

*Е.Н. Почекуев*, кандидат технических наук, доцент,

доцент кафедры «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

*П.А. Путеев*, аспирант,

старший преподаватель кафедры «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

*Тольяттинский государственный университет, Тольятти (Россия)*

**Ключевые слова:** система автоматизированного проектирования листовой штамповки; многопозиционная штамповка; типовые системы автоматизированного проектирования; классификация САПР ЛШ; штамповка кузовных деталей.

**Аннотация:** В сфере автоматизации проектирования процессов и объектов листовой штамповки представлено значительное число коммерческих программных продуктов. Каждый из них обладает инструментами и особенностями, направленными на снижение трудоемкости и ускорения времени проектирования. В статье проводится классифицирование множества отечественных и иностранных систем автоматизированного проектирования объектов и процессов многопозиционной штамповки (САПР МШ). Рассмотренное количество САПР описывается множеством функциональных признаков. С помощью метода главных компонент факторного анализа проводится поиск корреляционных связей между признаками для уменьшения их числа. Выделяется пять факторов (групп признаков САПР МШ). Выделенным факторам задаются названия в соответствии с описанием входящих в них признаков. Приводится структурно-логическая матрица САПР МШ для полученных факторов. Представлено процентное соотношение рассмотренных САПР в выделенных факторах. Для построения классификации и определения типовых САПР МШ используется метод *k*-средних кластерного анализа. Определено количество кластеров (типовых САПР) и их объем. Полученные кластеры представляют собой возможное описание типовой САПР МШ. Кластерам назначаются наименования, далее приводится описание их функциональных возможностей. Выделенные кластеры и их описание согласуются с эвристическим делением САПР по технологическому и конструктивному признаку. Наибольшее количество САПР МШ из представленной выборки относится к технологическим кластерам. Кластерный анализ множества САПР показывает, что развитие автоматизации проектирования объектов и процессов штамповки связано с оптимизацией технологических процессов листовой штамповки и применением инструментов и модулей САЕ, а также с разработкой библиотек типовых деталей и узлов с учетом баз знаний.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Известные классификации системы автоматизированного проектирования листовой штамповки (САПР ЛШ) обычно составляются на основе описания ряда функций модели [1–7], наличия структуры мастер-процесса [8–12], описания уровней организации и объема работ [9–11; 13].

Представленные классификации не в полной мере отображают все многообразие САПР объектов и процессов штамповки. Многопозиционная штамповка имеет ряд особенностей, которые должны быть учтены в приложениях автоматизированного проектирования [14–17]. Также отсутствие ряда признаков и их систематизации не позволяет применить методы системного подхода к анализу множества САПР с целью последующего вывода о векторе развития современных технологий проектирования.

Для определения возможностей и направления развития САПР, предназначенных для решения задач проектирования оснастки и процессов многопозиционной штамповки, были проанализированы известные программные продукты российских и зарубежных производителей с применением факторного и кластерного анализов и структурно-логического подхода.

## **МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ**

В качестве объекта исследования рассматривается множество существующих из САПР ЛШ. Для проведения классификации предлагаются признаки САПР многопозиционной штамповки (таблица 1).

С целью определения латентных признаков (факторов) среди рассматриваемой группы САПР ЛШ использован метод главных компонент факторного анализа. Для вычислений использован программный продукт IBM SPSS Statistics. Для рассматриваемой группы признаков строится матрица корреляции, для которой составляется система характеристических уравнений. Для метода главных компонент число факторов равняется числу решений системы уравнений, и оно равняется числу признаков [18].

После анализа факторов выделено пять основных на основании критерия «каменистой осыпи» (рисунок 1) и метода Кайзера (значимыми признаются факторы, собственное значение которых больше 1). Кумулятивное собственное значение этих факторов описывается 78,82 5% дисперсии, что соответствует принципу Парето [18]. Для оптимизации поиска факторов проведено вращение факторной структуры по методу варимакс.

