М256153

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище им. Н.Э.Баумана

На правах рукописи

Погалов Анатолий Иванович

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ШТАМПОВОЧНОГО МОЛОТА С УСТРОЙСТВАМИ ДОЗИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ УДАРА

/ 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, 1979 г.

Работа выполнена в Московском высшем техническом училище им. Н.Э.Баумана

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

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор Живов Л.И.
кандидат технических наук, доцент Ларионов А.М.

Ведущее предприятие: Воронежское производственное объединение кузнечно-прессового оборудования им. М.И.Калинина

Защита диссертации
на заседании спец
МВТУ им. Н.Э.Баум ая
ул. 5.

Ваши отзывы н е
печатью, просим н

С диссертацие
им. Н.Э.Баумана.

Автореферат р

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТ
к.т.н., до

М356153

л.№112689 Под
Тираж 100 экз.

Актуальность проблемы. В "Основных направлениях развития народного хозяйства СССР на 1976-1980 гг" поставлена задача дальнейшего повышения эффективности научного потенциала, ускорения технического перевооружения производства, широкого внедрения прогрессивной техники и технологии, намечен переход к массовому применению "высокоэффективных машин, оборудования, приборов и технологических процессов, обеспечивающих повышение производительности и улучшение условий труда". При этом указано на необходимость ускоренно развивать производство автоматического оборудования с программным управлением, что несомненно относится и к кузнечно-штамповочному оборудованию, и оснащения его средствами механизации и автоматизации. Осуществление комплексной автоматизации штамповки на молотах зависит от своевременного и успешного решения проблемы управления их выходными параметрами и в первую очередь энергией удара. В связи с этим создание и исследование экономичных в работе гидравлических штамповочных молотов (ГШМ) с управлением энергетическими и кинематическими параметрами является актуальной проблемой.

№ 356153

Цель работы - подготовка к промышленному выпуску гидравлических штамповочных молотов с программным управлением путем разработки новой научно обоснованной методики расчета ГШМ с автоматическими устройствами управления энергетическими и кинематическими параметрами и создание методики настройки режимов их работы.

Методы исследования применены теоретические и экспериментальные. Допустимая погрешность дозирования энергии при горячей объемной штамповке на молотах, обеспечивающая получение требуемых вертикальных размеров поковок, обоснована с использованием аналитического метода расчета полей рассеивания вертикальных размеров поковок с учетом непостоянства ряда основных факторов: температурного интервала штамповки, величины износа штампов и параметров жесткости системы поковка-штамп-молот. Исследование кинематических и энергетических параметров ГШМ проведено на основе общей теории расчета гидравлических кузнечно-штамповочных машин ударного действия. Анализом дифференциальных уравнений, описывающих движение рабочих частей, установлены функциональные зависимости, связывающие кинематические и энергетические параметры работы ГШМ, с путевым управлением машинным циклом. Анализ точности дозирования энергии на молотах проведен с учетом влияния ряда случайных фак-

НТБ МГТУ им.Н.Э.Баумана
1356153
Погалов А.И.Разработка и

торов на основе машинных методов Монте-Карло. Исследования проведены с использованием ЭВМ "Наири-К". Экспериментальные исследования выполнены с применением электрических методов измерений на современной электронно-усилительной и регистрирующей аппаратуре. Результаты экспериментов обработаны методами математической статистики, надежность результатов измерений задана равной 0,9.

Научная новизна. Решена научная задача, состоящая в развитии теории гидравлических кузнечно-штамповочных машин динамического действия применительно к машинам, оснащенным устройствами автоматического управления их машинным циклом, что явилось базой для разработки научно-обоснованного метода расчета ГШМ с путевым управлением, составными частями которой являются: методика проектного расчета ГШМ с путевым управлением; методика поверочного расчета точности отработки выходных параметров молотов на основе статистической оценки варьируемых факторов; методика настройки энергосилового режима работы ГШМ с учетом технологически обоснованной погрешности дозирования энергии удара.

Практическая ценность. Результаты работы нашли применение при создании лабораторного образца молота с массой рабочих частей 360 кг (ГШМ-360) и модели гидромолота с массой рабочих частей 100 кг (ГШМ-100), снабженных устройствами путевого управления. Результаты исследований будут использованы на ВПО КПО им. М.И. Калинина при создании опытно-промышленного образца гидромолота с массой рабочих частей 1600 кг с программным управлением.

