ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1988
Seria: AUTOMATYKA z.95 Nr kol.971

Э.С.Лапин, М.А.Симкин
Свердловский Горный Институт

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОТОЧНЫХ ДИСКРЕТНЫХ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Резюме. В статье, применяя известную марковскую модель со счётным количеством состояний, показано каким образом эта модель может быть применена для описания автоматизированных транспортных систем с последовательной структурой. Полученные результаты дают возможность относительно несложно оценивать эффективность транспортных систем с заделами с определёнными ёмкостями.

Анализ функционирования автоматизированных предприятий с поточными транспортными системами свидетельствует оналичии больших колебаний величины часового поступления транспортируемого материала в систему грузопотоков. Эти колебания являются важным фактором, влияющим на эффективность работы всего предприятия. Поэтому при проектировании системы транспортирования производительность всего входящего в его состав оборудования, как правило, берётся с запасом. Это позволяет компенсировать колебания величины подлежащего транспортированию материала, но в свою очередь влечёт за собой возрастание стоимости капитального строительства и эксплуатации сооружений и самой транспортной системы. Кроме того, при проектировании автоматических поточных систем необходимо также учитывать, что недостаточная эксплуатационная надёжность оборудования будет вносить свои коррективы в технологический процесс, изменяя показатели эффективности поточно-транспортных систем.

Для определения необходимых запасов по производительности оборудования требований к надёжности необходимо сопоставлять затраты на их создание с получаемым от этого полезным эффектом. Для разрешения поставленной задачи целесообразно построение адекватной математической модели функционирования автоматизированных поточно-транспортных систем. На основе такой модели можно произвести оценку эффективности системы грузопотока, выбрать оптимальный ее вариант, параметры технологического оборудования и средства автоматизации.

Представляется целесообразным рассмотрение процесса транспортирования материала от места его производства до складирования как марковского с дискретными состояниями и непрерывным временем. Для оценки (выбора) параметров системы грузопотока необходимо сформулировать показатель эффективности, позволяющий соизмерить результаты, к которым приведёт реализация тех или иных решений с соответствующими затратами. Анализ ветвей грузопотока современных автоматизированных предприятий показывает , что любая из них может быть разбита на типовые узлы вида

$$R^{i-1} \longrightarrow E^{i} \longrightarrow R^{i} \qquad (1)$$

где R^{i-1}, R^{i} – соответственно грузопотоки входной и выходной подсистем транспортной системы;

E^{i} – аккумулирующие емкости, связывающие между собой грузопотоки.

Затраты на строительство и эксплуатацию отдельных ветвей грузопотока практически не зависят друг от друга. Кроме того, любая система транспортирования материала должна быть достаточно надёжной и производительной для обеспечения нормального функционирования предприятия. Следовательно, мы можем не учитывать при моделировании случай одновременного выхода из строя нескольких ветвей грузопотоков. Тогда с учётом аддитивности рассматриваемых отдельных процессов в узлах , общая задача оптимизации сводится к нахождению частных оптимальных решений применительно к каждому типовому узлу.

В качестве критерия оптимальности при выборе варианта и основных параметров автоматизированной системы транспортирования материалов, примем приведённую стоимость затрат , отнесенную к единице времени эксплуатации, и представим его в виде следующей аддитивной функции

$$З = E_H \bar{C}_K + \bar{C}_Э + \sum_{i=1}^{l} (E_H C_{Ki} + C_{Эi} + \Pi_{1i} + \Pi_{2i} + \Pi_{3i}) \longrightarrow \min \qquad (2)$$

где : E_H – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений;

$\bar{C}_K$, C_{Ki} –соответственно стоимость капитальных затрат, не связанных и связанных с транспортированием материала;

$\bar{C}_Э$, $C_{Эi}$ –соответственно стоимость эксплуатационных затрат, не связанных и связанных с транспортированием материала;

Π_{1i} – стоимость затарат, связанных с восстановлением системы грузопотока после возникновения в ней неисправностей ;

Π_{2i}, Π_{3i} –стоимость потерь в объеме производства , являющихся результатом недостаточной надёжности автоматизированного транспортного оборудования и запаса его по производительности для компенсации случайных колебаний количества транспортируемого материала;

l – число ветвей грузопотока.

Построим для каждого узла математическую модель , используя общий метод теории массового обслуживания. Она представляет собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений вида

$$\frac{dP_o(t)}{dt} = -\lambda_1 P_o(t) + \mu_1 P_1(t)$$

....

$$\frac{dP_K(t)}{dt} = -(\lambda_1 + \mu_1)P_K(t) + \lambda_1 P_{K-1}(t) + \mu_1 P_{K+1}(t) \qquad (3)$$

....

$$\frac{dP_n(t)}{dt} = \lambda_1 P_{n-1}(t) - \mu_1 P_n(t)$$

где: λ_1 – интенсивность поступления материала в 1-й узел;
μ_1 – интенсивность выборки материала из аккумулирующей емкости 1-го узла;
n – количество уравнений, определяемое соотношением вместимости аккумулирующей емкости W_δ и количеством материала W_1, выбираемого из нее за один раз;
$P_K(t)$ – вероятность нахождения в емкости ровно к объемов, вмещающихся в выбирающую подсистему.

