

УДК 514.18

О.М. ГУМЕН

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Н.А. СПОДИНЮК

Національний університет "Львівська політехніка"

3D МОДЕЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПРОСТОРУ ПРИ ІНФРАЧЕРВОМУ ОПАЛЕННІ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ

Враховуючи багатопараметричність досліджуваного процесу, запропоновані засоби багатовимірної прикладної геометрії для побудови образної графічної моделі температурного простору виробничого приміщення. Просторові моделі, побудовані з використанням графічних інформаційних технологій, дозволяють, базуючись на фізичному аналізі конкретного режиму, оцінювати продуктивність інфрачервоних систем опалення з подальшим їх раціональним проектуванням у виробничих приміщеннях різного призначення. Запропонована 3D модель дає можливість визначати значення тих параметрів в довільних точках простору приміщення, які експериментально визначити важко, обробляти та аналізувати їх із залученням методів багатовимірного геометричного моделювання.

Ключові слова: інформаційні графічні технології, 3D модель, виробниче приміщення, зона опромінення, температурний простір.

Е.Н. ГУМЕН

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Н.А. СПОДИНЮК

Національний університет "Львівська політехніка"

3D МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПРОСТРАНСТВА ПРИ ИНФРАКРАСНОМ ОТОПЛЕНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Учитывая многопараметричность исследуемого процесса, предложены средства многомерной прикладной геометрии для построения образной графической модели температурного пространства производственного помещения. Пространственные модели, построенные с использованием графических информационных технологий, позволяющих, основываясь на физическом анализе конкретного режима, оценивать производительность инфракрасных систем отопления с последующим их рациональным проектированием в производственных помещениях различного назначения. Предложенная 3D модель дает возможность определять значение тех параметров в произвольных точках пространства помещения, которые трудно определить экспериментально, обрабатывать и анализировать их с привлечением методов многомерного геометрического моделирования.

Ключевые слова: информационные графические технологии, 3D модель, производственное помещение, зона облучения, температурное пространство.

O.M. GUMEN

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

N.A. SPODYNIUK

Lviv Polytechnic National University

3D MODELING OF TEMPERATURE SPACE AT INFRARED HEATING OF INDUSTRIAL BUILDINGS

High energy intensity of the Ukrainian industry, low efficiency of the district heating systems of the country's residential and industrial complex and high prices for imported energy make it necessary to resort to a variety of energy saving measures. Much of the energy consumption of industrial facilities falls on microclimate security systems. This results in compliance with the special requirements for providing the necessary temperature regime in the areas of maintenance of industrial premises. When choosing heating and ventilation systems, the production facility benefits from highly efficient energy systems that have proven themselves well in the overseas market, in the European Union and the United States. These include infrared heating systems.

Considering the multiparameterity of the investigated process, means of multidimensional applied geometry for constructing a figurative graphic model of the temperature space of industrial building were proposed. The proposed 3D model makes it possible to determine the values of those parameters at arbitrary points of the room space, which are difficult to determine experimentally, to process and analyze them with the use of methods of multidimensional geometric modeling.

The scientific results obtained in this work will allow to develop a new methodological approach to the process of studying the temperature space of the production premises on the basis of a combination of physical and

geometric modeling using the design apparatus of applied multidimensional geometry, which can be an instrumental basis for the purposeful study of similar technological processes in industrial buildings. The proposed approach, which combines experimental and geometrically simulated components of graphic information technologies, allows us to control the technological process and track the characteristic changes in its flow in the problem areas of the investigated building. This will increase the quality and efficiency of the work, provide comfortable temperature conditions of the premises in accordance with the features of its destination.

Keywords: information graphic technologies, 3D model, industrial building, irradiation zone, temperature space.

Постановка проблеми

Велика енергоемність української промисловості, низька ефективність систем теплопостачання житлового та промислового комплексу країни та високі ціни на імпортовані енергоносії змушують вдаватися до найрізноманітніших заходів, спрямованих на енергозбереження. Значна частка енергоспоживання виробничих об'єктів припадає на системи забезпечення мікроклімату. Це зумовлює дотримання особливих вимог щодо забезпечення необхідного температурного режиму в зонах обслуговування виробничих приміщень. При виборі систем опалення та вентиляції виробничого об'єкту надається перевага високоефективним та енергозберігаючим системам, які себе добре зарекомендували на зарубіжному ринку, в країнах Європейського Союзу та США. До таких відносяться системи інфрачервоного опалення.

Переваги такого способу порівняно з іншими видами опалення полягають у вищому коефіцієнті корисної дії і зменшенні витрати теплової енергії на 20...25% [1]. Крім того, системи інфрачервоного опалення дешевші за своїми первинними затратами і простіші в експлуатації.