На основании метода главных компонент предложены следующие пять факторов: 1. Моделирование и анализ геометрии изделий  $P_0$  (признаки 1, 2); 2. Проектирование переходов штамповки  $F_0$  (признаки 3–7); 3. Моделирование параметров техпроцесса  $T_0$  (признаки 8–12); 4. Проектирование оснастки  $St_0$  (признаки 12–18); 5. Анализ движения элементов штампа  $K_0$  (признак 19).

Значения элементов множества САПР ЛШ представлены в таблице 2.

Проведен структурный синтез типов САПР ЛШ [9; 19; 20]. САПР штамповки как объект анализа представляет множество факторов ( $MP_0$ ):

Таблица 1. Признаки САПР многопозиционной штамповки

№	Название признака	Обозначение	Значения
1.	Анализ технологичности изделия	$x_1$	1/0
2.	Возможность расчета формы листовой заготовки	$x_2$	1/0
3.	Построение переходов штамповки с помощью специализированных инструментов	$x_3$	1/0
4.	Получение разверток операций гибки и фланцовки	$x_4$	1/0
5.	Получение вытяжных переходов	$x_5$	1/0
6.	Наличие САЕ-модуля	$x_6$	1/0
7.	Работа с деталями листового металла	$x_7$	1/0
8.	Формирование последовательности переходов штамповки (полосы)	$x_8$	1/0
9.	Назначение параметров оборудования	$x_9$	1/0
10.	Использование списков материалов ( <i>bill of materials</i> )	$x_{10}$	1/0
11.	Определение поверхностей рабочих деталей на основе геометрии вытяжного перехода	$x_{11}$	1/0
12.	Построение деталей штампа с помощью специализированных инструментов	$x_{12}$	1/0
13.	Проектирование рабочих деталей штампа на основе геометрии вытяжного перехода	$x_{13}$	1/0
14.	Проектирование рабочих деталей на основе выбора из библиотек стандартных деталей	$x_{14}$	1/0
15.	Проектирование стандартных деталей на основе геометрии детали или ее переходов	$x_{15}$	1/0
16.	Выбор деталей из библиотек	$x_{16}$	1/0
17.	Построение штампа на основе пакета	$x_{17}$	1/0
18.	Создание чертежей	$x_{18}$	1/0
19.	Кинематические операции	$x_{19}$	1/0

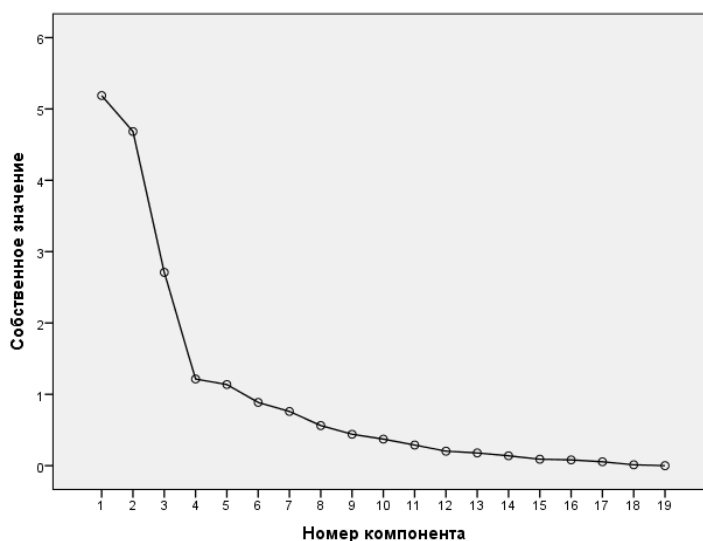


Рис. 1. График собственных значений факторов («каменистая осыпь»)

