

ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

621.9:658.511.4:681.52

ОЦЕНИВАНИЕ ПРЕЕМСТВЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Д-р техн. наук, проф. А.И. КОНДАКОВ, асп. А.А. НЕФЕДОВ

Излагаются результаты исследования формально определяемых оценок подобия технологических объектов. Установлено, что оценки подобия состава технологических объектов согласованы и инвариантны методу их определения и полноте используемых значений списков атрибутов. Оценки подобия могут быть использованы для определения преемственности технологических решений, что способствует сокращению производственно-технологического цикла многономенклатурного производства.

Results of research of formally defined estimations of similarity of technological objects are stated. It is established, that estimations of similarity of structure of technological objects are coordinated and invariant to a method of their definition and completeness of used values of lists of attributes. Estimations of similarity can be used for definition of continuity of technological decisions that promotes reduction in industrial-work cycle of multinomenclature manufacture.

Современное машиностроение является многономенклатурным — более 85% всех его предприятий — это предприятия с производством единичного — серийного типов и их число непрерывно растет.

В условиях непрерывно изменяющейся номенклатуры изделий, усложнения их конструкций, обострения конкуренции на рынке машиностроительной продукции исключительно важное значение для обеспечения конкурентоспособности изделий имеет сокращение длительности производственно-технологического цикла (ПТЦ), объединяющего технологическую подготовку и непосредственно производство, при высоком качестве принимаемых и реализующихся проектных технологических решений. Наиболее эффективные пути достижения указанного — автоматизация ПТЦ на базе современных информационных и CALS – технологий, а также эффективное использование преемственности технологических решений.

Любая производственная система обладает технологическим потенциалом, определяемым ее производственными, энергетическими, кадровыми, информационными и другими ресурсами. Система имеет собственную технологическую историю, характеризующуюся номенклатурой ранее производимых в ней изделий и соответствующими, ранее реализованными, технологическими решениями.

При изменении номенклатуры изделий наиболее целесообразно использовать позитивный опыт ее технологической истории, представляемый примерами наиболее эффективных технологических решений, ранее реализованных в системе. Несмотря на очевидную целесообразность данной идеи, возникает сложная научно-техническая задача поиска и выделения из технологической истории системы решений, применение которых в целом или в виде фрагментов будет способствовать сокращению деятельности ПТЦ

и обеспечению качества продукции. Выполнение поиска специалистом часто ведет к субъективному или даже ошибочному результату и связано со значительными затратами времени.

При определении преемственности решений, поиске и выделении их фрагментов, наиболее целесообразных для повторного применения, наиболее эффективно использование оценок технологического подобия [1].

Сравниваемые технологические объекты (ТО) представляют в форме

$$TO = KO(A_0, A_1, \dots, A_n), \quad (1)$$

где КО — функциональный класс объекта, например, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС; ОПЕРАЦИЯ; ОБОРУДОВАНИЕ; ИНСТРУМЕНТ; A_0 — идентификатор экземпляра объекта; A_1, \dots, A_n — атрибуты и группы атрибутов объекта. Набор конкретных значений атрибутов определяет конкретный экземпляр объекта данного функционального класса, обладающий фиксированным идентификатором (A_0),

$$A_i = \{a_{i,k}\}; i = 1, \dots, n; k = 1, \dots, m_i, \quad (2)$$

где a_{ik} — атрибут ТО, представляемый переменной соответствующего (целочисленного, действительного, символьного) типа; i — индекс группы атрибутов; k — индекс атрибута в группе; m_i — число атрибутов в группе i .

Объекты могут обладать разной полнотой атрибутивного представления: сравниваемые объекты одного и того же функционального класса могут быть представлены с помощью различного числа групп атрибутов. Разработаны правила определения и система оценок подобия ТО как по атрибутивному составу, так и по структуре, учитывающие различную полноту атрибутивного представления объектов и различие в типах используемых переменных [2].

Сравнивают объекты, относящиеся к одному и тому же функциональному классу. Не тождественные объекты B и C , одного и того же функционального класса

$$B = KO(A_0^B, A_1^B, \dots, A_n^B); C = KO(A_0^C, A_1^C, \dots, A_l^C); A_0^B \neq A_0^C; l \neq n,$$

могут находиться в отношении подобия с оценкой

$$S_{B,C} = \frac{2p}{n+l}, \quad (3)$$

где p — число тождественных или подобных пар групп атрибутов; n, l — общее число групп атрибутов для сравниваемых объектов. Значение $S_{B,C}$ является оценкой подобия состава сравниваемых объектов.

