

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах* рукопису

К О Ц Іван Васильович

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ
КЛАПАНІВ-ПУЛЬСАТОРІВ ДЛЯ ГІДРАВЛІЧНИХ ПРИВОДІВ
ВІБРАЦІЙНИХ І УДАРНО-ВІБРАЦІЙНИХ ВУЗЛІВ
ГІРНИЧОХ МАШИН

05.02.03. - Системи приводів

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

ВІННИЦЯ - 1994



00778535 (Z)

Дисертація є рукописом

Робота виконана у Вінницькому державному технічному
університетіНауковий керівник - доктор технічних наук, професор
Пономарчук Анатолій ФедосійовичОфіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Яхно Олег Михайлович
кандидат технічних наук
Гуменчук Олександр ОлександровичПровідна організація - Інститут геотехнічної механіки
Національної Академії Наук України,
м. ДніпропетровськЗахист відбудеться "28" лютого 1995 року о 14 год.
на засіданні спеціалізованої вченої ради К.10.01.02 при Вінниць-
кому державному технічному університеті за адресою : 286021,
м. Вінниця, Хмільницьке шосе, 95, ВДТУ.З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці ВДТУ за вказа-
нов адресою.

Автореферат розісланий "27" січня 1995 року.

Вчений секретар
спеціалізованої ради  Дерібо О.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В гірничодобувній, хімічній, дорожно-будівельній та інших галузях промисловості широке застосування знаходять вібраційні і ударно-вібраційні (В і УВ) пристрої та машини, які призначені для виконання самих різноманітних технологічних операцій та процесів.

Аналіз відомих В і УВ вузлів з електромеханічними, електромагнітними, пневматичними та гідравлічними приводами показав, що найбільш ефективними і перспективними є пристрої з гідравлічним приводом, які відрізняються підвищеною питомою потужністю, невеликими розмірами, герметичністю, низьким рівнем шуму, можливостями в широких діапазонах варіювати амплітуду та частоту коливань. Більшість відомих В і УВ вузлів з гідравлічним приводом мають складну і не досить технологічну конструктивну компоновку, що створює суттєві труднощі при їх виготовленні, монтажі і експлуатації, а також стримує широке впровадження цих вузлів у виробництво.

Доцільною в даний час є розробка конструкцій В і УВ вузлів з гідравлічним приводом більш простих для виготовлення, але які забезпечують високі технологічні та експлуатаційні робочі параметри, що необхідні для подальшого підвищення продуктивності праці та інтенсифікації гірничого та інших видів виробництва. Таким чином, розробка та дослідження принципіально нових конструкцій В і УВ вузлів з гідравлічним приводом, що відрізняються покращеними техніко-економічними показниками, є актуальною науковою і практичною задачею, якій і присвячена дана дисертаційна робота. Робота виконувалась у відповідності з тематикою досліджень гідравлічних В і УВ гірничих машин, які проводились у Вінницькому державному технічному університеті спільно з інститутами ВДПІРудмаш та НДГРІ по завданнях комплексних цільових державних програм, а також по окремих госпдоговірних темах з різними підприємствами.

Мета роботи. Розробка методики синтезу та вибір раціональних принципіальних схем і конструкцій автоматичних гідророзподільвачів - клапанів-пульсаторів для гідравлічних приводів В і УВ вузлів, встановлення закономірностей та особливостей їх функціонування, теоретичні та експериментальні дослідження динаміки робочого процесу типового УВ вузла з гідроприводом, який керується клапаном-пульсатором, розробка по результатах цих досліджень методики проектного розрахунку основних параметрів аналогічних пристроїв і створення на її основі реальних конструкцій В і УВ вузлів гідроперфораторів, транспортно-технологічних вібраційних машин та інших ви-

дів обладнання В і УВ дії.

Методи досліджень. Теоретичні розрахунки виконувались на основі сучасних методів математичного моделювання фізичних процесів, що мали місце як у досліджуваному клапані-пульсаторі, так і гідравлічній системі ударно-вібраційного вузла, заснованих на класичних наукових положеннях і законах гідравліки, теоретичної механіки, методів математичного аналізу та прикладної математики, теорії гідроприводів, а також результатів і висновків інших авторів. Експериментальні дослідження спрямовані на перевірку і підтвердження теоретичних положень, а також експлуатаційних і ресурсних характеристик гідроприводів В і УВ вузлів в залежності від конструкції та параметрів клапана-пульсатора, характеристик приводної гідросистеми. Стендові та натурні експерименти і випробування проводились електровимірвальним способом із застосуванням сучасних приладів віброта тензометрії достатньої точності з частотними характеристиками, прийнятними для реєстрації параметрів робочих процесів гідравлічних приводів В і УВ вузлів, керованих клапанами-пульсаторами. Аналіз математичної моделі, розрахунки та вибір конструктивних параметрів клапана-пульсатора і характеристик приводної гідросистеми проводились з використанням ЕОМ.