Застосування інфрачервоних нагрівачів дозволяє забезпечити комфортні умови при нижчих температурах повітря в приміщенні, підтримання необхідного температурного режиму зони обслуговування виробничого приміщення за рахунок променевої складової інфрачервоного нагрівача. Частка теплової енергії, що передається шляхом випромінювання, змінюється в широких межах і залежить від типу інфрачервоного нагрівача ("світлий", "темний", "толерантний"). Чим більша температура поверхні випромінювача, тим вища променева складова.

Для електричних випромінювачів, які широко застосовуються у виробничих приміщеннях, частка променевої складової досягає 60 – 75% [2]. Решта – конвективна складова від інфрачервоного нагрівача, яка також бере участь у формуванні температурного режиму в зоні опромінення нагрівачем. Рациональний підбір інфрачервоного нагрівача у виробничому приміщенні, з врахуванням впливу на формування температурного режиму променевої та конвективної складової, вимагає першочергово дослідження розподілу температур у зоні опромінення за допомогою сучасних інформаційних графічних технологій на основі поєднання фізичного та геометричного моделювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз останніх досліджень та публікацій з наукового напрямку, що стосується досліджень температурного простору виробничих приміщень [3–6], показує, що результати дослідження у вигляді ізотерм температурного поля в поперечному перерізі приміщення не відображають у повній мірі характер розподілу температур та впливу на нього інших факторів. У той же час сучасні методи проведення досліджень, використання геометричного апарату візуалізації в повному обсязі та методологія аналізу й обробки отриманих даних дозволяють набагато ефективніше контролювати параметри температурного режиму виробничих приміщень різного призначення. Залучивши методи геометричного моделювання [7, 8] та інформаційні графічні технології [9, 10], ставиться завдання розробити засоби оброблення експериментально отриманих даних для встановлення раціональних режимів експлуатації відповідного технологічного устаткування у виробничих приміщеннях.

Мета дослідження

Метою дослідження є запропонувати універсальні образні геометричні моделі процесів теплового режиму для дослідження температурного простору виробничого приміщення при застосуванні інфрачервоного нагрівача. Одержані у роботі наукові результати дозволять розробити новий методологічний підхід до процесу дослідження температурного простору виробничого приміщення на засадах поєднання фізичного і геометричного моделювання з використанням конструктивного апарату прикладної багатовимірної геометрії, що може складати інструментальну основу для цільового дослідження подібних технологічних процесів у промислових будівлях.

Викладення основного матеріалу дослідження

Проведено дослідження температурного режиму виробничого приміщення. Інфрачервоний нагрівач вмикався в електромережу і за допомогою перемикача перемикався на потужність $Q = 800$ Вт та виводився на стаціонарний режим роботи (5 – 10 хв). Заміри температури повітря здійснювались за допомогою термоанемометра в зоні опромінення інфрачервоним нагрівачем [3]. Для її рівномірного визначення застосовувався координатник, що дозволяв здійснити вимірювання через фіксовані проміжки як у

вертикальній, так і у горизонтальній площині. В результаті проведення експериментальних досліджень побудовано графічний розподіл температурних полів у поперечному перерізі зони опромінення виробничого приміщення. Наведені ізотерми в січній площині з вимірами висоти приміщення h та координати x приміщення при сталому значенні координати y (рис. 1).

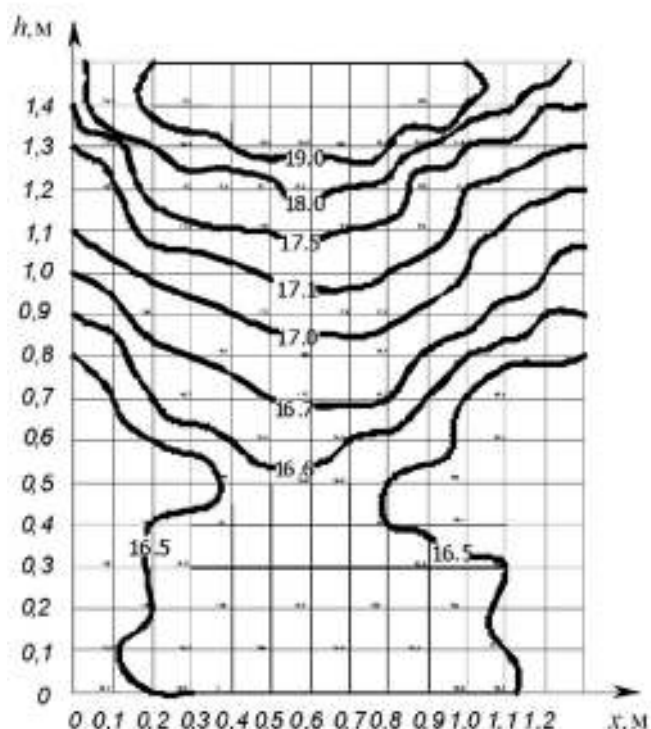


Рис. 1. Досліджуваний переріз температурного простору приміщення.

