

М404633

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ СССР

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской революции
и ордена Трудового Красного Знамени
Высшее техническое училище им. Н.Э.Баумана

Экз. № 86

На правах рукописи

БРОХИН

Владимир Сергеевич

УДК - 621.646.25 - 82

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХКАСКАДНЫХ
РЕДУКЦИОННЫХ КЛАПАНОВ ДЛЯ ОБЪЕМНОГО ГИДРОПРИВОДА

Специальность 05.02.03 - Системы приводов

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 1983

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ СССР

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской революции
и ордена Трудового Красного Знамени
Высшее техническое училище им. Н.Э. Баумана

На правах рукописи

ЕРОХИН

Владимир Сергеевич

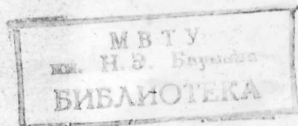
УДК - 621.646.25 - 82

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХКАСКАДНЫХ
РЕДУКЦИОННЫХ КЛАПАНОВ ДЛЯ ОБЪЕМНОГО ГИДРОПРИВОДА

Специальность 05.02.03 - Системы приводов

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 1983



М4407633

Работа выполнена на кафедре "Металлорежущие станки" Пензенского политехнического института и кафедре К-6 МВТУ им.Н.Э.Баумана.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор МВТУ Д.Н.ПОПОВ.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Некрасов Б.Б.

кандидат технических наук Кузнецов В.С.

Ведущее предприятие указано в решении Ученого Совета.

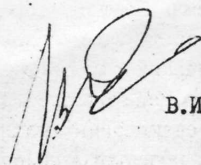
Защита диссертации состоится " " 1983 г. на заседании специализированного Совета К053.15.06 МВТУ им.Н.Э.Баумана по адресу: Москва, 107005, 3-я Баумановская ул., 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ им.Н.Э.Баумана.

Автореферат разослан " " 1983 г.

Ваши отзывы в 2-х экземплярах, заверенные печатью, просьба высылать по указанному адресу.

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат технических наук, доцент



В.И.ЛОБАЧЕВ

Актуальность работы. Решения XXVI съезда КПСС, направленные на новый мощный подъем социалистической экономики, ставят перед современной наукой ряд новых задач. Дальнейшее развитие отдельных отраслей промышленности связано с более широким применением гидравлического привода в системах автоматического управления и регулирования.

Несмотря на широкое применение объемного гидропривода в различных отраслях техники, благодаря известным преимуществам перед другими приводами, конструктивные схемы комплектующих его элементов и динамические характеристики гидроаппаратов требуют дальнейшего совершенствования.

Редукционные клапаны применяются в гидросистемах автоматических линий и агрегатных станков в цепях управления возвратно-поступательного движения поршней цилиндров клиновых зажимных механизмов и т.д., где используется пониженное давление по сравнению с напорной магистралью. Перерегулирование редуцированного давления в зажимных устройствах ограничивает скорость зажима и увеличивает время цикла обработки детали, особенно при большом числе подобных механизмов в линии.

Использование серийных редукционных клапанов в цепях зажима заготовки прецизионных зуборезных станков не обеспечивает требуемой точности изготовления зубчатого колеса вследствие неустойчивости усилия зажима в процессе цикла обработки.

Таким образом, недостаточно высокие динамические показатели переходного процесса редукционного клапана влияют на динамику гидросистемы. Поэтому оправданы и являются актуальными разработки новых конструкций аппаратов и сравнительные исследования влияния физических параметров системы и конструктивных элементов на динамику переходного процесса как предложенного вновь, так и серийных редукционных клапанов. Разработка расчетной методики аппаратуры непрямого действия позволяет научно обоснованно подойти к проектированию указанной аппаратуры.

Работа посвящена вопросам улучшения рабочих характеристик элементов станочного гидропривода, разработки методов расчета и исследования редуцирующей аппаратуры непрямого действия и выполнялась согласно Государственной комплексной программы
0.16.09.15.02.176.

Целью работы является повышение качественных и количествен-

ных показателей элементов промышленного гидропривода путем создания рациональной конструкции аппаратов с улучшенными рабочими характеристиками, методов ее проектирования и исследования, разработка методики расчета редукционных клапанов непрямого действия с автоматизацией этих расчетов на ЭВМ.

