



## **Středoškolská technika 2016**

**Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT**

# **ODSTŘEDIVÉ HORIZONTÁLNÍ ČERPADLO**

**Jan Velký**

**Střední průmyslová škola strojnická, Olomouc**

**tř. 17. listopadu 49, OLOMOUC**



Prohlašuji, že jsem maturitní práci vypracoval samostatně a použil jen uvedené prameny a literaturu.

Datum:

---

Podpis

Poděkování: Děkuji tímto svému vedoucímu Ing. J. Šimáčkovi za čas, pozornost a odborné rady.

# Obsah

Obsah .....	3
1 Úvod.....	5
2 Teoretická část.....	6
2.1 Historie čerpadel .....	6
2.2 Definice a rozdělení čerpadel .....	8
2.3 Princip činnosti .....	9
2.4 Rozdělení hydrodynamických čerpadel .....	9
2.4.1 Axiální.....	9
2.4.2 Obvodová .....	9
2.4.3 Labyrintová .....	10
2.4.4 Odstředivá .....	10
2.5 Bližší popis odstředivých čerpadel .....	11
2.6 Výrobce čerpadla .....	12
2.7 Čerpadlo SIGMA řady V-D.....	12
2.8 Popis nejdůležitějších částí čerpadla.....	14
2.9 Materiál čerpadla .....	15
2.10 Použití.....	15
2.11 Poloha hrdel.....	15
3 Praktická část.....	16
3.1 Zadání .....	16
3.2 VÝPOČET (8) .....	16
3.2.1 VÝPOČET HRÍDELE .....	16
3.2.2 Průměr náboje kola .....	17
3.2.3 Rychlost na vstupu do oběžného kola.....	18
3.2.4 Určení úhlu $\beta_1$ .....	19

3.2.5	Stanovení šířky kanálu na vstupní hraně lopatky.....	19
4	Závěr.....	22
4.1	Vzobrayení některých vzmodelovaných součástí.....	23

# 1 Úvod

Jako námět své maturitní práce jsem si vybral čerpadlo, protože jej považuji za jeden z nejdůležitějších strojů, které lidstvo kdy zkonstruovalo. V této době jsou to nepostradatelná zařízení, bez kterých by dnešní svět jak jej známe nemohl existovat. Jejich nejdůležitější vlastností je to, že dokáží přepravovat vodu, naše nejcennější přírodní bohatství. Čerpadla jsou nezbytná k chodu pracovních článků v mnoha oborech, například v průmyslu, vodním hospodářství, energetice, zdravotnictví nebo potravinářství.

Dle mého názoru, nejpotřebnější je přítomnost čerpadel v energetice, kde voda slouží díky svým vlastnostem buď přímo k výrobě elektřiny, nebo k odvodu tepla. Čerpadla jsou také nedílnou součástí záchranných složek, profesionální hasičské sbory by byly bez moderních čerpadel vysoce neefektivní.

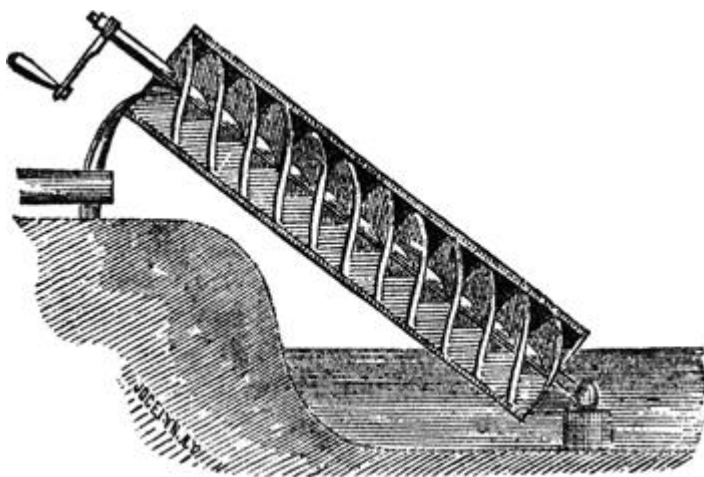
Cílem mé maturitní práce je provést základní výpočty, navrhnout 3D model a nakreslit výkresy některých částí čerpadla na základě zadaných parametrů k čerpadlu SIGMA řady V-D.

Má maturitní práce je rozdělena do dvou částí. V první, teoretické části Vás obeznámím se stručnou historií, s rozdělením a popisem principu konstrukce a popisem nejdůležitějších částí sestavy. V druhé, praktické části budou uvedeny základní výpočtové vztahy.

## 2 Teoretická část

### 2.1 Historie čerpadel

Důležitost přepravy vody si uvědomovali již naši předci před tisíci lety. Už od prvopočátku zemědělství se lidé zabývali otázkou dopravy vody z řek a jezer ke své úrodě. První zmínky o využívání čerpadel sahají až do dob starověku, tato čerpadla byla poháněna lidskou nebo zvířecí silou. Mezi jedno z prvních známých čerpadel patří Archimédův šroub ze starověkého Řecka. Tohle čerpací zařízení bylo popsáno Archimédem při jeho cestách po Egyptě. Ve starověkém Římě se používala pístová čerpadla.

