

УДК 621.7.044

В.В. ТРЕТЬЯК

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Украина

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КЛАССИФИКАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ ИМПУЛЬСНЫМИ СПОСОБАМИ ИЗ ПЛОСКОЙ ЗАГОТОВКИ

Рассмотрена математическая модель и блок-схема классификационной обработки данных для принятия технологических решений при изготовлении детали из плоской заготовки с помощью импульсных источников энергии. Представлены типовые схемы импульсных процессов. Представлена схема расчета числа переходов для деталей, изготавливаемых вытяжкой. Даны результаты классификационной обработки данных с помощью бинарного графа. Рассмотрена математическая модель для расчета деформационного поля. Представлено объектное описание структуры детали. Математическая модель детали представлена конструкторско-технологическими признаками, существенно влияющими на технологический процесс. Представленная схема выполнена в виде расчетной программы. Представлены результаты расчетов классификационной обработки для получения плоской детали за 1 переход.

Ключевые слова: импульсные технологические процессы, вытяжка листовых деталей, бинарный граф для расчета числа переходов, классификационная обработка данных.

Введение

Разнообразие источников энергии, технологических процессов и схем для импульсного деформирования заготовок позволяет успешно использовать их в различных областях техники.

В листовой штамповке импульсные методы применяются для выполнения операций вытяжки, пробивки, вырубки, местной формовки, обжима, отбортовки, зиговки, калибровки, сборки и др. Они также могут быть использованы для упрочнения, сварки металлов, очистки их от окалины, резки, клепки, прессования порошковых материалов, очистки литья и др.

Однако следует заметить, что импульсные методы призваны не заменить традиционные процессы, а расширить их технологические возможности для сложных деталей, изготавливаемых из высокопрочных материалов в условиях опытного и мелкосерийного производства.

Именно в таких условиях данный способ является экономически целесообразным, поскольку появляется возможность значительного упрощения оснастки, сокращения технологического цикла и улучшения культуры производства.

Однако сложность физических процессов, трудности разработки технологических процессов для новых типов деталей диктует необходимость использования новых подходов в принципах построения технологических процессов, а также необ-

ходимость подключения современных математических методов для формирования как маршрутной, так и операционной технологии.

Особенности описания импульсных процессов

В отличие от статических методов, при анализе которых основное внимание уделяется механике процесса пластической деформации, импульсные процессы необходимо рассматривать с особенностями превращения одного вида энергии в другой [1]. Обычно в основу классификации методов положены характеристики вида нагружения заготовки (рис. 1).

При этом для всех способов эпюра давления $P(\tau)$ существенно зависит от времени достижения максимального давления t , параметра пикового давления P_{\max} и времени снижения давления в ϵ раз θ . Эти характеристики можно математически описать, рассчитать и соответственно представить картину поля распределения нагрузки по длине детали для каждой из представленных на рис. 1 схем.

На рис. 2 представлены типовые схемы основных операций для плоской заготовки. Каждая из представленных схем имеет свои характерные особенности и возможности с точки зрения реализации пластических свойств заготовки.

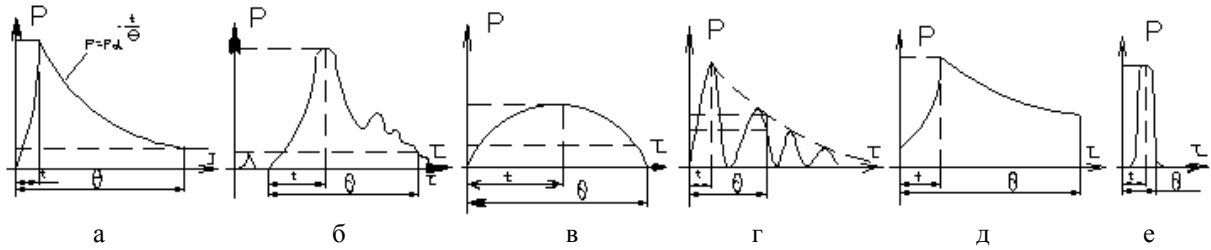


Рис. 1. Характеристика параметров нагружения для импульсных процессов:
 а – штамповка взрывом; б – электрогидравлическая штамповка; в – гидроударная штамповка;
 г – магнитно-импульсная штамповка; д – горение газовой смеси;
 е – термическое воздействие лазерного луча

