

УДК 658.520.011.56

Н.А. Скаткова, канд. техн. наук, старший преподаватель

Севастопольский национальный технический университет,

ул. Университетская, 33, Студгородок, г. Севастополь, Украина, 99053

E-mail: kvt@sevgtu.sebastopol.ua

**ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМОЙ УЧАСТКА
МЕХАНООБРАБОТКИ ПРИ НЕОДНОРОДНЫХ ПОТОКАХ ДЕТАЛЕОПЕРАЦИЙ**

Предлагается метод выбора оптимальных управлений транспортной системой участка механообработки (УМО) при неоднородных потоках деталиеопераций. В основе соответствующей модели принятия решений лежит модель замкнутой многоканальной СМО. Выполнен сравнительный анализ различных дисциплин обслуживания.

Эффективность транспортных систем механообработки можно повысить на основе дисциплин обслуживания с приоритетами при неоднородных потоках деталиеопераций [1,2]. Решение этой задачи является актуальным как точки зрения обеспечения эффективности оперативного управления, так и обеспечения системной совместимости различных иерархических уровней. Синтез эффективных управлений требует построения соответствующих моделей. Целью данной работы является разработка метода построения такой модели и алгоритма поиска решений на её основе. Алгоритмически задача разрешима для любого конечного числа УМО. Процесс транспортного обслуживания при неоднородном потоке деталиеопераций будем аппроксимировать многоканальной СМО. Методика построения модели и её анализ будет проведен для случая, когда число УМО равно трем. На вход системы поступает многомерный простейший поток с интенсивностями $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$. Интенсивность обслуживания требований i -го потока определим как μ_i , а плотность распределения времени обслуживания будем аппроксимировать показательной функцией. Предположим, что $\bar{t}_i$ (средние значения длительности обслуживания требований) и $\bar{t}_i$ (средние значения длительности промежутка времени между требованиями) являются случайными величинами, соответствующими экспоненциальному закону распределения с параметрами λ_i и μ_i . СМО является системой замкнутого типа, циклического действия.

Определим П-дисциплину в системе приоритетов 1, 2, 3: меньший номер соответствует большему относительному приоритету. В этом случае первыми будут обслуживаться требования от УМО₁, затем от УМО₂, а последними – от УМО₃.

Состояние марковского процесса, описывающее поведение данной системы, представим вектором $Z = (Z_1, Z_2, Z_3)$, где $Z_1, Z_2, Z_3 = 0, \bar{3}$, причем $Z_1 \neq Z_2 \neq Z_3$ в случае, если $Z_i \neq 0, i = 0, \bar{3}$ (исключением является состояние марковского процесса, которое описывается вектором $Z = (0, 0, 0)$ и означает, что все УМО свободны). Каждый компонент Z_i соответствует номеру УМО с учетом очередности обращения их к ТС, т.е., например, $Z = (1, 2, 3)$ означает, что ТС занята обслуживанием УМО₁, а требования от УМО₂ и УМО₃ находятся в очереди к ТС. Граф марковского процесса для Б-дисциплины изображен на рисунке 1. Так как число состояний графа конечно и все они достижимы, то существуют финальные вероятности состояний и они не зависят от начального состояния системы.

При определении средних временных задержек в обслуживании УМО из-за конфликтов при обращении к ТС используем вероятности состояний $P(z) = P(i, j, n)$ и граф соответствующих переходов:

$$\begin{aligned} \bar{t}_{ож,1} &= P_{210} \frac{1}{\mu_2} + P_{310} \frac{1}{\mu_3} + P_{231} \left(\frac{1}{\mu_2} + \frac{1}{\mu_3} \right) + P_{213} \frac{1}{\mu_2} + P_{312} \frac{1}{\mu_3} + P_{321} \left(\frac{1}{\mu_3} + \frac{1}{\mu_2} \right); \\ \bar{t}_{ож,2} &= P_{120} \frac{1}{\mu_1} + P_{320} \frac{1}{\mu_3} + P_{123} \frac{1}{\mu_1} + P_{132} \left(\frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_3} \right) + P_{312} \left(\frac{1}{\mu_3} + \frac{1}{\mu_1} \right) + P_{321} \frac{1}{\mu_3}; \\ \bar{t}_{ож,3} &= P_{130} \frac{1}{\mu_1} + P_{230} \frac{1}{\mu_2} + P_{123} \left(\frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} \right) + P_{132} \frac{1}{\mu_1} + P_{231} \frac{1}{\mu_2} + P_{213} \left(\frac{1}{\mu_2} + \frac{1}{\mu_1} \right). \end{aligned}$$

Среднее время использования ТС для обслуживания УМО определяется как

$$\begin{aligned} \bar{T}_1 &= P_{100} \frac{1}{\lambda_1} + P_{120} \frac{1}{\lambda_2} + P_{130} \frac{1}{\lambda_3} + P_{123} \frac{1}{\lambda_3} + P_{132} \frac{1}{\lambda_2}; \\ \bar{T}_2 &= P_{200} \frac{1}{\lambda_2} + P_{230} \frac{1}{\lambda_3} + P_{210} \frac{1}{\lambda_1} + P_{231} \frac{1}{\lambda_1} + P_{213} \frac{1}{\lambda_3}; \\ \bar{T}_3 &= P_{300} \frac{1}{\lambda_3} + P_{310} \frac{1}{\lambda_1} + P_{320} \frac{1}{\lambda_2} + P_{312} \frac{1}{\lambda_2} + P_{321} \frac{1}{\lambda_1}, \end{aligned}$$

а загрузка системы: $\rho = 1 - P(0,0,0)$.

Введение относительных приоритетов процессов модифицирует систему взаимосвязей только между последним и предпоследним уровнями графа, который для этого случая показан на рисунке 2. При использовании относительных приоритетов получаем:

$$\bar{t}_{ож,1} = P_{210} \frac{1}{\mu_2} + P_{310} \frac{1}{\mu_3} + P_{213} \frac{1}{\mu_2} + P_{312} \frac{1}{\mu_3};$$

$$\bar{t}_{ож,2} = P_{120} \frac{1}{\mu_1} + P_{320} \frac{1}{\mu_3} + P_{123} \frac{1}{\mu_1} + P_{132} \left(\frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_3} \right) + P_{312} \left(\frac{1}{\mu_3} + \frac{1}{\mu_1} \right) + P_{321} \frac{1}{\mu_3};$$

$$\bar{t}_{ож,3} = P_{130} \frac{1}{\mu_1} + P_{230} \frac{1}{\mu_2} + P_{123} \left(\frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} \right) + P_{231} \left(\frac{1}{\mu_2} + \frac{1}{\mu_1} \right)$$

и

$$\bar{T}_1 = P_{100} \frac{1}{\lambda_1} + P_{120} \frac{1}{\lambda_2} + P_{130} \frac{1}{\lambda_3} + P_{123} \frac{1}{\lambda_3} + P_{132} \frac{1}{\lambda_2};$$

$$\bar{T}_2 = P_{200} \frac{1}{\lambda_2} + P_{230} \frac{1}{\lambda_3} + P_{210} \frac{1}{\lambda_1} + P_{231} \frac{1}{\lambda_1} + P_{213} \frac{1}{\lambda_3};$$

$$\bar{T}_3 = P_{300} \frac{1}{\lambda_3} + P_{310} \frac{1}{\lambda_1} + P_{320} \frac{1}{\lambda_2} + P_{312} \frac{1}{\lambda_2} + P_{321} \frac{1}{\lambda_1}.$$

