

**В.В. ТРЕТЬЯК**, канд. техн. наук, доц., НАКУ «ХАИ», Харьков;  
**В.Д. СОТНИКОВ**, канд. техн. наук, доц., НАКУ «ХАИ», Харьков;  
**С.А. МИРОШНИЧЕНКО**, инж., НАКУ «ХАИ», Харьков;  
**А.С. ИВАКИН**, инж., НАКУ «ХАИ», Харьков.

## **РАЗРАБОТКА ГРУППОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМПУЛЬСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СРЕДЕ СПРУТ ТП**

В статті розглянуті можливості проектування технологічних процесів імпульсних технологій в середовищі сучасних САПР систем. Описані особливості використання групових технологічних процесів у виробництві. Розглянута математична модель листової деталі і технологічного процесу для спеціальної технологічної групи належить до класу I «Дно-стіна, групі 2 «Чашки, коробки» згідно класифікатору листових деталей складних форм, штампованих на пресах ПЕГ по ОСТУ 1.41805-78. Проведений конструкторсько-технологічний аналіз технологічності для листових деталей представлених груп. Відображена математична модель комплексної деталі для даних груп. Представлений алгоритм розробки групового ТП в середовищі СПРУТ ТП. Представлені графи для формування етапів обробки деталі і маршрутної технології. «

In article the possibilities are considered of planning of technological processes of impulsive technologies in the environment of the modern SAPR systems. Features are described of the use of group technological processes in production. A mathematical model is considered of sheet detail and technological process for the task technological force belonging to the class an I «Bottom-wall, to the group 2 «Cups, boxes» according to the classifier of sheet details of the difficult forms, stamped on the presses of PEG on OST 1.41805-78. The designer-technological analysis is conducted of technological for the sheet details of the presented groups. A mathematical model is reflected of complex detail for the given groups. An algorithm is presented of development of group TP in environment SPRUT TP. Columns are presented for forming of stages of treatment of detail and rout technology.

В статье рассмотрены возможности проектирования технологических процессов импульсных технологий в среде современных САПР систем. Описаны особенности использования групповых технологических процессов в производстве. Рассмотрена математическая модель листовой детали и технологического процесса для специальной технологической группы принадлежащей к классу I «Дно-стенка», группе 2 «Чашки, коробки» согласно классификатору листовых деталей сложных форм, штампуемых на прессах ПЭГ по ОСТ 1.41805-78. Проведен конструкторско-технологический анализ технологичности для листовых деталей представленных групп. Отражена математическая модель комплексной детали для данных групп. Представлен алгоритм разработки группового ТП в среде СПРУТ ТП. Представлены графы для формирования этапов обработки детали и маршрутной технологии.

### **Введение.**

Конструкция современных авиационных двигателей такова, что детали листового типа занимают в ней важную позицию и являются наиболее многочисленной группой в общей номенклатуре изделия.

Данные детали используются в узлах компрессора, камеры сгорания и соплового аппарата. Технологические процессы изготовления таких деталей, применяемые в настоящее время в производстве, относятся к одним из наиболее сложных процессов. Листовые детали, как правило, изготавливаются

импульсными технологиями. Серийное производство нетрудоемких деталей не позволяет применять станки повышенной производительности, так как они мало универсальны, трудоемки в переналадке с операции на операцию и их трудно загружать рентабельно. Не оправдывается и применение высокопроизводительных специальных приспособлений, поскольку стоимость обработанных с их помощью деталей, не покрывает затрат на приобретение специального оборудования.

Групповые технологические процессы [1] позволяют использовать методы и средства крупносерийного и массового производства в серийном производстве нетрудоемких деталей. Групповой технологический процесс [2] представляет собой единый технологический процесс, разработанный на некоторую группу специально подобранных разных деталей. В основе организации любого промышленного предприятия и каждого его подразделения лежит рациональное сочетание всех основных и вспомогательных средств. Несмотря на различие производственных условий и их особенностей, есть общие принципы [3,4], которым должна быть подчинена организация, а именно: специализация, пропорциональность, параллельность, непрерывность и ритмичность.

