

Условия сходимости результатов у альтернативных методов моделирования производственных систем

Новичихина Е. Р.

Белорусский национальный технический университет

Объектом исследования являются модели производственных систем (ПС), под которыми понимаются участки или линии обработки деталей машино- или приборостроения. Рассматриваются имитационные модели (ИМ) и модели, построенные по методу динамики средних (ДС).

Цель исследования:

- проверка соответствия результатов моделирования ПС аналитическими и имитационными методами,
- валидация концептуальных моделей.

Под валидацией [1] понимается проверка, соответствует ли концептуальная модель реальной системе для рассматриваемого аспекта и задачи. Другими словами, это проверка: правильно ли мы представляем и формализуем объект моделирования и приемлемы ли принятые допущения. Валидация является одним из этапов оценки адекватности, за которой следуют этапы верификации и анализа точности.

Метод ДС представляется очень удобным для моделирования ПС на уровне анализа рабочих позиций. Этот метод прост и не трудоемок в разработке и программной реализации.

Идея метода динамики средних основана на составлении и решении системы дифференциальных уравнений Колмогорова для так называемого «среднего элемента» системы. Применительно к ПС в качестве такого среднего элемента рассматривается «средний станок», который обладает усредненными характеристиками всех имеющихся в системе станков. Искомые величины в уравнениях – это коэффициенты пребывания «среднего станка» в различных состояниях.

Метод позволяет создать одну универсальную модель для любых ПС с параметрической настройкой на объект и условия путем изменения только исходных данных. Что и было реализовано в рамках комплекса [2].

Состав возможных состояний оборудования ПС известен, устоялся и даже строго регламентирован. Эти состояния – работа (машинное время) и простои по различным причинам. В соответствии со структурой годового фонда времени оборудования граф состояний «среднего станка» в модели содержит 13 вершин. Интенсивности переходов между состояниями рассчитываются из значений среднего времени до наступления каждого состояния и до выхода из него (интенсивность - это величина, обратная времени).

Суть проблемы применения метода ДС заключается в том, что потоки событий в моделируемой системе должны быть пуассоновскими (простейшими). Т.е. время их наступления и длительность должны быть распределены по экспоненциальному закону, причем без смещения, начиная с нуля. Однако известно, что в реальных ПС, особенно автоматизированных, эти условия почти всегда отсутствуют. Так время обработки деталей определяется управляющей программой ЧПУ и внутри партии постоянно. То же самое касается времени установки-снятия, выдачи накопителя и т.п. Период стойкости инструмента чаще всего распределен по нормальному закону. Транспортное обслуживание, хотя часто и подчиняется экспоненциальному закону, но никогда не бывает равным нулю, т.е. имеет какое-то минимальное значение. Оказывается, что только потоки отказов, починок, поступления заказов или отсутствия работы подходят под допущение.

Встает вопрос об адекватности моделей ДС, когда их допущения частично не соответствуют действительности.

Для этого требовалось выявить степень влияния допущений метода ДС на результаты моделирования ПС, а также установить границы применимости метода с учетом требуемой погрешности.

Результаты моделирования по методу ДС сравнивались с результатами работы имитационных моделей (ИМ), использующих различные законы распределения. Для этого были разработаны имитационные модели, которые полностью воспроизводили структуру и переходы графа «среднего станка» в модели ДС. Отличие ИМ от ДС состояло в том, что они могли оперировать любыми законами распределения времен.

Для разработки ИМ был использован специализированный язык GPSS Word, библиотека (PLUS) которого предлагает более 40 различных законов.

Кроме того, результаты работы моделей ДС сравнивались с имеющейся статистикой по эксплуатации 2-х реальных ПС.

Анализируемым показателем ПС и критерием ее эффективности является суммарное время выполнения станком годового планового задания.

За критерий применимости метода ДС было принято отклонение его результатов по коэффициенту загрузки K_z в сравнении с результатами имитационных моделей без допущений не более 1 %.

Исследования показали, что наибольшее отклонение за период 1 год получено в сравнении с результатами ИМ модели, использующей экспоненциальный закон распределения – 0,9%. По соглашению это менее допустимого 1 %. По остальным моделям расхождение составило 0,1-0,3 %.

Для наиболее реалистичных условий с комбинацией детерминированных величин и случайных величин с разными законами отличие результатов составляет 0,3 %, т.е. приемлемо.

Эти результаты хорошо согласуются с имеющейся статистикой по эксплуатации двух реальных ПС: участка токарной обработки ступицы трактора на МТЗ и участка прессования втулок на заводе резинотехнических изделий «БелТат-М». Расхождения составили также менее 1 %.

Т. о., можно утверждать, что метод ДС дает более оптимистическую оценку (занижает) суммарного времени выполнения годового задания. Метод приемлем для моделирования ПС с допустимой погрешностью 1% при условии, что моделируемый период составляет не менее 1 года.

Литература

1. Лоу, А. М. Имитационное моделирование. Классика CS / А. М. Лоу, В. Д. Кельтон. – 3-е изд. – СПб.: Питер, Ктев: ВHV, 2004 – 847 с.

2. Новичихина, Е.Р. Программный комплекс для моделирования производственных систем / Е. Р. Новичихина, П. П. Шардыко // Материалы научн. конф. учащихся, студентов и аспирантов, посвященной 85-летию БНТУ, Минск, 15-17 ноября 2005 г. – Мн.: БНТУ, 2005. – С. 17–21.