

# ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА PAM-STAMP ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ

Е.И. Семенов



**СЕМЕНОВ  
Евгений  
Иванович**

Доктор технических наук, профессор, действительный член и академик-секретарь отделения Академии проблем качества, лауреат Государственной премии Российской Федерации, почетный профессор Рыбинской государственной авиационно-технологической академии, Заслуженный деятель науки и техники РФ. Автор свыше 300 печатных научных работ, в том числе 120 изобретений и 6 патентов, а также 25 учебников, учебных пособий, монографий и справочников. Главный редактор журнала «Заготовительные производства в машиностроении».

## Введение

Применение традиционных методов проектирования и внедрения в производство технологических процессов листовой штамповки не всегда позволяет обеспечить оптимальное сочетание требуемого качества готовой детали и

минимальных сроков и затрат на производство. Поэтому решение этих вопросов является весьма актуальным [1, 2].

Одним из эффективных подходов к решению данной проблемы является комплексное применение систем автоматизированного проектирования на основе передовых компьютерных технологий: CAD-систем проектирования технологических процессов (AutoCAD, Pro/Engineer, T-FLEX, Solid Works, Unigraphics и др.); CAE-систем – программных комплексов автоматизированного инженерного анализа процессов обработки давлением (PAM-STAMP, AutoFORM, DEFORM, FORGE, QForm и др.), а также PDM-систем – автоматизированных комплексов подготовки производства (T-FLEX/DOCs / Технология, T-FLEX / ТехноПро, TechnologiCS и др.).

## Программный комплекс PAM-STAMP

Программный комплекс PAM-STAMP – специализированный программный продукт, предназначенный для конечно-элементного моделирования и анализа процесса холодно-листовой вытяжки заготовки под действием активных частей штампа. Система разработана фирмой «PAM Systems International», входящей в состав компании «ESI Group» (Франция). Среди пользователей программы PAM-STAMP можно назвать такие крупнейшие мировые компа-

нии как «Skoda Auto», «Renault», «Nissan» и др.

PAM-STAMP позволяет на основе данных геометрической модели детали или перехода штамповки, описания характеристик штампуемого материала, параметров процесса штамповки и его кинематики путем анализа результатов расчета оптимизировать форму штамповой оснастки, размер и форму исходной заготовки, технологический процесс изготовления, условия трения и характеристики применяемой технологической смазки, вид, геометрические параметры и расположение тормозных элементов, расположение линии обрезки и т.д. [3].

В процессе автоматизированного моделирования и анализа процесса штамповки геометрическую модель детали импортируют в программу PAM-STAMP. С помощью встроенных модулей DeltaMesh и DieMaker при использовании только геометрической модели детали создаются модели рабочих поверхностей пуансона, матрицы и прижима. Полученные модели разбиваются на заданное количество конечных элементов, в процессе моделирования штамповки число конечных элементов заготовки увеличивается.

Модели инструментов и заготовки ориентируются в пространстве по осям, задается последовательность их расположения и направление движения пуансона. Также вводятся технологические параметры процесса (коэффициенты трения между заготовкой и инструментами, скорость движения пуансона, сила прижима и др.).

Для задания свойств материала заготовки в программу PAM-STAMP вводится экспериментальная кривая деформирования, а также некоторые другие механические и физические свойства материала. Затем проводят моделирование и анализ полученных результатов. При этом можно оценить предельное формоизменение заготовки при вытяжке, утонение заготовки, наличие дефектов (гофры, разрывы, складки), силовые параметры процесса, распределение полей и величины напряжений и деформаций, возможные опасные зоны заготовки по критерию предельных деформаций и др.

### Моделирование и анализ технологического процесса

В программном комплексе PAM-Stamp были проведены моделирование и анализ технологического процесса вытяжки осесимметричной детали типа «стакан» (рис. 1) из стали 08кп, имеющей следующие размеры:  $S = 1,4$  мм;  $H = 40$  мм;  $d = 50$  мм,  $r_n = 4$  мм. Диаметр исходной заготовки – 103,2 мм.

