

Работа выполнена в Кузбасском ордена "Знак Почета"
инженерно-строительном институте им. А.И.Микояна

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор Бочаров Ю.А.

Официальные оппоненты - доктор технических наук
профессор
Власов О.Г.

- кандидат технических наук
старший научный сотрудник
Сопочкин В.А.

Ведущее предприятие - указано в решении специали-
зованного совета.

Защита диссертации состоится "20" марта 1985 г.
на заседании специализированного совета Д 053.15.05 в Москов-
ском государственном университете по адресу:

для, заверенный

библиотеке МВТУ им.

1985 г.

ОВЧИННИКОВ А.Г.

М430100

Актуальность темы. В свете решений XXVI съезда КПСС, ноябрьского (1982 г.), июньского (1983 г.) Пленумов ЦК КПСС и постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР "О мерах по ускорению научно-технического прогресса в народном хозяйстве" актуальной является задача разработки на базе применения микро-ЭВМ автоматизированного оборудования, в том числе и прессового, и создания на его основе гибких автоматизированных производств. В настоящее время все большее применение получает штамповка в закрытых штампах и штамповка выдавливанием в разъемные матрицы, обеспечивающие более высокий коэффициент использования металла. Для решения этой задачи разработана система позиционного [1] управления энергией удара пресса, но они не обеспечивают достаточной точности, так как в них отсутствует обратная связь по результатам штамповки. В связи с этим возникла необходимость разработки адаптивных систем управления энергией удара пресса, позволяющих компенсировать неадекватность математической модели процесса штамповки, случайные изменения силовых и энергетических характеристик пресса и систематические погрешности измерения параметров.

Тема диссертационной работы оформилась в процессе выполнения научно-исследовательских работ, проводимых на кафедрах АМ-6 МВТУ им. Н.Э.Баумана и высшей математики КуИСи им.А.И.Микояна в рамках договора о творческом содружестве между коллективами кафедры АМ-6 МВТУ им.Баумана, НИИ гидравлических машин КуИСи, кафедр высшей математики и гидравлики КуИСи им.Микояна, Чемкентского производственного объединения по выпуску кузнечно-прессового оборудования по проблеме: "Разработка, создание и исследование автоматизированных технологических комплексов для точной объемной штамповки на базе винтовых прессов с адаптивными системами управления по параметрам технологического процесса" на период с 1980 г. по 1985 г.

Специфические условия технологического процесса штамповки создают определенные трудности для применения результатов, полученных в смежных отраслях промышленности при разработке адаптивных систем управления, а отсутствие адаптивного управления процессом закрытой объемной штамповки сужает возможности применения прессового оборудования в гибких автоматизированных производствах.

В связи с этим актуальной является разработка и исследова-

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана



1430100

Пашин В.Е. Разработка метод



ние как отдельных элементов, например, новых измерительных устройств и устройств дозирования энергии удара, так и методики проектирования адаптивных систем управления процессом штамповки в целом, соответствующих современному состоянию технологии штамповки, кузнечно-прессовых машин, информационно-измерительной и вычислительной техники и создание на их основе приборного и математического обеспечения систем адаптивного управления процессом штамповки.

Цель работы - создание методики проектирования адаптивных систем управления процессом штамповки на основе результатов разработки и исследования адаптивной системы управления энергией удара специализированного винтового прессы двустороннего действия для штамповки выдавливанием в разъемные матрицы деталей типа лопаток ГТД, отличающейся от существующих наличием обратной связи по результатам штамповки и применением микро-ЭВМ.

Для этого необходимо решение следующих задач:

1. Разработка математической модели процесса штамповки с учетом особенностей технологии и инструмента.
2. Разработка методов и приборного обеспечения измерений отклонения энергии удара прессы от необходимой энергии деформирования заготовки.
3. Разработка методов компенсации систематических аддитивных и мультипликативных составляющих погрешностей в процессе управления энергией удара прессы.
4. Разработка алгоритма адаптивного управления энергией удара прессы в зависимости от температуры и массы заготовки.

Методы исследований. В качестве основных методов использовались аналитический и метод математического моделирования на ЭВМ, а для подтверждения работоспособности устройств прессового производства использовался экспериментальный метод. При аналитических исследованиях использовался аппарат теории обработки металлов давлением, теории вероятностей, математической статистики и отдельных разделов математического анализа. При математическом моделировании использовался метод Монте-Карло.

