

УДК 621.9:658.511.4:681.52

Подобие единичных процессов изготовления деталей и их ближайших процессов-аналогов

А.И. Кондаков, А.В. Зайцев

Широко применяемое в настоящее время проектирование единичных технологических процессов изготовления деталей на основе процессов-аналогов обладает рядом недостатков, резко снижающих его эффективность. Необходимые методики численного оценивания объема возможной корректировки аналога отсутствуют.

Для количественного оценивания ожидаемого объема корректировки процесса-аналога предложено использовать оценки технологического подобия. Изложен методический подход к предварительной оценке процесса-аналога при его преобразовании в единичный технологический процесс. Приведены значения параметров процесса-аналога, обеспечивающие заданный уровень корректировки.

Результаты исследования могут быть использованы для совершенствования методологии технологического проектирования и его информационного обеспечения.

Ключевые слова: подобие, технологический процесс, аналог, техническая подготовка.

Similarity of Single Manufacturing Processes and their Main Process-analogues

A.I. Kondakov, A.V. Zaitsev

Widely used at present the design of manufacturing processes based on the process-analogues has some limits, sharply reducing its effectiveness. The required methods of numerical evaluation of possible adjustments of process-analogue are absent; therefore the paper proposes using estimates of technological similarity for quantitative evaluation of the expected adjustments of process-analogue. Methodological approach to the preliminary assessment while its transformation to a single manufacturing process; and the parameters of manufacturing process-analogues providing the specified level of adjustment are given. The research results may be used to improve the methodology of manufacturing process design and its information support.

Keywords: similarity, manufacturing process, analog, production design engineering.

Проектирование единичных технологических процессов (ТП) изготовления деталей машин — важнейшая функция технологической подготовки производства последних. На большинстве современных предприятий машиностроения ее выполняют с исполь-



КОНДАКОВ
Александр Иванович
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

KONDAKOV
Alexander Ivanovich
(Moscow, Russian Federation,
MSTU named
after N.E. Bauman)



ЗАЙЦЕВ
Александр Вячеславович
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ZAITSEV
Alexander Vyacheslavovich
(Moscow, Russian Federation,
MSTU named
after N.E. Bauman)

зованием систем автоматизированного проектирования, работа которых базируется, как правило, на использовании ТП-аналогов, прежде всего — типовых. Поиск последних выполняют в соответствующей базе (банке) данных, предварительно сформировав ключ поиска, либо путем сравнения (часто — визуального) конструктивно-технологических признаков детали, для которой разрабатывается единственный ТП, с соответствующими признаками деталей-представителей. Выявленные в результате поиска процессы анализируют, после чего выбирают единственный ТП, принимаемый за ТП-аналог. Путем последующей модификации процесса-аналога его превращают в искомый единственный ТП изготовления детали [1, 2].

Модификация ТП-аналога включает:

- корректировку его состава (удаление не являющихся необходимыми технологических операций; добавление необходимых технологических операций);
- корректировку его структуры — установление связей добавляемых операций с операциями модифицируемого процесса.

По объему корректировки состава ТП-аналога может быть оценено его соответствие спроектированному, прежде всего — маршрутному, единичному ТП изготовления данной детали.

Чем меньше объем корректировки, тем ближе найденный аналог искомому процессу и эффективнее проектирование. Превышение объема корректировки 50% по составу ТП-аналога практически ликвидирует все преимущества автоматизации проектирования. Вместе с тем оценить объем корректировки, как правило, можно лишь по окончании проектирования единичного ТП. Методики предварительной оценки объема корректировки ТП-аналога в настоящее время отсутствуют. Предпринимавшиеся ранее неоднократные попытки формального сравнения сходства и классификации ТП, в том числе и с использованием кластерного анализа, ощутимых результатов не принесли [3, 4].

Представляется перспективным использование оценок технологического подобия [5, 6] для количественного оценивания ожидаемого

объема корректировки ТП-аналогов, что может быть применено при их селекции.

Обозначим (рисунок):

A — модифицируемый ТП-аналог, состоящий из a упорядоченных технологических операций (переходов);

B — модифицированный единичный ТП, полученный на основе корректировки процесса A , включающий b операций;

x — число операций, удаленных из процесса A при его модификации;

y — число операций, добавленных к процессу A при его модификации;

m — число сохраненных неизменными операций процесса A , являющихся общими для процессов A и B , $m \leq \min(a, b)$.

