

сш 497893

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

МОСКОВСКИЙ

ордена Ленина, ордена Октябрьской революции и ордена
Трудового Красного Знамени государственный технический
университет имени Н. Э. Баумана

На правах рукописи

ЕСИН Михаил Павлович

МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВЫРУБКИ-ПРОБИВКИ
В УСЛОВИЯХ САПР

Специальность 05.03.05 - Процессы и машины обработки
давлением

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 1991

Работа выполнена во Всесоюзном научно-исследовательском технологическом институте приборостроения Московского научно-производственного объединения «Темп».

Научный руководитель - Заслуженный деятель науки и техники,
д. т. н., профессор Е. И. Семенов

Официальные опоненты: - д.т.н., профессор К. И. Васильев,
к.т.н., доцент В. Ф. Константинов

Ведущее предприятие: - НИИТАвтопром

Защита состоится 24 06 1991 г. в _____ часов на заседании специализированного совета К 053.15.13 в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской революции и ордена Трудового технического университете имени
к. в. а. 2-я Бауманская ул., д. 5.

_____ тся в библиотеке МГТУ имени

_____ одним экземпляре, заверенный
_____ лному адресу.

сч 497893

_____ 1991 г.

г.  И. Н. Шубин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. В настоящее время в условиях дальнейшего ускорения научно-технического прогресса происходит интенсивное обновление изделий машиностроения, увеличивается сложность деталей и повышаются требования к их изготовлению.

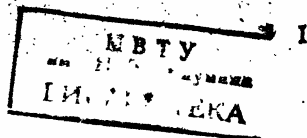
Среди деталей приборостроения около 93% плоских деталей изготавливают вырубкой-пробивкой. Выбор наилучшего варианта технологии, дающего минимальные затраты на металл, снижение себестоимости продукции и повышение производительности труда, целесообразно производить в рамках систем автоматизированного проектирования (САПР) технологических процессов (ТП) и штампов.

Многоуровневый характер проектирования при технологической подготовке производства (ТПП) с помощью ЭВМ делает важными следующие проблемы: выбор на каждом этапе проектирования рационального варианта в рамках заданных ограничений; синтез и согласование отдельных технологических решений, принимаемых на различных этапах проектирования; обеспечение цикличности процесса разработки технологии.

В большинстве современных разработок при решении задач проектирования работа САПР сводится к раскодированию типовых технологических решений, введенных в систему вместе с другими исходными данными. При этом отсутствует синтез вариантов ТП и не решается задача оптимизации. Это обуславливает необходимость создания методики проектирования рациональных единичных ТП холодной листовой штамповки (ХЛШ) деталей, получаемых вырубкой-пробивкой для условий серийного и крупносерийного производства, и разработки комплекса алгоритмов проектирования технологии ХЛШ в САПР.

Вопрос оптимизации проектирования технологического процесса штамповки деталей вырубкой-пробивкой до настоящего времени исследован недостаточно, особенно в условиях автоматизированного проектирования, что снижает эффективность процессов вырубки-пробивки. Поэтому тема работы является актуальной.

Цель работы. Целью работы является разработка методики автоматизированного проектирования рационального ТП вырубки-пробивки плоских деталей для условий мелкосерийного, серийного и крупносерийного производства, обеспечение экономии материала в результате оптимального раскроя с помощью ЭВМ, сокращение сроков технологической подготовки производства и повышение качества



выпускаемой продукции.

Задачи работы.

1. Выбор оптимального раскроя промышленных материалов с учетом параметров технологического процесса вырубki-пробивки.

2. Выбор оптимального способа штамповки и типа штампа в САПР на основе анализа контура штампуемой детали на технологичность с учетом конфигурации детали и эксплуатационных требований к штампу.

3. Разработка методики проектирования рациональных ТП вырубki-пробивки на основе параметрической и структурной оптимизации, а также автоматизированной системы управления проектированием в комплексной САПР.

4. Реализация разработанных методик в алгоритмах и программах с практическим внедрением автоматизированного проектирования технологических процессов на ЭЭВМ.