Каждый из этих принципов, соответственно, влияет на общий ход технологического процесса. Данные принципы - есть основа при проектировании групповых технологических процессов. Главным в идее групповых технологических процессов является преодоление технологическими средствами трудностей в организации экономичного производства, обусловленных разнообразием деталей при малом заданном выпуске каждой из них.

**1. Конструкторско-технологический анализ номенклатуры и формирование специальной технологической группы деталей.** Детали специальной технологической группы, для которых предусмотрена разработка группового технологического процесса штамповки, принадлежат к классу I «Дно-стенка», группе 2 «Чашки, коробки» согласно классификатору листовых деталей сложных форм, штампуемых на прессах ПЭГ по ОСТ 1.41805-78. Эскизы деталей приведены на рис. 1.

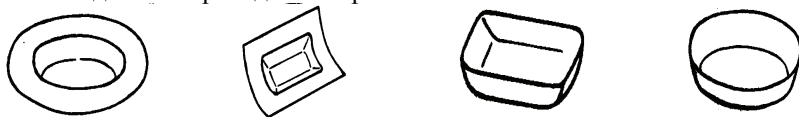


Рис.1 – Эскизы листовых деталей для различных групп

Детали данной группы изготавливаются из следующих материалов: Д16АМ, АК4-1, АМцМ, АМцП, Амгб, сплав 01420, сталь 20, 12Х18Н9Т, 30ХГСА, Х20Н6МД2Т (ВНС-4), ОТ4, ОТ4-1. Толщина штампуемых листов 0,800...2 мм.

**2. Проектирование комплексной детали и матрицы соответствия деталей для условий мелкосерийного производства.** Комплексная деталь – это условная деталь, которая включает в себя всю номенклатуру поверхностей и форм базовых деталей с общими конструктивно-технологическими признаками. На основе эскизов деталей группы «Чашки, коробки» разработана комплексная деталь, эскиз которой приведен на рис.2. Комплексная деталь создана методом наложения на неё последующих деталей и добавления недостающих поверхностей и является типовым конструктивным элементом класса «Дно-стенка».

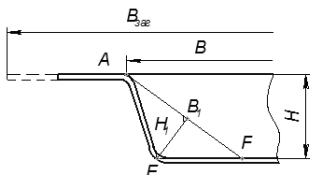


Рис. 2. – Эскиз комплексной детали

Таблица 1 – Матрица соответствия между деталями группы

Под группа деталей	Деталь	H/B	H <sub>1</sub> /B <sub>1</sub>	B <sub>заг</sub> /B	Материал
Б	Б1	≤0.2	≤0.3	≤2.2	Д16АМ, АК4-1
	Б2	0.2...0.4	≤0.3	≤2.2	
	Б3	≤0.2	≤0.3	>2.2	
	Б4	≤0.2	0.3...0.45	≤2.2	
	Б5	0.2...0.4	0.3...0.45	≤2.2	
	Б6	≤0.2	0.3...0.45	>2.2	
В	В1	≤0.2	≤0.45	≤2.2	АмцМ, АмцП
	В2	0.2...0.4	≤0.45	≤2.2	
	В3	≤0.2	≤0.3	>2.2	
	В4	≤0.2	0.3...0.45	>2.2	
Г	Г1	≤0.2	≤0.3	≤2.2	Амг6
	Г2	0.2...0.4	≤0.3	≤2.2	
	Г3	≤0.2	≤0.3	>2.2	
	Г4	≤0.2	0.3...0.45	≤2.2	
	Г5	0.2...0.4	0.3...0.45	≤2.2	
	Г6	≤0.2	0.3...0.45	>2.2	
Д	Д1	≤0.2	≤0.3	≤2.2	сплав 01420
	Д2	0.2...0.4	≤0.3	≤2.2	
	Д3	≤0.2	≤0.3	>2.2	
	Д4	≤0.2	0.3...0.45	≤2.2	
	Д5	0.2...0.4	0.3...0.45	≤2.2	
	Д6	≤0.2	0.3...0.45	>2.2	

