

**К 629.78.02.001.63**

## **Автоматизация проектирования технологического процесса изготовления.**

Д.А. Анисин, И.В. Морозов

### **Аннотация**

В работе рассматриваются основные методы, способы и пример автоматизации проектирования и производства деталей, узлов и агрегатов конструкции космического летательного аппарата. Решена задача создания интегрированных систем автоматизированного проектирования, включающих: проектирование конструкции, проектирование технологического процесса, проектирование технологического оснащения.

Даны рекомендации по параметризации 3-х мерной модели для автоматизированного решения технологических задач. Показаны возможные области применения метода.

### **Ключевые слова**

автоматизация проектирования; технология производства; технологическая подготовка.

### **Введение**

В работе рассмотрена возможность автоматизации построения технологического процесса (ТП) на основе начальных данных о параметрах детали. Разобран пример построения параметрической 3D-модели полусферы. Рассмотрен ряд проблем, связанных созданием интегрированных систем автоматизированного проектирования, и предложены некоторые методы по их устранению. Рассмотрены также некоторые проблемы сотрудничества конструктора и технолога.

### **1. Решаемые задачи и состав базы данных интегрированной системы автоматизированного проектирования**

Технолог, разрабатывая ТП изготовления деталей, сборки изделий, распоряжается производственными мощностями и ресурсами, которые находятся в сфере его компетенции. В отдельных случаях налаживается кооперация с другими предприятиями.

В зависимости от методов изготовления могут варьироваться себестоимость изготовления, трудоемкость, характеристики конечного продукта (изделия). Технология производства различных узлов часто является отработанной для предприятия или просто информацией только для служебного пользования. Более того, технология, чаще всего зависит от уже имеющихся ресурсов, таких как станочный парк, традиции того или иного предприятия.

Учитывая все это можно предположить, что при разработке изделия конструктор, уже оперируя знаниями о методах его производства, может составить загруженности цехов, занятых при производстве и оптимизировать процесс. Тем более это важно в условиях мелкосерийного производства, где одни и те же ресурсы и производственные мощности задействованы на реализации нескольких проектов одновременно, при этом производственный цикл этих изделий и стадии из разработки не совпадают.

Внедрение интегрированных систем автоматизированного проектирования позволит решить задачи учета и контролем над использованием ресурсов и расходом рабочего времени. Технологическая подготовка производства должна планироваться заблаговременно до начала производственных операций.

База данных, включающая в себя всю номенклатуру деталей и узлов, когда-либо собиравшихся на предприятии, технология производства которых отработана до такой степени, что бы можно было утверждать, что следует их изготавливать одним способом, а не каким-то иным, является общедоступной базой знаний, материал которой корректируется как по мере обновления номенклатуры выпускаемых агрегатов, так и в процессе усовершенствования технологии и средств технологического оснащения (СТО).

Таким образом, предполагается избавить технолога от рутинной и монотонной работы по исправлению документации, и возложить это на систему, управление которой будет он осуществлять.

Вначале необходимо определить схему и алгоритм построения ТП, используя параметрическую модель детали (рис. 1.1).

Одна из главных проблем, сложившихся на большинстве предприятиях состоит в том, что занятость сотрудников циклична. Это вызвано быстротой выпуска деталей, обработкой информации в одном отделе и передача её другому и др. Процесс создания изделия должен происходить параллельно, используя современные технологии, что позволит уменьшить стоимость проектных работ и увеличить эффективность выпуска.



Рис. 1.1 Схема построения ТП

Технолог, разрабатывая методы изготовления деталей, сборки изделий, распоряжается производственными мощностями и ресурсами, которые находятся в сфере его компетенции. В отдельных случаях налаживается кооперация с другими предприятиями. Технология является результатом совокупности теоретических знаний и личного опыта. В отличие от конструкторской документации у технологии можно вывести параметры, определяющие качество такого продукта как технологическая документация. В зависимости от методов изготовления могут варьироваться стоимость изготовления, трудоёмкость, характеристики конечного продукта (изделия).

Технология производства различных узлов часто является отработанной для предприятия или просто информацией только для служебного пользования. Более того, технология, чаще всего зависит от уже имеющихся ресурсов, таких как станочный парк, опыт и квалификация рабочих, использование передовых технологий того или иного предприятия.

Рассмотрим шесть основных составляющих частей процесса, влияющих на процесс

производства изделия (рис. 1.2).

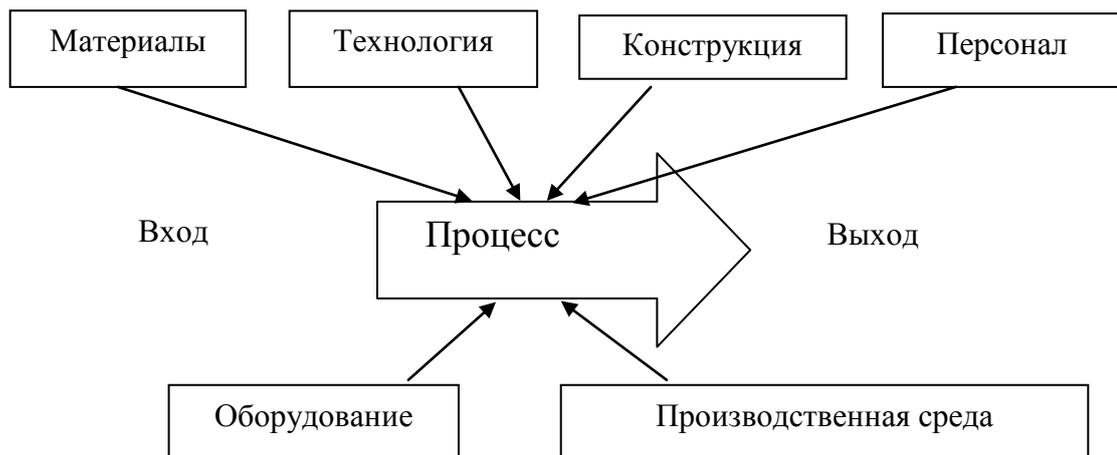


Рис. 1.2 Схема производственного процесса.

Необходимо связать две или более составляющих частей воедино, чтобы обеспечить связанную, совместную, параллельную их работу, то эффективность и качество процесса значительно повысятся. Главный вопрос – взаимоотношение конструктора, технолога и рабочего. Также необходимо, чтобы работа конструктора и технолога была совместной, пусть даже и в разных отделах. Это позволит избежать ошибок при работе технолога, конструктора и рабочего, ускорить работу, повысить качество.

*Как один из вариантов схемы взаимосвязи был рассмотрен следующий алгоритм:*

Конструктор, при проектировании изделия, использует базу данных типовых параметрических деталей, содержащую в себе все необходимые данные, изменяя, при необходимости, геометрические параметры деталей.

Каждая деталь из базы данных типовых деталей содержит в себе параметры, необходимые для создания ТП, и расчёты, необходимые для изготовления деталей в зависимости от геометрических параметров и свойств материала.

На основе БД параметрических деталей, геометрических параметров требуемой детали и её технологических данных, происходит создание ТП.

Работа по такому методу позволит упростить обработку информации и для технологов, работающих с ЧПУ. Они смогут получать 3D-модели детали, уже содержащие в себе все, необходимые для построения технологического маршрута, данные.

Для автоматизации проектно-конструкторских и технологических задач, необходимо создать необходимую базу данных:

- БД материалов, как отдельный файл, при изменении которого корректируются параметры деталей, использующие его, т.е. обеспечить интеграцию информации во все

материалы, его использующие;

- БД станков, содержащая в себе все параметры о станках, используемых на предприятии. Она должна содержать: максимальные геометрические параметры рабочего места, мощность, загруженность и другие технические параметры;

- БД 3D-деталей, с возможностью изменения параметров, определенным образом;

- БД основных ТП;

- Программу по обработке технических требований (ТТ), изложенных в чертеже детали. которые должны учитываться при проектировании ТП изготовления детали.

*Последовательность проведения расчётов при автоматизированном проектировании полусферы:*

Исходя из заданных параметров требуемой полусферы, рассчитывается размер заготовки.

В зависимости от отношения толщины заготовки к её диаметру выводятся приоритетные варианты вытяжки.