Научная новизна.

1. Разработана методика проектирования рационального технологического процесса ХЛШ, отличающаяся комплексностью охвата функций ТПП и их взаимосвязей.

Установлены точки принятия решений, касающиеся выбора типа раскроя, способа штамповки и типа штампа в ТП, разработана концепция автоматизированной системы управления проектированием в технологической САПР.

3. Разработаны и реализованы основные эффективные алгоритмы автоматизированного проектирования ТП ХЛШ, обеспечивающие высокий уровень адаптируемости за счет применения системы критериев, используемых для принятия проектных эшений.

Практическая ценность и реализация работы.

Материалы диссертационной работы были использованы при разработке подсистемы «Технолог-1» комплексной САПР технологии и штампов («Автоштамп-5», «Автоштамп-7»), разработанной Московским научно-производственным объединением «Темп» совместно с другими организациями. Использование результатов диссертационной работы обеспечивает экономию материала на 4-12%, сокращение сроков технологического проектирования в 10-12 раз. Экономический эффект от внедрения на 21 предприятии различных отраслей промышленности только за счет экономии материала составляет 590 тыс. руб.

Апробация работы. Основные результаты исследований обсуждены на научных семинарах кафедры МТ-6 МГТУ, а также на Всесоюзной

конференции «Инженерные проблемы автоматизации и улучшения условий труда в кузнечно-штамповочном производстве» (Запорожье, 1984 г.), на Международной конференции «Проблемы автоматизированного проектирования в машиностроении. САПР-88» (Москва, 1988 г.), на Республиканском научно-техническом семинаре «Опыт разработки и эксплуатации технологических линий сквозного проектирования и изготовления деталей в холодноштамповочном производстве» (Ленинград, 1988 г.), на Республиканском научно-техническом семинаре «САПР в кузнечно-штамповочном производстве» (Москва, 1990 г.), на Международном научно-техническом семинаре «Информатика в технологии приборостроения» (Ленинград, 1990 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликованы 3 статьи и 3 доклада (в тезисах).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка использованной литературы и приложения. Основное содержание работы изложено на 151 странице машинописного текста, включает 14 рисунков. Список использованной литературы содержит 165 наименований, приложение представлено на 9 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дано краткое обоснование актуальности темы, определена цель диссертационной работы, ее краткая характеристика и основные результаты.

В первой главе по материалам технической литературы рассмотрены принципы ТП ХЛШ и методы автоматизированного проектирования, проведен анализ состояния вопроса оптимизации технологических решений, обоснован выбор направления исследований и сформулированы цели и задачи работы.

Во второй главе изложено описание решения одной из наиболее сложных задач ТПП ХЛШ - выбор рационального раскроя штампуемого материала. Задача, рассматриваемая в данном разделе решается комплексно, во взаимосвязи с другими задачами, решаемыми при ТПП. При проектировании раскроя материала учитывается применяемое на данном предприятии оборудование, оснастка, технология резки листового проката и штамповки, а также ряд ограничений

технологического порядка.

В данной работе мы ставим задачу нахождения оптимального раскроя в зависимости от экономии материала (по коэффициенту использования материала), технологичности детали, стоимости изготовления штампа, трудо-временных затрат. Экономичность того или иного раскроя оценивается по совокупности этих параметров или с приоритетом одного из них. Глобальным показателем нахождения наилучшего варианта раскроя в разработанном технологическом алгоритме выделяется минимальная стоимость технологического процесса штамповки детали в данных условиях комплекса технологических и производственных факторов и ограничений. Но в каждом конкретном случае значения параметров выбираются в зависимости от особенностей ТП и конструктивных особенностей штампа по технологическому алгоритму оптимизации расчетов ТПП: ХЛШ (гл.4), или вводятся проектировщиком при задании исходных данных на проектирование.

Решение задачи состоит из следующих этапов: построение эквидистантной фигуры вокруг детали, определение шага штамповки, определение ширины полосы, получение оптимального варианта раскроя, определение параметров раскроя листа на полосы, анализ возможности использования деловых отходов.

