

## РАЗРАБОТКА БИБЛИОТЕКИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИСКРЕТНОСОБЫТИЙНЫХ ПОТОКОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

*А.С. Никитин, студент гр. 8ТМ91  
Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,  
тел.8(913)8800573  
E-mail: [asn29@tpu.ru](mailto:asn29@tpu.ru)*

Теория расписаний предлагает множество методов планирования цепей поставок на производстве [1]. Важной частью всех алгоритмов планирования являются модели, описывающие временные стадии производственного процесса. Существующие методы построения моделей и их анализа [2] исследуют случаи с постоянным потоком повторяющихся заказов (стационарный поток заказов).

Многие малые и средние промышленные предприятия сталкиваются с задачей планирования производства нестационарного потока заказов. Также современные высокоавтоматизированные предприятия реализуют на одних и тех же производственных мощностях широкий сортамент продукции.

Для решения данной задачи ведётся разработка алгоритмов планирования производственных процессов с нестационарным потоком заказов [3]. В ходе данной работы разработано программное обеспечение для моделирования обработки заказов.

Разработанное ПО имеет ряд возможностей: изменение количества задействованных в производстве агрегатов или увеличение времени обработки заказов в них (моделирование отказов и неисправностей), добавление новых заказов и их маршрутов обработки, моделирование простоя заказов в очередях на обработку, моделирование ограничений по времени на проведение обработки.

При планировании производственных потоков интерес представляет время, затраченное на обработку заказа в производственной установке. Соответственно математическая модель обработки заказа представляет собой  $f(n)$  – функцию времени от количества изделий в транспортной партии.

Моделирование всего производственного процесса основано на потоке событий, где каждое событие – это обработка одного заказа в машине. Расчёт времени события производится по рекуррентной формуле

$$T_i = f_i(n_i) - f_{i-1}(n_{i-1}) + T_{i-1} \quad (1)$$

где  $T_i$  – модельное время для  $i$  события;

$f_i(n_i)$  – математическая модель обработки заказа в установке, т.е. длительность  $i$  события.

Данное выражение основано на следующих соображениях. Обработка заказов на различных машинах происходит одновременно. Обработку заказа нельзя прервать. Установка обрабатывает заказы по очереди без дополнительных задержек, если она исправна. Установка не может обрабатывать два заказа одновременно.

Большинство производственных установок могут выполнять обработку различных типов изделий (несколько «рецептов» обработки) и переключение с одного рецепта на другой требует некоторого времени, соответственно математическая модель приобретает вид:

$$f(n) = t_o(n) + t_n \quad (2)$$

где  $t_o$  – время обработки партии или партий в установке;

$n$  – количество изделий в партии;

$t_n$  – время переключения рецепта.

Если рецепты переключать не требуется время переключения  $t_n = 0$ .

Определены три типа обработки заказов в производственных установках, каждый имеет свою математическую модель.

При потоковой обработке, время обработки всей партии складывается из времён обработки каждого изделия. Математическая модель (2) приобретает следующий вид:

$$f_{II}(n) = t_o + t_n = n \cdot \tau + t_n \quad (3)$$

где  $\tau$  – константа обработки рецепта, т.е. время, которое затратит установка на обработку одного изделия.

При групповой обработке время обработки партииратно количеству обрабатываемых изделий за раз. Математическая модель (2) приобретает следующий вид:

$$f_{I}(n) = t_o + t_n = \left\lceil \frac{n}{m} \right\rceil \cdot \tau + t_n \quad (4)$$

где  $m$  – константа, количество обрабатываемых изделий за раз;

$\tau$  – константа обработки рецепта, т.е. время, которое затратит установка на обработку одной группы  $m$  изделий.

Частное количества пластин в партии и константы количества округляется в большую сторону.

При обработке группой партий время обработки в машине представляет собой константу и определяется только текущим рецептом обработки. Математическая модель (2) редуцируется до следующего вида.

$$f_{III} = t_o + t_n = \tau + t_n \quad (5)$$

где  $\tau$  – константа обработки рецепта, время, которое затратит машина обработку загруженных в неё партий.

Данное программное обеспечение будет использоваться в дальнейшей разработке алгоритмов планирования производственных процессов, что является продолжением исследований, проделанных в [3]. По сравнению с предыдущей моделью уточнены временные характеристики производственного процесса и добавлены новые функции моделирования. ПО закодировано на языке программирования C++17 и собранно в виде динамически подключаемой библиотеки, что значительно облегчает его включение в состав других программных продуктов.

#### **Список литературы:**

1. Аничкин А. С., Семенов В. А. Современные модели и методы теории расписаний // Труды ИСП РАН. 2014. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyye-modeli-i-metody-teorii-raspisaniy> (дата обращения: 27.09.2020).

2. Б.В. Куприянов, Метод эффективного анализа модели рекурсивного конвейерного процесса, Автомат. и телемех., 2017, выпуск 3, 63–79.

3. Никитин А. С. Разработка и реализация алгоритма планирования производственного процесса : бакалаврская работа / А. С. Никитин ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Инженерная школа информационных технологий и робототехники (ИШИТР), Отделение автоматизации и робототехники (ОАР) ; науч. рук. А. А. Филипас. — Томск, 2019.