

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,  
УКРАЇНИ**

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**



**Піщанська Н.О.**

**Проектування систем забезпечення мікроклімату  
виробничих приміщень ентомологічних виробництв**

**Методичні вказівки до самостійної роботи**

**Одеса, 2018**

УДК 621.565

**Піщанська Н.О.** Проектування систем забезпечення мікроклімату виробничих приміщень ентомологічних виробництв. Одеська національна академія харчових технологій. 2018. –18 с.

Методичні вказівки розроблено згідно з робочою навчальною програмою дисципліни «Кондиціонування повітря» для студентів, які навчаються за напрямом підготовки «Енергомашинобудування», спеціальності «Холодильні машини і установки» денної та заочної форми навчання.

Призначено для виконання самостійних робіт студентами денної та заочної форми навчання по закріпленню окремих тем дисципліни.

Рецензент:

Розглянуто та рекомендовано до видання на засіданні кафедри холодильних машин і установок , кондиціонування повітря

Протокол № \_\_\_\_\_ 2018 р.

Розглянуто та рекомендовано до видання на засіданні науково-методичної комісії з напряму підготовки «Енергомашинобудування»

Протокол № \_\_\_\_\_ 2018 р.

Головним напрямком у розвитку ентомологічних виробництв є їх інтенсифікація шляхом впровадження ентомокультур з підвищеною життєздатністю і нових високопродуктивних технологій розведення.

У процесі створення ентомологічних виробництв вирішуються завдання теоретичного і експериментального обґрунтування методів і режимів, які забезпечують відтворюване отримання популяцій цільових комах і продуктів їх життєдіяльності з заданими властивостями в оптимальних умовах [31,32,33,34]. Таким чином, вивчаються властивості не окремих організмів комах, а їх популяцій на макрорівні.

При формуванні будь-якої ентомокультури має місце її типізація, тобто додання культурі заданих, стабільно наслідуваних властивостей [4]. Цей процес, як правило, проводиться шляхом мас-селекції, при якій для відтворення культури відбираються особини, що мають бажані ознаки. Селекція зводиться до спрямованої зміни генетичної структури популяції (у даному випадку - ентомокультури) у результаті елімінації певних фенотипів у процесі відбору. Тобто відбір особин для відтворення ведеться за фенотипічними ознаками, у ролі яких, як правило, виступають біологічні показники ентомокультур. Таким чином, можна сформувати цілком життєздатну ентомокультуру, що має високі значення загальних і навіть цільових показників якості, стабільну, адаптовану до умов технобіоценозу, але доместиковану настільки, що імунітет її, який обумовлює стійкість до ентомопатогенів, буде надзвичайно низьким або практично нульовим. Загальними показниками якості, які характеризують фізіологічний стан будь-якої ентомокультури, є наступні: маса і лінійні розміри особин, статевої індекс імаго, коефіцієнт розмноження, тривалість розвитку окремих стадій онтогенезу і кожної генерації в цілому, відродження з яєць, виживання, фактична плодючість самок.

Однією з головних проблем масового розведення комах є необхідність перенесення результатів, отриманих в лабораторіях, в виробництво, відповідно, виникає проблема масштабування. Необхідно зберегти

життєздатність і інші властивості популяцій комах незалежно від масштабів ентомологічних виробництв [6,7,8,9].

В межах інтеграції біотехнології, а саме прикладній ентомології, популяційної екології та агробіотехнології сформувалася нова галузь – технічна ентомологія, зі своєю специфічною науковою і виробничою сферою. Ця специфічність полягає в тому, що її предметом є створення і відтворення культур комах, як штучних популяцій із заданими властивостями. Важливою ланкою технічної ентомології є виробнича сфера, основою якої служить масове розведення комах.

У технічній ентомології особлива увага приділяється культурам комах, обґрунтуванню умов їх розведення, підтримки необхідних характеристик на заданому рівні, способам зберігання. Отримання ентомокультур з необхідними корисними властивостями - перший крок в створення технології отримання будь-якої ентомологічної продукції. Виключно важливим завданням є розробка умов, в яких культура проявляє себе найкраще або ж зберігає корисні властивості. Це стосується обґрунтування складу поживних субстратів, абіотичних умови розведення та технологічного обладнання [5].