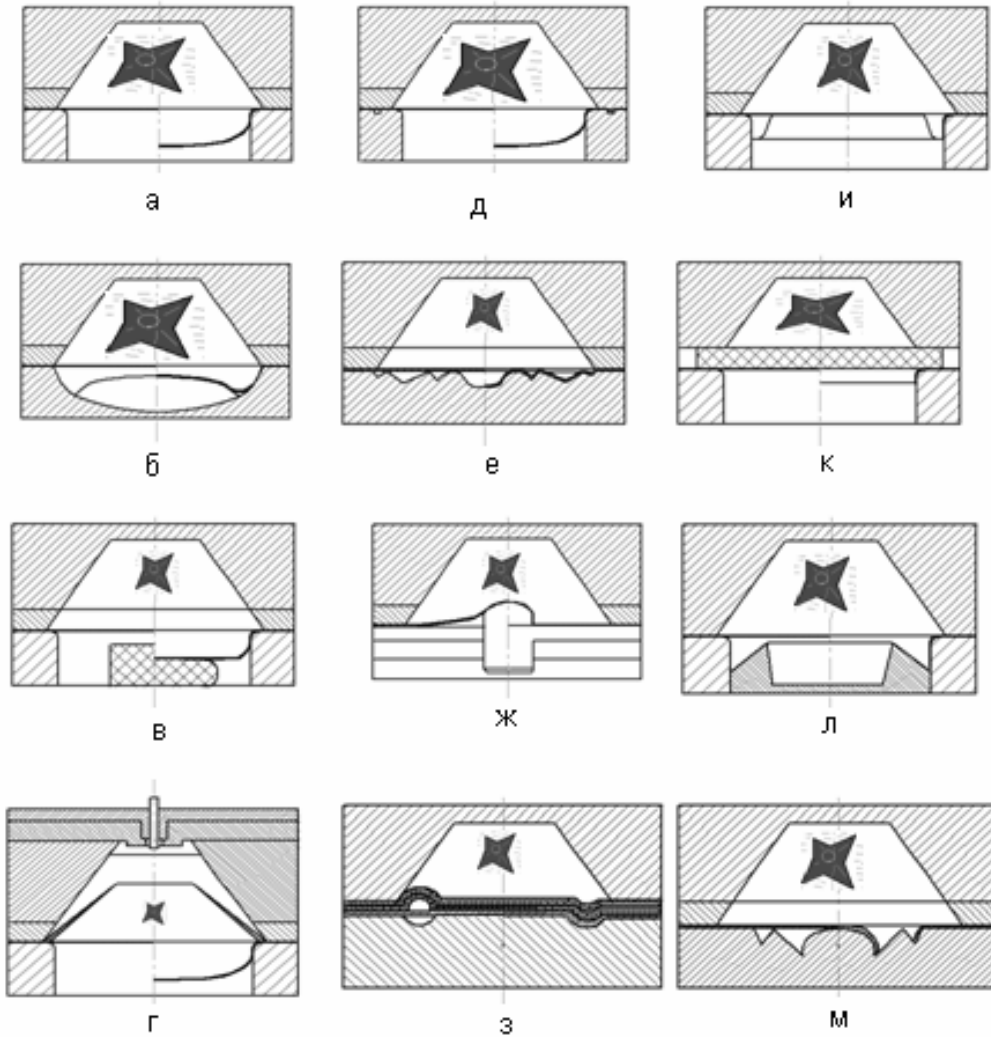


Рис. 2. Операции импульсной обработки плоских заготовок: а – прямая вытяжка;
 б, в – вытяжка с применением жестких пуансонов; г – вытяжка с радиальным подпором;
 д, е, ж, з – формовка; и, к, л, м – совмещение операций вытяжки, пробивки и отбортовки

Особенности описания математической модели листовой детали

Процесс преобразования заготовки из исходного в конечное состояние обусловлен следующими факторами: характером нагрузки, геометрией заготовки, ограничениями формирующих поверхностей

матрицы и физико-химическими свойствами деформируемого материала.

