

## Выбор технологических решений в листоштамповочном производстве

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

Рассмотрено использование метода функционально-логических матриц для выбора эффективных технологических решений при изготовлении крупногабаритных высокоточных деталей наукоемкого производства. Показаны информационные взаимосвязи в технологической системе, обеспечивающие достижение заданных эксплуатационных характеристик изделий.

**Ключевые слова:** метод функционально-логических матриц, тактико-технические требования (ТТТ), типовые технологические решения, эффективность техпроцесса.

В условиях мелкосерийного производства, характерного для современного авиастроения, а также дороговизны используемых в конструкциях материалов, проведение экспериментальных исследований с натурными образцами является дорогостоящей и сложной задачей. Поэтому для анализа и отработки новых техпроцессов все шире используется имитационное моделирование в сочетании с информационными системами принятия решений [1].

В этом плане представляет интерес проектирование техпроцессов по изготовлению листовых крупногабаритных деталей сложной пространственной формы (обтекатели мотогондол, носовые обтекатели крыла и оперения, обшивки двойной кривизны, зеркала радиоантенн космической связи и др.).

Для решения указанной задачи целесообразным является использование метода функционально-логических матриц (метод ФЛМ), сущность которого заключается в установлении функциональных взаимосвязей между заданными эксплуатационными параметрами готовых изделий и структурой проектируемой технологической системы [2].

### Методика выбора рациональной технологии штамповки

Поскольку в технологической системе формируются параметры поверхностных слоев деталей, а эксплуатационные показатели изделий в целом являются их производственными, то предложен алгоритм, позволяющий согласовывать эти характеристики.

Для этого используются три логические матрицы. Первая из них устанавливается функционально-логические взаимосвязи между показателями обрабатываемых поверхностей и видами технологических операторов. Вторая матрица позволяет установить взаимосвязи между основными ТТТ к изделию и показателями обрабатываемых поверхностей и, наконец, третья матрица обеспечивает искомые взаимосвязи между технологическими операторами и основными ТТТ.

Рассмотрим подробнее использование метода ФЛМ применительно к изготовлению зеркал приемо-передающих антенн, применяемых для управления воздушным движением и в аэрокосмической связи.

На рис. 1 показаны схемы теоретического (а) и реального (б) профиля рефлектора радиоантенны, получаемого листовой штамповкой из алюминиевого сплава. На рис. 1 приняты следующие обозначения:  $b_k$  – отклонения контура;  $L_B$  – волнистость;  $R_z$  – высота микронеровностей;  $d$  – смещение фокуса относительно облучателя;  $D$  – диаметр рефлектора;  $\sigma$  – среднеквадратичное отклонение

профиля поверхности (ОПП);  $\gamma$  – угловое расстояние точки профиля от геометрической оси антенны.

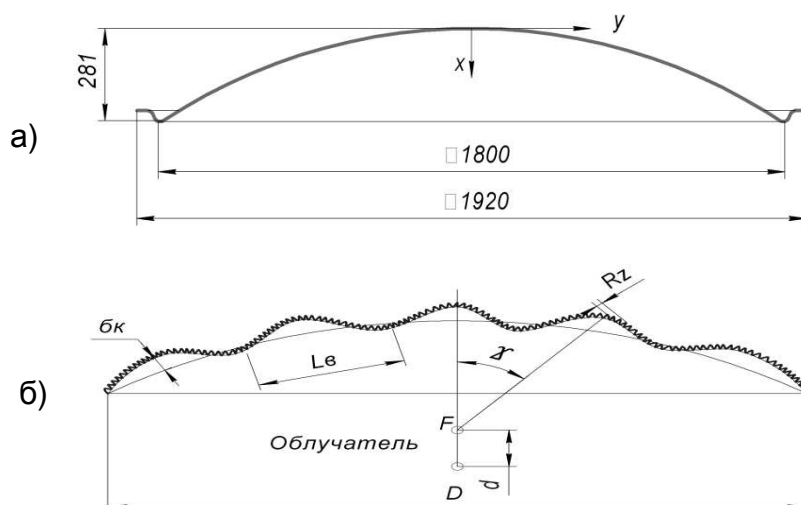


Рис. 1. Схема теоретического (а) и реального (б) профилей рефлектора

Схема информационных связей при разработке техпроцесса изготовления рефлектора антенны приведена на рис. 2.

