

УДК 628.84

## Використання регулярних насадок при створенні мікроклімату для реалізації адаптивних технологій вирощування ентомокультур

**Бельченко В. М.**, к.т.н., доцент, ІТІ «Біотехніка» НААН України  
**Піщанська Н. О.**, к.т.н., ІТІ «Біотехніка» НААН України, тел.: 096-357-20-70,  
e-mail: belchenkovm@gmail.com

### Анотація

**Мета.** Аналіз застосування контактних апаратів з використанням регулярних насадок (РН) для обробки повітря водою при створенні мікроклімату ентомологічних виробництв. Дослідження проведення процесів зволоження повітря, що характеризуються мінімізацією (відсутністю) невиробничих витрат води, зниженням енерговитрат і забезпечують регулювання параметрів повітря в широкому діапазоні.

**Методи.** Розглянуто два варіанти підготовки зовнішнього повітря (обробки в апаратах кондиціонера) – для холодного і теплого періодів року за допомогою побудови прямих і компенсуючих процесів у h-d діаграмі для вологого повітря. При вивченні областей застосування нових типів РН для зволоження повітря застосований метод оптимальних режимів проф. А. А. Римкевича.

**Результати.** У статті представлено дослідження політропічних процесів обробки повітря водою при створенні мікроклімату для вирощування комах. Для цих цілей пропонується використовувати апарат з регулярними насадками, що забезпечує мінімізацію витрат води, електроенергії

і працює в широкому діапазоні температур та відносної вологості.

**Висновки.** Проведені дослідження демонструють переваги використання системою підготовки повітря в ентомологічних виробництвах його політропічної обробки за допомогою контактних апаратів з регулярними насадками:

- для виробничих приміщень, а також об'єктів, що характеризуються великими тепловими навантаженнями, обробка зовнішнього повітря для всього річного циклу роботи системи життєзабезпечення може забезпечуватися зволожувачами з РН як універсальними контактними апаратами;

- регулювання необхідних параметрів повітря за допомогою варіювання параметрів води, що використовується для його обробки, здійснюється в широкому діапазоні значень.

**Ключові слова:** адаптивні системи життєзабезпечення, вирощування ентомокультур, параметри зовнішнього і внутрішнього повітря, тепловологісне навантаження, політропне охолодження, адіабатне і парове зволоження, метод оптимальних режимів.

UDC 628.84

## Use of regular nozzles in creation of microclimate for implementation of adaptive technologies for the growing of entomocultor

**Belchenko V. M.**, candidate of technical sciences, associate professor, Engineering and Technology Institute «Bioengineering» National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

**Pishchanska N. O.**, candidate of technical sciences, Engineering and Technology Institute «Bioengineering» National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine tel.: 096-357-20-70,  
e-mail: belchenkovm@gmail.com

### Annotation

**Purpose.** Analysis of the application of contact devices using regular nozzles (RN) for processing air with water when creating a microclimate of entomo-

logical productions. Investigation of air humidification processes, characterized by minimization (absence) of non-productive water costs, reduction of energy costs, and ensuring the regulation of air parameters in a wide range.

**Methods.** Two options for the preparation of outdoor air (treatment in air conditioning units) are considered – for the cold and warm periods of the year, by constructing direct and compensating processes in the h-d diagram for moist air. When studying the areas of application of new types of RN for air humidification, the method of optimal regimes of prof. A. A. Rymkevich.

**Results.** The article presents a study of the polytropic processes of air and water while creating a microclimate for the cultivation of insects. For these purposes it is proposed to use the apparatus with a regular nozzle, ensuring minimization of the cost of water, electricity and working in a wide range of temperatures and relative humidity.

**Conclusions.** The conducted studies demonstrate the advantages of using the air

preparation system in entomological production of its polytropic processing with the help of contact devices with regular nozzles:

- for industrial premises, as well as objects characterized by high thermal loads, the treatment of outside air for the entire annual life cycle of the life support system can be provided by humidifiers with LV as universal contact devices;

- regulation of the required air parameters by varying the parameters of the water used for its processing is carried out in a wide range of values.

