

**В. Ю. Кондусь, аспірант,
О. І. Котенко, к.т.н., доцент**

Сумський державний університет

ПРОЕКТУВАННЯ ВИСОКОНАПІРНОГО РОБОЧОГО КОЛЕСА БАГАТОСТУПІНЧАТИХ НАСОСІВ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ НАФТОВИДОБУТКУ

Споживання нафти в світі має зростаючу тенденцію. За останні 10 років воно зросло із 85 млн. барелів нафти на добу в 2006-му році до понад 95 млн. барелів нафти на добу в 2016-му році.

Великі обсяги видобутку в поєднанні з високими темпами їх зростання призводять до значного скорочення запасів нафти в розроблюваних пластах.

Окрім того, проблемним питанням з точки зору нафтовидобутку є низькі значення коефіцієнту видобутку нафти (КВН), що є показником відношення обсягу нафти, що може бути видобута із пласта до загального обсягу нафти в ньому. Недосконалість традиційних технологій нафтовидобутку призводить до того, що даний показник в більшості випадків не перевищує 35 – 40%, що є дуже низьким значенням.

Вищенаведені фактори призводять до підвищення собівартості нафти, а також до неможливості видобутку більшої її частини з пласта.

Для створення надлишкового тиску в нафтових пластах використовуються багатоступінчасті насоси секційного типу (ЦНС). Конструкція даного типу насосів дозволяє легко виконувати розборку насоса із заміною елементів проточної частини. Разом з тим особливістю перекачуваного середовища є наявність в ньому абразивних включень, що призводить до швидкого зносу елементів проточної частини насоса, зокрема його робочого колеса.

Таким чином, найбільш економічним способом підвищення тиску в нафтовому пласті є модернізація насосного обладнання з метою підвищення його напірних характеристик.

При модернізації елементів проточної частини, слід дотримуватися існуючих габаритних розмірів ступенів багатоступінчастих насосів ЦНС. Це дозволяє уникнути необхідності заміни коштовних корпусних деталей, а також елементів ротора. В цьому аспекті для модернізації насоса з метою підвищення його напірних характеристик, необхідна лише заміна елементів його проточної частини.

Проектування робочого колеса виконувалося з використанням методу чисельного дослідження потоку рідини в проточній частині ступеня насоса, що дозволило значно скоротити терміни розробки конструкції робочого колеса, а також знизити інвестиційні витрати на його виготовлення. При цьому твердотільна модель рідини в проточній частині ступеня насоса виконана за допомогою програмного забезпечення Solidworks 2013. Розрахункова сітка побудована з використанням програмного пакету Icem CFD. Чисельне дослідження потоку рідини виконувалося за допомогою програмного пакету Ansys CFX 12.

Попередні результати роботи розглянуті в роботах [1 – 2].

В результаті виконаних розрахунків запропонована конструкція робочого колеса, що дозволяє значно підвищити напір багатоступінчастого насоса. На рисунку 1 показана діюча конструкція робочого колеса насоса ЦНС (рис. 1, а), та запропонована конструкція робочого колеса (рис. 1, б).

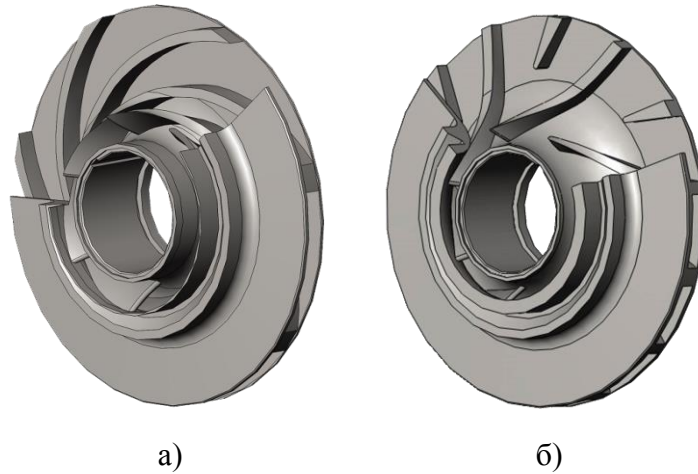


Рисунок 1 – Конструкція робочих коліс насосів ЦНС:
а – діюча; б – запропонована

Запропоноване робоче колесо відрізняється значно більшими кутами установки лопаті в плані на вході ($\beta_1 > 30^\circ$) та виході з робочого колеса ($\beta_2 > 60^\circ$), ніж вони становлять в діючому робочому колесі. Таке конструктивне рішення дозволяє суттєво підвищити напір насоса. Водночас це призводить до збільшення нерівномірності розподілу швидкості в міжлопатевих каналах робочого колеса за рахунок збільшення кута атаки потоку рідини, що натікає на лопаті робочого колеса, а також більш стрімкого зростання кута установки лопаті в плані у напрямку від входу до виходу з робочого колеса.

Окрім того збільшення кутів установки лопатей на вході та виході з робочого колеса призводить до деформації напірної характеристики ступеня насоса і утворення западаючої ділянки на режимах малих подач.

Для усунення даних негативних явищ запропоновано ввести в робоче колесо додатковий ряд клиновидних лопатей у вигляді другого ярусу, що дозволяє стабілізувати потік рідини в міжлопатевих каналах робочого колеса, а також утворити більш пологі напірну характеристику ступеня насоса.

На рисунку 2 показано розподіл швидкості в проточній частині робочого колеса запропонованої конструкції без використання додаткового ряду клиновидних лопатей (рис. 2, а), а також з його використанням (рис. 2, б).

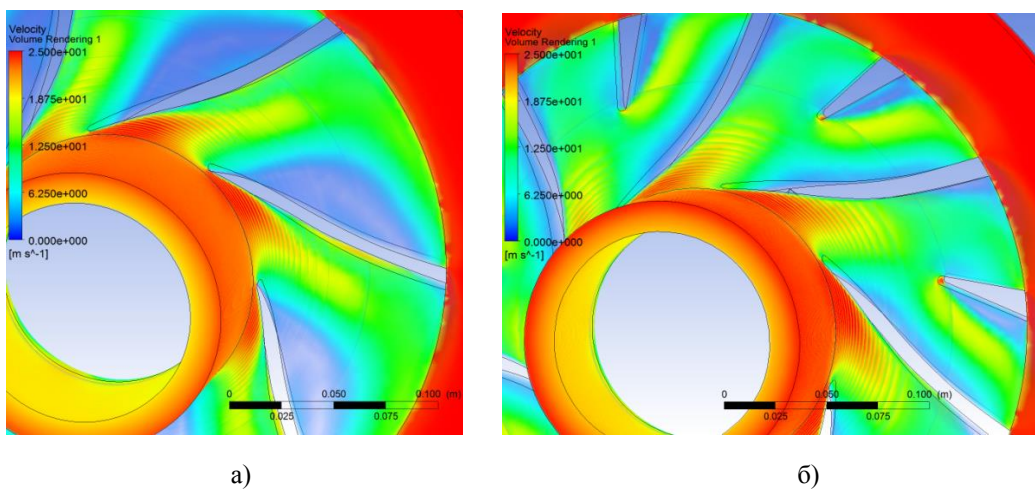


Рисунок 2 – Розподіл швидкості в проточній частині запропонованого робочого колеса:
а – без використання додаткового ряду клиновидних лопатей; б – з використанням додаткового ряду клиновидних лопатей

Як видно на рисунку 2, а, при відсутності додаткового ряду клиновидних лопатей в проточній частині робочого колеса на робочій стороні лопаті утворюється застійна зона зі значно нижчими значеннями швидкості (показана синім кольором), що викликано більш стрімким зростанням кута установки лопаті в плані у напрямку від входу до виходу з робочого колеса, а також збільшення кута атаки потоку рідини, що натікає на лопаті робочого колеса, ніж в варіанті з діючим робочим колесом. Це призводить як до зниження енергоефективності насоса (к.к.д.), так і до значного зниження напору ступеня насоса за рахунок не повного контакту рідини та робочої сторони лопаті.

Використання додаткового ряду клиновидних лопатей дозволяє усунути дану застійну зону, що дає можливість отримати безвідливний характер потоку рідини у міжлопатевих каналах робочого колеса.

На рисунку 3 показано розподіл швидкостей в проточній частині робочого колеса діючої конструкції (рис. 3, а), а також запропонованої конструкції (рис. 3, б).

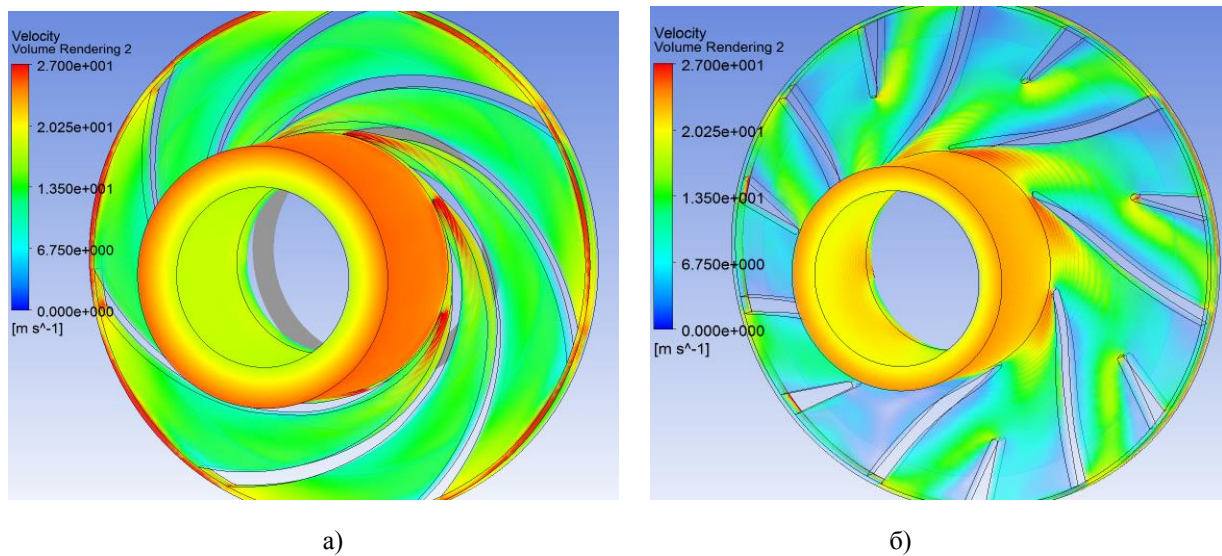


Рисунок 3 – Розподіл швидкостей в проточній частині робочого колеса:
а) для діючої конструкції робочого колеса; б) для запропонованої конструкції робочого колеса

Як видно на рисунках, розподіл швидкостей плавний в обох випадках. При цьому, абсолютна швидкість в робочому колесі запропонованої конструкції в цілому дещо менша за абсолютну швидкість в робочому колесі діючої конструкції за рахунок зниження колової складової абсолютної швидкості (V_u), що відбувається внаслідок збільшення кута установки лопаті в плані на вході (β_1) та виході з робочого колеса (β_2).

В результаті проведених досліджень побудовані характеристики ступенів насоса ЦНС 180/1900 з використанням діючого та запропонованого робочого колеса (рис. 4). Характеристики ступеня насоса з використанням діючого робочого колеса показані синім кольором, а характеристики ступеня з використанням запропонованого робочого колеса показані зеленим кольором.

Згідно до отриманих даних, в робочій точці, яка відноситься до подачі насоса $Q = 180 \text{ м}^3/\text{год}$, напір ступеня насоса з використанням запропонованого робочого колеса становить 152,1 м, тоді як напір насоса з використанням діючого робочого колеса складає 120,6 м. Таким чином в процесі дослідження досягнуто росту напору на 31,5 м, або 26%. При цьому досягнуто високий рівень енергоефективності (к.к.д.) насоса, що становить 70,5%.

