

УДК 621.7.044

В.В. ТРЕТЬЯК

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***ОБЪЕКТНЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ  
РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ИМПУЛЬСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Математическая модель сложной листовой детали и технологический процесс импульсных технологий рассматриваются в объектно-ориентированном представлении для интеллектуальных проектирующих систем. Предложена модель адаптации метода синтеза в базах знаний с использованием алгоритмов распознавания образов.

**импульсные технологии, объектный подход, структурный синтез, параметрический синтез, распознавание образов, классификационный этап, базы знаний, формообразование заготовки**

Технологию импульсной штамповки используют для изготовления сложных листовых деталей, оригинальность которых обусловлена большими габаритами, малой относительной толщиной заготовки, высокой прочностью штампуемого металла, высокой точностью и сложностью форм поверхностей, наличием на них большого количества фрагментов (рельефа, пуклевок), при частой смене объекта производства, доработке его конструкции.

Такие детали с минимальным количеством сварных швов, высокой прочностью и точностью обеспечивают повышение надежности изделий (прежде всего аэрокосмической техники), их ресурса и снижение металлоемкости.

Потребность в производстве таких деталей (обечаяек, кожухов, ресиверов, панелей жесткости, диафрагм, патрубков и т.д.) постоянно возрастает не только для нужд авиационной техники, но и для судостроения, химического и энергетического машиностроения как в Украине, так и за рубежом.

В зависимости от конструкторско-технологических особенностей деталей используются различные методы импульсных технологий, базирующиеся на высокоэнергетических методах получения листовых и объемных деталей. К таковым можно отнести гидровзрывную штамповку, импульсную штамповку жидкостью на электрогидравлических прессах,

магнитно-импульсную штамповку (МИШ), гидродинамическую штамповку на пресс-пушках и другие.

Разработка технологических процессов импульсных технологий связана с решением как прямой, так и обратной задач проектирования. При обратной постановке задачи разрабатывается сам технологический процесс. В прямой постановке определяются параметры напряженно-деформированного состояния заготовки в процессе деформирования.

В процессе проектирования и освоения технологических процессов листовой импульсной штамповки выработалась последовательность выполнения процедур, которую можно отобразить в виде структурной схемы, представленной на рис. 1. Решение прямой задачи связано с анализом и синтезом многофакторной информации, которая может быть систематизирована и обработана соответствующим математическим аппаратом [1], освоенным современной наукой и удобным для производства.

Как правило, для работы с такого рода данными имеется уже отработанная информационная база для освоенных и внедренных процессов. Наличие такой базы при соответствующей систематизации информации позволяет предприятию сохранять и преумножать свой технологический опыт, делая его доступным для новых поколений технологов (рис. 2).