Таблица 2. Матрица факторов

Название признака	Обозначение	Варианты признака			
		Вариант 1 (1)	Обозначение	Вариант 2 (0)	Обозначение
Изделие	$P_0$	С операциями проектирования изделий	$P_1$	Без операций проектирования изделий	$P_2$
Переходы штамповки	$F_0$	С операциями проектирования переходов штамповки	$F_1$	Без операций проектирования переходов штамповки	$F_2$
Техпроцесс	$T_0$	С операциями проектирования техпроцесса	$T_1$	Без операций проектирования техпроцесса	$T_2$
Оснастка	$St_0$	С операциями проектирования штампов	$St_1$	Без операций проектирования штампов	$St_2$
Движение элементов штампа	$K_0$	С операциями кинематического анализа	$K_1$	Без операций кинематического анализа	$K_2$

$$MP_0 = \begin{pmatrix} P_1 P_2 \\ F_1 F_2 \\ T_1 T_2 \\ St_1 St_2 \\ K_1 K_2 \end{pmatrix}. \quad (1)$$

В таблице 3 представлено процентное соотношение рассмотренных САПР в выделенных факторах.

**Таблица 3.** Процентное соотношение множества САПР ЛШ для выделенных факторов

Наименование	есть, %	нет, %
Функции моделирования	56	44
Функции построения переходов на основе изделия	58	42
Функции построения технологических процессов	54	46
Функции построения оснастки	42	58
Функции моделирования кинематических операций	10	90

С помощью метода главных компонент факторного анализа удалось выделить пять основных факторов, которые характеризуют существующие САПР ЛШ по основным признакам. Для построения классификации по функциональному признаку САПР многопозиционной штамповки применяется кластерный анализ.

В соответствии с предложенными признаками (таблица 1), принимающими одно из двух возможных значений, может быть выделено следующее количество САПР [18]:

$$N = 2^p, \quad (2)$$

где  $N$  – количество типов САПР;  $p$  – число признаков.

Для предложенного количества признаков возможного множества число САПР ЛШ достигнет значения  $N=524288$  (по формуле 2). Для анализа развития разработки применяемых инструментов проектирования объектов и процессов многопозиционной штамповки количество типов САПР ЛШ необходимо сократить до меньшего числа типовых описаний приложений.

Среди рассматриваемой выборки систем автоматизированного проектирования для указанных признаков производится поиск возможных типов (сочетаний).

Для проведения кластерного анализа в программном продукте IBM SPSS Statistics составлена таблица соответствия рассматриваемой выборки САПР и выделенных признаков. Признаки представлены в дихотомической шкале. Наличие признака задано обозначением «1», отсутствие задано «0». В качестве метода классификации выбран метод  $k$ -средних, позволяющий определить размеры кластеров типовых САПР при известном числе кластеров. В качестве переменных анализа указаны признаки, количество итераций задано 10 (по умолчанию).

По результатам кластерного анализа принимается количество кластеров, равное пяти. Результаты кластерного анализа представлены в таблице 4.

Минимальный по количеству представленных САПР кластер 5 представлен 7 приложениями из 81 (8,64 %). В соответствии с признаками кластерам назначаются следующие наименования типов САПР, представленные в таблице 5.

**Таблица 4.** Выделенные кластеры

	Номер кластера	Число наблюдений в каждом кластере
Кластеризовать	1	25
	2	21
	3	16
	4	12
	5	7
Допустимо		81
Пропущено		0

**Таблица 5.** Распределение кластеров

Наименование	Количество
САПР изделий многопозиционной штамповки и подготовки геометрии для разработки технологических процессов	25
САПР технологического процесса многопозиционной штамповки	21
САПР оснастки многопозиционной штамповки	16
САПР техпроцесса и штамповой оснастки	12
САПР вспомогательных операций и настройки параметров техпроцесса	7

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Кластерный анализ предложенных типов САПР показал, что выделяется пять основных типовых САПР ЛШ, обладающих следующими особенностями:

1. САПР изделий и построения переходов штамповки  $MP_1 = ||P_{11} F_{11} T_{12} St_{12} K_{12}||$  (обозначение здесь и ниже по таблице 1 и формуле (1)) обладают широким спектром решения задач инженерного анализа процесса штамповки методом конечных элементов (используются инструменты CAD/CAE с построением обратных (одношаговых) решателей). В частности, они имеют инструменты получения заготовок на основе изделия или многопереходной геометрии, однако отмечено отсутствие команд для конструкторских задач. В приложениях не представлено возможности строить промежуточные вытяжные переходы автомобильных изделий на основе геометрии заключительного вытяжного перехода. Подобные системы используются для проектирования процессов последовательной и многопозиционной штамповки. Приложения не имеют структуры мастер-процесса. Присутствуют базы данных материалов с возможностью загрузки или создания пользовательских баз, шаблоны компоновки техпроцесса и параметров оборудования (выбор усилия, числа ходов и так далее), библиотеки создания элементов вытяжного перехода.

2. САПР технологического процесса  $MP_2=||P_{12} F_{12} T_{11} St_{12} K_{12}||$  служат для построения вытяжных переходов и задания параметров техпроцессов (используются инструменты САД и САЕ на основе инкрементального анализа). Позволяют моделировать параметры полосы или операций штамповки, задавая такие параметры пресса, как размеры межштампового пространства, усилие, параметры средств автоматизации, расположение переходов штамповки. Указанные данные используются для автоматической генерации отчетов. Существуют модули для построения переходов круглых деталей для последовательной штамповки. Приложения не имеют баз данных типовых технологических процессов или изделий. Для ряда функций реализована структура мастер-процесса, например, для построения полосы. Обладают теми же особенностями, что и САПР для моделирования геометрии изделия, построения вытяжных переходов, технологических процессов. Для многопозиционной штамповки отсутствуют мастер-процессы создания переходов. В данном кластере представлены базы материалов, параметров оборудования, задания направления движения рабочих частей штампа, шаблоны компоновки техпроцесса.

3. САПР оснастки  $MP_3=||P_{12} F_{12} T_{12} St_{11} K_{12}||$  представлены функциями построения штампов и их узлов (используются инструменты САД-модулей). Представлено несколько способов построения рабочего инструмента. Также в эту группу относятся каталоги стандартных деталей для штампов. Зачастую подобные приложения дополняют программные комплексы проектирования технологических процессов от других разработчиков САПР. Пакеты штампов представлены для проектирования последовательной штамповки и зачастую содержат возможность загрузки в сборку модели полосы. Однако для штампов многопозиционной штамповки стандартные или типовые конструкции отсутствуют.

4. САПР для моделирования геометрии изделия, построения вытяжных переходов, технологических процессов и проектирования оснастки  $MP_4=||P_{11} F_{11} T_{11} St_{11} K_{11}||$  включают в себя наиболее полный набор функций проектирования техпроцесса и штампа (комплекс САД/САЕ). Сюда же включены приложения, позволяющие проектировать часть деталей штампа (рабочие и прижимные). САПР данного типа позволяют загрузить стандартные детали штампа, шаблоны пакетов, а также представляют различные средства моделирования рабочего инструмента, например, с использованием стандартных пуансонов и матриц или же их построение на основе геометрии вытяжного перехода или изделия. В рассмотренных САПР отсутствуют типовые штампы, а также специальные инструменты для моделирования штампов вырубki заготовок. В САПР данного типа не в полном объеме представлена возможность моделирования многопереходной вытяжки, применение САЕ-модуля ограничивается одношаговым анализом и построением заготовки. Для большинства функций реализованы локальные мастер-процессы. Отмечено присутствие команд моделирования кинематики – автоматизируется падение отхода, перемещение вытяжного перехода по операциям, движение грейферных механизмов, проверка закрытия и открытия штампа. Кроме указанных в предыдущем кластере баз данных, в данную

группу относятся базы данных стандартных пакетов штампов, деталей, конструктивных элементов рабочих деталей штампа.

