

## МАШИНИ І АВТОМАТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ

УДК 67.05

### МЕТОДИКА ОПТИМІЗАЦІЇ ВИБОРУ ПАРАМЕТРІВ КЛІМАТИЧНИХ КАМЕР ДЛЯ ВИПРОБУВАНЬ ВИРОБІВ

© Л. С. Новогрудський, д.т.н., професор, В. І. Шаповал,  
М. А. Зенкін, д.т.н., професор, Київський національний  
університет технологій та дизайну, Київ, Україна

**Проведено исследование скорости нагрева и охлаждения в климатических камерах и на их основе разработана методика, которая позволяет оптимизировать выбор климатической камеры за параметрами нужного и достаточного полезного объема в зависимости от теплофизических свойств и габаритных размеров исследуемых объектов и технологических возможностей камеры.**

**Research of speed of heating and cooling is conducted in climatic chambers and on their basis a method which allows to optimize the choice of climatic chamber after the parameters of necessary and sufficient useful volume depending on thermo-physical properties and overall sizes of the probed objects and technological possibilities of chamber is developed.**

#### **Постановка проблеми**

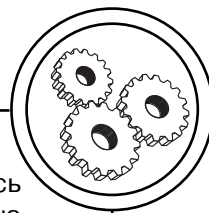
Кліматичні камери, призначені для штучного відтворення кліматичних умов, максимально наближених до умов експлуатації виробів або будь-якого виду продукції та техніки, знаходять широке застосування як в сфері науково-дослідницької діяльності, конструкторських розробок, так і в процесі виробництва, але не зважаючи на необхідність застосування такого типу обладнання ефективність використання тих чи інших кліматичних камер буде залежати від того, наскільки об'єктивно будуть визначені їх технічні параметри.

#### **Аналіз попередніх досліджень**

Основними галузями застосування кліматичного випробу-

вального обладнання [1] є: кліматичні випробування, створення кліматичних умов у відповідності з міжнародними стандартами в ході виконання програми випробувань; дослідження властивостей матеріалів, агрегатів та готових виробів в залежності від температури та вологості; стресові (термошоківі) випробування матеріалів, агрегатів та готової продукції.

Не дивлячись на великий досвід досліджень, пов'язаних з експлуатаційними характеристиками та відтворюваними параметрами обладнання, якість оцінки ефективності камер [2] в залежності від їх корисного об'єму потребує більш детального та досконалого вивчення.



### Мета роботи

Дослідження та порівняльний аналіз характеристик кліматичних камер різних виробників. Встановлення залежності швидкості набору параметру температури від корисного об'єму камер.

### Результати теоретичних досліджень

Властивості матеріалів при впливі на них різних температур досліджувались не одноразово [3]. Нагрів або охолодження виробів в камері до заданої температури можна розбити на два етапи. Перший етап — від початку нагріву до досягнення в камері заданої температури. Він характеризується тим, що досліджуваний виріб поглинає всю виділену в камері корисну енергію [3]. В цей період температура в камері міняється. Вона повільно наближається до заданого значення, а так як при цьому теплові втрати камери в першому наближенні можна вважати постійними, то потужність камери також залишається постійною. Таким чином, режим першого етапу нагріву чи охолодження камери [3] протікає при постійному тепловому потоці.

До кінця першого періоду нагріву або охолодження у виробі встановлюється регулярний режим, який характеризується постійним внутрішнім температурним перепадом. В масивних виробках температура поверхності відрізняється від температури центру виробу.

В подальшому під час нагріву або охолодження масивного виробу в регулярному режимі температури поверхності та центру

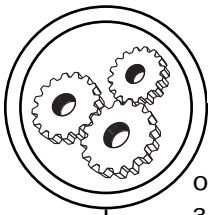
виробу будуть збільшуватись пропорційно часу з постійною швидкістю за умови, якщо питома теплоємність матеріалу вважати постійною, тобто не залежною від температури в даному інтервалі температур [3]:

$$Q = \frac{q_v}{c_p} L, \quad (1)$$

У виразі  $\Theta$  — постійна швидкість нагріву або охолодження в регулярному режимі,  $c_p$  — питома теплоємність при постійному об'ємі,  $L$  — товщина виробу,  $q_v$  — постійний тепловий потік.

Для оптимального використання потужності камери при прийнятній швидкості нагріву рекомендується брати температуру виробу, рівною 0,3-0,8 від кінцевої температури камери, а також використати запропонований нижче метод оптимізації вибору корисного об'єму камери.

