

М298681

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

СОПОЧИН Риталий Аверьянович

РАЗРАБОТКА, ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ
ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ИМПУЛЬСНОГО БЕСШАБЛОННОГО
ПРЕСС - МОЛОТА

05.03.05 - Технология и машины обработки давлением

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва, 1976 г.

Работа выполнена в МВТУ им. Н.Э.Баумана.

Научные руководители

- заслуженный деятель науки и техники РСФСР, доктор технических наук, профессор

ЗИМИН А.И.

- кандидат технических наук, доцент БЕРДНИКОВ Э.Б.

Официальные оппоненты

- доктор технических наук, профессор ЖИВОВ Л.И.

- кандидат технических наук, доцент ЛАРИСНОВ А.М.

Будущее предприятие указано в решении Ученого Совета.

Защита диссертации состоится " " _____ 1976 г.
на заседании специализированного Ученого Совета по металло-
ведению и горячей обработке металлов МВТУ им. Н.Э.Баумана по
адресу: Москва, 107006, 2-я Бауманская ул., 5.

В
печа

С
им, Н

А

у
канди

Л-101

заверенных

МВТУ

г.

БЕЛИКОВ

Тир.100

М298681

Актуальность проблемы. В "Основных направлениях развития народного хозяйства СССР на 1976 - 1980 г.г.", принятых XXV съездом КПСС, указывается на необходимость создания автоматизированных кузнечно-штамповочных машин. Особое внимание уделяется разработке нового прогрессивного оборудования и повышению эффективности использования металла за счет применения прогрессивных решений при их проектировании.

К новому оборудованию относятся гидравлические импульсные пресс-молоты, полезно использующие в приводе энергию гидроудара, позволяющего повысить их быстроходность и энергоемкость. Они относятся к машинам динамического действия, а следовательно, вызывают колебания фундамента, оказывающие вредное воздействие на сооружения, работу машин и механизмов. Применение машин со встречным движением рабочих частей /бесшаботных/ устраняет колебания фундамента и уменьшает их металлоемкость, т.е. повышается эффективность использования металла. Однако, широкое внедрение бесшаботных машин сдерживается из-за их основного технологического недостатка - большого хода нижних подвижных частей, что затрудняет работу оператора и не позволяет механизировать и автоматизировать технологические процессы. Следовательно, совершенствование гидравлических импульсных машин путем создания бесшаботных конструкций с малым ходом нижних подвижных частей является актуальной задачей.

Цель исследования. Целью данной работы является создание гидравлического импульсного бесшаботного пресс-молота с разными массами подвижных частей, соударяющихся с равными скоростями, при малом ходе нижних подвижных частей и разработка научно обоснованной методики его расчета.

Методы исследования. Для выявления оптимальных параметров машины применялись теоретические и экспериментальные методы исследования. Анализ движения верхних подвижных частей гидравлического импульсного бесшаботного пресс-молота /ГИБМ/, разгоняемых до воздействия их на плунжеры цилиндров гидросвязи действием теоретически удвоенного давления жидкости по сравнению с аккумуляторным и создающегося гидравлической ударной волной, выполнен с использованием теории гидравлического удара. Для анализа совместного движения подвижных частей ГИБМ применена методика, используемая в динамике механизмов и ма-



шин при определении параметров движения двухмассовых систем с упругим звеном между ними. Опытный ГИВМ экспериментально исследован с применением электрических методов измерений, современной электронно-измерительной и регистрирующей аппаратуры.

Научная новизна. По результатам теоретического анализа и сопоставления их с экспериментальными данными разработана научно обоснованная методика расчета оптимальных параметров проектируемых ГИВМ. Найдены приближенные расчетные выражения для определения параметров движения верхних подвижных частей на ходе приближения к плунжерам цилиндров гидросвязи и для параметров совместного движения верхних и нижних подвижных частей до их соударения.

Практическая ценность. В результате выполненных исследований создан опытный гидравлический импульсный бесшаботный пресс-молот с энергией 450 кДж, который успешно опробован на получение качественных заготовок метчиков М14 из труднодеформируемой стали Р18. При этом малый ход $/4 - 5$ мм/ нижних подвижных частей позволяет применить механизацию и автоматизацию технологического процесса и устраняет вредные колебания фундамента, окружающих сооружений. Опытный образец ГИВМ внедряется в производство. Разработанная методика проектного расчета таких машин позволит ускорить их производство и внедрение в промышленность.