Наукова новизна. Новими науковими результатами є:

- встановлені закономірності функціонування найважливішого пристрою досліджуваної гідросистеми - двокаскадного клапана-пульсатора, що полягають у виявленні найбільш суттєвих характеристик та параметрів, обумовлюючих умови збудження та існування періодичних коливань його керуючого запірно-розподільчого елемента - клапана першого каскаду;

- розроблена повна та спрощена математичні моделі робочого процесу типового гідравлічного приводу УВ вузла, дистанційно керованого двокаскадним клапаном-пульсатором, що полягає в дискретному розбитті робочого циклу на окремі фази;

- технічні рішення реалізовані в досліджуваних гідравлічних приводах В і УВ вузлів, що виражається у визнанні їх винаходами (конструктивні рішення захищені більше ніж 60 авторськими свідоцтвами та патентами);

- обґрунтовані критерії вибору основних параметрів і характеристик приводної гідросистеми та керуючого нею клапана-пульсатора, які були одержані в результаті чисельного моделювання на ЕОМ і експериментальної перевірки здійснення робочих процесів на дослідних зразках та покладені в основу методики розрахунку гідравлічних при-

водів В і УВ вузлів.

Практична цінність. Доведена експериментально та експлуатацією у промислових умовах доцільність використання як блока автоматичного дистанційного управління гідравлічним приводом В і УВ вузлів для гірничих та інших машин - двокаскадного клапана-пульсатора; розроблені класифікаційно-структурні матриці-визначники можливих варіантів здійснення принципіальних схем гідравлічних приводів В і УВ дії і керуючих ними автоматичних гідророзподільвачів - клапанів-пульсаторів; запропоновано метод розрахунку та вибору параметрів і характеристик приводної гідросистеми та конструкції клапана-пульсатора; розроблена методика, алгоритми та рекомендації проектного інженерного розрахунку типових гідравлічних приводів В і УВ вузлів; розроблені на рівні винаходів реальні конструкції клапанів-пульсаторів, а також керованих ними В і УВ вузлів.

Реалізація результатів роботи. Розроблена методика та рекомендації використовувались ВНДПІРудмашем (м. Кривий Ріг) для розрахунків і обґрунтування вибору параметрів нових ударних вузлів для гідроперфораторів. Результати досліджень дослідно-промислового зразка ударного вузла УДДМ-15 з клапаном-пульсатором запропонованої конструкції використані в планових роботах ВНДПІРудмаш (Тема: 80.9.24.013 - "Дослідження по модернізації існуючих та створенню нових засобів ударно-обертального буріння шпурів та свердловин малого діаметра", № Держ. реєстрації 80042757). Розроблена в даній роботі методика розрахунку робочих параметрів і рекомендації по конструюванню гідравлічних віброзбудувачів використані НДГРІ (м. Кривий Ріг) при створенні дослідно-конструкторського зразка гідравлічного збудувача коливань для модуля постачального віброконвейєра Д-1, а також використовуються в НДГРІ при проектуванні віброзбудувачів, що застосовуються як приводи гірничих вібротранспортувачих машин. В і УВ вузли з гідравлічним приводом запропонованої конструкції знайшли своє промислове впровадження на ВО "Хімпром" (м. Вінниця), як гідравлічні збудувачі коливань вібраційного поста для розвантаження залізничних вагонів-хопперів від залишків сипких вантажів, а також вібраційних площадок для транспортування і обрушування склепін сипких хімічних матеріалів.

Апробація роботи. Основні наукові положення та результати досліджень доповідались і обговорювались: на республіканських семінарах "Становище, перспективи та досвід застосування гідроприводів у машинобудуванні" (м. Київ - 1976, 1981, 1982, 1984); на XVI загальносоюзній нараді з гідравлічної автоматики (м. Київ, 1983); на за-

гальносовзній галузевій школі молодих вчених "Підвищення продуктивності праці при підземній і відкритій розробці залізних та марганцевих руд" (м. Кривий Ріг, 1984); на зональних конференціях "Проектування та експлуатація промислових гідроприводів і систем гідроавтоматики" (м. Пенза, 1986, 1988); на НТС ВДПІРудмаш і НДГРІ (м. Кривий Ріг, 1982 - 1988); на першій міжнародній НТК "Удосконалення і розвиток опоряджувально-зачищувальної, фінішної та поверхневої пластичної обробки деталей" (м. Вінниця, 1992); на другій міжнародній НТК "Застосування коливань в технологіях. Розрахунок і проектування машин для реалізації технологій" (м. Вінниця, 1994); на обласних НТК в 1975 - 1994 роках (м. Вінниця).

Найбільш вагомі результати отримані пошукувачем. Розроблена методика аналізу та синтезу можливих принципальних схем і конструктивних рішень гідравлічних В і УВ вузлів та керуючих ними клапанів-пульсаторів; обґрунтовані закономірності функціонування найважливішого пристрою гідросистеми - клапана-пульсатора, що забезпечує автоматичне керування періодичними переміщеннями поршня УВ вузлів тільки по потоку робочої рідини; розроблені математичні моделі В і УВ процесів, за допомогою яких проаналізований вплив параметрів гідроприводу на стабільність і якість функціонування В і УВ вузлів; отримані теоретичні залежності, які покладені в основу запропонованої методики проектного розрахунку гідроприводів В і УВ вузлів; складена методика і проведені експериментальні дослідження; розроблені та впроваджені у виробництво ефективні раціональні конструкції вузлів.

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 90 наукових роботи. В тому числі: 1 монографія, 1 брошура, 26 статей та інших публікацій, 62 авторських свідоцтва і патента на винаходи.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків по роботі, списку літератури і додатку. Матеріали роботи викладені на 159 сторінках машинописного тексту, ілюструється 60 рисунками і 5 таблицями, список літератури вміщує 138 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність роботи, її наукова новизна, практична цінність, викладені основні положення, що виносяться на захист, сформульована мета та задачі дослідження, наведені відомості про апробацію результатів досліджень та структуру роботи.

