

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Мілтих Вікторії Станіславівни** на тему «**Підвищення енергоефективності насосної станції з насосами типу**

Д впливом геометричних параметрів їх робочих коліс на форму напірної характеристики»,

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмоагрегати

1. Актуальність теми досліджень

Насосне обладнання широко розповсюджене і використовується майже у всіх галузях промисловості і електроспоживання є основною складовою витрат при його експлуатації. Так, у системі водопостачання вони складають до 85 % витрат на експлуатацію насосного обладнання. Отже зниження споживання електроенергії, зокрема насосним обладнанням, а також оптимізація технологічного процесу водопостачання є однією з першочергових задач сьогодення.

Автор у даній дисертаційній роботі розглядає важливу задачу підвищення енергоефективності функціонування насосної станції з насосами типу Д шляхом заміни їх робочих коліс на нові, спроектовані з наперед визначеною крутизною напірної характеристики.

У представленій роботі розглядається актуальна задача підвищення енергоефективності функціонування насосної станції з насосами типу Д шляхом заміни їх робочих коліс на нові, спроектовані з наперед визначеною крутизною напірної характеристики.

2. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій

Достовірність та обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, базуються на коректній постановці наукових задач та коректному використанні методів математичного моделювання гідродинамічних процесів. Достовірність одержаних результатів також підтверджується збіжністю числових результатів з експериментальними даними.

3. Новизна наукових положень, результатів та рекомендацій

1. Вперше отримана математична залежність крутизни напірної характеристики від ширини робочого колеса на виході за умови незмінності інших геометричних розмірів елементів проточної частини насосів типу Д.

2. Для коліс насосів типу Д з $n_s = 85 \dots 160$ вперше визначено діапазон зміни крутизни напірної характеристики, яка досягається зміною ширини робочого колеса на виході, за умови відхилення показників енергоефективності функціонування насоса у межах 5 % від їх номінальних значень.

3. Уточнено математичну модель функціонування насосної станції з насосами типу Д при використанні ступеневого регулювання її подачі, яка комплексно враховує характеристику гідравлічної мережі, форму напірної характеристики насоса та спосіб регулювання подачі насосної станції.

4. Вперше визначено вплив відносної ширини b_2/D_2 робочого колеса на енергетичні показники (потужності) робочого процесу у насосах типу Д з $n_s = 85 \dots 160$.

4. Практична значимість отриманих у роботі нових результатів

1. Визначено раціональний діапазон зміни відносної ширини робочого колеса b_2/D_2 та крутизни напірної характеристики при зменшенні ККД не більш ніж на 5 %.

2. Встановлено, що зі зменшенням відносної ширини робочого колеса b_2/D_2 , функція характеристики потужності зменшує швидкість зростання, а при деякому її значенні потужність починає зменшуватися у діапазоні подач більших за $Q_{розр}$.

3. Обґрунтовано та експериментально доведено доцільність використання змінних робочих коліс зі зменшеним значенням його ширини на виході при модернізації насосів типу Д на насосних станціях водопостачання. Їх використання дозволяє отримати більше значення крутизни напірної характеристики без зменшення ККД насоса;

4. Обґрунтовано використання теорії системного аналізу при виборі способу вирішення проблем, що виникають на насосних станціях водопостачання.

5. Отримані результати дозволяють у подальшому проводити модернізацію насосної станції з насосами типу Д шляхом проектування змінного робочого колеса з наперед визначеною крутизною напірної характеристики.

6. Основні результати досліджень дисертації використані при проведенні робіт з модернізації насоса Д 3200-75-2 насосної станції № 2 «Власівського водозабору» КП «Кременчукводоканал» та в навчальному процесі СумДУ, що підтверджується відповідними актами.

5. Повнота опублікованих основних результатів дослідження

Апробація результатів здійснена у ряді науково-технічних конференцій, у тому числі міжнародних. Матеріали дисертації опубліковані у 10 наукових

працях, з них: 5 робіт опубліковано у наукових фахових виданнях, які входять до затвердженого переліку (у тому числі 2 публікації у виданнях, що індексуються у міжнародній наукометричній базі Scopus), також опубліковані тези 5 доповідей на науково-технічних конференціях.