Научная новизна. 1. Разработана математическая модель процесса штамповки выдавливанием в разъемные матрицы деталей типа лопаток ГТД, учитывающая изменение необходимой энергии деформирования заготовки в зависимости от ее температуры и массы.

2. Разработаны методы измерений величин недостаточности и избыточности эффективной энергии удара прессы относительно необ-

ходимой энергии для качественной штамповки детали, определена приборная реализация измерительных устройств.

3. Разработан алгоритм адаптивного управления энергией удара пресса в зависимости от температуры и массы заготовки, легко реализуемый с помощью микро-ЭВМ и обеспечивающий компенсацию систематических аддитивных и мультипликативных составляющих погрешностей.

4. Разработана методика и программа моделирования работы различных вариантов систем управления энергией удара пресса на ЭВМ ЕС 1020 и проведен сравнительный анализ точности работы различных вариантов систем управления.

5. Разработана адаптивная система управления энергией удара экспериментального специализированного пресса ПМГ-2М на базе микро-ЭВМ "Электроника С5-12".

6. Разработана методика проектирования адаптивных систем управления энергией удара пресса с учетом требований к точности штампуемых деталей, особенностей пресса и технологии штамповки.

Автор выносит на защиту:

- математическую модель процесса штамповки выдавливанием в разъемные матрицы деталей типа лопаток ГТД;
- методы измерения величин недостаточности и избыточности эффективной энергии удара пресса относительно необходимой энергии для качественной штамповки детали;
- алгоритм адаптивного управления энергией удара пресса в зависимости от температуры и массы заготовки;
- методику математического эксперимента для сравнительного анализа качества работы различных вариантов управления;
- методику проектирования адаптивных систем управления энергией удара пресса.

Практическая ценность. Разработанная система адаптивного управления процессом штамповки позволяет снизить процент брака, повысить долговечность инструмента и надежность пресса в целом, расширить возможности применения прессового оборудования в качестве модулей гибких автоматизированных производств, а разработанная методика проектирования позволяет наиболее рационально выбрать структуру и сократить сроки создания новых систем управления процессом точной объемной штамповки и штамповки выдавливанием в разъемные матрицы.

Реализация результатов работы. Разработанная функционально-

структурная схема системы управления энергией удара положена в основу системы управления модернизированным процессом ПМГ-2М, а методика проектирования внедрена при выполнении работ по целевой программе "Создание и внедрение на предприятиях отрасли специализированных винтовых прессов с разъемными матрицами и автоматизированных комплексов на их основе для горячей штамповки заготовок с высоким КИМ на период 1983-1990 гг.". Ожидаемый экономический эффект от внедрения методики составляет 48,3 тыс. руб.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на У Всесоюзной научно-технической конференции "Совершенствование кузнечно-штамповочного оборудования ударного действия" (Ижевск, 1979), на УІ Всесоюзном симпозиуме "Эффективность, качество и надежность эрготехнических систем" (Новгород, 1981), на УІ научно-технической конференции "Совершенствование кузнечно-штамповочного оборудования ударного действия и создание робототехнических комплексов горячей штамповки" (Ижевск, 1982), на УІ Всесоюзной научно-технической конференции "Информационно-измерительные системы-84" (Куйбышев, 1983), на ІХ научно-технической конференции факультета математических знаний (Куйбышев, 1984).

Публикации. По теме работы имеется 7 публикаций и получено І авторское свидетельство на изобретение.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, пяти разделов и заключения, содержит 132 стр. машинописного текста, 61 рисунок и фотографий на 41 страницах, 14 таблиц на 12 страницах, список литературы из 142 наименований на 13 стр. и приложения на 43 страницах. Автор выражает благодарность научному консультанту доц., к.т.н. Кондратенко В.Г.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, дан краткий анализ существующих методов и обоснование принятого в работе подхода к решению поставленной задачи, конкретизированы цели исследования и сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первом разделе проведен анализ современного состояния разделов науки и техники, непосредственно связанных с проблемой

автоматизации технологического процесса горячей точной объемной штамповки.