В першому розділі приводиться аналіз основних характеристик існуючих віброзбудувачів, які застосовуються в гірничій та інших

галузях промисловості. Як показав аналіз, серед відомих типів приводів для вібробуджувачів найбільш перспективним є гідравлічний. Встановлено, що оптимальними серед існуючих в гірничій та інших суміжних галузях машинобудування гідравлічних вібробуджувачів є гідрооб'ємні пристрої із зовнішнім автоматичним золотниковим або клапанним керуванням. Особливої уваги серед них заслуговують гідравлічні вібробуджувачі - В і УВ вузли з дистанційним автоматичним повторенням робочого циклу завдяки клапанам-пульсаторам, які були вперше запропоновані і досліджені у Вінницькому державному технічному університеті, тому що виявились найбільш простими і надійними в роботі. Великий вклад в розвиток та дослідження різноманітних пристроїв автоматичного керування гідроприводами В і УВ вузлів - внесли О.Д. Алімов, С.О. Басов, Н.А. Белан, Б.Г. Бовдуй, В.Д. Варсанюцьєв, Б.В. Войцеховський, І.Ф. Гончаревич, Р.Г. Давидова, Ю.В. Дмитрієвич, М.Є. Іванов, Р.Д. Іскович-Лотоцький, І.І. Каварма, А.Ф. Кічигін, С.О. Козирєв, О.Г. Лазуткін, І.Ф. Лур'є, І.Б. Матвєєв, І.Ф. Медведєв, А.А. Мітусов, А.С. Павлов, В.Ф. Пантелєєв, А.Ф. Пономарчук, В.Ф. Пантелєєв, Ж. У. Усубалієв, І.А. Яншен та інші.

Аналіз існуючих теоретичних методів розрахунку гідравлічних вібробуджувачів показав, що їх результати важко пристосувати до розрахунку гідроприводів В і УВ вузлів, керованих клапанами-пульсаторами, а тому відпрацювання наукової методики їх розрахунку також пройшло три етапи свого розвитку. Від простих математичних залежностей гідравліки і механіки, спрощених математичних моделей робочих процесів, в яких клапан-пульсатор приймався як релейний пристрій без врахування його динаміки, до складних математичних моделей з достатньо повним врахуванням динаміки переміщення основних складових елементів гідроприводу і апаратури його автоматичного керування - клапана-пульсатора, а також балансу витрат робочої рідини. Слід відмітити, що в цих дослідженнях схематично розглядалась робота основного блоку автоматичного керування - двокаскадного клапана-пульсатора, не деталізувалась специфіка перехідних процесів. Не достатньо повно висвітлювались закономірності та особливості збудження та існування незатухаючих коливань заперіно-розподільного елемента клапана першого каскаду.

На основі аналізу відомих наукових рішень і проведених досліджень аналогічного обладнання були сформульовані наступні задачі:

- провести аналіз можливих варіантів принципіальних і конструктивних схем гідроприводів В і УВ вузлів з клапанами-пульсаторами;
- обґрунтувати закономірності та особливості функціонування

двокаскадного клапана-пульсатора непрямої дії:

- розробити повну та спрощену математичні моделі робочого процесу типового гідравлічного УВ вузла, керованого двокаскадним клапаном-пульсатором, і на їх основі провести теоретичне дослідження режимів роботи УВ вузла за допомогою ЕОМ;

- експериментальними дослідженнями двокаскадного клапана-пульсатора непрямої дії і керованого ним гідроприводу УВ вузла встановити достовірність математичних моделей, а також виявити закономірності зміни його робочих режимів при регулюванні параметрів і характеристик привідної гідросистеми і клапана-пульсатора;

- розробити методику розрахунку та проектування автоматичних гідророзподільвачів - клапанів-пульсаторів для гідроприводів В і УВ вузлів гірничих машин;

- провести впровадження результатів дослідження у виробництво.

Другий розділ роботи присвячений вибору та обґрунтуванню раціональних конструктивних рішень об'єктів дослідження - В і УВ вузлів, гідропривод яких керується клапанами-пульсаторами.

Насамперед попередньо розглянуті можливі варіанти принципальних схем здійснення В і УВ вузлів, які були покладені в основу класифікаційно-структурної матриці-визначника. За базовий типовий гідродвигун прийнято гідроциліндр двосторонньої дії з камерами робочого та холостого ходів, з різними ефективними робочими площами.

Після відповідного аналізу із запропонованої матриці варіантів схем були виключені повторювані симетричні, теоретично неможливі або практично недоцільні. В результаті отримано 14 можливих реальних принципальних схем із 49 математематично очікуваних. Аналогічно також синтезовані принципальні схеми автоматичних гідророзподільвачів - клапанів-пульсаторів, для яких була складена класифікаційно-структурна матриця-визначник можливих типових схем клапанів-пульсаторів прямої та непрямої дії і способи їх підключення до гідросистеми. Після виключення із розгляду нераціональних схем гідророзподілення спільно з попередньо виявленими раціональними схемами гідроприводів були також синтезовані повні принципальні схеми гідроприводу В і УВ вузлів та керуючих ними клапанів-пульсаторів. Виходячи із методики класифікації конструктивних рішень клапанів-пульсаторів, запропонованої проф. Р.Д. Ісковичем-Лотоцьким, автором також було розроблено варіант структурної матриці-визначника, придатної для вибору конструкцій клапанів-пульсаторів. В основу цієї матриці покладені можливі і відомі нам конструктивні виконання таких пристроїв. Із запропонованого переліку можливих принципальних

