

УДК 658.52.011.56

Е.В. Козлова, доцент, канд. техн. наук**Ю.Н. Щепин, доцент, канд. техн. наук***Севастопольский национальный технический университет**ул. Университетская 33, г. Севастополь, Украина, 99053**E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua*

ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ВЫБОРОМ ВАРИАНТОВ СТРУКТУРНО-КОМПОНОВОЧНЫХ СХЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕХАНООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА

Предлагается один из подходов к оптимизации управления выбором вариантов структурно-компоновочных схем технологических процессов механообрабатывающего производства на основе применения модели принятия решения о функциональном распараллеливании схемы технологического процесса.

Ключевые слова: технологический процесс, структурно-компоновочная схема, модель принятия решения, функциональное распараллеливание.

Современное механообрабатывающее производство в условиях рыночной экономики характеризуется многономенклатурностью, мелкосерийностью, частой сменой портфеля заказов, большой дисперсностью характеристик изделий в многономенклатурных партиях.

Использование высокопроизводительных, универсальных обрабатывающих центров на участках механообработки позволяет минимизировать сроки выполнения производственных заданий и существенно снижать себестоимость продукции, но требует повышения эффективности автоматизированного управления ими.

Одной из проблем автоматизированного управления производственными процессами (ПП) является управление выбором их структур, которые задают последовательности необходимых технологических операций (ТО) для выполнения производственного задания. Синтез управлений приводит к необходимости выбора единственной, наилучшей в данный момент времени, в соответствии с некоторыми критериями, траектории перемещения заготовки при её обработке.

Задачи управления выбором структур приводят к необходимости решения задач нелинейного целочисленного программирования NP-типа с размерностью, определяемой произведением числа типов деталей и мощностей множеств, задающих информационные описания всех условий обработки. Из-за существенной размерности и структурной сложности этой задачи не представляется возможным получать её решение аналитическими методами в реальном масштабе времени. Поэтому управление выбором структур предлагается осуществлять на основе оценок лица, принимающего решения (ЛПР), в соответствии с типовыми вариантами и ситуациями.

В работах Соловьёва В.К., Белоусова А.П., Зигидуллина Р.Р., Султан-Заде Н.М. [1-4] предложены теоретические основы выбора структурных схем (СС) ПП на основе совокупности типовых решений. Однако требуют решения задачи автоматизации генерации множества допустимых вариантов СС (ВСС) и выбора наилучшего из них по задаваемой совокупности критериев, а также задачи принятия решений по управлению выбором структур при большой концентрации технологических операций.

В данной статье предлагается один из возможных подходов к решению задачи формирования множества неупрощаемых вариантов структурных схем на основании множества допустимых вариантов и предлагается следующая модель принятия решений (МПР):

$$\text{МПР: } \{\{AL\}, \{S\}, \{PM\}, \{PPR\}\},$$

Здесь $AL = \{Y \times G \times O \times N \times A \times PR \times K\}$ – множество альтернатив принятия решений;

$S = \{T \times X \times O_g \times K_{pp} \times K_p\}$ – пространство состояний;

$PM = \{T \times K_{pp} \times K_p\}$ – платежная матрица;

$$PPR = \{OK_{jr}^i(K_i(A_{n_{jr}}^j(O_j))) \Rightarrow B_{n_{jr}}^i, OK_{jr}(K_{об}(\{B_{n_{jr}}^i\})) \Rightarrow B_{n_{jr}}\},$$

$$OK_j(K_{об}(\{B_{n_{jr}}^i\})) \Rightarrow B_{n_{jr}}, OK_{ЛПР}(K_{зад}(\{B_j\})) \Rightarrow B_{опт}, KPP\};$$

КПП – множество критериев принятия решений;

$N_j = \{n_{jr}\}, (r = \overline{1, R_j})$ – множество допустимых задач относительно O_j ,

$A_{n_{jr}}^j = \{A_{n_{jr}m_j}^j\}, (m_j = \overline{1, M_j})$ – множество решающих алгоритмов;

$K = \{K_i\}, (i = \overline{1, I})$ – множество частных критериев оценки качества ВСС;

$K_{об}$ – обобщенный критерий качества;

$K_{зад}$ – заданный критерий оптимизации;

ОК – множество операторов корректировки варианта структурной схемы;

$O = \{O_j\}$ – множество объектов СС;

$O_j = \{KF, ФР\}$.