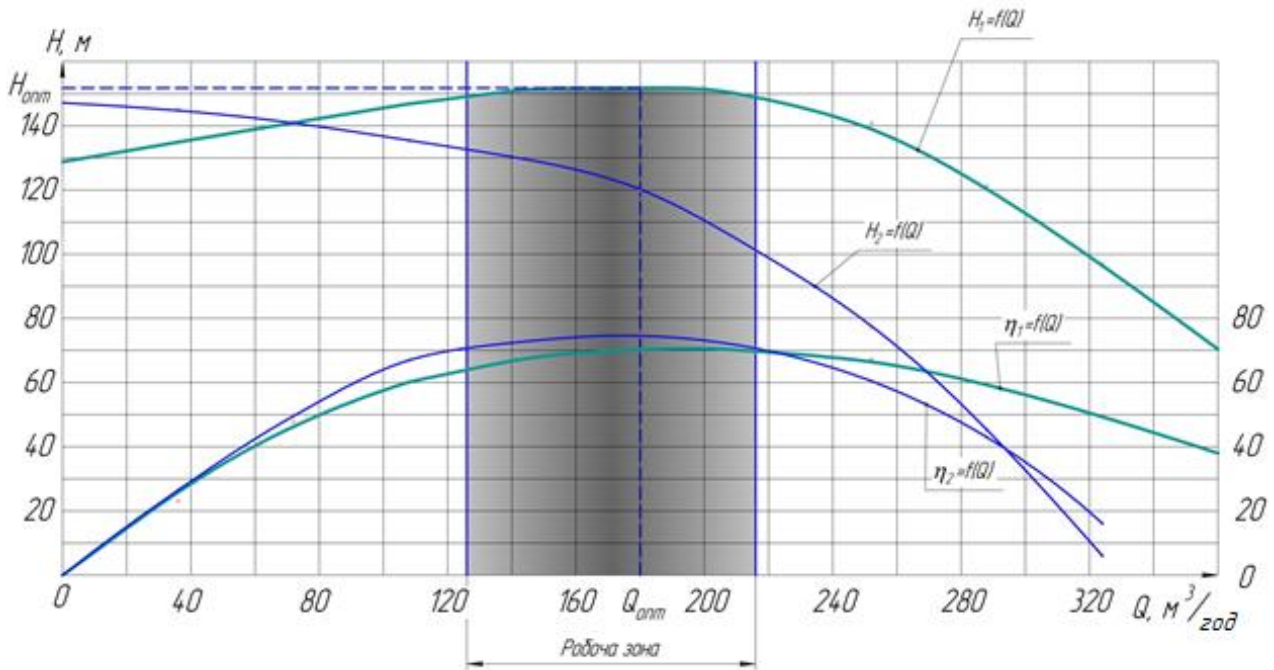


Рисунок 4 – Характеристики ступенів насоса ЦНС 180/1900:

$H_1=f(Q)$ – напірна характеристика ступеня насоса із запропонованим робочим колесом; $H_2=f(Q)$ – напірна характеристика ступеня насоса з діючим робочим колесом; $\eta_1=f(Q)$ – характеристика к.к.д. ступеня насоса із запропонованим робочим колесом; $\eta_2=f(Q)$ – характеристика к.к.д. ступеня насоса з діючим робочим колесом

Отримані результати при використанні ступенів із запропонованим робочим колесом дозволяють розраховувати на підвищення напору насоса ЦНС 180/1900 в цілому до 12 – 15%.

Для запропонованої конструкції робочого колеса отриманий патент України на корисну модель №101977 [3].

Література

1. Кондусь В. Ю., Котенко О. І. Оптимізація геометричних параметрів робочих коліс багатоступінчастих насосів для нафтової галузі // Редакційна колегія: відповідальний редактор–кандидат технічних наук, доцент О. Г. Гусак ; заступник відповідального редактора – кандидат технічних наук, доцент В. Г. Євтухов. – 2015. – С. 68.
2. Кондусь В. Ю. Проектування високонапірного ступеня відцентрового секційного насоса (ЦНС) для нафтовидобувних підприємств [Текст] / В. Ю. Кондусь, О. І. Котенко // Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали та програма ІV Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції, м. Суми, 19-22 квітня 2016р.: у 2-х ч. / Редкол.: О. Г. Гусак, В. Г. Євтухов. - Суми: СумДУ, 2016. – Ч.2. – С. 155.
3. Пат. 101977 У Україна, МПК F04D 29/34 (2006.01). Робоче колесо відцентрового насоса / В. Ю. Кондусь, О. І. Котенко, А. А. Папченко (Україна); заявник та патентовласник Сумський держ. ун-т. – № u201503447; заявл. 14.04.2015; опубл. 12.10.2015, бюл. № 19.