Предварительно рассчитывается коэффициент вытяжки для первого и последующих переходов. Потом определяется диаметр детали после первого и последующих переходов, определяется усилие вытяжки, необходимое для получения детали после первого перехода.

Производится расчёт требуемого усилия прижима заготовки.

Полученный расчёт даёт возможность определить давление вытяжки и произвести настройку оборудования.

Для выбора оборудования производится расчёт габаритных размеров матрицы.

## **2. Расчёт параметров в технологическом блоке**

Количество операций рассчитывается в зависимости от начального диаметра заготовки, коэффициентов вытяжки. Коэффициент вытяжки  $m_1$  даёт представление о получаемой детали после первого перехода

$$d_1 = m_1 * D$$

Зная коэффициент второй и последующей вытяжек, определяются последующие диаметры получаемых деталей до требуемого диаметра. На этом этапе определяется количество переходов.

1). Диаметр заготовки ( $D_{заг}$ ) рассчитывается исходя из параметров требуемой детали. Расчётная модель основана на комплексной детали рис. 2.1:

$$D_{заг.} = \sqrt{D_{п/с}^2 + D_{фл.}^2 + 4 * D_{п/с} * N_{цил. части}}$$

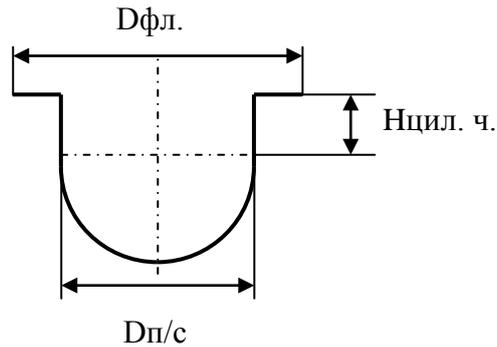


Рис. 2.1 Эскиз комплексной детали.

Диаметр заготовки является одним из важных параметров проектируемой детали, так как этот параметр зависит от существующего сортамента и размеров листового материала, возможностей производства и др. Получая оперативные данные по размерам заготовки, конструктор в процессе проектирования, то есть на начальном этапе создания детали, может изменить и доработать саму деталь. Эта информация в дальнейшем поможет избежать ряда производственных проблем по заготовочному материалу.

2). Коэффициент вытяжки и количество переходов определяется по сочетанию параметров детали ( $D_{фл.}$ ,  $D_{п/с}$ ,  $H$  и др.). Коэффициент вытяжки рассчитывается исходя из оптимальности распределения площади заготовки в рабочую область штамповки при каждом переходе.

3). Определение параметров заготовок после каждого перехода. На этом этапе происходит расчёт диаметров деталей после каждого перехода. Это возможно благодаря равномерности увеличения детали при каждой операции штамповки.

4). Усилие вытяжки при каждом переходе. Расчёт усилия вытяжки, который необходим для получения детали при каждом переходе, при условии, что допустимые напряжения должны быть меньше разрушающих:

$$P_b = \Pi * D_{фл} * S * \sigma_{mb}.$$

5). Усилие прижима, необходимого при технологическом процессе изготовления. Определение усилия прижима необходимо для исключения складкообразования и разрывов металла. Также в виду использования при штамповке полусфер гидравлического штамповального оборудования, необходимо обеспечивать герметичность рабочей области штампа.

6). Давление вытяжки. Значение давления подачи жидкости в рабочую область штампа, необходимого для формования материала. Рассчитывается по формуле:

$$q_b = P_b / F \text{ [кг/см}^2\text{]},$$

где  $F$  – площадь заготовки, а  $P_b$  – усилие вытяжки.

7). Габаритные размеры матрицы. Расчёт размера матрицы позволяет подобрать гидропресс по геометрическим параметрам установки матрицы

8). Определение размеров, 3-D модели грибков для каждого перехода. Это даёт возможность автоматического изготовления грибка, просмотр массовой характеристики оснастки, подбор имеющегося материала для изготовления.

9). Объём закачиваемой жидкости для технологического процесса вытяжки. Зная требуемы объём жидкости для процесса штамповки, можно откалибровать механизм подачи, насосы и количество жидкости.

10). Время штамповки. Значение этого параметра необходимо для нормирования работы оборудования, составления сетевого графика изготовления детали. Оптимизация производственных мощностей.

Используя комплексную деталь (рис. 2.1), можно получить требуемую деталь путём удаления и/или изменения существующих размеров. Таким образом (от общего к частному), можно получить любую форму детали, необходимую конструктору. Этот способ позволяет конструктору избавиться от долгой и трудоёмкой работы по созданию 3-D деталей «с нуля».

Все полученные параметры анализируются, на их основе составляется ТП и результаты расчёта технологических параметров изготовления деталей.

### **3. Технологический блок**

В настоящее время конструкторы активно занимаются разработкой систем автоматизированного проектирования и конструирования изделий. Естественно, что система автоматизированного проектирования не может эффективно функционировать без соответствующего технологического наполнения. Поэтому перед технологами стоит задача создания технологического блока, который предназначен для увязки конструкторского решения с технологией изготовления.

Математические модели для расчёта следует ориентировать на состав той информации, которая формируется при автоматизированном проектировании конструкции и заключена в графической части проекта, технических требованиях, спецификации, а также на информацию, получаемую при автоматизированном решении задач получения ТП.

Решение задачи унификации при автоматизированном проектировании должно быть обеспечено соответствующим наполнением технологической базы данных, которая должна активно использоваться при разработке конструкции. Входящие в технологическую базу данных типовые детали и соответствующие им типовые технологические процессы и

экономико-математические модели должны позволять в процессе проектирования производить оценку затрат на изготовление конструкции.

Задача обеспечения получения ТП при автоматизированном проектировании должна решаться на основе формирования информации, позволяющей производить расчёт технологических параметров конструкции. Для этого необходимо, чтобы размерные характеристики детали и её конструктивных элементов были увязаны с возможными методами её изготовления.

Проектируя деталь, конструктор ориентируется на определённый метод изготовления детали (гибка, вытяжка и др.). Необходимо, чтобы эта информация не подразумевалась, а была отражена в конструкторской документации.

При автоматизированном конструировании предполагается использовать библиотеки типовых решений – типовая деталь или конструктивный элемент, который имеет программное обеспечение по графическому изображению и характеризуется списком определённых параметров, т.е. таблицу параметров, привязанной к той или иной типовой детали.

Например, типовой может служить комплексная деталь (см. рис. 2.1), которая изготавливается вытяжкой из листовой заготовки.

При проектировании, например, сферической оболочки с фланцем без цилиндрической части, конструктор обращается к библиотеке типовых деталей, получаемых вытяжкой и задаёт свои конструктивные параметры из предложенного списка (Dфл., Dп/с, H). Изменив параметры детали в параметрической таблице данных, конструктор получает в SolidWorks 3-D изображение проектируемой детали (рис. 3.1).

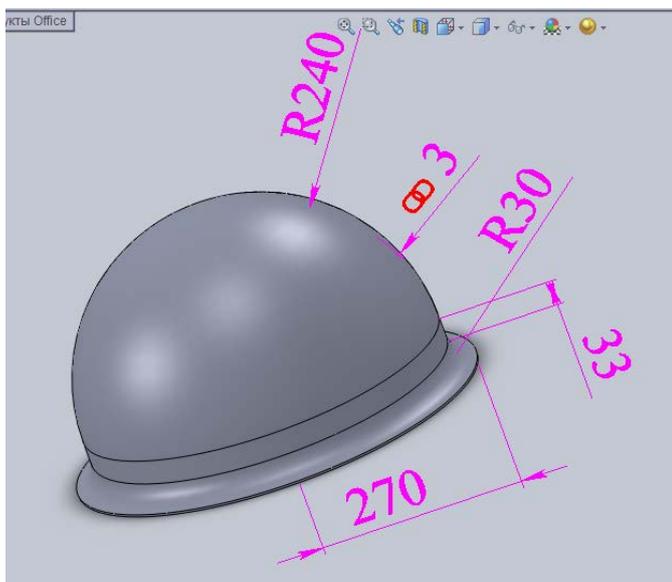


Рис. 3.1 Модель проектируемой детали

Таким образом, комплексная деталь это деталь, которая, с одной стороны, ориентирована на определённый метод изготовления (гибка, вытяжка) и, с другой стороны, обладает определённым комплексом параметров, по которым можно получить форму и размеры многих других деталей, изготавливаемых тем же методом.