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены и обсуждены на УI научно-технической конференции молодых ученых и специалистов (г.Москва, ЗИЛ, 1978 г.), на научных семинарах кафедры АМ-6 МВТУ им. Баумана в 1977, 1978 гг. и на научно-техническом совете ВПО КПО им. М.И.Калинина (г.Воронеж, 1979 г.).

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов по каждой главе, общих выводов по работе, а также приложения. Работа изложена на 134 страницах машинописного текста, содержит 15 таблиц, 72 рисунка, список литературы из 71 наименования.

В первой главе приведен анализ конструкций штамповочных молотов (ШМ) с устройствами дозирования энергии удара, выполненный на основе литературного обзора. Показано, что конечной целью создания молотов с программным управлением является обеспечение

МВТУ
им. Н. Э. Баумана
ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ
БИБЛИОТЕКА

возможности полной автоматизации их работы на основе регулирования энергетических и кинематических параметров. Предложена классификация ГШМ с автоматическим управлением выходными параметрами их работы. Установлено, что наиболее экономичным и мобильным способом управления параметрами молотов, обеспечивающим сравнительно высокую точность их выходных значений, является способ путевого управления. Проведен анализ работы д.т.н.,проф. А.И. Зимина., Ю.А.Бочарова, И.В.Климова, Л.И.Кивова, к.т.н. Щеглова В.Ф., Морозова Ю.Д., Хорычева А.А., Бовыкина И.В. и др., отражающий состояние теории и методов расчета кузнечно-штамповочных машин динамического действия и в том числе ГШМ. На основе проведенного анализа и в соответствии с выдвинутой целью определены задачи настоящего исследования:

- обосновать допустимую погрешность дозирования энергии удара, обеспечивающую получение требуемых вертикальных размеров поковок при одно и многоударной горячей штамповке на молотах;

- обосновать конструктивные схемы ГШМ с автоматическим управлением энергией и кинематическими параметрами, которые использовать при создании лабораторного образца и модели ГШМ – объектов последующих исследований;

- выполнить теоретический анализ ГШМ с учетом особенностей работы устройств управления его выходными параметрами;

- провести экспериментальные исследования разработанных ГШМ для определения особенностей их работы совместно с устройствами управления выходными энергетическими и кинематическими параметрами, выявить зависимости и оценить значимость различных факторов на работу ГШМ с программным управлением и установить погрешность дозирования энергии и отработки кинематических параметров на различных этапах машинного цикла.

- разработать методику проектного расчета ГШМ и настройки системы путевого управления его машинным циклом на требуемый энергетический режим работы и определить погрешности отработки энергетических и кинматических параметров ГШМ с устройствами путевого управления;

- разработать рекомендации по совершенствованию конструкций отечественных ГШМ с устройствами управления энергией и кинематическими параметрами.

Во второй главе выполнен анализ технологических требований, предъявляемых к ШМ, с учетом которых обоснованы конструктивные схемы и особенности работы предложенных ГШМ с устройствами наиболее перспективного путевого управления выходными параметрами. Способ путевого управления молотом позволяет получить большую стабильность отработки выходных параметров в сравнении с управлением по времени, имеет большую мобильность, чем управление по параметрам энергоносителя, и позволяет осуществлять независимое регулирование кинематических и энергетических параметров в сравнении с управлением по скорости. Испытания ГШМ с устройствами объемного дозирования энергии, выполненные нами на I МЧЗ им. М.С.Кирова на молоте, разработанном инж.В.М.Лукашиным показали нестабильность отработки выходных параметров ГШМ из-за негерметичности газогидравлического привода и неточности работы системы его управления. Поэтому первые отечественные молоты: лабораторный образец с массой рабочих частей 360 кг - ГШМ 360, разработанный в МВТУ им.И.Э.Баумана к.т.н. А.А.Хорычевым, и модель ГШМ-100, разработанная совместно с ВПО КПО им. М.И.Калинина и Ижевским механическим институтом, оснащены нами устройствами путевого управления. Принципиальные схемы привода этих молотов одинаковы: двигателем рабочих частей является газогидравлический цилиндр, соединенный штоковой полостью с насосно-аккумуляторным приводом. В системе гидрораспределения предусмотрены напорный и сливной клапаны с электрогидравлическим управлением. Однако управление молотами различно.

