

Несложно получить выражение для вычисления предельно возможной высоты осаженной заготовки при ее холодной осадке:

$$H > h(1 - 2k\delta),$$

где

h – высота исходной заготовки,

k – коэффициент запаса, равный 0,92...0,94,

δ - значение относительного удлинения материала при испытании на разрыв и приводимое в различных справочниках,

H – предельное значение высоты осаженной заготовки при ее холодной осадке.

Уменьшение значения k приведет к недоиспользованию ресурса пластичности материала, увеличение может привести к возникновению непрогнозируемой трещины на свободной боковой бочкообразной поверхности осаженной заготовки. Поэтому значение k желательно принимать из диапазона [0,92...0,94].

Выводы

1. Показано, что можно связать между собой характеристики материала, полученные при испытаниях на разрыв, и величину предельно-допустимой осевой деформации.

2. Получены зависимости, связывающие между собой предельно-допустимые значения радиальной, осевой и тангенциальной относительных деформаций с величиной относительного удлинения при разрыве.

3. Полученные зависимости позволяют прогнозировать получение предельных геометрических размеров поковок без проведения дополнительных испытаний материала на осадку.

Список литературы: 1. Степанский Л.Г. Расчеты процессов обработки металлов давлением. М. Машиностроение, 1979, 215 с. 2. Шофман Д.А. Теория и расчеты процессов холодной штамповки. – М.: «Машиностроение», 1964. 3. Марочник сталей и сплавов. Справочник. Под ред. Зубченко А.С. М., Машиностроение-1, 2003 г., 782 с. 4. Ковка и штамповка. Справочник. Под ред. Семенова Е.И., т.1. М., Машиностроение, 1985 г., 567 с. 5. Справочник металлста. Т2. М., Машиностроение, 1976 г., 717 с.

УДК 621.7.044

В.В. ТРЕТЬЯК, канд. техн. наук, доцент, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского “ХАИ”, Украина

ОСОБЕННОСТИ АЛГОРИТМОВ АНАЛИЗА И СИНТЕЗА ИМПУЛЬСНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Рассмотрены особенности алгоритмов проектирования новых технологических процессов для изготовления сложных листовых деталей авиационных двигателей. Представлены причины и классификация брака при изготовлении деталей импульсными способами. Рассмотрена концепция и алгоритм анализа и синтеза с элементами аналогам для импульсной технологии. Представлено объектное описание структуры детали и ТП. Представлен алгоритм и описание программы для классификационной обработки данных при проектировании ТП.

Ключевые слова: импульсная объемная штамповка, анализ и синтез ТП, классификационная обработка данных

Розглянуті особливості алгоритмів проектування нових технологічних процесів для виготовлення складних листових деталей авіаційних двигунів. Представлені причини і класифікація

браку при виготовленні деталей імпульсними способами. Розглянута концепція і алгоритм аналізу і синтезу з елементами аналогам для імпульсної технології. Представлено об'єктний опис структури деталі і ТП. Представлений алгоритм і опис програми для класифікаційної обробки даних при проектуванні ТП.

Ключові слова: імпульсне об'ємне штампування, аналіз і синтез ТП, класифікаційна обробка даних

The features of algorithms of planning of new technological processes for making of difficult sheet details of aviation engines are considered. Reasons and classification of marriage at making of details are presented by impulsive methods. Conception and algorithm of analysis and synthesis with elements is considered to the analogues for impulsive technology. Objective description of structure of detail is presented and TP. An algorithm and description of the program for the classification data processing at the TP planning is presented.

Keywords: impulsive by a volume stamping, analysis and the TP synthesis, classification data processing

Сложные по конфигурации листовые детали можно изготавливать различными методами, в том числе такими прогрессивными, как импульсные [1]. При изготовлении детали этими способами из-за сложности происходящих процессов, недооценки конструкторско-технологических признаков и неграмотно спроектированного технологического процесса, деталь может получиться бракованной.

