

ПРОЕКТУВАННЯ, ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОМБІНОВАНОЇ ВІДЦЕНТРОВО-ДОЦЕНТРОВОЇ СТУПЕНІ

І.О. Ковальов, професор;
Д.В. Казнієнко, аспірант,
Сумський державний університет, м. Суми

У роботі наведено приклад розрахунку теоретичного напору доцентрової лопатевої решітки та сформовано рекомендації щодо проектування комбінованої відцентрово-доцентрової ступені. Згідно з цими рекомендаціями спроектовано та виготовлено дослідний зразок такої ступені. Описано проектування та виготовлення експериментального стенда, а також методику проведення досліджень комбінованої ступені. Наведено результати випробувань дослідного зразка відцентрово-доцентрової ступені та їх аналіз.

Ключові слова: проточна частина, робоче колесо, доцентрова решітка, комбінований робочий процес.

В работе приведен пример расчета теоретического напора центробежной лопастной решетки и сформированы рекомендации по проектированию комбинированной центробежно-центробежной ступени. Согласно этим рекомендациям спроектировано и изготовлено опытный образец такой ступени. Описано проектирование и изготовление экспериментального стенда, а также методику проведения исследования комбинированной ступени. Приведены результаты испытаний опытного образца центробежно-центробежной ступени и их анализ.

Ключевые слова: проточная часть, рабочее колесо, центробежная решетка, комбинированный рабочий процесс.

ВСТУП

У даній науковій статті наведені загальні принципи і методи проектування та виготовлення комбінованої відцентрово-доцентрової ступені, а також подано методику та результати експериментальних досліджень дослідного зразка цієї ступені.

Метою роботи є визначення залежності повного теоретичного напору доцентрової решітки від її геометричних параметрів, формування рекомендацій щодо проектування та виготовлення дослідного зразка комбінованої відцентрово-доцентрової ступені, проведення дослідних випробувань цієї ступені, отримання результатів та їх аналіз.

ПРОЕКТУВАННЯ, ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОМБІНОВАНОЇ ВІДЦЕНТРОВО-ДОЦЕНТРОВОЇ СТУПЕНІ. ДОВЕДЕННЯ. ІЛЮСТРАЦІЇ

У попередній роботі питання забезпечення максимального напору доцентрової решітки було запропоновано вирішувати шляхом мінімізації від'ємного члена основного рівняння гідромашин, яке для доцентрової решітки має такий вигляд:

$$H_T = \frac{v_{12}^2 - v_{11}^2}{2g} + \frac{W_{11}^2 - W_{12}^2}{2g} + \frac{U_{12}^2 - U_{11}^2}{2g}. \quad (1)$$

У свою чергу, максимального напору, створюваного доцентровою решіткою, можна досягти при певній конфігурації трикутників швидкостей на вході та виході з неї.

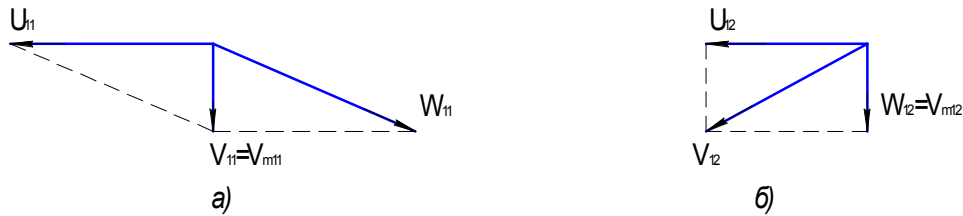


Рисунок 1 – Схема трикутників швидкостей доцентрової решітки:
а) вхід у решітку; б) вихід з решітки

При такому положенні векторів швидкостей рівняння (1) можна записати у такому вигляді:

$$H_T = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q^2}{4\pi^2 r_{12}^2 b_{12}^2} + \omega^2 r_{12}^2 - \frac{Q^2}{4\pi^2 r_{11}^2 b_{11}^2} \right) + \frac{1}{2g} \left(\frac{Q^2}{4\pi^2 r_{11}^2 b_{11}^2} + \omega^2 r_{11}^2 - \frac{Q^2}{4\pi^2 r_{12}^2 b_{12}^2} \right) + \frac{1}{2g} (\omega^2 r_{12}^2 - \omega^2 r_{11}^2) = \frac{\omega^2 r_{12}^2}{g}. \quad (2)$$

Виходячи з теоретичного виразу, отриманого у рівнянні (2), можна стверджувати, що при даній конфігурації трикутників швидкостей на вході та виході з доцентрової решітки, на її напір не впливають такі параметри, як:

- зміна ширини решітки як b_{11} , так і b_{12} ;
- збільшення чи зменшення зовнішнього радіуса r_{11} при сталому значенні внутрішнього радіуса r_{12} .