Энергией удара ГШМ-360 управляют за счет изменения величины полного хода рабочих частей, регулируя положение срабатывания группы путевых выключателей. Этап торможения при движении бабы вниз неуправляемый, начинается в определенном положении бабы и зависит от расположения отверстия гидросвязи цилиндра с напорной магистралью, а также от высоты заготовки и нижнего штампа. По этой схеме нельзя скорректировать энергию удара в пределах цикла и к тому же существует ограничение по высоте штампового блока, что сокращает срок его службы из-за уменьшения количества возможных переточек. В системе управления ГШМ-100 эти недостатки устранены путем введения регулируемого этапа торможения при движении бабы вниз. Это осуществляется путем принудительного закрытия сливного клапана во время разгона по сигналу от одного из путевых

выключателей. Повышение давления в цилиндре на этом ходе торможения используют для регулирования энергии ГКМ 100, для разгрузки штока и для автоматического переключения напорного клапана на реверс. Молоты ГКМ 360 и ГКМ 100 работают в режимах наладки, единичных ударов и серии автоматических ударов. Количество ударов в серии и паузы между ними регулируют благодаря применению в электроуправлении реле счета импульсов и реле времени. В главе приведены схемы разработанных ГКМ, дано описание их работы и конструктивных особенностей.

<u>В третьей главе</u> представлено теоретическое исследование ГКМ с путевым управлением. Выполнен анализ допустимой погрешности дозирования энергии удара, позволяющей обеспечить в заданном допуске вертикальные размеры поковки при горячей одно и многоударной штамповке на молотах без избытка энергии.

Так как основной областью использования КМ является объемная штамповка в открытых штампах, нахождение допустимой погрешности дозирования энергии удара проведено на основе анализа типового силового графика этой операции. В анализе учтены следующие основные условия протекания процесса штамповки: непостоянство температурного интервала штамповки поковок, который задан для наиболее распространенного материала поковок (конструкционной малоуглеродистой стали) общепринятым $\Delta t = 1150 \pm 50^{\circ}C$; - принятый Δt соответствует практически линейному изменению напряжения текучести материала заготовки в пределах $\pm$ 15% от его среднего значения;
- система поковка - штамп-молот принята упруго-пластичной, характеризуемой величиной жесткости соответствующей системы;
- учтена относительная неточность $a = \pm (\Delta T / T_{ср})$ дозирования энергии удара на КМ.

В анализе использованы жесткостные характеристики системы поковка-штамп-молот, установленные с учетом результатов исследований д.т.н., проф.Л.И.Живова по ударному нагружению молотов. Найдено, что зависимость жесткости (C_5) системы молот-штамп, выраженная через усилие $P \cong G_{р.ч.} 10^3$ /ТС/ окончательного удара, составляет $C_5 \cong 20\sqrt{P}$ (где $G_{р.ч.}$ /Т/ - масса рабочих частей). Зависимость влияния допуска (δ) на вертикальные размеры поковки на погрешность (a) дозирования

энергии на ШМ при непостоянстве исходной температуры заготовки получена из анализа работ упругопластического деформирования системы поковка–штамп–молот с учетом типовых силовых графиков горячей объемной штамповки, характерных для крайних границ температурного интервала штамповки t_1 = 1100°С и t_2 = 1200°С.

$$a = \frac{(\delta C_{31}/P) + 1 - 1{,}6\sqrt{C_{42}/C_{41}}}{0{,}925 + 1{,}2\sqrt{C_{42}/C_{41}}},$$

где C_{41} и C_{42} – жесткость системы поковка–штамп–молот при t_1 и t_2, соответственно; C_{31} – жесткость поковки при t_1. Для обоснования допустимой погрешности дозирования энергии при многоударной штамповке выполнен анализ типового штамповочного цикла, состоящего из серии трех ударов. При этом считали, что первый удар наносится в заготовительном ручье до смыкания штампов. Это позволило силовой график при доштамповке в чистовом ручье считать линейным. С использованием этого графика получена функциональная зависимость допустимой погрешности дозирования энергии удара при многоударной штамповке, которая с учетом возможности варьирования температурным интервалом Δt штамповки имеет вид

$$a = 1{,}43 \cdot \frac{(1 - 0{,}003\Delta t)[1 + (\delta C_{31}/P)] - \sqrt{C_{42}/C_{41}}}{(1 - 0{,}003\Delta t) + \sqrt{C_{42}/C_{41}}}.$$

В этом выражении количество ударов учтено величиной жесткости C_{31} поковки. Анализом полученных зависимостей установлено: допустимая погрешность дозирования энергии увеличивается для более мощных молотов, что объясняется соответствующим увеличением допусков на размеры более крупных поковок и повышением жесткости конструкций молота.

