

УДК 631.344.4:62-529

О НАДЕЖНОСТИ НЕКОТОРЫХ ТИПОВ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛИВОМ, ПОДКОРМКОЙ И УВЛАЖНЕНИЕМ ВОЗДУХА

В. А. ВОРОБЬЕВ, Г. П. ДЕГТЕРЕВ, В. Н. ПРЯХИН
(Кафедра электрификации сельского хозяйства)

Создание совершенной автоматизированной системы для управления трудоемкими технологическими процессами в теплицах (поливом, подкормкой, увлажнением воздуха и т. п.) является весьма сложной задачей. Существуют различные способы и методы оценки надежности систем, зависящие от условий проведения испытаний, квалификации обслуживающего персонала, сложности составных элементов системы и т. п. [7, 8]. Однако в ряде случаев необходимо выбрать такую методику и критерии оценки, которые являлись бы универсальными. Это необходимо, например, при сравнении надежности разных типов автоматизированных систем управления поливом, подкормкой и увлажнением воздуха (АСУ ППУ),

работающих в различных условиях испытаний.

В данной работе рассматриваются результаты сравнительного изучения надежности АСУ ППУ, испытываемой:

1) в лаборатории на универсальном стенде [3, 6] в режиме поочередного (последовательного) и избирательного (случайного) обслуживания объектов потребления (теплиц или участков теплиц) с помощью физического моделирования;

2) в открытом грунте (на экспериментальном участке ВСХИЗО) [2]. Здесь посредством системы, в основе которой заложен электрогидравлический распределитель, обеспечивалось поочередное обслуживание объектов потребления;

3) в защищенном грунте (в теплице НИПТИМЭСХ Нечерноземной зоны РСФСР и в теплицах совхоза «Марфино» специализированного производственного объединения «Весна») [5]. Как для поочередного и избирательного обслуживания боксов теплицы НИПТИМЭСХ Нечерноземной зоны РСФСР, так и для поочередного обслуживания секций теплиц совхоза «Марфино» была взята система с электрогидравлическим распределителем типа РГС-12ЭП ВСХИЗО.

Любую из известных отечественных или зарубежных АСУ ППУ, представленную в виде системы массового обслуживания независимо от ее конструктивного исполнения, по нашему мнению, можно отнести к одному из двух типов: М/М/1 или М/М/S [4]. В системе типа М/М/1 с одним обслуживающим прибором в качестве исполнительного механизма, как правило, используется распределительное устройство, а в системе типа М/М/S, имеющей S обслуживающих приборов, применяются электромагнитные клапаны.

При сравнении надежности этих двух типов АСУ ППУ обязательным условием является равенство количества отводов распределителя (вариант М/М/1) и количества электромагнитных клапанов (вариант М/М/S), обеспечивающих тот или иной порядок обслуживания объектов потребления. В зависимости от специфики эксплуатации АСУ ППУ порядок обслуживания объектов потребления может носить либо детерминированный, либо стохастический характер. В сельскохозяйственном производстве наиболее распространены поочередный и избирательный виды обслуживания. Именно поэтому в наших исследованиях были использованы указанные режимы.

В основу сравнения было положено определение для каждого случая доверительных интервалов показателей надежности по результатам испытаний, приведенных в [1]: нижней T_n и верхней T_v границ доверительного интервала наработки на отказ T и ее среднего значения $T_{ср}$ для доверительной вероятности $\gamma=0,8$ при условии, что общая наработка равна t_p , а число отказов n .

