

М133008

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

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

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

Аспирант М. Б. САФАРЯН

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ
ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ГИДРАВЛИ-
ЧЕСКОГО ИМПУЛЬСНОГО ХОЛОДНОВЫСАДОЧНОГО
ПРЕССА-АВТОМАТА

(05.165 — Оборудование и машины кузнечно-прессового
производства)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

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

Научный руководитель д. т. н., проф. А. И. Зимин.

Научный консультант к. т. н., доц. А. Ф. Кагарманов.

Официальные оппоненты:

докт. техн. наук А. Д. Дарон,
канд. техн. наук В. Г. Левицкий.

Ведущее предприятие — Московский завод «Электросвет»
им. Яблочкова.

Автореферат разосла-

Защита диссертации со-
на заседании Ученого
механизация производ-
Москва, Б-5, 2-я Бауман-

С диссертацией мож-
им. Баумана.

Ваши отзывы на ая
рах, заверенные печат-
адресу.

Секретарь
канд. те

М133008



1133008

Сафарян М.Б. Теоретическ

В настоящее время особое внимание уделяется вопросам создания новых, технически совершенных, кузнечно-прессовых машин, имеющих повышенные эксплуатационные показатели и отвечающие возрастающим требованиям по улучшению условий труда.

В машинном парке кузнечно-прессового оборудования большое распространение имеют холодновысадочные механические автоматы, которые применяются для изготовления различного типа метизных изделий.

Однако, недостатком указанных автоматов является большой шум (выше нормы) и вибрации при их работе, оказывающие вредное влияние на здоровье операторов и на производительность их труда.

Одним из возможных решений проблемы уменьшения шума является создание автоматов с гидроприводом. Причем, наиболее перспективным — создание гидропривода, использующего гидравлический удар. При этом не только устраняются указанные недостатки, но и упрощается конструкция, появляется возможность увеличения производительности самых быстроходных автоматов.

Данная работа посвящена теоретическим и экспериментальным исследованиям кузнечного холодновысадочного пресса-автомата с гидравлическим импульсным приводом. Создание такого автомата стало возможным в результате появления новой кузнечной машины — гидравлического импульсного пресса-молота : с гидроприводом, использующим гидравлический удар в качестве переносчика энергии.

Однако, задача по применению гидравлического удара в приводе холодновысадочных автоматов усложняется заменой простого волнового, входящего в гидросистему импульсных прессов-молотов — сложным.

Целью данной работы явилось доказательство возможности создания гидравлических импульсных прессов-автоматов на основе исследований поведения гидравлического удара в сложном волновом гидросистемы и взаимодействия этого удара с подвижными элементами автомата.

Для достижения этой цели были решены следующие задачи:

1. выбрана гидрокинематическая схема автомата, взамен механического, наиболее отвечающего требованиям исследований;
2. разработана методика теоретического и экспериментального исследования этого автомата;

M133008

3. спроектирован, изготовлен и отлажен опытный образец автомата;

4. проведены исследования;

5. выполнено сопоставление результатов исследований и на основе этих сопоставлений определены общие рекомендации по правильному выбору гидрокинематической схемы автомата;

6. разработана методика расчета автомата.

Поскольку имеется большое многообразие в кинематических схемах автоматов с одинаковыми принципами работы, то был выбран сравнительно сложный по кинематике технологии и самый быстроходный из холодновысадочных автоматов гвоздильный механический автомат, как наиболее подходящий объект для проведения исследований.

Работа содержит введение, пять глав и выводы.

ГЛАВА I. ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВЧНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ АВТОМАТОВ. ОБЗОР ТЕОРИИ ГИДРОУДАРА И ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСНЫХ МАШИН.

В главе I приводится обзор существующих конструкций кузнечно-штамповочных механических автоматов, известных в настоящее время гидравлических импульсных машин и основы теории расчета этих машин, а также теории расчета гидроудара в простых и в сложных трубопроводах.

