить компьютерную визуализацию данных поверхностей при отражении лучей от поверхности параболоида вращения и конической поверхности.

Основная часть. Пусть световые лучи задаются своими начальными точками, которые лежат на поверхности $p = p(u, v)$. Пусть точка $p = p(u, v)$ с изменением параметров u и v пробегает отражающую поверхность. Если отражение луча произошло в точке $p(u, v)$ и направляющий вектор луча стал $\vec{l} = \vec{l}(u, v)$, то уравнение луча будет иметь вид

$$x_{u,v}(t) = p(u, v) + \vec{l}(u, v)t.$$

Каустическая поверхность состоит из точек, в которых концентрируются – пересекаются близкие световые лучи. Близкие лучи – это те лучи, которые соответствуют близким значениям параметров u, v . Для светового луча, выходящего из $p(u + \Delta u, v + \Delta v)$, подберем значение параметра $t = t(u + \Delta u, v + \Delta v)$ так, чтобы точка

$$p(u + \Delta u, v + \Delta v) + \vec{l}(u + \Delta u, v + \Delta v)t(u + \Delta u, v + \Delta v)$$

лежала и на луче, выходящем из $p(u, v)$, т.е. как раз была точкой пересечения этих лучей (рис.2).

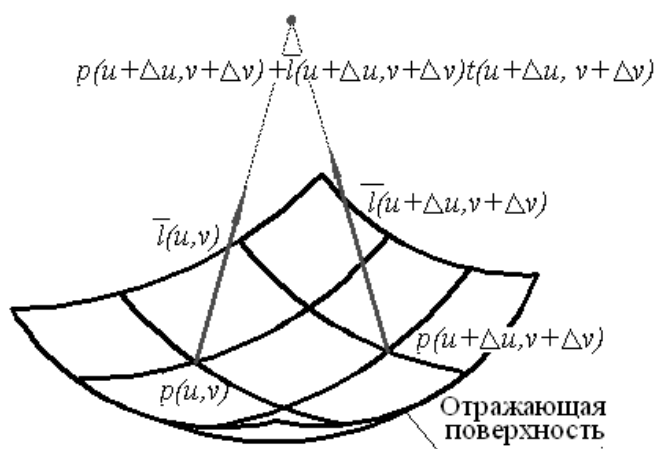


Рис.2

Но тогда вектор от $p(u, v)$ до этой точки

$$p(u + \Delta u, v + \Delta v) + \vec{l}(u + \Delta u, v + \Delta v)t(u + \Delta u, v + \Delta v) - p(u, v)$$

должен быть параллелен $\vec{l}(u, v)$, т.е.

$$\left(p(u + \Delta u, v + \Delta v) + \vec{l}(u + \Delta u, v + \Delta v)t(u + \Delta u, v + \Delta v) - p(u, v) \right) \times \vec{l}(u, v) = 0.$$

Поменяем местами слагаемые в скобке и еще вычтем оттуда $\vec{l}(u, v)t(u + \Delta u, v + \Delta v)$:

$(p(u + \Delta u, v + \Delta v) - p(u, v) + \vec{l}(u + \Delta u, v + \Delta v)t(u + \Delta u, v + \Delta v) - \vec{l}(u, v)t(u + \Delta u, v + \Delta v)) \times \vec{l}(u, v) = 0$
 Т.к. $\vec{l} \times \vec{l} = 0$, произведение как было равным нулю, так и останется. После деления на $\Delta u \cdot \Delta v$, получим

$$\left(\frac{p(u + \Delta u, v + \Delta v) - p(u, v)}{\Delta u \cdot \Delta v} + \frac{\vec{l}(u + \Delta u, v + \Delta v) - \vec{l}(u, v)}{\Delta u \cdot \Delta v} t(u + \Delta u, v + \Delta v) \right) \times \vec{l}(u, v) = 0$$

А после перехода к пределу $\Delta u \cdot \Delta v \rightarrow 0$

$$\begin{aligned} (p'(u, v) + \vec{l}'(u, v)t(u, v)) \times \vec{l}(u, v) &= 0, \text{ т.е.} \\ (p'_u + \vec{l}'_u \cdot t) \times (p'_v + \vec{l}'_v \cdot t) \times \vec{l}(u, v) &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

Отсюда получаем уравнение каустической поверхности

$$X(u, v) = p(u, v) + \vec{l}(u, v)t, \quad (2)$$

где t – корень квадратного уравнения (1).

Найдем уравнение каустической поверхности для конгруэнции лучей, отраженных от параболоида вращения

$$x(u, v) = u,$$

$$y(u, v) = v,$$

$$z(u, v) = (u^2 + v^2)/2.$$

> ugol:=Pi/3: #угол наклона солнечных лучей к плоскости хоу
 > xs:=0: zs:=5000: ys:=zs*tan(ugol); # координаты
 источника излучения

По закону отражения

$$\boxed{\vec{V}_2 = \vec{V}_1 - 2(\vec{V}_1 \cdot \vec{n})\vec{n}}$$

где \vec{V}_1 – направляющий вектор падающего светового луча,

\vec{V}_2 – направляющий вектор отраженного светового луча,

\vec{n} – единичный нормальный вектор к отражающей поверхности.

> p:=vector(3, [u, v, (u^2+v^2)/2]);

dpu:=vector(3, [diff(p[1], u), diff(p[2], u), diff(p[3], u)]);

$$p := \left[t, l, \frac{t^2}{2} + \frac{l^2}{2} \right]$$

$$dpt := [1, 0, t]$$

> dpv:=vector(3, [diff(p[1], v), diff(p[2], v), diff(p[3], v)]);

> n:= vector(3, [-u/sqrt(1+u^2+v^2), -1/sqrt(1+u^2+v^2), 1/sqrt(1+u^2+v^2)]);

> v1:=simplify(vector(3, [(p[1]-xs)/(sqrt((p[1]-xs)^2+(p[2]-ys)^2+(p[3]-zs)^2)), (p[2]-

```

ys) / (sqrt((p[1]-xs)^2+(p[2]-ys)^2+(p[3]-
zs)^2)), (p[3]-zs) / (sqrt((p[1]-xs)^2+(p[2]-
ys)^2+(p[3]-zs)^2))))):
> vv:=simplify(v1[1]*n[1]): vvv:=simplify(v1[2]*n[2]):
vvvv:=simplify(v1[3]*n[3]):
v1n:=simplify(vv+vvv+vvvv):
> v1nn:=vector(3, [2*v1n*n[1], 2*v1n*n[2], 2*v1n*n[3]]):
> v2:=simplify(evalm(v1-v1nn)):
dv2u:=simplify(vector(3, [diff(v2[1],u), diff(v2[2],u),
diff(v2[3],u)])):
> dv2v:=simplify(vector(3, [diff(v2[1],v), diff(v2[2],v),
diff(v2[3],v)])):
> M:=simplify(matrix(3,3, [[1+dv2u[1]*t, 0+dv2u[2]*t, t+dv
2u[3]*t], [0+dv2v[1]*t, 1+dv2v[2]*t, 1+dv2v[3]*t], [v2[1]
,v2[2], v2[3]])):
> S:=solve(det(M)=0,t): S1:=S[1]:S2:=S[2]:
> xk:=p[1]+S[1]*v2[1]: yk:=p[2]+S[1]*v2[2]:
zk:=p[3]+S[1]*v2[3]:
> caust:=plot3d([xk,yk,zk], u=-2*Pi..2*Pi, v=-
2*Pi..2*Pi, color=green):

```

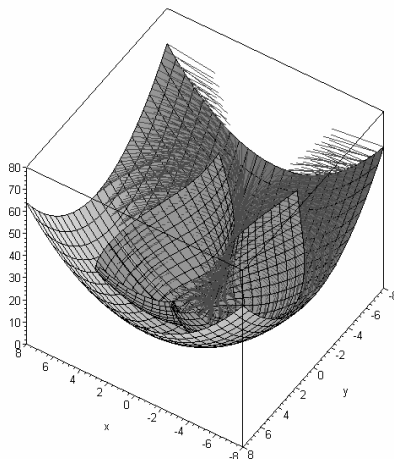


Рис.3. Каустическая поверхность для параболоида

На рис. 3 видно, что каустическая поверхность состоит из двух листов. Для конической поверхности

$$\begin{aligned}
 x(u, v) &= u, \\
 y(u, v) &= v, \\
 z(u, v) &= \sqrt{(u^2 + v^2)}/4.
 \end{aligned}$$

для угла падения солнечных лучей 45° аналогичным образом получаем вид каустической поверхности, представленный на рис. 4.

Выводы. Таким образом, получен способ аналитического описания поверхности каустики для конгруэнции отраженных лучей для поверхностей вращения, позволяющий исследовать свойства конгруэнции

отраженных лучей. По предложенному алгоритму получена визуализация поверхности каустики в пространстве.

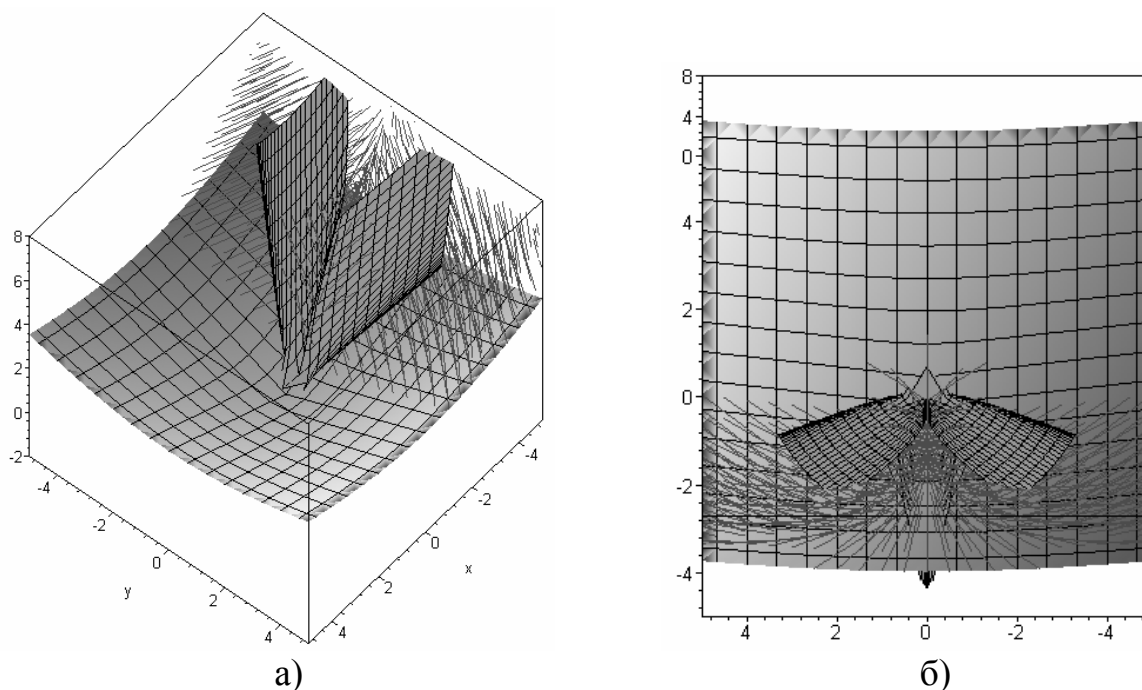


Рис.4. Каустическая поверхность для конуса: а) аксонометрия, б) вид сверху

Аннотация. В статье рассматривается способ нахождения каустических поверхностей (фокальных фигур конгруэнции) при отражении солнечных лучей от поверхностей вращения, заданных параметрическими уравнениями.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.И. Арнольд Теория катастроф, М.: Наука, 1990
2. Дворецкий А.Т. Компьютерное моделирование потока отраженных лучей / Дворецкий А.Т., Денисова Т.В. // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – Вип. 80. – КНУБА. - Київ, 2008. – С. 19-24.
3. Подгорный А.Л. Метод построения каустики для поверхности при параллельных падающих лучах / Подгорный А.Л., Куценко Л.Н. //Прикладная геометрия и инженерная графика. - Киев: Будівельник. - Вып.71. - 2002. – С. 14-19.
4. Підгорний О.Л. Можливості використання торсових поверхонь в якості відбивачів сонячних променів //Прикладна геометрія та інженерна графіка. - Вип.80. - 2008. – С. 11-15.

Дешко В.І.,
Шевченко О.М.
Фаренюк Г.Г.

ОСОБЛИВОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ПАСПОРТИЗАЦІЇ ФОНДУ БУДІВЕЛЬ В УКРАЇНІ

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут»*

Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій

Анотація

В статті наведено аналіз можливості використання чинної методології енергетичної паспортизації для будівель, що експлуатуються при проведенні енергетичного аудиту та впровадженні енергетичного менеджменту. Досліджено фактори впливу на клас енергоефективності будівлі. З використанням європейської нормативної бази запропоновано рекомендації до розвитку енергетичної сертифікації фонду будівель в Україні.

Аннотация

В статье приведен анализ возможности использования действующей методологии энергетической паспортизации для эксплуатируемых зданий при проведении энергетического аудита и внедрении энергетического менеджмента. Исследованы факторы влияния на класс энергоэффективности здания. С использованием европейской нормативной базы предложены рекомендации к развитию энергетической сертификации фонда зданий в Украине.

Abstract

The paper provides an analysis of the possibility of using the existing methodology for the energy certification for buildings operated by energy audits and implement energy management. There are investigated the factors of influence on the energy efficiency class of the building. With the European regulatory framework there are proposed recommendations for the development of energy certification of the building stock in Ukraine.

Вступ

Рівень енергоспоживання будівель в Україні перевищує аналогічні показники в країнах Західної та Північної Європи у 1,5 -2 рази [1], що свідчить про значний потенціал енергозбереження у цій сфері. Однак, вирішення питань енергозбереження потребує оцінки ефективності використання енергетичних ресурсів у будівлі, одним з елементів оцінки є енергетична паспортизація об'єктів – споживачів ресурсів, або енергетична

сертифікація, як прийнято у світовій термінології, зокрема у стандартах ЄС. При цьому завданнями енергетичної сертифікації є не лише мінімізація енергоспоживання, шляхом підвищення енергоефективності, а й зниження негативного впливу на довкілля. Крім того, вона є одним із завдань енергетичного аудиту, а також одним із інструментів організації системи енергоменеджменту будівель.

Сертифікація будівель за ефективністю використання енергетичних ресурсів створює базу для оцінки та порівняння енергоспоживання різних будівель, а також слугує основою для фінансово-матеріального заохочення або покарання та формує передумови й стимули для проектування нових еко-енергоефективних будівель, термомодернізації існуючих будівель тощо.

Сьогодні проведення енергетичної сертифікації будівель в Україні регламентується ДСТУ «Настанова з розробки та складання енергетичного паспорту будівель» [2].

Стаття присвячена аналізу використання засад методології [2] для проведення енергетичної сертифікації будівель, що експлуатуються.

Дослідження проведено на прикладі будівель вищих навчальних закладів (НТУУ «КПІ»), житлових будівель (гуртожитки, м. Київ), шкіл (загальноосвітні школи, м. Київ).

Постановка задачі

Енергетичний паспорт будівлі в Україні починаючи з 2007 року є обов'язковою складовою розділу проектної документації, що стосується реалізації вимог з енергозбереження. При цьому недостатньо прописаними до сьогодні залишаються питання визначення параметрів енергетичного паспорту для будівель, що експлуатуються. В рамках даної статті автори описують основні проблеми та складнощі, що виникають при паспортизації існуючих будівель за чинною методологією. Зокрема в статті подано аналіз за напрямками:

1. практичне застосування чинної методології складання енергетичного паспорту для будівель, що експлуатуються;
2. дослідження впливу побутових теплонаходжень на клас енергоефективності будівлі;
3. дослідження структури типів будівель для формування шкал оцінки енергоефективності;
4. рекомендації стосовно розвитку методології енергетичної паспортизації будівель, що експлуатуються.

Аналіз використання методології [2]

Згідно європейських стандартів [3] виділяють два основних підходи до визначення класу енергоефективності будівлі: розрахунковий підхід (*calculated approach*) та інструментальний підхід (*measurable approach*). Різниця між якими полягає у способі отримання даних для визначення енергоспоживання будівлею.

Згідно такої класифікації методологія розробки енергетичного паспорту будівлі в Україні, форма та вимоги до якого встановлені [2] відносяться до першого підходу – розрахункового.

Основна проблема енергетичної паспортизації будівель в Україні, у такому вигляді як визначено у [2, 4], при її використанні для будівель, що експлуатуються, полягає в тому, що вона базується на результатах енергетичного аудиту стандартні методики та настанови проведення якого відсутні.

Питомі тепловитрати на опалення будинку, що експлуатується повинні визначатися за ДСТУ [5] на основі проведення натурних випробувань. При цьому, будівля повинна мати систему опалення, обладнану пристроями автоматичного регулювання, що забезпечують задане підведення теплоти для підтримки температури в приміщеннях на рівні розрахункової згідно [4] в залежності від призначення будинку, та обладнану пристроєм для вимірювання витрати енергії (тепловим або електричним лічильником) на опалення; зовнішні огорожувальні конструкції повинні знаходитись в стані, що забезпечує нормальну експлуатацію об'єкта в опалювальний період: вікна, балконні двері, вхідні двері повинні мати ущільнювальні прокладки в стулках. У випадку, якщо будівля не обладнана пристроєм автоматичного регулювання подачі теплоти на опалення в залежності від зміни температури зовнішнього повітря на період випробувань у приміщеннях будинку необхідно влаштувати електричну систему опалення.

При визначенні показника питомого теплоспоживання для потреб опалення будівлі, варто також розглядати ситуацію, коли всі перелічені прилади у будівлі встановлені, однак з використанням водяної системи опалення все одно не забезпечується належний рівень комфортних умов. Як наслідок, для потреб забезпечення нормального функціонування будівлі може використовуватися електричний догрів приміщень [6, 7]. У такому разі методика [5] повинна враховувати: по-перше витрати інших енергоносіїв, окрім теплової енергії для потреб опалення та по-друге погодні умови й сукупність фактичного рівня опалення та умов комфортності у приміщеннях.

Відмінність вітчизняного енергетичного паспорта від європейського аналога полягає також у не врахуванні: витрат енергоносіїв для охолодження, гарячого водопостачання, освітлення тощо; викидів CO₂; витрат води.

Інші напрямки аналізу практичного застосування методології розробки енергетичного паспорту, згідно [2] до будівель, що експлуатуються зумовлені:

- 1) відсутністю або неповнотою проектної документації, що ускладнює процес збору інформації необхідної для проведення розрахунків;

2) відмінністю фактичних характеристик огорожувальних конструкцій експлуатованих будівель від проектних у зв'язку зі значним терміном служби та змінами при зведенні будівлі.

В основу класифікації будинків в Україні за енергетичною ефективністю покладено рівень відносного відхилення розрахункових/фактичних та нормативних значень питомих витрат теплової енергії на опалення, що встановлені [4]. Однак, одразу необхідно наголосити, що поняття «фактичні значення питомих витрат теплової енергії на опалення», яке використовується в [2, 4] та у багатьох випадках трактується як витрати, що отримані за даними по-будинкових теплових лічильників повинно тлумачитися як розраховане для конкретної будівлі значення питомих тепловитрат для потреб опалення у руслі вимог ДСТУ [5]. Таким чином, чинний ДБН [2] встановлює розрахунковий підхід до визначення енергоефективності будівлі, і якщо ми хочемо визначити енергоефективність будівлі за його шкалою оцінки, але з використанням інструментальних даних (покази лічильників), то необхідно чітко визначити, які вимірювання загальної енергії, що витрачається в будівлі під час її експлуатації повинні враховуватися при оцінюванні класу енергетичної ефективності будівлі.

Проведено визначення показників енергоефективності будівель різного періоду забудови (1899-1973) та призначення (навчальні корпуси НТУУ «КПІ», ЗОШ №26 м. Київ, гуртожиток №16 НТУУ «КПІ»), що отримані розрахунковим шляхом та з використанням фактичних даних, при цьому були проведені енергетичні обстеження будівель. Значення термічного опору огорожувальної конструкції будівлі розраховувалися на основі даних про конструктивні характеристики огорожень; геометричні розміри та опалювальна площа визначалися за допомогою лазерної лінійки. Величина побутових теплонадходжень до приміщень отримана частково інструментальним шляхом (за показами електролічильників) і, частково розрахунковим шляхом (за нормами, паспортними даними та даними опитування про роботу електроспоживаючого обладнання). Рівень дотримання комфортних умов визначався на основі складання температурної карти будівлі для певних моментів часу; втрати з інфільтрацією, що є вагомою складовою, визначалися розрахунковим шляхом на основі нормативних даних по кратності повітрообміну. Енергетичний аудит цих об'єктів було проведено для ілюстрації можливих наслідків неправильного трактування положень [2, 4], що пов'язані з визначенням фактичних витрат теплової енергії на опалення будівлі, що експлуатується.

Нами проведено порівняння показників будівель різного призначення отриманих розрахунковим шляхом та з використанням лише фактичних даних по теплоспоживанню, отриманих за показами теплотлічильника. Результат засвідчив, що незалежно від призначення будівлі, визначення показників енергоефективності за показами теплотлічильника та

розрахунковим шляхом не дає один і той же результат. При цьому, зважаючи на вік, стан та умови комфорту розглянутих будівель, більш реалістичними вбачаються питомі показники, визначені розрахунковим шляхом. Серед аналізованих будівель, при використанні методології [2] та застосуванні фактичних даних (лише покази теплотільника) переважна більшість будівель (65%) мають клас енергоефективності вище або рівний мінімальному значенню, що допускається при введенні нового будівництва; при визначенні класу енергетичної ефективності цих же будівель розрахунковим методом 33% з них отримали клас вище або рівний мінімально допустимому.

Причиною такої ситуації може бути у тому числі те, що визначення енергоспоживання за теплотільником відповідно до [2] передбачає, що в будівлі дотримуються умови комфорту, а отже, якщо вони не дотримуються, такий спосіб визначення енергоефективності будівлі повинен мати методи налаштування до розрахункового.

Для узгодження показників енергоефективності будівлі, отриманих за різними підходами необхідно: приводити фактичне теплоспоживання до нормативної кількості градусо-днів, яка враховує відмінність умов фактичного року від стандартних, а також враховувати показники дотримання умов комфорту в приміщеннях, внутрішні теплонадходження тощо.

Дослідження впливу побутових теплонадходжень на клас енергоефективності будівлі

Особливої уваги потребують питання визначення фактичної величини побутових теплонадходжень до приміщень будівлі, так наприклад в досліджуваному гуртожитку, за результатами енергетичного аудиту встановлено, що фактичні побутові теплонадходження в 3,7 рази більше значення рекомендованого за [1]. Для визначення впливу даного показника на клас енергоефективності будівлі розглянуто два випадки: з утепленням до мінімально допустимих значень за [3] та доведенням енергоефективності будівлі до класу не нижче С. Розрахунки засвідчили:

- при доведенні опору теплопередачі будівлі до мінімальних вимог (опір теплопередачі будівлі: $R_{\Sigma пр ст}=2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, $R_{\Sigma пр в}=0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, $R_{\Sigma пр вд}=0,44 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, $R_{\Sigma пр г}=3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$):
 - та використанні рекомендованого значення побутових теплонадходжень ($10 \text{ Вт}/\text{м}^2$), клас енергоефективності будівлі – D ($q_{бюд}=94,1 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$);
 - та використанні фактичного значення побутових теплонадходжень для даної будівлі ($37 \text{ Вт}/\text{м}^2$), клас енергоефективності будівлі – В ($q_{бюд}=60,9 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$);
- з доведенням класу енергоефективності будівлі не нижче С (опір теплопередачі будівлі: $R_{\Sigma пр ст}=5,19 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, $R_{\Sigma пр в}=0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, $R_{\Sigma пр вд}=0,44 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, $R_{\Sigma пр г}=5,67 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$)

- та використанні рекомендованого значення побутових теплонадходжень (10 Вт/м^2), клас енергоефективності будівлі – С ($q_{\text{буд}}=82,9 \text{ кВт}\cdot\text{год/м}^2$)
- та використанні фактичного значення побутових теплонадходжень для даної будівлі (37 Вт/м^2), клас енергоефективності будівлі – В ($q_{\text{буд}}=49,5 \text{ кВт}\cdot\text{год/м}^2$)

Отже, врахування побутових теплонадходжень має вагомий вплив на клас енергоефективності будівлі і потребує детального розгляду.

Таким чином, сьогодні в Україні не достатньо описані методології оцінки енергоефективності існуючих будівель. Методика ДБН [4] та ДСТУ [2], орієнтована на проектування нових будівель і не забезпечує основу для оцінювання будівель, що експлуатуються. Потребують розробки та гармонізації з європейськими стандартами, методи оцінки існуючих будівель з використанням як розрахункового, так і інструментального підходів.

Дослідження структури типів будівель для формування шкал оцінки енергоефективності

Окремо проаналізовано структуру типів будівель за призначенням, яка виходячи з використання сертифікації будівель при проведенні енергоаудиту та діяльності з енергоменеджменту є важливою складовою, що забезпечує можливість проведення моніторингу та порівняння будівель між собою як за фактичними, так і за нормативними показниками.

Зокрема, на прикладі позиції «Навчальні заклади (вищі, середні спеціальні, профтехучилища)», яка відсутня в [2] та присутня в [8-10] досліджено вплив структури типів будівель на показники оцінки енергоефективності. Аналіз показує, що надмірне об'єднання типів споруд може призвести до великої різниці енергоспоживання будівель в межах одного типу і, як наслідок, знизить ефект від впровадження заходів з енергозбереження та ілюстрації поступу і тенденцій зміни енергоспоживання, що в свою чергу може негативно вплинути на широке впровадження, ефективність та результативність кампанії енергетичної сертифікації.

На рис. 1, для порівняння наведено норми споживання теплоти на опалення існуючих громадських будівель і споруд у Гкал/м^3 на опалювальний період для різних кліматичних зон за [9] та максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період у Гкал/м^3 за [4] для громадських та адміністративних будівель, що проектуються або експлуатуються.

Ці дані показують відхилення питомих показників будівель, що об'єднані в одну групу на рівні від -5% до +53% і, як наслідок, можливий вплив даного фактору на визначення класу енергоефективності.

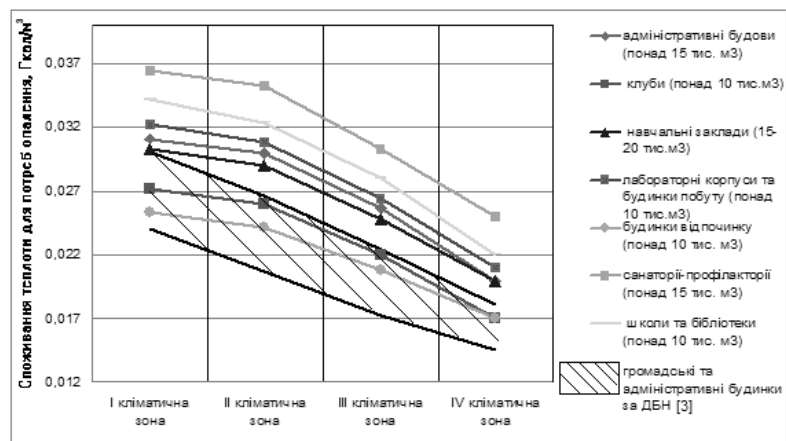


Рис.1 Порівняння норм теплоспоживання для потреб опалення громадських та адміністративних будівель побудови після 1981р. за [9] та сучасних будівель, що проектуються або експлуатуються за [4] – заштрихована область (будівлі поверховістю від 4 до 12 і більше поверхів)

Таким чином, межі питомого споживання теплової енергії для потреб опалення громадських та адміністративних будівель за [4] виявилися значно меншими від тих же норм за [9] для навчальних закладів. Це змушує замислитися про доцільність перегляду структури типів споруд обмеженою [4] до 6 найменувань (в тому числі одна позиція для житлових будівель). В той же час в [8-10], які нормують витрати теплової енергії будівлями для різних потреб, розглядається 14 типів споруд. Розглядаючи дане питання слід зазначити, що відповідно до додатку 1 Директиви 2010/31/EU про енергетичну ефективність будівель [11] виділяють 9 типів будівель за призначенням, серед яких окремо виділено й тип будівлі навчальних закладів (*educational buildings*).

Також необхідно наголосити, що при розробці нових стандартів необхідно узгоджувати їх положення з уже існуючими нормами, в тому числі це пов'язано й зі структурою виділених типів будівель, оскільки можливість зіставлення їх вимог створює засади для проведення моніторингу та порівняльного аналізу показників енергоефективності споруд, спрощує процес оцінки та прийняття рішень.

Висновки

Проведене дослідження методології енергетичної сертифікації будівель в Україні засвідчило необхідність розвитку вимог для оцінки будівель, що експлуатуються. При цьому вимоги повинні враховувати низку факторів, що пов'язані з: дотриманням комфортних умов у приміщеннях та умов клімату; необхідністю оцінки загального енергоспоживання будівлею; необхідністю перегляду та узгодження з іншими стандартами виділених типів споруд за призначенням, структури та питомих показників їх енергоспоживання.

Розробка шкал з енергоефективності для обґрунтованої кількості типів споруд потребує попередньої розробки будівель-еталонів, для

моделювання витрат енергоносіїв різними типами. З цього приводу необхідно враховувати наявність будівель різного класу якості: соціальне житло, економ класу, бізнес класу, елітні споруди. Будівлі одного типу (наприклад адміністративні споруди), однак різного класу матимуть різну структуру споживання енергії й відповідно зовсім різні питомі витрати енергії. В такому випадку, при розробці будівель-еталонів та, й відповідно, при визначенні питомих енерговитрат необхідно враховувати наявність витрат енергії на: опалення, гаряче водопостачання, охолодження (кондиціонування), механічну вентиляцію тощо.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дешко В.І., Шовкалюк М.М., Шевченко О.М., Шовкалюк Ю.В. Аналіз нормативів споживання теплоти в Україні та світі // Нова тема. - №2. – 2008. – С.6-10.
2. ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007. Настанова з розробки та складання енергетичного паспорту будівель. – К., 2008. – 43с.
3. EN 15603:2008. Energy performance of buildings—overall energy use and definition of energy ratings. – CEN. – European Committee for Standardization., 2008.–43р.
4. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – К., 2006. – 69с.
5. ДСТУ Б В.2.2-21:2008. Будинки і споруди. Метод визначення питомих тепловитрат на опалення будинків. – К., 2009. – 22с.
6. Аналіз енергетичних показників навчального корпусу / А. В. Праховник, В. І. Дешко, О. М. Шевченко // Енергетика та електрифікація. – 2011. – № 4. – С. 58-67.
7. Енергетична сертифікація будівель / А. В. Праховник, В. І. Дешко, О. М. Шевченко // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2011. – № 1. – С. 140-153.
8. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні. КТМ 204 Україна 244–94. – К.:ЗАТ „ВІПОЛ”. - 2001. – 376с.
9. Посібник та доповнення до Норм та вказівок по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні. – К.: УкрНДІнжпроект. – 2004. – 64с.
10. Міжгалузеві норми споживання електричної та теплової енергії для установ і організацій бюджетної сфери України. Затверджені Держкомітетом України з енергозбереження 25.10.99. – К.: ЗАТ “ВІПОЛ”, 2000р. – 104с.
11. Directive 2010/31/eu of the European parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast) // Official Journal of the European Communities. – 2010, L153. – P.13-35.

ТЕМПЕРАТУРНО-ПОГОДНІ ФАКТОРИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Проведено аналіз фактичних значень температур зовнішнього повітря за останні роки та оцінку необхідності внесення змін в нормативну базу теплопостачання.

Проведен анализ фактических значений температур наружного воздуха за последние годы и оценка необходимости внесения изменений в нормативную базу теплоснабжения.

The analysis of actual values of ambient air temperatures over the past few years and assess the need for changes in the heating supply regulatory framework in exiquited.

Вступ, аналіз останніх досліджень та постановка проблеми

Зміни погодних умов мають вплив на показники енергетичної ефективності усіх елементів системи теплопостачання (джерело теплоти, мережі, споживачі), тому прогнозування їх розвитку неможливо без урахування цих факторів. Температурно-погодні умови потрібно враховувати і на стадії проектування об'єктів, і при їх експлуатації, при проведенні енергетичних обстежень та розробці енергозберігаючих рекомендацій, а також при моніторингу ефективності споживання теплової енергії. Методологія проектування систем опалення заснована на розрахунках для характерних періодів року: найбільш холодна п'ятиденка (по розрахунковій температурі на опалення), опалювальний період (по середній температурі на опалення), розрахунковий рік (по числу градусодіб). Згідно [1] витрати енергії на опалення визначаються як функція показника градусо-дні опалювального періоду (ГД ОП), його універсальність для порівнювальних оцінок підтверджується практичним досвідом. Але цей показник є прийнятним лише для оцінки середньосезонних параметрів системи опалення. Існуюча нормативна база, що враховує показник ГД, направлена в основному на проектування, але доцільно проводити більш глибокий аналіз впливу погодних умов і при оцінці ефективності експлуатації та впровадженні енергозберігаючих заходів.

Прийнятий в Росії СНиП «Строительная климатология» [2] містить стандартні погодні дані для проектування для усіх міст України, але в нашій країні розрахункові значення зовнішніх температур для систем опалення багато років не переглядалися і досі діє СНиП, розроблений у 1982 році [3].

В роботах російських спеціалістів [4] розроблено модель енергоспоживання країни з урахуванням прогнозування кліматичних змін на перспективу та доведено, що обумовлені природними коливаннями

зміни споживання теплової енергії по величині можуть бути порівняні зі змінами, обумовленими соціально-економічними факторами і їх необхідно враховувати в програмах довгострокового розвитку енергетики. Визначено [4], що до 2050 р. на території Росії очікується скорочення ОП на 10-20 днів та загальне потепління клімату. Багаторічні дослідження фактичних температурних умов та ГД для Польщі [5] також засвідчують таку тенденцію. Все це доводить актуальність проведення аналізу фактичних даних зовнішніх температур та ГД для міст України та їх вплив на ефективність теплопостачання.

Цей аналіз виконано на прикладі м.Києва з метою порівняння з встановленими нормами та оцінки необхідності внесення змін.

Зміна зовнішніх температур

Нами досліджені дані Укргідрометеоцентру та проведений аналіз добових, середньомісячних температур зовнішнього повітря та їх змін за ОП останніх 15 років (1996-2010 р.р.) на прикладі м. Києва. Для можливості порівняльних оцінок за основу прийнято наступні терміни опалювального періоду: з 15 жовтня по 15 квітня. Як показує рис. 1, середньомісячна температура за один і той же період окремих років значно коливається, тому поточні кліматичні умови можуть суттєво відрізнятися від стандартного клімату. Спостерігається тенденція зміни температури зовнішнього середовища протягом ОП в бік підвищення. В графічному вигляді аналіз періоду стояння фактичних середньодобових температур за 15 років та нормативних даних представлено на рис. 2. Спостерігається тенденція до збільшення кількості годин стояння температур вище +8 °С.

Було висунуто припущення щодо можливого коригування офіційних термінів ОП, а саме зменшити кількість днів ОП в квітні та жовтні. Проведений аналіз показав, що спостерігається коливання температур як в більшу, так і в меншу сторону відносно 8°С, тому доцільним є місцеве обмеження подачі теплоти.

Більш детально з кроком 1 °С проаналізовано кількість днів стояння середньодобових температур за ОП (рис. 3). Середньодобові температури від мінус 5 С та вище тримаються близько 83% днів ОП, а згідно нормативів ця величина складає 74%, що також вказує на зниження періоду стояння низьких температур. Аналіз показав, що зовнішня температура лише 6 днів (у січні) за усі 15 років дослідження була близька до розрахункової на опалення [1].

Середньодобові значення температур за декілька років сортувались за величиною, після чого проводився розрахунок відносної частоти стояння кожної з середньодобових температур протягом середньостатистичного ОП (рис. 4).

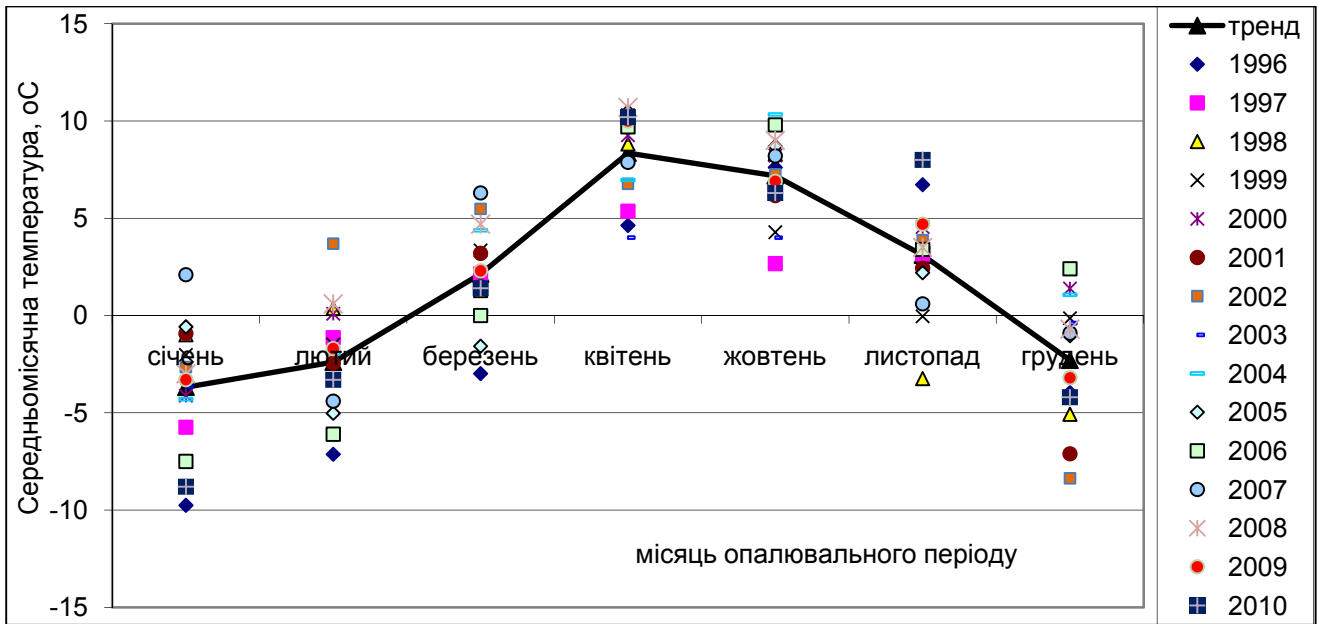


Рис. 1. Зміна зовнішньої температури протягом ОП

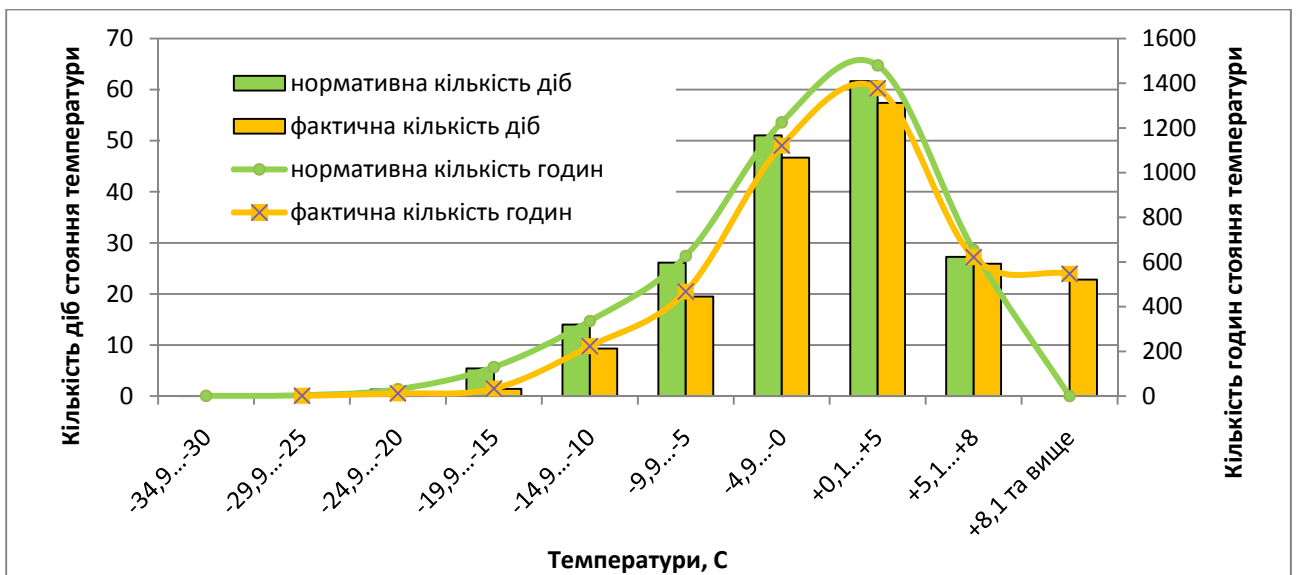


Рис. 2. Період стояння нормативних [6] та фактичних зовнішніх температур за ОП

Аналіз графіка показує, що біля 15 % ОП утримується температура вища, ніж 8°C , що вказує на можливості енергозбереження при правильному регулюванні навантаження. Зовнішня температура нижче мінус $1,1^{\circ}\text{C}$ утримується протягом більше третини ОП, а температура мінус 22°C , на яку за нормами проектується обладнання системи опалення, утримується протягом декількох годин (або 0,5% днів), тобто можливості його повністю будуть використовуватись лише один день на рік в середньому. Тому доцільним є створення комбінованих систем, які включають базові елементи для забезпечення опалення до настання тих температур, нижче яких частота стояння знижується (для умов Києва це близько мінус 1°C , див. рис. 5) та пікові джерела. На рис. 6. наведено прилад співвідношення кількості теплової енергії на потреби опалення при виборі потужності основного джерела за температурою мінус $1,1^{\circ}\text{C}$. Конкретне значення цієї температури може бути обґрунтовано лише після детальних техніко-економічних розрахунків з урахуванням наявних типорозмірів обладнання, але через відсутність відповідної офіційної статистичної інформації щодо фактичних погодних умов міст України подібні розрахунки часто виконуються при різних вихідних даних, у зв'язку з чим результати обчислень можуть значно різнитися. Доцільним є уніфікація підходів при таких розрахунках.

Інтегральний графік теплового навантаження [7], побудований для м.Києва (рис. 7) показує: якщо опалювальне навантаження забезпечується двома джерелами, одне з яких має продуктивність, що дорівнює 60% від максимальної, а інше – 40 %, то перше може забезпечити 94 % річної кількості теплоти, а друге – тільки 6 %. Обираючи основне джерело теплоенергії, що має продуктивність 80% від максимальної, можемо забезпечити 99% виробництва річної кількості теплової енергії. При використанні інтегрального графіку, побудованого за нормами [8], похибка може складати до 8%, а це може призвести до суттєвих відхилень в результатах при визначенні техніко-економічних показників джерел теплоти.