Затем конструктор задаёт основной материал, требования по точности выполнения геометрических параметров. В технологическом блоке рассчитываются и выводятся все необходимые параметры для изготовления детали.

На основании типового технологического процесса формируется рабочий технологический процесс и рассчитываются все показатели. Рассчитываются параметры конструкции и, с учётом имеющего опыта, отработок тех. процесса изготовления происходит оптимизация расчёта параметров, позволяющие уменьшить количество операций вытяжки и обеспечить технологичность конструкции.

Для решения этой задачи в технологическом блоке должна быть библиотека вариантов процессов вытяжки, согласованных с конструктивными и технологическими параметрами типовых представителей.

По полученным конструктивным параметрам для заданного материала в технологическом блоке производится расчёт технологических параметров и определение возможных методов получения рассматриваемого конструктивного элемента.

Конструктору для принятия решения предоставляются следующие данные:

- 1). Расчёт геометрических параметров конструкции, обеспечивающих её технологичность;
- 2). Варианты возможных конструкторско-технологических решений по детали и оснастке, необходимой для её изготовления.
- 3). Показатели ТКИ: (масса, центр массы и допуск на массу, трудоемкость и технологическая себестоимость);

После принятия решения в конструкторской документации формируется следующая информация:

- 4). Технические требования, согласованные с действующими стандартами, принятым конструкторско-технологическим решением и возможностями производства;
- 5). Масса конструкции для принятых методов обработки;
- 6). Показатели технологичности конструкции (масса, трудоемкость и себестоимость изготовления детали и оснастки).
- 7). Цикл производства.

#### 4. Состав и структура технологической базы данных.

На Рис. 4.1 показана последовательность получения трёхмерной модели детали.

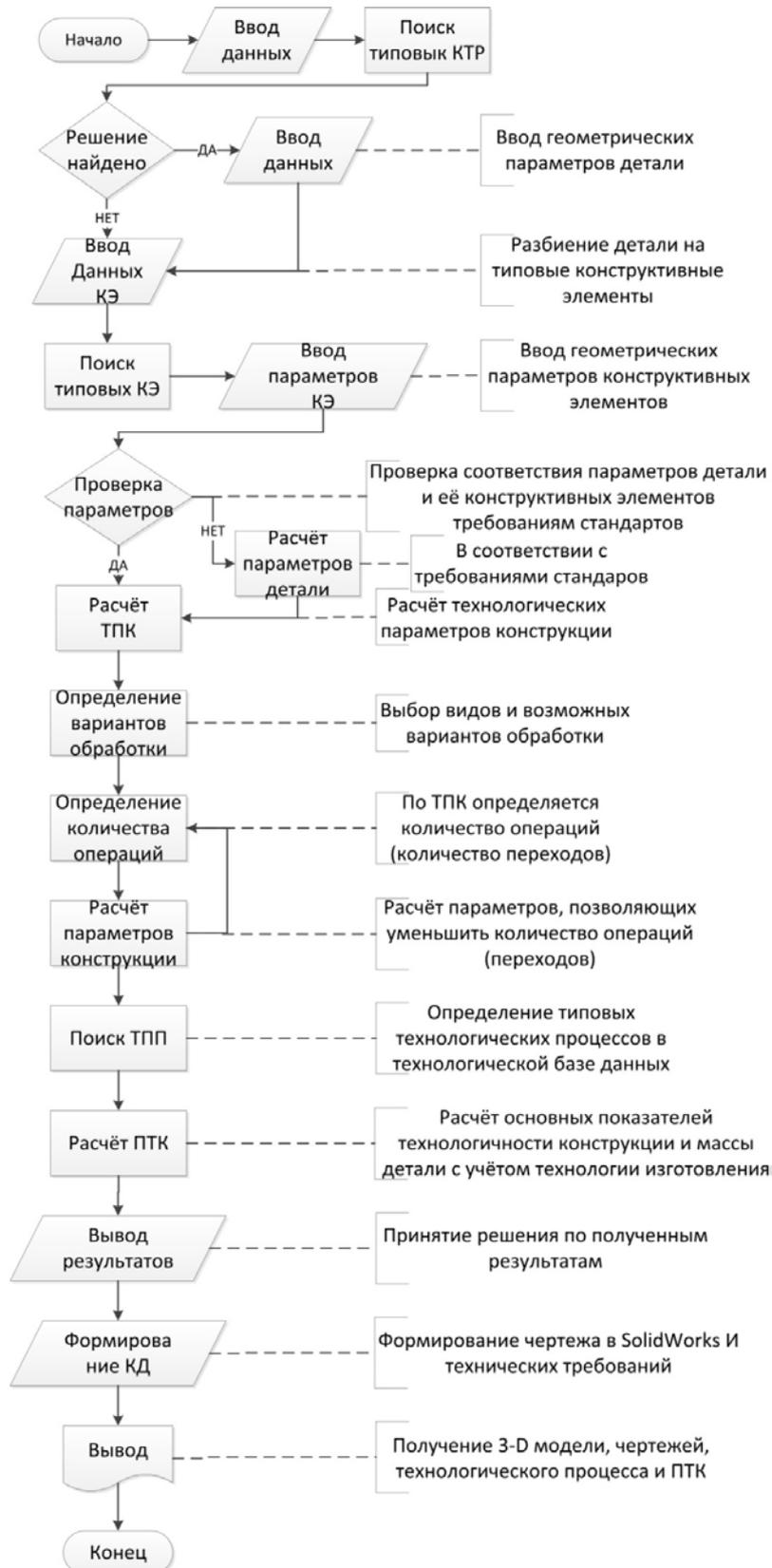


Рис. 4.1 Схема алгоритма получения 3-D модели.

Основой технологического блока является база данных, которая состоит из следующих взаимосвязанных разделов:

- Конструкционные материалы и их механические характеристики.
- Классификатор конструкторско-технологических решений (КТР).
- Типовые КТР.
- Унифицированные элементы конструкции.
- Программное обеспечение графики (типовых КТР и унифицированных элементов в SolidWorks с параметрической таблицей).
- Математические модели расчёта технологических параметров конструкции.
- Типовые технологические процессы (ТП).
- Математические модели технико-экономических показателей.
- Математические модели формирования конструкторской документации.
- Математические модели формирования технологической документации.

### 5. Пример разработки 3D-модели.

Необходимо создать 3D-модель полусферы в SolidWorks, с возможностью изменения её параметров и корректировкой данных, исходя из новых или изменившихся данных (в таблице Excel):

Сначала создаётся сначала модель полусферы (рис. 5.1).

