

четании с алмазосодержащим пакетом добавок увеличить ресурс смазки в 1,4–1,7 раза и ее маслоудерживающую способность за счет активации структурообразующих качеств.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гринкевич, К.Э. Трибологические характеристики смазок с нанопорошками дихалькогенидов молибдена и вольфрама / К.Э. Гринкевич [и др.] // Смазочные материалы: тез. 9-ой междунар. науч.-техн. конференции (Бердянск, 4–8 сентября 2006) Изд. Нац. университета «Львівська політехніка». – Львов, 2006. С. 22–24.

2. Жорник, В.И. Влияние твердых наноразмерных добавок на структуру пластичной смазки и механизм изнашивания поверхности трения / В.И. Жорник, А.В. Ивахник, В.П. Ивахник // Механика машин, механизмов и материалов. – 2010. – № 3 (12). – С. 85–92.

3. Жорник, В.И. Структура и свойства пластичной смазки на основе сульфоната кальция / В.И. Жорник [и др.] // Вестник Полоцкого государственного университета, Серия В. Промышленность. – Новополоцк, 2015. – № 11. – С. 63–68.

4. Lubricant oils and greases containing nanoparticle additives: patent WO2006119502 A3 USA, МПК7 C10M159/24 / J.A. Waynick; заявитель Southwest Res Inst. –№ PCT/US2006/017564; – заявл. 03.05.2006; опубл. 08.11.2007.

УДК 621.9.06

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАГРУЗКИ ОБОРУДОВАНИЯ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УЧАСТКОВ

Медведев О.А., Мелешук Д.В.

Брестский государственный технический университет
Брест, Республика Беларусь

Многономенклатурные автоматизированные производственные участки являются эффективным средством повышения производительности труда в условиях мелкосерийного и среднесерийного производства. При большом разнообразии номенклатуры деталей, обрабатываемых на участке, интервалы времени обработки деталей на многоцелевых станках и интервалы времени транспортирования деталей с помощью автоматизированной транспортно-складской системы характеризуются большим рассеянием значений. В этих условиях оценка эффективности работы участка путем построения циклограмм, характерных для оценки работы автоматических линий, с учетом средних значений указанных интервалов приводит к завышенным результатам. При этом не учитываются потери связанные с возможностью одновременного простоя нескольких станков в ожидании загрузки новыми заготовками, а также простои, возникающие из-за неравномерного поступления заготовок. В данной работе рассмотрены возможности использования методов теории массового обслуживания для моделирования и оценки эффективности работы многономенклатурных участков учитывающие стохастический характер времени работы отдельных элементов. Анализ взаимосвязанной работы элементов участков показал, что их можно считать многоканальными двухфазными системами массового обслуживания [1, 2] (первая фаза - транспортирование заготовок к станкам транспортным роботом, вторая - их обработка на станках) с очередями из заготовок перед первой

и второй фазами в виде центрального накопителя, обслуживаемого штабелем, и пристаночных накопителей. Требованиями на обслуживание являются заготовки, поступающие с участка их подготовки.

Теория массового обслуживания позволяет осуществить анализ работы системы при допущениях, что интервалы между поступающими требованиями на обслуживание и интервалы времени обслуживания подчиняются показательному закону распределения. В ряде работ [1, 2] показывается, что к таким условиям системы приспосабливается труднее. Рассчитанная на этот случай, при других распределениях система работает эффективнее. Поэтому, на стадии проектирования участка, когда нет сведений о распределении интервалов времени можно принять гипотезу о показательном законе их распределения.

Так как моменты поступления спутников на обслуживание и моменты окончания обслуживания в каждой фазе случайны, то число спутников, находящихся в обеих фазах обслуживания случайным образом меняется во времени. Поэтому состояние системы $E(i;j)$ в конкретный момент времени можно характеризовать числом заготовок, находящихся в фазе транспортирования - i и в фазе обработки - j . Так как на участке имеется ограниченное число спутников, то система имеет конечное число состояний.

Переход системы из состояния в состояние происходит под действием потока требований на обслуживание и потоков «обслуживаний» в первой и второй фазах. Если интервалы времени между сменой состояний подчиняются показательному закону распределения, то моменты смены состояний распределяются по закону Пуассона и средние интенсивности смены состояний равны плотностям вероятностей соответствующих переходов из состояния в состояние. Среднюю интенсивность λ поступления заготовок с участка их подготовки в центральный накопитель можно определить, поделив единицу на среднее время их подготовки. Аналогично определяются интенсивности окончания обслуживания в первой μ_1 и второй μ_2 фазах. Для наглядного представления всех состояний системы и интенсивностей переходов между состояниями целесообразно составить размеченный граф состояний в виде плоской фигуры, состоящей из прямоугольников или окружностей, соответствующих возможным состояниям участка и стрелок между ними, соответствующих интенсивностям переходов из состояния в состояние.

Определение вероятностей состояний системы осуществляется при помощи дифференциальных уравнений Колмогорова [2], которые связывают вероятности соседних состояний системы и плотности вероятностей переходов между этими состояниями. Уравнение Колмогорова для состояния $E(0;0)$ получается следующим образом. Вероятность $P_{00}(t+\Delta t)$ того, что система в момент времени $t+\Delta t$ будет находиться в состоянии $E(0;0)$ будет равна, сумме двух вероятностей: того, что система уже была в состоянии $E(0;0)$ и за время Δt из него не вышла и того, что система была в состоянии $E(0;1)$ и за время Δt перешла в состояние $E(0;0)$.