Показано, что для увеличения стойки инструмента, повышения надежности пресса в целом и снижения процента брака отштампованных деталей необходимо регулировать энергию удара пресса в зависимости от температуры и массы заготовки. Показано, что требованиям горячей точной объемной штамповки наиболее полно удовлетворяют винтовые прессы с гидравлическим или дугостаторным приводом, оборудованные системами управления энергией удара. При разработке системы управления технический процесс штамповки должен рассматриваться как динамическая система, управляющими параметрами которой являются температура и масса заготовки, а управляемым параметром — энергия удара пресса. Для построения математической модели этого процесса наиболее подходит метод баланса работ, предложенный в свое время Э.Зибелем и И.Л.Перлиным, позволяющий получить верхнюю оценку зависимости работы внешних сил от хода пуансона, а значит и от объема заготовки, и экспоненциальная зависимость сопротивления деформации, а значит и работы внешних сил, от температуры, предложенная С.И.Губкиным. Перейдя в полученной зависимости к конечным приращениям, можно получить закон изменения энергии удара пресса в зависимости от температуры и массы заготовки в виде:

$$W = W_n + K_T \Delta T + K_m \Delta m, \quad (I)$$

W — расчетное значение энергии удара пресса при заданных температуре и массе заготовки, ΔT и Δm — отклонения температуры и массы заготовки от расчетного значения, K_T и K_m — коэффициенты пропорциональности. В силу оценочного характера расчета зависимости работы внешних сил от управляющих параметров, физической идеализации процесса, линеаризации зависимости и из-за погрешностей в определении силовых и энергетических параметров пресса, точность описания процесса штамповки получается невысокой, для повышения точности регулирования энергии удара коэффициенты K_T , K_m и W_n математической модели (I) должны подстраиваться во время работы системы. Таким образом, система управления ударом должна быть адаптивной. Адаптивный принцип управления требует выполнения большого количества математических операций и измерения ошибок управления, поэтому, по-видимому, до настоящего времени разрабатывались лишь позиционные [1] системы управления энергией удара пресса. Целью

настоящей работы является разработка методики проектирования адаптивных систем управления энергией удара пресса на примере разработки адаптивной системы управления энергией удара специализированного гидробинтового пресса двустороннего действия для горячей штамповки выдавливанием в разъемные матрицы деталей типа лопаток ГТД.

Второй раздел работы посвящен разработке математической модели процесса штамповки выдавливанием в разъемные матрицы деталей типа лопаток ГТД. Штампуемая деталь представляет собой четыре заготовки лопаток, соединенные замковыми частями и образующими в плане крест. Для упрощения математических выкладок конфигурация реальных перьевых частей деталей заменена равнобе-ликовыми по объему и боковой поверхности цилиндрами. Процесс штам-повки разбит на шесть стадий: - осадка заготовки до диаметра пуансона;

- заполнение замковой части детали;
- запираание отверстий перьевых частей и заполнение трудно-доступных зон замковой части;
- выдавливание металла в перьевые части;
- запираание отверстий компенсаторов и заполнение трудно-доступных зон перьевых частей;
- выдавливание излишков металла заготовки в компенсатор-

ные полости. На каждом этапе методом баланса работ получена верхняя оценка зависимости работы внешних сил от хода пуансо-нов, затем методом припасовывания получена общая зависимость работы внешних сил на всем ходе, причем, на последнем этапе эта зависимость получилась линейной. На последнем этапе ход пуансонов пропорционален превышению объема заготовки объема гра-вюры штампа, поэтому зависимость необходимой работы внешних сил, а значит и энергии удара пресса W от объема (или мас-сы) заготовки может быть представлена в виде:

$$W = W_N + W_N \Delta m, \quad (2)$$

W_N - значение энергии удара при расчетном значении массы за-готовки; Δm - относительная величина отклонения массы от рас-четного значения. В выражении (2) W_N пропорциональна величине сопротивления деформации, зависящей от температуры по экспонен-циальному закону, таким образом

$$W_N = \sigma_0 K_A e^{-\alpha T}, \quad (3)$$

σ_0 - сопротивление деформации, экстраполированное к 0°K , T - температура металла в $^\circ\text{K}$, α - температурный коэффициент, K_A - коэффициент пропорциональности. Продифференцировав выражение (3) по T и перейдя к конечным приращениям, получим:

$$\Delta W = -\alpha \cdot \frac{W_n}{T_n} \cdot \Delta T, \quad (4)$$

T_n - расчетное значение температуры заготовки, ΔT - относительная величина отклонения температуры от расчетного значения. Объединив выражение (2) и (4), получим выражение (I), где величины K_r , K_m и W_n определены с погрешностями, кроме этого, из-за запаздывания в системе управления, разброса параметров пресса и погрешностей измерений возникают дополнительные погрешности, которые необходимо компенсировать во время работы. С этой целью управление (I) целесообразно представить в виде:

$$W_i = W_n + (K_r + \overline{\Delta K_r}) \Delta T_i + (K_m + \overline{\Delta K_m}) \Delta m_i + \overline{\Delta W}, \quad (5)$$

