

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Чуйка Всеволода Петровича** “Поліпшення експлуатаційних характеристик об’ємних гідродвигунів поступального руху в складі гідроагрегатів шляхом компенсації впливу нерівномірної подачі насоса”, що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмоагрегати

### 1. Актуальність теми дисертації.

Перспективною тенденцією в розвитку об’ємних гідроагрегатів є використання гідроапаратів, що забезпечують узгодження вихідних характеристик виконавчих механізмів зі змінним навантаженням на їх вході. Такі апарати знайшли широке застосування в сучасних, чутливих до навантаження, гідроагрегатах технологічних та мобільних машинах. Провідні світові фірми, такі як Bosch Rexroth, Moog, Vickers, Parker Hydraulics та інші, для розв’язання таких задач використовують гідроапарати на базі електронних керуючих пристроїв які мають досить складну конструкцію, а отже малу надійність та високу собівартість і досить складні в обслуговуванні при експлуатації гідроагрегата.

Відомо, що для створення високого тиску в гідроагрегатах широко застосовуються об’ємні насоси плунжерного типу. Однак у зв’язку з особливостями конструкції, вони не можуть забезпечувати рівномірну подачу, а отже і рівномірну зміну тиску в гідроагрегаті та рівномірного руху виконавчих механізмів без застосування спеціальних заходів. Для вирішення цієї задачі в роботі запропоновано концепцію компенсації впливу нерівномірної подачі об’ємного насоса для забезпечення рівномірного руху вихідної ланки гідравлічних двигунів за рахунок застосування регульованого гідравлічного дроселя в зливній лінії гідроагрегата.

В працях, які передували даній дисертаційній роботі, не враховано ряд важливих факторів, які впливають на вихідні характеристики виконавчих механізмів об’ємних гідроагрегатів з насосами плунжерного типу. Відсутнє комплексне дослідження характеристик гідроагрегата з встановленим в його зливній лінії регульованого гідравлічного дроселя та досконала методика його розрахунку та проектування. Не установлені закономірності та не виявлені особливості робочих процесів, які впливають на характеристики гідравлічного двигуна гідроагрегата в зливній лінії якого встановлено регульований гідравлічний дросель. Викладене вище обумовлює актуальність даної дисертаційної роботи, спрямованої на вирішення важливої науково-практичної задачі, пов’язаної з поліпшенням експлуатаційних характеристик об’ємних гідродвигунів поступального руху в складі гідроагрегата шляхом компенсації впливу нерівномірної подачі насоса, удосконалення методів розрахунку, визначення раціональних робочих параметрів та дослідження характеристик.

### 2. Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Подана дисертаційна робота виконувалась відповідно до плану

держбюджетних науково-дослідних робіт відповідно до науково-технічної програми МОН України кафедри прикладної гідроаеромеханіки Сумського державного університету та реалізована при виконанні держбюджетної науково-дослідної роботи №0110U001951- “Дослідження робочого процесу об’ємних машин і приводів”, де здобувач був виконавцем.

### 3. Структура та зміст дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота, що рецензується, написана українською мовою і складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, додатків, списку використаних джерел інформації. Загальний обсяг роботи складає 141 сторінку, робота містить 57 рисунків за текстом, 5 рисунки на окремих сторінках, 5 таблиць за текстом, 3 додатки на 7 сторінках, список використаних джерел інформації зі 106 найменувань на 11 сторінках.

У вступі подано загальну характеристику дисертаційної роботи, розкрито актуальність наукової задачі, сформульовано мету й основні завдання досліджень, викладено наукову новизну, теоретичне та практичне значення отриманих результатів, наведено особистий внесок здобувача в розв’язанні завдань, поставлених у дисертаційній роботі.

Перший розділ присвячено аналізу причини виникнення нерівномірної подачі та викликані нею зміни тиску у гідроагрегаті з одноплунжерним насосом. Детально проаналізовані принципові схемні рішення регулювання параметрами виконавчих гідравлічних двигунів лінійного переміщення об’ємних гідроагрегатів. Встановлені ефективні області їх застосування та визначені шляхи їх покращення. Визначено перспективний спосіб регулювання руху вихідних параметрів виконавчих гідравлічних двигунів лінійного переміщення об’ємних гідроагрегатів шляхом встановлення регульованого дроселя в зливній лінії гідроагрегата. Приведений достатньо детальний аналіз існуючих конструктивних та принципових схемних рішень гідравлічних дроселюючих елементів та визначено ряд їх конструктивних особливостей які дозволяють синтезувати елемент, що забезпечує розв’язання поставленої задачі. Сформульовано вимоги до такого гідравлічного дроселюючого елемента та його конструктивних параметрів, і визначена його структура. У дисертаційній роботі запропоновано принципово новий спосіб забезпечення рівномірності руху вихідного елемента гідравлічного двигуна об’ємного гідроагрегата шляхом встановлення регульованого дроселя в його зливній магістралі, який у практиці проектування об’ємних гідроприводів не зустрічається. Визначена актуальна науково-практична задача – забезпечення контрольованого руху вихідних ланок гідравлічних двигунів у складі гідроагрегату, та дослідження його характеристик на базі розробки математичної моделі робочого процесу. На цій основі автором сформульовано мету дисертаційної роботи – поліпшення експлуатаційних характеристик об’ємних гідродвигунів поступального руху в складі гідроагрегата шляхом компенсації впливу нерівномірної подачі насоса.

У другому розділі досліджено вплив нерівномірності подачі одноплунжерного насоса на рух гідравлічного двигуна прямолінійного руху. Розроблено нову математичну модель робочого процесу гідроагрегата для

створення зусилля при автоматичній герметизації головного роз'єму корпусів циркуляційного насосу (ГЦН195-М) атомних електричних станцій. Припущення прийняті при складанні математичних моделей можна вважати коректними. За розробленою математичною моделлю цього гідроагрегата в середовищі MathCad досліджено характеристики руху вихідної ланки гідродвигуна прямолінійного руху. Обґрунтовані вимоги до конструктивного виконання регульованого дроселя встановленого у зливній магістралі гідроагрегата та його робочих параметрів. Отримано значення площі його відкриття для кожного моменту часу які забезпечують сталу швидкість вихідної ланки гідравлічного двигуна. Розроблено конструкцію такого дроселя. Отримана аналітична залежність для визначення його коефіцієнта витрати. Характерною особливістю розробленого дроселя є можливість синхронізації обертів золотникового елемента з обертами вала кривошипного механізму однопоршневого насоса.

У третьому розділі наведено схему експериментальної установки, та результати експериментальних досліджень, методики їх проведення і обробки результатів. Обґрунтовано вибір вимірювальних приладів та діапазону зміни вимірювальних величин. Визначені відносні граничні та середні квадратичні похибки вимірюваних величин. При проведенні експериментів використовувалися стандартні методики та повірені прилади.

Отримані характеристики деформації шпильки залежно від часу та тиску. Доведена ефективність встановлення регульованого гідравлічного дроселя у зливній лінії гідроагрегата для створення зусилля при автоматичній герметизації головного роз'єму корпусів циркуляційного насосу (ГЦН195-М) атомних електричних станцій. Встановлені особливості його функціонування. Дано оцінку об'ємних втрат та параметрів робочої рідини на час переміщення вихідної ланки гідравлічного двигуна гідроагрегата. Порівняння результатів чисельного моделювання та фізичного експерименту показало, що розбіжності результатів не перевищують 3 %. Таким чином доведена адекватність розробленої математичної моделі робочого процесу гідроагрегата.

У четвертому розділі автором представлено методику розрахунку та проектування регульованого гідравлічного дроселя у складі гідроагрегата. Обґрунтовано доцільність його використання у складі гідроагрегата призначеного для повздовжньої деформації шпильок в процесі обслуговування роз'ємну головного циркуляційного насоса. Доведена економічна ефективність розробленого гідроагрегата. Приведено алгоритм розрахунку розробленого дроселя та практичні рекомендації і критерії вибору матеріалів для його виготовлення. Встановлено, що застосування розробленого дроселя в гідроагрегаті з одноплунжерним насосом в порівнянні з гідроагрегатом з трьохплунжерним насосом значно зменшує собівартість першого.

#### **4. Новизна наукових положень, результатів, висновків та рекомендацій.**

На підставі виконаних досліджень отримано наступні наукові результати: уперше запропоновано концепцію компенсації впливу нерівномірної

подачі об'ємного насоса для забезпечення рівномірного руху вихідної ланки гідравлічних двигунів за рахунок застосування регульованого гідравлічного дроселя в зливній лінії гідроагрегата;

уточнено фізичну та розроблено узагальнену математичну модель робочого процесу гідроагрегата для деформації шпильок при обслуговуванні роз'ємів корпусів технологічного обладнання, яка базується на елементній декомпозиції з урахуванням нелінійної сили тертя, нестационарних гідромеханічних процесів, нерівномірної зміни подачі насоса, стисливості та двофазності рідини, змінного навантаження вихідної ланки гідравлічних двигунів;

виявлено особливості та закономірності робочих процесів, які відбуваються у гідроагрегаті, та підвищують точність математичної моделі;

уперше теоретичним та експериментальним шляхом доведено можливість компенсації нерівномірної подачі об'ємного насоса на рух вихідної ланки гідравлічних двигунів шляхом встановлення регульованого гідравлічного дроселя на зливні гідроагрегата;

отримано нову аналітичну залежність для розрахунку конструктивних параметрів регульованого гідравлічного дроселя встановленого на зливні гідроагрегата.

#### **5. Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень, результатів, висновків і рекомендацій.**

Наукові положення, висновки і рекомендації теоретично обґрунтовані, вони не суперечать результатам досліджень попередніх авторів, їх вірогідність підтверджена результатами експериментальних досліджень, проведених з використанням сучасних методів у лабораторних умовах згідно ДСТУ і широкій апробації. Припущення, покладені в основу теоретичних досліджень, коректні. У дослідженнях використано методи системного аналізу, механіки рідини і газу, математичного моделювання на ПК, математичної статистики і сучасні вимірювальні прилади. Експериментальні дослідження проводилися на випробувальному стенді у лабораторії кафедри прикладної гідроаеромеханіки Сумського державного університету та ТОВ НВП "Сумизовнішсервіс" (м. Суми).

#### **6. Практична значимість отриманих у роботі нових результатів.**

Практичну значимість роботи для машинобудування складають: розроблена методика розрахунку та проектування регульованого гідравлічного дроселя; програмний комплекс, який створено на основі отриманих математичних моделей, і який становить нову базу для дослідження робочих процесів у об'ємному гідроагрегаті з регульованим гідравлічним дроселем встановленим у зливній магістралі.

До нових технічних рішень належать розроблений та виготовлений регульований гідравлічний дросель, який захищений патентом України на корисну модель та впроваджений в гідроагрегаті для обслуговування роз'ємів корпусів технологічного обладнання науково - виробничим підприємством

“Сумизовнішсервіс”, м. Суми, що підтверджено відповідним актом.

Теоретичні розробки з розрахунку та проектування об'ємних гідроагрегатів широко використовуються у навчальному процесі кафедри прикладної гідроаеромеханіки Сумського державного університету при вивченні дисциплін “Гідро- і пневмоприводи та гідропневмоавтоматика”, “Об'ємний гідро- та пневмопривід”, а також при курсовому та дипломному проектуванні.

### **7. Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.**

За темою дисертації опубліковано 5 статей у фахових виданнях України, з яких 1 стаття у виданні, що входить до наукометричної бази Scopus, отримано 1 патент України на корисну модель, 6 робіт опубліковано у збірниках праць наукових конференцій. Результати роботи доповідались й обговорювались на 7 міжнародних та всеукраїнських науково-технічних конференціях, в тому числі “Гідроаеромеханіка в інженерній практиці”, м. Київ, 2013 р., “Промислова гідравліка та пневматика”, м. Одеса, 2013 р. У цілому, рівень і кількість публікацій та апробації матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам МОН України.

