лом полуокружности в предыдущем эскизе. В завершении создается еще один эскиз с окружностью на плоской грани среза витка пружины (эта грань лежит в плоскости *ZX* и совпадает с плоскостью эскиза полуокружности, на основе которого была сформирована линия разъема.)

Затем с помощью кинематической операции создается зацеп, в качестве формообразующего эскиза указывается окружность на срезе витка (последний эскиз), а в качестве направляющих – ребро, полученное проекцией полуокружности на поверхность выдавливания, и эскиз полуокружности в плоскости *ZY*. Эскиз полуокружности и ребро, рассекающее поверхность, должны совпадать. Построенный зацеп на конце пружины приведен на рис. 1.

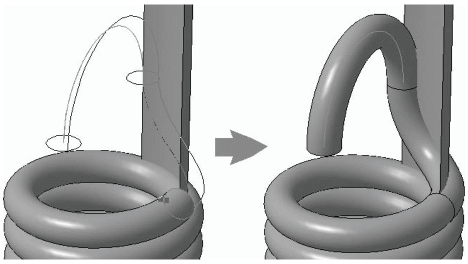

Рисунок 1

Как видим, полученная трехмерная модель пружины является довольно наглядной и соответствует конструктивным требованиям, однако для ее построения используются не только команды системы проектирования КОМПАС, но и теоретические термины и понятия, изучаемые в курсе начертательной геометрии и инженерной графики.

УДК 339.138

Студ. А.В. Ольховик
Науч. рук. доц. В.В. Игнатенко
(кафедра высшей математики, БГТУ)

АНАЛИЗ РАБОТЫ МНОГОМАШИННЫХ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМ БЕЗ ЗАПАСА

Ряд технологических процессов лесосечных и лесоскладских работ осуществляется с применением двух и более машин (станков). Для такой системы построим математическую модель, с помощью методов теории массового обслуживанияпроведем анализ таких систем с принятиемоптимальных решений [1].

Пусть в системе массового обслуживания (СМО) имеется *n* машин (станков). Интенсивность поступления предметов труда λ_1, а интенсивность обработки на одной машине μ_1 (рис. 1).

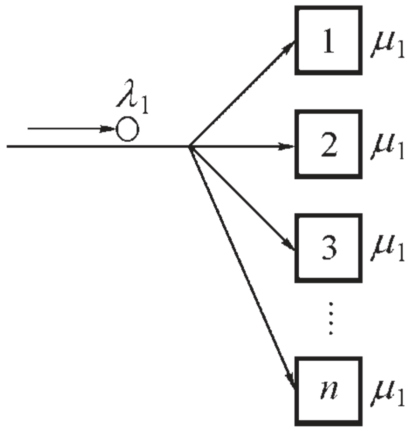

Рисунок 1 – Структурная схема многомашинной лесопромышленной системы

Выделим возможные состояния системы:

S_0– все машины (станки) не работают, нет предметов труда на обработку;

S_1– работает одна машина (станок), остальные простаивают;

S_2– работают две машины, остальные простаивают;

……………………………………………………………………..

S_k– работают k машин, остальные простаивают;

…………………………………………………………………….

S_n– работают все n машин, полная загрузка системы.

Схема (граф) состояний представлена на рисунке 2.

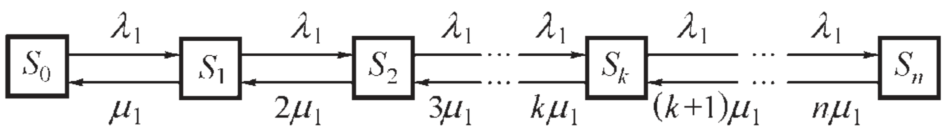

Рисунок 2 – Размеченный граф состояний многомашинной системы без запаса

Слева направо систему в другие состояния переводит поток предметов труда с интенсивностью λ_1.

Определим интенсивность потока событий, переводящих систему справа налево.

Пусть СМО находится в состоянии S_1 (работает одна машина). Тогда, как только закончится обработка предметов труда, система перейдет в состояние S_0. Поток событий, переводящий систему по связи S_1 и S_0, имеет интенсивность μ_1. Если обработкой заняты две машины, поток обработки, переводящий систему по связи $S_2 \to S_1$, будет вдвое интенсивнее ($2\mu_1$). Для n работающих машин $-n\mu_1$.

Пользуясь общими правилами, составим уравнение Колмогорова для вероятностей выделенных состояний:

$$\begin{cases} \dfrac{dP_0}{dt} = -\lambda_1 P_0 + \mu_1 P_0, \\ \dfrac{dP_1}{dt} = -(\lambda_1 + \mu_1)P_1 + \lambda_1 P_0 + 2\mu_1 P_2, \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \dfrac{dP_k}{dt} = -(\lambda_1 + \mu_1)P_k + \lambda_1 P_{k-1} + (k+1)\mu_1 P_{k+1}, \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \dfrac{dP_n}{dt} = -n\mu_1 P_n + \lambda_1 P_{n-1}. \end{cases}$$

В инженерной практике эта система уравнений решается для начальных условий

$$P_0(0) = 1;\ P_1(0) = P_2(0) = \dots = P_n(0) = 0.$$

Для установившегося режима работы ($t \to \infty, P_i = \text{const}$) значения предельных вероятностей состояний определяются из формулы (1).

$$P_0 = \left[1 + \frac{\rho_1}{1!} + \frac{\rho_1^2}{2!} + \dots + \frac{\rho_1^n}{n!}\right]^{-1};$$
$$P_1 = \frac{\rho_1}{1!} P_0; \quad P_2 = \frac{\rho_1^2}{2!} P_0; \tag{1}$$
$$P_n = \frac{\rho_1^n}{n!} P_0; \quad \rho_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1}.$$

При рассмотрении длительного периода работы системы должно соблюдаться условие $\rho_1 \le 1$. Вероятность P_n интерпретируется как вероятность полной загрузки системы из n машин.

