

Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Назив студијског програма: **Машинско инжењерство**

Ниво студија: **Основне академске студије**

Модул: **Енергетика и процесна техника**

Предмет: **Хидрауличне и пнеуматске машине**

Број индекса: **133/2017**

Филип Д. Настић

Пројектовање центрифугалне турбопумпе

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Давор Кончаловић, доцент - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____



Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Основне студије: **Машинско инжењерство**

Студијско подручје (усмерење): **Енергетика и процесна техника**

Име и презиме: **Филип Настић**

Број индекса: **133/2017**

ПРИЈАВА ЗАВРШНОГ РАДА

Тема рада: **Пројектовање центрифугалне турбопумпе**

Задатак

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да:

- објасни теоретске основе, принцип рада, предности и недостатке центрифугалне турбопумпе;
- димензионише турбопумпу за дате вредности напора и протока;
- изради техничку документацију за предметну пумпу у пакету CATIA;
- изнесе одговарајуће закључке.

Ментор:

Крагујевац, 22.1.2020.

Др Давор Кончаловић, доцент

Резиме

У овом завршном раду је представљено пројектовање центрифугалне турбопумпе, које се састоји од димензионисања и израде модела исте. У првом поглављу су објашњене теоретске основе, принцип рада, подела као и предности и недостаци центрифугалне турбопумпе. У другом поглављу је детаљно описан принцип димензионисања центрифугалне турбопумпе, такође су дати и резултати прорачуна при одређеним вредностима напора и протока које остварује предметна пумпа. У трећем поглављу је објашњен принцип израде модела радног кола и спиралног кућишта центрифугалне турбопумпе на основу добијених вредности у прорачуну. У четвртном поглављу је дата техничка документација центрифугалне турбопумпе, односно дат је технички цртеж склопа са свим деловима пумпе, као и технички цртежи нестандардних делова предметне пумпе. У последњем поглављу су изведени закључци на основу искуства студента са предметним завршним радом.

Кључне речи: Центрифугална турбопумпа, CATIA, Тродимензионални модел

Abstract

This diploma thesis describes the calculation and design of centrifugal turbopump. In the first chapter are defined theoretical foundations, working principle, classification, advantages and disadvantages of centrifugal turbopump. Second chapter provides the explanation of calculation principle and results of calculation based on real flow and pump effort values. In the third chapter is explained the principle of impeller and spiral volute 3D model making based on calculated parameters. In the fourth chapter is given technical documentation of centrifugal pump that includes technical drawing of mechanical assembly with all parts of centrifugal turbopump and technical drawing of all nonstandard parts. The last chapter includes conclusions based on diploma thesis experience of the student.

Keywords: Centrifugal turbopump, CATIA, Tridimensional model

У Крагујевцу/In Kragujevac

2020. године/ 2020.

Филип Настић / Filip Nastić

Списак илустрација

Слика 1 – Једностепена радијална турбопумпа (1)	7
Слика 2 – Фазе рада самоусисне турбопумпе (1)	8
Слика 3 – Компоненте апсолутне брзине елементарног флуидног делића (2).....	10
Слика 4 – Активни моменти који делују на радно коло (1)	13
Слика 5 – Радно коло центрифугалне турбопумпе у свом радном окружењу (1).....	15
Слика 6 – Ток енергије у центрифугалној турбопумпи (1)	16
Слика 7 – Утицај кавитације на радно коло центрифугалне турбопумпе (3).....	17
Слика 8 – Исечак из прорачуна урађеног у програмском пакету “MathCad” са показаним вредностима $r(j)$ и $b(j)$	27
Слика 9 – Исечак из прорачуна урађеног у програмском пакету “MathCad” са показаним вредностима потребним за моделирање спиралног кућишта	29
Слика 10 – Положај почетних тачака на скици	30
Слика 11 – Приказ помоћних линија и добијене линије са потребним ограничењима	31
Слика 12 – Скица са нацртаним свим круговима чије су димензије дефинисане прорачуном ...	31
Слика 13 – Скица која је намењена за команду „Shaft“	32
Слика 14 – Параметри команде „Shaft“	32
Слика 15 – Облик који се добија након команде „Shaft“	33
Слика 16 – Скица криве која дефинише облик лопатице	33
Слика 17 – Крајња скица лопатице за команду „Pad“	34
Слика 18 – Облик лопатице након команде „Pad“ и њени параметри	34
Слика 19 – Резултат кружног копирања и параметри команде „Circular pattern“	35
Слика 20 – Параметри команде Groove и изглед радног кола након извршен	

