

Методология анализа и синтеза авиационных технологических систем на основе учета факторов взаимного влияния

Проектирование и создание современных технологий, как и многие другие виды инженерно-технической деятельности, связано с необходимостью совершенствования методологии интеллектуального творчества. Это обуславливает необходимость научной и методической разработки общих теоретических основ создания сложных технологических систем (СТС):

В работах [1], [2] изложена суть подхода к решению проблемы создания СТС на примере импульсных технологий заготовительно-штамповочного авиационного производства.

В указанном подходе СТС представлена состоящей из таких основных объектов: деталь - как результат функционирования системы; заготовка - как исходный продукт; технологический процесс - как совокупность действий при преобразовании исходного продукта в конечное изделие; технологическая оснастка - как инструмент преобразования; технологическое оборудование - как многофункциональный объект внешних воздействий, реализующий технологический процесс.

Всем указанным выше объектам (включая деталь или номенклатуру деталей) даны характеристики в соответствии с конструкторскими и технологическими требованиями и стандартами. Методом экспертных оценок установлены факторы взаимного влияния характеристик объектов системы и выполнена ранжировка факторов по степени их весомости.

Следующей важной задачей является классификация факторов взаимного влияния (ФВВ), их качественная и количественная оценка.

Все многообразие ФВВ можно условно разделить на две группы: *факторы внешнего нагружения* и *факторы напряженно-деформированного состояния*. Это разбиение соответствует двум основным этапам процесса импульсного формообразования: поглощения энергии взрывчатого вещества заготовкой и превращения кинетической энергии в работу деформирования. Для большинства технологических процессов штамповки такой подход физически оправдан, так как эти два этапа деформирования существенно отличаются по длительности протекания процесса. Однако разбиение подобного рода является в то же время весьма условным. Например, в случае формовки тонколистовых деталей в инерционно-замкнутых взрывных камерах, в стационарных гидробассейнах внешняя нагрузка и процесс деформирования

взаимосвязаны и влияют друг на друга. В то же время податливость заготовки не столь существенно влияет на параметры первичной ударной волны, как на характер взаимодействия заготовки и гидротока. Ситуация усложняется еще и тем, что такое влияние оказывается и на технологическую оснастку, и на оборудование. Это не только усложняет процесс анализа, но и требует принятия решения об определяющем влиянии тех или иных факторов. На рис. 1 представлена укрупненная схема факторов взаимного влияния.