Апробация работы. Основные результаты работы доложены на третьем научно-техническом семинаре-конференции "Совершенствование кузнечно-штамповочного оборудования ударного действия", г.Ижевск, 1974 г.; на Всесоюзной научно-технической конференции "Новое в кузнечно-штамповочном производстве", г.Запорожье, 1975 г.; на научном семинаре "Прогрессивные методы и оборудование для обработки металлов давлением", г.Киев, март 1976 г. и на двух научных семинарах кафедры АМ-6 МВТУ им.Н.Э.Баумана.

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, шести глав и общих выводов. Работа изложена на 110 страницах машинописного текста, содержит 50 рисунков, 9 таблиц, список литературы из 70 наименований и приложение.

В первой главе приводятся выполненный по литературным и патентным источникам обзор машин, использующих энергию гидравлического удара, их методов расчета и молотов с двухсторонним ударом и задачи исследования.

Проведенный анализ особенностей рабочих ходов кузнечно-штамповочных машин показал, что наиболее полно удовлетворить требованиям прогрессивной технологии возможно разработкой машин ударного действия с жестким ходом рабочих частей с использованием жидкости в качестве энергоносителя. В последние годы наблюдается тенденция расширения применения гидравлического привода для молотов как наиболее эффективного. Использование гидропривода дает возможность не только точно регулировать скорость рабочих частей, сохраняя ход постоянным, дозировать кинетическую энергию, но и создавать дополнительную полезную работу, а также изменять в определенных пределах ускорение рабочих частей во время деформирования поковки. Для более полного использования возможностей гидравлики и гидравлического привода на кафедре АМ-6 МВТУ им. Н.Э.Баумана под руководством проф., д.т.н. Зимина А.И. был разработан способ полезного применения гидравлического удара. Сущность способа заключается в том, что с целью удвоения давления гидравлической ударной волны в рабочей полости гидроцилиндра при отражении ее от поршня резко повышают давление в начале трубопровода-волновода определенной длины, заполненного жидкостью под атмосферным давлением, путем соединения его с гидравлическим аккумулятором высокого давления при открытии специального быстродействующего /импульсного/ клапана.

Теоретическим разработкам и созданию машин подобного типа, названных гидравлическими импульсными пресс-молотами /ГИПМ/, посвящены выполненные под руководством А.И.Зимина работы Л.М.Тарко, А.Ф.Кагарманова, А.Ф.Соколова, Э.Б.Бердникова. В результате этих исследований был сделан вывод, что ударную волну при передаче энергии рабочему звену использовать целесообразно и преимуществами ГИПМ являются быстрота, малый вес и большая энергоемкость. Преимущества использования гидроудара подтверждаются и рядом иностранных патентов, появившихся в последние годы.

Исследования показали, что под действием удвоенного давления на малом ходе разгона подвижные части ГИПМ приобретают скорость 5-6 м/сек и более; следовательно, относятся к машинам ударного действия. В машинах ударного действия в целях уменьшения потерь накопленной подвижными частями энергии при-

меняют шaboты равные 15-25 кратному весу падающих частей. Все же, несмотря на применение массивных шaboтов, удары передаются фундаменту, вызывая колебания грунта, вредно отражающиеся на сооружениях и работе оборудования. Устранение этих недостатков возможно только путем создания бесшaboтных машин, работающих на принципе соударения двух подвижных баб.

Проведенный анализ существующих бесшaboтных молотов показал, что их широкое использование в промышленности сдерживается основным технологическим недостатком - большим ходом нижних подвижных частей, затрудняющим работу оператора и не позволяющим применять механизацию, автоматизацию выполняемых на них технологических операций. Увеличение же массы нижних подвижных частей и соответствующее уменьшение их скорости и хода вызывает необходимость применения независимого привода для них, увеличивает металлоемкость конструкции и создает неудобства при устранении неполадок, возникающих при эксплуатации молота, в то время как ход нижних подвижных частей измеряется десятками миллиметров.