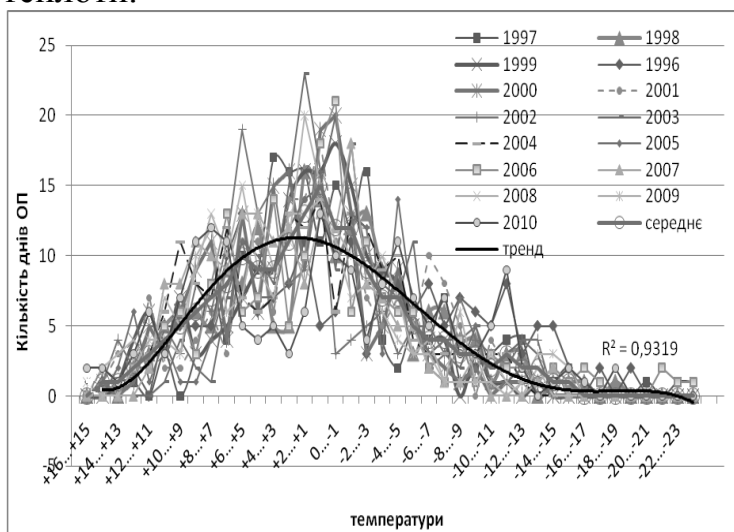


Рис. 3. Період стояння середньодобових температур зовнішнього повітря за ОП

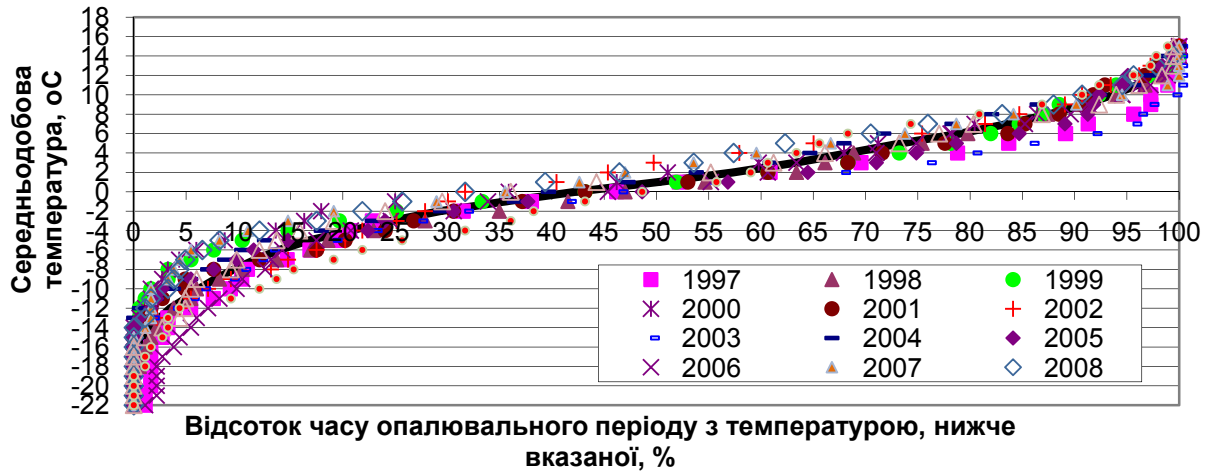


Рис. 4. Розподіл частоти середньодобової температури ОП



Рис. 5. Вірогідність середньодобової температури середньостатистичного ОП у м.Києві

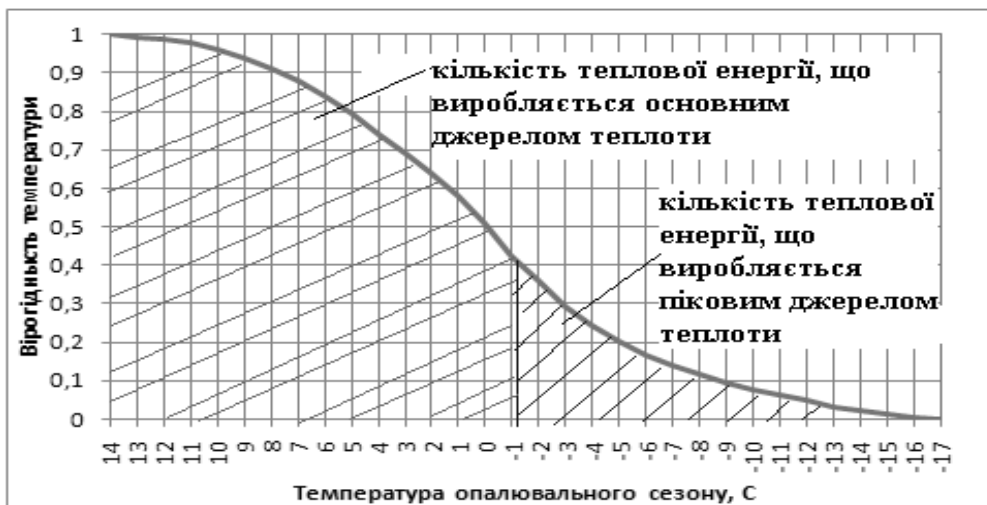
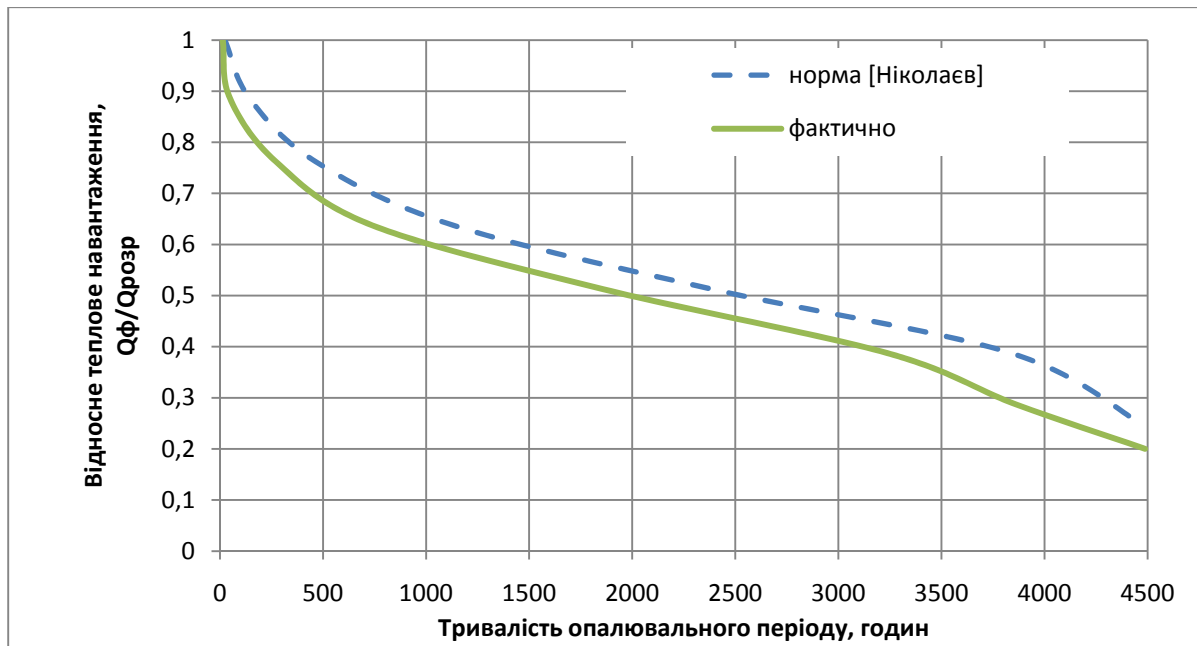
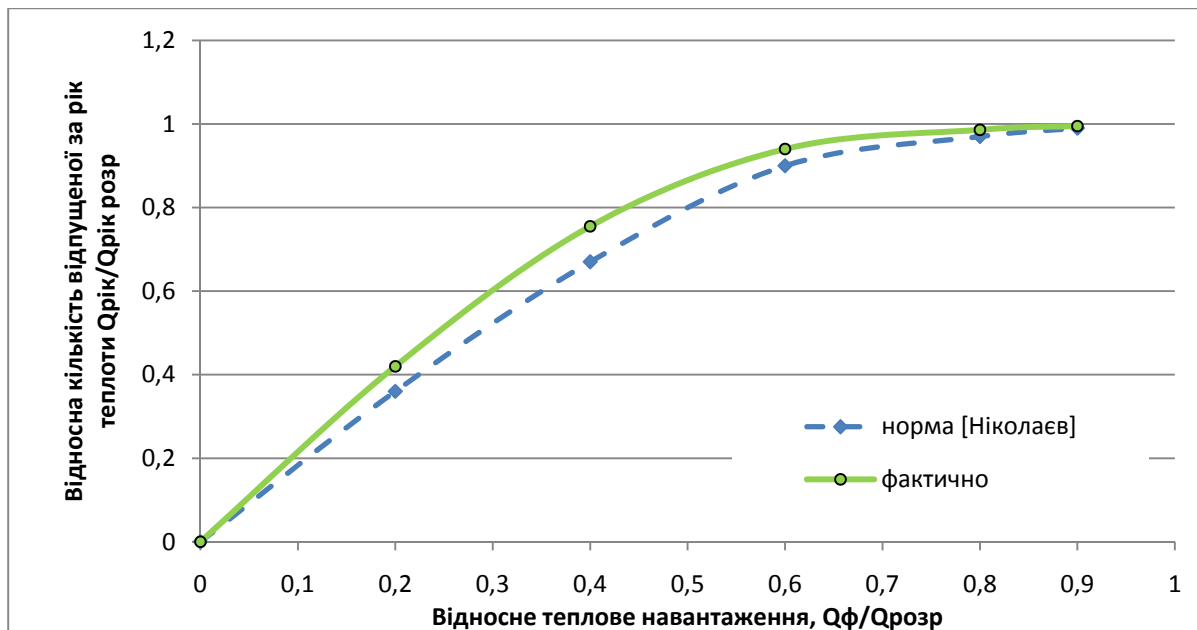


Рис. 6. Співвідношення кількості теплоенергії за рахунок основного та пікового навантаження



а



б

Рис. 7. Побудова інтегрального графіку навантаження на опалення
а – графік тривалості опалювального навантаження, б – інтегральний графік

За досліджувані роки 60% ОП тримається температура, вища, ніж мінус 1 °С, що є близьким значенням до нормативної середньої температури ОП (для Києва -1,1°С), а 80% часу ОП тримається температура, вища ніж мінус 5°С, що є близьким значенням до середньої температури холодного місяця (для Києва -5,9°С). Тому для можливості уніфікації доцільним буде введення рекомендації проведення розрахунків при виборі варіантів та потужності основного та пікових джерел енергії саме при цих розрахункових температурах, але остаточні висновки можливі лише після проведення детальних техніко-економічних розрахунків.

Проведений аналіз амплітуди коливань температур повітря за кожен день місяця на прикладі січня за період 15 років показав, що максимальне коливання зовнішньої температури відбувалося 21 січня (28°С), причому такі погодні зміни відбувалися за два послідовних роки (у 2006 середня температура в цей день була -23,8 °С, у 2007 +4,4 °С). Споживання теплоти на опалення будівлею за день внаслідок такого впливу може відрізнятись більше ніж в три рази за два послідовних роки, що вказує на обов'язковість врахування погодних умов при проведенні моніторингу теплоспоживання. Розмах температур за останні роки (табл. 1) суттєво відрізняється від нормативних величин в бік підвищення коливань, це створює передумови до широкого використання засобів місцевого регулювання подачі теплоносія.

Таблиця 1
Дослідження амплітуди середньодобової температури протягом місяця ОП

	Місяць ОП	січень	лютий	березень	квітень	жовтень	листопад	грудень
Фактичні дані	Амплітуда, °С (max)	23,4	21,0	18,3	14,5	13,5	24,1	26,3
	Амплітуда, °С (середня)	16,4	15,5	13,0	10,2	10,3	15,3	16,6
Нормативні дані [3]	Амплітуда, °С (max)	19,5	21,7	16,8	19,6	16,8	15,3	17
	Амплітуда, °С (середня)	5,3	5,8	6,8	8,7	7,6	4,8	4,4

Аналіз градусо-днів опалювального періоду. Кількість градусо-днів ОП може бути визначена через середню температуру ОП, як це передбачають ДБН [9], але більш точний підрахунок можна провести наступним чином: $ГД = \sum_{j=1}^m (t_{ен} - t_{зj}) \cdot K_{дiбj}$, або $ГД = \sum_{k=1}^{n_0} (t_{ен} - t_{зk})$, де j – місяць ОП; $t_{ен}$ - температура внутрішнього повітря згідно призначення будівлі; $t_{зj}$ - температура зовнішнього повітря середня для місяця j ; m - кількість місяців; $K_{дiбj}$ - кількість днів ОП в місяці j ; n_0 - тривалість ОП; k – день ОП; $t_{зk}$ - середня температура зовнішнього повітря для кожного дня k ОП. Температурні умови, які відрізняються від стандартних, в значній мірі впливають на величину фактичних ГД (табл. 2). Різниця за один і той же

місяць може складати 270 ГД за два послідовних роки (лютий 2002 – 401, 2003– 671), а коливання кількості ГД за певний місяць – 368 ГД. Такі коливання можуть призвести до відхилення в кількості теплоти на опалення в розмірі 60%.

Назріла необхідність переглянути стандартні значення температур ОП. Навіть за 15 років осереднення відхилення в кількості ГД, розрахованих за добовими температурами, в січні складає 8%, тоді як в грудні ця похибка майже зникає. В нормативах відсутні середні температури ОП для перехідних місяців (квітень, жовтень), але наведення подібних стандартних даних буде доцільним для можливості порівняльних оцінок різних джерел теплоти.

Таблиця 2.

Коливання фактичної кількості ГД по місяцях ОП

Місяць		10	11	12	1	2	3	4
Норма		168	477	629	732	622	536	140
Фактично	min	130	300	484	493	401	363	107
	max	261	637	817	861	779	651	210
коливання		130	337	334	368	379	288	103

Вплив температурних умов на енергоефективність будівель

За типовим проектом сучасної 22-поверхової житлової будівлі були проведені розрахунки витрат теплової енергії на опалення будівлі протягом ОП за методикою, наведеною в [9,10]. Детальні вихідні дані щодо конструктивних особливостей даної будівлі наведено в [10, дод. Д]. Розрахунки проводилися для різних міст в межах однієї температурної зони при двох значеннях кількості ГД ОП: для відповідної температурної зони згідно [10] та нормативне для певного міста згідно [1]. Дослідження показали (рис. 8), що відхилення можуть бути і в більшу, і в меншу сторону в межах певної зони, а це призводить до того, що будівля матиме вищий або нижчий клас енергоефективності, що впливатиме на прийняття інженерних рішень щодо конструкції будівлі. Потрібно відмітити, що при розрахунку теплонадходжень від сонця за ОП згідно норм [10] наводяться стандартні дані для різних міст з орієнтацією по сторонах світу, проте вплив температурних умов в межах певної температурної зони не приймається до уваги. Доцільним буде впровадження рекомендації врахування нормативної кількості ГД ОП для певного міста, а не стандартних значень для температурної зони.

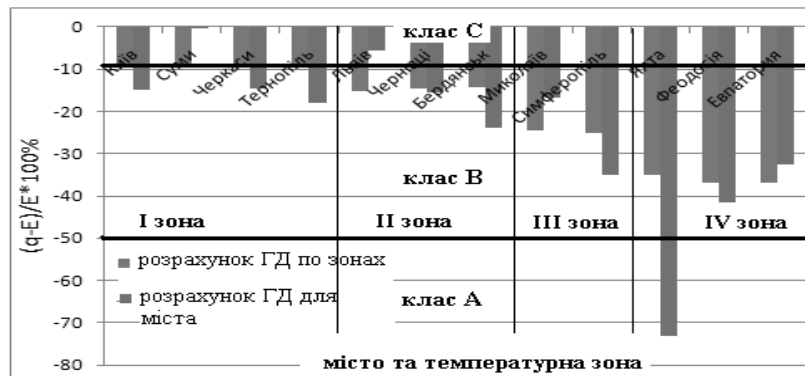


Рис. 8. Розрахунки класу енергетичної ефективності сучасної житлової 22-поверхової будівлі, збудованої за типовим проектом

Висновки. Показано актуальність та необхідність прийняття нового нормативного документу щодо розрахункових зовнішніх температур для систем тепlopостачання та запропоновано внесення поправок в методику визначення класу енергоефективності для складання енергопаспорту.

ЛІТЕРАТУРА

1. СНиП 2.04.05-91*У Отопление, вентиляция и кондиционирование.
2. СНиП 23-01-99 «Строительная климатология» - М.: Госстрой России.
3. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика. М. – 1983. – 67 с.
4. Изменение климата и потребление энергии в Европейской части России: ретроспектива и прогноз / Клименко В.В., Терешин А.Г., Безносова Д.С. – Вестник МЭИ. – 2003 - № 5. – с.76-81.
5. Юзеф Допке. Обчислення кількості градусо-днів обігрівання за методом EUROSTAT. / Ринок інсталяцій. – 2010. - № 11 (159) – с. 22-24.
6. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей: справочник / Манюк В.И., Каплинский Я.И., Хиж Э.Б. и др. – М: Стройиздат, 1988, - 432 с.
7. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учеб. [для ВУЗов] – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 360 с.
8. Справочник проектировщика: Проектирование тепловых сетей / Под ред. А.А.Николаева. – М.: Стройиздат, 1965. – 359 с.
9. ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель»
10. ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 Проектування. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорту будинків при новому будівництві та реконструкції

Energy efficiency is generally poor. Moisture and mould problems appear in some apartments due to poor thermal insulation. Such buildings typically have very simple outer facade and are now in poor condition, i.e. require urgent refurbishment which can be coupled with introduction of higher energy performance standards. At the same time majority of building stock are not equipped with energy saving measures, such as energy efficient windows, due to lack of incentives to save thermal energy, which is caused by the absence of metering equipment for hot water and heating in majority in residential building stock [4].

Analysis of the main researches. At present, in terms of situation with policy on thermal reconstruction (called “Khrushchevki”) in Ukraine the key role is played by the group of control and regulatory mechanisms. Among most important legislative acts and decrees:

- The law of Ukraine of 22.12.2006 № 525-V “On comprehensive reconstruction of blocks of buildings (Micro-districts) of the outdated residential housing Stock” date of entry into force: January 16, 2007 [5].
- Cabinet of Ministers of Ukraine. (1999). “Programme of reconstruction of residential buildings of first mass construction series”. Retrieved on 12 March, 2009 [6].

Based on the analysis of the guidance researches shows the following possible aspects concerning the reconstruction (called “Khrushchevki”) [2][7]:

- Heightening of attic (without dwellers resettlement) and improvement of the outward buildings view and façade insulation, at the same time. Heightening of attic (with dwellers resettlement) and improvement in finishing of the façades without preplanning of apartments.
- Building on attic with apartments preplanning of the typical storey’s, at the same time (for example, project in Kiev, Gokovskova street).
- Raising of attic with preservation of the planning or preplanning of the apartments of building.
- Heightening with continuation -extension of the building.

The scientific novelty of the research. The main purpose of the article is an improvement in engineering and design solutions, equipment, and achieving energy conservation and efficiency in the building.

Practical value of the theme. Further improvement in energy conservation and efficiency in buildings «Khrushchevki» in Ukraine should be optimized according to the following parameters:

1. Using untraditional renewable energy sources instead of gas consumption.
2. Increasing of energy efficiency of the engineering systems of buildings.
3. Calculation the initial reliable climatic parameters.
4. Improving insulation of building envelope.
5. Development and apply of new heat insulation materials.
6. Attracting European experience as Germany and using EU Energy Efficiency standards.

Table.1

Heat losses calculation of the building

City	Unit	Kiev _ Ukraine		Source of information
Elevation	[m]	168		[8]
Latitude	[°N]	50.4		[8]
Longitude	[°]	30.45		[8]
		Warm period	Cold and transitional period	
The outdoor climate condition in Kiev				
Temperature	[°C]	-22	22	[9]
The optimal relative Humidity of the air	[%]	83	68	[9]
The indoor climate condition in Kiev				
Temperature	[°C]	20	22-25	[9]
The optimal relative Humidity of the air	[%]	55	50	[9]
The natural ventilation is considered 30 volume/hour for adult and 20 volume/hour for baby	30 m ³ /hour for one adult person and 20 m ³ /hour for baby	0,5 volume /hour of air changes	0,5 volume /hour of air changes	[10]

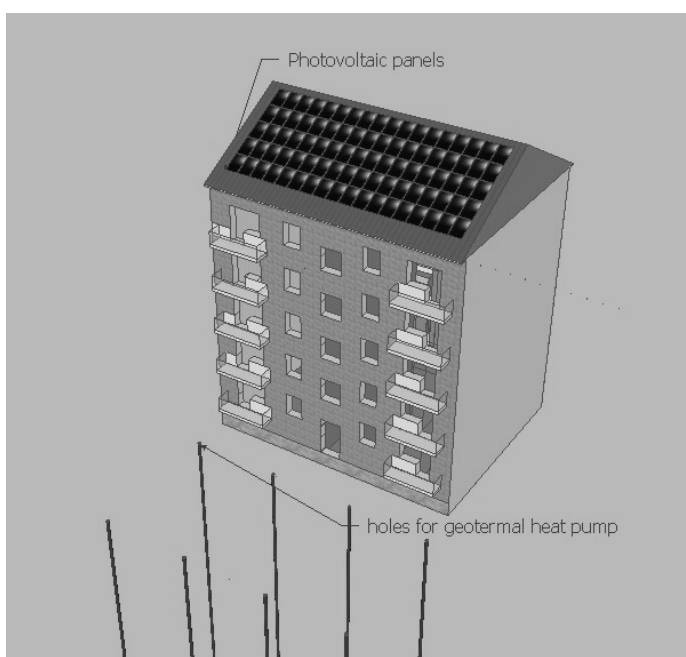


Fig.3 3D model of the building

Description of the model. The model is 5 storeys building which was built in 1958. The area of the floor is around 180 – 190 m². Each floor consists of 3 dwelling apartment. There are two type of apartments (1 and 2 rooms). The area of one room apartment is about 35 m² and 3 room apartments is 55 m². The internal height of the floor is 2.5 m.

The heat transfer resistance [m²K/W] of the existing external wall is 1.5 m²K/W, for the Slap is 0.7 ÷ 1 m²K/W, for the window is 0.3 m²K/W and for the roof is 1.2 ÷ 1.7 m²K/W.

According to the ASHARE [8] methods for energy efficiency in building, the maximum power is needed to cover the heat losses in the building is about 80 KW.

Improvement in energy conservation and efficiency . The **heat loss calculation of the building envelope depends on** the thermal insulation which should be considered as a first aspect to avoid the heat losses through insulated building envelope. The appropriate stratification material should be planned in advance to obtain the desired value of thermal features. According to the thermal insulation of buildings [11] the acceptance minimum values of the heat transfer resistance (Rq_{min}) for enclosure construction of the building should be complying with following table.

Table 2. The acceptance minimum values of the heat transfer resistance (Rq_{min})

№ item	Element type of building envelope frame	Value Rq_{min} , for zoning temperature	
		I	obtained
1	Building out wall	2,8	3
2a	Attic unheated roofing & slab	4,95	5
2б		3,3	
3	Slab above passages and cold basements, which about upon cold air	3,5	3,7
4	Slab above unheated basements, accessible above level of ground	2,8	2,8
5a*	Slab above unheated basements, accessible below level of ground*	3,75	
5б		2,5	
6	Windows, balconys doors, windows, glass-cases, vitrages , translucent facades	0,6	0,6
7	Apartment entrance doors in dwellings & public houses	0,44	0,6
8	Entrance doors in low rise buildings & apartments , located on the first floors of multistory rise buildings	0,6	0,6
9	Apartment entrance door s ,located above first floor	0,25	0,6

Note : Kiev is located in zone temperature number 1 according to map of temperature zone of the territory of Ukraine

According to above, the heat losses power in the building (called “Khrushevki”) is 52 KW. Equipments should be designed that can supply the thermal power , to maintain the indoor comfort. The capacity of the equipment can be reduced from 80-52 KW with using effective heat insulation. By applying mechanical ventilation with heat recovery in the building, the heat losses can also be reduced to 40 KW.

Heating/cooling systems in the building. The desired thermal indoor climate differs from outdoor climate condition, depending on the period of the year and the location of the world. Naturally heat flows from a high temperature object to a lower temperature one.

Heat losses in the building can be reduced applying to the thermal insulation, mechanical ventilation with heat recovery.

According to the law of thermodynamics ,combing technologies is the best way to obtain comfort with minumum energy consumes [12]:

Radiant system + geothermal pumps + solar collectors.

Radiant/cooling systems can be installed in the floors , panels ,in the walls or the ceilings and can directly supply with heating/cooling in the building. The comfort will be provided with the radiant system in the building will be superior due to the uniformity of radiant flux in indoor space .

By installation heat insulation to the building (effective thermal insulation is required), radiant system operates with low temperature in heating and high temperature in cooling, the ranges of the temperature found typically in geothermal and solar system.

In these conditions we can obtain COP of heat pump between 4 and 5[13]

According to the first law of thermodynamics, 1 kwh only of energy is needed to move 5kwh of heat. Nature says: better move heat than generate it.

According to calculation by using ASHARE codes and MC4 program, the installed heat pump should be supplied with 40 KW (thermal power) in order to circulate the water through the geothermal tube reaching to the radiant system inside the building. The designed range of the geothermal tube is 700-800 meters in depth can be digged in the site of the mass coutyard space between the buildings.

The pump consumes 8 KW of electric power which can be supplied by photovoltaic panels installed on the roof of the building . The aforementioned amount of maxiumum power can only be used in extreme climate conditions. During the period of year ,the power needed is very low. During the Summer time, dwellers can spend a minimum amount of energy due to the water temperature in the radiant system and underground are the same (this process is called free-cooling). In Winter time another source can be used such as solar collectors. Water temperature in solar collector is more than 40°C, water temperature of radiant system is 35-40°C.

Conclusion and future work. Based on this article , improving energy efficiency of the thermal construction of mass constructed low rise old brick houses 1955-1970 (called “khrushevki”) shows the possibility of reduction the energy consumption from 80 KW to 40 KW by applying to new solutions of energy-efficient and renewable energy technologies. In addition, an overall view of the work is given, with the suggestions for future work to be done in order to consider more economical options and expand the scope of the issues by improving architectural and replanning design solutions of the buildings.

BIBLIOGRAPHY

1. Olena Kiva Energy Efficiency in the residential Sector in Ukraine – iiiiee ,June 2009.— 63 p.

2. Lodmela Batshenska “Reconstruction’s features of 5-story dwelling-houses for the first generation of mass model building” Construction and protection technology/ collection of scientific labors, issued 8/ Simferopol<Crimean academy of nature protection and resort building> 2003 , p.10 – 12 (Translation from Russian).
3. Iryna Stasiuk. Khrouschevki With You, Always. Magazine "Architecture Critics Culture", Edition (3) 2008. – p. 94-103p.(Translation from Russian)
4. Economic Commission for Europe/ country profiles on the housing sector (Russian Federation) /United Nations/New York and Geneva, 2004. – p.33—35 <http://www.unece.org>.
5. The law of Ukraine of 22.12.2006 № 525-V date of entry into force: January 16, 2007. <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=525-16> (Translation from Ukrainian)
6. Cabinet of Ministers of Ukraine. (1999). Retrieved on 12 March, 2009 from <http://www.uapravo.net/data2008/base58/ukr58336.htm> (Translation from Ukrainian)
7. Alexandar Zaytsov “The problem of attic at the reconstruction of residential buildings of first mass construction series” Habitation reconstruction , issued 8 , 2007 114-124 C. (Translation fromUkrainian)
8. ASHARE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc.)<http://www.ashrae.org/members/page/1906>
9. Construction codes and regulation Heating, Ventilation and Conditioning: SNiP 2.04.05-91.]/Minbood of Ukraine, 2006. – 65 p.— (National Building Codes of Ukraine). (Translation from Russian)
10. Natural ventiation for dwelling houses. <http://www.umeltsi.ru/strojka/1001-estestvennaya-ventilyaciya.html>. (Translation from Russian)
11. Thermal heat insulation of building: DBN V.2.6-31:2006. — [put into operation from 2007-04-01]/Minbood of Ukraine, 2006. – 65 p.— (National Building Codes of Ukraine).(translation from Ukrainian)
12. mhfagscliujvfp[xvmndoskjf pkbvp[oLo standard passive house, Maurizio Landolfi, Luigi Norgia, 2011 (http://www.oice.it/progettopubblico/47/Sommario_47.html)
Second Law of Thermodynamics (<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/thermo/seclaw.html#c2>)
Engineering Thermodynamics Applications http://en.wikibooks.org/wiki/Engineering_Thermodynamics/Applications)
Thermal effectiveness of a vapor compression cycle <http://www.coadengineering.com/book/SECTION-12-60-THERMAL-EFFECTIVENESS-OF-A-VAPOR-COMPRESSON-CYCLE.pdf>
Réflexions sur la puissance motrice du feu, Sadi Carnot (1796-1832) publie en 1824

Manuale degli impianti di climatizzazione, Luca Stefanutti, Ed: Tecniche Nuove, 2007

13. Heat pump COP, Titus M.C.Bartholomeus([http://www.grasso.nl/en-us/News- and-Media/technical-articles-Grasso/Pages/HeatpumpCOP.aspx](http://www.grasso.nl/en-us/News-and-Media/technical-articles-Grasso/Pages/HeatpumpCOP.aspx))
Carnot Engines, Heat Pumps, and Refrigerators
(<http://www.ohio.edu/people/piccard/phys202/carnot/carnot.html>)

Аннотация: В статье приводится анализ возможной термореконструкции “Хрущевок” на основе программы MC4. Для этого была разработана 3D модель термореконструкции, которая включает: утеплитель, радиант систему, геотермальный насос и солнечные коллекторы. Показаны возможности уменьшения энергопотребления с 80 кВт до 40 кВт.

Анотація: В статті наводиться аналіз можливостей термореконструкції “Хрущівок” на основі програми MC4. Для цього було розроблено 3D модель ” термореконструкції, яка включає: утеплювач, радіант систему, геотермальний насос та сонячні колектори. Наведені можливості зменшення енергоспоживання з 80 кВт до 40 кВт.

СРЕДНЯЯ СФЕРИЧЕСКАЯ ОСВЕЩЕННОСТЬ ОТ ВЫПУКЛОГО ЧЕТЫРЕХУГОЛЬНОГО СВЕТОПРОЕМА, РАСПОЛОЖЕННОГО В ПЛОСКОСТИ ОБЩЕГО ПОЛОЖЕНИЯ

*Донбасская национальная академия строительства и
архитектуры, Украина*

Формується точкова множина по всій площині світлопрорізу. Освітленість визначається шляхом точкового сканування в тілесних кутах елементарних пірамід зі своєю яскравістю, вершини яких знаходяться в розрахунковій точці приміщення, а грані проходять через чотири сусідні точки сканування. Сумарна середня сферична освітленість в межах всіх елементарних пірамід визначить загальну освітленість від усього світлопрорізу.

Постановка проблеми. Как известно, интегральные характеристики светового поля, одной из которых является средняя сферическая освещенность (ССО), более эффективно оценивают световую среду в помещениях, чем плоскостные, которые заложены в настоящее время в нормы [1]. Поэтому разработка методов расчета ССО для различных систем естественного освещения помещений является актуальным направлением.

Анализ последних исследований. В настоящее время освещенность определяется от светопроемов прямоугольной формы. Если имеется светопроем другой формы, то в практическом плане его заменяют прямоугольным, равным по площади, и расчет осуществляют по известной методике. Однако такой подход связан с достаточно большой погрешностью, особенно если этот расчет осуществляется для условий ясного или полужасного небосвода, где яркость может меняться в широких пределах. В теоретическом плане наиболее близкими являются исследования Пугачева В.Е. [2], где рассматриваются светопроемы различной формы в вертикальной плоскости и при пасмурном небосводе.

В статье [3] для определения средней яркости светопроема в форме выпуклого четырехугольника сформировано множество точек, расположенных с равномерной плотностью внутри границ проема, определены их координаты и методом сканирования определена яркость полужасного небосвода в направлении от расчетной точки помещения к данной точке сканирования.

Целью данной работы является разработка метода расчета средней сферической освещенности от окна в форме выпуклого четырехугольника в условиях заданного распределения яркости небосвода, расположенного в

плоскости общего положения, с использованием математического аппарата точечного исчисления.

Основная часть. В [3] получено параметрическое уравнение точек сканирования четырехугольника M_{ij} при заданных координатах вершин $A(x_A, y_A, z_A); B(x_B, y_B, z_B); C(x_C, y_C, z_C); F(p_F, q_F)$:

$$\left. \begin{aligned} x_{ij} &= (x_A - x_C) \frac{(m-i+p_F i)(n-j)}{nm} + (x_B - x_C) \frac{q_F i(n-j)+ij}{mn} + x_C; \\ y_{ij} &= (y_A - y_C) \frac{(m-i+p_F i)(n-j)}{nm} + (y_B - y_C) \frac{q_F i(n-j)+ij}{mn} + y_C; \\ z_{ij} &= (z_A - z_C) \frac{(m-i+p_F i)(n-j)}{nm} + (z_B - z_C) \frac{q_F i(n-j)+ij}{mn} + z_C. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Схема распределения множества точек сканирования при определении освещенности изображена на рис.1.

Световой поток в какой-либо точке помещения от небосвода формируется в пределах телесного угла с вершиной в этой точке и ограничен плоскостями, проходящими через грани светопроема. Если использовать полученные точки сканирования, то весь телесный угол оконного проема можно представить, как сумму телесных углов элементарных пирамид с вершиной в данной точке N , а их грани проходят через четыре соседние точки сканирования (рис.2). Координаты точек сканирования, через которые проходят грани пирамиды, определяются из выражения (1). Координаты расчетной точки, в которой определяется освещенность, x_N, y_N, z_N , для системы: окно – расчетная точка – $N \equiv O(0, 0, 0)$, поскольку начало координат совмещается с этой точкой. Можно считать, что в пределах полученного таким образом элементарного телесного угла яркость небосвода постоянна, а ее значение соответствует значению яркости в направлении от расчетной точки к середине одной из диагоналей (например, D_{ij}) полученного элементарного четырехугольника. Вычисляются координаты этой точки.

$$D_{ij} = \frac{M_{ij} + M_{(i+1)(j+1)}}{2}. \quad (2)$$

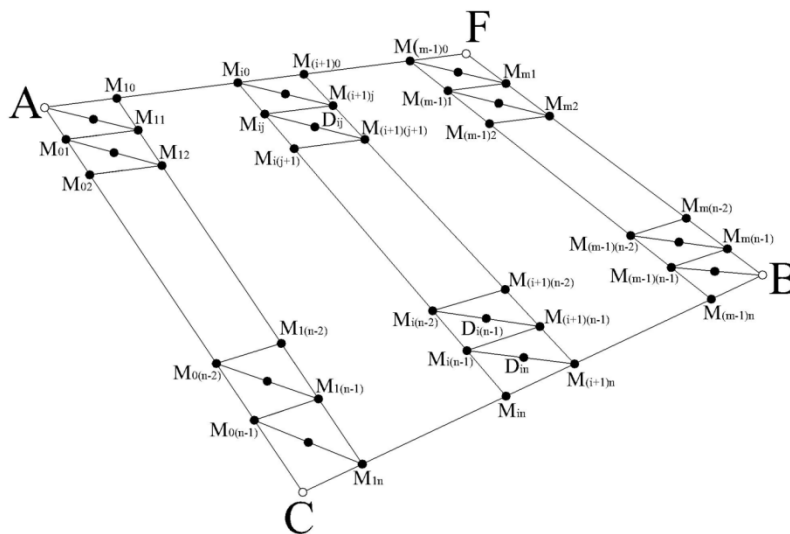


Рис.1. Схема формирования множества точек сканирования.

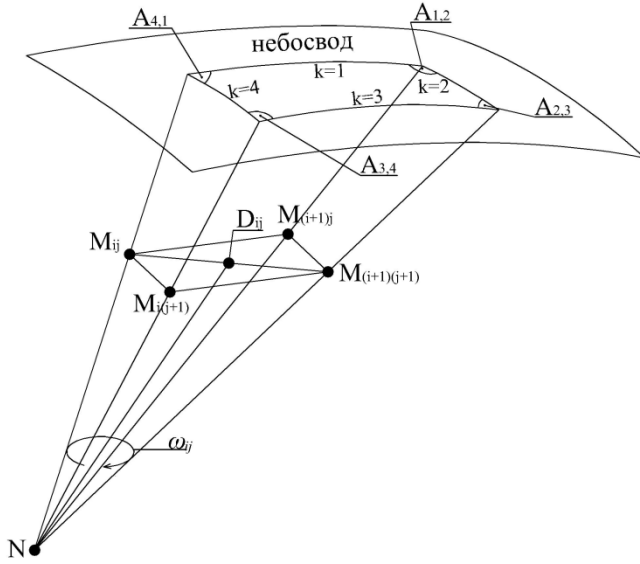


Рис.2. Элементарный телесный угол сканирования.

Средняя сферическая освещенность в данной точке помещения в пределах элементарного телесного угла определяется по следующей формуле

$$E_{ij}^{4\pi} = 0,25g_{ij}L_z \omega_{ij}\tau_o, \quad (3)$$

где g_{ij} и L_z – соответственно, относительная яркость небосвода в направлении от расчетной точки помещения N к данной точке сканирования D_{ij} , и яркость небосвода в зените, кд/м² [2];

τ_o – коэффициент,

учитывающий потери света при его прохождении через оконное заполнение;

ω_{ij} – величина элементарного телесного угла, ср.

Величина телесного угла, заключенного в пределах граней элементарной пирамиды, определяется по следующей формуле [4]

$$\omega_{ij} = 2\pi - \sum_{k=1}^p (\pi - A_{k,k+1}), \quad (4)$$

где p – количество сторон элементарной пирамиды;

$A_{k,k+1}$ – величина внутреннего двугранного угла между плоскостями, проходящими через расчетную точку и k -тую и $k+1$ -ю грани элементарной пирамиды (рис.2).

Для определения последнего используется методика определения углов между плоскостями в точечном исчислении [5].

Искомый угол между плоскостями определяется как угол между их нормальными. Нормали к плоскостям проводятся из точки N . Координаты второй точки нормали к плоскости $M_{ij}NM_{(i+1)j}$, $S_{ij}^{(i+1)j} (x_{ij}^{(i+1)j}, y_{ij}^{(i+1)j}, z_{ij}^{(i+1)j})$, определяются из следующих зависимостей:

$$\left. \begin{aligned} x_{ij}^{(i+1)j} &= y_{ij}z_{(i+1)j} - y_{(i+1)j}z_{ij}; \\ y_{ij}^{(i+1)j} &= z_{ij}x_{(i+1)j} - z_{(i+1)j}x_{ij}; \\ z_{ij}^{(i+1)j} &= x_{ij}y_{(i+1)j} - x_{(i+1)j}y_{ij}. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Координаты нормали ко второй плоскости $M_{(i+1)j}NM_{(i+1)j+1}$

$$\left. \begin{aligned} x_{(i+1)j}^{(i+1)(j+1)} &= y_{(i+1)j} z_{(i+1)(j+1)} - y_{(i+1)(j+1)} z_{(i+1)j}; \\ y_{(i+1)j}^{(i+1)(j+1)} &= z_{(i+1)j} x_{(i+1)(j+1)} - z_{(i+1)(j+1)} x_{(i+1)j}; \\ z_{(i+1)j}^{(i+1)(j+1)} &= x_{(i+1)j} y_{(i+1)(j+1)} - x_{(i+1)(j+1)} y_{(i+1)j}. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

В результате угол между плоскостями $M_{ij}NM_{(i+1)j}$ и $M_{(i+1)j}NM_{(i+1)(j+1)}$ определится следующим образом

$$A_{1,2} = \arccos \frac{x_{(i+1)j}^{(i+1)(j+1)} x_{(i+1)j}^{(i+1)j} + y_{(i+1)j}^{(i+1)(j+1)} y_{(i+1)j}^{(i+1)j} + z_{(i+1)j}^{(i+1)(j+1)} z_{(i+1)j}^{(i+1)j}}{\sqrt{[x_{(i+1)j}^{(i+1)(j+1)} x_{(i+1)j}^{(i+1)j}]^2 + [y_{(i+1)j}^{(i+1)(j+1)} y_{(i+1)j}^{(i+1)j}]^2 + [z_{(i+1)j}^{(i+1)(j+1)} z_{(i+1)j}^{(i+1)j}]^2}}. \quad (7)$$

Нормаль к следующей плоскости $M_{(i+1)(j+1)}NM_{i(j+1)}$ будет выглядеть так $S_{(i+1)(j+1)}^{i(j+1)} (x_{(i+1)(j+1)}^{i(j+1)}, y_{(i+1)(j+1)}^{i(j+1)}, z_{(i+1)(j+1)}^{i(j+1)})$. Ее координаты определяются по следующим зависимостям:

$$\left. \begin{aligned} x_{(i+1)(j+1)}^{i(j+1)} &= y_{(i+1)(j+1)} z_{i(j+1)} - y_{i(j+1)} z_{(i+1)(j+1)}; \\ y_{(i+1)(j+1)}^{i(j+1)} &= z_{(i+1)(j+1)} x_{i(j+1)} - z_{i(j+1)} x_{(i+1)(j+1)}; \\ z_{(i+1)(j+1)}^{i(j+1)} &= x_{(i+1)(j+1)} y_{i(j+1)} - x_{i(j+1)} y_{(i+1)(j+1)}. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Используя предыдущие зависимости, можно сразу записать окончательное выражение, по которому определяется угол между двумя следующими плоскостями

$$A_{2,3} = \arccos \frac{x_{(i+1)j}^{(i+1)(j+1)} x_{(i+1)(j+1)}^{i(j+1)} + y_{(i+1)j}^{(i+1)(j+1)} y_{(i+1)(j+1)}^{i(j+1)} + z_{(i+1)j}^{(i+1)(j+1)} z_{(i+1)(j+1)}^{i(j+1)}}{\sqrt{[x_{(i+1)j}^{(i+1)(j+1)} x_{(i+1)(j+1)}^{i(j+1)}]^2 + [y_{(i+1)j}^{(i+1)(j+1)} y_{(i+1)(j+1)}^{i(j+1)}]^2 + [z_{(i+1)j}^{(i+1)(j+1)} z_{(i+1)(j+1)}^{i(j+1)}]^2}}. \quad (9)$$

Далее для плоскости $M_{i(j+1)}NM_{ij}$

$$\left. \begin{aligned} x_{i(j+1)}^{ij} &= y_{i(j+1)} z_{ij} - y_{ij} z_{i(j+1)}; \\ y_{i(j+1)}^{ij} &= z_{i(j+1)} x_{ij} - z_{ij} x_{i(j+1)}; \\ z_{i(j+1)}^{ij} &= x_{i(j+1)} y_{ij} - x_{ij} y_{i(j+1)}. \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

$$A_{3,4} = \arccos \frac{x_{(i+1)(j+1)}^{i(j+1)} x_{i(j+1)}^{ij} + y_{(i+1)(j+1)}^{i(j+1)} y_{i(j+1)}^{ij} + z_{(i+1)(j+1)}^{i(j+1)} z_{i(j+1)}^{ij}}{\sqrt{[x_{(i+1)(j+1)}^{i(j+1)} x_{i(j+1)}^{ij}]^2 + [y_{(i+1)(j+1)}^{i(j+1)} y_{i(j+1)}^{ij}]^2 + [z_{(i+1)(j+1)}^{i(j+1)} z_{i(j+1)}^{ij}]^2}}. \quad (11)$$

И последняя плоскость $M_{ij}NM_{(i+1)j}$, которая уже определена в начале. Поэтому можно сразу записать выражение косинуса угла

$$A_{4,1} = \arccos \frac{x_{i(j+1)}^{ij} x_{(i+1)j}^{(i+1)j} + y_{i(j+1)}^{ij} y_{(i+1)j}^{(i+1)j} + z_{i(j+1)}^{ij} z_{(i+1)j}^{(i+1)j}}{\sqrt{[x_{i(j+1)}^{ij} x_{(i+1)j}^{(i+1)j}]^2 + [y_{i(j+1)}^{ij} y_{(i+1)j}^{(i+1)j}]^2 + [z_{i(j+1)}^{ij} z_{(i+1)j}^{(i+1)j}]^2}}. \quad (12)$$

Подставив полученные углы в (4), а затем величину телесного угла в (3) с последующим суммированием, получим значение средней сферической освещенности от четырехугольного светопроема:

$$E^{4\pi} = 0,25L_z\tau_0 \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n g_{ij} \omega_{ij}, \quad (13)$$

Выводы. Таким образом, разработан метод расчета прямой средней сферической освещенности от светопроема, расположенного в плоскости общего положения при заданном распределении яркости небосвода. Эта формула (13) справедлива при условии, что толщина ограждающей конструкции, в которой расположен светопроем, значительно мала по сравнению с расстоянием от проема до расчетной точки.

