

**Министерство Высшего и Среднего Специального
Образования Республики Узбекистан**

**Ташкентский Государственный Технический Университет
имени Абу Райхана Беруни**

**В.С. Рахматуллаев
Р.Р. Загидуллин**

**Методологические концепции проектирования
автоматизированных систем технологической
подготовки кузнечно-штамповочного производства.**

Под редакцией

проф. д.т.н. Абдуллаева Ф.С.

Ташкент - 1999г.

Валерий Сагдиевич Рахматуллаев
Рафаэл Рахимуллаевич Загидуллин

Методические концепции проектирования автоматизированных систем технологической подготовки (АСТП) кузнечно-штамповочного производства (КШП). Ташкент: Учебное пособие, ТашГТУ, 1999, 34 с., илл.б.

Учебное пособие по курсам: "Кузнечно-штамповочное оборудование", "САПР ТП КШП", "Технологияковки и горячей штамповки".

Учебное пособие выполнено согласно учебному плану для студентов направления В 520600 "Технология машиностроения, оборудования и автоматизация машиностроительных производств" и М 520026 "Машины и технология обработки металлов давлением".

Разрешено к печати учебно-методическим советом и Ученым Советом ТашГТУ.

Ответственный редактор
д.т.н., проф.

Абдуллаев Ф.С.

Рецензент д.т.н., проф.

Кадыров Т.А.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

ГЛАВА - 1

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТНЫХ РАБОТ

Системы автоматизации проектных работ (САПР) - это системы, автоматизирующие проектирование, конструирование и технологическую подготовку производства с целью рационализации и автоматизации получения проектных решений и технической документации (проектов) различных процессов, технических объектов и систем (заводов, цехов, машин, технологических процессов, оснастки и т.д.) при широком применении экономико-математических методов и компьютерных технологий.

Основная цель создания САПР - значительное повышение эффективности труда инженера (снижение временных затрат, повышение качества создаваемой и осваиваемой продукции).

Один из наиболее существенных результатов автоматизации - сокращение сроков проектирования. При современной сложности объектов к проектированию зачастую привлекаются коллективы, работающие в различных областях. Поэтому процесс согласования решений обычно затягивается, вследствие чего устаревают первоначальные, заложенные в проект исходные данные. Срок проектирования - это параметр, значительно влияющий на ускорение технического прогресса, и с этой точки зрения развитие автоматизации проектирования следует считать одной из наиболее важных задач.

Не менее важной задачей в условиях массового и крупносерийного производства является повышение качества проектных решений за счет технико-экономического обоснования и выбора оптимальных вариантов.

САПР позволяет широко распространять наиболее прогрессивные методы расчетов, нормативные, стандартные и справочные данные, методы оптимизации проектных решений в различных проектных организациях и подразделениях.

Переход от действующей системы проектирования к автоматизированной - сложный и продолжительный организационно-технический процесс.

Первые разработки в области создания автоматизированных систем проектирования и результаты их опытной и промышленной эксплуатации на разных заводах страны показали возможность и практическую целесообразность применения компьютерных технологий в технической подготовке производства. В то же время они выявили существенные недостатки, препятствующие широкому внедрению методов автоматизированного проектирования в промышленность:

1) между достаточно большим числом разработанных отдельных программ, обеспечивающих решение локальных задач, почти не существует связи, они несовместимы и представляют интерес только для конкретного производства с учетом конкретных условий данного завода, что затрудняет их распространение на другие заводы отрасли; экономическая эффективность отдельных работ и подсистем недостаточно высокая вследствие больших затрат на кодирование и подготовку к вводу в компьютерные технологии исходных данных по каждой задаче, многократному переписыванию результатов машинного счета в конструкторские и технологические документы;

2) в автоматизированных системах имеется разнообразный и случайный с точки зрения соответствия задачам автоматизации проектирования парк вычислительных машин и соответствующих вводно-выводных устройств, в большинстве случаев мало приспособленных к задачам автоматизации проектирования; слабо используются технические средства, механизмирующие и автоматизирующие процессы кодирования и декодирования информации, чертежно-графические аппараты, дисплеи;

3) весьма мало распространен системный подход к решению задач автоматизации проектирования, отсутствуют проблемно-ориентированные средства математического обеспечения, позволяющие автоматизировать процесс программирования задач технологического проектирования; многие программы по автоматизации проектирования составлены в автокодах, некоторые даже в машинных кодах компьютерных технологий, что ограничивает тиражирование и использование программ в других организациях, затрудняет вмешательство в системы с целью корректирования алгоритмов и данных нормативно-справочной информации, учета конкретных производственных условий, затрудняет развитие и расширение функций действующих систем автоматизированного проектирования;

4) недостаточно используют методы технико-экономического анализа и обоснования проектируемых с помощью компьютерных технологий вариантов конструкций,

технологических процессов или оснастки, методы поиска оптимальных вариантов.

Накопленный опыт автоматизации проектных работ, появление более совершенных и быстродействующих компьютерных технологий единой серии (ЕС ЭВМ), в частности, развитие операционных систем и устройств для механизации ввода чертежно-графической информации, устройстве оперативного отображения и вывода этой информации, а также анализ зарубежного опыта использования компьютерных технологий в технологической подготовке производства позволяют сформулировать требования к дальнейшему развитию работ по комплексной автоматизации технической подготовки производства и принципы создания САПР.

1. проектируемые системы должны охватывать достаточно широкий комплекс задач, решаемых в процессе технологической подготовки производства на основе закодированной один раз информации без промежуточного ручного перекодирования.

Особенно эффективны так называемые сквозные системы автоматизации проектирования, построенные на базе единства информационного отображения, методического, математического, программного и технического обеспечения, охватывающие этапы проектно-конструкторских работ и технологической подготовки производства вплоть до автоматизированного управления технологическим оборудованием. При этом все процессы подготовки производства рассматривают как взаимосвязанные между собой процессы преобразования информации.

Деление автоматизированных систем на подсистемы и построение последних по принципу определенной соподчиненности - эффективное средство сокращения трудоемкости проектирования сложных объектов, позволяющее строить динамически развивающиеся автоматизированные системы путем автоматизации менее масштабных и простых объектов с последующим соединением отдельных подсистем в единую комплексную систему. Однако этот метод эффективен при взаимосвязи отдельных подсистем на основе единства методического, информационного, математического и технического обеспечения при разработке отдельных частей системы.

Системный подход требует четкого выделения инвариантной (неизменной) и изменяемой (нормативная и справочная информация) частей системы, что обеспечивает при использовании блоков оптимизации адаптацию (приспособление) системы к изменяющимся условиям производства.

2. Системы автоматизации проектных работ должны обеспечивать оперативное информационное взаимодействие с окружающей средой на всех этапах проектирования, в том числе взаимодействие с системами автоматизации управления на

разных уровнях управления технологическими процессами (АСУТП), организационного управления предприятиями (АСУП), отраслевыми системами управления (ОАСУ), а также адаптируемость систем к конкретным производственным условиям.