Для обеспечения необходимой стабильности дозирования энергии удара ГШМ с путевой системой управления, очевидно, необходимо с достаточной точностью управлять кинематическими параметрами молота при сохранении прочих условий работы. В связи с этим проведен анализ кинематических и энергетических параметров ГШМ на основе "жесткой" модели гидросистемы. Решением уравнений движения рабочих частей молота на этапах разгона и торможения при ходе вниз получено выражение для кинетической энергии T рабочих частей ГШМ, запасаемой к началу деформирования

$$T = \frac{M}{2}\left\{\left[\frac{F_1}{S_1}\left[1 - \exp\left(-\frac{2S_1 S_{1P}}{M}\right)\right] - \frac{F_2}{S_2}\right]\exp\left(-\frac{2S_2 S_{1T}}{M}\right) + \frac{F_2}{S_2}\right\},$$

где M – приведенная масса рабочих частей и жидкости в гидросистеме; ζ_1 и ζ_2 – приведенные коэффициенты сопротивления сливной и напорной гидромагистрали; F_1 и F_2 – стационарные составляющие сил, определяющих движение рабочих частей на этапах разгона (S_{1P}) и торможения (S_{1T}), соответственно. В результате математических преобразований получено приближенное решение этого уравнения

$$S_{1P} = \frac{F_2 - F_1 + \sqrt{(F_2 - F_1)^2 + 2(2F_1\zeta_2 - F_1\zeta_1 - F_2\zeta_2)\left[\left(\frac{2T}{M} - \frac{F_2}{\zeta_2}\right)\exp\frac{2\zeta_2 S_1}{M} + \frac{F_2}{\zeta_2}\right]}}{2(2F_1\zeta_2 - F_1\zeta_1 - F_2\cdot\zeta_2)/M},$$

представляющее зависимость хода разгона от заданных значений кинетической энергии (T) и величины полного хода (S_1) рабочих частей и от расчетных характеристик ГШМ. В дальнейшем анализе учтены упругие свойства газа в ресивере рабочего цилиндра и найдены выражения для выходных параметров молота T и S .

В результате установлены зависимости фактических значений кинематических параметров ГШМ, необходимых для получения требуемой энергии. При осуществлении путевого управления выходными параметрами ГШМ необходимо учитывать особенности работы устройства путевого управления, характеризуемого, в том числе, длительностью ($t_Ц$) срабатывания цепей управления. Это приводит к необходимости определенного упреждения в подаче управляющего сигнала на переключение этапов машинного цикла. Это обстоятельство необходимо учитывать при настройке системы путевого управления ГШМ. Теоретическим анализом работы ГШМ с учетом указанных факторов получены зависимости для определения положений путевых датчиков для отключения разгона.

$$S_{B1} = \frac{M}{\zeta_2}\operatorname{Arch}\left\{\left\{\operatorname{Arch}\left\{\left[\operatorname{ch}\left(\operatorname{Arth} V_0\sqrt{\frac{\zeta_2}{F_2}}\right)\right]\exp\left[\frac{\zeta_2}{M}(S_2 - S_{2T})\right]\right\} - t_Ц\sqrt{\frac{F_2\zeta_2}{M}}\right\}\right\},$$

где V_0 – начальная скорость возвратного хода рабочих частей. На основании полученных аналитических зависимостей предложены номограммы взаимосвязи безразмерных кинематических и энергетических параметров молота для определения кинематических характеристик работы ГШМ и его системы управления (рис.1) по заданным T и S_1; и для определения тех же характеристик на возвратном ходе (рис.2) необходимых для отработки исходного верхнего положения рабочих частей.

Далее в работе выполнена оценка точности отработки выходных параметров ГШМ с учетом ряда случайных факторов. Полученные теоретические зависимости были использованы при разработке алгоритма оценки и анализа погрешности дозирования энергии ГШМ с применением машинных методов вероятностного расчета Монте-Карло. Такая оценка выполнена по результатам расчетов на ЭВМ "Наири-К" параметров работы ГШМ 100 с путевым управлением. При анализе варьировали следующими параметрами: временем ($t_{ц}$) срабатывания цепи управления и неточностью Δt его отработки; характером изменения скорости V_2 рабочих частей на возвратном ходе; стабильностью отработки хода ($S_{1т}$) торможения; начальными условиями движения рабочих частей на возвратном ходе, зависящими от коэффициента ($K_э$) восстановления скорости после удара и скорости (V_g) предыдущего удара.

