

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Петрусь Віталій Володимирович

УДК 621.65:622.24.05

**ГІДРОІМПУЛЬСНИЙ ПРИВОД МЕМБРАННОГО НАСОСНОГО АГРЕГАТУ ДЛЯ
ПЕРЕКАЧУВАННЯ ВИСОКОВ'ЯЗКИХ, АГРЕСИВНИХ ТА АБРАЗИВОВМІСНИХ
СЕРЕДОВИЩ**

Спеціальність: 05.02.02 – машинознавство

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Вінниця – 2010

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Вінницькому національному технічному університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Коц Іван Васильович,
Вінницький національний технічний університет,
доцент кафедри теплогазопостачання

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Савуляк Валерій Іванович,
Вінницький національний технічний університет,
завідувач кафедри технології підвищення зносостійкості

кандидат технічних наук, доцент
Узунов Олександр Васильович,
Національний технічний університет України “Київський
політехнічний інститут”,
доцент кафедри прикладної гідроаеромеханіки і
механотроніки

Захист відбудеться “23” червня 2010 р. о 13³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 05.052.03 у Вінницькому національному технічному університеті за адресою: 21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ауд. 210 ГУК.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Вінницького національного технічного університету за адресою: 21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.

Автореферат розісланий “ 21 ” травня 2010 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

О. В. Дерібо

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. При будівництві та експлуатації нафто- і газопроводів, теплових мереж, мереж водопостачання та водовідведення, осушуванні котлованів часто виникає необхідність проведення робіт в польових умовах за відсутності мережевого електроживлення, а тому є значна потреба у ефективному занурювальному насосному обладнанні для відкачування сильнозабрудненої води з твердими включеннями, пульпи, хімічноактивних рідин, нафтопродуктів. Окрім того, в хімічній, нафтовій та харчовій промисловості також є аналогічні проблеми, що пов'язані з перекачуванням агресивних, високов'язких чи забруднених рідких середовищ. Традиційно для цього використовуються автономні вітчизняні та імпорتنі насоси із приводними двигунами внутрішнього згорання чи асинхронними електродвигунами, як правило, з відцентровими робочими органами, які пристосовані до відповідних умов відкачування агресивних та забруднених рідин. Досвід використання насосів такого типу свідчить про невисокий їх коефіцієнт корисної дії, малий строк служби і низьку надійність в роботі. Обов'язкове корозійностійке виконання робочих органів через складну технологію їх виготовлення призводить до різкого підвищення собівартості таких насосів. Ефективним вирішенням цієї проблеми є застосування занурювальних насосних агрегатів із гідроприводом. Гідроприводні насосні агрегати з робочим органом мембранного типу можуть використовуватися як навісне змінне устаткування на мобільних транспортних засобах з гідросистемою подачі мастила (трактори, екскаватори, автомобілі тощо). Використання гідроімпульсних приводів для насосних агрегатів у вищезазначених галузях промисловості суттєво поліпшить вихідні параметри та характеристики вже морально застарілих та малоефективних приводів насосів, а саме: будуть зменшені маса і габарити, підвищено коефіцієнт корисної дії, стане можливим забезпечення заданого закону руху робочого органу насосного агрегату та здійснення дистанційного керування його продуктивністю і тиском нагнітання.

Таким чином, створення гідроімпульсного привода з широкими можливостями регулювання для насосних агрегатів, що призначені для перекачування високов'язких, агресивних та абразивовмісних середовищ, який задовольнить вимогам вибухо- і пожежобезпеки та забезпечить максимальну продуктивність і напір насосного агрегату при його високому загальному коефіцієнті корисної дії, є актуальною задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Основний зміст роботи складають результати досліджень, що проводились протягом 2006 – 2009 років. Дисертаційна робота є складовою державної бюджетної теми № 82-Д-312 “Зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище енергозберігаючих систем утилізації органічних відходів”, номер держреєстрації 0108U000667 (виконавець розділу робіт), строки виконання якої з 01.01.2008 р. по 31.12.2010 р. згідно пріоритетного напрямку “Новітні технології та ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та агропромисловому комплексі” відповідно до наказу Міністерства освіти і науки України № 1044 від 27.11.2007 р., госпдоговірної теми № 9320 “Розробка насосного гідроприводного агрегату для перекачування в'язких текучих середовищ” між ВНТУ та ППФ “Кастор”, (номер держреєстрації 0108U009389 (відповідальний виконавець) та інших договорів про творчу співдружність. Згідно зазначених договорів здійснювалась розробка та дослідження насосів з гідравлічним приводом для перекачування агресивних та високов'язких середовищ. Тема роботи відповідає основним науковим напрямкам досліджень Науково-дослідної лабораторії гідродинаміки Вінницького національного технічного університету, в якій виконувалась дана робота за темою дисертації.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є створення гідроімпульсного привода мембранного насосного агрегату для перекачування високов'язких, агресивних та абразивовмісних середовищ з максимальною продуктивністю і напором насосного агрегату при його високому загальному коефіцієнті корисної дії.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі завдання:

- виконати аналітичний огляд відомих типів насосних агрегатів динамічної та об'ємної дії з метою вибору раціонального насосного агрегату для перекачування високов'язких, агресивних та абразивовмісних середовищ;

- проаналізувати відомі типи приводів насосних агрегатів з метою обґрунтування найбільш ефективного привода з регульованими робочими характеристиками для вибраного насосного агрегату;

- виконати аналіз відомих теоретичних досліджень динаміки робочих процесів у гідроприводах зворотно-поступальної дії;

- розробити гідроімпульсний привод мембранного насосного агрегату для перекачування високов'язких, агресивних та абразивовмісних середовищ з блоком керування – автоматичним гідророзподільником;

- розробити математичні моделі та виконати математичне моделювання робочих процесів запропонованої конструкції гідроімпульсного привода мембранного насосного агрегату з автоматичним гідророзподільником, а також його чисельне імітаційне дослідження на ЕОМ, обґрунтувати раціональні конструктивні та робочі параметри, характеристики і режими роботи гідроімпульсного привода та мембранного насосного агрегату;

- виконати математичне моделювання оцінки технічного стану мембранного насосного агрегату з гідроімпульсним приводом;

- експериментально дослідити роботу запропонованого експериментального зразка мембранного насосного агрегату з гідроімпульсним приводом та виконати порівняння результатів, що одержані шляхом проведення експериментальних досліджень з результатами математичного моделювання з метою вироблення практичних рекомендацій для раціонального вибору конструктивних та приводних параметрів перспективних насосних агрегатів і встановлення сфери їх ефективного використання;

- розробити методику проектного розрахунку параметрів гідроімпульсного привода мембранного насосного агрегату для перекачування високов'язких, агресивних та абразивовмісних середовищ.

Об'єкт дослідження – процеси в гідроімпульсному приводі та мембранному насосному агрегаті.

Предмет дослідження – гідроімпульсний привод мембранного насосного агрегату для перекачування високов'язких, агресивних та абразивовмісних середовищ.