Формально процесс решения задачи по формированию множества неухудшаемых вариантов структурных схем можно представить в виде выполнения последовательности специализированных операторов коррекции базового варианта схемы.

Базовый вариант рассматривается как совокупность объектов O_j ($j = \overline{1, J}$), каждый из которых может, в свою очередь, представлять либо фрагмент СС, который отображает часть процесса механообработки с соответствующей функцией относительно обработки заготовки, либо компоненту фрагмента СС.

В качестве компоненты для фрагмента при наибольшей детализации выступает отдельная технологическая операция или совокупность связанных технологических операций, выполняемых при одной установке заготовки.

Относительно объекта O_j может быть решена одна или несколько задач корректировки из множества допустимых задач

$$N_j = \{n_{jr}\}, (r = \overline{1, R_j}),$$

где R_j – мощность множества задач N_j , решаемых относительно объекта O_j .

Решение каждой задачи $n_{jr} \in N_j$ осуществляется благодаря применению одного или нескольких алгоритмов, принадлежащих множеству

$$A_{n_{jr}}^j = \{A_{n_{jr}m_j}^j\}, (m_j = \overline{1, M_j}),$$

где M_j – мощность множества решающих алгоритмов, применимых к объекту O_j .

Процесс решения задачи n_{jr} производится в два этапа: формирование и последующее применение оператора корректировки OK_{jr} , который представляет собой процедуру подключения в определенном порядке одного или нескольких алгоритмов, принадлежащих множеству $A_{n_{jr}}^j$.

Для проведения сравнительной оценки качества получаемых в результате коррекции решений формируется множество критериев оценки качества

$$K = \{K_i\}, (i = \overline{1, I}),$$

где I – мощность множества критериев качества получаемых решений.

В качестве частных критериев (K_i) оценки качества решений по коррекции структурной схемы могут быть использованы следующие показатели: штучное время изготовления детали или длительность производственного цикла при выпуске партии деталей, длительности простоев оборудования при изготовлении одной детали или партии деталей, времена задержек до начала обработки одной детали на выделенном фрагменте и до начала обработки детали в партии, доход при выпуске одной детали или партии деталей, коэффициент ритмичности при выпуске партии деталей.

Решение поставленной задачи n_{jr} , полученное в результате применения оператора OK_{jr}^i к объекту O_j с оценкой качества по частному критерию K_i , рассматривается в дальнейшем в качестве варианта $V_{n_{jr}}^i$ преобразованной базовой структурной схемы.

В некоторых случаях частные критерии могут отсутствовать. Схематично процесс получения варианта $V_{n_{jr}}^i$ может быть представлен как следующее алфавитное преобразование:

$$OK_{jr}^i(K_i(A_{n_{jr}}^j(O_j))) \Rightarrow V_{n_{jr}}^i.$$

Для проведения последующей интегральной оценки качества получаемого решения задачи n_{jr} возможно использование обобщенного критерия качества $K_{об}$, который формируется ЛПП на основе частных критериев K_i в соответствии со сложившейся производственной ситуацией.

Процесс получения варианта $V_{n_{jr}}$ с оценкой качества решения по обобщенному критерию может быть представлен как следующее алфавитное преобразование:

$$OK_{jr}(K_{об}(\{V_{n_{jr}}^i\})) \Rightarrow V_{n_{jr}}.$$

Так как относительно объекта O_j может быть решена одна или несколько задач корректировки из множества допустимых задач $N_j = \{n_{jr}\}$, то на следующем этапе преобразования структурной схемы лицом, принимающим решения, формируется обобщенный оператор корректировки OK_j , позволяющий на основании ранее сформированного множества вариантов $B_j = \{B_{n_{jr}}\}$, получить вариант, отвечающий задаваемому обобщенному критерию качества $K_{об}$.