Взаимосвязь с АСУТП означает не только сквозное проектирование вплоть до выдачи программ для станков с числовым программным управлением (АСУТП нулевого уровня), но и разработку программ управления технологическим объектом управления (оборудования, промышленных роботов) с автоматическим корректированием программ (результатов проектирования) в соответствии с поступающей по каналам обратной связи информации о ходе, результатах и условиях протекания технологического процесса, о технологических отклонениях, возникающих в процессе производства.

Некоторые пакеты прикладных программ (ППП) и подсистемы технологического проектирования можно рассматривать как составные части АСУТП, так как при управлении технологическим процессом необходимо в каждый заданный момент (в реальном масштабе времени) проектировать новый вариант технологического процесса или изменять отдельные его параметры и режимы в зависимости от состояния оборудования, внешней Среды, качества продукции и других данных о ходе технологического процесса, постоянно получаемых с датчиков и поступающих в управляющую вычислительную машину.

Взаимосвязь с АСУП должна обеспечивать поступление в нее из системы проектирования информации (данных о трудоемкости, расходе основных и вспомогательных материалов, загрузке оборудования и т.д.) для решения задач технико-экономического планирования, материально-технического снабжения и т.д. Из АСУП поступает информация о технико-экономических параметрах производственной обстановки в цехе или на предприятии (плановых зданиях, фондах времени работы и состоянии оборудования, поступаемом на завод материале и т.д.), которые влияют на результаты и даже способы решения задач проектирования. Таким образом, осуществляется реакция системы проектирования на изменение внешней Среды и ее адаптация к конкретным условиям производства, а также повышается эффективность каждой из систем (АСУП и САПР).

Цель взаимосвязи с отраслевыми системами управления - это оптимизация планирования, специализация и кооперация выпуска поковок в отдельных цехах и на заводах отрасли.

3. Одним из наиболее важных принципов создания САПР является принцип максимальной инвариантности, обеспечить который позволяют формализация, унификация и стандартизация методов проектирования, документального,

информационного и математического обеспечения, применяемых технических средств.

Успешное решение задач по автоматизации технической подготовки производства во многом будет зависеть не только от возможностей вычислительной машины в кратчайшие сроки осуществлять необходимые математические вычисления, но и от универсальности алгоритмов и программ, используемых при автоматизированном проектировании. Работа по созданию таких алгоритмов и программ является очень трудоемкой, тем более, что этому должна предшествовать систематизация и экспериментальная проверка всех нормалей, рекомендаций и расчетных формул, используемых при разработке технологии и конструировании, а также проведение специальных исследований для алгоритмизации методов расчета, формализации процесса проектирования и совершенствования нормативного хозяйства.

Цель работ по формализации - это создание отраслевых методик проектирования, разработка на их базе руководящих технических материалов и ОСТов на методы и алгоритмы проектирования, обязательные для всех предприятий отрасли. Это дает возможность создать единые системы для разных предприятий отрасли, что необходимо для широкого распространения автоматизированного способа проектирования. Систематизация и построение методов на научной основе повышают эффективность автоматизированного проектирования.

Единая программа работ по стандартизации и унификации проектной документации, информационных, программных и технических средств, используемых в автоматизированных системах проектирования, обеспечивает их универсальность и гибкость, быструю переналадку при изменении производственных условий, поэтапный ввод системы в эксплуатацию и последующее ее расширение за счет вновь разработанных под систем, а также совершенствование работающих алгоритмов и программ.

4. Проектируемые системы должны состоять из ряда подсистем, которые можно объединять в различных вариантах или автономно использовать, для чего необходимо широко применять иерархический принцип построения программных и технических средств, модульный и пакетный принципы решения сложных задач.

Модульный принцип решения заключается в том, что на этапе алгоритмизации из общей задачи или системы выделяют некоторые ее части, имеющие относительную смысловую и функциональную самостоятельность, которые проходят автономно стадии анализа, программирования и отладки, после чего их в готовом виде используют для сборки общей программы. Задачи делятся на модули. Отдельные программные модули, решающие определенный комплекс задач проектирования, могут

использовать более мелкие модули низшего уровня, реализующие стандартные процедуры преобразования информации и используемые во многих модулях высшего уровня.

Из множества проектных процедур необходимо выделять унифицированные, алгоритмы решения которых неизменны для ряда объектов проектирования или различных стадий проектирования одного и того же объекта.

Выделение из алгоритма системы наиболее универсальных и часто встречающихся модулей и включение их в библиотеки систем исключает дублирование в процессе разработки одинаковых частей программ, вследствие чего снижается трудоемкость создания систем. Модульный принцип решения задач обеспечивает гибкость и пластичность автоматизированных систем, причем программы преобразования информации в таких системах можно изменять созданием и добавлением новых модулей и преобразованием и перестановкой существующих.

Модульный принцип создает предпосылки не только для автоматизации проектирования многих процессов, но и для автоматизации создания машинных алгоритмов проектирования. Последнее имеет огромное значение для развития и широкого распространения методов автоматизированного проектирования, так как ускоряет процесс разработки отдельных алгоритмов и программ, длящийся в настоящее время месяцы и даже годы.

По мере накопления модулей формируют библиотеку модулей, которая постоянно пополняется и обновляется путем замены устаревших модулей и разработки новых.

На базе библиотеки стандартных модулей создают локальные подсистемы автоматизированного проектирования в виде пакетов прикладных программ, включающий проблемно-ориентированный входной язык, математическую модель объекта проектирования, библиотеку программных модулей, монитор (генератор) программы, выходной язык и подсистему документирования результатов машинного проектирования. Использование пакетного принципа создания систем позволяет не только автоматически и быстро собирать отдельные подсистемы с учетом пожеланий проектировщика и вносить соответствующие коррективы в системы, но и реализовать принципы агрегативности, komponуя сложные многоуровневые иерархические системы комплексного проектирования из подсистем нижнего уровня.

Создание систем и подсистем автоматизированного проектирования - не эпизод, а непрерывный процесс, развития систем, их совершенствования, расширения функций. Модульный и пакетный принципы построения систем обеспечивают поэтапный ввод системы в эксплуатацию и последующее ее расширение за счет разработанных подсистем, модулей и т.д.

5. Эффективность автоматизированного проектирования повышается с применением методов оптимизации проектных решений. Для этого необходимы тщательные исследования процессов для построения их оптимизационных моделей. Методы решения задач оптимизации применительно к горячештамповочному производству.

6. При проектировании САПР целесообразно разделить функции между человеком и компьютерными технологиями.

В разработанных в нашей стране автоматизированных системах проектирования человек участвует в процессе проектирования в основном только на стадии кодирования исходных данных, при анализе результатов проектирования и во многих случаях (но не всегда) при изготовлении технологической документации. Все расчеты, связанные с проектированием, в том числе обоснование и выбор вариантов, выполняются на компьютерных технологиях без активного участия человека. Дальнейшее развитие работ по автоматизации проектирования связано с созданием сложных человек-машинных комплексов, реализующих диалог человек - компьютерные технологии в реальном масштабе времени и позволяющих разгрузить технологов и конструкторов от утомительных однообразных и часто повторяющихся работ. В этих системах человек не только индуцирует идеи и гипотезы, но и активно участвует в решении трудноформализуемых задач, что раздвигает рамки задач проектирования, решаемых с помощью компьютерных технологий. Применение диалога позволяет автоматизировать технологическую и конструкторскую подготовку совершенно новых технологических процессов, применять компьютерные технологии для исследования процессов и развития их теории.

