

УДК 658.527.011.56

## Формирование подхода к оценке гибкости ГПС механообработки валов по фактору номенклатуры, понятие абсолютно гибкой системы

Чуб О.П., кандидат технических наук, доцент  
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

**Аннотация.** В статье проводится анализ гибкости производственной системы по фактору номенклатуры. Предложена классификация типовых элементарных поверхностей валов для составления определителя, на основе чего возможно построение и исследование модели абсолютно гибкой производственной системы, а также проведение количественной оценки гибкости по указанному фактору. Совместно с оценками гибкости по другим факторам, выявление всей совокупности которых является задачей системного подхода, оценка по фактору номенклатуры может служить для определения интегрального показателя гибкости как важного оптимизационного критерия на этапах структурной и параметрической оптимизации ГПС и выбора наилучших вариантов построения ГПС.

**Ключевые слова:** гибкая производственная система, типовые элементарные поверхности валов, гибкость, номенклатура, эффективность работы.

**DOI:** 10.5281/zenodo.2671643

Улучшение технико-экономических показателей работы гибких производственных систем (производительности, гибкости и экономической эффективности и др. согласно ГОСТ 26228-90) - важная задача. Система менеджмента качества предприятия и использование концепции бережливого производства (БП) (ГОСТ Р 57522-2017) способствуют решению данной задачи. При этом сокращаются потери в системе [1]: из-за общего перепроизводства продукции или при обнаружении несинхронности ритма производства изменению функции спроса во времени; потери времени вследствие ожидания системой информационно-управляющих воздействий или материальных потоков; из-за недостаточной технологической проработки процессов, отсутствия оптимальных по точности и качеству инструментов и оборудования; потерь из-за брака, излишних объемов закупленного сырья или незавершенного производства и т.д.

Гибкость описывает свойство производственной системы адекватно реагировать на динамические и стохастические изменения окружающих систему производственных условий, которое выражается в способности достижения наилучших для диапазона технических возможностей оборудования характеристик перехода системы из одного устойчивого функционального состояния в другое с учетом возможности изменения структуры системы [1, 2, 3]. Высокая гибкость улучшает адаптивность системы, является ресурсом технологической устойчивости и повышения эффективности функционирования системы. В этой связи корректно говорить не об увеличении или уменьшении гибкости и отдельно - об улучшении или ухудшении технико-экономических характеристик работы автоматизированной системы, а об их оптимальном соотношении. В этом случае гибкость выступает в качестве одного из важнейших критериев оптимальности функционирования, характеризующего основное свойство данного класса систем. Недостаточная степень гибкости уменьшает степень производственной интеграции автоматизированной системы, снижая вероятность полного соответствия функциональным запросам внешней производственной среды. Избыточная - приводит к неоправданным затратам.

Важнейшей функциональной связью ГПС с производственной средой (ПС) является задаваемая номенклатура обрабатываемых деталей и возможные пределы ее изменения. Каждое устойчивое состояние ГПС - ответная реакция на поступивший функциональный запрос (ФЗ) окружающей среды при изменении номенклатуры обрабатываемых деталей. Поэтому повышению эффективности работы ГПС, как главного критерия оптимизации, будет способствовать соблюдение принципа соответствия степени гибкости системы варибельности производственных условий.

Для ГПС механообработки валов оценка соотношения совокупностей типовых элементарных поверхностей конструкций деталей как требований ПС и типовых элементарных поверхностей, обработку которых допускают пределы технологических возможностей оборудования конкретной ГПС, позволяет косвенно оценить степень гибкости системы. В этом случае оценивается количество возможных устойчивых состояний системы при изменении фактора номенклатуры.

Все многообразие деталей типа валов можно представить, как совокупность в различных сочетаниях типовых элементарных поверхностей.

В результате анализа номенклатуры валов, используемых в машиностроении и родственных отраслях, анализа данных Классификатора ЕСКД по классам деталей 71, 72, 75, используемых классификационных признаков, разработана классификация типовых элементарных поверхностей, которая позволяет построить модель максимально гибкой системы для рассматриваемого класса деталей (валов). Разработан также определитель типовых элементарных поверхностей деталей типа валов.