Первая из этих вероятностей равна

$$P_{00}(\Delta t) = (1 - \lambda \cdot \Delta t) \cdot P_{00}(t) \quad (1)$$

Вторая вероятность равна

$$P_{01}(\Delta t) = \mu_2 \cdot \Delta t \cdot P_{01}(t) \quad (2)$$

Тогда

$$P_{00}(t + \Delta t) = (1 - \lambda) \cdot P_{00}(t) + \mu_2 \cdot \Delta t \cdot P_{01}(t)$$

После преобразований с учетом того что Δt стремится к нулю получим выражение для производной вероятности P_{00}

$$\frac{dP_{00}(t)}{dt} = -\lambda \cdot p_{00}(t) + \mu_2 \cdot p_{01}(t) \quad (3)$$

Аналогично получаются уравнения для вероятностей других состояний.

Для любой системы с конечным числом состояний, в которой возможен переход из каждого состояния в каждое другое за конкретное число шагов, при длительном функционировании наступает предельный стационарный режим, при котором каждое состояние осуществляется с некоторой постоянной вероятностью. При этом производные вероятностей состояний равны нулю и уравнения Колмогорова превращаются в линейные алгебраические уравнения. Так как интерес представляют показатели работы участка в течение длительного промежутка времени, то определение вероятности состояний системы целесообразно осуществлять для стационарного режима.

Линейные алгебраические уравнения, составленные для всех возможных состояний системы, образуют математическую модель временных связей элементов участка. Они являются однородными и позволяют определить вероятности состояний с точностью до постоянного множителя. Для определения численных значений $P(i,j)$ любое из уравнений системы заменяется нормировочным условием:

$$\sum_{i=1}^{i_{\max}} \sum_{j=1}^{j_{\max}} p_{ij} = 1 \quad (4)$$

Коэффициент загрузки оборудования по времени будет равен сумме вероятностей тех состояний, в которых на обслуживании находится хотя бы один спутник с заготовкой.

Коэффициент загрузки основного оборудования равен:

$$K_c = \frac{n_{cp}}{n} \cdot K_{cm} \quad (5)$$

где n_{cp} – среднее число накопителей, имеющих не менее одного спутника; n – число промежуточных накопителей, равное числу станков; K_{cm} – коэффициент использования станка, при условии постоянной занятости хотя бы одной позиции накопителя.

Значение n_{cp} , при известных вероятностях состояний системы, определяется как сумма произведений числа спутников в накопителе в каждом состоянии системы m_n на вероятность соответствующего состояния системы

$$n_{cp} = \sum_{i=1}^{i_{\max}} \sum_{j=1}^{j_{\max}} m_n \cdot p_{ij} \quad (6)$$

где: $m_n = j$, при $j < n$ или $m_n = n$, при $j \geq n$
Значение $K_{см}$ определяется по формуле

$$k_{см} = \frac{t_{маш}}{t_{маш} + t_{см}} \quad (7)$$

где: $t_{маш}$ - среднее машинное время обработки на одном станке; $t_{см}$ - время смены спутника между столом станка и позицией промежуточного накопителя.

Для определения среднего числа приспособлений – спутников, находящихся между участком их подготовки и станками разработана формула:

$$m_{ср} = \sum_{i=1}^{i_{max}} \sum_{j=1}^{j_{max}} (i + j) \cdot p_{ij} \quad (8)$$

По вероятностям состояний также можно установить требования к интенсивности обслуживания штабелёром, и транспортным роботом для достижения нормативного коэффициента загрузки оборудования по времени.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вентцель Е.С. Исследование операций: М.: Советское радио. 1972
2. Новиков О.А., Петухов С.М. Прикладные вопросы теории массового обслуживания.- М.: Советское радио. 1969.
3. Гибкие производственные комплексы/ Под. ред. П.И. Белянина.-М.: Машиностроение, 1984

УДК 535.016

СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК, ПОДВЕРЖЕННЫХ ЛАЗЕРНОМУ ОБЛУЧЕНИЮ

Гаврилова В.В., Шупан П.И.

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы Гродно,
Республика Беларусь

Лазерное облучение является актуальным методом, позволяющим изменить свойства различных материалов. Характер воздействия лазерного излучения зависит от режимов облучения.

Целью работы является исследование структуры, механических свойств и морфологии поверхности полимерных пленок при воздействии на них лазерного излучения различной плотностью мощности.

Исследуемыми материалами являлись: полиэтилентерефталатная пленка (ПЭТФ ТУ 6-05-1543-87) толщиной 40 мкм, полиэтиленовая пленка (ПЭВД ГОСТ 16338-85) толщиной 100 мкм, полипропиленовая пленка (ПП ГОСТ 26996-86) толщиной 40 мкм. Перед облучением пленочные образцы очищались от загрязнений этиловым спиртом.

Источником излучения являлся рубиновый лазер ГОР-100М, работающий в режиме свободной генерации с длительностью импульса 1,2 м/с. Энергия лазерных импульсов составляла 10, 20, 40 и 50 Дж. Диаметр пятна фокусировки составлял 40 мм.

Исследование структуры поверхности пленок проводили методом ИК-спектроскопии с использованием спектрофотометра SPECORD 75-1R.