Перспективы дальнейшего исследования. Данная работа является базой для разработки программы расчета на компьютере. Следующими этапами намечены учет толщины ограждающей конструкции, отраженной составляющей и противостоящих зданий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Єгорченков В.О. Нормування освітлення у виробничих спорудах. – К.: Будівництво України, № 1, 1993. – С. 40-41.
2. Пугачев Є.В. Рекомендації щодо розрахунку інтегральних характеристик світлового поля від прямокутних і полігональних світлопрорізів. – Рівне: РДТУ, 2000. – 35 с.
3. Єгорченков В.А. Средняя яркость четырехугольного окна в условиях полусферического неба/Міжвідомчий науково-технічний збірник "Прикладна геометрія та інженерна графіка". Випуск 87. Відповідальний редактор В.Є. Михайленко. – К.: КНУБА, 2011. – С. 128-132.
4. Гершун А.А. Световое поле. – В кн.: Избранные труды по фотометрии и светотехнике. - М.: Физматгиз, 1958, с.223-397.
5. Балюба И.Г., Полищук В.И., Горягин Б.Ф., Малютин Т.П. Точечное исчисление – математический аппарат параллельных вычислений для решения задач математического и компьютерного моделирования геометрических форм. – В кн.: Материалы международной научной конференции «Моделирование - 2008», Т.2. – К.:ИПМЭ им. Пухова НАН Украины. – с. 389-394.

АККУМУЛЯЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ С ИЗМЕНЯЕМЫМ ГИДРАВЛИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства
Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
Украина*

Приведены результаты теоретических исследований полей скорости и температуры при сжигании газа в вихревой трубе, выявлен эффект Ранк. Предложена конструкция вихревой топki, способ регулирования теплоcъема в двухконтурных котлах малой мощности в зависимости от требуемой загрузки потребителя на отопление и горячее водоснабжение.

Формулировка проблемы и анализ последних исследований и публикаций.

Теплоэнергетика является важнейшей структурной составляющей хозяйственной деятельности любой страны. В то же время, для европейского континента характерно неравномерное распределения топливно-энергетического потенциала, генерирующих мощностей, а также наиболее энергоемких производств и потребителей [7]. В последнее десятилетие все большее распространение в мире получают новые энергоэффективные технологии жизнеобеспечения зданий, базирующиеся на применении периодических систем отопления. Все широкомасштабные программы по экономии энергии, реализуемые за рубежом, предусматривают их широкое использование [4].

Основным препятствием, сдерживающим внедрение аккумуляционных систем отопления, является фактическое отсутствие математического, программного и нормативного обеспечения проектирования и строительства этих систем в почвенно-климатических условиях Украины, Беларуси и России. Дело в том, что, в отличие от традиционных аналогов, для таких систем, характерны повышенные единовременные капитальные вложения при сравнительно низких эксплуатационных издержках. Вместе с тем их применение позволяет не только обеспечить экономию энергоресурсов, но и получить значительный экологический эффект от сокращения сжигания традиционного органического топлива. Таким образом, эффективность внедрения аккумуляционных систем отопления в значительно большей степени, чем

традиционного – «прямого» отопления, зависит от согласованности всех элементов комплекса: потребитель тепла – система теплоснабжения, система аккумулирования тепла – источник тепла, потребления энергии эти области народного хозяйства уже сравнимы.

Основными тенденциями развития в странах западной Европы, северной Америки теплогенерирующих технологий является разработка и внедрение котлов малой мощности. Однако, такие котельные отличаются более низким КПД, а в связи с тем, что выбор мощности такого оборудования осуществляется по расчетам теплопотерь в холодную пятидневку, то они работают в нерасчетном режиме, то есть с более низким КПД. При этом увеличиваются выбросы вредных веществ в атмосферу – что послужило причиной применения таких установок только сельскохозяйственными районами (в большинстве стран их применение запрещено в городах) [4, 5].

Цель работы - повышение эффективности работы систем децентрализованного теплоснабжения с изменяемым гидравлическим режимом на основе теплогенераторов с закрученными потоками.

Для достижения поставленной цели в работе теоретически исследовалось распределение температуры, скорости и давления в процессе сжигания газа в вихревых трубах и рассматривалась возможность сглаживания колебаний гидравлических режимов в системе децентрализованного теплоснабжения путем управления аэродинамикой в теплогенераторе.

Результаты исследований результирующего поля скорости.

Моделирование выполнено с использованием программного комплекса, позволяющего получить пространственное распределение линий тока при численном решении уравнений Навье-Стокса с заданными граничными условиями для данной задачи [1-3, 6, 8]. В данной модели использовалась «внутренняя» задача - т.е. воздух и природный газ подавались с определенной расходом через тангенциальные патрубки (воздух и газ с расходом 0,1 кг / с, с массовыми долями 0,3 и 0,7 соответственно). Температура воздуха задавалась равной 20 ° С, а температура горения в топке - 1100 ° С. Отделение продуктов сгорания осуществлялось через два торцевых отверстия камеры - через отверстие осевое отверстие в нижней части камеры с задачей пониженного давления в патрубке - 80 кПа, в нижнем коаксиальном отверстии - 90 кПа. При этом для моделирования процесса отбора тепловой энергии через поверхность стенки были заданы коэффициент теплопроводности стенки, температура стенки (200 ° С) и температура теплоносителя (вода, 20 ° С). В результате исследований при различных скоростях входа газовой смеси и температур получено, что наиболее высокая температурная зона находится

в нижней части вихревой камеры (в части коаксиального отвода) и занимает объем 20-35% от общего объема камеры, а более низкая температурная зона расположена в части осевого отвода продуктов сгорания. При этом данные зоны характеризуются практически равномерным распределением в данных частях топки (рис.1-2), что позволяет регулировать теплосъем от топки с путем перераспределения потков на отопление и горячее водоснабжение. При этом не обходимо отметить, что такое перераспределение температурного поля свидетельствует о появлении эффекта Ранке хотя и в меньшем масштабе, чем в обычных вихревых трубах.

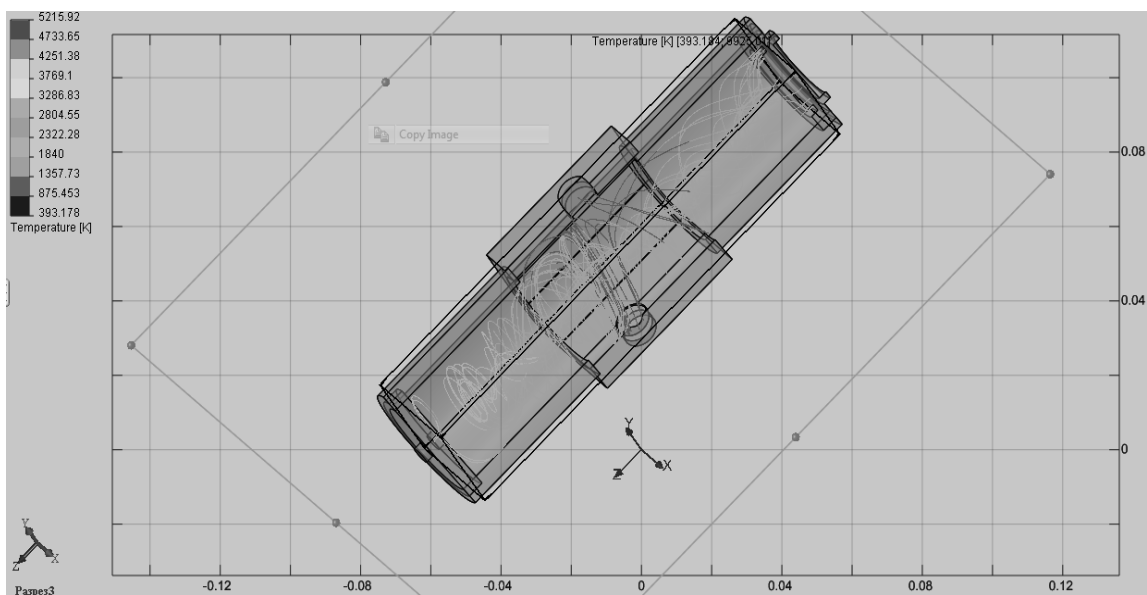


Рис.1. Распределение линий тока при сжигании газа в вихревой топке.

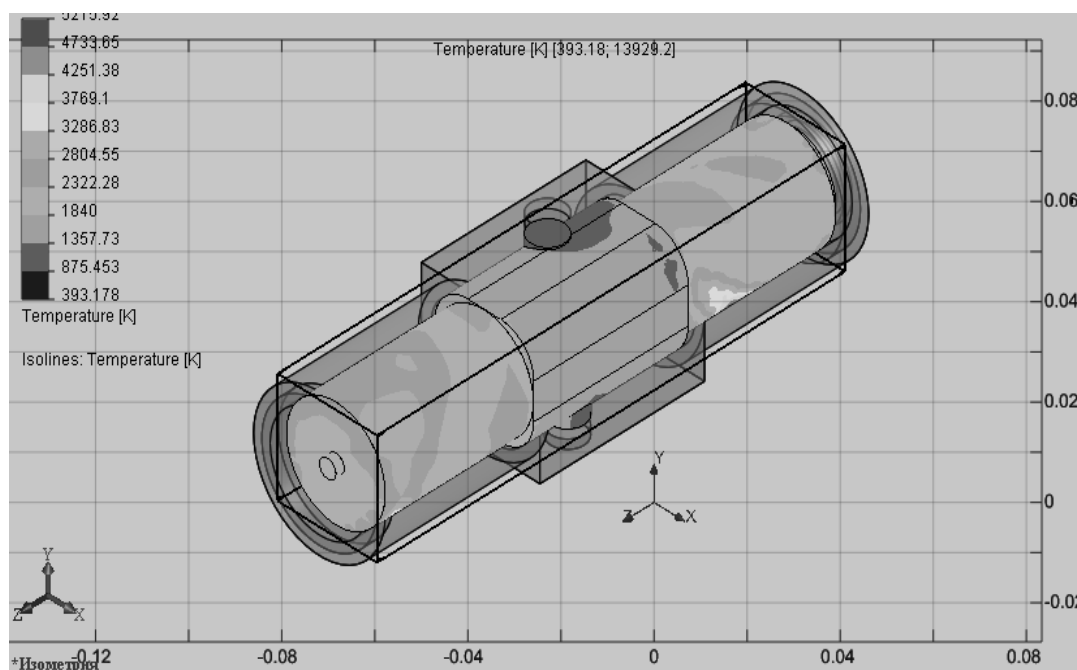


Рис.2. Распределение температуры по стенкам камеры

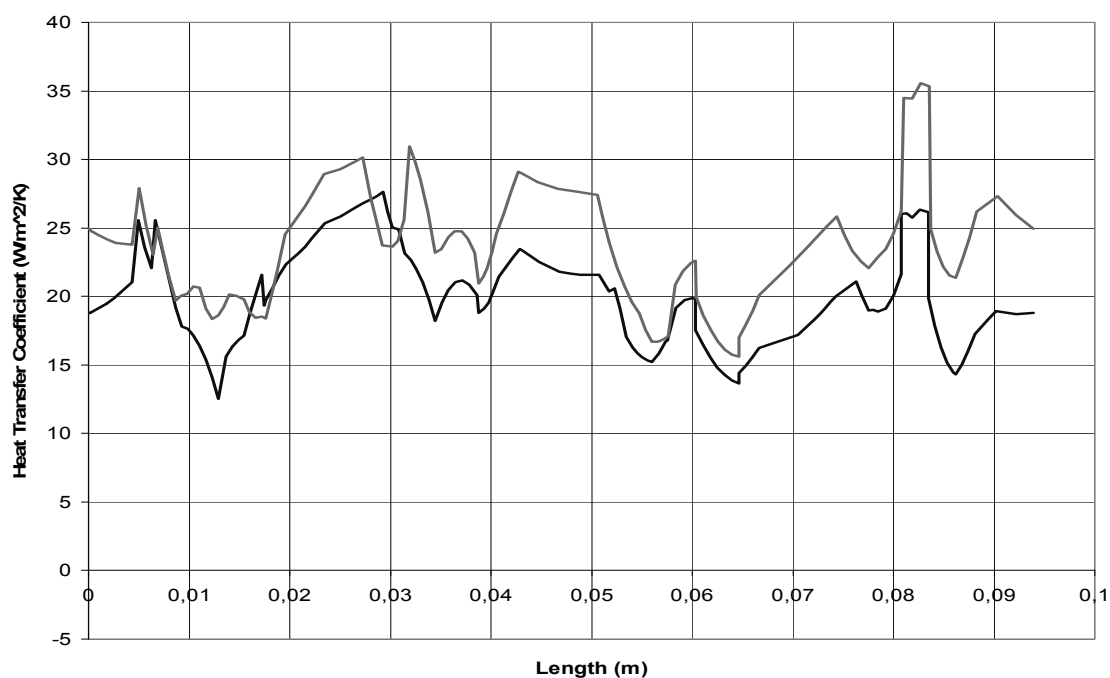


Рис.3. Распределение коэффициента теплопередачи в вихревой камере.

Распределение скорости, давления и температуры приведено на рис. 2-3 показало, что распределение давления в объеме топки имеет более равномерный характер, чем скорость, а распределение температуры явно происходит по противоположным частям камеры. То есть в данном случае в данной модели наиболее рациональным будет формирование отдельного водяного контура для покрытия загрузки на систему отопления со стороны внешней оболочки камеры в области коаксиального патрубка. А второй контур (более холодный) присоединить к системе горячего водоснабжения. Поскольку параметры теплоносителя зависят от режима теплоснабжения - то есть от внешних климатических условий, то варьирование величиной потоков на выходе из камеры сгорания можно изменять теплосъем с соответствующей привязкой его к требуемой тепловой нагрузке.

Выводы:

В результате выполненных теоретических исследований получены данные по распределению скорости, температуры и давления в предложенной конструкции вихревой топки. Выявлен эффект Ранке при данном способе сжигания газа и предложен способ регулирования теплосъема в двухконтурных котлах малой мощности заключающийся в пропорциональном варьировании величины потоков в на выходах из камеры сгорания в зависимости от требуемой тепловой загрузки на горячее водоснабжение и отопление в аккумуляторных системах зданий.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Закрученные потоки: Пер. с англ. / А. Гупта, Д.Лилли, Н.Сайред,-М.: Мир, 1987,—588с.
2. Штихлинг Г. Теория пограничного слоя.-М.: Наука, 1974,—711 с.
3. Зайцев О.Н. Управление аэродинамической обстановкой в рабочем объеме теплогенерирующих установок.// Вісник ОДАБА №7, 2002, с. 60—64.
4. Пырков В.В. Особенности современных систем водяного отопления. – К.: 2 ДП «Такі справи», 2003. – 176 с.
5. Рагозин А.С. Бытовая аппаратура на газовом, жидком и твердом топливе. -Л.: Недра, 1982. - 254 с.
6. Сабуров Э.Н. Циклонные нагревательные устройства с интенсивным конвективным теплообменом. – Архангельск: Сев-зап. кн. из-во, 1995. – 341 с.
7. Тепловой расчет котельных агрегатов: нормативный метод. – М.: Энергия, 1973. – 296 с.
8. Тимонов И.А. Кондиционирование воздуха в аппаратах со встречными закрученными потоками: Автореф. дис.... канд. техн. наук: 05.23.03. / Моск. текст. ин-т им. А.Н. Косыгина. – М., 1989. – 16 с.

Zaitsev, O.N. *, Borisenko K.I.** , ** Nakonechny VA

* National Academy of Environmental and Resort Construction, Ukraine

** Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Ukraine

ACCUMULATION HEATING SYSTEM WITH VARIABLE HYDRAULIC REGIME

The results of theoretical studies of velocity fields and temperature of gas combustion in a vortex tube, revealed the effect of Rank. The design of the vortex combustion chamber, the method of heat removal in the regulation of double-circuit boilers of low power depending on the required load consumer of heating and hot water.

Vortex tube, heat consumption, aerodynamics chamber.

АКУМУЛЯЦІЙНІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ З ЗМІННИМ ГІДРАВЛІЧНИМ РЕЖИМОМ

Наведено результати теоретичних досліджень полів швидкості і температури при спалюванні газу в вихровій трубі, виявлено ефект Ранк. Запропоновано конструкцію вихровий топки, спосіб регулювання теплос'єма в двоконтурних котлах малої потужності в залежності від необхідної завантаження споживача на опалення та гаряче водопостачання.

Вихрова труба, теплоспоживання, аеродинаміка топки.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ОЦЕНКЕ РЕСУРСО-ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Государственный университет - учебно - научно - производственный комплекс», г. Орел, Россия

Строительство, как отрасль, является одним из основных компонентов Биотехносферы. С одной стороны, как благо, создаются материально-технические объекты для жизнеобеспечения людей, с другой - отрасль и технологии сокращают пространство и время жизни Биосферы и человечества на всех этапах жизненного цикла строительной продукции, т.е. являются регрессивными.

Сегодня, в производстве строительных материалов, изделий и конструкций, практически безальтернативно, используются минерально-сырьевые ресурсы (природные песок, глина, известняк и т.п.), добываемые из недр, вода, топливо (уголь, газ, нефть, продукты их переработки). Ресурсно-сырьевое производство применяет устаревшие энергоёмкие технологии (цементная промышленность, кирпичные заводы и пр.), отравляет отходами производства и бракованной продукцией воздух, почву, воду. Промышленность строительных материалов, строительного-монтажные работы при возведении зданий и сооружений, жилищно-коммунальное хозяйство образуют вредные отходы, не разлагаемые Биосферой. Таким образом, реализуется принцип «взять больше, чем отдать» [1].

С точки зрения современных требований анализ строительной продукции целесообразно осуществлять в рамках теории функциональных систем и системотехники строительства, а также технического, организационного, информационного, экологического и т.п. подходов. Для практической разработки и анализа ресурсо-, энерго- и материалоемкости строительной продукции необходим критерий оценки её эффективности, предназначенный, для определения результативности, действенности, экономичности в общей форме. Конкретно оценивать ресурсо-, энерго- и материалоемкость строительной продукции следует на основе разработки и использования устойчивых, постоянных измерителей - индикаторов.

Экономический анализ движения природных ресурсов или материальных потоков - незаменимый инструмент для оценки экологической эффективности. Методика MIPS-анализа, впервые предложенная специалистами Вуппертал-Института по вопросам климата, энергии и окружающей среды (Германия), позволяет определить расход природных ресурсов на границе продуктовой цепи, в месте извлечения ресурсов из природной среды, а также на всем протяжении экологического жизненного цикла продукта или услуги. [2]. Данный термин представляет собой аббревиатуру от английского словосочетания «Material Input Per Unit

Service or Utility», т. е. материальный вход на единицу услуги или полезного продукта.

Параметр MIPS показывает, какое количество природных ресурсов (материалов), начиная с их извлечения из природной среды, используется для получения данного полезного продукта или услуги. Потребляемые ресурсы во время производства, использования и рециклирования отходов продукта пересчитываются с помощью специальных переводных коэффициентов, или MI-чисел («экологических рюкзаков»), в количество используемых природных ресурсов (таблица 1). MIPS учитывает все материальные потоки в жизненном цикле продукта/услуги.

Таблица 1

Примеры MI-чисел (по данным www.wuperinst.org.)

№ п/п	Наименование материалов	Категории материальных входов, кг/кг					MI-число, кг/кг
		абиотические ресурсы	биотические ресурсы	вода	воздух	перемещение почвы	
1	Портландцемент	3,22	-	16,94	0,33	-	20,49
2	Песок	1,42	-	1,43	0,03	-	2,88
3	Гранит, щебень	1,92	-	3,36	0,59	-	5,87
4	Арматура (прут, проволока)	8,14	-	63,67	0,44	-	72,25
5	Вода	0,08	-	2,2	0,01	-	2,29

Параметр MIPS определяется по формуле:

$$MIPS = MI / S \quad (1),$$

где

MI - представляет собой материальный вход или сумму всех входных материальных потоков, включая те материалы, которые требуют энергии для своего производства (имеет размерность единиц массы);

S - выпускаемая продукция или услуга (размерность может быть различной в зависимости от вида продукции или услуги).

Основными механизмами управления ресурсами при создании строительной продукции являются:

1) дематериализация – уменьшение материальных потоков, ресурсопотребления при выпуске строительных материалов, изделий, конструкций.

2) трансматериализация – замена, изменение типа или качества применяемых строительных материалов, изделий, конструкций, технологий и т.п.

Эти механизмы могут использоваться на разных уровнях управления строительными системами одновременно, дополняя друг друга, а также применяться отдельно.

Например, использование высокопрочного бетона в строительстве позволяет существенно снизить расход материалов и собственную массу

конструкций, расширить диапазон воспринимаемых внешних нагрузок и перекрываемых пролетов. В фундаментах под колонны можно существенно уменьшить высоту за счет повышения сопротивления бетона продавливанию. Толщина подошвы столбчатого фундамента снижается практически пропорционально увеличению прочности бетона. При изменении прочности бетона с 20 МПа до 80 МПа сокращается расход бетона на 26%, а арматуры – на 34%. В свайных фундаментах изменение прямоугольного сечения свай на двутавровое позволяет снизить расход бетона на 27% и увеличить прочность контакта с грунтом, что имеет важное значение для висячих свай в повышении их несущей способности. [3].

В таблицах 2 и 3 приведены результаты расчета «ресурсов на входе» (MI) высокопрочного бетона и тяжелого бетона соответственно по основным компонентам (без учета добавок) на 1 кубический метр материала.

Таблица 2

«Ресурсы на входе» (MI) высокопрочного бетона (B60 (M800))*

№ п/п	Компоненты бетонной смеси M800, В/Ц=0,35	Расход на 1 м ³ , кг	MI-число, кг/кг	Ресурсы на «входе» (MI), кг
1	Мелкий заполнитель (истинная плотность -2630 кг/м ³ , насыпная плотность - 1500 кг/м ³)	404	2,88	1164
2	Крупный заполнитель (истинная плотность -2600 кг/м ³ , насыпная плотность - 1480 кг/м ³)	1174	5,87	6891
3	Цемент M600 (истинная плотность-3100 кг/м ³ , насыпная плотность - 1000 кг/м ³)	588	21,32	12536
4	Вода	187	2,29	428
	Итого	2353		21019

*Состав бетонной смеси принят по прил. 3 «Рекомендациям по технологии изготовления изделий и конструкций из высокопрочных бетонов», М., НИИЖБ. 1987

Из таблиц 2 и 3 следует, что получение 1 м³ бетона требует переработки 16 – 21 тонн природных ресурсов. «Экологический рюкзак» высокопрочного бетона тяжелее, чем у традиционного бетона. Однако, долговечность, несущая способность материалов оказывают положительное влияние на MIPS. По расчету они снижают MIPS соответствующих материалов и изделий. Так, средняя прочность бетона класса B 60 (M800) составляет 786 кгс/см², а бетона класса B25 (M350) - 327 кгс/см².

Таблица 3

«Ресурсы на входе» (MI) традиционного тяжелого бетона (B25 (M350))**

№ п/п	Компоненты бетонной смеси M350, В/Ц=0,78	Расход на 1 м ³ , кг	MI-число, кг/кг	Ресурсы на «входе» (MI), кг
1	Мелкий заполнитель (истинная плотность -2630 кг/м ³ , насыпная плотность - 1500 кг/м ³)	710	2,88	2045
2	Крупный заполнитель (истинная плотность -2600 кг/м ³ , насыпная плотность - 1480 кг/м ³)	1100	5,87	6457
3	Цемент М400 (истинная плотность-3100 кг/м ³ , насыпная плотность - 1000 кг/м ³)	355	21,32	7274
4	Вода	205	2,29	469
	Итого	2370		16245

**Состав бетонной смеси принят по таб. 10 «Рекомендации по подбору составов тяжелых и мелкозернистых бетонов (к ГОСТ 27006-86)», М. ЦИТП. 1990.

Проведя вычисления по формуле 1, получим значения MIPS:

- для высокопрочного бетона B60 (M800): $MIPS_{\text{впб}} = 26,74 \text{ кг/кгс/см}^2$;

- для традиционного бетона B25 (M350): $MIPS_{\text{тб}} = 49,67 \text{ кг/кгс/см}^2$;

Таким образом, доказывается «экологическая» эффективность применения высокопрочного бетона в строительстве.

В условиях ограниченности природных ресурсов задача максимизации ресурсной продуктивности материалов, изделий, конструкций на протяжении всего жизненного цикла строительной продукции (от ее создания до утилизации) является стратегически важной.

ЛИТЕРАТУРА

1) Ильичев, В.А. Биосферная совместимость: Технологии внедрения инноваций. Города, развивающие человека. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 240 с.

2) Вайцеккер, Э., Ловинс, Э., Ловинс, Л. ФАКТОР ЧЕТЫРЕ. Затрат— половина, отдача — двойная. Новый доклад Римскому клубу. Перевод А. П. Заварницына и В.Д. Новикова под ред. академика Г. А. Месяца. М.: Academia, 2000. 400 с.

3) Трекин, Н.Н., Кодыш, Э.Н. Перспективы применения высокопрочных бетонов в конструкциях зданий и сооружений // Вестник МГСУ, 2011, № 2, с. 39 – 43.

ПОТЕНЦІАЛ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЖИТЛОВОМУ ФОНДІ УКРАЇНИ

*Державне підприємство «Науково-дослідний інститут будівельних
конструкцій» (ДП НДІБК), Україна*

Постановка проблеми. Як відомо, житлово-комунальне господарство України є одним з найбільш енергоємних секторів національної економіки. У ЖКГ споживається приблизно 44 % енергетичних ресурсів, або 70 млн. т.у.п., що складає близько 30% від загального споживання палива в Україні [1]. При чому основним споживачем енергетичних ресурсів в структурі ЖКГ є існуючий фонд житлових будинків. Таким чином, вирішення проблеми енергозбереження житлового фонду є першочерговим національним завданням. Вказане завдання повинно реалізовуватись на підставі відповідних загальнодержавних програм, що повинні містити загальні макроекономічні показники як можливого технічного, так і економічного енергопотенціалу.

Мета та завдання. Метою даної роботи є визначення на основі існуючої статистичної інформації величини базового енергоспоживання, а також загального потенціалу енергозбереження в житловому фонді України.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

- пошук та аналіз наявної статистичної інформації щодо житлового фонду України, вибір визначальних параметрів для розрахунків;
- пошук та аналіз наявної статистичної інформації щодо енергоспоживання житлового фонду України, вибір та обґрунтування величини базового енергоспоживання для подальшого визначення потенціалу енергозбереження;
- оцінка потенціалу енергозбереження, що включає:
 - вибір та обґрунтування типових будинків в якості моделей-представників для розрахунку рівня енергоспоживання житлового фонду;
 - вибір та обґрунтування енергоефективних заходів, що дозволять забезпечити енергозбереження в житловому фонді;
 - розрахунок потенціалу енергозбереження.

Аналіз основних досліджень. В Україні проблемі підвищення енергоефективності приділяється значна увага, що характеризується наявністю значної кількості розроблених програм з підвищення енергоефективності. Існуючі програми можливо поділити на національні, регіональні та галузеві, в яких в тій чи іншій мірі визначені величини потенційної енергії, яку можливо зберегти за рахунок впровадження заходів передбачених вказаними документами. Водночас, жодна із існуючих програм не встановлює саме величину потенціалу

енергозбереження в житловому фонді України. Це свідчить про актуальність необхідності розв'язання даної проблеми.

Основна частина

Огляд житлового фонду України

На 1 січня 2010р. згідно [2] житловий фонд України становив 1072,2 млн.м² загальної площі. Житловий фонд міських поселень становив 64,2%.

Загальний житловий фонд налічував 10157,7 тис. будинків, з них 616,6 тис. – незаселені загальною площею 30,3 млн.м² та 9,9 тис. будинків (1,7 млн.м²), що знаходяться на балансі підприємств-банкрутів та тих, що припинили свою діяльність. Загальна кількість квартир в Україні становила 19,3 млн., тобто на 2,4 жителя країни у середньому припадала одна квартира.

Структура розподілу будинків житлового фонду України за роками зведення наведена на рис.1.

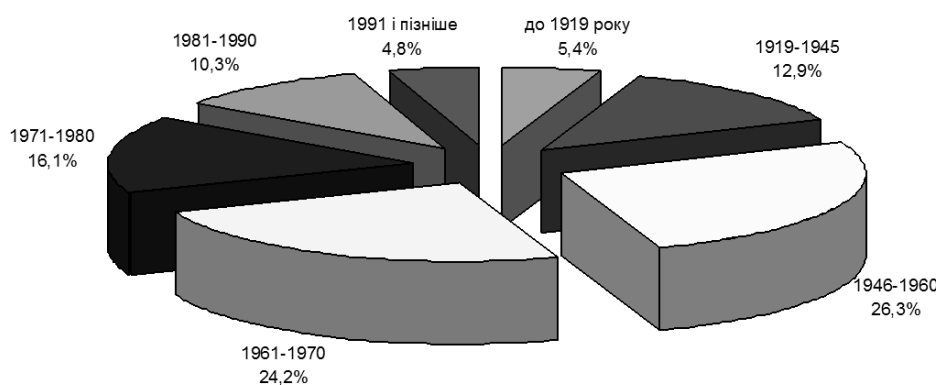


Рис.1 – Розподіл житлових будинків за роками зведення станом на 1.01.2001р.

Енергоспоживання житлового фонду України

Офіційна статистика з енергоспоживання в Україні не включає в себе інформацію про енергоспоживання житловим сектором. Існує тільки обмежена інформація про теплостачання житлових будинків з індивідуальними котельними установками, проте в ній відсутня інформація про розподіл витрат тепла на опалення та гаряче водопостачання, чи інформація про теплоспоживання окремих типів будівель. Так, згідно [3] величина загальної теплової енергії, що була відпущена населенню у 2009 р. становила **60,5 млн. МВт·год**.

Наведені статистичні дані є недостатніми для здійснення подальшої оцінки потенціалу енергозбереження в житловому фонді, оскільки не дають змогу визначити загальні обсяги теплової енергії, необхідної для експлуатації всіх існуючих житлових будинків України. В першу чергу це стосується відсутності даних щодо житлового фонду сільської місцевості, де переважають індивідуальні опалювальні системи, для яких збір статичних даних та розробка звітності не проводиться, а також відсутність даних з ТЕЦ. Таким чином, величина енергоспоживання житлового сектору в 60 млн. МВт·год є значно заниженою і не відповідає дійсності.

Це частинно підтверджується даними *International Energy Agency* (Міжнародне Енергетичне Агентство), за даними якого [4] на експлуатацію

існуючого фонду житлових будинків у 2008 році було витрачено 23,4 Мтне, що становить близько **272 млн. МВт·год** загального кінцевого споживання енергії. Джерела та структура енергоспоживання житлового сектору за даними [4] наведена на рис.2.



Рис.2 – Баланс енергоспоживання житлового сектору за видами енергії

В інших джерелах приведена узагальнена інформація з енергоспоживання цивільними будівлями без розподілу на житловий та громадські сектора. Так, за даними [5] енергоспоживання цивільними будівлями складає $1668 \cdot 10^{15}$ Дж або **463,3 млн. МВт·ч**, за даними [1] – житловий фонд та соціальна сфера споживають порядку 59,5 млн. т.у.п. або **484,2 млн. МВт·ч**.

Таким чином, при існуючій системі офіційної статистики не можливо чітко визначити величину базового енергоспоживання житлового фонду і, відповідно, провести подальшу оцінку потенціалу енергоефективності. Тому, було прийнято рішення використати метод «знизу-вгору», при якому величина базового енергоспоживання визначається на основі розрахунків рівня енергоспоживання типовими будинками-представниками та відноситься до всього житлового фонду. При цьому отримана характеристика порівнюється з існуючими макропоказниками.

Вибір об'єктів-представників

Об'єкти-представники для розрахунків обиралися на основі наявної статистичної інформації стосовно житлового фонду України. В статистиці [2] присутня інформація щодо загальної кількості житлових будинків, кількості незаселених будинків, будинків-банкрутів, гуртожитків та будинків вище 5-ти поверхів. Водночас, згідно даних щодо площі житлового фонду визначена тільки його загальна площа, площа незаселених будинків, площа будинків-банкрутів та будинків гуртожитків.

Питання енергоспоживання та потенціалу енергозбереження в житловому фонді недоцільно розглядати по відношенню до незаселених будинків та будинків-банкрутів, оскільки даною категорією будинків не здійснюється енергоспоживання (незаселені будинки) та не відбувається відпуск теплоти (будинки банкрути). Для таких будинків розгляд питання підвищення їх енергоефективності не є актуальним. Таким чином, оцінка потенціалу енергозбереження проводилася для житлового фонду України за виключенням незаселених будинків та будинків-банкрутів.

З наявної статистичної інформації [2] можливо чітко відокремити гуртожитки, як окрему категорію будинків. Загалом по Україні загальна питома площа одного гуртожитку становить 2042 м². Таким чином, будинки гуртожитків розглядаються окремо і, в якості об'єкта-представника для розрахунків, приймається п'ятиповерхова будівля гуртожитку серії 164-80-1 на один під'їзд.

Житловий фонд України розташований у сільській місцевості та міських поселеннях. Загальний житловий фонд можна розділити на одноповерхові (котеджні) будинки та багатоповерхові будинки. В статистиці [2] наявна інформація щодо кількості багатоповерхових житлових будинків від 5-ти поверхів та надана інформація по кількості будинків обладнаних ліфтами. Згідно з вітчизняною НД на проектування житлових будинки ліфтами повинні бути обладнані будинки від 6-ти поверхів включно. Тоді, загальна кількість житлових 5-ти поверхових будинків становить різницю між кількістю багатоповерхових будинків від 5-ти поверхів та кількістю будинків обладнаних ліфтами. Таким чином, житлові будинки розділені в залежності від поверховості на одноповерхові (котеджні), багатоповерхові від 2-х до 4-х поверхів включно, 5-ти поверхові та багатоповерхові від 6-ти поверхів.

За статистичними даними [2] встановлено, що в середньому по Україні загальна питома площа одного житлового будинку сільської місцевості становить близько 62,8 м². Таким чином, в якості об'єкта-представника одноповерхових (котеджних) будинків для розрахунків приймається будинок загальною площею 60 м². Загальна кількість вказаних будинків визначалась окремо для сільської місцевості та для міських поселень.

Кількість котеджних будинків сільської місцевості визначено, як загальна кількість житлових будинків сільської місцевості за винятком незаселених будинків, будинків-банкрутів, багатоповерхових будинків (вище 5-ти поверхів) та гуртожитків.

Багатоповерхові житлові будинки розділені за їх поверховістю, оскільки рівень питомого енергоспоживання будинку залежить від його поверховості та форми. Для 5-ти поверхових будинків в якості об'єкта-представника для розрахунків прийнята модель житлового будинку серії 1-437/1-438 на чотири під'їзди. Для багатоповерхових будинків від 2-х до 4-х поверхів прийнята модель 2-х поверхового житлового будинку на два під'їзди розмірами 12 м × 36 м в плані. Для багатоповерхових будинків від 6-ти поверхів прийнята модель 10-ти поверхового будинку серії БПС на один під'їзд.

Таким чином, в якості об'єктів-представників для розрахунків прийняті наступні будинки:

- Будинок на одну сім'ю котеджного типу загальною площею 60 м²;
- Будинок 2-х поверховий на 2 під'їзди 12 м × 36 м в плані;
- Будинок 5-ти поверховий на 4 під'їзди серії 1-437/1-438;
- Будинок 10-ти поверховий на один під'їзд серії БПС;

- Будинок гуртожитку 5-ти поверховий на один під'їзд серії 164-80-1.

Розрахунок рівня питомого енергоспоживання

Розрахункова оцінка питомого енергоспоживання проводилася на основі комп'ютерного моделювання для об'єктів-представників у відповідності з методиками [6, 7]. Розрахунок проводився відносно температурних зон (рис.3 а,б) та в залежності від структури розподілу житлового фонду за регіонами та обраними типами будинків.

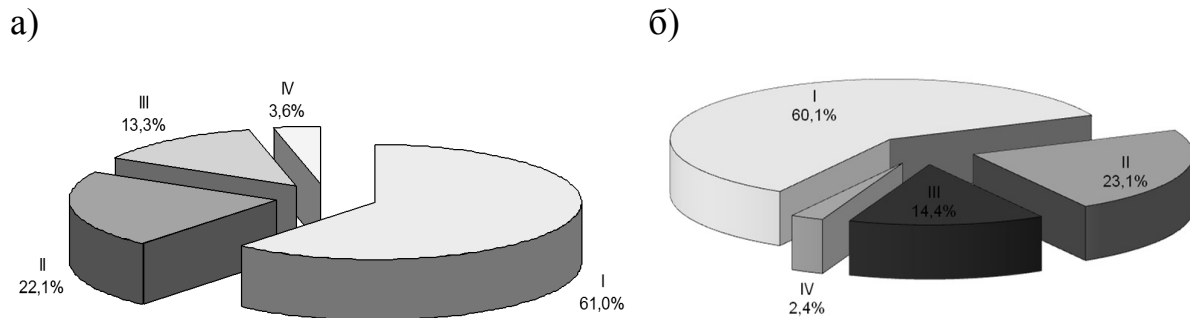


Рис.3 – Розподіл житлових будинків за температурними зонами України:
а) – за загальною кількістю; б) – за загальною площею

Узагальнені результати розрахунків наведені в табл.1. За результатами розрахунків загальне питеме енергоспоживання в середньому по Україні складає 285 кВт·год/м² виробленої енергії і варіюється від 145 до 374 кВт·год/м² в залежності від типу будівлі та кліматичної зони, в якій будівля розташована.

Загальна розрахункова величина енергоспоживання житлового сектора майже **300 млн. МВт·год**, що на 10 % перевищує базовий рівень споживання енергії, встановлений згідно статистичних даних [4]. Вказана відмінність вірогідніше за все обумовлена низькою якістю послуг по енергозабезпеченню житлових будинків, що характеризується відсутністю у житлових приміщеннях розрахункових параметрів внутрішнього комфорту. Водночас, цей факт потребує додаткових досліджень.

Таблиця 1 – Питоме енергоспоживання будинків існуючого житлового фонду, визначене за методичним принципом «знизу-догори»

Необхідна енергія, кВт·год/м ² , на:	Зона I	Зона II	Зона III	Зона IV
<i>Житлові будинки висотою від 6-ти поверхів включно</i>				
Опалення	170,2	144,4	121,8	101
ГВП	22	22	22	22
Освітлення	10	10	10	10
Інше	12,6	12,5	12,3	12,1
Всього, кВт·год/м²	214,8	188,9	166,1	145,1
Умовна площа житлового фонду, тис.м ²	87 772	33 766	16 370	3 187
Всього необхідна енергія, МВт·год	18 853 471	6 378 415	2 719 043	462 504
<i>Житлові будинки 5-ти поверхові</i>				
Опалення	175,6	149,4	126,3	105,4

ГВП	22	22	22	22
Освітлення	10	10	10	10
Інше	12,6	12,5	12,3	12,1
Всього, кВт·год/м²	220,2	193,9	170,6	149,5
Умовна площа житлового фонду, тис.м ²	114 017	46 070	27 146	10 609
Всього необхідна енергія, МВт·год	25 106 520	8 932 902	4 631 150	1 586 106
<i>Житлові будинки висотою від 2-х до 4-х поверхів</i>				
Опалення	215,6	183,5	154,6	127,2
ГВП	17	17	17	17
Освітлення	10	10	10	10
Інше	12,6	12,5	12,3	12,1
Всього, кВт·год/м²	255,2	223	193,9	166,3
Умовна площа житлового фонду, тис.м ²	65 211	20 973	14 456	2 051
Всього необхідна енергія, МВт·год	16 641 791	4 677 051	2 802 968	341 059
<i>Котеджні будинки</i>				
Опалення	337,1	286,8	241,9	199,4
ГВП	14	14	14	14
Освітлення	10	10	10	10
Інше	12,6	12,5	12,3	12,1
Всього, кВт·год/м²	373,7	323,3	278,2	235,5
Умовна площа житлового фонду, тис.м ²	341 939	134 506	91 525	10 178
Всього необхідна енергія, МВт·год	127 782 467	43 485 769	25 462 347	2 396 966
Річне енергоспоживання житлового сектору, МВт·год	190 964 316	64 420 434	36 102 170	4 870 271
ВСЬОГО, МВт·год	296 357 191			

Визначення потенціалу енергозбереження

Основні експлуатаційні затрати в існуючому житловому фонді України є витрати на опалення. Ці затрати можуть бути зменшені шляхом застосування певних заходів з енергозбереження, що в основному являють собою поліпшення теплових характеристик оболонки будівлі, нові системи автоматизації опалення, термостатичний контроль, зміна освітлення, встановлення нового енергоефективного котельного обладнання на рівні будинку та інші. Відновлення та реконструкція мають виконуватися у відповідності з вимогами державних будівельних норм, і показники для інженерних систем, що вказують на енергоефективність, мають бути не нижчі, ніж це встановлено в [8].

Технічно, енергоощадний потенціал, якого можливо досягти, базується на застосуванні доступних практичних і перевірених технічних рішень, не беручи до уваги економічні характеристики та вимоги ринку, таких як:

- теплова ізоляція стін;
- теплова ізоляція покриття;
- встановлення нових енергоефективних вікон;
- встановлення енергоефективного інженерного обладнання систем опалення та вентиляції;

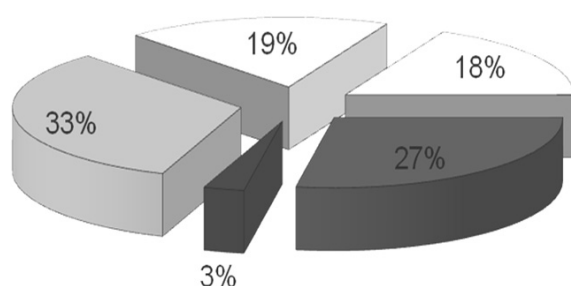
–енергоефективне внутрішнє освітлення.

За всіма вказаними заходами були проведені відповідні розрахунки, в результаті яких отримані середні показники питомого енергоспоживання для різних складових енергетичного балансу будинку. Різниця між значеннями оціненого споживання та споживання після впровадження енергозберігаючих заходів визначає потенційну енергію, що може бути збереженою у житловому фонді.

Узагальнена інформація результатів розрахунків потенціалу енергозбереження наведена у табл.2. Розподіл заощаджень за відповідними заходами з енергоефективності в загальному по Україні приведено на рис.4.

Таблиця 2 – Потенціал енергозбереження для житлового фонду України

Загальне збереження	Зона I	Зона II	Зона III	Зона IV	Всього
	МВт·год	МВт·год	МВт·год	МВт·год	МВт·год
Для багатоквартирних будинків	39 802 511	12 927 504	6 088 965	1 216 180	60 035 160
Для будинків на одну родину	76 594 254	25 529 227	13 884 393	1 179 653	117 187 527
Загальне енергозбереження,	116 396 764	38 456 731	19 973 358	2 395 834	177 222 686



33% - Додаткова теплоізоляція стін
19% - встановлення ЕЕ вікон
18% - додаткова теплоізоляція даху
27% - встановлення ЕЕ інженерного обладнання
3 – Заміна внутрішнього освітлення

Рис.4 – Розподіл заощаджень за відповідними заходами з енергоефективності (ЕЕ) в загальному по Україні

результати розрахунків вказують на те, що впровадження енергоефективних заходів в існуючих житлових будинках України і покращення їх енергоефективності призведе до зменшення загального споживання енергії майже на **180 млн. МВт·год.** Це становить **60%** від прийнятого розрахункового значення базового споживання (300 млн. МВт·год.).