5. САПР вспомогательных операций и настройки параметров техпроцесса (САД/САЕ/САМ) отличается разнообразием функций, таких как настройка параметров техпроцесса (ширина и материал ленты), себестоимость материала и себестоимость одной единицы изделия, задание свойств оборудования и другие. Отсутствие общих признаков делает данный класс вспомогательных приложений разнообразным.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Показано, что по результатам факторного и кластерного анализов количества факторов и кластеров для данного множества САПР ЛШ совпадает.

2. Установлено, что предложенная классификация согласуется с эвристическим делением САПР ЛШ по технологическому и конструктивному признакам. В данной классификации рассматриваются САПР изделий и получения заготовок, в них выделена специальная группа приложений с вспомогательными операциями. Наибольшее количество САПР из представленной выборки относится к технологическим кластерам.

3. С помощью полученной выборки систем автоматизированного проектирования отображены признаки развития разработки приложений для проектирования объектов и процессов многопозиционной штамповки: наличие параметрического моделирования деталей штампов, узлов; систематизация проектирования на основе параметризации техпроцессов и штамповой оснастки; отсутствие общего мастер-процесса проектирования штампа и технологии; проектирование детали штампа на основе представления ее геометрии как набора элементов; моделирование геометрии вытяжного перехода как набора примитивов построения; определяющая роль формы изделия для всего процесса проектирования; автоматизированное проектирование чертежей; наличие реляционных баз данных стандартных деталей; анализ движения элементов штампов и средств автоматизации; PDM-сопровождение.

4. Установлено, что среди рассмотренных САПР объектов и процессов многопозиционной штамповки отсутствуют базы знаний типовых структур – изделий, технологий, штампов.

5. В изучаемой группе САПР ЛШ наиболее полно представлены системы моделирования этапов проектирования объектов и процессов ЛШ, их количество составляет около 15 % от общего числа рассмотренных САПР.

6. Кластерный анализ показал, что развитие САПР штамповки связано с оптимизацией технологических процессов ЛШ и применением САЕ-модулей, а также с разработкой библиотек стандартных деталей и узлов с учетом баз знаний.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный кластерный и факторный анализ позволяет установить, что развитие современных САПР для проектирования процессов и оснастки многопозиционной штамповки направлено на создание приложений, содержащих методы и интерфейсы разработки техпроцессов и конструкций штампов, с возможностью