Так, на рис. 1 изображены возможные варианты брака у обечаек. Для избежания такой ситуации необходимо использовать накопленный опыт практики штамповки, а также произвести анализ и синтез технологии на базе современных математических методов и программного обеспечения. При проектировании структуры технологических процессов импульсной штамповки эффективно использовать групповые процессы.

Групповые процессы используют для деталей, различных в конструктивном отношении, но подобных в технологическом плане. Такие детали обладают общей структурой конструкторско-технологических признаков. На основе выбранного множества деталей, входящих в группу, может быть разработана комплексная деталь, включающая все типы и признаки элементов, встречающихся у деталей этой группы (рис. 2).

Для этой детали разрабатывается комплексный технологический процесс и оснастка. Рабочий ТП для каждой детали из группы определяется составом ее элементов и представляет собой подмножество комплексного [2].

Метамодель (рис. 3, 4) является наиболее общей, так как она интегрирует в себя типовую и групповую. В отличие от групповой для формирования структуры ТП используют операции не только удаления, но и замены.

Простейший способ ввода таких знаний заключается в создании графа с постановкой в соответствующих местах на его ребрах условий выбора решений. Сам такой граф в целом также имеет условия своего применения [3].

На основе этой информации формируются программные средства - базы знаний, которые затем используются при проектировании ТП.

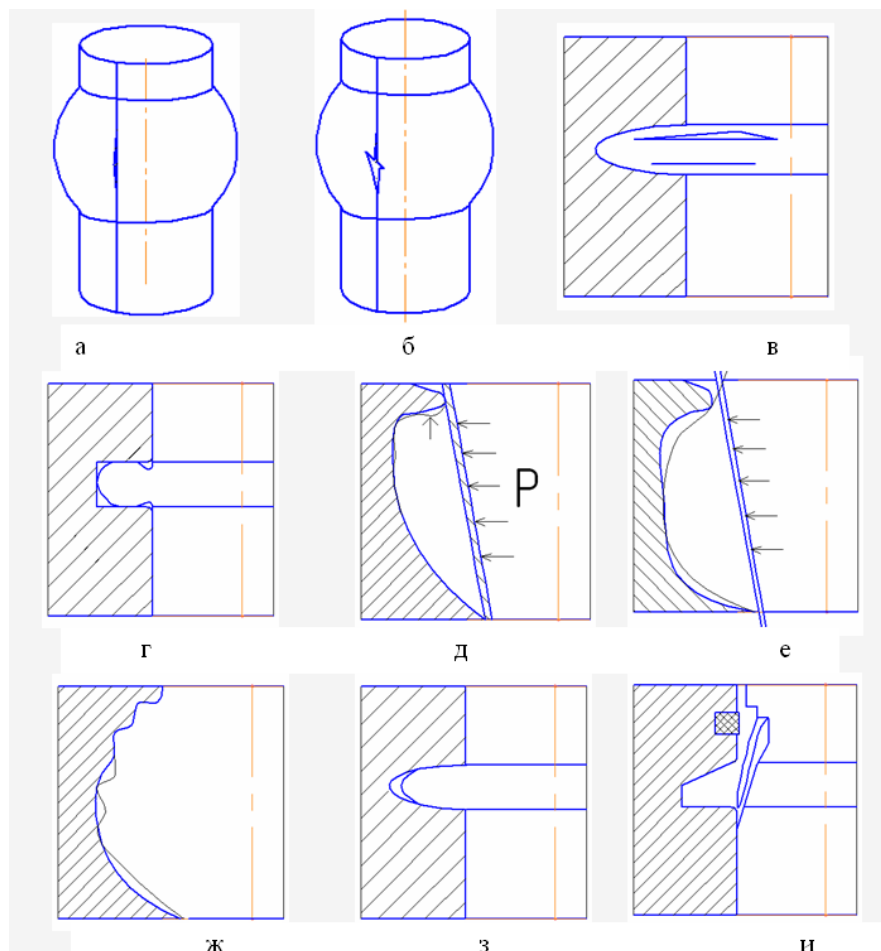


Рисунок 1 - Типовые дефекты, образующиеся в обечайках:

а) разрыв по сварному шву; б) разрыв по сварному шву в металл; в) разрыв на гофрах; г) внутренний гофр; д) внутренняя кольцевая петля; е) загиб верхней кромки; ж) кольцевая выдавка внутрь; з) внешняя недоштамповка; и) отброс заготовки

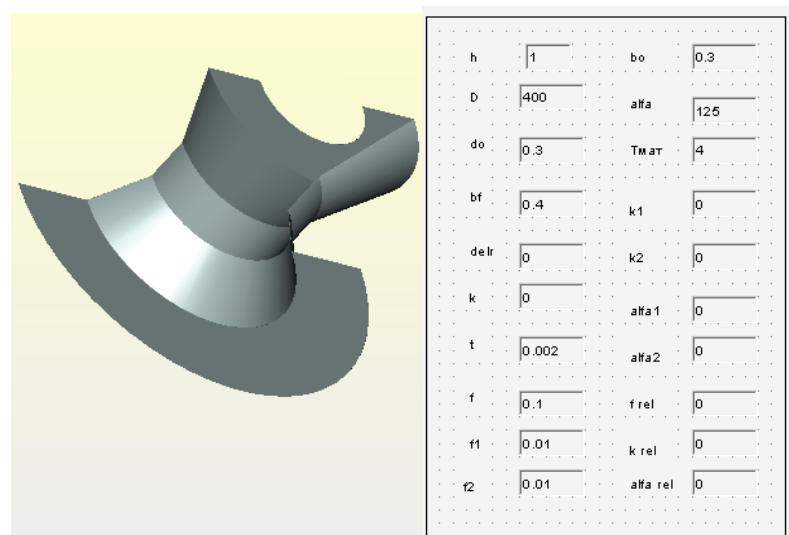


Рисунок 2 – Комплексная листовая деталь и ее параметры

Наиболее перспективным способом представления знаний параметрического синтеза является использование продукционных систем искусственного интеллекта