Отримання максимальної чисельності популяції або маси цільового продукту за мінімально можливий проміжок часу завжди залишається одним з головних завдань для технологів ентомологічних виробництв [1]. Тому економічність розведення багато в чому визначається рівнем технологічного забезпечення етапу промислового розведення.

Незважаючи на розбіжність цілей масового розведення, властивості популяцій комах характеризуються рядом спільних рис, які мають велике значення для технічної ентомології і повинні бути враховані в процесі розробки і створення ентомологічних виробництв.

Створення ентомологічних виробництв базується на кількох основних принципах:

- доцільного рівня технології;
- технологічності ентомокультур;
- доступні сировини;
- технологічності готових форм;
- уніфікації обладнання;
- масштабування;
- безперервності технологічного процесу;
- чистоти культур і асептичності;
- екологічності;
- комплексності;
- економічності.

У світовій практиці в штучних умовах масово розмножують десятки ентомофагів для біологічного захисту рослин. Специфіка масового розведення певного ентомофага і його лабораторного господаря істотно відрізняється між собою. Тому для кожного ентомофага і його лабораторного господаря необхідно окремо створювати оптимальні умови розведення та використовувати відповідний комплект обладнання.

При проектуванні нових приміщень ентомологічного виробництва, технічне переозброєння і реконструкцію діючих біолабораторій і біофабрик, необхідно передбачати прогресивні технології та технічні рішення [25], що забезпечують економію паливно-енергетичних ресурсів, підвищення якості біоагентів, зниження собівартості продукції, ефективне використання капітальних вкладень, сприятливі умови праці та охорону навколишнього середовища.

Однією з найважливіших умов отримання якісного біоматеріалу є підтримання стабільних гідротермічних параметрів (температури і вологості) в різних технологічних процесах виробництва, для чого біофабрика повинна

мати примусову систему кондиціювання повітря, постійне джерело теплопостачання та датчики для реєстрації зміни температури і вологості повітря [56].

При проектуванні механізованої лінії по виробництву більшості видів ентомофагів обов'язковим є наявність наступного обладнання:

- системи кондиціювання повітря (центральні та автономні);
- зволожувачі повітря;
- холодильні установки;
- кліматичні універсальні шафи, що призначені для розведення та зберігання ентомофагу [16].

Температура та відносна вологість повітря це абіотичні фактори, які мають безпосередній та сигнальний вплив на життя пойкилотермних тварин, до числа яких відносяться і комахи [1]. Діапазони змін цих параметрів, при яких характеризується активна життєдіяльність, для різних видів комах різняться. Система кондиціювання повітря (СКП), метою роботи якої є створення необхідного мікроклімату для технологічних цілей в ентомологічному виробництві, ще має відповідати сучасним вимогам за різними показниками. Вона має відповідати енергоекономічним і екологічним вимогам, також характеризуватися мінімізацією капітальних та експлуатаційних затрат [2, 3]. Тому постає задача в проектуванні системи життєзабезпечення з урахуванням всіх чинників, що нададуть цій системі оптимальних показників [4, 5].

Авторами [1] розроблено загальну методичку тепловологісного розрахунку системи кондиціювання повітря для приміщень без урахування індивідуальних особливостей будь якого виробництва. При аналізі проектування системи життєзабезпечення для вирощування ентомокультур [5, 6] виникає ряд особливостей, що можуть мати суттєвий вплив на її показники. Урахування всіх чинників забезпечить проектування більш економічної системи відносно затрат води, енергоресурсів тощо. Усі

результати та рекомендації з загального проектування систем були використані для адаптації до ентомологічних виробництв.

Ентомологічне виробництво складається як правило з декілька приміщень. У кожному з яких здійснюються певні етапи виробництва, тому вони відрізняються між собою вологісним та тепловим навантаженнями. При розрахунку навантаження системи обов'язково мають враховуватися оцінки впливу сонячної радіації та інфільтрації повітря у приміщенні. Особливу увагу слід приділити визначенню необхідної витрати повітря, у тому числі зовнішнього та рециркуляційного. Мінімізація кількості зовнішнього та збільшення рециркуляційного повітря забезпечить економічну роботу системи, але призведе до необхідності вирішення проблеми щодо його попередньої очистки. Розрахунок системи має відбуватися у вигляді комплексної задачі, що включатиме в себе – оцінку факторів впливу, тепловологісний розрахунок, навантаження системи, представлення прямого та компенсуючих процесів в  $d-h$  діаграмі, рекомендації щодо використання сучасних матеріалів, приладів та апаратів [6]. Температура навколишнього середовища закономірно змінюється протягом доби та від сезону до сезону. Спроекована система має забезпечити оптимальні біокліматичні умови культивування комах відповідно до цих змін [7].

