

УДК 658.012.4

С.Н. БЫЧКОВ, Е.А. ФРОЛОВ, А.В. МАРТЫНОВ

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

## АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ИМПУЛЬСНОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

Разработана концепция и критерии целесообразности и эффективности внедрения в аэрокосмической отрасли конкретных технологических процессов импульсной металлообработки.

**концепция, возможность и технико-экономическая целесообразность внедрения, процессы импульсного формообразования**

### Введение

Тенденция к росту грузовых и пассажирских перевозок в мировой и отечественной авиации продолжает сохраняться. В связи с этим естественно возрастают требования к экономичности и надежности аэрокосмической техники, *актуальность и важность* которых являются несомненными. Решение этих задач реализуется как прогрессивными конструкторскими разработками, так и освоением новых прогрессивных технологий, обеспечивающих данные разработки.

При создании новых изделий существует необходимость использования новых конструктивных материалов (высокопрочных и труднодеформируемых), что создает необходимость использования принципиально новых и нетрадиционных методов обработки материалов. Изготовление листоштампуемых деталей, занимающих большой объем в конструкции изделия, возможно, кроме традиционных инструментальных прессовых технологий, за счет привлечения высокоэнергетических импульсных процессов. Это известные методы взрывной, электрогидравлической, пневмударной, гидродинамической и др. штамповок.

Для каждого из этих методов существует своя определенная рациональная область применения, т.е. своя технологическая ниша [1 – 3].

Однако до настоящего времени не разработаны основные критерии, позволяющие в условиях рыночной экономики объективно определить оптимальную технологию для конкретных случаев, так как в современном производстве возникают сложные и противоречащие проблемы, среди которых можно выделить следующие: территориальная, технологическая, организационная, экономическая, социальная, экологическая, психологическая и др.

В течение последнего десятилетия отечественная аэрокосмическая промышленность, испытывая острый дефицит в новых высокоэффективных технологиях металлообработки, успешно предпринимает попытки освоения импульсных технологических процессов.

Однако отсутствие научно-обоснованных рекомендаций, позволяющих учесть специфические особенности новых высокоэффективных технологий металлообработки, является серьезным препятствием в практике внедрения, особенно в современных условиях при нехватке на предприятиях целевых инвестиций.

Поэтому предлагаемая методология анализа технико-экономической целесообразности внедрения конкретного технологического процесса импульсного формирования деталей сложной формы является *актуальной*.

### Описание предлагаемой методологии

При замене существующего оборудования на новое для металлообработки в каждом конкретном случае необходимо проводить работы по следующей схеме.

1. *Отбор наиболее прогрессивных методов металлообработки.*

В этом случае возможность внедрения того или иного метода определяется анализом соотношения между потребными и располагаемыми параметрами, т.е. между физическими параметрами заготовки и детали с одной стороны и энергосиловыми возможностями конкретного метода импульсной обработки материалов в другой стороны.

Если анализ приводит к выводу, что физически возможны один или несколько вариантов, то необходимо перейти ко второму этапу выбора, т.е. выбору на основании сравнения основных технико-экономических показателей.

2. *Сравнение по технико-экономическим показателям [4].*

В этом случае целесообразность внедрения определяется в результате сравнения показателей. В число основных технико-экономических показателей, сравнение которых определит предпочтительность внедрения одной или физически возможных импульсных технологий, включаются:

- технологическая себестоимость продукции;
- производительность труда;
- эффективность капитальных вложений.

Среди многочисленных составляющих себестоимости продукции имеются такие, которые не зависят от вида технологического процесса изготовления продукции.

Поэтому при проведении сравнительного экономического анализа целесообразности внедрения технологий рассматривают не полную себестоимость продукции, а технологическую [1]:

$$C_T = M + Z + Эо + A + П + И, \quad (1)$$

где  $C_T$  – технологическая себестоимость;  $M$  – затраты на заготовку;  $Z$  – зарплата производственных рабочих;  $Эо$  – расходы по эксплуатации оборудования;  $A$  – амортизационные отчисления;  $П, И$  – затраты на изготовление, эксплуатацию и ремонт приспособлений и инструмента.

Технологическая себестоимость изделия – один из важнейших показателей, по которому производится сравнительная оценка технологичности конструкции изделия [2].

Здесь можно ориентироваться и на разработки Н.Е. Исаченкова в области системного подхода к экономической оценке уровня технологических процессов и выбору технологичных конструкций деталей [3], однако они предполагают наличие большого массива статистических данных, что для рассматриваемых условия не всегда реально.

Если физически возможны три варианта импульсной технологии, то предпочтительность внедрения одного из них, как видно из рис. 1, зависит от программы выпуска  $N$  (задание).