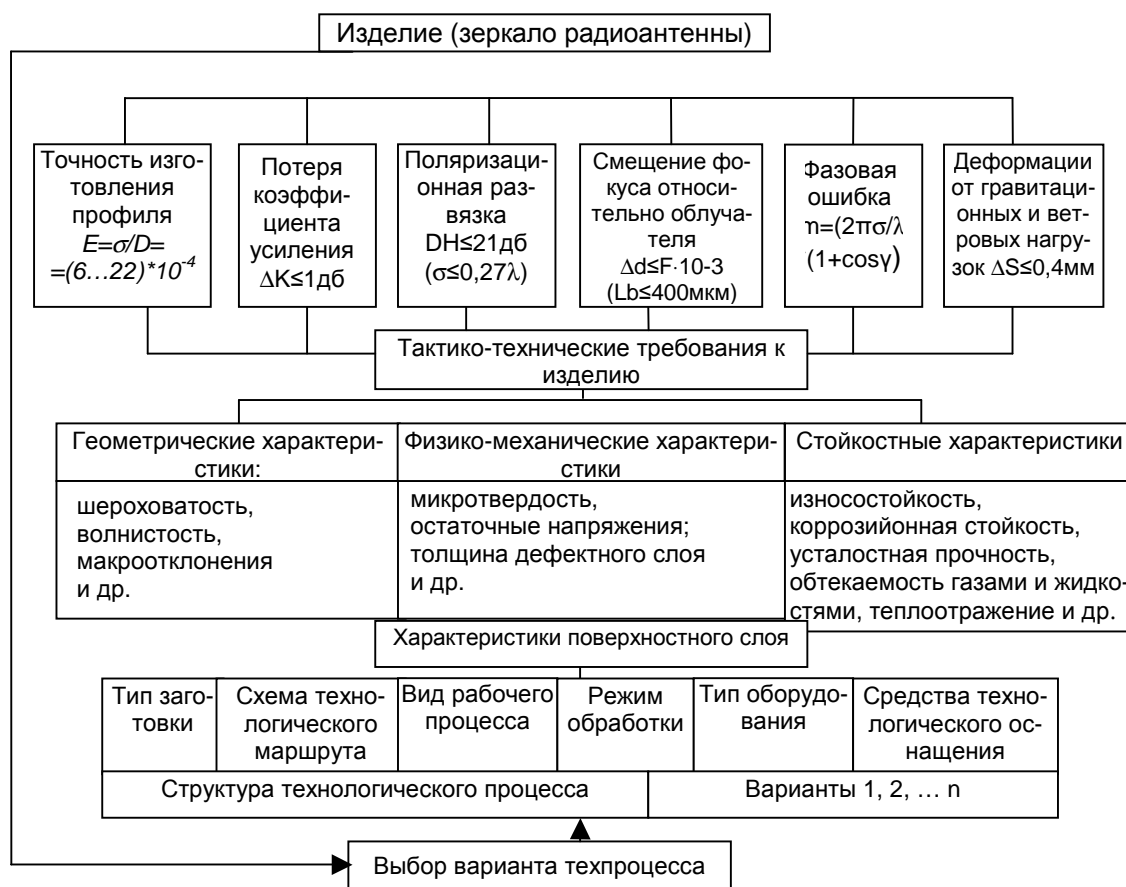


Рис. 2. Схема информационных связей при выборе варианта техпроцесса

Как следует из рис. 2, основным параметром, характеризующим заданные эксплуатационные показатели антенны, является точность профиля зеркала, поэтому при проведении технологической подготовке производства (ТПП) необходимо принять меры к обеспечению требуемой точности профиля (крайний левый квадрат на рис. 2 в строке тактико-технических требований к изделию). Подробный анализ ТТТ к зеркалу антенны описан в [3], там же рассмотрены сравнительные характеристики известных методов изготовления этих изделий.

Следует отметить, что наиболее распространенной технологической формообразования зеркал антенн наряду с литьем из полиуретана и выклейкой из стеклопластиков, является штамповка из алюминиевых сплавов, при этом типовыми технологическими вариантами являются: штамповка взрывом в гидробассейне, электрогидравлическая штамповка и ротационная вытяжка (рис. 3).