индекс i - соответствует номеру штампуемой детали, величины $\overline{\Delta K_r}$, $\overline{\Delta K_m}$ и $\overline{\Delta W}$ подстраиваются в соответствии с результатами штамповки предыдущих деталей. На рис. I представлена структурная блок-схема управления энергией удара пресса [2], где символом δ обозначены погрешности, а символом Δ - измеренные и вычисленные значения параметров и коэффициентов.

В третьем разделе рассматриваются вопросы приборной реализации адаптивной системы управления энергией удара пресса, основными из которых являются: анализ возможных вариантов дозирования энергии удара, выбор устройств для измерения управляющих параметров, разработка методов измерения ошибок управления и компенсации погрешностей, разработка алгоритма управления энергией удара пресса ПМГ-2.

Основными вариантами дозирования энергии удара пресса являются: регулирование хода разгона ползунов в соответствии с необходимой энергией удара и отключение привода по достижению подвижными частями скорости, соответствующей необходимой энергии удара. В работе показано, что для горизонтальных винтовых прессов с гидравлическими приводами, когда повторное включение привода за время рабочего цикла связано с большими техническими трудностями, предпочтительнее применение первого варианта: при этом возникают погрешности из-за разброса давлений в рабочей магистрали и аккумуляторе, из-за ошибок при определении величины хода разгона и инерционных параметров пресса, но отсутствует

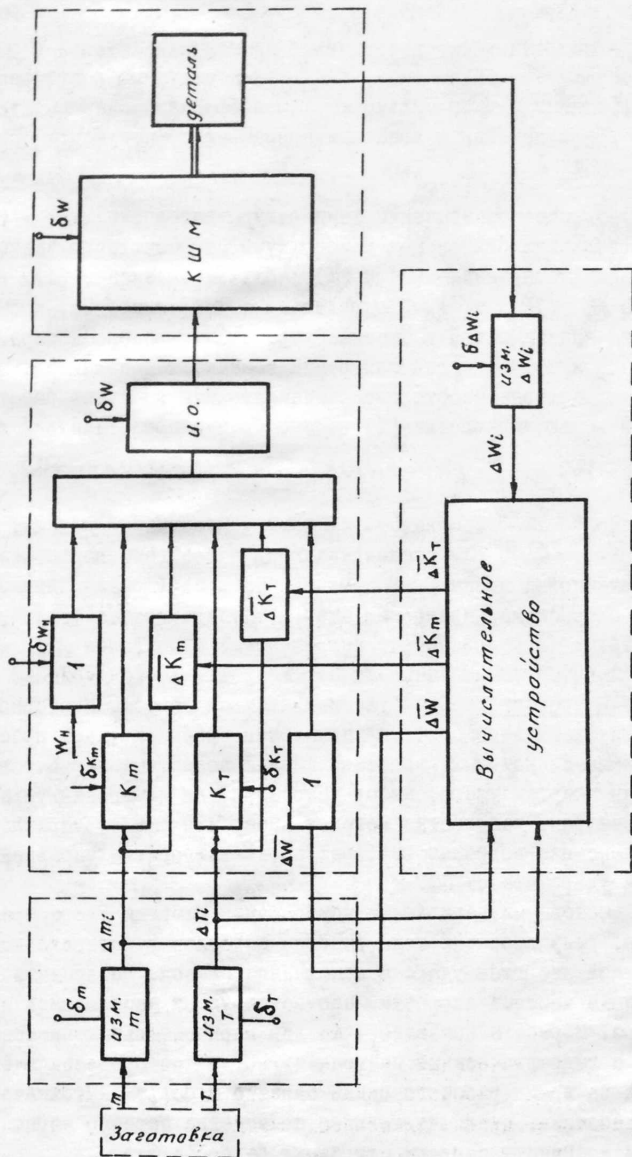


Рис. 1. Структурная блок-схема управления энергией удара прессы

неуправляемый участок разгона и поэтому легче компенсировать влияние изменения сил трения в подвижных частях. Для горизонтальных винтовых прессов с дугостаторными приводами, по-видимому, предпочтительнее второй вариант, так как коммутирующие элементы на мощных тиристорах способны обеспечить многократное включение привода за рабочий цикл и, таким образом, стабилизировать заданную скорость подвижных частей пресса до момента касания пуансоном заготовки. Для измерения хода разгона ползунов пресса ПМГ-2 выбран датчик угла поворота (ДУП) вала синхронизатора, кинематически связанного с обоими ползунами, разработанный в Куйбышевском авиационном институте им. С.П.Королева.