Методы исследования. Теоретическое исследование проводилось на основе положений гидромеханики, теории гидравлического привода и теории автоматического регулирования с учетом физических процессов, протекающих в редукционном клапане. Для теоретического исследования использовались вычислительные машины БЭСМ-6 и ЕС 1022. Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях на специально изготовленном стенде с применением измерительной аппаратуры.

Научная новизна. Разработаны новые конструкции редукционных и предохранительно-редукционных клапанов с улучшенными динамическими характеристиками, защищенные авторскими свидетельствами. Разработана математическая модель редукционного клапана непрямого действия с автоматической дроссельной шелью между редуцированной и надклапанной полостями. Разработана методика определения динамических характеристик редукционных клапанов непрямого действия на ЭВМ в стадии конструкторских разработок. Созданы алгоритмы, позволяющие на стадии проектирования выявить зону устойчивой работы аппарата, влияние отдельных элементов конструкции редукционного клапана на динамику переходного процесса.

Практическая ценность работы заключается в том, что на основе проведенных исследований разработана методика инженерных расчетов с использованием ЭВМ, которая позволяет на стадии проектирования назначать оптимальные конструктивные параметры и рассчитывать переходные процессы и устойчивость клапанов с достаточной для приложений точностью без сложных и объемных лабораторных испытаний.

Материалы по исследуемому редукционному и предохранительно-редукционному клапанам (типа КРАД и М-КПР) переданы для внедрения на Ленинградское объединение "Электросила", ВАЗ, завод РТИ г. Курска и ряд других организаций и предприятий нашей страны.

Апробация работы. Основные положения работы доложены и обсуждены на конференциях по гидроприводу в г. Киеве (1972, 1977, 1978, 1980, 1981, 1982, 1983 г.г.), в г. Ленинграде (1972, 1974 г.г.), в

г.Калуге (1980 г.), на научно-техническом семинаре кафедры К-6 МВТУ им.Н.Э.Баумана (4 раза), трижды на научно-технических конференциях Пензенского политехнического института.

По результатам выполненных теоретических и экспериментальных исследований опубликовано 12 работ, получено 6 авторских свидетельств, 4 отчета по НИР, 6 актов о внедрении.

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключительной части, состоящей из выводов по работе и содержит 170 страниц машинописного текста с 50 рисунками и 7 таблицами, списка литературы из 102 наименований, приложения, помещенного в конце работы.

Во введении работы обосновывается актуальность исследования гидравлической контрольно-регулирующей аппаратуры и, в частности, редукционных клапанов, которые широко используются в различных отраслях машиностроения.

В первой главе представлен обзор принципиальных схем редукционных клапанов прямого и непрямого действия, применяемых в различных отраслях машиностроения. Все многообразие этих аппаратов отечественных и зарубежных фирм было классифицировано по способу нагружения регулятора давления, по форме и конструкции запорных элементов, по способу воздействия чувствительного элемента на запорный орган, по типу чувствительного элемента и т.д., что позволило детально проанализировать особенности различных аппаратов и выбрать оптимальный структурный вариант.

Теоретическим исследованиям работы клапанов посвящены работы В.В.Ермакова, В.И.Погорелова, Д.Н.Попова, В.С.Кузнецова, П.В.Отрошко, В.Ф.Пантелеева, В.П.Гурьева и многих других авторов. Однако все эти работы, как правило, посвящены однокаскадным редукционным или предохранительным клапанам и большинство работ не рассматривают динамику переходного процесса, а дают расчет параметров в установившемся режиме работы.

В работах О.Н.Трифоновна на основе метода Ляпунова анализируются нелинейные дифференциальные уравнения, описывающие в динамике поведение системы, и определяется область устойчивой работы однокаскадных предохранительных и редукционных клапанов.

Наибольший интерес представляет работа В.Ф.Пантелеева, посвященная теоретическому и экспериментальному исследованию динамических процессов в гидросистемах с двухходовыми клапанами-пульсаторами. Эти процессы с учетом принятых допущений описаны сис-

темой нелинейных дифференциальных уравнений движения клапанов первого и второго каскадов и баланса расходов рабочей жидкости. Используя аналоговые вычислительные машины и ЭВМ, Пантелеев В.Ф. на стадии проектирования решает вопросы выбора ряда параметров клапана-пульсатора для обеспечения необходимого режима нагружения реальной системы.