Зміна величини напору доцентрової решітки досягається зміною параметра r_{12} , при цьому чим більший внутрішній діаметр решітки, тим вищий теоретичний напір, який вона створює.

Зменшення величини від'ємного члена у рівнянні (1) слід досягати шляхом зменшення зовнішнього радіуса доцентрової решітки.

Так, керуючись вищенаведеними теоретичними рекомендаціями, а також з урахуванням технологічної можливості виготовлення та взаємозамінності серійної протічної частини насоса ЦНС 180 комбінованою відцентрово-доцентровою, було спроектовано дослідний зразок комбінованої відцентрово-доцентрової ступені динамічного насоса.

За розробленими кресленнями на кафедрі прикладної гідроаеромеханіки Сумського державного університету було виготовлено дослідний зразок комбінованої відцентрово-доцентрової ступені, який складається з комбінованого робочого колеса, напрямного та відвідного апаратів. Усі монтажні та габаритні розміри цієї ступені задовольняють умову взаємозамінності із серійною ступінню насоса ЦНС 180 – 1900. Кількість лопатей доцентрової решітки робочого колеса, а також напрямного та відвідного апаратів обрано з умови створення необхідної конфігурації потоку у проточній частині ступені.

Нижче зображено принциповий вигляд проточної частини комбінованої відцентрово-доцентрової ступені (рис.2).

На кафедрі прикладної гідроаеромеханіки Сумського державного університету створено експериментальний стенд для визначення напірних та енергетичних характеристик різних модифікацій робочих органів динамічного насоса типу ЦНС. Його було розроблено на базі існуючого на кафедрі стенда для випробування вільновихорових насосів в умовах перекачування двофазних середовищ із різним повітрям, твердих домішок і т. ін.

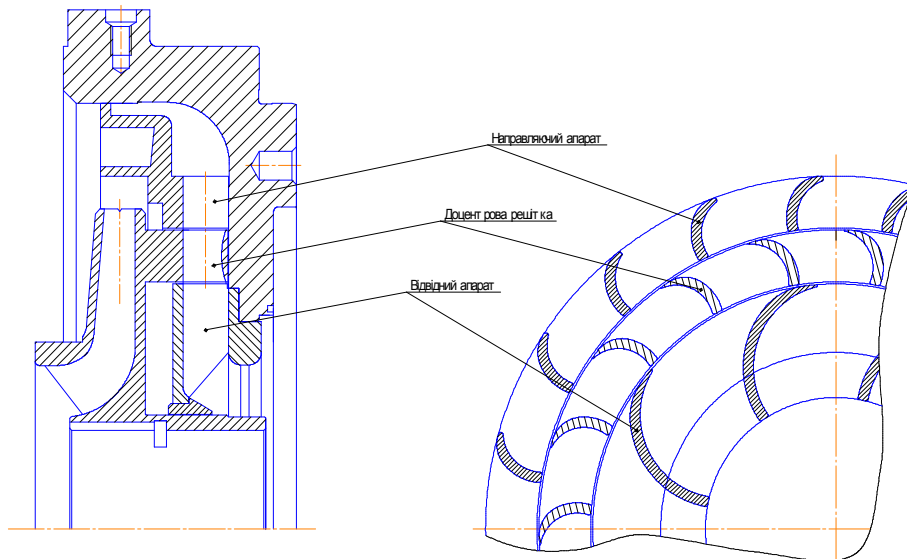


Рисунок 2 – Проточна частина відцентрово-доцентрової ступені

Основною та принциповою відмінністю, у порівнянні з попередньою комплектацією стенда, є конструкція та призначення робочого модуля. Його було розроблено у ході дослідження можливості організації комбінованого процесу енергопередачі у насосах типу ЦНС.

Маючи стандартні монтажні та габаритні розміри проточної частини, конструкція робочого модуля забезпечує можливість проведення випробувань певного типорозмірного ряду робочих органів насоса типу ЦНС. Також під час розроблення стенда враховано необхідність проведення напірних та енергетичних випробувань комбінованого відцентрово-доцентрового робочого колеса, спроектованого на базі стандартної проміжної ступені насоса ЦНС 180 – 1900. Переріз робочої частини стенда у виконанні II, для випробувань такої ступені, зображено на (рис.3).

