

СЪВМЕСТНА РАБОТА НА ДИНАМИЧНИ ПОМПИ И ПОМПЕНА ИНСТАЛАЦИЯ. РЕГУЛИРАНЕ НА ДИНАМИЧНИ ПОМПИ. МЕТОДИКА ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА ЛАБОРАТОРНО ИЗПИТВАНЕ.

Борис Петков
borpet@vtu.bg

**ВТУ "Т. Каблешков",
София 1574, ул. Гео Милев 158
БЪЛГАРИЯ**

***Ключови думи:** Динамични помпи, универсални характеристики, методика за изпитване*

***Резюме:** Помпената инсталация е съставена от помпа и присъединени към нея смукателен и нагнетателен тръбопровод, резервоар, регулираща и спирателна арматура. При избора на помпа за работа в дадена инсталация е необходимо параметрите на помпата да се подберат така, че да съответстват на нуждите на уредбата. Параметрите на помпите обуславят техните характеристики, чието определяне се извършва по опитен път, чрез специални лабораторни уредби. От характеристиките на помпите могат да се определят работните им режими и енергийната им ефективност. Графиките, представляващи зависимостите на напора, задвижващата мощност и коефициента на полезно действие на динамичните помпи, определени при различни честоти на въртене на вала са универсални характеристики (топограми).*

В доклада е представена опитна уредба за лабораторно изпитване на динамична помпа, която дава възможност за определяне на работните точки при съвместната работа на помпата с помпената инсталация при различни начини за регулиране. Разработена е методика за провеждане на изпитването и построяването на универсалните характеристики на динамична помпа.

ВЪВЕДЕНИЕ

Динамичните помпи са машини, предназначени за транспортиране на флуиди, чрез трансформиране на механичната енергия от въртенето на двигател във хидравлична (кинетична и потенциална) енергия на транспортирания флуид. Получената от двигателя енергия се предава на флуида посредством работното колело, въртящо се с постоянна ъглова скорост, чиито лопатки оформят система от ососиметрични канали, през които преминава флуидът.

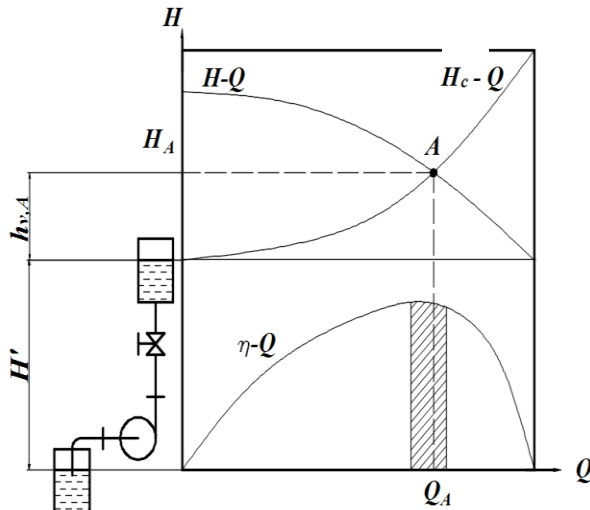
Динамичните помпи намират голямо приложение в съвременната техника. Използват се в хидротехнически съоръжения – помпени станции за мелиоративни или водоснабдителни цели; в комуналното стопанство; в системите за хидротранспорт; в охладителните системи на двигателите с вътрешно горене; в отоплителни инсталации.

Помпите работят съвместно с помпени инсталации, които освен помпа съдържат още присъединени към нея смукателен и нагнетателен тръбопровод, резервоар, регулираща и спирателна арматура. При избора на помпа за работа в дадена инсталация е необходимо параметрите на помпата да се подберат така, че да съответстват на нуждите на уредбата.