ГЛАВА - 2

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СПОСОБА ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ГОРЯЧЕШТАМПОВОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Широкому внедрению автоматизированных систем проектирования технологических процессов горячей объемной штамповки в практику заводского проектирования препятствует, на наш взгляд, слишком узкая специализация отдельных систем, а также большая трудоемкость и, следовательно, большие сроки и стоимость их разработки. Необходим системный подход к решению задач автоматизированного проектирования, т.е.

комплексное решение на компьютерных технологиях задач конструирования различных поковок и оснастки, проектирования технологических процессов штамповки на разном оборудовании, оптимизации загрузки оборудования, проектирования программ для станков с программным управлением, изготавливающих штампы и т.д. Совместное решение большого числа задач в одной системе позволит повысить эффективность автоматизированной системы технологической подготовки штамповочного производства. Комплексные системы должны разрабатываться под единым методологическим руководством, используя типовые решения отдельных задач.

На рис.1 показана блок-схема комплексной автоматизированной системы технологической подготовки производства (АСТПП) горячештамповочных поковок. В эту систему входят следующие основные подсистемы: типового математического и программного обеспечения АСТПП (блок 1), комплексного проектирования процессов для поковок типа тел вращения (блок 2), поковок с вытянутой и изогнутой осью (блок 3), поковок произвольной формы (блок 4), комплексного проектирования с решением задач оптимизации загрузки оборудования (блок 5), устройств оперативного контроля и отображения графической информации обеспечивающих диалоговый режим (блок 6).

Для использования системы как типовой для различных производственных условий необходимо предусматривать возможность замены ее отдельных элементов (алгоритмов и нормативно-справочной информации), а также неограниченного пополнения библиотеки программ проектирования новыми расчетами. Кроме того, необходимо предусматривать автономное использование отдельных блоков и подсистем.

В систему типового математического и программного обеспечения (блок 1) входят следующие комплексы:

математических методов и программ моделирования алгоритмов АСТПП (блок 1.1), в том числе алгоритмов 1.1.1 и программ 1.1.2 регрессионного и корреляционного анализов, алгоритмов и программ компонентного 1.1.3 и 1.1.4, факторного и кластерного анализа 1.1.5 и 1.1.6, обучения и адаптации АСТПП 1.1.7 и 1.1.8;

алгоритмов и программ решения с помощью компьютерных технологий типовых задач проектирования технологических процессов штамповки и кузнечной оснастки (блок 1.2), в том числе алгоритмов 1.2.1 и программ 1.2.2 решения типовых геометрических задач проектирования чертежа подковки, алгоритмов 1.2.3 и программ 1.2.4 выборки табличных данных из нормативно-справочной информации, алгоритмов 1.2.5 и программ 1.2.6 проектирования оснастки;

алгоритмов 1.3.1 и программ 1.3 решения типовых задач оптимизации при проектировании технологии и загрузке оборудования, технико-экономического анализа и сравнения вариантов технологических процессов.

Комплексные подсистемы (блоки 2 и 3) состоят из частных подсистем проектирования процессов штамповки на молотах (поковок типа тел вращения 2.1 и произвольной формы 3.1), на кривошипных горячештамповочных прессах (2.2 и 3.2) и горизонтально-ковочных машинах (2.3 и 3.3). В них сравниваются экономические показатели технологических процессов штамповки на оборудовании разного типа, а также выбирается такое оборудование, на котором изготавливают поковки с наименьшей себестоимостью.

Частные подсистемы состоят из алгоритмов и программ конструирования (назначения припусков, допусков, напусков, расчета массы детали и поковки и т.д.) поковки (блоки 2.1.1; 2.1.2; 2.2.1, ..., 3.3.2), алгоритмов и программ проектирования технологических переходов, расчета и выдачи технологической карты процесса штамповки (блоки 2.1.2. ..., 3.3.4), алгоритмов и программ конструирования штампов и оснастки (блоки 2.1.5, ..., 3.3.6), алгоритмов и программ расчета технико-экономических показателей спроектированного процесса, оптимизации результатов проектирования за счет выбора такого сочетания технологических параметров процесса штамповки, которое обеспечивает минимальную себестоимость поковки при штамповке на данном типе оборудования (блоки 2.1.7, ..., 3.3).

В подсистеме комплексного проектирования с оптимизацией загрузки оборудования (блок 5) кроме решения перечисленных задач предусматривают определение такого набора технологических процессов, который обеспечивает оптимальную загрузку формообразующего оборудования с учетом его действительного фонда времени и заданной программы выпуска поковок.

Подсистема типового математического и программного обеспечения АСТПП (блок 1) позволяет в результате обобщения и типизации опыта разработки автоматизированных систем значительно уменьшить стоимость и сроки их создания, автоматизировать некоторые наиболее трудоемкие этапы их проектирования.

Комплекс математических методов и программ моделирования алгоритмов (блок 1.1) предназначен для автоматизации таких наиболее трудоемких работ по проектированию АСТПП, как исследование процесса штамповки, его математическое описание, разработка новых более совершенных методов (технологических алгоритмов) расчета технологических параметров процесса штамповки, автоматическая корректировка алгоритмов, создание экономико-математических моделей процесса штамповки и др.

Опыт показывает, что при разработке технологических алгоритмов наиболее часто применяют методы статистического анализа результатов заводского проектирования, позволяющие сообщать и выразить в аналитической форме опыт проектирования, освоения и доводки в заводских условиях большого числа технологических процессов. Этот анализ выполняют автоматизированным способом (блоки 1.1.1 и 1.1.2) путем использования специально разработанной универсальной программы регрессионного и корреляционного анализа, позволяющей обрабатывать по методике, изложенной в гл. 2, практически неограниченное число наблюдений. Накопленный опыт применения статистических методов и компьютерных технологий для математического моделирования технологических алгоритмов позволил разработать методологию исследования процесса штамповки с целью его алгоритмизации. При этом выявилась необходимость дальнейшего расширения области применения статистических методов анализа за счет расширения средств анализа (применения компьютерных технологий для компонентного и факторного анализов - блоки 1.1.7 и 1.1.8, использования современных методов планирования экспериментов и др.) и использования этих методов для адаптации и обучения АСПТ, выбора оптимальных вариантов и т.д.

Значительный эффект получают от создания комплекса алгоритмов и программ решения с помощью компьютерных технологий типовых задач проектирования технологических процессов штамповки (блок 1.2). Унификация алгоритмов, разработка стандартных программ решения типовых задач и автоматизация программирования задач технологической подготовки штамповочного производства значительно уменьшают трудоемкость и сокращают сроки подготовки программ, ускоряют разработку программ для компьютерных технологий разных типов, расширяют автоматизированную систему проектирования подключением новых блоков и подсистем, а также позволяют оперативно вмешиваться в нее для изменения отдельных блоков, корректирования алгоритмов и справочных данных об условиях производства в цехе, изменения алгоритмов программ для применения на других предприятиях.

