UDC 62-93:681.5

MATHEMATICAL MODELLING OF TRANSITION OF NOZZLES FOR LIQUID SPRAYER AND GENERATION OF MICROCLIMATE IN THE PREMISES OF GREENHOUSES INTO VARIOUS POSSIBLE CONDITIONS

A. Boiko, Associate Professor of Technical Sciences, Professor
National University of Bioresources and Nature Use of Ukraine

V. Savchenko, Candidate of Technical Science, Associate Professor
Zhytomyr National Agrarian and Ecological University

V. Krot, Post-Graduate student
Zhytomyr National Agrarian and Ecological University

The article describes the charts of conditions and mathematical modeling of transitions of nozzles of automated control systems for temperature and humidity parameters of air in the area of cultivation of plants under protected ground into various possible conditions. The system is designed to create the desired indoor climate in industrial greenhouses. The task of the paper is marked chart of events, describing the processes of transition of nozzles from working to non-working condition with consideration of the light intensity of the flow by different reasons and in accordance with mathematical modeling of transitions of nozzles in various possible conditions. The analysis of nozzles transition from working to non-working condition, for various reasons and inverse conversion after recovery is a prerequisite for making a marked-appropriate chart describing these processes considering the intensity of their occurrence. A marked chart for nozzles as a technical system that can be in a good condition and failures of two conditions for reasons of failure of the filter or valve. It proved that the nozzle for spraying fluid and creation of the necessary microclimate in greenhouses room has a usable condition and two types of failures: blocking filter and failure of the valve. The behavior of the nozzle as a technical system that shall be a subject to restoration can be described chart marked with four stages of determining probabilities underlying the establishment of major indexes of reliability. The prospect of further research is to determine the function of the nozzle readiness for operation and installation of average operating time to failure nozzle and average recovery time filter and valve.

Key words: system of increased humidity and lowering temperature, nozzle, technical system, condition of system, chart of conditions, failure, restoration, transitions, mathematical modelling.

Introduction. This nozzles for spraying liquid under 70 Bar pressure, which the intergral 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.

Analysis of recent sources of research and publications. Work [1] describes the problems of ensuring the reliability of process equipment during the growth of production in agriculture protected ground Ukraine. Work [2] describes the the model of the use of nozzle for liquid sprayer and generation of microclimate in the premises of greenhouses. Work [3] based on the researching indexes of reliability of systems of microclimate control onto productivity of products of protected soil. The [4] was describes charts of conditions and mathematical modelling of transition of nozzles into various possible conditions.

Setting task. The task of work is creating a marked chart of events describing the processes of transition of nozzles from working into non-working condition in the view of intensity of the flow for different reasons and in accordance with mathematical modeling of transition of nozzles into different possible conditions.

Main material and results. Solving the resulting system of equations consistent with the objective of this study to identify probabilities of the nozzle, as a complex technical system, and a specified probability of establishing reliability indices and their change in the increase in working hours, i.e. of performance and reliability features [4].

$$\begin{cases} \dfrac{dP_0(t)}{dt} = -\lambda_{01} \cdot P_0(t) + \mu_{10} \cdot P_1(t) + \mu_{20} \cdot P_2(t) - \lambda'_{02} \cdot P_0(t); \\ \dfrac{dP_1(t)}{dt} = \lambda_{01} \cdot P_0(t) - \mu_{10} \cdot P_1(t); \\ P_0(t) + P_1(t) + P_{2'}(t) + P_2(t) = 1; \\ \dfrac{dP_2(t)}{dt} = \lambda_{2'2} \cdot P_{2'}(t) - \mu_{20} \cdot P_2(t). \end{cases} \qquad (1)$$

Solving system (3) in the present form has certain mathematical difficulties. To simplify the task, we apply Laplace transformations. Moving from the original images $P(t) \to \varphi(S)$ we shall write:

$$\begin{cases} -1 + S\varphi_0(S) = -\lambda_{01} \cdot \varphi_0(S) + \mu_{10} \cdot \varphi_1(S) + \mu_{20} \cdot \varphi_2(S) - \lambda_{02'} \cdot \varphi_0(S); \\ S \cdot \varphi_1(S) = \lambda_{01} \cdot \varphi_0(S) - \mu_{10} \cdot \varphi_1(S); \\ \varphi_0(S) + \varphi_1(S) + \varphi_{2'}(S) + \varphi_2(S) = \dfrac{1}{S}; \\ S \cdot \varphi_2(S) = \lambda_{2'2} \cdot P_{2'}(S) - \mu_{20} \cdot P_2(S). \end{cases} \qquad (2)$$