Висновки та перспективи подальших досліджень

Враховуючі низьку якість ввідних даних, отриманих з офіційної статистичної інформації, в якій відсутня значна кількість необхідної інформації для здійснення більш точних розрахунків, варто розглядати отримані результати розрахунків як найкращу оцінку за даних умов. Тим не менш, отриманого результату має бути достатньо для обґрунтування висновку, що потенціал енергозбереження є дуже великим і існує значна потреба у впровадженні заходів щодо зменшення споживання теплової енергії житловим сектором. Також можна зробити висновок, що для

здійснення більш точної оцінки потенціалу енергозбереження необхідно провести детальний аналіз житлового фонду України за регіонами та локальними типами будівель.

Наступним результатом розрахунків є встановлення частки відносного енергозбереження до якої може призвести кожен із розглянутих заходів з енергоефективності. Розрахунки показують (рис.5), що найбільший потенціал енергозбереження мають заходи з влаштування зовнішньої теплоізоляції. Дещо нижчий потенціал мають комплексні заходи з встановлення енергоефективного інженерного обладнання. Майже однаковий потенціал енергозбереження отриманий для заходів з влаштування енергоефективних вікон та для додаткового утеплення даху. Представлені дані дають змогу визначити пріоритетність та послідовність впровадження енергоефективних заходів для отримання оптимального ефекту енергозбереження під час проведення в подальшому досліджень та робіт із забезпечення енергоефективності у житловому секторі.

ЛІТЕРАТУРА

11. Стогній Б.С. Національні пріоритети енергоефективності `2010 / Б.С. Стогній, О.В. Кириленко, А.В. Праховник, С.П. Денисюк, З.Ю. Буцько – К.: “Текст”, 2010. – 580 с.
 12. Житловий фонд України у 2009 році. Статистичний бюлетень. – Державний комітет статистики України. – Київ, 2010. – 351 с.
 13. Статистичний бюлетень про основні показники роботи опалювальних котелень і теплових мереж України за 2009 рік. – Державний комітет статистики України. – Київ, 2010. – 16 с.
 14. Energy statistics, 2008. Energy balance for Ukraine. – International Energy Agency / www.iea.org.
 15. Украина: Энергосбережение в зданиях / ТАСИС – Киев: 1996. – 274 с.
 16. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції: ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007. – [Чинний з 01.07.2008].- К.: Мінрегіонбуд України, 2008. - 43 с. – (Державний стандарт України).
 17. EN ISO 13790 Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling.
 18. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2006. – [Чинний з 01.04.2007]. – К.: Мінбуд України, 2006. – 64 с. – (Державні будівельні норми України).
- Анотація:** В статті приведені результати розрахункової оцінки потенціалу енергозбереження в жилищному фонді України, виконаної на базі існуючої статистичної інформації

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ СИСТЕМ НАПОЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Национальная академия природоохранного и курортного строительства, Симферополь, АР Крым

Получены соотношения для определения теплового потока в нижерасположенные помещения в зависимости от тепловой мощности и сопротивления теплопередаче слоев отопительной панели напольного отопления. Предложена последовательность расчета тепловой мощности напольного отопления многоэтажного здания. Тепловая мощность, ограждающие конструкции, сопротивление теплопередаче, тепловой поток, напольное отопление.

ВВЕДЕНИЕ

При эксплуатации зданий определяющим является тепловой режим помещений, от которого зависит ощущение теплового комфорта людей. Наиболее близким к обеспечению идеального распределения температур в помещении являются лучистые и конвективно-лучистые системы панельного отопления. Применение таких систем дает возможность обеспечить тепловой комфорт при меньших температурах внутреннего воздуха. Получаемое уменьшение расчетной разности температур сокращает теплопотери через наружные ограждения и с удаляемым вентиляционным воздухом, это позволяет уменьшить расчетную тепловую мощность системы отопления. В последнее время такие системы все чаще применяются при строительстве и реконструкции зданий.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью настоящей работы является уточнение расчета теплового баланса помещения и определение тепловой мощности отопительной панели многоэтажного жилого здания с учетом влияния теплового потока от вышерасположенного межэтажного перекрытия.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ ПАНЕЛИ НАПОЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ НА ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС НИЖЕРАСПОЛОЖЕННОГО ПОМЕЩЕНИЯ

В соответствии с нормативными требованиями СНиП 2.04.05-91 [1] тепловую мощность отопительных приборов, Q_{np} , Вт, для отапливаемого помещения жилого здания следует определять по формуле

$$Q_{np} = Q_a + Q_s + Q_{вн} - Q_б - 0,9 \cdot Q_{mp} \quad (1)$$

где Q_a – тепловой поток через внешние ограждения, Bm ; Q_g – потери теплоты на нагревание вентиляционного воздуха, Bm ; Q_{en} – потери теплоты через внутренние стены в помещение с пониженной температурой, Bm ; Q_6 – бытовые теплопоступления, Bm ; Q_{mp} – тепловой поток от трубопроводов отопления, прокладываемых в помещении, Bm .

Во время работы системы напольного отопления распределение тепловых потоков зависит от термического сопротивления слоев пола, расположенных выше нагревательных элементов, $R_{si}, (m^2 \cdot K) / Bm$, в основном лицевого покрытия и термического сопротивления слоев, расположенных ниже, $R_{se}, (m^2 \cdot K) / Bm$, где основное влияние оказывает толщина и коэффициент теплопроводности теплоизоляционного слоя.

Общее термическое сопротивление слоев пола, расположенного выше элементов нагрева

$$R_{si} = \sum \frac{\delta_{si}}{\lambda_{si}} + \frac{1}{\alpha_{si}}, \quad (2)$$

где δ_{si} и λ_{si} – толщина, m и коэффициент теплопроводности материала, $Bm / (m \cdot K)$ i -го слоя конструкции пола расположенного выше элементов нагрева соответственно; α_{si} – коэффициент теплоотдачи пола, $Bm / (m^2 \cdot K)$.

Общее термическое сопротивление слоев межэтажного перекрытия, расположенного ниже элементов нагрева

$$R_{se} = \sum \frac{\delta_{se}}{\lambda_{se}} + \frac{1}{\alpha_{se}}, \quad (3)$$

где δ_{se} и λ_{se} – толщина, m и коэффициент теплопроводности материала, $Bm / (m \cdot K)$ i -го слоя конструкции пола расположенного ниже элементов нагрева соответственно; α_{se} – коэффициент теплоотдачи потолка нижерасположенного помещения, $Bm / (m^2 \cdot K)$.

Тепловая мощность нагревательной секции Q_{ht}, Bm в соответствии с ДБН В.2.5-24-2003 [2], определяется по формуле:

$$Q_{ht} = Q_{si} \cdot (R_{si} + R_{se}) / R_{se}; \quad (4)$$

Удельный тепловой поток в отапливаемое помещение $q_{si}, Bm / m^2$:

$$q_{si} = Q_{si} / A_{si}; \quad (5)$$

где Q_{si} – расчётная потребность помещения в тепле, Bm ; A_{si} – площадь греющего пола, m^2 ;

Удельная тепловая мощность нагревательной секции $q_{ht}, Bm / m^2$

$$q_{ht} = q_{si} \cdot (R_{si} + R_{se}) / R_{se} = q_{si} \cdot \left(\frac{R_{si}}{R_{se}} + 1 \right) = \frac{Q_{ht}}{A_n} \cdot \left(\frac{R_{si}}{R_{se}} + 1 \right); \quad (6)$$

Тепловой поток в сторону нижерасположенного помещения $q_{se}, Bm / m^2$

$$q_{se} = q_{ht} - q_{si} \quad (7)$$

После подстановки и преобразований имеем

$$q_{se} = q_{si} \cdot \left(\frac{R_{si}}{R_{se}} \right) = \frac{Q_{si}}{A_{si}} \cdot \left(\frac{R_{si}}{R_{se}} \right). \quad (8)$$

Теплопоступление в нижнее помещение Q_{se}, Bm :

$$Q_{se} = Q_{nm} = Q_{si} \cdot \left(\frac{R_{si}}{R_{se}} \right). \quad (9)$$

где Q_{nm} – теплота отдаваемая потолком в нижерасположенное помещение, Bm .

По требованию норматива [2] следует соблюдать соотношение между термическими сопротивлениями слоев пола над греющей панелью R_{si} и под ней R_{se} , для междуэтажного перекрытия над отапливаемым помещением $R_{se} \geq 4,0R_{si}$, но при этом передача тепла в нижние помещения не должна превышать $20, Bm/m^2$. С учетом выше сказанного запишем

$$q_{se} \leq 0.25 \cdot q_{ht} \leq 20. \quad (10)$$

Из уравнений (6) и (10) следует:

$$q_{se} \leq 0.25 \cdot q_{si} \cdot \left(\frac{R_{si}}{R_{se}} + 1 \right) \leq 20. \quad (11)$$

После преобразований минимальное термическое сопротивление теплоизоляционного слоя $R_{se.min}, (m^2 \cdot K) / Bm$

$$R_{se.min} \geq \frac{R_{si}}{\left(\frac{80}{q_{si}} - 1 \right)}. \quad (12)$$

При реконструкции существующих зданий суммарная толщина слоя греющей панели ограничена, исходя из этого, подбирается материал теплоизоляции, который должен удовлетворять условию:

$$\lambda_{uz} \leq \frac{\delta_{uz}}{\frac{R_{si}}{\left(\frac{80A_{si}}{Q_{si}} - 1 \right)} - \frac{1}{\alpha_{se}}}. \quad (13)$$

Теплопоступления в помещение через межэтажное перекрытие от нагреваемой секции выше расположенного помещения зависит от нескольких факторов: общего термического сопротивления слоев пола, расположенного выше нагревательной секции $R_{si}, (m^2 \cdot K) / Bm$; расчетной плотности теплового потока на отопление выше расположенного помещения $q_{si}, Bm/m^2$; толщины δ, m и коэффициента теплоизоляции λ_{uz} слоя под нагревательной секцией. Определенная комбинация значений влияющих факторов может привести к повышенному тепловому потоку в нижнее помещение, который может достичь предельной величины $q_{se} = 20 Bm/m^2$. Наибольшее влияние на плотность теплового потока в нижнее помещение q_{se}, Bm , (Рис.1.) оказывает термическое сопротивление лицевого покрытия пола.

При расчете параметров принимались следующие исходные данные: температура воздуха в помещении $t_e = 18^\circ C$; температура поверхности пола

$t_n = 26^\circ\text{C}$; коэффициент теплоотдачи пола $\alpha_{si} = 9,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; коэффициент теплоотдачи потолка $\alpha_{se} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; коэффициент теплопроводности теплоизоляции $\lambda_{si} = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$. Термическое сопротивление лицевого покрытия пола $R_{si}, (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ принималось с первого по пятый график соответственно: керамическая плитка $R_{si} = 0,01 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$; линолеум $R_{si} = 0,05 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$; ламинированный паркет $R_{si} = 0,1 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$; ковер $R_{si} = 0,15 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$; деревянный настил пола $R_{si} = 0,2 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$. Толщина теплоизоляционного слоя под нагревательной секцией $\delta_1 = 0,02 \text{ м}$ (1); $\delta_2 = 0,03 \text{ м}$ (2); $\delta_3 = 0,04 \text{ м}$ (3); $\delta_4 = 0,05 \text{ м}$ (4).

$q_{se} \text{ Вт}/\text{м}^2$

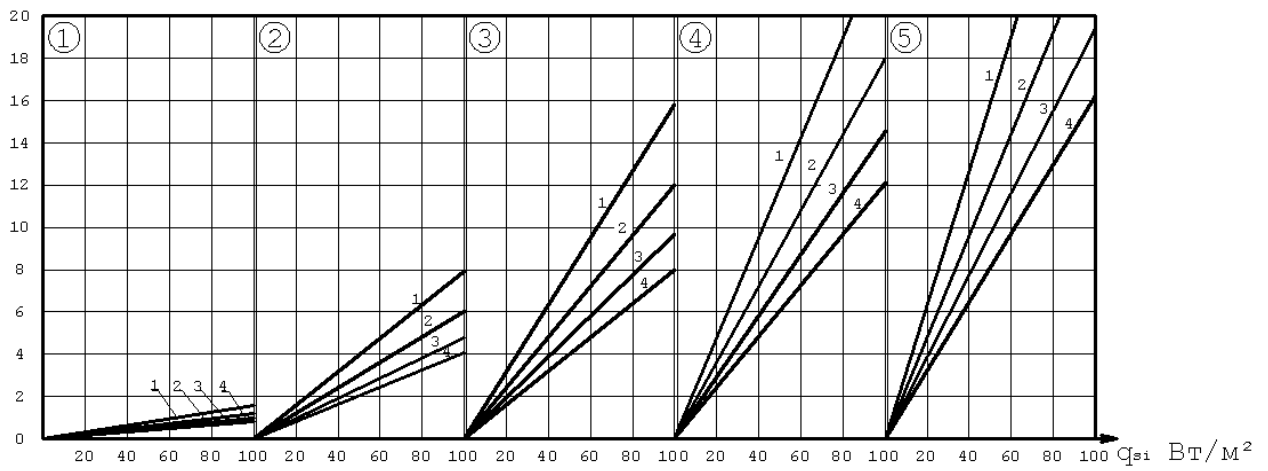


Рис. 1. Удельная плотность теплового потока в сторону нижерасположенного помещения

При использовании напольных систем для отопления зданий, в силу конструктивных особенностей, отпадает необходимость учитывать тепlopоступления от трубопроводов, открытого проложенных в отапливаемом помещении. Тепlopоступления от нагревательной секции, расположенной в междуэтажном перекрытии Q_{nm} влияют на тепловой баланс помещения расположенного ниже и при расчете тепловой мощности отопительной панели их необходимо учитывать.

При определении тепlopотребности помещения многоэтажного здания расчет следует начинать с верхнего этажа по формулам:

для верхнего этажа

$$Q_{np} = (Q_a + Q_b + Q_{вн} - Q_{\bar{o}}) \cdot (R_{si} + R_{se}) / R_{se}; \quad (14)$$

для нижерасположенных этажей

$$Q_{np} = (Q_a + Q_b + Q_{вн} - Q_{\bar{o}} - Q_{nm}) \cdot (R_{si} + R_{se}) / R_{se}. \quad (15)$$

ВЫВОДЫ

1. На стадии разработки технического задания на проектирование систем напольного отопления необходимо задавать материал лицевого покрытия и конструкцию пола.

2. В рамках теплотехнического расчёта необходимо определять термическое сопротивление слоёв междуэтажного перекрытия и толщину теплоизоляционного слоя.
3. При определении тепловой мощности системы напольного отопления многоэтажного здания расчет необходимо выполнять для каждого помещения начиная с верхнего этажа по формулам (9), (14) и (15).

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.04.05-91* Отопление, вентиляция и кондиционирование. Київ. КиевЗНИИЭП, 1996 - с. 89.
2. ДБН В.2.5-24: 2003. Электрическая кабельная система. МБАЖКГ України К; 2003.

Аннотація

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВОЇ ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМ НАПІЛЬНОГО ОПАЛЕННЯ БАГАТОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ

Маркін О.В.

Національна академія природоохоронного і курортного будівництва,
Сімферополь, АР Крим

Отримано співвідношення для визначення теплового потоку в нижні приміщення залежно від теплової потужності і опору теплопередачі слоїв нагрівальної секції напольного опалення. Запропоновано послідовність розрахунку теплової потужності системи опалення «тепла підлога» багатоповерхової будівлі.

Теплова потужність, огорожуючи конструкції, опір теплопередачі, тепловий потік, напільне опалення.

AV Markin

National Academy of Environmental and Resort Construction, Simferopol,
Crimea

FEATURES OF CALCULATING THERMAL POWER SYSTEMS UNDERFLOOR HEATING IN MULTI-STOREY BUILDING

Relations are obtained to determine the density of heat flow in the lower areas, depending on the heat output heating section of floor heating and heat transfer resistance of layers of gender, material selection rules are recommended insulation. A consistent calculation of heat capacity under floor heating high-rise building.

Thermal power, building envelope, heat resistance, heat flow, under floor heating.

ГЕОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ МАКРОСТРУКТУРИ ПЛОСКИХ НАПІВОБМЕЖЕНИХ СТРУМИН

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

Уточнено розв'язок плоских напівобмежених струминних течій з урахуванням великомасштабних вихорів – клубів. Показано незначущість впливу якості апроксимації закону зміни швидкості у міжклубному шарі, що дозволяє суттєво спростити подальші дослідження в даному напрямку. Отримано збіг результатів з відомими дослідними даними. Припущення дають можливість аналітично вирішувати складні струминні течії.

Постановка проблеми. При вентиляції приміщень використовуються струминні течії, які настилаються на тверді поверхні. Недостатній розвиток теорії таких струмин призводить до потреби у складних експериментальних дослідженнях, що збільшує собівартість вентиляційних систем. Тому актуальною задачею є розробка підходів до аналітичного опису таких струмин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Напівобмежені струмини складаються з двох примежових шарів: пристінного біля поверхні настилання та струминного. Одним з найбільш простих і ефективних підходів до аналітичного опису пристінних шарів є теорія професора кафедри теплогазопостачання і вентиляції Київського національного університету будівництва і архітектури А.Я.Ткачука [1] за методом особливостей. Потік розглядається як потік ідеальної рідини, в якому присутні як «особливості» дрібні вихрові течії. Такий підхід полягає у безпосередньому описі дії вихорів замість використання понять «турбулентна в'язкість», «турбулентне число Прандтля» тощо. А.Я.Ткачук теоретично обґрунтував експериментальний степеневий закон розподілу швидкості пристінних турбулентних потоків:

$$u/u_n = (y/B_n)^n, \quad (1)$$

де u_n – максимальна швидкість у перерізі, B_n – відстань від точки перерізу з максимальною швидкістю до стінки. Продовження досліджень у цьому напрямку [2, 3, 4] є розгляд струминних примежових шарів як упорядкованої сукупності великомасштабних вихорів – клубів.

У роботі [2] було розглянуто аналіз структури (рис. 1) турбулентної струмини, що настилається на плоску поверхню. Основними структурними елементами течії є великомасштабні вихори – клуби. За аналогією до вільних струмин вони котяться подібно до колеса вільною межею з поступальною швидкістю w на осі клуба O . Клуби занурюються глибше лінії максимальних швидкостей (ЛМШ), що призводить до хвилеподібного

руху біля стінки. Якщо сполучити найближчі точки клубів до поверхні настилення, то отримаємо лінію розділу (ЛР) примежових шарів. Між нею та поверхнею настилення великомасштабних вихорів немає, тобто це – суто пристінний примежовий шар. Між ЛР та ЛМШ відбувається взаємодія шарів.

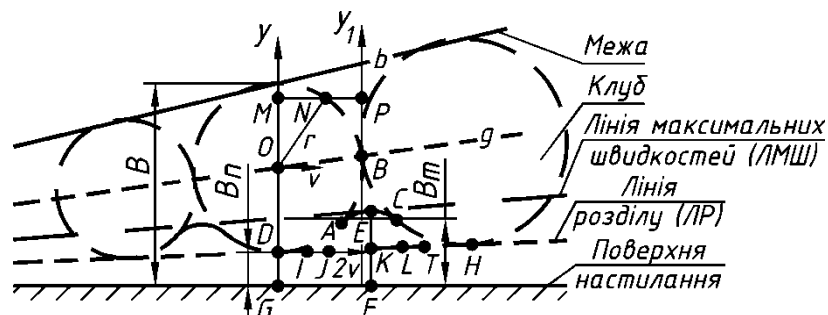


Рис. 1. Схема струмини

У перерізі завширшки B ордината y відраховується від поверхні настилення. Шляхом аналізу швидкостей повітря у криволінійній фігурі $DEFG$ у роботі [2] отримано співвідношення між ординатами ЛР (B_n) та ЛМШ (B_m): $B_n/B_m = 1/2$. Профіль усередненої проекції швидкості повітря на поверхню настилення \bar{u} отримано шляхом усереднення швидкості в діапазоні, що містить половину клуба 1 – між осями y та y_1 :

$$\bar{u}_x = (\bar{u}_{x,k} \cdot |MN| + \bar{u}_{x,m} \cdot (|MP| - |MN|)) / |MP| = u_{x,k} + u_{x,m}, \quad (2)$$

де $\bar{u}_{x,k}$ та $\bar{u}_{x,m}$ – середні проекції швидкості повітря у клубі 1 та міжклубному примежовому шарі 2 на поверхню настилення; $|MN|$ та $|MP|$ – довжини відрізків MN та MP ; $u_{x,k} = \bar{u}_{x,k} \cdot |MN|/|MP|$ та $u_{x,m} = \bar{u}_{x,m} \cdot (|MP| - |MN|)/|MP|$ – складові середньої швидкості у клубі та міжклубному шарі.

Середня проекція швидкості повітря на вісь x в межах клуба $\bar{u}_{x,k}$ подібно до колеса лінійно залежить від ординати y . Довжина відрізка MP – це радіус клуба, довжина відрізка $|MN|$ визначена з трикутника MNO . Таким чином отримано складову середньої швидкості за клубом

$$u_{x,k} = \bar{u}_{x,k} |MN|/|MP| = 4w(B - y)((B - y)(y - B_n))^{1/2}/(B - B_n)^2, \quad (3)$$

У міжклубному шарі між лініями b і g $(B + B_n)/2 < y < B$ відбувається підтікання повітря до клубів проти осі y (за аналогією до вільних струмин), тому $u_{x,m} = 0$. У криволінійному трикутнику DBH задача визначення проекції швидкості виявилася більш складною. Об'єм повітря «замкнений» клубами. Розриви тангенціальної складової швидкості на межах клубів за теорією А.Я.Ткачука моделюються тонкими вихровими прошарками. Їхня другорядна роль у розвитку струмини очевидна з урахуванням малих розмірів та енергії. Тому у роботі [2] цю складну течію замінено апроксимаційним законом $\bar{u}_{x,m} = wV(y)$.

Тоді складова швидкості за міжклубним шаром отримана у вигляді:

$$u_{x,m} = \bar{u}_{x,m}(|MP| - |MN|)/|MP| = w(1 - 2((B - y)(y - B_n))^{1/2}(B - B_n)^{-1})V(y). \quad (4)$$

Закон $V(y)$ у роботі [2] прийнято найбільш простим – лінійним. Значення швидкості $\bar{u}_{x,m}$ біля точки B отримано в кілька разів завищеним. Оскільки в цьому місці ширина міжклубного шару близька до нуля, то похибка профілю швидкості очікувалася не більшою за 3...5%. Слід аналітично перевірити цю похибку.

Формулювання цілей та завдання статті. Метою даної роботи є уточнення запропонованого у роботі [2] підходу до аналізу структури напівобмежених струмин і перевірка допустимості застосування грубих інтерполяцій до міжструминного шару. У подальшому це дозволить спростити вирішення складних струминних течій при вентиляції приміщень різного призначення.

Основна частина. Уточнимо отримані результати шляхом використання більш адекватного квадратичного закону:

$$V = a(y/B)^2 + b(y/B) + c. \quad (5)$$

Коефіцієнти апроксимації a , b та c знайдемо з двох очевидних умов: перша – у точці B при $y = (B + B_n)/2$ швидкість дорівнює w , тобто $V = 1$; друга – гладкість профілю швидкості. Похідна профілю швидкості:

$$d\bar{u}_x/dy = (\bar{u}'_{x,k} \cdot |MN| + \bar{u}_{x,k} \cdot |MN|' - \bar{u}'_{x,m} \cdot |MN| - \bar{u}_{x,m} \cdot |MN|' + \bar{u}'_{x,m} \cdot |MP|)/|MP| \quad (6)$$

Аналіз похідної [2] показав: у точці B профіль гладкий за будь-якого скінченного значення V при скінченній похідній dV/dy . Гладкість на ЛР ($y = (B+B_n)/2$) зводиться до двох умов: $V = 2$, $(d\bar{u}_x/dy)|_{y=B_n} = w dV(y)/dy$. За формулами (1) та (6) за умови неперервності профілю:

$$u_x = wV_n(y/B_n)^n, \quad (d\bar{u}_x/dy)|_{y=B_n} = wnV_n/B_n \quad (7)$$

Цим умовам відповідають коефіцієнти:

$$a = -4B^2 \frac{nB + B_n(1-n)}{B_n(B - B_n)^2}, \quad b = 2B \frac{n(B + B_n)^2 + 4B_n^2(1-n)}{B_n(B - B_n)^2},$$

$$c = 2 \left((B^2 - B_n^2)(1-n) - 2B_n B \right) / (B - B_n)^2. \quad (8)$$

За формулами (1), (2), (3), (4), (5), (7) та (8) після перетворень з уведенням відносних величин $\hat{u} = u/u_m$, $\hat{w} = w/u_m$, $\hat{y} = y/B$, $\hat{B}_n = B_n/B$:

$$\frac{\hat{u}}{\hat{w}} = \begin{cases} 4\sqrt{(\hat{y} - \hat{B}_n)(1 - \hat{y})^3} / (1 - \hat{B}_n)^2 \text{ при } (1 + \hat{B}_n)/2 \leq \hat{y} \leq 1; \\ \frac{4\sqrt{(\hat{y} - \hat{B}_n)(1 - \hat{y})^3}}{(1 - \hat{B}_n)^2} + \left(1 - \frac{2\sqrt{(1 - \hat{y})(\hat{y} - \hat{B}_n)}}{1 - \hat{B}_n}\right)(a\hat{y}^2 + b\hat{y} + c) \text{ при } \hat{B}_n < \hat{y} < \frac{1 + \hat{B}_n}{2}; \\ 2(\hat{y}/\hat{B}_n)^n \text{ при } 0 \leq \hat{y} \leq \hat{B}_n. \end{cases} \quad (9)$$

Введені відносні величини не перевищують одиниці.

Виконуємо пошук максимуму функції (9), щоб виразити швидкість w через u_m . При $(1 + \hat{B}_n)/2 \leq \hat{y} < 1$ та $0 < \hat{y} \leq \hat{B}_n$ та $n < 1$ похідна функції (9) не має коренів та розривів. При $\hat{B}_n < \hat{y} < (1 + \hat{B}_n)/2$ похідна неперервна та набуває достатньо громіздкого вигляду. Подальший аналіз виконаємо чисельно при двох варіантах показника степеню n . Приймаємо показник степеню за відомим законом однієї сьомої $n = 1/7$. Шляхом підрахунку похідної $(d\hat{u}/\hat{w})/d\hat{y}$ впевнюємося в наявності одного кореню $B_m = y_m(B_n)$. Далі виконуємо чисельне розв'язання рівняння $\hat{y}_m(\hat{B}_n) = 2\hat{B}_n$. Отримуємо значення $\hat{B}_n = 0,0482$, $\hat{B}_m = 0,0963$, що відповідає дослідним даним Фертмана ($\hat{B}_m \approx 0,1$). Також $\hat{w} = 0,4775$, $\hat{y}_{1/2} = 0,5017$. Підставляємо отримані значення у рівняння (9) і отримуємо (рис. 2):

$$\hat{u} = \begin{cases} 2,108\sqrt{(\hat{y} - 0,0482)(1 - \hat{y})^3} \text{ при } 0,524 \leq \hat{y} \leq 1; \\ 2,108\sqrt{(\hat{y} - 0,0482)(1 - \hat{y})^3} - 8,06(1 - 2,101\sqrt{(1 - \hat{y})(\hat{y} - 0,0482)}) \times \\ \quad \times (\hat{y} - 0,6103)(\hat{y} + 0,1626) \text{ при } 0,0482 < \hat{y} < 0,524; \\ 1,473\hat{y}^{1/7} \text{ при } 0 \leq \hat{y} \leq 0,0482. \end{cases} \quad (10)$$

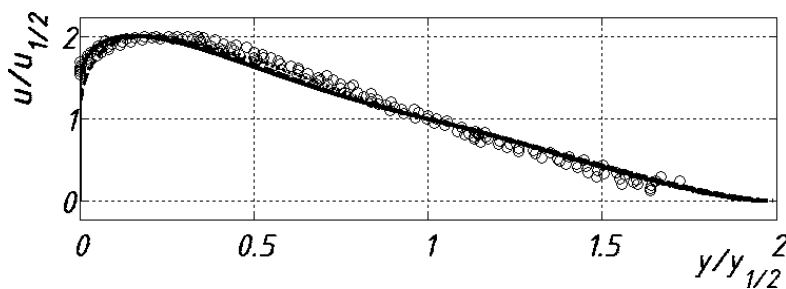


Рис. 2. Профілі швидкості. Суцільна лінія – при $n=1/12$, пунктир – при $n=1/7$, точкова лінія – за даними [2], кола – дослідні дані [5].

Приймаємо рекомендований для напівобмежених струмин показник степеню $n = 1/12$. Аналогічно отримуємо $\hat{B}_n = 0,0394$, $\hat{B}_m = 0,0788$ (відповідає дослідним даним Фертмана: $\hat{B}_m \approx 0,1$), $\hat{w} = 0,4865$, $\hat{y}_{1/2} = 0,5063$. Підставляємо отримані значення у рівняння (9) і отримуємо (рис. 2):

$$\hat{u} = \begin{cases} 2,109\sqrt{(\hat{y} - 0,0394)(1 - \hat{y})^3} \text{ при } 0,52 \leq \hat{y} \leq 1; \\ 2,109\sqrt{(\hat{y} - 0,0394)(1 - \hat{y})^3} - 6,39(1 - 2,082\sqrt{(1 - \hat{y})(\hat{y} - 0,0394)}) \times \\ \quad \times (\hat{y} - 0,6224)(\hat{y} + 0,2217) \text{ при } 0,0394 < \hat{y} < 0,52; \\ 1,274\hat{y}^n \text{ при } 0 \leq \hat{y} \leq 0,0394 \end{cases} \quad (11)$$

Похибка інтегральних характеристик профілю (табл. 1) відповідає похибкам експериментів, тому висловлені гіпотези є адекватними. Табл. 1 дозволяє зробити важливий висновок, який спрощує аналіз структури примежового шару у подальшій роботі. Оскільки суттєве уточнення апроксимаційного закону V дало незначне уточнення профілю швидкості – до 3%, то використання грубих апроксимацій закону V є виправданим спрощенням.

Таблиця 1

Інтегральні характеристики перерізу

Струминний шар		Сте- пінь n у при- стін- ному шарі	Коефіцієнт (чисельник) / розбіжність у відсотках (знаменник)		
профіль	формула		поля швид- кості $k=$ $= \int_0^1 \hat{u}(\hat{y}) d\hat{y}$	Бусинеска $\beta=(1/k^2) \times$ $\times \int_0^1 \hat{u}^2(\hat{y}) d\hat{y}$	Кориолісса $\alpha=(1/k^3) \times$ $\times \int_0^1 \hat{u}^3(\hat{y}) d\hat{y}$
Отрима- ний	(10)	1/12	0,5125 / 0,00	1,3981 / 0,00	2,1957 / 0,00
		1/7	0,5097 / 0,55	1,4001 / 0,14	2,2046 / 0,40
Лінійна апрокс.	[2]	1/12	0,5251 / 2,40	1,3989 / 0,06	2,1900 / 0,26
		1/7	0,5242 / 2,23	1,3995 / 0,10	2,1923 / 0,16
Шліх- тинга	$u/u_m=(1 - (y/B)^{3/2})^2$	1/12	0,4973 / 3,06	1,4950 / 6,48	2,4843 / 11,6
		1/7	0,4925 / 4,06	1,4916 / 6,27	2,4741 / 11,2
Грімїт- ліна	$u/u_m= e^{-0,7(y/y_{1/2})^2}$	1/12	0,5256 / 2,49	1,4192 / 1,49	2,2735 / 3,42
		1/7	0,5208 / 1,59	1,4163 / 1,29	2,2663 / 2,12
Рейхар- дта	$u/u_m= e^{-0,5(y/0,082x)^2}$	1/12	0,5127 / 0,04	1,4568 / 4,03	2,3942 / 8,29
		1/7	0,5079 / 0,90	1,4538 / 3,83	2,3865 / 7,99

Висновки

1. Для плоских напівобмежених струмин шляхом геометричного аналізу макроструктури потоку отримані залежності для профілю швидкості.
2. Доведено незначний вплив закону зміни швидкості у міжклубному шарі на профіль усередненої швидкості. Це дозволяє спростити геометричний аналіз у подальшій роботі.

Перспективи подальших досліджень. Отримані припущення мають бути використані для опуклих та гнутих напівобмежених струмин. Далі

з'являється можливість аналітично вирішувати складні струминні течії, які до цього досліджувалися лише експериментально.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Ткачук** А.Я., Довгалюк В.Б. Аеродинаміка вентиляції: Навчальний посібник. – ІВНВКП «Укреліотех», 2009. – 376 с.
2. **Мілейковський** В.О. Геометричне аналіз структури плоских напівобмежених струмин // Міжвідомчий науково-технічний збірник «Прикладна геометрія та інженерна графіка». Вип. 87. Відповідальний редактор В.Є.Михайленко.–К.:КНУБА, 2011 р.– 490с. – С. 275-280.
3. **Мілейковський** В.О. Геометричне моделювання плоских напівобмежених струмин // Міжвідомчий науково-технічний збірник «Прикладна геометрія та інженерна графіка». Вип. 86. Відповідальний редактор В.Є.Михайленко.–К.:КНУБА, 2010 р.– 472с. – С.187-191.
4. **Мілейковський** В.О. Геометричне обґрунтування профілю швидкості в струминних примежових шарах // Будівництво України. №1 2010 р. - С.17-20.
5. **Вулис** Л.А., Кашкаров В.П. Теория струй вязкой жидкости. – М.:Наука, 1965. – 432 с.

Уточнено решение плоских полуограниченных струйных течений с учетом крупномасштабных вихрей – клубов. Показано не значимость влияния качества аппроксимации закона изменения скорости в межклубном слое, что позволяет существенно упростить дальнейшие исследования в данном направлении. Получено совпадение результатов с известными опытными данными. Допущения дадут возможность аналитически решать сложные струйные течения.

We improve the solution of flat semirestricted jet flows taking into account the large-scale vortices – puffs. It is shown, that quality of approximation of the velocity change law in an interpuff layer does not effect on a velocity profile. It allows simplifying essentially the further researches in the given direction. Coincidence of results to known empirical data is obtained. Assumptions will give the opportunity to solve difficult jet flows analytically.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОНЫ ИЗМЕНЕНИЯ ЛИНИИ КАУСТИКИ ДЛЯ ПЛОСКОЙ ЗАДАЧИ АППАРАТА ОТРАЖЕНИЯ

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства,
Украина*

Анотація – в статті розглядається одержання комп'ютерної моделі зміни зони положення лінії каустики у зимовий період для плоскої задачі апарата відбиття. Це рішення застосовано до нерухомих концентраторів заданих у виді поверхні обертання та циліндричної поверхні.

Ключевые слова – зона изменения линии каустики, плоская задача аппарата отражения, переменное направление солнечных лучей.

Постановка проблемы. Одной из практических задач при исследовании свойств отраженного потока является определение зоны концентрации отраженных лучей. Применительно к плоской задаче аппарата отражения эту задачу можно рассматривать, как определение зоны изменения положения линии каустики при различных углах наклона падающих солнечных лучей.

Анализ основных исследований. В работе [1], предложен алгоритм получения компьютерной модели изменения положения линии каустики при переменном направлении солнечных лучей для плоской задаче аппарата отражения. Проводимые исследования базируются на принципе равенства углов между падающим и отраженным лучами и нормалью в точках отражающей кривой.

Но в указанной работе не определялась зона изменения линии каустики для определенного периода.

Постановка задачи. С учетом ранее проведенных исследований определить зону изменения линии каустики для плоской задаче аппарата отражения в зимний период.

Основная часть. При эксплуатации гелиоустановок, возникает задача геометрического моделирования отражающих поверхностей с целью определения наилучшего местоположения приемника в зоне солнечной радиации на протяжении светового периода. У отражающих поверхностей в виде цилиндрической поверхности или поверхности вращения для осевых сечений будет справедливо применение плоской задаче аппарата отражения. Поскольку в этих случаях солнечные лучи находятся в плоскости отражающих кривых.

В работе [1] рассмотрено получение компьютерных моделей изменения линии каустики при переменном направлении солнечных лучей для плоской задаче аппарата отражения.

Проводимые исследования базируются на алгоритме аналитического описания кривых аппарата отражения для плоской задачи на основе принципа равенства угла падения и отражения к нормали в точках отражающей кривой.

В практике использования солнечных установок неподвижные коллекторы и концентраторы располагают под углом к поверхности Земли равном широте данной местности. Для Крыма данный угол составляет 45° . Максимальный угол расположения Солнца в летний период, в полдень - 68° , для зимнего периода наибольшее значение - 45° , наименьшее - 23° . В связи с этим требуется определение зоны изменения линии каустики в указанных пределах. Наибольший интерес представляет решение данной задачи для зимнего периода.

Зона изменения линии каустики при переменном направлении солнечных лучей характеризует вид карстовой области и определяет местоположение приемника.

На рис.1 показано определение зоны изменения линии каустики для отражающей кривой заданной в виде полукубической параболы для зимнего периода. Линии каустики k_1 , k_2 , k_3 определены для следующего наклона солнечных лучей к оси ординат: k_1 - солнечные лучи параллельны оси ординат, k_2 - солнечные лучи составляют угол 12° с осью ординат, k_3 - солнечные лучи составляют угол 23° с осью ординат. Принято расположение оси ординат для полукубической параболы, совпадающей с оптической осью неподвижного концентратора (угол наклона концентратора к поверхности земли равен широте данной местности).

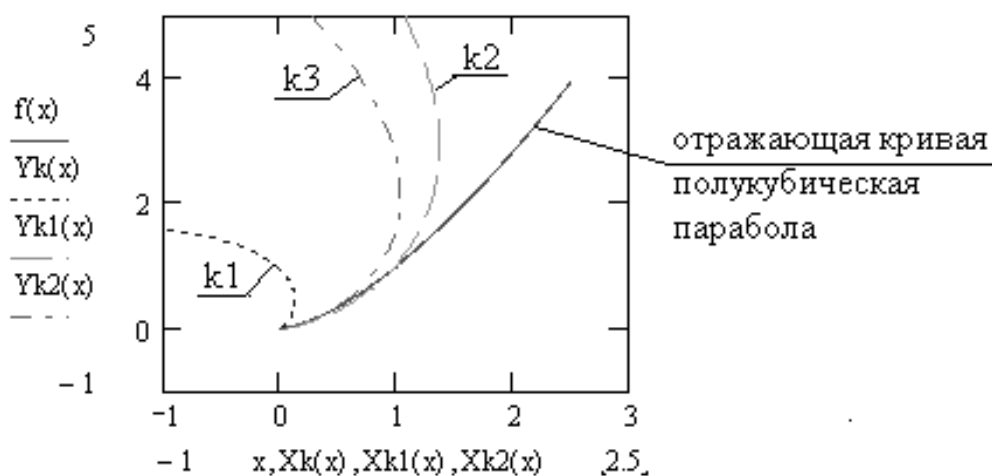


Рис. 1. Компьютерная модель определения зоны изменения линии каустики для зимнего периода (отражающая кривая задана в виде полукубической параболы)

Полученная компьютерная модель зоны изменения линии каустики для отражающей кривой в виде полукубической параболы показывает, что

расположение приемника, в этом случае, должно находиться в пределах зоны ограниченной линией k_2 . Поскольку зона находящаяся ниже данной линии является карстовой областью для случая, когда падающие лучи составляют с оптической осью угол 23° .

На рис. 2 показано определение зоны изменения линии каустики для ПЦ-фоклина с поворотом осей парабол относительно оси координат на 10° . Зона определялась также для зимнего периода.

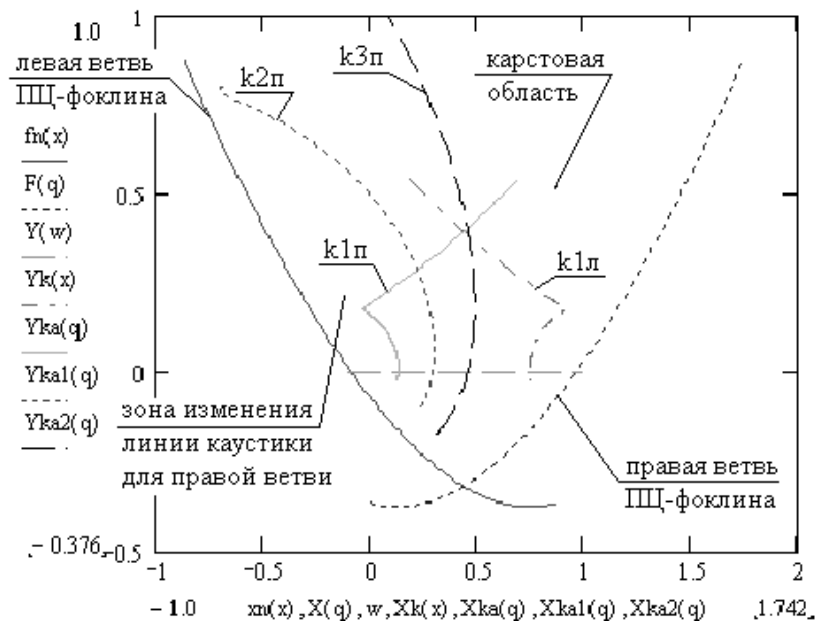


Рис. 2. Компьютерная модель зоны изменения линии каустика для ПЦ-фоклина (зимний период)

Положения каустик соответствуют: k_1 - солнечные лучи параллельны оси ординат, k_2 - солнечные лучи составляют угол 12° с осью ординат, k_3 - солнечные лучи составляют угол 23° с осью ординат.

Выводы. Полученные компьютерные модели определения зоны изменения линии каустики позволяют определить местоположение приемника, для неподвижных отражающих поверхностей в виде поверхности вращения или цилиндрической поверхности. Поскольку нахождение приемника в карстовой зоне не допустимо.

ЛИТЕРАТУРА

1. Митрофанова С.А. Геометрическое моделирование отражающих поверхностей в плоских солнечных коллекторах с концентрирующими элементами: дис. кандидата тех. наук: 05.01.01 / Митрофанова Светлана Алексеевна – К. - 2008 – 175 с.
2. Митрофанова С.А. Компьютерная модель каустики для переменного направления солнечных лучей / С.А. Митрофанова // Прикладна геометрія та інженерна графіка - К.:КНУБА - 2008 – вип. 80 – с. 165-169.

ФОРМУВАННЯ САДИБНОГО ЖИТЛА НА ОСНОВІ ПРИНЦИПУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НА ТЕРИТОРІЇ ПІВНІЧНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ

Київський національний університет будівництва і архітектури

Постановка проблеми. Метою дослідження є аналіз магістерської роботи «Формування садибного житла на основі принципу енергоефективності». В роботі запропоновано рекомендації щодо архітектурно-планувальної організації садибного житла на основі принципу енергоефективності для північного регіону України та наведено практичне впровадження результатів дослідження у вигляді проекту селища з детальною розробкою архітектурно-планувальних рішень індивідуальних та блокованих садибних будинків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наукові дослідження архітектури енергоефективного житла почалися на початку 20 ст., особливого розвитку отримали з кінця 70х років. В Україні проблемами у сфері енергоефективності почали займатися в кінці 90-х років КиївЗНІЕП, у 2000-х роках проблеми формоутворення енергоефективного житла можна прослідкувати у роботах Сергійчука О.В., Кашенко Т.О, Шулдан Л.О та ін. Не дивлячись на наявність значного масиву наукових досліджень у даній сфері, навряд чи можна говорити, що вони повністю знайшли своє відображення у проектній практиці в Україні.

Основна частина. Ціллю наукової частини роботи був аналіз існуючого стану, класифікація та адаптація рекомендацій по проектуванню енергоефективного садибного житла для території Київської області України. Проаналізувавши сучасні тенденції в архітектурі малоповерхового садибного житла у розвинутих країнах, було виявлено, що будівництво масового соціального недорогого, енергоефективного та екологічно комфортного житла є пріоритетним. В Україні запит на таке житло формується економічними, екологічними та соціальним факторами. У роботі проведено історичний аналіз розвитку енергоефективного житлового садибного проектування починаючи з інтуїтивного періоду (іглу, ірландські заглиблені будинки, хогани – за кордоном; будинки трипільської культури, напізаглиблені землянки – в Україні), закінчуючи сучасним проектуванням цілих енергоефективних поселень та міст (поселення Станлесе, Данія; поселення SolarCity Linz, Австрія; екологічне містечко «Лани полісся», Рівненська обл.). Окремі фрагменти сучасного розвитку описувались в роботі [6]. Досліджено розвиток наукового підґрунтя проектування, що розвивався починаючи з пошуків Евкліда (теорема сонячного відображення) та Архімеда з III ст. до н.е. та триває до

сих пір. Впорядкування енергоефективного проектування відбувається за допомогою міжнародних стандартів LEED, BREEM, Minrgie та Passivhaus, з яких можна виділити останній як найбільш зручний у проектуванні саме садибного житла, що було розглянуто у роботі [7].