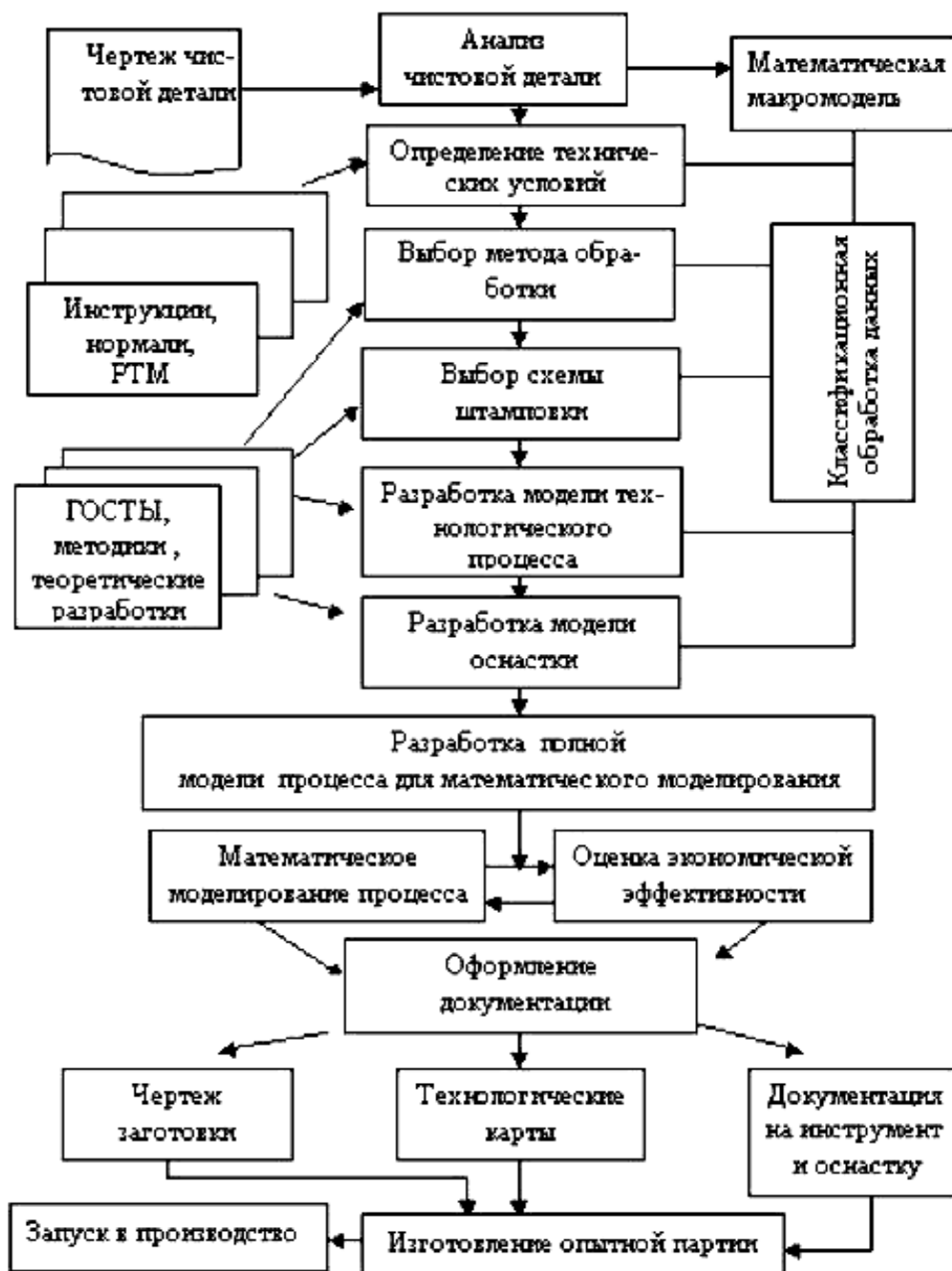


Рис. 1. Структурная схема проектирования импульсной технологии

Современные системы автоматизированного проектирования позволяют легко осуществлять такую работу лишь для хорошо формализованной математической модели детали и технологического процесса.

Для описания технологических знаний в современных САПР системах используются принципы объектного представления знаний.

При этом математическая модель детали описывается в понятиях конструкторско-технологических элементов, которые обладают иерархической структурой, состоящей из нескольких уровней элементов. Каждый элемент, также как и деталь, представляет собой объект со своим набором свойств. Используются возможности наследования свойств от старшего объекта к младшему.