В результате установлено, что преобладающее влияние на нестабильность отработки выходных параметров ГШМ с путевым управлением оказывает неточность Δt времени срабатывания цепи управления, непостоянство скорости V_2 рабочих частей на возвратном ходе и нестабильность хода $S_{1т}$ торможения, тогда как среднее время $t_{ц}$ и условия деформирования (V_g и $K_э$) являются факторами меньшей значимости. Так при постоянной скорости V_2 рабочих частей, что характерно для простого насосного привода, точность дозирования энергии удара повышается на 8% по сравнению с ГШМ, снабженным насосно-аккумуляторным приводом. При сокращении в 6 раз неточности Δt времени срабатывания цепи управления погрешность дозирования энергии удара снижается в 2,3 раза. Выполнение ГШМ по схеме с нерегулируемым этапом торможения ($S_{1т} = const$) позволяет в 1,7 раза повысить точность дозирования энергии, однако при этом устраняется возможность автономного регулирования энергетическими и кинематическими параметрами ГШМ, исключается возможность корректирования $T_э$ в пределах цикла.

Результаты этого анализа использованы при разработке рекомендаций по совершенствованию ГШМ с путевым управлением.

<u>В четвертой главе</u> изложены экспериментальные исследования ГШМ 100 и ГШМ 360 с путевым управлением, выполненные с целью проверки результатов теоретического анализа по обоснованию допустимой погрешности дозирования энергии удара при штамповке на моло-

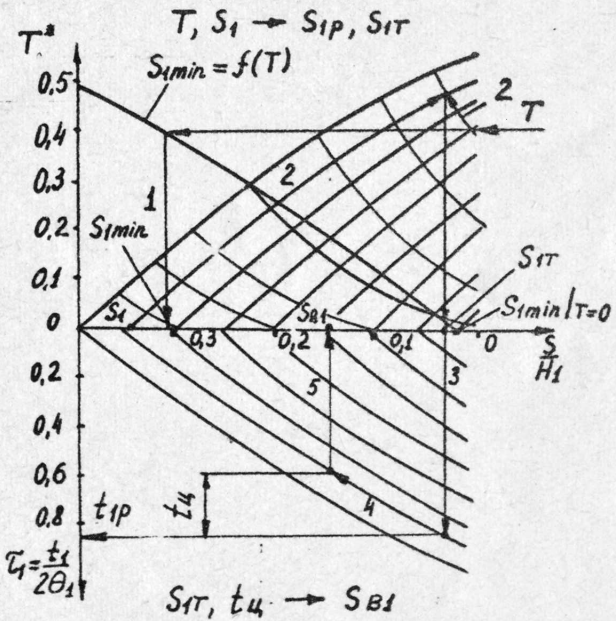

T, S1 → S1P, S1T
T°
S1min = f(T)
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
0,2
0,4
0,6
0,8
2
T
1
S1min
2
S1T
S1min |T=0
S1
0,3
SB1
0,2
0,1
0
S
H1
5
3
4
t1P
t4
τ1 = t1 / 2θ1
S1T, t4 → SB1

рис. 1

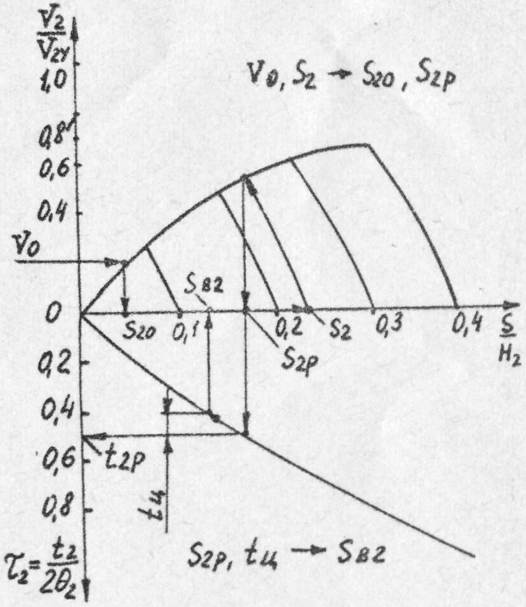

V2 / V2Y
1,0
0,8
0,6
0,4
V0
V0, S2 → S20, S2P
SB2
0
S20
0,1
0,2
S2
0,3
0,4
S
H2
S2P
0,2
0,4
0,6
0,8
t2P
t4
τ2 = t2 / 2θ2
S2P, t4 → SB2