В диссертации проанализированы работы советских ученых А.И.Зимиha, М.В.Сторожева, Б.В.Розанова, Л.И.Жирова, Ю.А.Бочарова, Н.С.Добринского и других в области теории кузнечно-штамповочных машин.

На основе проведенного анализа патентных и литературных данных и в соответствии с целью поставлены следующие задачи:

1. Разработка и создание опытного образца гидравлического импульсного бесшaboтного пресс-молота с равными массами подвижных частей и с малым ходом нижних подвижных частей.

2. Теоретический анализ параметров движения верхних и нижних подвижных частей и процессов в гидросистеме в течение основных этапов машинного цикла.

3. Экспериментальная проверка полученных теоретических результатов.

4. Технологическое опробование гидравлического импульсного бесшaboтного пресс-молота на получение заготовок метчиков из стали P18.

5. Создание методики инженерного расчета гидравлического импульсного бесшaboтного пресс-молота по выбору его оптимальных параметров при проектировании.

Во второй главе приведены описание устройства и принцип действия гидравлического импульсного бесшаботного пресс-молота с эффективной энергией 450 кДж, разработанного и созданного в МВТУ им. Н.Э.Баумана с использованием ранее отработанных и исследованных Э.Б.Бердниковым узлов гидропривода лабораторного образца гидравлического импульсного пресс-молота.

ГИБИМ состоит (рис.1) из сварной станины I с закреплен-

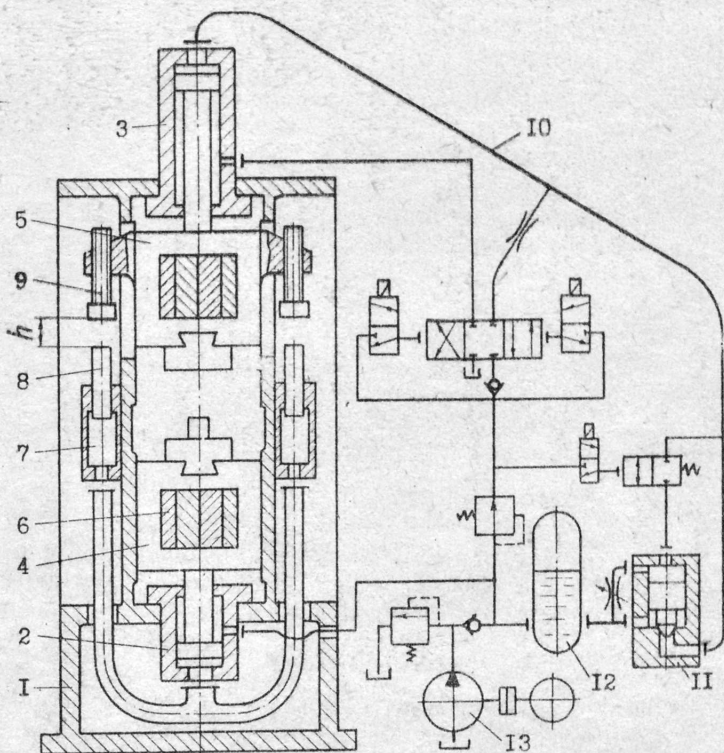


Рис.1

ными на ней один против другого двумя рабочими цилиндрами 2 и 3 с входящими в них поршнями и штоками, соединенными с ползунами 4 и 5. С целью проверки влияния массы на параметры движе-