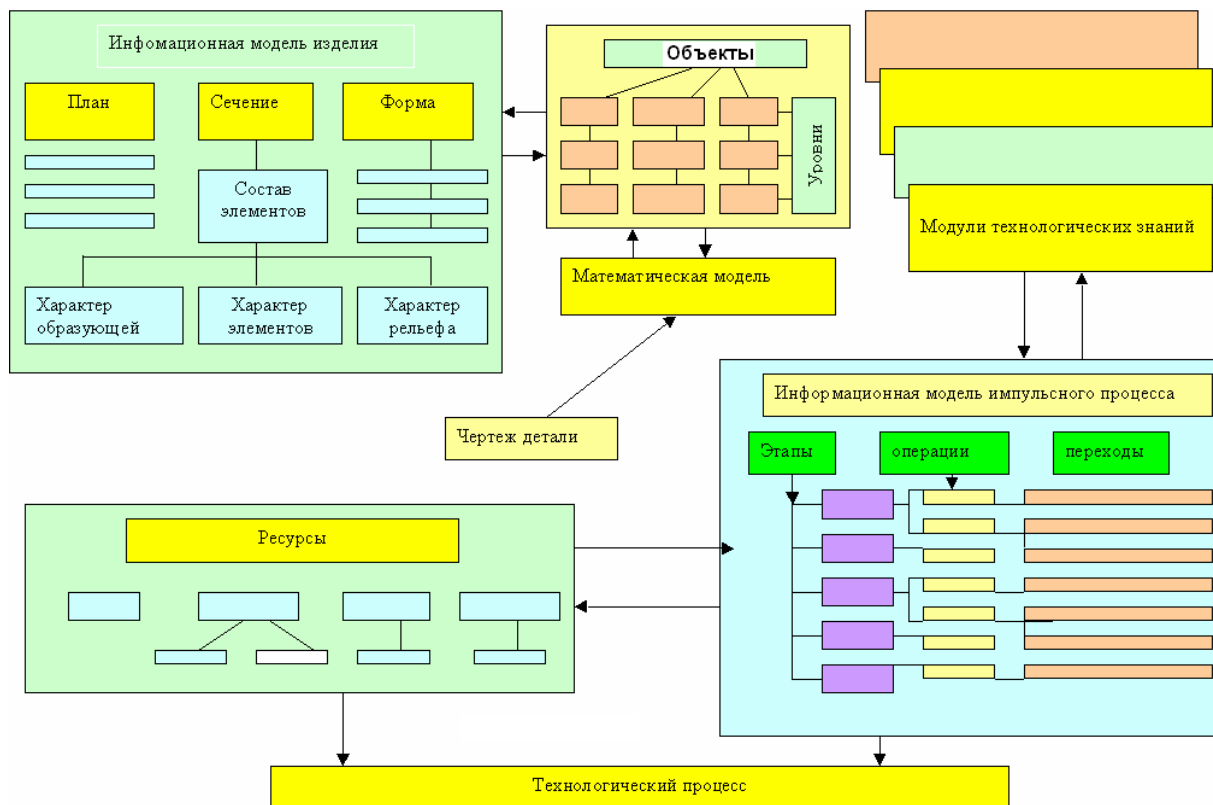


Рисунок 3 - Мета модель детали и технологического процесса импульсной обработки

В таких системах знания представляются в виде правил-продукций, представляющих собой аналог условного предложения естественного языка: ЕСЛИ <условие>, ТО <действие>. Такие правила строятся на базе словаря, содержащего термины технического языка и их условные обозначения (идентификаторы).

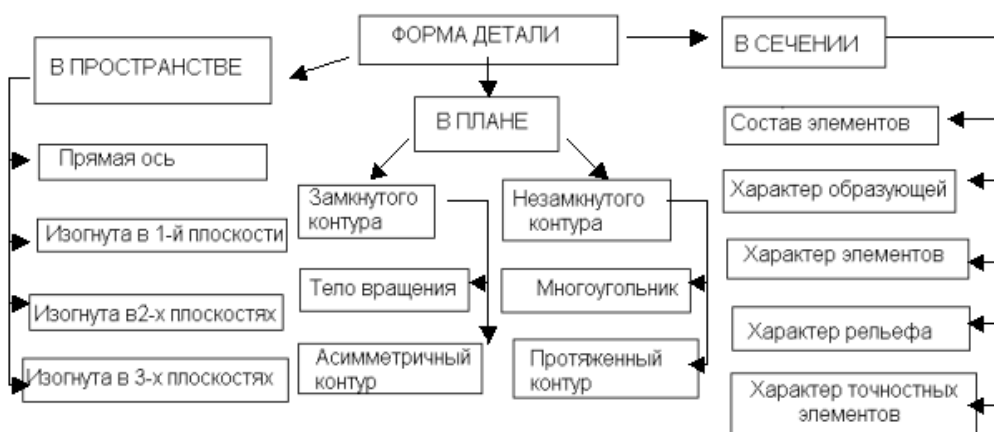


Рисунок 4 – Мета модель листовой детали

В качестве действий используются расчеты по формулам, выбор данных из многоходовых таблиц, которые могут содержать как константы, так и формулы, выбор информации из баз данных, генерацию графических изображений и т.д.

Технолог-эксперт формирует правила параметрического синтеза с помощью специального инструментального средства. Работа с помощью этого средства доступна любому непрограммирующему пользователю. После ввода всех необходимых правил автоматически генерируется программное средство базы знаний, кото-

рое в дальнейшем используется при проектировании технологических процессов. Базы знаний получают модульными, открытыми для модернизации и доступными для чтения и понимания любым технологом.

Метод синтеза с элементами-аналогами основан на том, что элементы, из которых синтезируются ТП, получены на этапе унификации и стандартизации ТП и хранятся в базе данных “унифицированные элементы ТП”. При соединении элементов-аналогов, связи между ними не восстанавливаются (как при синтезе ТП-аналогов), а строятся. Для данного метода характерно использование правил выбора элементов-аналогов i -того уровня декомпозиции ТП с последующим синтезом ТП по некоторой методике S_i .

На рис. 5 представлена схема построения технологического процесса данным методом.