рис. 2

тах, а также по определению справедливости полученных выражений для расчета кинематических и энергетических параметров ГШМ и опробированию рекомендаций по настройке системы путевого управления ШМ. Для достижения первой из указанных целей выполнены технологические испытания по штамповке на ГШМ, в результате которых определены характеристики жесткости упруго-пластической системы поковка-штамп-молот и подтверждена теоретическая зависимость точности вертикальных размеров поковок от фактической погрешности отработки энергии удара молота. Испытания проведены на лабораторном образце гидромолота ГШМ-360 в лаборатории АМ-6 МВТУ им. Н.Э.Баумана на операции свободной осадки мерных цилиндрических образцов $D_0 30 \times H_0 30$ мм. В результате построены гистрограммы плотности распределения полей рассеивания вертикальных размеров образцов (с интервалом 0,I мм) и определены значения этих полей для первого δ_1 = I,0I мм, второго δ_2 = I,54 мм и третьего δ_3 = I,34мм последовательного удара при погрешности дозирования энергии удара $a = \pm$ II,4%. Статистическая обработка результатов измерений вертикальных размеров образцов показала, что относительная погрешность определения полей рассеивания вертикальных размеров образцов составила $\varepsilon_h \leq$ 8,3% и неточности дозирования энергии удара $\varepsilon_a \leq$ I0,3, что позволяет считать полученные результаты достоверными.

С целью проверки теоретических решений по обоснованию кинематических и энергетических режимов работы ГШМ с путевым управлением выполнены экспериментальные исследования ГШМ-360 и ГШМ I00, позволившие установить зависимости изменения кинетической энергии по ходу рабочих частей на различных этапах машинного цикла; определить стабильность отработки кинематических параметров и энергии удара рабочих частей и установить факторы, влияющие на эту стабильность и их значимость; установить особенности работы устройств путевого управления, длительность и позиционную точность срабатывания цепей управления молота и ее отдельных элементов. Исследование выполнено по методике, разработанной на основе общей методики испытаний ШМ.

В результате этих исследований установлено, что изменение скорости рабочих частей на разгоне описывается, в основном, монотонно возрастающей кривой, а изменение энергии – зависимостью,

близкой к линейной. При этом кинетическая энергия рабочих частей молота к моменту окончания разгона убывает при уменьшении хода разгона и $S_{1T} = const$, что объясняется снижением средней величины давления газа в ресивере рабочего цилинда при уменьшении S_1. На ходе торможения S_{1T} величина погашенной энергии зависит не только от величины S_{1T}, но и от скорости бабы к началу торможения. Так при увеличении этой скорости от 1,6 до 5 м/с величина погашенной энергии ΔT возросла в 7 раз, достигнув 125 кгс.м. Основными факторами влияющими на точность позиционирования бабы в верхнем положении, является время $t_ц$ срабатывания цепи управления и непостоянство скорости бабы в это время. У ГШМ 360 время $t_ц$ = 25± 4 мс, в том числе время срабатывания электроуправления, построенного на бесконтактных элементах, t_2 =8±4 мс, что составляет 7% длительности полного хода бабы вниз. В испытаниях начальная скорость V_0 возвратного хода бабы изменялась в пределах 0,7... 1,2 м/с, при этих значениях V_0 и $t_ц$ погрешность позиционирования бабы на возвратном ходе не превышала ± 9 мм, что определило погрешность дозирования энергии удара $\Delta T = \pm 0{,}03\, T_э$ (где $T_э$ - эффективная энергия молота). С учетом влияния прочих факторов на стабильность дозирования энергии ГШМ установлено, что погрешность дозирования энергии ГШМ-360 при постоянстве настройки командоаппаратов машинного цикла не превышает $\Delta T = \pm 0{,}07\, T_э$. Проведенные опыты позволили оценить позиционную точность $\Delta H_{ВК}$ срабатывания датчиков пути, которая не превышает ± 2 мм.

Результаты экспериментального исследования модели ГШМ-100 с путевым управлением были аналогичны результатом исследования лабораторного образца ГШМ-360. Позиционная точность срабатывания БВК достаточно высока - составляет не менее ±1,5 мм - и практически не оказывает влияния на точность отработки выходных параметров молота.

Погрешность отработки выходных параметров модели ГШМ-100 составляет для кинетической энергии не более ± 9% от среднего значения энергии удара, для полного перемещения рабочих частей ± 6 мм (± 0,015 H_m, где H_m - полный ход бабы), для хода торможения ± 5 мм (± 0,012 H_m).