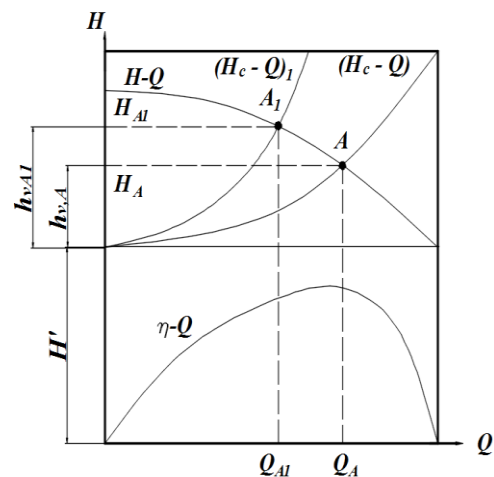
Параметрите на помпите обуславят техните характеристики, чието определяне се извършва по опитен път, чрез специални лабораторни уредби. От характеристиките на помпите могат да се определят работните им режими и енергийната им ефективност. Графиките, представляващи зависимостите на напора, задвижващата мощност и коефициента на полезно действие на динамичните помпи, определени при различни честоти на въртене на вала са универсални характеристики (топограми).

ТЕОРЕТИЧНА ОБОСНОВКА

Съвместната работа на динамична помпа с помпена инсталация може да се илюстрира [1,3,4] с показаната на фиг.1 графика на зависимостта на необходимия напор H_c при произволни стойности на дебита Q за изкачване на течността на височина H' при работа на помпена инсталация с динамична помпа.



Фиг.1. Съвместна работа на динамична помпа с помпена инсталация



Фиг.2. Дроселно регулиране на динамична помпа

Характеристиката на инсталацията се описва с уравнението:

(1) $H_c = H' + h_v$, където

(2) $h_v = kQ^2$

са хидравличните загуби в инсталацията, включваща смукателен, нагнетателен тръбопровод и регулираща арматура.

Пресечната точка A на характеристиката на инсталацията (H_c-Q) и на характеристиката на помпата ($H-Q$) представлява *работна точка* на помпената инсталация. Тя определя единствения дебит Q_A , при който напорът на помпата и необходимият напор за изкачване на течността на височина H' са равни.

(3) $H_A = H' + h_{v,A} = H' + kQ_A^2$

В т. A се удовлетворяват условията за материален и енергиен баланс на инсталацията, поради това работния режим на помпата е установен. Динамичната помпа се избира така, че работната ѝ точка да съответства на зона с максимален

коэффициент на полезно действие (на фиг.1 – шрихованата площ под характеристиката на к.п.д. $\eta - Q$).

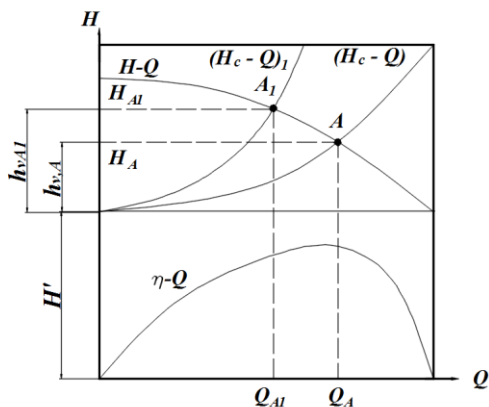
Изменението на характеристиките на инсталацията или на помпата с цел да се получи желан дебит се нарича регулиране на помпата. При регулирането се изменя местоположението на работната точка, с което се променят дебита и напора на помпата.

Регулирането може да бъде *дроселно* – изменя се характеристиката на инсталацията ($H_c - Q$), чрез регулиращата арматура на нагнетателния тръбопровод. Притварянето на арматурата увеличава хидравличните загуби, определени от уравнението (2), с което характеристиката на инсталацията става по-стръмна – фиг.2.

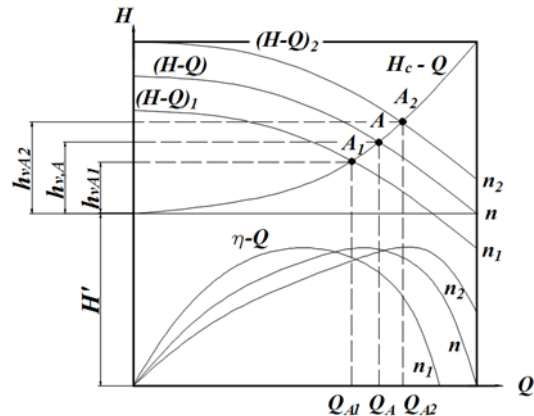
Пресечната точка се измества наляво – в т. A_1 , което означава друг режим на работа с по-малък дебит ($Q_{A1} < Q_A$).