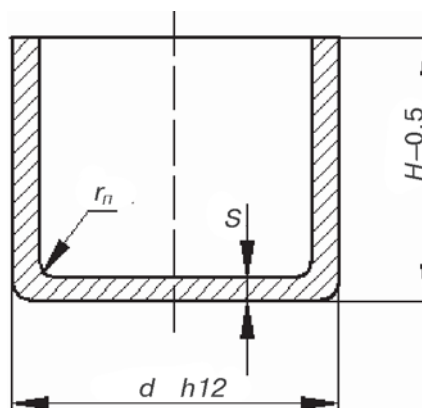


Рис. 1. Осесимметричная деталь типа «стакан»

В процессе выполнения работы с помощью программного комплекса PAM-STAMP было рассчитано необходимое число переходов вытяжки, определены величины напряжений в опасных сечениях и силы деформирования на переходах вытяжки.

На основе предварительно вычисленных исполнительных размеров инструмента в программном комплексе Pro/Engineer были построены геометрические модели пуансона и матрицы, которые затем были импортированы в программу PAM-STAMP и разбиты на конечные элементы (рис. 2).

Модели инструментов и заготовки ориентируются в пространстве по осям, задается последовательность их расположения и направление движения пуансона.

Для проведения компьютерного анализа также использовали следующие технологические параметры процесса: коэффициент трения между заготовкой и инструментом, равный 0,1; скорость движения пуансона (0,3 м/с); силу прижима, равную 7460 Н;

Для задания свойств материала заготовки

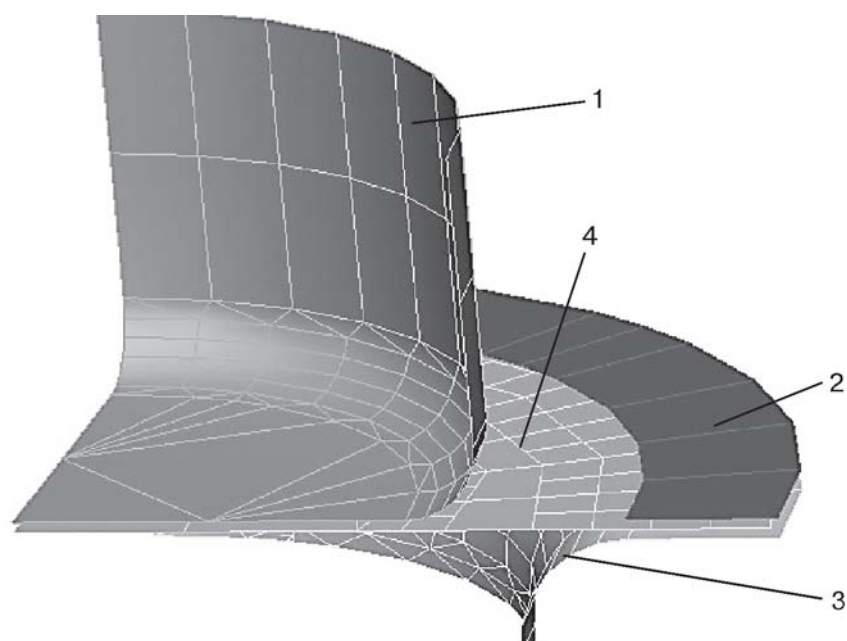


Рис. 2. Конечно-элементные модели инструмента и заготовки в программном комплексе PAM-STAMP:  
1 – пуансон; 2 – прижим; 3 – матрица; 4 – заготовка