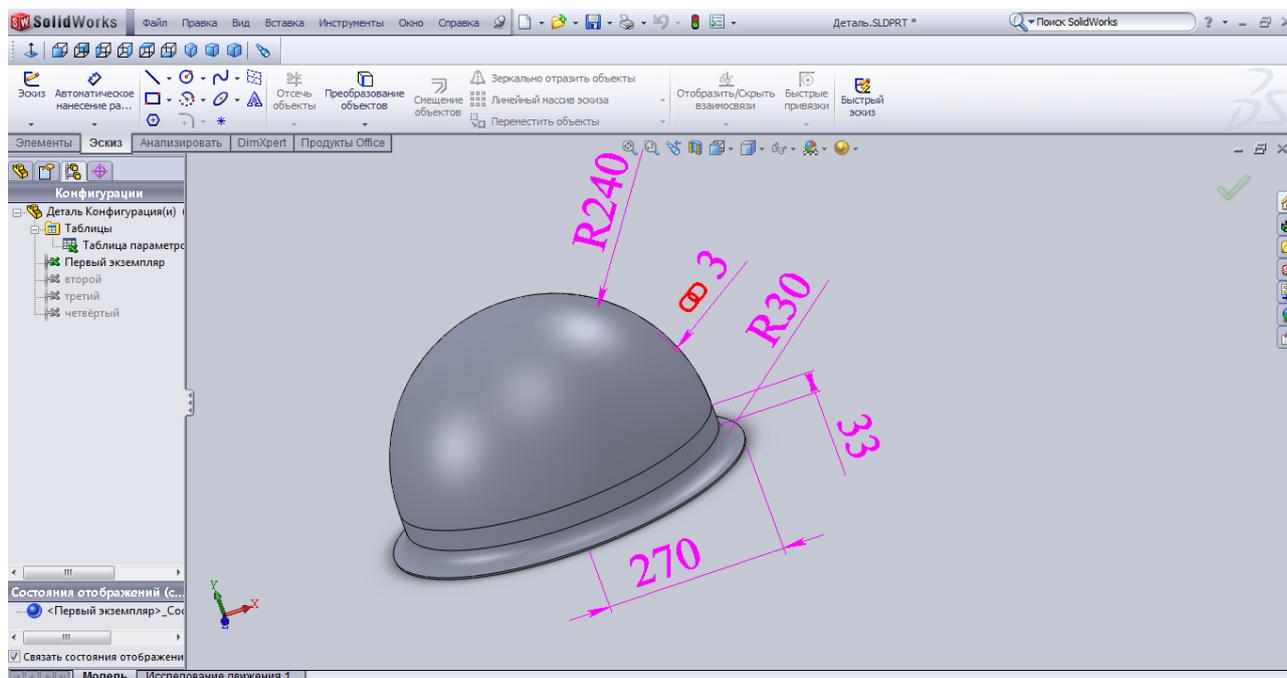


Рис. 5.1. Модель полусферы

На модели создаются необходимые привязки плоскостей и обозначаются все размеры.

Создаётся таблица параметров, в которой указываются те размеры, которые будут меняться (рис. 5.2).

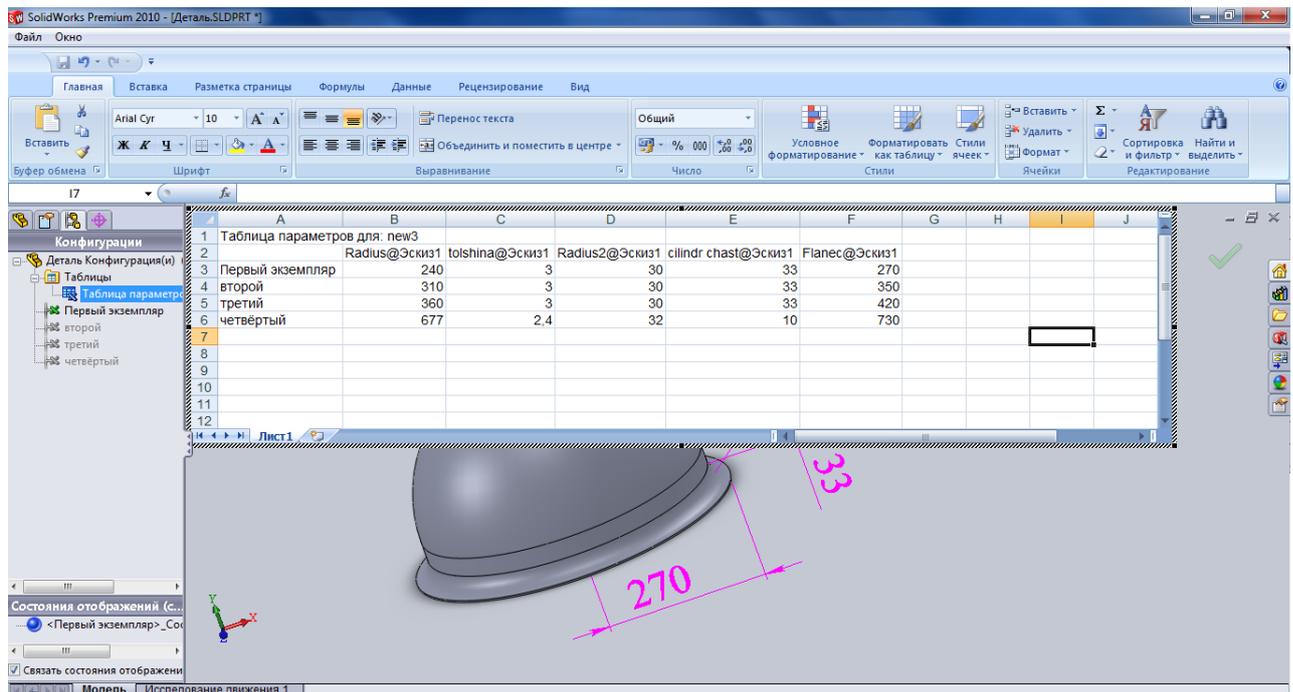


Рис. 5.2. Модель полусферы и таблица параметров

В результате, будет получена деталь, содержащая параметры в виде таблицы. Выбирая в SolidWorks нужный экземпляр, мы получаем модель детали, содержащую параметры этого экземпляра.

Используя таблицу параметров экземпляров (в формате Excel) можно провести расчёты параметров изготовления детали, таких как:

- диаметр заготовки;
- коэффициент вытяжки;
- вариант вытяжки;
- усилие вытяжки;
- усилие прижима;
- давление вытяжки;
- габаритные размеры матрицы;
- объём закачиваемой жидкости;
- время штамповки (рис. 5.3 – рис. 5.8).

