

АНАЛИЗ НА СЪЩЕСТВУВАЩИ МЕТОДИ ЗА ПОВИШАВАНЕ ПРОИЗВОДИТЕЛНОСТТА НА ЗЪБНИТЕ ПОМПИ НА МАСЛЕНИТЕ СИСТЕМИ НА АВИАЦИОННИ ГТД

ANALYSIS OF EXISTING METHODS TO IMPROVE GEAR PUMPS PRODUCTIVITY OF THE GAS TURBINE ENGINES' OIL SYSTEMS

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ШЕСТЕРЕННЫХ НАСОСОВ СИСТЕМЫ СМАЗКИ АВИАЦИОННЫХ ГТД

Доц. д-р инж. Асенов Св.¹, Маг. инж. Загорски Н.², Д-р инж. Атанасов М.³, Маг. инж. Огнянова Н.⁴,
Технически университет София, филиал Пловдив¹, България, Министерство на отбраната², НВУ „В. Левски“³, ИКИ – БАН⁴,

Abstract: One of the main parameters of each volumetric pump, including gear one is its power. Because the pressure at any stage of development of the technique is standard value, first has to be determined the pump productivity, which is one of the main gear pump (GP) characteristics which determines the quantity of GP converted energy. Therefore, researches aimed at increasing the productivity of GP always have up to date character. The aim of the study is to determine the technical level and the prospects for GP improving in order to increase consumption.

KEYWORDS: VOLUMETRIC PUMP, PUMP PRODUCTIVITY, GEAR PUMP

1. Въведение

Един от основните параметри на всяка една обемна помпа, в това число и на зъбната, е мощността, която се определя от зависимостта:

$$N = P \cdot Q, \quad (1)$$

където: P- налягането на зъбната помпа, Pa;

Q- производителност на зъбната помпа, m³/s.

Поради това, че налягането в даден момент на развитие на техниката е стандартна величина, на първо място се определя производителността на помпата, която представлява една от основните технически характеристики на зъбната помпа (ЗП), която определя количеството преобразувана от ЗП енергия. За важноста на този параметър говори факта, че характеристиката на ЗП задължително влиза работния обем на помпата (РОП), изразен в см³. Разходът зависи от РОП и от оборотите на въртене на ЗП:

$$Q = q \cdot n, \quad (2)$$

където: Q- производителност на помпата, cm³/s;

q- работен обем на помпата, cm³;

n- обороти на вала на помпата, sec⁻¹.

Поради тази причина, изследванията насочени към увеличаване производителността на ЗП, винаги имат актуален характер. Целта на изследването е да се определи техническото ниво и перспективите за усъвършенстване на ЗП, с цел повишаване на разхода.

2. Изследване на производителността на зъбните помпи

При изследването на този проблем от публикуваните разработки се търсят следните отговори на следните основни въпроси [2] за:

- моделите, описващи принципа на нагнетяване на работната течност в ЗП;

- математическите модели и зависимостите за определяне производителността на работната течност в ЗП;

- зависимостите и степента на влияние на параметрите на зъбното зацепване за увеличаване на производителността на ЗП;

- критерии за оценка, съвършенството на зъбното зацепване на зъбните колела, от гледна точка повишаване на производителността;

- методите за увеличаване на производителността, които за реализирани в конструкциите на съществуващите ЗП;

- методите за разчет на зъбното зацепване на ЗП, които са насочени за повишаване на производителността.

Традиционно, производителността на ЗП може да се увеличи, чрез увеличаване на работния обем на помпата на ЗП, което се извършва посредством увеличаване размерите на нейните работни елементи- зъбните колела. Резултатите от теоретичните изследвания, отразяващи зависимостта на производителността на ЗП по параметрите на зъбното зацепване, някои автори го представят в следния вид [1,3]:

$$q_1 = 4z^2 m^2 \cos \alpha_0 \frac{tg \alpha}{\cos \alpha} \left(1 - \frac{1}{z} - \frac{\cos^2 \alpha_0 tg^2 \alpha}{3} \right), \quad (3)$$

където: m- модул на зацепването, mm;

α - ъгъл на зацепване, deg ;

α_0 - ъгъл на изходния профил, deg;

b - ширина на венца на зъбното колело, mm ;

z - брой зъби.

Анализирайки зависимостта (3) се вижда, че производителността на ЗП е пропорционален на квадрата на модула на зацепване и квадрата на броя на зъбите. Някои автори използват опростена зависимост, за определяне производителността на ЗП, която има следния вид.

$$Q = 2\pi n b m^2 (z+1), \quad (4)$$

И анализът на получената зависимост (4) показва, че производителността на ЗП е пропорционален на модула на зацепване и броя на зъбите в зъбното колело в първа степен.