Результаты экспериментальных исследований показали целесообразность создания устройств путевого управления ГШМ с электронной системой управления на базе бесконтактных элементов, что рекомендовано для реализации на опытно-промышленных образцах ГШМ.

В пятой главе представлено сопоставление результатов теоретических и экспериментальных исследований ГШМ-360 и ГШМ-100, выполненных по различным схемам гидрораспределения. Сопоставление результатов исследований по определению технологически допустимой погрешности дозирования энергии ШМ показало, что расчетные значения полей рассеивания вертикальных размеров образцов, полученные свободной осадкой цилиндрических образцов за один, два, три последовательных удара ниже их опытных значений, соответственно, на 15,3%, 15,6% и 12,6%. Это можно объяснить нестабильностью механических свойств образцов, изготовленных из различных партий одной марки материала.

Приемлемая сходимость результатов этих исследований свидетельствует о правомерности допущений, принятых при теоретическом анализе, включая и предложенные жесткостные характеристики системы молот-штамп-поковка.

Результаты исследований энергетического и кинематического режимов работы ГШМ также имеют приемлемую сходимость. Так величина погрешности расчетных значений по отношению к их опытным величинам для перемещения, скорости и энергии рабочих частей ГШМ не превышает 3,6 и 10%, соответственно, что находится в пределах допустимых погрешностей исследований. Сравнение результатов исследований по определению точности дозирования энергии удара показало, что значения расчетной и фактической погрешности дозирования энергии у исследованных образцов ГШМ отличаются не более, чем на 1% в сторону увеличения опытных значений. Сопоставление проведенных исследований ГШМ позволяют считать их результаты достоверными и разработать на их основе методики расчета и настройки режимов работы ГШМ с путевым управлением и обосновать рекомендации по совершенствованию их конструкций.

На основе проведенных исследований предложена методика определения допустимой погрешности дозирования энергии удара, обеспечивающей получение поковок с годными вертикальными размерами.

При разработке этой методики учтены технологические требования горячей объемной штамповки. Разработана методика проектного расчета гидромолотов с устройствами путевого управления для определения основных энергетических, кинематических и конструктивных параметров гидромолотов, их привода и системы управления, а также предложена методика поверочной оценки точности отработки выходных энергетических и кинематических параметров ГШМ. Создана методика настройки системы управления молотом, позволяющая определить фактические значения выходных кинематических параметров работы и установку датчиков положения рабочих частей для обеспечения заданного энергетического режима работы ГШМ, учитывающая особенности работы привода и системы управления молота.

По совершенствованию конструкции и системы управления ГШМ рекомендовано: разрабатывать ГШМ по схеме с регулируемым энергетически активным ходом торможения, что позволяет осуществлять более мобильное и автономное (в некоторых пределах) управление их выходными параметрами; стабилизировать скорость рабочих частей на возвратном ходе путем применения насосного привода с постоянной подачей; снижать гидросопротивление напорной магистрали, расчитывая его по наиболее интенсивному режиму работы на этапе S_{IT} торможения, что повышает к.п.д. ГШМ; повышать точность отработки выходных параметров путем увеличения быстродействия систем управления за счет использования электронных систем на базе бесконтактных элементов и применения электромагнитов постоянного тока; целесообразно в перспективе разработать устройства бесступенчатого путевого управления ГШМ с использованием в качестве датчиков положения рабочих частей, например, бесконтактных потенциометров и с введением обратных связей по текущему состоянию поковки (температуре нагрева, массе поковки ...).

Результаты работы нашли применение при разработке лабораторного образца ГШМ 360 и модели молота ГШМ 100 и будут применены при разработке технической документации опытно-промышленного образца ГШМ с массой рабочих частей 1600 кг с программным управлением на ВПО КПО им. М.И.Калинина. Расчетный годовой технико-экономический эффект от внедрения молота составляет 37 тысяч рублей и достигается, в основном за счет применения автоматического управления энергией и кинематическими параметрами, что

приводит к экономии основного материала, производственной зарплаты, повышения стойкости инструмента, повышения КПД работы молота.

Основные итоги и выводы по работе

1. Анализом конструкций и приводов ШМ и систем их управления выходными параметрами установлено, что основным направлением совершенствования отечественных ШМ является оснащение их гидравлическим приводом и устройствами регулирования энергосилового и кинематического режима работы, из которых наиболее перспективными являются устройства путевого управления, позволяющие наиболее мобильно, с достаточной степенью точности и в некоторых случаях автономно управлять выходными параметрами молотов.

