

UDC 62-93:681.5

CHARTS OF CONDITIONS AND MATHEMATICAL MODELLING OF TRANSITION OF NOZZLES INTO VARIOUS POSSIBLE CONDITIONS

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

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

Krot V.V., 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.

Introduction. Recently, a system of increased humidity and reduced air temperatures, working at high pressure (100 bar) in buildings industrial greenhouses are more and more widespread. These systems combined with curtains screens create optimal parameters of humidity and temperature in the area of cultivation of plants under protected ground. Systems add moisture to form fine water solution which is sprayed through nozzles of small diameter (0.2...0.4 mm). Sprayed water evaporates almost instantly into the air, and the heat absorbing part and as a result reduce the temperature inside the greenhouse and increased humidity, which significantly affects the quality of the growing season and production which is grown under protected ground. Ensuring the reliability and durability of this type is very relevant issue.

Analysis of recent sources of research and publications. The problems of energy efficiency and humidity control parameters in glass greenhouses was covered in the works of European scientists and de Halleux, and L. Gauthier [1], and simulations of the expected data on energy saving in greenhouse complexes found in the works of de Zwart [2].

The questions of microclimate research and maintenance of its optimal parameters in glass greenhouses in industrial crop production [4]. Works [3, 5] constructed formal models to regulate microclimate control strategy and reflects processes microclimate in industrial greenhouses. Works [6, 7, 8] shows the effect of cultivation facilities and technological parameters of microclimate analysis of the intensity of photosynthesis productive modes microclimate and classification

methods of removing overheat plants in industrial greenhouses in the works

Work [9] provides the experimental research components of the technical condition of increased humidity and also found major failure analysis of failures and certainly the dynamics of accumulation during working hours of the system. Work [10] describes the problems of ensuring the reliability of process equipment during the growth of production in agriculture protected ground Ukraine. Work [11] describes the the model of the use of nozzle for liquid sprayer and generation of microclimate in the premises of greenhouses.

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. The analysis of nozzle transition from working to non-working condition, for various reasons and inverse conversion after recovery [10] is a prerequisite for creating a marked chart describing these processes considering the intensity of their occurrence. Marked chart for nozzles as a technical system that can be in a good condition and failures of two conditions for the reasons of failure of the filter or valve shown in Fig. 1.

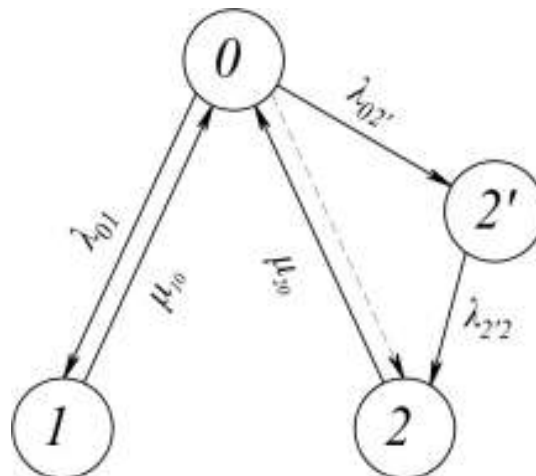


Fig. 1. Marked chart of conditions and transitions of nozzle into various possible conditions:

«0» – not-working condition;

«1» – working condition due to the filter failure;

«2» – working condition due to the failure of valve;

«2'» – intermediate condition falsely introduced for simplify the calculations.

Changes in working conditions of the nozzle from working to not-working conditions shall be estimated by the flow of processes:

λ_{01} – failure rate due to clogged filter;

μ_{10} – failure rate due to change of filer;

μ_{20} – restoration rate when repairing (cleaning) valve, change of the spring;

$\lambda_{02'}$ – failure rate due to the transition from working into intermediate condition;

$\lambda_{2'2}$ – failure rate due to the transition from intermediate into the condition of failure valve.

The feature of the built chart is that it has fictitious interval – condition "2". Entering this condition due to the need for further mathematical description of the behavior of systems within Markov process [11]. No exposition of the transition of the nozzle into the not-working condition during the formation of valve failures associated with that failure of intensity changes of its value during the operation. This is an evident with decreasing periods of normal operation of the valve (Fig. 2) [10]. As the time between periods of normal operation of the valve is gradually reduced. In case the failure rate to workability, due to fixing the valve, there was a direct transition into working with condition "0" to incapacitated "1" (indicated by the dotted line).

The introduction of additional intermediate condition "2" due to reasonability to simplify the task of mathematical description of system behavior (nozzle) during the transition from the working condition to failure, the cause failures of the valve. No exposition of this process with variable failure rate, depending on the time, replaced by two processes of transition to the intermediate state and then in the intermediate state failures "2". This artificial method opens up the possibility to solve the task within the Markov model [12, 13]. Thus, for models with increasing intensity of failures (wearing out) it is possible to implement Erlangian distribution. Then the time to failure because of failures of the valve is divided into two random transition from exponential distribution: one with option $\lambda_{02'}$, and the second with $\lambda_{2'2}$.

The built charts opens the possibility of drafting stochastic differential equations of dynamic equilibrium probabilities of states and transitions of nozzles in various possible conditions (Kolmahorov equations).