Схема получения варианта B_{n_j} может быть представлена следующим образом:

$$OK_j(K_{об}(\{B_{n_{jr}}\})) \Rightarrow B_{n_j}.$$

Поскольку базовая структурная схема рассматривается как совокупность объектов O_j , для каждого из которых получено множество вариантов допустимых структур $\{B_j\}$, то для заданного критерия оптимизации $K_{зад}$ на основании оператора корректировки $OK_{ЛПР}$, сформированного в соответствии с рекомендациями диалогово-программного комплекса поддержки принятия решений, формируется один или несколько равноценных (относительно $K_{зад}$) вариантов для СС в целом:

$$OK_{ЛПР}(K_{зад}(\{B_j\})) \Rightarrow B_{опт}.$$

В общем случае процесс принятия решения может быть как параллельным, так и последовательным относительно подключения решающих алгоритмов и объектов, относительно которых принимаются решения.

Анализ результатов решения ряда задач принятия решений по выбору структур технологических процессов автоматизированного механообрабатывающего производства показал, что разработанный диалогово-программный комплекс поддержки принятия решений (ДПК ППР) обеспечивает улучшение системотехнических показателей. Это подтверждается результатами опытного внедрения диалогово-программного комплекса, приведенными в таблице 1, которые свидетельствуют об улучшении таких показателей, как штучное время изготовления детали и коэффициент ритмичности.

Таблица 1 – Оценки изменения показателей процесса изготовления корпуса насоса гидроусилителя автомобиля

Оценка дисперсности характеристик обработки заготовки	Оценки изменений коэффициента ритмичности и штучного времени изготовления корпусной детали					
	Для множества B_0		Для множества B^1_0		Для $B_{опт}$	
	$T_{шт}(\%)$	$K_p(\%)$	$T_{шт}(\%)$	$K_p(\%)$	$T_{шт}(\%)$	$K_p(\%)$
Малая дисперсность	- (2–4)	+ 1	- (2–4)	+ 1	- (2–4)	+ 1
Средняя дисперсность	- 6	+ (4–7)	- (5–6)	+ (5–7)	- 10	+ (10–13)
Высокая дисперсность	- (10)	+ (7–10)	- (10)	+ (7–10)	- 15	+ (15)

В таблице 1 $T_{шт}$ – штучное время изготовления детали, K_p – коэффициент ритмичности.

В таблицах 2 – 4 приведены усредненные показатели работы генератора вариантов структурных схем для различных интервалов изменения числа технологических операций в базовом варианте технологического процесса.

Таблица 2 – Усредненные показатели работы генератора вариантов структурных схем (число технологических операций 10...20)

			Дисперсность характеристик обработки заготовки		
			Малая	Средняя	Высокая
Множества	B	Мощность	$10 - 10^2$	$10^2 - 10^4$	$10^4 - 10^6$
		Среднее время счета (мин)	< 1	< 1	> 60
	B_0	Мощность	< 10	10 – 50	$10 - 10^3$
		Среднее время счета (мин)	< 1	< 1	< 30
	B^1_0	Мощность	$10^3 - 10^4$	$10^4 - 10^5$	$10^5 - 10^7$
		Среднее время счета (мин)	< 2	< 2	< 90

Таблица 3 – Усредненные показатели работы генератора вариантов структурных схем (число технологических операций 20...50)

