

женные высокочастотные составляющие (0,22...0,48 Гц), определяемые возрастом частот воздействия от неровностей волока.

Аналогичным образом происходит изменение крутящих моментов на осях модулей машины и с изменением объема рейсовой нагрузки. Так, при скорости движения 3,1 км/ч, с увеличением объема пачки с 2,2 м³ до 3,2 м³ крутящий момент на оси технологического модуля уменьшается в 1,3 раза, энергетического модуля – в 1,5 раза.

Проведенный комплекс исследований нагруженности трансмиссии колесной трелевочной машины МЛ-126 и анализ полученных результатов показали, что они хорошо согласуются с аналогичными данными для существующих трелевочных машин [2, 3]. Приведенные экспериментальные данные также подтверждают, что полноприводные трелевочные машины работают в сложных условиях эксплуатации, которые необходимо учитывать при проектировании новой лесозаготовительной техники с целью повышения качества ее проектирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жуков А.В., Лой В.Н. Оценка нагрузочных режимов технологического оборудования новой колесной машины МЛ-126 // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – Мн., 2001. – Вып. IX. – С. 27–32.
2. Жуков А.В. Теория лесных машин. – Мн.: БГТУ, 2001:–640 с.
3. Анисимов Г.М. Условия эксплуатации и нагруженность трансмиссии трелевочного трактора. – М.: Лесная промышленность, 1975–168 с.

УДК 630*03

И.В. Турлай, доцент; С.М. Крек, магистр

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ТРЕЛЕВОЧНЫХ МАШИН С ПАЧКОВЫМ ЗАХВАТОМ

The mathematical models of work forestry machines with allowance for of reliability are developed.

Целью данной работы является установление расчетных формул для определения рациональных параметров работы трелевочных машин с пачковым захватом с учетом их надежности. Для данных машин характерны следующие состояния:

- S_0 – машина исправна, простаивает или совершает холостые проезды, но не производит трелевку деревьев (хлыстов);
- S_1 – машина осуществляет трелевку пакета, исправна;
- S_{21} – отказ ходовой части;
- S_{22} – отказ двигателя;
- S_{23} – отказ технологического оборудования;
- S_{24} – отказ гидравлической системы.

В такой модели имеют место два типа потоков: предметов труда и отказов оборудования. Приоритетом пользуется поток отказов, т. к. при их наступлении они «обрабатываются» (ремонт) в первую очередь.

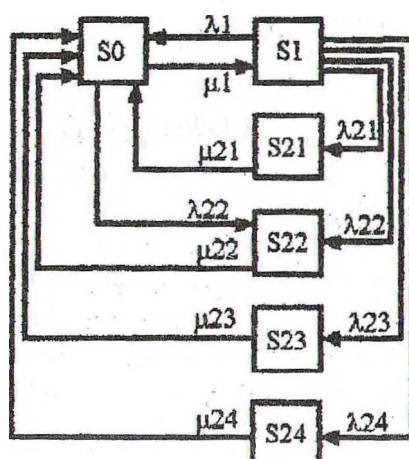


Рис. Схема состояний системы трелевочной машины

Из свободного состояния S_0 в рабочее S_1 система переходит с интенсивностью λ_1 подачи рабочего органа к дереву. Обратный переход осуществляется посредством трелевки деревьев с интенсивностью μ_1 . При наступлении отказа ходовой части система с интенсивностью λ_{21} перейдет из состояния S_1 в S_{21} . После выполнения ремонта с темпом μ_{21} система вернется в состояние S_0 , т. к. ремонт ходовой части осуществляется, как правило, без пакета. Отказ двигателя может привести к переходу в положение S_{22} как из состояния S_0 , так и из S_1 с интенсивностью λ_{22} . После ремонта машина с темпом μ_{22} перейдет в состояние S_0 . Отказ технологического оборудования приведет к переходу в состояние S_{23} из состояния S_1 с интенсивностью λ_{23} . После ремонта система перейдет из состояния S_{23} в S_0 с темпом μ_{23} . Отказ гидросистемы переведет систему из состояния S_1 в S_{24} с интенсивностью λ_{24} . После ремонта система перейдет из состояния S_{24} с темпом μ_{24} в S_0 .

Неизвестные параметры λ_{ij} и μ_{ij} устанавливаются следующим образом:

- $\lambda_1 = 1/t_n$, где t_n – продолжительность времени подачи рабочего органа к пакету деревьев (хлыстов);
- $\mu_1 = 1/t_{ц}$, где $t_{ц}$ – продолжительность цикла трелевки деревьев;
- $\lambda_{21} = 1/t_{21}^{от}$, где $t_{21}^{от}$ – продолжительность между отказами шасси;
- $\mu_{21} = 1/t_{21}^B$, где t_{21}^B – продолжительность восстановления работоспособности шасси;
- $\lambda_{22} = 1/t_{22}^{от}$, где $t_{22}^{от}$ – продолжительность между отказами двигателя;
- $\mu_{22} = 1/t_{22}^B$, где t_{22}^B – продолжительность времени восстановления работоспособности двигателя;
- $\lambda_{23} = 1/t_{23}^{от}$, где $t_{23}^{от}$ – продолжительность времени между отказами технологического оборудования;
- $\mu_{23} = 1/t_{23}^B$, где t_{23}^B – продолжительность времени восстановления работоспособности технологического оборудования;
- $\lambda_{24} = 1/t_{24}^{от}$, где $t_{24}^{от}$ – продолжительность времени между отказами гидравлической системы;
- $\mu_{24} = 1/t_{24}^B$, где t_{24}^B – продолжительность времени восстановления работоспособности гидравлической системы.