Приводим методику расчета некоторых показателей надежности АСУ ППУ, напри-

мер, для работы ее на опытном участке ВСХИЗО (система М/М/1, $\gamma=0,8$, $t_p=370$ ч, $n=2$, обслуживание объектов потребления поочередное):

$$\begin{aligned} 1. k_n &= 2n+2=6; \gamma_n=(1-\gamma):2=0,1; \\ k_v &= 2n=4; \gamma_v=(1+\gamma):2=0,9; \\ k_{ср} &= 2n=4; \gamma_{ср}=0,5; 2t_p=740 \text{ ч}; \\ \chi_n^2 &= 10,6; \chi_n^2=1,064; \chi_{ср}^2=3,36. \end{aligned}$$

$$2. T_n = \frac{2t_p}{\chi_n^2(k_n, \gamma_n)} = 69,5 \text{ ч.}$$

$$3. T_v = \frac{2t_p}{\chi_v^2(k_v, \gamma_v)} = 695,4 \text{ ч.}$$

$$4. T_{ср} = \frac{2t_p}{\chi_{ср}^2(k_{ср}, \gamma_{ср})} = 220,2 \text{ ч.}$$

$$5. \text{Вероятность } T_n < T < T_v = 0,8; \\ \text{Вероятность } 69,5 < T < 695,4 = 0,8.$$

$$6. \lambda_n = 1/T_n = 14,3 \cdot 10^{-3} \text{ 1/ч}; \\ \lambda_v = 1/T_v = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ 1/ч.}$$

$$7. P_n = \exp(-\lambda_n t); \\ P_n = \exp(-14,3 \cdot 10^{-3} t).$$

$$8. P_v = \exp(-\lambda_v t); \\ P_v = \exp(-1,4 \cdot 10^{-3} t).$$

Здесь $k_n, k_v, k_{ср}$ — нижнее, верхнее и среднее значения числа степеней свободы χ^2 распределения; $\gamma_n, \gamma_v, \gamma_{ср}$ — нижнее, верхнее и среднее значения доверительных вероятностей; $\chi_n^2, \chi_v^2, \chi_{ср}^2$ — нижнее, верхнее и среднее значения χ^2 , найденные из приложения 4 [1]; λ_n, λ_v — верхнее и нижнее значения интенсивностей отказов; P_n, P_v — нижнее и верхнее значения вероятностей безотказной работы системы.

Расчет показателей надежности для системы типа М/М/S и других рассматриваемых в данной статье условий испытаний производился аналогичным образом.

Как видно из рис. 1, А и табл. 1, при поочередном обслуживании в работе системы типа М/М/1 было 2 отказа, а при избирательном — 3. Вероятность безотказной работы системы в диапазоне от P_n до P_v (в условиях открытого грунта) при поочередном обслуживании больше, чем при избирательном.

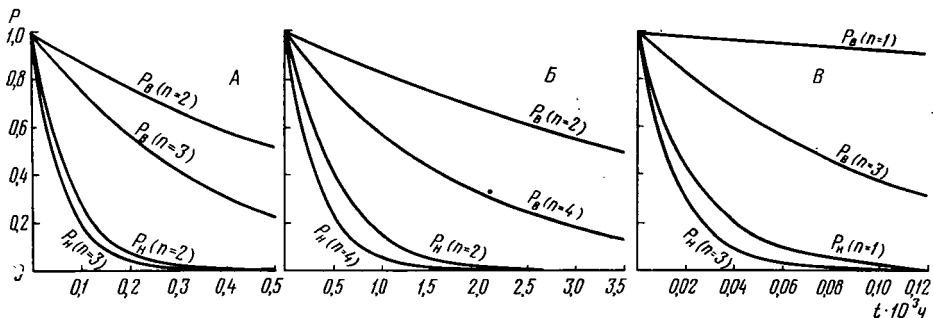


Рис. 1. Изменение вероятности безотказной работы систем с учетом доверительных границ

А и Б — М/М/1 соответственно при испытаниях на опытном участке ВСХИЗО и в теплицах совхоза «Марфино»; В — М/М/S и М/М/1 в теплице НИПТИМЭСХ Нечерноземной зоны РСФСР.