В роботі сформульована задача проектування енергоефективних будинків, структуровані фактори (рис.1), що впливають на формування енергоефективних будинків на різних рівнях – регіональному (кліматична зона, температурно-вологісний режим, режим інсоляції) та локальному (оточуюча забудова, місцевий вітровий режим, геологія ґрунтів, водні ресурси), проаналізовано класифікацію садибного житла з точки зору енергоефективності та виявлено, що детальної розробки в умовах України потребують індивідуальні та блоковані будинки з системами пасивного сонячного обігріву.

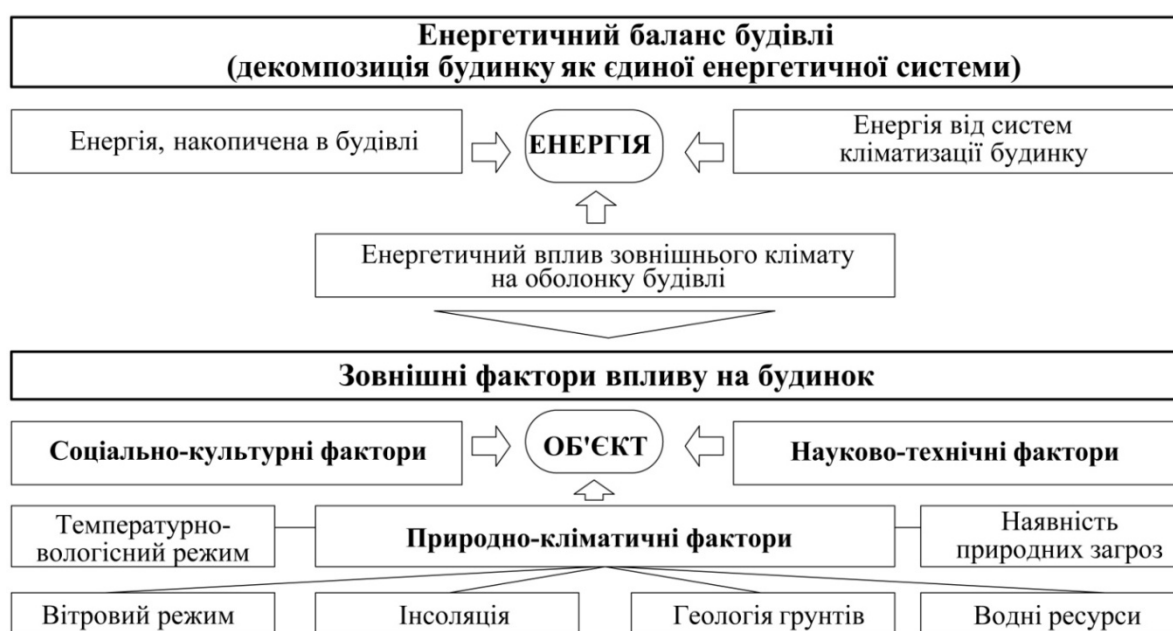


Рис.1. Фактори, що впливають на формування енергоефективного житла.

Провівши комплексний аналіз місцевого клімату Київської області, було виведено узагальнений гіпотетичний образ садибної енергоефективної будівлі, що формується на основі нижчезазначених прийомів (рис.2.) та враховані місцеві кліматичні фактори, а саме: висота підйому літнього та зимового сонця, вітровий режим, наявність відновлювальних енергетичних ресурсів (достатнього сонячного опромінення для влаштування сонячних колекторів, ресурсів для влаштування біогазової установки).

Містобудівний рівень		Архітектурно-планувальний рівень		Інженерно-технічний рівень	
Поселення		План		Конструкції	
Компактна структура забудови		Максимально компактний план, наближений до квадрату, тпн контур оторуджуваних поверхонь		Система збору дощової води	
Компактна сітка доріг	●	Широтна орієнтація будівлі (видовженням фасадом на пд.)	●	Зовнішні оторуджувачі поверхні	
Мінімальні шляхи ліній електропередач, водопроводу та каналізації	●	Модельовання внутрішньої структури з врахуванням інсоляції та пасивного сонячного обігріву	●	Використання місцевих матеріалів (цегли, арболіту, дерева)	
Пріоритетна забудова заблокованими будинками	●	Виключення технічних приміщень з опалювального контуру	●	Стіни:	
Інсоляція території		Об'єм		Матеріали оторуджувачів конструкцій, що забезпечують коефіцієнт теплопередачі стіни до 0,15 Вт/м ² К	
Розташування будинків з урахуванням умов взаємозатінення		Максимально компактний об'єм, наближений до куба, тпн фронт оторуджуваних поверхонь		Віконні прорізи:	
Проведення теплового зонування - визначення ділянок з рельєфом спрямованої орієнтації		Зменшення площі пн. фасаду за допомогою скату покрівлі.		Потрібне освітлення з заповненням простору між склоом газом аргонном або низькоємнісіне скло	
Орієнтація ділянок на сприяєтліві румби (пн-пд)		Диференціація скління фасадів (тах-пд. фасад, тпн-пн. фасад)		Герметичність:	
Врахування аеродинамічних потоків		Врахув. висоти підйому літнього та зимового сонця, захист пд. фасаду від перегріву:		Створення герметичної оболонки зсередини будівлі по всій захищаючій поверхні, виключення "мостів холоду"	
Аерація території влітку		- Виступи в покрівлі, козирки		Інженерне обладнання	
Зменшення вітру, забудовою і ефективний вітро-захист рослинністю від пауюрочних вітрів взимку		- Ламелі		Вентиляція	
Біо - енергетика		- Прибудови		Установа приладу для механічної вентиляції з системою рекуперації	
Віведення території для влаштування біогазової установки та біовідстійників		Колір поверхонь будівлі, що поліпшує теплонаодження		Геліоенергетика	
Геліоенергетика		Планувальні прийоми для покращення теплонаодження та зменшення тепловтрат		Влаштування фотоелектричних сонячних колекторів	
Віведення території для влаштування фотоелектричних сонячних колекторів		Часткове заглиблення будинку в ґрунт		Влаштування теплових сонячних колекторів з рідним теплоносієм	
Додаткові вимоги		Влаштування атрумних приміщень		Влаштування теплових сонячних колекторів з повітряним теплоносієм	
Влаштування велодоріжок		Використання буферних зон		Геотермальна енергетика	
Влаштування штучного волоймища		Для накопичення тепла:		Тепловий насос "ґрунт-вода"	
Ділянка		Прибудовані, вбудовані оранжереї південної орієнтації		Тепловий насос "вода-вода"	
Модельовання генплану ділянки з врахуванням інсоляції та пасивного сонячного обігріву будинку:		Будинок - "термос"		Тепловий насос "повітря-вода"	
Відсутність затіненості з південної сторони ділянки у зимовий період		Ізольовачі для запобігання тепловтрат:		Тепловий насос "ґрунт-повітря"	
Зонування ділянки озелененням з урахуванням вітрових потоків		Буферні неопалювальні приміщення з північного фасаду		Тепловий насос "вода-повітря"	
Захист будинку зі сторони пануючих зимових вітрів хвойними деревами		Пасивні системи використання сонячної енергії		Тепловий насос "повітря-повітря"	
		Пряме опромінення		Вітрова енергетика	
		Непряме опромінення:		Установлення вітрової електричної установки	
		- Водоналивні стелі			
		- Водоналивні стіни			
		- Масивні стіни			

Умовні позначення

● Обов'язкове застосування

● Рекомендоване, але не обов'язкове застосування

○ Не рекомендоване застосування

Рис.2. Рекомендовані прийоми проектування енергоефективного садибного садибного житла з врахування місцевих вимог.

Результати дослідження були апробовані у проектуванні енергоефективного поселення, адаптованого під регіон будівництва, а саме – село Дмитрівка, Київська область. Ідеєю проектування було моделювання житла в системі поселення за допомогою рекомендованих прийомів підвищення енергоефективності на містобудівному, архітектурно-планувальному та інженерно-технічному рівнях.

Генплан поселення (рис.3) характеризується зручним функціональним зонуванням, компактністю, сприятливою орієнтацією житлової забудови, захищеністю від зимових вітрів (озелененням), раціональним використанням місцевих природних ресурсів (наявність біогазової установки, відведення території під сонячні фотоелектричні колектори).

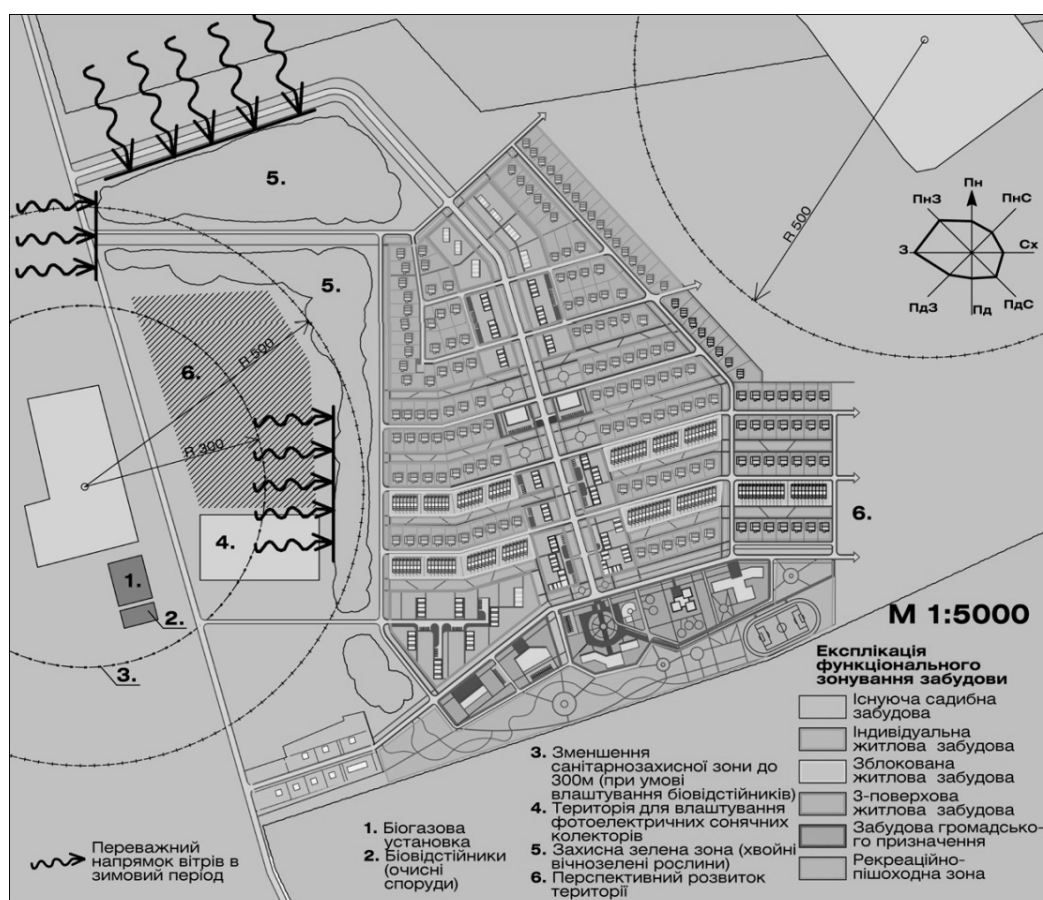


Рис.3. Схема функціонально-планувального зонування території

Житлове будівництво представлено індивідуальними та блокованими садибними будинками, що забезпечують інсоляцію та комфортний температурно-вологісний режим в приміщеннях, при цьому характеризуються раціональним використанням природних ресурсів та зменшенням тепловитрат. Енергетична стратегія будинків базується на мінімізації тепловитрат, максимальному використанні сонячної енергії для пасивного сонячного обігріву житлових приміщень за допомогою архітектурних прийомів, наявності теплових насосів та сонячних теплових колекторів.

I. Індивідуальний будинок

Запропонований варіант будинку (рис. 4,5,6) загальною площею 208,2 м² характеризується компактним об'ємно-просторовим рішенням, мінімальним фронтом огорожуючих поверхонь, тепловим зонування функціонально-планувальних груп в будинку - південною орієнтацією житлових приміщень та виключенням гаража з опалювального контуру, зменшенням площі північного фасаду за допомогою скату покрівлі, диференціацією скління фасадів - максимальне оскління південного фасаду, мінімальне – північного.



Рис. 4. Перспективне зображення

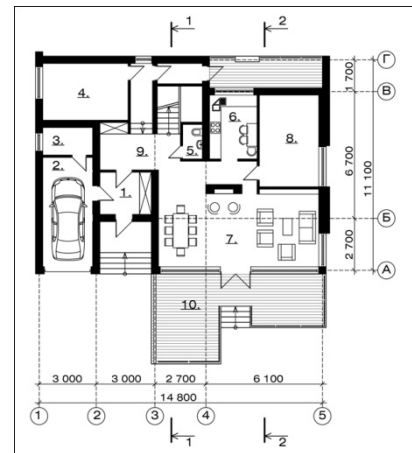


Рис. 5. План 1-го поверху



Рис. 6. Енергетична концепція

Однією з основних ідей даного будинку було використання сонячної енергії для пасивного сонячного обігріву житлових приміщень. Враховуючи висоту підйому літнього та зимового сонця, було змодельовано розмір віконних прорізів та захист південного фасаду від перегріву (виступи в покрівлі, ламелі з західної сторони терас).

Для покращення теплонадходжень та зменшення тепловтрат, влаштовано буферні зони: для накопичення тепла – оранжереї південної орієнтації, що в теплий період року відкриваються, утворюючи відкриту терасу та ізолюючі для запобігання тепловтрат – буферне неопалювальне

приміщення з північного фасаду, що також відкривається у літній період року).

II. Блоковані будинки

Блоковані будинки більш сприятливі для проектування з точки зору енергоефективності - скорочується площа огорожуючих стін на 50% порівняно з одноквартирними, є економія на технологічному обладнанні (можливість установки спільного обладнання на декілька квартир), вузькі ділянки зменшують вуличний фронт забудови. Проте вони характеризуються нижчим рівнем приватності, невеликим розміром ділянки по ширині будинку, відсутністю можливості реконструкції та розширення будинку.



Рис. 7. Перспективне зображення



Рис. 8. План 1-го поверху

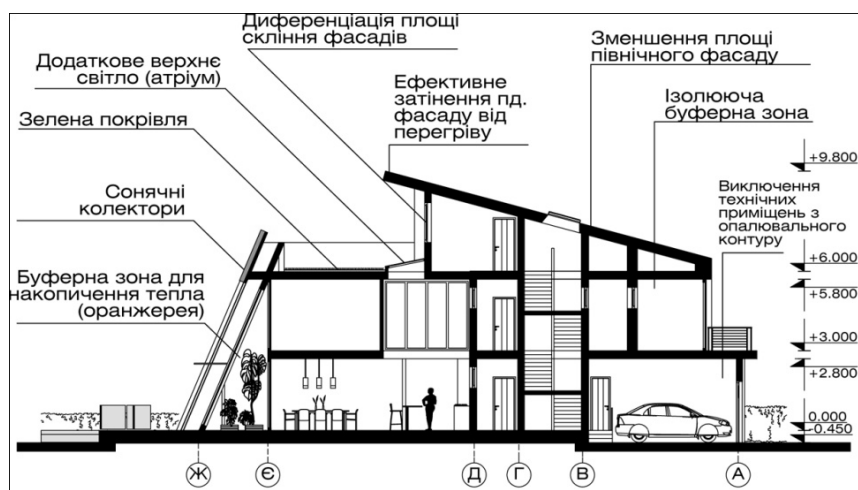


Рис. 9. Енергетична концепція

Запропонований варіант зблокованих будинків (рис. 7,8,9) загальною площею кожного 176,0 м² характеризується компактним об'ємно-просторовим рішенням, мінімальним фронтом огорожуючих поверхонь, тепловим зонуванням функціонально-планувальних груп в будинку - південною орієнтацією житлових приміщень та виключенням

гаража з опалювального контуру, зменшенням площі північного фасаду за допомогою скату покрівлі, диференціацією скління фасадів - максимальне оскління південного фасаду, мінімальне – північного.

Однією з основних ідей даного будинку біло використання сонячної енергії для пасивного сонячного обігріву житлових приміщень. Враховуючи висоту підйому літнього та зимового сонця, було змодельовано оранжерею на південному фасаді для накопичення сонячного тепла. У літній період вона ефективно провітрюється та захищена від прямих сонячних променів виступами над другим поверхом.

Для покращення теплонадходжень та зменшення тепловтрат, влаштовано буферні зони (ізолюючі для запобігання тепловтрат – буферне неопалювальне приміщення на другому поверсі з північного фасаду, що відкривається у літній період року).

Особливості інженерного обладнання будинку: влаштування теплових сонячних колекторів з рідинним теплоносієм, влаштування горизонтального ґрунтового теплового насосу «ґрунт-вода». Особливості конструкцій: використання матеріалів огороджуючих конструкцій, що забезпечують коефіцієнт теплопередачі стіни до $0,15 \text{ Вт/м}^2\text{К}$, потрійне оскління з заповненням простору між склом газом аргонем (або низькоемісійне скло), створення герметичної оболонки зсередини будівлі по всій захищаючій поверхні, забезпечення герметичності всіх перехідних з'єднань (виключення "мостів холоду").

Висновки. В статті проаналізовано магістерську роботу «Формування садибного житла на основі принципу енергоефективності», проведено опис наукової частини та представлено архітектурний проект.

ЛІТЕРАТУРА

1. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В. Энергоэффективные здания. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2003.- 200с.
2. Полуй Б.М. Архитектура и градостроительство в суровом климате: Учебное пособие для вузов. Л.: Стройиздат. Ленингр. отд-ние, 1989. – 300с.
3. Беляев В.С., Хохлова Л.П. Проектирование энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий. –М., Высшая школа,1991
4. Кащенко Т.О., Сьомка С.В., Бородкіна І.М. Енергозбереження в архітектурі індивідуальних житлових будинків. – К.: КНУБА, 2010 – 44с.
5. Король В.П. Архітектурне проектування житла: Навчальний посібник. – К.: ФЕНІКС, 2006. – с.208
6. Ручинська Н.М. Варіанти рішень енергоефективних будинків на прикладах проектів європейських країн // Труды VII международной научно-практической конференции «Геометрическое моделирование и компьютерный дизайн» (Том 2), м. Одеса, 2010 р., с.281-285
7. Ручинська Н.М. Перспективи розвитку технології «Passive house» в Україні // Доповіді сьомої міжнародної кримської науково-практичної

конференції «Геометричне та комп'ютерне моделювання: Енергозбереження, екологія, дизайн», м. Сімферополь, 2010р., с. 243-247

Анотація.

В статті проведено аналіз існуючого стану, досліджено фактори впливу на енергоефективне житло, запропоновано рекомендації щодо архітектурно-планувальної організації садибного житла на основі принципу енергоефективності для північного регіону України та наведено практичне впровадження результатів дослідження у вигляді проекту селища з детальною розробкою архітектурно-планувальних рішень індивідуальних та блокованих садибних будинків.

Аннотация.

В статье проведен анализ существующего состояния, исследованы факторы влияния на энергоэффективное жилье, предложено рекомендации по архитектурно-планировочной организации усадебного жилья на основе принципа энергоэффективности для северного региона Украины и приведено практическое внедрение результатов исследования в виде проекта поселка с детальной разработкой архитектурно-планировочных решений индивидуальных и блокированных усадебных домов.

Annotation.

The article analyzes the existing situation, studied impacts on energy efficient housing, provides recommendations on architectural planning of housing estate on the basis of energy efficiency for the northern region of Ukraine and provides practical application of research results in the form of a settlement with the detailed design of architectural and planning solutions for individual and blocked farmstead buildings.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2011 «СТРОИТЕЛЬНАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ»

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Украина

Постановка проблемы. Данные, заложенные в нормативных документах по строительной климатологии, являются исходными параметрами для решения всех остальных задач, связанных с проектированием объектов. Поэтому очень важна достоверность климатических параметров, включаемых в нормы. Ошибки во входных параметрах сводят на нет все усилия, связанные с решением оптимизационных задач, в том числе и задач снижения энергоёмкости зданий.

Еще одной проблемой при решении оптимизационных задач по энергоэффективности зданий является нехватка климатических параметров, заложенных в нормах. Восполнение необходимой климатической информации может быть осуществлено геометрическими методами на основе анализа физических закономерностей изменения во времени и в пространстве климатических параметров.

С 1 ноября 2011 г. в Украине вводятся новые нормы по строительной климатологии – ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2011 «Строительная климатология». Эти нормы включают широкий набор климатических параметров, достаточный для решения большинства задач по проектированию энергоэффективных зданий. Их разработка была проведена на основе системного анализа действующих в СНГ нормативных документов по строительной климатологии, тенденций изменения климата в последнее время и целей разработки соответствующего документа.

Анализ основных исследований. Ещё в 2001 г. была создана инициативная группа специалистов из КНУБА (Подгорный А.Л., Сергейчук О.В.), НИИСК (Фаренюк Г.Г.), КиевЗНИИЭП (Черных Л.Ф., Полевой П.П.) и УкрНИГМИ (Мартазынова В.Ф., Бабиченко В.М.), которая подготовила обращение в Госстрой Украины, в котором обосновывалась необходимость скорейшей подготовки новых строительных норм по строительной климатологии.

Это было связано с тем, что в конце 70-х годов прошлого века начался глобальный период потепления, который существенно изменил климат Украины. Причем изменения коснулись не только температуры воздуха, а и циркуляции атмосферы, её облачности и прозрачности, распределения и интенсивности осадков, то есть изменились практически все климатические показатели.

Тогда в Украине при решении задач, связанных с учётом влияния климатических факторов в строительстве использовались климатические параметры, СНиП 2.01.01-82 «Строительная климатология и геофизика»

[1] (действует до сих пор) и приложения к СНиП 2.01.07-85 «Карты районирования территории СССР по климатическим характеристикам» [2] (отменены с 1.01.2007 г в связи с принятием ДБН В.1.2-2:2006 «Нагрузки и воздействия» [3]). Эти параметры были получены статистической обработкой данных метеорологических наблюдений за 30-80 лет в период с 1881 по 1975 гг.

Разработанные в России в качестве межгосударственных строительных норм МСН 2.04-01-98 «Строительная климатология» [4] в Украине не были введены в действие в связи с отсутствием ряда важнейших климатических показателей, необходимых проектировщикам.

Разработку и введение в действие новых украинских норм по строительной климатологии следовало осуществить до разработки других нормативных документов, использующих климатические параметры (нормы по теплотехнике, светотехнике, инсоляции, отоплению и вентиляции и т.п.). К сожалению, получилось как всегда – разработка норм началась только в 2008 г. и завершилась в 2010 г.

Постановка задачи. Целью статьи является анализ структуры ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2011 и обоснование некоторых его положений с точки зрения использования аппарата прикладной геометрии.

Основная часть. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2011 включает 10 основных разделов: архитектурно-строительное климатическое районирование территории Украины, температура наружного воздуха, ветер, солнечная радиация, тепловая радиация атмосферы и Земли, влажность воздуха, фактор мутности атмосферы, облачность, осадки и снеговой покров, естественное освещение. Таким образом, охвачены все необходимые климатические параметры, которые используют в проектной практике архитекторы, градостроители и инженеры.

В основу предлагаемого *архитектурно-строительного климатического районирования территории Украины* положено физико-географическое районирование Украины, согласно [5], которое было уточнено специалистами УкрНИГМИ по климатическим данным, рассчитанным на основе информации метеорологических наблюдений на 53 метеорологических станциях за период 1961 – 2005 гг., и методология строительного районирования территории СССР, согласно [6].

С точки зрения прикладной геометрии районирование территории можно отнести к задаче разбиения множества на непересекающиеся подмножества по признаку одинаковости типологических требований к зданиям. По строительному районированию СССР Украина имела 4 климатических района (подрайона) – IВ, IIВ, IIIВ и IVВ. Границы подрайонов были проведены там, где хотя бы по одному параметру типологические требования к объектам проектирования отличались [6].

В [5] сохранены границы климатических подрайонов и их нумерация, но в пределах этих подрайонов (которые названы зонами) установлены подзоны (всего 11 подзон). Однако анализ требований к проектированию городов и жилых домов, проведенный на основе данных [5,7] показывает, что границы между подзонами были проведены некорректно – в разных подзонах типология объектов одинаковая.

Кроме того, учитывая изменение климата с момента последнего климатического районирования СССР, возникла необходимость некоторого уточнения границ между подрайонами. Например, на всей территории III района в пределах Украины температура января не снижается ниже -6°C , что соответствует условиям подрайона ШБ. Необходимо также в районе II выделить район Карпат и Закарпатья, который отличается повышенным количеством осадков, что отразилось в своеобразной архитектуре этого региона. Окончательное архитектурно-строительное климатическое районирование Украины показано на рис.1. Климатические характеристики районов приведены в табл. 1.

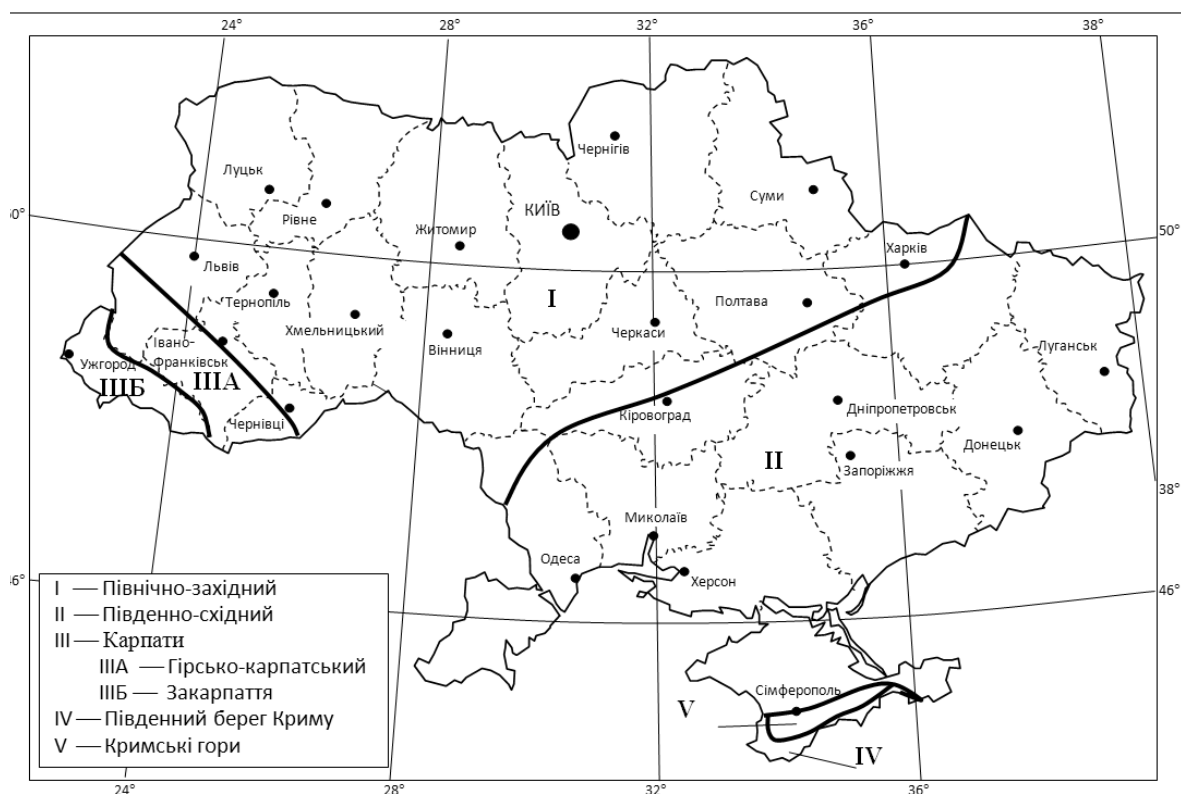


Рис. 1 – Архитектурно-строительное климатическое районирование территории Украины

Табл. 1 – Климатические показатели районов и подрайонов

Климатический район	Температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$				Количество осадков за год, мм	Относительная влажность в июле, %	Скорость ветра в январе, м/с	
	средняя за		абсолютная					
	январь	июль	минимальная	максимальная				
I	От -5 до -8	От 18 до 20	От -37 до -40	От 37 до 40	От 550 до 700	От 65 до 75	От 3 до 4	
II	От -2 до -6	От 21 до 23	От -32 до -42	От 39 до 41	От 400 до 500	Меньше 65	От 4 до 6	
III	ША	-7	14	-38	35	1600	От 77 до 81	3
	ШБ	-4	19	-32	39	1000	Больше 70	3
IV	3	23	-20	39	600	Меньше 60	4-5	
V	-4	16	-27	32	1060	70	4-5	

Раздел, посвященный *температуре наружного воздуха*, включает следующие её показатели: среднесуточная температура и амплитуда колебания температуры каждого месяца, среднегодовая температура,

средняя температура наиболее холодных и наиболее жарких суток разной обеспеченности, средняя температура и продолжительность периодов отопления и перегрева. Эти показатели наведены для всех областных центров Украины и Автономной Республики Крым, а также некоторых других городов¹.

Для расчёта суточного хода среднемесячной температуры воздуха проектировщикам рекомендуется использовать формулы, полученные интерполяцией экстремальных значений синусоидальной функцией, предложенные в [8], а для расчёта эффективной температуры воздуха около наружной поверхности ограждения – формулу, предложенную в [9], которая учитывает тепловое воздействие прямой и рассеянной солнечной радиации, а также тепловой радиации атмосферы и Земли.

Этот раздел включает также уточнённую карту районирования территории Украины по градусо-суткам отопительного периода, которая существенно отличается от действующей в настоящее время и на основе которой в Украине нормируются минимальные значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций [10].

Раздел, посвящённый *ветру*, включает следующие показатели: ежемесячные значения направления преобладающего ветра, его повторяемость и среднюю скорость; повторяемость и средняя скорость ветра по восьми румбам и повторяемость штилей в январе и июле. По этим данным построены карты преобладающих направлений ветра в январе и июле.

Расчёт прямой и рассеянной *солнечной радиации* проведён по результатам измерений актинометрических станций Украины. По построенным картам пространственного распределения прямой и рассеянной радиации по территории для отдельных месяцев определено радиацию в областных центрах. Как известно, на актинометрических станциях фиксируются значения интенсивности прямой солнечной радиации и энергетической освещённости горизонтальной плоскости рассеянной радиацией при ясном небе и средних условиях облачности. Значения энергетической освещённости на плоскостях других ориентаций были получены при помощи ППП «Atmospheric Radiation», описанной в [11].

По результатам расчётов в ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2011 составлены таблицы среднемесячных доз прямой и рассеянной солнечной радиации, поступающих на горизонтальную и вертикальную поверхности (восьми ориентаций) при ясном небе и средних условиях облачности для областных центров Украины; доз суммарной солнечной радиации за отопительный период на указанные поверхности; часовые значения энергетической освещённости этих поверхностей в январе и июле при ясном небе и полной облачности для разных широт Украины (44, 46, 48, 50° с. ш.).

Тепловая радиация подсчитана по методике [12]. Приводятся характеристики тепловой радиации аналогичные характеристикам солнечной радиации.

¹ Во всех последующих разделах климатические показатели также приводятся для этих городов.

Влажность воздуха нормируется среднесуточной относительной влажностью и её амплитудой колебания для каждого месяца. Эти показатели, в отличие от значений упругости водяного пара, приведенных в [1,4], являются наиболее часто используемыми при архитектурно-климатическом анализе местности.

Фактор мутности атмосферы, облачность, осадки и снеговой покров, естественное освещение впервые введены в строительные нормы. Эти показатели очень важны при расчёте естественной энергии, приходящей к зданиям. Они были использованы при определении энергетической освещенности вертикальных и горизонтальной поверхностей солнечной и тепловой радиации при существующих природно-климатических условиях. Значения естественной освещенности горизонтальной плоскости явились основой разрабатываемого в настоящее время светоклиматического районирования территории Украины.

Выводы и перспективы дальнейших исследований. Введение в действие ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2011 позволит проектировщикам найти в одном нормативном документе все необходимые климатические параметры для проектирования энергоэффективных зданий с вертикальными стенами.

Вместе с тем, необходимо разработать метод получения значений энергетической освещенности произвольно ориентированных плоскостей по имеющимся значениям этого показателя для вертикальных и горизонтальной поверхностей. Это касается как солнечной, так и тепловой радиации.

Кроме этого, необходимо разработать и внести изменения в ряд действующих нормативных документов, базирующиеся на климатических показателях, среди которых [5,10].

ЛИТЕРАТУРА

1. Строительная климатология и геофизика : СНиП 2.01.01-82. — [Введены в действие с 1 янв. 1984 г.] / Госстрой СССР. — М. : Стройиздат, 1983. — 136 с. — (Державні будівельні норми України).
2. Карты районирования территории СССР по климатическим характеристикам. Приложение №5 к СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия» / Госстрой СССР. — М.: Стройиздат, 1987. — 8 с.
3. Навантаження і впливи : ДБН В.1.2-2:2006 — [Чинні від 2007-01-01] / Мінбуд України — К.: Мінбуд України, 2006. — 75 с.— (Державні будівельні норми України).
4. Строительная климатология : МСН 2.04-01-98. [Дата введения 2000-01-01] / Госстрой России. — М. : МНТКС, 1998. — 113 с. — (Межгосударственные строительные нормы).
5. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень : ДБН 360-92**. [Чинні від 1992-01-01] / Мінбудархітектури України. — К. : Укрархбудінформ, 1993. — 107 с. — (Державні будівельні норми України).

6. Лицкевич. В. К. Жилище и климат / В. К. Лицкевич. — М. : Стройиздат, 1984. — 288 с.
7. Житлові будинки. Основні положення : ДБН В.2.2.-15-2005. [Чинні від 2006-01-01] / Держбуд України. — К. : Укрархбудінформ, 2005. — 50 с. — (Державні будівельні норми України);
8. Сергейчук О.В. Геометричний аналіз кліматичних показників / О.В. Сергейчук, В.П. Шитюк // Праці Тавр. держ. агротехн. акад. — Мелітополь : ТДАТА, 2009. — Вип. 4 : прикл. геометрія та інж. графіка. — Т. 43. — С. 81—87.
9. Сергейчук. О. В. Оптимізація форми енергоефективної будівлі, зовнішня оболонка якої – n -параметрична поверхня / О.В. Сергейчук // Прикл. геометрія та інж. графіка. — К.: КНУБА, 2010. — Вип.85. — С. 150-155.
10. Теплова ізоляція будівель : ДБН В.2.6-31:2006. — [Чинні від 2007-04-01] / Мінбуд України — К.: Мінбуд України, 2006. — 65 с.— (Державні будівельні норми України).
11. Сергейчук О.В. Геометрична комп'ютеризована модель «Atmospheric Radiacion» для енергоефективного будівництва / О.В. Сергейчук // Енергозбереження в будівництві та архітектурі. — К.: КНУБА, 2011. — Вип.1. — С. 22-28
12. Сергейчук О. В. Геометричне моделювання променевого теплообміну в атмосфері при хмарному небі / О. В . Сергейчук // Геометрич. та комп'ют. моделювання: зб. наук. праць. — Харків : ХДУХТ, 2006. — Вип. 15. — С. 100—106.

МЕТОДОЛОГІЧНІ ПИТАННЯ РОЗРОБКИ ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2011 «БУДІВЕЛЬНА КЛІМАТОЛОГІЯ»

Обґрунтовується необхідність розробки стандарту та аналізується його зміст з точки зору використання апарату прикладної геометрії.

METHODOLOGICAL QUESTIONS ON DEVELOPMENT OF DSTU-N B V.1.1-27:2011 « BUILDING CLIMATOLOGY»

It is necessary to develop standards and analyze substance from the point of view on using the geometry application method.

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПРУЖНОГО СЕРЕДОВИЩА, ЩО ПЕРЕБУВАЄ ПІД ДІЄЮ ЗАДАНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Київський Національний Університет Будівництва і Архітектури

Постановка проблеми. Створення точних та коректних із фізичної точки зору моделей пружного середовища, є широковідомою та актуальною проблемою сучасної інженерії. Це пов'язано зі швидким розвитком науково-технічного прогресу, і як наслідок із підвищенням рівня задач, що постають перед інженерами та науковцями в процесі дослідження фізичних явищ та процесів. Моделювання останніх часто вимагає подолання проблем спричинених високою геометричною складністю і масштабністю процесів. До таких процесів можна віднести, наприклад, деформацію та розвиток напружень у будівельних конструкціях, різноманітних машинах та механізмах, що перебувають під дією деякого навантаження. Одним із шляхів подолання вище зазначених проблем є застосування чисельних методів моделювання. Але і вони часто містять приховані похибки й неточності.

Аналіз основних досліджень. Найбільш розповсюдженим апаратом чисельного моделювання (на даний момент) являється метод скінченних елементів (МСЕ) [1]. Метод оснований на аналізі деякої глобальної функції, яка представляє досліджуване явище в усіх точках даної області. Ця область має бути попередньо розбита на скінченні суміжні підобласті, що називаються скінченними елементами. Шукана глобальна функція будується по частинам на кожному із цих елементів. Однак точність відтворення загальної картини процесу починає проявлятися лише при зростанні ступеню дискретизації досліджуваного об'єкту (або ділянки середовища), що є одним з не багатьох недоліків методу. Корінь проблеми виявляється у тому, що більшість досліджуваних явищ безпосередньо описуються диференціальними залежностями, а похибки накопичуються в процесі переходу від нескінченно малих часток середовища (в якому розвивається процес) до елементів із скінченними розмірами. При цьому середовище частково втрачає свої геометричні властивості, що небажано. Тому при моделюванні процесів високої геометричної та фізичної складності слід максимально точно підбирати геометричні інтерпретації окремих ділянок середовища, намагаючись при цьому досягти мінімальної дискретизації об'єкта у цілому.

В роботі [2] було оглядово розглянуто алгоритм, який дозволяє на основі статико-геометричного методу (СГМ) дискретної геометрії [3] відтворити напружено-деформований стан (НДС) пружного тіла, що перебуває під дією силового поля електричного струму. Загалом,

механічна сила, яка впливає на кожну точку середовища, може бути представлена суперпозицією будь-яких польових структур або результуючим вектором суми зосереджених сил, прикладених в даній точці. Однак на практиці реалізація вище згаданого алгоритму ускладнюється у зв'язку із тим, що в основі СГМ лежить ідеалізована модель нерозтяжної нитки, яка дуже відчутно реагує на найменші зміни характеру її роботи (тільки стиск або розтяг). В наслідок цього в процесі ітераційного числення не завжди можна досягти заданої похибки. Окрім того, виникають не бажані осциляції пов'язані із топологічною специфікою сіткової конструкції. Відтак, уточнимо і скорегуємо цю модель, щоб зробити можливим її використання у сукупності із узагальненим законом Гука.

Основна частина. Модель нерозтяжної нитки (в'язі або стрижня) передбачає, що пружні деформації цієї нитки прямо пропорційні зусиллю, яке в ній виникає. Отже, справедливе співвідношення:

$$K_{i;j} = \pm |\bar{R}_{i;j}| / \delta_{i;j}, \quad (1)$$

де величина $K_{i;j}$ – це коефіцієнт пропорційності; $|\bar{R}_{i;j}|$ – абсолютна величина зусилля у в'язі; $\delta_{i;j}$ – довжина в'язі що відповідає абсолютному видовженню; знак залежить від характеру роботи в'язі. Якщо дію сторонніх сил на нитку припинити, то (у відповідності до даної моделі) вона «стиснеться» в точку. Якщо ж нитка має деяку площу перерізу $A_{i;j}$, то зусилля у виразі (1), можна виразити через напруження у стрижні:

$$K_{i;j} = A_{i;j} E (\delta_{i;j} - \delta_{(i;j)0}) / (\delta_{i;j} \delta_{(i;j)0}), \quad (2)$$

де $\delta_{(i;j)0}$ – початкова довжина в'язі, а E – модуль пружності матеріалу. Але якщо $\delta_{(i;j)0}$ дорівнює нулю, то вираз (2) не має фізичного і математичного сенсу. Саме тому в даній моделі приймається припущення, що початкова довжина в'язі знаходиться із результуючою у такому співвідношенні:

$$\delta_{(i;j)0} = \delta_{i;j} / (1 + \delta_{i;j}). \quad (3)$$

Тоді, з урахуванням формул (2) і (3), одержуємо наступний вираз:

$$K_{i;j} = A_{i;j} E (\delta_{i;j} - \delta_{i;j} / (1 + \delta_{i;j})) / (\delta_{i;j} \delta_{i;j} / (1 + \delta_{i;j})) = A_{i;j} E. \quad (4)$$

Це вказує на те, що будь-який приріст внутрішнього зусилля від дії зовнішніх сил не залежатиме від початкового НДС стрижня! А значить, дана модель сумісна із законом Гука при роботі досліджуваного пружного середовища в межах пружних деформацій. Тепер стає очевидно, що для видовження (утворення) деякого стрижня $S_i S_j$ із площею перерізу $A_{i;j}$ на відстань $\delta_{i;j}$ необхідно прикласти до нього зусилля, абсолютна величина якого становитиме:

$$|\bar{R}_{i;j}| = \pm K_{i;j} \delta_{i;j} = \pm A_{i;j} E \delta_{i;j}. \quad (5)$$

Перенесемо властивості нерозтяжного стрижня на деякий фрагмент тривимірного пружного тіла. Тоді для утворення елементарного прямокутного паралелепіпеда розмірами $\Delta h_x \times \Delta h_y \times \Delta h_z$, наділеного такими властивостями, знадобиться прикласти до деякої фігури, складеної із 3-х

перпендикулярних прямокутних відсіків площин (із площами A_l , A_m , та A_n), зусилля величиною:

$$\bar{F}_x = A_l E \Delta h_x, \quad (6)$$

$$\bar{F}_y = A_m E \Delta h_y, \quad (7)$$

$$\bar{F}_z = A_n E \Delta h_z. \quad (8)$$

Нескладно помітити, що таке уявлення про утворення елементарного фрагменту дає можливість уникнути виникнення дотичних деформацій при початковому формоутворенні цього фрагменту. Тобто, при довантаженні будь-якої грані паралелепіпеда, він витягуватиметься у відповідному напрямку із проявом лише нормальних напружень. А тому деяке пружне середовище (ізотропне чи анізотропне) може бути відносно просто інтерпретоване тривимірною кубічною сіткою, утвореною шляхом розтягування вище описаних фігур.