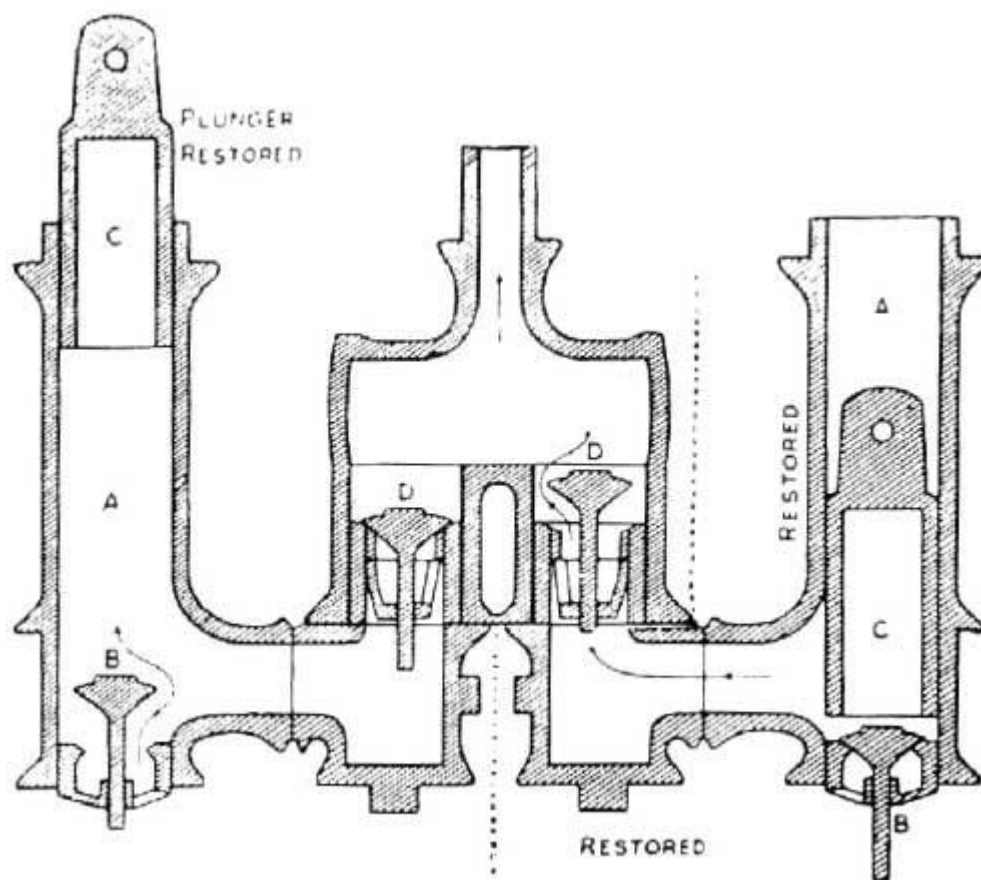


Obrázek 1 Archimédův šroub

S průběhem času se vyvíjely nové technologie a provedení čerpadel se zlepšovalo, zvedala se jejich účinnost a díky tomu bylo zapotřebí dodávat méně vstupní energie. Moderní čerpadla byla schopna vodu vytlačit do mnohem větší výšky a pod větším tlakem. Nejen díky své jednoduché konstrukci patří odstředivé čerpadlo k nejrozšířenějším druhům čerpadel. Na konci 19. století se začala dostávat do práce první odstředivá čerpadla. Pozdní vznik odstředivých čerpadel byl způsoben dostatečnou efektivitou čerpadel pístových. První odstředivé čerpadlo bylo vynalezeno v roce 1689 fyzikem Denisem Papinem. Postupem času však lopatková čerpadla začala pístová nahrazovat ve stále větší míře.

Velký skok kupředu zažila technologie čerpadel za druhé světové války, kdy se začaly hojně používat k čerpání oleje, čímž se zvedla účinnost díky samomazání. (1)





Obrázek 2 Koncept římského pístové čerpadlo z roku 100 Př. n. l. (2)

## 2.2 Definice a rozdělení čerpadel

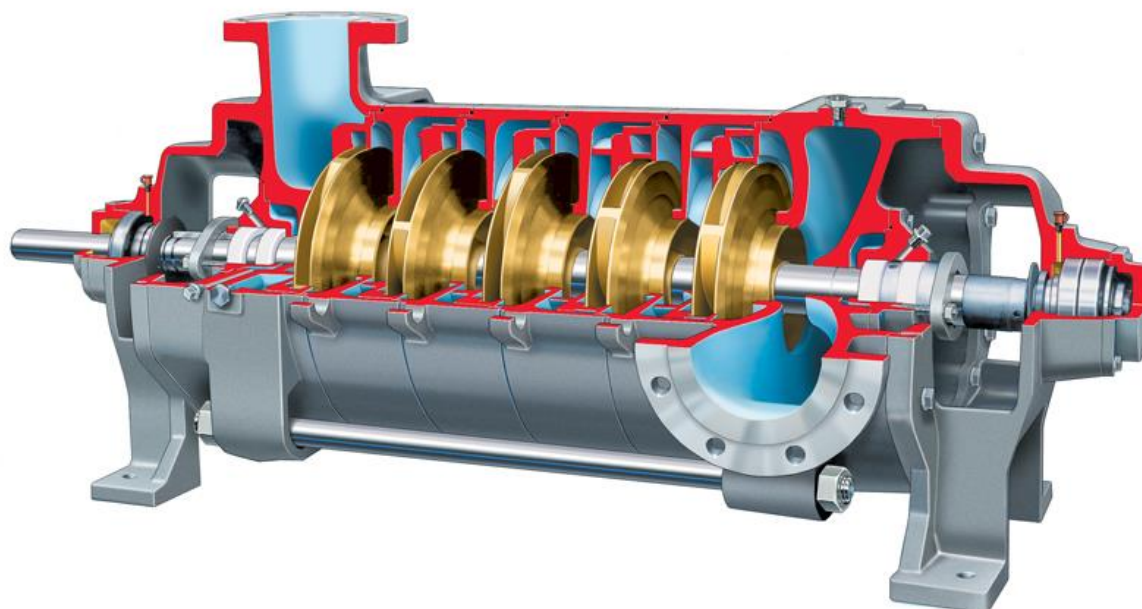
### Definice čerpadla:

- stroj sloužící ke zvyšování pohybové (tlakové) energie kapaliny za účelem její dopravy z místa zdroje na místo cíle. (2)

Dle způsobu jakým se přeměňuje mechanická práce na potenciální energii se rozdělují čerpadla na dvě základní skupiny :

**Hydrostatická** - nebo-li čerpadla s přímou přeměnou mechanické energie v potenciální energii hydraulickou. Pracují tak že pracovní element např. píst tlačí přímo na kapalinu v pracovním prostoru, tím ji vytlačuje a vzniká tlaková (potenciální) energie.