Методи дослідження. Для аналізу і вирішення поставлених завдань використані такі методи дослідження: теоретичні дослідження проводилися методами математичного моделювання робочих процесів в мембранному насосному агрегаті та гідроімпульсному приводі з використанням основних законів механіки твердого тіла, теорії гідропривода і гідроавтоматики, теорії моделювання та системного аналізу, числових методів розв'язання систем лінійних і нелінійних диференціальних та алгебраїчних рівнянь. Метод нечітких множин був використаний для побудови математичної моделі оцінки технічного стану мембранного насосного агрегату з гідроімпульсним приводом. Для обробки експериментальних даних використовувались методи математичної статистики і регресійного аналізу та програмне середовище Borland Delphi, а для оптимізації параметрів насосного агрегату після проведення експериментів використовувався пакет Mathcad. Реалізація математичних моделей здійснювалась в програмному середовищі MATLAB. Поставлені задачі розв'язувались з використанням ЕОМ.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

1. Вперше розроблена математична модель робочого процесу гідроімпульсного привода мембранного насосного агрегату, яка відрізняється поєднанням в одній математичній моделі рівнянь динаміки робочого процесу мембранного насосного агрегату та комбінованого автоматичного гідророзподільника керування гідроімпульсним приводом, що дозволяє визначати раціональні конструктивні параметри як складових насосного агрегату та комбінованого автоматичного гідророзподільника, так і характеристики приводної

гідросистеми, які забезпечують оптимальні режими роботи гідроімпульсного привода та мембранного насосного агрегату.

2. На підставі експериментальних досліджень отримано нові регресійні залежності, які дозволяють визначати оптимальні конструктивні і робочі параметри гідроімпульсного привода та мембранного насосного агрегату.

3. Встановлено допустиме значення швидкості робочого органу – поршня з мембраною під час такту всмоктування, що дозволяє забезпечити умову нерозривності потоку, тобто умову безкавітаційної роботи насоса.

4. В результаті проведених теоретичних і експериментальних досліджень розроблено нову математичну модель з використанням теорії нечітких множин для діагностування насосних гідроприводних агрегатів мембранного типу, що дозволяє визначати технічний стан гідроімпульсного привода та мембранного насосного агрегату і можливі причини його погіршення в процесі роботи.

5. Науково обґрунтовані раціональні робочі параметри і характеристики та оптимальні режими роботи гідроімпульсного привода з комбінованим автоматичним розподільником і мембранного насосного агрегату, що приводиться в дію цим приводом.

Практичне значення одержаних у роботі результатів полягає в наступному:

1. Розроблено гідроімпульсний привод мембранного насосного агрегату для перекачування високов'язких, агресивних та абразивовмісних середовищ з блоком керування – комбінованим автоматичним гідророзподільником, який дозволяє забезпечувати заданий закон руху робочого органу мембранного насосного агрегату та плавну зміну його вихідних параметрів і робочих характеристик.

2. Доведена експериментально і експлуатацією в промислових умовах доцільність використання гідроімпульсного привода із запропонованими автоматичними гідророзподільниками для мембранних насосних агрегатів, що призначені для перекачування високов'язких, агресивних і абразивовмісних середовищ.

3. На підставі розробленої математичної моделі створено пакет прикладних програм: із використанням пакету розширення Simulink середовища MATLAB 7.7 – для математичного моделювання динаміки робочого процесу гідроімпульсного привода мембранного насосного агрегату та в пакеті прикладних програм Fuzzy Logic Toolbox середовища MATLAB 7.7 – для виявлення несправностей гідроімпульсного привода і мембранного насосного агрегату за показниками його технічного стану.

4. На основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень розроблена методика проектного розрахунку та рекомендації щодо вибору раціональних робочих параметрів та режимів експлуатації гідроімпульсних приводів мембранних насосних агрегатів у виробничих умовах житлово-комунального господарства, нафтової, хімічної та харчової промисловості.

5. Запропоновані нові технічні рішення, реалізовані в досліджуваних мембранних насосних агрегатах з гідроімпульсним приводом та комбінованими автоматичними гідророзподільниками, що здійснюють керування періодичними ходами виконавчих органів насосних агрегатів, принципіві схеми і конструктивні виконання яких захищено 11 патентами України, які відрізняються поліпшеними робочими параметрами та характеристиками.

Розроблені конструкції насосних агрегатів з гідроімпульсним приводом і результати проведених теоретичних та експериментальних досліджень, що отримані в дисертаційній роботі, впроваджено, згідно спільних договорів про творчу співдружність № 93/1 “Розробка та дослідження гідроприводного насосного агрегату” між ВНТУ та військовою частиною А2783 (відповідальний виконавець), № 93/2 “Розробка та дослідження мембранних насосів з гідроприводом для перекачування високов'язких рідин” між ВНТУ та ВАТ “ВІННІФРУТ” (відповідальний виконавець) і госпдоговору № 9320 “Розробка насосного гідроприводного агрегату для перекачування в'язких текучих середовищ” між ВНТУ та ППФ “Кастор” (№ держреєстрації 0108U009389, відповідальний виконавець) у військовій частині А2783, на

ВАТ “ВІННІФРУТ” Калинівського району та ППФ “Кастор” міста Вінниці, а також у навчальний процес Вінницького національного технічного університету.

Соціальний та науково-технічний ефект полягає в тому, що розроблені і впроваджені мембранні насосні агрегати з гідроімпульсним приводом надають можливість дозовано перекачувати агресивні, високов’язкі та абразивовмісні середовища з дотриманням всіх норм щодо пожежної та екологічної безпеки, мають плавне регулювання продуктивності та тиску, порівняно високий коефіцієнт корисної дії, підвищену надійність і ремонтпридатність.

Підтвердженням впровадження результатів дисертаційної роботи є наявність відповідних актів.

Особистий внесок здобувача. Основні положення та результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. В працях, що опубліковані у співавторстві, автором виконано: розроблені математичні моделі робочого процесу гідроімпульсного привода насосних агрегатів мембранного та плунжерного типу [1 – 3]; запропоновано конструктивне виконання устаткування для імпульсного нагнітання сумішей в ґрунт основ фундаментів, що базується на застосуванні гідравлічного привода, керування яким здійснюється за допомогою гідравлічного генератора імпульсів тиску [6]; запропоновано математичну модель на основі теорії нечітких множин для оцінки технічного стану гідроприводних насосних агрегатів [7, 10]; експериментально встановлено взаємний вплив та отримані графічні залежності між параметрами приводної гідросистеми та мембранного насосного гідроприводного агрегату [8]; розроблені конструктивні схеми та виконано розрахунок конструктивних параметрів гідророзподільних пристроїв гідроприводних насосів мембранного типу [11 – 17].

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати виконаних в дисертації досліджень доповідались і обговорювались на таких міжнародних та регіональних конференціях і наукових семінарах: V міжнародна науково-технічна конференція “Вібрації в техніці та технологіях” (м. Вінниця, 2004 р.); Всеукраїнський конкурс студентських наукових робіт (м. Івано-Франківськ, 2006 р.); XIII міжнародна конференція з автоматичного управління “Автоматика – 2006” (м. Вінниця, 2006 р.); Всеукраїнська науково-технічна конференція “Альтернативні екологічно чисті та відновлювальні джерела енергії” (м. Вінниця, 2007 р.); міжнародна XVI науково-технічна конференція “Теорія та практика процесів подрібнення, розподілу та змішування та ущільнення матеріалів” (м. Одеса, 2008 р.); міжнародна науково-практична конференція молодих вчених “Техніка і прогресивні технології у нафтогазовій інженерії” (м. Івано-Франківськ, 2008 р.); українська науково-практична конференція “Хімічна та екологічна освіта: стан і перспективи розвитку” (м. Вінниця, 2008 р.); 16-ая международная конференция “Современные методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики” (м. Ялта, 2008 р.); 1-а міжнародна науково-технічна конференція “Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення і експлуатації машинобудівних конструкцій” (м. Львів, 2008 р.); XIII – XIV міжнародні науково-технічні конференції “Гідроаеромеханіка в інженерній практиці” (м. Київ, 2008 р.; м. Київ - м. Чернівці, 2009 р.); IX міжнародна науково-технічна конференція “Вібрації в техніці та технологіях” (м. Вінниця, 2009 р.); науково-технічна конференція “Енергозбереження в галузях національного господарства” (м. Вінниця, 2009 р.); щорічні XXXIII-XXXVIII науково-технічні конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області на базі ВНТУ в 2004 – 2009 роках.