гідравлічних схем, а також після детального аналізу і синтезу можливих конструктивних рішень клапанів-пульсаторів була вибрана найбільш раціональна для конструктивної реалізації об'єкта дослідження - УВ вузла гідроперфоратора принципіальна схема з врахуванням конструкції двокаскадного клапана-пульсатора (рис. 1). Даний УВ вузол - гідропривод з керованою камерою холостого ходу, в якому застосовано двоходовий, двокаскадний клапан-пульсатор, в першому каскаді якого використано проміжний плунжер-штовхач, що взаємодіє з золотником - запірно-розподільчим елементом, котрий одночасно є автоматичним дроселем і двоходовим розподільником енергоносія, а в другому каскаді - клапанний запірно-розподільчий елемент з двоко-двоходовим розподіленням енергоносія. Конструктивна схема даного УВ вузла, як складова частина - робочий модуль гідроперфоратора, визнана винаходом і захищена авторськими свідоцтвами СРСР за № 1046495, 1625949, 1658916, 1765319 та інш.

В третьому розділі роботи проводиться теоретичне дослідження динаміки типового УВ вузла з гідроприводом, який автоматично керується двокаскадним клапаном-пульсатором. У відповідності з розрахунковою схемою (рис.2), була розроблена повна математична модель робочого процесу типового гідроприводу УВ дії з двокаскадним клапаном-пульсатором, яка дозволила імітувати динамічні процеси.

При розробці математичної моделі прийнято такі припущення: температура і в'язкість робочої рідини постійні; хвильовими процесами нехтуємо, тому що гідролінії мають незначну довжину; продуктивність гідронасоса постійна; коефіцієнти витрат через прохідні отвори постійні; можливі втрати рідини з гідросистеми лінійно залежать від тиску; рідина в гідросистемі стислива, коефіцієнт стисливості при тискові 0 - 3 МПа приймаємо рівним певному середнь-інтегральному значенню, а при тискові більше ніж 3 МПа - надаємо постійне значення. В основу математичної моделі динаміки роботи гідророзподільчого пристрою - двокаскадного клапана-пульсатора покладено розбиття всього робочого циклу на ряд взаємопов'язаних дискретних фаз спрацювання його рухомих елементів - клапанів першого та другого каскадів, в залежності від положення робочого органу. Зокрема, були виділені наступні основні фази: 1- зростання тиску робочої рідини до величини, при якій починається переміщення рухомої маси 1 (рис.2); 2 - переміщення - холостий хід маси 1 і деформація пружного елемента 3 при подальшому зростанні тиску в гідросистемі до заданої величини p_n ; 3 - початок переміщення вверх плунжера штовхача 8 і двокромкового золотника 9 до проходження ним перекри-

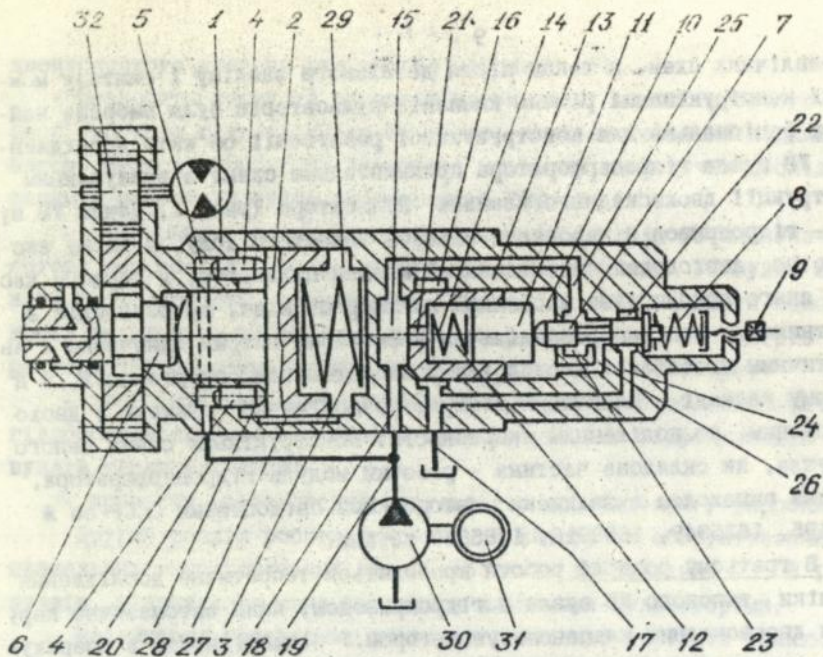


Рис. 1. Конструктивна схема гідроперфоратора із запропонованим ударно-вібраційним вузлом