Друг начин на регулиране е чрез *изменение на честотата на въртене n* на помпата. Това води до промяна на характеристика ($H - Q$) на помпата (фиг.3). Променя се и местоположението на работната точка, вследствие на което и работния режим.

Прилагайки законите за подобие при динамичните хидравлични машини се определят параметрите на една и съща помпа при различни честоти на въртене. При условие, че режимите на работа са подобни и че се запазва коефициента на полезно действие е в сила зависимостта:



Фиг.2. Дроселно регулиране на динамична помпа



Фиг.3. Регулиране, чрез изменение на честотата на въртене n ($n_1 < n < n_2$)

(4) $\frac{H}{H'} = \left(\frac{Q}{Q'}\right)^2$, където H, Q са параметри на помпата при честота на въртене n , а H' и Q' параметрите при друга честота на въртене n' или

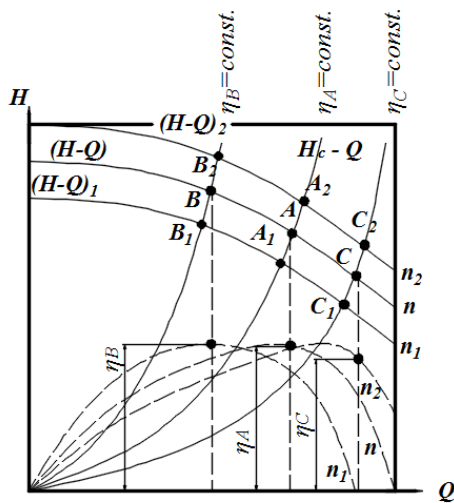
(5) $\frac{H}{Q^2} = \frac{H'}{Q'^2} = K = \text{const.}$, обобщено

(6) $H = KQ^2$

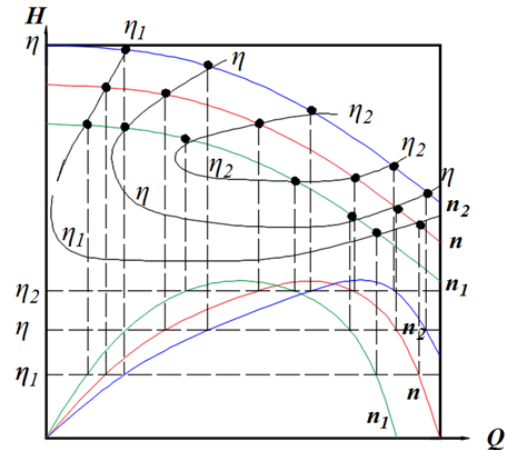
Зависимостта (6) е геометрично място на точки – квадратна парабола (фиг.4), характеризиращи подобни режими на работа (пресечните точки, напр. A, A_1, A_2 , на тази линия с характеристиките $H - Q$) на помпата при *еднакъв* коефициент на полезно действие при различни честоти на въртене, които се менят *не повече от 20 до 30%* от изходното честота.

След като характеристиките на помпената инсталация бъдат определени по опитен път, кривите на к.п.д. се пресичат със система от успоредни прави, съответстващи на различни стойности на к.п.д. (фиг.5). Пресечниците на дадена права със съответната крива на к.п.д. се пренасят върху съответните напорни характеристики.

Точките с еднакъв к.п.д. се съединяват с плавни криви, представляващи криви на еднакъв к.п.д.. Получената характеристика е универсална. Тя дава пълна представа за възможностите и качествата на динамичната помпа при различна честота на въртене.



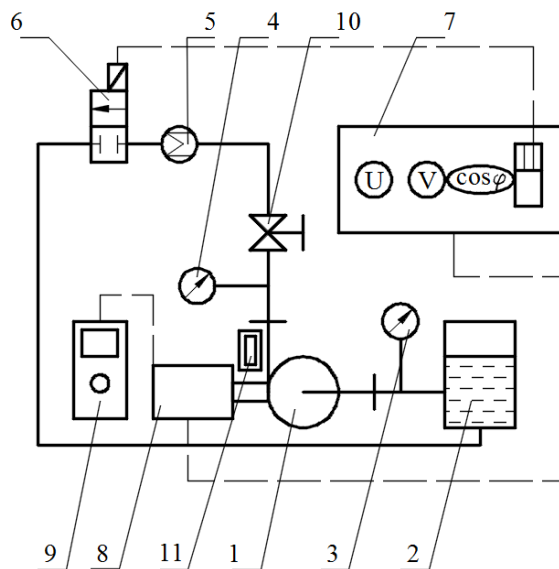
Фиг.4. Подобни режими на работа при еднакъв кпд и различни честоти на въртене