Публікації. Основний зміст роботи опублікований в 26 друкованих працях, в тому числі 11 статей в наукових журналах, що входять до переліку ВАК України, 11 патентів України на корисні моделі, 4 тези доповідей у збірках праць науково-технічних конференцій різного рівня.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів, висновків, чотирьох додатків, списку використаних джерел. Повний обсяг дисертації 221 сторінка. Основний зміст викладено на 148 сторінках друкованого тексту,

ілюструється 60 рисунками та 13 таблицями. Додатки містять 20 сторінок. Список джерел має 204 найменування.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність та необхідність проведення досліджень, висвітлено зв'язок дисертаційної роботи з державними науковими програмами, планами і темами, сформульовано мету та завдання дослідження, визначено об'єкт і предмет дослідження, викладено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, а також результати їх впровадження. Наведено відомості про апробацію результатів роботи.

У **першому розділі** на підставі порівняльного аналізу типів насосних агрегатів для перекачування високов'язких, абразивовмісних і агресивних середовищ та їх приводів для здійснення зворотно-поступальних рухів були виявлені основні переваги та недоліки цих насосних агрегатів, а також встановлено, що найбільш придатними для перекачування подібних середовищ і найбільш раціональними є зворотно-поступальні насоси об'ємної дії – плунжерні та мембранні, зокрема, насоси із гідравлічним приводом, який має ряд переваг: можливість забезпечення заданого закону руху, простота і надійність автоматичного повторення робочих циклів, мала металоємність, невеликі вага та габарити, а також значна питома енергоємність. Обґрунтовано, що універсальним, ефективним та економічним методом реалізації зворотно-поступальних рухів для насосних агрегатів мембранного і плунжерного типу є гідроімпульсний привод (ГП), а для забезпечення ефективної роботи цього привода доцільно застосувати автоматичні гідророзподільники різного конструктивного виконання, які забезпечуватимуть узгодження складових фаз робочих процесів переміщення виконавчих органів при всмоктуванні і нагнітанні із властивостями та характеристиками перекачуваних середовищ (ПС). Проведено огляд літературних джерел, присвячених дослідженням параметрів і характеристик гідравлічного привода для різноманітного технологічного устаткування.

У наукових роботах відомих вчених Т. М. Башти, В. М. Бермана, Ю. О. Бочарова, В. П. Бочарова, В. О. Васильченко, М. С. Гаминіна, І. З. Зайченка, В. В. Єрмакова, Б. Л. Коробочкіна, Ю. П. Майорова, К. Л. Навроцького, І. А. Немировського, Д. М. Попова, В. М. Прокоф'єва, Ю. О. Сахна, В. К. Свешнікова, В. Б. Струтинського, В. О. Федорця, О. М. Яхна та інших створені наукові основи і зроблено вагомий внесок в напрямках математичного моделювання, конструювання і розрахунку гідропривода. Крім того, розробці математичних моделей специфічних робочих процесів в гідроприводах механізмів вібраційної та циклічної дії присвячені наукові роботи О. Д. Алімова, С. О. Басова, В. М. Баранова, І. Ф. Гончаревича, Д. М. Єшуткіна, Ю. Є. Захарова, А. Ф. Кічігіна, А. Г. Лазуткіна, З. Я. Лур'є, В. М. Тіхенка, І. А. Янцена та багатьох інших. Працями Р. Д. Ісковича-Лотоцького, І. Б. Матвєєва, М. Є. Іванова, В. О. Пішеніна, Р. Р. Обертюха, І. В. Коца, М. М. Вірника, І. В. Севостьянова та інших доведені переваги ГП перед іншими типами приводів для різного технологічного устаткування.

Узагальнені математичні моделі динаміки робочих процесів гідроприводних насосних агрегатів та дослідження особливостей режимів їх роботи при перекачуванні будівельних та бурових розчинів тощо, розглянуті окремими дослідниками, серед яких найбільш відомими є роботи Л. М. Бритвіна, А. В. Васильєва, О. С. Казака, А. Т. Кукоби, О. Г. Онищенко, В. І. Пилипця, В. У. Уст'янцева та інших. В переважній більшості зазначених робіт гідропривод розглядається без врахування стисливості робочої рідини або її зміни зі зміною тиску в гідросистемі, а також в наведених математичних моделях обмежено розглядаються закономірності функціонування блоків керування гідроприводами досліджуваних насосних агрегатів. Проведений аналіз свідчить про необхідність подальших детальних досліджень динаміки робочих процесів, обґрунтування закономірностей функціональної залежності між параметрами та характеристиками гідроприводів у випадку їх застосування для різних насосних агрегатів.

В результаті проведеного огляду відомих робіт, аналізу сучасного стану та тенденцій розвитку гідроприводних насосних агрегатів і блоків їх автоматичного керування, сформульовано мету та задачі дослідження.

У **другому розділі** на підставі аналітичного огляду відомих конструкцій насосних агрегатів різних типів з гідравлічним приводом та апаратури їх автоматичного керування, були встановлені і обґрунтовані основні вимоги і критерії щодо вибору принципів та конструктивних схем гідроприводних насосних агрегатів для перекачування в'язких, агресивних і абразивовмісних середовищ. В результаті були запропоновані нові принципи та конструктивні рішення насосних гідроприводних агрегатів (НГПА) з ГПП і відповідними блоками їх автоматичного керування. Зокрема, були проаналізовані розроблені нами і захищені низкою патентів України на корисні моделі принципів та конструктивні схеми гідроприводних насосів плунжерного і мембранного типу зі схемою гідроапаратури керування за тиском (зокрема, мембранний гідроприводний насос з керуючим двокаскадним клапаном-пульсатором), принципів схеми мембранних гідроприводних насосів зі зворотним клапаном та дроселем у зливній лінії, а також принципів схеми і конструктивні рішення ряду гідроприводних насосів мембранного типу з комбінованою системою автоматичного керування. Запропоновані нами рішення надають можливість підвищити коефіцієнт корисної дії та надійність мембранних насосних агрегатів з гідроімпульсним приводом (МНАГПП).