Для определения температуры заготовки выбран измеритель рабочей температуры, прошедший апробирование в производственных условиях на Омском моторостроительном объединении им. П.И.Баранова.

Для измерения массы заготовки выбрано устройство для контроля массы и сортировки заготовок, разработанное в Ижевском механическом институте и внедренное на металлургическом комплексе "Ижмаш".

Идеальным управлением эффективной энергии пресса является случай, когда ползуны касаются упоров без удара. Если эффективная энергия пресса меньше необходимой энергии для штамповки детали, то ползуны не доходят до упоров, при этом величина недохода прямо пропорциональна недостатку эффективной энергии пресса:

$$\Delta W = K_w \Delta h, \quad (6)$$

ΔW - величина недостатка эффективной энергии пресса; Δh - величина недохода ползунов до упоров; K_w - коэффициент пропорциональности. Для измерения величины недохода ползунов до упора, выбран вихретоковый измеритель перемещений ВИП-100, разработанный на кафедре электротехники и апробированный в лаборатории обработки металлов давлением Куйбышевского авиационного института им. С.П.Королева. Если эффективная энергия пресса превышает величину необходимой энергии для штамповки детали, то происходит удар ползунов по упорам, при котором в паре винт-гайка возникают большие усилия. Полагая, что зазоры к моменту удара выбраны, удар происходит без отскока и кинетическая энергия

подвижных частей полностью переходит в потенциальную энергию деформации элементов конструкции пресса, избыток энергии может быть оценен как:

$$\Delta W^+ = \frac{1}{2k_n} (F_{yn}^2 - F_n^2), \quad (7)$$

ΔW^+ - величина избытка эффективной энергии пресса; k_n - коэффициент жесткости пресса; F_{yn} - максимальное усилие на упоре; F_n - максимальное усилие на пуансоне. Предложена схема устройства для измерения избытка энергии удара пресса, где усилие на пуансоне измеряется тензометрическим датчиком, а усилие на упоре - тремя мездозами, установленными по окружности через 120° .

В работе доказано, что для компенсации аддитивных составляющих погрешностей $\overline{\Delta W}$ в выражении (5) должно равняться математическому ожиданию погрешности управления ΔW_i [3], [4]. Для определения ΔW целесообразно воспользоваться алгоритмом экспоненциальной фильтрации статистической информации [5], этот алгоритм позволяет компенсировать медленно меняющиеся составляющие погрешностей:

$$\overline{\Delta W} = \alpha \sum_{i=1}^n \Delta W_i (1-\alpha)^{n-i}, \quad (8)$$

α - постоянный коэффициент усиления фильтра. Для вычисления ΔK_r и ΔK_m целесообразно воспользоваться методом регрессионного статистического анализа. В этом случае

$$\overline{\Delta K_r} = \frac{\mu_{TW}}{\sigma_r^2}, \quad \overline{\Delta K_m} = \frac{\mu_{mW}}{\sigma_m^2}, \quad (9)$$

μ_{TW} - ковариация переменных ΔT и ΔW , μ_{mW} - ковариация переменных Δm и ΔW , σ_r^2 и σ_m^2 - дисперсии случайных величин изменения ΔT и Δm . Для вычисления моментов случайных величин можно воспользоваться адаптивными методами обработки информации [6], [7]. При наличии микро-ЭВМ в системе управления удобнее воспользоваться методом текущего среднего, предложенным Н.С.Райбоном. В этом случае выражение (8) примет вид:

$$\Delta W_i = \alpha \Delta W_i + (1-\alpha) \overline{\Delta W}_{i-1} \quad (10)$$

Выражения для ковариаций и дисперсий запишутся в виде:

$$\mu_{xy} = \frac{1-\alpha/2}{1-\alpha} [\overline{XY} - \bar{X}_i \bar{Y}_i]; \quad (11)$$

$$\sigma_x^2 = \frac{1-\alpha/2}{1-\alpha} [\bar{X}^2 - \bar{X}^2], \quad (12)$$

где средние значения вычисляются методом текущего среднего.