Автореферат ідентичний за змістом з основними положеннями дисертації і достатньо повно відображає основні її наукові результати, що отримані здобувачем.

### **8. Загальні зауваження до дисертаційної роботи.**

1. На мій погляд, в першому розділі роботи недостатню увагу приділено аналізу існуючих методик розрахунку та проектування дроселюючих елементів гідроагрегатів.

2. Особливістю робочого процесу гідроагрегата для створення зусилля при автоматичній герметизації головного роз'єму корпусів циркуляційного насосу (ГЦН195-М) атомних електричних станцій є те, що він працює епізодично, а як відомо в цьому випадку у гідравлічних апаратах та пристроях виникає облітерація. Однак в роботі цьому питанню зовсім не приділено уваги.

3. У дисертаційній роботі нерозглянуті питання чистоти робочої рідини яка також впливає на облітерацію та на зношення рухомих елементів гідроагрегата. Не встановлено вплив змінної в часі температури робочої рідини на характеристики гідроагрегата з регульованим гідравлічним дроселем встановленим у зливній магістралі. Невизначені показники надійності, а саме середнє напрацювання до відмови та час безвідмовної роботи.

4. Необхідно зазначити, що гнучкий вал, який застосовано у розробленому гідроагрегаті з об'ємним гідродвигуном, має обмежену область застосування, а його практична реалізація натрапляє на значні труднощі. Слід було б розглянути альтернативу такому конструктивному виконанню забезпечення синхронізації обертання золотника регульованого гідравлічного дроселя та вала насоса.

5. У дисертаційній роботі правильно вказано шляхи зменшення шуму та

вібрації гідроагрегата з одноплунжерним насосом, однак у розробленій методиці розрахунку та проектування гідроагрегата з гідравлічним регульованим дроселем на зливці це не знайшло належного відображення.

6. В роботі не наведено результатів розрахунку річного економічного ефекту від впровадження проведених наукових розробок.

7. Текст рукопису дисертації, на жаль, має окремі неточності, орфографічні та синтаксичні помилки, на що було вказано дисертанту.

Проте наведені недоліки не суттєво впливають на представлення дисертаційної роботи як цілісної наукової праці, на наукову цінність і практичну значимість отриманих дисертантом основних результатів проведених досліджень і не потребують її переробки.

### 9. Загальний висновок.

Дисертаційна робота Чуйка Всеволода Петровича “Поліпшення експлуатаційних характеристик об’ємних гідродвигунів поступального руху в складі гідроагрегатів шляхом компенсації впливу нерівномірної подачі насоса”, є закінченою науковою працею, що виконана особисто у вигляді спеціально підготовленого рукопису. Наукові та прикладні положення, установлені закономірності, практичні рекомендації, що одержані в роботі, містять нові рішення важливої науково-технічної задачі, направленої на поліпшення експлуатаційних характеристик об’ємних гідродвигунів поступального руху в складі гідроагрегатів, що вирішена шляхом розробки та дослідження його характеристик на базі розробленої математичної моделі робочого процесу і має важливе значення для розвитку вітчизняного машинобудування.

У цілому рівень теоретичних розробок та експериментальних досліджень, практична значимість роботи повністю відповідає вимогам п.п. 9, 11 та 12 “Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника” затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07. 2013 № 567, щодо кандидатських дисертацій. Вважаю, що розглянута дисертаційна робота повністю відповідає вимогам паспорту спеціальності 05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмоагрегати, а її автор Чуйко Всеволод Петрович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмоагрегати.

Офіційний опонент,  
професор кафедри гідропневмоавтоматика і  
гідропривод Національного технічного університету  
“Харківський політехнічний інститут”,  
доктор технічних наук, професор

П.М. Андренко



ЗАЙЦЕВ Г.М.