Подобие состава процессов A и B ($S_{A,B}$) можно определить по формуле [5]

$$S_{A,B} = \frac{2m}{a+b}. \quad (1)$$

Объем корректировки процесса A при его модификации в искомый единичный ТП B оценим одноименным коэффициентом

$$\alpha = \frac{x+y}{a}.$$

Учитывая, что $x = a - m$; $y = b - m$ (см. рисунок), получим

$$\alpha = \frac{a+b-2m}{a}. \quad (2)$$

Выразив из (1) значение $a+b$ и подставив его в (2), после преобразований находим:

$$S_{A,B} = \frac{1}{\frac{\alpha a}{2m} + 1}. \quad (3)$$

Зависимость (3) связывает значение коэффициента корректировки (α) и оценки техно-

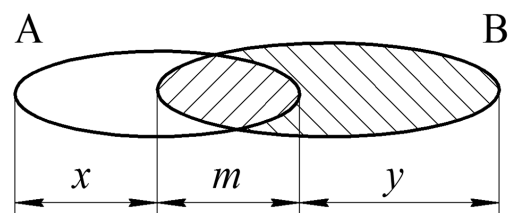


Рисунок. Графическое представление модифицируемого (A) и модифицированного (B) ТП

логического подобия процесса-аналога и искомого единичного ТП.

Обозначим:

$$c = \frac{m}{a}; \quad \gamma = \frac{b}{a}. \quad (4)$$

Тогда формулу (2) можно представить в следующем виде:

$$\alpha = \frac{a+b-2m}{a} = \frac{a}{a} + \frac{b}{a} - \frac{2m}{a} = 1 + \gamma - 2c.$$

Пусть α' — максимально допустимое значение коэффициента корректировки. Необходимо найти диапазоны изменения отношений c и γ , для которых выполняется неравенство

$$\alpha \leq \alpha', \quad (5)$$

или иначе

$$1 + \gamma - 2c \leq \alpha'. \quad (6)$$

Выразим из (6) значение γ :

$$\gamma \leq \alpha' + 2c - 1.$$

При заданном значении α' максимальное значение величины γ :

$$\gamma_{\max} = \alpha' + 2c_{\max} - 1$$

При

$$c_{\max} = 1 \quad \gamma_{\max} = \alpha' + 1$$

Проведя аналогичные рассуждения, получим

$$\begin{aligned} 1 - \alpha' &\leq \gamma \leq \alpha' + 1; \\ 1 - \alpha' &\leq c \leq 1. \end{aligned} \quad (7)$$

С помощью соотношений (3), (7) определены диапазоны возможных значений величин γ , c , $S_{A,B}$ при различных α , представленные в таблице.

Необходимые условия выполнения неравенства (5):

$$\begin{cases} 1 - \alpha' \leq \frac{b}{a} \leq \alpha' + 1; \\ 1 - \alpha' \leq \frac{m}{a} \leq 1. \end{cases} \quad (8)$$

Условия (8) позволяют при заданных значениях α' определить целочисленные значения a ,

b , m , обеспечивающие выполнение неравенства (5).

Диапазоны возможных значений γ , c , $S_{A,B}$ при $0 \leq \alpha \leq 0,4$

α	γ	c	$S_{A,B}$
$\leq 0,1$	[0,9; 1,1]	[0,9; 1]	[0,95; 1]
(0,1; 0,2]	[0,8; 1,2]	[0,8; 1]	[0,9; 0,95]
(0,2; 0,3]	[0,7; 1,3]	[0,7; 1]	[0,84; 0,91]
(0,3; 0,4]	[0,6; 1,4]	[0,6; 1]	[0,76; 0,86]

Из данных, приведенных в таблице, следует, что сравнительно малые значения коэффициента корректировки $\alpha \leq 0,2$ могут быть достигнуты лишь при весьма высоких значениях оценок подобия ТП-аналога А и единичного маршрутного ТП В, спроектированного на его основе ($S_{A,B} \geq 0,9$).

Подставим значение оценки подобия в выражение (1) и преобразуем его в соответствии с принятыми обозначениями (4):

$$0,9 = \frac{2m}{a + \gamma a},$$

или

$$0,45(1 + \gamma) = c. \quad (9)$$

Очевидно, что максимальному значению параметра γ_{\max} соответствует максимальное значение параметра c_{\max} . При этом $c_{\max} = 1$. Отсюда

$$\gamma_{\max} = \frac{1}{0,45} - 1 \approx 1,22.$$

Минимальное значение

$$\gamma_{\min} = \frac{1}{\gamma_{\min}} = \frac{1}{1,22} \approx 0,81.$$

Минимальному значению c_{\min} соответствует значение γ_{\min} . Подставив γ_{\min} в (9), получим

$$c_{\min} \approx 0,81$$

Анализ полученных значений параметров сравниваемых процессов показывает, что для обеспечения оценки подобия $S_{A,B} \geq 0,9$ необходимо, чтобы процесс-аналог А и спроектированный на его основе единичный маршрутный ТП В имели в своем составе сравнительно близкие числа технологических операций

($0,81 \leq \gamma \leq 1,22$). При этом число операций, образующих общую часть процессов A и B , составило бы не менее 80% числа операций ТП-аналога. При невыполнении указанных соотношений невозможно создать систему организации поиска ТП-аналога, обеспечивающую в последующем малые объемы их корректировки при проектировании единичных ТП изготовления деталей.