Були проведені попередні випробування МНАГПП при перекачуванні чистої води і різних суспензій, які надали можливість встановлення ряду обмежень стосовно блоків керування, які спрацьовують за величиною тиску. На підставі результатів наведених випробувань було запропоновано та розроблено комбіновану систему керування НГПА за тиском і величиною переміщення виконавчого органу, яка зберігатиме всі переваги системи керування за тиском і при цьому дозволить забезпечити заданий закон руху робочого органу НГПА та здійснювати ефективне незалежне регулювання його вихідних параметрів, а саме продуктивності та тиску при високих значеннях ККД (патент України на корисну модель № 45361U). В основу спрацьовування запропонованого комбінованого автоматичного гідророзподільника (АГР) (рис. 1) покладено автоматичне відслідковування гарантованого робочого ходу мембрани насосного агрегату і імпульсне відкриття його на злив із робочої порожнини гідроциліндра в кінці такту всмоктування, а потім закриття зв'язку зі зливом після витіснення ПС до напірного трубопроводу. Таке виконання АГР забезпечує гарантоване здійснення робочого циклу при максимально можливих значеннях ККД, а також необхідний напір і подачу. Запропоновані конструкції можуть бути застосовані в різних технологічних процесах хімічної, нафтопереробної, теплоенергетичної, харчової та інших галузей промисловості.

МНАГПП містить корпус насоса 1, мембрану 3, встановлену в ньому з утворенням насосної 4 і проміжної 5 камер, поршень 6, що встановлений в корпусі насоса 1 з утворенням приводної порожнини 7, шток 8, жорстко з'єднаний з корпусом 1 стійками 9 першу пластину 10, другу пластину 11, яка виконана з можливістю переміщення вздовж стійок 9, напрямні 12, що жорстко з'єднані з другою пластиною 11, силові пружини 13, АГР 14, приводну гідросистему 15. Шток 8 однією стороною жорстко зв'язаний з мембраною 3, іншою – з поршнем 6.

АГР 14 складається з корпусу 16, підпружиненого відносно корпусу 16 плунжера 17, що встановлений з можливістю контакту з кулькою 18, причому корпус 16 жорстко з'єднаний з першою пластиною 10. Плунжер 17 і кулька 18 утворюють в корпусі 16 чотири порожнини: підклапанну 19, надклапанну 20, проміжну зливну 21 та замкнену 22, причому підклапанна порожнина 19 і надклапанна порожнина 20 мають гідравлічний зв'язок між собою та з напірною магістраллю 24. Замкнена порожнина 22 через регульований дросель 25 зв'язана з проміжною зливною порожниною 21, а проміжна зливна порожнина 21 виконана з можливістю сполучення зі зливною магістраллю 29. В корпусі 16 АГР 14 вільно розташований плунжер-штовхач 30, виконаний з можливістю контакту одним кінцем з поршнем 6, а його протилежний кінець розташований в підклапанній порожнині 19 АГР 14 із

можливістю контакту з кулькою 18. Приводна порожнина 7 сполучена з напірною магістраллю 24 та з приводною гідросистемою 15. В насосній камері 4 встановлені всмоктувальний 32 і нагнітальний 33 клапани. Конструктивні розміри АГР 14 виконані у такому співвідношенні: $d_1 < d_2 < d_3$, де d_1 – діаметр сідла під кульку 18; d_2 – діаметр плунжера 17; d_3 – діаметр кульки 18.

В третьому розділі розроблені математичні моделі ГП мембранного насосного агрегату (МНА), керованого комбінованим АГР. Для побудови математичної моделі ГП МНА використано математичний апарат і методи аналітичної механіки, що розроблені для вивчення руху механічних систем.

Вибрана та обґрунтована розрахункова схема МНАГП на основі прийнятих загальних положень та основних припущень: продуктивність насоса постійна ($Q_n = const$); тиск в зливній магістралі дорівнює деякому розрахунковому значенню $p_{зл} = p_{min} = const$; абсолютне значення часу гальмування в кінцевих положеннях поршня на порядок менше часу при всмоктуванні чи нагнітанні, тому ним нехтуємо; внутрішні перетоки і зовнішні витoki пропор-

Рис. 1. Схема МНАГП з комбінованим АГР:

$p_{зл}$ – зливний тиск; p , W , Q_n – тиск, об'єм і продуктивність гідросистеми, відповідно; p_1 – тиск всмоктування; p_2 – тиск нагнітання; Q – подача мембранного насоса; $n \cdot c_2$ – сумарна жорсткість силових пружин; x_0 – попередня затяжка силових пружин; x – переміщення поршня з мембраною; m_2 – приведена маса рухомих частин насосного агрегату; m_1 – приведена маса рухомих елементів блока керування; y_0 – попередня затяжка пружини блока керування; y – переміщення рухомих елементів блока керування; c_1 – жорсткість пружини блока керування; h_0 , h_6 – додатне та від'ємне перекриття

ційні перепадам тиску; напірні трубопроводи короткі, тому гідравлічним опором і хвильовими процесами в них можна знехтувати; температура і в'язкість робочої рідини сталі; рухомі елементи і несучу конструкцію привода вважаємо абсолютно жорсткими, коефіцієнт стисливості рідини є величиною змінною, залежною від тиску; дисипативні сили визначаються сухим і в'язким тертям поршня і штока, сили в'язкого тертя пропорційні швидкості рухомого елемента (поршня, плунжера).

При складанні рівнянь математичної моделі були прийняті такі припущення для технологічної частини МНА, тобто для насосного вузла: густина ρ_t , в'язкість та тиск насиченої пари p_t для кожної рідини залежить від температури; коефіцієнт витрати μ залежить від кінематичної в'язкості ПС; всмоктувальний та нагнітальний клапани відкриваються та закриваються миттєво і без запізнь, синхронно до напрямку руху робочого органу – поршня з мембраною; величина відкриття всмоктувального та нагнітального клапанів забезпечує таку площу відкриття $f_{кл}$, яка дорівнює площі живого перерізу отвору всмоктувального патрубку і нагнітального трубопроводу; швидкість руху робочого органу –

поршня з мембраною під час такту всмоктування повинна забезпечувати умову нерозривності потоку, тобто умову безкавітаційної роботи насоса ($V_{max} < V_m^{don}$).

Встановлено допустиме значення швидкості V_m^{don} , при якому не виникатиме явище кавітації в камері МНА

(1)

де h_3 – глибина занурення МНА, м; p_n – тиск на поверхні ПС, Па; $\Delta p_{зан}$ – кавітаційний запас, Па.

Цикл роботи МНАГП було умовно розділено на п'ять основних фаз, для кожної з яких було складено диференційні рівняння, що описують робочий процес в кожній фазі. Запропонована математична модель динаміки робочого процесу ГП МНА є досить складною для розв'язування навіть чисельними методами, а тому нами була запропонована більш ефективна для практичної реалізації математична модель з використанням одиничних функцій, що дозволила перейти від поетапного складання рівнянь та їх поетапного розв'язку до вирішення однієї системи з обмеженою кількістю рівнянь (2) – (4):

В рівняннях (2) – (4) використані такі позначення: K – коефіцієнт стисливості робочої рідини; $f_2 = \pi(d_6^2 - d_5^2)/4$ – робоча площа поршня гідроциліндра; $f_{nl} = \pi d_2^2/4$ – площа підпружиненого плунжера АГР; $f_1 = \pi(d_2^2 - d_1^2)/4$ – робоча площа притискання кульки до сідла АГР; $f_3 = \pi(d_3^2 - d_2^2)/4$ – робоча площа утримання запірних елементів (кульки та плунжера) АГР у відкритому положенні; $f_4 = \pi d_{nl}^2/4$ – площа плунжера-штовхача АГР; – площа регульованого дроселя АГР; $V_x = dx/dt$ – швидкість поршня гідроциліндра; $V_y = dy/dt$ – швидкість рухомих елементів АГР; $S_{ef} = \pi(d_7^2 + d_7 d_8 + d_8^2)/12$ – ефективна площа мембрани.