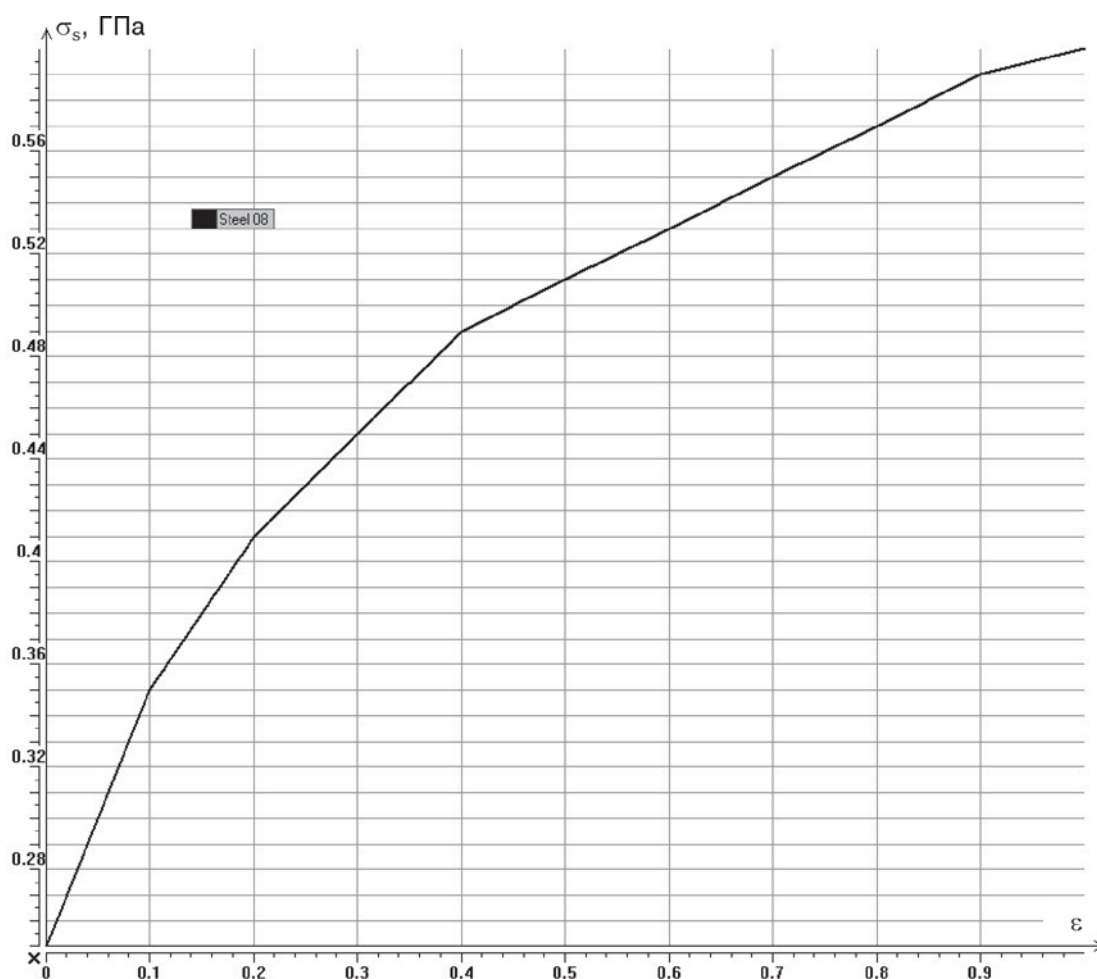


Рис. 3. Экспериментальная кривая деформирования стали 08кп

в программу PAM-STAMP была введена экспериментальная кривая деформирования (рис. 3), соответствующая материалу заготовки – стали 08кп.

### Результаты анализа

Моделирование процесса штамповки детали за один переход показало, что заготовка рвется при ходе пуансона приблизительно равном 20 мм. На рис. 4 представлены так называемые зоны качества по критерию предель-

ных деформаций, показывающие образование разрывов (зона 1), области безопасные с этой точки зрения (зона 2) и области с возможным гофрообразованием (зона 3).

На рис. 5 показано изменение толщины заготовки по ее сечению. В зоне перехода от вертикальной стенки к доньшку наблюдается максимальное утонение заготовки (толщина 0,37 мм), что приводит к разрыву. Следовательно, необходим второй переход вытяжки.