2. Анализом литературных источников установлено отсутствие научных работ по исследованию особенностей работы ШМ с устройствами управления энергосиловым режимом их работы и методик их расчета, что является одним из основных факторов, сдерживающих освоение выпуска этого прогрессивного оборудования на отечественных предприятиях.

3. Определен способ оценки допустимой погрешности дозирования энергии при штамповке поковок без избытка энергии на молотах с учетом конкретных технологических требований к их изготовлению. Результаты этой оценки являются критерием целесообразности использования ШМ, системы управления которых обеспечивают определенную точность дозирования кинетической энергии (для штамповки поковок без избытка энергии), а также предложены в качестве критерия настройки энергосилового режима работы молотов с программным управлением выходными параметрами.

4. Предложены способы снижения требований к точности дозирования энергии ШМ за счет сужения температурного интервала штамповки или путем введения в систему управления ШМ обратных связей по технологическим параметрам (температуре штамповки, массе заготовки и т.д.) в процессе обработки поковки, которые необходимо учитывать при настройке энергосилового и кинематического режима работы ГШМ с устройствами автоматического управления.

5. В результате теоретического анализа получены зависимости изменения выходных энергетических и кинематических парамет-

ров работы ГШМ с учетом особенностей работы систем путевого управления. Эти результаты были использованы при разработке лабораторного образца ГШМ-360, а в дальнейшем и модели ГШМ-100. Достоверность результатов теоретического исследования, позволяющего достаточной степенью точности определять выходные параметры ГШМ с путевым управлением подтверждена экспериментально.

6. Предложены новые научно-обоснованные методики проектного расчета и поверочной оценки точности дозирования энергии удара ГШМ с устройствами путевого управления, которые позволяют разрабатывать автоматически управляемые ГШМ и рассчитать точность отработки выходных параметров этих машин. Эти методики использованы при создании модели ГШМ-100 и будут использованы при разработке опытно-промышленного образца ГШМ-1600 с путевым управлением. Расчетный годовой технико-экономический эффект внедрения ГШМ 1600 составляет 37 тыс.рублей.

7. Разработана новая научно обоснованная методика настройки ГШМ с путевым управлением на требуемый рациональный энергосиловой и кинематический режим работы, использование которой позволяет обеспечить наиболее экономичный вариант работы ГШМ, способствующий также повышению надежности работы машины и стойкости инструмента и гарантирующий получение заданных допусков на вертикальные размеры поковок.

8. Исследованием точности дозирования энергии удара ГШМ с путевой системой управления энергии установлена значимость различных факторов, влияющих на этот параметр работы ГШМ, и доказано, что преобладающими из них являются стабильность скорости рабочих частей на возвратном ходе, зависящая от типа гидропривода, погрешность времени срабатывания цепей управления и стабильность хода торможения при движении рабочих частей вниз. Результаты этих исследований учтены при разработке рекомендаций, направленных на совершенствование ГШМ.

9. В ходе выполнения работы обоснованы рекомендации по совершенствованию конструкций ГШМ и его привода, а также системы путевого управления, способствующие повышению стабильности отработки выходных и энергетических параметров ГШМ и, следовательно, повышающие технико-экономические показатели их работы. Этому также способствует предложенные нами технические решения, на два из которых получено авторское свидетельство.

Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:

I. Ю.Д.Морозов, А.И. Погалов. К расчету энергетических и кинематических параметров гидравлического штамповочного молота. - Известия ВУЗов. Машиностроение, 1979, № 8, с.124-127.

2. А.С. № 660767 (СССР). Гидропривод штамповочного молота. (А.В.Сафонов, А.И.Погалов, Ю.А.Бочаров, А.Г.Крупенко, Б.А.Кирпичев, В.В.Каржан. - Заявл. 06.06.77. № 2493358/27: опубл. 05.05.79. - Бюллетень изобретений, 1979, № 17, с.36.

3. А.С. № 679297 (СССР). Гидропривод кузнечно-штамповочной машины ударного действия (Ю.Д.Морозов, В.М.Лукашин, А.И.Погалов, Н.М.Ларионов. - Завл. 26.01.78. № 2573742/27: опубл. 25.08.79. - Бюллетень изобретений, 1979 г., № 30, с.34.

МВТУ
им. Н. Э. Баумана
ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ
БИБЛИОТЕКА