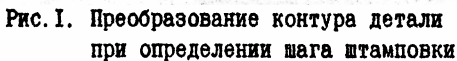
Вокруг контура детали описывают фигуру, эквидистантную исходной, на расстоянии, равном половине технологической перемычки между деталями, чтобы расстояние между соседними деталями, при условии их касания, было не менее величины перемычки. Значения перемычек выбирают из нормативно-справочной информации (НСИ) и автоматически корректируют в зависимости от типа конструкции штампа, типа раскроя, марки штампуемого материала и др.

Шаг штамповки определяют следующим образом (Рис.1):

1. Выделяют части контуров, расположенные между точками $N_H A_N K$, описываемые функциями $F_1(X)$, ($i=1, I$) и между точками $N_H B_N K$ с функциями $F_2(X)$, ($j=1, J$).

2. Разбивают контур прямыми $l_1, l_2, \dots, l_n$, параллельными оси ординат и проходящими через узловые точки контура, на простые фигуры (см., например, заштрихованный на рис. 1 участок), рассматривая в дальнейшем вновь полученные в результате разбиения элементы контура, которые будут описываться функциями $F_1(X)$, ($i=1, I'$) и $F_2(X)$, ($j=1, J'$).

3. Рассчитывают значение функции $\Phi_k(X) = |F_2(X) - F_1(X)|$, где



4. Для каждой пары элементов определяют величины $A_k = \min \Phi_k(X)$ и $B_k = \max \Phi_k(x)$ и образуют из них числовую последовательность $S_{ab} = \{A_k, B_k\}$.

5. Образуют возрастающую последовательность $S_D = \{B_m\}$ в которой $(B_{m+1} > B_m, m=1, K)$ и соответствующую ей последовательность $S_A = \{A_m\}$.

6. Из последовательности S_D выбирают минимальный элемент B_r такой, что все элементы A_m , меньшие B_r , имеют индекс m , меньший или равный индексу r , а элементы A_m , большие B_r , имеют индекс m , больший индекса r элемента B :

$$B_r \geq A_m \quad (m=1, R) \quad \text{и} \quad B_r < A_m \quad (m=R+1, R+2, \dots, K) \quad (I)$$

Значение B_r будет равно искомому шагу штамповки $T(\alpha)$ для фиксированного угла α .

7. Поворачивают контур детали на угол $\alpha = \alpha + \alpha'$ и вновь выполняют расчет шага штамповки по п. I-7.

8. Из рассмотренных вариантов в качестве рационального значения выбирают раскрой с шагом штамповки, обеспечивающий максимальное использование материала.

Алгоритмически определяют параметры раскроя для штамповки с поворотом полосы на 180 град. Для расчета достаточно рассмотреть половину контура детали, повернутого на 180 град. и сдвинутого до касания с исходным. Далее шаг штамповки определяют для вновь полученного контура по алгоритму, описанному в п. I-8.

Ширину полосы $N(\alpha)$ определяют для каждого рассматриваемого значения угла поворота контура детали нахождением разности между максимальной и минимальной ординатами заготовки. В качестве рационального значения выбирают раскрой с минимальной площадью $S(\alpha)$, приходящейся на шаг штамповки. После нахождения оптимального раскроя детали (гл. 4.), соответствующее значение ширины полосы корректируют с учетом величины перемычек между контуром детали и краем полосы. Затем выбирают один из стандартных листов, сведения о которых хранятся в НСИ, находят число деталей в полосе, определяют рациональный вариант из поперечного, продольного и комбинированного раскроя листа (допускается один поворот на гильотинных ножницах) и выбирают такие направления резки, при которых получают наибольшее число деталей из листа.

В целях дальнейшей экономии материала основное значение имеют технологические отходы. Краткие сведения о возможности использования деловых отходов от раскроя данной детали с признаками технологического характера (толщина и марка материала, направление проката) заносят в архив - информационные массивы.