Therefrom, simplified and grouping the parts of equations we shall have:

$$\begin{cases} (S + \lambda_{01} + \lambda_{02'})\varphi_0(S) - \mu_{10} \cdot \varphi_1(S) - \mu_{20} \cdot \varphi_2(S) = 1; \\ -\lambda_{01} \cdot \varphi_0(S) + (S + \mu_{10}) \cdot \varphi_1(S) = 0; \\ S \cdot \varphi_0(S) + S \cdot \varphi_1(S) + S \cdot \varphi_{2'}(S) + S \cdot \varphi_2(S) = 1; \\ -\lambda_{2'2} \cdot \varphi_{2'}(S) + (S + \mu_{20}) \cdot \varphi_2(S). \end{cases} \qquad (3)$$

The last determinant of equation system that describes conditions and transmissions of a nozzle to various possible conditions shall be represented in the following way:

$\varphi_0(S)$	$\varphi_1(S)$	$\varphi_{2'}(S)$	$\varphi_2(S)$		
$S+\lambda_{01}+\lambda_{02'}$	$-\mu_{10}$	0	$-\mu_{20}$	1	
$-\lambda_{01}$	$S+\mu_{10}$	0	0	0	(4)
S	S	S	S	1	
0	0	$-\lambda_{2'2}$	$S+\mu_{20}$	0	

The right column is a column of free parts, the other complex main matrix necessary fo the following calculations.

$$\Delta = \begin{vmatrix} S+\lambda_{01}+\lambda_{02'} & -\mu_{10} & 0 & -\mu_{20} \\ -\lambda_{01} & S+\mu_{10} & 0 & 0 \\ S & S & S & S \\ 0 & 0 & -\lambda_{2'2} & S+\mu_{20} \end{vmatrix} \tag{5}$$

Mathematical operations with matrix are simplified while lowering its rank. To conduct this expansion relative to the first element of the first column. Then we can write:

$$\begin{gathered}\Delta = \left(S+\lambda_{01}+\lambda_{02'}\right)\cdot(-1)^{1+1}\underbrace{\begin{vmatrix} S+\mu_{10} & 0 & 0 \\ S & S & S \\ 0 & -\lambda_{2'2} & S+\mu_{20} \end{vmatrix}}_{\Delta_a} + \\ +\left(-\mu_{10}\right)\cdot(-1)^{1+2}\underbrace{\begin{vmatrix} -\lambda_{01} & 0 & 0 \\ S & S & S \\ 0 & -\lambda_{2'2} & S+\mu_{20} \end{vmatrix}}_{\Delta_б} + \left(-\mu_{20}\right)\cdot(-1)^{1+4}\underbrace{\begin{vmatrix} -\lambda_{01} & S+\mu_{10} & 0 \\ S & S & S \\ 0 & 0 & -\lambda_{2'2} \end{vmatrix}}_{\Delta_в}\end{gathered} \tag{6}$$

A simplified record shall be presented in the following way:

$$\Delta = \left(S+\lambda_{01}+\lambda_{02'}\right)\cdot\Delta_a + \mu_{10}\Delta_б + \mu_{20}\Delta_в \tag{7}$$

The task of further algebraic transformations is leading to solving lower matrixes Δ_a, $\Delta_{б,}$ $\Delta_в$. To solve them we shall apply the rule of Sarrus. Then:

$$\begin{aligned}\Delta_a &= \left|\begin{matrix} S+\mu_{10} & 0 & 0 \\ S & S & S \\ 0 & -\lambda_{2'2} & S+\mu_{20} \end{matrix}\right|\begin{matrix} S+\mu_{10} & 0 \\ S & S \\ 0 & -\lambda_{2'2} \end{matrix} = \\ &= \left(S+\mu_{10}\right)\cdot S\cdot\left(S+\mu_{20}\right) - \left(-\lambda_{2'2}\right)\cdot S\cdot\left(S+\mu_{10}\right) = \\ &= S\left(S+\mu_{10}\right)\cdot\left(S+\mu_{20}\right) + S\cdot\lambda_{2'2}\left(S+\mu_{10}\right) = \\ &= S^3 + S^2\mu_{20} + S^2\mu_{10} + S\mu_{10}\cdot\mu_{20} + S^2\lambda_{2'2} + S\lambda_{2'2}\cdot\mu_{10} = \\ &= S^3 + S^2\left(\mu_{20}+\mu_{10}+\lambda_{2'2}\right) + S\left(\mu_{10}\cdot\mu_{20}+\lambda_{2'2}\cdot\mu_{10}\right).\end{aligned} \tag{8}$$