Однако в этой работе недостаточно полно рассмотрены вопросы устойчивости, не определена зона устойчивой работы клапана-пульсатора.

Из зарубежных авторов наиболее известными в области теоретического исследования являются работы М.Гийона, Ц.У.Мэ, Т.Моринаги. Однако и их работы посвящены однокаскадным (наиболее простым) клапанам.

В области экспериментальных работ по контрольно-регулирующей аппаратуре наиболее известными являются работы И.З.Зайченко, А.А.Барсукова, Б.Л.Коробочкина, Н.В.Васильева, Г.Н.Зубова, В.Ф.Пантелеева, П.В.Отрошко, В.С.Кузнецова и других. Они посвящены отработке и исследованию динамических характеристик отечественных и зарубежных конструкций регуляторов скорости, клапанов-пульсаторов, предохранительных и переливных клапанов и автору неизвестны работы, посвященные комплексному исследованию серийно выпускаемых редукционными клапанами.

Экспериментальные работы Ц.У.Мэ и Т.Моринаги являются дальнейшим продолжением их теоретических изысканий.

Все вышеизложенное позволило определить следующие задачи настоящей диссертационной работы:

1. Выбор оптимальной схемы и создание более совершенной конструкции редукционного клапана непрямого действия на основе новых принципов и элементов.
2. Разработка обобщенной математической модели редукционных клапанов, в том числе и оригинальных конструкций.
3. Разработка методов расчета динамических характеристик переходного процесса на ЭВМ.
4. Разработка методов расчета и исследования на устойчивость с определением области устойчивости у вновь созданных аппаратов.
5. Экспериментальная проверка достоверности методики теоретических расчетов.
6. Разработка универсальной модульной контрольно-регулиру-

шей аппаратуры непрямого действия и ее унификация со стандартной гидроаппаратурой.

Вторая глава посвящена теоретическому исследованию динамических характеристик редукционных клапанов непрямого действия.

На рис. I представлена расчетная схема редукционного клапана с автоматически изменяющейся дроссельной щелью между надклапанной и редуцированной полостями (КРАД).

С учетом принятых допущений динамические процессы, протекающие в редукционном клапане, можно описать дифференциальными уравнениями движения клапанов первого и второго каскадов и баланса расходов рабочей жидкости:

$$m_1 \ddot{x}_1 + A_1 \dot{x}_1 + C_1(x_{01} + x_1) + C_r \pi d_1 [(e - x_1)(P_2 - P_3) \cos \theta_1 + x_1 P_3 \sin \varphi \cos \varphi] = \frac{\pi d_1^2}{4} P_2 \quad (I)$$

$$m_2 \ddot{x}_2 + A_2 \dot{x}_2 + T_2 \operatorname{sgn}(\dot{x}_2) + C_r \pi d_2 (h - x_2)(P_1 - P_2) \cos \theta_2 + C_2(x_{02} + x_2) = \frac{\pi d_2^2}{4} (P_2 - P_3) \quad (2)$$

$$K_{c2} \dot{P}_2 = K \pi d_2 (h - x_2) \sqrt{P_1 - P_2} - K \pi d_1 (e - x_1) \sqrt{P_2 - P_3} - \frac{\pi d_1^2}{4} \dot{x}_2 - n \cdot t \quad (3)$$

$$K_{c1} \dot{P}_3 = K \pi d_1 (e - x_1) \sqrt{P_2 - P_3} - K \pi d_2 x_2 \sin \varphi \sqrt{P_3} + \frac{\pi d_2^2}{4} \dot{x}_2 \quad (4)$$

где m_1, m_2 — масса клапанов первого и второго каскадов; A_1, A_2 — коэффициенты вязкого трения; T_2 — постоянная составляющая силы полусухого трения; C_1, C_2 — жесткости пружин; x_1, x_2 — перемещение клапанов; P_1, P_2, P_3 — давление рабочей жидкости в соответствующих полостях; x_{01}, x_{02} — предвзвешенное сжатие пружин; C_r — коэффициент гидродинамической силы; e — максимальная величина щели автоматического дросселя; h — максимальная величина редуцирующей щели клапана второго каскада; K_{c1}, K_{c2} — коэффициенты сжимаемости рабочей жидкости; d_1, d_2 — диаметры золотников; $\varphi, \theta_1, \theta_2$ — углы направления потока жидкости.