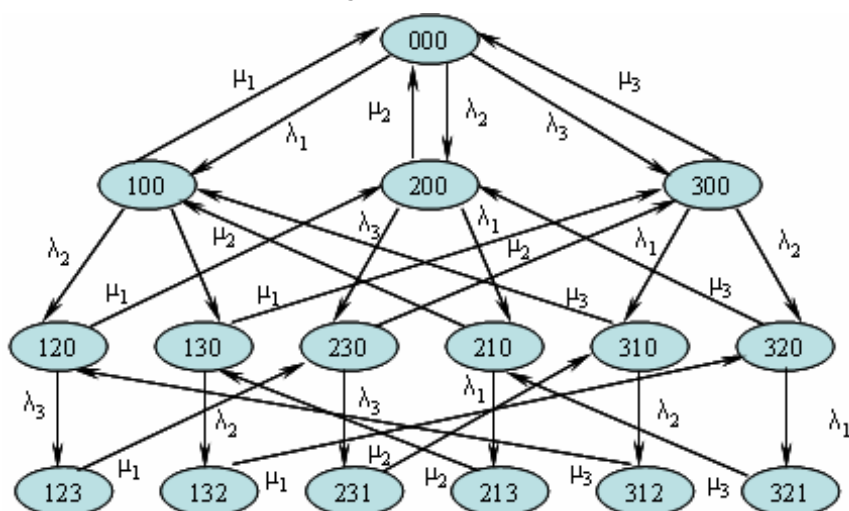


Рисунок 1 – Граф переходов для Б-дисциплины

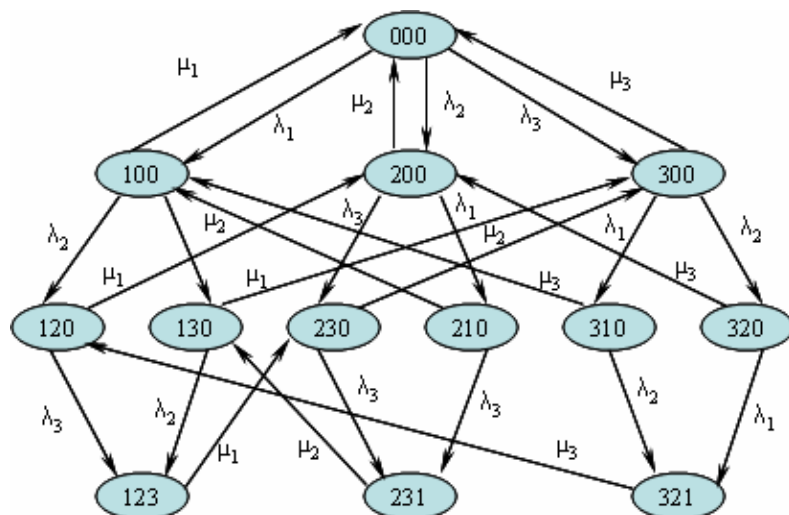


Рисунок 2 – Граф переходов, соответствующий П-дисциплине

Для сравнения эффективности дисциплин обслуживания будем использовать C – целевую функцию, определяющую потери, связанные с простоем оборудования. Ниже выполнен анализ различных типов транспортно-производственных систем с использованием математической системы Mathcad 2000 Professional.

Вариантный анализ дисциплин обслуживания. Вариантный анализ выполнен для различных типов транспортно-производственных систем, отличающихся интервальными значениями интенсивностей запросов узлов механообработки и их транспортного обслуживания. Для различных типов систем вычислены значения коэффициентов простоя, которые характеризуют исследуемые критериальные ситуации. При исследовании эффективности введения приоритетного обслуживания анализ был произведен для различного типа узлов механообработки, каждый из которых отличался собственной производительностью. Отдельно проанализированы ситуации для «медленных» и «быстрых» заготовок. Результаты анализа для различных ситуаций, связанных с принятием решений при неоднородных потоках деталей операций, приводятся далее в таблицах 1–4, которые содержат коэффициент, показывающий относительное снижение функций потерь при введении дисциплин обслуживания с приоритетами.

