

УДК 630\*363

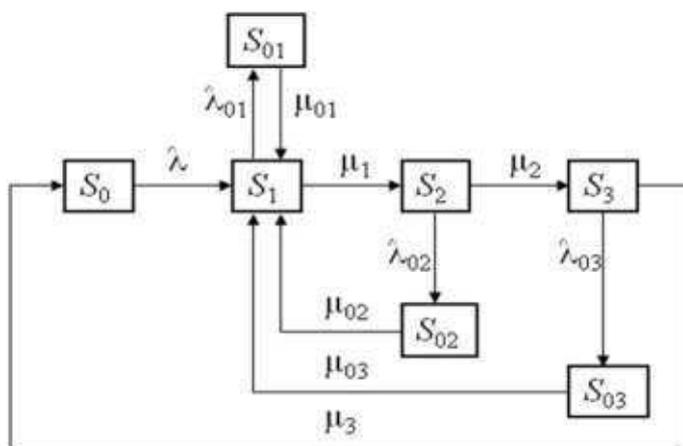
Е. А. Леонов, ст. преп., канд. техн. наук;  
 В. В. Игнатенко, доц., канд. физ.-мат. наук;  
 Д. В. Клоков, доц., канд. техн. наук  
 (БГТУ, г. Минск)

### МОДЕЛЬ РАБОТЫ РУБИЛЬНОЙ МАШИНЫ С УЧЕТОМ ОТКАЗОВ

Современные лесные машины представляют собой сложные системы. При этом значительное внимание уделяется вопросу установления рациональных параметров их работы, что обеспечит в дальнейшем эффективность функционирования таких машин [1].

Проанализируем работу рубильной машины с целью разработки модели ее функционирования и нахождения некоторых рациональных параметров. Предположим, что цикл работы такой машины можно разбить на  $n$  «элементарных циклов»: захват сырья и подачу его в рубильный узел, измельчение древесины и выброс щепы.

Каждая фаза характеризуется индивидуальным временем обработки сырья с параметрами соответственно  $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ . Функционирование рубильной машины можно описать системой дифференциальных уравнений Колмогорова (1), полученных на основании размеченного графа состояний (рис. 1), где  $P_0(t), P_i(t), P_{0i}(t), i = 1, 2, \dots, n$  вероятности соответствующих состояний в момент времени  $t$ .



$S_0$  – свободное состояние машины, нет сырья;  $S_1, S_2, S_3$  – состояния обработки древесины по циклам;  $S_{01}, S_{02}, S_{03}$  – состояния отказов по циклам обработки сырья;  $\lambda$  – интенсивность поступления древесины в обработку;  $\mu_1, \mu_2, \mu_3$  – интенсивность обработки древесины по циклам;  $\lambda_{01}, \lambda_{02}, \lambda_{03}$  и  $\mu_{01}, \mu_{02}, \mu_{03}$  – интенсивность отказов машины и ее восстановления в период 1-го, 2-го и 3-го элементарных циклов

Рисунок 1 - Размеченный граф состояний рубильной машины

$$\begin{cases} \frac{dP_0}{dt} = \mu_3 P_3 - \lambda P_0, \\ \frac{dP_1}{dt} = \lambda P_0 + \mu_{01} P_{01} + \mu_{02} P_{02} + \mu_{03} P_{03} - (\lambda_{01} + \mu_1) P_1, \\ \frac{dP_2}{dt} = \mu_1 P_1 - (\lambda_{02} + \mu_2) P_2, \\ \frac{dP_3}{dt} = \mu_2 P_2 - (\lambda_{03} + \mu_3) P_3, \\ \frac{dP_{01}}{dt} = \lambda_{01} P_1 - \mu_{01} P_{01}, \\ \frac{dP_{02}}{dt} = \lambda_{02} P_2 - \mu_{02} P_{02}, \\ \frac{dP_{03}}{dt} = \lambda_{03} P_3 - \mu_{03} P_{03}. \end{cases} \quad (1)$$

Условие нормировки  $P_0 + \sum_{i=1}^3 P_i + \sum_{i=1}^3 P_{0i} = 1$ .

В установившемся режиме работы машины вероятности состояний  $P_0(t), P_i(t), P_{0i}(t), i = 1, 2, \dots, n$  не зависят от времени то есть постоянны, так называемые финальные вероятности. Система уравнений Колмогорова (1) преобразуется в алгебраическую систему, где в левой части вместо производных стоят нули к которой добавляется уравнение нормировки. Решая данную систему, мы найдем финальные вероятности:

$$\begin{aligned} P_0 &= \frac{\mu_3}{\lambda \left[ \frac{1}{AB} (1 + \rho_{01}) + \frac{1}{B} (1 + \rho_{02}) + (1 + \rho_{03}) \right]}, \\ P_1 &= \frac{\lambda}{\mu_3 AB} P_0, \quad P_2 = \frac{\lambda}{\mu_3 B} P_0, \quad P_3 = \frac{\lambda}{\mu_3} P_0, \\ P_{01} &= \rho_{01} \frac{\lambda}{\mu_3 AB} P_0, \quad P_{02} = \rho_{02} \frac{\lambda}{\mu_3 B} P_0, \quad P_{03} = \rho_{03} \frac{\lambda}{\mu_3} P_0, \\ \text{где } A &= \frac{\mu_1}{\lambda_{02} + \mu_2}, \quad B = \frac{\mu_2}{\lambda_{03} + \mu_3}, \quad \rho_{0i} = \frac{\lambda_{0i}}{\mu_{0i}}. \end{aligned}$$

На основании полученных выражений подбираются оптимальные параметры работы рубильной машины.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Клоков Д. В., Леонов Е. А., Турлай И. В. Модель работы форвардера с учетом надежности// Труды БГТУ. 2015. №2: Лесная и деревообработ. пром.-ть. С. 23–26.