Садржај

1. ЦЕНТРИФУГАЛНА ТУРБОПУМПА.....	7
1.1 ПОДЕЛА ЦЕНТРИФУГАЛНИХ ТУРБОПУМПИ.....	8
1.2 ПРИНЦИП РАДА ЦЕНТРИФУГАЛНЕ ТУРБОПУМПЕ.....	9
1.3 НАПОР ЦЕНТРИФУГАЛНЕ ТУРБОПУМПЕ	12
1.4 ЕНЕРГИЈСКИ ГУБИЦИ И СТЕПЕНИ КОРИСНОСТИ	14
1.5 КАВИТАЦИЈА	17
1.6 ПРЕДНОСТИ И НЕДОСТАЦИ ЦЕНТРИФУГАЛНЕ ТУРБОПУМПЕ	19
2. ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ЦЕНТРИФУГАЛНЕ ТУРБОПУМПЕ.....	21
2.1 ОДРЕЂИВАЊЕ ВРСТЕ ПУМПЕ И ЊЕНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ	21
2.2 ОДРЕЂИВАЊЕ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТАРА НА УЛАЗУ У РАДНО КОЛО	22
2.3 ОДРЕЂИВАЊЕ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТАРА НА ИЗЛАЗУ ИЗ РАДНОГ КОЛА.....	24
2.4 ПРОВЕРА УСВОЈЕНИХ ВРЕДНОСТИ КОЕФИЦИЈЕНАТА СУЖЕЊА.....	26
2.5 ПРОРАЧУН ОБЛИКА ЛОПАТИЦА: ОБЛИКОВАЊЕ МЕРИДИЈАНСКОГ ПРЕСЕКА	27
2.6 ПРОРАЧУН ОБЛИКА ЛОПАТИЦА: ПРОФИЛИСАЊЕ ЦИЛИНДРИЧНИХ ЛОПАТИЦА СА ЈЕДНАКИМ КРУЖНИМ ЛУКОМ.....	28
2.7 ПРОРАЧУН СПИРАЛЕ КРУЖНОГ ПОПРЕЧНОГ ПРЕСЕКА	28
3. ПОСТУПАК ИЗРАДЕ МОДЕЛА ЦЕНТРИФУГАЛНЕ ТУРБОПУМПЕ	30
3.1 ИЗРАДА МОДЕЛА РАДНОГ КОЛА	30
3.2 ИЗРАДА МОДЕЛА СПИРАЛНОГ КУЋИШТА	37
3.3 КРАТАК ПРЕГЛЕД КОМАНДИ КОРИШЋ	

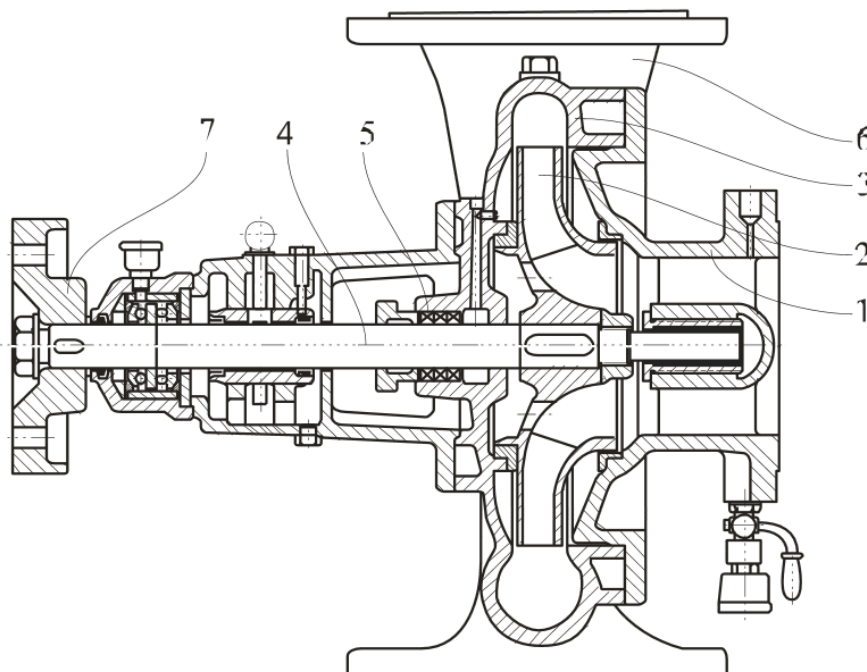
1. ЦЕНТРИФУГАЛНА ТУРБОПУМПА

Центрифугална турбопумпа спада у групу хидрауличних машина које претварају механички рад у струјну енергију радног флуида. Назив поменуте врсте пумпи потиче од чињенице да се њен принцип рада базира на вршењу рада центрифугалних сила услед обртања радног кола, радног органа задуженог за трансформацију енергије.

Често се у пракси центрифугална турбопумпа ослвљава називом радијална турбопумпа због тога што је код ње карактеристично да радни флуид из радног кола излази радијално (у правцу радијуса радног кола).

Поменута центрифугална турбопумпа се користи у ситуацијама када је потребно обезбедити високе радне притиске али нешто ниже радне протоке.

