

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Ратушного Олександра Валерійовича

на тему

«Підвищення напірності ступеня відцентрового насоса шляхом удосконалення лопатевої гратки робочого колеса»,

поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності:
05.05.17 - гідравлічні машини та гідропневмоагрегати

1. Актуальність теми дисертації

Тема дисертаційної роботи і зміст отриманих результатів є актуальними, оскільки на сучасному етапі розвитку народного господарства велика увага приділяється підвищенню напірності ступеня динамічних насосів без суттєвих змін його габаритів і ефективності енергопередачі. Автор зазначає, що у нафтовидобувній промисловості досить значну роль відіграють насоси систем підтримки пластового тиску - багатоступеневі відцентрові насоси типу ЦНС. Необхідність підвищення напору окремого ступеня таких насосів викликана умовами, що складаються у нафтовидобувній промисловості, а саме – зниженням рівня видобутку нафти окремих родовищ. Інтенсифікація нафтовидобутку на заключних стадіях розробки реалізовується за рахунок підвищення пластового тиску, а це потребує використання насосного обладнання, що забезпечує підвищення напору в мережі при сталій витраті. Подібні проблеми притаманні зараз і вугледобувній галузі. Розробка все більш заглиблених пластів вугілля призводить до необхідності збільшення напору насосів, що здійснюють відкачування ґрунтових вод із шахт.

Відомі на сьогодні способи впливу на напірну та енергетичну характеристику ступеня є досить різними як за методом реалізації так і за ефектом від їх впровадження, та в основному передбачають зміну форми лопатевої гратки робочого колеса. Тому для розробки таких граток робочих коліс необхідне відповідне науково-методичне забезпечення, створенню якого і присвячена дана робота.

Також актуальність питання підвищення напору ступеня насоса підтверджує зростаючий попит від споживачів на модернізацію і розробку насосів з підвищеними характеристиками саме по напору. Тому робота в напрямку підвищення напору ступеня відцентрового насоса на основі системного підходу, забезпеченого сучасними можливостями САПР, є актуальною та відповідає концепціям Європейської організації виробників насосів EuroPump і розвитку насособудування в Україні.

Актуальність теми дисертації підтверджується ще й тим, що вона виконувалася в рамках науково-дослідницької тематики кафедри прикладної гідроаеромеханіки Сумського державного університету з держбюджетної теми «Дослідження робочих процесів енергетичних машин» (№0110U004210).

2. Структура та об'єм дисертації

Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку бібліографічних джерел та додатків. Текст дисертації викладений на 150 сторінках, має у тому числі 58 рисунків і 24 таблиць. У додатках наведені акти, які підтверджують впровадження основних результатів дисертаційної роботи на підприємствах та в учбовому процесі кафедри ПГМ СумДУ.

Текст дисертації спочатку має перелік умовних позначень, індексів та скорочень, що значно покращує процес ознайомлення з роботою.

Вступ

Вступ містить аргументацію актуальності питання підвищення енергетичної ефективності ступеня відцентрового насоса. Сформульовані мета і завдання, об'єкт та предмет, а також методи дослідження. Вказана наукова новизна та практичне значення отриманих результатів, а також особистий вклад здобувача, апробація та публікації результатів дисертаційної роботи.

Розділ 1

У першому розділі наведені результати інформаційного огляду існуючих джерел за темою дисертаційного дослідження.

Автор підкреслює, що досить часто необхідним є підвищення напору насоса при сталому значенні витрати. У такому разі підвищення напору ступеня шляхом збільшення діаметра робочого колеса є неприйнятним, оскільки при заміні проточних частин передбачається їх взаємозамінність. Тому відомі на сьогодні способи впливу на напірні та енергетичні характеристики ступеня в основному передбачають зміну форми лопатевої ґратки робочого колеса. До них можна віднести використання двоярусної ґратки, затилочки вихідних кромки лопатей, щілинних лопатей і лопатей S-подібної форми.

Слід зазначити, що рівень дослідження даної проблематики досить глибокий, але ці наукові пошуки відзначалися несистемним, локальним характером та іноді супроводжувалися суперечливими даними. Підвищення напору ступеня на величину більше 8 % за рахунок використання розглянутих способів окремо наразі не досягнуто. Виходячи з цього, автором була сформульована задача системно проаналізувати можливість сумісного використання відомих способів підвищення напору ступеня в рамках модернізації лопатевої ґратки базового робочого колеса як перспективне конструктивне рішення для більш істотного підвищення його напірності. Такий підхід дає можливість очікувати принципового (20-30%) підвищення напору ступеня за умови збереження його масогабаритних показників.

Автором визначено необхідність встановлення особливостей робочого процесу, ряду геометричних параметрів лопатевої ґратки, їх співвідношення з метою забезпечення оптимальних енергетичних параметрів. Вирішення цих питань визначило мету і задачі досліджень. Запропоновано методика їх поетапного розв'язання.

Розділ 2

У другому розділі автором представлено методику проведення чисельного та експериментального дослідження. Досліджувався серійний проміжний ступінь насоса типу ЦНС, отримані його напірні та енергетичні характеристики.

Чисельне дослідження проводилося шляхом моделювання у програмному комплексі ANSYS CFX. Моделювання турбулентних течій здійснювалося за допомогою рівнянь Рейнольдса, для замикання яких використовувалася k-ε модель турбулентності. Вважаю, що прийнята для замикання системи рівнянь модель турбулентності, яка враховує особливості течії біля твердих стінок і у зовнішньому потоці та дає задовільні результати для розрахунків обмежених стінками потоків, є обґрунтованою.

Автором наведено схему експериментальної установки, методику проведення досліджень. Вибір вимірювальних приладів та діапазону зміни вимірюваних величин дозволили забезпечити достатню, для проведення наукових досліджень, точність вимірів. Визначені відносні граничні та середні квадратичні похибки вимірюваних величин.

Розділ 3

У третьому розділі наведено результати експериментальних та чисельних досліджень, приведені його напірні та енергетичні характеристики. Аналізуючи ці характеристики, автором зазначено, що розбіжності результатів, отриманих шляхом чисельного моделювання та фізичного експерименту, не перевищують 4 %, тому зроблений висновок про адекватність обраної моделі розрахунку та достовірність результатів, отриманих шляхом чисельного моделювання течії рідини в проточній частині ступеня.

На основі подальших чисельних досліджень течії у робочому колесі була проаналізована ефективність того чи іншого способу підвищення напору і висунуті пропозиції по їхньому спільному застосуванню. На основі цих досліджень автором були запропоновані дві принципові конструкції лопатевих ґраток робочих коліс. По-перше, колесо, у міжлопатевому каналі якого встановлено декілька виконаних у два рази тонше у порівнянні з основною короткими додатковими лопатями довжиною 10 % від неї із затилковий вихідних кромки лопатей обох ярусів. У порівнянні з базовим робочим колесом отримано зростання напору на 14,5-17,6% і ККД на 0,4-1,2%. По-друге, колесо, що має лопаті S-подібної форми із затилковий вихідних кромки, з декількома короткими додатковими лопатями у міжлопатевому каналі, виконаними у два рази тонше в порівнянні з основною лопаттю і довжиною 10 % від неї, що повторюють форму основних лопатей. Результати розрахунків показали зростання напору на 31,4% при падіння ККД на 0,7%.

Розділ 4

У четвертому розділі автором викладено методику і результати оптимізації геометричних параметрів робочих коліс із запропонованими схемами лопатевих ґраток з метою отримання максимального напору і ККД на основі планування чисельного експерименту.

Підвищення напірності ступеня насоса визначається в основному геометрією робочого колеса. Так як процеси, що відбуваються у відцентровому насосі в цілому і в колесі зокрема, є багатофакторними, то для виявлення оптимального співвідношення геометричних параметрів лопатевої ґратки колеса необхідно було створити модель, що характеризує залежність напору і ККД одночасно від декількох основних впливаючих факторів.

Одержання математичних моделей залежності напору і ККД від геометричних параметрів робочого колеса являє собою задачу одночасного розгляду декількох параметрів оптимізації. Таким чином, результат дослідження є розв'язанням компромісної задачі знаходження умовного екстремуму для однієї поверхні відгуку при обмеженнях, що накладаються іншою. Для цього використовувався метод невизначених множників Лагранжа.

Автором наведено фактори, що впливають на параметри оптимізації. В якості плану експерименту був прийнятий повний факторний експеримент, що дозволяє одержати оцінки впливу кожного фактора на параметри оптимізації.

Наведені отримані в результаті проведеного оптимізаційного аналізу співвідношення геометричних факторів лопатевої ґратки робочого колеса, що забезпечують одночасно максимальний напір і ККД.

Розділ 5

У п'ятому розділі викладено результати досліджень щодо встановлення діапазону швидкохідностей робочих коліс, у якому сукупність підвищення напору і ККД оптимальні. Також досліджувалась ефективність роботи модернізованого базового робочого колеса насоса ЦНС 180-1900 у складі ступеня з незмінним направляючим апаратом. Виходячи з отриманих даних, автором робиться висновок про те, що використовувати робочі колеса з удосконаленими лопатевими ґратками у складі ступеня без заміни направляючого апарату цілком можливо.

Для ступеня з робочим колесом однієї із схем наведені результати порівняння напірних та енергетичних характеристик, отриманих шляхом чисельного моделювання та фізичного експерименту при різних значеннях Q . Розбіжність результатів була оцінена як задовільна.

3. Наукова новизна

Наукові положення, висновки та рекомендації, які сформульовані в дисертації, є цілком обґрунтованими, в їх основі лежать фундаментальні закони гідродинаміки

Наукова новизна отриманих результатів складається з наступного:

- вперше узагальнені різні пропозиції по підвищенню напірності робочих коліс відцентрових насосів і доведена можливість їх спільного застосування;
- установлені співвідношення геометричних параметрів робочих коліс, які забезпечують одночасно максимальний напір і ККД;
- вперше установлений діапазон швидкохідностей робочих коліс, у якому сукупність підвищення напору і ККД оптимальні;
- виявлена можливість застосування робочих коліс із удосконаленими лопатевими ґратками у складі ступеня без заміни направляючого апарата.

4. Практична цінність

До суттєвого практичного результату досліджуваної роботи треба віднести доведення ефективності застосування затилочки вихідних кромek лопатей двоярусних ґраток і лопатей S-подібної форми у двох'ярусних ґратках як засобів підвищення напору ступеня; сформульовання рекомендації щодо вибору геометричних параметрів робочих коліс для одержання високих (15-30 %) значень підвищення їх напору за умови збереження рівня економічності; сформульовання рекомендації до проектування робочих коліс підвищеної напірності залежно від коефіцієнта швидкохідності; розширення можливості заміни фізичного експерименту чисельним із використанням методики його планування; впровадження результатів дисертаційної роботи на підприємствах Gity Tejarat Yadman Co. (Тегеран), ВАТ «ВНДІАЕН» (Суми), ТОВ «Неохім В» (Суми) і у навчальному процесі СумДУ.

Дисертаційна робота виконувалась згідно з планом науково-дослідних робіт кафедри Прикладної гідроаеромеханіки Сумського державного університету відповідно до науково-технічної програми Міністерства освіти і науки України при виконанні держбюджетної науково-дослідної роботи «Дослідження робочих процесів енергетичних машин» (№0110U004210).

Виходячи з цього, вважаю дисертаційну роботу Ратушного О.В., що присвячена підвищенню напірності ступеня насоса шляхом модернізації лопатевої ґратки робочого колеса на базі спільного застосування способів підвищення напору і оптимізації її геометричних параметрів без втрати економічності, актуальною і практично важливою.

5. Зауваження

За змістом дисертаційної роботи слід зробити наступні зауваження:

1. Розділ 1 доречно було б зробити більш компакним.
2. Не наведено достатнього пояснення гідродинаміки потоку при використанні розглянутих способів підвищення напору ступеня.
3. Не повно висвітлено алгоритм і умови чисельних досліджень.
4. Наведені у розділі 3 графіки недостатньо проаналізовані.
5. Бажано було б використати критеріальні залежності теорії подібності для того, щоб розповсюдити результати досліджень на інші типорозміри робочих коліс.
6. Не чітко сформульовані висновки до окремих розділів дисертації.

6. Висновки

Виконаний аналіз змісту дисертації Ратушного О.В. на тему «Підвищення напірності ступеня відцентрового насоса шляхом удосконалення лопатевої ґратки робочого колеса» дозволяє зробити наступні висновки:

1. Тема дисертаційної роботи є актуальною і відповідає спеціальності 05.05.17 – «Гідравлічні машини та гідропневмоагрегати».
2. Результати, наведені автором у дисертаційній роботі мають наукову новизну і практичну цінність.

3. Отримані результати достовірні. Здобувач обгрунтував результати досліджень і підтвердив їх експериментом з використанням фундаментальних законів механіки рідини та газу.

4. Основні результати роботи у повному обсязі викладені у фахових виданнях і представлені на наукових конференціях.

5. Викладення матеріалу в тексті дисертації послідовне і сприятливе для розуміння. Робота виконана згідно з правилами оформлення текстової та графічної інформації.

6. Автореферат повністю висвітлює текст дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота «Підвищення напірності ступеня відцентрового насоса шляхом удосконалення лопатевої ґратки робочого колеса» являє собою завершену роботу, яка повністю відповідає п. 13. «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» МОН України, які пред'являються до кандидатських дисертацій, а її автор Ратушний Олександр Валерійович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальності 05.05.17 - гідравлічні машини та гідропнеumoагрегати

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор кафедри прикладної
гідроаеромеханіки і механотроніки
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут»