Решение поставленных задач значительно ускоряет трудоемкий процесс разработки алгоритмов и программ и создает предпосылки не только для автоматизации проектирования многих процессов, но и для автоматизации создания машинных алгоритмов проектирования, что имеет большое значение для развития и широкого распространения методов автоматизированного проектирования в промышленности и в проектных организациях.

Не менее важным и перспективным направлением совершенствования АСПТ является использование в расчетах

технологического процесса с помощью компьютерных технологий современных математических методов оптимизации (блоки 1.3.1 и 1.3), что является одним из главных факторов повышения эффективности АСПП и широкого внедрения их в заводскую практику.

Проектируемый с помощью компьютерных технологий технологический процесс должен обеспечивать изготовление заготовок (поковок) высокого качества, минимальную трудоемкость их изготовления, высокий коэффициент использования сырья, основных материалов, энергии и топлива, полное использование производственных возможностей оборудования, наименьшую себестоимость единицы продукции, рентабельность производства при заданном масштабе выпуска поковок и т.д.

В разработанных автоматизированных системах проектирования технологии штамповки используют в основном технологические алгоритмы, полученные в результате специально проведенного статистического анализа либо путем обучения АСПП методами, также основанными на статистическом описании закономерности процессов. Однако при разработке статистических моделей нельзя учесть все множество технологических, организационных и других особенностей, встречаемых в реальных производственных условиях. Поэтому полученные статистическими методами алгоритмы используют только на первой стадии проектирования для предварительного выбора основных параметров процесса. Затем применяют математические методы оптимизации, которые позволяют определить оптимальные значения параметров процесса, учитывая технологические, эксплуатационные и другие факторы.

Оптимальный технологический процесс необходимо выбирать путем сопоставления экономических показателей всех теоретически возможных вариантов еще на стадии проектирования, чтобы определить в рамках системы стоимость каждого из них.

Впервые расчет экономических показателей возможных вариантов технологического процесса штамповки на молотах поковок типа тел вращения для выбора варианта с минимальной себестоимостью был реализован в АСПП, показанной на рис.1 (блок 2.1) 9. Аналогичные результаты получены в АСПП штамповки на КГШП и ГКМ поковок типа тел вращения (блоки 2.2 и 2.3) 2, 6 и др. В этих АСПП на основе математико-экономической модели варьируют основными параметрами процесса и выбирают их оптимальное сочетание. Это первый уровень оптимизации.

Второго, более высокого уровня оптимизации достигают созданием комплексных подсистем (блоки 2-4), причем, если в частных подсистемах (например, 2.1, 2.2 и 2.3) определяют оптимальный вариант штамповки на каком-то конкретном

оборудовании, то в комплексной подсистеме (например, блок 2) предусматривают уже выбор типа оборудования, на котором технически возможно изготовить поковку с наименьшей себестоимостью.

Третьего уровня оптимизации достигают при решении задач выбора технологических процессов штамповки с учетом оптимизации загрузки оборудования (блок 5) 10. В АСПТ (блоки 2.1 - 2.3) определяют техническую возможность изготовления поковки на данном типе оборудования, а также такие показатели, как себестоимость поковки, нормы времени, стойкость штампов, которые используют в качестве входных параметров оптимизации загрузки оборудования. Однако разработанные АСПТ еще не могут быть использованы для всех классов поковок и типов оборудования, вследствие чего автоматизированным способом нельзя получить всю исходную информацию для решения задачи оптимизации загрузки оборудования. Поэтому при решении указанной задачи с помощью компьютерных технологий рассчитывают параметры технологических процессов по приближенным формулам, полученным в результате статистического анализа производственных данных и позволяющим ориентировочно оценить себестоимость поковки, штучное время, стойкость штампов и т.д. для каждого класса поковок с учетом типа формообразующего оборудования, не проектируя при этом чертеж поковки, технологический процесс, штампы и оснастку.

Отметим, что повысить уровень оптимизации можно за счет объединения описанной системы с разрабатываемыми автоматизированными системами проектирования технологических процессов обработки резанием (в том числе для станков с программным управлением), свободнойковки, литья и автоматизированных систем оперативного управления, что позволяет решать задачи оптимизации с более общих позиций, выходящих за рамки экономики производства поковок в кузнечном цехе.

Еще более высокого уровня оптимизации можно достигнуть при объединении в единый комплекс автоматизированных систем конструирования изделий и технологического проектирования с автоматизированной системой управления технической подготовкой производства и других подсистем управления предприятиями. При этом в качестве исходных данных для проектирования технологических процессов могли бы служить полученные из компьютерных технологий результаты конструирования изделия, его узлов и деталей, а выходные данные о спроектированных технологических процессах могли бы автоматически пополнять нормативно-справочную информацию, используемую в АСУП для решения таких задач управления, как технико-экономическое и оперативное календарное планирование,

управление материально-техническим снабжением, инструментальная подготовка и т.д. Это значительно повысило бы эффективность каждой из подсистем.

Для решения описываемых проблем необходима единая методология и теория автоматизированных систем технологической и конструкторской подготовки производства, разработка единых или унифицированных систем кодирования, обеспечивающих совместимость их с ГОСТами, или разработка алгоритмов и программ преобразования информации из одной системы кодирования в другую, совершенные алгоритмические языки для решения задач технической подготовки производства, типовые алгоритмы и программы оптимального решения отдельных конструкторско-технологических задач с использованием наиболее совершенных математических методов оптимизации. Кроме того, нужны быстродействующие устройства для ввода и вывода графической информации и четкая координация всех работ по автоматизации проектирования и управления.

ГЛАВА - 3

КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ШТАМПОВКИ ПОКОВОК

При автоматизированном проектировании на компьютерных технологиях информация о чертеже готовой детали (после обработки резанием) и технических условиях на ее изготовление преобразуется в чертеж поковки, технологическую карту процесса штамповки, чертежи молотовых (прессовых) и обрезных штампов.

На рис.2 показана макроблок - схема АСПТ штамповки тел вращения на молотах, КГШП и КГМ. В ней в общих чертах показано взаимодействие основных блоков программы АСПТ. В данной схеме преднамеренно введен разный уровень детализации процедур преобразования информации, чтобы выделить общие части и структурные связи, присущие комплексной системе в целом. Так, процедура ввода исходных данных, расчета массы готовой детали Q_d и приближенного значения массы поковки Q_n , редактирования исходных данных, назначения припусков на обработку резанием и напусков на центральные отверстия (блоки А-Д), а также процедуры ввода результатов (блок Н) являются общими для всей АСПТ и не зависят от основных ее частей: субблока Ж по

проектированию технологии штамповки на ГКМ и субблока 3 по проектированию технологии штамповки на молотах и КГШП, которые являются более крупными по отношению к перечисленным процедурам и имеют каждый свою внутреннюю организацию и состав процедур, требующих детального рассмотрения.