Геометрическая структура и преобразования заготовки диалектически взаимосвязаны, и в отличие от механообработки, здесь не может синтеза структуры из отдельных «элементарных технологических процессов», позволяющих вести обработку

отдельного элемента поверхности детали [2, 3].

Поэтому при описании геометрической структуры детали выделены лишь признаки, существенно влияющие на проектирование технологического процесса. На рис. 3 представлены наиболее существ-

венные конструкторско-технологические признаки листовой детали. Для выявления взаимосвязей эти признаки приведены к относительным параметрам относительно габаритного размера (табл. 1).

Таблица 1

Конструкторско-технологические признаки (КТП) листовой детали для определения числа переходов

№№	Наименование признака	Обозначение	Значение
1.	Относительная высота	\bar{h}	$\bar{h} = \frac{H}{D}$
2.	Габаритный размер	D	D
3.	Относительный диаметр дна	\bar{d}_0	$\bar{d}_0 = \frac{d_0}{D}$
4.	Относительный фланец	\bar{b}_f	$\bar{b}_f = \frac{B_f}{D}$
5.	Параметр пластичности	δ_p (%)	δ_p (%)
6.	Приведенный параметр пластичности	k	$k = \frac{\sigma_b - \sigma_s}{\sigma_b}$
7.	Относительная толщина	\bar{t}	$\bar{t} = \frac{t}{D}$
8.	Относительный внутренний прогиб	\bar{f}	$\bar{f} = \frac{f}{D}$
9.	Относительный нижний торцевой прогиб	\bar{f}_1	$\bar{f}_1 = \frac{f_1}{D}$
10.	Относительный верхний торцевой прогиб	\bar{f}_2	$\bar{f}_2 = \frac{f_2}{D}$
11.	Приведенный размер плоскости дна	\bar{b}_0	$\bar{b}_0 = \frac{B_0}{D - 2 \cdot B_f}$
12.	Угол наклона направляющей линии	α	α
13.	Тип материала	T _{мат}	T _{мат}
14.	Кривизна поверхности сопряжения 1	κ_1	$\kappa_1 = \frac{1}{R_1}$
15.	Кривизна поверхности сопряжения 2	κ_2	$\kappa_2 = \frac{1}{R_2}$
16.	Угол сопряжения поверхностей 1	α_1	α_1
17.	Угол сопряжения поверхностей 2	α_2	α_2
18.	Относительный рельефный прогиб	\bar{f}_p	$\bar{f}_p = \frac{f_p}{b_p}$
19.	Кривизна рельефного элемента	K _p	$K_p = \frac{1}{R_r}$
20.	Угол сопряжения рельефных поверхностей	α_p	α_p

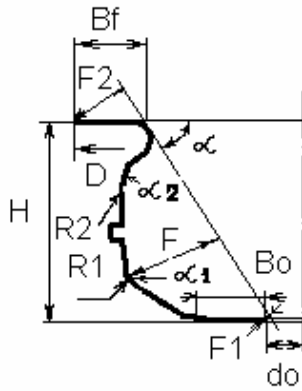


Рис. 3. Определение параметров листовой детали

Анализ сформированной выборки показал:

- за 1 переход изготавливается около 10 ... 15 % деталей,
- за 2 – 40 ... 50 %,
- за 3 – 15 ... 20 %,
- за 4 – 12 ... 15 %,
- за 5 – от 1 до 5 % (рис. 4).