Уравнения (I)–(4) представляют собой систему нелинейных дифференциальных уравнений, которые обычными методами интегрирования решить не представляется возможным. Поэтому целесообразно для их решения использовать быстродействующую ЭЦМ. Эта задача

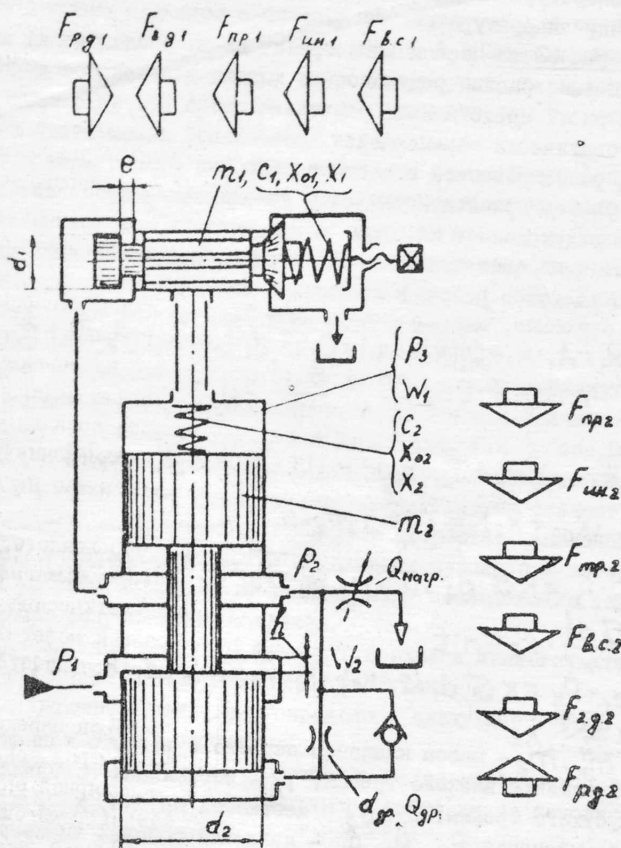


Рис. I Расчетная схема редукционного
клапана КРАД

и была решена на машине БЭСМ-6 с использованием численного метода решения дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутты.

Динамика оценивалась по динамическому показателю перерегулирования, который определяется по формуле

$$\sigma = \frac{\Delta P_2'}{P_2} ;$$

где $\Delta P_2'$ - максимальная величина превышения редуцированного давления над настроенным редуцировочным; P_2 - настроенное редуцированное давление.

Чем ближе этот показатель к нулю, тем выше динамические характеристики клапана.

На рис.2 приведены результаты решения для редуцированного давления 3 МПа. На этом рисунке изображены кривые: 1 - изменение давления в напорной магистрали P_1 ; 2 - изменение редуцированного давления P_2 ; 3 - изменение давления в надклапанной полости P_3 ; 4 - перемещение золотника второго каскада X_2 ; 5 - перемещение золотника первого каскада; 6 - изменение редуцированного давления P_2 , полученное экспериментально на стенде осциллографированием.

Анализируя результаты расчета на ЭЦВМ переходного процесса в редукционном клапане и сравнивая их с экспериментальной кривой, полученной на стенде, видно, что математическая модель адекватна конструкции редукционного клапана и может быть использована на стадии проектирования для предварительной оценки динамики переходного процесса.

Проблема определения оптимальных параметров переходного процесса - это задача поиска оптимальных параметров конструкции из множества возможных. Существуют методы регулярной оптимизации, такие как метод сканирования, метод градиента, метод наискорейшего спуска, метод тяжелого шарика и т.д. Однако выбор метода представляет известные трудности. Для определения влияния каждого параметра конструкции КРАД на динамику переходного процесса был проведен расчет на ЭЦВМ по разработанной выше программе методом перебора параметров. Анализ результатов расчета позволяет заключить, что наибольшее влияние на динамику переходного процесса оказывает величина редуцирующей цели h . С уменьшением этой величины показатель перерегулирования σ уменьшается и динамика аппарата улучшается.