Уже при первом знакомстве с методами проектирования технологии штамповки на молотах и КГШП нетрудно убедиться в их большом сходстве, объясняемом сходством самих процессов штамповки на этих видах оборудования. Поэтому для снижения затрат на создание АСПТ построена единая схема проектирования и общая структура алгоритма для этих видов оборудования (блок 3).

В то же время процесс проектирования технологии штамповки на ГКМ значительно отличается от упомянутых процессов и имеет лишь некоторые общие с ними процедуры, поэтому выделен на блок-схеме в виде самостоятельного субблока Ж.

Обратная связь блока И с блоком Г отражает возможность осуществления оптимизации решений для каждого из видов оборудования, а связь блока Л с блоком Г (через блоки М и Е) - возможность проектирования технологии для всех перечисленных видов оборудования с запоминанием результатов проектирования в блоке К для дальнейшего выбора оптимального варианта технологии.

Для более полного понимания схемы проектирования и состава процедур в АСПТ рассмотрим макроблок-схемы (по Б.Г. Богомолкову) субблоков Ж и 3 (рис. 3 и 4). Так как программы проектирования поковок и технологических процессов на ГКМ, молоте и КГШП и можно рассматривать как самостоятельные подсистемы данной АСПТ, то в каждую из приведенных схем включены и общие части АСПТ (показаны штриховыми линиями).

В основном макроблок-схемы (рис. 3 и 4) полностью отражают состав и последовательность исполнения процедур, поэтому не требуют подробных комментариев, однако следует отметить одну реализуемую в них особенность. Известно, что ориентация детали относительно линии разреза влияет на результаты проектирования. В специальной литературе отсутствуют четкие рекомендации по выбору ориентации исходной поковки. Известно, что условия формообразования в верхней части штампа молота более благоприятны, чем в нижней, так как часть деформируемого металла, находящаяся в нижней части штампа, быстрее охлаждается из-за более продолжительного с ней контакта. Кроме того, извлечь поковку из верхней части штампа легче, чем из нижней при одинаковой сложности их гравюры. Стойкость верхней части штампа при тех же условиях выше нижней. Поэтому поковку обычно ориентируют

так, чтобы в верхней части штампа находилась часть поковки с более сложной формы. Для ГКМ рекомендуется ориентировать поковку относительно линии разъема между пуансоном и матрицами так, чтобы большая часть работы по формообразованию поковки выполнялась наборными операциями. Этого, как правило, можно достигнуть в тех случаях, когда центр тяжести поковки расположен ближе к пуансону.

Все эти рекомендации, имея качественный характер, не выражены количественно. Однако технолог, обладая достаточной эрудицией и способностью зрительного восприятия чертежа, на основе общих рекомендаций почти безошибочно для большинства поволок может определить лучший способ ориентации. Для решения такого вопроса на компьютерной технологии нужно количественное выражение этих качественных понятий.

В описываемой АСПТ предусмотрено двукратное проектирование для двух способов ориентации с последующим обоснованием и выбором лучшего варианта.

Состав процедур на рис. 3 мало отличается от традиционного при проектировании технологии штамповки на молотах и КГШП, за исключением ряда специальных процедур, связанных с особенностями машинного способа преобразования геометрической информации. Для этих видов оборудования общая структура алгоритма имеет большое сходство с алгоритмами, применяемыми технологом. Основное различие заключается в способах (приемах) их реализации.

Информационные массивы, используемые в АСПТ, подразделяют на переменные, условно-постоянные и постоянные. Переменные массивы содержат кодированные сведения переменной информации, которая определяет особенность решаемой конкретной задачи. Эти массивы вводят в компьютерные технологии при решении очередной задачи. Условно-постоянные массивы содержат сведения о предприятии, для которого ведется проектирование (о составе оборудования, поступающем на завод металле и т.д.). Массивы вводят при привязке АСПТ к условиям конкретного производства. Постоянные массивы содержат инвариантную (неизменяемую) часть АСПТ (программы, подпрограммы, модули и т.д.).

Метод кодирования геометрического образа детали основан на задании координат вершин многоугольника, являющихся точками пересечения прямолинейных отрезков контура осевого сечения чистовой детали (рис. 5).

Кодированные сведения заносят в специальный бланк следующим образом.

1. Чертежный номер детали и марку используемой стали переносят с чертежа детали на кодировочный бланк в виде алфавитно-цифровых слов в той же форме, как они представлены на чертеже.

2. Определяют группу точности штамповки и годовую партию поковок и заносят в соответствующие графы кодировочного бланка как целые числа.

3. Правое полусечение детали относят к прямоугольной декартовой системе координат, причем ось ординат должна совпадать с осью вращения детали, а ось абсцисс может быть расположена произвольно (предпочтительнее под сечением).

4. Определяют расстояния от диаметральной ХВАЗ и высотной УВАЗ установочных баз для обработки резанием до соответствующих координатных осей и записывают в бланк в виде десятичных чисел в мм.

5. Строят выпукло-вогнутый многоугольник, охватывающий правое полусечение детали, и нумеруют его вершины числами натурального ряда. Вершины нумеруют в порядке расположения угловых точек контура. За начало обхода принимают любую из вершин многоугольника. Первая вершина должна быть и последней (замыкание контура).

6. Определяют координаты каждой вершины с точность до 0,1 мм и записывают в бланке в соответствующие поля как десятичные числа. Номер вершины записывают как целое десятичное число.

7. Каждой вершине соответствует радиус дуги R , скругляющий эту вершину охватывающего многоугольника, значение R записывают в бланке с точность до 0,1 мм, как положительное десятичное число.

8. Каждой вершине соответствует число C , равное классу шероховатости поверхности, сечение которой - сторона многоугольника с началом в этой вершине. Класс шероховатости поверхности записывают в бланке как целое положительное число. Класс шероховатости необрабатываемых поверхностей кодируют нулем ($C = 0$). Для последней точки контура число C записывают со знаком минус.

Таким образом, на бланке каждой вершине многоугольника соответствует кортеж чисел (X, Y, R, C) , при этом первая строка совпадает с последней (за исключением знака у числа C). Заполненный бланк содержит все необходимые для проектирования данные, которые затем переносят на перфоносители и вводят в компьютерные технологии.

Необходимые для построения чертежа поковки и технологических переходов результаты проектирования выпадают на алфавитно-цифровое печатающее устройство (АЦПУ) в такой же (см. кодировочный бланк) форме. Чертеж поковки по результатам расчета (декодирование) строят в порядке, обратном кодированию. Для оперативного определения качества проектирования на АЦПУ печатают эскизы чистой детали, поковки и технологических переходов. Данные о технологическом процессе выводят в форме технологической карты, отвечающей

основным требованиям ЕСКД, которая может являться рабочим документом, не требующим дополнительных переработок.