параметризации, созданием баз данных типовых конструкций и баз знаний, которые позволяют ускорить процесс проектирования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Bintas M. Development of a Computer Aided Die Design Software and Die Design Process Modeling // The 6th International Conference and Exhibition on Design and Production of Machines and Dies/Molds. Turkey, 2011. P. 285–290.
- Bor-Tsuen Lin, Chun-Chih Kuo. Application of an integrated CAD/CAE/CAM system for stamping dies for automobiles // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2008. Vol. 35. № 9-10. P. 1000–1013.
- Bor-Tsuen Lin. A knowledge-based parametric design system for drawing dies // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2008. Vol. 36. № 7-8. P. 671–680.
- Bor-Tsuen Lin. Computer-aided structural design of drawing dies for stamping processes based on functional features // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2009. Vol. 42. № 11-12. P. 1140–1152.
- Pratt M.J., Wilson P.R. Conceptual design of a feature-oriented solid modeler. Draft Document 3B. General Electric Corporate R&D, 1987. 145 p.
- Tang A. CAE Based Die Face Engineering Development to Contribute to the Revitalization of the Tool & Die Industry // AIP Conference Proceedings. 2005. № 8. P. 50–59.
- Tor S.B., Britton G.A., Zhang W.Y. Functional Modeling in Conceptual Die Design // Innovation in Manufacturing Systems and Technology. 2003. № 1. P. 104–113.
- Почекуев Е.Н., Путеев П.А., Шенбергер П.Н. Проектирование штампов для последовательной листовой штамповки в системе NX. М.: ДМК-Пресс, 2012. 336 с.
- Почекуев Е.Н. Структурно-логическое проектирование штампов листовой штамповки В САПР // Межвузовский сборник научных трудов. Тольятти, 2000. С. 74–79.
- Почекуев Е.Н., Скрипачев А.В., Шенбергер П.Н. Системное проектирование последовательных разделительных штампов вырубки листовых заготовок // Вестник СГАУ им. академика С.П. Королева (национального исследовательского университета). 2012. № 1. С. 170–177.
- Почекуев Е.Н., Скрипачев А.В., Шенбергер П.Н. Программа для проектирования разделительных штампов вырубки листовых заготовок для NX Siemens PLMSoftware // САПР и графика. 2011. № 12. С. 89–91.
- Схиртладзе А.Г. Автоматизированное проектирование штампов. Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2007. 284 с.
- Самаркин А.И. Особенности автоматизированного проектирования штампов // Вестник Псковского государственного университета. 2013. № 3. С. 45–49.
- Ольша А.М. Листовая штамповка на многопозиционных автоматах. М.: Машиностроение, 1980. 143 с.
- Орлов П.Г. Штамповка деталей на листоштамповочных автоматах (основы теории и расчета). М.: Машиностроение, 1984. 160 с.
- Листовая штамповка: справочник конструктора штампов / под ред. Л.И. Рудмана. М.: Машиностроение, 1988. 496 с.
- Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. Л.: Машиностроение, 1979. 520 с.
- Жамбю М. Иерархический кластер-анализ и соответствия. М.: Финансы и статистика, 1988. 342 с.
- Кузнецов О.П., Адельсон-Вельский Г.М. Дискретная математика для инженера. М.: Энергия, 1980. 344 с.
- Быков В.П. Методическое обеспечение САПР в машиностроении. Л.: Машиностроение, 1989. 255 с.

#### REFERENCES

- Bintas M. Development of a Computer Aided Die Design Software and Die Design Process Modeling. *The 6th International Conference and Exhibition on Design and Production of Machines and Dies/Molds*. Turkey, 2011, pp. 285–290.
- Bor-Tsuen Lin, Chun-Chih Kuo. Application of an integrated CAD/CAE/CAM system for stamping dies for automobiles. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2008, vol. 35, no. 9-10, pp. 1000–1013.
- Bor-Tsuen Lin. A knowledge-based parametric design system for drawing dies. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2008, vol. 36, no. 7-8, pp. 671–680.
- Bor-Tsuen Lin. Computer-aided structural design of drawing dies for stamping processes based on functional features. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2009, vol. 42, no. 11-12, pp. 1140–1152.
- Pratt M.J., Wilson P.R. *Conceptual design of a feature-oriented solid modeler*. Draft Document 3B. General Electric Corporate R&D, 1987. 145 p.
- Tang A. CAE Based Die Face Engineering Development to Contribute to the Revitalization of the Tool & Die Industry. *AIP Conference Proceedings*, 2005, no. 8, pp. 50–59.
- Tor S.B., Britton G.A., Zhang W.Y. Functional Modeling in Conceptual Die Design. *Innovation in Manufacturing Systems and Technology*, 2003, no. 1, pp. 104–113.
- Pochekuev E.N., Puteev P.A., Shenberger P.N. *Proektirovanie shtampov dlya posledovatelnoy listovoy shtampovki v sisteme NX* [Development of dies for progressive sheet stamping in NX system]. Moscow, DMK-Press publ., 2012, 336 p.
- Pochekuev E.N. Structural-logical development of dies for progressive sheet stamping in CAD. *Mezhvuzovskiy sbornik nauchnikh trudov*. Tolyatti, 2000, pp. 74–79.
- Pochekuev E.N., Skripachev A.V., Shenberger P.N. System design of follow shearing dies for cutting sheet blank. *Vestnik SGAU im. akademika S.P. Koroleva (natsionalnogo issledovateskogo universiteta)*, 2012, no. 1, pp. 170–177.
- Pochekuev E.N., Skripachev A.V., Shenberger P.N. Software for development of separating dies for sheet