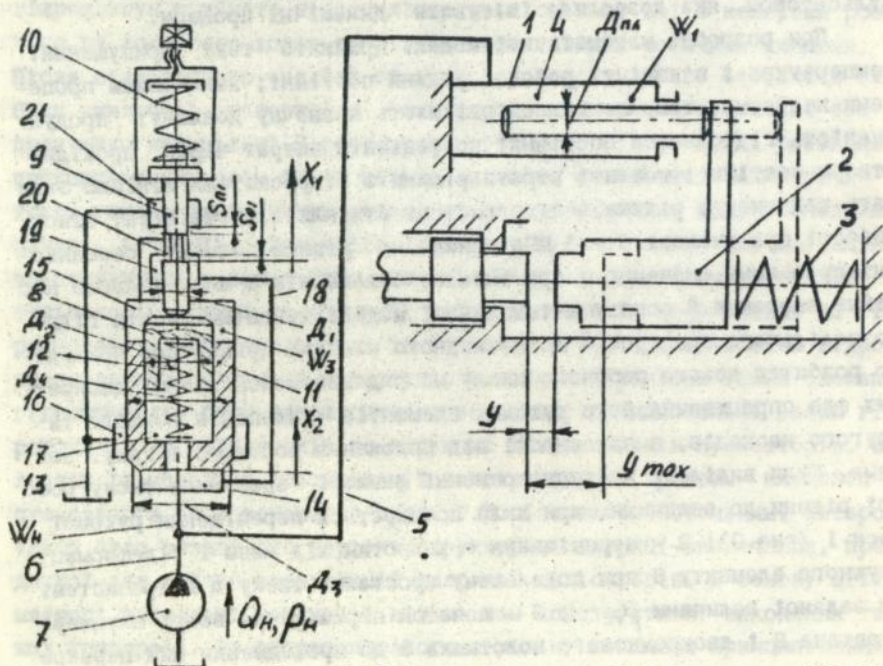


Рис. 2. Розрахункова схема гідропроводу УВ діт

тя S_n і S_{oi} , при подальшому переміщенні маси робочого органу 2 і зростанні тиску в гідросистемі; 4 - поєднання надклапанної порожнини 15 із зливом при подальшому ході маси 2 в крайнє праве положення і зростанні тиску; 5 - відрив від установочного сидла і зміщення вгору клапана другого каскаду 11, що приводить до сполучення робочих порожнин із зливом, а також початку робочого ходу маси 2 під дією зусилля пружного деформованого елемента 3; 6 - продовження робочого ходу маси 2 при непорушному положенні клапанів до удару по упору 22; 7 - падіння тиску в гідросистемі до мінімальної величини, повернення клапанів у вихідні позиції. Для кожної з цих фаз складені нелінійні диференціальні рівняння, які враховували переміщення маси клапанів першого та другого каскадів, робочого органу - маси 2, а також баланси витрат робочої рідини на переміщення мас з врахуванням пружних властивостей рідини та трубопроводів. Розв'язання отриманих систем диференціальних рівнянь ускладнене, у зв'язку з наявністю в них нелінійностей, а тому розв'язання системи рівнянь виконувалось числовими методами на сучасних ЕОМ за допомогою спеціально розробленої програми. Результати розв'язку, отримані після розрахунків показують погодженість з експериментальними даними стосовно основних динамічних та кінематичних характеристик досліджуваного УВ вузла. По результатах розрахунків приведені графіки, таблиці, номограми, які дають можливість виконувати правильний вибір параметрів гідроприводу. На рис. 3 показано зразок графіків розрахунку залежності числа і енергії ударів поршня-бойка від тиску в напірній магістралі гідросистеми, а на рис. 4 - залежності ударної потужності, енергії одиночного удару та ККД від частоти ударів:

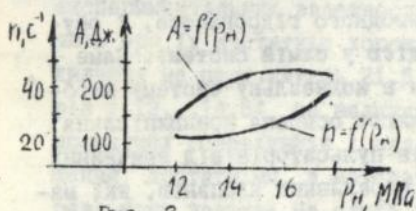


Рис. 3.

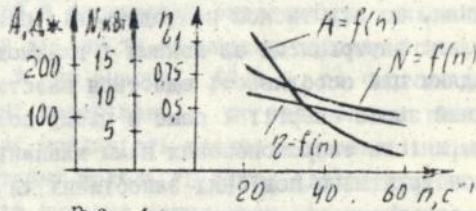


Рис. 4.

Приведені в даній роботі гідроприводи включають пристрій, що призначений для формування характеру зовнішньої сили і регулювання надходження енергії в коливальну систему - двокаскадний клапан-пульсатор. Останній має у своєму складі основний запірно-розподільчий елемент - клапан другого каскаду, що виконує періодичне сполучення напірної магістралі із зливом, в результаті дії на нього змінного потоку робочої рідини, який генерується проміжним керуючим ви-

лірно-розподільчим елементом - клапаном першого каскаду, що має спеціальну конструкцію. Приведені диференціальні рівняння переміщення рухомої маси клапана першого каскаду та рівняння витрат потоку робочої рідини, які після простих перетворень приведені до наступного рівняння:

$$m \frac{d^3x}{dt^3} + \alpha \frac{d^2x}{dt^2} + \left[C + \frac{\pi^2 D_2^2}{16 W_r \beta} \left(D_2^2 - \frac{D_2^2 - D_1^2}{k} \right) \right] \frac{dx}{dt} - \frac{\pi}{4 W_r \beta} \left(D_2^2 - \frac{D_2^2 - D_1^2}{k} \right) \frac{d(W_n - W_u)}{dt} = 0 \quad (1)$$