Согласно классификации, все множество элементарных поверхностей делится на группы, подгруппы, виды и подвиды. Каждой элементарной поверхности присваивается классификационный пятиразрядный код, формируемый методом серийно-порядкового кодирования.

Таблица 1. Классификация типовых элементарных поверхностей валов

Тип 10000 - гладкие поверхности				
Группа	Подгруппа	Вид	Подвид	
1	2	3	4	
11000 - основные формообразующие поверхности	11100 - наружные	11110 - цилиндрические	11111 - открытые 11112 - полуоткрыт. 11113 - закрытые	
		11120 - конические правые	11121 - открытые 11122 - полуоткрыт. 11123 - закрытые	
		11130 - конические левые	11131 - открытые 11132 - полуоткрыт. 11133 - закрытые	
		11140 - криволинейные	11141 - открытые 11142 - полуоткрыт. 11143 - закрытые	
	11200 - внутренние	11210 - цилиндрические	11211 - открытые 11212 - полуоткрыт. 11213 - закрытые 11214 - глухие	
		11220 - конич. правые	11221 - открытые 11222 - полуоткрыт.	
		11230 - конические левые	11231 - открытые 11232 - полуоткрыт. 11233 - глухие	
		11240 - криволинейные	11241 - открытые 11242 - полуоткрыт. 11243 - закрытые 11244 - глухие	
	12000 - вспомогат. формообразующие поверхности	12100 - внутренние	12110 - цилиндрические	12111 - сквозные 12112 - глухие
			12120 - конические	12121 - сквозные 12122 - глухие
13000 -	131000 - наружные			
	132000 - внутренние			
Тип 20000 - резьбовые поверхности				
21000 - на основных формообразующих поверхностях	21100 - на наружных	21110 - цилиндрических	21111 - открытых 21112 - полуоткрыт. 21113 - закрытых	
		21120 - конических правых	21121 - открытых 21122 - полуоткрыт. 21123 - закрытых	
		21130 - конических левых	21131 - открытых 21132 - полуоткрыт. 21133 - закрытых	
	21200 - на внутренних	21210 - цилиндрических	21211 - открытых 21212 - полуоткрыт. 21213 - глухих	
		21220 - конич. правых	21221 - открытых 21222 - полуоткрыт.	
		21230 - конич. левых	21231 - открытых 21232 - полуоткрыт. 21233 - глухих	
22000 - на вспомогательных формообразующих поверхностях	22100 - внутренних	22110 - цилиндрических	22111 - сквозных 22112 - глухих	
		22120 - конических	22121 - сквозных 22122 - глухих	
Тип 30000 - комплексные поверхности				
31000 -	31100 - наружных	31110 - прямые		

[www.esa-conference.ru](http://www.esa-conference.ru)

канавки	поверхностях	31120 - фасонные	
	31200 - на внутренних	31210 - прямые	
	поверхностях	31220 - фасонные	

1	2	3	4	
32000 - фаски	32100 - на наружных поверхностях	32110 - правые		
		32120 - левые		
	32200 - на внутренних поверхностях	32210 - правые		
		32220 - левые		
33000 - галтели	33100 - на наружных поверхностях	33110 - правые		
		33120 - левые		
	33200 - на внутренних поверхностях	33210 - правые		
		33220 - левые		
34000 - рифления (накатка)				
35000 - многозубые поверхности	35100 - шлицевые	35110 - наружные		
		35120 - внутрен.		
	35200 - зубчатые зацепления	35210-цилиндрич.	35211 - с прямыми зубьями	
			35212 - с косыми зубьями	
		35220 - коническ.	35221 - с прямыми зубьями	
			35230 - червячные	35231 - цилиндрич.
			35232 - глобоидные	
Тип 40000 - плоские поверхности (лыски, грани)				
41000 - на наружных поверхностях	41100 - образованы одной гранью	41110 - открытые		
		41120 - полуоткр.		
	41200 - многогранные	41210 - открытые		
		41220 - полуоткр.		
42000 - на внутренних поверхностях	42100 - образованы одной гранью	42110 - сквозные		
		42120 - глухие		
	42200 - многогранные	42210 - сквозные		
		42220 - глухие		

Множество элементарных поверхностей получено на этапах морфологического анализа и синтеза. На первом этапе были разработаны классификационные признаки и выявлены взаимосвязи признаков на различных уровнях иерархии. На втором этапе выявлялись на каждом иерархическом уровне подмножества элементарных поверхностей, степень детализации классификационного описания которых на нижних уровнях была максимальной, отсекались тупиковые варианты, не удовлетворяющие требованию технологичности конструкций деталей при автоматизированной обработке.