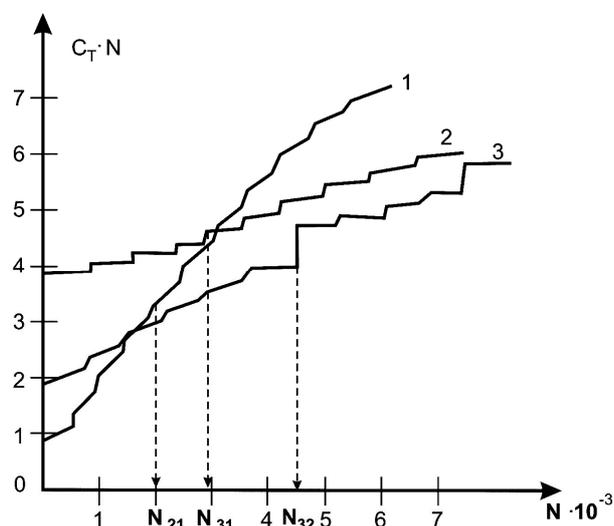


Рис. 1. Сравнительная оценка технологий по технологической себестоимости

3. *Сравнительная оценка по критерию производительности труда.*

При рассмотрении этого вопроса может быть использована методика Э.Н. Кандыбина [4]. Однако, в

дополнение к его разработкам предлагается рассматривать не только сравнение нового технологического процесса с базовым, но и сравнительный анализ нескольких новых вариантов на альтернативной основе как при наличии, так и при отсутствии базового варианта [5].

Сравнительная оценка по производительности труда в наиболее интегральной форме может быть сведена к сравнению по двум обобщенным показателям: а) прогрессивности технологии; б) уровню технологии.

Показатель прогрессивности технологии

$$П = \frac{H \cdot T^I}{T \cdot H^I}, \quad (2)$$

где  $H$  – объем выпуска продукции в натуральных или условных единицах (задание);  $H^I$  – то же в базовом варианте;  $T$  – планируемая численность рабочих;  $T^I$  – действительная численность рабочих в базовом варианте.

Если физически возможны несколько вариантов импульсной технологии, которые обозначим  $l, m, k, n$ , то при наличии базового варианта предпочтительность внедрения определяется неравенством

$$П_l \geq П_m \geq П_k \geq П_n. \quad (3)$$

При отсутствии базового варианта

$$\left(\frac{H}{T}\right)_l \geq \left(\frac{H}{T}\right)_m \geq \left(\frac{H}{T}\right)_k \geq \left(\frac{H}{T}\right)_n. \quad (4)$$

При фиксированной программе выпуска (при фиксированном варианте):

$$\frac{1}{T_l} \geq \frac{1}{T_m} \geq \frac{1}{T_k} \geq \frac{1}{T_n}, \quad (5)$$

Рост показателя прогрессивности технологии обозначает движение к созданию и внедрению технологий, не требующих вмешательства человека.

Показатель уровня технологии

$$У_T = П_ч \cdot K_г \cdot \sum_{i=1}^n a_i \cdot K_i, \quad (6)$$

где  $П_ч$  – часовая производительность оборудования;  $K_г$  – коэффициент надежности технологи-

ческого оборудования, определяемый как отношение времени фактической работы к плановому фонду времени работы оборудования;  $a_i$  – относительный вес  $i$ -го показателя качества технологии и продукции;  $K_i$  – показатели качества технологии и продукции.

В число показателей качества технологии и продукции входят следующие коэффициенты:  $K_n$  – автоматизации;  $K_{um}$  – использования материала;  $K_H$  – потерь по причине брака продукции;  $K_э$  – полезного действия технологического оборудования;  $K_o$  – эффективного использования производственных площадей;  $K_c$  – эффективного использования рабочего времени;  $K_p$  – технического ресурса детали, изготавливаемой на данном технологическом оборудовании, в составе узла или изделия;  $K$  – условий труда.

Все перечисленные коэффициенты (за исключением  $K$ ) определяются как отношение полного расхода ресурса к полезному. Коэффициент  $K$  устанавливается экспертно с учетом факторов вредных воздействий (шум, вибрация, выделение вредных веществ и др.).

В настоящее время отсутствует обоснованная методика теоретического определения  $a_i$ , поэтому величина  $a_i$  определяется экспертами, с учетом того, что

$$\sum_{i=1}^n a_i = 1. \quad (7)$$

Стремление к созданию идеальной технологии означает, что технология не должна требовать вмешательства человека, должна быть экологически чистой, с высокой степенью надежности при автоматизации, с полным отсутствием отходов материала, с равенством работы пластической деформации располагаемой энергии источника и т.д.

Очевидно, что для идеальной технологии

$$K_c \sum_{i=1}^n a_i K_i \rightarrow 1. \quad (8)$$

На рис. 2 представлен характерный вид зависимости уровня импульсной технологии от времени (введены следующие обозначения:  $m$  – коэффициент роста уровня технологии; I – развитые страны; II – страны СНГ;  $\delta B$  – отставание по уровню технологии;  $\delta Y_T$  – отставание во времени;  $D$  – экстраполированный уровень мировой технологии – базовое число для разработки технического задания на проектирование перспективных технологий).