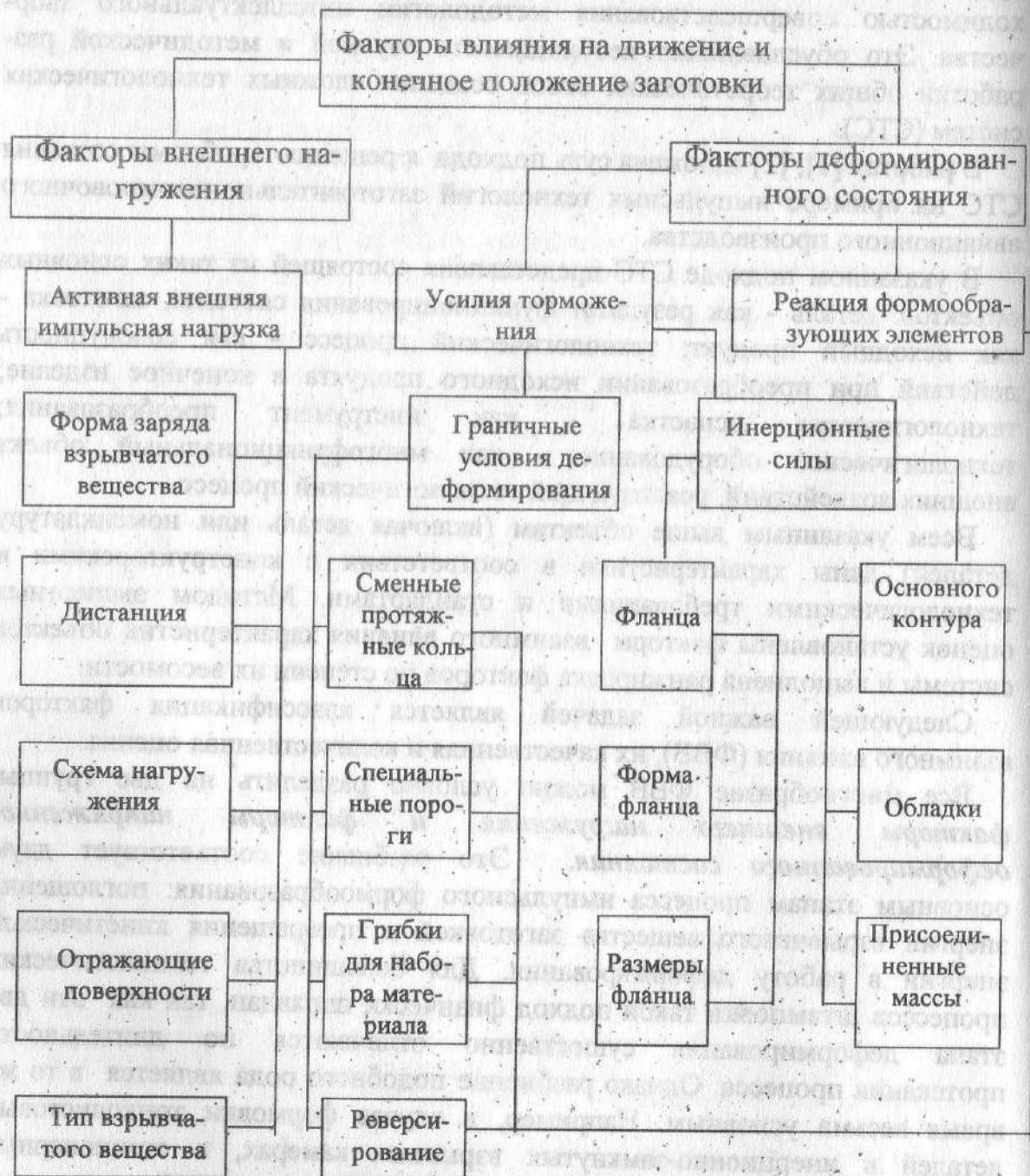


Рис.1. Схема факторов взаимного влияния.

Рассмотрим блок *факторов активной внешней нагрузки*. Активное нагружение состоит из воздействия ударных волн (первичных и отраженных) и гидропотока.

Основными параметрами *ударной волны* являются:

- пиковое давление;
- длительность импульса воздействия;
- форма импульса воздействия;
- геометрические характеристики объекта, на который воздействует ударная волна;
- последовательность нагружения отдельных элементов деформируемого объекта.

К числу наиболее широко реализуемых *способов управления параметрами ударных волн* можно отнести следующие:

- выбор массы заряда взрывчатого вещества;
- выбор формы и количества зарядов;
- изменение высоты (дистанции) установки заряда (зарядов);
- применение последовательного подрыва зарядов;
- выбор передающей среды.

К *факторам деформированного состояния* относятся способы, с помощью которых можно изменять физический закон деформируемого материала. К ним можно отнести следующие:

- выбор рациональной температуры нагрева заготовки;
- предварительная термообработка;
- локальное изменение физических свойств материала;
- применение оптимальных схем деформирования;
- совмещение операций.

Эти факторы связаны с дополнительными подготовительными операциями и затратами, усложняют технологический процесс, поэтому их тщательный выбор и обоснование крайне необходимы при разработке технологических систем. На рис. 1 наряду с предложенной общей классификацией факторов выделен также блок *факторов*, обусловленных наличием *инерционных сил*. В большинстве случаев они приобретают существенное влияние при реализации процессов глубокой вытяжки (например, штамповка с использованием присоединенных масс). Использование, например, обкладок и ряд других аналогичных приспособлений встречается в технологической практике редко и к ним прибегают в крайних случаях.

