

Експериментално изследване на влиянието на местата на измерване на налягане при определяне напора на осова помпа с хоризонтален вал

Огнян Бекриев, Константин Константинов, Александър Станилов

Резюме

В работата са дадени резултати от проведени три експеримента за определяне напора на осова помпа с хоризонтален вал. Направена е оценка за влиянието на местата на измерване на налягане.

Ключови думи: осова помпа, напор

Experimental study of the influence of the points of measurement of pressure in determining the head of the axial pump with horizontal shaft

Ognyan Bekriev, Konstantin Konstantinov, Aleksandar Stanilov

Summary

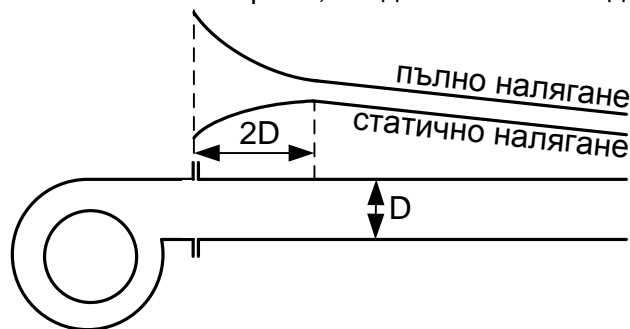
The paper presents results from three experiments to determine the pressure of the axial pump with horizontal shaft. An assessment of the impact of the locations of the points of measurement of pressure

Keyword: axial pump, head

Увод

Определянето на параметрите на ротодинамични помпи е регламентирано спрямо мястото на извършване. При лабораторни изпитания се използва БДС EN ISO 5198:2000, а при въвеждане в експлоатация и приемателни изпитания се прилагат изискванията на БДС EN ISO 9906:2012.

И в двата стандарта за центробежни помпи ясно са регламентираны местата за измерване на наляганята на входа и изхода. Изискванията са да има прави участъци тръба на входа и изхода, като наляганята се измерват на разстояние от два диаметъра преди и след помпата. Причините за необходимостта от такъв начин на измерване са разгледани в БДС EN ISO 5198:2000. На фиг.1 е показано как се изменя налягането на водата след изхода на помпа. Вижда се, че статичното налягане продължава да нараства до разстояние от два диаметъра на нагнетателната тръба, след което започва да намалява.



Фиг.1 Изменение на налягането на водата след изхода на помпа

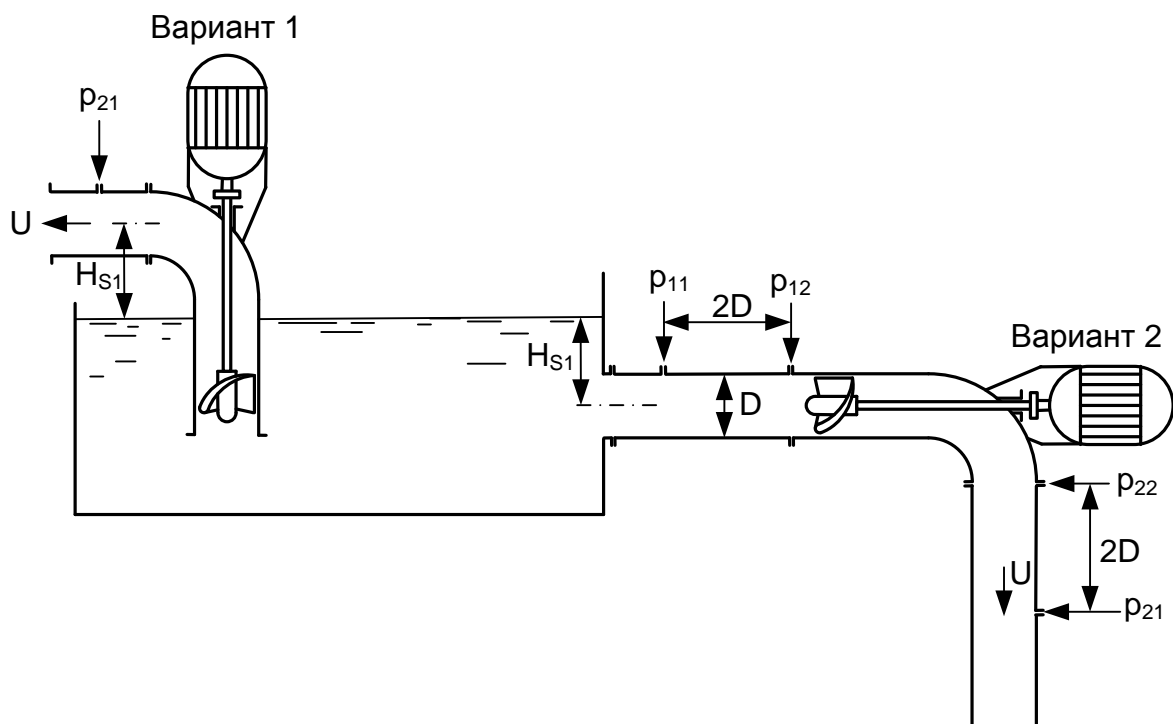
Поради тази причина при измерване на налягане на изхода на помпа, което се използва при определяне на напора, има регламентирано изискване мястото да бъде отдалечено на

два диаметра от нагнетателния фланец на помпата. За измерване на налягането на входа на центробежна помпа в стандартите също се регламентира отдалечаване от смукателния фланец на два диаметра на смукателната тръба.

Докато за центробежна помпа в стандартите е точно разписано мястото за измерване на налягане при определяне на напора, за осовите помпи не е така. Това отчасти се дължи на това, че техните конструкции зависят от вида на вала, вертикален или хоризонтален. При вертикален вал осовата помпа, обикновено се потапя в резервоара от който засмуква. Тогава помпата на практика няма смукателен фланец. При хоризонтален вал осовата помпа има смукателен фланец, и се присъединява към резервоара чрез смукателна тръба.

Варианти на изпълнение на осови помпи

На фиг.2 са показани двата варианта на осови помпи.



Фиг.2 Варианти на осови помпи

Като вариант 1 е показана осова помпа с вертикален вал. За този вид помпи е характерно, че обикновено част от конструкцията се потапя в резервоара от който засмуква помпата. Работното колело е потопено, като нивото в резервоара осигурява необходимия подпор за безкавитационно работа. Нагнетателният фланец се разполага над нивото на водата. По този начин се осигурява лесно техническо обслужване на помпата. Срещат се също и конструкции на вертикални осови помпи при които засмукването от резервоара се извършва чрез смукателен дифузор. В този случай се усложнява техническото обслужване на помпата, тъй като трябва да има допълнително затвор за дифузора.

Определянето на напора H за помпи от вариант 1 е дадено в БДС EN ISO 5198:2000. Това се извършва от зависимостта:

$$H = \frac{p_{21} \cdot 10^5}{\rho g} + \frac{U^2}{2g} + H_{S1}, \text{ m (1)}$$

където: p_{21} – относително статично налягане, измерено на изхода на помпата в оста на нагнетателния фланец, Pa;

U – средната скорост на водата в сечението на измерване на налягането p_{21} , m/s;

H_{S1} – вертикалното разстояние между остта на нагнетателния фланец и нивото на водата в резервоара, m;

ρ - плътност на водата, kg;
 g - земно ускорение, m/s^2 .

Като вариант 2 на фиг.2 е показана осова помпа с хоризонтален вал. За този тип конструкции в БДС EN ISO 5198:2000 и БДС EN ISO 9906:2012 няма точно описано предписание за начина на измерване на наляганята на входа и изхода на помпата за определяне на напора. Тъй като помпата има смукателен фланец, за нея могат да бъдат приложени изискванията за измерване на налягане при центробежни помпи. В този случай напора H на помпата ще се определя по зависимостта:

$$H = \frac{(p_{21} - p_{11}) 10^5}{\rho g}, \text{ m (2)},$$

където: p_{21} – относително статично налягане, измерено на изхода на помпата на разстояние два диаметъра от нагнетателния фланец, Pa;

p_{11} – относително статично налягане, измерено на входа на помпата на разстояние два диаметъра от смукателния фланец, Pa.

При този тип помпи диаметрите на смукателния и нагнетателния фланци са еднакви, поради което те не създават динамичен напор.

При монтиране на този тип помпи в система не винаги се спазва условието да може да бъде измерен напора на помпата съгласно изискванията на стандартите. Обикновено липсват необходимите прави участъци тръби на входа и изхода. Поради това за определяне на напора H на помпата ще може се да се използва зависимостта:

$$H = \frac{(p_{22} - p_{12}) 10^5}{\rho g}, \text{ m (3)},$$

където: p_{22} – относително статично налягане, измерено на нагнетателния фланец, Pa;

p_{12} – относително статично налягане, измерено на смукателния фланец, Pa.

Ако помпата засмуква от открит резервоар и смукателния фланец е директно присъединен към него, то тогава за определяне на напора H може се да се използва зависимост аналогична на (1), като:

$$H = \frac{p_{21} 10^5}{\rho g} + \frac{U^2}{2g} - H_{S1}, \text{ m (4)},$$

Целта на настоящата работа е да бъде проведен експеримент при който да бъде определен напора H на осова помпа по зависимости (2), (3) и (4).

Експериментални резултати

Проведен бе експеримент с осова помпа с хоризонтален вал с размер DN100. Работното колело е с три лопатки. Експеримента е проведен при честота на въртене 2950 min^{-1} . За измерване на разхода на вода бе използван електромагнитен расходомер тип MAG-XM, ABB, а всички наляганя са измерени с трансмитер за диференциално налягане тип Deltabar, Endress&Hauser.

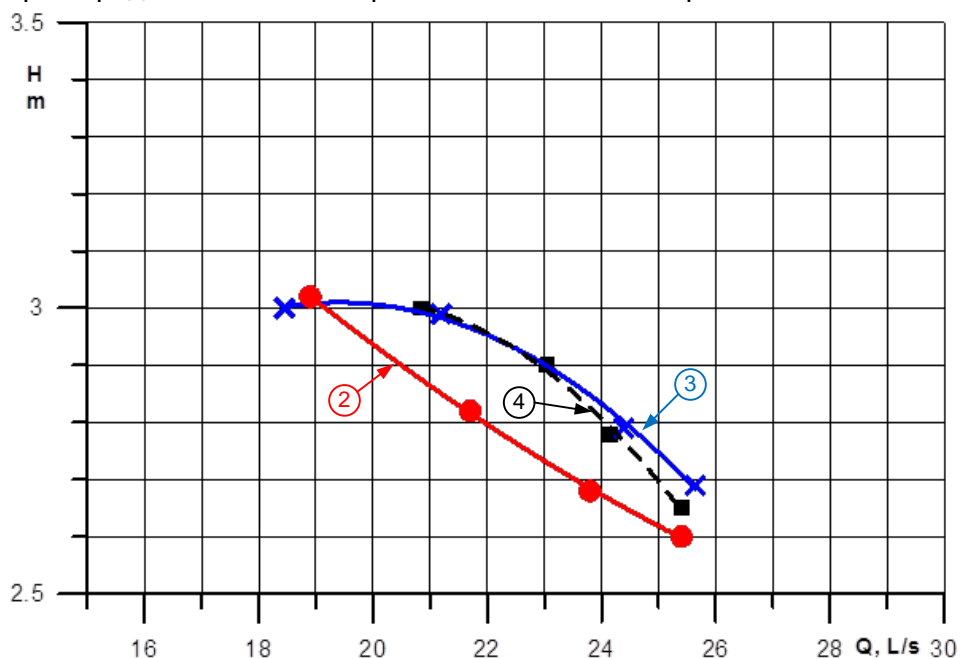
На фиг.3 са показани характеристики на изпитваната осова помпа, като напорите са определени съответно по зависимости (2), (3) и (4). Оптималният режим на работа на помпата е при 25 L/s.

От фиг.3 се вижда, че при използването на зависимост (2) помпата има по-нисък напор. Това е нормално понеже при този метод не се отчитат хидравличните загуби до местата на измерване на налягане.

Прави впечатление, че има съвпадение в характеристиките при определянето на напора по (3) и (4). При зависимост (3) е нормално да се получи помпата да има най-висок напор. При използването на зависимост (4) се получават същите напори за помпата, въпреки че при това измерване не се отчитат хидравличните загуби в смукателната част на помпата и от нагнетателния фланец до точката на измерване.

Регламентираното от БДС EN ISO 9906:2012 отклонение на напора на изпитваната помпа е $\pm 5\%$ при клас 2. От получените резултати се вижда, че и трите характеристики

попадат в допуску $\pm 5\%$. Това означава, че може да бъдат използвани и трите зависимости (2), (3) и (4) при определянето на напора на осова помпа с хоризонтален вал.



Фиг.3 Характеристика на изпитваната осова помпа

Заклучение

Проведеният експеримент показва, че и трите зависимости (2), (3) и (4) за определяне на напора на осова помпа с хоризонтален вал дават резултати в рамките на допустимото отклонение. При планиране на експлоатационно изпитание е необходимо да се знае по каква зависимост е определен дадения напор на помпата, за да бъде оценено дали системата в която работи помпата отговаря на условията при които е изпитана.

Научните изследвания, резултатите от които са предоставени в настоящата публикация са финансирани от Вътрешния конкурс на ТУ-София-2016 г. с договор № 162ПД0019-02.

Литература

1. БДС EN ISO 5198:2000 Центробежни, диагонални и осови помпи. Правила за хидравлични функционални изпитвания. Клас на точност (ISO 5198:1987)
2. БДС EN ISO 9906:2012 Ротодинамични помпи. Хидравлични функционални изпитвания за приемане. Нива 1, 2 и 3 (ISO 9906:2012)

Автори: Огнян Никифоров Бекриев, доцент, д-р, инж., ТУ-София,
02 965 2567, e-mail: bekriev@tu-sofia.bg
Константин Марков Константинов, инж., докторант, ТУ-София,
02 965 2038, e-mail: k.k_nov@abv.bg
Александър Стоилов Станилов, гл. ас., д-р, инж., ТУ-София
02 965 2038, e-mail: astanilov@tu-sofia.bg