Анализът на известни методи за определяне производителността на ЗП показва, че най-точно производителността може да се определи от тези зависимости, които определят принципа на работа на зъбната помпа. Поради тази причина за точното определяне на РОП се използват следните модели;

$$q = 0,5\pi b (D_g^2 - d^2 - \frac{t_g^2}{3}) \quad (5)$$

$$q = 2bz(S_w - 0,5S_{vmin}), \quad (6)$$

където: S_w - площ на междузъбната падина, мм²;

S_{v min} - площ на минималния обем на отсечената камера, мм².

За по-нататъшното изчисляване се използват зависимостите на взаимните връзки на основните елементи на зъбното зацепване от изходните параметри:

- диаметър на основната окръжност:

$$d_0 = m z \cos \alpha_0 \quad (7)$$

- външен диаметър на зъбното колело:

$$D_e = \frac{d_e}{\cos \gamma_e} \quad (8)$$

$$D_e = m(x + 2\chi + 2\xi - 2\xi_y) \quad (9)$$

- диаметър на началната окръжност:

$$d = \frac{d_0}{\cos \alpha} \quad (10)$$

- стъпка на зъбното зацепване по основната окръжност:

$$t_0 = m \pi \cos \alpha_0 \quad (11)$$

където: t_0 - стъпка на зъбното зацепване по основната окръжност, mm;

γ_e - ъгъл на върха на еволвентата, rad;

α_0 - ъгъл на изходния профил, deg;

n - честота на въртене на помпата, sec^{-1} ;

ξ - коефициент на профилното изместване (КПИ);

ξ_y - коефициент на изравнителното изместване;

χ - коефициент на височината на главата на зъба.

Анализът на зависимостите показва че производителността на ЗП може да се увеличи по няколко начина:

- чрез увеличаване честотата на въртене на зъбното колело;

- чрез увеличаване на работния обем на помпата на ЗП;

От посочените зависимости (5) ÷ (11) се вижда, че увеличаването на геометричните размери на зъбното зацепване на ЗП води след себе си увеличаване на РОП, това води и до увеличаване на производителността на ЗП [4], което може да се реализира чрез:

- увеличаване ширината на венца на зъбното колело- b , m (mm) ;

- увеличаване броя на зъбите- z ;

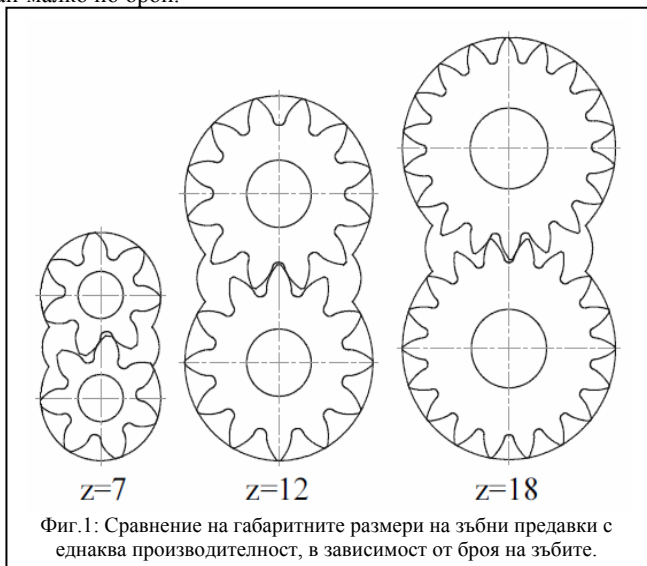
- увеличаване модула на зацепване- m , m (mm) ;

- увеличаване на коефициента на профилното изместване- ξ ;

- увеличаване на коефициента на височината на главата на зъба на зъбното колело- χ .

3. Увеличаване на производителността чрез намаляване на броя на зъбите в зъбните помпите

В някои теоретични работи, авторите представят в резултатите от изследванията зависимостта на габаритните размери на ЗП от параметрите на зъбното зацепване на зъбното колело. Те са установили, че за намаляване на габаритите на ЗП количеството на зъбите в колелото е желателно да се избират най-малко по брой.



Фиг.1: Сравнение на габаритните размери на зъбни предавки с еднаква производителност, в зависимост от броя на зъбите.

От фиг.1 се вижда, че с намаляване на количеството на зъбите от 18 на 7, габаритните размери на ЗП се намаляват повече от два пъти при запазване на работния обем на помпата.

По този начин е установено, че при проектиране на ЗП за увеличаване на относителните показатели на производителността се препоръчва броя на зъбите- z в зъбните колела, да се избира по възможност най-малко при други равни условия. При това скоростта на нарастване на разхода на ЗП превъзхожда скоростта на ръста на габаритните размери. Други автори предлагат методика за увеличаване производителността на ЗП, която се свежда към едновременно въздействие върху РОП на два изходни параметъра- КПИ и коефициента на височината на главата на зъба на зъбното колело. Двата посочени коефициента са насочени към увеличаване на външния диаметър на зъбното колело, което способства за увеличаване на РОП.

