УДК 630*03

И. В. Турлай, доцент; А. Н. Волчков, магистр

МОДЕЛЬ РАБОТЫ ЛЕСОСКЛАДСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Universal model of the functioning the system of the equipping the timber storehouse is designed.

Основная часть оборудования лесных складов работает с запасами. Моделирование таких систем, с учетом их надежности, представляет определенные сложности из-за большого количества возможных состояний.

С целью разработки универсальной математической модели функционирования лесоскладского оборудования принята многомашинная система.

Выделены следующие основные состояния данной системы:

S_0 – оборудование системы исправно, но простаивает из-за отсутствия сырья (под сырьем понимаются для кранов – пакеты хлыстов, автоматизированных установок – хлысты, сортировочных транспортеров – сортименты и т. д.);

S_i – i производственных единиц выполняют обработку предмета труда (дерево, хлыст, сортимент и т. д.), остальные – простаивают (например, в состоянии S_1 одна производственная единица занята обработкой, n-1 – простаивают, где n – количество производственных единиц в системе);

$S_{i,k}$ – отказ k производственных единиц при работе системы в i-том состоянии;

S_n – все производственные единицы находятся в работе;

S_j – все производственные единицы находятся в работе, образуется запас в j-n единиц предметов труда;

$S_{j,h}$ – отказ h производственных единиц при работе системы в j-том состоянии;

S_{n+m} – все производственные единицы находятся в работе, образуется предельный запас в m единиц предметов труда.

Переменные величины варьируются в следующих пределах:

$i = 1, 2, \ldots, n;$

$k = 1, 2, \ldots, i;$

$j = n, n + 1, \ldots, n + m;$

$h = 1, 2, \ldots, n.$

Работа системы с учетом надежности и образования запаса представится схемой состояний (рис.), а также вероятностями соответствующих состояний P, интенсивностями потоков поступления предметов труда λ_1, отказов λ_2, обработки μ_1 и восстановления работоспособности μ_2.

Функционирование производственной системы можно описать системой уравнений

$$\begin{cases} \dfrac{dP_0}{dt} = -\lambda P_0 + \mu_1 P_1, \\ \dfrac{dP_i}{dt} = -P_i\left(\lambda_1 + i\mu_1 + \sum\limits_{t=1}^{i} t\lambda_2\right) - \lambda_1 P_{i-1} - \\ - P_{i+1}(i+1)\mu_1 - \sum\limits_{k=1}^{i} P_{i,k} \times k \times \mu_2, \\ \dfrac{dP_n}{dt} = -P_n\left(\lambda_1 + n\mu_1 + \sum\limits_{t=1}^{n} t\lambda_2\right) - \lambda_1 P_{n-1} - \\ - P_{n+1}(n+1)\mu_1 - \sum\limits_{k=1}^{n} P_{n,k} \times k \times \mu_2, \\ \dfrac{dP_j}{dt} = -P_j\left(\lambda_1 + n\mu_1 + \sum\limits_{t=1}^{n} t\lambda_2\right) - \lambda_1 P_{j-1} - \\ - P_{i+1} n\mu_1 - \sum\limits_{k=1}^{n} P_{j,k} \times k \times \mu_2, \\ \dfrac{dP_{n+m}}{dt} = -P_{n+m}\left(n\mu_1 + \sum\limits_{t=1}^{n} t\lambda_2\right) - \lambda_1 P_{j-1} - \\ - \sum\limits_{k=1}^{n} P_{n+m,k} \times k \times \mu_2, \\ \sum P = 1. \end{cases} \quad (1)$$

При условии моделирования работы системы на протяжении длительного периода времени (год и более) допустимо $P \approx \text{const}$. Принятие данного допущения не превысит ошибки в 8% при технологических ошибках [1]. Тогда система уравнений примет вид