Одной из характеристик многомашинной СМО является среднее число машин, занятых обработкой предметов труда. Ее можно вычислить непосредственно через вероятности P_0, P_1, P_2, …, P_n по формуле

$$\bar{n} = 0P_0 + P_1 + 2P_2 + \dots + nP_n$$

как математическое ожидание дискретной случайной величины, принимающей значение 0, 1, 2, …, n с вероятностями P_0, P_1, P_2, …, P_n, Пример. Система включает 4 сучкорезные машины. Интенсивность обработки одного дерева каждой машиной в среднем составляет 0,8 деревьев/мин. Необходимо проанализировать работу такой системы, установить рациональные параметры функционирования.

Используя формулы (1), для рассматриваемой системы из 4-х машин получим следующие расчетные зависимости:

$$P_0 = \left[\frac{\frac{\lambda_1}{\mu_1}}{1!} + \frac{\left(\frac{\lambda_1}{\mu_1}\right)^2}{2!} + \frac{\left(\frac{\lambda_1}{\mu_1}\right)^3}{3!} + \frac{\left(\frac{\lambda_1}{\mu_1}\right)^4}{4!} \right]^{-1};$$

$$P_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1} P_0; \; P_2 = \frac{\left(\frac{\lambda_1}{\mu_1}\right)^2}{2!} P_0; \tag{2}$$

$$P_3 = \frac{\left(\frac{\lambda_1}{\mu_1}\right)^3}{3!} P_0; \; P_4 = \frac{\left(\frac{\lambda_1}{\mu_1}\right)^4}{4!} P_0.$$

Придавая λ_1 различные значения, получим графики зависимости вероятностей P_0, P_1, P_2, P_3, P_4 от интенсивности подачи деревьев на обработку (рис. 3).

При $\lambda_1 = 5$ практически отсутствуют случаи простоя одновременно всех машин ($P \approx 0$). Максимальная загрузка всех машин достигается при $\lambda_1 \approx 6$.

Среднее число машин, занятых обработкой, определяется из формулы (3).

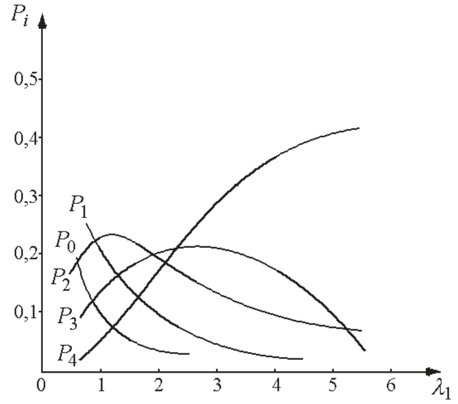

Рисунок 3 - Зависимости вероятностей системы очистки деревьев от сучьев от интенсивности подачи деревьев на обработку

Используя формулы (2), решить задачу установления рационального режима работы системы машин можно исходя из заданного значения вероятности загрузки всех машин P_n. В этом случае параметру P_n придается значение 0,8; 0,9 и т. д. и устанавливается рациональное λ_1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Игнатенко, В. В. Моделирование и оптимизация процессов лесозаготовок: учеб. пособие для студентов специальности «Лесоинженерное дело» / В. В. Игнатенко, И. В. Турлай, А. С. Федоренчик. – Мн.: БГТУ, 2004. – 180 с.

УДК 339.138

Студ. Ю.И. Азаров
Науч. рук. доц. В.В. Игнатенко
(кафедра высшей математики, БГТУ)

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРКА ЛЕСОВОЗОВ ДЛЯ ВЫВОЗКИ ДРЕВЕСИНЫ

На предприятии имеется n лесовозных автопоездов и n_0 лесопогрузчиков, которые осуществляют погрузку хлыстов или сортиментов на эти автопоезда.

Вывозка осуществляется (не ограничивая общности) на три склада A, B, C, которые имеют краны, для выгрузки древесины с автопоездов, в количестве $-n_1$, n_2, n_3 соответственно.

С учетом исходных данных нужно распределить лесовозы между складами таким образом, чтобы количество перевезенной ими древесины было максимальным.

Составим математическую модель процесса перевозки древесины [1]. Исходные данные процесса вывозки древесины приведены в таблице 1.

Таблица 1

Операция	Затраты времени на один цикл		
	A	B	C
Погрузка древесины	$t_п^A$	$t_п^B$	$t_п^C$
Движение автопоезда до склада и назад на погрузочный пункт	$t_а^A$	$t_а^B$	$t_а^C$
Выгрузка древесины	$t_в^A$	$t_в^B$	$t_в^C$
Общее время одного рейса автопоезда	T_A	T_B	T_C

Пусть продолжительность смены равна T. Тогда количество рейсов за смену на один автопоезд будет равно