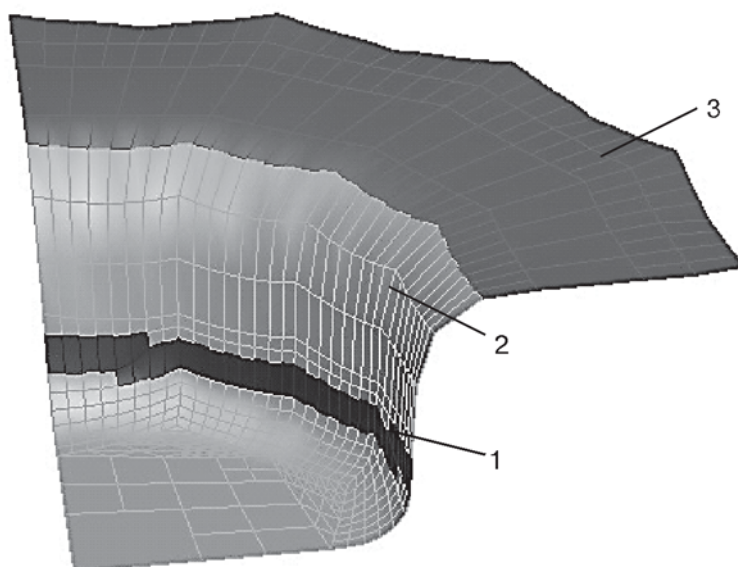


Рис. 4. Зоны качества заготовки при вытяжке за один переход

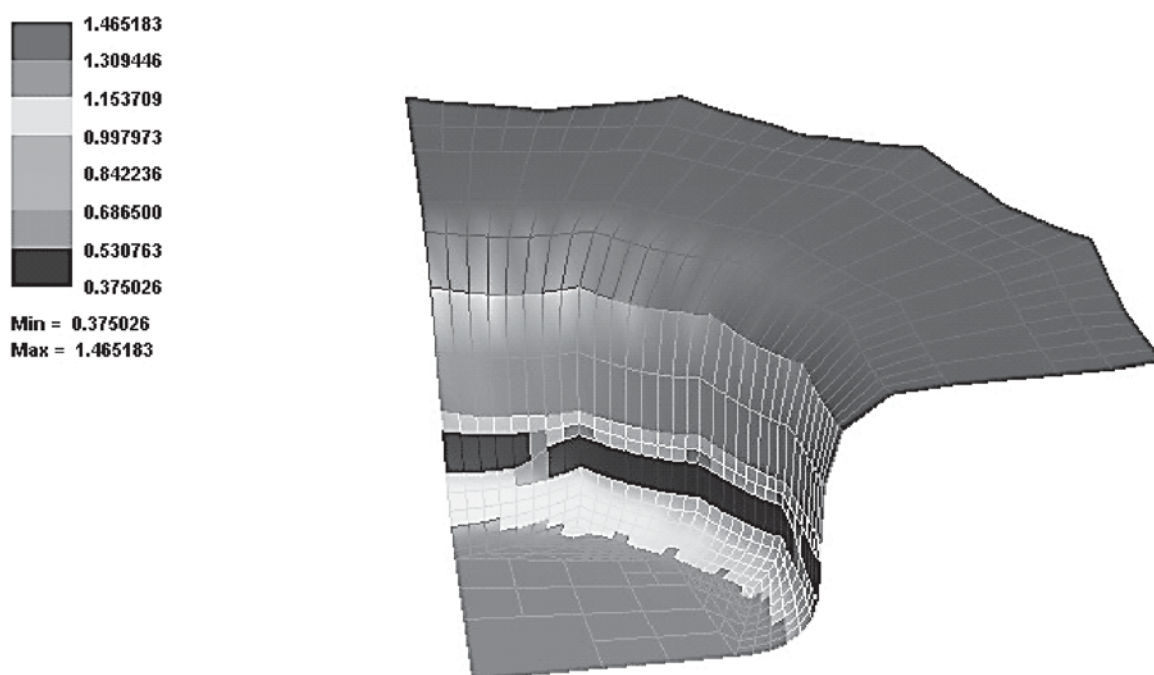


Рис. 5. Толщина заготовки при вытяжке за один переход, мм

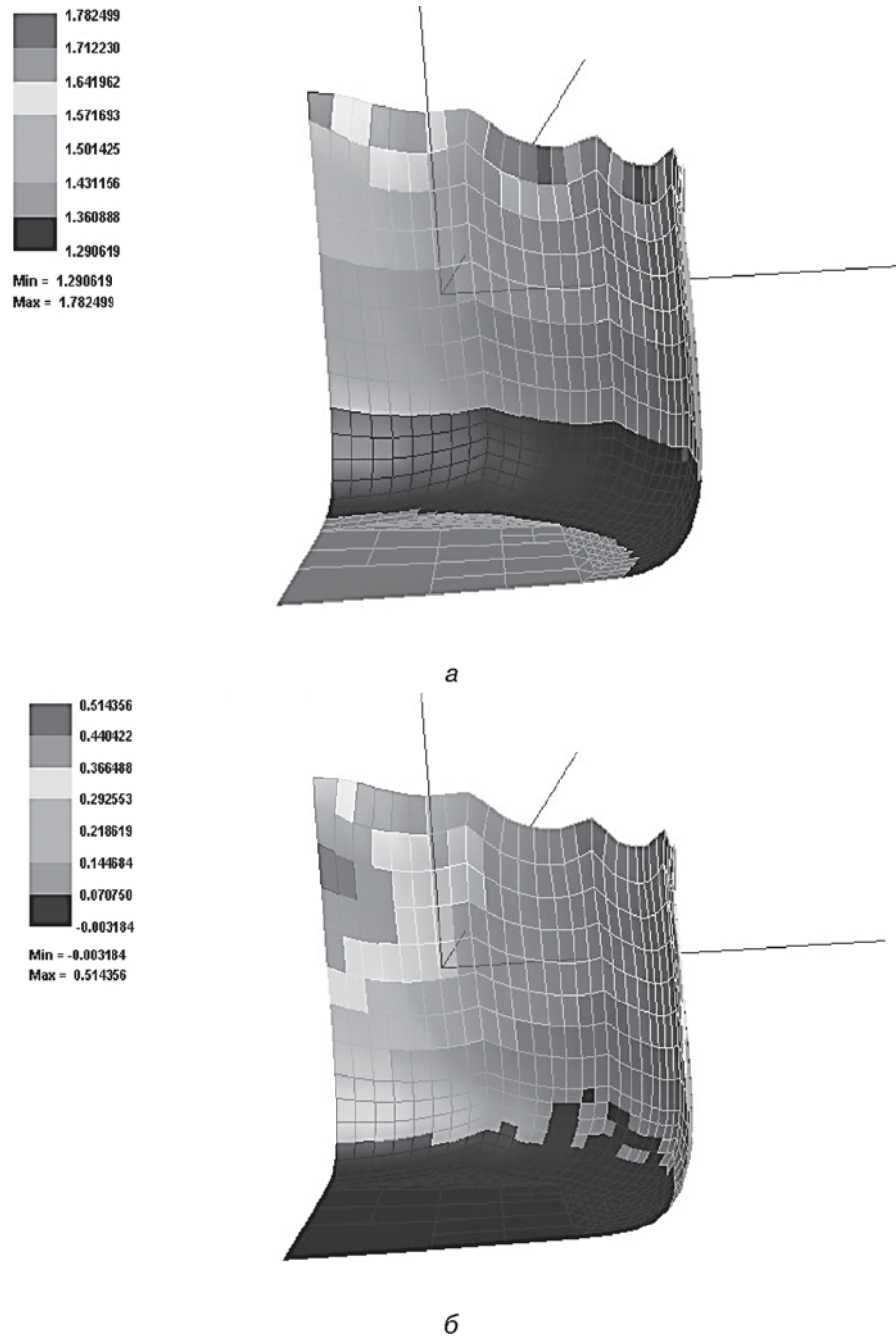


Рис. 6. Результаты моделирования первого перехода вытяжки детали «стакан»:  
а – толщина заготовки, мм; б – поля максимальных главных деформаций

На рис. 6 представлены некоторые результаты моделирования первого перехода вытяжки детали типа «стакан». Были определены значения толщины заготовки в процессе изменения формы (рис. 6, а), определены величины и распределение полей максимальных главных деформаций (рис. 6, б), а также величина силы деформирования (рис. 7).

Расчетное значение наибольшего главного напряжения в опасной зоне, полученное в

программе PAM-STAMP составило 225 МПа, расчетное значение силы деформирования по ходу вытяжки на первом переходе – 17 кН.

Проектирование технологического процесса вытяжки детали типа «Стакан» с помощью программного комплекса PAM-STAMP позволило значительно сократить время расчета необходимых технологических параметров и проверки технологии.