Припустимо, що даним способом задано геометричну модель досліджуваного об'єкту, який виявляє пружні властивості. Однак вузли такої сітки відповідатимуть лише центрам ваги окремих фрагментів об'єкту (цю сітку, у відповідності із [2] називатимемо центральною сіткою і позначатимемо її вузли $S_{l;m;n}$). Для визначення форми кожного із фрагментів необхідно визначити положення вузлів додаткової – формоутворюючої сітки (вузли останньої позначатимемо як $T_{(l\pm 1/2u; m\pm 1/2v; n\pm 1/2w)}$, u , v , w – натуральні числа). Зв'язок між вузлами центральної та додаткової сітки відобразитиметься системою:

$$\begin{aligned} & 8 \cdot t_{\binom{l+1/2}{m+1/2}; \binom{l+1/2}{n+1/2}} + 4 \cdot \left(t_{\binom{l+1/2}{m+3/2}; \binom{l+1/2}{n+1/2}} + t_{\binom{l+1/2}{m+1/2}; \binom{l+1/2}{n+3/2}} + t_{\binom{l+1/2}{m+1/2}; \binom{l+1/2}{n+1/2}} + \right. \\ & \left. + t_{\binom{l-1/2}{m+1/2}; \binom{l-1/2}{n+3/2}} + t_{\binom{l-1/2}{m+3/2}; \binom{l-1/2}{n+1/2}} + t_{\binom{l-1/2}{m+1/2}; \binom{l-1/2}{n+1/2}} \right) + 2 \cdot \left(t_{\binom{l+3/2}{m+1/2}; \binom{l+3/2}{n+3/2}} + t_{\binom{l+1/2}{m+3/2}; \binom{l+1/2}{n+3/2}} + t_{\binom{l-1/2}{m+1/2}; \binom{l-1/2}{n+3/2}} + t_{\binom{l+1/2}{m+1/2}; \binom{l+1/2}{n+3/2}} + t_{\binom{l+3/2}{m+1/2}; \binom{l+3/2}{n+1/2}} + t_{\binom{l-1/2}{m+1/2}; \binom{l-1/2}{n+1/2}} + \right. \\ & \left. + t_{\binom{l-1/2}{m+3/2}; \binom{l-1/2}{n+1/2}} + t_{\binom{l+3/2}{m+3/2}; \binom{l+3/2}{n+1/2}} + t_{\binom{l+1/2}{m+1/2}; \binom{l+1/2}{n+1/2}} + t_{\binom{l-1/2}{m+1/2}; \binom{l-1/2}{n+1/2}} + t_{\binom{l+1/2}{m+3/2}; \binom{l+1/2}{n+1/2}} + t_{\binom{l-1/2}{m+3/2}; \binom{l-1/2}{n+1/2}} \right) + \\ & + I \cdot \left(t_{\binom{l+3/2}{m-1/2}; \binom{l+3/2}{n-1/2}} + t_{\binom{l-1/2}{m-1/2}; \binom{l-1/2}{n-1/2}} + t_{\binom{l-1/2}{m+3/2}; \binom{l-1/2}{n+3/2}} + t_{\binom{l+3/2}{m+3/2}; \binom{l+3/2}{n+3/2}} + \right. \\ & \left. + t_{\binom{l+3/2}{m-1/2}; \binom{l+3/2}{n-1/2}} + t_{\binom{l-1/2}{m-1/2}; \binom{l-1/2}{n-1/2}} + t_{\binom{l-1/2}{m+3/2}; \binom{l-1/2}{n+3/2}} + t_{\binom{l+3/2}{m+3/2}; \binom{l+3/2}{n+3/2}} \right) - 8 \cdot \left(s_{\binom{l+1}{m}; \binom{l+1}{n+1}} + s_{\binom{l}{m}; \binom{l}{n+1}} + s_{\binom{l}{m}; \binom{l}{m+1}} + s_{\binom{l+1}{m}; \binom{l+1}{n+1}} + \right. \\ & \left. + s_{\binom{l+1}{m}; \binom{l+1}{n}} + s_{\binom{l}{m}; \binom{l}{n}} + s_{\binom{l}{m}; \binom{l}{m+1}} + s_{\binom{l+1}{m}; \binom{l+1}{n}} \right) = 0. \end{aligned} \quad (9)$$

Тут $s_{(l;m;n)} = \{x_{(l;m;n)}, y_{(l;m;n)}, z_{(l;m;n)}\}$ та $t_{(l\pm 1/2u; m\pm 1/2v; n\pm 1/2w)} = \{x_{(l\pm 1/2u; m\pm 1/2v; n\pm 1/2w)}, y_{(l\pm 1/2u; m\pm 1/2v; n\pm 1/2w)}, z_{(l\pm 1/2u; m\pm 1/2v; n\pm 1/2w)}\}$ – узагальнені позначення відповідних координат центральних і додаткових вузлів. Координати центрів ваги кожного з кубічних фрагментів визначатимуться наступною системою:

$$\begin{aligned} & - \left(\mathfrak{N}_{\binom{l}{m}; \binom{l+1}{m}} \binom{l+1}{n} + \mathfrak{N}_{\binom{l}{m}; \binom{l-1}{m}} \binom{l-1}{n} + \mathfrak{N}_{\binom{l}{m}; \binom{l}{m+1}} \binom{l}{n+1} + \mathfrak{N}_{\binom{l}{m}; \binom{l}{m-1}} \binom{l}{n-1} + \mathfrak{N}_{\binom{l}{m}; \binom{l}{m}} \binom{l}{n+1} + \mathfrak{N}_{\binom{l}{m}; \binom{l}{m}} \binom{l}{n-1} \right) \cdot s_{\binom{l}{m}; \binom{l}{n}} + \\ & + \mathfrak{N}_{\binom{l}{m}; \binom{l+1}{m}} \binom{l+1}{n} \cdot s_{\binom{l+1}{m}; \binom{l+1}{n}} + \mathfrak{N}_{\binom{l}{m}; \binom{l-1}{m}} \binom{l-1}{n} \cdot s_{\binom{l-1}{m}; \binom{l-1}{n}} + \mathfrak{N}_{\binom{l}{m}; \binom{l}{m+1}} \binom{l}{n+1} \cdot s_{\binom{l}{m+1}; \binom{l}{n+1}} + \mathfrak{N}_{\binom{l}{m}; \binom{l}{m-1}} \binom{l}{n-1} \cdot s_{\binom{l}{m-1}; \binom{l}{n-1}} + \\ & + \mathfrak{N}_{\binom{l}{m}; \binom{l}{m}} \binom{l}{n+1} \cdot s_{\binom{l}{m}; \binom{l}{n+1}} + \mathfrak{N}_{\binom{l}{m}; \binom{l}{m}} \binom{l}{n-1} \cdot s_{\binom{l}{m}; \binom{l}{n-1}} = - \sum f_{s(l;m;n)} - F_{s(l;m;n)}, \end{aligned} \quad (10)$$

де $\sum f_{s(l;m;n)}$ – сума механічних сил, які прикладено до центру ваги даного фрагменту (до вузла $S_{l;m;n}$); $F_{s(l;m;n)}$ – компонент початкового

формоутворюючого зусилля; $\aleph_{i,j}$ – параметр жорсткості умовної в’язі (яка з’єднує вузли S_i та S_j), що у початковому напруженому стані дорівнює коефіцієнту пропорційності $K_{i,j}$, проте в процесі довантаження не зберігає пропорційної закономірності між довжиною стрижня $\delta_{i,j}$ і зусиллям у ньому, так як перерозподіл зусиль у стрижнях має на всіх наступних етапах (окрім першого) ітераційного числення визначатись законом Гука. Очевидно, що зміна зусиль у стрижнях має обумовлюватись зміною форми граней додаткової сітки і як наслідок зміною напружень на поверхні цих граней.

В роботі [4] було показано процес дискретизації кожної із граней елементарних фрагментів утворених додатковою сіткою. У відповідності до [4] кожна грань розбивається на трикутні відсіки площини. Маючи таке дискретне розбиття до і після довантаження і деформації, а також габарити елементарних фрагментів у попередньо напруженому стані, можна розрахувати напруження, що виникають у кожному трикутному відсіку і середні напруження по кожній грані. Розглянемо цей процес детальніше.

Візьмемо деякий трикутний фрагмент ABC площини ω загального положення, що інтерпретує плоский переріз досліджуваного пружного середовища із відомими фізико-механічними показниками. Нехай в результаті довільного руху площини ω вершини трикутника $A^*B^*C^*$ змінюють своє положення переходячи в трикутний фрагмент ABC . Рух даного трикутника розглядатимемо відносно деякого елементарного фрагменту досліджуваного середовища. Спроекуємо дану грань у початковому ($A^*B^*C^*$) та результуючому (ABC) положенні на координатні площини Π_{YOZ} , Π_{XOZ} та Π_{XOY} (рис.1.). Якщо площу грані ABC позначити як Θ то площі проєкцій на координатні площини відповідно становитимуть $\cos\alpha\Theta$, $\cos\beta\Theta$ та $\cos\varphi\Theta$, де

$$\cos \alpha = \cos(\nu, \hat{X}), \quad \cos \beta = \cos(\nu, \hat{Y}), \quad \cos \varphi = \cos(\nu, \hat{Z}),$$

– це косинуси кутів між нормаллю ν до площини ABC та координатними осями. Для того, щоб визначити величини $\cos\alpha$, $\cos\beta$ та $\cos\varphi$, запишемо рівняння площини ω , що проходить через точки A , B і C :

$$(X - x_A)a + (Y - y_A)b + (Z - z_A)c = 0, \quad (11)$$

де:

$$a = [(y_B - y_A)(z_C - z_A) - (y_C - y_A)(z_B - z_A)], \quad (12)$$

$$b = [(x_C - x_A)(z_B - z_A) - (x_B - x_A)(z_C - z_A)], \quad (13)$$

$$c = [(x_B - x_A)(y_C - y_A) - (x_C - x_A)(y_B - y_A)]. \quad (14)$$

Для будь-якої іншої точки $M(x_M, y_M, z_M)$ даної площини ω рівняння останньої аналогічно записуватиметься так:

$$(X - x_M)a + (Y - y_M)b + (Z - z_M)c = 0. \quad (15)$$

Тоді матимемо наступні напрямні косинуси нормалі ν до площини ABC :

$$\cos\alpha = a/|\nu|, \quad \cos\beta = b/|\nu|, \quad \cos\varphi = c/|\nu|, \quad (16)$$

де $|v| = (a^2 + b^2 + c^2)^{\frac{1}{2}}$.

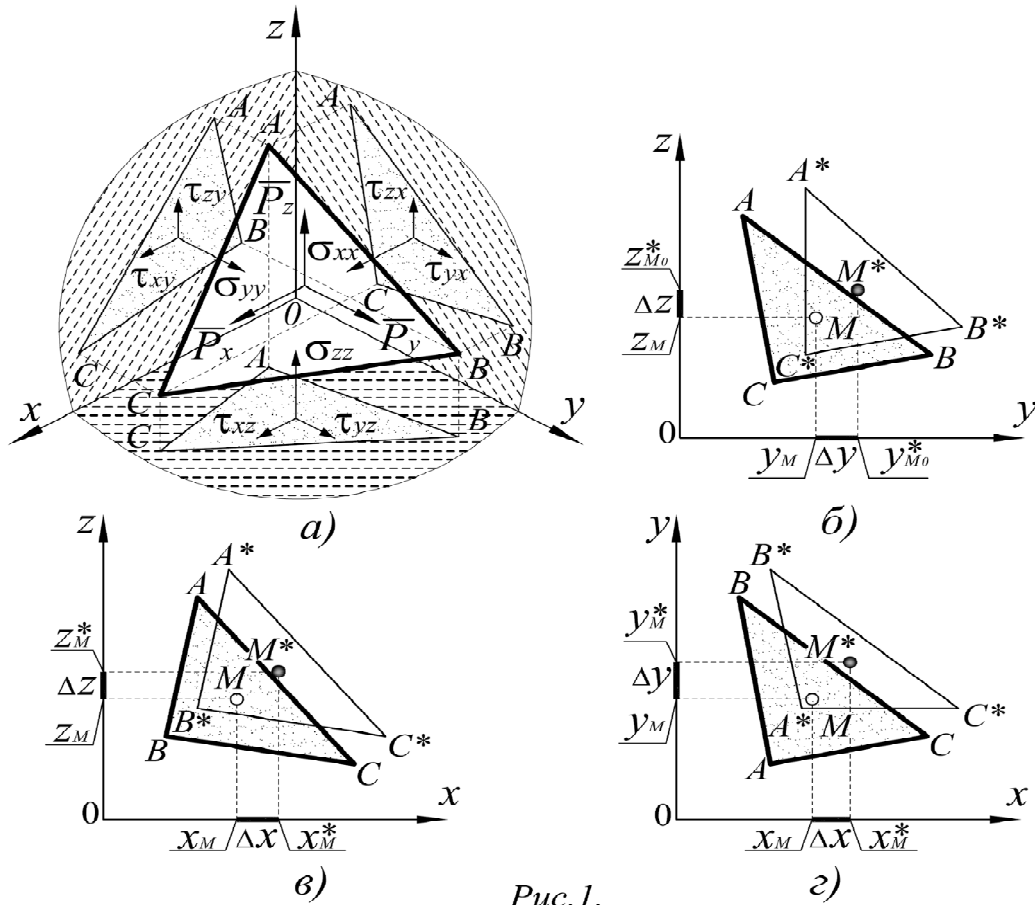


Рис. 1.

Повертаючись тепер до розгляду проєкцій грані ABC на координатні площини, зазначимо, що на кожній із цих проєкцій діятимуть нормальні та дотичні напруження, а саме:

- в площині Π_{YOZ} : $\sigma_{xx}, \tau_{yx}, \tau_{zx}$;
- в площині Π_{XOZ} : $\tau_{xy}, \sigma_{yy}, \tau_{zy}$;
- в площині Π_{XOY} : $\tau_{xz}, \tau_{yz}, \sigma_{zz}$.

Нехай вектор шуканого повного напруження по грані ABC становить:

$$\bar{P}_{ABC} = P_{(ABC)x} \cdot \bar{i} + P_{(ABC)y} \cdot \bar{j} + P_{(ABC)z} \cdot \bar{k}. \quad (17)$$

Тоді векторні складові даного напруження виражатимуться через нормальні та дотичні напруження, які діють в площинах проєкцій грані ABC на координатних площинах. Одержимо:

$$P_{(ABC)x} = \sigma_{xx} \cdot \cos \alpha + \tau_{xy} \cdot \cos \beta + \tau_{xz} \cdot \cos \varphi, \quad (18)$$

$$P_{(ABC)y} = \tau_{yx} \cdot \cos \alpha + \sigma_{yy} \cdot \cos \beta + \tau_{yz} \cdot \cos \varphi, \quad (19)$$

$$P_{(ABC)z} = \tau_{zx} \cdot \cos \alpha + \tau_{zy} \cdot \cos \beta + \sigma_{zz} \cdot \cos \varphi. \quad (20)$$

Для визначення нормальних та дотичних напружень, які входять до складу формул (19) – (21), скористаємося узагальненим законом Гука в формі Ляме, що виявляє залежність між напруженнями та відносними лінійними (ε_{ij}) і кутовими (γ_{ij}) деформаціями:

$$\begin{cases} \sigma_{xx} = 2G \cdot \varepsilon_{xx} + \lambda \Delta, & \tau_{xy} = \tau_{yx} = G \cdot \gamma_{xy} = G \cdot \gamma_{yx}, \\ \sigma_{yy} = 2G \cdot \varepsilon_{yy} + \lambda \Delta, & \tau_{xz} = \tau_{zx} = G \cdot \gamma_{xz} = G \cdot \gamma_{zx}, \\ \sigma_{zz} = 2G \cdot \varepsilon_{zz} + \lambda \Delta, & \tau_{yz} = \tau_{zy} = G \cdot \gamma_{yz} = G \cdot \gamma_{zy}. \end{cases} \quad (21)$$

Де:

$$\Delta = \varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy} + \varepsilon_{zz}, \quad (22)$$

– це наближене значення об'ємної деформації;

$$\lambda = 2\mu G \cdot (1 - 2\mu)^{-1}, \quad (23)$$

– це пружна стала Ляме;

$$G = E \cdot (2(1 + \mu))^{-1}, \quad (24)$$

– модуль зсуву матеріалу даного тіла.

Тут: E – модуль пружності матеріалу; μ - коефіцієнт Пуассона.

Оскільки площадка ABC має скінченні розміри і площу, то, говорячи про визначення напружень по даній грані, ми матимемо на увазі розрахунок напружень в деякій конкретній точці цієї площадки. Напруження в цій точці мають відображати деякі середні показники по усій досліджуваній ділянці. Тому в подальшому користуватимемось припущенням, що такою точкою може слугувати центр ваги M даної ділянки, координати якої для результуючого (напруженого) положення становитимуть:

$$x_M = \frac{1}{3}(x_A + x_B + x_C), y_M = \frac{1}{3}(y_A + y_B + y_C), z_M = \frac{1}{3}(z_A + z_B + z_C). \quad (25)$$

Відповідно координати центру ваги площадки у початковому положенні (M^*) визначатимуться за формулами:

$$x_M^* = \frac{1}{3}(x_A^* + x_B^* + x_C^*), y_M^* = \frac{1}{3}(y_A^* + y_B^* + y_C^*), z_M^* = \frac{1}{3}(z_A^* + z_B^* + z_C^*). \quad (26)$$

Маючи координати усіх необхідних точок, можемо визначити відносні деформації проєкцій площадки ABC . Відносні лінійні деформації визначатимуться за формулами:

$$\varepsilon_{xx} = (x_M - x_M^*) / \Delta h_x; \quad (27)$$

$$\varepsilon_{yy} = (y_M - y_M^*) / \Delta h_y; \quad (28)$$

$$\varepsilon_{zz} = (z_M - z_M^*) / \Delta h_z. \quad (29)$$

Відносні кутові деформації становитимуть:

$$\gamma_{xy} = \gamma_{yx} = (x_M - x_M^*) / \Delta h_y + (y_M - y_M^*) / \Delta h_x; \quad (30)$$

$$\gamma_{xz} = \gamma_{zx} = (x_M - x_M^*) / \Delta h_z + (z_M - z_M^*) / \Delta h_x; \quad (31)$$

$$\gamma_{yz} = \gamma_{zy} = (y_M - y_M^*) / \Delta h_z + (z_M - z_M^*) / \Delta h_y. \quad (32)$$

Виконуючи підстановку компонентів системи (21) до виразів (17) – (20), одержимо значення складових повного напруження по даній трикутній площадці ABC . Помноживши компоненти правої половини рівності (18) на площу даного трикутника Θ , отримаємо вектор повного

зусилля, що діє на поверхні досліджуваного трикутного відсіку грані конструкції:

$$\bar{F}_{ABC} = \Theta \cdot \bar{P}_{ABC} = \Theta \cdot P_{(ABC)x} \cdot \bar{i} + \Theta \cdot P_{(ABC)y} \cdot \bar{j} + \Theta \cdot P_{(ABC)z} \cdot \bar{k}. \quad (33)$$

Визначимо тепер, яка частка повного зусилля спроекується на деякий напрямок $S_i S_j$, що визначатиметься заданням додаткової точки – вузла $S_j(x_j; y_j; z_j)$ (вважатимемо, що початкова точка даного напрямку $S_i(x_i; y_i; z_i)$ – це центр ваги даного елементарного фрагменту в деформованому стані). В такому випадку напрямні косинуси відрізка $S_i S_j$ становитимуть:

$$\begin{aligned} \cos \vartheta &= \cos(S_i S_j; X) = (x_j - x_i) / \left((x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2 + (z_j - z_i)^2 \right)^{\frac{1}{2}}, \\ \cos \zeta &= \cos(S_i S_j; Y) = (y_j - y_i) / \left((x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2 + (z_j - z_i)^2 \right)^{\frac{1}{2}}, \\ \cos \xi &= \cos(S_i S_j; Z) = (z_j - z_i) / \left((x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2 + (z_j - z_i)^2 \right)^{\frac{1}{2}}. \end{aligned} \quad (34)$$

Тоді вектор зусилля, спрямованого вздовж осі $S_i S_j$, становитиме:

$$\bar{F}_{ij} = F_{(ij)x} \cdot \bar{i} + F_{(ij)y} \cdot \bar{j} + F_{(ij)z} \cdot \bar{k}, \quad (35)$$

де векторні компоненти цієї сили дорівнюватимуть:

$$F_{(ij)x} = \cos \vartheta \cdot \Theta \cdot P_{(ABC)x}, \quad (36)$$

$$F_{(ij)y} = \cos \zeta \cdot \Theta \cdot P_{(ABC)y}, \quad (37)$$

$$F_{(ij)z} = \cos \xi \cdot \Theta \cdot P_{(ABC)z}. \quad (38)$$

Сума таких зусиль, підрахована для всієї грані, відобразить зміну величини зусилля у деякому стрижні $S_i S_j$ центральної сітки. Тоді на наступному кроці ітераційного числення параметр жорсткості даної в'язі дорівнюватиме відношенню абсолютної величини зусилля у деформованій на цьому етапі в'язі (з урахуванням приросту напружень) до довжини стрижня на цьому ж етапі. Тобто:

$$\aleph_{i;j}^{p+1} = | \bar{R}_{i;j}^p | / \delta_{i;j}^p, \text{ де} \quad (39)$$

$$\bar{R}_{i;j}^p = (R_{(ij)x}^0 + F_{(ij)x}^p) \cdot \bar{i} + (R_{(ij)y}^0 + F_{(ij)y}^p) \cdot \bar{j} + (R_{(ij)z}^0 + F_{(ij)z}^p) \cdot \bar{k}. \quad (40)$$

Тут індекс p – відповідає порядковому номеру ітераційного числення; $R_{(i;j)s}^0$ – компоненти вектора початкових формоутворюючих зусиль.

Слід звернути увагу на те, що початковим положенням всіх точок елементарного фрагмента (в процесі обчислення напружень) слід вважати не його координати у попередньо-напруженому стані, а таке його положення, яке передбачатиме можливість довільного переміщення даного фрагменту у складі оточуючого деформованого середовища, але без деформацій граней власне даного фрагменту! Тому, для одержання початкового положення граней фрагменту, виконаємо перенос точок попередньо напруженого фрагменту у центр ваги вже деформованого, а також три повороти на кути зміщення векторів зусиль у попередньо

напруженому і деформованому довантаженому станах стрижнів (рис.2). Для цього скористаємося матричними перетвореннями вектор-стовпців координат попередньо напружених фрагментів [5].

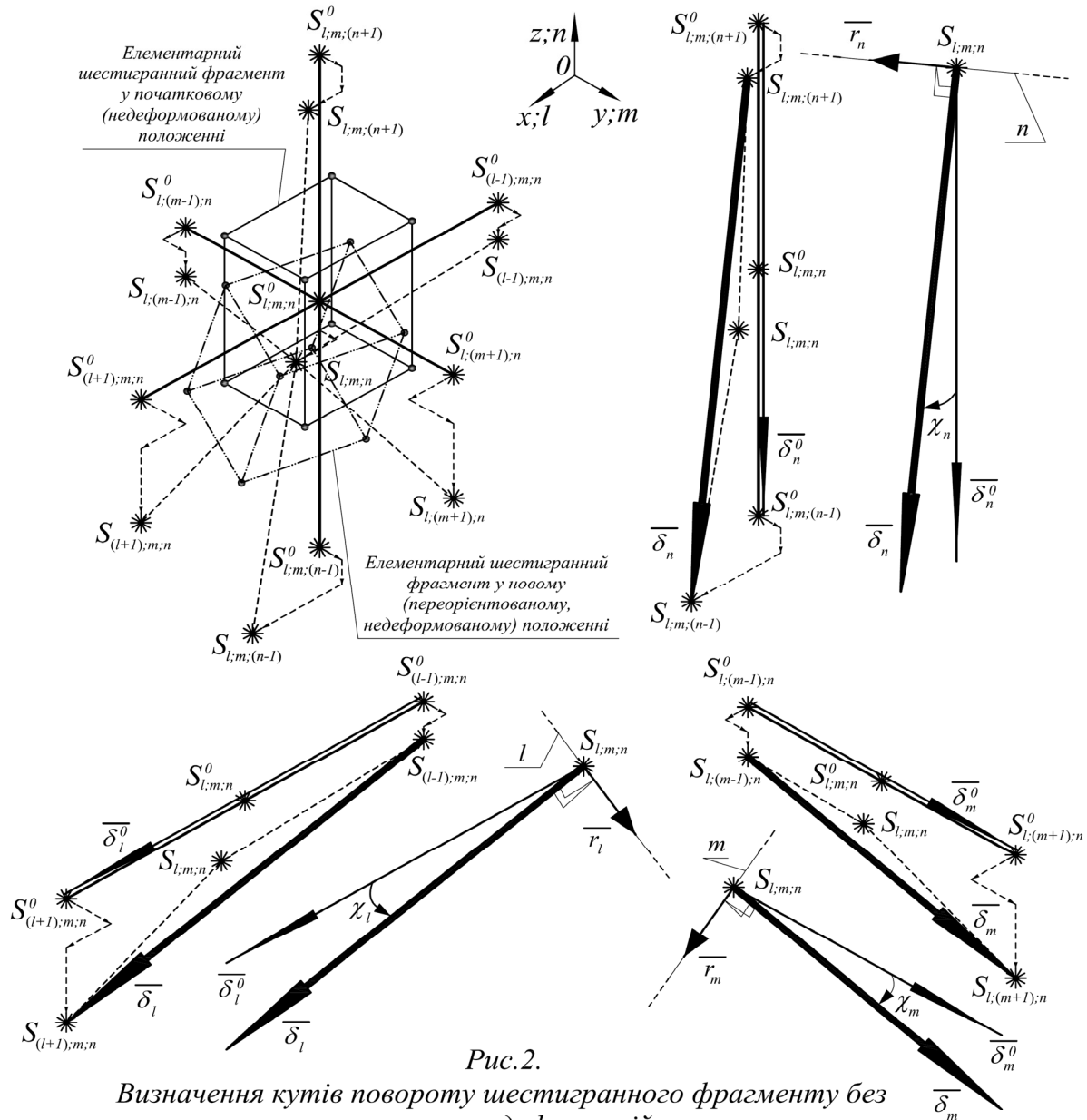


Рис.2.

Визначення кутів повороту шестигранного фрагменту без урахування деформацій.

* - вузли центральної сітки; ● - вузли додаткової сітки.

Якщо X_0 – вектор початкових однорідних [5] координат, а M – матриця перетворення, то результуючий початковий стан визначатиметься наступним виразом:

$$X_0^* = X_0 M. \quad (41)$$

Матриця перетворення визначатиметься так:

$$M = T_{l;m;n} M_l M_m M_n. \quad (42)$$

Тут M_q – матриці повороту стрижнів по напрямках l , m та n ($q = l, m, n$):

$$M_q = T R_{qx} R_{qy} R_{q\chi} R_{qy}^{-1} R_{qx}^{-1} T^{-1}, \quad (43)$$

компоненти яких мають наступний вигляд:

$$T = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -x_{l;m;n} & -y_{l;m;n} & -z_{l;m;n} & 1 \end{pmatrix}, \quad R_{qx} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \eta_q & \sin \eta_q & 0 \\ 0 & -\sin \eta_q & \cos \eta_q & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

$$R_{qy} = \begin{pmatrix} \cos(-\lambda_q) & 0 & -\sin(-\lambda_q) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin(-\lambda_q) & 0 & \cos(-\lambda_q) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad R_{qz} = \begin{pmatrix} \cos \chi_q & \sin \chi_q & 0 & 0 \\ -\sin \chi_q & \cos \chi_q & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

де (для напрямку l , наприклад):

$$\cos \chi_l = (\bar{\delta}_l \cdot \bar{\delta}_l^0) / (|\bar{\delta}_l| \cdot |\bar{\delta}_l^0|), \quad \sin \chi_l = (1 - \cos^2 \chi_l)^{1/2},$$

$$\bar{\delta}_l^0 = (x_{l+1;m;n}^0 - x_{l-1;m;n}^0) \cdot \bar{i} + (y_{l+1;m;n}^0 - y_{l-1;m;n}^0) \cdot \bar{j} + (z_{l+1;m;n}^0 - z_{l-1;m;n}^0) \cdot \bar{k},$$

$$\bar{\delta}_l = (x_{l+1;m;n} - x_{l-1;m;n}) \cdot \bar{i} + (y_{l+1;m;n} - y_{l-1;m;n}) \cdot \bar{j} + (z_{l+1;m;n} - z_{l-1;m;n}) \cdot \bar{k},$$

$$\cos \eta_l = c_{lz} / d_l, \quad \sin \eta_l = c_{ly} / d_l,$$

$$\cos \lambda_l = d_l, \quad \sin \lambda_l = c_{lx},$$

$$d_l = (c_{ly}^2 + c_{lz}^2)^{1/2},$$

$$\bar{c}_l = \frac{r_{lx}}{|\bar{r}_l|} \cdot \bar{i} + \frac{r_{ly}}{|\bar{r}_l|} \cdot \bar{j} + \frac{r_{lz}}{|\bar{r}_l|} \cdot \bar{k} = c_{lx} \cdot \bar{i} + c_{ly} \cdot \bar{j} + c_{lz} \cdot \bar{k},$$

$$\bar{r}_l = \bar{\delta}_l \times \bar{\delta}_l^0 = r_{lx} \cdot \bar{i} + r_{ly} \cdot \bar{j} + r_{lz} \cdot \bar{k};$$

$T_{l;m;n}$ – матриця зсуву, що становить:

$$T_{l;m;n} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ x_{l;m;n} - x_{l;m;n}^0 & y_{l;m;n} - y_{l;m;n}^0 & z_{l;m;n} - z_{l;m;n}^0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Визначаючи координати початкового стану вузлів кожного із фрагментів на кожному етапі розрахунків, одержуємо можливість розрахувати перерозподіл внутрішніх зусиль у досліджуваному об'єкті максимально точно.

Розглянемо **приклад розрахунку** ізотропного кубічного об'єкту, що має пружні властивості. Прийемо розміри куба $2 \times 2 \times 2 \text{ м}^3$. Вважатимемо що три сусідні грані куба жорстко защемлені, а інші три вільні. Модуль пружності матеріалу прийемо рівним $E = 2 \times 10^5 \text{ МПа}$. Дискретну модель центральної та додаткової сіток із умовами закріплення показано на рис. 3.. У зв'язку із обраною схемою розбиття (8 фрагментів розміром $1 \times 1 \times 1 \text{ м}^3$), складові векторів попередніх формоутворюючих зусиль становитимуть $F_x = F_y = F_z = 2 \times 10^8 \text{ кН}$ (схему прикладання зусиль показано на рис.3.а.). Навантаження, деформацію від якого визначатимемо, прикладемо до вузла D центральної сітки. Векторні компоненти його складатимуть: $f_x = 100 \text{ кН}$, $f_y = 150 \text{ кН}$ та $f_z = 200 \text{ кН}$.

Так як даний куб має вільні грані, слід виокремити кілька окремих випадків рівнянь рівноваги центральних вузлів моделі:

1. Якщо до вузла примикають 5 стрижнів (відсутній один стрижень в l -му напрямку):

$$\begin{aligned}
& - \left(\mathfrak{N} \binom{l;}{m;}{n} \binom{l-1;}{m;}{n} + \mathfrak{N} \binom{l;}{m;}{n} \binom{l;}{m+1;}{n} + \mathfrak{N} \binom{l;}{m;}{n} \binom{l;}{m-1;}{n} + \mathfrak{N} \binom{l;}{m;}{n} \binom{l;}{m;}{n+1} + \mathfrak{N} \binom{l;}{m;}{n} \binom{l;}{m;}{n-1} \right) \cdot s \binom{l;}{m;}{n} + \mathfrak{N} \binom{l;}{m;}{n} \binom{l-1;}{m;}{n} \cdot s \binom{l-1;}{m;}{n} + \\
& + \mathfrak{N} \binom{l;}{m;}{n} \binom{l;}{m+1;}{n} \cdot s \binom{l;}{m+1;}{n} + \mathfrak{N} \binom{l;}{m;}{n} \binom{l;}{m-1;}{n} \cdot s \binom{l;}{m-1;}{n} + \mathfrak{N} \binom{l;}{m;}{n} \binom{l;}{m;}{n+1} \cdot s \binom{l;}{m;}{n+1} + \mathfrak{N} \binom{l;}{m;}{n} \binom{l;}{m;}{n-1} \cdot s \binom{l;}{m;}{n-1} = \\
& = - \sum f_{s(l;m;n)} - F_{s(l;m;n)}.
\end{aligned} \tag{44}$$

2. Якщо до вузла примикають 4 стрижня (відсутній один стрижень в l -му і один у m -му напрямках):

$$\begin{aligned}
& - \left(\mathfrak{N} \binom{l;}{m;}{n} \binom{l-1;}{m;}{n} + \mathfrak{N} \binom{l;}{m;}{n} \binom{l;}{m-1;}{n} + \mathfrak{N} \binom{l;}{m;}{n} \binom{l;}{m;}{n+1} + \mathfrak{N} \binom{l;}{m;}{n} \binom{l;}{m;}{n-1} \right) \cdot s \binom{l;}{m;}{n} + \mathfrak{N} \binom{l;}{m;}{n} \binom{l-1;}{m;}{n} \cdot s \binom{l-1;}{m;}{n} + \\
& + \mathfrak{N} \binom{l;}{m;}{n} \binom{l;}{m-1;}{n} \cdot s \binom{l;}{m-1;}{n} + \mathfrak{N} \binom{l;}{m;}{n} \binom{l;}{m;}{n+1} \cdot s \binom{l;}{m;}{n+1} + \mathfrak{N} \binom{l;}{m;}{n} \binom{l;}{m;}{n-1} \cdot s \binom{l;}{m;}{n-1} = - \sum f_{s(l;m;n)} - F_{s(l;m;n)}.
\end{aligned} \tag{45}$$

3. Якщо до вузла примикає 3 стрижня (відсутній один стрижень в l -му, один у m -му та один у n -му напрямках):

$$\begin{aligned}
& - \left(\mathfrak{N} \binom{l;}{m;}{n} \binom{l-1;}{m;}{n} + \mathfrak{N} \binom{l;}{m;}{n} \binom{l;}{m-1;}{n} + \mathfrak{N} \binom{l;}{m;}{n} \binom{l;}{m;}{n-1} \right) \cdot s \binom{l;}{m;}{n} + \mathfrak{N} \binom{l;}{m;}{n} \binom{l-1;}{m;}{n} \cdot s \binom{l-1;}{m;}{n} + \\
& + \mathfrak{N} \binom{l;}{m;}{n} \binom{l;}{m-1;}{n} \cdot s \binom{l;}{m-1;}{n} + \mathfrak{N} \binom{l;}{m;}{n} \binom{l;}{m;}{n-1} \cdot s \binom{l;}{m;}{n-1} = - \sum f_{s(l;m;n)} - F_{s(l;m;n)}.
\end{aligned} \tag{46}$$

Можливе і подальші «видалення» вузлів (і в'язей), а також інші комбінації видалень (в залежності від постановки та вимог задачі). Це може призвести до потреби накладання спеціальних умов закріплення вузлів додаткової сітки. Однак, в нашому випадку це не має сенсу.

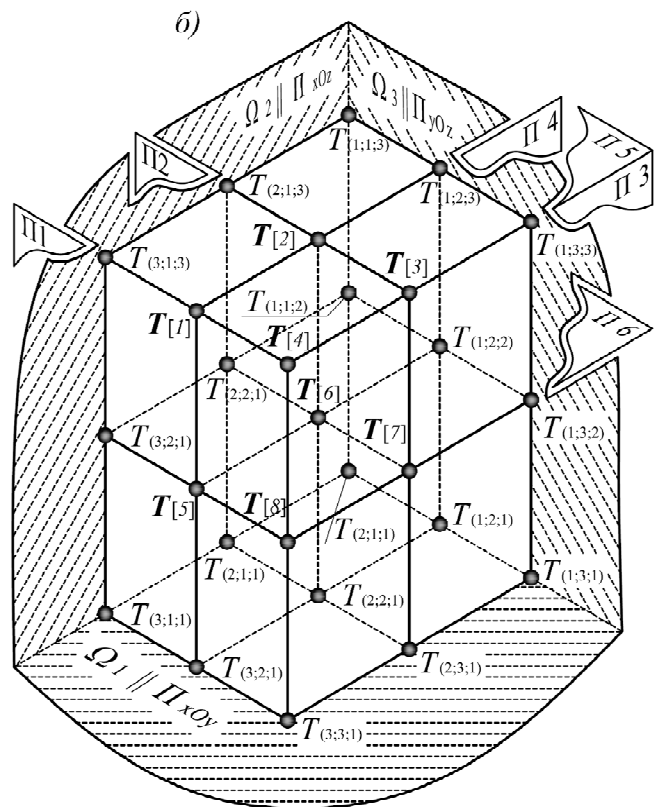
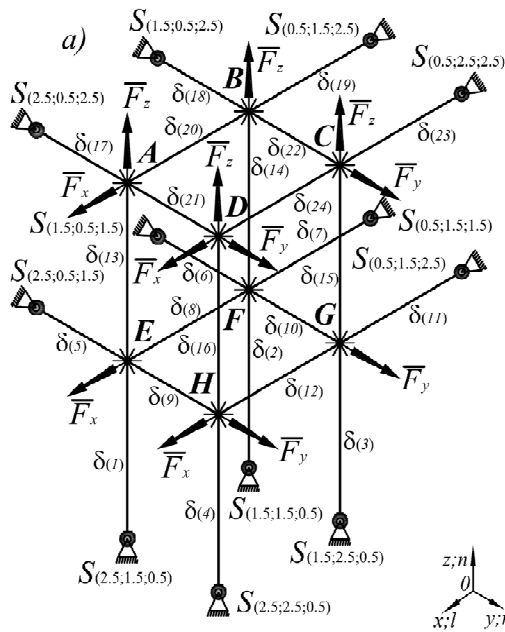


Рис. 3.

Дискретна модель досліджуваної ділянки:
а) центральна сітка; б) додаткова сітка.

Примітка:

П1...П6 - горизонтально-, фронтально- та профільно-проекціюючі січні площини

Користуючись формулами (9), (44) – (46), запишемо рівняння стану статичної рівноваги кожного з вузлів заданої конструкції:

1) вузол A :

$$\begin{aligned} & - \left(\aleph_{(A)(B)} + \aleph_{(A)(2.5;0.5;2.5)} + \aleph_{(A)(D)} + \aleph_{(A)(E)} \right) \cdot S_{(A)} + \aleph_{(A)(B)} \cdot S_{(B)} + \\ & + \aleph_{(A)(2.5;0.5;2.5)} \cdot S_{(2.5;0.5;2.5)} + \aleph_{(A)(D)} \cdot S_{(D)} + \aleph_{(A)(E)} \cdot S_{(E)} = -F_{s(A)}. \end{aligned} \quad (47)$$

2) вузол B :

$$\begin{aligned} & - \left(\aleph_{(B)(0.5;1.5;2.5)} + \aleph_{(B)(A)} + \aleph_{(B)(1.5;0.5;2.5)} + \aleph_{(B)(C)} + \aleph_{(B)(F)} \right) \cdot S_{(B)} + \\ & + \aleph_{(B)(0.5;1.5;2.5)} \cdot S_{(0.5;1.5;2.5)} + \aleph_{(B)(A)} \cdot S_{(A)} + \aleph_{(B)(1.5;0.5;2.5)} \cdot S_{(1.5;0.5;2.5)} + \aleph_{(B)(C)} \cdot S_{(C)} + \\ & + \aleph_{(B)(F)} \cdot S_{(F)} = -F_{s(B)}. \end{aligned} \quad (48)$$

3) вузол C :

$$\begin{aligned} & - \left(\aleph_{(C)(0.5;2.5;2.5)} + \aleph_{(C)(D)} + \aleph_{(C)(B)} + \aleph_{(C)(G)} \right) \cdot S_{(C)} + \aleph_{(C)(0.5;2.5;2.5)} \cdot S_{(0.5;2.5;2.5)} + \\ & + \aleph_{(C)(D)} \cdot S_{(D)} + \aleph_{(C)(B)} \cdot S_{(B)} + \aleph_{(C)(G)} \cdot S_{(G)} = -F_{s(C)}. \end{aligned} \quad (49)$$

4) вузол D :

$$- \left(\aleph_{(D)(C)} + \aleph_{(D)(A)} + \aleph_{(D)(H)} \right) \cdot S_{(D)} + \aleph_{(D)(C)} \cdot S_{(C)} + \aleph_{(D)(A)} \cdot S_{(A)} + \aleph_{(D)(H)} \cdot S_{(H)} = -F_{s(D)} - f_{s(C)}. \quad (50)$$

5) вузол E :

$$\begin{aligned} & - \left(\aleph_{(E)(F)} + \aleph_{(E)(2.5;0.5;1.5)} + \aleph_{(E)(H)} + \aleph_{(E)(2.5;1.5;0.5)} + \aleph_{(E)(A)} \right) \cdot S_{(E)} + \\ & + \aleph_{(E)(F)} \cdot S_{(F)} + \aleph_{(E)(2.5;0.5;1.5)} \cdot S_{(2.5;0.5;1.5)} + \aleph_{(E)(H)} \cdot S_{(H)} + \aleph_{(E)(2.5;1.5;0.5)} \cdot S_{(2.5;1.5;0.5)} + \\ & + \aleph_{(E)(A)} \cdot S_{(A)} = -F_{s(E)}. \end{aligned} \quad (51)$$

6) вузол F :

$$\begin{aligned} & - \left(\aleph_{(F)(0.5;1.5;1.5)} + \aleph_{(F)(E)} + \aleph_{(F)(1.5;0.5;1.5)} + \aleph_{(F)(G)} + \aleph_{(F)(1.5;1.5;0.5)} + \aleph_{(F)(B)} \right) \cdot S_{(F)} + \\ & + \aleph_{(F)(0.5;1.5;1.5)} \cdot S_{(0.5;1.5;1.5)} + \aleph_{(F)(E)} \cdot S_{(E)} + \aleph_{(F)(1.5;0.5;1.5)} \cdot S_{(1.5;0.5;1.5)} + \aleph_{(F)(G)} \cdot S_{(G)} + \\ & + \aleph_{(F)(1.5;1.5;0.5)} \cdot S_{(1.5;1.5;0.5)} + \aleph_{(F)(B)} \cdot S_{(B)} = -F_{s(F)}. \end{aligned} \quad (52)$$

7) вузол G :

$$\begin{aligned} & - \left(\aleph_{(G)(0.5;1.5;2.5)} + \aleph_{(G)(H)} + \aleph_{(G)(F)} + \aleph_{(G)(1.5;2.5;0.5)} + \aleph_{(G)(C)} \right) \cdot S_{(G)} + \\ & + \aleph_{(G)(0.5;1.5;2.5)} \cdot S_{(0.5;1.5;2.5)} + \aleph_{(G)(H)} \cdot S_{(H)} + \aleph_{(G)(F)} \cdot S_{(F)} + \aleph_{(G)(1.5;2.5;0.5)} \cdot S_{(1.5;2.5;0.5)} + \\ & + \aleph_{(G)(C)} \cdot S_{(C)} = -F_{s(G)}. \end{aligned} \quad (53)$$

8) вузол H :

$$\begin{aligned} & - \left(\aleph_{(H)(G)} + \aleph_{(H)(E)} + \aleph_{(H)(2.5;2.5;0.5)} + \aleph_{(H)(D)} \right) \cdot S_{(H)} + \aleph_{(H)(G)} \cdot S_{(G)} + \\ & + \aleph_{(H)(E)} \cdot S_{(E)} + \aleph_{(H)(2.5;2.5;0.5)} \cdot S_{(2.5;2.5;0.5)} + \aleph_{(H)(D)} \cdot S_{(D)} = -F_{s(H)}. \end{aligned} \quad (54)$$

Аналогічно, система рівнянь, що визначатиме положення деякого додаткового вузла, в різних випадках може бути одержана шляхом «вилучення» окремих шестигранних фрагментів, вершини яких одночасно належать даному вузлу. Як і для центральної сітки, можливі різні варіанти та комбінації «вилучень». Нижче наведені варіанти систем, необхідні для опису рівноваги вузлів даної моделі, та відповідні обчислювальні шаблони (рис.4.)