			Дисперсность характеристик обработки заготовки		
			Малая	Средняя	Высокая
Множества	В	Мощность	$10^2 - 10^3$	$10^3 - 10^5$	$10^5 - 10^6$
		Среднее время счета (мин)	< 1	< 1	> 90
	В ₀	Мощность	< 10^2	$10 - 10^2$	$10^2 - 10^4$
		Среднее время счета (мин)	< 1	< 2	< 30
	В ₀ ¹	Мощность	< 10^2	$10^2 - 10^3$	$10^3 - 10^5$
		Среднее время счета (мин)	< 2	< 5	< 30

Таблица 4 – Усредненные показатели работы генератора вариантов структурных схем (число технологических операций 50...70)

			Дисперсность характеристик обработки заготовки		
			Малая	Средняя	Высокая
Множества	В	Мощность	$10^3 - 10^4$	$10^4 - 10^5$	$10^5 - 10^7$
		Среднее время счета (мин)	< 1	< 1	> 150
	В ₀	Мощность	< 20	$10 - 50$	$10^2 - 10^3$
		Среднее время счета (мин)	< 2	< 2	< 30
	В ₀ ¹	Мощность	< 50	$10^2 - 10^3$	$10^3 - 10^4$
		Среднее время счета (мин)	< 1	< 2	< 30

Полученные результаты свидетельствуют о том, что работа диалогово-программного комплекса наиболее эффективна при малой и средней степени дисперсности характеристик и при $ТО < 50$, что соответствует большинству реальных процессов механообработки. Поэтому использование ДПК ППР представляется перспективным для многих машиностроительных производств.

В результате анализа функционирования ДПК ППР выявлена существенная зависимость затрат на реализацию процессов механообработки от степени концентрации технологических операций и применения различных подходов в отношении организации обработки заготовки: последовательной, параллельной или последовательно-параллельной.

Дальнейшие исследования в рассматриваемой области предполагается проводить для технологических процессов более высокой степени концентрации технологических операций.

Библиографический список использованной литературы

1. Копытчук Н.Б. Информационная модель управляющих информационных систем: термины и определения / Н.Б. Копытчук // Труды Одесского политехнического университета: сб. науч. тр. — Одесса, 2002. — Вып. 2 (18). — С. 81–86.
2. Соловьев В.К. Методология автоматизированного проектирования операционных технологических процессов изготовления объектов точного машиностроения. / В.К. Соловьев // Технология машиностроения. — 2004. — № 4. — С. 60–62.
3. Султан-Заде Н.М. Метод оптимизации структуры однопоточной автоматической линии / Н.М. Султан-Заде, В.Г. Тимковский // Системы управления станками и автоматическими линиями: сб. науч. тр. — М.: ВЗМИ, 1982. — С. 93–96.
4. Султан-Заде Н.М. Метод оптимизации структурной компоновки автоматических линий / Н.М. Султан-Заде // Системы управления станками и автоматическими линиями: сб. науч. тр. — М.: ВЗМИ, 1982. — С. 9–13.

5. Зигидуллин Р.Р. Предварительная модель планирования работ в гибких производственных системах / Р.Р. Зигидуллин, В.Ц. Зариктуев // Известия высших учебных заведений. — М.: Машиностроение, 2004. — № 6. — С. 67–72.

Поступила в редакцию 16.02.2011 г.

Козлова О.В., Щепін Ю.М. Оптимізація управління вибором варіантів структурно-компонувальних схем технологічних процесів механообробки

Пропонується один з підходів до оптимізації управління вибором варіантів структурно-компонувальних схем технологічних процесів механообробного виробництва на основі застосування моделі прийняття рішення про функціональне розпаралелювання схеми технологічного процесу.

Ключові слова: технологічний процес, структурно-компонувальна схема, модель прийняття рішення, функціональне розпаралелювання.

Kozlova E.V., Schepin Yu.N. Optimization of control by choosing variants of structural and layout schemes of technological processes of machining production

One of the approaches to optimization of control by choosing variants of structural and layout schemes of technological processes of machining production on the basis of application of a model of decision making as to functional multi-sequencing of a technological process scheme is offered.

Keywords: technological process, structural and layout scheme, decision making model, the functional multi-sequencing.