**Keywords:** adaptive life support systems, entomocultures, parameters of external and internal air, heat and energy loading, polytropic cooling, adiabatic and steam humidification, method of optimal regimes.

УДК 628.84

## Использование регулярных насадок при создании микроклимата для реализации адаптивных технологий выращивания энтомокультур

**Бельченко В. М.**, к.т.н., доцент, ИТИ «Биотехника» НААН Украины

**Піщанська Н. А.**, к.т.н., ИТИ «Биотехника» НААН Украины, тел.: 096-357-20-70,  
e-mail: belchenkovm@gmail.com

### Аннотация

**Цель.** Анализ применения контактных аппаратов с использованием регулярных насадок (РН) для обработки воздуха водой при создании микроклимата энтомологических производств. Исследование проведения процессов увлажнения воздуха, характеризующихся минимизацией (отсутствием) непрямых затрат воды, снижением энергозатрат, и обеспечивающих регулирование параметров воздуха в широком диапазоне.

**Методы.** Рассмотрено два варианта подготовки наружного воздуха (обработки в аппаратах кондиционера) – для холодного и теплого периодов года, при помощи построения прямых и компенсирующих процессов в h-d диаграмме для влажного воздуха. При изучении областей применения новых типов РН для увлажнения воздуха применен метод оптимальных режимов проф. А. А. Рымкевича.

**Результаты.** В статье представлены исследования политропических процессов обработки воздуха водой при создании микроклимата для выращивания насекомых. Для этих целей предлагается использовать аппарат с регулярными насадками, обеспечивающий минимизацию по

затратам воды, электроэнергии и работающий в широком диапазоне температур и относительной влажности.

**Выводы.** Проведенные исследования демонстрируют преимущества использования системой подготовки воздуха в энтомологических производствах его политропической обработки с помощью контактных аппаратов с регулярными насадками:

- для производственных помещений, а также объектов, характеризующихся большими тепловыми нагрузками, обработка наружного воздуха для всего годового цикла работы системы жизнеобеспечения может обеспечиваться увлажнителями с РН, как универсальными контактными аппаратами;

- регулирование необходимых параметров воздуха с помощью варьирования параметров воды, используемой для его обработки, осуществляется в широком диапазоне значений.

**Ключевые слова:** адаптивные системы жизнеобеспечения, выращивание энтомокультур, параметры наружного и внутреннего воздуха, тепловлажностная нагрузка, политропное охлаждение, адиабатное и паровое увлажнение, метод оптимальных режимов.

**Постановка проблеми.** Впровадження адаптивних технологій вирощування ентомокультур це процес формування запропонованої технології і найбільш ефективного в заданих умовах комплексу технічних засобів для її виконання. Особливе значення при цьому надається енерго-ресурсоекономічності, екологічній стійкості та безпеці. Визначальний вплив на цикл розвитку комах мають параметри мікроклімату – температура та відносна вологість. Завдання системи підготовки повітря забезпечити оптимальні його параметри для активної життєдіяльності комах [3]. Характерний вплив на життєвий цикл комах має фотоперіод, що імітує поняття день-ніч. Дані умови забезпечуються не тільки світловими ефектами, але й відповідною зміною температурного режиму. Для реалізації адаптивних технологій вирощування ентомокультур система життєзабезпечення повинна дозволяти здійснювати таке регулювання в широкому діапазоні температур.

Параметри внутрішнього повітря приймаються відповідно до нормативних даних. Для забезпечення вирощування та життєдіяльності Сітотроги (*Sitotroga cerealella* Oliv) необхідні значення температур і відносної вологості коливаються в наступних діапазонах [6]:

$$t = 24 \div 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\varphi = 75 \div 85 \%$$

Значення за межами зазначених діапазонів чинять негативний вплив: підвищені значення зменшують тривалість життя комах, знижені є причиною низької плодючості [3, 4].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Авторами [6] були розглянуті методи контролю біокліматичних показників біотехнологічних процесів. Визначено прийнятні показники температури та відносної вологості повітря для промислового виробництва ентомологічного препарату трихограми. Сформовано інформацію про оптимальні умови розвитку комах.