Значення температури реєструвались у фіксованих точках робочого простору при постійних значеннях y ($y = const$) поперечного перерізу приміщення та увімкненому інфрачервоному нагрівачі. Результати дослідження наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Значення температури у фіксованих точках простору при увімкненому інфрачервоному нагрівачі

Значення температури, °С	Координати фіксованих точок простору, м										
	h	0	0,20	0,40	0,60	0,80	0	0,20	0,40	0,60	0,80
16.5	x	0,20	0,20	0,20	0,20	0	1,12	1,06	0,80	0,96	1,13
	h	0	0,075	0,09	0,08	0,072	0,07	0,06	0,05	0,05	0
16.6	x	0,40	0,45	0,50	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,9
	h	1,00	0,95	0,80	0,70	0,70	0,82	0,86	0,90	0,94	0,90
16.7	x	0	0,10	0,30	0,50	0,80	0,90	1,00	1,05	1,10	1,20
	h	1,10	1,00	0,94	0,90	0,85	0,87	0,90	1,00	1,10	1,20
17.0	x	0	0,15	0,30	0,40	0,70	0,80	0,85	0,99	1,08	1,25
	h	1,30	1,20	1,10	1,03	1,00	0,97	1,00	1,05	1,20	1,30
17.1	x	0	0,12	0,16	0,40	0,47	0,70	0,80	0,90	1,00	1,25
	h	1,40	1,32	1,17	1,12	1,10	1,10	1,10	1,25	1,30	1,40
17.5	x	0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,70	0,90	1,00	1,20
	h	1,40	1,30	1,24	1,24	1,23	1,20	1,21	1,30	1,36	1,40
18.0	x	0,40	0,20	0,30	0,40	0,50	0,65	0,80	0,90	1,00	1,12
	h	1,40	1,30	1,28	1,26	1,27	1,30	1,36	1,35	1,34	1,40
19.0	x	0,17	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00

Просторова модель створювалася згідно графіка проєкцій температурного поля в наступній послідовності. Створювалася прямокутна область. Вісь x та вісь y масштабувалися як 4:1, вісь z не підлягала

масштабуванню. Ціна поділки на осях переводилася у міліметри як 1:1. Згідно з визначеними координатами (табл. 1) будувався графік проекції температурного поля.

Далі область дослідження розбивалася на сегменти – квадрати малого розміру. Чим менший був розмір квадратів, що утворювали сітку, тим точнішою виходила побудова відносно осі z . Виділялися сегменти, що потрапляють в область, обмежену проекцією, та належать лінії самої проекції.

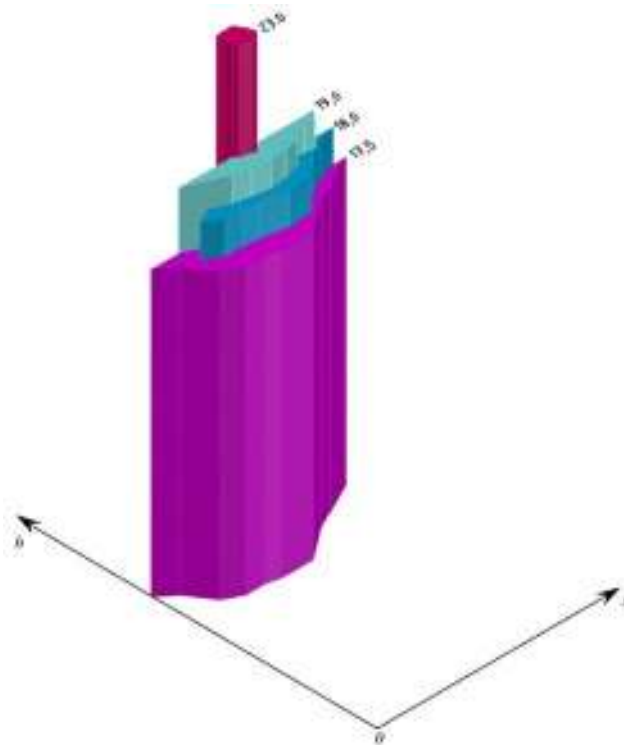


Рис. 2. Візуалізована образна 3D модель температурного простору.