Враховуючи особливості зразків та виробів, які піддаються випробуванням на вплив зовнішніх кліматичних чинників, а також їх теплофізичні властивості та габарити, було розроблено методику оптимізації вибору параметрів кліматичних камер та їх корисного об'єму, котрий буде необхідним та достатнім для проведення випробування. В якості наочного прикладу розглянемо кліматичні камери серії CHALLENGE MY 03 (виробник Італія). При проведенні аналізу основних характеристик кліматичних камер було відмічено, що деякі показники та параметри у камерах різного



об'єму, але з однаковим діапазоном відтворюваних значень температури та вологості, а також з однаковою стабільністю цих показників у часі, мають різну швидкість нагріву та охолодження. Залежність швидкості нагріву та охолодження в кліматичних камерах виробника CHALLENGE MY 03 (серії «ES»), наведено на рис. 1.

Як показує діаграма, для камер різного об'єму відповідні швидкості нагріву та охолодження будуть різними. Для більш детального аналізу пропонується провести дослідження в програмі OriginPro. Аналітичний опис та графік залежності швидкості нагріву та охолодження кліматичних камер CHALLENGE MY 03 серії «ES» від їх об'єму наведено нижче. Отриманий аналітичний опис показує, що дану залежність можна розглянути математично. При аналізі даних в програмі OriginPro було виведено формулу, яка описує дану залежність з довірчою ймовірністю  $P = 0,986$ :

$$y = k + Ae^{-x/t}, \quad (2)$$

де  $y$  — швидкість нагріву в камері;  $k$ ,  $A$ ,  $t$  — відповідні коефіцієнти (в програмі OriginPro);  $x$  — об'єм камери.

При проведенні досліджень був запропонований метод оптимізації вибору кліматичної камери потрібного та достатнього корисного об'єму. Вираз (1) визначає швидкість нагріву чи охолодження в камері. Вище було розглянуто залежність вказаних швидкостей від об'єму камер. Таким чином можемо зробити висновок, що при відомих параметрах товщини виробу, питомої теплоємності та механічних характеристик можна оптимізувати вибір відповідної за об'ємом та параметрами камери для випробувань даних виробів на вплив кліматичних факторів. Для прикладу, використаємо залежність (1) та (2) і отримаємо вираз:

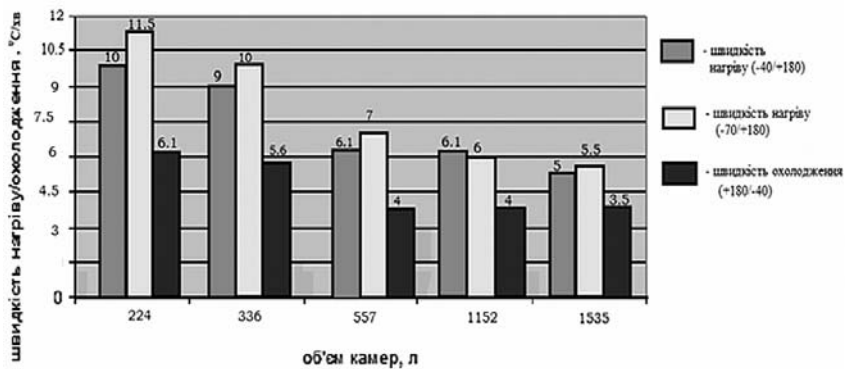
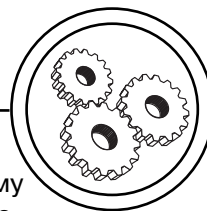


Рис. 1. Залежність швидкості нагріву (охолодження) в кліматичних камерах CHALLENGE MY 03 серії «ES» від об'єму камер при температурі нагріву від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+180^{\circ}\text{C}$  та від  $-70^{\circ}\text{C}$  до  $+180^{\circ}\text{C}$  та температурі охолодження від  $+180^{\circ}\text{C}$  до  $-40^{\circ}\text{C}$



$$\frac{q_B}{c_p L} = k + A e^{-\frac{x}{t}} \quad (3)$$

З виразу (3) маємо пряму залежність швидкості набору параметру температури від корисного об'єму камер:

$$x = -t \ln \left( \frac{q_B - k c_p L}{c_p L A} \right), \quad (4)$$

де  $x$  — корисний об'єм камери.