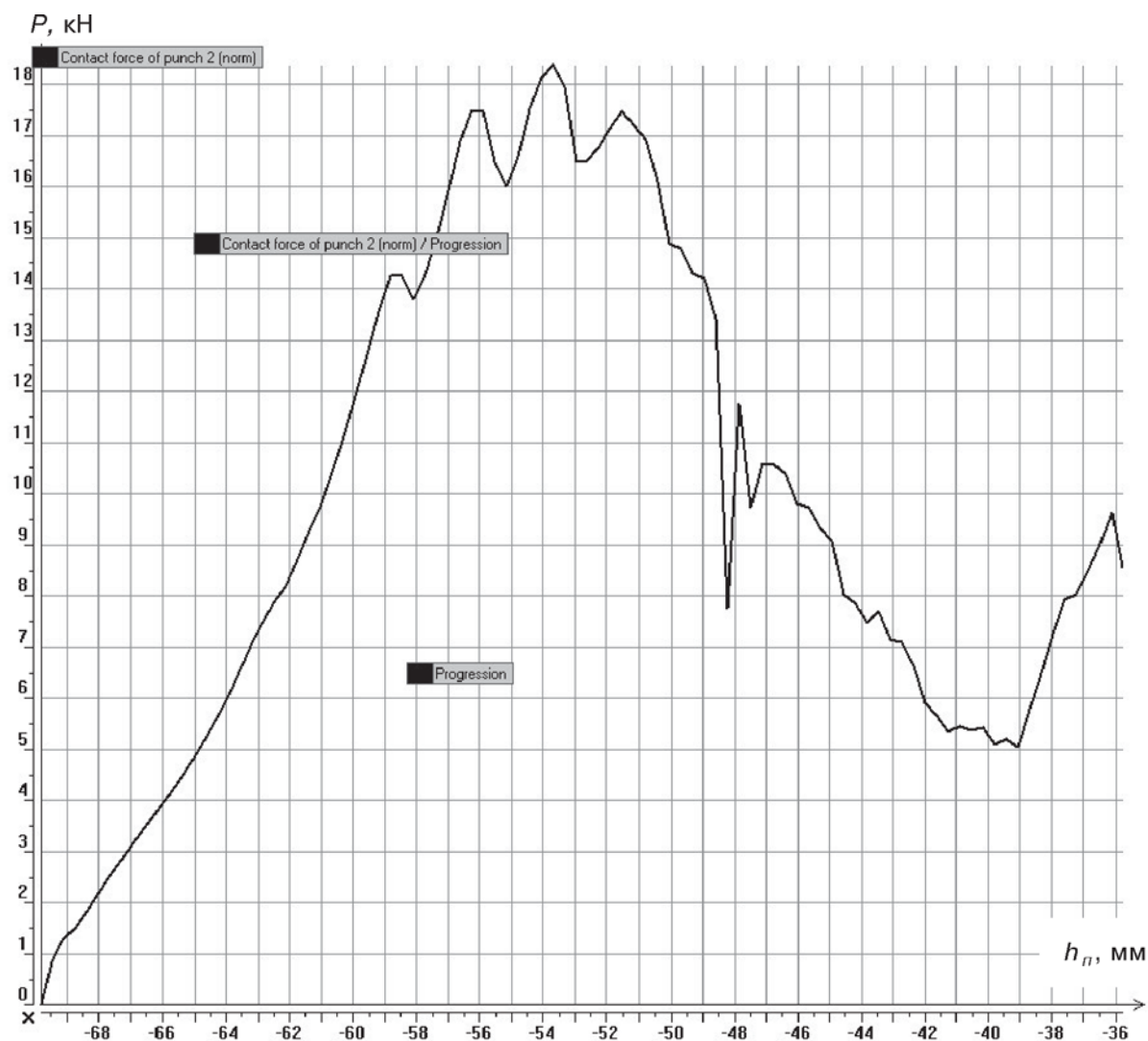


Рис. 7. Диаграмма деформирования на первом переходе вытяжки:  
 $P$  – сила деформирования;  $h_n$  – ход пуансона

### Заключение

Практика промышленного использования программного комплекса PAM-STAMP показывает, что комплексное применение систем автоматизированного проектирования на основе передовых компьютерных технологий для автоматизированного проектирования процессов листовой штамповки позволяет в значительной степени сократить срок разработки технологического процесса, обеспечить высокое качество, а также снизить затраты на разработку и производство.

### Список литературы

1. Аверкиев Ю.А., Аверкиев А.Ю. Технология холодной штамповки: Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.
2. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. – Л.: Машиностроение. 1979. – 520 с.
3. PAM-STAMP. User's Guide. 2005.