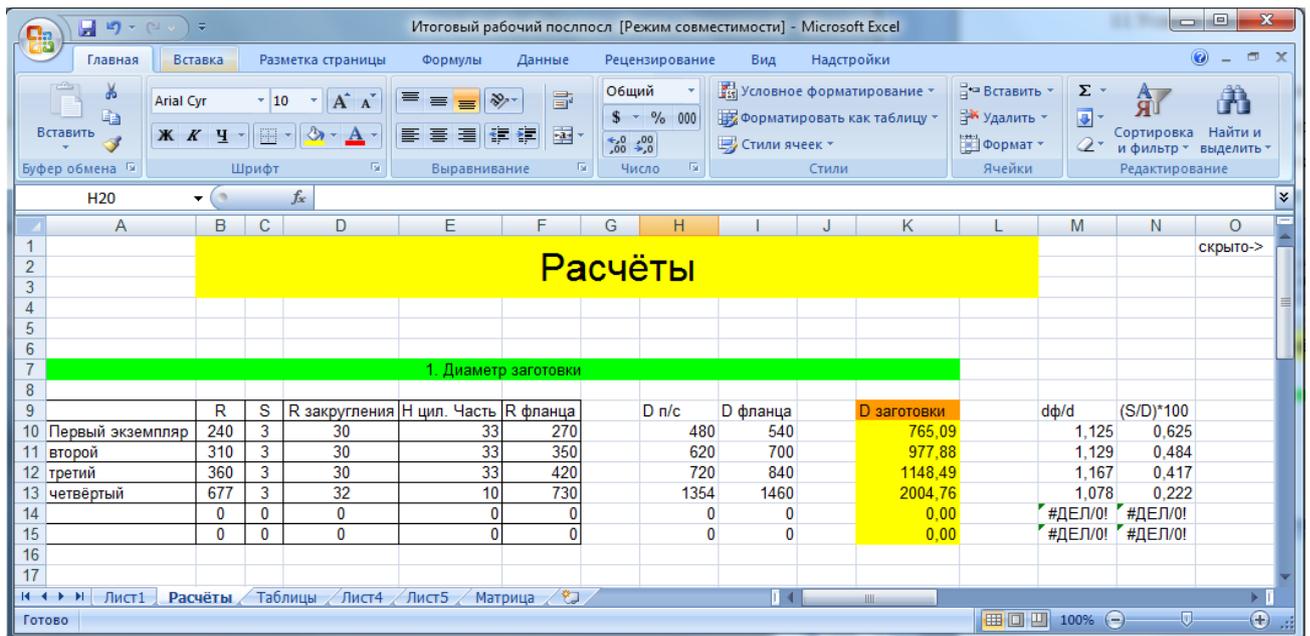


Рис. 5.3. Параметры детали

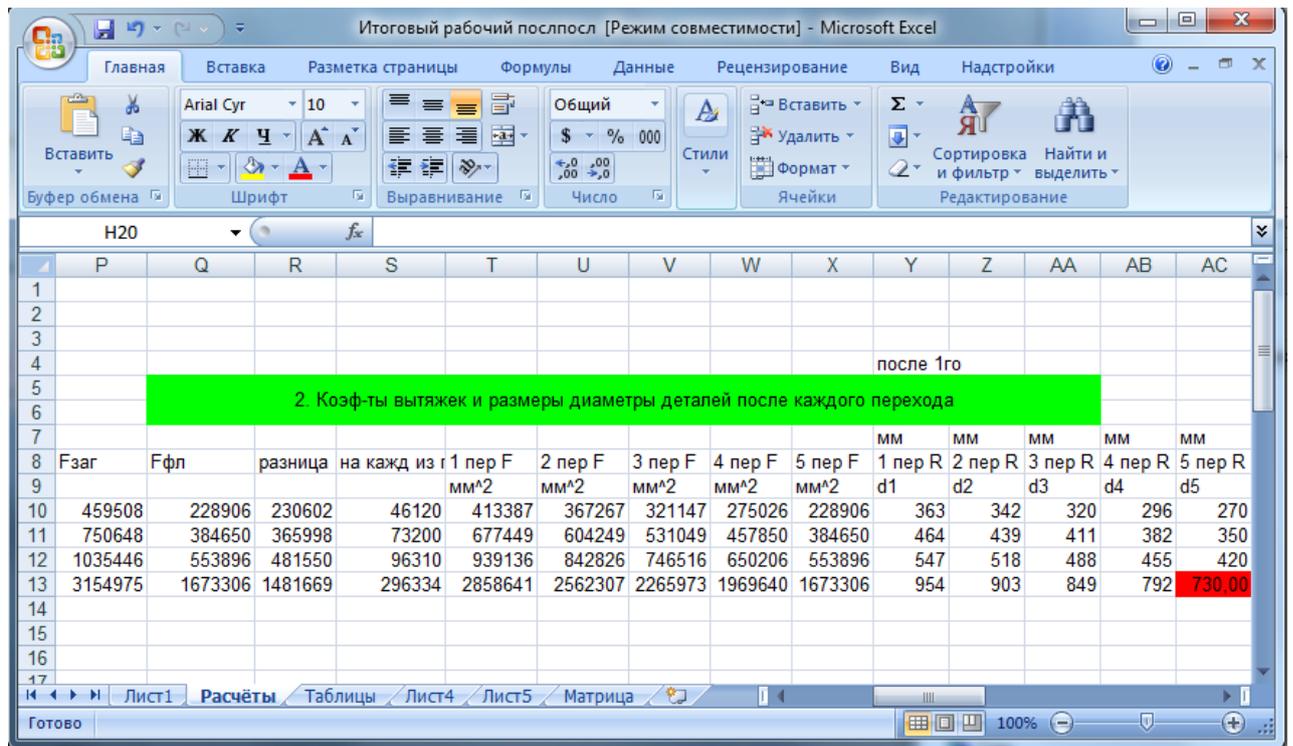


Рис. 5.4. Расчёт технологических параметров

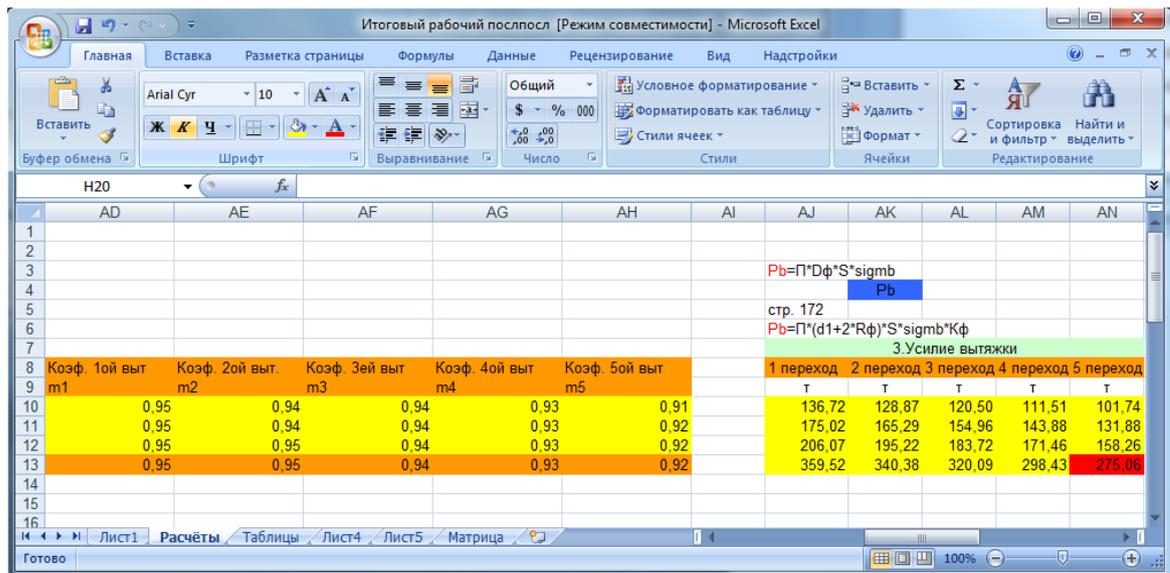


Рис. 5.5. Расчёт технологических параметров (продолжение)

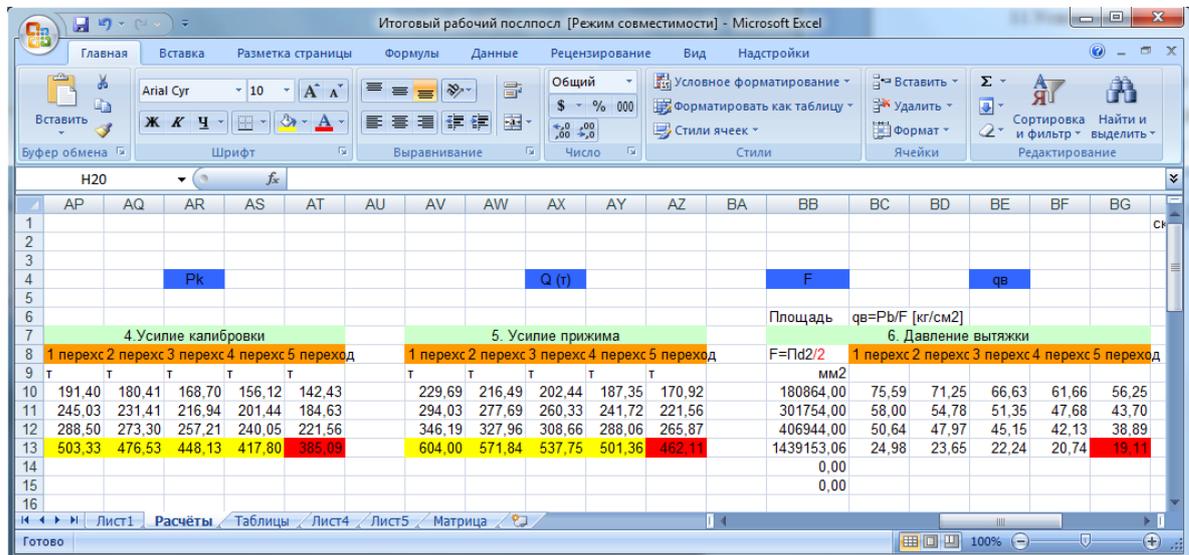


Рис. 5.6. Расчёт технологических параметров (продолжение)