1. Якщо вузол є вершиною 4-х суміжних фрагментів:

$$\begin{aligned} & 4 \cdot \left(\begin{matrix} t_{(l+1/2);} \\ (m+1/2); \\ (n+1/2) \end{matrix} + \begin{matrix} t_{(l+1/2);} \\ (m+1/2); \\ (n-1/2) \end{matrix} \right) + 2 \cdot \left(\begin{matrix} t_{(l+3/2);} \\ (m+1/2); \\ (n+1/2) \end{matrix} + \begin{matrix} t_{(l+1/2);} \\ (m-1/2); \\ (n+1/2) \end{matrix} + \begin{matrix} t_{(l-1/2);} \\ (m+1/2); \\ (n+1/2) \end{matrix} + \begin{matrix} t_{(l+1/2);} \\ (m+3/2); \\ (n+1/2) \end{matrix} + \begin{matrix} t_{(l+3/2);} \\ (m-1/2); \\ (n-1/2) \end{matrix} + \begin{matrix} t_{(l+1/2);} \\ (m-1/2); \\ (n-1/2) \end{matrix} + \begin{matrix} t_{(l-1/2);} \\ (m+1/2); \\ (n-1/2) \end{matrix} + \begin{matrix} t_{(l+3/2);} \\ (m+3/2); \\ (n-1/2) \end{matrix} \right) + \\ & + 1 \cdot \left(\begin{matrix} t_{(l+3/2);} \\ (m-1/2); \\ (n+1/2) \end{matrix} + \begin{matrix} t_{(l-1/2);} \\ (m-1/2); \\ (n+1/2) \end{matrix} + \begin{matrix} t_{(l+1/2);} \\ (m+3/2); \\ (n+1/2) \end{matrix} + \begin{matrix} t_{(l+3/2);} \\ (m+3/2); \\ (n+1/2) \end{matrix} + \begin{matrix} t_{(l-1/2);} \\ (m-1/2); \\ (n-1/2) \end{matrix} + \begin{matrix} t_{(l-1/2);} \\ (m-1/2); \\ (n-1/2) \end{matrix} + \begin{matrix} t_{(l+3/2);} \\ (m+3/2); \\ (n-1/2) \end{matrix} \right) - 8 \cdot \left(S_{\begin{matrix} (l+1); \\ m; \\ n \end{matrix}} + S_{\begin{matrix} (l); \\ m; \\ n \end{matrix}} + S_{\begin{matrix} (l); \\ m+1; \\ n \end{matrix}} + S_{\begin{matrix} (l+1); \\ m+1; \\ n \end{matrix}} \right) = 0. \end{aligned} \quad (55)$$

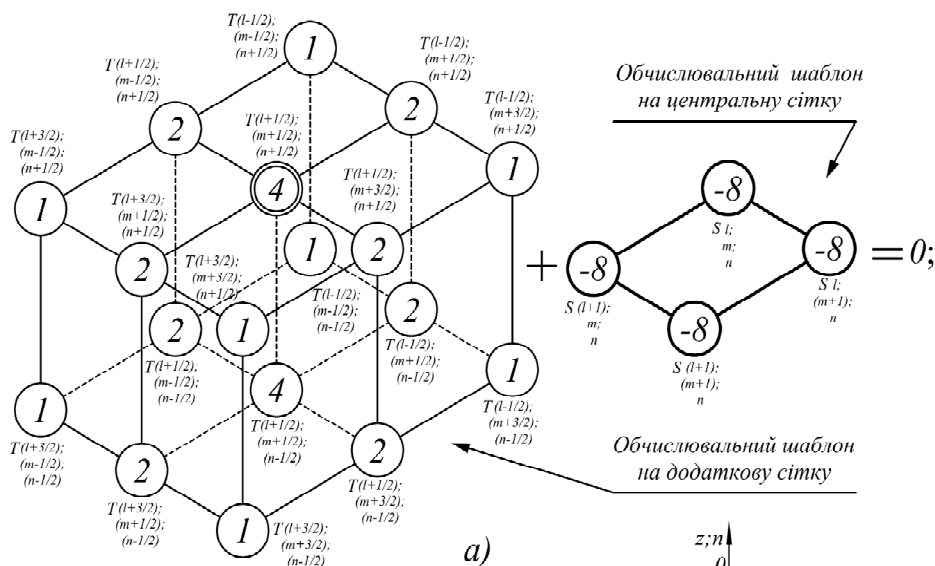
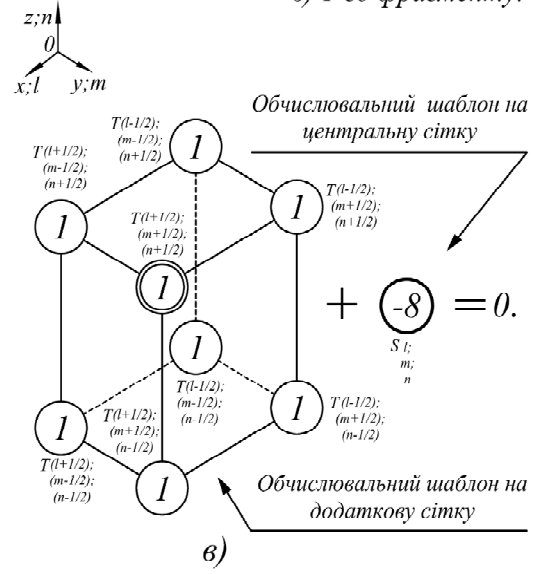
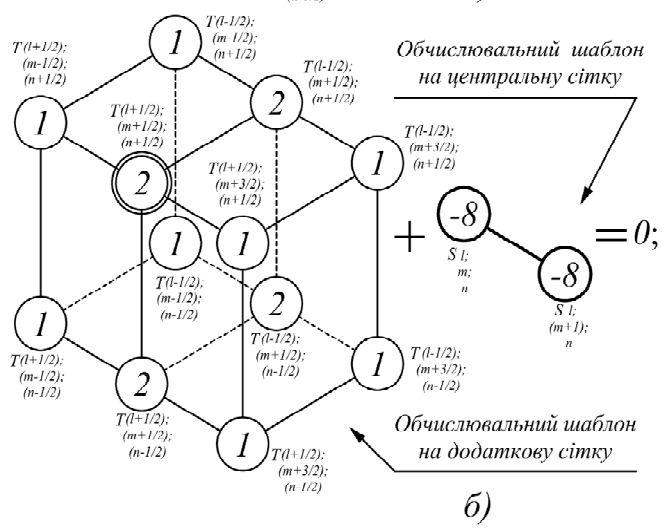


Рис. 4. Обчислювальні шаблони для додаткової сітки. Показані випадки, коли досліджуваний вузол є одночасно вершиною:
 а) 4-ох суміжних фрагментів;
 б) 2-ох суміжних фрагментів;
 в) 1-го фрагменту.



2. Якщо вузол є вершиною 2-х суміжних фрагментів:

$$2 \cdot \begin{pmatrix} t_{(l+l/2); (m+l/2); (n+l/2)} + t_{(l-l/2); (m-l/2); (n-l/2)} \\ + t_{(l-l/2); (m+l/2); (n+l/2)} + t_{(l+l/2); (m-l/2); (n-l/2)} \end{pmatrix} + I \cdot \begin{pmatrix} t_{(l+l/2); (m+l/2); (n+l/2)} + t_{(l-l/2); (m-l/2); (n-l/2)} \\ + t_{(l-l/2); (m+l/2); (n+l/2)} + t_{(l+l/2); (m-l/2); (n-l/2)} \\ + t_{(l-l/2); (m+l/2); (n-l/2)} + t_{(l+l/2); (m-l/2); (n-l/2)} \end{pmatrix} - 8 \cdot \begin{pmatrix} s_{(l; m; n)} + s_{(l; m+l; n)} \end{pmatrix} = 0. \quad (56)$$

3. Якщо вузол є вершиною лише одного фрагменту:

$$t_{(l+l/2); (m+l/2); (n+l/2)} + t_{(l-l/2); (m-l/2); (n-l/2)} + t_{(l-l/2); (m+l/2); (n+l/2)} + t_{(l+l/2); (m-l/2); (n-l/2)} - 8 \cdot s_{(l; m; n)} = 0. \quad (57)$$

Відповідно до формул (10), (55) – (57), складаємо системи рівнянь, що описують положення вузлів даної додаткової сітки.

1) вузол 1:

$$2 \cdot (t_{[1]} + t_{[2]} + t_{[5]} + t_{[6]}) + I \cdot (t_{[3]} + t_{[4]} + t_{[7]} + t_{[8]} + t_{(3;1;3)} + t_{(2;1;3)} + t_{(2;1;2)} + t_{(3;1;2)}) = 8 \cdot (s_{[A]} + s_{[D]}); \quad (58)$$

2) вузол 2:

$$4 \cdot (t_{[2]} + t_{[6]}) + 2 \cdot (t_{[1]} + t_{[3]} + t_{[5]} + t_{[7]} + t_{(2;1;3)} + t_{(1;2;3)} + t_{(2;1;2)} + t_{(1;2;2)}) + I \cdot (t_{[4]} + t_{[8]} + t_{(3;1;3)} + t_{(1;1;3)} + t_{(3;1;2)} + t_{(1;1;2)} + t_{(1;3;3)} + t_{(1;3;2)}) = 8 \cdot (s_{[A]} + s_{[B]} + s_{[C]} + s_{[D]}); \quad (59)$$

3) вузол 3:

$$2 \cdot (t_{[2]} + t_{[3]} + t_{[6]} + t_{[7]}) + I \cdot (t_{[1]} + t_{[4]} + t_{[5]} + t_{[8]} + t_{(1;2;3)} + t_{(1;3;3)} + t_{(1;3;2)} + t_{(1;2;2)}) = 8 \cdot (s_{[C]} + s_{[D]}); \quad (60)$$

4) вузол 4:

$$t_{[1]} + t_{[2]} + t_{[3]} + t_{[4]} + t_{[5]} + t_{[6]} + t_{[7]} + t_{[8]} = 8 \cdot s_{[D]}; \quad (61)$$

5) вузол 5:

$$4 \cdot (t_{[5]} + t_{[6]}) + 2 \cdot (t_{[1]} + t_{[2]} + t_{[7]} + t_{[8]} + t_{(3;1;2)} + t_{(3;2;1)} + t_{(2;2;1)} + t_{(2;1;2)}) + I \cdot (t_{[3]} + t_{[4]} + t_{(3;1;3)} + t_{(3;3;1)} + t_{(3;1;1)} + t_{(2;1;3)} + t_{(2;3;1)} + t_{(2;1;1)}) = 8 \cdot (s_{[A]} + s_{[D]} + s_{[E]} + s_{[H]}); \quad (62)$$

6) вузол 6:

$$8 \cdot t_{[6]} + 4 \cdot (t_{[2]} + t_{[5]} + t_{[7]} + t_{(2;2;1)} + t_{(2;1;2)} + t_{(1;2;2)}) + 2 \cdot (t_{[1]} + t_{[3]} + t_{[8]} + t_{(2;1;3)} + t_{(1;2;3)} + t_{(3;1;2)} + t_{(1;1;2)} + t_{(1;3;2)} + t_{(2;1;1)} + t_{(1;2;1)} + t_{(2;3;1)} + t_{(3;2;1)}) + I \cdot (t_{[4]} + t_{(3;1;3)} + t_{(1;1;3)} + t_{(1;3;3)} + t_{(3;1;1)} + t_{(1;1;1)} + t_{(1;3;1)} + t_{(3;3;1)}) = 8 \cdot (s_{[A]} + s_{[B]} + s_{[C]} + s_{[D]} + s_{[E]} + s_{[F]} + s_{[G]} + s_{[H]}); \quad (63)$$

7) вузол 7:

$$4 \cdot (t_{[6]} + t_{[7]}) + 2 \cdot (t_{[2]} + t_{[3]} + t_{[5]} + t_{[8]} + t_{(2;3;1)} + t_{(2;2;1)} + t_{(1;2;2)} + t_{(1;3;2)}) + I \cdot (t_{[1]} + t_{[4]} + t_{(1;2;3)} + t_{(1;3;3)} + t_{(3;2;1)} + t_{(1;2;1)} + t_{(1;3;1)} + t_{(3;3;1)}) = 8 \cdot (s_{[C]} + s_{[D]} + s_{[G]} + s_{[H]}); \quad (64)$$

8) вузол 8:

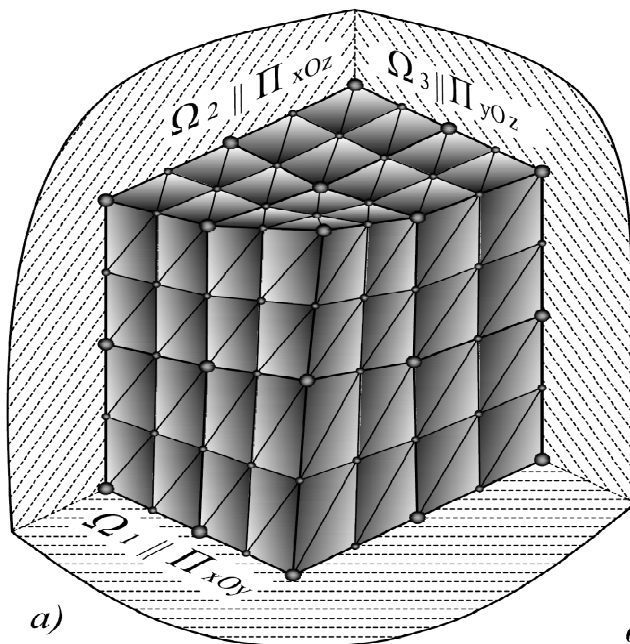
$$2 \cdot (t_{[5]} + t_{[6]} + t_{[7]} + t_{[8]}) + I \cdot (t_{[1]} + t_{[2]} + t_{[3]} + t_{[4]} + t_{(3;2;1)} + t_{(2;2;1)} + t_{(2;3;1)} + t_{(3;3;1)}) = 8 \cdot (s_{[D]} + s_{[H]}). \quad (65)$$

Сумісний розв'язок систем рівнянь (47) – (54) та (58) – (65) дає повне уявлення про НДС досліджуваної конструкції. Для прикладу, в таблиці 1 та на рисунку 5 показано значення переміщень вузлів дискретної моделі куба.

Таблиця 1

Центральна сітка							Додаткова сітка						
S	Координати вузлів (м)			Переміщення вузлів (мм)			T	Координати вузлів (м)			Переміщення вузлів (мм)		
№	X	Y	Z	U _X	U _Y	U _Z	№	X	Y	Z	U _X	U _Y	U _Z
A	2.50 0000 084	1.50 0000 115	2.50 0000 175	8.39 31E- 05	0.00 0115 43	0.00 0174 7	1	3.00 0000 245	2.00 0000 274	3.00 0000 483	0.00 0245 14	0.00 0273 55	0.00 0482 89
B	1.50 0000 033	1.50 0000 054	2.50 0000 078	3.31 53E- 05	5.38 94E- 05	7.78 39E- 05	2	2.00 0000 132	2.00 0000 217	3.00 0000 307	0.00 0132 15	0.00 0216 79	0.00 0306 86
C	1.50 0000 073	2.50 0000 13	2.50 0000 175	7.25 72E- 05	0.00 0129 84	0.00 0174 55	3	2.00 0000 187	3.00 0000 35	3.00 0000 482	0.00 0186 97	0.00 0350 1	0.00 0482 42
D	2.50 0000	2.50 0000	2.50 0000	0.00 0260	0.00 0398	0.00 0535	4	3.00 0000	3.00 0001	3.00 0001	0.00 0859	0.00 1307	0.00 1740

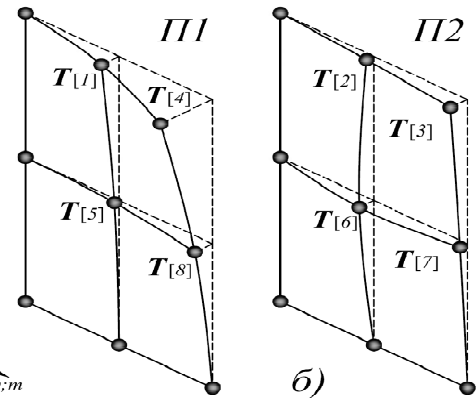
	26	398	535	23	5	16		86	307	74	64	24	04
E	2.50 0000 037	1.50 0000 054	1.50 0000 076	3.67 69E- 05	5.41 42E- 05	7.59 8E- 05	5	3.00 0000 161	2.00 0000 219	2.00 0000 292	0.00 0161 08	0.00 0218 78	0.00 0291 99
F	1.50 0000 017	1.50 0000 027	1.50 0000 039	1.66 34E- 05	2.67 95E- 05	3.94 81E- 05	6	2.00 0000 133	2.00 0000 214	2.00 0000 316	0.00 0133 07	0.00 0214 36	0.00 0315 85
G	1.50 0000 033	2.50 0000 059	1.50 0000 076	3.26 82E- 05	5.89 79E- 05	7.58 9E- 05	7	2.00 0000 128	3.00 0000 257	2.00 0000 291	0.00 0128 39	0.00 0257 47	0.00 0291 27
H	2.50 0000 082	2.50 0000 13	1.50 0000 159	8.22 47E- 05	0.00 0130 04	0.00 0158 63	8	3.00 0000 235	3.00 0000 35	2.00 0000 37	0.00 0235 44	0.00 0349 69	0.00 0369 92



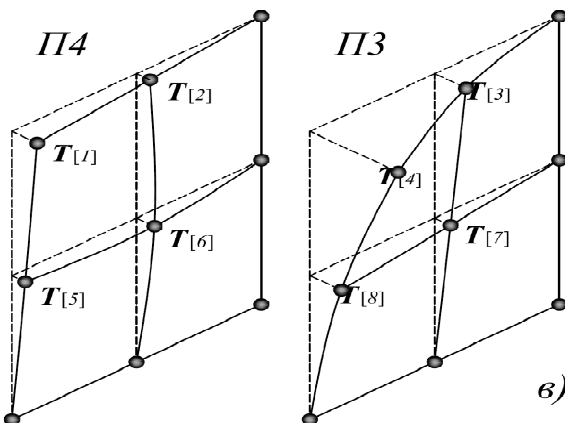
а)

Рис. 5.
а) загальна картина деформацій (тривимірна модель);

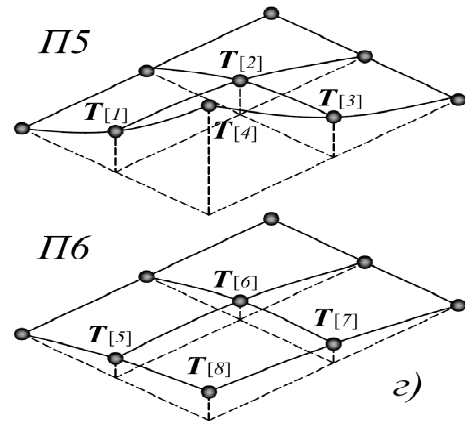
б) деформації вздовж осі Ox ($\Pi 1, \Pi 2$);
в) деформації вздовж осі Oy ($\Pi 3, \Pi 4$);
г) деформації вздовж осі Oz ($\Pi 5, \Pi 6$).



б)



в)



г)

Для можливості порівняння та оцінки правильності одержаних результатів було виконано розрахунок аналогічного об'єкту за допомогою МСЕ у середовищі програмного комплексу ЛІРА 9.6.. Усі вихідні умови було задано аналогічно. Елементне розбиття куба було виконано максимально близько до запропонованої у попередньому прикладі

дискретної моделі (рис.6.а). Результати розрахунку можна наочно представити у формі ізополів переміщень (див. рис.6: б, в, г.).

Висновки. Запропонована методика дозволяє змоделювати та розрахувати процес пружних деформацій тіла із заданими геометричними та фізико-механічними параметрами. Простота моделі нерозтяжної ниті, на якій базуються запропоновані алгоритми, а також її сумісність із співвідношеннями загального закону Гука, дозволяє відносно просто прослідкувати взаємозв'язок між деформаціями тіла та напруженнями, які виникають у ньому і стабілізуються в процесі ітераційного числення. Необхідність останнього є наслідком високої нелінійності зв'язку між центральною та додатковою сітками. Окрім легкості складання власне геометричної моделі, зручність методики проявляється у відсутності потреби виконання надмірно високої дискретизації (деталізації) досліджуваного тіла.

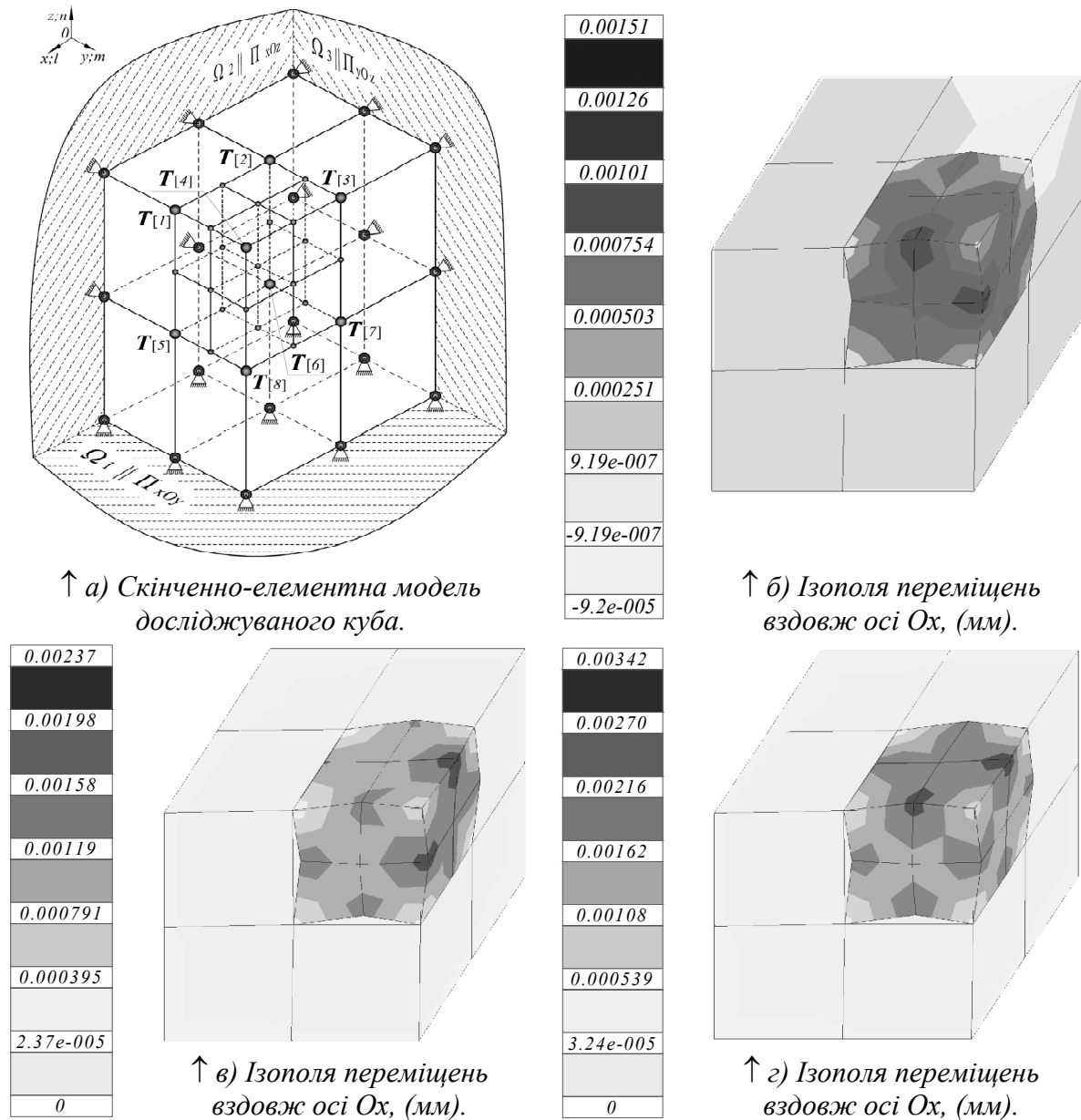


Рис.6.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кулон Ж-Л, Сабонадьер Ж-К. САПР в электротехнике: Пер. С франц. – М.: Мир, 1988. – 208 с., ил.
2. Скочко В.І. Визначення НДС пружного середовища під дією електростатичного поля на основі статико-геометричного методу. «Прикладна геометрія та інженерна графіка». Вип. 86. К.: КНУБА, 2010р. – 450с., с 394-403.
3. Ковалев С.Н. Формирование дискретных моделей поверхностей пространственных архитектурных конструкций. Дисс. ... докт. техн. наук.– М.: 1986. – 348 с.
4. Скочко В. І. Деякі аспекти геометричного моделювання НДС середовища із заданими властивостями. «Прикладна геометрія та інженерна графіка»: Наук.-техн. збірник. Вип. 87. К.: КНУБА, 2011р. – 486 с., с 347-356.
5. Роджерс Д., Адамс Дж.. Математические основы машинной графики. Пер. с англ. – М.: Мир, 2001. – 640 с., ил.

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРУГОЙ СРЕДЫ, НАХОДЯЩЕЙСЯ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЗАДАННОЙ НАГРУЗКИ

В работе представлена методика, позволяющая смоделировать и рассчитать процесс упругой деформации тела с заданными геометрическими и физико-механическими параметрами. Простота модели нерастяжимой нити, на которой основан предложенный алгоритм, а также её совместимость с соотношениями закона Гука, позволяет относительно просто проследить взаимосвязь между деформациями тела и напряжениями, которые возникают в нём и стабилизируются в процессе итерационного исчисления. Необходимость последнего продиктована высокой нелинейностью связи между координатами центральной и дополнительной сетей, являющихся в совокупности дискретной интерпретацией исследуемого объекта. Помимо простоты составления геометрической модели, удобность методики проявляется в отсутствии необходимости выполнения чрезмерно высокой дискретизации изучаемого тела.

GEOMETRICAL MODELLING OF THE ELASTIC MEDIUM UNDER THE GIVEN FORCE'S INFLUENCE

The article describes simple method to fashion the process of resilience deformation of the elastic medium with given physical and geometrical parameters. This method covers the introducing of 2 types of three-dimensional nets: the central net and the complementary net. The first one perceives the mechanical effect of force's influence. The second net is the model of deformable medium shaping. It defines all tensions in the medium (material). The method is based on the non-stretched thread model. The compatibility between this model and Hook's law allows tracing interconnections between the elastic medium deformations and its exertions. The convenience of this method is in absentia of the necessity to perform an abundantly high discretization of concerned medium.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СЖИГАНИЯ ГАЗА В ВИХРЕВЫХ ТОПКАХ

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства,
Симферополь, АР Крым*

*Рассмотрен способ организации сжигания газового топлива в
вихревых топках жаротрубных котлов*

Сжигание газа, топки, жаротрубные котлы, теплообмен

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В условиях сложившихся политической и экономической ситуаций остро встала угроза топливно-энергетического кризиса. Для избегания этого необходимо эффективно использовать ресурсы страны. После принятия Верховной Радой Украины закона «Об энергосбережении» разумное, экономически выгодное сжигание полезных ископаемых стало главной задачей развития отрасли. Выполненные в последние годы исследования показали, что теплогенерирующие установки большую часть времени работают в условиях неполной нагрузки ввиду особенностей подбора оборудования [11]. Наиболее перспективно увеличить коэффициент использования топливных ресурсов за счет увеличения КПД теплогенерирующих установок в нестационарных режимах путем улучшения аэродинамики топок котлов при взаимодействии закрученных потоков.

Эффективность работы децентрализованных систем отопления в первую очередь зависит от применяемых водогрейных котлов. Основными требованиями, предъявляемыми заказчиком к такому оборудованию, являются надежность, безопасность, приемлемое соотношение цена/качество и экономичность. И если перечисленные условия выполняются фирмами-производителями достаточно успешно, то экономичность, особенно в условиях неполной нагрузки существенно разниться в зависимости от организации сжигания топлива.

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ.

В газодинамике вихревых течений известно такое нетривиальное явление, как эффект Ранка (эффект Ранка-Хилша, или вихревой эффект), заключающийся в том, что в вихревых трубах достаточно простой геометрии происходит разделение потока газа на два, один из которых периферийный имеет температуру выше температуры исходного газа, а второй центральный соответственно ниже. Этот эффект выглядит еще

более парадоксальным, если учесть, что, как и в случае вихревой стабилизации газовых разрядов [1], архимедовы силы должны были бы привести к "всплытию" в центре вихря более горячего газа.

Эффект температурного разделения газов был обнаружен Ранком в 1931 г. при исследовании процесса в циклоне-пылеуловителе [2]. После Второй мировой войны началось интенсивное экспериментальное и теоретическое исследование этого эффекта, которое не прекращается и по сей день. Техническая простота эффекта стимулировала активность изобретателей. Опираясь в своей работе на часто весьма сомнительные теории или действуя эмпирически, они нашли массу способов усовершенствования первых вихревых труб, а также чрезвычайно расширили область их применения.

Спектр разработанных и применяющихся устройств, использующих вихревой эффект, чрезвычайно широк [3-5], а их возможности впечатляющи. Так, "в лучших конструкциях, предназначенных для получения холода, температура на оси достигает приблизительно -200°C при исходной комнатной температуре" [6]. Кроме того, эффект Ранка обсуждался в книгах по проблемам вихревого движения [7-10].

ОРИГИНАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Целью настоящей работы является совершенствование теплогенерирующих установок малой мощности путем использования аэродинамики закрученных потоков. Большая часть исследований вихревого эффекта проводилась с использованием воздуха, но не меньший интерес представляет его изучение на других газах.

С этой целью в работе [12] проводилось сравнительное исследование вихревой трубы на различных газах: воздухе, метане, углекислом газе и аммиаке, имеющих заметно отличные физические свойства. Поставленная цель достигалась путем моделирования процессов сжигания газообразного топлива в топочной камере с помощью программы программных комплексов и натуральных экспериментов на испытательном стенде.

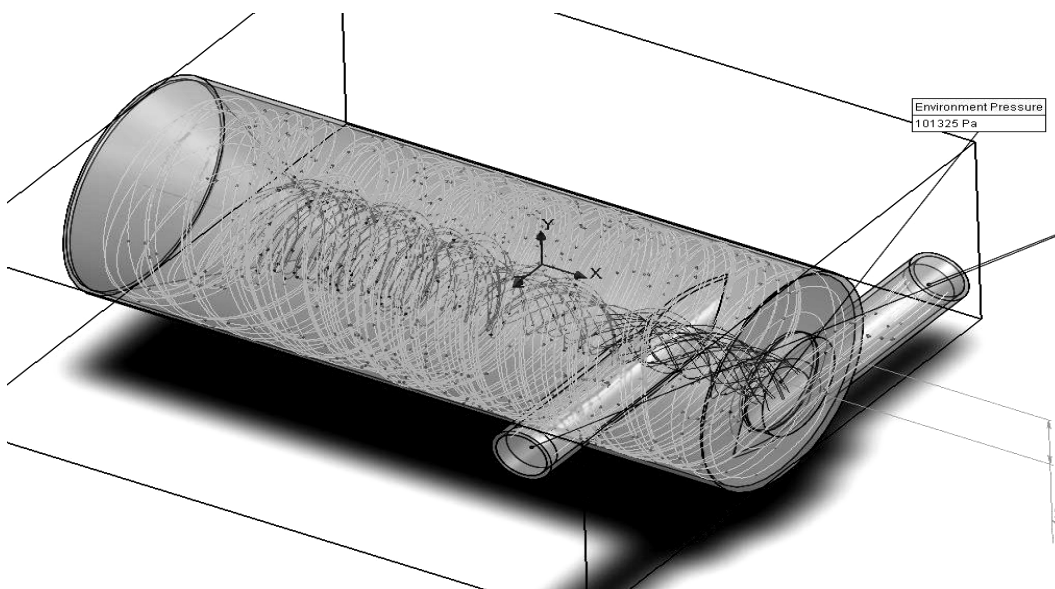


Рис. 1 Линии токов в модели

Параметры потока: Скорость к нормали: 30 м/с Угловая скорость: 5 rad/s Радиальная скорость: 30 м/с Температура: 1593.2 К

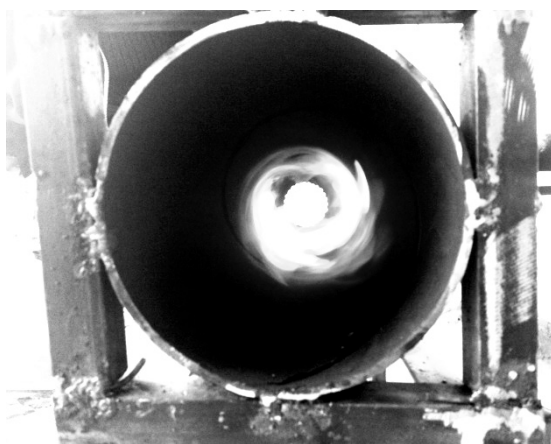


Рис. 2 Испытательный стенд

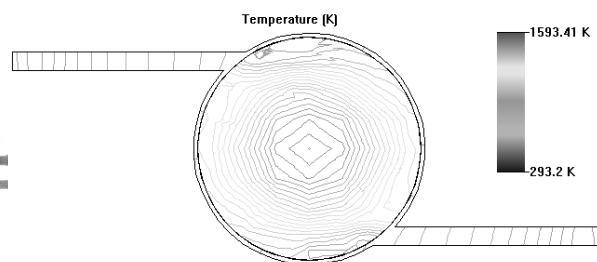


Рис. 3 Поле температур в сечении тангенциальных патрубков

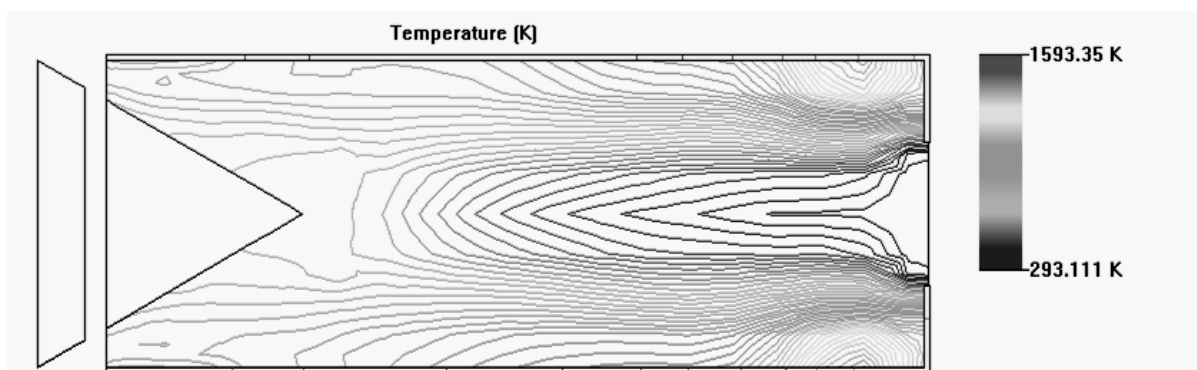


Рис.5 Поле температур в продольном сечении

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Результаты экспериментов и компьютерного моделирования показали, что при работе вихревой трубы можно получать два потока

продуктов горения с регулируемые термодинамическими параметрами, которые можно использовать для нескольких технологических процессов (различных потребителей тепла).

ВЫВОДЫ

1. Предложен способ организации сжигания топлива в топках жаротрубных котлов, заключающийся в оптимальном расположении горелок.
2. Полученная картина линий токов в топке позволила улучшить конструкцию топки, в результате чего были исключены локальные зоны застоя в топочном пространстве, что позволило повысить эффективность использования поверхностей нагрева.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования эффекта Ранка нельзя считать законченными, даже если предлагаемая гипотеза покажется приемлемой большинству исследователей. Требуется еще проведение как теоретических, так и экспериментальных изысканий для придания ей статуса теории. В качестве теоретических задач на первый план выдвигается необходимость построения более строгой модели энергетического разделения с учетом таких факторов, как

- кинетика движения микрообъемов и обмена кинетической энергией;
- реальное, зависящее от начальных условий, распределение микрообъемов по величине поступательной скорости;
- поступление в центральную часть потока турбулентных образований из пограничного слоя;
- зависимость поступательной скорости выходящего из трубы газа от радиуса.

ЛИТЕРАТУРА

3. Гольдштик М Л (Ред.) Вихревая термоизоляция (Новосибирск: Наука, 1979)
4. Ranque G J ./ Phys. Radium 4 112 (1933)
5. Меркулов Л П Вихревой эффект и его применение в технике (М.: Машиностроение, 1969)
6. Суслов Л Д и др. Вихревые аппараты (М.: Машиностроение, 1985)
7. Зайцев О.Н. Управление аэродинамической обстановкой в рабочем объеме теплогенерирующих установок.// Вісник ОДАБА №7, 2002, с. 60-64

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ

Дніпропетровський державний аграрний університет

Постановка проблеми. Сонячне випромінювання є практично невичерпним джерелом енергії. Воно надходить у всі куточки Землі і знаходиться "під рукою" у будь-якого користувача. Спектр випромінювання Сонця близький до спектра абсолютно чорного тіла, нагрітого до температури 5800 К, що набагато перевищує температуру навколишнього середовища, при якій це випромінювання використовується. Останнє означає, що граничний термодинамічний ККД перетворення сонячного випромінювання може бути близьким до 100%. У зв'язку з цим доцільно розглянути особливості використання сонячної енергетики в агропромисловому комплексі [1,2,3,].

Аналіз основних досліджень. Використанню сонячної енергії в системах електрозабезпечення присвячено багато досліджень, розглянуті практичні та економічні питання виготовлення та експлуатації сонячних батарей.

В електроенергію сонячна радіація може бути перетворена прямо або непрямо [1,2].

Непряме перетворення може бути здійснене шляхом концентрації радіації за допомогою слідкуючих дзеркал для перетворення води в пару та наступне використання пари для генерування електричної енергії звичайними способами.

Пряме перетворення сонячної енергії в електричну може бути здійснене з використанням фотоелектричного ефекту. Елементи, виготовлені зі спеціального напівпровідникового матеріалу, наприклад кремнію, при прямому сонячному опроміненні виявляють різницю у вольтажі на поверхні, тобто наявність електричного струму [4,5,6].

Мета досліджень. Розробка методики використання сонячної енергетики в агропромисловому комплексі з урахуванням його технологічних особливостей і виробничих потужностей.

Основна частина. Для проведення запропонованих досліджень доцільно спочатку визначитися з питаннями термінології відносно енергоджерел (з урахуванням їх різноманіття і використання різних термінів до одних і тих же джерел енергії залежно від галузі науки і техніки), а також провести їх загальну класифікацію. На даний момент в науково-технічних колах широко використовуються поняття «альтернативні» або «нетрадиційні» джерела енергії. На наш погляд це не

є коректним, оскільки наприклад важко віднести вітроенергетику до нетрадиційних джерел енергії з урахуванням її історичного розвитку.

Згідно визначенню, даному в енциклопедичних виданнях «альтернатива» - необхідність вибору між взаємовиключними можливостями; кожна з можливостей, що виключають один одного. Хоча зрозуміло, що на даному етапі науково-технічного прогресу так називається «альтернативними» джерела енергії не можуть виключати «традиційні», а швидше за них доповнюють або частково заміщають. Виходячи з цього в подальшій роботі використовуватиметься наступна термінологія:

- «нові енергоперетворюючі технології» (НЕТ) - використовуючі науково-технічні рішення, реалізовані в промислових масштабах з середини ХХ століття (частка яких > 10% в загальному енергетичному балансі галузі).

- «традиційні енергоперетворюючі технології» (ТЕТ) - реалізовані в промисловому масштабі до середини ХХ століття.

З метою подальшого розгляду питання класифікація і оптимізації використання різних енергоджерел для агропромислового комплексу, систематизуємо їх в звідній таблиці 1, в якій енергоресурс - сукупність середовища і процесів, що відбуваються в ній, в результаті яких відбувається виникнення енергоджерел. Наприклад: внутрішній енергоресурс - внутрішні недра землі; соціальний енергоресурс - що виникає в результаті життєдіяльності людини. Енергоджерело - один із

Таблиця 1

Енергоресурс	Енергоджерело		Технологічний цикл											
	Енергоджерело	Технологічний цикл	Поновлювальний ресурс	Розвідка енергоджерела	Створення інфраструктури з видобутку енергоджерела	Видобуток	Рекультивація території	Попередня переробка	Транспортування > 100 км	Зберігання	Перетворення енергоджерела в енергію	Екологічна безпека	Транспортування енергії споживачу	Споживач
Зовнішній	Сонячна			■										
	Вітряна			■										
	Гідро			■				■						
	Приливна			■										
Соціальний	Флор													
	Біо													
	Зоо													
	Поб. відх.				■									
	Пром. відх.				■									
Гео	Вугілля		■											
	Нафта		■											
	Газ		■											
	Ядерна							■						
	Геотермальна		■											

■ - необхідний технологічний цикл елементів енергоресурсу що безпосередньо використовується суспільством для задоволення своїх енергетичних потреб, за рахунок

певних науково-технічних рішень освоєних ними на даному історичному етапі. Поновлювані природні ресурси - природні ресурси, швидкість відновлення яких порівнянно із швидкістю їх витрачання. До поновлюваних природних ресурсів відносяться ресурси біосфери, гідросфери, земельні.

На підставі проведенень систематизації представлені в таблиці 1, можна робити висновки про економічні і технологічні витрати, що виникають при отриманні того або іншого виду енергії. Порівнюючи потенціал енергоресурса, енергоджерела та технологічних циклів і їх перетворення.

На первинному етапі для реалізації поставленого завдання необхідні встановлення енергетичного потенціалу кожного з видів поновлюваних джерел енергії. Наприклад: на території Дніпропетровської області було проаналізоване і узагальнене технічний потенціал - тобто та частина загального потенціалу енергії, яку можна реалізувати за допомогою сучасних технічних засобів.

Потенціал вітрової енергії. Територія України умовно розділена на 4 зони - залежно від середньої швидкості вітру. Чим вище встановлена вітроенергетична установка, тим більше потенціал вітрової енергії. Представлений питомий енергетичний потенціал вітру на різній висоті. В умовах України за допомогою вітроустановок можливим є використання 15-19 % річного об'єму енергії вітру, який проходить через перетин поверхні вітроколеса. На території України рекомендована експлуатація тихохідних багатолопатеких вітроустановок з підвищеним моментом, що обертає.

Потенціал сонячної енергії. Дніпропетровська область володіє могутнім геліоенергетичним потенціалом. Потенціал сонячної енергії в Україні є достатньо високим для широкого впровадження як теплоенергетичного, так і фотоенергетичного устаткування практично у всіх областях. Термін ефективної експлуатації теплоенергетичного устаткування в південних областях України - 7 міс. (з квітня по жовтень), в північних - 5 місяців (з травня по вересень). Фотоелектричне устаткування може ефективно експлуатуватися впродовж всього року.

Потенціал енергії малих річок. Сумарний гідроенергетичний потенціал малих річок України складає можуть стати могутньою основою енергозабезпечення тільки на заході країни, на сході їх потенціал досить малий.

Потенціал біомаси. В Україні достатній енергетичний потенціал практично всіх видів біомаси. Показники енергетичного потенціалу біомаси відрізняються від потенціалу інших джерел тим, що, окрім кліматометеорологічних умов, значною мірою залежать від багатьох інших чинників, насамперед, від рівня господарської діяльності. Вимагають щорічного обліку. При екологічній оцінці застосування біомаси часто займає перше місце: в процесі переробки біовідходів, як і міських стічних вод, окрім знешкодження небезпечної мікрофлори і насіння бур'янів, які

потрапляють в ґрунт, в поверхневі і підземні води, усувається забруднення повітря в зонах їх збору. Відбувається зменшення на полях шкідливої мікрофлори і небажаної рослинності.

Потенціал стічних вод. Основними джерелами низько потенційної скидної теплоти техногенного походження є вентиляційні викиди і охолоджуюча вода технологічного і енергетичного устаткування підприємств, промислові і комунально-побутові стоки. *Потенціал теплоти ґрунту і ґрунтових вод.* Куля ґрунту, розташована між глибиною промерзання і ізотермічною поверхнею може розглядатися як природний сезонний акумулятор теплової енергії, причому енергія, відведена в зимовий період, поновлюватиметься в ґрунтових вод може бути використана для обігріву і вентиляції приміщень. Відбір теплоти може здійснюватися за допомогою теплообмінників різних типів. Температура теплоносія складатиме від - 5-7 °С до +10-12 °С і є достатньою для виробництва теплоносія з температурою 40-70 °С за допомогою теплових насосів.

