**УДК 004.052.42**

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРОГРАММНО-ЛОГИЧЕСКОГО САМОКОНТРОЛЯ ПРИ КОНТРОЛЕ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ**

*© В. А. Бондарев, Д. С. Берестовский*

*Bondarev\_18@bk.ru**,* *dimon\_berestovskiy@mail.ru*

Омский Государственный Технический Университет, Омск, Россия

*Аннотация. В данной работе рассматривается класс автоматизированных систем контроля, предназначенных для контроля бортового радиоэлектронного и пилотажно-навигационного оборудования летательных аппаратов на этапах предполетной подготовки. Представлены способы организации принятия решений по результату контроля параметра на основе программно-логических методов. В качестве программно-логических методов используются полные и усеченные мажоритарные алгоритмы принятия решения «2 из 3-х» и «3 из 5». На основе информационной модели контроля параметра определяются основные критерии достоверности и быстродействия алгоритмов и проводится их сравнительный анализ по данным критериям.*

*Ключевые слова: автоматизированные системы контроля, программно-логические методы, навигационное оборудование.*

**DEVELOPMENT AND RESEARCH METHODS FOR SOFTWARE LOGIC SELF-CONTROL IN HAZARDOUS OBJECTS**

*© V. A. Bondarev, D. S. Berestovskiy*

*Bondarev\_18@bk.ru**,* *dimon\_berestovskiy@mail.ru*

Omsk State Technical University, Omsk, Russia

*Abstract. In this work we consider the class of ground automated control systems, designed to control the avionics and navigation equipment of aircraft at the stages of preflight preparation. The ways of organizing decision-making based on monitoring parameters based on software and logical methods. As software and logical methods used full and truncated majority decision algorithm "2 of 3" and "3 of 5". On the basis of information model of control parameters determine the fundamental criteria of reliability and performance algorithms and performed comparative analysis of these criteria.*

*Keywords: automated control system, software and logical methods, navigation equipment.*

1. Введение

Среди различных способов повышения достоверности систем контроля широко используются программно-логические методы повышения достоверности, позволяющие повышать достоверность результатов контроля при наличии возможных возмущений в работе автоматизированной системы контроля (АСК) в виде сбоев и случайных погрешностей в измерительных каналах. Рассматриваемый класс программно-логических методов основан на использовании избыточной информации, получаемой в результате нескольких повторных циклов контроля параметра. В практике контроля хорошо известны программно-логические методы повышения достоверности на основе применения мажоритарных алгоритмов принятия решений типа «2 из 3-х», «3 из 5».[1] Одним из недостатков подобных алгоритмов является увеличение более чем в два-три раза длительности решения задачи контроля. А для современных систем контроля требование по быстродействию является не менее важным, чем требование по обеспечению соответствующей достоверности. В работе предлагаются усеченные алгоритмы принятия решения на основе алгоритма «2 из 3-х», которые позволяют сократить длительность контроля параметра без значительного проигрыша в достоверности его контроля. К таким алгоритмам относятся следующие: «2 из 3-х А» –в случае получение после первого прогона программы контроля параметра результата «годен», контроль параметра может быть закончен, в противном слуае контроль будет продолжаться по принципу «2 из 3-х» исходного алгоритма; «2 из 3-х Б» – в случае получения первого результата «годен» из трех проверок, контроль заканчивается с решением «годен», в противном случае контроль параметра производится три раза с принятием решения «не годен». Правила усечения, рассмотренные в работе, можно сформулировать и для случая алгоритма принятия решения «3 из 5». В данной статье рассмотрим один из усеченных алгоритмов, полученных из полного алгоритма «3 из 5». Содержание этого алгоритма принятия решения сводится к тому, что контроль параметра заканчивается с решением «годен» при получении двух результатов контроля «годен» при максимальном числе проверок, равном четырем, и с решением «не годен» при получении трех результатов «не годен» из четырех проверок. Назовем этот алгоритм «3 из 5 А».

В дальнейшем проведем сравнительный анализ вышеназванных следующих полных и усеченных алгоритмов принятия решения:

1) алгоритм «2 из 3-х»;

2) алгоритм «3 из 5»;

3) алгоритм «2 из 3-х А»;

4) алгоритм «2 из 3-х Б»;

5) алгоритм «3 из 5 А».

2. Анализ эффективности применения алгоритмов принятия решения

В качестве модели влияния случайных возмущений на результаты контроля параметра для сравнительной оценки эффективности применения различных алгоритмов принятия решения в АСК примем информационную модель бинарного несимметричного канала, которая характеризуется следующими состояниями: *Х* = (, ) – множество состояний контролируемого параметра, причем состояние – параметр в допуске, – параметр не в допуске; *Y* = (, ) – множество состояний результата контроля параметра, – параметр «годен», – параметр «не годен».[2] Данная модель задается вектором априорных вероятностей состояний параметра и матрицей , учитывающей влияние возмущений на работу системы автоконтроля при контроле параметра:

,

 (1)

,

где *Р* – вероятность наличия состояния контролируемого параметра в допуске в момент контроля, при этом предполагается, что состояние параметра не изменяется в течении времени его контроля; , – условные вероятности наличия возмущений в АСК в течении времени одного цикла контроля, приводящие к ошибкам первого и второго рода.