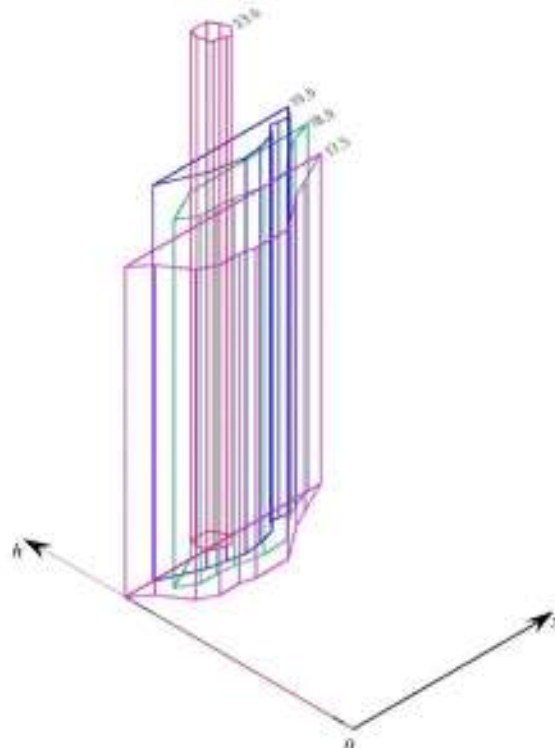


Рис. 3. Дослідження моделі температурного простору виробничого приміщення.

Після цього створено модель виділеної області із залученням осі z (рис. 2). Таке представлення ілюструє взаємозв'язок досліджуваних параметрів, дозволяє систематизувати аналіз та обробку даних за допомогою сучасних інформаційних графічних комп'ютерних технологій.

При дослідженні температурного простору виробничих приміщень з використанням експериментально одержаних ізотерм, які формують каркас поверхні (рис. 3), картина процесу стає видимою як в окремих точках, так і в певному перерізі температурного простору будівлі, наприклад, на заданій висоті приміщення.

Запропонований підхід, що поєднує в собі експериментальні та геометрично змодельовані компоненти графічних інформаційних технологій, дозволяє контролювати технологічний процес та відстежувати характерні зміни його перебігу в проблемних зонах досліджуваної області. В той же час можна визначити відповідні параметри в конкретних точках виробничих приміщень та корегувати їх, якщо необхідно. Це підвищить якість та ефективність роботи, забезпечить комфортні температурні умови приміщення відповідно до особливостей його призначення.

Висновки

Просторові моделі, побудовані з використанням графічних інформаційних технологій, дозволяють, базуючись на фізичному аналізі конкретного режиму, оцінювати продуктивність інфрачервоних систем опалення з подальшим їх раціональним проектуванням у виробничих приміщеннях різного призначення.

Запропоновані 3D моделі температурного простору дають можливість визначити значення тих параметрів у довільних точках простору приміщення, які експериментально визначити важко, обробляти та аналізувати їх із залученням методів багатовимірного геометричного моделювання.

Список використаної літератури

1. Захаров А.А. Применение тепла в сельском хозяйстве / А.А. Захаров. – М.: Колос, 1980. – 310 с.
2. Bakowski K. Sieci i instalacje gazowe / K. Bakowski // Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. – Warszawa, 2002. – 655 p.
3. Сподинок Н.А. Дослідження ефективності роботи витяжного зонта конструкції інфрачервоного нагрівача / Н.А. Сподинок, В.М. Желих // Теорія і практика будівництва: Вісник НУ "Львівська політехніка". – 2010. – № 664. – С.235-238.
4. Gumen O. Research of thermal processes in industrial premises with energy-saving technologies of heating / O. Gumen, N. Spodyniuk, M. Ulewicz, Ye. Martyn // Diagnostyka. – 2017. – № 18(2). – P. 43-49.
5. Shepitchak V. The Study of the Intensity of Infrared Heating Systems Radiation / V. Shepitchak, V. Zhelykh, N. Spodyniuk // Building Physics in Theory and Practice. – Lodz, 2016. – Vol. VIII. – № 3. – P.29-32.
6. Zhelykh V. Analysis of the Processes of Heat Exchange on Infrared Heater Surface / V. Zhelykh, M. Ulewicz, N. Spodyniuk, S. Shapoval, V. Shepitchak // Diagnostyka. – 2016. – № 17(3). – P.81-85.
7. Gumen O.M. The method of projective n -spaces in the simulation of multi processes / O.M. Gumen // Nauka i studia. – Przemysl, 2011. – № 3 (34). – P.33-37.
8. Гумен О.М. Застосування проєктивних багатовимірних просторів щодо розв'язування прикладних задач техніки / О.М. Гумен, С.Є. Ляковська, Г.Ю. Боднар, О.Я. Шийко // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – 2011. – Вип.50. – С.116-120.
9. Гумен О.М. Візуальне програмування задач механіки із залученням геометричних засобів САД-систем / О.М. Гумен, С.Є. Ляковська, Є.В. Мартин // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – 2012. – Вип.55. – С.68-75.
10. Гумен О.М. Застосування інформаційних технологій у проектуванні технічних об'єктів / О.М. Гумен, Д.В. Стратой // Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності. Ч.2. – Львів: ЛДУБЖД, 2017. – С.73-75.