ния ползунов, они выполнены так, что в них можно помещать дополнительные массы 6 и таким образом изменять вес в пределах 140-225 кг. На станине закреплены два боковых цилиндра 7 гидросвязи подвижных частей, плунжерные полости которых сообщены с полостью нижнего рабочего цилиндра, а на плунжеры 8 этих цилиндров могут воздействовать регулируемые по длине упоры 9, закрепленные на верхнем ползуне. К верхнему рабочему цилиндру присоединен импульсный привод, состоящий из трубопровода-волновода 10 длиной 4,5 м и проходным диаметром 40 мм, импульсного клапана 11 и аккумулятора 12 высокого давления, заполняемого маслом индустриальным "20" или "30", насоса 13. ГИБМ работает следующим образом. Включением импульсного клапана создается ударная волна, давление в которой равно давлению жидкости в аккумуляторе P_a . Она распространяется по трубопроводу-волноводу со скоростью C звуковой волны в жидкости к рабочему цилиндру. Одновременно в жидкости под действием давления P_a появляется скорость V течения, направленная также в сторону рабочего цилиндра. При достижении ударной волной поршня движущаяся в волне жидкость затормаживается, вызывая дополнительное увеличение давления. Перед началом движения поршня на нем мгновенно возникает максимальное давление, теоретически равное удвоенному начальному давлению в аккумуляторе. Под действием повышенного давления происходит разгон верхних подвижных частей до накопления ими на пути h определенной энергии, достаточной для получения качественной поковки. После этого верхние подвижные части через регулируемые по длине упоры взаимодействуют с плунжерами цилиндров гидросвязи и передают с помощью гидроудара часть запасенной энергии нижним подвижным частям. Такая передача-перераспределение энергии позволяет до минимума уменьшить ход нижних подвижных частей, что улучшает условия работы оператора и дает возможность механизировать технологические операции. Путь разгона h верхних подвижных частей устанавливается с учетом высоты заготовки регулируемыми упорами. Разработанная конструкция гидравлического импульсного бесшатунного пресс-молота признана изобретением [2].

В третьей главе выполнено теоретическое исследование гидравлического импульсного бесшатунного пресс-молота. Так как в начале рабочего цикла ГИБМ двигаются только верхние подвиж-

ные части до воздействия закрепленными на них регулируемые по длине упорами на плунжеры цилиндров гидросвязи /1-й этап/, то для определения кинематических параметров их движения на этом этапе была использована "волновая" модель гидросистемы с принятыми допущениями: а) жидкость сжимаема, нетеплопроводна, не обладает вязкостью, б) взаимодействия в магистрали распространяются со скоростью C упругой волны в жидкости, в) скорость жидкости по поперечному сечению одинакова, г) трубопровод деформируется только в поперечном направлении, а продольная деформация отсутствует, д) инерционные силы материала трубы на участке трубопровода, находящегося в стадии возмущения отсутствуют, е) давление в аккумуляторе постоянно, а скорость опускания уровня жидкости равна нулю.

Уравнение движения верхних подвижных частей составлено с учетом действия повышенного по сравнению с аккумуляторным давления жидкости на поршень в функции скорости v'_n подвижных частей и при принятом допущении, что из возвратной полости цилиндра истечение жидкости происходит без ее сжатия, поэтому функция давления принималась по уравнению Бернулли.

В результате преобразований уравнение движения приводится к виду:

$$\frac{dv'_n}{dt} + a v'^2_n + b v'_n + n = 0, \quad (1)$$

где a, b - сумма членов при v'^2_n и v'_n , характеризующие конструктивные параметры машины,

n - сумма активных сил и сил сопротивления.

Решение уравнения (1):

$$v'_n = \frac{k_1}{a} \left(1 - \frac{k_1 - k_2}{k_1 - k_2 \exp(k_1 - k_2)t} \right), \quad (2)$$

где

$$k_{1,2} = -\frac{b}{2} \pm \sqrt{\frac{b^2}{4} - an}. \quad (3)$$

Время действия повышенного давления на поршень рабочего цилиндра принимается равным:

$$t_p = \frac{2l}{c} \quad (4)$$

где ℓ — длина трубопровода-возмоведа.

Полученные зависимости связывают такие параметры ГИБПМ как вес верхних подвижных частей, рабочее давление жидкости в аккумуляторе, площадь поршня рабочего цилиндра, диаметры трубопроводов и другие, а следовательно, позволяют определить их при проектировании ГИБПМ при заданной выходной энергии.

Анализ второго этапа движения верхних подвижных частей, начинающегося с удара закрепленными на них регулируемые упорами по плунжерам цилиндров гидросвязи и сжатия жидкости в гидросвязи до давления необходимого для преодоления сил сопротивления, препятствующих началу движения нижних подвижных частей, выполнен с использованием известной зависимости изменения давления жидкости от изменения объема

$$dp = \chi \frac{dw}{w_0}, \quad (5)$$

где χ — адиабатический модуль упругости жидкости.