Для использования оценок технологического подобия (в том числе и автоматизированного) необходима минимизация атрибутивного представления ТО при сохранении корректности последнего и обеспечении объективности формируемых оценок. Атрибутивное представление ТО должно быть достаточным для использования его не только при принятии конкретного технологического решения, но и смежных с ним решений.

В результате анализа взаимодействий ТО в ПТЦ определен атрибутивный состав представлений их основных функциональных классов и установлены связи этих представлений (рис. 1). Сплошными линиями показаны связи объектов, которые наследуют-

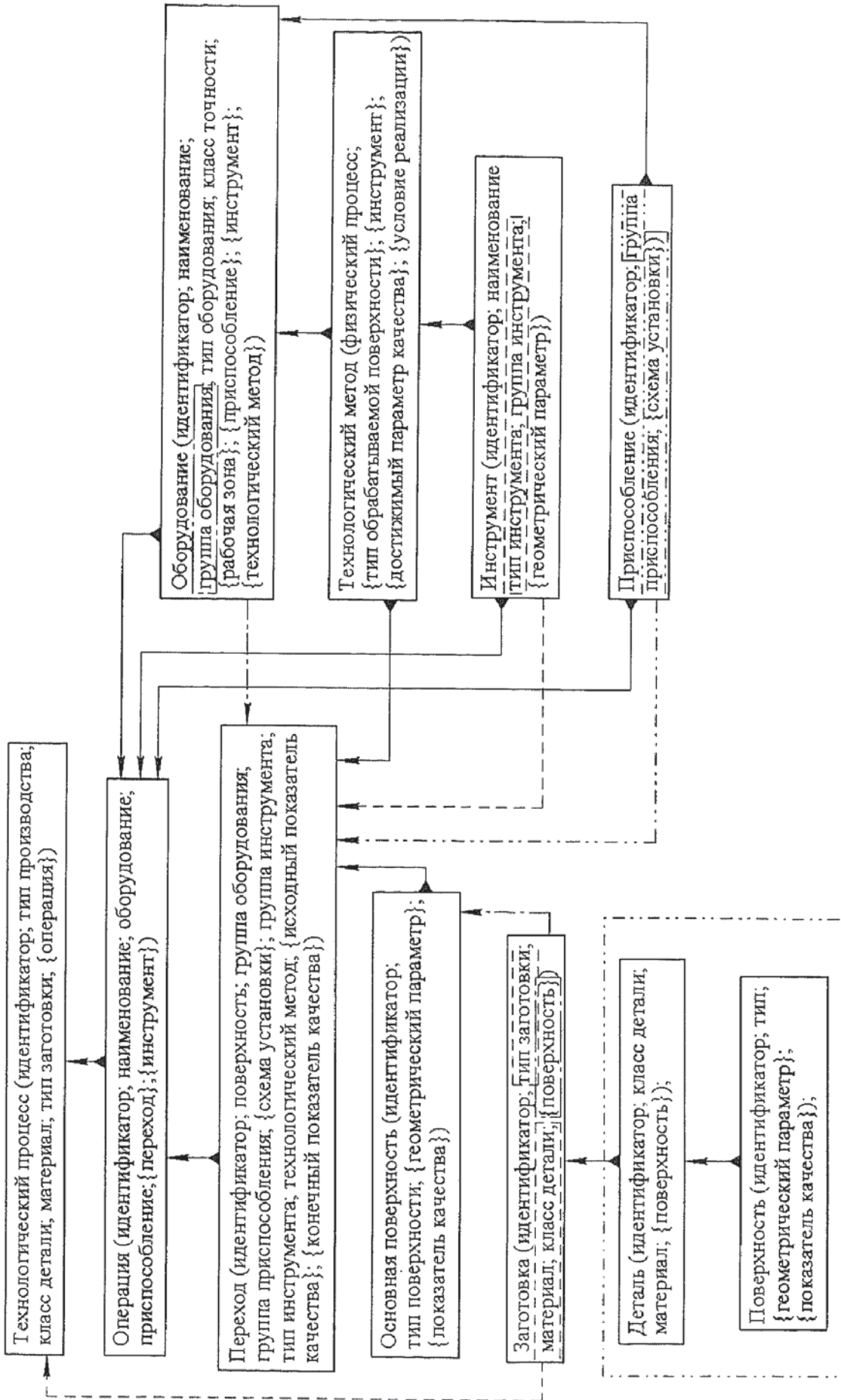


Рис. 1. Атрибутивные представления технологических объектов основных функциональных классов и их связи

ся в полном составе. В случае, если наследуются только некоторые атрибуты объекта, то объект выделяется той же линией, которой показана связь.

Оценка подобия состава в форме (3) предполагает введение отношений эквивалентности между атрибутами различных групп. По каждой группе атрибутов может использоваться как полный, так и краткий список их значений. Последний включает только уникальные (встречающиеся минимум один раз) значения соответствующего атрибута объекта.

При одинаковом числе групп атрибутов сравниваемых объектов общая оценка их подобия может определяться по формуле

$$S_{B,C} = S_1 \cdot S_2 \cdot \dots \cdot S_n, \quad (4)$$

где S_1, \dots, S_n — частные оценки подобия сравниваемых объектов (B и C) по отдельным группам атрибутов. Оценку в форме (4) назовем сепарабельной. Недостаток сепарабельных оценок известен — при реальных числах атрибутов (5—10) и $S_i < 1$ итоговое значение $S_{B,C}$ быстро стремится к нулю, что делает неудобной работу с ней. Отсутствие подобия по одной из групп атрибутов ($S_i = 0$) делает равной нулю общую оценку ($S_{B,C} = 0$). Последнее налагает условие применимости оценки (4): при $S_i = 0$ группа атрибутов A_i исключается из рассмотрения.

Чтобы выявить условия применимости каждой из оценок подобия ТО для количественного определения преимущества технологических решений, сравнивали оценки подобия состава объектов по полному и краткому спискам атрибутов в форме (3) и сепарабельные оценки (4).

Результаты исследования проиллюстрированы на примере объекта ОПЕРАЦИЯ, представленного в форме

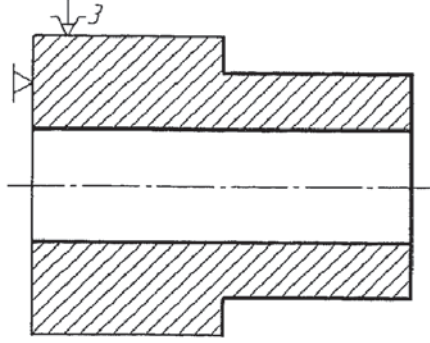
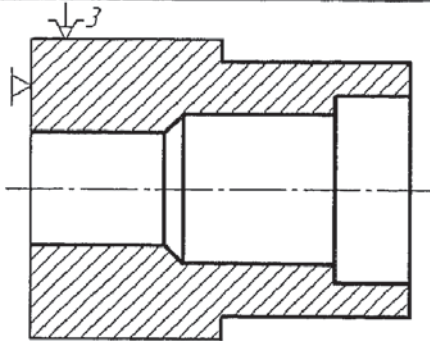
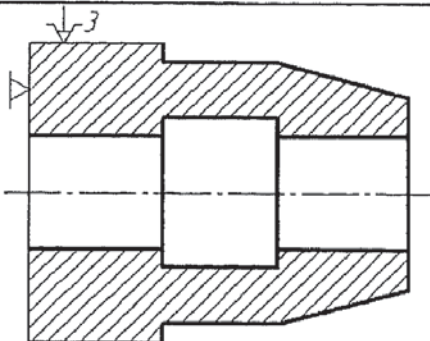
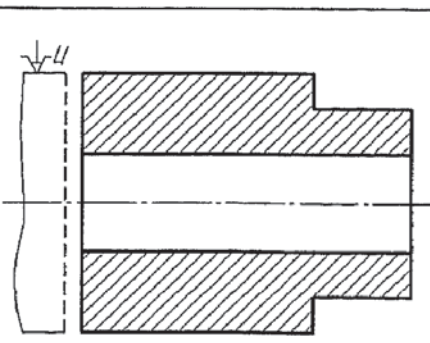
$$\text{ОПЕРАЦИЯ (НАИМЕНОВАНИЕ, ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИСПОСОБЛЕНИЕ,} \\ \{\text{ПЕРЕХОД}\}, \{\text{ИНСТРУМЕНТ}\}). \quad (5)$$

Группа атрибутов ОБОРУДОВАНИЕ определялась значениями частных атрибутов ГРУППА и ТИП. Группу атрибутов ПРИСПОСОБЛЕНИЕ представляли частные атрибуты СХЕМА УСТАНОВКИ (список типов поверхностей заготовки, участвующих в ее базировании и закреплении) и ГРУППА ПРИСПОСОБЛЕНИЯ. Множество {ПЕРЕХОД} представлялось названиями технологических методов, используемых в операции. Сравнимые объекты — операции и значения их атрибутов в соответствии с выбранным составом представлены в табл. 1. Итоговые значения оценок подобия, определенные в формах (3) и (4), приведены в табл. 2 и 3 в виде «турнирных матриц», где каждой паре сравниваемых операций соответствует ячейка матрицы на пересечении соответствующей строки и столбца. Представлены оценки подобия по полному списку (числитель), по краткому списку (знаменатель) и средние оценки подобия.

Графическая иллюстрация сравнения различных оценок подобия объектов ОПЕРАЦИЯ дана на рис. 2.

Таблица 1

Сравниваемые объекты ОПЕРАЦИЯ и значения их атрибутов

Наименование операции	Эскиз	Значения атрибутов		
		полный список		
		Оборудование: группа (Г) тип (Т)	Инструмент	Технологические методы
Токарно-винторезная (ТВ)		Г - токарная Т - винторезный	резец подрезной; резец проходной; сверло;	точение; точение; сверление;
Токарно-револьверная (ТР)		Г - токарная Т - револьверный	резец проходной; сверло; зенкер; резец расточной;	точение; сверление; зенкерование; расточивание
Токарная с ЧПУ (Тчпу)		Г - токарная Т - винторезный с ЧПУ	резец подрезной; резец проходной; резец проходной; сверло; резец расточной; резец расточной;	точение; точение; точение; сверление; расточивание; расточивание;
Токарная автоматная (ТА)		Г - токарная Т - автомат	сверло; резец проходной; резец проходной; резец отрезной	сверление; точение; точение; точение;

Продолжение таблицы 1

Наименование операции	Значения атрибутов						
	полный список		краткий список				
	Схема установки	Приспособление	Оборудование: группа (Г) тип (Т)	Инструмент	Технологические методы	Схема установки	Приспособление
ТВ	наружная цилиндрическая поверхность (НЦП); плоскость (П);	3-х кулачковый патрон	Г - токарная Т - винторезный	резец подрезной; резец проходной; сверло;	точение; сверление;	НЦП; П;	3-х кулачковый патрон
ТР	НЦП; П;	3-х кулачковый патрон	Г - токарная Т - револьверный	резец проходной; сверло; зенкер; резец расточной;	точение; сверление; зенкерование; расточивание	НЦП; П;	3-х кулачковый патрон
Т _{ЧПУ}	НЦП; П;	3-х кулачковый патрон	Г - токарная Т - винторезный с ЧПУ	резец подрезной; резец проходной; сверло; резец расточной;	точение; сверление; расточивание;	НЦП; П;	3-х кулачковый патрон
ТА	НЦП	Патрон цанговый	Г - токарная Т - автомат	сверло; резец проходной; резец отрезной	сверление; точение;	НЦП	Патрон цанговый

Таблица 2

Оценки подобия объектов ОПЕРАЦИЯ по полному/краткому спискам атрибутов в форме (3)

	ТВ	ТР	Тчпу	ТА			
ТВ	1	0,67	0,69	0,71	0,77	0,69	0,66
		0,7		0,82		0,63	
ТР		1	0,6	0,66	0,48	0,51	
			0,72		0,54		
Тчпу			1	0,69	0,63		
				0,57			
ТА				1			

Таблица 3

Сепарабельные оценки подобия объектов ОПЕРАЦИЯ по полному/краткому спискам атрибутов в форме (4)

	ТВ	ТР	Тчпу	ТА			
ТВ	1	0,32	0,35	0,45	0,57	0,37	0,36
		0,38		0,69		0,34	
ТР		1	0,36	0,51	0,25	0,27	
			0,65		0,29		
Тчпу			1	0,48	0,47		
				0,46			
ТА				1			

Выводы

1. Формальные оценки подобия состава ТО согласованы и инвариантны методам их определения и полноте используемых списков значений их атрибутов.
2. Для сравнения ТО и последующего определения их преимущества наиболее подходящими являются оценки подобия состава ТО в форме (3) по кратким спискам

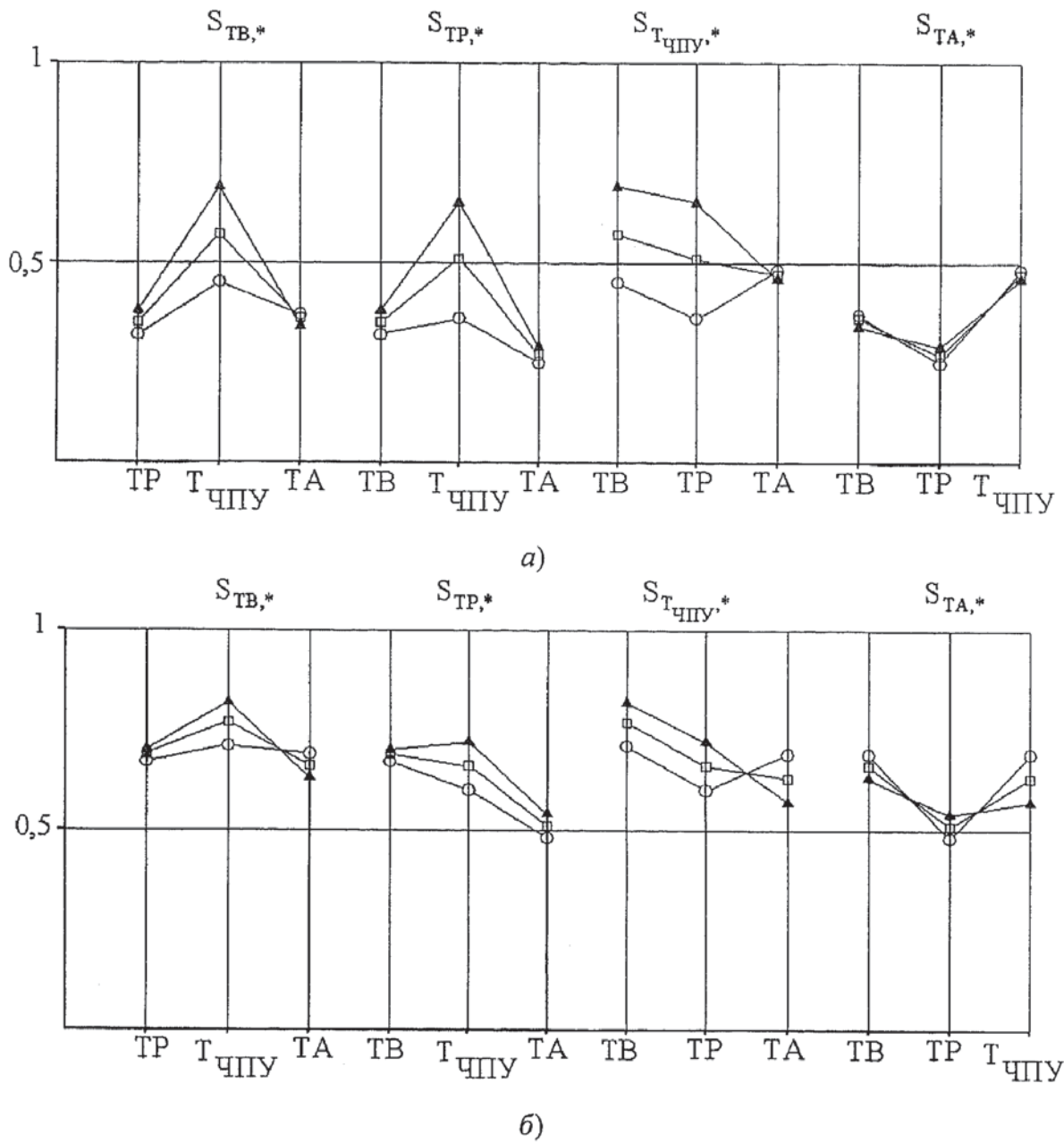


Рис. 2. Сравнение оценок подобия: *a* — определяемых в форме (3); *б* — сепарабельных в форме (4); $S^{*,*}$ — оценка подобия соответствующих операций; \blacktriangle — краткий список атрибутов; \square — полный список атрибутов; \circ — средняя оценка

значений их атрибутов ввиду отсутствия дополнительных ограничений на их применимость и сокращения времени их формирования по сравнению с другими методами оценивания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кондаков А. И. Структурное наследование и подобие технологических объектов // Вестник МГТУ. Машиностроение. — 1997. — № 2. — С. 89—95.
2. Технологические аспекты конверсии машиностроительного производства // А.С. Васильев, С.А. Васин, А.М. Дальский и др. / Под ред. А.И. Кондакова. — М. — Тула: ТулГУ, 2003. — 271 с.