По основному технологическому назначению кузнечно-штамповочные механические автоматы классифицируются на автоматы об'емной штамповки, листовой штамповки, гибочные и т.д. Холодновысадочные автоматы относятся к числу автоматов об'емной штамповки.

Из всех разновидностей холодновысадочных автоматов особое место занимает быстроходные гвоздильные автоматы, в которых наиболее ярко выражены отмеченные выше недостатки. Эти автоматы совершают до 900 ударов в минуту, что составляет до 15 ударов в секунду. При такой частоте ударов, благодаря значительным ускорениям в звеньях автомата, создаются большие инерционные нагрузки. За один оборот коленчатого вала силы инерции изменяют свое направление, что сопровождается выборкой зазоров, имеющих место в многочисленных кинематических парах и сочленениях, вызывая большой шум и вибрации. Уровень шума в цехах с установленными механическими гвоздильными автоматами намного выше стандартных норм.

Применение гидравлики в приводе холодновысадочных автоматов дает возможность сократить число кинематических элементов и, следовательно, уменьшить уровень шума.

Из машин автоматического действия, в приводе которых используется энергия гидравлического удара, известны гидравлические тараны и буровые гидроударные машины.

За последние годы появились новые машины импульсного действия — гидравлические импульсные прессы-молоты.

Теория расчета гидроудара и гидравлических импульсных машин опирается на основные положения, впервые сформулированные Н.Е. Жуковским.

Теории гидравлического удара посвящены многие работы, из которых можно установить, что имеются два метода решения задач на гидроудар: метод аналитического решения и метод графического решения. Расчеты гидравлического удара аналитическим методом очень трудоемки, особенно при исследовании сложных трубопроводов. Вследствие этого в работе расчеты гидравлического удара производятся графическим методом, как наиболее простым. Решение задач графическим методом привело к простым аналитическим выводам.

В главе изложены основные принципы расчета гидравлического удара графическим методом, который применим как для простого, так и для сложного трубопровода.

На основании проведенного анализа обосновывается возможность создания гидравлических холодновысадочных автоматов и указываются основные задачи, которые необходимо решить при проведении работ.

ГЛАВА II. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ИМПУЛЬСНОГО ХОЛОДНОВЫСАДОЧНОГО ПРЕССА-АВТОМАТА.

Глава посвящена теоретическим исследованиям основных закономерностей, имеющих место при работе гидравлического импульсного холодновысадочного автомата со сложным волноводом в гидросистеме.

Изготовление детали (гвоздя) на импульсном автомате производится следующим образом: заготовка подается через раскрытые матрицы, эти матрицы на следующем этапе технологического процесса зажимают ее. Далее пуансон высаживает головку гвоздя. Одновременно, ножи, помещенные за матрицами и приводимые в действие с ними от одного и того же плунжера, производят операцию отрезки — заострения. После подачи заготовки для второй детали, готовая деталь сбрасывается. Далее цикл повторяется.

Гидравлическая схема автомата состоит из исполнительной части и из гидропривода. В исполнительную часть входят: сложный волновод и исполнительные механизмы на концах ответвлений волновода.

Волновод имеет центральную трубу, соединенную одним концом с импульсным клапаном, а другим — с рабочим цилиндром плунжера пуансона, две боковые, равные по длине трубы, соединенные с центральной трубой в точке разветвления и имеющие на концах плунжеры с матрицами и ножами.

В гидропривод автомата входят: аккумулятор привода, импульсный клапан с золотником управления, командующий его открытием и закрытием, аккумулятор управления и гидроаппаратура. Между исполнительной частью и гидроприводом есть линия обратной связи, имеющая регулируемый дроссель. Труба обратной связи соединяет золотник управления с точкой разветвления волновода.