Таблица 2

Показатели надежности системы типа М/М/С
при испытании
на экспериментальном стенде
($\gamma=0,8$; $t_p=50$ ч)

Показатели	Поочередное* обслуживание
n	3
T_H , ч	$0,008 \cdot 10^3$
T_B , ч	$0,046 \cdot 10^3$
$T_{ср}$, ч	$0,019 \cdot 10^3$
P_H	$\text{exp}(-133 \cdot 10^{-3} t)$
P_B	$\text{exp}(-22 \cdot 10^{-3} t)$

* При избирательном обслуживании получены те же значения рассматриваемых показателей, что и при поочередном обслуживании.

версальном стенде) преимуществом по этим показателям обладает работа в режиме поочередного обслуживания объектов потребления. При испытании системы типа М/М/С

Таблица 3

Показатели надежности систем типов
М/М/1 и М/М/С при испытании в теплице
НИПТИМЭСХНЗ ($\gamma=0,8$; $t_p=105$ ч)

Показатели	Поочередное обслуживание М/М/1	Избирательное обслуживание Н/Н/С
n	1	3
T_H , ч	$0,027 \cdot 10^3$	$0,016 \cdot 10^3$
T_B , ч	$0,995 \cdot 10^3$	$0,096 \cdot 10^3$
$T_{ср}$, ч	$0,152 \cdot 10^3$	$0,039 \cdot 10^3$
P_H	$\text{exp}(-41 \cdot 10^{-3} t)$	$\text{exp}(-64 \cdot 10^{-3} t)$
P_B	$\text{exp}(-1 \cdot 10^{-3} t)$	$\text{exp}(-10 \cdot 10^{-3} t)$

(рис. 2, Б и табл. 2) ни тот, ни другой порядок обслуживания требований преимущества не имел.

При сравнении работы систем типов М/М/1 в режиме поочередного обслуживания и М/М/С при избирательном обслуживании объектов потребления в первом случае получены лучшие данные по всем сравниваемым показателям (рис. 1, В и табл. 3).

Таблица 4

Показатели надежности системы типа М/М/1
при испытании в теплицах совхоза «Марфино»
($\gamma=0,8$; $t_p=3000$ ч)

Показатели	Поочередное обслуживание	Избирательное обслуживание
n	2	4
T_H , ч	$0,564 \cdot 10^3$	$0,375 \cdot 10^3$
T_B , ч	$5,639 \cdot 10^3$	$1,719 \cdot 10^3$
$T_{ср}$, ч	$1,757 \cdot 10^3$	$0,817 \cdot 10^3$
P_H	$\text{exp}(-2 \cdot 10^{-3} t)$	$\text{exp}(-3 \cdot 10^{-3} t)$
P_B	$\text{exp}(-0,2 \cdot 10^{-3} t)$	$\text{exp}(-0,6 \cdot 10^{-3} t)$

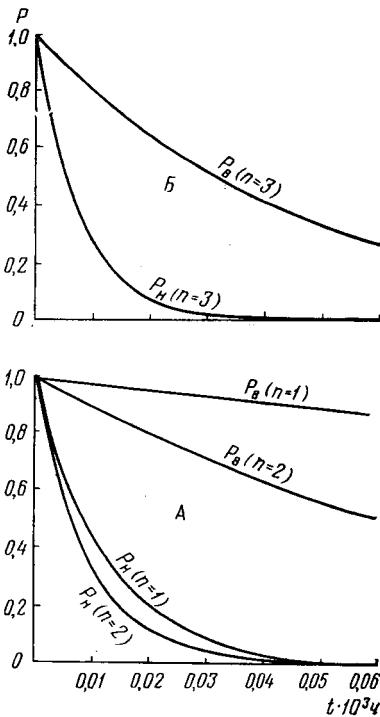


Рис. 2. Изменение вероятности безотказной работы систем с учетом доверительных границ при испытании их на стенде.
А — М/М/1; Б — М/М/С

Из анализа кривых рис. 2, А и данных табл. 1 вытекает, что при испытании системы того же типа в других условиях (на уни-