С учетом (10), (11), (12) и (5) алгоритм управления энергией удара пресса описывается системой уравнений (13).

$$\begin{aligned} H &= K_n \Delta W_i; \\ \Delta W_i &= W_n + (K_m + \overline{\Delta K_{mi}}) \Delta m_i + (K_T + \overline{\Delta K_{Ti}}) \Delta T_i + \overline{\Delta W_i}; \\ \overline{\Delta K_{Ti}} &= \frac{\overline{\Delta T_i} \overline{\Delta W_i} - \overline{\Delta T_i} \overline{\Delta W_i}}{\overline{\Delta T_i^2} - \overline{\Delta T_i}^2}; \\ \overline{\Delta K_{mi}} &= \frac{\overline{\Delta m_i} \overline{\Delta W_i} - \overline{\Delta m_i} \overline{\Delta W_i}}{\overline{\Delta m_i^2} - \overline{\Delta m_i}^2}; \\ \overline{\Delta T_i \Delta W_i} &= \alpha \Delta T_i \Delta W_i + (1-\alpha) \overline{\Delta T_{i-1} \Delta W_{i-1}}; \\ \overline{\Delta m_i \Delta W_i} &= \alpha \Delta m_i \Delta W_i + (1-\alpha) \overline{\Delta m_{i-1} \Delta W_{i-1}}; \\ \overline{\Delta T_i} &= \alpha \Delta T_i + (1-\alpha) \overline{\Delta T_{i-1}}; \\ \overline{\Delta T_i^2} &= \alpha \Delta T_i^2 + (1-\alpha) \overline{\Delta T_{i-1}^2}; \\ \overline{\Delta T_i}^2 &= (\alpha \Delta T_i + (1-\alpha) \overline{\Delta T_{i-1}})^2; \\ \overline{\Delta m_i} &= \alpha \Delta m_i + (1-\alpha) \overline{\Delta m_{i-1}}; \\ \overline{\Delta m_i^2} &= \alpha \Delta m_i^2 + (1-\alpha) \overline{\Delta m_{i-1}^2}; \\ \overline{\Delta m_i}^2 &= (\alpha \Delta m_i + (1-\alpha) \overline{\Delta m_{i-1}})^2; \\ \overline{\Delta W_i} &= \alpha \Delta W_i + (1-\alpha) \overline{\Delta W_{i-1}}; \\ \Delta W_i &= K_w \Delta h_i \vee \frac{1}{2k_n} (\dot{\gamma}_n^2 - F_n^2). \end{aligned} \quad (13)$$

Для реализации этого алгоритма управления на модернизированном прессе ПМГ-2 разработана функциональная схема системы управления и программа работы микро-ЭВМ "Электроника С5-12", обеспечивающая заданную последовательность измерений, вычислительных операций и выдачу сигналов на устройства индикации и

исполнительные органы пресса. Функциональная схема, разработанная с учетом существующей системы управления, требует минимальных доработок электрогидравлической схемы и обеспечивает работу пресса в автоматическом режиме, если пресс оборудован робототехническим комплексом; полуавтоматическом, когда включение рабочего цикла производится оператором, а остальные операции выполняются автоматически, в ручном режиме, когда установка величины энергии удара и включение рабочего цикла производится оператором.

В четвертом разделе разрабатывается методика и программа проведения математического эксперимента по исследованию и сравнительному анализу работы различных вариантов систем управления энергией удара пресса на ЭВМ ЕС 1020. Необходимость такого эксперимента вытекает из того, что адаптивные принципы управления основываются на статистической обработке информации, поэтому проведение подобного эксперимента на реальном оборудовании требует штамповки больших партий деталей из специально подготовленных заготовок, что связано как с техническими трудностями, так и с большими материальными затратами. На рис. 2 представлена блок-схема программы математического моделирования параллельной работы семи различных вариантов систем управления. В основу эксперимента положен метод Монте-Карло: с помощью датчика случайных чисел задаются отклонения параметров пресса и математической модели пресса от расчетных значений (систематические ошибки), для этого набора параметров моделируется процесс штамповки партии заготовок, для каждой из которых датчиком случайных чисел задается случайное отклонение температуры, массы и погрешности измерений (случайные ошибки), после чего задается новый набор систематических ошибок, и так далее. Сравнение качества работы различных вариантов управления производится по вычисленным значениям математического ожидания и дисперсии отклонения энергии удара пресса от необходимой для штамповки деталей из заданного количества партий заготовок. Преимущество данного метода в том, что он позволяет сравнить качество работы различных вариантов управления при одинаковых исходных данных, что невозможно на реальном оборудовании. Результаты математического эксперимента показывают, что адаптивная система управления энергией удара позволяет в 1,5-2 раза повысить точность управления энергией удара пресса.