Принцип рада центрифугалне турбопумпе објашњен на основу слике 1 на којој је приказан пресек једноступене радијалне турбопумпе:



Слика 1 – Једноступена радијална турбопумпа (1)

- Покретање погонске машине (најчешће електромотора) обезбеђује обртно кретање радног вратила [4] које се преноси на радно коло [2].
- При обртном кретању радног кола јављају се центрифугалне силе унутар радног флуида које пот

Заменом у једначину за резултантни момент при елементарном протоку $d(\dot{m})$:

$$d(\overrightarrow{dM^O}) = d(\dot{m}) \cdot (\vec{r}_2 \times \vec{c}_{2r} + \vec{r}_2 \times \vec{c}_{2u} + \vec{r}_2 \times \vec{c}_{2z} - \vec{r}_1 \times \vec{c}_{1r} - \vec{r}_1 \times \vec{c}_{1u} - \vec{r}_1 \times \vec{c}_{1z})$$

Како важи да је векторски производ два вектора паралелних праваца једнак нула вектору, тада је $\vec{r}_2 \times \vec{c}_{2r} = \vec{r}_1 \times \vec{c}_{1r} = \vec{0}$. Па се претходна једначина своди на следећи облик:

$$d(\overrightarrow{dM^O}) = d(\dot{m}) \cdot (\vec{r}_2 \times \vec{c}_{2u} - \vec{r}_1 \times \vec{c}_{1u} + \vec{r}_2 \times \vec{c}_{2z} - \vec{r}_1 \times \vec{c}_{1z})$$

При чему увођењем нових величина:

$$d(\overrightarrow{dM_z^O}) = d(\dot{m}) \cdot (\vec{r}_2 \times \vec{c}_{2u} - \vec{r}_1 \times \vec{c}_{1u})$$

$$d(\overrightarrow{dM_u^O}) = d(\dot{m}) \cdot (\vec{r}_2 \times \vec{c}_{2z} - \vec{r}_1 \times \vec{c}_{1z})$$

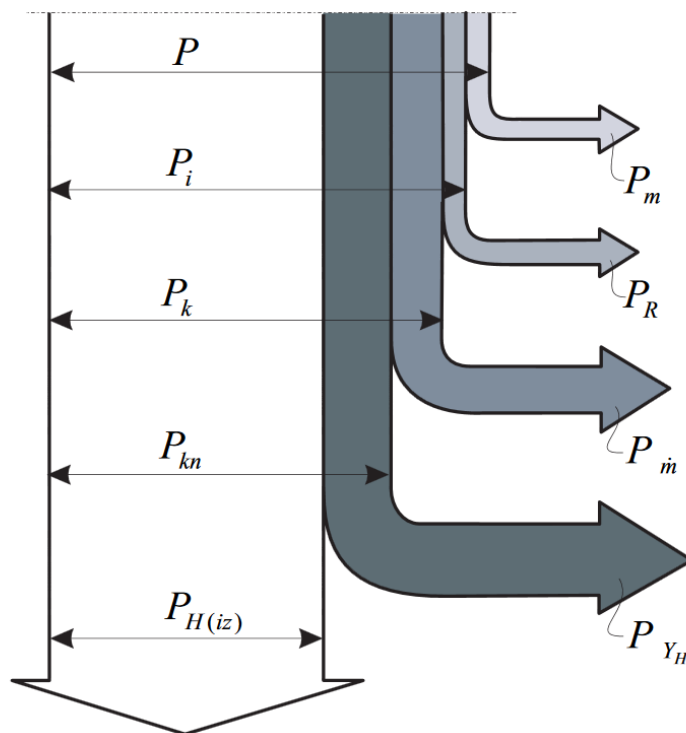
долази се до следеће једначине:

$$d(\overrightarrow{dM^O}) = d(\overrightarrow{dM_z^O}) + d(\overrightarrow{dM_u^O})$$

при чему је:

$d(\overrightarrow{dM_z^O})$ – активан момент који тежи да окрене радно коло, односно у овом случају представља момент који врши користан рад.

$d(\overrightarrow{dM_u^O})$ – активан момент који лежи у равни радног кола и



Слика 6 – Ток енергије у центрифугалној турбопумпи (1)

где су:

P - снага коју одаје електромотор

P_i - унутрашња снага пумпе

P_k - снага радног кола

P_{kn} - нето снага радног кола

P_H - снага којом се обогаћује радни флуид

P_m - механички губици снаге

P_R - губици снаге услед трења диска

$P_{\dot{m}}$ - волуметријски губици снаге

P_{Y_H} - хидраулични губици снаге

Однос снаге којом се обогаћује радни флуид и снаге коју одаје електромотор називамо **степеном корисности пумпе**, за који се увек тежи да достигне вредност што ближе јединици, али у реалном случају је увек мањи од јединице.

$$\mu = \frac{P_{Y_H}}{P}$$

- **Висока осетљивост на гасне укључке у флуидима** – врло често је потребно транспортовати радне флуиде са одређеном количином гасних укључака који имају разарајуће дејство на радно коло центрифугалне турбопумпе. (4) (5) (6)