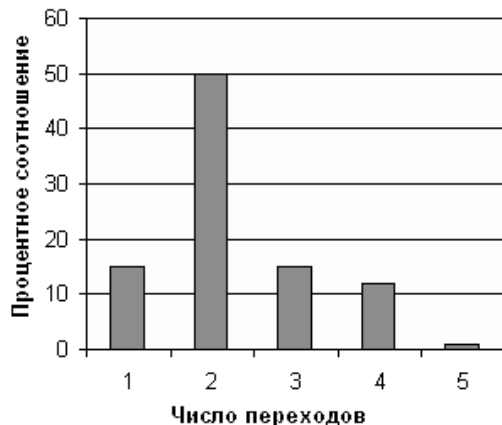


Рис. 4. Статистика данных исследуемой выборки по числу переходов

Для расчета числа переходов использован структурно-аналитический метод, позволяющий представлять решение в виде бинарного графа решений [4].

Математическая модель, представленная в виде

графа, имеет целый ряд преимуществ перед другими способами представления информации:

- имеется возможность работы с таблицей эмпирических данных, представленных различными типами шкал измерений (числовая, бинарная, порядка, наименований);
- бинарный граф является наиболее приемлемой формой предоставления информации для технологов и легко адаптируется к существующим САПР системам;
- решение носит наглядный и легко проверяемый характер;
- математическая модель для построения и представления бинарного графа легко реализуется в виде алгоритма и может быть реализована в виде программы.

На рис. 5 представлена блок-схема синтеза принимаемых решений.

На рис. 6 представлена разработанная параметрическая трехмерная модель листовой детали, и ее параметры описаны как объекты при построении изображения детали в современной САПР системе – учебной версии T-FLEX CAD.

По представленным в табл. 1 параметрам сформирована ТЭД (таблица эмпирических данных – обучающая выборка), построен и проанализирован бинарный граф для расчета числа переходов для плоской заготовки.

Фрагмент графа представлен на рис. 7.

На графе номера 1, 2, 3 ... соответствуют номерам вершин графа, а позиции K1, K2, K3 ... – номерам классов (в данном случае – число переходов).

На рис. 7, 8 представлены фрагмент рассчитанного бинарного графа и статистика вершин.

В табл. 2, 3 представлены диапазоны конструкторско-технологических признаков ТЭД и вершине для одного перехода.

По результатам, представленным в таблицах, можно оценить конструкторско-технологические признаки детали и принимать решение об их достоверности. Для проверки решения разработана математическая модель, позволяющая строить эпюру распределения деформаций для самого неблагоприятного случая, когда нагрузка прикладывается жестко и отсутствуют специальные приемы.

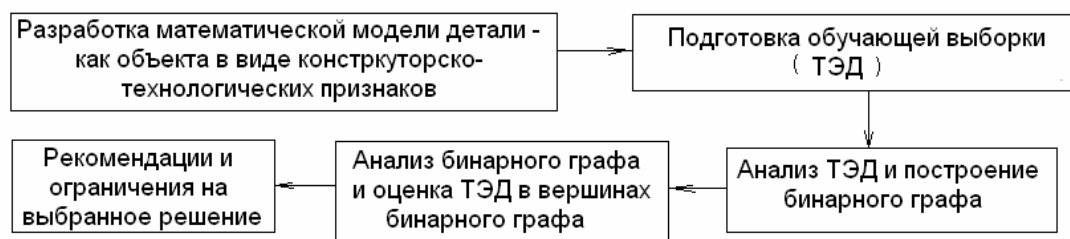
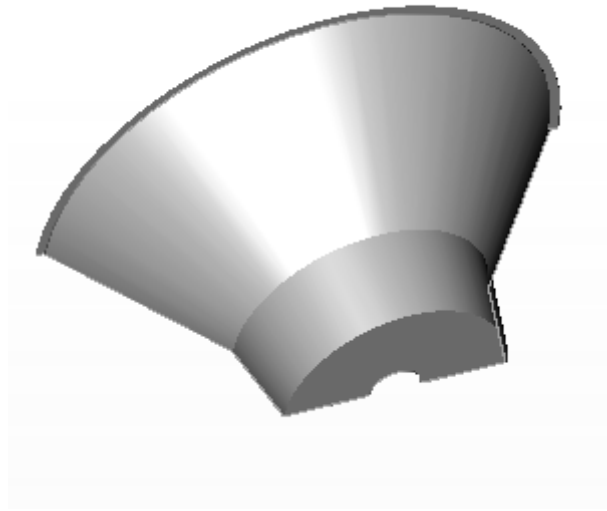