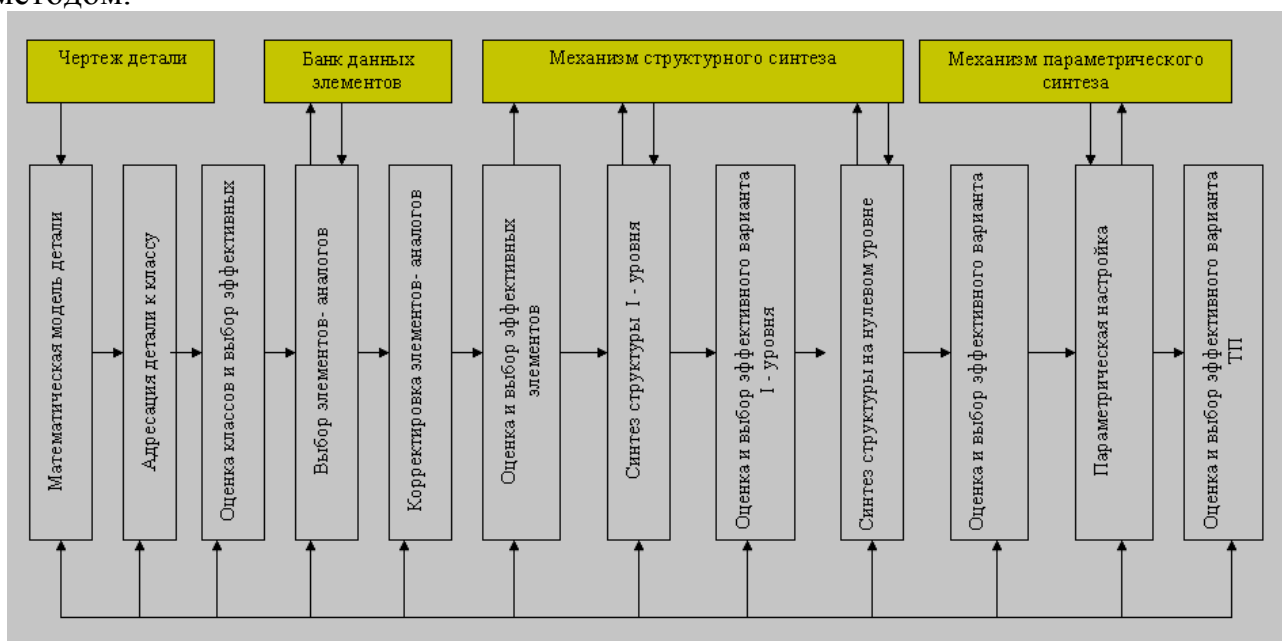


Рисунок 5 - Схема формирования технологического процесса методом синтеза с элементами аналогами

Ограниченное число практических решений ТП, привлекаемых для реализации импульсной листовой штамповки (элементов-аналогов), узкая специфика и направленность такого производства, а также относительная стабильность технологических решений при варьировании продукции позволяет достаточно просто построить связи между элементами ТП. Так как построение ТП импульсной штамповки при известных элементах составляющих не вызывает особых затруднений, то очевидно, метод синтеза с элементами-аналогами может быть с успехом привлечен для проектирования ТП. Решение задачи можно осуществить при наличии правил адресации к классам изделий и выбора элементов-аналогов, участвующих в ТП изготовления конкретной детали (рис. 6).

В разработанных моделях детали, ТП, штамповой оснастки, оборудования структурированная информация обо всех свойствах и их параметрах представлена в математических символах.



The diagram illustrates the architecture of an expert system for technological process synthesis. It consists of the following components and interactions:

- АЛГОРИТМЫ ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ДЕРЕВЬЕВ** (Algorithms for preparing data for tree generation): A rectangular box on the top left.
- ПРОЦЕДУРЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ "КОД"** (Decision-making procedures "code"): A rectangular box on the bottom left.
- БД** (Database): The top section of a cylinder database.
- КТП** (Technological Process Chart): The middle section of the top cylinder database.
- ТП** (Technological Process): The bottom section of the top cylinder database.
- ЧЕРТЕЖИ** (Drawings): The bottom section of the top cylinder database.
- БАНК ДЕРЕВЬЕВ** (Tree Bank): A cylinder database in the center.
- ЭКСПЕРТНЫЙ АНАЛИЗ БАНКА ДЕРЕВЬЕВ** (Expert analysis of the tree bank): A rectangular box on the right.
- ПАКЕТ СИНТЕЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА** (Technological process synthesis package): A rectangular box at the bottom.