**Hydrodynamická** - nebo-li čerpadla s nepřímou přeměnou mechanické energie v potenciální energii hydraulickou, dochází ke dvojí přeměně energie, hnací motor dodává mechanickou práci, která se z části mění na pohybovou energii kapaliny (kapalina získává určitou rychlost proudění) a pak až ve výtlačném hrdle se mění pohybová energie na energii potenciální. (3)



Obrázek 3 Průřez odstředivým čerpadlem

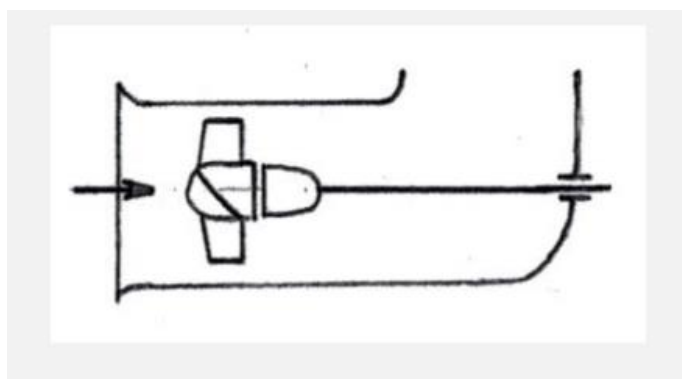
## 2.3 Princip činnosti

Princip odstředivého čerpadla spočívá ve využití odstředivé síly, která působí na přepravovanou kapalinu. Poháněcí hřídel je spojena s rotorem a zahnutými lopatkami. U odstředivých čerpadel je kapalina nasávána do vstupu do oběžného kola, unášena lopatkami a odstředivou silou tlačena radiálně k obvodu kola. Zahnuté lopatky se rozbíhají od středu a dávají tekutině, která na ně přiteče rotační pohyb. Zvyšuje se rychlost a tlak kapaliny. Na obvodu kola je největší obvodová rychlost a z toho vyplývá, že kapalina zde má největší kinetickou energii. Tuto energii kapalina získala od motoru, který pohání oběžné kolo. Z oběžného kola kapalina přechází do difuzoru a dále do spirálové skříně. V těchto částech se snižuje rychlost kapaliny a stoupá tlak. Lopatky difuzoru usměrňují proud kapaliny z oběžného kola, omezují její víření a tím se zlepšuje účinnost stroje. Proto jsou lopatky difuzoru zakřiveny tak, aby k nim byl vektor výstupní rychlosti z oběžného kola tečný. V řadě případů však difuzor není použit a kapalina z oběžného kola přechází přímo do spirálové skříně. (4) (5)

## 2.4 Rozdělení hydrodynamických čerpadel

### 2.4.1 Axiální

Axiální čerpadla neboli čerpadla lopatková jsou ta u kterých kapalina proudí ve směru jejich osy.



Obrázek 4 Axiální čerpadlo

### 2.4.2 Obvodová

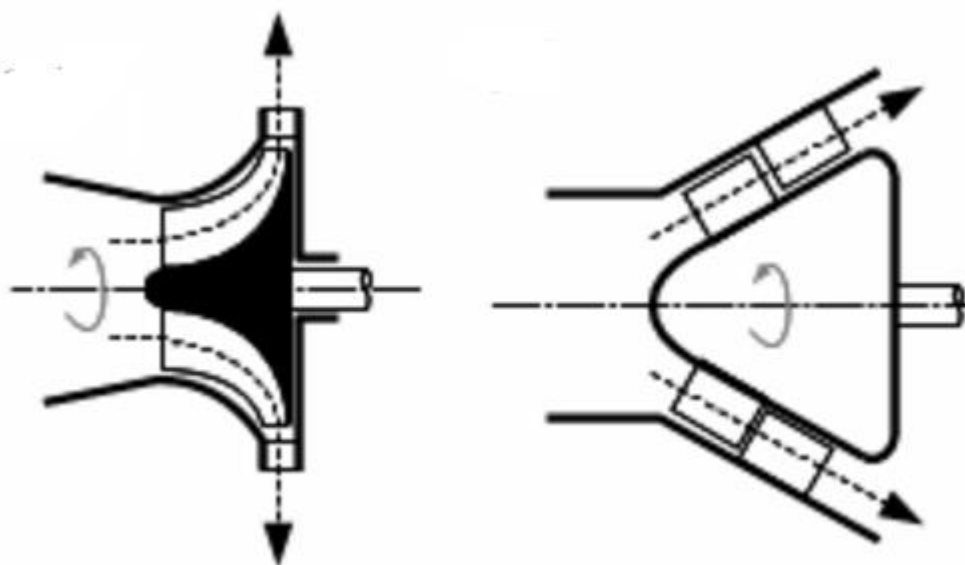
Obvodová čerpadla jsou ta u nichž kapalina vstupuje a vystupuje z oběžného kola zpravidla jen na části obvodu. Obvodová čerpadla se též někdy nazývají čerpadla vířivá.

### 2.4.3 Labyrintová

Labyrintová čerpadla jsou ta čerpadla u nichž kapalina přichází i odchází ve směru mezery mezi rotorem a statorem, v jehož spirálových drážkách (labyrintech) dochází ke zvyšování tlaku.

### 2.4.4 Odstředivá

- a. Radiální
- b. Diagonální



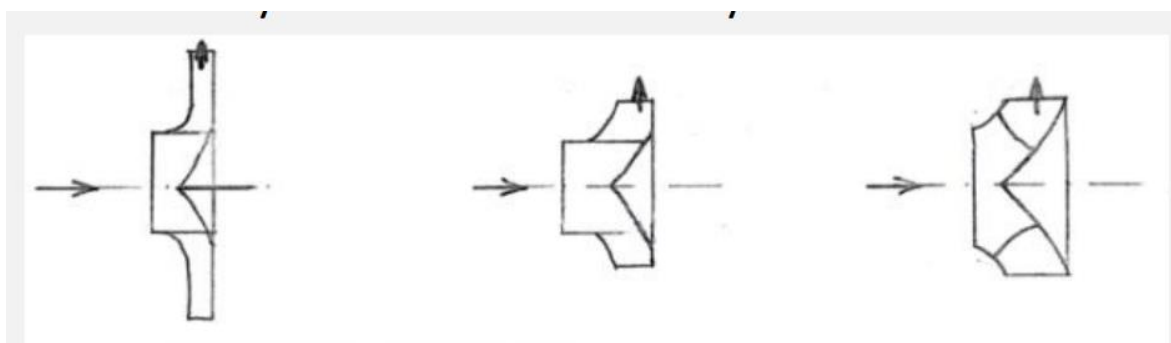
Obrázek 5 Průtok kapaliny v radiálním a diagonálním čerpadlo

## 2.5 Bližší popis odstředivých čerpadel

Jak je zřejmé z rozdělení čerpadel, lze odstředivá čerpadla rozdělit do několika skupin. Mezi nejužívanější typy odstředivých čerpadel patří radiální a diagonální čerpadla, proto se v dalším textu zaměřím především na tato čerpadla.

**Radiální čerpadla** - kapalina vstupuje do oběžného kola axiálně (rovnoběžně s osou) a vystupuje z oběžného kola radiálně (kolmo k ose otáčení) viz. obrázek 5.