Продолжение табл. 1

Под группа деталей	Деталь	H/B	H <sub>1</sub> /B <sub>1</sub>	B <sub>заг</sub> /B	Материал
Е	Е1	≤0.2	≤0.3	≤2.2	ОТ4, ОТ4-1
	Е2	0.2...0.4	≤0.3	≤2.2	
	Е3	≤0.2	≤0.3	>2.2	
	Е4	≤0.2	0.3...0.45	≤2.2	
	Е5	0.2...0.4	0.3...0.45	≤2.2	
Ж	Ж1	≤0.2	≤0.3	>2.2	12Х18Н9Т, сталь 20, 30ХГСА, Х20Н6МД2Т

Вся группа деталей «Чашки, коробки» разделена на 6 подгрупп (Б, В, Г, Д, Е, Ж) в зависимости от штампуемого материала. Каждая подгруппа содержит от 4 до 6 деталей-составляющих, обозначенных буквой, соответствующей подгруппе, и числом – порядковым номером внутри подгруппы. Таблица 1 представляет собой матрицу соответствия между деталями группы.

**3. Проектирование заготовок деталей.** В качестве заготовок для деталей, получаемых штамповкой-вытяжкой [3] применяется листовой прокат. Основным правилом для определения размеров заготовок является равенство объемов заготовки и отштампованной детали. При вытяжке без утонения стенок изменением толщины материала обычно пренебрегают и определение размеров заготовки производят по равенству площади заготовки и детали с припуском на обрезку. В группу «Чашки, коробки» входят круглые детали (являющиеся телами вращения) и детали коробчатого типа.

Для случая вытяжки круглых деталей простой формы заготовка имеет форму круга (рис.3), диаметр которого находится по формуле:

$$D = 1.13\sqrt{F},$$

где  $F$  - площадь поверхности готовой детали, мм<sup>2</sup>.

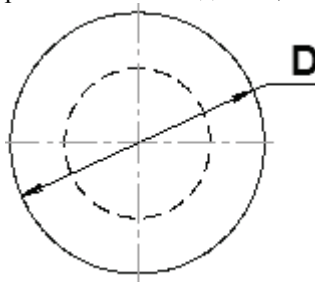


Рис. 3. – Эскиз заготовки круглой детали

В результате погрешностей процесса вытяжки в большинстве случаев применяется последующая обрезка неровного края или фланца детали, для при подсчетах размеров заготовки следует предусматривать соответствующий припуск под обрезку.

Для круглых деталей без фланца (рис.4) площадь поверхности определяется по формуле:

$$F = \sqrt{d^2 + 4dh}$$

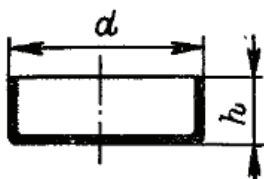


Рис. 4. – Эскиз круглой детали без фланца

Для круглых деталей с фланцем (рис. 5) площадь поверхности определяется по формуле:

$$F = \sqrt{d_2^2 + 4d_1h}$$

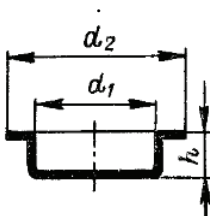


Рис. 5. – Эскиз круглой детали с фланцем

Для случая вытяжки коробчатых деталей с фланцами и без них заготовка чаще всего имеет вид овала, образованного двумя полуокружностями и параллельными сторонами (рис. 6). Эта форма наиболее предпочтительна, так как она наиболее проста для изготовления вырубного штампа.

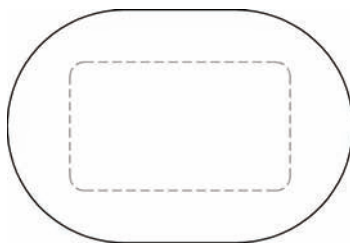


Рис. 6. – Эскиз заготовки детали коробчатого типа

Все указанные выше заготовки получают на вырубных штампах из листового проката.