Рис. 5. Блок-схема синтеза и анализа принимаемых решений при использовании структурно-аналитического метода



l	0.386	bo	0.3282
D	920	alfa	25
do	0.1	Tmat	2
bf	0.0272	k1	0.1
de lr	18	k2	0.1
k	0.4643	alfa1	180
t	0.0083	alfa2	180
r	0.1	r rel	0
r1	0	k rel	0
r2	0	alfa rel	180

Рис. 6. Трехмерная параметрическая модель листовой детали и ее параметры

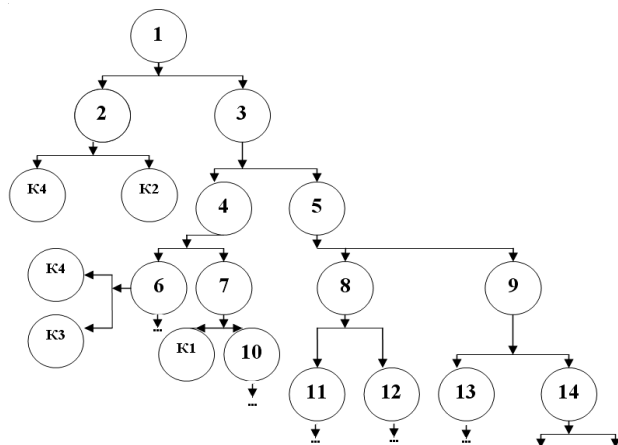


Рис. 7. Фрагмент бинарного графа для расчета числа переходов для операции - вытяжка

N/N	Вершина	Сумма	%%	Число++	Класс++	Число--	Класс--
1	2	5	6	1	4	4	2
2	6	3	4	2	4	1	3
3	7	1	1	1	1		
4	10	3	4	2	3	1	2
5	12	4	5	4	2		
6	15	1	1	1	4		
7	16	3	4	2	2	1	4
8	17	2	2	2	2		
9	19	2	2	1	2	1	1
10	20	3	4	2	1	1	2
11	21	5	6	5	2		
12	22	1	1	1	3		
13	23	2	2	1	1	1	2
14	24	3	4	3	2		
15	25	1	1	1	4		
16	27	2	2	1	4	1	3
17	29	8	10	8	2		
18	30	3	4	2	1	1	2
19	31	2	2	2	2		

Рис. 8. Статистика анализа деталей обучающей выборки по вершинам бинарного графа

Расчетная математическая модель [5] включает 3 этапа (рис. 9 а, б, в) деформирования заготовки: деформирование заготовки до касания донной части матрицы, «растекание» по дну матрицы и деформирование угловой зоны.

Максимальные деформации (рис. 9) ϵ на первом этапе зависят от отношения $\bar{D} = D/H$, на втором этапе от $\bar{D} = D/H$ и α , на третьем этапе от $\bar{r} = r/h$ и α .

Минимальные деформации по окончании деформирования располагаются в центре заготовки,

а наиболее опасные – максимальные в угловых зонах.

Характер деформационного поля зависит от относительной высоты детали, угла сопряжения поверхностей α и относительного радиуса закругления донной части заготовки.

Разработанная математическая модель позволяет проводить классификационную обработку данных, рассчитывать деформационное поле и синтезировать технологический процесс для листовых деталей с учетом имеющегося опыта производства сложных листовых деталей.