В табл. 6 приведены параметры технологических процессов штамповки нескольких поковок, спроектированных технологом и на компьютерных технологиях с помощью описанной АСПТ. Проверка комплекса программ на ряде заводов тракторного и сельскохозяйственного машиностроения показала его работоспособность и удовлетворительное качество проектируемых процессов.

ГЛАВА - 4

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ

В связи со сложностью процесса штамповки и недостаточностью знаний о нем применение аналитических методов, основанный на изучении физических явлений, создает большие трудности при решении задач оптимизации и автоматизации проектирования. Однако развитие кибернетики позволяет поставить вопрос об оптимизации процесса штамповки при небольшом объеме знаний физических явлений процесса. Основываясь на идее "черного ящика", определяют связь между входными и выходными параметрами системы, не задумываясь о происходящих в ней элементарных процессах. При этом нахождение наилучших условий протекания процесса штамповки сводится к опробованию и сопоставлению различных допустимых значений параметров процесса штамповки.

Приведенные в гл. 2-3 алгоритмы расчета технологических параметров процесса горячей штамповки получены в основном в результате обобщения передового опыта методами математической статистики, поэтому их применение в АСПТ обеспечивает достаточно хорошее приближение к оптимальному технологическому процессу. Однако использование статистических закономерностей в качестве алгоритмов может обеспечить в лучшем случае лишь технико-экономический уровень проектирования, достигнутый на передовых предприятиях в момент сбора статистических данных. Оптимальное проектирование с использованием компьютерных технологий станет возможным только при более глубоком экономическом анализе взаимосвязей технологических параметров и при исследовании тенденций изменения основных технико-

экономических показателей процесса штамповки в результате варьирования его технологических параметров. Для этого необходимо построить математико-экономическую модель, представляющую собой систему уравнений, связывающих технологические параметры с экономическими показателями. Такая модель позволит вскрыть резервы производства и определить оптимальный вариант процесса. При этом качественный экономический анализ можно заменить количественным, что необходимо при машинном способе проектирования.

В соответствии с научно-методическими принципами решения задач оптимизации проектирования технологических процессов сформулируем задачу оптимизации для разработки технологии штамповки поковок.

Затраты на производство поковок зависят от технологических параметров процесса штамповки. Поэтому необходимо найти такие параметры, которые бы обеспечили технические требования, предъявляемые к процессу, и минимальные затраты на него, или достигнуть такого сочетания технологических параметров процесса, при котором расходы на производство данной поковки будут минимальны. Следовательно, необходимо выполнение условия где R - технологическая себестоимость изготовления поковки; R - число учтенных элементов затрат; c_j - элементы удельных затрат; $x_1, x_2, \dots, x_n$ - технологические параметры.

Варианты технологических процессов целесообразно сравнивать, не анализируя все затраты, из которых складывается заводская себестоимость продукции, а только те из них, которые непосредственно связаны с изменением параметров технологического процесса. Сумму затрат, отражающих эффективность сравниваемых вариантов технологических процессов, можно назвать технологической себестоимостью.

В технологическую себестоимость включают затраты на материалы, заработную плату производственных рабочих, затраты на оснастку и эксплуатацию оборудования и др. Информация об условиях производства включает состав цехового оборудования, величину партии и характеристики поковки и штампа (объем, массу, максимальную высоту и диаметр поковки, сложность ее формы, положение внешней и внутренней линий разреза штампа). Варьируемыми параметрами, обуславливающими режим технологического процесса, являются масса падающих частей молота, высота и диаметр заготовки, размеры заготовки после осадки, размеры заусенечного мостика.

Как отмечают многие авторы, стоимость металла составляет более половины себестоимости поковок, поэтому снижение расхода металла дает значительный экономический эффект. Увеличение на 25% производительности труда при

штамповке снижает себестоимость поковок только на 7,5%, при этом достигнуть такого повышения производительности нельзя без коренных изменений оборудования и способов штамповки.

ГЛАВА-5

ОПТИМАЛЬНЫЙ ВЫБОР КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.

Важнейшей задачей проектирования технологического процесса является разработка оптимальных условий выбора и эксплуатации кузнечно-штамповочного оборудования. Увязывание требований технологического процесса с возможностями оборудования позволяет добиться как повышения качества готовой продукции, так и улучшения условий эксплуатации машин. Главная проблема заключается в том насколько успешно той или иной технологический процесс может быть выполнен на определенной машине. Так особенностью эксплуатации КГШП (кривошипно-горячештамповочные прессы), на которых реализуются технологические процессы горячей штамповки, служат зависимости получаемой точности штамповок от параметров технологического процесса и характеристик (в основном жесткостных) оборудования.

Входными параметрами модели для выбора оборудования служат выходные характеристики расчета контактных напряжений (Л.3), такие как:

- $P(X, Y, S)$ - удельное усилие;

- (X, Y, S) - касательные напряжения, действующие на штамп со стороны деформированного металла.

Параметры управления - это сведения об имеющимся оборудовании:

P_h - номинальное усилие прессов;

L_h - запас энергии;

C - жесткость;

$\sigma_{\tau}, \sigma_{\mu}$ — вероятностные характеристики технологических параметров;

h - допуск на высотные размеры поковок и штамповок.

Выходные параметры:

Y_{22} - производительность;

Y_{23} - степень автоматизации;

Y_{24} - энергоемкость процесса.

Важным вопросом правильной эксплуатации КГШП является защита их от перегрузок (повышение нормального усилия прессы). При выборе прессы для изготовления определенной поковки

считают, что усилие штамповки должно быть меньше или равно номинальному усилию прессы. Однако следует учесть, что номинальное усилие КГШП развивается в конце хода ползуна на расстоянии (0,01 - 0,03) мм. от крайне нижнего положения. Поэтому достаточно малейшей ошибки в расчете усилия прессы, чтобы он подвергся перегрузке, а значит возможности заклинивания кривошипно-шатунного механизма и поломки отдельных его деталей. В настоящее время нет ни одного достаточно надежного устройства, способного предохранить пресс от перегрузки. Поэтому очень важна правильная система эксплуатации, которая должна служить залогом безаварийной работы прессы.

В силу нестабильности технологических параметров величина усилия штамповки является недетерминированной (нелинейной). Поэтому одним из критериев выбора оборудования должно служить условия исключения случайной перегрузки кузнечно-штамповочных машин.

Поскольку закон распределения случайной величины - усилия штамповки - близок к нормальному и практически рассеивание этой величины не превышает трех среднеквадратичных отклонений от среднего значения, то условие отсутствия перегрузок прессы при изготовлении поковок будет

$$P_0 = 3 \sigma_p \leq P_n$$

где P_0 - среднее (расчетное) усилие штамповки.