**Цілі статті.** Пропонований контактний апарат обробки повітря використовує нові типи регулярних насадок (РН), які відрізняються високим рівнем змочування за рахунок особливих властивостей матеріалів, що застосовуються. В якості експериментальних зразків РН використані сучасні

насадки з полімерних матеріалів, а саме – ПЕТ (Україна). Їх основні геометричні характеристики: еквівалентний діаметр  $d_e = 6 \text{ мм}$ , площа робочої поверхні  $F_{к.н} = 29,4 \text{ м}^2$ , пористість шару  $n_{ш} = 0,243 \text{ м}^3/\text{м}^3$ , питома площа насадки  $f_{к.н} = 560 \text{ м}^2/\text{м}^3$ .

Розглянуто всі класи тепловологових навантажень приміщень. Більшість виробничих приміщень зі значними теплонадходженнями характеризуються другим і третім класами навантажень. Цим же умовам відповідають і виробничі приміщення ентомологічного виробництва. Для кожної зони зовнішнього клімату проведено зіставлення вихідної термодинамічної моделі системи кондиціонування повітря (ТДМ СКП) з конкуруючим варіантом, який характеризується виконанням ранжировок РА-2 і РА-3, що забезпечують мінімізацію повітря та води ( $G_n$  та  $G_{в}$ , відповідно) [8]. При цьому весь зовнішній клімат умовно розділений на дві зони: в першій витрата води зведена до мінімуму, в другій можливе отримання додаткової кількості вологи з атмосферного повітря.

Запропонований розділ загальної області зовнішнього клімату, яка за даними кліматичного паспорта міста в h-d діаграмі має певні межі, на дві: в першій витрата води може бути зведена практично до мінімуму за умови проведення відповідного політропного процесу при  $\overline{\Delta d} = d_{зоб} - d_n < 0$ , а в другій можливе отримання додаткової вологи з атмосферного повітря при  $\overline{\Delta d} > 0$ .

Межі вищевказаних умовних підобластей зовнішнього повітря визначаються величиною вологовмісту припливного повітря  $d_n$ :

$$d_n = d_{в} - \frac{Q_n}{\varepsilon \cdot G_n},$$

де  $d_{зоб}$  и  $d_e$  – вологовміст зовнішнього та внутрішнього повітря, відповідно, кг/кг;

$Q_n$  – повне теплове навантаження приміщення, кВт;

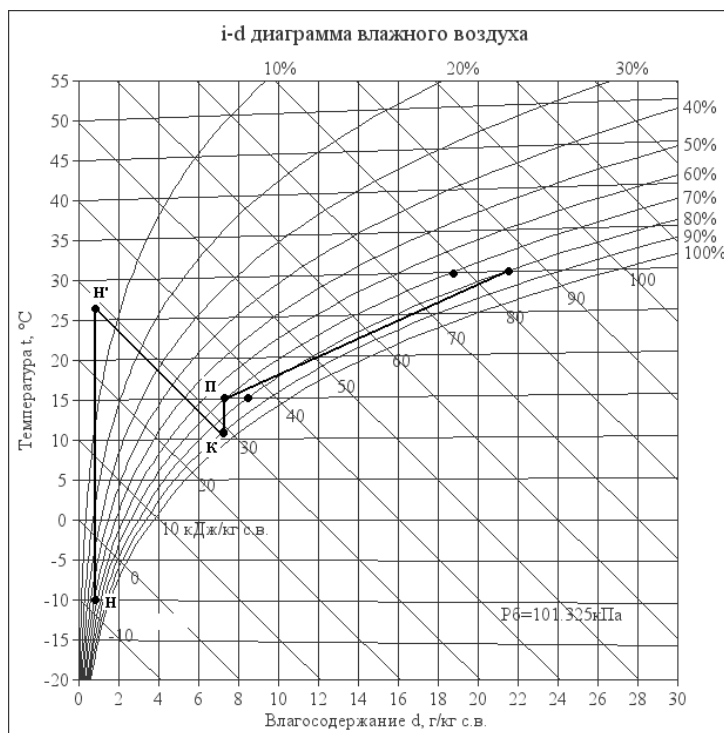
$G_n, G_{зоб}$  – витрата припливного та зонішнього повітря, відповідно, кг/с;

$\varepsilon = Q_n / W_n$  – тепловологісне навантаження приміщення, кДж/кг;

$W_n$  – повне вологісне навантаження приміщення, кг/с.