$$\Delta_б = \begin{vmatrix} -\lambda_{01} & 0 & 0 \\ S & S & S \\ 0 & -\lambda_{2'2} & S+\mu_{20} \end{vmatrix} \begin{matrix} -\lambda_{01} & 0 \\ S & S \\ 0 & -\lambda_{2'2} \end{matrix} =$$

$$\begin{aligned} &= (-\lambda_{01}) \cdot S \cdot (S+\mu_{20}) - (-\lambda_{2'2}) \cdot S \cdot (-\lambda_{01}) = \\ &= -\lambda_{01}\left(S^2 + S\mu_{20}\right) - \lambda_{2'2} \cdot \lambda_{01} S = \\ &= -S^2\lambda_{01} - S\lambda_{01} \cdot \mu_{20} - \lambda_{2'2} \cdot \lambda_{01} S = \\ &= -S^2\lambda_{01} - S\left(\lambda_{01}\mu_{20} + \lambda_{2'2}\lambda_{01}\right). \end{aligned} \tag{9}$$

$$\Delta_в = \begin{vmatrix} -\lambda_{01} & S+\mu_{20} & 0 \\ S & S & S \\ 0 & 0 & -\lambda_{2'2} \end{vmatrix} \begin{matrix} -\lambda_{01} & S+\mu_{20} \\ S & S \\ 0 & 0 \end{matrix} =$$

$$\begin{aligned} &= (-\lambda_{01}) \cdot S \cdot (-\lambda_{2'2}) - (-\lambda_{2'2}) \cdot S \cdot (S+\mu_{10}) = \\ &= \lambda_{01} \cdot \lambda_{2'2} S + \lambda_{2'2} S^2 + \lambda_{2'2} \cdot S \cdot \mu_{10} = S^2\lambda_{2'2} + S\left(\lambda_{01}\lambda_{2'2} + \lambda_{2'2}\mu_{10}\right). \end{aligned} \tag{10}$$

By substituting the determined values of matrixes Δ_a, $\Delta_б$, $\Delta_в$ to equations (9).

$$\begin{aligned} \Delta &= \left(S + \lambda_{01} + \lambda_{02'}\right) \cdot S^3 + \left(S + \lambda_{01} + \lambda_{02'}\right)\left(\mu_{20} + \mu_{10} + \lambda_{2'2}\right) S^2 + \\ &+ \left(S + \lambda_{01} + \lambda_{02'}\right)\left(\mu_{10} \cdot \mu_{20} + \lambda_{2'2} \cdot \mu_{10}\right) S - \mu_{10}\lambda_{01} S^2 - \mu_{10}\left(\lambda_{01}\mu_{20} + \lambda_{2'2}\lambda_{01}\right) S + \\ &+ \mu_{20}\lambda_{2'2} S^2 + \mu_{20}\left(\lambda_{01}\lambda_{2'2} + \lambda_{2'2}\mu_{10}\right) S. \end{aligned}$$

Then we detail the components by degrees of unknown *S*:

$$\begin{aligned} \Delta &= S^4 + \lambda_{01} S^3 + \lambda_{02'} S^3 + S^3\mu_{20} + S^3\mu_{10} + S^3\lambda_{2'2} + \lambda_{01}\mu_{20} S^2 + \\ &+ \lambda_{01}\mu_{10} S^2 + \lambda_{01}\lambda_{2'2} S^2 + \lambda_{02'}\mu_{20} S^2 + \lambda_{02'}\mu_{20} S^2 + \lambda_{02'}\lambda_{2'2} S^2 + \\ &+ S^2\mu_{10}\mu_{20} + S^2\lambda_{2'2}\mu_{10} + \lambda_{01}\mu_{10}\mu_{20} S + \lambda_{01}\lambda_{2'2}\mu_{10} S + \\ &+ \lambda_{02'}\mu_{10}\mu_{20} S + \lambda_{02'}\lambda_{2'2}\mu_{10} S - \mu_{10}\lambda_{01} S^2 - \mu_{10}\left(\lambda_{01}\mu_{20} + \lambda_{2'2}\lambda_{01}\right) S + \\ &+ \mu_{20}\lambda_{2'2} S^2 + \mu_{20}\left(\lambda_{01}\lambda_{2'2} + \lambda_{2'2}\mu_{20}\right) S. \end{aligned}$$

We reduce the components in degree *S*:

$$\begin{aligned} \Delta &= S^4 + \left(\lambda_{01} + \lambda_{02'} + \mu_{20} + \mu_{10} + \lambda_{2'2}\right) S^3 + \\ &+ \left(\lambda_{01}\mu_{20} + \lambda_{01}\lambda_{2'2} + \mu_{10}\mu_{20} + \lambda_{2'2}\mu_{10} + \mu_{20}\lambda_{2'2}\right) S^2 + \\ &+ \left(\lambda_{02'}\mu_{10}\mu_{20} + \lambda_{02'}\lambda_{2'2}\mu_{10} + \mu_{20}\lambda_{01}\lambda_{2'2} + \mu_{20}\lambda_{2'2}\mu_{10}\right) S. \end{aligned} \tag{11}$$

Thus, the basic matrix system of equations describing the behavior of the technical system in the life cycle of work and nozzle restores is determined and presented by its λ, μ - characteristics.