**Diagonální čerpadla** - kdy kapalina vstupuje do oběžného kola axiálně a vystupuje diagonálně (šikmo k ose otáčení)



Obrázek 6 Zleva: pomaloběžné (velké tlaky), střední průtoku (střední tlaky) a rychloběžné (malé tlaky)

Na obr. 5 můžeme vidět proudění kapaliny čerpadlem. Vtokovým hrdlem se kapalina dostává do středu otáčejícího se oběžného kola, odkud je vrhána směrem k jeho obvodu a dále přes difuzor k odtokovému kanálu. Takto řešená konstrukce vykazuje dobrou účinnost a je vhodná pro čerpání čistých kapalin. (5)



Obrázek 7 Průtok kapaliny čerpadlem

## 2.6 Výrobce čerpadla

### Historie:

Tradice výroby čerpadel v Hranicích na Moravě se datuje od roku 1883. Podnik proslul zejména výrobou větrných motorů jako zdroje pohonu čerpadel a dodávkami napájeдел a čerpadel do oblasti zemědělství.

Zakladatel výroby čerpadel v Hranicích na Moravě Antonín Kunz byl podnikavý a v krátké době dovedl svůj podnik PRVNÍ MORAVSKÁ TOVÁRNA NA VODOVODY A PUMPY mezi přední firmy u nás. Velmi významnou činnost podnik rozvíjel v oblasti stavby vodovodů v obcích a městech po celém území tehdejšího Rakousko-Uherska, jako Císařský a královský dvorní dodavatel.

Po smrti zakladatele Antonína Kunze došlo v roce 1912 ke změně vlastnické formy a podnik se stal akciovou společností. Poválečné období přineslo výrazný rozvoj podniku, který se stává součástí seskupení výrobců čerpadel a armatur v koncernu SIGMA. Čerpadla z Hranic se tak stávají součástí provozních zařízení v mnoha odvětvích a oborech jak u nás, tak v zahraničí.

### Současnost:

Společnost SIGMA pokrývá potřeby tuzemského trhu a čerpadla vyváží mimo jiné do evropských zemí, zemí bývalého SSSR, Asie a oblastí středního a blízkého východu. Na vyráběná čerpadla zajišťuje výjezdovou servisní činnost a uvádění čerpadel do provozu, u starších typů čerpadel provádí jejich generální opravy

Společnost má vybudovaný systém kvality dle normy EN ISO 9001:2008, jež je certifikovaný certifikační společností TÜV NORD. (7)

## 2.7 Čerpadlo SIGMA řady V-D

Horizontální vícestupňové odstředivé čerpadlo .

Zakladní stupeň čerpadla sestává ze sacího a výtlačného tělesa. Další stupně, které tvoří radialně dělená tělesa článků, jsou centricky uspořádány mezi sacím a výtlačným tělesem a jsou vzájemně spojeny v jeden celek stahovacími šrouby, vedenými mimo vodní prostor. V každém tělese článku pracuje oběžné kolo s jednostranným vtokem, utěsněné na

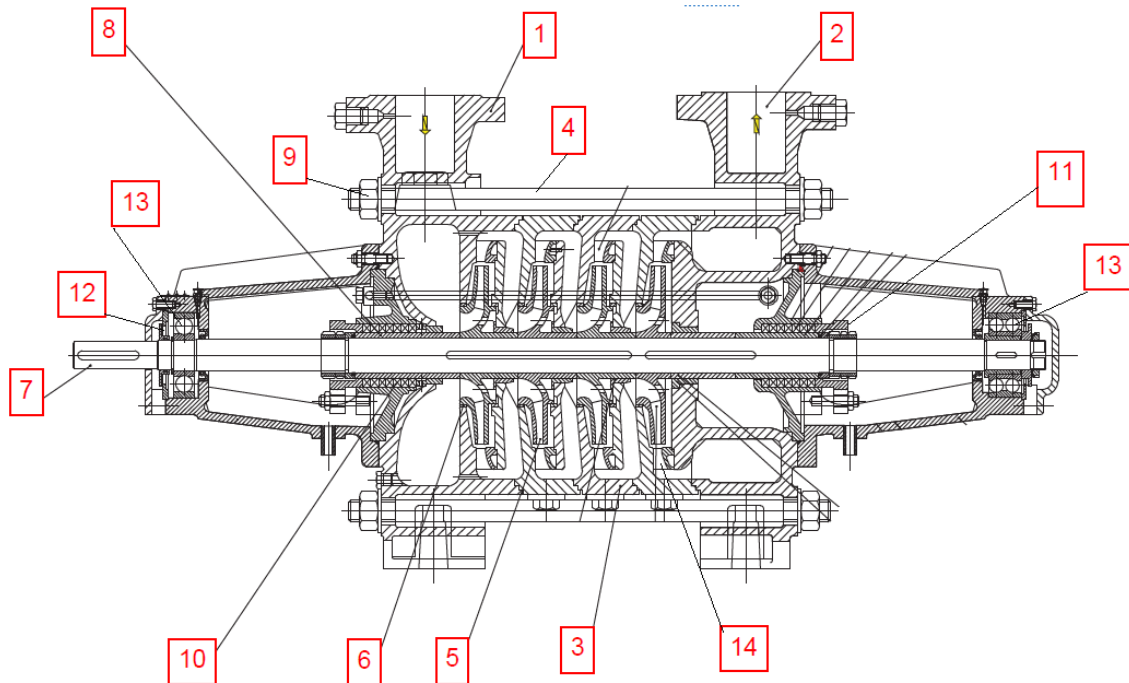
vtokové straně vyměnitelným těsnicím kroužkem, zasazeným pevně v sacím tělese a v tělesech článků. Hřídel je vedena v sacím a výtlačném tělese, jakož i v každém tělese článku ve vyměnitelných pouzdrech. Před účinky čerpané kapaliny a před opotřebením je hřídel po celé délce uvnitř čerpadla i v obou ucpávkách chráněna vyměnitelnými pouzdry. Na sací straně je hřídel vyvedena pro nasazení pružné spojky. Celý rotor čerpadla, tj. všechna oběžná kola i s pouzdry hřídele a rotorovými kroužky, je stažena maticemi, umístěnými vně ucpávkových prostorů. Před montáží je každý rotor vždy samostatně sestaven a dokonale staticky i dynamicky vyvážen, takže čerpadlo pracuje klidně a bez vibrací. Ucpávky čerpadel jsou měkké nebo mechanické. K mému čerpadlu jsem zvolil ucpávku měkkou, protože je určeno k čerpání vody. Jakost měkkého těsnění se volí podle vlastností čerpané kapaliny a její teploty. (7)



georgia

Obrázek 8 Odstředivé čerpadlo SIGMA

## 2.8 Popis nejdůležitějších částí čerpadla



Obrázek 9 Informativní řez čerpadlem

1. Sací těleso
2. Výtlačné těleso
3. Dělená tělesa článků
4. Stahovací šrouby
5. Oběžné kolo
6. Vyměnitelný těsnicí kroužek
7. Hřídel
8. Vyměnitelná pouzdra
9. Matice
10. Ucpávka čerpadla
11. Ucpávková příruba
12. Labyrintové těsnění
13. Ložiska
14. Difuzor



