

УДК 514.18

МОДЕЛЮВАННЯ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАДІЄНТА В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД СТУПЕНЯ ЧОРНОТИ ПОВЕРХНІ В МОДУЛІ

Гумен О.М., д.т.н.,
Лебедева О.О.

*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Україна)*

Зроблено огляд сучасного стану та основних напрямків досліджень щодо моделювання розподілу температурних полів у виробничому приміщенні. З метою підвищення енергозбереження і заощадження паливних ресурсів дослідження теплових процесів потребують подальшого розвитку. Актуальність такого завдання як економія енергетичних ресурсів на виробництві робить зрозумілим необхідність продовження досліджень у цьому напрямку із залученням геометричних прийомів і новітніх інформаційних технологій для створення комп'ютерних образних моделей температурного поля приміщення.

Встановлено, що на температурне поле приміщення значно впливає чорнота поверхонь виробничого модулю. Ступінь чорноти матеріалів залежить від ряду факторів, а саме: шорсткості, способу обробки поверхні, температури, довжини хвилі, покриття. Створення коректної моделі потребує врахування їх усіх причому в динаміці технологічного процесу.

Для проведення детального дослідження ступеня чорноти в імпровізованому модулі виробничого приміщення був розроблений спеціальний експериментальний стенд. Аналізуючи результати проведених у ході експерименту вимірювань, відзначаємо, що при підвищенні температури, а також при тривалому знаходженні зразків при підвищеній температурі ступінь чорноти зразків збільшується в зв'язку з процесами окислення на їх поверхні, що не враховується в зазначених у довідниковій літературі даних.

Отримані значення були використані при моделюванні зміни температурного градієнта, створенні образної моделі температурного поля для доповнення аналізу застосування різних матеріалів, порівняння їх характеристик для вибору матеріалу з необхідним ступенем чорноти поверхні. Такий підхід до моделювання теплових процесів забезпечує підвищення ефективності дослідження різноманітних технологічних процесів у складних багатопараметричних динамічних системах.

Ключові слова: комп'ютерне моделювання, чорнота поверхні, температурне поле, тепловий процес.

Постановка проблеми. В останні роки світові тенденції спрямовані на підвищення енергозбереження і раціонального використання природних ресурсів призвели до сплеску досліджень теплових процесів. Функціонування сучасних виробничих комплексів характеризується постійним зростанням споживання електроенергії, тому не дивують поява програм, спрямованих на заощадження енергії, підвищені вимоги до забезпечення економічності та екологічності роботи в цілому. В таких умовах загострюються проблеми раціонального використання енергетичних і матеріальних ресурсів, вирішення яких покликане підвищити економічність та екологічність роботи підприємства шляхом впровадження низки енергозберігаючих заходів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналізуючи останні публікації з наукового напрямку, який стосується досліджень температурного простору промислових будівель [1-3], приходимо до висновку, що при розгляді теплових процесів у приміщенні не достатньо залучаються можливості інформаційних графічних технологій. У той час як сучасні прийоми проведення досліджень, використовуючи повною мірою геометричний апарат візуалізації та методику аналізу та обробки отриманих даних [4], дозволять значно ефективніше здійснювати контроль параметрів температурного простору промислових будівель різного призначення.

Формулювання цілей статті. Метою даної публікації є на прикладі дослідження зміни температурного градієнта в залежності від ступеня чорноти поверхні розглянути питання, які потрібно розв'язати в теоретичному та практичному плані для вдосконалення підходів до створення моделей температурних полів у виробничому приміщенні.

Основна частина. Для вимірювання ступеня чорноти поверхонь твердих тіл застосовуються методи, засновані на порівнянні величини вимірюваної оптичним пірометром потужності променистого потоку нагрітих тіл з певним ступенем чорноти поверхні з потужністю променистого потоку тіла з невідомим ступенем чорноти, яку потрібно визначити, а також на порівнянні температури випромінюючих поверхонь твердого тіла з певним ступенем чорноти з температурою випромінюючої поверхні тіла з невідомим ступенем чорноти.

Ступінь чорноти матеріалів залежить від таких факторів, як шорсткість і спосіб обробки поверхні, температура, довжина хвилі,

покриття. Тому дослідження ступеня чорноти поверхні проводилися експериментально в лабораторних умовах.

Аналізуючи результати проведених вимірювань, можна відзначити, що при підвищенні температури, а також при тривалому знаходженні зразків при підвищеній температурі ступінь чорноти зразків збільшується в зв'язку з процесами окислення на їх поверхні.

Розрахунки фактично проводилися з урахуванням залежності Q від трьох параметрів: стаціонарної температури T_s , ступеню чорноти поверхні ε і коефіцієнта променевого теплообміну α , причому враховувалася залежність $\alpha(T_s)$, відображена на рис.1.