Таблица 2
Анализ общего диапазона признаков
полной ТЭД

Параметр	Min	среднее	Max
1 _h_	0	0,22621466E 0,5893	
2 _D_	100	593,44	1576
3 _do_	0	0,14983333E 0,7453	
4 _bf_	0	0,019908	0,2
5 _delr_	5	27,213333E 41	
6 _k_	0	0,463152	0,6667
7 _t_	0,0014	0,006036	0,0222
8 _f_	0	0,09213066E 0,3795	
9 _f1_	0	0,007976	0,5
10 _f2_	0	0,001368	0,0588
11 _bo_	0	0,062692	0,4881
12 _alfa_	0	26,44	72
13 _Tmat_	2	3,24	4
14 _k1_	0	0,05317333E 0,5	
15 _k2_	0	0,02266666E 0,5	
16 _al1_	90	163,04	180
17 _al2_	90	175,2	180
18 _frel_	0	0	0
19 _krel_	0	0	0
20 _alrel_	180	180	180

Таблица 3
Анализ диапазона признаков ТЭД
для 1 класса в вершине графа

Параметр	Min	среднее	Max
1 _h_	0	0,086285714 0,2198	
2 _D_	100	622,857142E 980	
3 _do_	0	0,07125714E 0,4988	
4 _bf_	0	0,05865714E 0,2	
5 _delr_	20	30,8571428E 41	
6 _k_	0,1667	0,389442857 0,6364	
7 _t_	0,0038	0,0071	0,015
8 _f_	0,0064	0,039685714 0,0786	
9 _f1_	0	0	0
10 _f2_	0	0	0
11 _bo_	0	0,07375714E 0,2825	
12 _alfa_	0	9,714285714 25	
13 _Tmat_	2	3,714285714 4	
14 _k1_	0	0,171428571 0,5	
15 _k2_	0	0,14285714E 0,5	
16 _al1_	90	151,4285714 180	
17 _al2_	90	154,285714E 180	
18 _frel_	0	0	0
19 _krel_	0	0	0
20 _alrel_	180	180	180

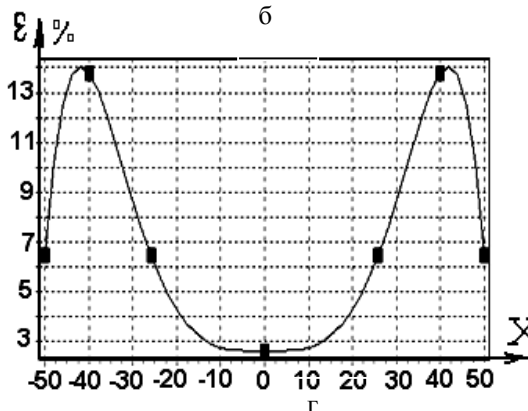
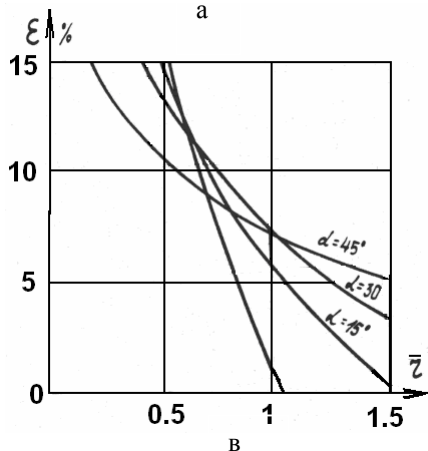
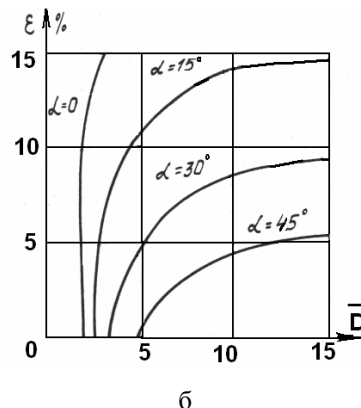
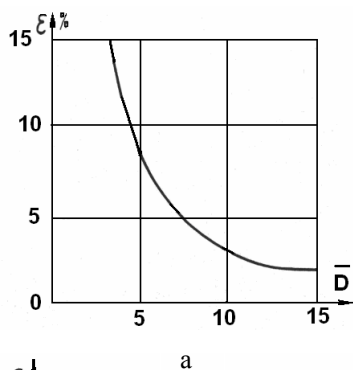