## 2.9 Materiál čerpadla

Hřídel čerpadla je z oceli, pouzdra hřídele z litiny, těsnící kruhy a pouzdra článků z bronzu. Sací a výtlačné těleso z litiny, oběžné a rozváděcí kolo rovněž z litiny. Pro speciální účely je materiál čerpadla volen v odpovídající jakosti. (7)

## 2.10 Použití

Čerpadla řady V-D se používají ve vodárenství, v průmyslových provozech, v hornictví jako pomocná čerpadla pro odčerpávání důlních znečištěných vod apod. Konstrukce čerpadla umožňuje použití čerpadel řady V-D k čerpání jak čisté, tak i znečištěné vody do max. teploty 80°C. Vyhovují proto pro čerpání vody s obsahem max. 5% bahna s nepatrným obsahem písku, uhelného prachu nebo tvrdých mechanických přímísenin o max. velikosti zrna 0,3 - 0,5 mm a max. obsahem 2% hmotnosti. Přítomnost usazenin a pevných částic v čerpané kapalině má ovšem za následek větší opotřebení čerpadla. (7)



Obrázek 10 Důlní čerpadlo na vodu

## 2.11 Poloha hrdel

Sací hrdlo čerpadla je provedeno kolmo k ose čerpadla. Výtlačné hrdlo čerpadla je vyvedeno vždy kolmo nahoru, nad osou čerpadla. (7)

## 3 Praktická část

### 3.1 Zadání

f – otáčky	24.167	[1/s]
$Q_v$ – objemový průtok	0.005	[m <sup>3</sup> /s]
Y – měrná energie pro jeden stupeň	133.3333	[J/kg]
$\rho$ - měrná hmotnost čerpané kapaliny	998	[kg/m <sup>3</sup> ]
$\eta_c$ - celková účinnost	53.6	%
Počet stupňů	6	
$P_p$ - celkový příkon čerpadla	7.8	[kW]
Y - celková měrná energie čerpadla	800	[J/kg]

### 3.2 VÝPOČET (8)

#### 3.2.1 VÝPOČET HŘÍDELE

Určení kroutícího momentu

$$M_k = \frac{P}{\omega} = 8.174701 \quad [\text{Nm}]$$

Příkon motoru čerpadla

$$P = \frac{Q_v * \rho * Y}{\eta_c} = 1241.294 \quad [\text{W}]$$

Volím materiál hřídele ocel 11 500

Dovolené napětí volím s ohledem na zeslabení hřídele drážkou pro pero jako 50% tabulkové hodnoty.

$$\tau_{DK} = 15 \quad [\text{Mpa}]$$
$$d = \sqrt[3]{\frac{5 * M_k}{\tau_{DK}}} = 13.96744 \quad [\text{mm}]$$

VOLÍM PRŮMĚR HŘÍDELE  $d_1 = 36 \quad [\text{mm}]$

Počet stupňů

### 3.2.2 Průměr náboje kola

Na základě průměru hřídele, výpočtu průměr náboje kola

$$\begin{array}{l} d_o=(1,6-1,8).d = 46.8 \quad [\text{mm}] \\ \text{VOLÍM } d_o=1,7.d \quad \quad \quad \mathbf{d_o VOLÍM 50} \quad [\text{mm}] \end{array}$$

PRO URČENÍ SOUČINITELŮ URČÍME RYCHLOBĚŽNOST ČERPADLA

$$\begin{array}{l} \sigma = 2 * \sqrt{\pi} * \frac{f * \sqrt{Q_v}}{\sqrt[4]{\frac{2 * Y_1 * \psi^3}{\pi * f}}} = 0.0917 \\ u_2 = \sqrt{\frac{2 * Y_1}{\psi}} = 16.3299 \end{array}$$

Y1 = měrná energie jednoho stupně čerpadla

$\Psi = 0,7$  až  $0,9$  u čerpadel bez převaděče,  $1$  s převaděčem(dif.)

$$D_2 = \frac{u_2}{\pi * f} \quad D_2 = 0.215086 \quad [\text{m}]$$

$$D_2 = 230 \quad [\text{mm}]$$

$$x = \frac{D_2}{D_0} \quad x = 4.6$$

**x VOLÍM 3**

$$D_0 = \frac{D_2}{x} \quad D_0 = 76.66667 \quad [\text{mm}]$$

volím

$$D_0 = 0.08 \quad [\text{m}]$$

$\sigma$	0,06 až 0,104	0,104 až 0,26	0,26 až 0,52	0,52 až 1,04	1,04 až 2,6
$n_s$	35 až 65	60 až 150	150 až 300	300 až 600	600 až 1500
Název	radiální pomaloběžné	radiální normální	radiální rychloběžné	diagonální	axiální vrtulové
Použití	malé $Q_v$ velké Y	střední $Q_v$ menší Y	větší $Q_v$ menší Y	velké $Q_v$ malé Y	největší $Q_v$ malé Y
$D_2/D_0 = x$	2,5 až 2,2	2,2 až 1,6	1,6 až 1,3	1,2 až 1,1	0,8 až 0,5
Počet lopatek	10 až 9	9 až 7	7	6	2 až 4
Tvar oběžného kola					

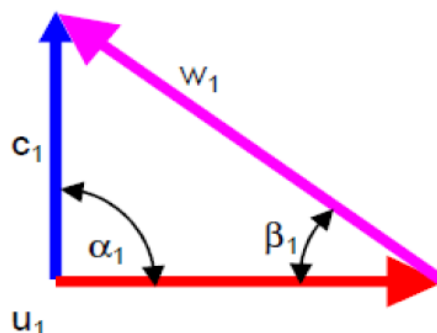
Obrázek 11 Oběžná kola hydrodynamických čerpadel

### 3.2.3 Rychlost na vstupu do oběžného kola

Rychlost v sacím hrdle určíme z průtoku požadovaného množství. Vzhledem ke ztrátám ,vzhledem ke zpětnému proudění uvažujeme s průtokem o 10% větším, teda  $1,1 Q_v$ .

$$c_0 = \frac{4,4 * Q_v}{\pi * (D_0^2 - d_0^2)} \quad c_0 = 1.975154$$

Absolutní vstupní rychlost volíme přibližně stejně velkou jako rychlost v sacím hrdle, nebo o něco vyšší.