## **1. Розрахунок теплонадходження до приміщень лабораторії виробничого приміщення ентомологічних виробництв**

### **2.1 Теплонадходження від огорожень (покрівлі, підлоги, зовнішніх та внутрішніх стін)**

Розрахунок надходження теплоти в приміщення лабораторії складається з надходження теплоти крізь огороження  $Q_{огор}$ , тепла від інфільтрації  $Q_{инф}$  і витрати теплоти на технологічні потреби  $Q_m$ .

$$Q = Q_{огор} + Q_{инф} + Q_m$$

Теплоприпливи крізь зовнішні огороження визначаються рівнянням:

$$Q_{огор} = Q_{кр} + Q_{ст} + Q_v + Q_{ост}$$

де  $Q_{кр}$  – кількість теплоти, що надходить крізь покрівлю, Вт;

$Q_{см}$  – кількість теплоти, що надходить крізь зовнішні конструкції, Вт;

$Q_в$  – кількість теплоти, що надходить крізь внутрішні огороження, Вт;

$Q_{осм}$  – кількість теплоти, що надходить крізь засклені поверхні (вікна), Вт.

Теплоприпливи крізь покрівлю визначають за формулою:

$$Q_{кр} = k_1 \cdot k_{кр} \cdot F_{кр} \cdot \theta_{кр}$$

де  $k_1$  – коефіцієнт, що враховує конструктивні особливості покрівлі, приймається: для двосхилої покрівлі (без вентиляції горища – 1, з гарною вентиляцією горища – 0,75), для плоскої покрівлі (білого кольору – 1, інших кольорів – 1,5);

$k_{кр}$  – коефіцієнт теплопровідності покрівлі, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$F_{кр}$  – площа горизонтальної проекції покрівлі, м<sup>2</sup>;

$\theta_{кр}$  – умовний температурний напір між зовнішнім повітрям і повітрям у приміщенні, є складною функцією і визначається в залежності від величин  $t_3$ ,  $t_3-t_в$ ,  $\Delta t_c$  [1];

$t_в$  – температура приміщення;

$t_3$  – температура зовнішнього повітря.

Теплоприпливи крізь зовнішні огороження визначаємо за формулою:

$$Q_{см} = k_{см} \cdot a \cdot (F_c + 0,5 \cdot F_3) \cdot \theta_{см}$$

де  $k_{см}$  – коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стіни, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $a = 0,7 \dots 0,9$  – коефіцієнт, що враховує затінення верхнього поверху стіни виступаючою покрівлею;  $F_c$  – площа зовнішніх стін, освітлюваних сонцем, крім північної, м<sup>2</sup>;  $F_3$  – площа затінених стін, включаючи північну, м<sup>2</sup>;  $\theta_{см}$  – умовний температурний напір через стіну між зовнішнім повітрям і повітрям у приміщенні.  $\theta_{см}$  є складною функцією і визначається в залежності від величин  $t_3$ ,  $t_3-t_в$ ,  $\Delta t_c$ , від маси огорожі та кольору стін, довідникова величина [1].

Теплоприпливи крізь внутрішні перегородки і міжповерхові перекриття виробничого приміщення, що відокремлюють приміщення, які



кондиціонують, від приміщень, які не кондиціонують, визначають за формулою:

$$Q_g = k_g \cdot F_g \cdot (t_{c.m.n} - t_g)$$

де  $k_g$  – коефіцієнт теплопередачі перегородок або перекриттів,

$F_g$  – загальна площа перегородок.

Температура в суміжних приміщеннях, які не кондиціонуються, приймається:

а)  $t_{c.m.n} = 0,5 \cdot (t_3 + t_g)$ , °С, - у суміжному приміщенні за малі збитки теплоти;

б)  $t_{c.m.n} \approx t_3$ , °С, - у суміжному приміщенні за малих явних теплоприпливів;

в)  $t_{c.m.n} = t_3 + \Delta t$ , °С – у суміжному приміщенні за великих явних теплоприпливів;  $\Delta t$  – приймають від 3 до 10°С.