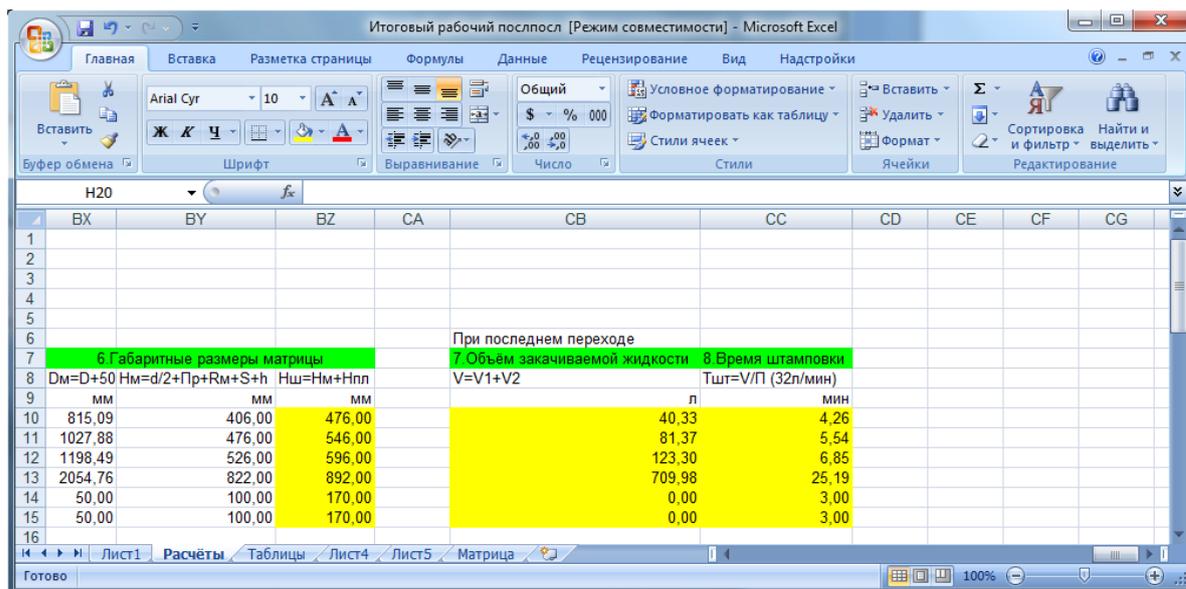


Рис. 5.7. Расчёт технологических параметров и размеров формирующей оснастки

Таблица основных параметров												1 переход 2 переход 3 переход 4 переход 5 переход				
		Заготовка		размер матрицы		Усилие выт.										
		Размеры D	Dm	Nm												
		мм	мм	мм	T	T	T	T	T	T						
13	Первый экземпляр	240	3	R закругления	30	33	270	765,09	815,09	406	136,72	128,87	120,50	111,51	101,74	
14	второй	310	3	30	33	350	977,88	1027,88	476	175,02	165,29	154,96	143,88	131,88		
15	третий	360	3	30	33	420	1148,49	1198,49	526	206,07	195,22	183,72	171,46	158,26		
16	четвёртый	677	3	32	10	730	2004,76	2054,76	822	359,52	340,38	320,09	298,43	275,06		

Рис. 5.8. Расчёт параметров формирующей оснастки

На основе полученных расчётов составляется таблица основных параметров технологического процесса (рис. 5.9).

Итоговый рабочий послпосл [Режим совместимости] - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид

Буфер обмена Вставить Шрифт Arial Cyr 10 Выравнивание Число Общий \$ % 000 Условное форматирование Форматировать как таблицу Стили ячейки Вставить Удалить Формат Ячейки Сортировка Найти и фильтр выделите Редактирование

	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9	1 переход	2 переход	3 переход	4 переход	5 переход	1 переход	2 переход	3 переход	4 переход	5 переход		
10	вытяжка 1й переход										Объем закачиваемой жидкости	Время штамповки
11	Усилие прижима					Давление выт.						
12	T	T	T	T	T	кг/см2	кг/см2	кг/см2	кг/см2	кг/см2	л	мин
13	229,69	216,49	202,44	187,35	170,92	75,59	71,25	66,63	61,66	56,25	40,33	4,26
14	294,03	277,69	260,33	241,72	221,56	58,00	54,78	51,35	47,68	43,70	81,37	5,54
15	346,19	327,96	308,66	288,06	265,87	50,64	47,97	45,15	42,13	38,89	123,30	6,85
16	604,00	571,84	537,75	501,36	462,11	24,98	23,65	22,24	20,74	19,11	709,98	25,19
17												
18												

Лист1 Расчёты Таблицы Лист4 Лист5 Матрица

Готово 100%

Рис. 5.9. Расчёт технологических параметров по переходам

Теперь на основе окончательной таблицы параметров составляется технологический процесс (рис. 5.10).

The screenshot shows an Excel spreadsheet titled 'Итоговый рабочий послпослпсл [Режим совместимости] - Micros...'. The spreadsheet is in 'Compatibility Mode' and displays a table for a technological process. The table has columns for operation number, operation name, and three parameters: 'Усилие выт.' (T), 'Усилие прижима' (T), and 'Давление выт.' (kg/cm2). The title 'четвёртый вариант' is highlighted in yellow in cell C6. The table contains 61 rows of operations, with several 'Вытяжка' (Stretching) operations highlighted in green. A small black rectangle is visible in cell E12.

четвёртый вариант					
	№	Наименование операции ТП	Усилие выт.	Усилие прижима	Давление выт.
			T	T	kg/cm2
7					
8					
9	1.	Контрольная			
10	2.	Отрезка			
11	3.	Смывка (смыть консервацию)			
12	4.	Фрезерная (по размеру ф2080)			
13	5.	Слесарная (снять заусенцы с торцев)			
14	6.	Смывка (смыть смазку)			
15	7.	Установка (1-ый переход)			
16	8.	Вытяжка (1-й переход)	359,52	604,00	24,98
17	9.	слесарная			
18	10.	Вытяжка (2-ой переход)	340,38	571,84	23,65
19	11.	смывка			
20	12.	Слесарна (правка гофр)			
21	13.	Транспортировка (из цеха 9 в цех 10)			
22	14.	Термическая (Отжиг)			
23	15.	Транспортировочная			
24	16.	Слесарная (правка фланца)			
25	17.	Вытяжка (3-й переход)	320,09	537,75	22,24
26	18.	Вытяжка (4-й переход)	298,43	501,36	20,74
27	19.	Слесарная (снять матрицу с пресса, правка гофр)			
28	20.	Смывка			
29	21.	Слесарная (правка гофр)			
30	22.	Транспортировочная			
31	23.	Термическая (отжиг полусфер)			
32	24.	Транспортировочная			
33	25.	Слесарная (править фланец)			
34	26.	Вытяжка (5-й переход)	275,06	462,11	19,11
35	36.	Смывка			
36	37.	Маркирование			
37	38.	Слесарная (установка по 4 п/с на присп.)			
38	39.	Термическая (отжиг полусфер)			
39	40.	Калибровка			
40	50.	Смывка			
41	51.	Контрольная			
42	52.	Транспортировочная			
43	53.	Токарная (торцовка п/с с Т.П. 10мм по торцу)			
44	54.	Транспортировочная			
45	55.	Контрольная (припуска, на отсутствие мех. повр.)			
46	56.	Маркирование			
47	57.	Транспортировочная			
48	58.	Гальваническая (оксидирование)			
49	59.	Транспортировочная			
50	60.	Маркирование (номер на бирке)			
51	61.	Контрольная (поверхность, геометр. размеры)			

Рис. 5.10. Формирование технологического процесса

Также, на основе расчётов габаритных размеров матрицы, необходимой для штамповки заданной детали, выводятся справочные данные (рис. 5.11).