Наведена система рівнянь розв'язувалась чисельними методами, а саме методом Рунге-Кутта четвертого порядку з використанням пакету розширення Simulink середовища MATLAB 7.7.

В системі рівнянь (2) – (4) використані наступні логічні оператори: $I(f-A)$ – на виході приймає значення “одиниця”, коли $(f-A) > 0$, в іншому випадку “нуль” (f – змінна величина; A – стала величина); $O(f-A)$ – на виході приймає значення “одиниця”, коли $(f-A) \geq 0$, в іншому випадку “нуль”; $Relay(y)$ – логічний оператор MATLAB Simulink, який в рівнянні (3) на виході приймає значення “одиниця”, коли $0 \leq y < h_o + h_e$; коли $y = h_o + h_e$ і зменшується до нуля, логічний оператор $Relay(y)$ приймає значення “мінус одиниця”.

Умови однозначності: якщо $p_n < p_{зл}$, то $p_n = p_{зл}$; якщо $x < 0$, то $x = 0$; якщо $y < 0$, то $y = 0$; якщо $x > z + h_o + h_e$, то $x = z + h_o + h_e$; якщо $y > h_o + h_e$, то $y = h_o + h_e$; якщо $x = 0$, то $V_x = 0$; якщо $y = 0$, то $V_y = 0$; якщо $y \geq h_o + h_e$, то $V_y = 0$; якщо $x = z + h_o + h_e$, то $y = h_o + h_e$; якщо $x = 0$ та $a_x < 0$, то $a_x = 0$; якщо $y = 0$ та $a_y < 0$, то $a_y = 0$ (a_x , a_y – прискорення поршня та рухомих запірних елементів АГР, відповідно).

Рис. 2. Залежність окремих параметрів ГП МНА від часу: 1 – переміщення плунжера АГР, м; 2 – переміщення поршня з мембраною, м; 3 – зміна тиску в напірній магістралі гідросистеми, Па

Результати чисельного розв'язку системи рівнянь (2) – (4) наведені на рис. 2,

де зображено залежність тиску в гідросистемі p_n від часу, а також переміщення поршня 6 з мембраною 3 та запірних елементів – кульки 18 з плунжером 17 АГР 14 від часу. Спрацьовування АГР 14 починалось після проходження поршнем номінальної величини $x_n=17,5$ мм, величина додатного перекриття кульки складала $h_d=3$ мм, від'ємного $h_e=3$ мм.

У четвертому розділі здійснювалась перевірка працездатності експериментального зразка МНАГП, встановлювалась адекватність прийнятих припущень при складанні математичних моделей робочого процесу ГП МНА, досліджувались реальні закономірності зміни робочих режимів при регулюванні параметрів ГП і комбінованого АГР, встановлювалась достовірність математичної моделі досліджуваного ГП.

Експериментальне дослідження МНАГП проводилось в Науково-дослідній лабораторії гідродинаміки Вінницького національного технічного університету. Для експериментальних досліджень був спроектований і виготовлений випробувальний стенд, схему якого показано на рис. 3, фото експериментальної установки – на рис. 4.

Рис. 3. Принципова гідрокінематична схема випробувального стенда

Рис. 4. Загальний вигляд експериментального стенда з вимірювальною апаратурою: 1 – МНАГП; 2 – давач тиску; 3 – давач переміщення; 4 – мановакууметр; 5 – частотний перетворювач; 6 – ватметр; 7 – АЦП; 8 – блок живлення; 9 – ПЕОМ

аналого-цифровий перетворювач E-14-140 і обробкою результатів з використанням програмного продукту LGraph2. Вимірювання споживаної потужності здійснювалось за допомогою частотного перетворювача “Altivar 28” та ватметрів.

Випробувальний стенд містить насос 18, запобіжний клапан 2, манометр 4, за яким налагоджувався максимальний тиск в гідросистемі. Регулювання витрати робочої рідини в гідросистемі здійснювалось в автоматичному режимі шляхом зміни частоти обертання приводного двигуна 24 гідросистеми за допомогою частотного перетворювача “Altivar 28” фірми Schneider Electric. Запис фактичної величини переміщення робочого органу – поршня з мембраною виконувався магнітострикційним давачем переміщень 40, а записи зміни тиску в напірній магістралі – за допомогою давача тиску 34 з наступною реестрацією величин переміщення та тиску на ЕОМ через

Під час проведення експериментальних досліджень виконувались такі роботи: визначення параметрів для підтвердження припущень, що були прийняті в математичній моделі; вимірювання та реєстрація, в тому числі за допомогою ЕОМ через аналого-цифровий перетворювач, основних параметрів робочих процесів (тиску робочої рідини в напірній та зливній магістралях; тиску ПС в насосній камері за допомогою мановакууметра 37; переміщень поршня і з'єднаної з поршнем мембрани; витрати робочої рідини; числа ходів) при зміні робочих характеристик приводної гідросистеми; порівняння результатів експериментів і чисельного розв'язування рівнянь математичної моделі.

Експерименти проводились за матрицями планування. У результаті експериментів отримано осцилограми робочого процесу ГП МНА (рис. 5) та побудовано графічні залежності основних робочих параметрів ГП від параметрів МНА. Порівняння результатів, що одержані шляхом проведення експериментальних досліджень з результатами чисельного розв'язування рівнянь математичної моделі підтвердили адекватність математичної моделі, відносна похибка розбіжності результатів склала: за частотою ходів 2,43 ... 13,1 %, за продуктивністю МНА 9,66 ... 18,47 %, за тиском в напірній магістралі і відповідних робочих порожнинах – не більше 3 %; похибка обробки експериментальних даних не більше 1,45 %.

Рис. 5. Типові експериментальні осцилограми робочого процесу ГП МНА при продуктивності приводного насоса $Q_n = 1,177 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$, тискові в напірній магістралі $p_n = 6 \text{ МПа}$ та об'ємі гідросистеми $W = 1,5 \text{ л}$: 1 – переміщення поршня $x(t)$; 2 – тиск в напірній магістралі гідросистеми $p_n(t)$

Раціональними значеннями параметрів досліджуваного МНАГП є продуктивність в межах $(2,5 \dots 3,1) \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, тиск в насосній камері – 0,22 ... 0,24 МПа.

ГП досліджуваного зразка МНА, побудований за схемою автоматичного управління за допомогою комбінованого АГР, показав достатню

працездатність і можливість безступінчастої зміни параметрів (частоти ходів, тобто, продуктивності МНАГП, а також створюваного тиску в нагнітальному трубопроводі). Експериментально встановлено відсутність хвильових явищ в робочих порожнинах досліджуваної гідросистеми, а також підтверджено, що основними і визначальними чинниками, що впливають на частоту ходів МНАГП є продуктивність приводного гідронасоса і налаштування комбінованого АГР (зміна величини затяжки пружини та площі прохідного отвору дроселя АГР). Експериментально підтверджено можливість незалежного регулювання вихідних параметрів МНА за рахунок зміни його окремих конструктивних параметрів (величини ходу поршня з мембраною) та робочих характеристик ГП з комбінованим АГР.