размещенные на магнитном носителе. Эту информацию можно просматривать при проектировании раскроя для другой детали или использовать при развитии кооперации между заводами разных отраслей промышленности по использованию деловых отходов.

Реализация алгоритма позволяет получать приемлемое время счета на ЭВМ. Для детали средней сложности поиск оптимального варианта раскроя (из однорядного прямого и наклонного, встречного прямого и наклонного) занимает не более 1-3 мин.

В третьей главе рассмотрен вопрос выбора способа штамповки и типа штампа в САПР. Для формализации процесса проектирования, обобщения практического опыта и выделения закономерностей выбора способа штамповки и типа штампа в САПР, а также для систематизации и анализа результатов проектирования разработана технологическая схема выбора технологии изготовления детали, которая включает три уровня, в соответствии с этапами проектирования ТП ХЛШ: анализ технологичности детали, выбор типа штампа, проектирование раскроя материала. При этом рассматривают, соответственно: элементы (участки) наружных контуров, форму и элементы внутренних контуров, форму наружного контура детали.

С целью анализа характерных особенностей детали на ранних стадиях проектирования в данной работе использованы эвристические приемы, основанные на построении эквидистантных областей. Геометрию наружного контура детали анализируют путем построения внешней и внутренней эквидистант к ее контуру на некотором расстоянии $\langle d \rangle$. Следующим шагом является построение обратных эквидистант: ранее построенные внешнюю и внутреннюю эквидистанты рассматривают как самостоятельные контуры и к ним строят соответственно внутреннюю и внешнюю эквидистанты. При этом происходит возврат к исходному контуру детали, однако отдельные элементы контура исключаются. Совмещение обратных эквидистант с исходным контуром детали позволяет выделить все углы, пазы и выступы на детали. Аналогичным образом можно рассматривать и сложные внутренние контуры детали. Далее возможен анализ каждого из выделенных участков детали в диалоговом или автоматическом режиме с использованием эвристических зависимостей, характеризующих технологичность конструкции детали. Эти данные представлены в НСИ в виде массива значений и текстовой информации, что позволяет не только использовать представленные в ней значения для автоматического анализа, но и легко корректировать эти

значения в соответствии с условиями конкретного предприятия и накопленного опыта. Для выделенных нетехнологичных участков детали формируют контуры дополнительных пунсонов.

Для определения возможности штамповки деталей и определения типа штампа в работе решены также вопросы анализа размеров внутренних контуров и их взаимного расположения в штампуемой детали. Минимальные размеры перемычки между отверстиями и между отверстиями и наружным контуром определяют методом последовательного увеличения каждого отверстия на величину, равную минимально допустимой перемычке, которую можно получить в совмещенном штампе для данного отверстия, марки и толщины штампуемого материала. По полученным результатам делают выводы, какие из деталей можно изготавливать в совмещенных штампах, а для каких требуются последовательные или пробивные штампы. Для тех деталей, которые не могут быть изготовлены в совмещенном штампе, определяется минимальное количество шагов последовательного штампа или число пробивных штампов, и какие из отверстий следует пробивать на каком шаге или в каком штампе.

Если возникла необходимость изготовления дополнительных пунсонов, то их контуры включаются в геометрическую информацию о детали как внутренние, и требуют анализа для выяснения возможности штамповки на одной позиции нескольких контуров. В тех случаях, когда существует вероятность пересечения пунсонов или расположение их недопустимо близко друг к другу, производится разноска контуров по шагам штамповки. Критерием служит величина допустимой перемычки между соседними контурами, вырубаемыми в последовательном штампе.

Введение анализа на технологичность на начальном этапе проектирования позволяет разрешить противоречивые требования к детали, значительно расширяет возможности автоматизированного проектирования. Используя критерии анализа детали на технологичность и схему выбора технологии изготовления детали можно для каждой детали осуществить соответствующий выбор рациональной технологии ее изготовления и конструкции штампа (рис. 2).