Факторы влияния, относящиеся к блоку *управления силами деформирования* носят опосредствованный характер. При рассмотрении

замкнутой системы уравнений движения, физического закона, соотношений между деформациями и перемещениями очевидно, что все параметры этих уравнений невозможно представить управляющими. Поэтому целесообразно ряд параметров считать управляемыми. Например, в рассматриваемом подходе в качестве управляемого фактора были выбраны усилия деформирования.

Факторы влияния *реакции формообразующих элементов* (технологической оснастки) можно условно разбить на две группы: с использованием оснастки (жесткой, деформируемой или комбинированной) и свободную штамповку.

В технологических процессах изготовления деталей штамповкой взрывом чаще всего используется жесткий формообразующий элемент (матрица или пуансон). Деформируемый упор чаще применяется в экспериментальных условиях и его следует рассматривать как перспективный с точки зрения безматричной штамповки. Взаимодействуя с заготовкой, упругий подпор позволяет перераспределять внешнюю нагрузку, регулировать ее в процессе деформирования в зависимости от положения преграды, влиять на напряженно-деформированное состояние материала.

В теории и практике создания технологических систем существует значительно большее (по сравнению с приведенными выше) число факторов. Одной из главных проблем является отсутствие во многих случаях методов оценки качественных и количественных характеристик этих факторов или же наличие слишком упрощенных подходов, снижающих уровень решения задачи в целом.

Предлагаемый подход позволяет разработчику на основе экспертного анализа сложной технологической системы выявить наиболее важные факторы взаимного влияния, классифицировать их, определить минимальную, но достаточную совокупность качественных и количественных характеристик, используя при этом уже имеющиеся опыт и знания или же создавая новые методы их определения.

На основе приведенного выше подхода к анализу технологической системы рассмотрим подход к ее синтезу на *примере построения технологической системы изготовления* типовой авиационной детали типа *крупногабаритной тонкостенной оболочки вращения*.

По степени углубленности разработок будем различать несколько уровней проектирования:

- разработка принципиальной схемы взаимодействия элементов технологической системы с учетом глобальных факторов их взаимного влияния;
- разработка принципиальной схемы технологического процесса;
- проектирование технологического маршрута обработки детали;

- проектирование технологических переходов и операций с определением их основных технологических параметров.

Технологический процесс изготовления деталей с использованием импульсных источников энергии в целом и его элементы являются *дискретными*, поэтому *задача синтеза* зачастую заключается в определении их структуры. Если среди вариантов структуры ищется наилучший в некотором смысле, то такая задача синтеза называется *структурной оптимизацией*. В нашем случае возможны четыре основных варианта технологических процессов (рис. 2), а именно:

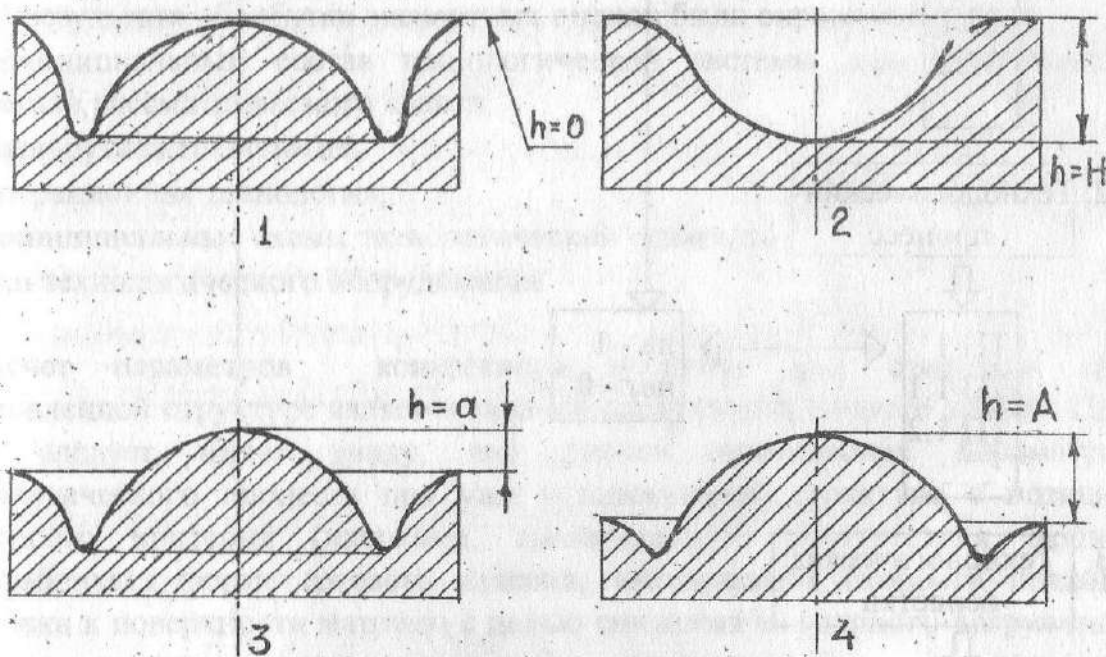


Рис. 2. Схемы штамповки оболочки.

- 1- штамповка изделия *обтяжкой-вытяжкой*, когда фланцевая часть находится на уровне купольной ($h = 0$);
- 2- *вытяжка*, когда расстояние между фланцевой частью и купольной равно глубине проштамповки ($h = H$);
- 3- *обтяжкой с частичной вытяжкой* периферийной части, когда фланцевая часть находится ниже купольной на величину упруго-пластической деформации (a), возникающей при сборке оснастки и определяемой степенью занижения уровня прижима фланца по отношению к верхней точке обтяжного пуансона ($h = a$);

