

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

Агаджанова Светлана Володимирівна

ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ
ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАПІВІСКРИТИХ
РОБОЧИХ КОЛЕС ВІДЦЕНТРОВАНИХ НАСОСІВ

05.04.13 - гідравлічні машини і гідропневмоагрегати

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Суми - 1995



Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Сумському

Університеті.

Науковий керівник - кандидат технічних наук,
доцент Ржебаєва Н.К.

Офіційні опоненти - доктор технічних наук,
професор Косторний С.Д.
кандидат технічних наук
Гуськов А.А.

Провідне підприємство

ПО "Кжгідромаш", м. Бердянськ

Захист в дбудеться "14" грудня 1995р. на
засіданні спеціалізованої вченої ради
К 22.01.02 Сумського Державного Університету,
(м. Суми, вул. Римського-Корсакого, 2.)

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці
Сумського Державного Університета.

Автореферат розісланий 13.11.95

Вчений секретар спеціалізованої ради

кандидат технічних наук

Неня В.Г.

Дослідження і розробка методики розрахунку енергетичних характеристик напіввідкритих робочих колес відцентрових насосів

Загальна характеристика роботи

Актуальність теми. Напіввідкриті (без покриваючого диска) робочі колеса (НЕРК) знаходять широке застосування у насосному обладнанні для хімічної, харчової та інших галузей виробництва. Перевагою їх є забезпечення перекачування рідин з домішками, і, тих, що кристалізуються, з найменшою небезпекою забивання міжлопатевих каналів. Це особливо важливо для відцентрових насосів з малими подачами в зв'язку з вузькістю каналів їх проточної частини. Недолік НЕРК - більш низький ККД, ніж у закритих з покриваючим диском робочих колес (ЗРК). Відсутня також відпрацьована методика розрахунку НЕРК, яка б дозволяла на стадії їх проектування забезпечувати з необхідною точністю одержання потрібних величин теоретичного і дійсного напорів при заданій подачі.

Течія в даному типі робочого колеса значно ускладнюється, в порівнянні з ЗРК, за рахунок перебігу рідини через зазор між торцевими поверхнями лопатей та передньою стінкою кришки корпусу насоса (δ); велику частку складає вихоровий обмін енергії. Тому застосування методів, розроблених з різними припущеннями, для розрахунку потенціальних течій в ЗРК, неправомірно для оцінки течій в НЕРК. Отже, розробка математичної моделі (ММ) ККД і коефіцієнта напору НЕРК, є актуальною і важливою з прикладної точки зору задачею. Одержання методики розрахунку енергетичних характеристик НЕРК на основі розробленої ММ дозволило б аналітичним шляхом знаходити оптимальні варіанти конструкції НЕРК за допомогою, так званого, математичного експерименту, і, тим самим, значно зменшити обсяг фізичного експерименту, проведення якого потребує значних фінансових і матеріальних витрат.

Необхідна умова - створена методика розрахунку повинна відображати закономірності течії в НЕРК, врахувати визначаючі її фактори, і, водночас, бути прос-

тою з точки зору інженерної практики. Для цього необхідним є : проведення експериментальних досліджень найбільш типових НЕРК ($q \approx 80$) відцентрових насосів; встановлення залежності їх енергетичних характеристик від різноманітних конструктивних і гідродинамічних параметрів; встановлення фізичної картини течії при змінних значеннях у широкому діапазоні коефіцієнтів подачі шляхом її візуалізації.

Мета роботи - створення методики розрахунку енергетичних характеристик НЕРК відцентрових насосів за допомогою імітаційної ММ ККД і коефіцієнта напору та розробка рекомендацій по підвищенню ефективності НЕРК (більш високий ККД і мала чутливість їхніх характеристик до зміни величини осьового зазору) на основі результатів їх експериментального дослідження і теоретичного

аналізу уточненої фізичної моделі течії в НЕРК.

Методи дослідження . В роботі використані . методи теоретичного аналізу і експериментальних досліджень.

Наукова новизна роботи .

- Вперше проведена візуалізація поверхневих ліній току в НЕРК відцентрового насоса при змінному значенні осьового зазору в широкому діапазоні значень коефіцієнта подачі.
- Розроблена математична модель ККД і коефіцієнта напору НЕРК.
- Одержані узагальнені функціональні залежності для розрахунку енергетичних характеристик насосів з НЕРК в широкому діапазоні значень коефіцієнта подачі.
- З використанням результатів експериментального дослідження і теоретичного аналізу обґрунтована можливість підвищення ефективності НЕРК за допомогою застосування визначеного способу впливу на структуру потоку в НЕРК. Розроблені конкретні рекомендації по підвищенню ККД і зменшенню чутливості характеристик НЕРК до зміни величини зазору .

Практична цінність роботи

- Створено більш ефективне , фактично нечутливе до зміни зазору НЕРК ($\eta_s \approx 80$). Приріст ККД в одного із варіантів відпрацьованих НЕРК досяг 2,2% .
- Розроблена методика розрахунку ККД і коефіцієнта НЕРК, що дозволяє на стадії проектування проводити

оцінку характеристик НЕРК, прискорюючи процес створення оптимальної конструкції.

Впровадження результатів роботи.

- Вдосконалені НЕРК, прийняті до впровадження в технологічних насосах ТНК-I і ТНК-IV на Південківському маш-заводі (м.Тростянець Сумської обл.).

Апробація роботи.

Проблеми, розглянуті в дисертації доповідались на науково-технічних конференціях в Сумському фізико-технологічному інституті (зараз - СумДУ) (1992 - 1995рр.), в С.-Петербурзькому Державному Технічному Університеті (1992р.).

Публікації.

Список публікацій наведено наприкінці автореферату.

Декларація особистого внеску.

1. Автором дисертації, яка представлена на залист, був виконаний ретельний аналіз існуючих літературних даних на тему дисертації, на основі якого була обґрунтована мета, основні задачі наукового дослідження та методологія їх розв'язання (Ржебаєва Н.К., Агаджанова С.В. Дослідження напіввідкритих робочих колес.).

2. Здійснені експериментальні дослідження НЕРК, зібрані, оброблені, систематизовані одержані результати, підготовлені вихідні дані для розробки ММ ККД і коефіцієнта напору. (Ржебаєва Н.К., Агаджанова С.В. Розробка фізичної моделі течії в напіввідкритих робочих колесах відцентрових насосів $\eta_3 < 80$ та Агаджанова С.В., Ржебаєва Н.К. Експериментальне дослідження впливу геометричних параметрів на характеристики напіввідкритих робочих колес відцентрових насосів $\eta_3 < 80$).

3. Обґрунтована ММ ККД та коефіцієнта напору, одержані узагальнені функціональні залежності для розрахунку енергетичних характеристик насосів з НЕРК (Агаджанова С.В. Методика прогнозування енергетичних характеристик напіввідкритих робочих колес відцентрових насосів.).

4. Узагальнено одержані результати та сформульовані основні рекомендації по підвищенню ефективності НЕРК $\eta_3 < 80$. (Ржебаєва Н.К., Агаджанова С.В. Дослідження напіввідкритих робочих колес відцентрових насосів.).

Структура і обсяг роботи.

Дисертація складається із вступу, чотирьох розді-

тів, закінчення, списку літератури (113 назв.) і додатків. Робота містить 111 сторінок машинописного тексту, 3 таблиці , 40 малюнків.

Зміст роботи.

У вступній частині обґрунтовується актуальність теми, формулюється мета роботи , вказується новизна одержаних результатів , коротко викладається зміст дисертації.

В першому розділі розглянуті сучасні уявлення про просторову трьохрозмірну течію реальної рідини в протічних частинах робочих колес відцентрових (ВЦ) турбомашин. Наводиться короткий огляд існуючих методів розрахунку втрат енергії і величини напору.

Картина течії в протічній частині робочого колеса ВЦ турбомашини, про що свідчать результати експериментальних досліджень і теоретичного аналізу, характеризується складною взаємодією двох складових : нев'язкого ядра потоку і пограничного шару (ПШ) , в якому проявляються ефекти в'язкості. До факторів, визначаючих структуру потоку, відносяться дифузорність каналів в протічній частині робочого колеса (РК), кривизна лопатей, режим роботи, інерційні сили, вторинні течії (ВТ). Вторинні течії визнаються більшістю авторів превалюючим фактором по відношенню до інших. Течія в ЗРК розглядається як потенціальна і для розрахунку втрат енергії і величини напору використовуються методи кривизни ліній току, кінцевих елементів і кінцево-різничні.

Аналіз результатів існуючих нечисленних досліджень особливостей течії в протічній частині НЕРК показує, що має місце значне ускладнення картини течії внаслідок перебігу рідини через зазор між торцевими поверхнями лопатей і передньою стінкою кришки корпусу насоса. Більшу частину в загальній взаємодії складає вихорний обмін енергією. Кромочні перетоки рідини через зазор обумовлюють відмінний від того, що спостерігається в ЗРК механізм створення вторинних течій. Структура потоку в НЕРК більше відповідає моделі типу "струмінський", з чого видно неправомірність використання розрахункових методик, розроблених для потенціальних течій.

Розглянуті дослідження НЕРК виконувались на оптимальному режимі ($Q_2 \text{ max}$) при постійному мінімальному значенні осьового зазору. Але специфіка експлуатації ВІ насосів з НЕРК потребує їх роботи на режимах, відмінних від оптимального ($Q < Q_{\text{opt.}}$). Крім того, осьовий зазор швидко збільшується в процесі роботи, особливо на рідині з домішками. Дані про розвиток потоку при змінних зазорах, та, на режимах, відмінних від оптимального, в літературі практично повністю відсутні. Без цих відомостей фізична модель течії залишається неповною.

Формулюється постановка задачі експериментального дослідження: по-перше, закономірностей течії в НЕРК на режимах $Q < Q_{\text{opt.}}$ при постійному значенні зазора δ , по-друге, впливу на картину течії зміни величини осьового зазору на оптимальному режимі.

З аналізу стану питання виходить, що найбільш прийнятним підходом до рішення задачі розробки методики розрахунку НЕРК на першому етапі є побудова імітаційної математичної моделі ККД і коефіцієнта напору, узагальнених функціональних залежностей для використання у інженерних розрахунках.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- Зібрати, узагальнити і систематизувати експериментальні дані, обробити їх за допомогою методів математичної статистики для ідентифікації ММ ККД і коефіцієнта напору.
- Розробити ММ ККД і коефіцієнта напору, що враховує особливості течії в НЕРК.
- Одержати функціональні залежності для розрахунку енергетичних характеристик НЕРК ВІ насосів з використанням ММ.
- Провести перевірку достовірності одержаної ММ на об'єктах, що не беруть участі в процесі ідентифікації.
- Провести додаткові експериментальні дослідження впливу різноманітних конструктивних (δ) і гідродинамічних параметрів на енергетичні характеристики НЕРК; одержані дані використати для розробки конкретного виду ММ.
- Виконати візуалізацію поверхневих ліній струму в протічній частині НЕРК при змінному осьовому зазорі та в широкому діапазоні коефіцієнтів подачі.

- Порівняти одержані дані з еспериментальними результатами інших авторів (Re-idem) для уточнення фізичної моделі течії.

- Проаналізувати конструктивне виконання НЕРК, удосконаленого з урахуванням уточненої фізичної моделі течії.

- Провести випробування удосконаленого НЕРК для перевірки правильності вибору моделі течії.

В другому розділі розглядається методика побудови імітаційної ММ ККД і коефіцієнта напору, одержання узагальнених аналітичних залежностей для розрахунку енергетичних характеристик НЕРК ВІ насосів.

Оскільки процеси, що проходять в НЕРК, багатофакторні, то, для одержання оптимальних співвідношень, необхідно мати моделі, що характеризують залежність ККД і коефіцієнта напору не від одного, а одночасно від кількох складових впливаючих факторів.

Одержати якісну оцінку впливу окремих факторів на функцію, яку необхідно знайти, дозволяють методи планування експерименту, зокрема метод крутого сходження.

Виконані розрахунки показали, що в межах достовірності вихідних даних, найбільшу значимість впливу на функцію мають три фактори: кут встановлення лопатей на виході - β_2 , коефіцієнт подачі - q і величина осьового зазору. Таким чином, загальний вид ММ для ККД і коефіцієнта напору (далі - H) може бути представлений наступними виразами:

$$\eta = f(q, \sigma, \beta_2), \quad H = f(q, \sigma, \beta_2) \quad (1)$$

Для того, щоб визначити конкретний вид виразу (1) необхідно вирішити задачу побудови трьохфакторних регресій $\eta = \eta(q, \sigma, \beta_2)$ і $H = H(q, \sigma, \beta_2)$. Під час розрахунків був виконаний кореляційний аналіз, який показав значний зв'язок факторів між собою і функціями попарно, зв'язок функцій з усіма факторами (коефіцієнти множинної кореляції відповідно: $r_{\eta q \sigma \beta_2} = 0,94$, $r_{H q \sigma \beta_2} = 0,85$). Було очевидно, що залежність існує і вона нелінійна.

Розрахункова методика будувалася, прийнятно до поставленої задачі, на основі наявного згального досвіду побудови імітаційних моделей.

Вважаємо, що існує функція $H = H(q, \sigma, \beta_2)$. Поступово

будемо зменшувати кількість факторів від яких залежить функція, надаючи їм конкретні значення.

Будемо шукати функцію у вигляді полінома з постійними коефіцієнтами.

Спочатку була знайдена оптимальна ступінь полінома і його коефіцієнтів. В результаті розрахунків одержаний поліном з мінімальною помилкою - поліном другої ступені. У подальшому побудова ММ виконувалася варіюванням коефіцієнтів вхідних факторів. По першому фактору σ знайшли формулу регресії для всіх режимів. Далі знаходилась залежність постійних коефіцієнтів одержаного полінома від σ , тобто всі коефіцієнти формул першого фактора зв'язували між собою для всіх режимів другого фактору. Ця залежність описується також поліномом другої ступені з постійними коефіцієнтами.

Далі всі коефіцієнти синтезованої формули зв'язали формулою по третьому фактору (β_2). Загальний вид перебудованої залежності гредставлений формулою (2):

$$\begin{aligned} H = & (\kappa_1 \beta_2 + C_1) + (\kappa_2 \beta_2 + C_2) \sigma + \\ & + (\kappa_3 \beta_2 + C_3) \sigma^2 + (\kappa_4 \beta_2 + C_4) q + (\kappa_5 \beta_2 + C_5) \sigma q + \\ & + (\kappa_6 \beta_2 + C_6) \sigma^2 q + (\kappa_7 \beta_2 + C_7) q^2 + \\ & + (\kappa_8 \beta_2 + C_8) \sigma q^2 + (\kappa_9 \beta_2 + C_9) \sigma^2 q^2 \end{aligned} \quad (2)$$

Для одержання конкретного виду залежності були розраховані значення функції в контрольних точках по дослідним даним, які приведені в третьому розділі дисертації. Після деяких математичних перетворень одержали числові значення коефіцієнтів $\kappa_1 \dots \kappa_9$ і $c_1 \dots c_9$ для H .

Застосувавши вищевикладені міркування і розрахунки для обчислення, одержали числові значення коефіцієнтів для ККД.

В результаті побудови ММ були одержані функціональні залежності для розрахунку ККД і коефіцієнта напору. Достовірність розробленої ММ була перевірена за допомогою експериментальних досліджень впливу зазору на напір і ККД для НЕРК з різними кутами в широкому діапазоні коефіцієнта подачі. Сума відносна помилка апроксимації складала приблизно 2,5% для

H і $3,2\%$ - для ККД. При цьому більш ніж у 80% значень в конкретних точках розбіг розрахункових даних з дослідними не перевищує $\pm 4\%$, що представляє задовільну для порівняльного аналізу точність. Виконані розрахунки енергетичних характеристик насосів з НЕРК, які не застосовувались для ідентифікації ММ (10 робочих колес). Результати показали хорошу схожимість експериментальних і розрахункових кривих H і ККД. Помилка знаходилася у межах, визначених методикою і не перевищувала норм ДСТ 6134-87 "Насоси динамічні. Методи випробувань."

Експериментальні дослідження і порівняльні розрахунки підтвердили можливість використання одержаних функціональних залежностей для оцінки енергетичних характеристик НЕРК ВД насосів, а також дозволили визначати діапазон використання запропонованої методики, відповідно: $\delta/b_2 = 0,028 - 0,33$, $b_2/D_2 = 0,00187 - 0,0226$, $\sigma/D_2 = 0,068 - 0,045$, $\beta_2 = 24^\circ - 72^\circ$, $D_2 = 265 - 400$ мм.

За допомогою одержаних формул розраховані характеристики насосів ТНК-I і ТНК-IV для значень $\sigma = \text{var}$.

Представлена методика реалізована на ЕОМ.

Третій розділ присвячено експериментальним дослідженням НЕРК, що містять вивчення впливу на енергетичні характеристики НЕРК зміни величини осьового зазору (δ), кута установки лопатей на виході із РК (β_2) і режиму роботи (Q), візуалізацію поверхневих ліній у протічній частині НЕРК.

За об'єкти випробувань вибрані найкращі за даними попередніх випробувань: НЕРК ($\beta_2 = 24^\circ$), які мають найбільш високий ККД і НЕРК ($\beta_2 = 72^\circ$), які мають найбільший коефіцієнт напору і найменш чутливі до зміни осьового зазору.

Досліди виконані на експериментальному стенді кафедри гідромашин. Приводиться опис використаного обладнання, приладів, методики проведення експериментів і обробки результатів, розрахунок помилки вимірювань.

Мінімальна величина осьового зазору $-0,5$ мм вибрана за умов надійності, максимальна -6 мм, визначена по результатам розрахунків по плануванню експерименту.

В результаті попередньої обробки експериментальних даних побудовані енергетичні характеристики НЕРК у

вигляді залежностей ККД, напора і потужності від подачі (коефіцієнта подачі). Графіки попередньої обробки результатів експерименту були викідними для одержання залежностей максимального ККД і відповідних йому режимних параметрів в безрозмірній формі K_n , K_w від осьового зазору і кута установки лопатей на виході із РК. Аналіз цих залежностей дозволив виявити діапазон зміни ККД і коефіцієнта напора при зростанні зазору.

Падіння значень характеристик велике при $\delta = 0,5-3,5$ мм (до 10-15% від оптимального значення у РК $\beta_2 = 24^\circ$), подальшому воно уповільнюється, при $\delta = 4-6$ мм параметри зберігають досягнуті значення незмінними.

Підтверджені, одержані в попередніх випробуваннях, висновки про більш відчутний вплив зазора на ККД і напор НЕРК з $\beta_2 < 30^\circ$, в порівнянні з НЕРК $\beta_2 = 72^\circ$. Результати дослідів систематизованих і оброблених статистичними методами, дозволили одержати конкретний вид ММ ККД і коефіцієнта напора, і, в сумі з даними візуалізації, уточнити фізичну модель течії в НЕРК.

Крім того, побудовані характеристики дозволили проаналізувати можливість використання НЕРК $\beta_2 = 70-80$ для підвищення ефективності (в першу чергу - ККД) насосів з НЕРК на режимах менш, ніж оптимальний.

Візуалізація здійснюється при $Re = 7,5 \cdot 10^6$ ($Re = U_2 D_2 / \nu$). Експериментально доведено існування і вплив на енергетичні характеристики НЕРК інтенсивності продольно-вихорового руху, яка значно змінюється при зміні осьового зазору і коефіцієнта подачі. Наявність такого руху підтверджується результатами візуалізації, здійсненої методом злива під час роботи насоса, нанесеної на омивасмі поверхні проточної частини НЕРК масляної фарби.

Поверхневі лінії струму вт значно стиснуті і змішені до робочої сторони лопаті на вході в міжлопатевий канал після чого, в зоні найбільшої кривизни лопаті, вони змінюють майже скачкоподібно свій напрям від робочої сторони лопаті до тильної. Про інтенсивність вт приблизно визначали за площею низкоенергетичної зони (межа незмитої фарби на тильній стороні лопаті). У НЕРК $\beta_2 = 72^\circ$ площа даної зони залишалася постійною на всіх режимах випробувань, коефіцієнт напора також мало зміню-

вався під час дослідів. У НЕРК $\beta_2 = 24^\circ$ найбільша площа низкоенергетичної зони із збільшенням δ , коефіцієнт напору значно залежав від δ .

ККД НЕРК $\beta_2 = 24^\circ$ вище, чим у НЕРК $\beta_2 = 72^\circ$, що можна пояснити більшою дифузійністю каналів останніх, і як наслідок, більшими втратами потужності.

Використання результатів сукупності різних методів експериментального дослідження, проведених у рамках дисертаційної роботи і доповнення їх даними літератури, враховуючи, що необхідна умова ($Re = idem$) виконується, дозволили уточнити фізичну модель течії в НЕРК. Характер течії в даному типі робочих колес більш відповідає моделі "струміль - слід". В НЕРК спостерігається додаткова нерівномірність течії і вихорова взаємодія по радіусу колеса між потоком рідини в РК і течії її у боковій пазусі. Відставання потоку рідини в боковій пазусі від основного потоку і від колеса приводить до виникнення течії як в каналі за погано обтікаємим тілом. Цей процес у більший мірі зумовлюється відношенням ширини каналу до його довжини, товщиною III на передній стінці кришки корпусу і відносною висотою стінок каналу. На потік в міжлопатевому просторі суттєво впливають вихоровий обмін енергією з потоком, що перетікає з одного каналу в інший через осьовий зазор між лопатями і корпусом. Фізична картина взаємодії потоків рідини, що виділені вище, змінюється вздовж радіуса від входу на лопать РК і до виходу у відвод. В каналах НЕРК формується інтенсивний вторинний вихор з вісю в радіальному напрямку, змішений до робочої сторони лопаті. Найбільша інтенсивність ВТ спостерігалась поблизу кінців лопатей на виході, вторинний вихор розповсюджується в середню частину каналу по напрямку до втулки. З іншого боку дії ефектів в'язкості на втульці приводять до виникнення слабого вторинного вихору в протележному напрямку. Додаткова рідина з низькою енергією надходить через зазор на кінці лопаті.

В четвертому розділі розглядаються способи впливу на структуру потоку в РК ВД турбомашин з метою підвищення їх ефективності, удосконалення НЕРК ($ns \leq 80$) на основі уточненої фізичної моделі течії.

Приведені в третьому розділі роботи результати

експериментального дослідження показали, що перевагою НЕРК з $\beta_2=72^\circ$ є мала чутливість до зміни осевого зазору, недоліком - більш низький, ніж у РК $\beta_2=24^\circ$, ККД; у НЕРК $\beta_2=24^\circ$ - при високих значеннях ККД спостерігається більша залежність характеристик від зазору. Робиться висновок про можливість удосконалення РК обоїх типів з урахуванням уточненої фізичної моделі течії за допомогою впливу на вторинні течії. Описується засіб впливу - виконання вирізів на основному диску. Підвищення ефективності може бути досягнуто за рахунок інтенсифікації висорového обміну; використання сторони вирізу як додаткової лопаті дозволить добитись підвищення напору, зменшування потужності дискового тертя і відповідно збільшення ККД. З другого боку, впливаючи на формування ВТ, можливо добитись збереження досягнутих значень параметрів при збільшенні зазору. Форма вирізів описана в дисертаційній роботі.

Об'єктами дослідження вибрані РК $\beta_2=24^\circ$ та розроблені на базі проточної частини одноярусного РК $\beta_2=72^\circ$ двоярусне РК.

Наведені результати візуалізації поверхневих ліній струму в протічній частині двоярусного НЕРК. Основні закономірності, що спостерігалися в одноярусному РК, залишаються і в цьому РК. Але особливістю течії у даному типі колеса є різна інтенсивність ВТ в лівому (між тильною стороною довгої лопаті і робочою стороною короткої лопаті) і правому каналах, більша в лівому, що враховано при конструктивному виконанні вирізів.

Результати дослідження базового НЕРК наведені в третьому розділі. Результати порівняльних випробувань описуються в четвертому розділі.

Випробування вдосконалених РК проведені на стенді кафедри гідромашин СумДУ. Одержані експериментальні дані підтвердили правильність вибору уточненої фізичної моделі течії і способу впливу на структуру потоку. В РК $\beta_2=72^\circ$ ККД на оптимальному режимі збільшився на 2,2%. При збільшенні зазора от 0,5 до 1,5 мм характеристики залишилися на досягнутому рівні. В РК $\beta_2=24^\circ$ за допомогою вибраного способу впливу вдалося збільшити ККД на оптимальному режимі на 7%, але відчутного зменшення падіння характеристик при зростанні зазору до 1,5 мм добитися не вдалося, у зв'язку з більш складним характе-

ром розвитку течії у даному типі РК.

Вдосконалені РК прийняті до впровадження в технологічних насосах ТНК -І і ТНК -ІV, що перекачують рідини, кінематична в'язкість і щільність яких порівняна з характеристиками холодної води, на якій проводились випробування робочих колес.

ЗАКЛЮЧЕННЯ

1. Розроблена ММ коефіцієнта напора і ККД для режимів $Q \geq Q_{opt}$, яка враховує особливості течії в НЕРК.
2. Одержані узагальнені функціональні залежності для розрахунку енергетичних характеристик насосів з НЕРК ($ns < 80$) на базі розробленої математичної моделі. Сумарна відносна помилка апроксимації складає 2,5% для H і 3,2% для ККД, при цьому більш ніж у 80% значень параметрів в конкретних точках, розходження розрахункових даних з дослідженими не перебільшує $\pm 4\%$, що є доволень для порівняльного аналізу точність.
3. З використанням розробленої методики виконано розрахунок енергетичних характеристик насосів ТНК -І і ТНК -ІV при $\sigma = var$.
4. Проведено дослідження впливу величини осьового зазору для НЕРК з різними кутами установки лопатей на виході із РК в широкому діапазоні коефіцієнтів подач. Одержані дані систематизовані, узагальнені і обраховані з допомогою методів математичної статистики.
5. Здійснена візуалізація поверхневих ліній струму на режимах $Q = const$, $\sigma = var$, і $Q = var$ і $\sigma = const$, на основі одержаних даних, а також результатів досліджень структури потоку в подібних РК при $Re = idem$ інших авторів, уточнена фізична модель течії.
6. На основі уточненої фізичної моделі течії в НЕРК, вибрано спосіб впливу на структуру потоку в проточній частині робочого колеса, застосування якого дозволило підвищити ККД РК $\beta_2 = 72^\circ$ на 2,2% і РК $\beta_2 = 24^\circ$ на 7%. Удосконалені робочі колеса прийняті до впровадження в технологічні насоси ТНК -І і ТНК -ІV (Півненський машзавод, м. Тростянець).

Основні результати дисертації приведені у таких публікаціях:

1. Ржебаєва Н.К., Агаджанова С.В. Розробка фізичної моделі течії в напіввідкритих робочих колесах відцентрових насосів $ns < 80$ // Гідравлічні машини і гідро пневмоагрегати: теорія, розрахунок, конструювання. Тематичний збірник наук. праць. - Київ, 1994.
2. Ржебаєва Н.К., Ржебаєв Е.Е., Агаджанова С.В. Дослідження напіввідкритих робочих колес відцентрових насосів // Гідравлічні машини і гідро пневмоагрегати: Теорія, розрахунок, конструювання. Тематичний збірник наук. праць. - Київ, 1994.
3. Агаджанова С.В., Ржебаєва Н.К. Експериментальне дослідження впливу геометричних параметрів на характеристики напіввідкритих робочих колес відцентрових насосів $ns < 80$ // Тезиси доповідей наук.-техн. конф. викладачів та студентів. - Суми, 1992.
4. Ржебаєва Н.К., Агаджанова С.В. Дослідження напіввідкритих робочих колес // Науково-технічні проблеми енергомашинобудування і шляхи їх вирішення. Тезиси доповідей. Республіканська наук.-техн. конф. 26.11-27.11. 1992. - С.-Петербург, 1992.
5. Агаджанова С.В. Методика прогнозування енергетичних характеристик напіввідкритих робочих колес відцентрових насосів // Тезиси доповідей наук.-техн. конф. викладачів та студентів. - Суми, 1995.

АНОТАЦІЯ

Агаджанова С.В. Исследование и разработка методики расчета энергетических характеристик рабочих колес центробежных насосов.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.13 - гидравлические машины и гидропневмоагрегаты, Сумский государственный университет, Сумы, 1995.

Диссертационная работа содержит глубокий анализ результатов проведенных теоретических и экспериментальных исследований по изучению закономерностей течения

реальной жидкости в проточной части полуоткрытых рабочих колес центробежных насосов (ПРК); подчеркивается значительное влияние на энергетические характеристики ПРК изменения величины осевого зазора между торцовыми поверхностями лопастей и передней стенкой крышки корпуса насоса, коэффициента подачи и угла установки лопастей на выходе из рабочего колеса. Обосновывается необходимость построения методики расчета энергетических характеристик ПРК на основе имитационной математической модели. Приведены полученные обобщенные функциональные зависимости для расчета КПД и коэффициента напора. В ходе исследований уточнена физическая модель течения в проточной части ПРК, разработаны и проверены экспериментально рекомендации по повышению эффективности ПРК. Осуществлено промышленное внедрение разработанной методики расчета энергетических характеристик ПРК и усовершенствованных рабочих колес.

ANNOTATION

S. Agadzhanova. Investigation and elaboration of the Method of Calculation Energy Characteristics of Impellers with Unshrouded Configuration of Centrifugal Pumps.

Dissertation for the receipt of scientific rank by the candidate of technical sciences on the speciality 05.04.13 - hydromechines and hydropneumatic units. Sumy State University, Sumy, 1995.

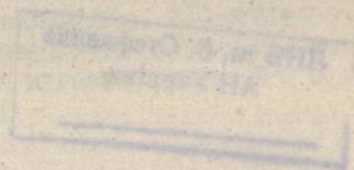
The dissertation contains a full analysis of the results of theoretic and experimental researches on the learning of regularities of real liquid in the channel of impellers with unshrouded configuration of centrifugal pumps (IUC). A great attention is paid to the learning of dependences of the energy characteristics of IUC from the changing of axial clearance greatness between covers' surfaces and the front covers' surface of the pump, coefficient of feed and angle β_2 . The necessity of the construction of the method of calculation energy characteristics of IUC is grounded on the base of the mathematic model. The are examples of functional dependences for Coefficient

Useful Action and coefficient of the hydrolic pressure head. During the reseaches the physical model of stream in the channel of IUC was made more precise, the recomendations on rising of effectivity of IUC were carried out and checked experimentally. IUC were improved.

Ключові слова: напіввідкриті робочі колеса, ефективність, методика розрахунку.



ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України



Трунопақуа? Қозо ҮБД
Зар. № 936 м. 100x16

AB 33.419