де m - сумарна маса плунжера-штовхача 8 і двокромкового золотника 9; t і x - поточний час і переміщення маси; α - коефіцієнт в'язкого тертя; C - жорсткість пружини 10; D_1 і D_2 - діаметри золотника 9 і плунжера-штовхача 8, відповідно; W_n, W_u, W_r - об'єм рідини, відповідно, поданий насосом, злитий через клапан та загальний об'єм порожнин; $k = \rho_n / \rho_{min}$; β - коефіцієнт об'ємної стисливості робочої рідини. Проаналізовано вплив всіх складових елементів нелінійного диференціального рівняння (1) на можливе збудження та існування незатухаючих періодичних коливань клапана. Виходячи з критеріїв Гурвиця, визначених у відповідності з коефіцієнтами одержаного характеристичного рівняння, було знайдено аналітичні умови стійкості цього перехідного процесу, що має коливальний характер:

$$\frac{\left\{ 4\alpha \left[C W_r \beta \left(D_2^2 - \frac{D_2^2 - D_1^2}{k} \right) + \frac{\pi^2}{16} D_2^2 \left(D_2^2 - \frac{D_2^2 - D_1^2}{k} \right) \right] \right\}}{m \pi \Delta Q} > 1 \quad (2)$$

Приведені в цій залежності коефіцієнти визначають основні конструктивні параметри клапана першого каскаду і характеристики приводної гідросистеми, що позначені у рівнянні (1) та на рис.2. Як показав аналіз робочого процесу автоколивання в системі, виникають за рахунок неперіодичного джерела енергії - постійного потоку робочої рідини, що під тиском надходить від приводного гідронасоса, і обумовлені внутрішніми зв'язками і взаємодією у самій системі. Саме завдяки цій особливості вдається внести в коливальну систему необхідний запас енергії і саме в цьому полягає основна принципова відмінність запропонованих нами клапанів-пульсаторів від звичайних і конструктивно подібних запобіжних чи переливних клапанів, які мають однозначну активну силу, діючу на клапан першого каскаду, котра не здатна внести необхідний запас енергії на збудження його коливань. В запропонованій конструкції замірно-розподільчого елемента передбачена допоміжна ефективна робоча площа, яка саме і сприяє виникненню двозначності активної сили в залежності від величини зміщення елемента від вихідного положення. Незатухаючі коливання будуть забезпечуватися в тому випадку, коли витрати робочої рідини в гід-

росистемі не перевищують гранично допустимі, на які розрахований по перепаду тиску конкретний клапан-пульсатор, тобто $Q_n < Q_{кл}$. Це узгоджується також з аналітичними умовами стійкості відповідно критеріїв Гурвиця (2).

В розділі наведені спрощені системи диференціальних рівнянь, що описують робочий процес, який здійснюється УВ вузлом з клапаном-пульсатором, а також їх аналітичний розв'язок. Таким чином, були отримані формули, що описують закони переміщення робочого органу УВ вузла при робочому і холостому ході, які можна застосовувати для проектних інженерних розрахунків.

Четвертий розділ роботи присвячений експериментальним дослідженням двокаскадних клапанів-пульсаторів і керованих ними гідроприводів В і УВ вузлів запропонованої в цій роботі конструкції. Мета цих досліджень: перевірка адекватності прийятих допущень при складанні математичних моделей робочого процесу, встановлення реальних закономірностей проходження робочих режимів при регулюванні параметрів гідроприводу і клапана-пульсатора. В розділі наведено опис експериментального стенда, варіантів і конструктивних особливостей універсального УВ вузла і двокаскадних клапанів-пульсаторів. Описана апаратура реєстрації робочих процесів в гідроприводах. Вимірвальний комплекс складається з шлейфового осцилографа Н-115, тензопідсилювача 8АНЧ-7М, датчиків тиску і переміщення. При встановленні конкретних параметрах проводилось осцилографування робочих процесів з відповідною необхідною повторюваністю. Похибка оброблювання експериментальних даних не перевищувала 4,6 % при вимірюванні тиску і була в межах до 6 % при вимірюванні переміщень. Порівняння експериментальних залежностей з отриманими аналітичними шляхом свідчить про їх достатньо хорошу якісну та кількісну погодженість (відхилення не перевищують 21,5 % по енергії, 18,8 % по частоті ударів і 12...14,5% по величині переміщень), що задовольняє вимогам проектних розрахунків і надає можливість рахувати прийняті припущення достатніми, а математичну модель УВ вузла адекватною реальному зразку. На одній із типових осцилограм, що показана на рис. 5, можна простежити характер перехідних процесів у гідроприводі досліджуваного УВ вузла з клапаном-пульсатором. Дана осцилограма свідчить про стійку і стабільну роботу цього пристрою. На осцилограмі позначено: 1 - тиск в напірній магистралі; 2, 3 і 4 - переміщення рухомої маси робочого органу, клапанів першого та другого каскадів, відповідно. Запис зроблено при наступних параметрах конструкції клапана-пульсатора (рис.2): $D_1=10\text{мм}$, $D_2=22\text{мм}$, $D_3=45\text{мм}$.