Для оценки планово-расчетной цены штампа в данной работе были получены соотношения для штампов совмещенного (2), последовательного (3) и простого (4) действия в зависимости от габаритов штампа (X), сложности детали (Y) и количества нестандартных деталей в штампе (Z):

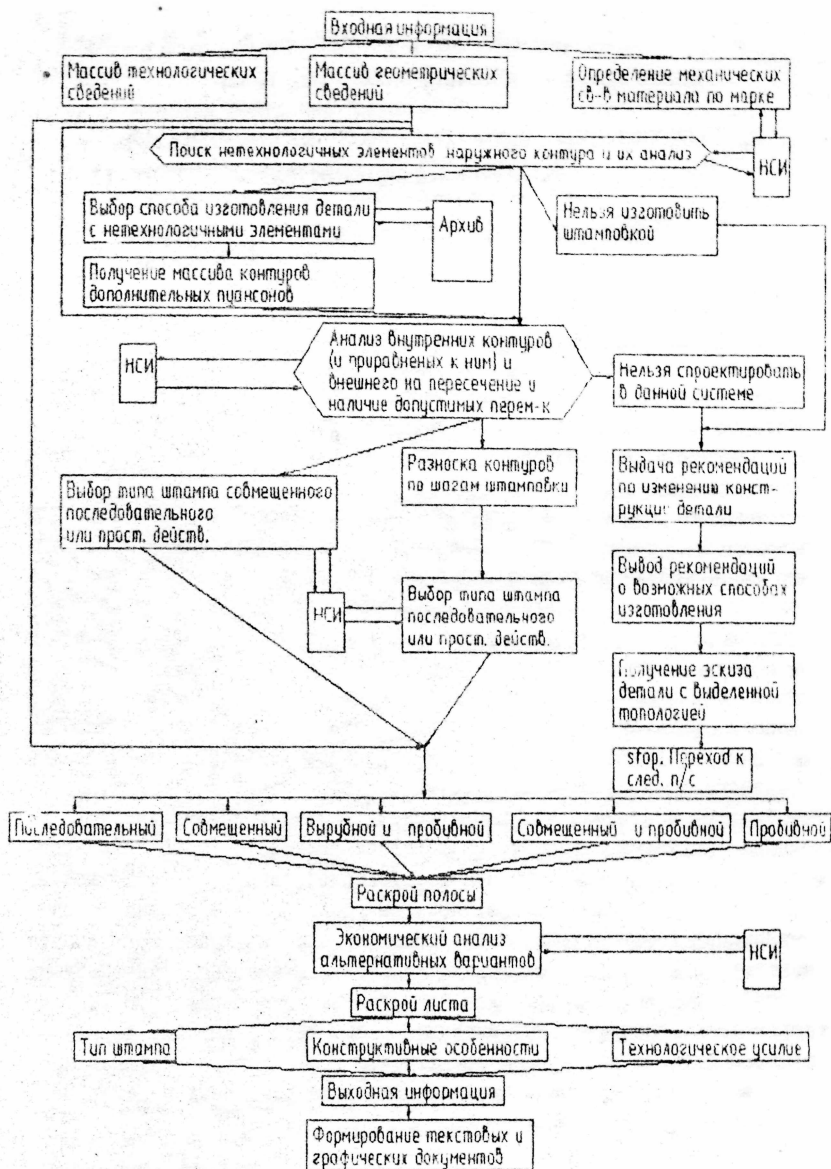


Рис. 2. Предлагаемая блок-схема решения задач при оптимизации ТП в САПР технологии и штампов

$$C_c = 0,0000326x_i y_j z_k + 0,0013133x_i y_j + 0,0015045x_i z_k + 0,1688469x_i - \\ - 0,0067108y_j z_k + 0,4010949y_j - 0,0038731z_k - 16,32; \quad (2)$$

$$C_{II} = 0,0000126x_i y_j z_k + 0,0018477x_i y_j + 0,0011965x_i z_k + 0,266547x_i - \\ + 0,11077y_j z_k - 0,1766638y_j + 0,8164470z_k - 58,98; \quad (3)$$

$$C_{III} = 0,0000142x_i y_j z_k + 0,0003400x_i y_j + 0,0008170x_i z_k + 0,1789395x_i - \\ + 0,0089903y_j z_k + 0,6784478y_j + 0,45976987z_k - 45,42. \quad (4)$$

В четвертой главе предложена методика проектирования рационального технологического процесса ХЛШ на основе автоматизированной системы управления проектированием. Главной отличительной особенностью разрабатываемой методики является ее ориентация на комплексную разработку технологической и конструкторской документации.