До його складу входять монтажний ліхтар 1, корпус 2 з напірним патрубком, проставок 3 та кришка 4 зі всмоктувальним патрубком, які утворюють статорну частину робочого модуля. Елементи корпусу та проставок мають конструкцію, ідентичну корпусним елементам насоса ЦНС 180, та забезпечують такі самі умови роботи виконавчих органів, як і в реальному насосі.

Роторна частина робочого модуля складається з валу-втулки 5, на якій закріплено комбінована відцентрово-доцентрова ступінь 6, а також стопорної гайки 7 з кріпильним гвинтом. Проточну частину робочого модуля також укомплектовано серійним 8 та спеціально спроектованим 9 напрямними апаратами, а також відвідним апаратом 11, за допомогою чого досягається повна імітація умов роботи проміжної ступені у складі багатоступеневого відцентрового насоса.

Завдяки трубкам 12 під час роботи стенда, виконується відбір тиску для подальшого визначення напору досліджуваної ступені. Ущільнення привідного валу робочого модуля забезпечується за допомогою сальникового вузла 10.

Експериментальні дослідження проводяться таким чином: поступово відкривається напірна засувка, від повного закриття до повного відкриття якої фіксується 12 – 15 положень. При кожному положенні виконується зрівноважування балансувальної машини із зазначенням

сумарної маси задіяних при цьому вантажів та записуються покази усіх вимірювальних приладів.