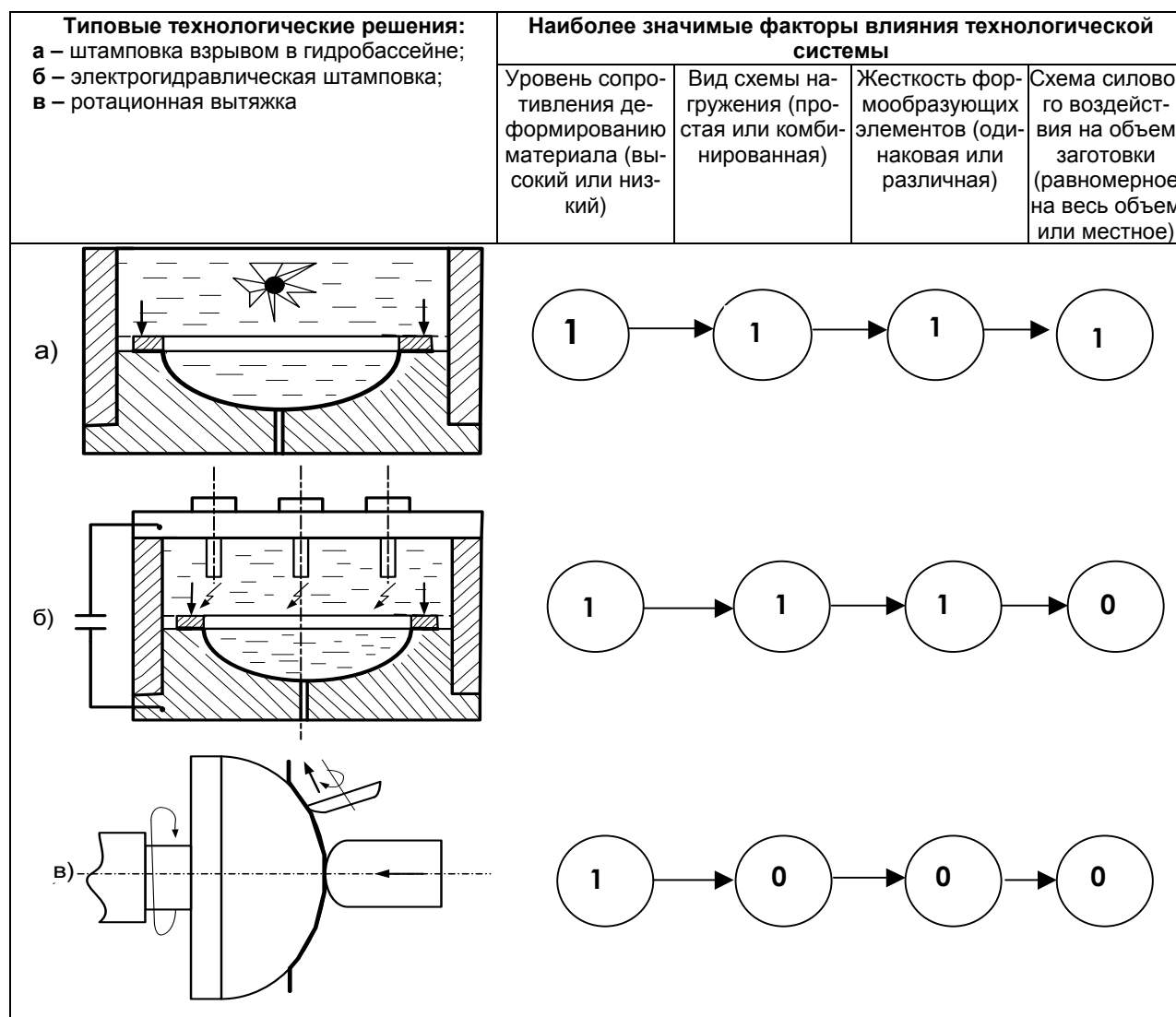


Рис. 3. Типовые технологические схемы формообразования зеркала антенны

Из функционально-логического анализа, который иллюстрируется с помощью рис. 3, следует, что максимальное количество положительных решений характерно для способа взрывной штамповки в гидробассейне, который и может

быть рекомендован для изготовления зеркал приемо-передающих антенн рассматриваемого типа.

Для экспериментального подтверждения данного вывода были использованы результаты факторных экспериментов, выполненных при исследованиях процессов взрывной штамповки.