6. Структура та зміст дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Мілтих В.С. представляє собою закінчену наукову працю і складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 81 найменування на 10 сторінках та 3 додатків на 10 сторінках. Повний обсяг дисертації складає 132 сторінки та включає 48 рисунків, із яких 2 рисунка на окремих сторінках та 11 таблиць.

У **вступі**, згідно з вимогами, обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та завдання досліджень, визначено його об'єкт і предмет, відображено основні методи досліджень, визначено наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів.

У **першому розділі** виконано інформаційно-аналітичний огляд літературних джерел за темою дисертаційної роботи. За даними аналізу сформульовано існуючі проблеми енергоефективного функціонування насосних станцій водопостачання, а також можливі шляхи їх вирішення.

Зазначено, що найбільш раціональною є модернізація наявних насосних агрегатів на насосних станціях шляхом заміни їх робочих коліс без зміни геометричних параметрів інших елементів проточних частин насосів з метою узгодження їх напірних характеристик до обраного способу регулювання подачі насоса.

За допомогою аналізу встановлено, що значний вплив на форму напірної характеристики серед геометричних розмірів усіх елементів робочого колеса чинить його ширина на виході b_2 . Проте, методика визначення параметру b_2 в залежності від необхідної крутизни напірної характеристики насоса K відсутня.

Тому, подальший розвиток науково-методичного забезпечення проектування насосного обладнання для підвищення енергетичної ефективності роботи насосних станцій з насосами типу Д шляхом визначення та узгодження форми напірних характеристик окремих насосів проектуванням змінних робочих коліс з наперед визначеною крутизною напірної характеристики є перспективним.

У **другому розділі** автор визначився з методом математичного дослідження робочого процесу насосів та робочих коліс завдяки апробації розрахункових результатів, отриманих за допомогою числового моделювання.

У якості об'єкта дослідження були обрані гідравлічні процеси взаємодії течії рідини з елементами робочого колеса двостороннього входу насосів Д 3200-75-2, Д 6300-80-2, СЕ 2500-180, СЕ 2500-180-8, Д 6300-27-3.

Для визначення математичної залежності між крутизною напірної характеристики та шириною робочого колеса на виході було створено тривимірні рідкотільні моделі оригінальних робочих коліс та їх модифікацій вище зазначених насосів, при цьому змінювалося лише значення їх ширини на виході, інші їх геометричні розміри лишалися без змін.

У третьому розділі представлений аналіз результатів проведеного числового моделювання робочого процесу робочих коліс двостороннього входу. За отриманими даними визначено вплив відносної ширини b_2/D_2 робочого колеса на показники потужності робочих коліс двостороннього входу з $n_s = 85 \dots 160$.

Встановлено математичну залежність між шириною на виході робочого колеса двостороннього входу та крутизною його напірної характеристики. У розділі також визначено діапазони зміни крутизни напірної характеристики при зміні відносної ширини робочого колеса b_2/D_2 у межах 5 % зміни ККД ($\eta_{max} - 0,05 \eta_{max}$).

Автором було проведено числове дослідження робочого процесу насосів, що дало можливість оцінити вплив елементів проточної частини насосів на крутизну їх напірних характеристик.

Порівняння показників енергоефективності робочого процесу насосів з різними значеннями відносної ширини їх робочих коліс показує, що шляхом варіювання їх ширини на виході можна змінювати не тільки крутизну напірної характеристики та напір, а й підвищувати енергоефективність їх робочого процесу.

У четвертому розділі представлено результати експериментальних досліджень насосів Д 4000-95-2 та Д 3200-75-2 на місці експлуатації (насосній станції) з метою підтвердити положення щодо узгодження напірних характеристик насосів типу Д, висунутих у третьому розділі. Спроба підвищити їх енергоефективність відбулась шляхом заміни оригінального ($b_2 = 59,6$ мм) робочого колеса насоса Д 3200-75-2 на звужене на виході ($b_2 = 37,9$ мм). Оцінювання енергоефективності функціонування насосних агрегатів проведено на основі розрахункових та реальних значень питомих витрат електроенергії.