Решение задачи оптимизации технологического процесса ХЛШ разбивают на решение двух взаимосвязанных задач: задачу автоматизированного выбора рациональных решений отдельных этапов проектирования и задачу координации локальных проектных решений. Совместное решение этих двух задач составляет основу разрабатываемой методики многовариантного проектирования ТП в САПР. Выбираемым таким образом способ штамповки будет удовлетворять с одной стороны возможности изготовления детали, отвечающей заданным техническим условиям, требуемой производительности, необходимой стойкости деталей штампа, соответствующей этому способу штамповки, с другой стороны - экономическому критерию оптимальности.

За критерий экономической целесообразности того или иного способа штамповки принимают технологическую себестоимость, которую определяют только по тем расходам, величина которых меняется в различных вариантах. Поэтому при получении возможности изготовления детали несколькими способами штамповки, равноценными с точки зрения удовлетворения приведенных ниже параметров ТП, находят такие экстремальные значения параметров, которые давали бы экстремальное значение целевой функции (5), характеризующей процесс в целом, при ограничениях на значения отдельных параметров.

$$C = F(N, X_1, X_2, X_3, X_4) \longrightarrow \min, \text{ где}$$

(5)

N - годовая программа выпуска;

X_1 - стоимость штампа;

X_2 - стоимость материала, расходуемого на изготовление детали при данном типе штампа и раскрое;

X_3 - стоимость операции штамповки одной детали при данном типе штампа;

X_4 - другие затраты.

Предлагаемая методика выбора рационального ТП штамповки основана на поэтапном анализе особенностей штамповки данной детали и составляющих технологической себестоимости, изменяющихся вместе с изменением технологии. Параметры, ограничивающие рамки анализа вариантов, можно задавать в исходных данных или формировать в результате работы системы технологического проектирования при анализе возможности «изготовления детали» в рамках данной САПР, приоритетного выбора способа штамповки и типа штампа (запрет на анализ), технологичности детали, вариантов раскроя материалов, возможности совмещения операций, допустимой последовательности выполнения операций.

Технологические особенности штамповки деталей; а также типовые конструкции штампов, включенные в САПР, определяют совокупность технологических признаков, влияющих на выбор варианта технологического процесса. К таким признакам можно отнести: наличие нетехнологичных элементов контура, способ раскроя материала, точность детали и шероховатость ее поверхности, точность привязочных размеров между осями отверстий или отверстием и контуром, требования к плоскостности штампуемой детали, габаритные размеры детали, наличие внутренних контуров и их количество, расстояние между отверстиями (а также между отверстиями и наружным контуром), величина шага штамповки и количества шагов, вид исходной заготовки (штучная, полоса, лента), вид штампуемого материала, его толщина, марка.

Алгоритм выбора рационального варианта ТП штамповки позволяет осуществить анализ всех указанных признаков и их взаимовлияние без ввода дополнительной информации на входе, где кодируют геометрию детали, указывают толщину, марку материала и годовую программу выпуска.

В соответствии с базовыми конструкциями разделительных штампов, особенностями математического моделирования и возможностями ЭВМ стандартной конфигурации устанавливают ограничения на характеристики деталей: по геометрической форме (контур образован прямыми и дугами окружности); по габаритным размерам (250x450); типу заготовок (лента, полоса, штучная); толщине (0,1-5мм); точности (5-7 квалитет), количеству элементов образующих контур детали (120); числу отверстий (24); количеству размеров, проставленных на чертежах (100).