**Викладення основних результатів досліджень.**

Холодний період року (рис. 1). Параметри зовнішнього повітря приймаємо відповідно СНіП (02.04.05-91) для міста Одеси – параметри Б:  $t = -18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $h = -16,3\text{ кДж/кг}$ .



**Рис. 1.** Побудова в h-d діаграмі процесів обробки зовнішнього повітря для холодного періоду року

**Fig. 1.** Construction in the h-d diagram of the processes of processing of external air for the cold period of the year

У результаті проведення розрахунку тепловологісного навантаження приміщення [1], визначення теплових та вологісних навантажень виникає можливість побудови компенсуючих процесів у h-d діаграмі. Процеси, що забезпечують підготовку повітря перед його подачею в ентомологічну лабораторію:

Н'-Н – підігрів повітря в повітрянагрівачеві I-го підігріву (ПНІ);

Н'-К – адіабатне зволоження повітря в камері зрошування (КЗ);

К-П – підігрів повітря в повітрянагрівачеві II-го підігріву (ПНІІ).

Адіабатне зволоження в контактному апараті може бути замінено на ізотермічне в паровому зволожувачі. Це забезпечить зменшення витрат на попередній нагрів зовнішнього повітря, але водночас збільшить енерговитрати на безпосереднє зволоження повітря:

$N$  до  $0,8\text{ Вт/(кг}\cdot\text{ч)}$  – для контактних апаратів;

$N$  до  $800\text{ Вт/(кг}\cdot\text{ч)}$  – для парових зволожувачів.

Витрата повітря, що подається до лабораторії, може бути прийнята в діапазоні

$$G_e = 1 \div 1,5\text{ кг/с.}$$

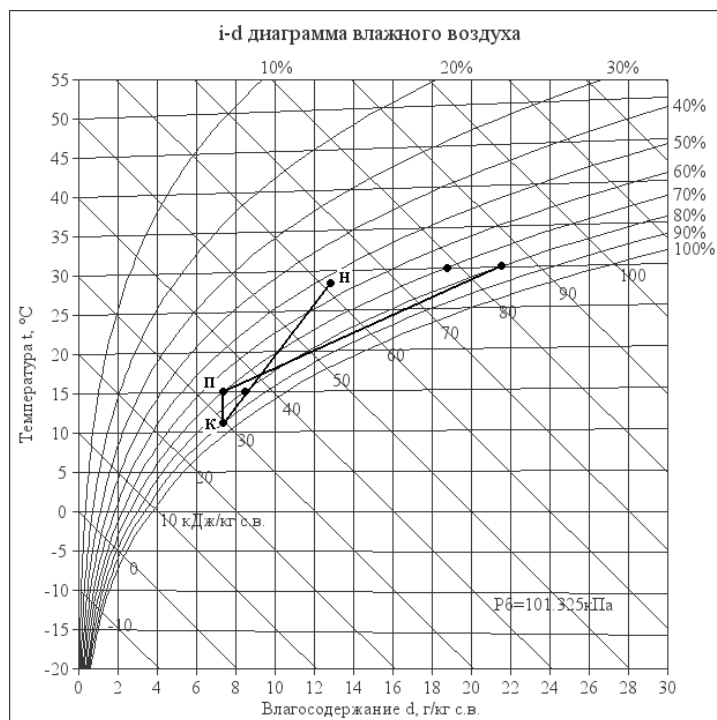
З ростом необхідної температури повітря в лабораторії навантаження на апарати ВНІ и КЗ будуть рости (значення вказані для  $G_e = 1\text{ кг/с}$ ):

$$Q_{\text{ПНІ}} = 37 \div 80\text{ кВт};$$

$$W_{\text{КЗ}} = 0,0065 \div 0,0207\text{ кг/с};$$

$$Q_{\text{КЗ}} = 16 \div 58,5\text{ кВт.}$$

Теплий період року (рис. 2). Параметри зовнішнього повітря приймаємо відповідно СНіП (02.04.05-91) для міста Одеси – параметри Б:  $t = 28,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $h = 62\text{ кДж/кг}$ .