Теплоприпливи  $Q_g$  розраховують у тих випадках, коли різниця температур складає більше 5°С.

Теплоприпливи крізь підлогу, що лежить на ґрунті або розташована над прохолодним підвалом, приймають рівними нулеві.

## 2.2 Теплонадходження за рахунок сонячної радіації

Теплоприпливи від сонячної радіації розраховують при температурі зовнішнього повітря більше 10 °С.

Теплоприпливи залежать від географічної широти, орієнтації будинку, часу року, розрахункової години. Теплоприпливи від сонячної радіації через засклені поверхні розраховують за формулою:

$$Q_{ocm} = F_{ocm} \cdot [q_c \cdot k_n \cdot k_{забр} \cdot k_{зат} + k_o \cdot (t_3 - t_g)]$$

де  $q_c$  – питомий тепловий потік внаслідок сонячної радіації (прямої та розсіяної) через чисте одинарне скло, Вт/м<sup>2</sup>, визначається за таблицями [1].

$F_{ocm}$  – площа заскленої поверхні, що піддається прямій радіації, м<sup>2</sup>;

$k_n$ ,  $k_{забр}$ ,  $k_{зат}$  – коефіцієнти, що враховують, відповідно, вплив плетінь і конструкцій заскленої поверхні [1], можливість забруднення,  $k_{заб} = 0.75$ , затінення шторами, маркізами і т.д.

## 2.3 Теплонадходження від інфільтрації

В ентомологічному виробництві, рух предметів праці в процесі виробництва послідовний, тому однією з умов здійснення технологічного процесу є наявність як мінімум двох транспортних переходів. Цей фактор обумовлює визначення тепло-вологісних надходжень з інфільтраційним повітрям.

Кількість теплоти, що надходить у приміщення через нещільності в огороженнях, визначають за рівнянням:

$$Q_{inf} = G_{inf} \cdot (h_z - h_e)$$

де  $G_{inf}$  – масова витрата повітря, що надходить в приміщення через нещільності в огороженнях (вікна і двері), кг/с;

$h_z$  і  $h_e$  – ентальпія зовнішнього повітря і повітря в приміщенні, відповідно, кДж/кг.

$$G_{inf} = G_{ок} + G_{дв}$$

За умов герметичності віконних прорізів:

$$G_{дв} = n \cdot g_{inf}$$

де  $n$  – кількість технологічно обумовлених відкривань дверей в одиницю часу;

$g_{inf}$  – кількість повітря, що проникає в приміщення через двері з однією минаючою людиною, кг/чол, приймається для стулчастих дверей  $g_{inf} = 3 \dots 5$  кг/чол; для обертових дверей  $g_{inf} = 0,5 \dots 1$  кг/чол.

## 2.4 Теплонадходження від людей

Розрахунок теплоприпливів від працівників, що знаходяться у лабораторії (постійно, або з певною періодичністю). Ця кількість тепла залежить від категорії роботи та температури у приміщенні. Для виробничих приміщень ентомологічного виробництва слід орієнтуватися на легку категорію навантаження.

У розрахунку теплоприпливів від людей необхідно враховувати явні  $Q_{л}^{явн}$ , скриті  $Q_{л}^{скр}$  та повні  $Q_{л}^{пов}$  теплоприпливи :

$$Q_{\text{Л}}^{\text{ЯВН}} = n \cdot g_{\text{ЯВН}};$$

$$Q_{\text{Л}}^{\text{СКР}} = n \cdot g_{\text{СКР}};$$

$$Q_{\text{Л}}^{\text{ПОВ}} = n \cdot g_{\text{ПОВ}},$$

де  $g_{\text{ЯВН}}$ ,  $g_{\text{СКР}}$ ,  $g_{\text{ПОВ}}$  – питомі кількості теплоти, відповідно, явної, скритої, повної що виділяються однієї людиною, Вт/чол [1];

$n$  – кількість працівників.

