

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ МАНИПУЛЯТОРА
ДЛЯ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

С целью определения рациональных режимов функционирования манипулятора при выполнении операций сортировки, пакетирования, подачи лесоматериалов на лесных складах различного назначения выделим структурные элементы: механическую часть, гидросистему, электросистему.

Установим состояния, в которых может находиться манипулятор в процессе работы: простой по организационным и технологическим причинам (S_0); простой по техническим причинам (поломка элементов) (S_2); состояние работы, при котором манипулятор выполняет свою функцию (S_1).

Получение аналитических выражений, описывающих процесс функционирования манипулятора, возможно, если потоки обслуживаемых лесоматериалов и его отказов относятся к простейшим [1].

Приведем анализ выполнимости данного положения.

В простейшем потоке интервал времени τ между соседними поступлениями (циклами) должен быть распределен по показательному закону

$$p(t) = \lambda e^{-\lambda t}, \quad \lambda = 1/\bar{t},$$

где λ — интенсивность потока; $\bar{t}$ — среднее значение интервала времени τ .

Причем $\sigma_\tau = \bar{t}$.

Согласно проведенным наблюдениям, а также результатам работ [2, 3], интервалы между поступлениями лесоматериалов и продолжительность цикла обслуживания строго не распределены по показательному закону, а, как правило, согласуются с законом распределения Эрланга:

$$p(t) = \frac{(\kappa \Lambda_\kappa)^\kappa}{(\kappa - 1)!} t^{\kappa-1} e^{-\kappa \Lambda_\kappa};$$

$$\Lambda_\kappa = \frac{\lambda}{\kappa} \quad \text{при} \quad \sigma_\tau = \frac{1}{\sqrt{\kappa \Lambda}}$$

Параметр κ как "мера последствий" составит

$$\kappa = \left(\frac{1}{\sigma_\tau \Lambda} \right)^2$$

и численно находится в диапазоне 2—10.

Отметим, что параметр κ имеет большие значения для цикла обслуживания лесоматериала манипулятором ($\kappa = 8 \dots 10$). Увеличение параметра κ приводит к уменьшению σ_τ и ведет к повышению стабильности процессов поступления лесоматериалов и ее обслуживания (сортировки, пакетирования, подачи), что в итоге положительно влияет на производительность.

Простейший поток предусматривает отсутствие последействия, т.е. независимость поступления лесоматериалов или циклов их обслуживания манипулятором.

Процесс производства круглых лесоматериалов равно как и других лесоматериалов, их сортировки, пакетирования или подачи не может выполняться со значениями циклов менее $\tau^{\min}$, т.е. отсутствует условие $\tau \rightarrow 0$. А так как $\tau^{\min}$ сравнима по значению с t , поскольку $\sigma_\tau < \bar{t}$, то между продолжительностями циклов имеется зависимость и условие отсутствия последействия строго не выполняется.

При работе с лесоматериалами малых объемов манипулятор осуществляет захват и укладку нескольких единиц. Учитывая, что среднее число захватываемых лесоматериалов отличается малым значением дисперсии (близким к 1), можно принять поток лесоматериалов ординарным.

Если рассматривать стационарность потока, то следует отметить, что, как свидетельствуют результаты наблюдений за производством рудничной стойки и работой манипулятора, при $t < T_{cm}$ $\lambda = \lambda(t)$.

При $t > T_{cm}$ можно принимать $\lambda = \text{const}$.

Поток отказов, вызванных техническими поломками, можно с высокой достоверностью принять простейшим [3, 4].

Процесс восстановления определим как обслуживание наступивших отказов, или ремонт манипулятора. Продолжительности циклов ремонтов не могут иметь значения менее $\tau^{\min}$, т.е. отсутствует условие $\tau \rightarrow 0$, и они подчиняются закону распределения Эрланга с параметром $k = 2-3$ [2].

Согласно сформулированным положениям, схема состояний манипулятора с возможными переходами (рис. 1) с учетом выделенных структурных элементов представлена на рис. 2.

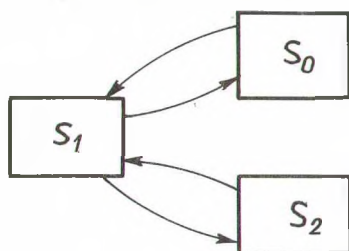


Рис. 1. Схема состояний манипулятора.

Здесь $S_{21} - S_{23}$ — соответственно состояние простоя по причине поломки механической части, гидросистемы и электросистемы.

Параметры, определяющие происходящие процессы: λ — интенсивность поступления лесоматериалов к манипулятору; $\lambda_1 - \lambda_3$ — соответственно интенсивность наступления отказов механической части, гидросистемы и электросистемы; μ — интенсивность выполнения цикла манипулятора; $\mu_1 - \mu_3$ — соответственно интенсивность проведения ремонтов механической части, гидросистемы и восстановления работоспособности электросистемы.