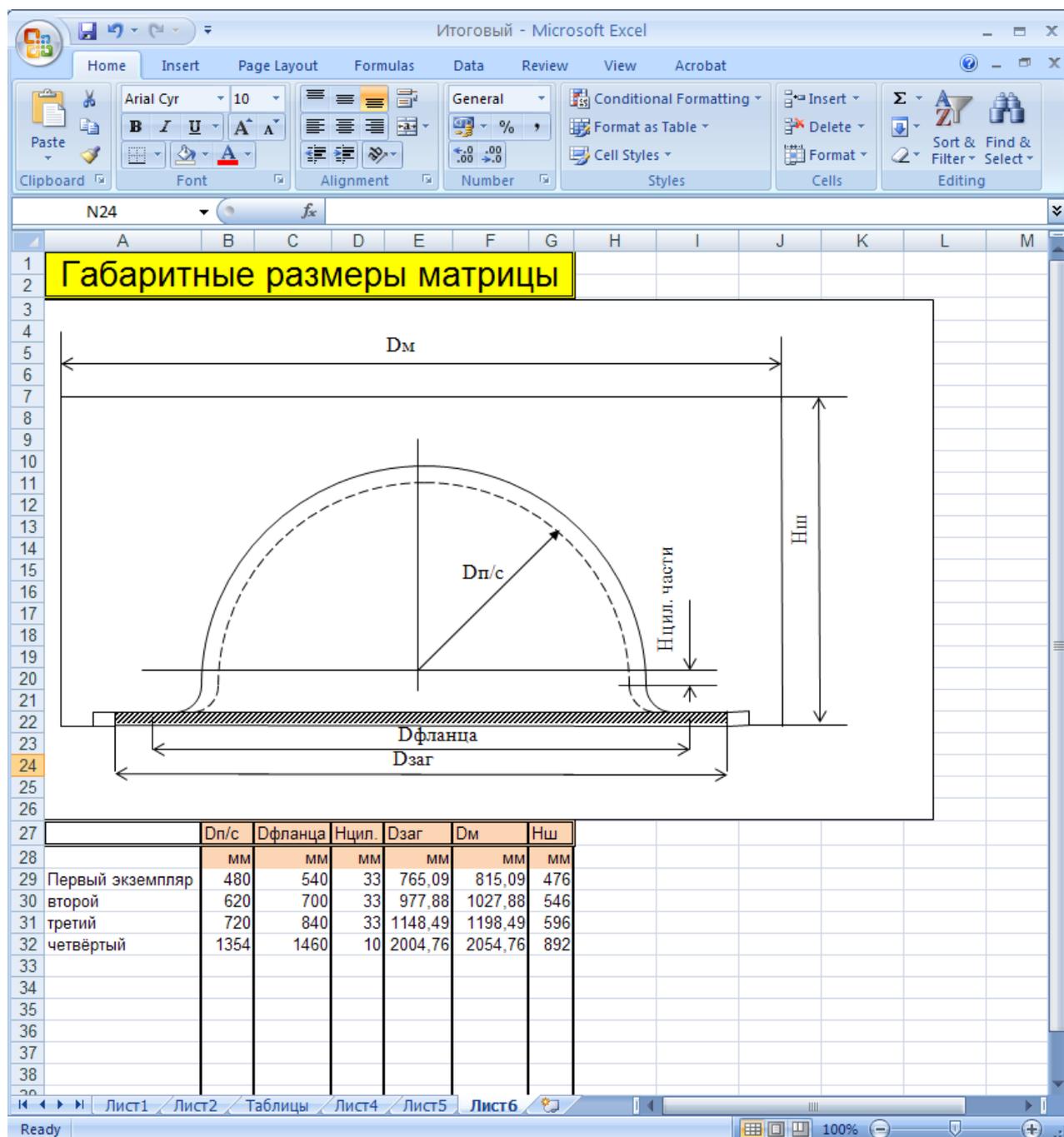


Рис. 5.11. Расчёт параметров матрицы

Таким образом, вводя новые параметры, получаем модель новой детали, расчёт параметров этой детали и ТП изготовления детали.

## 6. Использование данных для проектирования и изготовления оснастки.

Получив параметры детали на каждом переходе, параметры оборудования и мощностей, можно произвести расчёт производственной оснастки, необходимой для

изготовления детали. При штамповке полусферы на каждом переходе часть материала фланца подтягивается в штамповочную область. В технологическом блоке рассчитывается параметры детали на каждом переходе. Исходя из этого, можно рассчитать площадь, которая в процессе вытяжки загоняется под рабочую область штамповки. Этот параметр можно учитывать для расчёта технологической оснастки, необходимой для рабочего процесса. Зная параметры деталей, получаемых после каждого перехода и используя расчёты, получаем уже готовые чертежи оснастки и 3-D модель, а также массу каждой из её составной детали (матрица и грибок делаются из дельты древесины)

Это позволит не заниматься трудоёмкой работой по проектированию и расчету оснастки (в данном случае матрицы и грибков каждого из переходов). Исходя из этого, можно сразу определить требуемое количество материала для производства оснастки, что не маловажно, учитывая загруженность цехов-производителей оснастки и материально складские ресурсы предприятия.

Рассчитывается площадь листового материала под штампом:

$$F1=2\pi R2-2\pi RH \text{ (Полушар - верхний сегмент);}$$

$$F2=\pi/4 ((AB)^2+4(R1-H)^2);$$

$$F2=\pi/4 (4(R2-(R-H)^2)+4(R1-H)^2);$$

$$F2=\pi(R2-(R-H)^2+(R1-H)^2);$$

Общая площадь:

$$F= F1+ F2= \pi(2 R2+ R1^2)-2 \pi R1H.$$

Откуда найдём высоту H:

$$H=-(F- \pi(2 R2+ R1^2))/2 \pi R1.$$

Так как знаем H, можно вычислить объёмы оснастки по частям:

Верхняя часть грибка

$$V= \pi H^2(R-H/3), \text{ плотность материала – } \rho=2640 \text{ кг/м}^3.$$

$$\text{Масса } M= V \times \rho.$$

$$\sqrt{R_1^2 - \frac{AB^2}{2}} \text{ Нижняя часть грибка}$$

$$V= \pi H^2 (R1-H/3), \text{ где } H^2= R1-$$

## 7. Разработка приспособления

### Приспособления для штамповки полусфер.

Разрабатываемое приспособление должно обеспечивать технологически простое и точное получение полусфер (днищ), отвечающее качеству, предъявляемого технологией.

Требования качества, предъявляемые к полусфере после вытяжки:

- полусфера после вытяжки не должна иметь трещин, расслоений, закатов и других подобных дефектов, выходящие из поля допуска;
- минимальная толщина после вытяжки 2,0 мм;
- на внутренних и наружных поверхностях полусферы допускается: следы зачистки шабером, потертости;
- запрещается выведение дефектов на поверхностях полусферы с помощью абразивных инструментов, так как она относится к топливной системе;

При химическом травлении допускается:

- снятие плакированного слоя;
- уступы высотой не более 0,2 мм при выведении разнотолщинности материала и минимальной толщины;
- следы от измерительного инструмента и изоляционного покрытия;
- раковины на всех поверхностях глубиной до 0,2 мм, не выводящие толщину деталей за минимально допустимую, сверх указанных чертеже, при условии обеспечения массы;
- местные утолщения материала до 0,2мм;

## **8. Сравнительный анализ оснастки для изготовления полусфер.**

Было рассмотрено два варианта оснастки для изготовления полусфер, используя гидравлический пресс.

Существующая оснастка для изготовления полусфер имеет следующие нежелательные эффекты.

- Большое количество применяемой оснастки (используется матрица с грибками 7-ми переходов).
- Образование гофров на поверхности заготовки, образующиеся в процессе вытяжки после каждого перехода, которые необходимо править (калибровать, для чего используется калибровочный штамп). Это происходит из-за того, что оснастка (7 грибков и матрица) изначально рассчитаны с большой погрешностью и неэффективно, относительно равномерности увеличения площади, загоняемой под штамп, при каждом переходе.
- Высокая трудоёмкость (большое количество переходов, отжигов, правки гофр).

Рассмотрим область возможных решений по использованию программного обеспечения для устранения нежелательного эффекта.

Для этого необходимо оптимизировать часть расчетов по изготовлению оснастки, исходя из оптимальности параметров вытяжки при каждом переходе. Благодаря этому

можно избавиться от человеческого фактора, повысить точность и автоматизировать процесс создания чертежей и моделей и изготовления деталей оснастки.

## 9. Описание приспособления

Полученные с помощью расчёта в технологическом блоке параметры и количество оснастки создают модель оснастки.

Оснастка состоит из грибков для пяти переходов, которые устанавливаются в матрицу. Каждый грибок каждого перехода рассчитан с целью равномерного увеличения детали при штамповке на каждом этапе изготовления (рис. 9.1).

