

УДК 621.7.044

В.В. ТРЕТЬЯК

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

## РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ СИНТЕЗА ДЛЯ РАСЧЕТА ИМПУЛЬСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

*В статье представлены материалы, касающиеся реализации алгоритмов синтеза импульсных технологий. Анализируется схема формирования объектной модели детали, технологического процесса и оснастки для изготовления детали импульсной технологией. Представлена схема и спектр математических моделей, используемых для проектирования импульсных технологий. Анализируются возможности использования сети Кохонена для синтеза ТП. Представлена блок-схема алгоритма сети. Представлены модель детали и оборудования для выполнения работ на опытной установке. Представлены формулы для расчета заряда, в случае выполнения работ с помощью штамповки взрывом.*

**Ключевые слова:** импульсная штамповка листовых деталей, математическая модель матрицы, сеть Кохонена, штамповка взрывом, импульсное оборудование, расчет заряда.

### Введение

В процессе проектирования опытных технологий импульсной штамповки выработалась достаточно общая последовательность выполнения процедур проектирования, которую можно отобразить в виде следующей последовательности действий [1].

В случае, когда технологический процесс выполняется на основе неавтоматизированного проектирования (ручного), на основе анализа чертежа чистой детали, руководствуясь нормативными данными и личным опытом, технолог сам выбирает метод обработки, предварительно устанавливает технические требования, подбирает типовую схему процесса, выбирает маршрутную технологию и рассчитывает режимы обработки (для взрывной штамповки – заряд и место его установки).

При этом вероятность ошибочных решений существенно зависит от квалификации самого технолога. По окончании проектирования обязательно требуется опытная отработка нового процесса на модельной оснастке, на что затрачивается достаточно много времени и средств.

В случае автоматизированного проектирования используются методы классификационной обработки. Только после достаточно эффективного формализованного представления знаний после выполнения процедур классификации возможно формирование математической модели самого технологического процесса, а также оснастки и оборудования.

В случае удачной разработки предыдущих этапов можно производить эффективное математическое моделирование процесса, расчет оценки экономической эффективности и оформление технологи-

ческой документации, значительно экономя время и средства на отладку опытной технологии. Естественно, что для формализованного описания расчета необходим анализ математических моделей, используемых в разрабатываемой системе.

### Спектр математических моделей

Поскольку процесс проектирования носит сложный характер, необходимо использование блочного принципа иерархичности и блочного описания системы [1]. При блочном описании объектов необходимо выделение нескольких промежуточных иерархических уровней.

Кроме расчленения описаний по степени подробности отражения свойств объекта, порождающего иерархические уровни, используют декомпозицию описаний по характеру отображаемых свойств объекта.

Такая декомпозиция приводит к появлению ряда аспектов описаний (рис. 1).

Наиболее значимыми являются функциональный, конструкторский и технологический аспекты. Функциональный аспект связан с отображением основных принципов функционирования, характера физических и информационных процессов, протекающих в объекте, и находит выражение в принципиальных, функциональных, структурных, кинематических схемах и сопровождающих их документах.

Конструкторский аспект связан с реализацией результатов функционального проектирования, т.е. определением геометрических форм объектов и их взаимным расположением в пространстве.

Технологический аспект относится к реализа-

ции результатов конструкторского проектирования, т.е. связан с описанием методов и средств изготовления объектов.

Возможно более дифференцированное описание свойств объекта с выделением в нем ряда подсистем и соответствующего числа аспектов. Внутри каждого аспекта возможно свое специфическое выделение иерархических уровней.

В соответствии с блочным описанием [2] системы проектирования предполагается использова-

ние различных математических моделей.

Классификация математических моделей и решение задачи синтеза выполняется в зависимости от характера свойств, способов представления информации и способов ее получения (рис. 2). Инженерные знания условно разделяют на два основных класса: формализуемые с помощью математических моделей и экспертные, не подлежащие такой формализации.

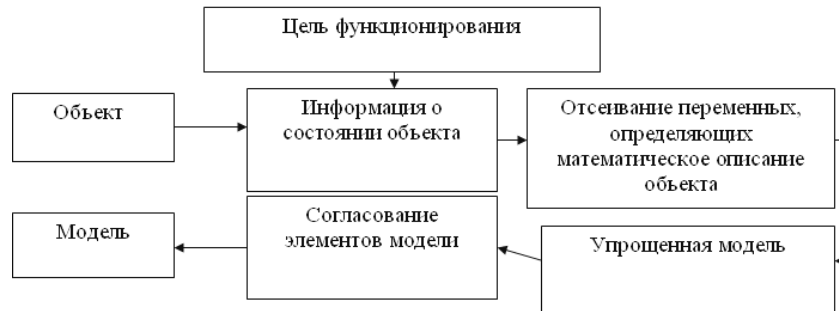


Рис. 1. Этапы формирования математической модели



Рис. 2. Последовательность выполнения этапов синтеза

### Синтез технологического процесса импульсной обработки с использованием обучающей сети Кохонена

Технологические процессы изготовления разных объектов штамповочного производства должны выделяться из заданного технологического маршрута, путем «вычеркивания» соответствующих операций без изменения порядка их прохождения.

В рамках задачи классификации операций технологических процессов, необходимо решить задачу определения наличия операций, при обработке детали, которые находятся в заданной последовательности.

Начальными данными в этой задаче является:

1. Признаки, по которым будет выполняться классификация.

2. Обучающая выборка, в которой для каждой детали известно наличие технологических операций.

3. Набор деталей с массивом признаков, которые характеризуют наличие технологических операций (тестовая выборка).

На выходе пользователь получает для набора деталей (тестовой выборки) наличие операций.

Также выполняется оценка эффективности полученного результата.

Для решения этой задачи необходимо сформировать искусственную нейронную сеть без учителя и оценить ее эффективность.

Процесс обучения сети Кохонена состоит из циклического повторения ряда шагов. Алгоритм представлен на рис. 3.



Рис. 3. Алгоритм обучения нейронной сети Кохонена

Входной информацией сети служат конструкторско-технологические признаки элементов детали (рис. 4), элементы построения импульсного ТП

представленные в индикаторных (не числовых) шкалах измерений (схема штамповки, маршрутная технология и т.д).

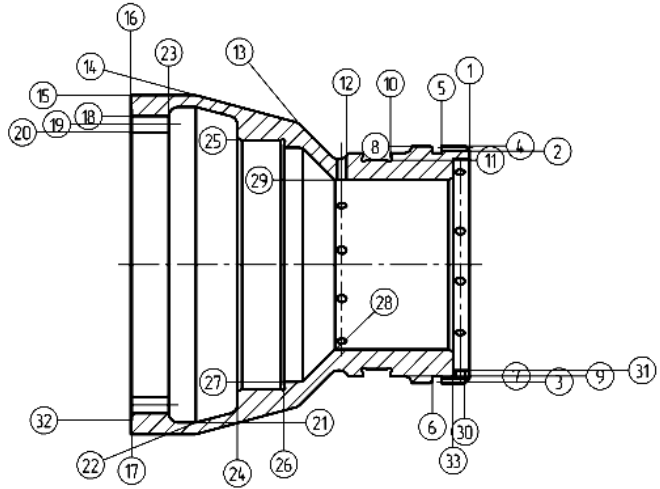
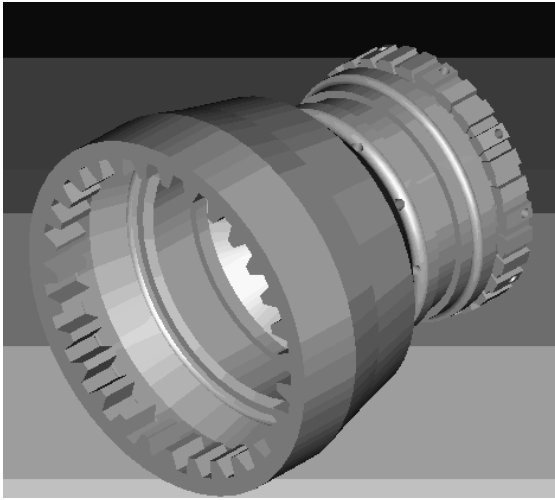


Рис. 4. Трехмерная модель детали и элементы ее описания для построения сети Кохонена

Импульсную обработку детали предполагается выполнить на опытной установке [3], модель которой представлена на рис. 5.

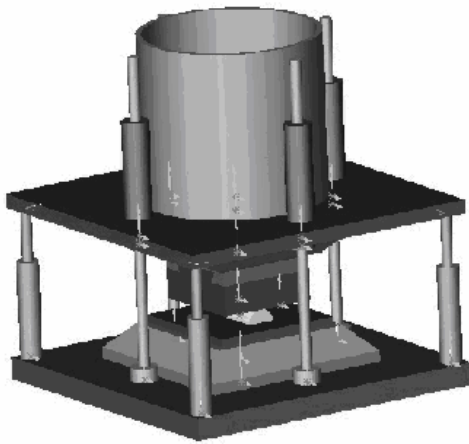


Рис. 5. Модель опытной установки для штамповки

Методика расчета веса заряда может быть выполнена, исходя из следующих соображений.

**Расчет массы заряда**

Работу *A* по деформированию объемной заготовки можно рассчитать по формуле:

$$A = \frac{G_{\text{пд}} \cdot V^2}{2}, \tag{1}$$

где *V* – скорость, м/с;

*G<sub>пд</sub>* – вес падающих частей оборудования для штамповки, кг,

$$G_{\text{пд}} = 5,6 \cdot 10^{-3} \cdot \sigma \left(1 - 0,0005D_{\text{пр}}\right) \times \left\{ 3,75 \cdot \left( l_3 + \frac{D_{\text{пр}}}{4} \right) \cdot \left( 75 + 0,001D_{\text{пр}}^2 \right) + D_{\text{пр}} \cdot \left( \frac{l_3^2}{2} + \frac{l_3 D_{\text{пр}}}{4} + \frac{D_{\text{пр}}^2}{50} \right) \right\} \times \ln \left[ 1 + \frac{2,5 \left( 75 + 0,001D_{\text{пр}}^2 \right)}{D_{\text{пр}} h_3} \right] \times \left( 1 + 0,1 \sqrt{\frac{l_{\text{п}}}{b_{\text{ср}}}} \right), \tag{2}$$

где *D<sub>пр</sub>* – приведенный диаметр некруглой в плане поковки, мм:

$$D_{\text{пр}} = 1,13 \cdot \sqrt{F_{\text{п}}}, \tag{3}$$

где *F<sub>п</sub>* – площадь поковки в плане, мм<sup>2</sup>;

*σ* – временное сопротивление разрыву материала поковки при температуре окончания штамповки;

*l<sub>п</sub>* – длина поковки в плане, мм;

*l<sub>3</sub>* – ширина мостика облойной канавки, мм;

*h<sub>3</sub>* – высота мостика облойной канавки, мм;

*b<sub>ср</sub>* – средняя ширина поковки в плане, мм:

$$b_{\text{ср}} = \frac{F_{\text{п}}}{l_{\text{п}}}. \tag{4}$$

Энергия, заключенная в заряде бризантного взрывчатого вещества равна:

$$W = Q \cdot m, \tag{5}$$

где *Q* – теплотворная способность БВВ, Дж/кг;

*m* – масса заряда, кг.

КПД процесса  $\eta$  находят по формуле:

$$\eta = \frac{A}{W} \cdot 100\% . \quad (6)$$

Выразив из формулы (5) работу  $A$  и приравняв ее работе  $A$  из формулы (1), получим:

$$\frac{G_{\text{пд}} \cdot V^2}{2} = Q \cdot m \cdot \eta . \quad (7)$$

Выразим из формулы (7) массу заряда  $m$ :

$$m = \frac{G_{\text{пд}} \cdot V^2}{2 \cdot Q \cdot \eta} \cdot k , \quad (8)$$

где  $k$  соответствует количеству ударов в закрытом штампе,  $k = 5$ .

Используя учебную версию системы СПРУТ – ТП была разработана база знаний для расчета массы заряда.

## Литература

1. Третьяк В.В. Объектный подход к проектированию ресурсосберегающих импульсных технологий. / В.В. Третьяк // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2006. – №3 (29). – С. 26-31.

2. Теоретичні та експериментальні дослідження об'ємного деформування деталей аерокосмічної техніки за допомогою імпульсних джерел енергії: науковий звіт по темі (МІНТ-36/06) / рук. В.К. Борисевич, исп. В.В. Третьяк, С.И. Молодых, В.П. Павиченко и др. – Х., 2008. – 315 с. – Г.Р. № 0106U001064

3. Борисевич В.К. Разработка механизированной промышленной установки для изготовления заготовок деталей авиационных двигателей методом импульсной штамповки / В.К. Борисевич, В.В. Третьяк, В.Ф. Мозговой, А.А. Брунак // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2008. – № 1 (58). – С. 38-43.

Поступила в редакцию 1.06.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.К. Борисевич, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

### РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ СИНТЕЗУ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ІМПУЛЬСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

*В.В. Третьяк*

В статті представлені матеріали, реалізації алгоритмів синтезу імпульсних технологій, що стосуються. Аналізується схема формування об'єкдної моделі деталі, технологічного процесу і оснащення для виготовлення деталі імпульсною технологією. Представлена схема і спектр математичних моделей, що використовуються для проектування імпульсних технологій. Аналізуються можливості використання сіті Кохонена для синтезу ТП. Представлена блок-схема алгоритму сіті. Представлені модель деталі і устаткування для виконання робіт на дослідній установці. Представлені формули для розрахунку заряду, у разі виконання робіт за допомогою штампування вибухом.

**Ключові слова:** імпульсне штампування листових деталей, математична модель матриці, сіть Кохонена, штампування вибухом, імпульсне устаткування, розрахунок заряду

### REALIZATION OF ALGORITHMS OF SYNTHESIS FOR COMPUTATION IMPULSIVE TECHNOLOGIES

*V.V. Tretyak*

In the article the materials are presented, touching realization of algorithms of synthesis of impulsive technologies. The chart of forming of objective model of detail, technological process and rigging for making of detail is analysed by impulsive technology. A chart and spectrum of the mathematical models used for planning of impulsive technologies is presented. Possibilities of the use of the Kohonena network for the TP synthesis are analysed. The chart of algorithm of network is presented. Are presented model of detail and equipment for implementation of works on the pilot plant. Formulas for computation of charge are presented, in the case of implementation of works by stamping by the explosion.

**Key words:** impulsive stamping of sheet details, mathematical model of matrix, the Kohonena network, stamping by the explosion, impulsive equipment, computation of charge.

**Третьяк Владимир Васильевич** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры производства авиационных двигателей Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: mint\_khai@rambler.ru.