Отже, на швидкість нагріву та охолодження кліматичних камер досить значний вплив мають не лише конструкторські рішення та апаратура, яку містить камера, але й корисний об'єм самої камери. Для користувачів кліматичним обладнанням та для проведення випробувань вибір

правильного та точного об'єму камери для випробувань є досить важливим. З точки зору економії електроенергії та потужностей, які витрачаються на нагрів та охолодження кліматичних камер для випробувань зразків певних розмірів, а також часу, витраченого на сам процес випробування, правильний вибір розміру та об'єму камери відіграє досить важливу роль.

На основі проведеного аналізу та, приймаючи до уваги всі виявлені особливості кліматичних камер та їх параметрів, було досліджено функції розподілу залежності швидкості нагріву та охолодження в кліматичних камерах від їх корисного об'єму. В якості досліджуваних об'єктів були використані кліматичні камери CHALLENGE MY 03 (виробник Італія). Параметри для про-

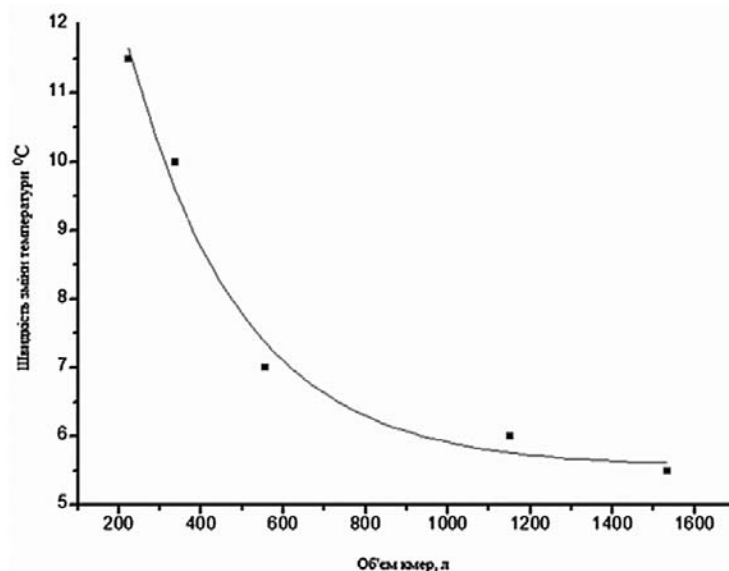
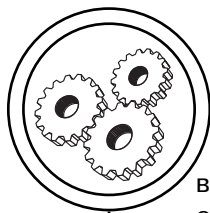


Рис. 2. Графік залежності швидкості нагріву кліматичних камер від їх корисного об'єму



ведення аналізу це — корисний об'єм камер та, для даного випадку, відповідно до об'єму, швидкість нагріву камер. Сам алгоритм аналізу складається з наступної послідовності дій: в програму OriginPro вноситься масив даних для досліджень; по вхідним значенням масиву підбирається відповідний закон розподілу (у вигляді графіку); відбувається обробка даних в програмі; отримання моделі, яка є аналітичним описом графіку залежності швидкості нагріву камер від їх корисного об'єму (зі значеннями коефіцієнтів  $k$ ,  $A$ ,  $x$ ). На рис. 2 представлена досліджувана залежність.

Отримана модель є подібною до відповідного закону розподілу, довірна ймовірність  $P = 0,986$ , що є досить високим показником точності відтвореного розподілу.

### **Висновок**

Проведено аналіз характеристик кліматичних камер різних виробників та дослідження основних параметрів камер. На основі теоретичних та експериментальних даних розроблено методику оптимізації вибору параметрів кліматичних камер необхідного та достатнього об'єму для випробувань виробів та зразків на вплив зовнішніх кліматичних факторів.

1. ДСТУ 2681-94 «Метрологія. Терміни та визначення» Введ. 01.01.1994 — Держстандарт України, 1994. — 68 с. 2. ДСТУ 2988-95 «Камери тепла і холоду. Загальні технічні умови» Введ. 01.01.1996 — Державний стандарт України, 1996. — 16 с. 3. Испытательная техника : Справочник. В 2-х кн. / Под ред. В. В. Клюева. — М. : Машиностроение, 1982. — Кн. 1, 1982. — 528 с., ил.

Рецензент — В. Г. Здоренко,  
д.т.н., професор, КНУТД

Надійшла до редакції 04.06.10