Решением уравнения движения верхних подвижных частей с учетом (5) получены значения их скорости в функции изменения давления в гидросвязи и в функции перемещения:

$$v = \sqrt{v_0^2 - \frac{2f_n \ell}{m_1 A^2} [Ap - B \ln \left(\frac{B+Ap}{B} \right)]}; \quad v = \sqrt{v_0^2 - \frac{2B f_n \ell}{m_1 A^2} \left(\exp A \frac{x}{\ell} - 1 - A \frac{x}{\ell} \right)}, \quad (6)$$

где A и B — опытные коэффициенты аппроксимирующие χ ,

v_0 — скорость верхних подвижных частей к моменту их встречи с плунжерами цилиндров гидросвязи,

f_n — площадь плунжеров,

m_1 — масса верхних подвижных частей,

x и ℓ — величина перемещения плунжера и приведенная длина гидросвязи.

Анализ параметров совместного движения рабочих частей ГИБПМ /3-й этап/ проводился по методике, используемой в динамике машин и механизмов с упругими звеньями. Уравнения движения двухмассовой системы с упругим жидкостным элементом между ними:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{S}_1 + \kappa (S_1 - S_2 \cdot i) - m_1 g - N = 0 \\ m_2 \ddot{S}_2 - \kappa (S_1 - S_2 \cdot i) \cdot i + m_2 g + R = 0 \end{cases}, \quad (7)$$

где m_1 и m_2 — приведенные массы верхних и нижних подвижных частей.

S_1 и S_2 — координаты масс подвижных частей,

K — приведенная жесткость гидропружины,

N — возмущающая сила, действующая на верхние подвижные части,

R — сила сопротивления движению нижних подвижных частей,

$i = \frac{F_2}{F_1}$ — передаточное число, F_2 — площадь поршня нижнего цилиндра.

Общее решение системы будет:

$$\begin{cases} S_1 = A_{11} \sin p_1 t + A_{12} \sin p_2 t + B_1 \\ S_2 = z_{21} A_{11} \sin p_1 t + z_{22} A_{12} \sin p_2 t + B_2 \end{cases} \quad (8)$$

Скорости подвижных частей определяются:

$$\begin{aligned} \dot{S}_1 &= A_{11} p_1 \cos p_1 t + A_{12} p_2 \cos p_2 t \\ \dot{S}_2 &= z_{21} A_{11} p_1 \cos p_1 t + z_{22} A_{12} p_2 \cos p_2 t, \end{aligned} \quad (9)$$

где A_{11} , A_{12} , z_{21} , z_{22} , B_1 , B_2 — приведенные постоянные коэффициенты, характеризующие конструктивные параметры ГИБПМ.

В момент соударения подвижных частей $\dot{S}_1 = \dot{S}_2$.

Полученные выражения связывают основные конструктивные параметры ГИБПМ и позволяют определить величину хода нижних подвижных частей.

В четвертой главе представлены результаты экспериментальных исследований кинематических и энергосиловых параметров опытного образца ГИБПМ. Исследования проведены с целью проверки достоверности полученных расчетных зависимостей и их корректировки; определения значений факторов, влияющих на поведение системы и разработки рекомендаций по совершенствованию конструкции таких машин и приводов.

Так как к машинам подобного типа предъявляются требования, чтобы к началу деформирования заготовки подвижные части пресс-молота имели определенную кинетическую энергию, т.е. необходимую скорость, и чтобы выполнялось требование равенства количества движения к моменту соударения верхних и нижних подвижных частей при их равных массах и одновременном начале движения, то выполнение этих требований зависит от правильного выбора конструктивных и энергетических параметров пресс-молота, а равенство количества движения зависит от определенной величины пути воздействия верхних подвижных частей на плунжеры цилинд-

ров гидросвязи. Поэтому были поставлены следующие задачи:

1. Проверка работоспособности ГИВМ и эффективности взаимодействия механизмов по разработанной конструктивной схеме.
2. Получение опытных значений перемещения, скорости и времени движения верхних подвижных частей на первом этапе рабочего цикла; измерение фактических усилий и запаса энергии.
3. Получение опытных значений перемещения, скорости и времени совместного движения верхних и нижних подвижных частей на втором и третьем этапе рабочего цикла.
4. Технологическое опробование гидравлического импульсно-го бесшаботного пресс-молота.