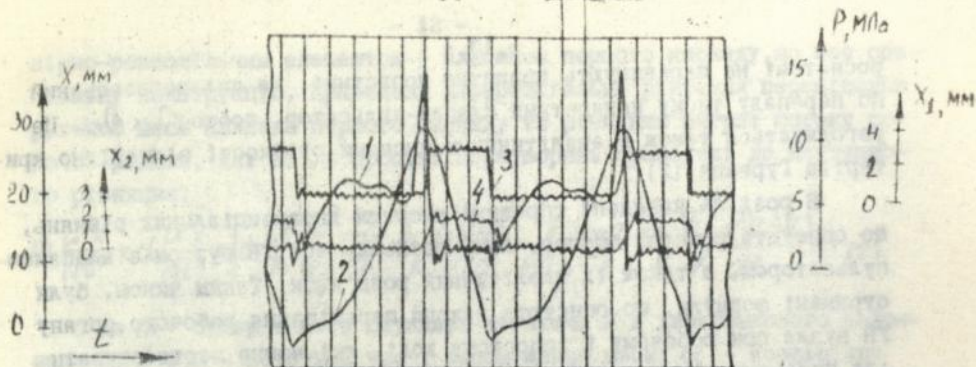


Рис. 5. Типова осцилограма робочого проекту JB гідроприводу

В умовах лабораторії досліджувався повнорозмірний ударний вузол гідроперфоратора УДМ-15, розроблений нами за завданням ВНДПІ-Львівщини і виготовлений на дослідному заводі Інституту. В розділу дисертації дано конкретний аналіз цих досліджень. Основні характеристики цього УВ вузла були такими: ударна потужність 11,3 кВт, енергія удару 160-280 Дж, частота ударів $55 - 40 \text{ с}^{-1}$, тиск в напірній лінійці - 17 МПа, необхідна продуктивність насоса: $100 \text{ дм}^3/\text{хв}$.

Проводилось також випробування гідравлічних В і УВ вузлів іншого призначення дані їх результатів наведені в додатках до дисертації.

В п'ятому розділі приводиться методика проектного розрахунку клапана-пульсатора і керованого ним гідроприводу УВ вузла, в основу її покладені результати теоретичних і експериментальних досліджень, практичний досвід експлуатації. Виведено цілий ряд формул для інженерних розрахунків, приведені необхідні рекомендації і приклади розрахунку. В п'ятому розділі описані конструкції В і УВ машин, в яких були практично реалізовані результати розробок гідроприводів з клапанами-пульсаторами. Наведені їх основні технічні дані.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. На основі проведеного аналізу основних характеристик існуючих вібробудувачів виявлено найбільш перспективний тип їх приводу - гідравлічний. Серед відомих гідроприводів вібраційних і ударно-вібраційних вузлів гірничих машин обґрунтовані переваги гідроприводів з автоматичним керуванням за допомогою клапанів-пульсаторів.

2. Розроблена методика аналізу та синтезу можливих принципальних схем і конструктивних рішень гідравлічних В і УВ вузлів та керуваних ними клапанів-пульсаторів, завдяки якій було здійснено вибір раціональної конструкції клапана-пульсатора та компоновки ударно-вібраційного вузла для конкретного обладнання - гідроперфоратора.

ра для буріння гірських порід та інших машин.

3. Обґрунтовані теоретично та підтверджені експериментально закономірності функціонування найважливішого пристрою гідросистеми - двокаскадного клапана-пульсатора, забезпечуючого автоматичне керування періодичними переміщеннями поршня (плунжера) робочого гідроциліндра тільки по потоку робочої рідини, вперше встановлено найбільш суттєві характеристики і параметри гідросистеми, які визначають умови збудження та існування періодичних незатухаючих коливань його керуючого запірно-розподільчого елемента - клапана першого каскаду.

4. Запропонована повна та спрощена математична модель робочого процесу типового гідроприводу УВ вузла, що керується за допомогою двокаскадного клапана-пульсатора, які відрзняються тим, що базуються на дискретному розбитті робочого циклу на окремі взаємопов'язані елементи - фази, що надало можливість за допомогою чисельного експериментування на основі математичної моделі та використовувачи ЕОМ, провести детальний аналіз впливу основних характеристик і параметрів гідросистеми та конструкції клапана-пульсатора на частоту, амплітуду, швидкість переміщення рухомих деталей робочого органу і клапана-пульсатора.

5. Встановлені узагальнені аналітичні залежності - критерії, які зв'язують поміж собою основні параметри приводної гідросистеми і конструкції В і УВ вузла, придатні для практичних розрахунків при попередній оцінці і виборі раціональних параметрів на стадії ескізного проектування.

6. Розроблені та випробувані на спеціальному стенді експериментальні зразки двокаскадних клапанів-пульсаторів та керованих ними ударно-вібраційних вузлів. Встановлено експериментально стійку і стабільну роботу запропонованих гідравлічних В і УВ вузлів і клапанів-пульсаторів. Результати експериментів підтверджують достовірність теоретичних положень. Клапан-пульсатор забезпечує стабільну генерацію імпульсів тиску робочої рідини при перепаді тиску Δp в робочій камері від 2 до 32 МПа з регульованою частотою повторюваності від 1 до 60 Гц в залежності від продуктивності гідронасоса.

7. На основі одержаних теоретичних і експериментальних результатів розроблена методика розрахунку параметрів В і УВ вузлів з двокаскадним клапаном-пульсатором. Методика використана для проектування ударного вузла гідроперфоратора УДДМ-15 для буріння гірських порід, гідравлічного збуджувача коливань для віброконвейєра Д-1, а також передана і використовується ВНДПІРудмашем, НДГРІ та іншими

організаціями при виконанні дослідно-конструкторських робіт.

8. Розроблені та впроваджені у виробництво реальні вузли вібраційної і ударно-вібраційної дії, конструкції яких захищені авторськими свідоцтвами та патентами.