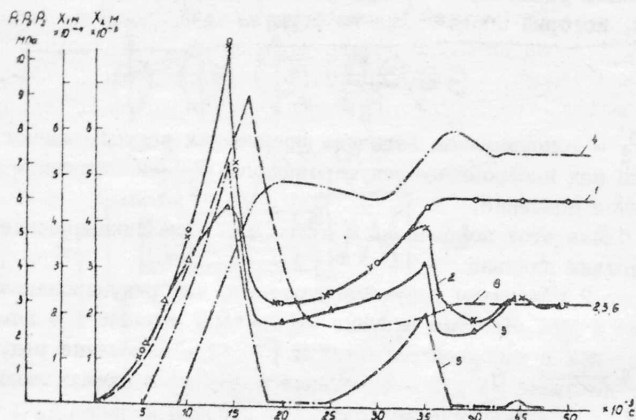


Рис.2 Результаты расчета переходного процесса редукционного клапана КРАД на давление 3 МПа

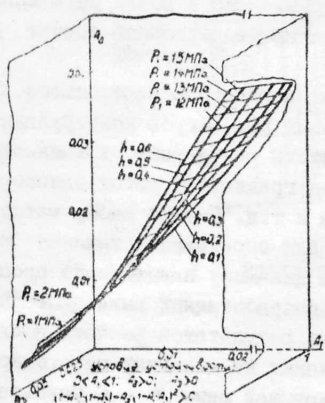


Рис.3 Изменение устойчивости редукционного клапана КРАД

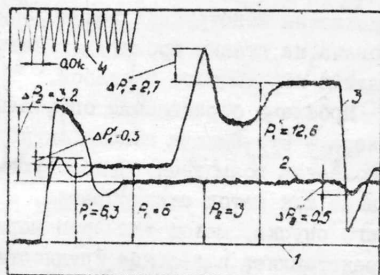


Рис.4 Осциллограмма переходного процесса редукционного клапана PG57-22

При теоретическом исследовании динамики переходного процесса рассмотрен вопрос устойчивости при работе, что является одной из важнейших задач, решаемых при создании систем автоматического регулирования. В работе устойчивость оценивалась по алгебраическому критерию Гурвица, позволяющему по коэффициентам характеристического уравнения редукционного клапана определить зону устойчивой работы аппарата.

Нелинейные дифференциальные уравнения (I)–(4), описывающие динамику переходного процесса, были предварительно упрощены путем пренебрежения силой полусухого трения и гидродинамическими силами, а также массой золотника первого каскада. Затем в полученной системе уравнений были линеаризованы нелинейные функции путем разложения их в ряд Тейлора. В результате дальнейших алгебраических преобразований получено характеристическое уравнение редукционного клапана КРАД, которое имеет вид:

$$\begin{aligned} & K_{C1} \cdot K_{C2} \lambda^5 + (K_{C1} \cdot K_{C2} \cdot R_{12} + K_{C1} \cdot K_{C2} \cdot R_9 + K_{C2} \cdot R_6 - K_{C1} \cdot R_1) \cdot \lambda^4 + \\ & + (K_{C2} \cdot R_{10} \cdot F_2 + K_{C2} \cdot R_6 \cdot R_9 - K_{C1} \cdot R_1 \cdot R_9 + K_{C1} \cdot K_{C2} \cdot R_9 \cdot R_{12} - R_1 \cdot R_6 + \\ & + K_{C2} \cdot R_6 \cdot R_{12} - K_{C1} \cdot R_1 \cdot R_{12} + K_{C1} \cdot K_{C2} \cdot R_{11} - R_2^2 - K_{C1} \cdot R_4 \cdot R_8) \cdot \lambda^3 + \\ & + (K_{C2} \cdot R_9 \cdot R_{10} \cdot F_2 - R_1 \cdot R_{10} \cdot F_2 - R_1 \cdot R_6 \cdot R_9 + R_6 \cdot R_9 \cdot R_{12} \cdot K_{C2} - K_{C1} \cdot R_1 \cdot R_9 \cdot R_{12} + \\ & + K_{C1} \cdot K_{C2} \cdot R_9 \cdot R_{11} - R_1 \cdot R_6 \cdot R_{12} + K_{C2} \cdot R_6 \cdot R_{11} - K_{C1} \cdot R_1 \cdot R_{11} - R_2^2 \cdot R_9 \cdot R_{12}^2 - \\ & - R_4 \cdot R_6 \cdot R_8 - K_{C1} \cdot R_4 \cdot R_8 \cdot R_{12} + R_2 \cdot R_7 \cdot R_8 - R_2 \cdot R_{10} \cdot F_2 + K_{C1} \cdot R_3 \cdot R_{10}) \cdot \lambda^2 + \\ & + (K_{C1} \cdot R_6 \cdot R_9 \cdot R_{11} - R_1 \cdot R_9 \cdot R_{10} \cdot F_2 - R_1 \cdot R_6 \cdot R_9 \cdot R_{12} - K_{C1} \cdot R_1 \cdot R_9 \cdot R_{11} - \\ & - R_1 \cdot R_6 \cdot R_{11} - R_2 \cdot R_3 \cdot R_{10} - R_2^2 \cdot R_9 \cdot R_{12} - R_2^2 \cdot R_{11} - R_4 \cdot R_6 \cdot R_8 \cdot R_{12} - K_{C1} \cdot R_4 \cdot R_8 \cdot R_{11} - \\ & - R_4 \cdot R_8 \cdot R_{10} \cdot F_2 + R_2 \cdot R_7 \cdot R_8 \cdot R_{12} - R_2 \cdot R_9 \cdot R_{10} \cdot F_2 + K_{C1} \cdot R_3 \cdot R_9 \cdot R_{10} + \\ & + R_3 \cdot R_6 \cdot R_{10}) \cdot \lambda + (R_2 \cdot R_7 \cdot R_8 \cdot R_{11} - R_1 \cdot R_6 \cdot R_9 \cdot R_{11} - R_2 \cdot R_3 \cdot R_9 \cdot R_{10} - \\ & - R_2^2 \cdot R_9 \cdot R_{11} + R_3 \cdot R_7 \cdot R_8 \cdot R_{10} - R_4 \cdot R_6 \cdot R_8 \cdot R_{11} + R_3 \cdot R_6 \cdot R_9 \cdot R_{10}) = 0 \end{aligned}$$

В этом уравнении λ – корни характеристического уравнения; R_i, F_i – коэффициенты, зависящие от физических параметров системы и геометрических размеров элементов редукционного клапана.

С целью упрощения условия устойчивости по Гурвицу и использования их для выделения области устойчивости по коэффициентам

характеристического уравнения рассчитывались обобщенные параметры, по которым и определялась зона устойчивой работы аппарата.

Автоматизация расчета, в связи с большим объемом вычислительных операций, выполнена с помощью ЭЦВМ ЕС 1022. Для этого был разработан алгоритм и программа на языке "Фортран". При решении уравнений пятой и четырнадцатой степеней (при определении постоянных составляющих) использована стандартная подпрограмма "POLAS", позволяющая вычислить корни полинома с действительными коэффициентами методом адаптивной стратегии. На рис.3 по результатам расчета внутри области устойчивости построена поверхность, связывающая параметры конструкции редукционного клапана и представляющая картину изменения устойчивости редукционного клапана КРАД в зависимости от изменения давления в напорной магистрали аппарата и величины редуцирующей щели при фиксированных остальных параметрах конструкции.

Третья глава посвящена экспериментальному исследованию редукционных клапанов непрямого действия, выпускаемых серийно, типа Г57-13, ПГ57-22, 5Н-441А и редукционного клапана предлагаемой конструкции КРАД. Целью исследований являлась проверка соответствия математической модели клапана экспериментальным данным реального аппарата и сравнение различных конструкций редукционных клапанов по их динамическим характеристикам. Эксперименты проводились на специально изготовленном стенде. В процессе эксперимента были сняты статические характеристики стенда. Для регистрации динамических процессов использовались тензометрические датчики давления и перемещения, тензоусилительная станция ЛХ-7000 и шлейфовый осциллограф Н-102.