Розроблену згідно госпдоговору № 9320 (№ держреєстрації 0108U009389) та договорів про творчу співдружність №№ 93/1, 93/2 (де автор був відповідальним виконавцем) конструкцію МНАГП впроваджено у військовій частині А2783, на ВАТ "ВІННІФРУТ" Калинівського району та ППФ "Кастор" міста Вінниці.

У п'ятому розділі викладено результати математичного моделювання у вигляді графічних залежностей, в основу яких покладено взаємопов'язані конструктивні параметри

робочого органу МНА, блока керування та характеристики гідроприводу, що можуть бути рекомендовані для практичної реалізації при розробці методики розрахунку для створення нових конструкцій МНАГП із подальшим впровадженням цих конструкцій у виробництво та оцінювання їх ефективності.

Завдяки методу планування багатофакторного експерименту було отримано квадратичні рівняння регресії, які дозволяють визначати оптимальні конструктивні і робочі параметри гідроімпульсного приводу та мембранного насосного агрегату. На основі рівнянь регресії побудовані графічні залежності значень ККД η та продуктивності Q МНАГП від основних параметрів впливу, а саме: величини ходу поршня з мембраною l , об'єму гідросистеми W та продуктивності приводного насоса Q_n . Побудовано поверхні відгуків ККД η та продуктивності Q МНА, які дозволяють наочно проілюструвати їх зв'язок з окремими параметрами оптимізації та місцезнаходження оптимумів. Оптимальні значення параметрів ГП МНА: величина ходу поршня з мембраною $l = 17,5$ мм (оптимальні межі 17 ... 19 мм), об'єм гідросистеми $W = 1,5$ л та продуктивність приводного насоса $Q_n = 1,739 \cdot 10^{-4}$ м³/с, (оптимальні межі $(1,33 \dots 1,83) \cdot 10^{-4}$ м³/с) і максимальне значення ККД $\eta = 63,33$ %.

Виконано математичне моделювання оцінки технічного стану МНАГП з використанням методів нечіткої логіки, що дозволяє в автоматизованому режимі виявити причини відхилення фактичних характеристик від базових, забезпечити ефективну експлуатацію насосного агрегату, не допускаючи відмов, пов'язаних зі зносом і руйнуванням деталей і вузлів насоса, тобто більш повно використовувати робочий ресурс обладнання. Виявлення несправностей здійснюватиметься шляхом безперервного діагностування технічного стану елементів системи, що дасть можливість перейти від планово-попереджувальних ремонтів до обслуговування за технічним станом.

У шостому розділі на основі результатів виконаних теоретичних і експериментальних досліджень запропоновано інженерну методику проектного розрахунку параметрів вибраного об'єкту дослідження – МНАГП, керування яким здійснюється за допомогою комбінованого АГР. Запропонований ГП повинен забезпечити для МНА на виході задані продуктивність та тиск при відомій величині ходу робочого органу – поршня з мембраною. Із врахуванням особливостей і специфіки застосування запропонованого МНАГП в основу розрахунку покладено визначення наступних конструктивних параметрів насосного агрегату та приводної гідросистеми, а саме: робочої площі поршня гідроциліндра і, відповідно, максимального значення тиску насоса приводної гідросистеми, який забезпечуватиме необхідне зусилля на штокові МНА при перекачуванні, в тому числі, високов'язких рідин; ефективної робочої площі мембрани насосного вузла; жорсткості силових пружин повернення поршня з мембраною та запірних елементів комбінованого АГР; площі прохідних поперечних перерізів напірного і зливного отворів комбінованого АГР, а також площі поперечних перерізів рукавів високого тиску, що зв'язують МНА із напірним та зливним входами приводної насосної станції, площі поперечного перерізу всмоктувального і нагнітального клапанів та трубопроводів насосного вузла перекачування технологічної рідини. Окрім того, задачею розрахунку є також визначення частоти ходів виконавчого органу МНА і відповідного значення продуктивності приводного насоса гідросистеми, які б забезпечували безкавітаційну роботу МНА.

Розглянуті перспективи використання ГП для інших машин циклічної дії.

Запропонована методика інженерного розрахунку впроваджена на ВАТ "ВІННІФРУТ", згідно спільного договору про творчу співдружність № 93/2, що підтверджено відповідним актом.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі вирішено наукову задачу щодо створення гідроімпульсного привода мембранного насосного агрегату для перекачування високов'язких, агресивних та

абразивовмісних середовищ з максимальною продуктивністю і напором насосного агрегату при високому загальному коефіцієнті корисної дії.

Основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи є такими:

1. В результаті аналізу відомих типів насосних агрегатів для перекачування високов'язких, агресивних і абразивовмісних середовищ та їх приводів встановлено, що для подібного призначення найбільш раціональні мембранні насоси, які є герметичними, абразиво- та хімічностійкими. Доведено, що універсальним, ефективним та економічним методом реалізації зворотно-поступальних рухів для таких насосних агрегатів є гідроімпульсний привод, що дає можливість забезпечення заданого закону руху, має велику питому енергоємність та малу металоємність, а для ефективної роботи цього привода доцільно застосовувати комбінований автоматичний гідророзподільник зі схемою керування за величиною тиску та переміщення робочого органу мембранного насосного агрегату.

2. Розроблена математична модель динаміки робочого процесу гідроімпульсного привода мембранного насосного агрегату, що дозволяє визначати раціональні конструктивні параметри як складових насосного агрегату та комбінованого автоматичного гідророзподільника, так і характеристики приводної гідросистеми, які забезпечують оптимальні режими роботи гідроімпульсного привода і мембранного насосного агрегату.

3. Виконано математичне моделювання гідроімпульсного привода мембранного насосного агрегату з комбінованим автоматичним гідророзподільником на ЕОМ із використанням пакету розширення Simulink середовища MATLAB 7.7. Порівняння результатів, що одержані шляхом проведення експериментальних досліджень з результатами математичного моделювання підтвердили адекватність математичної моделі, відносна похибка розбіжності результатів складала: за частотою ходів 2,43 ... 13,1 %, за продуктивністю мембранного насосного агрегату 9,66 ... 18,47 %, тиском в напірній магістралі і відповідних робочих порожнинах – не більше 3 %; похибка обробки експериментальних даних не більше 1,45 %.

4. На підставі проведених досліджень розроблено математичну модель з використанням теорії нечітких множин для діагностування насосних гідроприводних агрегатів, що дозволяє визначати технічний стан гідроімпульсного привода та мембранного насосного агрегату і можливі причини його погіршення в процесі роботи.

5. Обґрунтовані раціональні конструктивні і робочі параметри, характеристики та оптимальні режими роботи гідроімпульсного привода і мембранного насосного агрегату. На основі реалізованої математичної моделі було встановлено оптимальні конструктивні розміри елементів комбінованого автоматичного гідророзподільника: діаметр кульки – 32 мм, діаметр плунжера – 25 мм, діаметр сідла під кульку – 18 мм; площа прохідного отвору регульованого дроселя в межах від 0,2 до 2 мм². Експериментальні дослідження параметрів роботи запропонованого зразка мембранного насосного агрегату з гідроімпульсним приводом підтвердили правильність вибору таких конструктивних параметрів.

6. Методом планування багатофакторного експерименту було отримано квадратичні рівняння регресії, які дозволяють адекватно описати залежності значень ККД η та продуктивності Q мембранного насосного агрегату з гідроімпульсним приводом від основних параметрів впливу: величини ходу поршня з мембраною l , об'єму гідросистеми W та продуктивності приводного насоса Q_n .