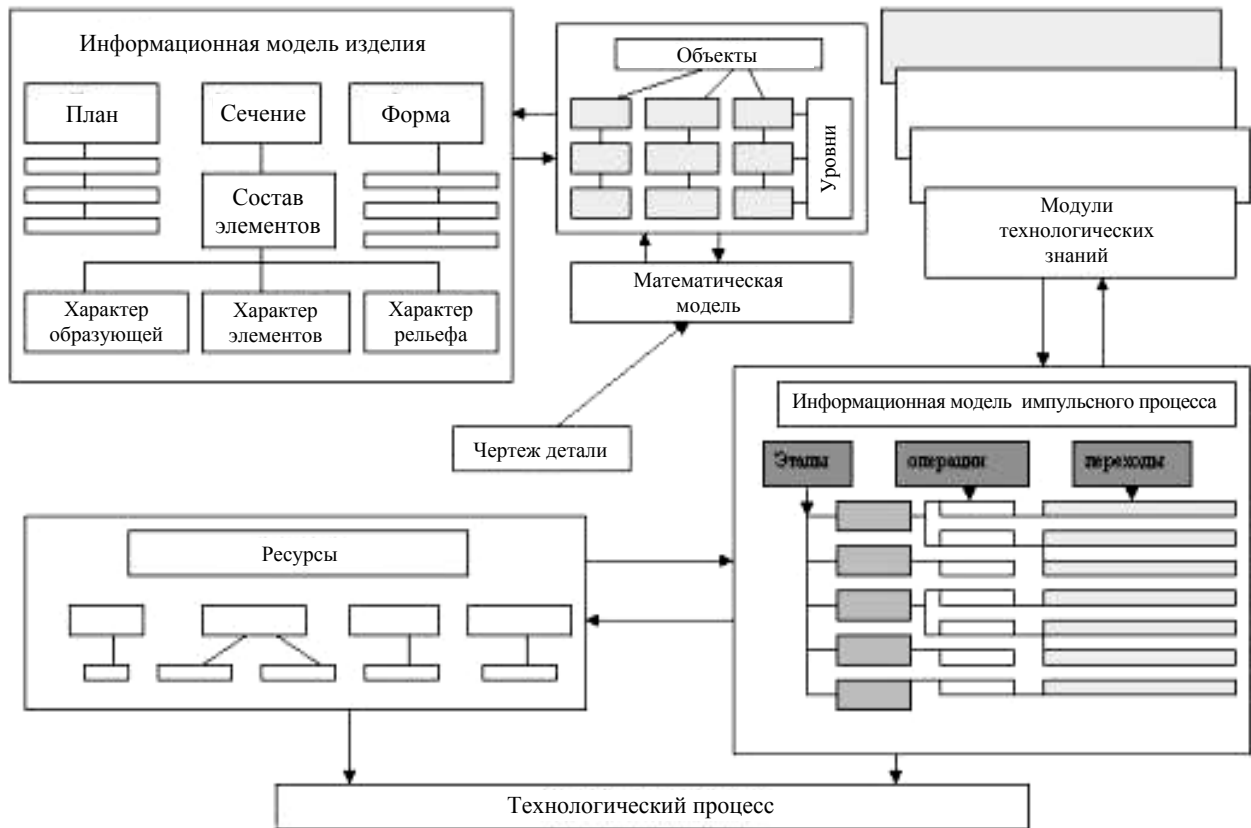


Рис. 2. Объекты технологического проектирования

Математическая модель проектирования импульсных технологических процессов представляется в виде объекта с иерархической структурной классификацией: метод обработки, этап обработки, операция, переход. Метод обработки складывается из этапов, этапы – из операций, операции – из переходов.

Проектирование ТП на уровнях формирования последовательности этапов, операций и переходов складывается из структурного и параметрического синтеза. Структурный синтез устанавливает последовательность элементов на соответствующем уровне. При параметрическом синтезе формируются свойства элементов, уже включенные в технический процесс на уровне структурного синтеза, используются структурно-аналитические (С-А) алгоритмы методы распознавания образов [2].

Исходной информацией для классификации является таблица эмпирических данных (ТЭД) в фор-

ме матрицы «объекты – признаки», которые составляют реализации с наименованиями классов.

Выходную информацию составляют сведения о структурной полноте признаков ТЭД, их разделяющей способности и информативности, о возможности безошибочной классификации до построения грамматического ПК, а также само С-А правило классификации в виде самоанализирующей древовидной решающей структуры. Внутренние вершины решающего дерева отвечают терминальным бинарным свойством-предикатом (С-П), описывающим локальные закономерности структурного образа в исследуемой предметной области, а внешние вершины (листья) соответствуют заданным категориям (классам) принимаемых решений.

В процесс проектирования включен классификационный этап (рис. 3).

Использование новых математических методов связано реализацией сложных алгоритмов проекти-

рования в базах знаний проектирующей системы. Элементом знаний в таких системах являются модули инженерных знаний, представляющие собой продукционные правила [3]. Модули характеризуются на каждом этапе проектирования своими входными и выходными свойствами, ограничениями на значения входных свойств и механизмом преобра-

зования входных свойств в выходные. База знаний имеет общий словарь (список свойств), из которого выбираются входные и выходные свойства. Связанные между собой по входу и выходу модули инженерных знаний образуют методы. Метод присоединяется объекту, описанному в редакторе информационных моделей.