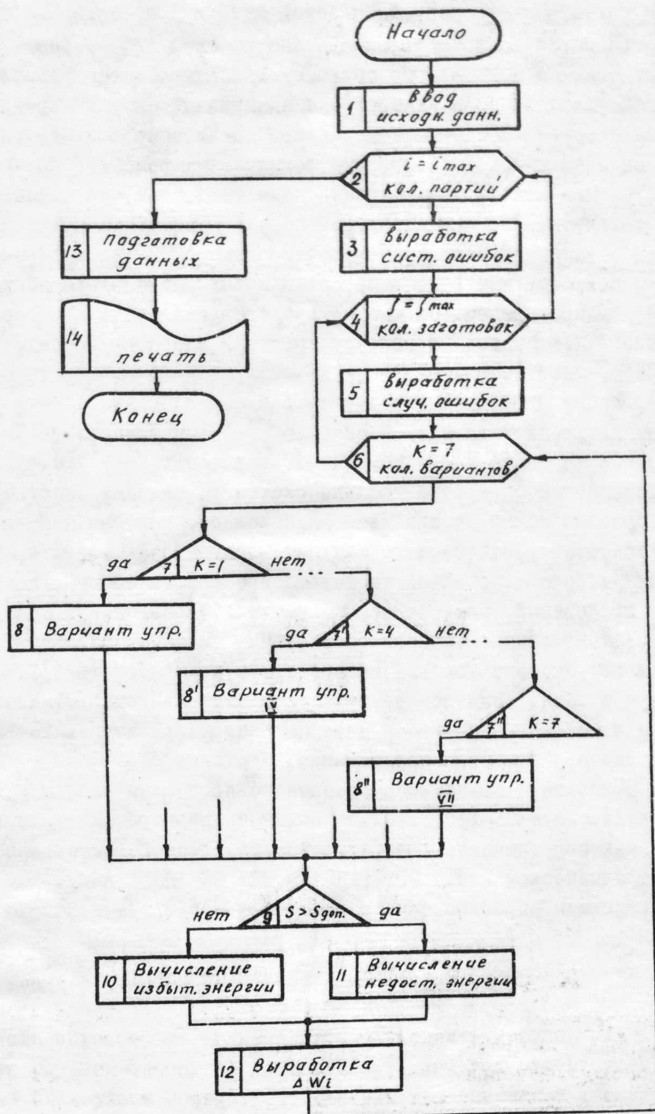


Рис. 2. Блок-схема программы математического эксперимента

В пятом разделе разрабатывается методика проектирования, рассматриваются вопросы технико-экономической эффективности и рекомендации по дальнейшему совершенствованию систем управления энергией удара прессов. Разработка адаптивных систем управления связана с решением многих как теоретических вопросов, так и с задачами практической реализации технических решений, причем, многие из них к настоящему времени еще не достаточно отработаны для внедрения на промышленном оборудовании. Поэтому рациональная организация процесса проектирования позволит сократить время и повысить качество разработки новых систем управления энергией удара пресса. На рис. 3 представлена схема процесса проектирования систем управления энергией удара в соответствии с разработанной методикой.

Согласно проведенным расчетам ожидаемый экономический эффект от внедрения адаптивной системы управления энергией удара на специализированных прессах ПМГ-3 составляет 48,3 тыс.рублей.

Дальнейшее совершенствование систем управления энергией удара прессов может развиваться, в основном, по трем направлениям: совершенствование существующих и разработка новых измерительных устройств, разработка нового прессового оборудования с учетом требований, предъявляемых системой управления, и совершенствование математического обеспечения систем управления [8]. Кроме того, система управления прессом будет работать эффективнее и точнее, если объединить в общий управляемый комплекс пресс и вспомогательное оборудование, например, нагревательное устройство и устройство дозирования заготовок.

В приложении приводится распечатка программы работы микро-ЭВМ "Электроника С5-12"; таблицы обозначений переменных, исходных данных и распечатка программы математического эксперимента на алгоритмическом языке ФОРТРАН для ЭВМ ЕС 1020; документы подтверждающие апробирование и внедрение результатов работы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Для повышения качества штампованных заготовок и стойкости инструмента при горячей объемной штамповке методом выдавливания в разъемные матрицы винтовые прессы необходимо оборудовать адаптивными системами управления энергией удара.