В соответствии с разработанной на кафедре АМ-6 типовой методикой экспериментального исследования кузнечно-штамповочных машин с целью подробного изучения влияния определенного параметра на остальные и на работу машины в целом во время экспериментов применялись следующие циклы исследований, в течение которых изменялся только один параметр, а остальные оставались постоянными:

- а). С целью изучения влияния начального давления в аккумуляторе на кинематические и энергетические параметры проводился цикл испытаний при постоянной установке величины хода разгона верхних подвижных частей при изменяемом ступенями начальном давлении в аккумуляторе.
- б). Для изучения влияния массы на кинематические и энергетические параметры проводился цикл испытаний при изменяющейся ступенями массе верхних подвижных частей.
- в). С целью установления пути разгона верхних подвижных частей до воздействия их на плунжеры цилиндров гидросвязи и дальнейшего совместного с нижними подвижными частями перемещения до обеспечения равенства количества движения проводился цикл испытаний при изменяемой ступенями предварительной величины разгона верхних подвижных частей до встречи с плунжерами путем изменения длины регулируемых упоров.
- г). С целью изучения динамических свойств гидросистемы проводилась регистрация изменения давления в гидросистеме.
- д). С целью установления сравнительной оценки колебаний пресс-молота от удара верхних подвижных частей по неподвиж-

ным нижним и при бесшаботном варианте проводилась запись колебаний станины ГИБПМ.

Установлено, что изменением начального давления в аккумуляторе можно ступенчато менять запасенную подвижными частями энергию, при этом работа деформирования осуществляется кинетической энергией подвижных частей /60%/ и повышенным давлением жидкости /40%/.

Увеличение массы 140 кг подвижных частей в 1,6 раза незначительно влияет на уменьшение скорости подвижных частей / с 4,1 до 3,9 м/сек /. Однако, кинетическая энергия подвижных частей возрастает / со 120 до 180 кГм / и в сумме с действующим усилием от повышенного давления жидкости во время деформирования позволяет увеличить расходуемую работу на деформирование / с 200 до 340 кГм /.

Установлено, что нижние подвижные части на ходе 4-5 мм приобретают скорость, соответствующую и моменту соударения скорости верхних подвижных частей. Амплитуда колебаний станины при применении разрывной гидросвязи в 2,5 раза меньше амплитуды при работе машины по шаботному варианту и не превышает амплитуды колебаний станины, возникающей при отражении ударной волны от поршня рабочего цилиндра в начальный момент движения.

В пятой главе приводятся результаты технологического опробования ГИБПМ на получение заготовок метчиков методом горячего гидродинамического выдавливания / ГГДВ /.

Режущий инструмент из быстрорежущих сталей в основном изготавливают методами механической обработки, коэффициент использования дорогостоящих сталей находится в пределах 0,15 - 0,65. Трудность получения этого инструмента обработкой давлением обычными способами обуславливается узким интервалом коловочных температур и высокой степенью деформационного упрочнения. При узком интервале коловочных температур и малых объемах исходных заготовок для ГГДВ типа метчиков, разверток, сверл необходимо до минимума сокращать время загрузки и использовать быстроходное оборудование.

Проведенный анализ особенностей процесса ГГДВ, характера изменения усилия выдавливания позволил предположить о возможности более эффективного осуществления его на ГИБПМ. Для проверки этого на кафедре АМ-6 был разработан штамп для ГГДВ

метчика М14 объем заготовки $6,3 \text{ см}^3$. С целью снижения подстуживания наружных слоев заготовки применялся подогрев штампа до $420-450^\circ \text{C}$. Для нагрева заготовок до 1150°C использовалась лабораторная электропечь сопротивления СУОЛ-0,25.1/12-М1.

Проведена опытная штамповка заготовок метчиков М14 из стали Р18 с записью на осциллографе усилия деформирования, перемещения рабочих частей, давления жидкости в рабочей и возвратной полости цилиндра. Качество полученных заготовок удовлетворяет техническим требованиям на это изделие.

Установлено, что время деформирования на ГИБПМ по сравнению со временем деформирования на кривошипном прессе в 10 раз меньше и составляет 0,015 сек, а следовательно, заготовка меньше подстуживается. Удельная энергия деформирования уменьшилась на 6-8%.

Годовой экономический эффект от внедрения ГИБПМ на получение заготовок метчиков М14 при годовой программе 100 тыс. штук составит 10 тыс. рублей.