Выводы

1. Формально выражаемые количественные оценки технологического подобия модифицируемых процессов-аналогов и модифицированных единичных ТП изготовления деталей функционально связаны с коэффициентами корректировки указанных процессов.

2. Достижение заданных значений коэффициентов корректировки процессов-аналогов в диапазоне $[0; 0,4]$ возможно лишь при значениях оценок технологического подобия процесса-аналога и спроектированного на его основе единичного ТП в диапазоне $[0,76; 1]$.

3. Уменьшение объема корректировки модифицируемых процессов-аналогов слабо зависит от организации их поиска и требует совершенствования содержания баз указанных процессов и его формирования на основе глубокой унификации ТП с использованием формально выражаемых количественных оценок технологического подобия.

Литература

1. Кондаков А.И. САПР технологических процессов. М.: Издат. центр «Академия», 2010. 272 с.
2. Технология машиностроения В 2 т. Т. 1: Основы технологии машиностроения / Под ред. А.М. Дальского, А.И. Кондакова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 478 с.
3. Opitz H. Werkstückbeschreibendes Klassifizierungssystem. Essen: Verlag W. Girardet, 1968. 64 p.
4. Spath H. Cluster — Analyse — Algorithmen zur Objektklassifizierung und Datenreduktion. München — Wien: R. Oldenbourg Verlag, 1975. 217 p.
5. Кондаков А.И. Структурное наследование и подобие технологических объектов // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. 1997. № 2. С. 89—95.
6. Кондаков А.И. Формирование информационной основы проектирования маршрутных процессов изготовления деталей // Справочник. Инженерный журнал. 2001. № 3. С. 15—20.

Reference

1. Kondakov A.I. *SAPR tekhnologicheskikh protsessov* [CAD process]. Moscow, Izdatel'skii tsentr «Akademiia» publ., 2010. 272 p.
2. Burtsev V.M., Vasil'ev A.S., Gemba I.N., Dal'skii A.N., Deev O.M., Dilanian R.Z., Ignatov A.V., Kamsiuk M.S., Kiselev V.L., Kondakov A.I., Meshcheriakov R.K., Spiridonov O.V., Tavrov V.I., Kholodkova A.G., Iastrebova N.A. *Tekhnologiya mashinostroeniia. Osnovy tekhnologii mashinostroeniia* [Mechanical Engineering Technology. Fundamentals of Mechanical Engineering]. Moscow, MSTU named after N.E. Bauman, vol.1, 2011. 478 p.
3. Opitz H. Werkstückbeschreibendes classification system. Essen. Verlag W. Girardet publ., 1968. 64 p.
4. Spath H. *Cluster — Analyse — Algorithmen zur Objektklassifizierung und Datenreduktion*. München, Wien. R. Oldenbourg Verlag publ., 1975. 217 p.
5. Kondakov A.I. Strukturnoe nasledovanie i podobie tekhnologicheskikh ob"ektov [The structural similarity of inheritance and processing facilities]. *Vestnik MGTU imeni N.E. Baumana. Seriya Mashinostroenie* [Herald MSTU named after N.E. Bauman. Series Machine]. 1997, no. 2, pp. 89—95.
6. Kondakov A.I. Formirovanie informatsionnoi osnovy proektirovaniia marshrutnykh protsessov izgotovleniia detalei [Formation of information design principles of block parts manufacturing processes]. *Spravochnik. Inzhenernyi zhurnal* [Handbook. An Engineering Journal]. 2001, no. 3, pp. 15—20.

Статья поступила 14.03.2012

Информация об авторах

КОНДАКОВ Александр Иванович (Москва) — доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения». МГТУ им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, e-mail: kondakov1950@mail.ru).

ЗАЙЦЕВ Александр Вячеславович (Москва) — аспирант кафедры «Технология машиностроения». МГТУ им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, e-mail: zaitsevalexandr@mail.ru).

Information about the authors

KONDAKOV Alexander Ivanovich (Moscow) — Dr. Sc. (Eng.), Professor of «Mechanical Engineering Technology» Department. MSTU named after N.E. Bauman (BMSTU, building 1, 2-nd Baumanskaya str., 5, 105005, Moscow, Russian Federation, e-mail: kondakov1950@mail.ru).

ZAITSEV Alexander Vyacheslavovich (Moscow) — Post-Graduate «Mechanical Engineering Technology» Department. MSTU named after N.E. Bauman (BMSTU, building 1, 2-nd Baumanskaya str., 5, 105005, Moscow, Russian Federation, e-mail: zaitsevalexandr@mail.ru).