

МОДЕЛЬ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ФОРСУНКИ ДЛЯ РОЗПИЛЮВАННЯ РІДИНИ І СТВОРЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ В ПРИМІЩЕННІ ТЕПЛИЦЬ

**А. І. Бойко, доктор технічних наук
Національний університет біоресурсів і
природокористування України**

**В. М. Савченко, кандидат технічних наук
В. В. Крот, аспірант**

**Житомирський національний агроекологічний університет
e-mail: dgs-ua@ukr.net; vitaliy.krot.89@mail.ru**

Анотація. В статті наведена модель експлуатації форсунки для розпилювання рідини під тиском 70 Бар, яка є невід'ємною складовою автоматизованої системи контролю вологісними та температурним параметрами повітря в зоні культивування рослин в умовах захищеного ґрунту. Система призначена для створення необхідного мікроклімату в приміщенні промислових теплиць. Метою роботи є дослідження конструктивних і технологічних особливості форсунки, що впливають на довговічність і безвідмовність її роботи. В статті наведена схема траєкторної поведінки форсунки (технічної системи) і її елементів, що регламентують рівень надійності. Модель експлуатації форсунки показує, що вона, як технічна система, що підлягає відновленню, може знаходитися як в працездатному, так і в стані відновлення. Причому стан відновлення є композицією формування двох потоків відмов: забивання фільтра і неспрацювання запірного клапану форсунки. Перспективою подальших досліджень є побудова графу станів з математичним моделюванням переходів форсунки в різні можливі стани, визначення функції готовності форсунки до експлуатації та встановлення середнього наробітку до відмови форсунки і середнього часу на відновлення фільтра і клапана.

Ключові слова: форсунка, туманоутворення, теплиця, конструктивні і технологічних особливості форсунки, модель експлуатації форсунки, система, відмова

Постановка проблеми. Останнім часом широкого розповсюдження набули системи підвищення вологості, які працюють на високому тиску (до 100 атм). Такі системи у поєднанні зі шторними екранами створюють оптимальні параметри вологості та температури в зоні вирощування рослин. Системи підвищення

вологості утворюють дрібнодисперсний розчин води, яка розпилюється через форсунки малого діаметру (0,2...0,4 мм). Розпилена вода майже миттєво випаровується у повітрі, при цьому поглинає частину теплової енергії і як наслідок – знижується температура всередині теплиці та підвищується вологість, що значно впливає на якість та вегетаційний період продукції, яка вирощується в умовах захищеного ґрунту. Тому забезпечення надійності та довговічності даного типу систем є досить актуальним питанням.

Аналіз останніх досліджень. Проблеми енергозбереження та керування параметрами вологості в скляних теплицях висвітлені в роботах європейських вчених Де Халлеукса та Л. Гаут'єра [1], а імітаційні моделі з отримання очікуваних даних з енергозбереження в тепличних комплексах знайшли в роботах Де Зварта [2].

Розглянуті питання дослідження мікроклімату та підтримання його оптимальних параметрів в скляних теплицях в умовах промислового виробництва продукції рослинництва [4]. В роботах [3, 5] побудовані формальні моделі для регулювання мікроклімату та відображені стратегії контролю процесами мікроклімату в індустріальних теплицях. В роботах [6, 7, 8] відображено вплив культиваційних споруд та технологічних систем на параметри мікроклімату, аналіз залежності інтенсивності продуктивного фотосинтезу від режимів мікроклімату та класифікація способів зняття перегріву рослин в індустріальних теплицях в роботах/

В роботі [9] наведено експериментальні дослідження технічного стану складових системи підвищення вологості та з'ясовано основні відмови також проведено аналіз відмов та визначено динаміку їх накопичення на протязі напрацювання системи. В роботі [10] розглянуті проблеми забезпечення надійності технологічного обладнання при вирощуванні продукції захищеного ґрунту в АПК України.

Мета досліджень є дослідження конструктивних і технологічних особливості форсунки, що впливають на довговічність і безвідмовність її роботи.

Результати досліджень. Форсунка представляє собою спеціальний пристрій для механічного розпилення рідини в приміщеннях теплиць. При необхідній кількості форсунок і правильному раціональному їх розташуванні досягають такого туманоутворення, яке приводить до збільшення вологості і зменшення температури в приміщенні. Таким чином відкривається можливість активного впливу в регулюванні параметрів мікроклімату в теплиці. Виходячи з цього можна стверджувати, що форсунка, як елемент системи туманоутворення, відіграють провідну, важливу

роль у створенні необхідного мікроклімату при вирощуванні рослин. Конструкційна схема типової форсунки представлена на рис. 1.

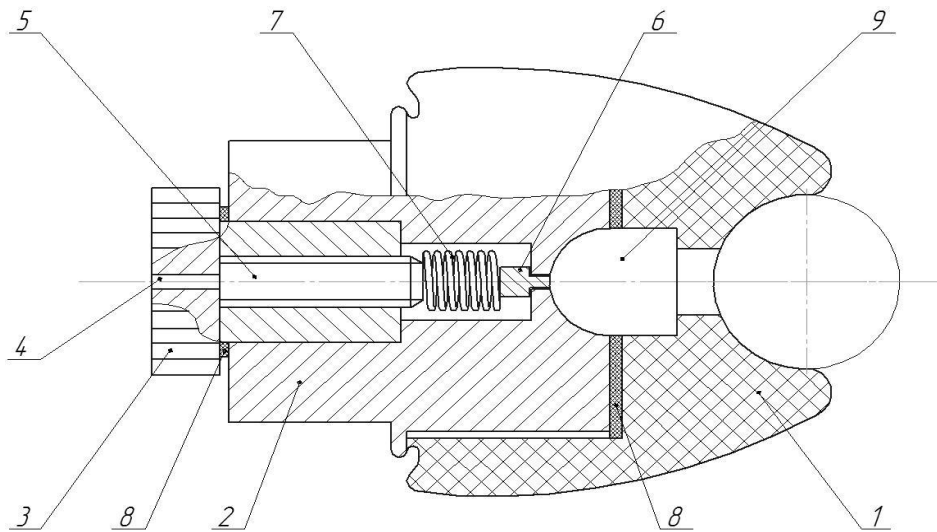


Рис. 1. Конструктивна схема форсунки для утворення дисперсного туману в приміщенні теплиць: 1 – корпус; 2 – центральна частина; 3 – головка; 4 – каліброване сопло; 5 – клапан; 6 – елемент ущільнення; 7 – пружина; 8 – прокладка ущільнення; 9 – фільтр.

Форсунка, як технічна система включає в себе декілька механізмів, які забезпечують її нормальне функціонування.

Вода або водний розчин подається з трубопроводу на фільтр 9 де відбувається відокремлення можливих сторонніх домішок. Через отвір центральної частини 2 форсунки під тиском в 60...120 бар розчин діє на запобіжний, від протікання форсунки ущільнюючий елемент 6, клапана 5. Рідина, попавши у внутрішній об'єм центральної частини, під тиском подається до каліброваного сопла 4 головки 3. Під дією перепаду тиску при виході із сопла, рідина диспергується до дрібних частинок туману. Факел утвореного туману може досягати до 3 м віддалення від форсунки.

Для виконання своєї функції у форсунці передбачено багато конструктивних і технологічних особливостей, направлених на довговічну і безвідмовну роботу. Так, всі елементи виготовлені із нержавіючих матеріалів. Це пластмасові корпус форсунки і її центральна частина, а також клапан, пружина і головка із легованих сталей. Всі з'єднання конструкції мають відповідні гумові ущільнення.

В той же час існуючий досвід експлуатації туманоутворюючих систем теплиць свідчить про те, що в процесі тривалої роботи спостерігаються відмови форсунок. З урахуванням достатньо великої кількості форсунок (в теплицях їх до 360 шт.) і негативних

наслідків порушення роботи системи мікроклімату теплиць, проблема забезпечення необхідного рівня надійності конструкції набуває особливої актуальності і важливого господарсько-економічного значення.

Відмічається, що основним порушенням в роботі форсунок є зменшення об'єму розпиленого факелу до величини недопустимої нормами їх нормальної експлуатації. Другою причиною порушень в роботі стає прокапування (пропуски рідини), що також є недопустимим.

Модель реальної експлуатації форсунок включає як період нормальної роботи, так і відмови двох видів: за причиною забивання і виходу з ладу вхідного фільтру і не спрацювання затворного клапану внаслідок чого спостерігається пропускання рідини. Так як форсунка представляє собою технічну систему, що допускає відновлення, то після періоду нормальної роботи і появи відмов настають періоди відновлення працездатності для продовження подальшої нормальної роботи. Процес експлуатації може бути наглядно представлений у вигляді відповідних графіків, що відображають зміни станів і переходів системи в різні можливі стани. При встановленні траєкторної поведінки системи важливо відмітити і підкреслити умови, в яких модель експлуатації отримана. Вона повинна описувати стани і переходи системи адекватно до реальних подій. При моделюванні експлуатації форсунки вважається, що:

- відмови відбуваються незалежно одна від другої;
- процес відновлення починається зразу ж після настання відмови;
- стан відновленого елемента не відрізняється від стану нового, що тільки поставлено до експлуатації;
- процес повторного включення в роботу після відновлення, відбувається зразу ж після відновлення.

Схематично траєкторна поведінка форсунки і її елементів, що приводять до відмов показана на рис. 2.

Відмови фільтра відбуваються періодично в наслідок поступового їх забивання солями і домішками, що знаходяться у воді чи водному розчині. Періодичність цих відмов (наробіток фільтру до відмови) залежить від якості розчину, що подається і власних властивостей фільтру. При стабільних параметрах рідини і незмінних параметрах фільтру можна вважати, що періоди напрацювань до відмов відносно стабільні. Відновлення фільтрів відбувається шляхом їх заміни на нові за невеликий проміжок часу виконання регламентних робіт за технічним обслуговуванням теплиці. Слід підкреслити, що стан відмови фільтру визначається граничним значенням продуктивності форсунки, регламентованою

технічною документацією на її правильну експлуатацію. Відмова фільтра, як елементу форсунки приводить до відмови всієї системи (форсунки).

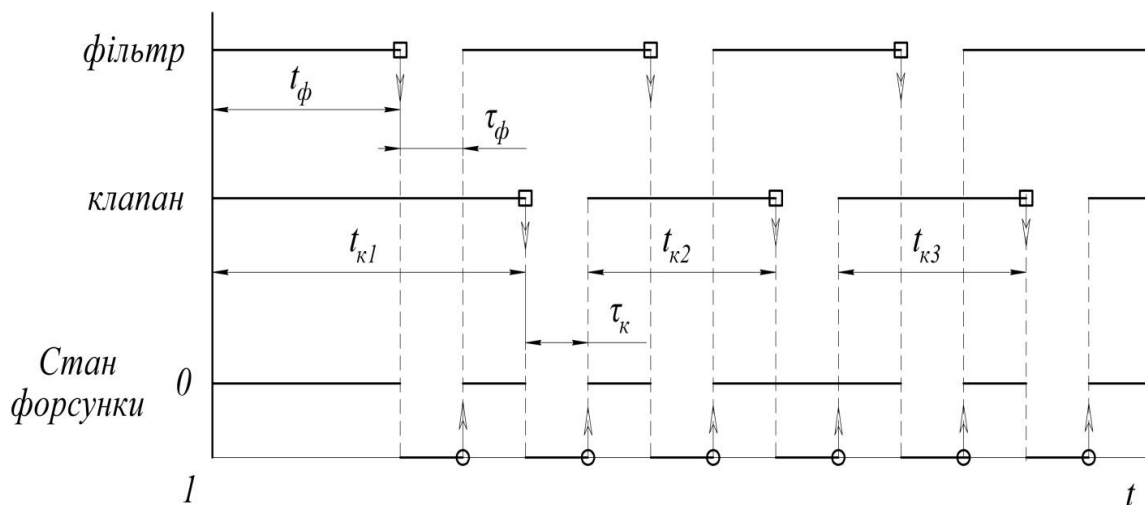


Рис. 2. Схема траєкторної поведінки форсунки (технічної системи) і її елементів, що регламентують рівень надійності: □ - момент настання відмов; ○ - момент завершення відновлень.

Відмови клапана пов'язані з пропуском (прокапування) рідини і мають нестабільний характер. Вони можуть наступити як на початку експлуатації форсунки, так і після певного наробітку. Однак, практикою експлуатації форсунок відмічається тенденція збільшення кількості відмов клапанів із збільшенням їх напрацювання. Тобто, протягом експлуатації спостерігається наступна послідовність напрацювань на відмову $t_{k1} > t_{k2} > t_{k3} > \dots t_{kn}$. Періоди відновлення клапанів практично однакові і пов'язані з промивкою і прочисткою центральної частини форсунки, коли видаляються можливі нарости і відкладення з різних частин механізму. Однак відновлення здійснене промивкою очевидно не повністю повертає механізм в початковий стан. В деякій мірі зношуються поверхні спряжень елемента ущільнення і сідла, куди цей елемент входить. Не виключено, що з часом міняються механічні характеристики натискної пружини, яка працює в умовах циклічних навантажень при наявності хімічного розчину.

Відмови клапану не допустимі за умовами експлуатації форсунки і приводять до відмови всього пристрою.

Загальна експлуатаційна траєкторія форсунки представлена нижнім графіком на рис. 2. З побудови видно, що цей графік є композицією двох верхніх, а відмови окремих елементів сумуючись знижують загальний рівень надійності всієї конструкції.

Висновки

1. Форсунки для розпилювання рідини в теплицях представляють собою технічну систему, що складається з ряду підсистем і деталей, найменш надійними серед яких є фільтр і запірний клапан.

2. Модель експлуатації форсунки показує, що вона як технічна система, що підлягає відновленню, може знаходитися як в працездатному, так і в стані відновлення. Причому стан відновлення є композицією формування двох потоків відмов: забивання фільтра і неспрацювання запірного клапану.

3. Відмова клапану носить накопичувальний характер з послідовним зменшенням періоду нормальної експлуатації.

Список літератури

1. *De Halleux D. and Gauthier L.* Energy consumption due to dehumidification of greenhouses under northern latitudes. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 69. 1998. P. 35—42
2. *De Zwart H. F.* A simulation model to estimate prospectives of energy saving measures in horticulture. *Acta Horticulturae*. 443. 1997. P. 119—127
3. *Савченко В. М., Міненко С. В., Махов О. А.* Формальні моделі для регулювання мікроклімату в теплицях. Формування конкурентоспроможної економіки: теоретичні, методичні та практичні засади: матеріали II міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. 21-22 березня 2013 року. Тернопіль. 2013. С. 87—89.
4. *Савченко В. М., Міненко С. В.* Вплив шторних екранів на внутрішню температуру в скляних теплицях. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2012. Вип. 16 (30). Київ. 2. С. 270—274.
5. *Савченко В. М., Міненко С. В., Махов О. А.* Стратегії контролю процесами мікроклімату в індустріальних теплицях. Підвищення надійності машин і обладнання : зб. тез доп. VII Всеукр. наук.-практ. конф. студентів та аспірантів, 3—5 квітня 2013 року. Кіровоград. 2013. С. 48—49.
6. *Савченко В. М., Крот В. В.* Вплив культиваційних споруд та технологічних систем на параметри мікроклімату при вирощуванні продукції захищеного ґрунту. Крамаровські читання : зб. тез доп. II міжнар. наук.-техн. конф., 3 квітня 2013 року. Київ. 2013. С. 72—74.
7. *Міненко С. В., Савченко В. М., Крот В. В.* Аналіз залежності інтенсивності продуктивного фотосинтезу від режимів мікроклімату в індустріальних теплицях. Вісник ЖНАЕУ. 2016. № 1 (53). Т. 1. С. 270—276.
8. *Міненко С. В.* Класифікація способів зняття перегріву рослин в індустріальних теплицях / С. В. Міненко, В. М. Савченко, В. В. Крот. Вісник ЖНАЕУ. — 2016. — № 1 (53), т. 1. — С. 276—282.
9. *Крот В. В., Савченко В. М.* Дослідження технічного стану автоматизованих систем керування вологістю та охолодженням повітря при вирощуванні продукції захищеного ґрунту. Підвищення надійності машин і обладнання : зб. тез доп. IX Всеукр. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих учених, 15—17 квітня 2015 року. Кіровоград. 2015. С. 120—122.
10. *Бойко А. І., Савченко В. М., Крот В. В.* Проблеми забезпечення надійності технологічного обладнання при вирощуванні продукції захищеного ґрунту в АПК

України. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2016. № 6. С. 200—203.

References

1. *De Halleux D. and Gauthier L.* (1998). Energy consumption due to dehumidification of greenhouses under northern latitudes. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 69. 35-42.
2. *De Zwart H.F.* (1997). A simulation model to estimate perspectives of energy saving measures in horticulture. *Acta Horticulturae*. 443. 119-127.
3. *Savchenko V. M., Minenko S. V., Makhov O. A.* (2013). Formalni modeli dlia rehuliuвання mikroklimatu v teplytsiakh [Formal model for the microclimate regulation in greenhouses]. Formuvannya konkurentospromozhnoi ekonomiky: teoretychni, metodychni ta praktychni zasady: materialy II mizhnar. nauk.-prakt. Internet-konf. 21-22 March 2013. Ternopil. 87-89.
4. *Savchenko V. M., Minenko S. V.* (2012). Vplyv shtornykh ekraniv na vnutrishniu temperaturu v sklianykh teplytsiakh [The curtain screen's impact to the internal temperature of glass greenhouses]. *Tekhniko-tekhnologichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannya novoi tekhniky i tekhnologii dlia silskoho hospodarstva Ukrainy*. Vyp. 16 (30), kn. 2. 270-274.
5. *Savchenko V. M., Minenko S. V., Makhov O. A.* (2013). Stratehii kontroliu protsesamy mikroklimatu v industrialnykh teplytsiakh [The strategies of microclimate's processes control in industrial greenhouses]. *Pidvyshchennia nadiinosti mashyn i obladnannia : zb. tez dop. VII Vseukr. nauk.-prakt. konf. studentiv ta aspirantiv*. 3–5 April 2013. Kirovohrad. 48-49.
6. *Savchenko V. M., Krot V. V.* (2013). Vplyv kulyvatsiinykh sporud ta tekhnologichnykh system na parametry mikroklimatu pry vyroshchuvanni produktsii zakhyschenoho gruntu [Effect of cultivation facilities and technological parameters of the microclimate in the cultivation of products protected ground]. *Kramarovski chytannia : zb. tez dop. II mizhnar. nauk.-tekh. konf.* 3 April 2013. Kiev. 72-74.
7. *Minenko S. V., Savchenko V. M., Krot V. V.* (2016). Analiz zalezhnosti intensyvnosti produktyvnoho fotosyntezy vid rezhymiv mikroklimatu v industrialnykh teplytsiakh [Analysis of dependence of intensity of productive photosynthesis on modes of microclimate in industrial greenhouses]. *Visnyk ZhNAEU*. № 1 (53). T. 1. 270-276.
8. *Minenko S. V., Savchenko V. M., Krot V. V.* (2016). Klasyfikatsiia sposobiv zniattia perehrivu roslyn v industrialnykh teplytsiakh [Classification of means for remedy of overheating of plants in industrial greenhouses]. *Visnyk ZhNAEU*. № 1 (53). 276-282.
9. *Krot V. V., Savchenko V. M.* (2015). Doslidzhennia tekhnichnoho stanu avtomatyzovanykh system keruvannia volohistiu ta okholodzhenniam povitria pry vyroshchuvanni produktsii zakhyschenoho gruntu [Examination of technical state of automated control systems humidity and cooling in growing greenhouse products]. *Pidvyshchennia nadiinosti mashyn i obladnannia : zb. tez dop. I Kh Vseukr. nauk.-prakt. konf. studentiv, aspirantiv ta molodykh uchenykh*. 15–17 April 2015. Kirovohrad. 120-122.
10. *Boik A. I., Savchenko V. M., Krot V. V.* (2016). Problemy zabezpechennia nadiinosti tekhnologichnoho obladnannia pry vyroshchuvanni produktsii zakhyschenoho gruntu v APK Ukrainy [Problems of providing reliability of technological machinery when growing products of protected soil in agrarian and industrial complex of Ukraine]. *Tekhnichniy servis ahropromyslovoho, lisovoho ta transportnoho kompleksiv*. № 6. 200-203.

МОДЕЛЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ФОРСУНКИ ДЛЯ РАСПЫЛЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ И СОЗДАНИЯ МИКРОКЛИМАТА В ПОМЕЩЕНИЯХ ТЕПЛИЦ

А. И. Бойко, В. Н. Савченко, В. В. Крот

Аннотация. В статье приведена модель эксплуатации форсунки для распыления жидкости под давлением 70 бар, которая является неотъемлемой частью автоматизированной системы контроля влажностными и температурными параметрами воздуха в зоне культивации растений в условиях защищенного грунта. Система предназначена для создания необходимого микроклимата в помещении промышленных теплиц. Целью работы является исследование конструктивных и технологических особенностей форсунки, которые влияют на долговечность и безотказность ее работы. В статье приведена схема траекторного поведения форсунки (технической системы) и ее элементов, регламентирующих уровень надежности. Модель эксплуатации форсунки показывает, что она, как техническая система подлежащая восстановлению, может находиться как в работоспособном состоянии, так и в состоянии восстановления. Причем состояние восстановления является композицией формирования двух потоков отказов: забивание фильтра и несрабатывания запорного клапана форсунки. Перспективой дальнейших исследований является построение графа состояний с математическим моделированием переходов форсунки во все возможные состояния, определения функции готовности форсунки для эксплуатации и определения средней наработки до отказа форсунки и среднего времени на восстановление фильтра и клапана.

Ключевые слова: форсунка, туманообразование, теплица, конструктивные и технологические особенности форсунки, модель эксплуатации форсунки, система, отказ

MODEL OF USE OF NOZZLE FOR LIQUID SPRAYER AND GENERATION OF MICROCLIMATE IN PREMISES OF GREENHOUSES

A. I. Boyko, V. M. Savchenko, V. V. Krot

Abstract. This article gives a model of the use of nozzle for spraying liquid under 70 Bar pressure, which the integral part of an automatic system for controlling humidity and temperature parameters of air in the area of plants cultivation under the terms of protected soil. The system is designed to produce a necessary microclimate in the premises of industrial greenhouses. The goal of the work is to research construction and technological peculiarities of a nozzle that affect the durability and failure-free work. The article provides a scheme

of trajectory conduct of a nozzle (technical system) and its elements that regulate the level of reliability. The model of the use of a nozzle shows that it, as a technical system subject to restoration, can be in service and restoration condition. Herewith, the condition of restoration is a complex of formation of two flows of failures: chocking a filter and failure to initiate a stopper valve of a nozzle. The perspective of further researches shall be a development of condition charts with mathematical modeling of transition of a nozzle into various possible conditions, determination of function of readiness of the nozzle to the use and setting an average result to the failure of the nozzle and the average time for the restoration of filter and valve.

Key words: *nozzle, fog production, greenhouse, construction and technological peculiarities of nozzle, model of use of nozzle, system, failure*

УДК 504.5 :624.131

ДОСЛІДЖЕННЯ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В УКРАЇНІ

М. В. Семененко, кандидат технічних наук
e-mail: mary-scorp@yandex.ru

Анотація. *Стан навколишнього середовища погіршується з року в рік. Ця проблема привертає увагу науковців усього світу.*

Основна мета досліджень полягає в тому щоб знайти доказову базу взаємозв'язку викидів забруднюючих речовин антропогенними джерелами і тривалістю життя українського населення.

На основі отриманих доказових даних виявити кореляційний взаємозв'язок між досліджуваними показниками.

У дослідженнях були використані інформаційно-статистичні дані, методи загального ступеневого аналізу та математичного моделювання.

Дослідження проводилися за низкою показників, однак одним з найбільш інформативним був прийнятий критерій рівня померлих, як інтегральний показник, що характеризує здоров'я населення

В рамках досліджень статистичних вибірок за перші п'ятнадцять років двадцять першого століття, був проведений порівняльний аналіз між показниками смертності в нашій країні та

© М. В. Семененко, 2017