2. На основании аналитического исследования процесса го-



Рис. 3. Схема процесса проектирования системы управления энергией удара

рячей объемной штамповки методом выдавливания в разъемные матрицы деталей типа лопаток ГТД разработана математическая модель отображающая зависимость величины работы деформирования от температуры и массы заготовки.

3. В результате теоретического анализа разработаны алгоритмы управления энергией удара винтового пресса и программа работы управляющей микро-ЭВМ, позволяющие компенсировать систематические составляющие погрешностей измерения температуры и массы заготовки, вычисления силовых и инерционных параметров пресса, ошибки в определении коэффициентов математической модели процесса штамповки и ошибки возникающие из-за запаздывания срабатывания исполнительных механизмов.

4. На основании теоретических и экспериментальных исследований разработаны методы и выбрана приборная реализация измерительных устройств для осуществления обратной связи по величине недоштамповки или по величине превышения энергии удара пресса по сравнению с необходимым значением энергии деформирования заготовки, обеспечивающие адаптивный принцип управления.

5. На основе разработанных методики и программы математического эксперимента на ЭВМ серии ЕС проведен сравнительный анализ качества управления различных вариантов систем, показавший, что адаптивный способ управления увеличивает точность дозирования энергии в 1,5-2 раза по сравнению с неадаптивными системами управления.

6. Разработана функциональная схема адаптивной системы управления энергией удара винтового пресса в зависимости от температуры и массы заготовки, новизна которой защищена а.с. № 1016215 А.

7. Для повышения точности работы системы адаптивного управления и эффективности применения винтовых прессов в гибких автоматизированных производственных модулях сигналы управления адаптивной системы должны использоваться также для компенсации систематических ошибок в работе нагревательного устройства и устройства дозирования массы заготовки.

8. На основе проведенных исследований разработана научно-обоснованная методика проектирования адаптивной системы управления энергией удара специализированного винтового пресса для горячей объемной штамповки выдавливанием в разъемные матрицы на основе микро-ЭВМ с учетом конструктивных особенностей оборудования и технологического процесса.

9. Ожидаемый экономический эффект от внедрения разработанной методики и внедрения на предприятиях отрасли специализированных прессов, оборудованных адаптивными системами управления энергией удара составляет 48,3 тыс.рублей.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Бочаров Ю.А., Пашин В.Е. Классификация систем управления энергией удара кузнечно-штамповочных машин. - Известия вузов. Машиностроение, 1983, № 3, с. 126-128.

2. А.с. № 1016215 (СССР). Адаптивная система управления энергией удара кузнечно-штамповочных машин /В.Е.Пашин, Ю.А.Бочаров, С.В.Копейкин. - Опубл. в Б.И., 1983, № 17.

3. Разработка методов повышения точности АСУ ТП. - научно-технический отчет, инв. № 668509, 1977 г., 81 с.

4. Разработка алгоритмов повышения эффективности АСУ ТП участка термообработки. - научно-технический отчет, инв. № Б 794711, 1978 г., 49 с.

5. Копейкин С.В., Пашин В.Е. Редукция задачи оптимального управления к задаче оптимального оценивания. - В кн. Расчет пространственных строительных конструкций. - Куйбышев: КГУ, 1979, с. 176-179.

6. Исследование и синтез адаптивных методов обработки результатов испытаний. - научно-технический отчет, инв. № Б 899967, 1981г., 126 с.

7. Копейкин С.В., Пашин В.Е. Адаптивный метод обработки результатов испытаний сложных систем для оценки надежности при малых объемах выборки. Эффективность, качество и надежность эрготехнических систем: Тез. докл. Всесоюзн.симпоз. - Новгород, 1981, с. 185-186.

8. Копейкин С.В., Курочкин Е.П., Пашин В.Е. Аналитическое конструирование метода обработки результатов измерений (АКИО). - информационно-измерительные системы - 83: Тез.докл. Всесоюзн. конф. - Куйбышев, 1983 г., с.18-19.

Фин.

Подписано в печать 7.02.85. ЕО-04682 Формат 60x84 1/16
Бумага оберточная белая. Оперативная печать. Уч.-изд.л.1
Тираж 100 экз. Заказ № 702

Областная типография им. Маяги, г. Куйбышев, ул.Венцека