Други автори изследват влиянието на броя зъби на зъбното колело- z , върху производителността на зъбната помпа. В качеството на критерии за оптимизация на оценката на влиянието върху изследваните параметри на зъбното зацепване върху производителността на ЗП е приет коефициента, определен с зависимостта;

$$K = \frac{q - q_0}{q_0} 100\% \quad (12)$$

където: q_0 – РОП, при $\xi=0$;

q - текущо значение на РОП, при положително значение на КПИ $\xi > 0$;

z = 8	ξ	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
	K	0	3.2	4.8	5.1	3.1	-0.3	-6.1	-14	-26
z = 10	ξ	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
	K	0	2.1	3.3	3.2	2.5	0.1	-4.1	-10.2	-20.2
z = 20	ξ	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
	K	0	1.2	1.8	1.7	0.9	-1.9	-4.1	-6.3	-10.1

На фиг.2 е представена зависимостта на коефициента K , в проценти от КПИ и броя на зъбите на зъбното колело. От фигурата се вижда, че оптималното значение на КПИ лежи в пределите:

$$0,2 \leq \xi \leq 0,3. \quad (13)$$

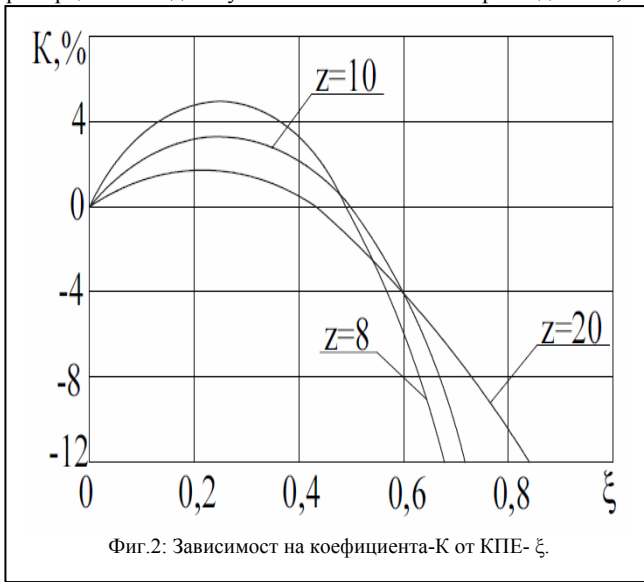
Освен това, от фиг.2 се вижда, че най-голямо влияние при увеличаване производителността на ЗП оказва КПИ на зъбното зацепване с минимален брой зъби. Изследванията на някои автори са насочени към многокритерийна оптимизация на параметрите на зъбното зацепване на ЗП. Като критерии за оптимизация са избрани параметри определящи качеството на работа на зъбното зацепване. Към тези параметри се отнасят относителния коефициент на плъзгане, дебелината на зъба на върха, отсъствие на интерференция на зъбите в зъбното колело.

4. Увеличаване на производителността чрез увеличаването на честотата на въртене

Освен увеличаването на РОП, един от методите за увеличаване производителността на ЗП както следва от зависимостта (2), е увеличаването на честотата на въртене.

Метода притежава редица предимства, а именно:

- правопрпорционалната зависимост на производителността на ЗП - Q от честотата на въртене - n, и поради това, че масата и габаритите на ЗП остават без изменение, позволява пропорционално да се увеличи и относителния разход на ЗП;



Фиг.2: Зависимост на коефициента-К от КПЕ- ξ .

- увеличаването на носещите способности на хидродинамичните плъзгащи лагери;

- увеличаване на изходното налягането на ЗП.

Към съществените недостатъци на метода е проблемът възникващ в процеса на засмукване на работна течност. С увеличаване на оборотите на зъбната помпа пропорционално се намалява времето за запълване на засмукващата камера. Поради това, че нарастват и центробежните сили, възпрепятстващи процеса на засмукване, които са пропорционални на квадрата на ъгловата скорост, то проблема още повече нараства.

Литература

1. Артемьева Т.В., Лысенко Т.М., Румянцева А.Н., Стесин С.П., Гид-равлика, гидромашини и гидропневмоприводи, Москва, Академия, 2008.
2. Башта Т.М., Объемные насосы и гидравлические двигатели гидросистем. Москва, Машиностроение, 1974.
3. Надежность гидравлических систем воздушных судов, под редакцией Т. М. Башты, Москва, Транспорт, 1986.
4. Стесин С.П., Яковенко Е.А. Лопастные машины и гидродинамические передачи, Москва, Машиностроение, 1990.