Рассматривая параметры выбора рационального технологического процесса в первую очередь выделяют те из них, которые отражают возможность получения заданных размеров и точностных характеристик деталей, а также прочностных характеристик штампов. Если анализ на технологичность контура не дает ограничений по выбору способа штамповки и штампа, то, после выбора типа штампа, анализируют варианты раскроя материала с учетом ограничений на тип штампа и тип раскроя соответственно. Анализ стоимости штампа производят, если для изготовления данной детали возможно использование разных типов штампов. Можно выбрать один из нескольких альтернативных для данной детали типов штампов. Если для определенной конструкции штампа возможно использование нескольких типов раскроя с близким коэффициентом использования материала, то руководствуются экономической целесообразностью той или иной схемы раскроя. Учитывая возможность получения детали несколькими способами штамповки, обеспечивающими необходимое качество детали, выбирают вариант штамповки с минимальной технологической себестоимостью.

Таким образом формируют рациональный вариант технологического процесса, выявляют технологическую схему штампа, которая является заданием на его конструирование и формируют комплект технологической документации. При этом исключают возможность появления ошибки на ранних стадиях проектирования, осуществляют автоматизированный многокритериальный анализ варианта решения. Проектирование рационального ТП штамповки происходит с использованием системы управления проектированием, построенной в форме диалогового взаимодействия человека и ЭВМ по жесткому сценарию, вопросы которого (точки принятия решений из технологических алгоритмов) вынесены в блок ввода исходной информации. Рациональный ТП получают варьированием управляемых

параметров. При этом проектировщик заранее формирует последовательность активизации процедур в системе в виде массива алгоритмической информации. В процессе проектирования происходит автоматический синтез алгоритмов, обеспечивающих требуемую последовательность выполнения расчетных процедур. Модель использования проектных процедур можно заносить в архив для восстановления (при необходимости) результатов проектирования.

Опыт внедрения технологических САПР показывает, что экономический эффект значительно выше при комплексной автоматизации проектирования всех задач ТП. В новые версии комплексной системы автоматизированного проектирования технологии и штампов («Автоштамп-5», «Автоштамп-7»), внедряемой Московским научно-производственным объединением «Темп» включена подсистема «Технолог-1», при разработке которой были использованы материалы данной диссертационной работы.

Все основные технологические расчеты сгруппированы в отдельный блок, в котором формируют и оптимизируют Т.И. изготовления штампуемой детали. Решение этих задач, включая раскрой материала и формирование технологических текстовых и графических документов, занимает 5-10 мин., что составляет 3-8 % от общего времени проектирования технологии и штампа (ввод информации, все расчеты и получение комплекта технологической и конструкторской документации на штамп в комплексной системе занимает около 5 часов). Таким образом в течение короткого времени технолог или конструктор по штампам имеет возможность проанализировать некоторое количество вариантов, выбрать оптимальное сочетание параметров для данного ТП и способ изготовления детали, а также сформировать технологическую схему штампа. Он имеет следующие альтернативные возможности: согласиться с решением, принятым системой; задать другой набор параметров и вновь произвести расчет; предложить решение отдельного этапа расчетов, которое в соответствии с алгоритмом не явилось оптимальным; предложить решение для всего комплекса проблем, которые не были выбраны при автоматизированном проектировании. Этим достигают гибкости системы с точки зрения управления проектированием и распределения процедур проектирования между человеком и ЭВМ.

Программное обеспечение реализуется на персональных ЭВМ совместимых с IBM PC AT, PS/2 в среде MS DOS.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Анализ литературы, методов ТПП ХЛН показал актуальность исследований в области автоматизированного проектирования ТП и штампов.

2. Определены критерии оптимальности укладки деталей сложной конфигурации с учетом влияния на построение схемы раскроя типа производства, последующих технологических операций, конструкции штампа и других технологических факторов в комплексной САПР технологии и штампов.