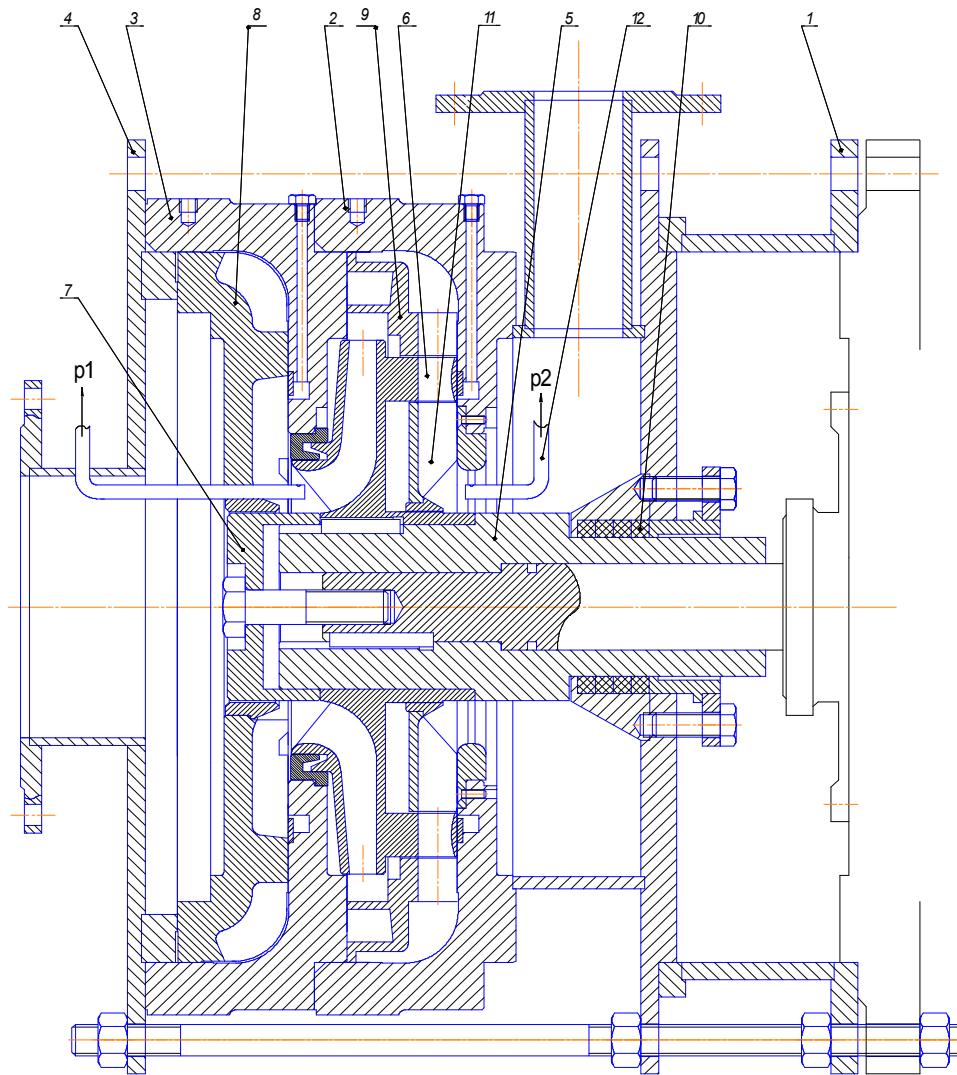


Рисунок 3 – Переріз робочої частини стенда. Виконання II

Після повного відкриття засувки проводиться її поступове закриття згідно з попередньою схемою фіксації експериментальних даних.

Таким чином, унаслідок проведення випробувань отримується близько 30 різних точок, що при подальшій обробці результатів дослідження дозволяє досить точно визначити параметри досліджуваного ступені та побудувати її напірну та енергетичну характеристики.

Отримані експериментальні дані обчислюються на ЕОМ за допомогою відповідної програми, розробленої на кафедрі прикладної гідроаеромеханіки Сумського державного університету.

Використовуючи описане вище обладнання, за допомогою наведеної методики було проведено експериментальне дослідження напірних та енергетичних характеристик дослідного зразка комбінованої відцентрово-доцентрової ступені.

При подальшій обробці результатів виявилось, що у ході дослідження при даній конструкції проточної частини комбінованої відцентрово-доцентрової ступені, не вдалося отримати очікуваних результатів, а саме: підвищення напірності ступені на 20 – 30%.

Можливими причинами, що призвели до таких результатів, перш за все, є конструктивні особливості проточної частини ступені, зокрема величина осьового зазору між покриваючим диском доцентрової ґратки та стінкою секції, а також кількість лопатей доцентрової ґратки.

Також причиною незбігання математичних розрахунків та результатів фізичного експерименту є певна неточність виготовлення робочих органів ступені, що, в свою чергу, призводить до зміни конфігурації трикутників швидкостей на лопатях реального робочого колеса.

Поглиблене вивчення отриманих результатів, а також причин, що до них призвели, та шляхів їх усунення заплановано програмою подальших досліджень робочого процесу комбінованої відцентрово-доцентрової ступені.

ВИСНОВКИ

1. Отримана залежність повного теоретичного напору доцентрової ґратки від її основних геометричних параметрів.

2. На базі теоретичних рекомендацій спроектовано та виготовлено дослідний зразок комбінованої відцентрово-доцентрової ступені.

3. Проведено модернізацію експериментального стенда з виготовленням нового робочого модуля для проведення енергетичних досліджень комбінованої відцентрово-доцентрової ступені.

4. Проведено експериментальні дослідження комбінованої відцентрово-доцентрової ступені, у ході яких не вдалося отримати очікуваних результатів. Можливі причини досліджуються.

SUMMARY

DESIGNING, MANUFACTURING AND EXPERIMENTAL RESEARCHES OF THE COMBINED CENTRIFUGAL-CENTRIPETAL STEP

I. O.Kovalev, D. V.Kaznienko
Sumy State University, Sumy

In work the example of calculation of a theoretical pressure centripetal blade lattices is resulted and recommendations about designing of the combined centrifugal-centripetal step are generated. According to these recommendations it is designed and made a pre-production model of such step. It is described designing and manufacturing of the experimental stand, and also a technique of carrying out of research of the combined step. Results of tests of a pre-production model of a centrifugal -centripetal step and their analysis are resulted.

Key words: *Flowing part, the driving wheel, the centripetal lattice, the combined working process.*

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ильясов А.Е. Аэродинамические характеристики центростремительного вентилятора с быстроходностью $n_s=130$ / А.Е. Ильясов, Б.К. Муслин, В.Т. Сулича // Гидравлические машины. - Харьков: Вища школа, 1978. - Вып. 12. - С.89-92.
2. Ильясов А.Е. Влияние геометрии входных элементов на характеристики центростремительного вентилятора / А.Е. Ильясов, Н.П. Никитина // Моделирование гидроаэродинамических процессов в транспортных машинах и технологическом оборудовании. - Ворошиловград, 1984. - С.47-61.
3. Овсянников Б.В. Теория и расчет насосов жидкостных ракетных двигателей. - Москва: Оборонгиз, 1960. - С.47.

Надійшла до редакції 25 листопада 2009 р.