Обозначим , , тогда , . Из данной информационной модели можно получить выражения для показателей достоверности, в качестве которых выбраны условные апостериорные вероятности *Р*(/) и *Р*(/) наличия соответствующего состояния контролируемого параметра при условии, что такое же состояние параметра обнаружено по результатам контроля, определяемые для каждого алгоритма принятия решения следующим образом:

, (2)

 , (3)

где , – эквивалентные условные вероятности ошибок при использовании *i*-го алгоритма принятия решения (*i* = 1,2,…,5); , – показатели достоверности результатов контроля «годен» и «не годен».

Вероятности и могут быть определены в соответствии с *i*-м алгоритмом принятия решения. Например, для алгоритма принятия решения «2 из 3-х» эквивалентные вероятности и , определяются следующим образом:

 = + 2\*\*(1-α),

 (4)

 = \*(1-β).

В силу малости значений *α* и *β* (*α*≪1, *β*≪1), приближенные соотношения для и выглядят следующим образом:

,

 (5)

.

Выбирая в качестве показателя быстродействия контроля среднее время контроля параметра, отнесенное ко времени одной проверки параметра , для алгоритма «2 из 3-х» получим:

. (6)

Из анализа соответствующих алгоритмов принятия решения могут быть получены приближенные выражения для эквивалентных вероятностей и и среднего относительного времени контроля параметра для остальных алгоритмов, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Приближенные выражения для критериев достоверности быстродействия.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Вид алгоритма |  |  |  |
| 0 | нет избыточности |  |  | 1 |
| 1 | «2 из 3-х» |  |  |  |
| 2 | «3 из 5» |  |  |  |
| 3 | «2 из 3-х А» |  |  |  |
| 4 | «2 из 3-х Б» |  |  |  |
| 5 | «3 из 5 А» |  |  |  |

Проведем сравнительный анализ алгоритмов принятия решений по основным показателям – достоверности и времени контроля одного параметра. Для этого преобразуем выражения (2) и (3) к следующему виду:

, (7)

. (8)

Учитывая, что для современных АСК и, можно записать:

, (9)

 . (10)

Из полученных выражений (6) и (7) видно, что соответствует , а соответствует . Итак, сравнение алгоритмов принятия решения по достоверности контроля одного параметра эквивалентно сравнению по условным вероятностям и .

В таблице 2 представлено расположение рассматриваемых алгоритмов принятия решения по результату контроля параметра в порядке убывания показателей достоверности контроля и в порядке возрастания показателя быстродействия, причем алгоритмы принятия решения «2 из 3-х А» и «2 из 3-х Б» по быстродействию близки, но явно не различаются.

Таблица 2 – Упорядочение свойств алгоритмов принятия решения.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| Вид алгоритма |  | Вид алгоритма |  | Вид алгоритма |
| нет избыточночти |  | «3 из 5» |  | «2 из 3-х Б» |
| «2 из 3-х А» |  | «2 из 3-х» |  | «3 из 5 А» |
| «2 из 3-х Б» |  | «3 из 5 А» |  | «3 из 5» |
| «2 из 3-х» | β | нет избыточн. |  | «2 из 3-х А» |
| «3 из 5 А» | β | «2 из 3-х А» |  | «2 из 3-х» |
| «3 из 5» | 3β | «2 из 3-х Б» | α | нет избыточн. |

3. Заключение

Из анализа данных приведенных в таблице 2 можно сделать следующие выводы:

1) для сокращения среднего времени выполнения контроля параметра целесообразно применять усеченные алгоритмы принятия решения;

2)для повышения достоверности (на параметре) целесообразно использовать полные алгоритмы принятия решения;

3) для повышения достоверности (на параметре) целесообразно использовать усеченные алгоритмы принятия решения;

4) выбор конкретного алгоритма принятия решения (на параметре) зависит от требований по достоверности, по длительности контроля и от значения вероятностных характеристик *α*, *β*, *P*.

Библиографический список

1. Сажин, С.Г. *Средства автоматического контроля технологических параметров.* (Лань, СПб.,2014).

2. Чичев, С.И. *Система контроля и управления электротехническим оборудованием подстанций* (Спект, М., 2011).

References

1. Sazhin, S.G. *Means the automatic control of process parameters.* (Lan, St. Petersburg., 2014).

2. Chichewa, S.I. *Systems for monitoring and control of electrical substation equipment* (Spect, M., 2011).