3. Разработан метод определения оптимального раскроя при многовариантном проектировании для однорядной штамповки и штамповки с поворотом полосы на 180 град., охватывающий более широкий класс деталей, обеспечивающий высокую точность решения задачи и сокращение объема вычислений по сравнению с известными численными методами расчета.

4. Предложен технологический алгоритм анализа и паспортизации деловых отходов на магнитном носителе в отсортированном по типоразмерам, толщине и маркам материала виде.

5. На основе технологической классификации деталей выделены особенности выбора способа штамповки и типа штампа в САПР, определена последовательность выполнения этапов проектирования.

6. Разработана методика распознавания элементов контура штампуемой детали и алгоритм определения возможности получения деталей в совмещенном штампе.

7. Комплексно решена задача разработки ТП изготовления деталей в последовательных штампах с учетом анализа на технологичность, автоматизированного получения контуров дополнительных пуансонов для изготовления нетехнологичных деталей и разбивки контуров по шагам штамповки.

8. Установлены количественные зависимости влияния конструктивно-технологических характеристик штамповой оснастки и штампуемой детали на стоимость разделительных штампов, позволяющие прогнозировать величину стоимости на ранних стадиях проектирования.

9. Сформулирована совокупность параметров оптимизации в алгоритме проектирования ТП штамповки, определяющих выбор способа штамповки и типа штампа, определены необходимые и достаточные точки принятия решений на каждом этапе (уровне) проектирования

ТП, сформулированы общие принципы рационального распределения функций между человеком и ЭВМ для условий технологического проектирования.

Ю. Разработана методика построения рационального варианта ТП ХЛШ деталей получаемых вырубкой-пробивкой на основе двухуровневой системы параметрической и структурной оптимизации в рамках заданных технологом ограничений, и системы управления проектированием в комплексной САПР.

II. Материалы диссертационной работы были использованы при разработке подсистемы «Технолог-1» комплексной САПР технологии и штампов «Автоштамп-5» для СМ ЭВМ и «Автоштамп-7» реализуемой на ПЭВМ. При использовании разработок диссертационной работы достигается повышение экономии материала на 4-12%, сокращение сроков технологического проектирования в 10-12 раз. Экономический эффект от внедрения на 21 предприятии различных отраслей промышленности только за счет экономии материала составил 590 тыс. руб. (доля, приходящаяся на разработки диссертации).

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ИЗЛОЖЕНЫ В РАБОТАХ:

1. Пичугин В.И., Есин М.П. Проектирование технологических процессов листовой штамповки с помощью ЭВМ // Инженерные проблемы автоматизации и улучшения условий труда в кузнечно-штамповочном производстве: Сб. докладов Всесоюзной конференции. - М., 1984. - С. 62-63.

2. Алгоритм автоматизированного анализа технологичности контура вырубаемых деталей /В.И. Пичугин, Л.Н. Млын, В.Н. Евтеев, М.П. Есин // Кузнечно-штамповочное производство. - 1985. - № 6. - С. 10-11.

3. Пичугин В.И. -Евтеев В.Н., Есин М.П. Автоматизация расчета параметров раскроя листового материала // Кузнечно-штамповочное производство. - 1988. - № 4. - С. 18.

4. Есин М.П., Пичугин В.И. Вопросы совершенствования технологии штамповки в САПР «Автоштамп» // Опыт разработки и эксплуатации технологических линий сквозного проектирования и изготовления деталей в холоднштамповочном производстве: Материалы Республиканского научно-технического семинара. - Л., 1988. - С. 33-34.

5. Есин М.П., Пичугин В.И. Проектирование оптимального

технологического процесса штамповки в САПР «Автоштамп»
//Кузнечно-штамповочное производство. - 1990. - № 1. - С. 27.

6. Пичугин В.И., Есин М.П. Решение технологических задач в САПР ТПП // Информатика в технологии приборостроения: Тезисы доклада Международного научно-технического семинара. - Л., 1990, С. 81-83.

Подписано к печати 20.05.91. Объем 1,0 п.л. Зак. 499 Тир. 100 экз.

Типография МГТУ им. Н.Э. Баумана