### 3.2.4 Určení úhlu $\beta_1$

Ze vstupního trojúhelníku stanovíme úhel  $\beta_1$ , tedy úhel sklonu relativní rychlosti  $w_1$ . Pod tímto úhlem  $\beta_1$ , začíná náběhový úhel

lopatky. Ze vstupního rychlostního trojúhelníku je zřejmé, že  $c_{m1} = c_1$ , neboť úhel  $\alpha = 90^\circ$ .

**$c_1$  VOLÍM 2**

Musíme tedy nejprve určit velikost složky unášivé rychlosti  $u_1$ .

$$u_1 = \pi * D_1 * f = 6.073829573 \quad [\text{m/s}]$$

Průměr oběžného kola  $D_1$  volíme buď stejný jako průměr  $D_0$ , nebo ho můžeme určit z předběžného konstrukčního návrhu oběžného kola.

$$D_1 \text{ VOLÍM} = 80 \quad [\text{mm}]$$

$$D_1 = 0.08 \quad [\text{m}]$$

Potom tedy lze po dosazení určit velikost úhlu  $\beta_1$ .

$$\text{tg}\beta = 0.329281547$$

$$\beta = 0.318099525$$

$$\beta_1 = 18.22576026 \quad [^\circ]$$

### 3.2.5 Stanovení šířky kanálu na vstupní hraně lopatky

Šířka vstupního kanálu na vstupní hraně oběžné lopatky se vypočítá z rovnice průtoku:

$$1.1 * Q_v = \pi * D_1 * b_1 * c_1 * k_1 \rightarrow b_1 = \frac{1.1 * Q_v}{\pi * D_1 * c_1 * k_1}$$

kde  $k_1$  je součinitel zmenšení průtočného průřezu vlivem tloušťky oběžných lopatek. Hodnota  $k_1$  se pohybuje mezi 0,85 až 0,90.

**volím  $k_1 = 0.87$**

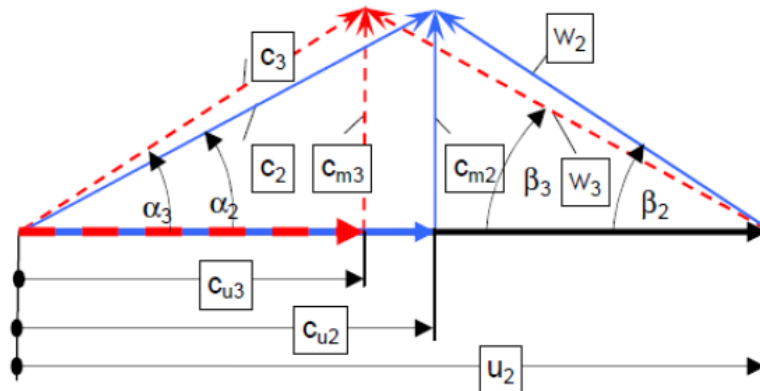
$$b_1 = \frac{1,1 * Q_v}{\pi * D_1 * c_1 * k_1}$$

$$b_1 = 0.012576899 \quad [\text{m}]$$

$$b_1 = 12.57689924 \quad [\text{mm}]$$

$$\text{VOLÍM } b_1 = 15 \quad [\text{mm}]$$

Výstupní rychlostní trojúhelník je vlivem konečného počtu lopatek deformován tak, že skutečný úhel  $\beta_3$  je menší než teoretický  $\beta_3$ .



Obrázek 13 Vstupní rychlostní trojúhelník

Ze vstupního rychlostního trojúhelníku je zřejmé, že  $c_{m1} = c_1$ , neboť úhel  $\alpha = 90^\circ$ .

Na obrázku jsou znázorněny oba rychlostní trojúhelníky.

Beze změny zůstává rychlost  $u_2$  a meridiánová složka

$c_{m3} = c_{m2}$ . Meridiánovou složku  $c_{m2}$  volíme o něco větší než je rychlost  $c_1$ .

$$c_{m2} = 1,1 \cdot c_{m1}$$

$$c_{m2} = 2,2$$

$$(c_{m1} = c_1)$$

Složku  $c_{u2}$  vypočteme ze základní energetické Eulerovy rovnice, za hydraulickou účinnost dosadíme vypočtenou hodnotu  $\eta_h$  volíme v rozmezí 0,6 až 0,85.

$$Y = Y_{teor} * \eta_h = (u_2 * c_{u2} - u_1 * c_{u1}) * \eta_h \rightarrow$$

$$Y = u_2 * c_{u2} * \eta_h \rightarrow c_{u2} = \frac{Y}{u_2 * \eta_h}$$

$$c_{u2} = 5.715476066 \quad [\text{m/s}]$$

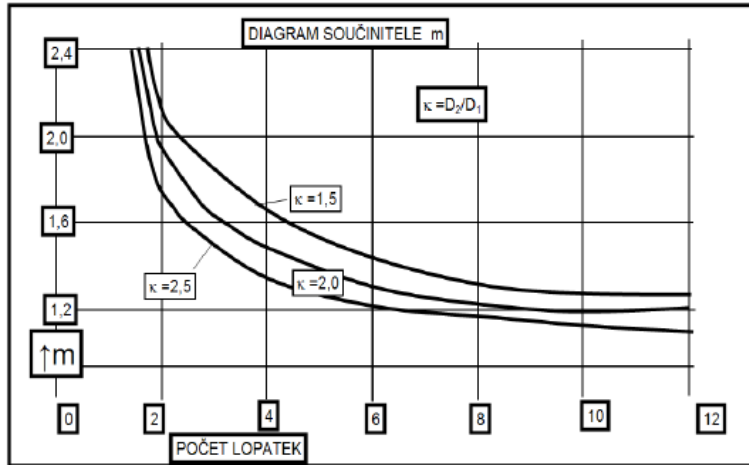
$$Y = 16.32993162$$

$$\eta_H \text{ VOLÍM } 0.7$$

$$\kappa = D_2/D_0 = 3$$

**Volím počet lopatek**

$$z = 10$$



**Obrázek 14 Diagram součinitele m**

$$m = 1$$

$$Cu_3 = Cu_2/m = 5.7154$$

Pro úhel  $\beta_3$  na výstupu pro konečný počet lopatek s konečnou tloušťkou platí