Таблица 4

Показатели надежности
системы типа М/М/1 при испытании на
экспериментальном участке ВСХИЗО
($\gamma=0,8$; $t_p=370$ ч) и на универсальном
стенде ($\gamma=0,8$; $t_p=50$ ч)

Показатели	Поочередное обслуживание	Избирательно обслуживание
$t=370$ ч		
n	2	3
T_H , ч	$0,007 \cdot 10^3$	$0,055 \cdot 10^3$
T_B , ч	$0,695 \cdot 10^3$	$0,332 \cdot 10^3$
$T_{ср}$, ч	$0,22 \cdot 10^3$	$0,138 \cdot 10^3$
P_H	$\text{exp}(-14,3 \cdot 10^{-3} t)$	$\text{exp}(-18 \cdot 10^{-3} t)$
P_B	$\text{exp}(-1,4 \cdot 10^{-3} t)$	$\text{exp}(-3 \cdot 10^{-3} t)$
$t=50$ ч		
n	1	2
T_H , ч	$0,013 \cdot 10^3$	$0,009 \cdot 10^3$
T_B , ч	$0,474 \cdot 10^3$	$0,094 \cdot 10^3$
$T_{ср}$, ч	$0,072 \cdot 10^3$	$0,03 \cdot 10^3$
P_H	$\text{exp}(-79 \cdot 10^{-3} t)$	$\text{exp}(-106 \cdot 10^{-3} t)$
P_B	$\text{exp}(-2 \cdot 10^{-3} t)$	$\text{exp}(-11 \cdot 10^{-3} t)$

Что касается испытаний системы типа М/М/1 в условиях минерального питания растений, то и здесь поочередное обслуживание секций теплиц гарантирует более надежную работу.

Таким образом, анализ показателей надежности и вероятностных характеристик АСУ ППУ типов М/М/1 и М/М/S в различ-

ных условиях испытаний позволяет отдать предпочтение системе типа М/М/1, работающей в поочередном режиме обслуживания объектов потребления, так как она имеет меньшее количество отказов и большую вероятность безотказной работы системы в диапазоне от P_n до P_v .

ЛИТЕРАТУРА

1. Голинкевич Т. А. Прикладная теория надежности. М.: Высшая школа, 1977. — 2. Пряхин В. Н. Исследование некоторых параметров системы автоматического управления поливом и подкормкой овощных культур в условиях защищенного грунта. — Докл. ТСХА, 1976, вып. 216, с. 120—127. — 3. Пряхин В. Н. Исследование некоторых параметров и режимов работы автоматизированной системы управления орошением с помощью физического моделирования. — Тр. ВСХИЗО, 1977, вып. 144, с. 60—64. — 4. Пряхин В. Н. Возможные варианты автоматической системы управления орошением в условиях защищенного грунта. — Сб. науч.

тр. ТСХА, 1977, вып. 235, с. 170—174. — 5. Пряхин В. Н. Исследование автоматизированной системы управления орошением во взаимосвязи с температурно-влажностными параметрами микроклимата. — Тр. ВСХИЗО, 1979, вып. 154, с. 74—82. — 6. Сабашвили Р. Г., Пряхин В. Н., Никифоров В. С. и др. Стенд для испытания исполнительных механизмов распределительного устройства. Авт. свид. № 612326. Бюл. 23, 1978. — 7. Шмидт Э. П. Натурные испытания электронных приборов М.: Советское радио, 1976. — 8. Шор Я. Б. Статистические методы анализа и контроля качества и надежности. М.: Советское радио, 1962.

Статья поступила 10 января 1980 г.

SUMMARY

The technique of estimating the reliability of two types of automatic control systems for irrigation, dressing and air moistening presented as systems of mass maintenance М/М/1 and М/М/S is discussed in the paper.

A comparative analysis of the systems operating under different testing conditions is conducted by some main reliability characteristics.