В шестой главе выполнено сопоставление результатов теоретического и экспериментального исследований, приведена методика проектного расчета ГИБПМ, приведены рекомендации по совершенствованию их конструкции.

Удовлетворительная сходимость результатов теоретического и экспериментального исследования опытного образца ГИБПМ указывает на справедливость исходных предпосылок и допущений, принятых при теоретическом анализе. Показано, что для исследуемых машин разгон верхних подвижных частей и их воздействия на плунжеры цилиндров гидросвязи целесообразно анализировать с использованием методики, основанной на "волновой" модели гидросистемы, а для совместного перемещения верхних и нижних подвижных частей использовать методику, основанную на "упругой" модели гидросвязи. При этом погрешность расчета не превышает 9% по сравнению с экспериментом.

В основу разработанной методики проектного расчета ГИБПМ положены его основные параметры, определяемые заданным технологическим процессом и допустимой величиной хода нижних подвижных частей, определяемой средствами механизации или автоматизации технологического процесса.

Опытный ГИБПМ с энергией 450 кГм и с максимальными скорос-

тями подвижных частей к моменту их соударения до 2,5 м/сек внедряется в производство для получения на нем концевых режущего инструмента типа метчиков.

Общие выводы

1. В результате изучения конструкций бесшаботных молотов и кузнечно-штамповочных машин, полезно использующих в приезде энергию гидроудара, установлено, что разработка и создание надежных констукций бесшаботных машин с малым ходом нижних подвижных частей при их массе равной массе верхних подвижных частей является актуальной задачей, для решения которой был создан гидравлический импульсный бесшаботный пресс-молот, признанный изобретением.

2. В результате теоретического анализа параметров движения рабочих частей и процессов в гидросистеме получены аналитические зависимости, позволяющие связать кинематические и размерные параметры гидравлического импульсного бесшаботного пресс-молота. При этом для определения параметров движения верхних подвижных частей использовалась модель гидросистемы "волновая", а для нижних подвижных частей - модель гидросвязи "упругая".

3. В результате экспериментального исследования гидравлического импульсного бесшаботного пресс-молота подтверждена целесообразность применения разрывной гидросвязи, способствующей приобретению нижними подвижными частями на ходе от 4 до 5 мм скорости равной скорости верхних подвижных частей при их равных массах. Максимальное смещение плоскости соударения составило 0,5 - 1,0 мм.

4. Установлено, что при применении разрывной гидросвязи амплитуда колебаний станины в 2,5 раза меньше амплитуды при работе машины с неподвижными нижними рабочими частями.

5. Технологическое опробование гидравлического импульсного бесшаботного пресс-молота на получение концевых режущего инструмента типа метчиков методом горячего гидродинамического выдавливания показало положительный результат. Время деформирования заготовки метчика на ГИБМ по сравнению со временем деформирования на модернизированном кривошипном прессе в 10 раз меньше и составляет 0,015 сек, в результате происходит

меньшее подстуживание заготовки и уменьшение удельной энергии деформирования на 6 - 8 %. Малый ход нижних подвижных частей позволяет механизировать и автоматизировать технологический процесс.

6. На основе проведенных теоретического и экспериментального исследований гидравлического импульсного бесшаботного пресс-молота разработана методика инженерного расчета подобных машин по выбору оптимальных конструктивных параметров.

Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:

1. Кагарманов А.Ф., Бердников Э.Б., Сопочкин В.А. Анализ движения рабочих частей гидравлического молота под действием ударной волны. Сб. "Машины и технология обработки металлов давлением". М., "Машиностроение", 1973, /МВТУ им. Н.Э.Баумана, вып. 10/.

2. Сопочкин В.А., Зимин А.И., Бердников Э.Б. Гидравлический импульсный бесшаботный пресс-молот. Авт. свид. № 489574, Заявлено 04.04.1974. Бюллетень изобретений № 40, 1975.

3. Бердников Э.Б., Сопочкин В.А., Сопочкин С.А. Энергетические особенности штамповки на гидравлическом импульсном пресс-молоте. Тезисы докладов. Всесоюзная научно-техническая конференция "Новое в кузнечно-штамповочном производстве" /г. Запорожье, 1975 г./, М., 1975.