**Рис. 2.** Побудова в h-d діаграмі процесів обробки зовнішнього повітря для теплого періоду року  
**Fig. 2.** Construction in the h-d diagram of the processes of processing of external air for the warm period of the year

Процеси обробки повітря у відповідних апаратах в h-d діаграмі представлені лініями:

Н'-К – політропне охолодження повітря в камері зрошування (КЗ) або у поверхневому повітроохолоджувачі (ПО)

К-П – підігрів повітря у повітрянагрівачеві П-го підігріву (ПНП)

Із збільшенням необхідної температури повітря у камері навантаження на апарат КЗ буде різним – політропне охолодження зміниться процесом зволоження

(значення вказано для  $G_g = 1$  кг/с):

$$W_{КЗ} = 0,0001 \div 0,0085 \text{ кг/с};$$

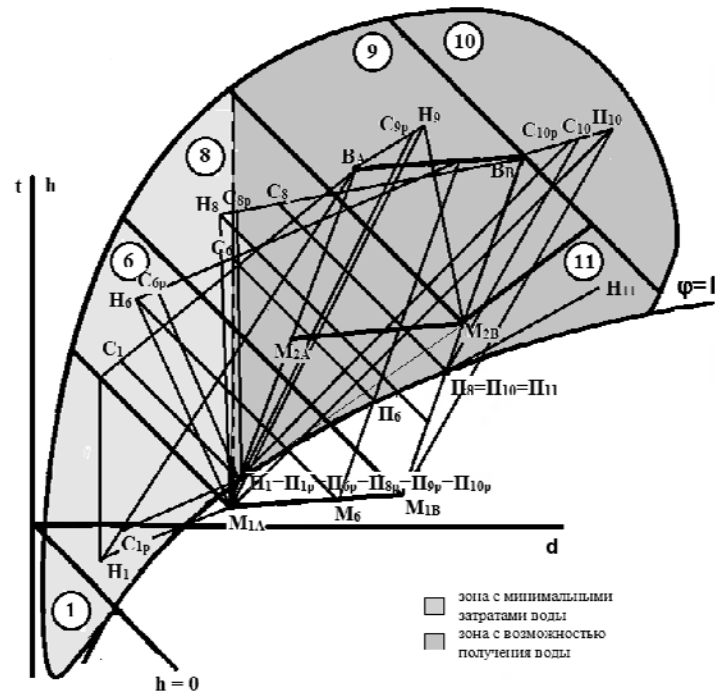
$$Q_{КЗ} = 3 \div 18,5 \text{ кВт}.$$

Автоматична система плавного регулювання (в широкому діапазоні значень) забезпечить оптимальні параметри (температура та відносна вологість) й необхідну змінюваність повітря [3]. Також у склад системи підготовки повітря входять наступні елементи:

- регулюючі елементи (заслонки, вентиляції тощо);
- система фільтрації;
- вентилятори, що забезпечують подачу та забір повітря з лабораторії;
- шумопоглиначі.