Автоматический цикл работы и все рабочие операции, кроме подачи, производятся энергией ударной волны, возникающей при открытии импульсного клапана. При этом по сложному волноводу в направлении поршней распространяется ударная волна со скоростью звука в рабочей среде. Длины ответвлений волновода рассчитаны таким образом, чтобы до подхода пуансона к заготовке она уже была зажата матрицами. Под действием разветвленной ударной волны производится процесс изготовления детали. Одновременно, разветвленная ударная волна, проходя через линию обратной связи, подходит к золотнику и перемещает его, что приводит к закрытию клапана и далее происходит повторение автоматического цикла. Количество ударов автомата в минуту можно плавно регулировать от единичных ударов до максимального числа с помощью изменения гидравлического сопротивления регулируемого дросселя.

Теоретический анализ начинается с определения законов движения концевых подвижных устройств: поршней, золотника и импульсного клапана.

Закон движения поршня определяется для случая воздействия на него ударной волны, давления которой меняется по закону единичной разрывной функции и синусоидальной функции.

Общее дифференциальное уравнение движения поршня под действием ударной волны имеет вид:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{\rho c \omega_n^2}{m \omega} \cdot \frac{dx}{dt} + \frac{c_2}{m} x = \frac{2 P_0 \omega_n - P_p}{m} \quad (1)$$

где x — координата вдоль оси трубопровода, t — время, ρ — плотность рабочей жидкости при атмосферном давлении, c — скорость распространения ударной волны в жидкости, ω_n и ω — площадь рабочего цилиндра и площадь сечения подводящего трубопровода, m — масса

поршня, C_f — линейный коэффициент пропорциональности сопротивления заготовки деформированию, R_p — сила противодействия жидкости в возвратной полости.

При изменении давления ударной волны по закону синусоидальной функции: $p_g = p_a \sin \omega t$, где p_a — амплитуда волны, $\omega = \frac{2\pi}{T}$, T — длина волны, получаются следующие решения для скорости v и пути S при ходе разгона:

$$v = 2ab\omega [a(e^{-2bt} - \cos \omega t) + 2b \sin \omega t] \quad (2)$$

$$S = D [a^2(1 - e^{-2bt}) + 2b(4b \sin^2 \frac{\omega t}{2} - a \sin \omega t)] \quad (3)$$

где

$$b = \frac{c_f \omega_n^2}{2m\omega} ; \quad D = \frac{p_a \omega_n}{2bm(a^2 + 4b^2)}$$

В гидравлическом импульсном автомате, с целью получения быстрого открытия и закрытия импульсного клапана с сервоприводом, применен клапан с направляющими поисками, законы движения которого, как и закон движения золотника под действием давления жидкости системы управления, описываются сходными дифференциальными уравнениями типа Рикатти. В работе приведены выражения для определения времени открытия и закрытия такого клапана.

Далее приводится методика графического расчета гидроудара в сложном волноводе гидравлического импульсного автомата.

Для упрощения расчетов были приняты следующие допущения:

- потери на трение и на местные гидравлические сопротивления, кроме сопротивления в дросселе, не учтены;
- импульсный клапан открывается мгновенно;
- жидкость в гидроцилиндрах не сжимается;
- боковые трубы заканчиваются тупиками;
- температура и вязкость жидкости не меняются.

На основе теории расчета гидроудара в сложном трубопроводе, приведено описание приемов графических построений применительно для расчета гидравлического удара в сложном волноводе импульсного автомата при разных режимах работы. Графические расчеты дают возможность определить не только ударные давления и расходы в конечных сечениях и в точке разветвления сложного волновода, но и пути перемещения пуансона и золотника в зависимости от времени.

Так как анализ сложного волновода с произвольными размерами труб очень сложен, то для облегчения этого анализа был взят слож-

ний волновод, имеющий следующие заданные размеры конструктивных элементов:

$$\begin{aligned} l_1:l_2:l_3:l_4 &= 1:1:2:7 & \omega_1:\omega_2:\omega_3:\omega_4 &= 1:1:1.5:1.5 \\ \omega_n:\omega_4 &= \omega_3:\omega_1 = 2:1 & \omega_{3n}:\omega_1 &= 3.5:1 \end{aligned} \quad (4)$$

где l_1 — длина трубы от импульсного клапана до точки разветвления, l_2, l_3, l_4 — длины труб от точки разветвления до золотника, бокового цилиндра и цилиндра пуансона; $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$ — площади сечений соответствующих труб; ω_3 и ω_{3n} — площади торцов золотника (ω_{3n} — со стороны сложного волновода).