Достоверность полученных результатов при экспериментах оценивалась достижимой точностью измерений, которая количественно характеризуется величиной погрешностей и определяется по формуле:

$$\delta_{\text{сум.}} = \sqrt{\delta_g^2 + \delta_c^2 + \delta_o^2}$$

где δ_g - погрешность датчиков давления и перемещения; δ_c - погрешность каналов тензоусилительной станции; δ_o - погрешность при обработке экспериментальных осциллограмм.

Суммарная погрешность при определении амплитуды давления составляет $\pm 5,18\%$, а амплитуды перемещения $\pm 6,78\%$.

Для исследования редукционных клапанов разработана методика статических и динамических испытаний.

При динамических испытаниях исследовалась зависимость показателя перерегулирования редукционного клапана от конструкции предохранительного клапана системы, от размера редуцирующей щели второго каскада, от наличия в конструкции редукционного клапана обратного клапана с дросселем в подклапанную полость и его влияние на устойчивость аппарата. На рис. 4 представлена характерная осциллограмма переходного процесса редукционного клапана ПГ57-22 с предохранительным клапаном системы МСБ-20. На рисунке обозначены: 1 - нулевая линия; 2 - изменение редуцированного давления; 3 - изменение напорного давления системы; 4 - отметчик времени.

Динамические испытания достаточно хорошо согласуются с данными теоретических исследований и подтвердили возможность использования разработанных методов расчета и рекомендаций в инженерной практике проектирования контрольно-регулирующей гидроаппаратуры и в частности редукционных клапанов непрямого действия.

В четвертой главе рассмотрены некоторые перспективные направления дальнейшего конструктивного развития контрольно-регулирующей аппаратуры и в частности рассмотрена унифицированная модульная конструкция предохранительно-редукционного клапана - аппарата, который может выполнять роль предохранительно-переливного или редукционного клапана в зависимости от места подвода напорной магистрали к аппарату. Для проверки работоспособности этих аппаратов и определения статических и динамических характеристик в обоих режимах были проведены исследования на испытательном стенде в гидролаборатории Ереванского завода "Гидропривод". В процессе исследования опытная партия предохранительно-редукционных клапанов М-КРП на Ду 12, 20, 32 прошла полный цикл испытаний по ГОСТ 20245-74 как в режиме предохранения, так и в режиме редуцирования на всем диапазоне рабочих давлений и расходов.

Результаты этих исследований позволяют заключить, что предохранительно-редукционные клапаны М-КРП, дающие возможность максимально унифицировать элементы предохранительных и редукционных клапанов, конструктивно выполненных в одном корпусе, по своим статическим и динамическим характеристикам не уступают аппаратам раздельного исполнения, позволяет сократить конструкторскую и технологическую документацию, увеличить серийность аппаратов.

ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Обзор литературных данных по результатам исследований контрольно-регулирующей аппаратуры и в частности по редукционным клапанам показал, что в основном исследования были направлены на изучение установившихся режимов работы. Данные по динамическим исследованиям редукционных клапанов не позволяют использовать их для расчета и проектирования аппаратов непрямого действия с заранее определенными динамическими характеристиками.

2. Разработанная методика расчета может быть использована для определения динамических характеристик редукционных и других клапанов непрямого действия, а применения ЭЦМ позволяет автоматизировать этот сложный процесс расчета и оптимизировать параметры конструкции на стадии проработки различных вариантов гидроаппаратуры.

Созданные математические модели реализованы в виде алгоритма и программы расчета на алгоритмическом языке "Фортран-4".

3. Разработанная и испытанная новая конструкция редукционного клапана КРАД, с обратной связью между элементами по давлению и перемещению, по своим статическим и динамическим характеристикам превосходит серийно выпускаемые в настоящее время отечественные редукционные клапаны непрямого действия и может быть использована в гидросистемах различных машин объемного гидропривода.

4. Разработанные в виде отдельных унифицированных модулей по принципиально новой схеме предохранительно-редукционные клапаны дают возможность максимально унифицировать элементы предохранительных и редукционных клапанов, выполненных конструктивно в одном корпусе, а также уменьшить их номенклатуру по запасным частям на предприятиях нашей страны и могут быть рекомендованы для использования в гидросистемах объемного гидропривода станкостроительной, автомобильной, тракторной и других отраслях машиностроения.