В таблице 1 представлена полученная классификация типовых элементарных поверхностей деталей типа вал, согласно которой все множество поверхностей делится на типы гладких поверхностей (код 10000), резьбовых поверхностей (код 20000), комплексных поверхностей (код 30000), плоских (код 40000).

При дальнейшем разбиении типов на группы, подгруппы, виды, подвиды учитывались такие признаки как расположение относительно продольной оси вала, расположение относительно близлежащих поверхностей, геометрические характеристики. Под основными формообразующими поверхностями вращения понимаются наружные и внутренние цилиндрические, конические и криволинейные (сферические, торовые) поверхности, образованные вращением соответствующей образующей вокруг продольной оси вала. Вспомогательными поверхностями вращения являются полученные при вращении соответствующих образующих вокруг осей, расположенных

радиально или под произвольным углом к продольной оси вала.

Описанная классификация охватывает 88 типовых элементарных поверхностей вала и позволяет рассматривать все разнообразие деталей-валов посредством модели комплексной детали (квазидетали), как совокупности типовых элементарных поверхностей, а унифицированный процесс ее обработки - как сочетания различных технологических дискрет, соответствующих получению элементарных поверхностей.

Величина гибкости по фактору номенклатуры косвенно может быть оценена по формуле:

$$C_0 = n_0! / ((n_0 - m)! m!),$$

где  $C_0$  - максимально возможное количество деталей для обработки в идеально гибкой модели ГПС механообработки валов;

$n_0$  - количество типовых элементарных поверхностей в определителе;

$m$  - количество различных элементарных поверхностей детали-представителя.

Для разработанного определителя при  $n_0 = 88$ ,  $m = 8$ ,  $C_0 = 6.417 \cdot 10^{10}$ .

Для оценки уровня гибкости реальной ГПС предлагается рассчитывать отношение:

$$K = C / C_0,$$

где  $C$  - количество деталей, возможных для обработки в реальной ГПС.

$$C = n! / ((n - m)! m!),$$

где  $n$  - количество типовых элементарных поверхностей в пределах технологических возможностей реальной ГПС (выбирается из определителя

подмножество элементарных поверхностей, соответствующих совокупности ФЗ реальной производственной среды);

$m$  - количество различных элементарных поверхностей детали-представителя.

Предлагаемый подход к оценке гибкости ГПС на основе определителя типовых элементарных поверхностей комплексной детали позволяет: построить и исследовать модель идеально гибкой для данного класса деталей ГПС; определять степень гибкости реальных ГПС по фактору номенклатуры в сопоставимых величинах; использовать определитель для

формирования подмножеств элементарных поверхностей (дополненных размерными и точностными характеристиками) как критерий диапазона технологических возможностей ГПС. Совместно с оценками гибкости по другим факторам, выявление всей совокупности которых является задачей системного подхода, оценка по фактору номенклатуры может служить для определения интегрального показателя гибкости как важного оптимизационного критерия на этапах структурной и параметрической оптимизации ГПС и выбора наилучших вариантов построения ГПС.

### **Литература:**

1. Чуб О.П. Концепция бережливого производства для гибких производственных систем, понятие гибкости// Перспективные направления развития современной науки//Сборник научных работ 49й Международной научной конференции Евразийского Научного Объединения (г. Москва, март 2019). — Москва: ЕНО, 2019. — Часть 2. — С.135-141
2. Чуб О.П., Волошина Н.А. Формирование подхода к использованию критерия оптимальной гибкости при анализе и синтезе переналаживаемых автоматизированных производственных систем// Автоматизация: проблемы, идеи, решения// Сборник трудов международной научно-технической конференции, 07-11 сентября 2015 г. — Севастополь: Изд. СевГУ, 2015. — С. 86.
3. Чуб О. П., Тараненко В.А. Интерактивная оптимизация технико-экономических характеристик при синтезе ГПС// Труды Междунар. науч.-техн. конф. "Heavy machinery". — Кральево (Югославия). — 1996. — С. 36 – 42.