$$\text{tg} \beta_3 = 0.207264517$$

$$\beta = 0.204370814$$

$$\beta_3 = 11.70958511 \quad [^\circ]$$

Nemění se rychlost  $u_2$  a meridiánová složka rychlost  $cm_2 = cm_3$

Šířka výstupního kanálu na výstupní hraně oběžné lopatky se vypočítá z rovnice průtoku:

$$b_2 = 0.004021523 \quad [m]$$

$$b_2 = 4.021523004 \quad [mm]$$

$$\text{volím } b_2 = 4 \quad [mm]$$

Součinitel zúžení kanálu vlivem konečné tloušťky lopatek

$$k_2 = 0,9 \text{ až } 0,95, \text{ volíme } k_2 = 0,92$$

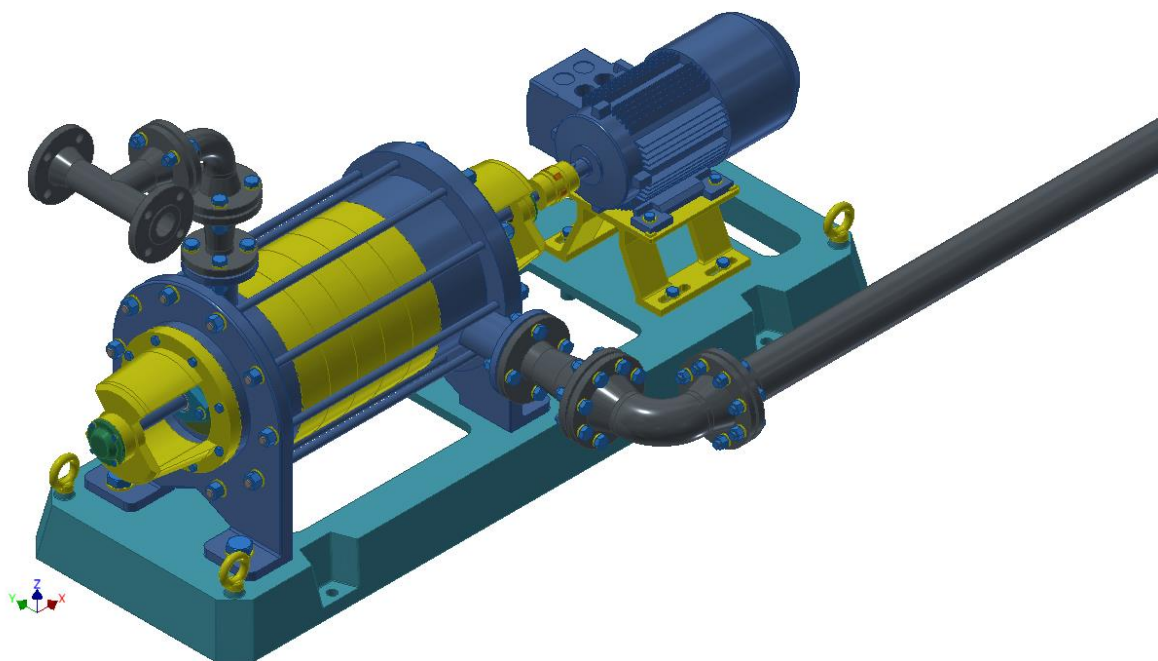
$$k_2 \text{ VOLÍM } 0.92 \quad (8)$$

## 4 Závěr

V mé maturitní práci jsem vytvořil 3D model odstředivého horizontálního čerpadla v programu Autodesk Inventor. Vytvoření 3D modelu bylo časově poměrně náročné. Rozměry čerpadla jsem určil dle výpočtů v praktické části. Použil jsem výpočty k odstředivým čerpadlům ze 3. ročníku. 3D model elektromotoru potřebného k pohonu hřídele čerpadla jsem stáhnul z webových stránek Autodesku.

V teoretické části jsem vysvětlil pojem čerpadlo, popsal princip fungování a popsal základní rozdělení čerpadel. Dále jsem stručně uvedl výrobce tohoto typu čerpadla a nastínil počátky a průběh lidské snahy o přepravu tekutin.

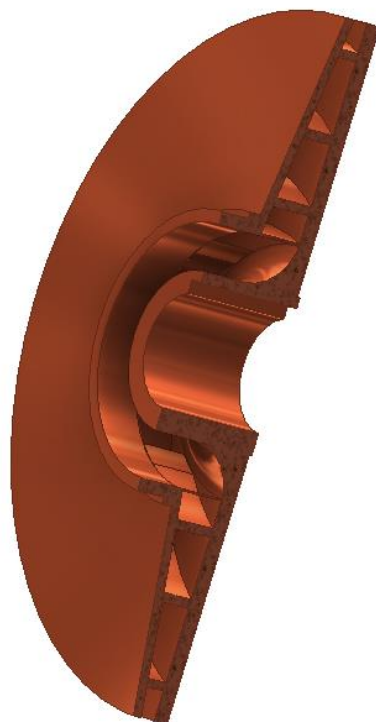
Tvar vstupní a výstupní komory byl pozměněn. Tvar vstupní a výstupní lucerny byl pozměněn z důvodu složitosti tvaru. K určitým součástem jsem vyrobil výkresovou dokumentaci.