Полученное условие может быть переписано как ограничивающее среднее значение усилия штамповки:

$$P_0 \leq P_n - 3 \sigma_p$$

Учитывая, что усилие штамповки связано с деформацией машины, т.е. изменением высотных размеров через жесткость прессы, то и характеристики распределения этих величин также будут связаны:

$$\sigma_p = C \sigma_h$$

Тогда условие отсутствия перегрузки прессов подчиняется выражению (1). т.е. перегрузки не произойдет, если среднее значение усилия штамповки будет подчиняться условиям (1) и (2),

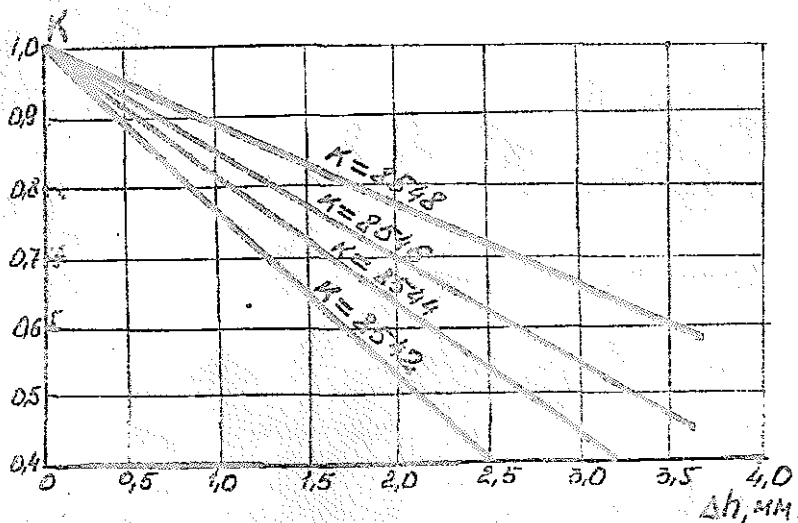
другими словами на определенную величину будет меньше номинального усилия пресса.

Характеристикой этого может служить коэффициент использования усилия прессов, который в зависимости от точности штампуемых поковок или стабильности технологических параметров определяет границу возможности использования силовых и энергетических показателей машин.

Коэффициент использования номинального усилия K зависит от величины колебаний высотных размеров поковок и жесткости системы "пресс-штамп". Чем выше требования к точности поковок, тем больше значения коэффициента K .

На рис. видно, что для поковок первой группы точности по ГОСТ 7505-75 (диапазон рассеивания высотных размеров 1,5-2,5 мм.) значения коэффициента находятся в диапазоне 0,65-0,8. При увеличении точности высоты штампуемых поковок до 0,3 мм, коэффициент может быть увеличен до 0,95. Отсюда следует, что расчетное усилие штамповки должно быть несколько меньше номинального усилия пресса.

Важнейшими параметрами, от которых зависит точность поковок, является температура штамповки и условия трения. Даже при одном и том же нагреве температура окончания штамповки может быть различной в зависимости от времени, которое затрачивается на доставку заготовки от печи к прессу, смазку штампа, укладку заготовки в ручей, т.е. ритма штамповки.



Зависимость коэффициента использования номинального усилия K от точности штампуемых поковок.

Различная температура нагрева заготовок обуславливает различное сопротивление деформации, а значит, и различные упругие деформации деталей пресса (вала, шатуна, ползуна, станины), в результате чего поковки получаются с отклонениями от номинального размера. Для обеспечения точной штамповки устойчивость температурного режима и производственного ритма штамповки является необходимым и обязательным условием.

В случае некорреляции случайных величин T и h , что имеет место в технологических процессах горячей штамповки, среднее квадратичное отклонение высоты поковки от требуемого размера но составит:

$$\sigma_n = \sqrt{\sum_{i=1}^n a_i^2 \sigma^2 x_i} \quad (4)$$

где

$$a_i = (\partial P / \partial x_i) / [C - (\partial P / \partial h)]$$

- функция, преобразующая погрешность параметров в погрешность высоты поковки.

Технологический процесс должен разработан таким образом, чтобы все поковки удовлетворяли заданной точности, т.е. их высота должна находиться в диапазоне

$$h_{\min} < h < h_{\max},$$

где $h_{\min}$ и $h_{\max}$ - минимально и максимально допустимая величина высоты поковки соответственно.

Данная модель позволяет решать задачи выбора оборудования для штамповки повокот заданной точности при реализации технологических процессов на конкретном оборудовании при заданных технологических параметрах. Вопрос о повышении стабильности технологических параметров может решаться различными путями.

К примеру, повышение стабильности нагрева (температура штамповки) может быть достигнуто или совершенствованием средств нагрева (перехода от пламенного нагрева к индукционному), или использованием роботов, фиксирующих время транспортировки заготовок и имеющих датчики, обеспечивающие включение кузнечно-штамповочного оборудования только при определенной температуре заготовки. Поэтому параметры управления, решающие задачу выбора оборудования, часто не являются однозначными.

Выходные параметры данной модели определяют значения частных критериев технологического процесса и затраты, что в комплексе решает задачу выбора оборудования.

Рассмотренная модель может быть использована так же для минимизации усилия штамповки за счет изменения положения гравюры в штампе, определения центра давления, оценки на технологический процесс конструктивных параметров штампа - размера и вида облойного мостика, смыкания штампов и т.д.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАГРУЗКИ КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.

Рассмотрим математическую постановку задачи оптимизации загрузки кузнечно-штамповочного оборудования (КШО), т.е. выбора оптимального сочетания технологических процессов обработки металлов давлением в кузнечно-штамповочном производстве.

Предположим, что в кузнечно-штамповочном цехе N единиц оборудования КШО, на котором должно быть изготовлено G изделий. В этой задаче под s -м изделием ($s=1, 2, \dots, G$) понимают годовую, квартальную, месячную или другую программы конкретной s -й поковки, изготавливаемой по n -му технологическому процессу ($n=1, 2, \dots, N$). Время изготовления s -го изделия на n -ном оборудовании обозначим через sn , а себестоимость изготовления s -го изделия на n -ном оборудовании через C_{sn} . Каждое оборудование имеет фонд времени bn . Каждое s -е изделие можно изготовить не на любом n -м из числа N кузнечно-штамповочном оборудовании определенных типоразмеров, число которых

$$N_s \leq N,$$

т.е. номер оборудования n , на котором можно изготовить s -е изделие принадлежит множеству номеров

$$N_s (n \in N_i).$$

Пусть m - совокупность номеров тех изделий, которые по техническим условиям можно изготовить на n -ном оборудовании

$$s \in m; \quad m \in r.$$

Необходимо разработать такие варианты технологического процесса изготовления поковок или штамповок на имеющемся в цехе оборудовании, исходя из его фонда времени, чтобы производство всех поковок и штамповок заданной номенклатуры было оптимальным.

Введем переменные X_{sn} с допустимыми значениями 0 и 1:

$X_{sn} = 1$, если s -е изделие изготавливают на n -ном КШО;

$X_{sn} = 0$, если s -е изделие не изготавливают на n -ном КШО.

