

Изследване работата на центробежна помпа с предвключено осово колело при транспорт на двуфазна водо-въздушна смес

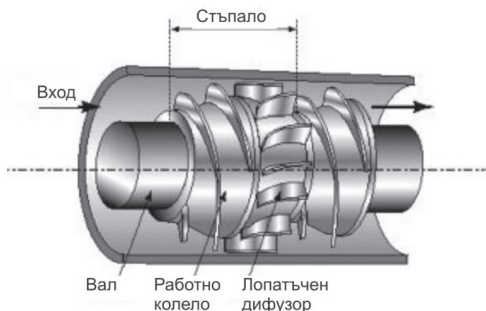
Климент Климентов

Research for the work performance of a centrifugal pump consisting of an axial inducer when air-water two-phase flow has been transported: This paper presents an analysis of the influence of an axial inducer on the work performance of a centrifugal pump working with air-water two-phase flow. A comparative analysis of the pump's characteristics when it works with or without an axial inducer, installed in front of the main pump's impeller has also been done.

Key words: Centrifugal pump, air-water two-phase flow, void fraction, axial inducer.

ВЪВЕДЕНИЕ

За транспорт на многофазни смеси от течност, газ и твърди частици се използват специално разработени за целта турбопомпи. В [2] е представена специална хелико-аксиална помпа за транспорт на смес от петрол, природен газ, вода и пясък с обемна концентрация на газовата фаза до 97% и повече. Тези помпи обикновено са многостъпални (над 10 стъпала) и работят с високи честоти на въртене – от порядъка на 6000 min^{-1} . На фигура 1 е показано едно стъпало от такъв вид помпа [2].



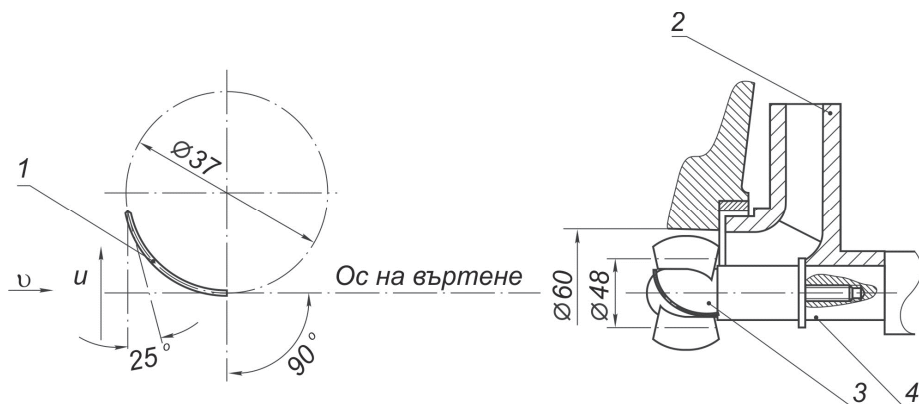
Фиг. 1. Общ вид на стъпало от хелико-аксиална помпа, производство на фирма Sulzer.

В настоящата работа е потърсен начин за подобряване показателите на центробежни помпи с общо предназначение, произведени във „Випом“ АД – град Видин, при работа с двуфазни водо-въздушни смеси с помощта на осово работно колело, монтирано пред основното.

ГЕОМЕТРИЯ НА ПРЕДВКЛЮЧЕНОТО ОСОВО КОЛЕЛО

Известно е, че осовите помпи работят с по-високи стойности на обемната концентрация на газовата фаза α при транспорт на двуфазни смеси от течност и газ в сравнение с центробежните. Това се дължи на факта, че при тях центробежната и кориолисовата сила са с противоположни посоки, което възпрепятства до известна степен разделянето на фазите и спомага за запазване хомогенността на двуфазното течение. Освен това, появата на вторични течения в междуплопътния канал на този вид машини допринася за по-доброто смесване на двете фази [2].

При центробежните помпи разделянето на фазите води до натрупване на газ в близост до гърба на лопатките. Това от своя страна довежда до ограничаване на повишаване на налягането на газовата фаза, поради относително малката ѝ плътност. Освен това се намалява работната дължина на лопатките, както и живото сечение на междуплопътните канали. Ускорението на течната фаза в следствие на намаленото сечение възпрепятства повишаването на потенциалната енергия на двуфазната смес [2].



Фиг. 2. Основни размери и монтажна схема на осовото работно колело.

1 – лопатка; 2 – радиално работно колело; 3 – осово работно колело; 4 – вал.

Включването на осово колело пред основното работно колело на помпата би спомогнало за по-доброто размесване на двете фази (хомогенизиране на сместа), както и за поддържане на висока стойност на напора, когато в междуплопатъчните канали на радиалното работно колело започне натрупването на въздух.

На фигура 2 са показани основните размери и начинът на монтаж на осовото работно колело. То е изработено с изцяло цилиндрични лопатки (позиция 1). Те са оформени по дъга от окръжност с диаметър 37 mm. Монтирани са така, че ъгълът при входа $\beta_{1л} = 25^\circ$, а при изхода $\beta_{2л} = 90^\circ$. Осовото работното колело 3 е присъединено към вала на помпата 4 с помощта на резбово съединение по начина, показан на фигурата.

ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ПОМПАТА ПРИ РАБОТА С ДВУФАЗНА СМЕС ОТ ВОДА И ВЪЗДУХ БЕЗ И С ПРЕДВКЛЮЧЕНО ОСОВО КОЛЕЛО

Обект на изследване е центробежна помпа с общо предназначение 6Е20, произведена във „Випом“ АД град Видин. При номинален режим и честота на въртене $n_H = 2900 \text{ min}^{-1}$ помпата създава напор $H_H = 20 \text{ mH}_2\text{O}$, дебит $Q_H = 0,006 \text{ m}^3/\text{s}$ и работи с пълен коефициент на полезно действие (к.п.д.) $\eta_{\text{max}} = 0,70$.

Характеристиките на помпата при работа с двуфазна смес от вода и неразтворен въздух са получени в една от лабораториите на катедра „Топлотехника, хидравлика и екология“ на Русенския университет. Опитната уредба и методиката за провеждане на изпитванията са публикувани в [1].

Обемната концентрация на неразтворения въздух в двуфазната смес α , изчислена за условията на входа на помпата, се определя по зависимостта:

$$\alpha = \frac{Q_G}{Q + Q_G} \quad (1)$$

където: Q е дебитът на водата; Q_G - обемният дебит на газовата фаза, преизчислен за условията на входа на помпата.

На фигура 3 – а) са показани зависимостите $H_{\text{отн}} = f(Q_{\text{отн}})$, получени опитно при работа на изследваната помпа с двуфазна водо-въздушна смес, без предвключено осово колело, а на фигура 3 – б) - зависимостите $\eta_{\text{отн}} = f(Q_{\text{отн}})$, получени опитно при същите условия.

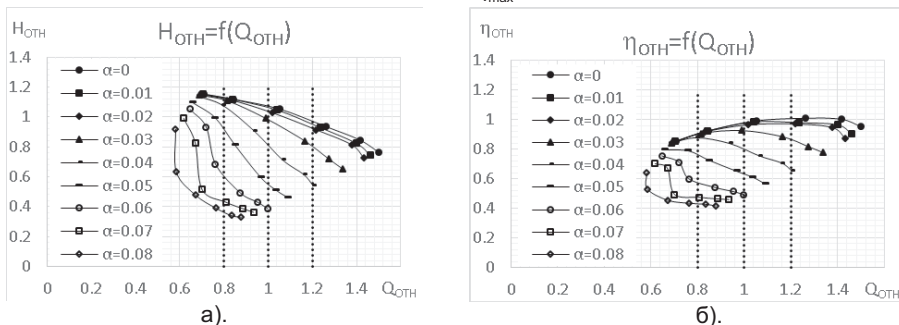
Относителните показатели са получени по зависимостите:

$$H_{\text{отн}} = \frac{H}{H_H}, \quad (2)$$

$$Q_{\text{отн}} = \frac{Q}{Q_H} \quad (3)$$

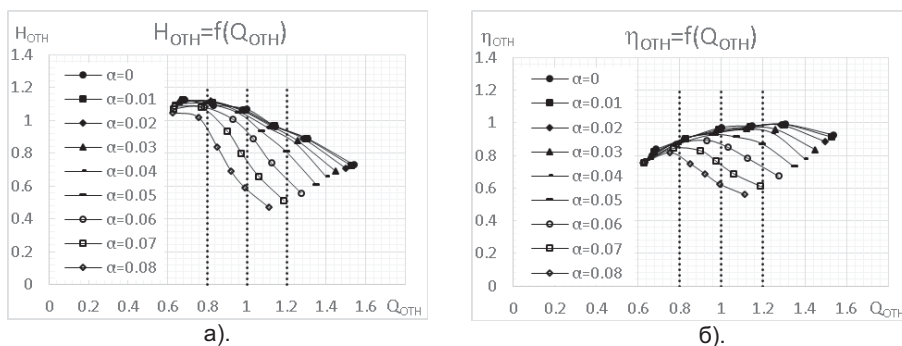
и

$$\eta_{\text{отн}} = \frac{\eta}{\eta_{\text{max}}}. \quad (4)$$



Фиг. 3. Относителни характеристики на помпа 6E20

при работа с двуфазна водо-въздушна смес без предвключено осово колело



Фиг. 4. Относителни характеристики на помпа 6E20

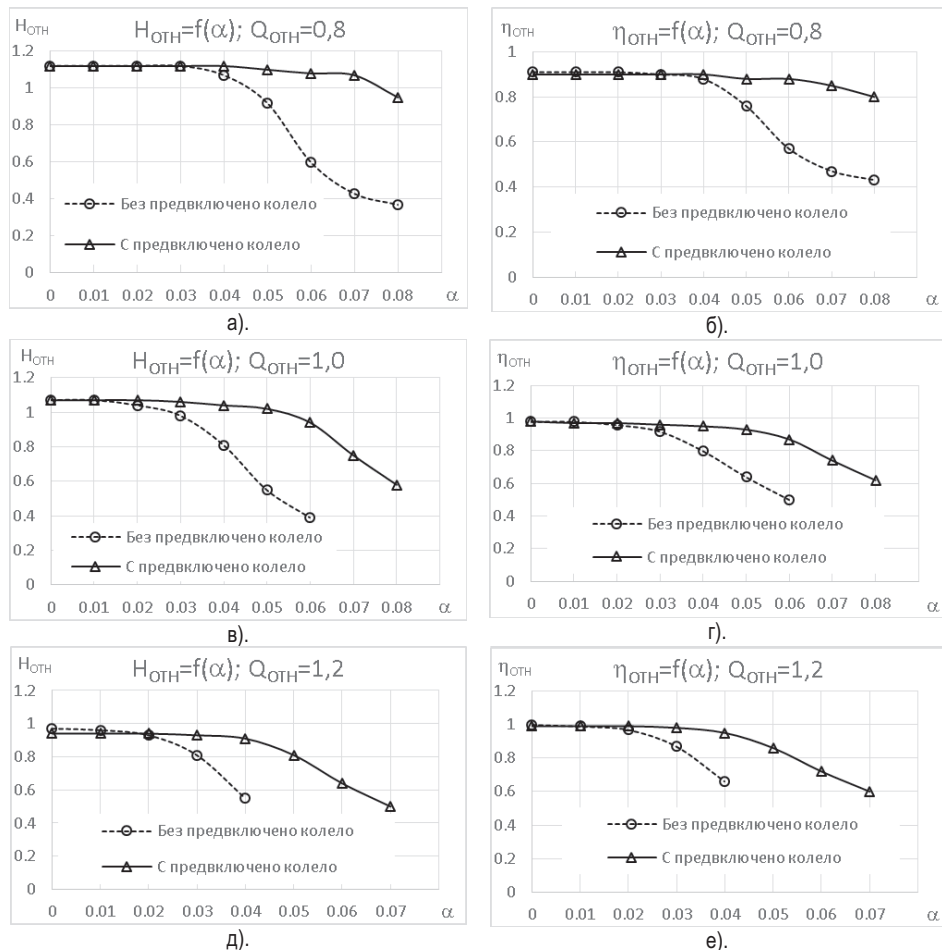
при работа с двуфазна водо-въздушна смес и предвключено осово колело

На фигура 4 – а) са показани зависимостите $H_{\text{отн}} = f(Q_{\text{отн}})$, получени опитно при работа на изследваната помпа с двуфазна водо-въздушна смес, с предвключено осово колело, а на фигура 4 – б) - зависимостите $\eta_{\text{отн}} = f(Q_{\text{отн}})$, получени опитно при същите условия.

За по-добра оценка на влиянието на предвключеното осово колело върху показателите на помпата, са построени зависимости от вида $H_{\text{отн}} = f(\alpha)$ и $\eta_{\text{отн}} = f(\alpha)$. Тези зависимости са построени при различни постоянни стойности на дебита $Q_{\text{отн}} = 0,8; 1,0; 1,2$. Точките, необходими за построяване на въпросните зависимости, се получават при пресичане на кривите $H_{\text{отн}} = f(Q_{\text{отн}})$ и $\eta_{\text{отн}} = f(Q_{\text{отн}})$ с правите, показани на фигури 3 и 4 с прекъснати линии.

На фигури 5 – а), в) и д) са показани зависимостите $H_{\text{отн}} = f(\alpha)$, а на фигури 5 – б), г) и е) – зависимостите $\eta_{\text{отн}} = f(\alpha)$ при работа на помпата без и с предвключено осово колело.

От всички фигури ясно личи влиянието на допълнителното колело върху характеристиките на помпата при работа с двуфазна смес от вода и въздух.



Фиг. 5. Зависимости $H_{OTN} = f(\alpha)$ и $\eta_{OTN} = f(\alpha)$, получени при работа на помпа 6E20 с двуфазна водо-въздушна смес без и с предвключено осово колело

При дебит $Q_{OTN} = 0,8$ (фиг 5 – а) напорът на помпата H_{OTN} при работа без предвключено колело започва да намалява значително при $\alpha = 0,04$. При $\alpha = 0,08$ напорът на помпата е намален с около 63% от първоначалния. Същата тенденция се наблюдава при зависимостта $\eta_{OTN} = f(\alpha)$ (фиг 5 – б), като при $\alpha = 0,08$, к.п.д. е намален с около 56% от първоначалния.

При работа на помпата с предвключено осово колело напорът и к.п.д. запазват първоначалната си стойност до $\alpha = 0,07$, като при $\alpha = 0,08$ напорът е намален с около 14% от първоначалния, а к.п.д. – с около 11%.

При номинален дебит $Q_{OTN} = 1,0$ стойността, при която започва видимо намаляване на напора и к.п.д. на помпата е: $\alpha = 0,02$ - при работа без предвключено колело

и $\alpha = 0,055$ при работа с предвключено колело. При $\alpha = 0,06$ помпата с предвключено колело създава с близо 60% по-голям напор и работи с около 40% по-висок к.п.д. от помпата без предвключено колело.

При дебит $Q_{отн} = 1,2$ напорът и к.п.д. започват да намалят видимо при $\alpha > 0,04$, когато помпата работи с предвключено работно колело. Това показва, че влиянието на осовото колело върху показателите на помпата намалява с увеличаване на дебита $Q_{отн}$.

При всички случаи, при работа с предвключено осово колело и двуфазна водо-въздушна смес с $\alpha > 0,02$, изследваната помпа работи с по-високи напор и к.п.д. при дадена обемна концентрация на газовата фаза α .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На базата на проведено опитно изследване могат да се направят следните изводи:

1. Включването на осово работно колело пред основното, води до увеличаване на критичната стойност на обемната концентрация на газовата фаза $\alpha_{кр}$, при която започва видимо намаляване на напора и к.п.д. на помпата при работа с двуфазна водо-въздушна смес.

2. При стойности $\alpha > 0,02$, помпата с предвключено осово колело работи с по-високи напор и к.п.д. от помпата без предвключено колело.

3. Влиянието на предвключеното осово колело върху показателите на помпата намалява с увеличаване на дебита $Q_{отн}$.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Климентов, К. Изследване на центробежни помпи при работа с водо-въздушна смес. Дисертация за присъждане на ОНС „Доктор“. Русе. 2010.

[2] Gulich, J.F. Centrifugal Pumps. Second Edition. Springer. 2010.

За контакти:

Гл.ас. д-р Климент Климентов, кат. “Топлотехника, хидравлика и екология”, Русенски университет “А. Кънчев”, тел.: 082-888 581, e-mail: kklimentov@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.