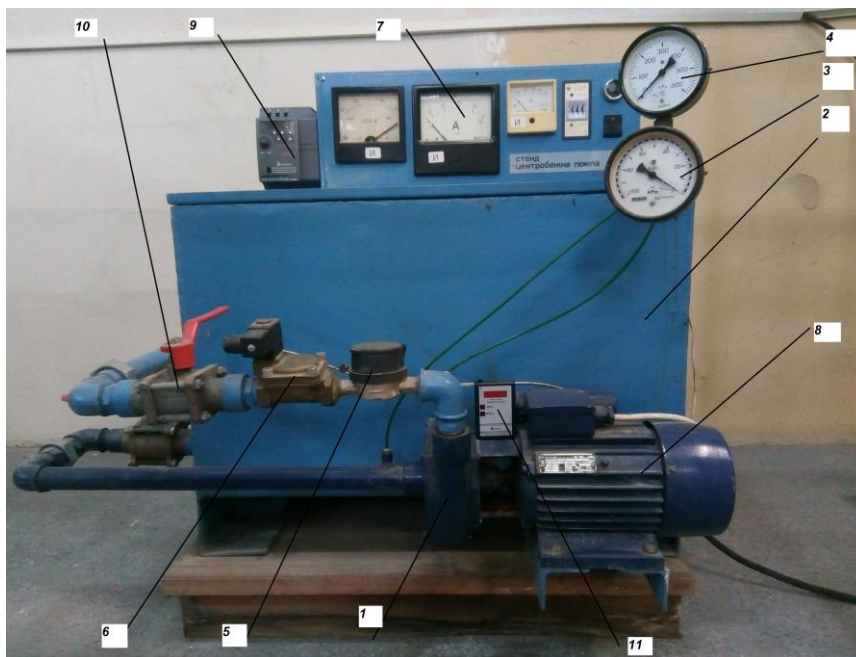
Фиг.5. Построяване на линиите с еднакъв к.п.д. от универсалната характеристика

МЕТОДИКА ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА ИЗПИТВАНЕ НА ДИНАМИЧНА ЦЕТРОБЕЖНА ПОМПА

Целта на изпитването е по опитен път да се построят характеристиките на помпената инсталация и универсалните характеристики на помпата. Изпитването се провежда на **опитна уредба** (фиг.6), съдържаща следните елементи: центробежна помпа 1, резервоар за вода 2, вакууметър 3, манометър 4, водомер 5, двупозиционен електромагнитен клапан 6, табло с измервателни прибори, съдържащо волтметър, амперметър, $\cos\varphi$ – метър, реле за време; електродвигател 8, честотен инвертор 9, спирателен кран 10, честотомер (оборотомер) 11. Важни особености на уредбата [2] са еднаквите по размери смукателен и нагнетателен тръбопровод и много малката (10 см) геодезическа височина на водния стълб.



Фиг.6.а



Фиг.6.б

Фиг. 6. Опитна уредба за изпитване на динамична центробежна помпа

a – схема

б – стенд в лаборатория по „Хидравлични машини и задвижвания“ на ВТУ „Т. Каблешков“

Изпитването се провежда при следната **последователност от действия**: релето за време от таблото 7 се настройва на желаното време за протичане, електродвигателят 1 се пуска при затворен спирателен кран 10. При зададена честота на въртене, за няколко последователни отваряния на крана 10 се снемат показанията на вакуумметъра 3, манометъра 4, водомера 5, приборите от таблото 7. Всяко протичане се извършва за времето, на което е настроено релето за време, което управлява отварянето и затварянето на тръбопровода, чрез електромагнитния клапан 6. След като кранът се отвори напълно - се затваря, променя се честотата на въртене, чрез честотния инвертор 9, отчита се стойността ѝ от оборотомера 11 и отново се снемат показанията на измервателните прибори за няколко отваряния на крана. Процедурата се повтаря за няколко честоти на въртене, които се различават не повече от 20 до 30 %.