Графическим методом были исследованы следующие характерные режимы работы автомата:

— тупиковый — при котором все концевые сечения волновода заканчиваются тупиками;

— единичного удара, при котором щель дросселя закрыта;

— автоматических ударов, при котором щель дросселя открыта.

Причем, количество ударов в минуту зависит от сечения щели дросселя.

Результаты графических расчетов для указанных режимов работы автомата при $p_y = 0.5 p_{AK}$, где p_{AK} и p_y — давление жидкости в аккумуляторах привода и управления, приведены в виде графиков ударных давлений в концевых сечениях и в точке разветвления волновода, перемещения и скорости пуансона и золотника.

Анализ результатов графического расчета показывает, что из точки разветвления к концевым подвижным устройствам волновода подходит ударная волна, давление во фронте которой можно аппроксимировать синусоидой. Амплитуда синусоиды зависит при прочих равных условиях от величины сечения щели регулируемого дросселя и выражается коэффициентом K :

$$p_{yg} = K p_{AK} \sin \omega t \quad 0 < t < \frac{2l_4}{c} \quad (5)$$

Тогда ударное давление в рабочем цилиндре пуансона p_n определится:

$$p_n = 2K p_{AK} \sin \omega t - c p \frac{\omega}{\omega_n} \quad 0 < t < \frac{2l_4}{c} \quad (6)$$

Гидродинамическое давление в боковых цилиндрах p_s описывается законом полного отражения подошедшей ударной волны от неподвижной преграды и имеет вид:

$$p_s = K p_{AK} \sin \omega t \quad 0 < t < \frac{2(l_3 + l_4)}{c} \quad (7)$$

Ударное давление у торца золотника, как показывает анализ, колеблется относительно ординаты $p_y \frac{\omega}{\omega_{\text{вл}}}$.

Скорости и пути перемещения пуансона при ходе разгона определяются по формулам (2) и (3). Перемещение золотника S_3 можно описать приближенной формулой:

$$S_3 = A_3 t \quad (8)$$

где A_3 — коэффициент, зависящий при прочих равных условиях от сечения щели дросселя и определяемый анализом графических расчетов.

Теоретическое исследование завершается определением числа ударов в минуту n . Число ударов автомата в минуту может быть определено по формуле:

$$n = \frac{60}{t_c + t_{\text{ок}} + t_3 + t_{3\text{к}}} \quad (9)$$

где t_c — время слива отработанной жидкости из гидросистемы;
 $t_{\text{ок}}$ и $t_{3\text{к}}$ — время открытия и закрытия импульсного клапана;
 t_3 — время перемещения золотника под действием ударной волны.
 Определяется согласно формуле (8).

ГЛАВА III. АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ИМПУЛЬСНОГО ПРЕССА-АВТОМАТА.

В главе III приводится аналитический расчет действующего гидравлического импульсного автомата с исполнительной головкой для изготовления гвоздей.

К числу расчетных параметров отнесены: скорость и перемещение пуансона, давление жидкости в рабочих цилиндрах, число ударов автомата в минуту при определенной величине щели регулируемого дросселя и давления жидкости в аккумуляторах.

Для определения исследуемых величин при помощи графических построений определяются коэффициент амплитуды ударной волны K и линейный коэффициент A_3 перемещения золотника.

В главе отдельно изложена методика определения гидравлических потерь в линии обратной связи при движении жидкости как в прямом, то есть от аккумулятора привода к золотнику, так и в обратном направлении.