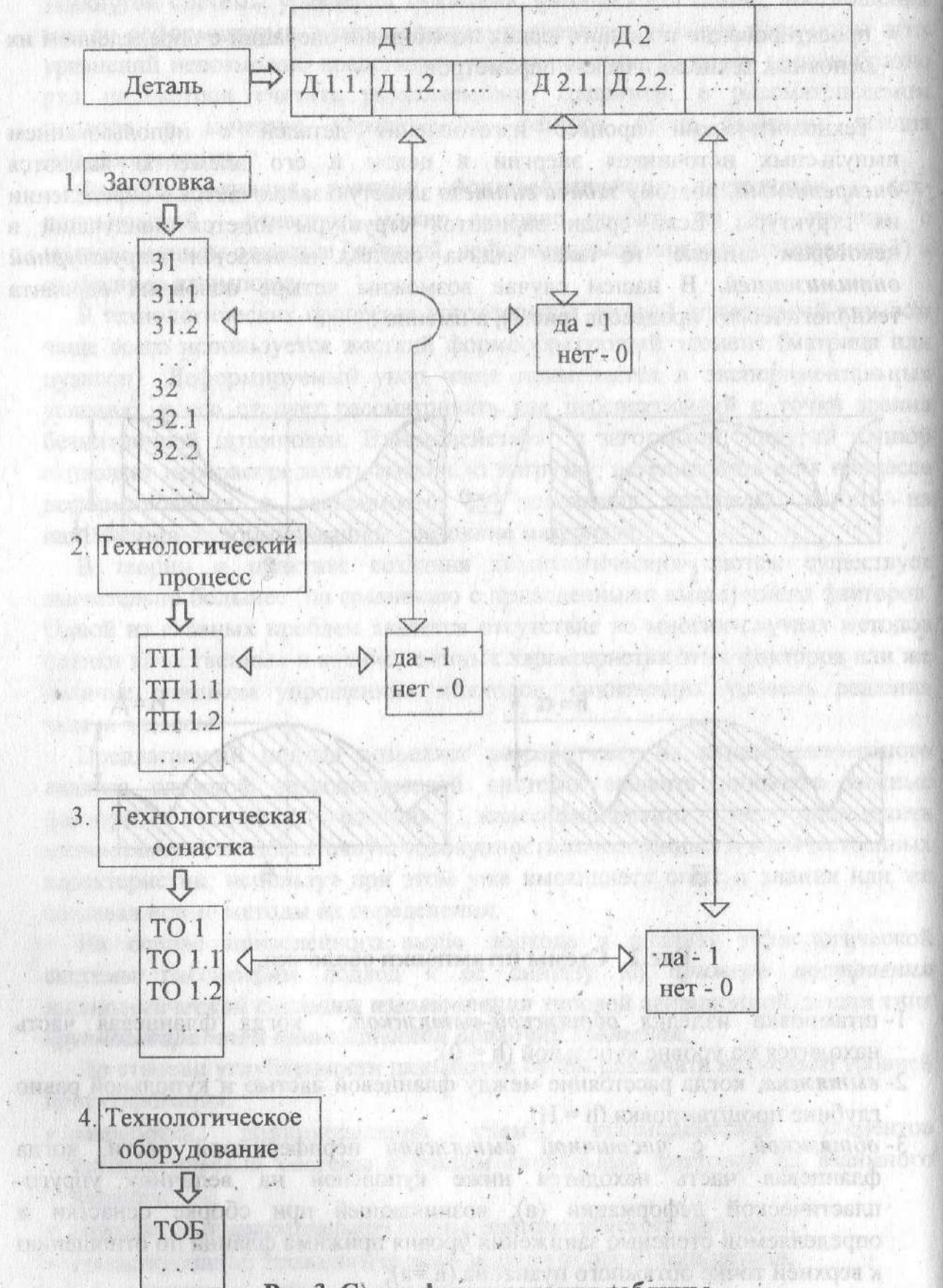


Рис.3. Схема формирования таблицы экспертных оценок

4. *обтяжкой с частичной вытяжкой* предварительно отформованного полуфабриката.

На начальном этапе поиска оптимального варианта из указанных четырех оказывается недостаточно исходной информации для проведения оптимизационного поиска обычными известными методами. Поэтому целесообразным является применение подхода, основанного на *методе экспертных оценок* в условиях частичной неопределенности, вызванной отсутствием отдельных теоретических и опытных данных по аналогичным техпроцессам.

С этой целью экспертам-технологам была предложена для анализа таблица (матрица взаимных влияний), состоящая из характеристик детали и объектов технологической системы (рис.3).

В результате обработки экспертных оценок были определены:

- принципиальный состав технологической системы для изготовления детали рассматриваемого класса;
- маршрутная технология;
- операционная технология;
- принципиальные схемы технологической оснастки;
- тип технологического оборудования.

Расчет параметров конкретного перехода или операции при установленной структуре является задачей следующего, второго уровня. При этом следует иметь в виду, что расчет оптимальных параметров технологического процесса при уже установленной структуре с позиций некоторого критерия (например, максимального соответствия формы полуфабриката форме готового изделия; минимальной скорости подхода заготовки к поверхности матрицы с целью снижения ее ударного нагружения и т.п.) является *параметрической оптимизацией* и решается классическими методами математики и механики деформируемого твердого тела.

Литература:

1. Кривцов В.С. Экспертные оценки и анализ в создании авиационных технологических систем. - Докл. У Международной конференции по новым технологиям машиностроения, Рыбачье, 1996, с. 296-298.
2. Кривцов В.С. Экспертные оценки и факторы взаимного влияния при создании авиационных технологических систем. - Авиационно-космическая техника и технология. Труды ХАИ, 1996, с. 65-71.