

УДК 62-93:681.5

© А.І.Бойко, д.т.н., проф.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

© В.М. Савченко, к.т.н., доц.

Житомирський національний агроекологічний університет

© В.В. Крот, аспірант

Житомирський національний агроекологічний університет

ВСТАНОВЛЕННЯ СЕРЕДЬОГО НАРОБІТКУ ДО ВІДМОВИ ФОРСУНКИ І СЕРЕДЬОГО ЧАСУ НА ВІДНОВЛЕННЯ ФІЛЬТРА І КЛАПАНА

Метою роботи є дослідження середнього наробітку до відмови форсунки та середнього часу відновлення роботоздатного стану фільтра і клапана. На основі фрагментів розміченого графу станів і переходів форсунки в різні можливі стани для встановлення середнього часу відновлення фільтра та клапану складене диференційне рівняння динамічного балансу ймовірностей. Математично доведено, що середній наробіток до відмови форсунки є величиною оберненою до суми інтенсивностей відмов фільтру і запірною клапану. Підтверджено, що середні часи відновлення підсистем форсунки обернені інтенсивностям їх відновлень.

ФОРСУНКА, ПРАЦЕЗДАТНИЙ СТАН, ЙМОВІРНІСТЬ БЕЗВІДМОВНОЇ РОБОТИ, ІНТЕНСИВНІСТЬ ВІДМОВ, ВІДМОВА.

Постановка проблеми. Форсунка представляє собою спеціальний пристрій для механічного розпилення рідини на високому тиску 70-100 Бар в приміщеннях теплиць. При необхідній кількості форсунок і правильному раціональному їх розташуванні досягають можливості активного впливу в регулюванні параметрів мікроклімату в промисловій теплиці [1,2,3,4]. Виходячи з цього можна стверджувати, що форсунки, як елемент системи підвищення вологості та зниження температури внутрішнього середовища індустриальних теплиць, відіграють важливу роль у створенні необхідного мікроклімату при вирощуванні рослин

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження проблем забезпечення надійності технологічного обладнання при вирощуванні продукції захищеного ґрунту досить актуальні для розвитку в АПК України і широко розглянуті в роботах [5,6]. Тому в результаті отриманої в роботі [7] моделі експлуатації форсунки для розпилювання рідини і створення мікроклімату в приміщенні теплиць,

а також побудованого графу станів і математичного моделювання переходів форсунки в різні можливі стани [8,9]

Мета дослідження. Метою роботи є дослідження середнього наробітку до відмови форсунки та середнього часу відновлення роботоздатного стану фільтра і клапана.

Результат дослідження. Крім характеристики безвідмовності форсунки, якою є функція готовності (коефіцієнт готовності), важливу роль в оцінці надійності даної технічної системи відіграють показники, що характеризують її довговічність і ремонтпридатність. Серед них варто виділити важливі для практики експлуатації такі показники, якими є середній наробіток до відмови і середні терміни відновлення пошкоджених елементів.

Для встановлення середнього наробітку до відмови виділимо з загального розміченого графу станів і переходів форсунки в різні можливі стани [8] фрагмента, що стосується працездатного стану «0».

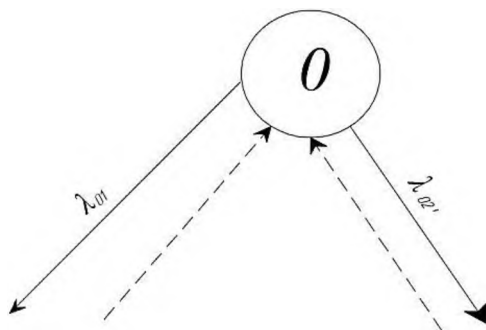


Рис. 1 – Фрагмент розміченого графу станів і переходу форсунки в різні можливі стани для встановлення середнього наробітку до відмови: «0» – працездатний стан, λ_{01} – інтенсивність відмов по причині забивання фільтру, λ_{02} – інтенсивність відмов клапана

Враховуючи, що в даному дослідженні використовується розмічений граф станів і переходів технічної системи форсунки (рис. 1), а також математичний апарат перетворень Лапласа, відкривається можливість визначити середній наробіток до відмови, як середній час знаходження системи в працездатному стані [8]. Тоді з виділеного фрагмента загального графу, який має безпосереднє відношення до працездатного стану і враховує потоки ймовірностей, що зв'язані з ним, можна записати слідує стохастичне диференціальне рівняння динамічного балансу ймовірності (рівняння Колмогорова):

$$\frac{dP_0(t)}{dt} = -\lambda_{01} \cdot P_0(t) - \lambda_{02} \cdot P_0(t) \quad (1)$$

де $P_0(t)$ – ймовірність працездатного стану;

t – час експлуатації.

В даному випадку стан «0» розглядається, як поглинаючий, а процеси, що приводять до нього вважаються початковими.

В перетвореннях Лапласа рівняння (1) представляється наступним чином:

$$-1 + S\varphi_0(S) = -(\lambda_{01} + \lambda_{02})\varphi_0(S).$$

Звідси, при рішенні його відносно $\varphi_0(S)$ маємо:

$$\varphi_0(S) = \frac{1}{S + \lambda_{01} + \lambda_{02}},$$

Середній наробіток до відмови форсунки визначається при $S = 0$ [2]. Тоді:

$$\bar{t} = \frac{1}{S + \lambda_{01} + \lambda_{02}} \Big|_{S=0} = \frac{1}{\lambda_{01} + \lambda_{02}} \quad (2)$$

З отриманого рівняння видно, що із збільшенням інтенсивності відмов по причині забивання фільтра і не спрацювання клапану, середній наробіток до відмови зменшується. Такий обернений зв'язок відповідає фізичній сутності роботи форсунки.

Середні часи відновлення працездатності форсунки розглядаються в контексті тих причин, що привели до відмов. Так, як спостерігається два види відмов, то і відновлення розглядаються відповідно до цих відмов.

Для фільтра, що відмовив в результаті забивання, треба виділити перехід із стану відмови «1» в стан працездатний «0» [8]. Фрагмент графу для цього переходу представлено на рис. 2.

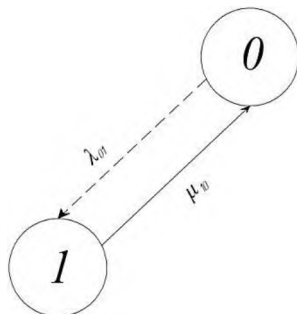


Рис. 2 – Фрагмент розміченого графу станів і переходів форсунки в різні можливі стани для встановлення середнього часу відновлення фільтра: «1» – непрацездатний стан по причині виходу з ладу фільтра, μ_{10} – інтенсивність відновлень при заміні фільтра

З представленого фрагменту графа диференціальне рівняння динамічного балансу ймовірностей, при включені інтенсивності відмови λ_{01} записується слідуючим чином:

$$\frac{dP_1(t)}{dt} = -\mu_{10} \cdot P_1(t), \quad (3)$$

де $P_1(t)$ – ймовірність відмови фільтру.

В перетвореннях Лапласа рівняння представляється у наступному вигляді:

$$-1 + S\varphi_1(S) = -\mu_{10}\varphi_1(S). \quad (4)$$

Звідси:

$$\varphi_1(S) = \frac{1}{S + \mu_{10}}$$

Середній час відновлення від забивання фільтру знаходимо, поклавши $S = 0$. Тоді:

$$\tau_1 = \frac{1}{S + \mu_{01}} \Big|_{S=0} = \frac{1}{\mu_{01}} \quad (5)$$

По аналогії розглядаючи відмови клапану розглянемо слідувачу частину розміченого графу:

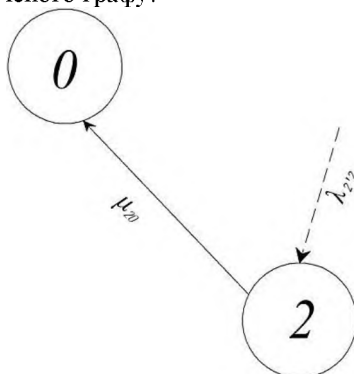


Рис. 3 – Фрагмент розміченого графу станів і переходів форсунки в різні можливі стани для встановлення середнього часу відновлення клапана: «2» – непрацездатний стан по причині виходу з ладу клапана, μ_{20} – інтенсивність відновлень при ремонті(очищенні) клапана, заміні пружини

При $\lambda_{22}=0$ для відмов клапана можна записати слідуваче диференційне рівняння:

$$\frac{dP_2(t)}{dt} = -\mu_{20} \cdot P_2(t). \quad (6)$$

де $P_2(t)$ – ймовірність відмови клапану.

В перетвореннях Лапласа диференційне рівняння представляється наступним чином:

$$-1 + S\varphi_2(S) = -\mu_{20}\varphi_2(S). \quad (7)$$

Звідкіля ймовірність відмов клапану дорівнює:

$$\varphi_2(S) = \frac{1}{S + \mu_{20}}.$$

Середній час відновлень форсунки по причині відмови клапану визначається наступним чином:

$$\bar{\tau}_2 = \frac{1}{S + \mu_{20}} \Big|_{S=0} = \frac{1}{\mu_{20}} \quad (8)$$

Висновки. Середній наробіток до відмови форсунки є величиною оберненою до суми інтенсивностей відмов фільтру і запірної клапану, зі збільшенням видів відмов і кількості підсистем і елементів системи її середній наробіток до відмови зменшується. Підтверджено, що середні часи відновлення підсистем форсунки обернені інтенсивностям їх відновлень. Перспективою подальших досліджень є дослідження впливу часу експлуатації на зміну ймовірності відмов фільтра форсунки

Література

1. Міненко С. В. Вплив шторних екранів на внутрішню температуру в скляних теплицях / С. В. Міненко // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. – 2012. – Вип. 16 (30), кн. 2. – С. 270–274.
2. Савченко В.М. Вплив культивацийних споруд та технологічних систем на параметри мікроклімату при вирощуванні продукції захищеного ґрунту/ В. М. Савченко, В. В. Крот // Крамаровські читання : зб. тез доп. II міжнар. наук.-техн. конф., 3 квіт. 2013. – К. : НУБіП, 2013. – С. 72–74.
3. Міненко С. В. Аналіз залежності інтенсивності продуктивного фотосинтезу від режимів мікроклімату в індустріальних теплицях / С. В. Міненко // Вісник ЖНАЕУ. – 2016. – № 1 (53), т. 1. – С. 270–276.
4. Міненко С. В. Класифікація способів зняття перегріву рослин в індустріальних теплицях / С. В. Міненко// Вісник ЖНАЕУ. – 2016. – №1 (53), т. 1. – С. 276–282.
5. Бойко А.І. Проблеми забезпечення надійності технологічного обладнання при вирощуванні продукції захищеного ґрунту в АПК України / А.І. Бойко, В. М. Савченко, В. В. Крот // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – 2016. – №6. – С. 200-2003.

6. Бойко А.І. Основні несправності форсунок систем автоматизованого контролю вологісними та температурними параметрами повітря в приміщеннях теплиць / А.І. Бойко, В.М.Савченко, В.В. Крот // Крамаровські читання : зб. тез доп. IV міжнар. наук.-техн. конф., 16-17 лют. 2017. – К. : НУБіП, 2017. – С. 61–64.

7. Minenko S. Researching indexes of reliability of systems of microclimate control onto productivity of products of protected soil/ S. Minenko// Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, вип. 46. – Кіровоград: КНТУ, 2016. – С. 105–108.

8. Boiko A.I. Charts of conditions and mathematical modelling of transition of nozzles into various possible conditions/A. Boiko, V. Savchenko, V. Krot// Вісн. ХНТУСГ ім. Василенка – 2017 – Вип. 181–С. 173–178.

9. Boiko A.I. Mathematical modelling of transition of nozzles for liquid sprayer and generation of microclimate in the premises of greenhouses into various possible conditions /A. Boiko, V. Savchenko, V. Krot// Вісн. ХНТУСГ ім. Василенка – 2017 – Вип. 180–С. 72–77.