Завдяки зменшенню ширини робочого колеса на виході вдалося збільшити крутизну напірної характеристики насоса Д 3200-75-2, що сприяло узгодженню напірних характеристик насосів у визначеній робочій точці їх функціонування.

Результати експериментальних досліджень насосів підтвердили положення роботи щодо доцільності модернізації насосних агрегатів шляхом використання змінних робочих коліс зі зменшеним значенням ширини на виході.

У **п'ятому розділі** автор удосконалив методику модернізації насосної станції водопостачання з метою підвищення енергоефективності її функціонування. Існуючу методику розрахунку робочого колеса було доповнено залежністю крутизни напірної характеристики від ширини робочого колеса на виході для його проектування з наперед визначеною крутизною напірної характеристики насоса.

Висновки. У роботі надано вісім висновків, які підсумовують результати дослідження в цілому. Усі вони у логічному порядку вказують на основні результати дослідження.

Структура подання матеріалу в авторефераті відповідає встановленим вимогам. Основні положення роботи викладені в авторефераті логічно і послідовно. Зміст автореферату об'єктивно відображає основні положення дисертації., розбіжностей між суттю автореферату та дисертації не виявлено.

7. Загальні зауваження до дисертаційної роботи

1. З тексту дисертації інколи не зрозуміло про які енергетичні характеристики (колеса чи насоса) йде мова, що дещо ускладнює сприйняття результатів проведених досліджень.
2. За результатами дисертаційної роботи зменшення ширини робочого колеса тягне за собою зменшення напору, тому вбачається, що для одержання показників напору новим колесом, які б відповідали базовому, необхідно збільшити зовнішній діаметр робочого колеса, при цьому має збільшитися величина дискового тертя. Відповідно до цього зменшиться ККД насоса. Однак, аналіз можливих втрат у дисертаційній роботі не приведено.
3. Як видно з дисертаційної роботи, дисертант вважає, що модернізацію насосного агрегату раціонально проводити заміною робочого колеса. Однак у дисертації не наведено результатів дослідження впливу зменшення потужності насоса на завантаження привідних двигунів досліджуваних насосних агрегатів та зменшення ефективності їх функціонування за даного способу модернізації.
4. Однією із задач дисертаційної роботи є визначення інтегрального впливу геометричних параметрів елементів проточної частини насосів типу Д на крутизну їх напірної характеристики. Цей вплив відображено узагальненим коефіцієнтом Δ , однак детального аналізу формування цього коефіцієнту не надано.
5. У дисертаційній роботі та авторефераті присутній ряд синтаксичних помилок, які, однак, не змінюють суті роботи в цілому.

8. Загальний висновок

1. Дисертація є завершеною працею, сутність якої полягає у підвищенні енергоефективності функціонування насосної станції з насосами типу Д шляхом заміни їх робочих коліс на нові, спроектовані з наперед визначеною крутизною напірної характеристики.

2. Тема роботи є актуальною і відповідає паспорту спеціальності 05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмоагрегати.

3. Висловлені зауваження не знижують важливості основних досягнень дисертанта.

У цілому дисертаційна робота на тему «Підвищення енергоефективності насосної станції з насосами типу Д впливом геометричних параметрів їх робочих коліс на форму напірної характеристики», відповідає вимогам п.п. 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів...», що висуваються до кандидатських дисертацій, профілю спеціалізованої вченої ради К 55.051.03 у Сумському державному університеті, а її автор Мілтих Вікторія Станіславівна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмоагрегати.

Офіційний опонент:

кандидат технічних наук,

перший заступник генерального директора -

технічний директор ПАТ «ВНДІАЕН»

А.А. Руденко

Директор науково-дослідницького інституту
технічного директор
технічного директор А.А. Руденко
підтверджено
Спец. БУП
20.09.2016