- blanking for NX Siemens PLMSoftware. *SAPR i grafika*, 2011, no. 12, pp. 89–91.
12. Skhirtladze A.G. *Avtomatizirovannoe proektirovanie shtampov* [Computer-aided development of dies]. Vladimir, Vladimirskiy gos. universitet publ., 2007, 284 p.
  13. Samarkin A.I. Peculiarities of computer-aided development of dies. *Vestnik Pskovskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2013, no. 3, pp. 45–49.
  14. Olsha A.M. *Listovaya shtampovka na mnogopozitsionnykh avtomatakh* [Sheet stamping on multidi machines]. Moscow, Mashinostroenie publ., 1980, 143 p.
  15. Orlov P.G. *Shtampovka detaley na listoshtampovochnikh avtomatakh (osnovy teorii i rascheta)* [Stamping of components on sheet stamping automatic press (basics of theory and calculation)]. Moscow, Mashinostroenie publ., 1984, 160 p.
  16. Rudman L.I., ed. *Listovaya shtampovka: spravochnik konstruktora shtampov* [Sheet stamping: reference book for dies designer]. Moscow, Mashinostroenie publ., 1988, 496 p.
  17. Romanovskiy V.P. *Spravochnik po kholodnoy shtampovke* [Cold stamping reference book]. Leningrad, Mashinostroenie publ., 1979, 520 p.
  18. Zhambyu M. *Ierarkhicheskiy klaster-analiz i sootvetstviya* [Hierarchical cluster-analysis and compliance]. Moscow, Finansy i statistika publ., 1988, 342 p.
  19. Kuznetsov O.P., Adelson-Velskiy G.M. *Diskretnaya matematika dlya inzhenera* [Discrete mathematics for engineers]. Moscow, Energiya publ., 1980, 344 p.
  20. Bykov V.P. *Metodicheskoe obespechenie SAPR v mashinostroyeni* [Methodological support of CAD in mechanical engineering]. Leningrad, Mashinostroenie publ., 1989, 255 p.

### CLASSIFICATION DEVELOPMENT OF CAD/CAM/CAE SYSTEMS FOR SHEET STAMPING BASED ON FACTOR AND CLUSTER ANALYSIS

© 2015

*E.N. Pochekuev*, candidate of technical sciences, Associate Professor,  
assistant professor of the department «Welding, materials pressure processing and related processes»

*P.A. Puteev*, post-graduate student,  
lecturer of the department «Welding, materials pressure processing and related processes»  
*Togliatti State University, Togliatti (Russia)*

*Keywords:* CAD/CAM/CAE; sheet metal forming CAD; transfer die stamping; transfer die design; transfer stamping; types of CAD/CAM/CAE systems; CAD/CAM/CAE classification; automotive parts stamping.

*Abstract:* The large number of commercial software supports sheet metal processes and objects automation. Each of them has instruments and features for reduction of labor and design time accelerating. The set of Russian and foreign CAD/CAM/CAE-systems for transfer process and die design is reviewed. Represented number of computer-aided systems is described by functional features set. Using the principal component analysis for searching correlation links between the features is reduced features number. The five factors (group of the computer-aided software descriptions) are allocated. The allocated factors are named according features descriptions. The structural-logical framework of the computer-aided software for the allocated factors is presented. The percentage of computer-aided systems in each factor is presented. Using the k-means clustering for computer-aided software of transfer stamping processes and die design allows classifying and determining standard types of theirs. The number of clusters (standard computer-aided software) is defined. The each obtained cluster presents possible description of the standard computer-aided software. The clusters are named and described with their functions and features. Represented clusters and their description are corresponded with the heuristic division of computer-aided software on technological and design features. The most number of the representative software refers to technological clusters. The k-means clustering of the computer-aided software set presents the transfer stamping process and transfer die automation development with process technologies optimization by using CAE and with design standards parts libraries and knowledge-based systems.