Модель функционирования системы будет следующей:

$$\begin{cases} \frac{dP_0}{dt} = -(\lambda_1 + \lambda_{22})P_0 + \mu_1 P_1 + \mu_{21} P_{21} + \mu_{22} P_{22} + \mu_{23} P_{23} + \mu_{24} P_{24}; \\ \frac{dP_1}{dt} = -(\mu_1 + \lambda_{21} + \lambda_{22} + \lambda_{23} + \lambda_{24})P_1 + \lambda_1 P_0; \\ \frac{dP_{21}}{dt} = -\mu_{21} P_{21} + \lambda_{21} P_1; \\ \frac{dP_{22}}{dt} = -\mu_{22} P_{22} + \lambda_{22} P_1 + \lambda_{22} P_0; \\ \frac{dP_{23}}{dt} = -\mu_{23} P_{23} + \lambda_{23} P_1; \\ \frac{dP_{24}}{dt} = -\mu_{24} P_{24} + \lambda_{24} P_1. \end{cases} \quad (1)$$

$$P_0 + P_1 + P_{21} + P_{22} + P_{23} + P_{24} = 1. \quad (2)$$

Так как моделирование и исследование работы бесчokerной трелевочной машины производится на протяжении длительного промежутка времени (месяц, год и т. д.), значения вероятностей P_{ij} будут колебаться относительно определенного среднего значения [1].

Тогда можно допустить, что $P_0 \approx \text{const}$, $P_1 \approx \text{const}$, $P_{21} \approx \text{const}$, $P_{22} \approx \text{const}$, $P_{23} \approx \text{const}$, $P_{24} \approx \text{const}$.

Ошибка при принятии данного допущения не превышает 8% [1].

Тогда система дифференциальных уравнений трансформируется в систему линейных алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} 0 = -(\lambda_1 + \lambda_{22})P_0 + \mu_1 P_1 + \mu_{21} P_{21} + \mu_{22} P_{22} + \mu_{23} P_{23} + \mu_{24} P_{24}; \\ 0 = -(\mu_1 + \lambda_{21} + \lambda_{22} + \lambda_{23} + \lambda_{24})P_1 + \lambda_1 P_0; \\ 0 = -\mu_{21} P_{21} + \lambda_{21} P_1; \\ 0 = -\mu_{22} P_{22} + \lambda_{22} P_1 + \lambda_{22} P_0; \\ 0 = -\mu_{23} P_{23} + \lambda_{23} P_1; \\ 0 = -\mu_{24} P_{24} + \lambda_{24} P_1; \\ P_0 + P_1 + P_{21} + P_{22} + P_{23} + P_{24} = 1. \end{cases} \quad (3)$$

Решая систему уравнений (3) относительно вероятностей состояний $P_0, P_1, P_{21}, P_{22}, P_{23}, P_{24}$, получим выражения для расчета режимов работы машин:

$$P_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1 + \lambda_{21} + \lambda_{22} + \lambda_{23} + \lambda_{24}} P_0; \quad (4)$$

$$P_{21} = \frac{\lambda_{21}}{\mu_{21}} \frac{\lambda_1}{\mu_1 + \lambda_{21} + \lambda_{22} + \lambda_{23} + \lambda_{24}} P_0;$$

$$P_{22} = \frac{\lambda_{22}}{\mu_{22}} P_0 + \frac{\lambda_{22}}{\mu_{22}} \frac{\lambda_1}{\mu_1 + \lambda_{21} + \lambda_{22} + \lambda_{23} + \lambda_{24}} P_0; \quad (6)$$

$$P_{23} = \frac{\lambda_{23}}{\mu_{23}} \frac{\lambda_1}{\mu_1 + \lambda_{21} + \lambda_{22} + \lambda_{23} + \lambda_{24}} P_0; \quad (7)$$

$$P_{24} = \frac{\lambda_{24}}{\mu_{24}} \frac{\lambda_1}{\mu_1 + \lambda_{21} + \lambda_{22} + \lambda_{23} + \lambda_{24}} P_0. \quad (8)$$

Примем, что:

$$\frac{\lambda_{21}}{\mu_{21}} = \rho_{21}; \quad \frac{\lambda_{22}}{\mu_{22}} = \rho_{22}; \quad \frac{\lambda_{23}}{\mu_{23}} = \rho_{23}; \quad \frac{\lambda_{24}}{\mu_{24}} = \rho_{24};$$

$$\frac{\lambda_1}{\mu_1 + \lambda_{21} + \lambda_{22} + \lambda_{23} + \lambda_{24}} = \varphi.$$

Тогда после подстановки в уравнение (2) выражений (4), (5), (6), (7), (8) получим уравнение для расчета вероятности состояния P_0 :

$$P_0 = [1 + \rho_{22} + \varphi(1 + \rho_{21} + \rho_{22} + \rho_{23} + \rho_{24})]^{-1}. \quad (9)$$

Подставив в выражения (4), (5), (6), (7), (8) значение вероятности P_0 , найдем значения вероятностей $P_1, P_{21}, P_{22}, P_{23}, P_{24}$.

Полученные зависимости вероятностей состояний систем, включающих рассмотренные машины, позволяют установить рациональные значения параметров машин. Технология работы с зависимостями следующая. На основе технических характеристик принимается ряд параметров, например $\mu_1, \lambda_{21}, \lambda_{22}, \lambda_{23}$ либо λ_{24} , и из построенных зависимостей устанавливаются искомые параметры. Например, $\lambda_1, \mu_{21}, \mu_{22}, \mu_{23}$ либо μ_{24} .

ЛИТЕРАТУРА

4. Турлай И.В., Крек С.М. Моделирование работы валочных, валочно-пакетирующих и валочно-трелевочных машин // Труды БГТУ. Сер. лесн. и деревообр. пром-сти. –Мн., 2001. Вып. IX. –С. 71–113.