Таблица 1 – Значения C -критерия для различных критериальных ситуаций («медленные» заготовки)

Параметры ТС	С-критерий	Параметры УМО					Критериальная ситуация
		RL	RM	RH	MH	HL	
L	L	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	I
	M	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	
	H	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	
L	L	0,284	0,341	0,451	0,326	0,326	J
	M	0,255	0,306	0,408	0,293	0,293	
	H	0,224	0,267	0,357	0,256	0,256	
L	L	0,816	0,759	0,649	0,774	0,774	R
	M	0,845	0,794	0,692	0,807	0,807	
	H	0,876	0,833	0,743	0,844	0,844	

Таблица 2 – Значения C -критерия для различных критериальных ситуаций («быстрые» заготовки)

Параметры ТС	Сбпр	Параметры УМО					Критериальная ситуация
		RL	RM	RH	MH	HL	
L	L	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	I
	M	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	
	H	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	
L	L	0,405	0,480	0,605	0,461	0,461	J
	M	0,365	0,436	0,559	0,417	0,417	
	H	0,318	0,383	0,500	0,366	0,366	
L	L	0,695	0,620	0,495	0,639	0,639	R
	M	0,735	0,664	0,541	0,683	0,683	
	H	0,782	0,717	0,600	0,735	0,735	

Таблица 3 – Значения C -критерия для R-ситуации («медленные» заготовки)

Параметры ТС	Спр	Параметры УМО λ				
		RL	RM	RH	MH	HL
μ	L	0,628	0,673	0,771	0,668	0,651
	M	0,606	0,645	0,731	0,641	0,626
	H	0,583	0,615	0,687	0,612	0,600

Таблица 4 – Значения C -критерия для R-ситуации («быстрые» заготовки)

Параметры ТС	Спр	Параметры УМО λ				
		RL	RM	RH	MH	HL
μ	L	0,728	0,799	0,934	0,792	0,764
	M	0,693	0,756	0,881	0,750	0,725
	H	0,655	0,708	0,819	0,703	0,682

Выводы и рекомендации по принятию решений

1. Если не учитывать затраты на соответствующие организационно-технические мероприятия, то введение дисциплины обслуживания УМО с относительными приоритетами оправдано для всех рассмотренных случаев.

2. Наибольший эффект введения такой дисциплины получается при производственно-технической ситуации, связанной с механообработкой партий «быстрых» заготовок (от 10 % до 86 %).

3. При механообработке «быстрых» заготовок введение дисциплин приоритетного обслуживания наиболее оправдано при ТС невысокой производительности, обеспечивающей высокопроизводительное станочное оборудование.

4. При механообработке партии «медленных» заготовок эффективность дисциплины приоритетного обслуживания сравнительно меньше (от 2 % до 22 %), чем в случае «быстрых» заготовок. Наименее оправдано применение приоритетных дисциплин обслуживания при высокопроизводительной ТС, обслуживающей недостаточно производительное станочное оборудование.

5. Отмеченные выводы в части количественных оценок не носят общего характера, но в целом качественно соответствуют отмеченным обстоятельствам использования транспортно-производственных систем.

Для дальнейших исследований в этой области перспективным представляется синтез управлений, повышающих эффективность принимаемых решений в условиях действия различной интенсивности внешних помех. Источником таких помех являются: отказы оборудования, сбои в поставках исходных материалов и иные причины организационного характера.

Библиографический список

1. Козловский В.А. Логистический менеджмент/ В.А. Козловский, Э.А. Козловская, Н.Т. Савруков. — СПб.: Изд-во «Лань», 2002. — 272 с.

2. Савина О.А. Управление промышленными предприятиями с использованием систем поддержки решений / О.А. Савина. — М.: Изд-во МАИ, 2000. — 256 с.

Поступила в редакцию 3.07.2007 г.