Для упрощения задачи определения потерь в дросселе, имеющего коническую вращающуюся иглу, принимается, что гидравлическое со-

противление щели равносильно сопротивлению дроссельной шайбы, имеющей ту же самую площадь проходного сечения. Тогда, для определения сопротивления по всей линии обратной связи при прохождении гидравлического удара можно применять известные формулы местных сопротивлений. Приведенные коэффициенты сопротивления потерь, рассчитанные согласно этим формулам, представлены в виде таблицы в зависимости от угла поворота дроссельной иглы.

При движении жидкости в обратном направлении, благодаря наличию обратного клапана в узле дросселя, свободно пропускающего жидкость от золотника к волноводу, коэффициент гидравлических потерь можно считать постоянным. Приведена методика определения величины этого постоянного коэффициента.

Как показывает теоретический анализ работы опытного гидравлического импульсного холодновысадочного автомата, число ударов автомата в минуту при выбранных размерах гидросистемы можно регулировать в пределах от единичного удара до 2000 ударов в минуту и более.

ГЛАВА 1У. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ИМПУЛЬСНОГО ХОЛОДНО- ВЫСАДОЧНОГО ПРЕССА-АВТОМАТА.

В главе 1У изложены результаты экспериментальных исследований опытного образца гидравлического импульсного холодновысадочного автомата с исполнительной головкой для изготовления гвоздей Ø1,2х15.

В экспериментальных исследованиях была поставлена задача проверки результатов теоретического анализа, установление практической возможности создания гидравлических импульсных автоматов.

В экспериментальные исследования были включены:

- исследование распространения гидроудара по сложному волноводу автомата, определение ударных давлений на концах ответвлений;
- исследование зависимости пути и скорости пуансона от времени;
- исследование влияния величины сечения щели дросселя на амплитуду ударной волны и на число ударов в минуту;
- исследование влияния времени открытия импульсного клапана на форму фронта ударной волны за клапаном, влияющую на энергию волны.

Были проведены измерения уровня шума в существующих механических автоматах и на опытном импульсном автомате.

В главе описаны: опытный автомат, система измерительной и регистрирующей аппаратуры, методика проведения экспериментальных исследований, результаты экспериментальных исследований, сравне-

ния экспериментальных данных с теоретическими и основные закономерности, полученные в результате экспериментирования.

Основной вывод исследования: гидропривод опытного образца импульсного автомата универсален и может быть применен для холодно-высодочных автоматов, выполняющих различные технологические операции.

Для регистрации исследуемых параметров при проведении экспериментов использовалась безинерционная измерительная система. Для замера давления жидкости применялись тензодатчики сопротивления, приклеенные непосредственно на трубы волновода. Для записи перемещения пуансона использовался малоинерционный ходограф реостатного типа. В качестве усилителя применялся тензометрический усилитель ТУ-6М, а для записи исследуемых параметров — осциллограф Н102 в комплексе с отметчиком времени П104, настроенный на частоту 1000 гц. Скорость записи составляла 2 м/сек.

Анализ экспериментальных данных подтвердил полученные основные выводы, сделанные в теоретической части работы.

Установленные при экспериментах закономерности позволили сделать ряд заключений о работе гидравлического импульсного автомата.

Как показывают осциллограммы перемещения пуансона и изменения давления жидкости в его рабочем цилиндре, при подходе к пуансону волны пониженного давления происходит отрыв его от заготовки вследствие превышения усилия противодействия со стороны возвратной полости, затем — вторичный удар по заготовке. Для исключения этого явления необходимо работу автомата настроить таким образом, чтобы клапан закрывался в такой момент, который бы не допускал подхода к рабочему цилиндру волны пониженного давления.

Экспериментальные исследования подтверждают теоретические выводы о том, что для выбранной схемы сложного волновода при изменении хода разгона удар пуансона по заготовке происходит при разных давлениях в боковых цилиндрах. Это требует для каждого автомата, имеющего определенный ход разгона, рассчитывать размеры труб волновода, чтобы удовлетворять условию удара пуансона по заготовке в момент, когда матрицы плотно зажимают ее. Этих расчетов не потребуется, если начало рабочих ходов по возможности сблизить.