Основний зміст дисертації викладено в наступних роботах:

1. Гидропривод свепогружающих и грунтоуплотняющих машин / М.Е. Иванов, И.Б. Матвеев, Р.Д. Искович-Лотоцкий, В.А. Пышенин, И.В. Коц. - М.:Машиностроение, 1977. - 174 с.

2. Иванов М.Е., Искович-Лотоцкий Р.Д., Коц И.В. Специальная гидроаппаратура управления короткоходными возвратно-поступательными прямолинейными и вращательными перемещениями в машиностроении. Обзор. - М.: НИИМаш, 1982. - 52 с.

3. Иванов М.Е., Коц И.В., Матвеев И.Б. Математическая модель гидропривода возвратно-поступательного действия, управляемого клапаном-пульсатором // Гидропривод и гидропневмоавтоматика.: Респ. межвед. науч.-техн. сб. - Киев, Техніка, 1981. в.п. 17.- с. 49-54.

4. Пономарчук А.Ф., Бовдуй Б.Г., Коц И.В. Математическая модель ударного узла гидравлической бурильной машины: // Гидропривод и гидропневмоавтоматика: Респ. межвед. науч.-техн. сб.- Киев, Техніка, 1982. - в.п. 19. - с. 51-54.

5. Аналитическое исследование динамики рабочего процесса гидравлического ударно-вибрационного узла / И.В. Коц, М.Е. Иванов, А.Ф. Пономарчук, А.А. Малирчук // Гидропривод и гидропневмоавтоматика: Респ. межвед. науч.-техн. сб.-Киев, Техніка, 1987.-в.п. 23.-с. 113-119.

6. Коц И.В., Иванов М.Е., Лебедь А.Я. Анализ условий возбуждения и существования периодических колебаний управляющего запорно-распределительного элемента // Гидропривод и гидропневмоавтоматика: Респ. межвед. науч.-техн. сб.- Киев, Техніка, 1989. - в.п. 25, с. 53-59.

7. А.с. 1046495 СССР, МКИ³ E 210 3/20. Гидравлическая бурильная машина ударного действия / А.Ф. Пономарчук, Б.Г. Бовдуй, И.В. Коц, Г.М. Алексеев, А.А. Гуливец (СССР). - № 3443552/22-03; Заявлено 18.05.82; Опубл. 07.10.83. Бл. № 37.

8. А.с. 1320136 СССР, МКИ¹ B 65G 27/22. Гидравлический вибрационный привод / А.Ф. Пономарчук, И.И. Каварма, И.В. Коц, В.И. Заика (СССР). - № 3965951/27-03; Заявлено 21.10.85; Опубл. 30.06.87. Бл. № 24.

9. А.с. 1372039 СССР, МКИ¹ E 02B 11/02. Устройство ударного действия / А.Ф. Пономарчук, Б.Г. Бовдуй, И.В. Коц, Г.С. Ратушняк, В.А. Пишенин (СССР). - № 4030388/22-03; Заявлено 24.02.86; Опубл. 07.02.88. Бл. № 5.

10. Патент України 2554, МКІ⁵ Е ОІС 19/34. Гідроінерціана вібротрамбовка /Х. Мубарак, О.Б. Волошин, І.В. Коц, В.С. Фарбер. - № 4944254/33; заявлено 10.06.91; довідка про видачу 28.02.94. Коц І.В. Разработка и исследование клапанов-пульсаторов для гидравлических приводов вибрационных и ударно-вибрационных узлов горных машин.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.03. - системы приводов. Винницкий государственный технический университет. Винница, 1995.

Защищается 6 научных работ, 3 авторских свидетельства и патент по гидроприводам вибрационных и ударно-вибрационных (В и УВ) узлов горных машин, управляемых двухкаскадными клапанами-пульсаторами, а также результаты теоретических и экспериментальных исследований. Разработаны полная и упрощенная модели рабочих процессов типового гидравлического В и УВ узла с клапаном-пульсатором и алгоритмы их исследования численными методами с помощью ЭВМ. Установлены закономерности функционирования клапана-пульсатора, предложена методика и критерии пригодные для расчетов конструкций на стадии проектирования. Осуществлена практическая реализация результатов работы. Приводятся данные об эффективности внедрения их в производство. Kots I.V. Designing and research valve-pulsatores for hydraulic drives of vibration and shock-vibration mechanisms by mining machines.

Thesis being submitted for scientific degree of the Candidate of technical sciences on speciality 05.02.03. - drive systems. The Vinnitsa State Technical University. Vinnitsa, 1994. There're defended 6 scientific works and 3 author's certificate and patents on hydraulic drives of vibration and shock-vibration (V & SV) mechanisms of mining machines, which operated by two-cascade valve-pulsatores, and also results of theoretical and experimental reseaches. The complicated and simple mathematical models of labour processes for typical hydraulic V & SV mechanism with valve-pulsator have been worked out, algorithyms with numerical methods of computer also have been proposed. Regularities of a function of the valve-pulsator were established. Method and criterions which are good for calculations of constructions in the stage of designing were gave us. Practical realization of results of the work, there're results about effect of inculcation them into production.

Ключові слова: гідрравлічний привод, клапан-пульсатор, вібраційні і ударно-вібраційні вузли, дослідження, математична модель

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

Підписано до друку 23.01.1995г.

Тираж 100 прим. Зак. № 2

Папір офсетний.

Друк офсетний.

СКТБ "Модуль", м.Вінниця, Хмільницьке шосе, 97

AB 31.793

AB 31.793