#### 4. Разработка и обоснование плана группового операционного технологического процесса производства деталей

Основой для проектирования плана группового технологического процесса послужил ОСТ 1.41805-78. Для проектирования использован программный пакет СПРУТ ТП [5].

Последовательность проектирования:

1. Создание библиотеки для общей группы деталей – листовые детали.
2. Создание объекта. В данном случае под объектом понимается конкретная группа деталей – чашки, коробки.
3. Создание экземпляров. На данном этапе описывается каждая деталь конкретной группы со своим определенным набором параметров (отношения  $H/B$ ,  $H_1/B_1$ ,  $B_{заг}/B$ , материал) в виде отдельного экземпляра.
4. Описание ресурсов. К имеющемуся набору этапов, операций, переходов добавляются недостающие и используемые в проектируемом ТП.
5. Описание этапов обработки. Последовательность выполняемых этапов представляется в виде «дерева», в котором связями указывается четкая последовательность этапов обработки с указанием условий, которые в дальнейшем позволяют определить алгоритм выполнения этапов для конкретной детали группы. Общими для всех деталей являются этапы «Подготовительный» и «Контрольный». Разработано 6 этапов «Штамповка» в зависимости от материала детали (рис.7).

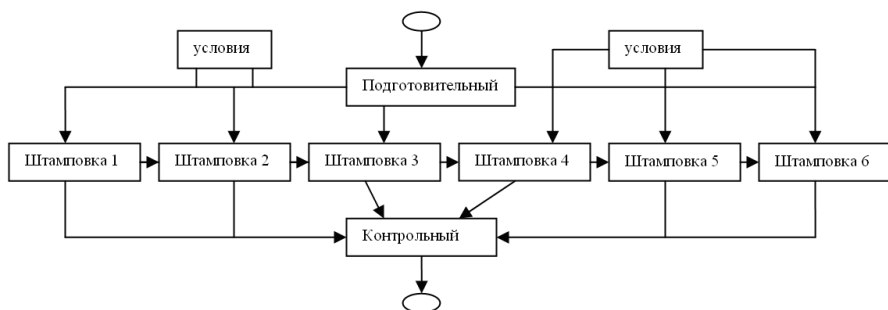


Рис.7. – Формирование этапов обработки

6. Описание операций обработки. Выполняется описание последовательности операций в каждом этапе отдельно. Представляется также в виде «дерева» с указанием условий для определения последовательности операций для конкретной детали группы (рис 7.).

7. Описание переходов обработки. На данном этапе проектирования осуществляется описание последовательности переходов в каждой операции отдельно. Каждая операция имеет вид «дерева» с необходимыми условиями для определения последовательности переходов в операциях для конкретной детали.

8. Проектирование ТП в автоматическом режиме. Для проектирования ТП необходимо создать новый экземпляр или выбрать из ранее созданных экземпляров. При этом в автоматическом режиме в зависимости от параметров экземпляра будет сформирован технологический процесс для штамповки-вытяжки данного экземпляра (рис. 8,9).

9. Получение технологической документации. Также в автоматическом режиме можно сформировать комплект технологической документации по ранее сформированному технологическому процессу.