## 2.5 Теплонадходження від технологічного обладнання

Кількість теплоприпливів від устаткування (обладнання підготовки зерна, вирощування та збір імаго, тощо) визначається за формулою:

$$Q_{\text{обор}} = k_{\text{од}} \cdot k_{\text{загр}} \cdot \varepsilon \sum_{i=1}^n N_{y_i}$$

де  $k_{\text{од}}$  – коефіцієнт одночасності;

$k_{\text{загр}}$  – коефіцієнт завантаження, що характеризує відношення дійсної потужності до номінальної або встановленої;

$N_{y_i}$  – номінальна потужність, Вт;

$\varepsilon$  – витрачена частина потужності і теплоти, яка приймається:  $\varepsilon = 1$ , у цьому випадку вся потужність, споживана електродвигунами, цілком переходить у теплоту приміщення;  $\varepsilon = \eta_{\text{ел.дв}}$  – коли електродвигуни розміщені за межами кондиціонованого приміщення;  $\varepsilon = 1 - \eta_{\text{ел.дв}}$  – коли електродвигуни розміщені в кондиціонованому приміщенні.

## 2.6 Теплонадходження від нагрітих поверхонь

Тепловиділення нагрітих поверхонь, що можуть використовуватися в лабораторних умовах, визначають за рівнянням теплопередачі:

$$Q_{\text{н.п}} = \alpha \cdot F_{\text{н.п}} \cdot (t_{\text{пов}} - t_{\text{в}})$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт теплопередачі зовнішньої поверхні, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$F_{\text{н.п}}$  – площа нагрітої поверхні, м<sup>2</sup>;

$t_{\text{пов}}$  – температура нагрітої поверхні, °С.

## 2.7 Теплонадходження від освітлення

Розрахунок теплонадходження від штучного освітлення лабораторії визначають за формулою:

$$Q_{\text{осв}} = \beta \cdot \sum N_{\text{осв.пр}}$$

де  $N_{\text{осв.пр}}$  – потужність лампи, Вт;

$\Sigma$  – сума освітлювальних приладів;

$\beta$  – коефіцієнт, що враховує частку теплоти світильників, розташованих на стелі, яка передається у вищерозташовані приміщення ( $\beta = 0,4 \dots 0,6$ ).

У випадку, якщо потужність освітлення у приміщеннях не визначена, теплоприпливи розраховують за рівнянням:

$$Q_{\text{осв}} = \beta \cdot q_{\text{осв}} \cdot F_{\text{п}}$$

де  $q_{\text{осв}}$  – питомі теплоприпливи, що залежать від даної освітленості Вт/м<sup>2</sup>;

$F_{\text{п}}$  – площа підлоги приміщення, м<sup>2</sup>.

За допомогою приладів освітлення у приміщеннях ентомологічних виробництв здійснюється імітація день – ніч при вирощуванні ентомокультур, тому врахування тепло надходжень від освітлення має суттєве значення.

## 2.8 Теплонадходження від гарячої поверхні води

Розрахунок основних теплоприпливів з відкритої поверхні гарячої води (наприклад, кондиціонер попередньої обробки зерна) визначається:

$$Q_{\text{явн}}^{\text{п.в}} = a \cdot (t_w - t_{\text{п}}) \cdot F$$

де  $a$  – коефіцієнт тепловіддачі від поверхні до повітря,  $a = b + c \cdot v$ , Вт/м<sup>2</sup>·К;

$b = 5,6$ ,  $c = 4$  – коефіцієнти, що враховують тепловіддачу природною конвекцією та випромінюванням;

$v$  – швидкість руху повітря над поверхнею води, м/с;

$F$  – площа поверхні гарячої води, м<sup>2</sup>;

$t_w$  – температура води, °С;

$t_{\text{п}}$  – температура у поверхні води (повітря у приміщенні), °С.

## 2.9 Теплонадходження від зерна та комах

Тепло від зерна (ячмінь, кукурудза) та комах складається з тепла від їх метаболізму та тепла від самонагрівання зерна. Розрізняють два типи самонагрівання:

- викликане комахами та протікає всередині зерна із вологістю 15%, або нижче, і призводить до зростання температури близько 42 °С;
- що викликане мікроорганізмами всередині зерна із вологістю 15% та вище, і підвищує температуру зерна до 62 °С.

Запропоновано одним із методів визначення кількості тепла, що надходить до приміщення від зерна та комах, враховувати дані експериментальних досліджень вирощування трихограми. За експериментальними даними у лабораторіях ІТІ «Біотехніка» визначено, що майже 60% зерна, як харчового субстрату поглинається комахами – «згорає» за виробничий цикл. Функція не лінійна, вона кореляційна температурі зерна. Визначивши кількість зерна, що «згорає» в одиницю часу, та з урахуванням теплоти згорання зерна (довідкова величина) отримаємо кількість теплонадходжень до приміщення. На результат також впливатиме якість зерна.

## **2. Розрахунок вологонадходжень до приміщень лабораторії виробничого приміщення ентомологічних виробництв**

### **3.1 Вологонадходження від людей**

Вологовиділення від працівників у лабораторії визначають за формулою:

$$W_{\text{л}} = n \cdot w_{\text{л}}$$

де  $w_{\text{л}}$  – питомі вологовиділення, що залежать від температури приміщення, кг/с;  $n$  – кількість працівників.

### **3.2 Вологонадходження від відкритої поверхні води**

Вологовиділення з відкритої поверхні води, вологої або мокрої підлоги визначають за рівнянням:

$$W = \sigma \cdot F \cdot (d''_{\text{в}} - d_{\text{в}})$$

де  $\sigma = \alpha_s / C_p$ , – співвідношення Л'юса;

$C_p$  – теплоємність вологого повітря, кДж/(кг·К);

$\alpha_s$  – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$F$  – площа відкритої поверхні води, м<sup>2</sup>;

$d_B''$  – вологовміст насиченого повітря в приміщенні, кг/кг;

$d_B$  – вологовміст повітря в приміщенні, кг/кг.

Вологовиділення з відкритої поверхні киплячої води:

$$W_{\text{кип}} = K_y \cdot (Q/r)$$

де  $Q$  – кількість теплоти, що підводиться до води;

$r$  – схована теплота пароутворення, Дж/кг;

$K_y$  – коефіцієнт, що враховує ступінь прихованості води  $K_y = 0,1 \dots 0,26$ .

Для технологічного КП, де застосовують пару, звичайно приймають від 2 до 5 % від загальної витрати пари, що виробляється на підприємстві:

$$W_{\text{п}} = (0,02 \dots 0,05) \cdot G_{\text{п}}^{\text{п}}$$

### 3.3 Вологонадходження від інфільтрації

Вологовиділення від інфільтраційного повітря:

$$W_{\text{інф}} = G_{\text{інф}} \cdot (d_z - d_B)$$

де  $G_{\text{інф}}$  – масова витрата повітря, кг/с;

$d_z$  – вологовміст зовнішнього повітря, кг/кг;

$d_B$  – вологовміст повітря в приміщенні, кг/кг.

## 3. Визначення повітропродуктивності системи забезпечення мікроклімату приміщень лабораторії виробничого приміщення ентомологічних виробництв

Для розрахунку продуктивності систем забезпечення мікроклімату величина витрати повітря  $G_{\text{п}}$  приймається максимальною із величин, що розраховано за різними балансами:

- за надлишками загальної теплоти в теплий період:

$$G_1 = \frac{Q_{\text{пов}}}{(h_{\text{в}} - h_{\text{п}})}$$

- за надлишками явної теплоти в теплий період:

$$G_2 = \frac{Q_{\text{явн}}}{(t_{\text{в}} - t_{\text{п}}) \cdot C_{\text{вв}}}$$

- за вологовиділеннями:

$$G_3 = \frac{W_{\text{вл}}}{(d_{\text{в}} - d_{\text{п}})}$$

- за газовими шкідливостями, розрахункова витрата повітря в тому числі має забезпечувати відведення шкідливих виділень (продуктів метаболізму комах):

$$G_4 = \frac{G_{\text{вр}} \cdot \rho_{\text{вр}}}{(C_{\text{пдк}} - C_{\text{н}}) \cdot 3600}$$

де  $Q_{\text{пов}}$ ,  $Q_{\text{явн}}$  – повні і явні надлишки тепла в теплий період, кВт;

$t_{\text{в}}$ ,  $h_{\text{в}}$ ,  $d_{\text{в}}$  – температура, ентальпія і вологовміст у приміщенні, відповідно, °С, кДж/кг, кг/кг;

$t_{\text{п}}$ ,  $h_{\text{п}}$ ,  $d_{\text{п}}$  – теж припливного повітря;

$W_{\text{вл}}$  – надходження вологи в приміщення, кг/с;

$G_{\text{вр}}$  – розрахункова кількість газових шкідливостей, кг/год;

$C_{\text{пдк}}$  – припустима концентрація шкідливостей у робочій зоні, кг/м<sup>3</sup>;

$C_{\text{н}}$  – концентрація шкідливостей в зовнішньому повітрі, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_{\text{вр}}$  – щільність шкідливих речовин, кг/м<sup>3</sup>.

За максимальним значенням витрати припливного повітря визначається корисна продуктивність кондиціонера:

$$L_{\text{кд}} = \frac{3600 \cdot G_{\text{max}}}{\rho_{\text{в}}}$$

Продуктивність систем життєзабезпечення обумовлюється необхідною кількістю повітря, яка подається в приміщення для асиміляції шкідливостей і забезпечення заданих параметрів повітря в робочій зоні:

$$G = k \cdot \sum G_{\text{max}}$$

де  $G$  – продуктивність системи кондиціонування повітря, кг/год;

$G_{\text{max}}$  – кількість припливного повітря в окреме приміщення, кг/год;

$k$  - коефіцієнт запасу.

За повною продуктивністю обирається кондиціонер.

Після вибору кондиціонера остаточно розраховується масова витрата припливного повітря, кг/с:

$$G_{\text{заг}} = \frac{\rho_{\text{в}} \cdot L_{\text{кд}}}{3600}$$

За значеннями масової витрати надалі виконуються всі розрахунки тепломасообмінних апаратів.



## Література

1. Баркалов Б.В., Карпис Е.Е. Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях // 2-е изд., перераб. и доп. — М.; Стройиздат, 1982. — 312 с.
2. Сільськогосподарська техніка. Обладнання для вирощування ентомоакарифагів. Методи випробувань: СОУ 74.3-37-727:2009 / А.Барабаш, І.Беспалов, В.Дубровін, В.Клименко, М.Мельничук, Ю.Пташка, В.Роженко, В.Смоляр, В.Таргоня, О.Тонковид, Б.Шейкін, А.Шкляр, В.Ясенецький, Н.Ясинська. — [Чинний від 2010-01-01] — К.: Мінагрополітики України, 2009. — 19 с. — (Стандарт Мінагрополітики України).
3. Ясенецький В. Обладнання для виробництва засобів біологізації землеробства / Ясенецький В., Таргоня В., Клименко В., Роженко В. // Матеріали II Міжнародної конференції “Екотрофологія — міст у майбутнє харчування людини”, Біла Церква, 13-14 вересня 2007. — Біла Церква, 2007. — С. 104 – 113.
4. Бельченко В.М. Принципы создания микроклимата в помещениях лабораторий энтомологических биофабрик / В.М. Бельченко, А.С. Гончаров // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для с.-г. України / Зб. наук. праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. — Дослідницьке, 2007. — Вип. 10 (24). — С. 231 – 236.
5. Бельченко В.М. Розробка системи кліматичного забезпечення технологічного процесу розведення фітофагів / В.М. Бельченко, В.І. Доровських, Б.М. Шейкін, Є.Д. Вишневецкий // Зб. допов. міжнародної науково-практичної конференції „Інтегрований захист рослин на початку XXI століття”. — Інститут захисту рослин, Київ, 2004. — С. 406 – 414.
6. Старчевський І.П. Технологічне обладнання для переоснащення, реконструкції та ремонту виробництв трихограми мережі біофабрик і біолабораторій / І.П. Старчевський, В.М. Бельченко, О.І. Гончарук, Б.М. Шейкін // Збірник наукових праць: „Техніко-технологічні аспекти розвитку та впро- бування нової техніки і технологій для сільського господарства

України”, вип. 8 (22), книга 2. — Дослідницьке, 12-15.09. 2005. — С. 182 – 186.

7. Мельничук М. До питання обґрунтування та оцінювання біокліматичних показників біотехнологічних процесів на прикладі виробництва ентомологічного препарату трихограми / М. Мельничук, Я. Блюм, В. Дубровін, В. Таргоня, Ю. Коломієць, В. Бельченко, І. Беспалов / Науково-виробничий журнал «Техніка і технології АПК», №8 (23) серпень, 2011. — С. 34 – 37.

8. Коваленков В.Г., Тюрина Н.М., Казадаева С.В. Энтомофаги как фактор стабилизации агроэкосистем // Информационный бюллетень ВПРС МОББ 42. — Санкт-Петербург, 2011. — С.104 – 108.