7. Експериментально доведено можливість незалежного регулювання вихідних параметрів мембранного насосного агрегату. Основними і визначальними чинниками є продуктивність приводного гідронасоса, величина ходу поршня з мембраною і налаштування комбінованого автоматичного гідророзподільника: оптимальне значення продуктивності мембранного насосного агрегату $(2,5 \dots 3,1) \cdot 10^{-3}$ м³/с, тиск в насосній камері 0,22 – 0,24 МПа. Проведена параметрична оптимізація значень коефіцієнта корисної дії η дозволила встановити оптимальні значення параметрів гідроімпульсного привода мембранного насосного агрегату: величина ходу поршня з мембраною $l = 17,5$ мм (оптимальні межі 17 ... 19 мм), об'єм гідросистеми $W = 1,5$ л та продуктивність приводного

насоса $Q_n = 1,739 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ (оптимальні межі $(1,33 \dots 1,83) \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$), і максимальне значення критерію оптимізації – коефіцієнта корисної дії $\eta = 63,33 \%$.

8. Встановлено межі та галузі використання мембранного насосного агрегату з гідроімпульсним приводом: призначений для перекачування нейтральних, агресивних, токсичних, абразивних, шкідливих та високов'язких рідин, емульсій і суспензій з кінематичною в'язкістю від $3,5 \cdot 10^{-7}$ до $15 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$, з максимальною густиною до $2000 \text{ кг}/\text{м}^3$, температурою до $100 \text{ }^\circ\text{C}$, з концентрацією твердої фази до 10% за масою з максимальною густиною часток до $2300 \text{ кг}/\text{м}^3$, величиною зерна твердої фази не більше 2% від діаметра умовного проходу приєднаних патрубків в технологічних процесах хімічної, нафтопереробної, теплоенергетичної, харчової та інших галузей промисловості.

9. На основі сформульованих та обґрунтованих технічних та технологічних вимог до гідроімпульсних приводів насосних агрегатів, розроблено гідроімпульсний привод мембранного насосного агрегату для перекачування високов'язких, агресивних та абразивовмісних середовищ, побудований за схемою автоматичного управління за допомогою комбінованого автоматичного гідророзподільника, що дозволило забезпечити заданий закон руху робочого органу мембранного насосного агрегату та плавну незалежну зміну його вихідних параметрів і робочих характеристик. Розроблену конструкцію мембранного насосного агрегату з гідроімпульсним приводом впроваджено у військовій частині А2783, на ВАТ "ВІННІФРУТ" Калинівського району та ППФ "Кастор" міста Вінниці.

10. Створено пакет прикладних програм: із використанням пакету розширення Simulink середовища MATLAB 7.7 – для математичного моделювання динаміки робочого процесу гідроімпульсного привода мембранного насосного агрегату та в пакеті прикладних програм Fuzzy Logic Toolbox середовища MATLAB 7.7 – для виявлення несправностей гідроімпульсного привода мембранного насосного агрегату за показниками його технічного стану.

11. На основі отриманих результатів експериментальних та теоретичних досліджень розроблена науково - обґрунтована методика проектного розрахунку основних енергетичних, силових та конструктивних параметрів гідроімпульсного привода мембранного насосного агрегату та вироблені практичні рекомендації щодо вибору режимів експлуатації гідроімпульсних приводів для мембранних насосних агрегатів в окремих галузях промисловості. Запропонована методика інженерного розрахунку впроваджена на ВАТ "ВІННІФРУТ" (м. Калинівка Вінницької області) та в інших виконаних автором науково - дослідних роботах згідно держбюджетної та госпдоговірної тематики.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Петрусь В. В. Дослідження мембранного насоса з гідравлічним автоматом реверса / Іван Коц, Віталій Петрусь // Вібрації в техніці і технологіях. – 2006. – № 2 (44). – С. 28 – 33.
2. Петрусь В. В. Математична модель гідропривода насосного вузла мембранного насоса / Віталій Петрусь, Іван Коц // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2006. – № 4 (21). – С. 73 – 77.
3. Петрусь В. В. Автомат реверсу для поршневих насосів з гідроприводом / Віталій Петрусь, Іван Коц // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2007. – № 1 (70). – С. 79 – 83.
4. Петрусь В. В. Дослідження робочого процесу насоса мембранного типу з гідроприводом / В. В. Петрусь // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: Науково-технічний збірник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2007. – № 4. – С. 169 – 175.
5. Петрусь В. В. Насоси з гідравлічним приводом для перекачування високов'язких нафтопродуктів з резервуарів та відстійників / В. В. Петрусь // Нафтогазова енергетика. – 2008. – № 4 (9) – С. 23 – 26.

6. Петрусь В. В. Пристрій для імпульсного нагнітання сумішей в ґрунт основ фундаментів / І. В. Коц, С. Б. Сторожук, В. В. Петрусь // Вісник Національного технічного університету “ХПІ”. – 2008. – № 38. – С. 35 – 44.

7. Петрусь В. В. Математична модель оцінки технічного стану гідроприводного насосного агрегату / Іван Коц, Віталій Петрусь // Машинознавство. – 2008. – № 10. – С. 29 – 31.

8. Петрусь В. В. Експериментальні дослідження гідроприводного мембранного насоса для перекачування високов'язких і агресивних рідин / Іван Коц, Віталій Петрусь // Промислова гідравліка та пневматика. – 2009. – № 3 (25). – С. 92 – 97.

9. Петрусь В. В. Математична модель діагностування роботи гідроприводного насосного агрегату / В. В. Петрусь // Современные методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики: 16-ая международная конференция, 1-5 жовтня 2008 р.: тези доповідей. – Ялта, 2008. – С. 7 – 8.

10. Петрусь В. В. Математична модель оцінки технічного стану гідроприводного насосного агрегату / І. В. Коц, В. В. Петрусь // Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення і експлуатації машинобудівних конструкцій: 1-а міжнародна науково-технічна конференція, 22-24 жовтня 2008 р.: тези доповідей. – Львів, 2008. – С. 163 – 165.

11. Патент на корисну модель № 23901U Україна, МПК₇ F04B 43/06. Мембранний гідропривідний насос / Коц І. В., Петрусь В. В., Насіковський А. Б.; заявник і власник патенту Вінницький національний технічний університет. – № u200701165; заявл. 05.02.07; опубл. 11.06.07, Бюл. № 8.

12. Патент на корисну модель № 27692U Україна, МПК₇ F04B 43/06. Мембранний насос з гідравлічним приводом / Коц І. В., Петрусь В. В.; заявник і власник патенту Вінницький національний технічний університет. – № u200707409; заявл. 02.07.07; опубл. 12.11.07. – Бюл. № 18.

13. Патент на корисну модель № 27788U Україна, МПК₇ F04B 43/06. Насос мембранного типу з гідравлічним приводом / Коц І. В., Петрусь В. В., Штанько О. С [та ін.]; заявник і власник патенту Вінницький національний технічний університет. – № u200708355; заявл. 20.07.07; опубл. 12.11.07, Бюл. № 18.

14. Патент на корисну модель № 34892U Україна, МПК₇ F04B 43/06. Гідропривідний діафрагмовий насос / Коц І. В., Петрусь В. В.; заявник і власник патенту Вінницький національний технічний університет. – № u200804106; заявл. 01.04.08; опубл. 26.08.08, Бюл. № 16.