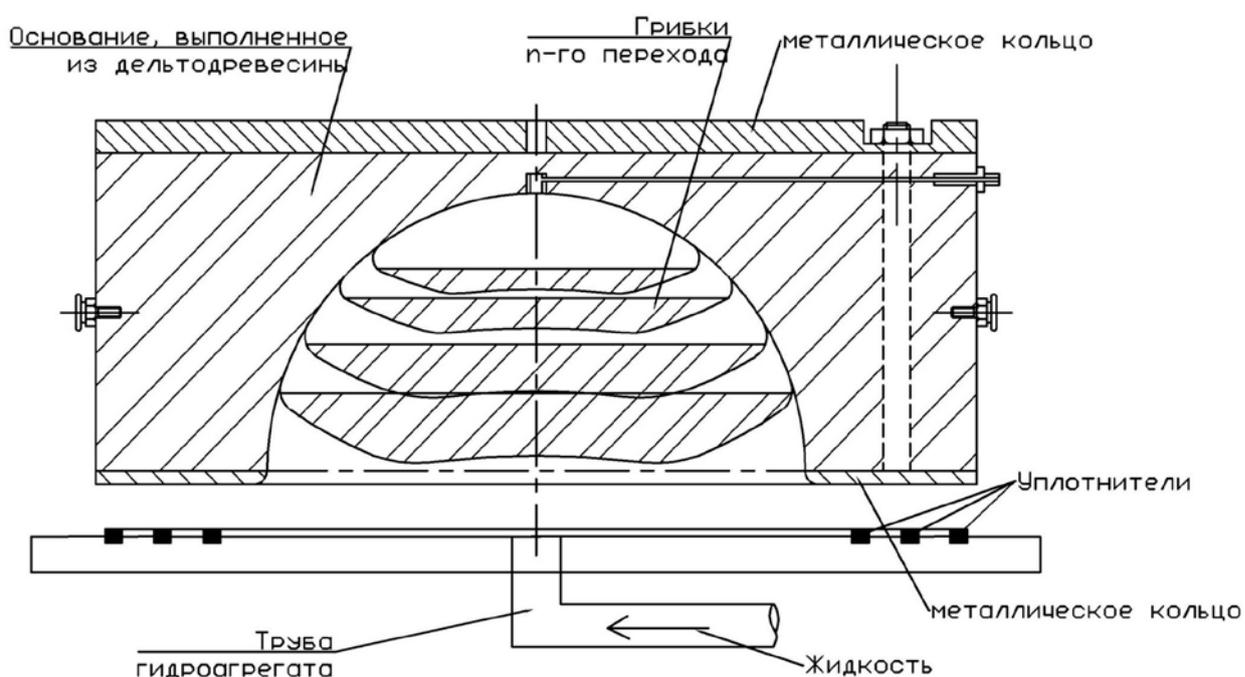


Рис. 9.1 Схема вытяжки и необходимое количество оснастки.

Грибки устанавливаются в матрицу и крепятся при помощи винтов. Заготовка устанавливается на основание и матрица с грибком герметично прижимает её, благодаря уплотнителям. Уплотнители не позволяют воде просачиваться за рабочий объем.

Матрица штампа состоит из дельта-древесины. В связи с большими размерами матрицы, она изготавливается из набора плит из дельта-древесины, толщиной 100мм каждая. Эти слои склеиваются между собой и стягиваются двумя металлическими кольцами. Они не позволяют штампу быстро изнашиваться в местах контакта матрицы и пресса.

В процессе штамповки рабочая полость штампа заполняется водой под давлением

через трубу гидроагрегата. Под давлением жидкости заготовка деформируется и облегает грибок и матрицу. Таким образом, происходит формование детали.

Сформированные с помощью технологического блока 3-D модели дают наглядное представление об оснастке (рис. 9.2).

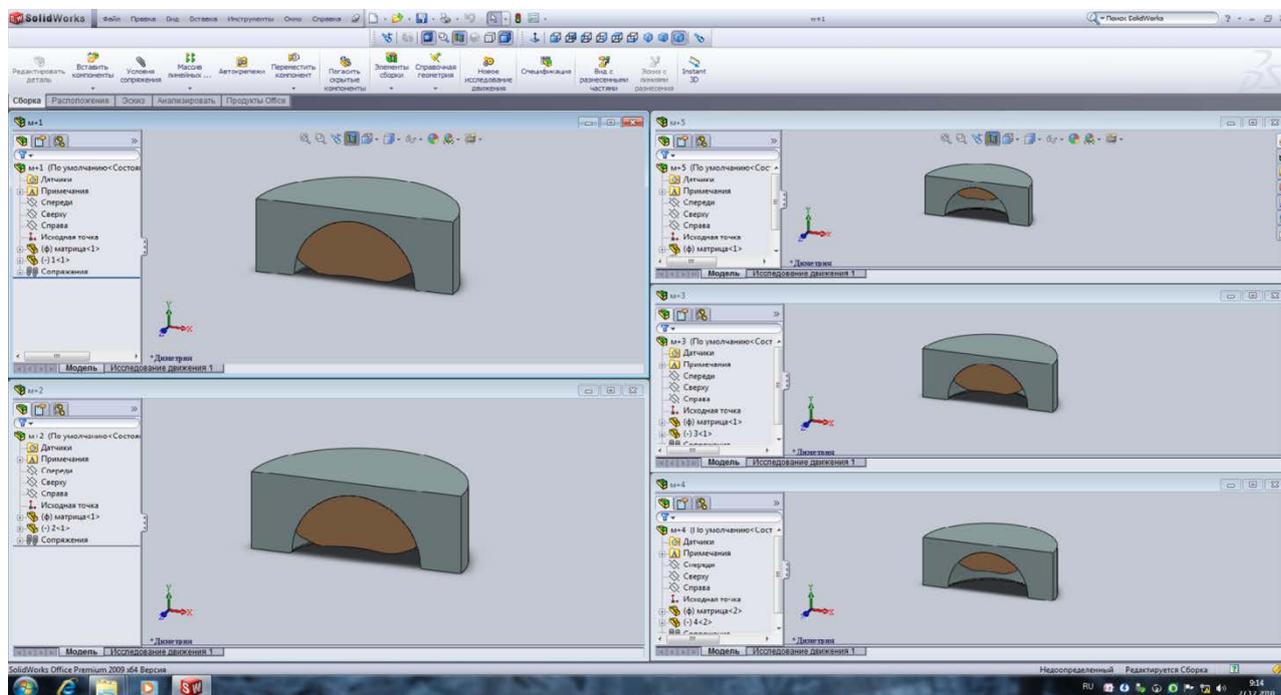


Рис. 9.2 3-D модели матрицы с грибками.

На рис. 9.3 показан пример 3-D модели грибка с определенной массовой сводкой.

Таким образом, можно изготавливать грибки приспособления на станках токарной группы с ЧПУ, закладывая уже полученные модели. Обработку на станках необходимо производить за два установка. Работа рабочих сводится только к установке заготовки, что позволяет исключить человеческие фактор и избежать ошибок и неточностей изготовления.

Благодаря высокой точности и автоматизации производства СТО, обеспечен переход к более качественному, точному и оптимальному способу изготовления оснастки.

## 10. Заключение

Таким образом, в результате проведенного научного исследования разработан перечень задач и необходимый состав базы данных для автоматизации проектирования технологического процесса изготовления полусферы на основе начальных данных, заложенных в 3-х мерную модель.

Даны некоторые рекомендации по параметризации 3-х мерной модели для автоматизированного решения технологических задач.

Разобранный пример показал возможность использования 3-D модели для создания интегрированных систем автоматизированного проектирования, включающей: проектирование конструкции – проектирование технологического процесса – проектирование технологического оснащения.

## **11. Литература.**

- 1) Справочник по холодной штамповке. Романовский В.П. –М.; Л., 1986г.
- 2) Основы конструирования ракет-носителей космических аппаратов. Б.В. Грабин, В.К. Сердюк и др. –М.: Машиностроение, 1991г.
- 3) Основы проектирования летательных аппаратов. Мишин В.П. -М.: Машиностроение, 1985г.
- 4) Основы конструирования ракетносителей космических аппаратов. Мишин В.П., Карраска В.К. -М.: Машиностроение 1991г.
- 5) Справочник конструктора-машиностроителя. Анурьев В.И. - М.: Машиностроение, 2001
- 6) Охрана труда в машиностроении. Юдин Е.Я., Белов С.В. -М.: Машиностроение, 1983г.

### **Сведения об авторах**

АНИСИН Дмитрий Андреевич, инженер-технолог II-кат. ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина», аспирант Московского авиационного института (национального исследовательского университета), тел.: +7-926-319-41-85; e-mail: dimon28091987@rambler.ru

МОРОЗОВ Илья Владимирович, инженер-технолог III-кат. ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина», инженер-технолог III-кат. ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина», тел.: +7-926-691-98-09; e-mail: freezfreez@mail.ru