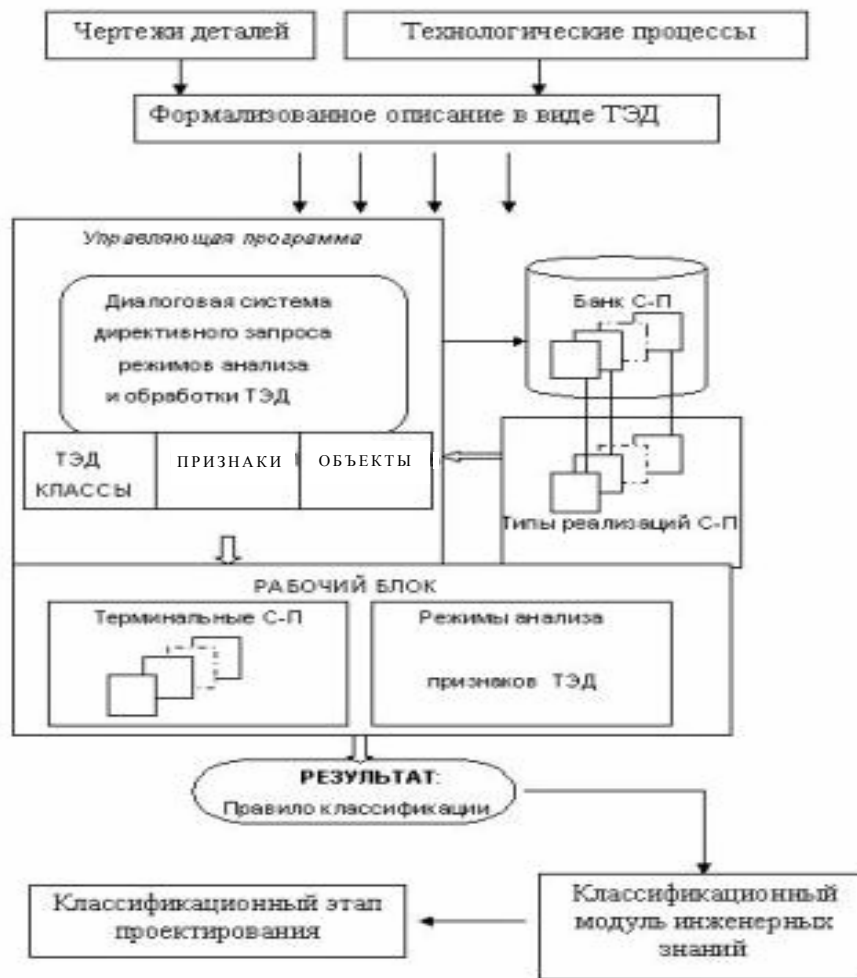


Рис. 3. Схема использования алгоритмов распознавания образов на этапе структурного синтеза

На базе формализованных знаний в структурированном виде формируются графы этапов, операций и переходов с постановкой в соответствующих местах на его ребрах условий выбора решений. Сами графы также имеют условия их применения.

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

В качестве действий используются расчеты по формулам, выбор данных из многоходовых таблиц, выбор информации из баз данных, генерация графических изображений и т.д.

Решение прямой задачи связано с проверкой условий тех целевых модулей, для которых подготовлены исходные данные. При успешной проверке запускается на исполнение программный модуль механизма соответствующего модуля знаний.

Моделирование процесса деформирования базируется на теории пластического течения, которая в наибольшей степени удовлетворяет особенностям деформирования листовых деталей авиационной техники.

В математических моделях для исследования динамического процесса деформирования использовано несколько этапов разработки модели.

При построении самой модели формулируется постановка задачи, включая применение и оценку допущений, вывод и выбор уравнения движения, задание начальных и граничных условий, выбор определяющего уравнения, определение связей между компонентами напряжений и перемещений.

При выборе метода решения системы уравнений математической модели предусматривается оценка адекватности модели путем сравнения результатов расчетов с экспериментальными данными.

Завершающим этапом проектирования ТП является анализ технологического процесса при помощи построенной модели. Параметры нагружения заготовки рассчитываются по необходимой работе формообразования для получения детали заданной формы.

При расчетах использованы аппроксимирующие зависимости, описывающие поведение металла в процессе деформирования и, прежде всего, связь между интенсивностью напряжений и деформаций.

Поведение импульсно-напряженных заготовок исследуется с учетом как изгибающих моментов, так и мембранных сил.

Заготовка заменяется конечно-разностной параметрической моделью.

Математическая модель материала выбирается с учетом его физических свойств при импульсном нагружении.

Дифференциальные уравнения динамического равновесия элементов пластины заменяются своими дифференциальными аналогами. Временной интервал выбирается из условия устойчивости вычислительного процесса. Для описания поведения заготовки в условиях пластической деформации используется теория пластического течения.

Разработан механизм решения задачи с учетом действия ударных волн и гидротока для импульсных процессов. Проведено сравнение результатов с реальным экспериментом.

## Литература

1. Борисевич В.К., Третьяк В.В., Клыгина И.В. Математическое моделирование ресурсосберегающих технологий // Научно-метод. конф. «Впровадження нових інформаційних технологій навчання». – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «ХАІ». – 2004. – С. 227-232.
2. Зорик В.Я., Филипковская Л.А., Третьяк В.В. Информационная технология классификационной обработки данных в проектировании техпроцессов листовой штамповки взрывом // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в машинобудуванні і металургії: Тематичний зб. наук. праць. – Краматорськ: Донецька держ. машинобудівна академія. – 2001. – С. 286-289.
3. Евгеньев Г.Б. Систематология инженерных знаний: Учеб. пос. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 346 с. (Сер. Информатика в техническом университете).

*Поступила в редакцию 31.05.2006*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. А.Я. Мовшович, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков.