

УДК 621.867

## **ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОТОЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИЕЙ**

Солонщиков П.Н., кандидат технических наук, доцент

E-mail: solon-pavel@yandex.ru

Толстоухова И.А., ассистент

Шевченко А.В., ассистент

Кокорина П.П., магистрант

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Вятский государственный агротехнологический университет»,  
г. Киров, Россия

Аннотация. В статье представлена методика оценки работы поточно-технологической линии за счет использования результатов контроля. Рассмотрены вопросы вероятности нахождения линии в каком-либо состоянии в определенное время работы. Потому находящуюся в эксплуатации поточную линию в рассматриваемом смысле можно считать объектом управления, а систему средств контроля с системой восстановления (систему обслуживания) – системой управления эффективностью объекта. Процесс контроля и восстановления эффективности поточной линии является, таким образом, процессом управления эффективностью эксплуатируемой линии. Также предложена функция готовности линии, то есть, нахождение линии в состоянии готовности к использованию и в обслуживании.

Ключевые слова: линия, управление, вероятность, эффективность, действие, состояние, проверка, восстановление, система.

## **JUSTIFICATION FOR THE USE OF CONTROL RESULTS FOR MANAGING A FLOW LINE**

Solonschchikov P.N., candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: solon-pavel@yandex.ru

Tolstoukhova I.A., assistance lecturer

Shevchenko A.V., assistance lecturer

Kokorina P.P., master's student

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Vyatka State Agrotechnological University», Kirov, Russia

Annotation. The article presents a methodology for assessing the operation of a production line through the use of control results. The issues concerning the probability of a line being in a certain state at a certain operating time are considered. Therefore, a production line in operation in the studied sense can be considered as a



control object, and a system of control means with a recovery system (maintenance system) can be considered as a system for managing the object efficiency. The process of monitoring and restoring the production line efficiency is, therefore, a process of managing the operating line efficiency. The authors also propose the function of the line readiness, that is, when the line is in the readiness state for using and maintaining.

Keywords: line, control, probability, efficiency, action, condition, check, recovery, system.

Поточная технологическая линия, находящаяся в эксплуатации, предназначена для выполнения определенных функций. При выполнении своих функций с заданной эффективностью поточная технологическая линия должна находиться в одном из множества допустимых состояний. Поскольку характеристики линии изменяются во времени  $X = f(t)$ , то в процессе эксплуатации изменяется состояние линии  $S_{ti} \neq const$  и изменяется эффективность выполняемых ею функций  $\mathcal{E}_i = const$ . Обычно в процессе эксплуатации линии происходит снижение эффективности ее действий, то есть  $\mathcal{E}_i \rightarrow \min \rightarrow 0$  [1, 2, 3].

Для определения состояния, в котором находится поточная линия, служат системы средств контроля. Данные системы могут фиксировать объект в любом состоянии из теоретически всех возможных.

При помощи системы контроля можно определить, соответствует или не соответствует состояние линии тем состояниям, которые обеспечивают требуемую эффективность ее работы. Если обнаруживается несоответствие состояний, то определяется неисправность, которая вывела линию из допустимого множества состояний. В простых средствах и системах контроля информация обычно выдается в виде показателей режимов работы. В автоматических информационных системах контроля информация, полученная с объекта (технологической линии), обрабатывается системой контроля и выдается в таком удобном виде, что бывает ясно, как обеспечить требуемую эффективность функционирования объекта (технология линии). Решение о стратегии действий над объектом принимается анализирующей подсистемой, которая входит или непосредственно в систему



контроля, или в систему восстановления эффективности объекта. Роль системы восстановления может выполнять специальное устройство или человек-оператор (группа людей) с приданными техническими средствами.

Система восстановления по показаниям системы средств контроля осуществляется переводом объекта в допустимое множество состояний автоматически или ручным способом. При настройке параметров, замене или ремонте блоков (машин, узлов) или всего контролируемого объекта.

Рассмотрим периодический процесс контроля и восстановления эффективности поточной линии. Пусть поле  $(n-1)$ -го контроля и восстановления эффективности линии находится в  $i$ -ом состоянии, а после  $n$ -го контроля и восстановления эффективности – в  $j$ -м состоянии. Этот переход линии в  $j$ -е состояние после  $n$ -ой проверки из  $i$ -го состояния, в котором находилась линия после  $(n-1)$ -ой проверки, вполне вероятен и возможен. Вероятность нахождения линии в  $j$ -м состоянии после  $n$ -ой проверки и восстановления эффективности можно выразить формулой:

$$P_i^{(n)} = \sum_{i=1}^N P_i^{(n-1)} \cdot P_{ij}^{(n)}, \quad (1)$$

где  $N$  – общее число различных состояний поточной линии;

$P_{ij}^{(n)}$  – вероятность перехода линии, которая находится в состоянии  $i$  после  $(n-1)$ -ой проверки и восстановления эффективности, в состояние  $j$ -е после  $n$ -ой проверки и восстановления эффективности (условие вероятности).

В ряде практических случаев можно считать, что  $P_{ij}^{(n)}$  не зависит от предыдущих состояний линий, то есть процесс контроля и восстановления эффективности можно считать марковским процессом (процесс, протекающий в физической системе, называется марковским, если для каждого момента времени вероятность любого состояния в будущем зависит только от состояния



системы в настоящий момент и не зависит от того, каким образом система пришла в это состояние) [4, 5, 6].

При исследовании периодического процесса контроля и восстановления эффективности объекта целесообразно использовать теорию марковских процессов с дискретным временем, полагая, что время между переходами линии из одного состояния в другое постоянно [7, 8, 9, 10, 11]. Тогда вероятность нахождения в  $j$ -м состоянии после 1-ой проверки и восстановления эффективности равна:

$$P_i^{(1)} = \sum_{i=1}^N P_{ij}^{(1)} \cdot P_i^{(0)}, \quad (2)$$

где  $P_i^{(0)}$  – начальная вероятность пребывания объекта в  $i$ -м состоянии, причем

$$\sum_{i=1}^N P_i^{(0)} = 1. \quad (3)$$

Для второй проверки имеем:

$$P_i^{(2)} = \sum_{i=1}^N P_{ij}^{(2)} \cdot \sum_{i=1}^N P_{ij}^{(1)} \cdot P_i^{(0)}. \quad (4)$$

Тогда для  $n$ -ой проверки получим

$$P_i^{(n)} = \sum_{i=1}^N P_{ij}^{(n)} \cdot \sum_{i=1}^N P_{ij}^{(n-1)} \cdot \dots \cdot \sum_{i=1}^N P_{ij}^{(2)} \cdot \sum_{i=1}^N P_{ij}^{(1)} \cdot P_i^{(0)}, \quad (5)$$

где  $P_i^{(0)}$  – обычно записывается в виде матрицы вероятностей переходов

$$\|P_{ij}\| = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12\dots} & P_{1N} \\ P_{21} & P_{22\dots} & P_{2N} \\ \dots & \dots & \dots \\ P_{N1} & P_{N2} & P_{NN} \end{pmatrix}. \quad (6)$$



Таким образом, зная начальное состояние линии  $P_i^{(0)}$ , возможные ее состояния  $N$  и условные вероятности перехода  $P_{ij}^{(n)}$ , можно найти вероятность пребывания линии в любом состоянии для любой проверки и восстановления ее эффективности.

Поэтому находящуюся в эксплуатации поточную линию в рассматриваемом выше смысле можно считать объектом управления, а систему средств контроля с системой восстановления (систему обслуживания) – системой управления эффективностью объекта. Процесс контроля и восстановления эффективности поточной линии является, таким образом, процессом управления эффективностью эксплуатируемой линии.

Для обеспечения максимальной эффективности функционирования поточной линии надо стремиться строить процесс контроля и восстановления эффективности так, чтобы объект находился не только в области допустимых состояний, но чтобы эти состояния были состояниями максимизирующими (минимизирующими) целевую функцию (критерий эффективности). Критерии могут быть качественные, стоимостные, вероятностные и другие. Пусть эффективность работы линии определяется коэффициентом готовности. Определим влияние системы обслуживания на этот коэффициент при непрерывно контролируемой линии.

При исследовании функции готовности линии  $\Phi_z$  интерес представляют случаи, когда линия находится в состоянии готовности к использованию и в обслуживании. Не различая причин, по которым линия находится в обслуживании, и используя аппарат анализа марковских процессов, можно получить выражение для функции готовности линии в виде:

$$\Phi_z(t) = \frac{\mu}{\mu + \lambda} + \frac{\lambda P_z(0) - \mu P_0(0)}{\lambda + \mu} \cdot I^{-(\lambda + \mu)t}, \quad (7)$$



где  $\lambda$  – интенсивность перехода линии из состояния ее готовности к использованию в состояние обслуживания;

$\mu$  – интенсивность перехода линии из состояния обслуживания в состояние готовности к использованию;

$P_z(0)$  – начальная вероятность нахождения линии в состоянии готовности к использованию;

$P_0(0)$  – начальная вероятность нахождения линии в состоянии обслуживания.

В стационарном состоянии  $t \rightarrow \infty$  и  $\Phi_z(t)$  принимает значение, равное коэффициенту готовности  $K_z$ :

$$K_z = \frac{\mu}{\lambda + \mu}. \quad (8)$$

Коэффициент готовности не зависит от того, в каком состоянии находилась линия вначале: в состоянии готовности к использованию или в состоянии обслуживания. При идеальных системах обслуживания  $\mu\lambda$  и  $K_z = 1$ , т. е. используя систему обслуживания, которая быстро находит и устраняет неисправности в линии, можно обеспечить высокую вероятность нахождения линии в состоянии готовности к использованию, а не в состоянии обслуживания. Желательно, чтобы используемая система обслуживания обладала универсальностью, то есть способностью обслуживать несколько видов поточных линий.

#### Список источников

1. Булатов С. Ю. Разработка и совершенствование технологических линий и технических средств приготовления кормов в условиях малых форм



- хозяйствования: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Княгинино : [б. и.], 2018. 412 с.
2. Механизация и технология животноводства / В. В. Кирсанов, Д. Н. Мурусидзе, В. Ф. Некрашевич [и др.]. М. : Колос С, 2007. 584 с.
  3. Мельников С. В Технологическое оборудование животноводческих ферм и комплексов. 2-е изд., перераб. и доп. Л. : Агропромиздат. Ленингр. отделение, 1985. 640 с.
  4. Солонщиков П. Н. Оценка эксплуатационных показателей установки для приготовления жидких кормовых смесей // Вестник Вятского ГАТУ. 2022. № 2 (12).
  5. Модель приготовления кормов в условиях малых форм хозяйствования / С. Ю. Булатов, А. А. Зыкин, В. Н. Нечаев [и др.] // Техника и оборудование для села. 2023. № 4 (310). С. 26–30.
  6. Смелик В. А., Савиных П. А., Киприянов Ф. А. Практическое применение интернет-ресурса погодного сервиса в сельскохозяйственном производстве // АгроЭкоИнженерия. 2022. № 2 (111). С. 116–126.
  7. Солонщиков П. Н., Толстоухова И. А., Шевченко А. В. Устройство для регулирования микроклимата в животноводческих помещениях // Улучшение эксплуатационных показателей сельскохозяйственной энергетики : материалы XVI Международной научно-практической конференции «Наука – Технология – Ресурсосбережение». Выпуск 23. Киров: ВГАТУ, 2023. С. 258–261.
  8. Оценка эффективности внедрения инноваций в кормопроизводстве / П. А. Савиных, Н. А. Медведева, Н. О. Малыгин, С. А. Белозеров // Передовые достижения науки в молочной отрасли. Том 1. Вологда-Молочное : Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина, 2021. С. 79–84.



9. Булатов С. Ю., Семенов С. В. Причинно-следственная диаграмма с положительными и отрицательными обратными связями процесса производства зерновой патоки // Проблемы современной науки и общества: сохранение и развитие наследия Великой Победы. Княгинино : Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, 2021. С. 105–112.
10. Мальцев В. А., Данилова О. С., Булатов С. Ю. Моделирование региональных социально-экономических систем // Экономика и предпринимательство. 2021. № 11 (136). С. 680–685.
11. Булатов С. Ю., Семенов С. В., Сергеев А. Г. Функционально-морфологическая схема установки для приготовления зерновой патоки // Техника и оборудование для села. 2021. № 9 (291). С. 18–22.