Описаните действия при провеждане на изпитването осигуряват данни за вакуумметричното p_V и манометричното p_M налягане; количеството вода V преминало през водомера за време t ; напрежението U , големината на тока I и $\cos\varphi$ на електрозадвижването, при серия от различни съпротивления (положения на крана) в инсталацията и серия от различни честоти на въртене.

С горепосочените измерени величини се определят **параметрите на помпата и помпената инсталация**, необходими за построяването на характеристиките:

- Дебит - $Q = \frac{V}{t} = \frac{V_2 - V_1}{t}$, l/s , където V_1 и V_2 са съответно старо и ново показание на водомера, l ; t е времето за протичане, s ;
- Напор - $H = \frac{p_V + p_M}{\rho g}$, m , където p_V и p_M показания на вакуумметъра и манометъра в Pa ; ρ $[kg/m^3]$ и g $[m/s^2]$ са съответно плътността на водата и земното ускорение. При определянето на напора [5] се отчита, че динамичната компонента е нула поради еднаквостта на диаметрите на напорния и смукателния тръбопровода, от там и

равенството на скоростите. Височината на водния стълб H' не се пресмята, като пренебрежимо малка величина отнесена към общия напор.

- Хидравлична мощност - $N_x = \rho g Q H$, W ;
- Задвижваща мощност - $N_3 = \eta_{ед} U I \cos \varphi$, W ;
- Коефициент на полезно действие на помпата - $\eta = \frac{N_x}{N_3}$.

Стойностите на измерените величини и пресметнатите параметри се нанасят в таблица, напр.:

n	α	V_1	V_2	t	Q	p_V	p_M	H	N_x	U	I	$\cos \varphi$	$\eta_{ед}$	N_3	η	
min^{-1}	-	l	l	s	l/s	Pa	Pa	m	W	V	A	-	-	W	-	
n ₁	1															
	2															
	3															
	4															
n ₂	1															
	2															
	3															
	4															

Тук с α е са означени положенията на ръкохватката на спирателния кран. С данните от таблицата се построяват графиките показани на фиг. 4 и 5, по описания по- горе начин.

ИЗВОДИ

На базата на представените теоретични предпоставки е създадена опитна уредба за лабораторно изпитване на динамична помпа, която дава възможност за определяне на работните точки при съвместната работа на помпата с помпената инсталация при различни начини за регулиране. Разработена е методика за провеждане на изпитването и построяването на универсалните характеристики на помпата.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] Златарев П., *Турбопомпи и вентилатори*, С, Техника, 1979 г.,;
 [2] Василев В., *Ръководство за лабораторни упражнения по хидравлични и пневматични машини и задвижвания*, 2008 г., ВТУ „Т. Каблешков“;
 [3] Котов Л., *Мелиоративни помпени станции*, С, Техника 1990;
 [4] Радулов П., *Хидравлични машини и съоръжения*, С, Техника, 1976;
 [5] Попов М., Панов Л., *Хидро- и газо- динамика*, С, Техника, 1980.

**JOINT OPERATION OF DYNAMIC PUMPS AND PUMP
INSTALLATION. FLOW CONTROL OF DYNAMIC PUMPS.
METHODOLOGY OF LABORATORY EXERCISE.**

Boris Petkov

borpet@vtu.bg

*Todor Kableshkov University of Transport, Sofia 1574,
158 "Geo Milev" Str.
BULGARIA*

Key words: *Dynamic pumps, universal characteristics, methodology of exercise.*

Abstract: *The pump installation consists of pump and suction and discharge piping, reservoir, regulating and shut-off valves. When selecting a pump for operation in an installation, it is necessary to select the pump's parameters to suit the needs of the system. The parameters of the pumps determine their characteristics, which are gained by experimentation, by means of special laboratories. Pump characteristics can determine their operating modes and energy efficiency. The graphs representing the dependence of the head, the drive power and the efficiency of the dynamic pumps determined at different shaft rotation frequencies are universal features (topograms).*

The report presents a stand for testing dynamic pump, which enables the determination of the operating points of the pump with the pump installation in different ways of regulation. A methodology has been developed for conducting the test and building the universal characteristics of the pump.