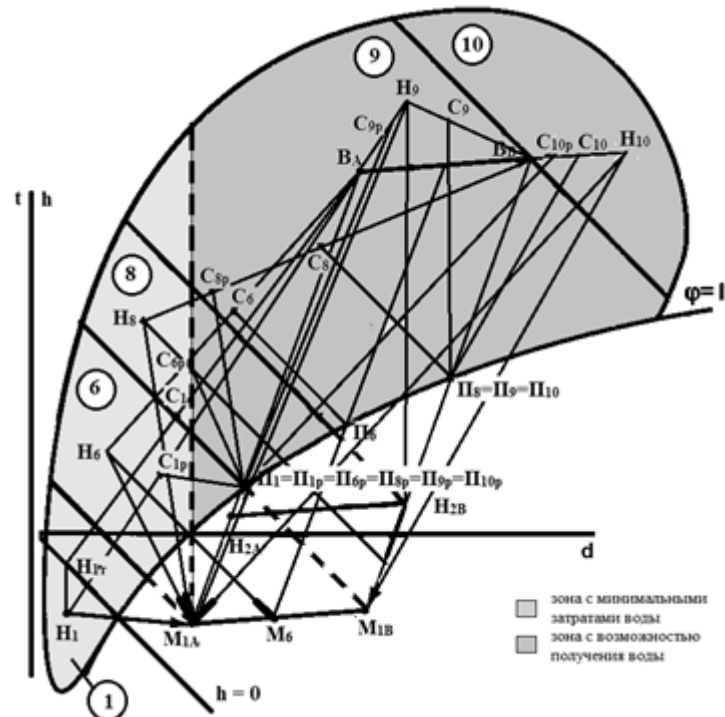
При вивченні процесів обробки повітря водою використано метод оптимальних режимів, що демонструє переваги даного способу обробки повітря [2]. Розглянуто II і III класи тепловологісних навантажень приміщень [5]. Для кожної зони зовнішнього клімату проведено порівняльний аналіз вихідної термодинамічної моделі ТДМ СКП з умовами виконання мінімізації витрати припливного повітря  $G_n$  та кількості використаної води  $G_g$ .

Для першого класу навантажень обробка зовнішнього клімату полягає в здійсненні процесів для вихідного та конкуруючого варіанту (рис. 3).



**Рис. 3.** ТДМ СКП обработки воздуха водой (политропичные процессы), II класс нагрузень  
**Fig. 3.** TDM SKP treatment of air by water (polytropical processes), II class loads

Аналогічний аналіз проведено для ТДМ СКП III-го класу навантажень (рис. 4).



**Рис. 4.** ТДМ СКП обработки воздуха водой (политропичные процессы), III класс нагрузень  
**Fig. 4.** TDM SKP treatment of air by water (polytropical processes), III class loads

Для виробничих приміщень, а також об'єктів, що характеризуються великими тепловими навантаженнями, підготовка зовнішнього повітря для річного циклу роботи СКП може забезпечуватися методом обробки водою в контактних апаратах, як універсальних.

**Висновки.** Проведені дослідження демонструють переваги використання системою підготовки повітря в ентомологічних виробництвах його політропічної обробки за допомогою контактних апаратів з регулярними насадками:

- для виробничих приміщень, а також об'єктів, що характеризуються великими тепловими навантаженнями, обробка зовнішнього повітря для всього річного циклу роботи системи життєзабезпечення може забезпечуватися зволожувачами з РН, як універсальними контактними апаратами;
- регулювання необхідних параметрів повітря за допомогою варіювання параметрів води, що використовується для його обробки, здійснюється в широкому діапазоні значень.

### Бібліографія

1. Бельченко В. М., Пищанская Н. А. Оптимизация схемы подготовки воздуха для технологических процессов энтомологических производств. *Биологические системы производства и применение средств биологизации земледелия: материалы Международной научно-практической конференции.* Одесса, 2016. С. 35–40.
2. Зусманович Л. М. Термодинамические основы энергосберегающей технологии обработки воздуха. *Водоснабжение и санитарная техника.* 1985. № 10. С. 15–17.
3. Ижевский С. С. Опыт массового разведения насекомых в зарубежных странах. *Массовое разведение насекомых: сборник.* Кишинев: Штиинца, 1981. С. 7–10.
4. 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.
5. Кодиров А. Перспективы совместного использования биологических и хими-

ческих методов в сельском хозяйстве. *Агро Илим.* Ташкент, 2010. № 4. С. 28–29.