Параметры λ_i, μ_i устанавливаются из зависимостей

$$\lambda_i = 1/t_i^n ; \mu_i = 1/t_i^0 \quad i = 0, 1, 2, 3,$$

где t_1^n, t_2^n, t_3^n — соответственно средние значения интервалов между поступлениями рудничных стоек, наступлением отказов механической части, гидросистемы, электросистемы; t_1^o, t_2^o, t_3^o — средние продолжительности циклов обслуживания рудничных стоек, восстановления работоспособности механической части, гидросистемы и электросистемы.

Из положений [1] модель функционирования системы "поток лесоматериалов — манипулятор" будет следующей:

$$\begin{cases} dP_0/dt = -\lambda P_0 + \mu P_1; \\ dP_1/dt = -(\mu + \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3) P_1 + \mu P_0 + \mu_1 P_{21} + \mu_2 P_{22} + \mu_3 P_{23}; \\ dP_{21}/dt = -\mu_1 P_{21} + \lambda_1 P_1; \\ dP_{22}/dt = -\mu_2 P_{22} + \lambda_2 P_1; \\ dP_{23}/dt = -\mu_3 P_{23} + \lambda_3 P_1; \\ \sum_{i=0}^2 \sum_{j=0}^3 P_{ij} = 1. \end{cases}$$

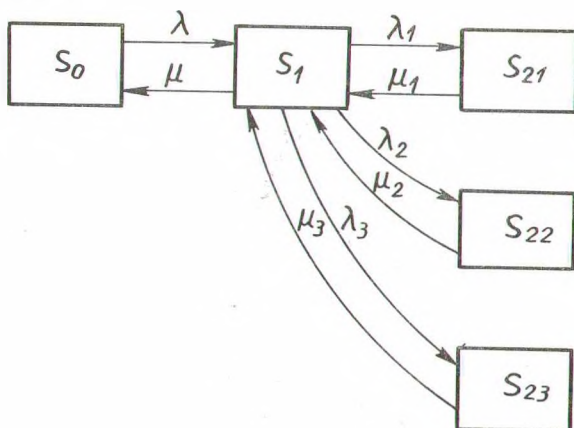


Рис. 2. Схема состояний манипулятора с учетом составляющих структурных элементов.

С учетом $\lambda_i = \lambda_i(t)$; $\mu_j = \mu_j(t)$ значения вероятностей состояний ищутся в виде

$$P_{ij} = C_{11} e^{r_1 t} + C_{12} e^{r_2 t} + C_{13} e^{r_3 t} + C_{14} e^{r_4 t},$$

где C_{1k} — постоянные; r_k — корни характеристического уравнения.

При условии установившейся эксплуатации и периоде работы $T \gg \tau_{\max}$ протекание процесса с манипулятором будет характеризоваться $P_{ij} \rightarrow \text{const}$. Для по-

лучения аналитических зависимостей примем $P_{ij} = \text{const}$. Тогда из системы уравнений вероятности состояний P_{ij} определяются из зависимостей;

$$P_0 = \frac{1}{R} \cdot R = 1 + \frac{\lambda}{\mu} \left(1 + \frac{\lambda_1}{\mu_1} + \frac{\lambda_2}{\mu_2} + \frac{\lambda_3}{\mu_3} \right);$$

$$P_1 = \frac{\lambda}{\mu} \cdot \frac{1}{R}; \quad P_{21} = \frac{\lambda \lambda_1}{\mu \mu_1} \cdot \frac{1}{R};$$

$$P_{22} = \frac{\lambda \lambda_2}{\mu \mu_2} \cdot \frac{1}{R}; \quad P_{23} = \frac{\lambda \lambda_3}{\mu \mu_3} \cdot \frac{1}{R}.$$

Отыскание рациональных режимов работы системы "поток лесоматериалов—манипулятор" предусматривает выполнение условия

$$\Phi = \{1 - P_1\} \rightarrow \min.$$

Управляемыми в процессе эксплуатации будут параметры $\lambda, \mu, \mu_1, \mu_2, \mu_3$.

ЛИТЕРАТУРА

1. О в ч а р о в Л.А. Прикладные задачи теории массового обслуживания. — М.: Машиностроение, 1969. — 230 с.
2. М а л а ш е н к о В.А., Т у р л а й И.В., Т и т о в А.В. Манипулятор для сортировки крепежных лесоматериалов. — Уголь Украины, 1984, № 12, с. 27—30.
3. Т у р л а й И.В. Вопросы анализа систем массового обслуживания лесозаготовок с учетом надежности механизмов. — Лесн. журн., 1975, № 2, с. 130—134.
4. Т у р л а й И.В. Исследование лесозаготовительных систем с наипростейшими процессами методом статистического моделирования на ЭВМ. — Лесн. журн., 1975, № 6, с. 128—133.