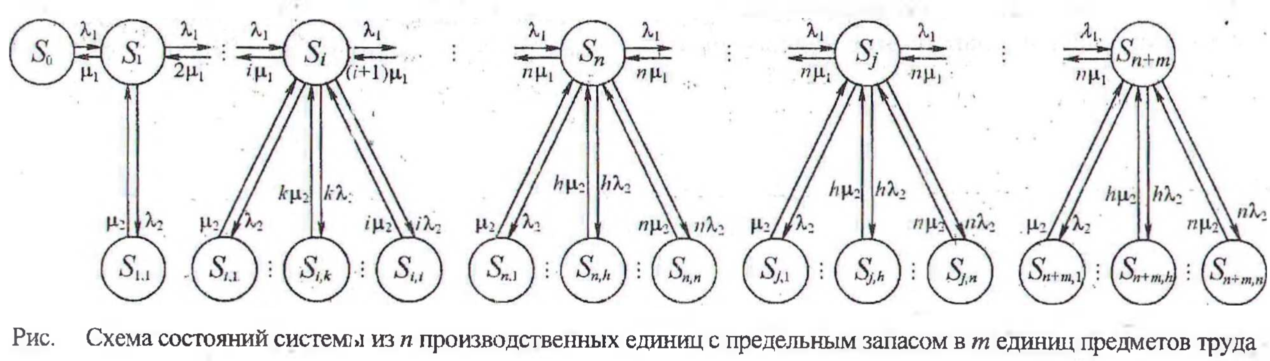

Рис. Схема состояний системы из n производственных единиц с предельным запасом в m единиц предметов труда

$$
\begin{cases}
0 = -\lambda P_0 + \mu_1 P_1, \\
0 = -P_i\left(\lambda_1 + i\mu_1 + \sum\limits_{t=1}^{i} t\lambda_2\right) - \lambda_1 P_{i-1} - \\
- P_{i+1}(i+1)\mu_1 - \sum\limits_{k=1}^{i} P_{i,k} \times k \times \mu_2, \\
0 = -P_n\left(\lambda_1 + n\mu_1 + \sum\limits_{t=1}^{n} t\lambda_2\right) - \lambda_1 P_{n-1} - \\
- P_{n+1}(n+1)\mu_1 - \sum\limits_{k=1}^{n} P_{n,k} \times k \times \mu_2, \\
0 = -P_j\left(\lambda_1 + n\mu_1 + \sum\limits_{t=1}^{n} t\lambda_2\right) - \lambda_1 P_{j-1} - \\
- P_{i+1} n\mu_1 - \sum\limits_{k=1}^{n} P_{j,k} \times k \times \mu_2, \\
0 = -P_{n+m}\left(n\mu_1 + \sum\limits_{t=1}^{n} t\lambda_2\right) - \lambda_1 P_{j-1} - \\
- \sum\limits_{k=1}^{n} P_{n+m,k} \times k \times \mu_2, \\
\sum P = 1.
\end{cases}
\qquad (2)
$$

После ряда преобразований получены следующие расчетные формулы:

$$
P_0 = [1 + \sum_{t=1}^{n-1} \frac{1}{(t-1)!}\left(\frac{1}{t} + \frac{\lambda_2}{\mu_2}\right)\left(\frac{\lambda_1}{\mu_1}\right)^t +
$$

$$
+ \frac{1}{(n-1)!}\left(\frac{1}{k} + \frac{\lambda_2}{\mu_2}\right)\sum_{t=n}^{n+m}\left(\frac{1}{n}\right)^{t-1}\left(\frac{\lambda_1}{\mu_1}\right)^t]^{-1};
$$

$$
P_i = \frac{1}{i(i-1)!}\left(\frac{\lambda_1}{\mu_1}\right)^i \times P_0;
$$

$$
P_j = \frac{1}{j \times n^{j-1}(n-1)!}\left(\frac{\lambda_1}{\mu_1}\right)^t \times P_0;
$$

$$
P_{i,k} = \frac{\lambda_2}{\mu_2} P_i;
$$

$$
P_{j,h} = \frac{\lambda_2}{\mu_2} P_j.
$$

Данные зависимости позволяют получать рациональные значения параметров работы системы лесопромышленного оборудования λ_1, μ_1, μ_2 с варьированием параметров в широких диапазонах.

Литература

1. Турлай И. В., Крек С. М. Моделирование работы валочных, валочно-пакетирующих машин // Труды БГТУ. Сер. II. Лесн. и деревообр. пром-сть. – 2001. – Вып. IX. – С. 7–13.