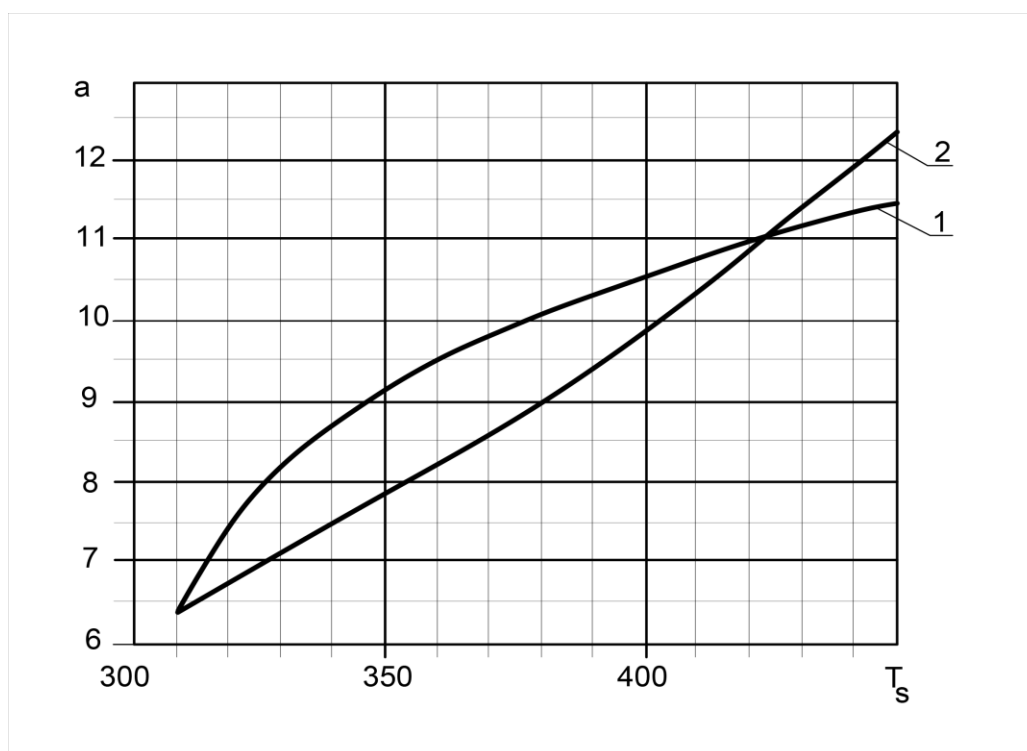


Рис. 1. Залежність коефіцієнта конвективного теплообміну (крива 1) і коефіцієнта променевого теплообміну для абсолютно чорної поверхні (крива 2) від температури T_s

У стаціонарному тепловому режимі питома теплова потужність, а точніше поверхнева щільність потужності, що розсіюється конвекцією і випромінюванням у зовнішнє середовище, Q , Вт/м² визначається за відомими значеннями T_s і α [3].

Значення поверхневої щільності потужності, що розсіюється конвекцією і випромінюванням в зовнішнє середовище, Q в залежності від температурного рівня і ступеня чорноти поверхні представлені на рис.2.

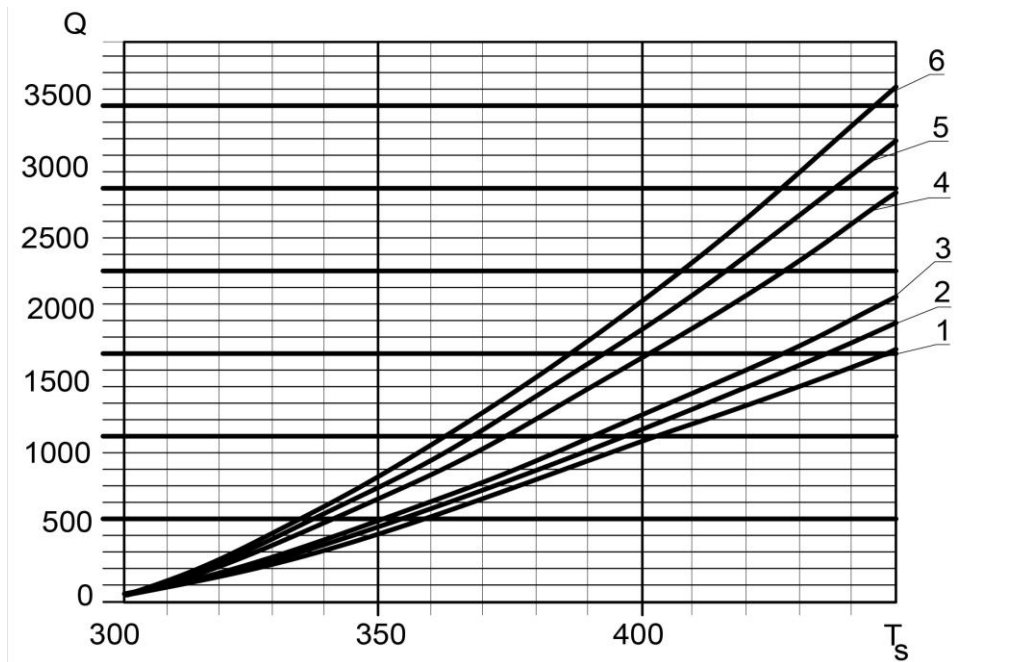


Рис. 2. Залежність поверхневої щільності потужності від температури поверхні: 1 – при $\epsilon=0,01$; 2 – при $\epsilon=0,1$; 3 – при $\epsilon=0,2$; 4 – при $\epsilon=0,6$; 5 – при $\epsilon=0,8$; 6 – при $\epsilon=1$

