

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2024-45-10-12>

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ИСПРАВНОЙ РАБОТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Богущий В.Б., Шрон Л.Б.

*Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова,
Симферополь, Россия*

Ключевые слова: технологическая система, механическая обработка, граф состояний, потоки отказов, потоки восстановлений, вероятность исправной работы.

Аннотация. В статье рассмотрен порядок определения вероятности исправной работы технологической системы на примере гибкого производственного модуля с агрегатным станком и промышленным роботом, приведен фрагмент алгоритмической MAPLE-реализации вычислений. Проведенный анализ позволил получить значение финальных вероятностей состояний системы и вероятность ее исправной работы.

ASSESSMENT OF THE PROBABILITY OF PROPER OPERATION OF THE TECHNOLOGICAL SYSTEM

Bogutsky V.B., Shron L.B.

*Crimean Engineering and Pedagogical University the name of Fevzi Yakubov,
Simferopol, Russia*

Keywords: technological system, mechanical processing, graph of states, failure flows, recovery flows, probability of proper operation.

Abstract. The article considers the procedure for determining the probability of proper operation of a technological system using the example of a flexible production module with an aggregate machine and an industrial robot, and provides a fragment of an algorithmic MAPLE-implementation of calculations. The analysis made it possible to obtain the value of the final probabilities of the system states and the probability of its proper operation.

Одним из основных критериев выбора технологии производства является снижение затрат на изготовление единицы продукции, например времени на обслуживание технологической системы (ТС). Рассматривая ТС как систему массового обслуживания, можно оценить вероятности ее возможных состояний. В установившемся режиме предельные (финальные) вероятности состояний представляют собой среднее относительное время пребывания системы в том или ином состоянии.

С учетом сопутствующих экономических факторов можно представить критерий оптимальности выбора процесса в виде функционала, включающего средний такт выпуска изделий, приведенные затраты на эксплуатацию те, годовой фонд времени и вероятность исправной работы технологического комплекса (модуля, системы и других единиц технологического оборудования) [1, 2 и др.]. Рассмотрим подход вычисления вероятности исправной работы в терминах теории массового обслуживания на примере процесса механической обработки.

Технологическая система случайным образом может выходить из строя из-за износа или поломки инструмента, остановки станка на обслуживание или из-за выхода из строя его отдельных узлов, поломки приспособления, загрузочного устройства и других узлов ТС. Неисправные узлы ТС восстанавливаются, и система вводится в строй. Будем считать потоки событий, переводящие систему из состояния в состояние простейшими.

Рассмотрим порядок определения вероятности исправной работы ТС на примере ГПМ с агрегатным станком и промышленным роботом. В общем случае размеченный граф состояний системы имеет вид, показанный на рисунке 1.

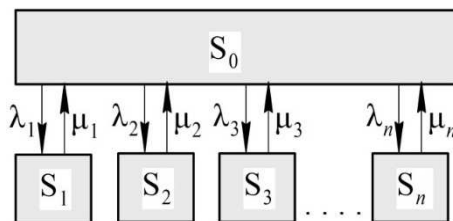


Рис. 1. Размеченный граф состояний: S_0 – исправное состояние ТС, $S_1 \dots S_n$ – неисправные состояния системы, n – число неисправных состояний системы, $\lambda_1 \dots \lambda_n$, $\mu_1 \dots \mu_n$ – потоки и восстановлений

Потоки отказов и потоки восстановлений определяются средним временем отказа – $\lambda_i = \frac{1}{T_i}$ и восстановлений – $\mu_j = \frac{1}{T_j}$ [2, 3], где T_i – среднее значение времени между отказами системы, T_j – среднее значение времени восстановления системы.

Для анализа ГПМ с агрегатным станком и промышленным роботом обозначим: T_n – среднее время между двумя поломками инструмента; T_i – среднее время восстановления инструмента; T_c – среднее время между двумя поломками станка; T_u – среднее время восстановления станка; T_p – среднее время между двумя поломками приспособления; T_v – среднее время восстановления приспособления; T_z – среднее время между двумя отказами загрузочного устройства; T_w – среднее время восстановления загрузочного устройства.

Рассмотрим возможные состояния ТС, образующие полную группу событий: S_0 – система исправна с вероятностью p_0 , работает; S_1 – система неисправна с вероятностью p_1 , поломка инструмента; S_2 – система неисправна с вероятностью p_2 , поломка станка; S_3 – система неисправна с вероятностью p_3 , поломки приспособления; S_4 – система неисправна с вероятностью p_4 , поломка загрузочного устройства. Тогда уравнение для финальных вероятностей состояний системы примет вид:

$$p_0 + p_0 \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{\mu_i} = 1.$$

На рисунке 2 показан фрагмент алгоритмической MAPLE-реализации вычислений приведенного уравнения.

```
> restart;
СМО-ЧПУ_ФИН.mws
> eq:=p[0]+ p[0]*sum('L[i]/M[i]',i'=1..n)=1:
n:=4: Sol:=solve(eq,p[0]):
> # Параметры потоков
Tn:=25: Ti:=1.5: Tc:=5280: Tu:=Tr+To: Tr:=1.48: To:=8.47: Tp:=43254: Ty:=602.4:
Tz:=972: Tw:=103.2: Tr:=1: L[1]:=1/Tp: M[1]:=1/Ti: L[2]:=1/Tc: M[2]:=1/Tu:
L[3]:=1/Tp: M[3]:=1/Ty: L[4]:=1/Tz: M[4]:=1/Tw:
p[0]:=Sol:
po:=.8660999700
```

Рис. 2. Фрагмент MAPLE-реализации вычислений

Проведенный анализ позволил получить значение финальных вероятностей состояний системы и вероятность ее исправной работы.

Список литературы

1. Carmen R.M., Cazorla D., Cuartero F. Improving performance in flexible manufacturing systems // The Journal of Logic and Algebraic Programming. 2009, no. 78, pp. 260-273.
2. Богущий В.Б., Шрон Л.Б. Оценка надежности синтезированного варианта модуля для механической обработки деталей по отказам функционирования // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. – 2018. – № 1 (59). – С. 170-176.
3. Долгин В.П., Харченко А.О. Надежность технических систем: учебное пособие. – М.: Вузовский учебник, ИНФРА-М, 2015. – 167 с.

References

1. Carmen R.M., Cazorla D., Cuartero F. Improving performance in flexible manufacturing systems // The Journal of Logic and Algebraic Programming. 2009, no. 78, pp. 260-273.
2. Bogutsky V.B., Shron L.B. Evaluation of the reliability of the synthesized version of the module for machining parts for failures of functioning // Scientific notes of the Crimean Engineering and Pedagogical University. 2018, no. 1(59), pp. 170-176.
3. Dolgin V.P., Kharchenko A.O. Reliability of technical systems: textbook. – M.: University textbook, INFRA-M, 2015. – 167 p.

Богущий Владимир Борисович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, научно-производственный центр инжиниринговых технологий	Bogutsky Vladimir Borisovich – candidate of technical sciences, senior researcher of the scientific and production center of engineering technologies
Шрон Леонид Борисович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Кафедра электромеханики и сварки»	Shron Leonid Borisovich – candidate of technical sciences, associate professor of the Department of «Electromechanics and Welding»
bogutskivb@yandex.ru	

Received 17.12.2024