Interactions (indicated by arrows):

- Between **АЛГОРИТМЫ ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ...** and **БД**: Four horizontal arrows pointing right.
- Between **АЛГОРИТМЫ ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ...** and **ПРОЦЕДУРЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ "КОД"**: Four vertical arrows pointing down.
- Between **ПРОЦЕДУРЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ "КОД"** and **БАНК ДЕРЕВЬЕВ**: Four horizontal arrows pointing right.
- Between **БАНК ДЕРЕВЬЕВ** and **ЭКСПЕРТНЫЙ АНАЛИЗ БАНКА ДЕРЕВЬЕВ**: Four horizontal arrows pointing right.
- Between **БАНК ДЕРЕВЬЕВ** and **ПАКЕТ СИНТЕЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА**: Four vertical arrows pointing down.

Метод принятия классифицирующего решения обеспечивает предсказание признака, измеренного в произвольной шкале с наиболее полным учетом содержащейся в этой шкале информации. Для обнаружения закономерностей учитывают априорную информацию относительно признаков, используя накопленный опыт проектирования ТП, установленные зависимости в явлениях, имеющих место при деформировании и сведения о разработанной структуре данных, описывающих технологиче-

скую модель детали и ТП. С помощью пакета прикладных программ проводится оценка полноты и противоречивости опытных знаний. В дальнейшем проводится корректировка структуры свойств - предикатов для деформирования системы закономерностей.

При проектировании техпроцесса импульсной листовой штамповки задействован целый ряд процедур. Так, при разработке ТП на уровне принципиальной схемы в банк данных вводятся исходные данные, ТУ, ограничения, перечень которых обусловлен формализованным описанием моделей детали (конструкторско-технологические признаки – КТП) и ТП (принятый метод обработки, вид штамповки, перечень и последовательность операции, режимы обработки). С использованием системы посылок и утверждений по соответствующим алгоритмам производится подготовка данных для генерации деревьев решений по определению вида основной штамповочной операции, типа заготовки, методов ее фиксации, типа передающей среды и вида импульсного нагружения.

Методы распознавания образов позволяют это выполнить машинными методами. Решения проверяются на совместимость основных элементов при экспертном анализе банка решений. На уровне маршрутной технологии проводится синтез ее элементов с использованием структурно-аналитических моделей распознавания образов. Ими могут быть число штамповочных операций (и переходов), число термообработок и спецопераций, их структура с учетом установленной схемы обработки (рис. 8).

The screenshot displays a software interface for technical process design. It features a central 3D model of a part with dimensions labeled (D, F2, R2, L, H, F, R1, Lr2, Lr1, F1, D0). The interface is divided into several sections:

- Введите номер детали**: Input field for part number.
- Графика**: Button for graphics.
- Пространственная конфигурация**:
 - Вид оси: 1 --- прямая ось
- Конфигурация в плане**:
 - Вид контура в плане: 2 --- закрытый
 - Симметрия в плане: 1 --- тело вращения
- Конфигурация в сечении**:
 - Сочетание элементов: 121
 - Образующая: 1 --- окружность
- Конфигурация рельефа**:
 - Вид рельефа в плане: 0 --- рельеф отсутствует
 - Вид рельефа по расположению: 0 --- рельеф отсутствует
 - Тип рельефа: 0 --- рельеф отсутствует
- Макс. прогиб**: 0
- Радиус рельефа**: 0
- Угол рельефа**: 0
- Точность**:
 - Точность контура: 14 --- 14-й класс
 - Точность сопряжения: на 3 качества жестче
 - Расположение сопряжения: 303
- Материал**:
 - Тип материала: 4 --- железо (Fe)
 - Марка материала: X18H10T
 - Свойства: σ_s 30, σ_B 78, σ_P 40
- Относительные параметры**:

h	0,3508	k	0,6364	bo	0	Al1	180
D	635	t	0,0063	alfa	84	Al2	180
do	0,8945	f	0	Tmat	4	fr	0
bf	0	r1	0,0211	1/R1	0	1/Rr	0
del	30	r2	0,0189	1/R2	0	Alr	180
- Схема штамповки**:
 - Вид заготовки: 5 --- Закрытая обечайка
 - Вид основной операции: 2 --- Раздача по 2-схеме
 - Толщина: 4
 - Макс. диаметр: 620
 - Мин. диаметр: 536
 - Высота: 273
 - Параметр заготовки: 123
 - Фикс. верх: 3 --- Направляющая
 - Фикс. низ: 3 --- Направляющая
- Маршрут**:
 - Среда: 1 --- Вода
 - Число переходов: 1
 - Число термообработок: 0
 - Структура ТО: 1

Рисунок 8 - Объектное представление элементов и параметров детали и элементов маршрутной технологии

При проектировании операционной технологии решают задачи по определению числа, вида и структуры устанавливаемых зарядов и их параметров, необходимости специальных приемов, их вида и структуры. На уровне операционной технологии применено правило «ближайшего соседа». Дискретные параметры устанавливаются из структуры аналога. Количественные показатели определяют по методике расчета, наиболее корректной и адекватно отвечающей этапу.

На рис.9 представлена таблица результатов расчета КОД и анализ ТЭД (результат классификации для листовых деталей).

Данная система проектирования [5] базируется на объектном представлении информации и моделировании с использованием методов синтеза. Взаимная увязка задач синтеза, моделирования, анализа, оптимизации, выбора вариантов, а также используемый системный подход, позволяют учитывать всю специфику объектов проектирования (процесс преобразования, предмет труда и средства технологического оснащения).

N/N	Вершина	Сумма	%%	Число++	Класс++	Число--	Класс--
1	4	4	1	2	5	2	2
2	7	1	0	1	6		
3	8	5	1	2	1	3	7
4	9	10	3	10	1		
5	10	2	0	1	3	1	5
6	12	4	1	4	8		
7	13	25	8	25	5		
8	15	12	4	12	1		
9	16	9	3	9	5		
10	17	14	5	14	5		
11	18	3	1	1	4	2	5
12	21	7	2	6	5	1	8
13	22	4	1	4	1		
14	24	2	0	2	5		
15	25	24	8	24	5		
16	26	3	1	2	1	1	5
17	27	5	1	1	1	4	5
18	28	84	30	83	5	1	1
19	29	15	5	13	5	2	1
20	30	26	9	26	1		
21	31	5	1	2	5	3	4
22	32	16	5	15	1	1	5

Рисунок 9 - Результат классификационной обработки

По результатам расчета отдельных элементов ТП можно сформировать маршруты, операционную технологию и произвести математическое моделирование процесса. Такой алгоритм позволит избежать ошибок в проектировании и уменьшить производственный брак.

Список литературы: 1. Орешников А.И. Высокоскоростные методы листовой штамповки / А.И. Орешников, В.А. Вагин, В.С. Мамутов: Учеб. пособие под ред. К.Н. Богоявленского. - Л: ЛПИ, 1984.- 80 с., 2. Евгеньев Г.Б. Систематология инженерных знаний: учеб. пособие для вузов / Г.Б.Евгеньев. – 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., Филипповская Л.А. Информационная система компьютерной поддержки принятия технологических решений в листовой штамповке взрывом / В.В.Третьяк , Л.А.Филипповская. Вестник Двигателестроения, научно-технический журнал , Запорожье ОАО «Мотор-Сич», № 1, 2008, стр. 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.

УДК 621.777; 658.567

ЕВСТРАТОВ В.А., докт. техн. наук, профессор, НТУ «ХПИ»
КРОТЕНКО Г.А., ст. преподаватель, НТУ «ХПИ»