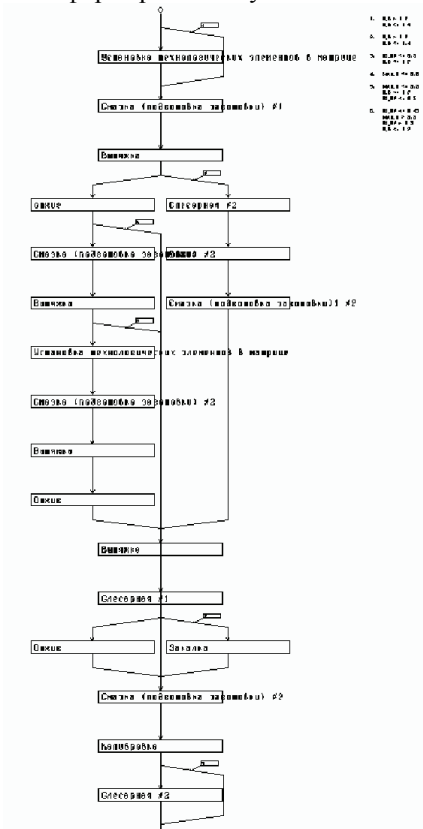


Рис. 8 – Формирование дерева маршрута обработки

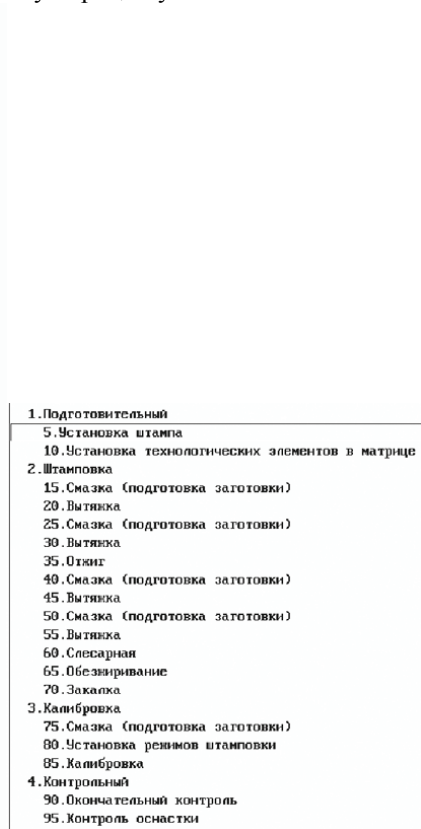


Рис.9 – Формирование ТП экземпляра

Основными отличиями разработанных ТП являются количество операций штамповки-вытяжки, место и наличие термообработки, а также количество и последовательность переходов в одноименных операциях на разных этапах выполнения ТП.

В результате проведенной работы разработан групповой ТП изготовления листовых деталей штамповкой-вытяжкой для 31-й детали, которые отличаются геометрическими параметрами и материалом.

### **Заключение**

Применение в производстве листовых деталей принципов и основ группового автоматизированного проектирования особенно важны, так как это позволяет снизить затраты времени и рабочих фондов на данном этапе проектирования ТП [6].

В данной работе разработан групповой маршрутно-операционный ТП с использованием методов и средств автоматизированного проектирования ТП. для каждой из подгрупп разработан маршрут обработки и схема расщепки согласно ОСТ 1.41805-78. Используя разработанную комплексную деталь и конструктивно-геометрические параметры можно создать чертеж для любой детали из данной группы, а по групповому маршруту вести обработку конкретной, необходимой нам детали из всей группы, имея лишь один комплект технологической документации.

**Список литературы:** 1. Фираго В. П. Основы проектирования технологического процесса. Методы обработки поверхности / В.П.Фираго. - М.: Машиностроение, 1975.- 468 с. 2. Митрофанов С.П. Организация группового производства / С.П. Митрофанов.- Л: Машиностроение, 1983, Т.1. – 407 с. 3. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке /В.П.Романовский.- Л: Машиностроение, 1979.–520 с. 4. Сотников В.Д. Групові технологічні процеси в авіадвигунобудуванні: навчальний посібник / В.Д. Сотников. - Х.: ХАІ, 2008. - 80 с. 5. Третьяк В.В. Разработка групповых технологических процессов при изготовлении листовых деталей импульсной обработкой с использованием компьютерных информационных технологий / В.В. Третьяк, О.В. Мананков, Д.А. Овчар, А.В. Онопченко // Авиационно-космическая техника и технология: №3 (60). Научно-технический журнал, Харьков, «ХАИ». - 2009. - С. 17-20. 6. Евгеньев Г.Б. Систематология инженерных знаний: учеб. пособие для вузов / Г.Б.Евгеньев. – М : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 346 с.

*Надійшло до редколегії 15.04.2011 р.*