Conclusions.

1. The nozzle for spraying fluid and creation of the necessary microclimate in greenhouses facilities has a working condition and two types of failures: clogging filter and failure of safety valve.

2. The behavior of nozzle as a restorable technical system can be described on marked chart with four stages of determining probabilities underlying the establishment of a major reliability indices.

References

1. Бойко А.І. Проблеми забезпечення надійності технологічного обладнання при вирощуванні продукції захищеного ґрунту в апк україни / Бойко А.І., В. М. Савченко, В. В. Крот // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – 2016. – № 6. – С. 200-2003.
2. Бойко А.І. Основні несправності форсунок систем автоматизованого контролю вологісними та температурними параметрами повітря в приміщеннях теплиць / Бойко А.І., 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.
3. Savchenko V. Researching indexes of reliability of systems of microclimate control onto productivity of products of protected soil/ V.Savchenko, S. Minenko, V. Krot // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільсько-господарських машин, вип. 46. – Кіровоград: КНТУ, 2016. – С. 105–108.
4. 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. 169

Анотація

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕХОДІВ В РІЗНІ МОЖЛИВІ СТАНИ ФОРСУНКИ ДЛЯ РОЗПИЛЮВАННЯ РІДИНИ І СТВОРЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ В ПРИМІЩЕННІ ТЕПЛИЦЬ

Бойко А.І., Савченко В.М., Крот В.В.

В статті відображено на основі графів станів математичне моделювання переходів форсунок автоматизованої системи контролю вологісними та температурним параметрами повітря в зоні культивації рослин в умовах захищеного ґрунт в різні можливі стани. Система призначена для створення необхідного мікроклімату в приміщенні промислових теплиць. Завданням роботи є побудова на основі розміченого графу подій, що описує процеси переходу форсунки з роботоздатного в неработоздатний стан з урахуванням інтенсивності їх протікання за різними причинами відповідноого математичного моделювання переходів форсунки в різні можливі стани. Аналіз переходу форсунки з робочого в неробочий стан, за різними причинами і зворотних переходів після відновлення є передумовою побудови відповідного розміченого графу, що описує ці процеси з урахуванням інтенсивності їх протікання. Розмічений граф для форсунки, як технічної системи, що може знаходитись в одному справному стані і двох станах відмов за причинами виходу з ладу фільтра або клапана. Доведено, що форсунка для розпилювання рідини і

створення необхідного мікроклімату в приміщенні теплиць має один працездатний стан і два вида відмов: забивання фільтра і неспрацювання запірного клапана. Поведінка форсунки, як технічної системи,що підлягає відновленню, може бути описана розміченим графом з чотирма етапами визначення ймовірностей, які лежать в основі встановлення в головних показникав надійності. Перспективою подальших досліджень є визначення функції готовності форсунки до експлуатації та встановлення середнього наробітку до відмови форсунки і середнього часу на відновлення фільтра і клапана.

Ключові слова: система підвищення вологості та зниження температури повітря, форсунка, теплиця, технічна система, стан системи, граф станів, відмова, відновлення, переходи, математичне моделювання.

Аннотация

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДА ВО ВСЕВОЗМОЖНЫЕ СОСТОЯНИЯ ФОРСУНКИ ДЛЯ РАСПЫЛЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ И СОЗДАНИЯ МИКРОКЛИМАТА В ПОМЕЩЕНИЯХ ТЕПЛИЦ

Бойко А.И., Савченко В.М., Крот В.В.

В статье отображено на основе графа состояний математическое моделирование переходов форсунок автоматизированной системы контроля влажностными и температурным параметрам воздуха в зоне культивации растений в условиях защищенного почву в различные состояния. Система предназначена для создания необходимого микроклимата в помещении промышленных теплиц. Задачей работы является построение на основе размеченного графа событий который описывает процессы перехода форсунки с работоспособного состояния в неработоспособное математической модели этого процесса. При этом производится учет интенсивности протекания процессов по разным причинам и в соответствии с математическим моделированием переходов форсунки в различные всевозможные состояния.

Ключевые слова: система повышения влажности и понижения температуры воздуха, форсунка, теплица, техническая система, состояние системы, граф состояний, отказ, восстановление, переходы, математическое моделирование.