5. Применение автоматически изменяющейся дроссельной щели между редукционной и надклапанной полостями в первом каскаде в сочетании со стабилизатором в виде дросселя с обратным клапаном, установленным на входе в подклапанную полость редукционного клапана, позволяют уменьшить динамическую ошибку перерегулирования давления в гидросистеме в 2...3 раза по сравнению с серийно выпускаемыми в настоящее время аппаратами.

6. Разработаны алгоритм и рабочая программа анализа условий устойчивости работы редукционного клапана КРАД на ЭЦВМ, что позволило определить характер влияния геометрических параметров конструкции аппарата на устойчивость при различных физических параметрах системы.

7. Результаты диссертационной работы используются на ряде предприятий нашей страны, что подтверждено актами о внедрении с общим годовым экономическим эффектом 195 тысяч рублей.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Ерохин В.С., Ситников Б.Т. Стенд для исследования работы предохранительных и редукционных клапанов. Информационный листок / ЦНТИ, - Пенза : 1969, № 13, - 4 с.

2. Ерохин В.С., Ситников Б.Т. Новая конструкция редукционного клапана непрямого действия. Информационный листок / ЦНТИ, - Пенза : 1972, № 183-72, - 2 с.

3. Ерохин В.С. Исследование динамических характеристик двухкаскадных редукционных клапанов. - Вопросы технологии и автоматизации производственных процессов в машиностроении. Пенза 1975, вып. 4, с. 148-152.

4. Ерохин В.С. Предохранительно-редукционный клапан. - Технология и автоматизация производственных процессов в машиностроении. Пенза, 1976, вып. 5, с. 114-116.

5. Ситников Б.Т., Ерохин В.С. Регулирование давления в гидросистемах. - Машиностроитель, 1978, № 7, с. 14.

6. Ситников Б.Т., Ерохин В.С. Исследование и выбор конструктивной схемы редукционного клапана с улучшенными характеристиками. - Гидравлические системы металлорежущих станков. М., 1978, вып. 3, с. 171-181.

7. Попов Д.Н., Ситников Б.Т., Ерохин В.С. Исследование динамических характеристик редукционных клапанов непрямого действия. - Изв. вузов. Машиностроение, 1982, № 8, с. 52-56.

8. Ерохин В.С., Ситников Б.Т. Исследование гаммы предохранительно-редукционных клапанов. - Труды Всесоюзной конференции "Повышение эффективности и качества системы гидропневмоавтоматики". Киев : Знание, 1977, с. 32.

9. А.С. 391332 / СССР /. Дифференциальный редукционный клапан / Б.Т. Ситников, В.С.Ерохин - Оpubл. в Б.И., 1973, № 31.

10. А.с. 417664 (СССР). Редукционный клапан/ Б.Т.Ситников, В.С.Ерохин. - Оpubл. в Б.И., 1974, №8.

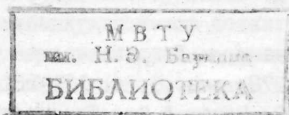
11. А.с. 515092 (СССР). Редукционный двухкаскадный клапан/ Б.Т.Ситников, В.С.Ерохин. - Оpubл. в Б.И., 1976, №19.

12. А.с. 578750 (СССР). Предохранительно-редукционный клапан/ Б.Т.Ситников, В.С.Ерохин, И.Б.Матвеев. - Оpubл. в Б.И., 1977, №32.

13. А.с. 570885 (СССР). Регулирующий клапан/ Б.Т.Ситников, В.С.Ерохин, И.Б.Матвеев. - Оpubл. в Б.И., 1977, №32.

14. А.с. 612091 (СССР). Предохранительно-редукционный клапан/ Б.Т.Ситников, В.С.Ерохин, Э.Г.Аветисов и др. - Оpubл. в Б.И., 1978, №23.

В.С.Ерохин



пог. к. п.ч.

13.11.83

Объем I п.л. Тираж 100 экз.

1-99417

Ротапринт МВТУ. ЗНАК. 605