Не дивлячись на великий об'єм наукової і технічної літератури, інформація і практичні рекомендації по оптимальному комплексному використанню даних установок в агропромисловому комплексі відсутні.

Для розробки типової моделі по реалізації даного питання комплексних програм з урахуванням енергозберігаючих технологій і оптимального вирішення поставленого завдання необхідно:

- визначити параметри типового фермерського тваринницького і зернового господарства Дніпропетровської області;
- визначити рівень енерговитрат типового фермерського господарства.

І на базі цього дати науково-технічне обґрунтування використання того або іншого комплексу альтернативних енергосистем.

На даному етапі спочатку необхідно обробити наступні статистичні дані:

- поголів'я худоби в Дніпропетровській області;
- посівні площі, займані всіма господарствами Дніпропетровської області.

Базуючись на заздалегідь оброблених даних розглянемо, як приклад, можливість використання сонячної енергії в агропромисловому комплексі.

Використання енергії Сонця. Сонячне випромінювання являє собою практично невичерпне джерело енергії. Воно надходить в усі куточки Землі й знаходиться «під рукою» у будь-якого споживача. Спектр випромінювання Сонця близький до спектра абсолютно чорного тіла, нагрітого до температури 5800 К, що набагато перевищує температуру навколишнього середовища, при якій це випромінювання використовується (300 К). Останнє означає, що граничний термодинамічний ККД перетворювача сонячного випромінювання може

бути близький до 100%. Таким чином, сонячне випромінювання є екологічно чистим, доступним джерелом енергії, що володіє високим енергетичним потенціалом [7,8,9].

Очевидним недоліком сонячного випромінювання як джерела енергії є нерівномірність його надходження на земну поверхню, обумовлена добовою й сезонною циклічністю, а також погодними умовами. Ще нещодавно питання акумулювання електроенергії, вироблюваної за допомогою сонячних оцінці перспектив великомасштабної сонячної електроенергетики для рівномірного енергопостачання споживачів. Одним із прийнятних способів акумулювання є використання електроенергії для електролізу води на водень і кисень із наступним зберіганням і використанням водню як звичайного палива або реагенту в електричних паливних елементах. Сьогодні завдяки успіхам в галузі високотемпературної надпровідності можна говорити також і про можливість створення надпровідних накопичувачів електроенергії, виконуваних, імовірно, у комплексі з надпровідними лініями електропередачі. Радикальним способом позбавлення від нерівномірності виробітку електроенергії на сонячних енергоустановках (СЕУ) є розміщення СЕУ в навколоземному космічному просторі. Перебуваючи, наприклад, на геостаціонарній орбіті, СЕУ практично увесь час буде освітлена Сонцем і зможе виробляти в кілька разів більше електроенергії, ніж на Землі в самих сприятливих погодних умовах. Вироблювана електроенергія може при цьому використовуватися як безпосередньо в космосі на промислових супутниках, так і транслюватися на Землю пучком випромінювання.

Іншим, ще більш істотним недоліком сонячного випромінювання як джерела енергії є його низька щільність. Для вироблення помітної електричної потужності як у космосі, так і на Землі необхідно збирати сонячне випромінювання з великих площ, покриваючи їх дорогими напівпровідниковими сонячними елементами. Вартість одержуваної в такий спосіб електроенергії значно перевершує вартість електроенергії, вироблюваної традиційними методами. Саме це є основною причиною, що стримує розвиток великомасштабної сонячної електроенергетики.

Один зі шляхів рішення даної проблеми - зниження вартості напівпровідникових матеріалів і СЕ. Тепер проводяться великомасштабні дослідження в цьому напрямку. На основі стрічкового полікристалічного, а також тонкоплівкового аморфного кремнію створені СЕ із ККД до 13%. Однак для впровадження даних СЕ у великомасштабну енергетику необхідне технології одержання дешевих СЕ й стабільності їхніх параметрів.

Техніко-економічна оцінка використання сонячної енергії. Питання техніко-економічного обґрунтування доцільності споруджень сонячних електростанцій (СЕС) у розвинених країнах входить у ранг найважливіших

науково-технічних досліджень, що проводяться у рамках національних програм. Особливістю цих електростанцій зараз є все ще висока вартість 1 кВт потужності.

При всьому різноманітті енергоджерел в кінцевому етапі для потреб агропромислового комплексу необхідно одержання тільки двох видів енергій: теплової та електричної (рис.1).

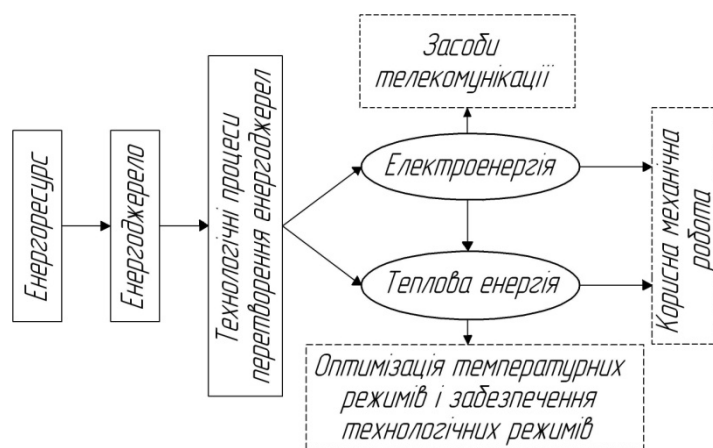


Рис.1.

При обґрунтуванні параметрів СЕС (головним чином установленної потужності), необхідно насамперед вирішити питання про заміщення або дублювання енергії інших станцій в енергосистемі й забезпеченні принципів енергетичної й екологічної порівнянності даних об'єктів. Заміщення потужності інших станцій в енергосистемі можливо при подорожчанні вартості встановленого кіловата потужності, що досягається за рахунок додавання до складу СЕС акумуляторів або при об'єднанні СЕС у комплексі з іншими станціями (наприклад, ГЕС або ВЕС). Від цього у свою чергу залежить економічна ефективність системних СЕС, що стала б вище, якби потужність СЕС була забезпеченою, тобто витісняючою.

На першому етапі розвитку сонячної електроенергетики представляється найбільш доцільний розвиток комбінованих СТЕС. У міру виснаження й подорожчання органічних паливних ресурсів, а також здешевлення оптичної частини сонячних електростанцій частка енергії СТЕС, що виробляється за рахунок сонячної радіації, може поступово збільшуватися, аж до того, що стане економічно виправданим створення суто сонячних електростанцій. Однак й у цьому випадку через відносно мале число годин сонячного сяйва доцільне комбінування СЕС із іншими типами електростанцій (гідравлічними, вітровими, геотермічними та ін.). При роботі СТЕС в агропромисловому комплексі в умовах змінних графіків навантаження виробництво це необхідно обов'язково враховувати.

Безперечно, що економічна ефективність СЕС швидше за все може бути обґрунтована для сприятливих природних умов. Площа, яку займають СЕС

всіх типів, досить велика, що створює проблеми з їх розміщенням. Сонячна електростанція не має викидів у навколишнє середовище й не споживає органічного палива, забезпечуючи тим самим його економію до 5,0 тис. тон умовного палива у рік.

При експлуатації СЕС повинні бути вирішені наступні завдання:

- створення оптимальних пристроїв концентрації сонячної енергії;
- створення теплових акумуляторів великої потужності;
- розробка пристроїв і методів автоматичної системи керування крупнорозмірними дзеркальними відбивачами з метою концентрації на поверхні радіаційного приймача потоку променистої енергії високої щільності;
- дослідження режимів роботи основного технологічного устаткування в різкоперемінному режимі.

Екологічна оцінка використання сонячної енергетики. Сонце є джерелом хімічної (органічне паливо й біомаса) і вітрової енергії, гідроенергії й енергії океану, а також безпосередньо сонячної енергії, одержуваної на сонячних електростанціях.

Сонце випромінює щомиті $88 \cdot 10^{24}$ кал, або $370 \cdot 10^{12}$ ТДж теплоти. З цієї кількості теплоти на Землю потрапляє в енергетичному

еквіваленті тільки $1,2 \cdot 10^{17}$ Вт, тобто за рік 10^{18} кВт/год, або в 10000 разів більше тієї енергії, що сьогодні споживається у світі. У порівнянні з ним всі інші джерела енергії дають теплоти зневажливо мало. Якщо, приміром, загальний потенціал Сонця визначати по сонячній енергії, що падає тільки на вільні необроблювані землі, то середньорічна потужність близько 10000 ТВт, що приблизно в 5000 разів більше, ніж потужність всіх сучасних стаціонарних енергетичних установок світу.

Несприятливі впливи сонячної енергії на навколишнє середовище можуть проявлятися:

- у відчуженні земельних площ, їхньої можливої деградації;
- у великій матеріалоемності;
- у можливості витоку робочих рідин, що містять хлорати й нітрити;
- у небезпеці перегріву й загорянні систем, зараження продуктів токсичними речовинами при використанні сонячних систем у сільському господарстві;
- у зміні теплового балансу, вологості, напрямку вітру в районі розташування станції;
- у затемненні великих територій сонячними концентраторами;
- у створенні перешкод телевізійного й радіозв'язку;
- у передачі енергії на Землю у вигляді мікрохвильового випромінювання, небезпечного для живих організмів і людини.

Висновок. Таким чином використання СЕС у агропромисловому комплексі України є досить перспективними, однак вимагає комплексного

підходу при оптимізації цієї задачі з урахуванням сезонних енерговитрат і впровадження енергозберігаючих технологій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Охмат П.К., Хорсев П.В., Терентьева Н.Л. Розрахунок параметрів сонячного колектора // Науково-технічний збірник «Технічна естетика і дизайн» випуск №7 Київ 2010 р. с. 114-118.
2. Охмат П.К., Хорсев П.В., Терентьева Н.Л. Розрахунок основних параметрів сонячної фотоелектричної установки // Міжвідомчий науково-технічний збірник «Прикладна геометрія та інженерна графіка» випуск №86 Київ 2010 р. с. 375-379
3. Андреев В.М., Грилехес В.А. Румянце В.Д. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения Л.: Наука, 1989 г. – 310 с.
4. Сабади П.Р. Солнечный дом/Пер.с англ. Н.Б. Гладковой М.: Стройиздат, 1981 г. – 113 с.
5. Колтун М.М. Солнечные Элементы. М.: Наука, 1978 г. – 192 с.
6. Глиберман А.Я., Зайцева А.К. Кремневые солнечные батареи. М.-Л.: Государственное энергетическое издательство, 1961 г. – 72 с.
7. Грилехес В.А. Солнечные космические энергостанции Л.: Наука, 1986 г. – 182 с.
8. Голицын М.В., Голицын А.М., Пронина Н.В. Альтернативные энергоносители М.: Наука 2004 г. – 159 с.
9. Магомедов А.М. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии Махачкала: Издательско-полиграфическое объединение «Юпитер», 1996 г. – 245 с.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

В статье рассмотрены особенности использования солнечной энергии в общем балансе потребления энергоисточников в агропромышленном комплексе. Дана технико-экономическая оценка использования солнечной энергии и особенности ее применения.

THE PECULIARITIES OF THE SOLAR ENERGY USING IN AGRICULTURE

The variant of using the solar energy sources in agriculture is considered. The technical-economic estimate and the peculiarities of solar energy is given.

Шевчук Л.І., к. т. н.
Строган О.І., інж;
Баранецька О.Р., к. т. н.
Топчій В.І., к. т. н.

ПРИСТРІЙ ДЛЯ АКТИВАЦІЇ ТА ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ

Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

Наведено конструкцію нового вібраційного кавітатора, призначеного для ініціювання і активації хіміко-технологічних та очисних процесів, зокрема біологічного знезараження води. Одночасна дія магнітного та кавітаційного полів на шкідливі мікроорганізми ефективно руйнує їх оболонки, забезпечуючи високий ступінь очищення води. Робота кавітатора здійснюється у неперервному режимі подачі рідини із продуктивністю понад 5,5 м³/год.

The construction of a new vibratory cavitator intended for the initiate and activate of chemical and technological, and cleansing processes, in particular biological water disinfection has been resulted. The simultaneous action of magnetic and cavitation fields on the harmful microorganisms effectively destroys their shells, providing a high degree of water treatment. The work of cavitator is carried out in the continuous mode of serve the liquid with the productivity of over the 5.5 m³/h.

Незадовільний стан питної й технічної води на даний час являє собою неабияку екологічну проблему і загрозу для людства. Запаси придатної для споживання води з кожним роком зменшуються. Не зважаючи на доволі значний перелік фізико-хімічних методів очищення води від різноманітних забруднень досконалого, універсального і придатного для широкої розмаїтої гами можливих забруднень все ще не існує. Особливою мірою це стосується біологічного забруднення води, оскільки шкідливій мікрофлорі, як правило, притаманна репродуктивна здатність, до того ж швидкоплинна в часі.

Постановка проблеми. Тільки високий ступінь водоочищення мають забезпечувати сучасні очисні технології та реалізуюче їх обладнання, особливо коли мова йде про питну воду. Зрозуміло, що суттєво зменшити побутове та промислове забруднення води, як і промислові викиди в атмосферу, на даному етапі суспільного розвитку людству не реально, тому особливої актуальності набувають дослідження, спрямовані на вдосконалення існуючих та розробку новітніх технологій захисту і збереження довкілля, зокрема на вдосконалення технологій водопідготовки та водоочищення, на розробку обладнання для їх реалізації.

Аналіз останніх досліджень. Останнім часом із поміж різноманітних методів фізичних впливів на процеси водопідготовки та водоочищення широкого застосування набувають методи кавітаційної обробки води, в основу яких покладено ультразвукове [1] та гідродинамічне [2] збурення кавітації в рідинах.

Поряд із кавітаційним знезараженням води доречно і її активуюча обробка з метою підвищення розчинної здатності, для покращення споживчих властивостей тощо. Із відомих методів активації води найбільш зручним і простим в реалізації є вплив на воду магнітним полем. Суть методу полягає в тому, що при русі води в зоні великих градієнтів напруженості магнітного поля відбувається руйнування міжмолекулярних зв'язків в кластерних структурах, у наслідок чого утворюються вільні молекули води [3] .

Таким чином, пошуки новітніх технологій водопідготовки, спрямовані на створення нових більш досконалих із позицій забезпечення високої якості технологій водоочищення за умови їх придатності для промислового застосування, все ще залишаються вагомим як технічним завданням, так і суспільною проблемою. І доволі перспективним та доречним тут видається намір поєднати переваги окремих методів у новостворений більш досконалий.

Виклад основного матеріалу. Вібраційний електромагнітний кавітатор резонансної дії для збурення кавітації в рідинах може бути застосований, наприклад, для водоочищення, знезараження питної води, стоків хімічних, харчових та переробних підприємств від різноманітних забруднень, в тому числі і біологічних. Даний кавітатор належить до групи обладнання фізико-хімічних методів кавітаційного ініціювання та активації окиснювально-відновлювальних реакцій у рідинах енергією сплескування великої кількості самозароджуваних в рідині кавітаційних бульбашок.

Принципова схема вібраційного електромагнітного кавітатора резонансної дії зображена на рис.1. До його складу входять завантажувальна 6, робоча 9 та відвідна 14 камери, що з'єднані між собою із можливістю відносних переміщень через гнучкі гофри 8 та 12. На робочій камері закріплено набраний із листового заліза кільцевий якір 10, а камера та якір через циліндричні пружні стержні 5 з'єднані із закріпленими на трубах завантажувальної та відвідної камер реактивних масах 11. Співвісно якореві 10 через циліндричні пружні стержні 2 до реактивних масах прикріплено корпус 4 статора, у якому рівномірно по колу розташовані котушки електромагнітів 15 із обмотками 3. Обмотки шістьох рівномірно розташованих по колу електромагнітів з'єднано таким чином, що вони утворюють три зміщених між собою на 120° двотактних вібробудники. Співвісно розташовані статор із котушками і обмотками та якір з робочою камерою утворюють кільцевий електромагнітний вібробудник, який у поєднанні із прикріпленими до реактивної маси пружними стержнями формують трьохмасну резонансну коливну систему.

Перша з коливних мас – робоча камера із прикріпленим до неї якорем, друга – статор із котушками та обмотками, третя – реактивна маса із масивними трубами завантажувальної та відповідної камер.

До якоря та статора жорстко прикріплені деки-збурювачі кавітації 7 та 13 із рівномірно розташованими по всій їх площі отворами для протікання оброблюваної рідини. Пари прикріплених до якоря та статора дек розміщені симетрично на вході та виході робочої камери.

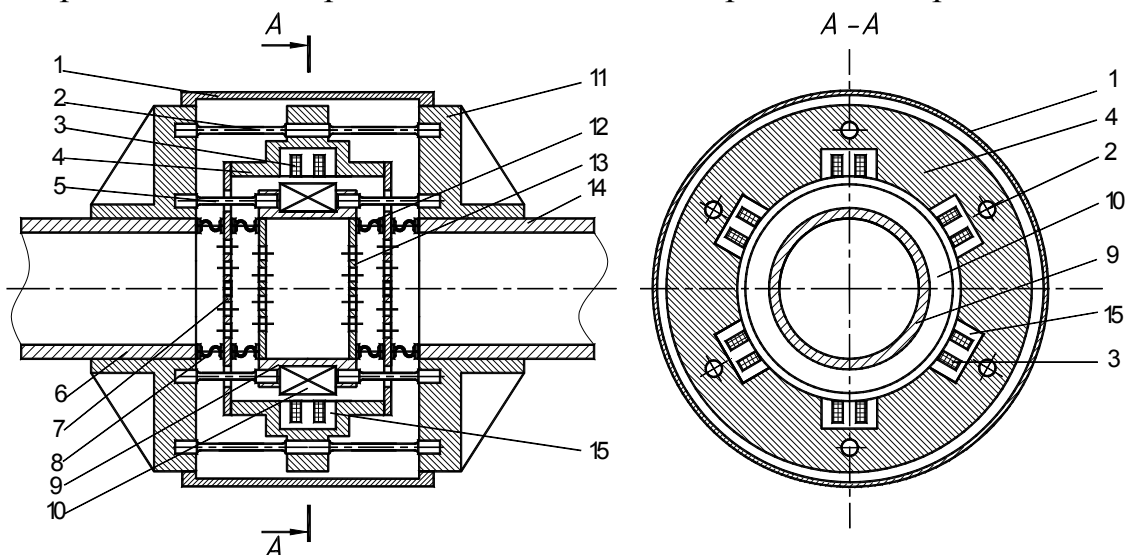


Рис. 1. Принципова схема вібраційного електромагнітного кавітатора резонансної дії

Від потрапляння сторонніх предметів до коливних систем електромагнітний віброзбудник захищено захисним кожухом 1.

Робота вібраційного електромагнітного пристрою для збурення кавітації в рідинах здійснюється наступним чином. По трубці завантажувальної камери 6 в робочу камеру 9 під незначним тиском або самотоком подають оброблювану рідину. Одночасно на обмотки 3 котушок 15 електромагнітів послідовно за або проти годинникової стрілки подають напругу. Електромагніти у цій же послідовності по чергово притягують до себе якорі із наповненою оброблюваною рідиною робочою камерою, прогинаючи при цьому назустріч одні одним пружні циліндричні стержні 2 та 5. Прогин та пружність циліндричних стержнів 2 та 5 розраховано таким чином, що вони унеможливають співударення якоря та статора між собою. По чергове протягування якоря до поряд розташованих котушок статора трансформується у направлені кругові проти фазні коливання двох пружно встановлених коливних мас, а саме якоря із робочою камерою та статора. Ці коливання відбуваються із певними розрахунковими амплітудами та частотою, рівною частоті подачі напруги на котушки кільцевого електромагнітного віброзбудника, як правило 50 Гц.

Разом із коливними масами плоско паралельні кругові проти фазні переміщення в робочій камері здійснюють і прикріплені до них деки 7 і 13 з отворами, пересікаючи потік неперервно поступаючої в цю камеру оброблюваної рідини. При рекомендованій амплітуді коливань дек 1,5-2 мм і частоті 50 Гц швидкість, з якою дека перетинає потік рідини,

становить 4,7--6,3 м/с, швидкість відносних переміщень двох сусідніх дек, що коливаються у протифазі, вдвічі більша, тобто 9,4 – 12,6 м/с. Цього достатньо для збурення загостреними кромками отворів у деках із завжди наявних в рідині зародків кавітації повітряних кавітаційних каверн. Тиск всередині каверн стрімко наростає, збільшуючи їх об'єм, в наслідок чого на виході із деки каверна створює в оброблюваній рідині імпульси ударних хвиль. Дія імпульсів ударних хвиль на наявні в рідині ядра кавітації супроводжується миттєвим зародженням, розширенням та подальшим сплескуванням кавітаційних бульбашок. Рівномірним розташуванням отворів в деках забезпечується рівномірність інтенсивності кавітаційного поля по всій площі поперечного перерізу робочої камери, тобто рівномірність обробки рідини.

Додаючись що миттєво між собою ударні хвилі сусідніх сплеснутих кавітаційних бульбашок формують у невеликому об'ємі доволі потужне енергетичне поле. Як наслідок – забезпечення суттєвої інтенсифікації окисних реакцій і, відповідно, пов'язаних з цим очисних процесів, в тому числі і водоочищення та знезараження води від біологічних забруднень в наслідок руйнування оболонки мікроорганізмів.

Одночасно із збуренням кавітаційного поля змінна напруга сердечниками електромагнітів трансформується у перемінне магнітне поле. Завдяки тому, що діаметрально протилежні електромагніти попарно електрично з'єднані між собою, в перший півперіод змінної напруги магнітне поле із замкнутими силовими лініями формує одна пара електромагнітів, а в другий півперіод – інша пара електромагнітів і так далі. Перемінне магнітне поле, пронизуючи неперервний потік оброблюваної води, призводить до змін в електронній структурі її молекул, які проявляються у гальмуванні протонів у поперечному магнітному полі, що й зумовлює послаблення водневих зв'язків між молекулами води, причому, протон, об'єднуючись з гідроксильною групою OH^- , утворює молекулу води з іншим енергетичним станом в магнітному полі, ніж без поля. Механізм руйнування міжмолекулярних зв'язків обумовлений короткочасним перетворенням молекул води при їхньому русі в зоні великих градієнтів магнітних полів зі стану «правова» у «ортовода», тобто змінами напрямку спинів атомів водню у молекулі води, що призводить до розриву зв'язків у структурі кластерів. При цьому, завдяки потужному енергетичному впливу на воду, зумовленому одночасній дії на неї в зоні обробки магнітного та кавітаційного полів, формується нова її структура, в якій міститься переважна більшість молекул у вільному (незв'язаному) стані, тобто мономолекул. А саме в мономолекулярному стані воді притаманна підвищена хімічна активність.

Магнітно-кавітаційний вплив на рідинне середовище за рахунок описаних ефектів дозволяє досягнути суттєвої інтенсифікації хімічних перетворень у водних потоках. Так проведені дослідження на модельній установці показали зниження вмісту солей кальцію та магнію в технічній забрудненій воді на 22 відсотки. Аналіз води, обробленої впродовж 20 хв.

на магніто-кавітаційному пристрої, показав зростання її окиснюваності до 180 відсотків та зменшення швидкості зростання колоній хвороботворних бактерій у 20 раз [3].

Висновки.

Поєднання двох взаємозалежних, але одночасно спрямованих на видозміну структури і властивостей оброблюваних рідин, фізичних впливів, а саме кавітаційного та магнітного полів, забезпечує інтенсифікацію окиснювально-відновлювальних процесів та ініційованих ними хімічних реакцій в рідинах.

У порівнянні з проточними ультразвуковими апаратами та гідродинамічними кавітаторами енергозатрати на обробку рідини тут обумовлені лише в'язкістю оброблюваної рідини та її опором плоско-паралельним переміщенням коливних дек, що суттєво менший за гідродинамічний опір традиційних кавітаторів при обтіканні їх обертових елементів.

Перспективи подальших досліджень.

Відзначені переваги відкривають перспективи для широкого промислового застосування магніто-кавітаційної активуючої обробки води не тільки від біологічного забруднення, а і від інших забруднювачів, що піддаються знешкодженню окисними процесами. При цьому, подальші дослідження даного методу доречно скерувати в руслі вивчення кінетики формування кавітаційного поля підвищеної інтенсивності, аналізу превалюючого впливу на знезараження води технологічних параметрів процесу (частоти та амплітуди коливань, частоти пульсацій та градієнтів напруженості магнітного поля, величини напору та швидкості подачі забрудненої води тощо), підборі для конкретного різновиду біологічного забруднення оптимального за ефективністю знешкоджуючого середовища та газу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маргулис М.А. *Основы звукохимии (химические реакции в акустических полях)*. – М., Высш. шк., 1984. – 272 с., ил.
2. Вітенько Т.М. *Гідродинамічна кавітація у масообмінних, хімічних і біологічних процесах: монографія / Т.М. Вітенько*. – Тернопіль, в-во ТДТУ ім. І. Пулюя, 2009. – 224с.
3. Сілін Р.І., Баран Б.А., Гордєєв А.І. *Властивості води та сучасні способи її очищення: монографія – Хмельницький: ХНУ 2009. - 254 с.*

РОЗВИТОК МЕТОДИКИ КІЛЬКІСНОГО ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ АРХІТЕКТУРНИХ РІШЕНЬ

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Окреслені методи визначення енергетичного стану будівлі та розглянуто сучасний програмний інструментарій в контексті застосування в архітектурній практиці з метою визначення заходів енергоефективності під час проектування та термомодернізації будівель.

In this work methods of building power state determination have been outlined. The modern programmatic tool was examined in the context of application in the architectural practice with the aim of the determination of the power efficiency measures during planning and buildings thermo modernization.

Ключові слова: *Енергоефективність, математичне моделювання, архітектура громадських будівель.*

Keywords: *Power efficiency, mathematical design, architecture of public buildings.*

Постановка проблеми

Стратегічно небезпечна для України залежність від постачання енергоносіїв з інших країн, стійка тенденція до подальшого зростання цін на них, а також стимулювання впровадження інноваційних проектів, спрямованих на скорочення енергоспоживання, збільшує актуальність та економічну перспективу пошуків архітектурних енерговдосконалень, що можуть бути застосовані у широкому діапазоні від проектування до реального будівництва та реконструкції. Проте повний спектр потенціалу енергозбереження у архітектурній практиці не використовується.

Цілковито природним є питання: наскільки архітектору вдається вирішувати свою частину завдання з проектування енергоефективного будинку? Тільки якісне оцінювання результату, як улюблений прийом архітекторів, сьогодні не задовольняє замовників. Інвесторам, як і авторам архітектурних проектів, на стадії проектування важливо отримати не тільки якісну, але і об'єктивну кількісну характеристику ефективності проектних очікувань та отриманих результатів по закінченню будівництва.

Аналіз сучасних програмних розроблень

Для визначення енергетичного стану будівель використовують низку методів. Серед них заслуговують на увагу інструментально-аналітичний метод та метод комп'ютерного моделювання.

Сутність першого полягає у використанні вимірювальних приладів для визначення фактичних значень параметрів зовнішнього і внутрішнього

повітряного середовища (температура, вологість, тощо), дистанційному вимірюванні полів температур поверхонь огорожувальних конструкцій (термографія) і подальшому аналітичному опрацюванні отриманих даних. Точність отриманих результатів залежить від якості виконання вимірювань. Інструментально-анлітичний метод застосовують для існуючих будівель, а рекомендаціям щодо переліку термореноваційних або термомодернізаційних заходів притаманний дещо гіпотетичний характер, оскільки реальні величини енергоекономії можливо отримати, обчислити та продемонструвати лише після реалізації запропонованих заходів.

Другий метод – метод комп'ютерного моделювання вимагає створення енергетичної моделі на підставі даних геометричних і теплофізичних параметрів будівлі та її окремих складових частин за допомогою спеціалізованого програмного продукту. Такі програми переважно призначені для інженерних розрахунків - проектування інженерних систем, підбору обладнання для них (наприклад: **HERZ OZC**, **KAN OZC**, **REHAU**, **Danfoss C.O.** і т.п.) та забезпечується побудовою спрощеної моделі будівлі.

Комп'ютерне моделювання застосовують під час проектування нових і термомодернізації наявних будівель. Автори розглядали програми, що придатні певною мірою для створення проектів енергоефективності будівель житлового та громадського призначення. Оперуючи програмами визначаємо енергоспоживання, теплонадходження й тепловтрати, розраховуємо енергетичний ефект окремих архітектурних рішень та економічні показники їх реалізації. Нами випробувані і використовувались для створення проектів наступні програмні продукти: «**Енергоефективна будівля**», розроблену Регіональним центром з підготовки та підвищення кваліфікації у сфері енергозбереження та енергоменеджменту м. Львова; програму **Salta 1.0**, від технічних консультантів і фахівців Групи ATLAS; програму «Підвищення енергоефективності в будівлях **БЕЕР 1.0**» Municipal Coordinator, створену на замовлення Alliance to Save Energy; програму-додаток **AUDITOR 1.1**, розроблену на замовлення Fundacji Poznanowania Energii у Варшаві Інститутом будівельної техніки; програмний продукт **Termo-Danfoss PL**, від фірми ADAsoft із наданням дозволу на його використання для Alliance to Save Energy; програму **RETScreen 4.0 International**, розроблену центром енергетичних технологій CANMET на замовлення міністерства природних ресурсів Канади; програмний продукт **EAB 8.1** та **Profitability** від норвезької міжнародної консалтингової компанії в галузі енергозбереження ENSI; **BizEE Pro**, створену провідним британським розробником програмних продуктів у галузі енергозбереження компанією BizEE Software Ltd; розроблену Національною лабораторією Лоуренса в м.Берклі на замовлення Міністерства енергетики США програму **DOE-2**; програму **EA-QUIP**, яка розроблена Association for Energy Affordability, Inc.; програму **PHPP** від Інституту пасивного будинку в м.Дармштадт, Німеччина; програмно-методичний комплекс з енергозбереження в Україні «**PATRIOT**», запропонований енергосервісною компанією «Патріот-НПГ»; програма

EnerCAD розроблена фахівцями Женевського університету; програму **NKN 2.06** від факультету цивільного будівництва Чеського технічного університету та ще цілу низку спеціальних програм.

Виклад основного матеріалу

Всі програми, маючи кожна певну специфіку, формуються з двох частин: арифметично-архітектурної і розрахунково-теплотехнічної, а також можуть доповнюватись економічним, екологічним та іншими розрахунковими блоками. Робота з ними потребує фахової архітектурно-будівельної підготовки, спеціальних знань з інженерно-технічних та економічних аспектів.

Архітектурна частина спирається на метод математичного моделювання. Для створення базової моделі будівлі в програму послідовно вводиться проектна або отримана у попередньому обстеженні інформація про будівлю (планувальна, об'ємна, архітектурно-конструктивна тощо). Ця частина найвідповідальніша та найбільш витратна за часом. Від неї залежить точність результатів енергетичних розрахунків, адже фактично математично описується архітектурно-графічна частина проекту.

На базову модель можна «приміряти» варіанти проектних рішень, окремі прийоми та заходи або ж цілі пакети заходів для їх порівняння і вибору. У такий спосіб створюють наступні моделі будівлі.

Математично змодельований архітектурний об'єм дозволяє розраховувати процеси тепломасоперенесення між внутрішнім і зовнішнім середовищами, які описуються параметрично. Значення зовнішньокліматичних параметрів добирають за нормативною літературою, уточнюються даними місцевих метеорологічних служб або обираються з програмної бази даних. Кліматичну базу деяких програм для коректних розрахунків необхідно адаптовувати до мезокліматичних або й мікрокліматичних умов. Суттєвою вадою переважної більшості програм є спрощений розрахунок усіх теплонадходжень.

Параметри внутрішнього середовища для всіх приміщень будівлі в базовій моделі повинні відповідати чинним нормам (у проектуванні нових будівель) або інструментальним замірам (під час термомодернізації). У всіх наступних моделях з проєктованими заходами значення мікрокліматичних параметрів повинні чітко відповідати нормативним вимогам.

Розрахунково-теплотехнічна частина містить насамперед розрахунки теплотехнічних показників зовнішніх огорожувальних конструкцій. Порівняння значень енергетичних параметрів базової моделі та моделей із проектними заходами дозволяють розрахувати енергоекономію, не очікуючи втілення проектних заходів, розглянути варіанти проектних рішень та обрати найприйнятніший з них.

Економічна частина містить визначення економічних показників (строк окупності, дисконтну вартість, внутрішню норму рентабельності, коефіцієнт дисконтної вартості, тощо) застосованих енергоефективних заходів. Тобто аналізує доцільність їх впровадження одночасно з точки зору економії енергоносіїв та затрачених коштів на їх реалізацію.

Розглянемо деякі з поширених у проектній практиці України комп'ютерні програми. Програма «Енергоефективна будівля»призначена переважно для вирішення теплотехнічних інженерних питань, але не придатна до застосування для будинків з складним планом та об'ємом. У програмі відсутні можливості побудови точної моделі будівлі і, як наслідок, велика похибка розрахунків ефективності архітектурних заходів. Відсутність блоку, що враховує кліматичні дані, обмежує застосування та вимагає ручного втручання в базу даних.

Друга програма – Salta 1.0 – вузькопрофільна, для здійснення аналізу тепловологісних властивостей будівельних конструкцій відповідно до вимог норми PN-EN ISO 6946, дозволяє проводити добір матеріалів і теплоізоляції огорожувальних конструкцій та перевірку конструкцій на можливість утворення конденсату на її внутрішній поверхні і в товщі утеплювача. Окрім того, вона надає змогу перевірити ефективність теплоізолювання містків холоду, що, власне, і було використано авторами для перевірки енергетичних результатів проектних рішень. Наступна програма – ВЕЕР - програма нового покоління, в ній надана можливість виявити не тільки енергетичні результати, але й зробити екологічну та економічну оцінку перспектив впровадження заходів, розробити проекти з енергоефективності і бізнес-плани для таких об'єктів, як дитячі садки, школи, оздоровчі центри. Але дещо спрощений підхід до якості моделювання будівлі в цілому, елементів та конструкцій дозволяє отримувати лише наближені результати застосування більшості архітектурних заходів і кінцеві. Програма AUDITOR 1.1 дозволяє обчислити споживання первинної і кінцевої енергії, вартість обігрівання будівлі в стандартному сезоні, визначені коефіцієнту E для будівлі і альтернативну вартість обігрівання при використанні різних носіїв енергії. Алгоритм програми спирається на європейські норми, які поки що не відповідають чинним нормам України. Вирішувати комплексно питання з енергозбереження дозволяє програма «PATRIOT», що посилається на українську нормативну базу. Доступними і простими для застосування виявилися програми RETScreen 4.0 International та PHPP.

У програмі TERMO-Danfoss закладена можливість детально описувати будівлю, її плани, об'єм та конструкції, параметри середовища, отримувати точні результати наявного стану та енергоефективності архітектурних заходів. Обрахунки виконуються в системі європейських стандартів з дотриманням українських нормативних вимог щодо температур та вентилявання приміщень. Економічний блок в програмі відсутній що вимагає добирати спеціальні програмні додатки. Для її практичного застосування автором виконувалися роботи з кліматичної адаптації програми для території України. Переважна більшість проектів термореновації та розділ заходів архітектурного енергозаощаджування були розраховані авторами саме за допомогою цього програмного продукту. Зважаючи на його переваги.

Аналіз перелічених комп'ютерних програм дозволив оцінити їх слабкі та сильні сторони. Це допомагає уникати вже відомих помилок і сформувати

вимоги до програми, призначеної безпосередньо для розрахунку архітектурних проектів. Розробники не ставлять собі за мету створити альтернативу наявному інженерному інструментарію, а зосередилися на побудові точних математичних моделей, чутливих до переважної більшості прийомів і заходів архітектурного енергозбереження. Таки моделі можливо застосовувати як основу для інженерних та енергоаудиторських розрахунків вищої точності. Найскладнішим розділом створення оптимальної програми є узгодження архітектурно-графічної частини (основного робочого інструмента архітектора) та блоку перетворення у математичну модель (конвертаційного блоку). На сьогоднішній день напрацьовані та розширюються бібліотеки даних конструкцій. Враховуються найновітніші інженерні розробки, особливо в галузі альтернативних джерел енергії, які необхідно органічно та ефективно поєднувати з архітектурою будівлі. Але відмінність та перспектива гармонізації українських і європейських норм спонукає до подвійного посилення в проектній документації.

Використання оптимальних програмних продуктів в проектах енергоефективності будівель забезпечує автоматизацію та систематизацію розрахунків, дозволяє завдяки комп'ютерному моделюванню визначити енергетичний стан будівлі та застосовувати оптимальні архітектурні рішення з точки зору енергетичної та економічної доцільності.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Сучасні програмно-інформаційні розробки дозволяють виключно спеціалістам-енергоаудиторам аналізувати та кількісно оцінювати проектні рішення порівнянням енергетичних моделей будівель, їх окремих частин; визначати енергетичний та економічний ефект застосування комплексів та окремих прийомів архітектурного енергозбереження.

Застосувати обґрунтовані енергоефективні рішення, обирати їх ще на перших стадіях проектування дають змогу програмні розробки із функцією комбінаторності - можливістю конвертації програм архітектурного проектування у формат спеціалізованих програмних.

Функція переведення геометрії проектних рішень у алгоритм енергетичних розрахунків повністю виключає найзатратнішу за часом та найвідповідальнішу стадію побудови математичної моделі.

Поширене використання конвертаційних програм дозволить архітекторам активно долучатися до розв'язання питань енергозбереження у реальному, навчальному та експериментальному проектуванні.

Практичні кроки на шляху розроблення додатків і оптимізації програми розпочаті колективом енергосервісної фірми «Універс» у співпраці із неприбутковою організацією Alliance to Save Energy, продовжені спеціалістами Інституту енергоаудиту та обліку енергоносіїв і кафедри архітектурних конструкцій Національного університету «Львівська політехніка».

ЗМІСТ	
ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ	
Підгорний О.Л.	5
МОДЕЛЮВАННЯ ПРЯМОГО ТА ВІДБИТОГО СОНЯЧНОГО СВІТЛА СТОСОВНО ЗАДАЧ ГЕЛІОТЕХНІКИ ТА ГЕЛІООСВІТЛЕННЯ	5
Дворецкий А.Т.	9
КАУСТИКА И КВАЗИФОКАЛЬНАЯ ЛИНИЯ КОНГРУЭНЦИИ ОТРАЖЁННЫХ ЛУЧЕЙ	9
Бакаева Н. В.	15
МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМОЙ БИОСФЕРОСОВМЕСТИМОГО ГОРОДА	15
Барыкин Б. Ю., Барыкин А. Б.	22
ПРИМЕНЕНИЕ БИОПОЗИТИВНЫХ ПРИНЦИПОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА НЕУДОБЬЯХ	22
Баишта О.Т., Джурик О.В., Ланецкий В.Г., Романенко В.Г.	27
КАВИТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАКЕТОВ ШАЙБ В ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ	27
Бетин В.Д., Дворников В.А., Шамрай Е.В.	34
МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАЗВИТИЯ ВЗРЫВА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ОБОЛОЧКИ ЗАРЯДА	34
Боровский Б.И., Тимченко З.В.	40
ОБОБЩЕНИЕ ДАННЫХ ПО НАИБОЛЬШИМ МАКСИМАЛЬНЫМ СРОЧНЫМ РАСХОДАМ ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ НА РЕКАХ СЕВЕРНЫХ И СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫХ СКЛОНОВ КРЫМСКИХ ГОР	40
Колесник Є.С., Венжего Г.С.	45
МЕТОДИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ РОЗРАХУНКУ ПРИВЕДЕНОГО ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ СТІНОВИХ КОНСТРУКЦІЙ З ВЕНТИЛЬОВАНИМ ПОВІТРЯНИМ ПРОШАРКОМ	45
Волоха М.П., Болдирєва Л.В., Волоха В.М.	53
УДОСКОНАЛЕННЯ ПОВЕРХНІ ТРАНСПОРТУЮЧОГО ШНЕКА ДИСКОВОГО КОПАЧА КОРЕНЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН	53
Гарбарук Ю.В., Пугачов Є.В.	56
МОДЕЛЮВАННЯ ОСВІТЛЕНОСТІ ВІД ДЗЕРКАЛЬНО ВІДБИВАЮЧИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ШАХТ	56
Герасимчук О.В., Голишев О.М., Задорожній С.І.	61
ПИТАННЯ СТАБІЛЬНОЇ РОБОТИ ВИТЯЖНИХ ВЕНТИЛЯТОРІВ СИСТЕМ АСПІРАЦІЇ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ КОМБІНАТІВ	61
Денисова Т.В.	66
ФОКАЛЬНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ КОНГРУЭНЦИИ ОТРАЖЕННЫХ ЛУЧЕЙ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ	66

<i>Дешко В.І., Шевченко О.М., Фаренюк Г.Г.</i> ОСОБЛИВОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ПАСПОРТИЗАЦІЇ ФОНДУ БУДІВЕЛЬ В УКРАЇНІ	71
<i>Дешко В.І., Шовкалюк М.М.</i> ТЕМПЕРАТУРНО-ПОГОДНІ ФАКТОРИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ	79
<i>Dib M., Landolfi M.</i> THE PROBLEMS OF THE THERMAL RECONSTRUCUTION OF MASS LOW RISE DWELLING	88
<i>Егорченков В.А.</i> СРЕДНЯЯ СФЕРИЧЕСКАЯ ОСВЕЩЕННОСТЬ ОТ ВЫПУКЛОГО ЧЕТЫРЕХУГОЛЬНОГО СВЕТОПРОЕМА, РАСПОЛОЖЕННОГО В ПЛОСКОСТИ ОБЩЕГО ПОЛОЖЕНИЯ	95
<i>Зайцев О.Н., Борисенко Л.И., Наконечный В.А.</i> АККУМУЛЯЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ С ИЗМЕНЯЕМЫМ ГИДРАВЛИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ	100
<i>Кобелева С.А.</i> ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ОЦЕНКЕ РЕСУРСО-ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ	105
<i>Колеснік Є.С.</i> ПОТЕНЦІАЛ ЕНРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЖИТЛОВОМУ ФОНДІ УКРАЇНИ	109
<i>Маркин А.В.</i> ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ СИСТЕМ НАПОЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ	117
<i>Мілейковський В. О.</i> ГЕОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ МАКРОСТРУКТУРИ ПЛОСКИХ НАПІВОБМЕЖЕНИХ СТРУМИН	122
<i>Митрофанова С.А.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОНЫ ИЗМЕНЕНИЯ ЛИНИИ КАУСТИКИ ДЛЯ ПЛОСКОЙ ЗАДАЧИ АППАРАТА ОТРАЖЕНИЯ	128
<i>Плоский В. О., Кащенко Т. О., Ручинська Н. М.</i> ФОРМУВАННЯ САДИБНОГО ЖИТЛА НА ОСНОВІ ПРИНЦИПУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НА ТЕРИТОРІЇ ПІВНІЧНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ	131
<i>Сергейчук О.В., Мартынов В.Л., Шитюк В.П., Щербакова Е.Н.</i> МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2011 «СТРОИТЕЛЬНАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ»	139
<i>Скочко В. І.</i> ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПРУЖНОГО СЕРЕДОВИЩА, ЩО ПЕРЕБУВАЄ ПІД ДІЄЮ ЗАДАНОГО НАВАНТАЖЕННЯ	145
<i>Топорен С.С.</i> КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СЖИГАНИЯ ГАЗА В ВИХРЕВЫХ ТОПКАХ	161
	165

<i>Хорсєв П.В., Чаплигін І.В., Терентьєва Н.Л.</i> ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ	
<i>Шевчук Л.І., Строган О.І., Баранецька О.Р., Топчій В.І.</i> ПРИСТРІЙ ДЛЯ АКТИВАЦІЇ ТА ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ	173
<i>Шулдан Л.О., Бродський М.О., Гутник М.Б.</i> РОЗВИТОК МЕТОДИКИ КІЛЬКІСНОГО ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ АРХІТЕКТУРНИХ РІШЕНЬ	178
<i>Зміст</i>	183