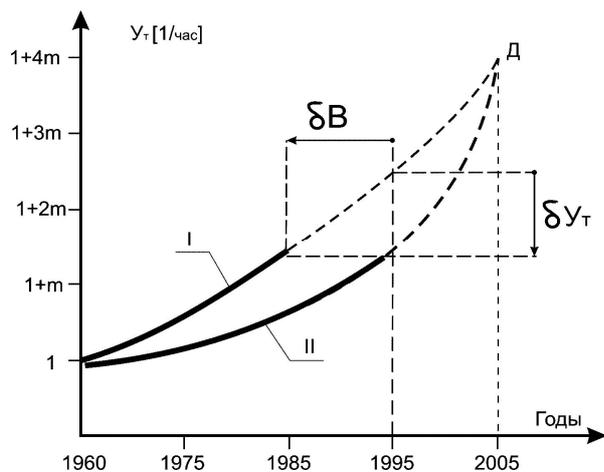


Рис. 2. Зависимость уровня технологии по годам

Если физически возможны несколько вариантов импульсной технологии, то предпочтительность их внедрения определяется неравенством

$$Y_{T(k)} \geq Y_{T(m)} \geq Y_{T(e)} \geq Y_{T(n)}, \quad (9)$$

#### 4. Сравнительная оценка по критерию эффективности капитальных вложений.

Рост технико-экономической эффективности определяется как

$$PЭФ = \frac{П_{чН}}{П_{чБ}} \cdot \frac{C_B}{C_H} \cdot \frac{R_H}{R_B}, \quad (10)$$

где  $П_{чН}, П_{чБ}$  – часовая производительность при внедрении новой технологии и в базовом варианте;  $C_H, C_B$  – стоимость новой и базовой технологии;  $R_H, R_B$  – ресурс технологического оборудования в новом и базовом вариантах, измеренный в количестве натуральных или условных единиц продукции.

По существу РЭФ показывает, какой ценой достигается повышение производительности труда.

Если физически возможны несколько вариантов импульсной технологии, то предпочтительность их внедрения определяется неравенствами:

$$\text{– при наличии базового варианта} \\ (PЭФ)_m \geq (PЭФ)_k \geq (PЭФ)_n \geq (PЭФ)_l; \quad (11)$$

– при отсутствии базового варианта

$$\left(\frac{П_{чR}}{C}\right)_m \geq \left(\frac{П_{чR}}{C}\right)_k \geq \left(\frac{П_{чR}}{C}\right)_n \geq \left(\frac{П_{чR}}{C}\right)_e. \quad (12)$$

Таким образом, если сравнительная оценка по всем трем показателям, т.е. себестоимости продукции, производительности труда и эффективности капитальных вложений показывает предпочтительность внедрения какой-либо одной импульсной технологии, то вывод однозначен: эта технология и подлежит внедрению.

Если сравнительная оценка по каждому из трех показателей отдает предпочтение различным видам импульсной технологии, то выбор технологии, подлежащей внедрению, осуществляется экспертно. При этом для проведения аргументированной экспертной оценки привлекается система дополнительных критериев [6].

Согласно предлагаемого авторами подхода к выбору эффективного процесса целесообразно учитывать еще и следующие дополнительные критерии (рис. 3):

- рыночная устойчивость всей технологической системы;
- безусловная экономия всех видов ресурсов;
- малооперационность;
- соблюдение экологических требований на всех уровнях.

Причем основная часть дополнительных критериев должна иметь качественную экспертную оценку, что в значительной мере будет влиять на выбор того или иного технологического процесса для внедрения в производство.



Рис. 3. Содержание принятого подхода к выбору технологической системы

## Заключение

На основании проведенных исследований была разработана и апробирована методология по анализу и технико-экономическому обоснованию выбора методов импульсного формообразования при внедрении новых конкурентных изделий сложной формы аэрокосмической техники, что позволит при внедрении их резко сократить трудоемкость изготовления сложных деталей, затраты и сроки подготовки их производства.

## Литература

1. Абибов А.Л., Бойцов В.В., Зернов И.А. Технология самолетостроения. – М.: Машиностроение, 1982. – 482 с.
2. Амиров Ю.Д., Ершов В.И., Мымрин В.Н. Технологичность конструкции изделия. – М.: Машиностроение, 1990. – 520 с.

3. Исаченков Н.Е. Технико-экономическая оценка уровня технологических процессов к выбору технологических конструкций // *Авиационная промышленность*. – 1980. – № 12. – С. 14 – 18.

4. Кандыбин Э.Н. Методики сравнительной оценки технологий по критерию производительности труда // *Авиационная технология*. – 1988. – № 1 (4). – С. 46 – 50.

5. Бычков С.А. Концепции применения и реализации импульсных технологий в условиях опытного и серийного производства транспортных самолетов: Дисс. ... д-ра техн. наук. – Х.: ХАИ, 1991. – 55 с.

6. Фролов Е.А. Показатели качества современных технологических систем импульсного формообразования сложнорельефных деталей // *Технологические системы*. – 2002. – № 3. – С. 29 – 32.

*Поступила в редакцию 18.04.2005*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. А.А. Мовшович, НИИ технологии машиностроения, Харьков.