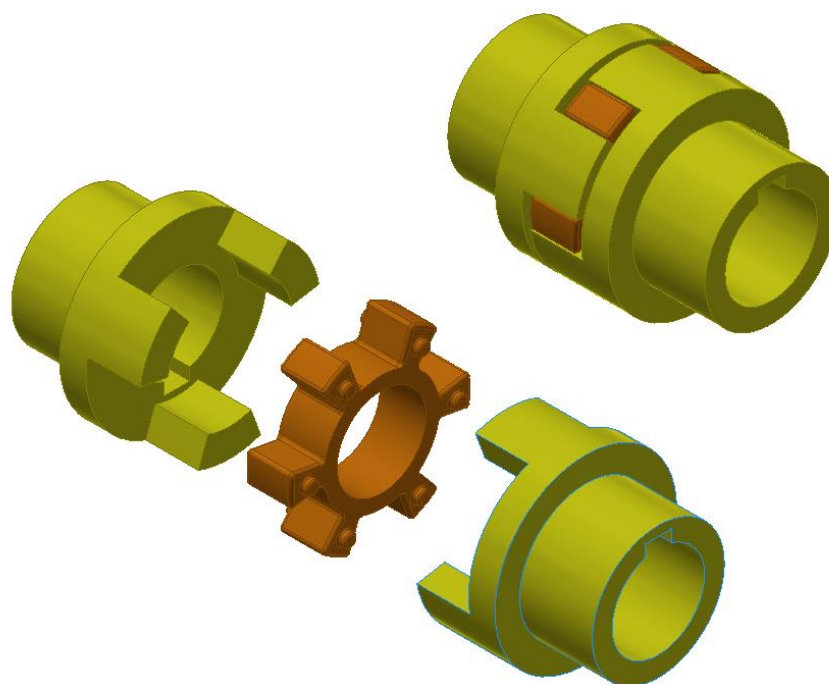
Obrázek 15 3D model



## 4.1 Vzobrayení některých vzmodelovaných součástí



Obrázek 16 Průřez oběžným kolem



Obrázek 17 Hřídelová spojka

## Anotace

Příjmení a jméno:	Velký Jan
Škola:	Střední průmyslová škola strojnická
Název práce:	Odstředivé čerpadlo SIGMA
Vedoucí práce:	Ing. Jiří Šimáček
Počet stran:	30
Počet příloh:	7
Počet použitých zdrojů:	10
Klíčová slova:	Čerpadlo
	Voda
	Kapaliny
	Tekutiny
	SIGMA
	Horizontální
	Odstředivé
	Konstrukce

## Resume

In my maturity work I designed 3D model of multistage centrifugal pump SIGMA in Autodesk Inventor 2016. In my text part I summarized basic and important informations.

I made dimensional calculations and also made technical drawings of some parts.

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Archimédův šroub .....	6
Obrázek 2 Koncept římského pístové čerpadlo z roku 100 Př. n. l. (2).....	7
Obrázek 3 Průřez odstředivým čerpadlem.....	8
Obrázek 4 Axiální čerpadlo .....	9
Obrázek 5 Průtok kapaliny v radiálním a diagonálním čerpadlo .....	10
Obrázek 6 Zleva: pomaloběžné (velké tlaky), střední průtok (střední tlaky) a rychloběžné (malé tlaky) .....	11
Obrázek 7 Průtok kapaliny čerpadlem.....	11
Obrázek 8 Odstředivé čerpadlo SIGMA.....	13
Obrázek 9 Informativní řez čerpadlem .....	14
Obrázek 10 Důlní čerpadlo na vodu .....	15
Obrázek 11 Oběžná kola hydrodynamických čerpadel .....	18
Obrázek 12 Rychlostní trojúhelník čerpadla .....	19
Obrázek 13 Vstupní rychlostní trojúhelník.....	20
Obrázek 14 Diagram součinitele $m$ .....	21
Obrázek 15 3D model .....	22
Obrázek 16 Průřez oběžným kolem.....	23
Obrázek 17 Hřídelová spojka .....	23

## Seznam použitých zdrojů

1. **Wikipedie, Příspěvatelé.** Archimédův šroub. *Wikipedia.org*. [Online] [Citace: 20. Duben 2016.] [https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Archim%C3%A9d%C5%AFv\\_%C5%A1roub&oldid=13105135](https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Archim%C3%A9d%C5%AFv_%C5%A1roub&oldid=13105135).
2. Mlahanas. *Mlahanas.de*. [Online] 2006. <http://www.mlahanas.de/Greeks/Medieval/war/RomanPump.jpg>.
3. **Ing. Ondřej ZAVILA, Ph.D.** Čerpadla. *Prezentace*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava.
4. **ŠMÍD, PAVEL.** KONSTRUKČNÍ PROVEDENÍ ČERPADEL. [Online] 2010. [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=27927](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=27927).
5. <http://www.axflow.com/>. *AXFLOW*. [Online] Ax Flow Holding, 2009. [Citace: 23. březen 2016.] <http://www.axflow.com/cz/cz/vyrobky-a-sluby/princip-fungovani-odstedivych-erpadel/>.
6. Druhy čerpadel. *Druhy a rozdělení čerpadel*. [Online] 2010. <http://druhy-čerpadel.cz/>.
7. **MIZERA, LADISLAV.** KONSTRUKČNÍ PROVEDENÍ ČERPADEL. [Online] 2009. [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=15523](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=15523).
8. **SIGMA PUMPY HRANICE, s.r.o.** *Sigma pumpy*. [Online] <http://www.sigmapumpy.com/>.
9. —. ODSTŘEDIVÁ, ČLÁNKOVÁ, HORIZONTÁLNÍ ČERPADLA. [Online] 2005. [http://www.sigmapumpy.com/downloadFile.php?file=\\_public/upload/prospectus/cz/prospekt\\_VD\\_CZ.pdf](http://www.sigmapumpy.com/downloadFile.php?file=_public/upload/prospectus/cz/prospekt_VD_CZ.pdf).
10. **Houšť, Vladimír.** ODSTŘEDIVÁ ČERPADLA. *DISK K.*: [Online] 26. Leden 2011. <http://vyuka.spssol.cz/~vyuka/>.

## Cizojazyčný slovník

Čerpadlo	Pump
Odstředivý	Centrifugal
Průtok	Flow
Spojka	Coupler
Ložiska	Bearings
Kapalina	Liquid
Oběžné kolo	Impeller
Difuzor	Difusser
Otáčky	Speed
Konstrukce	Design

## Seznam použitých značek a jednotek

f – otáčky	[1/s]
QV – objemový průtok	[m <sup>3</sup> /s]
Y – měrná energie pro jeden stupeň	[J/kg]
ρ - měrná hmotnost čerpané kapaliny	[kg/m <sup>3</sup> ]
hc - celková účinnost	%
PP - celkový příkon čerpadla	[kW]
Y - celková měrná energie čerpadla	[J/kg]
Mk – kroutící moment	[Nm]
T <sub>DK</sub> Tau dovolené v krutu	[Mpa]