Характер решения системы дифференциальных уравнений (3) зависит от законов распределения входящего в узел λ_1 и выходящего из узла μ_1 грузопотоков. Интенсивности поступления и выборки транспортируемого материала из аккумулирующей системы могут быть произвольными положительными функциями времени. Они определяются во многом особенностями работы подающей к узлу и выбирающей из него подсистем и вероятностным законом распределения процесса производства транспортируемого материала. В этом случае, когда характер изменения λ_1 и μ_1 может быть аппроксимирован некоторыми типовыми законами распределения, например, пуассоновским, существует аналитическое решение системы (3), и для установившегося режима состояния узла

$$P_K = \frac{(1-\rho)\,\rho^K}{(1-\rho^{n+1})}; \qquad \rho = \frac{\lambda_1}{\mu_1} \qquad (4)$$

Для детерминированного случая в качестве интенсивности потока принимается дельта-функция $\delta(t-t_1)$, описываемая выражениями:

$$\int_0^{t_1} \varphi(t)\cdot\delta(t-t_1)dt = 0$$

$$\int_0^{t_1+\varepsilon} \varphi(t)\cdot\delta(t-t_1)dt = \varphi(t) \qquad (5)$$

где $\varphi(t)$– произвольная непрерывная функция времени.

Решение системы дифференциальных уравнений (3) позволит определить вероятность пребывания узла автоматизированной транспортной системы в любом из возможных состояний. При нахождении узла в состоянии n поступление транспортируемого материала в аккумулирующие емкости прекращается. Считаем, что в этот момент происходит остановка процесса производства материала, подлежащего транспортированию . Следовательно

$$\Pi_{3i} = \lambda_i P_n(t)\, C_T, \qquad (6)$$

где C_T – стоимость единицы объема транспортируемого материала.

Величина $\lambda_i P_n(t)$ характеризует собой разницу в интенсивности между потоком поступления транспортируемого материала к узлу и действительно пропущенным через i –й узел объемом. В частности, для случая пуассоновского закона распределения интенсивностей потоков эта величина в установившемся режиме определяется из выражения

$$\lambda_i P_n = \lambda_i\left(\frac{1-\rho}{1-\rho^{n+1}}\right)\cdot\rho^n \qquad (7)$$

Вторым фактором , определяющим наличие потерь в i –м узле , является поток неисправностей , переводящий его в нерабочее состояние. Разделим неисправности , возникающие в узле, на два типа:

- приводящие к полной остановке узла ,
- приводящие к тому, что интенсивность μ_i становится равной нулю.

Величина стоимости затрат на восстановление работы узла после возникновения неисправностей

$$\Pi_{1i} = (\alpha_{i1} + \alpha_{i2})\, C_P$$

где α_{11}, α_{12} – соответственно интенсивности возникновения неисправностей первого и второго типа в i -ом узле;

C_p – средняя стоимость ремонта оборудования.

При неисправностях первого типа стоимость потерь

$$\Pi_{21} = \alpha_{11} \lambda_1 t_{11} c_T \qquad (8)$$

где t_{11} – среднее время устранения неисправностей.

В случае возникновения неисправностей второго типа , решаем систему (3) при $\mu_1 = 0$ и получаем

$$\Pi_{21} = \alpha_{12} \lambda_1 P_n(t) c_T t_{12} \qquad (9)$$

Таким образом , на основе предлагаемого подхода становится возможным при решении задачи определения эффективности вариантов дискретных автоматизированных поточных транспортных систем произвести ее декомпозицию и свести процедуру оценки эффективности к решению ряда однотипных , сравнительно простых систем дифференциальных уравнений.

Recenzent:Dr hab.inż.J.Kałuski

Wpłynęło do Redakcji do 1988-04-30.

METODYKA OCENY EFEKTYWNOŚCI SZEREGOWYCH DYSKRETNYCH ZAUTOMATYZOWANYCH SYSTEMÓW

S t r e s z c z e n i e

W pracy stosując znany powszechnie model markowski z przeliczalną liczbą stanów, pokazano w jaki sposób może on być stosowany do opisu zautomatyzowanych systemów transportowych o strukturze szeregowej. Otrzymane rezultaty dają możliwość w prosty sposób oceny efektywności układów transportowych z buforami o określonych pojemnościach.

METHODOLOGY OF EFFICIENCY ESTIMATION FOR SEQUENTIAL DISCRETE AUTOMATED SYSTEM

S u m m a r y

Markovian model with countable number of states has been used to describe automated transport system with sequential structure.

The results obtained by application of this model enable to estimate efficiency of transport systems with buffers of given capacity.