Проведенный факторный анализ позволил получить уравнения регрессии, описывающие зависимость точности профиля антенны от соответствующих факторов [3]:

$$\sigma_{n1}=4,2-0,12b_n+0,011 L_B; \quad (1)$$

$$\sigma_{n2}=79,99-1,31b_n-0,48 L_B -3,33 R_z +0,01 b_n \cdot L_B -0,064 b_n \cdot R_z; \quad (2)$$

$$\sigma_{n3}=5,72+0,31b_n+0,067 R_z -0,11b_n \cdot R_z. \quad (3)$$

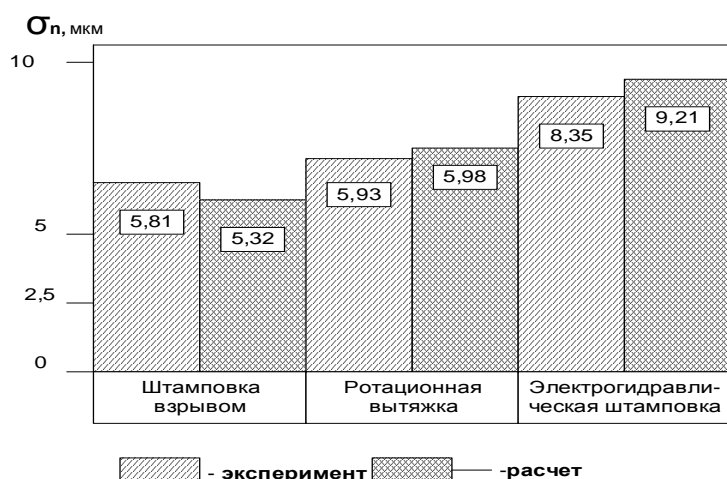
В уравнениях (1 – 3) приняты следующие обозначения:

$\sigma_{n1}$ ,  $\sigma_{n2}$ ,  $\sigma_{n3}$  - среднеквадратичное отклонение профиля зеркала антенны соответственно для штамповки взрывом в гидробассейне, электрогидравлической штамповке и ротационной вытяжки, мкм;

$b_n$  – экспериментальные значения отклонения профиля, мм;

$L_B$  - волнистость поверхности, мкм;

$R_z$  - высота микронеровностей, мкм.



На рис. 4 показано сравнение расчетных, полученных согласно уравнениям (1 – 3), и экспериментальных данных по определению среднеквадратичного отклонения профиля поверхности (ОПП) для соответствующих методов формообразования. Анализ показывает, что наиболее эффективным технологическим решением является метод взрывной штамповки в гидробассейне.

Рис. 4. Сравнение расчетных и экспериментальных данных по выбору технологических решений

## Выводы

В статье приведена методика использования метода функционально-логических матриц (ФЛМ) для технологической подготовке производства (ТПП) крупногабаритных листоштамповочных деталей типа рефлекторов радиоантенн. Показана структурная схема ТПП для этих изделий и выполнен анализ возможных вариантов техпроцесса их изготовления. Дано сравнение расчетных и экспериментальных значений погрешности профиля поверхности для различных методов, среди которых наиболее эффективным является взрывная штамповка в гидробассейне.

### Список литературы

1. Божко Д.В. Модель формирования структуры технологической подготовки производства в проектах издания наукоемкой техники / Д.В. Божко, Е.А. Дружинин, О.К. Погудина // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ» - Вып. 36. – Х., 2007. – С. 135 – 138.
2. Божко Д.В. Использование метода функционально-логических матриц для выбора технологических маршрутов в авиационном производстве / Д.В. Божко, О.В. Каширина, О.К. Погудина // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ» - Вып. 48 – Х., 2010. – С. 105 – 110.
3. Божко Д.В. Информационная система обоснования характеристик высокотехнологичных проектов / Д.В. Божко, О.К. Погудина // Радіоелектронні і комп'ютерні системи: науково-технічний журнал Нац. аерокосм. ун-та «ХАІ» - №3, - Х., 2008 – С. 102 – 108.

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. И.В. Шостак, Национальный аэрокосмический университет им. М.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

Поступила в редакцию 10.09.12

### Вибір технологічних рішень у листоштампувальному виробництві

Розглянуто використання методу функціонально-логічних матриць для вибору ефективних технологічних рішень при виробництві крупногабаритних високоточних деталей наукоемного виробництва. Показано інформаційні взаємозв'язки в технологічній системі, які забезпечують досягнення заданих експлуатаційних характеристик виробів.

**Ключові слова:** метод функціонально-логічних матриць, тактико-технічні вимоги (ТТВ), типові технологічні рішення, ефективність техпроцесу.

### Choice of technology solutions lystoshtampuvalnomu in production

The use of functional-logic matrices of choice for effective technological solutions in the production of large-sized high-technology production of precision parts. Displaying information relationships in technological systems that achieve specified performance products.

**Keywords:** method of functional logic arrays, tactical and technical requirements (TTR), the typical technology solutions, efficiency of process technology.