6. 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. *Техніка і технології АПК: науково-виробничий журнал УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого.* Дослідницьке, 2011. Вип. № 8 (23). С. 34–37.

7. Попырин Л. С. Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических установок. М.: Энергия, 1978. 410 с.

8. Рымкевич А. А. Системный анализ оптимизации общеобменной вентиляции и кондиционирования воздуха. Санкт-Петербург, АВОК Северо-Запад, 2003. 271 с.

### Bibliografia

1. Bel'chenko V. M., Pishhanskaja N. A. Optimizacija shemy podgotovki vozduha dlja tehnologicheskix processov jentomologicheskix proizvodstv. *Biologicheskie sistemy proizvodstva i primenenie sredstv biologizacii zemledelija: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii.* Odessa, 2016. S. 35–40.
2. Zusmanovich L. M. Termodinamicheskie osnovy jenergosberegajushhej tehnologii obrabotki vozduha. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika.* 1985. № 10. S. 15–17.
3. Izhevskij S. S. Opyt massovogo razvedenija nasekomyh v zarubezhnyh stranah. *Massovoe razvedenie nasekomyh: sbornik.* Kishinev: Shtiinca, 1981. S. 7–10.
4. Kovalenkov V. G., Tjurina N. M., Kazadaeva S. V. Jentomofagi kak faktor stabilizacii agrojekosistem. *Informacionnyj bjulleten' VPRS MOBB 42.* Sankt-Peterburg, 2011. S. 104–108.
5. Kodirov A. Perspektivy sovmestnogo ispol'zovanija biologicheskix i himicheskix metodov v sel'skom hozjajstve. *Агро Илим.* Tashkent, 2010. № 4. S. 28–29.
6. 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.

*Tehnika i tehnologii APK: naukovo-virobnichij zhurnal UkrNDIPVT im. L. Pogorilogo*. Doslidnic'ke, 2011. Vip. № 8 (23). S. 34–37.

7. Popyrin L. S. Matematicheskoe modelirovanie i optimizacija teplojenergeticheskikh ustanovok. M.: Jenergija, 1978. 410 s.

8. Rymkevich A. A. Sistemnyj analiz optimizacii obshheobmennoj ventiljacii i kondicionirovanija vozduha. Sankt-Peterburg, AVOK Severo-Zapad, 2003. 271 s.

### Bibliography

1. Bel'chenko V. M., Pishhanskaja N. A. Optimization of air preparation scheme for technological processes of entomological productions. *Biological production systems and application of agricultural biologization tools: materials of the International scientific and practical conference*. Odessa, 2016. P. 35–40.

2. Zusmanovich L. M. Thermodynamic basis of energy-saving air treatment technology. *Water supply and sanitary engineering*. 1985. № 10. P. 15–17.

3. Izhevskij S. S. Experience of mass breeding of insects in foreign countries. *Mass*

*breeding of insects: a collection*. Kishinev: Shtiinca, 1981. P. 7–10.

4. Kovalenkov V. G., Tjurina N. M., Kazadaeva S. V. Entomophages as a factor of stabilization of agroecosystems. *News bulletin VPRS MOBB 42*. Sankt-Peterburg, 2011. P. 104–108.

5. Kodirov A. Prospects for the joint use of biological and chemical methods in agriculture. *Agro Ilim*. Tashkent, 2010. № 4. P. 28–29.

6. To the question of substantiation and evaluation of bioclimatic indices of biotechnological processes on the example of the production of the entomological drug trichogramma / M. Mel'nichuk, Ja. Bljum, V. Dubrovin, V. Targonja, Ju. Kolomic', V. Bel'chenko, I. Bepalov. *Tehnika i tehnologii APK: scientific and production magazine UkrNDIPVT im. L. Pogorilogo*. Doslidnic'ke, 2011. Issue № 8 (23). P. 34–37.

7. Popyrin L. S. Mathematical modeling and optimization of heat power plants. M.: Energy, 1978. 410 p.

8. Rymkevich A. A. System analysis of optimization of general ventilation and air conditioning. Sankt-Peterburg, AVOK Northwest, 2003. 271 p.