Висновки. Отримані експериментальні дані були використані при моделюванні зміни температурного градієнта і створенні образної моделі температурного поля для доповнення аналізу застосування матеріалів з різним ступенем чорноти поверхні. Такий підхід до моделювання теплових процесів забезпечує підвищення ефективності дослідження різноманітних технологічних процесів у складних багатопараметричних динамічних системах.

Література

1. Гумен О.М. Інформаційні графічні засоби подання простору температурного поля промислових будівель / О.М.Гумен, Є.В.Мартин, Н.А.Сподинюк, С.Є.Лясковська // Вісник Херсонського національного технічного університету. – Херсон: ХНТУ, 2017. – Вип.3(62). – Т.2. – С. 269-273.
2. Gumen O. Research of thermal processes in industrial premises with energy-saving technologies of heating / O. Gumen, N. Spodyniuk, M. Ulewicz, Ye. Martyn // Diagnostyka. – № 18(2), 2017. – P.43-49.
3. Лепеш Г.В. Разработка экспериментально-методического обеспечения для исследования физических характеристик радиационных электронагревателей / Г.В. Лепеш, Г.С. Сухов, Л.В. Карп, М.Ю. Шмелёв // Техничко-технологические проблемы сервиса, 2007. – №1(1). – С. 22-33.

4. 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. – Вип.4. – Т.55. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – С. 68-75.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАДИЕНТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ЧЕРНОТЫ ПОВЕРХНОСТИ В МОДУЛЕ

Гумен Е.Н., Лебедева О.А.

Сделан обзор современного состояния и основных направлений исследований по моделированию распределения температурных полей в производственном помещении. С целью повышения энергосбережения и экономии топливных ресурсов исследования тепловых процессов требуют дальнейшего развития. Актуальность такой задачи как экономия энергетических ресурсов на производстве делает понятной необходимость продолжения исследований в этом направлении с привлечением геометрических приемов и новейших информационных технологий для создания компьютерных образных моделей температурного поля помещения.

Установлено, что на температурное поле помещения значительно влияет чернота поверхностей производственного модуля. Степень черноты материалов зависит от ряда факторов, а именно: шероховатости, способа обработки поверхности, температуры, длины волны, покрытия. Создание корректной модели требует учета их всех причем в динамике технологического процесса.

Для проведения детального исследования степени черноты в импровизированном модуле производственного помещения был разработан специальный экспериментальный стенд. Анализируя результаты проведенных в ходе эксперимента измерений, отмечаем, что при повышении температуры, а также при длительном нахождении образцов при повышенной температуре степень черноты образцов увеличивается в связи с процессами окисления на их поверхности, что не учитывается в указанных в справочной литературе данных.

Полученные значения были использованы при моделировании изменения температурного градиента, создании образной модели температурного поля для дополнения анализа применения различных материалов, сравнение их характеристик для выбора материала с необходимой степенью черноты поверхности. Такой подход к моделированию тепловых процессов обеспечивает повышение

эффективности исследования различных технологических процессов в сложных многопараметрических динамических системах.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, чернота поверхности, температурное поле, тепловой процесс.

MODELING OF TEMPERATURE GRADIENT CHANGE IN DEPENDENCE OF THE SURFACE EMISSIVITY IN THE MODULE

Gumen O., Lebedieva O.

An overview of the current state and main directions of research on the modeling of the temperature fields distribution in the production premises is made. In order to increase energy and fuel resource saving research on thermal processes needs further development. The actuality of such a task as saving energy resources in the work makes it clear the need to continue research in this direction with the involvement of geometric techniques and the latest information technology to create computer models of the temperature field of the premises.

It was established that the surface emissivity of the production module significantly affects the room temperature. The emissivity of materials depends on a number of factors, namely: roughness, surface treatment method, temperature, wavelength, coating. Creating the correct model requires taking into account all of them in the dynamics of the technological process.

For a detailed study of the emissivity in the improvised module of the production premises a special experimental stand was developed. Analyzing the results of the measurements carried out during the experiment, we note that with increasing temperature, as well as with the long finding of samples at elevated temperature, the emissivity of the samples increases due to the oxidation processes on their surface, which is not taken into account in the data specified in the reference literature.

The obtained values were used in modeling of temperature gradient change, creation of a model of the temperature field to supplement the analysis of the use of different materials, comparing their characteristics to select the material with the required degree of the surface emissivity. Such an approach to the modeling of thermal processes provides an increase in the efficiency of research of various technological processes in complex multiparameter dynamic systems.

Key words: computer modeling, surface emissivity, temperature field, thermal process.