Экспериментально доказано, что для получения устойчивого автоматического цикла работы машины необходимо в гидросистеме иметь обратную связь. При увеличении гидравлического сопротивления дросселя обратной связи число ударов автомата уменьшается, а амплитуда волны, подошедшей к поршням — возрастает. При одинаковых ре-

жимах работы автомата, при увеличении давления жидкости в системе управления, увеличивается число ударов автомата в минуту. Последнее может быть объяснено уменьшением времени перемещения золотника под действием давления жидкости системы управления.

Анализ экспериментальных данных показывает, что при закрытии импульсного клапана, при сливе отработанной жидкости из водновода, происходит сбрасывание в сливной бак некоторого объема жидкости сверх нормы. Чтобы избежать этого явления необходимо на линии слива установить гидравлическое сопротивление.

Исследование влияния времени открытия импульсного клапана на форму фронта ударной волны за клапаном показывает, что при увеличении времени открытия клапана от мгновенного, кривая изменения амплитуды волны от величины по экспоненте стремится к аккумуляторному давлению.

Замеры шума в гвоздильных цехах с установленными механическими автоматами моделей ГАП-2 и ТСП показали, что кривые спектров уровней шума в этих цехах проходят намного выше от нормативной кривой, что указывает на актуальность проблемы уменьшения шума. Кривая спектра шума опытного гидравлического автомата, изготовленного без противошумных мероприятий, проходит ниже кривой спектра шума механического автомата, являющегося прототипом.

Замеры показывают, что можно добиться дальнейшего уменьшения уровня шума при применении противошумных мероприятий, к числу которых можно отнести: перевод упоров хода подвижных частей внутрь цилиндра, установление автомата на амортизаторы, изоляция исполнительской головки шумопоглощающим кожухом и т.д.

ГЛАВА V. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ИМПУЛЬСНОГО ПРЕССА-АВТОМАТА С ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ГОЛОВКОЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГВОЗДЕЙ.

В основе методики расчета гидравлического импульсного автомата с исполнительной головкой для изготовления гвоздей заложена технология, обеспечивающая уменьшение инерционных сил и наиболее рациональное использование энергии гидравлического удара. Заготовка подается до упора к пуансону и в то же время на размер, необходимый для оформления головки. После открытия импульсного клапана, под действием подоседающих ударных волн производится зажим заготовки матрицами, а затем одновременно высадка пуансоном головки гвоздя и отрезка — заострение ножами.

К числу исходных данных, необходимых для расчета автомата от-

носятся: диаметр и длина стержня гвоздя; размеры и форма высаживаемой головки, материал детали.

К основным расчетным параметрам автомата относятся:

1. величина максимального хода пуансона $S_{\max}$;
2. величина хода матриц S_m и отрезных ножей S_n ;
3. масса поршня m ;
4. давление жидкости в аккумуляторе привода P_{AK} ;
5. давление жидкости в аккумуляторе управления P_y ;
6. площади боковых поршней ω_1 и площади сечений труб волновода;
7. конструктивные параметры импульсного клапана;
8. основные конструктивные параметры золотника управления (ω_3 ; ω_4 ; его ход и т.д.);
9. длины труб волновода l_1 ; l_2 ; l_3 ; l_4 ;
10. время цикла t_u ;
11. число ударов автомата в минуту n .

Величины расчетных параметров определяются из условия, чтобы в момент окончания деформирования головки гвоздя скорость поршня пуансона равнялась нулю. Для упрощения расчетов кривая технологического усилия высадки аппроксимируется прямой, а ударная волна синусоидальной формы, выходящая из точки разветвления, заменяется равносильной единичной разрывной волной. Такие допущения с некоторой погрешностью позволили получить следующие основные простые расчетные формулы для определения массы поршня пуансона и величины давления жидкости в аккумуляторе привода:

$$m = \frac{C_9 \pm \sqrt{C_9^2 - 4(0,12 \cdot \frac{\pi}{t_p} \cdot \omega_n)^2}}{2\left(\frac{\pi}{t_p}\right)^2} \quad (10)$$

$$P_{AK} = \frac{1}{24\omega_n} \cdot \left(\frac{S_{\max} \cdot C_9}{1 + e^{\frac{\pi}{t_p}}} \right) \quad (11)$$

где t_p — время высадки головки;
 $S_{\max}$ — максимальный ход пуансона.