15. Патент на корисну модель № 34894U Україна, МПК₇ F04B 43/06. Діафрагмовий насос з гідроприводом / Коц І. В., Петрусь В. В.; заявник і власник патенту Вінницький національний технічний університет. – № u200804111; заявл. 01.04.08; опубл. 26.08.08, Бюл. № 16.

16. Патент на корисну модель № 34895U Україна, МПК₇ F04B 43/06. Мембранний насос із гідравлічним приводом / Коц І. В., Петрусь В. В.; заявник і власник патенту Вінницький національний технічний університет. – № u200804112; заявл. 01.04.08; опубл. 26.08.08, Бюл. № 16.

17. Патент на корисну модель № 45361U Україна, МПК₈ F04B 43/06. Гідропривідний мембранний насос / Коц І. В., Петрусь В. В.; заявник і власник патенту Вінницький національний технічний університет. – № u200904792; заявл. 05.05.09; опубл. 10.11.09, Бюл. № 21.

АНОТАЦІЯ

Петрусь В. В. Гідроімпульсний привод мембранного насосного агрегату для перекачування високов'язких, агресивних та абразивовмісних середовищ. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.02 – машинознавство. – Вінницький національний технічний університет, Вінниця, 2010.

Дисертація присвячена розробці та дослідженню гідроімпульсного привода мембранного насосного агрегату для перекачування високов'язких, агресивних та абразивовмісних середовищ.

Запропоновано раціональне принципове та конструктивне виконання гідроімпульсного привода мембранного насосного агрегату з комбінованим автоматичним гідророзподільником.

Розроблена математична модель динаміки робочого процесу гідроімпульсного привода мембранного насосного агрегату та математична модель на основі нечіткої логіки для діагностування його технічного стану. Проведені дослідження математичних моделей за допомогою ПЕОМ із використанням сучасного програмного забезпечення.

Експериментально і теоретично визначені основні параметри робочих режимів гідроімпульсного привода мембранного насосного агрегату.

Розроблена науково-обґрунтована методика розрахунку і проектування гідроімпульсного привода мембранного насосного агрегату, що призначений для перекачування високов'язких, агресивних та абразивовмісних середовищ.

Ключові слова: гідроімпульсний привод, мембранний насосний агрегат, автоматичний гідророзподільник, робочий процес, перекачування, високов'язкі, агресивні та абразивовмісні середовища, математична модель.

Петрусь В. В. Гидроимпульсный привод мембранного насосного агрегата для перекачивания высоковязких, агрессивных и абразивосодержащих сред. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.02 – Машиноведение. – Винницкий национальный технический университет, Винница, 2010.

Диссертация посвящена разработке и исследованию гидроимпульсного привода мембранного насосного агрегата для перекачивания высоковязких, агрессивных и абразивосодержащих сред.

В работе получили последующее развитие и применение основные положения гидроимпульсного привода как основного исполнительного привода насосного агрегата объемного действия с возвратно-поступательным движением рабочего органа.

В результате анализа известных типов насосных агрегатов для перекачивания высоковязких, агрессивных и абразивосодержащих сред и их приводов установлено, что для подобного назначения наиболее рациональными являются мембранные насосы, которые есть герметичными, абразиво- и химикостойкими. Обосновано, что среди существующих типов приводов устройств, которые используются для приведения в действие механизмов циклического действия, наиболее эффективным является гидроимпульсный привод, благодаря большой удельной энергоемкости, малым габаритам, возможности регулирования параметров и выполнения заданного закона движения, что особенно важно при перекачивании высоковязких сред, когда необходимо обеспечить такую максимально допустимую скорость движения рабочего органа насоса, при которой не возникало бы явление разрыва перекачиваемой среды.

Предложено рациональное принципиальное и конструктивное исполнение гидроимпульсного привода мембранного насосного агрегата циклического действия, управляемого с помощью комбинированного автоматического гидрораспределителя разработанной конструкции. На базе найденных решений разработан новый гидроимпульсный привод мембранного насосного агрегата, который предназначен для особенных условий перекачивания высоковязких, агрессивных и абразивосодержащих сред.

Разработана математическая модель гидроимпульсного привода мембранного насосного агрегата, которая позволяет определять рациональные конструктивные параметры

как составляющих насосного агрегата и комбинированного автоматического гидрораспределителя, так и характеристики приводной гидросистемы, которые обеспечивают оптимальные режимы работы гидроимпульсного привода и мембранного насосного агрегата, а также математическая модель на основе нечеткой логики для диагностирования их технического состояния. Проведены исследования математических моделей с помощью ПЕОМ с использованием современного программного обеспечения.

Экспериментально и теоретически определены основные параметры рабочих режимов гидроимпульсного привода мембранного насосного агрегата, а также экспериментально подтверждена адекватность разработанной в работе математической модели гидроимпульсного привода мембранного насосного агрегата.

Разработана научно обоснованная методика расчета и проектирования гидроимпульсного привода мембранного насосного агрегата, который предназначен для перекачивания высоковязких, агрессивных и абразивосодержащих сред.

Рассмотрены перспективы использования гидроимпульсного привода для других машин циклического действия.

На основании полученных результатов экспериментальных и теоретических исследований разработана научно-обоснованная методика проектного расчета основных энергетических, силовых и конструктивных параметров гидроимпульсного привода мембранного насосного агрегата и изложены рекомендации относительно выбора режимов эксплуатации гидроимпульсных приводов для мембранных насосных агрегатов в отдельных отраслях промышленности. Предложенная методика инженерного расчета внедрена на ОАО «ВИННИФРУТ» (г. Калиновка Винницкой области) и в других выполненных автором научно - исследовательских работах согласно госбюджетной и хоздоговорной тематики.

Ключевые слова: гидроимпульсный привод, мембранный насосный агрегат, автоматический гидрораспределитель, рабочий процесс, перекачивание, высоковязкие, агрессивные и абразивосодержащие среды, математическая модель.

Petrus' V. V. Hydraulic impulsive drive of membrane pumping unit for high-viscosity, corrosive and abrasive-carrying mediums pumping. Manuscript.

Thesis on the receipt of candidate of technical sciences scientific degree in specialty 05.02.02 – Engineering science. – Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, 2010.

Thesis is devoted to the matter of development and research of membrane pumping unit hydraulic impulsive drive for high-viscosity, corrosive and abrasive-carrying mediums pumping.

Rational principle configuration and embodiment of membrane pumping unit hydraulic impulsive drive with combined automatic hydrodistributor is proposed.

Mathematical model of dynamics of membrane pumping unit hydraulic impulsive drive and mathematical model on the basis of fuzzy logic for its operating conditions diagnosis are developed. Researches of mathematical models by the instrumentality of personal computer using modern software are carried out.

Experimentally and theoretically the basic parameters of membrane pumping unit hydraulic impulsive drive operating conditions are defined.

The science-based design and development procedure of hydraulic impulsive drive of membrane pumping unit intended for high-viscosity, corrosive and abrasive-carrying mediums pumping is developed.

Keywords: hydraulic impulsive drive, membrane pumping unit, automatic hydrodistributor, pumping, high-viscosity, corrosive and abrasive-carrying mediums, mathematical model.

Підписано до друку 19.05.2010 р. Формат 29.7×42 1/4
Наклад 100 прим. Зам. № 2010-090
Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету.
м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95. Тел.: 59-81-59