Рис. 9. Распределение деформаций по этапам: а – 1-й этап, б – 2-й этап, в – 3-й этап; г – суммарная эпюра распределения деформаций по длине донной части заготовки

Литература

1. Орешников А.И. *Высокоскоростные методы листовой штамповки: учеб. пособие под ред. К.Н. Богоявленского / А.И. Орешников, В.А. Вагин, В.С. Мамутов.* – Л.: ЛПИ, 1984. – 80 с.

2. Евгенийев Г.Б. *Системология инженерных знаний: учеб. пособие для вузов / Г.Б. Евгенийев.* – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 346 с.

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

4. Третьяк В.В. *Информационная система компьютерной поддержки принятия технологических решений в листовой штамповке взрывом / В.В. Третьяк, Л.А. Филипковская // Вестник двигателестроения: научно-технический журнал.* – Запорожье: ОАО «Мотор-Сич». – 2008. – № 1. – С. 63-67.

5. Третьяк В.В. *Вопросы синтеза и оптимизации технологических процессов импульсной обработки / В.В. Третьяк, А.Ю. Комаров, С.А. Стадник // Авиационно-космическая техника и технология.* – 2009. – №4 (61). – С. 9-13.

Поступила в редакцию 10.11.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. В.К. Борисевич, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КЛАСИФІКАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ ДЛЯ ПРИЙНЯТТЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ ІМПУЛЬСНИМИ СПОСОБАМИ З ПЛОСКОЇ ЗАГОТІВКИ

В.В. Третьяк

Розглянута математична модель і блок-схема класифікаційної обробки даних для прийняття технологічних рішень при виготовленні деталі з плоскої заготовки за допомогою імпульсних джерел енергії. Представлені типові схеми імпульсних процесів. Представлена схема розрахунку числа переходів для деталей виготовляються витяжкою. Дані результати класифікаційної обробки даних за допомогою бінарного графа. Розглянута математична модель для розрахунку деформаційного поля. Представлений об'єктний опис структури деталі. Математична модель деталі представлена конструкторсько-технологічними ознаками, істотно впливаючими на технологічний процес. Представлена схема виконана у вигляді розрахункової програми. Представлені результати розрахунків класифікаційної обробки для отримання плоскої деталі за 1 перехід.

Ключові слова: імпульсні технологічні процеси, витягування листових деталей, бінарний граф для розрахунку числа переходів, класифікаційна обробка даних.

MATHEMATICAL MODEL OF CLASSIFICATION DATA PROCESSING FOR ACCEPTANCE TECHNOLOGICAL DECISIONS AT MAKING OF DETAILS BY IMPULSIVE METHODS FROM FLAT PURVEYANCE

V.V. Tretyak

A mathematical model is considered of the classification data processing for acceptance of technological decisions at making of detail from the flat purveyance by the impulsive energy sources. Model charts are presented of impulsive processes. An algorithm is considered of computation of number of transitions for details made by extraction. Results are given of the classification data processing by the binary count. A mathematical model is considered for computation of deformation field. The objective description is presented of structure of detail. A mathematical model of detail is presented by the designer-technological signs, substantially affecting a technological process. The presented algorithm is executed as a program. Results are presented of computations of classification treatment for the receipt of flat detail for 1 transition.

Key words: impulsive technological processes, extraction of sheet details, binary count for computation of number of transitions, classification data processing.

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.