Площади боковых поршней и площади сечений труб волновода определяются по соотношениям:

$$\omega_1 = \frac{2}{3}\omega_n; \quad \omega_n : \omega_4 = 2:1; \quad \omega_1 : \omega_2 : \omega_3 : \omega_4 = 1:1:1,5:1,5 \quad (12)$$

Длины труб волновода определяются:

$$l_4 = 7\tau c; \quad l_3 = 2\tau c; \quad l_1 = l_2 = \tau c, \text{ где } \tau = \frac{t_p}{11} \quad (13)$$

В главе изложен порядок проведения расчета и пример расчета гидравлического импульсного автомата.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

Развитие кузнечно-прессового машиностроения и возрастающие требования улучшения условий труда в кузнечных цехах ставят задачу создания новых технически совершенных машин.

Основные результаты исследований, описанные в данной работе, позволяют сделать следующие выводы:

1. Представляется возможным создание гидравлических импульсных холодновисадочных автоматов со сложным волноводом в гидросистеме.

2. Для расчета сложного волновода автомата можно пользоваться графо-аналитическим методом, как наиболее простым.

Использование для решения задач распространения гидравлического удара в сложном волноводе графического метода в сочетании с аналитическими выводами позволило наиболее коротким путем найти окончательные простые выражения, удобные для практического применения.

3. Обязательным элементом гидросистемы автоматов должна быть обратная связь импульсного клапана с золотником через трубопровод с регулируемым дросселем.

4. Гидравлические импульсные автоматы, благодаря наличию дросселя в линии обратной связи, имеют возможность плавного регулирования числа ударов от единичного до максимального числа.

5. В импульсных автоматах, в отличие от механических, возможно непрерывное регулирование выходной энергии.

6. На последовательность работы исполнительных механизмов гидравлических импульсных автоматов существенное влияние оказывает соотношение длин участков волновода.

Длины участков выбираются согласно циклограмме работы данного типа автомата.

7. Применение гидравлического удара в приводе кузнечных холодновисадочных автоматов позволяет уменьшить уровень шума, упростить конструкции автоматов и обеспечить ее компактность.

8. Так как холодновисадочные автоматы в большинстве случаев имеют горизонтальное исполнение, то в них вертикальные вибрации, передающиеся на фундамент, будут отсутствовать.

9. Открываются большие возможности универсализации одного привода для приведения в действие нескольких исполнительных головок. Эти головки могут работать синхронно или асинхронно, согласно гидросхеме автомата.

10. Большая быстроходность автомата, обусловленная применением гидравлического удара в приводе, дает возможность существенного повышения производительности.

11. На основе проведенного теоретического и экспериментального исследования разработана методика расчета гидравлического импульсного холодновысадочного автомата с исполнительной головкой для изготовления гвоздей.

Основные материалы диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Сафарян М.Б. и др. Проволочно-гвоздильный автомат. Авторское свидетельство № 271489. "Открытия, изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки" № 18. 1970 г.

2. Сафарян М.Б. О динамике основного рабочего механизма проволочно-гвоздильного автомата. "Промышленность Армении" 1970 г. №1.

3. Кагарманов А.Ф., Сафарян М.Б. Зависимость формы фронта ударной волны от времени открытия импульсного клапана. "Промышленность Армении," 1970 г. №10.

Материалы диссертации докладывались:

1. На научно-технической конференции во ВЗМИ с 11-13 марта 1970 г., г.Москва.

2. На научных семинарах при кафедре "Машины и автоматизация обработки давлением." МВТУ им. Н.Э.Баумана.