Обозначим набор пар индексов (s, n) , которые отвечают s -му изделию и n -му кузнечно-штамповочному оборудованию, при возможности изготовления s -го изделия на n -ном КШО, через E . Тогда задача оптимизации закрепления деталей (технологического процесса) за кузнечно-штамповочным оборудованием при минимальных затратах на изготовления всей номенклатуры поковок и штамповок в данном цехе в заданный отрезок времени сводится к минимизации целевой функции (стоимость производства всех поковок и штамповок):

$$C = \sum_{s=1}^N \sum_{n \in N} C_{sn} X_{sn} = \quad (5)$$

$$= \sum_{n=1}^N \sum_{n \in N} C_{sn} X_{sn} = \sum_{(s,n) \in E} C_{sn} X_{sn}$$

при условиях (ограничениях)

$$\sum_{n \in N_s} X_{sn} = 1, S = 1, 2, \dots, r. \quad (6)$$

$$\sum_{n \in N_s} \lambda_{sn} X_{sn} \leq b_n, n = 1, 2, \dots, N \quad (7)$$

$$X_{sn} = 0, \text{ (0 или 1)} \quad (8)$$

Условие () означает, что при изготовлении s -го изделия на n -ном оборудовании всю партию поковок нужно изготавливать только на данном КШО (требование целочисленности).

Условие () ограничивает суммарное время изготовления всех поковок на данном кузнечно-штамповочном оборудовании, установленным фондом времени b_n .

Из условия () следует, что переменные X_{sn} могут быть равны 0 или 1.

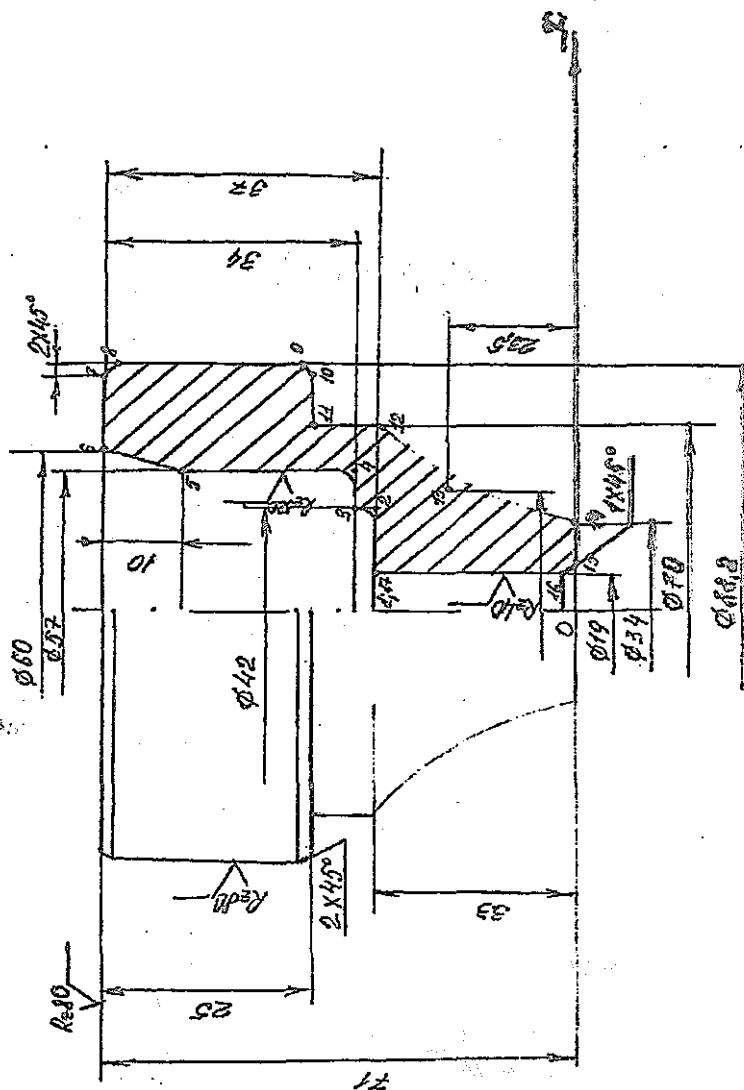
Целью оптимизации загрузки кузнечно-штамповочного оборудования может быть и минимизация времени на изготовление поковок и штамповок. Для этого в качестве целевой функции принимают суммарное время изготовления поковок и штамповок:

$$T = \sum_{S=1} \sum_{n \in N_s} \lambda_{sn} X_{sn} =$$

$$= \sum_{n=1}^N \sum_{S \in \Gamma} \lambda_{sn} X_{sn} = \sum_{(s,n) \in E} \beta_{sn} X_{sn}(g)$$

при этом условия (6) - (8) остаются неизменными.

Номер чер- тежа дета- ли	Материал		Внутрен- няя точность штатного		ХВАЗ, мм		УВАЗ, мм		Подобая, партия поковки
			2		35		0		
Номер точки	Х, мм	У, мм	Р, мм	Л	Номер точки	Х, мм	У, мм	Р, мм	С
1	9,5	34	0	40	10	42,1	46	0	80
2	21	34	3	320	11	35	46	0	320
3	21	37	0	320	12	35	33	0	0
4	28,5	37	3	320	13	20	23,5	15	0
5	28,5	61	0	0	14	17	0	0	40
6	30	71	0	80	15	10,5	0	0	80
7	42,1	71	0	80	16	9,5	1	0	40
8	44,1	69	0	80	17	9,5	34	0	40
9	44,1	48	0	80					



Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В. С. Рахматуллаев. "Системы автоматизированного проектирования технологических процессов ковки и горячей штамповки". Т., ТашГТУ, 1994г., 104 с.

2. В. С. Рахматуллаев. "Вопросы оптимального управления технологических процессов горячей объемной штамповки КШП". Т., ТашГТУ, 1995г., 78 с.

3. Ф. С. Абдуллаев, Р. Р. Загидуллин. "Металларни босим билан ишлаш жараёнлари технологик вазифалари ечимлари". Т., ТошДТУ, 1996, 93 б.

4. Ф. С. Абдуллаев, Р. Р. Загидуллин. "Болгалаш штамплаш жихозлари". Т., ТошДТУ, 1996, 156 б.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Глава I	стр.
Основные принципы создания систем автоматизации проектных работ	3
Глава II	
Перспективы развития автоматизированного способа проектирования в горячештамповочном производстве.....	9
Глава III	
Комплексная автоматизированная система проектиро- вания ТП штамповки поковок	15
Глава IV	
Постановка задач оптимизации	17
Глава V	
Оптимальный выбор кузнечно-штамповочного обору- дования	21
Глава VI	
Оптимизация загрузки кузнечно-штамповочного обо- рудования	25
Литература	33
Оглавление	34

Валерий Сагдиевич Рахматуллаев
Рафаэл Ракимуллаевич Загидуллин

**МЕТОДИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ
СИСТЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ (АСТП) КУЗНЕЧНО-ШТАМПО-
ВОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА.**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Редакторы: М.Ш. Рахматуллаева
Н.С. Поначалова

Темплан, 1999 г.
Усл. печ. листов 2,2

Подписано к печати 25.10.99 г. Формат бумаги 60х84 1/16.
Объём 2,25 п.л. Тираж 50 экз. Заказ № 977.
Отпечатано в типографии ТашГТУ. г. Ташкент, ул. Талабалар, 54