Presented stochastic differential equations consist of equations that fully describe the behavior of the nozzle and when solving presents a mathematical model that includes real operation period with normal work and recovery in case of failure. The model has scientific and practical value for the establishment of reliable indicators nozzle.

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

Where: $P_0(t)$ - probability of working condition;
 $P_1(t)$ - probability of filter failure;
 $P_2(t)$ - probability of valve failure;
 $P_{2'}(t)$ - probability of intermediate condition;
 t – operation time.

It is just to consider a provision that the sum of the probabilities of all possible conditions of nozzle always is one. That is, we can write:

$$\sum_{i=1}^2 P_i(t) = 1,$$

or in details we shall have:

$$P_0(t) + P_1(t) + P_{2'}(t) + P_2(t) = 1. \quad (2)$$

The give equation is a norm condition for the normal functioning of nozzle. It connects all probability conditions and can serve as an additional system of equations (1). Then the opportunity to replace any system of equations (1) to norm condition (2). It is advisable to perform such a substitution with respect to the intermediate condition equation. We can replace the third equation to a norm condition. Then we have:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dP_0(t)}{dt} = -\lambda_{01} \cdot P_0(t) + \mu_{10} \cdot P_1(t) + \mu_{20} \cdot P_2(t) - \lambda'_{02} \cdot P_0(t); \\ \frac{dP_1(t)}{dt} = \lambda_{01} \cdot P_0(t) - \mu_{10} \cdot P_1(t); \\ P_0(t) + P_1(t) + P_{2'}(t) + P_2(t) = 1; \\ \frac{dP_2(t)}{dt} = \lambda_{2'2} \cdot P_{2'}(t) - \mu_{20} \cdot P_2(t). \end{array} \right. \quad (3)$$

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. 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.

Список літератури

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. Савченко В.М. Формальні моделі для регулювання мікроклімату в теплицях [Текст] / В.М.Савченко, С.В. Міненко, О.А. Махов //Формування конкурентоспроможної економіки: теоретичні, методичні та практичні засади: матеріали II міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. 21-22 Березн. 2013 р. – Тернопіль: Крок – 2013 –с. 87-89.
4. Савченко В. М. Вплив шторних екранів на внутрішню температуру в скляних теплицях [Текст] / В.М. Савченко, 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.
5. Савченко В. М. Стратегії контролю процесами мікроклімату в індустриальних теплицях [Текст] / В.М. Савченко, С.В. Міненко, О.А. Махов // Підвищення надійності машин і обладнання : зб. тез доп. VII Всеукр. наук.-практ. конф. студентів та аспірантів, 3–5 квітня 2013 р. – Кіровоград : КНТУ, 2013. – С. 48–49.
6. Савченко В. М. Вплив культивацийних споруд та технологічних систем на параметри мікроклімату при вирощуванні продукції захищеного ґрунту [Текст] / 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.
7. Міненко С. В. Аналіз залежності інтенсивності продуктивного фотосинтезу від режимів мікроклімату в індустриальних теплицях [Текст] / С.В.Міненко, В.М. Савченко, В.В. Крот // Вісник ЖНАЕУ. – 2016. – № 1 (53), т. 1. – С. 270–276.
8. Міненко С. В. Класифікація способів зняття перегріву рослин в індустриальних теплицях [Текст] / С.В. Міненко, В.М. Савченко, В.В. Крот // Вісник ЖНАЕУ. – 2016. – № 1 (53), т. 1. – С. 276–282.
9. Крот В. В. Дослідження технічного стану автоматизованих систем керування вологістю та охолодженням повітря при вирощуванні продукції захищеного ґрунту [Текст] / В.В. Крот, В.М. Савченко // Підвищення надійності машин і обладнання : зб. тез доп. IX Всеукр. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих учених, 15–17 квіт. 2015 р. – Кіровоград : КНТУ, 2015. – С. 120 – 122.
10. Бойко А.І. Проблеми забезпечення надійності технологічного обладнання при вирощуванні продукції захищеного ґрунту в апк України [Текст] / А.І.Бойко, В.М. Савченко, В.В. Крот // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – 2016. – № 6. – С. 200 – 203.

11. Бойко А.І. Основні несправності форсунок систем автоматизованого контролю вологісними та температурними параметрами повітря в приміщеннях теплиць [Текст] / 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.

12. Ушаков И.А. Курс теории надёжности систем [Текст] / И.А.Ушаков. – М.:Дрофа, 2008. – 240 с.

13. Справочник: Надёжность технических систем. – М.:Радио и связь, 1985. – 606 с.

Анотація

Граф станів і математичне моделювання переходів форсунки в різні можливі стани

Бойко А.І., Савченко В.М., Крот В.В.

В статті відображений граф станів і математичне моделювання переходів форсунок автоматизованої системи контролю вологісними та температурними параметрами повітря в зоні культивуації рослин в умовах захищеного ґрунту в різні можливі стани. Система призначена для створення необхідного мікроклімату в приміщенні промислових теплиць. Завданням роботи є побудова розміченого графу подій, що описує процеси переходу форсунки з роботоздатного в нероботоздатний стан з урахуванням інтенсивності їх протікання за різними причинами та відповідно математичне моделювання переходів форсунки в різні можливі стани.

Аннотация

Граф состояний и математическое моделирование переходов форсунки в разные возможные состояния

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

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