



- i Výpočet bez chyb.
- ii Informace o projektu

Kapitola výpočtů

1.0 Jednotky výpočtu, konverze jednotek

1.1 Jednotky výpočtu	SI Units (N, mm, kW...)	
<b>1.2 Konverze jednotek</b>		
Délka	1 μm	39.37007874 μinch
Plocha	1 m²	1550.0031 inch²
Hustota	1 kg/m³	0.062427961 lb/ft³
Hmotnost	1 kg	2.204624 lb
Kin.viskozita	1 mm²/s	1 cSt
Dyn.viskozita	1 μrein	6.89475729 cPoise
Teplota	20 °C	68 °F
Měrná tepelná kapacita	1 J/kg/°K	1 J/kg/°K
Průtoková rychlost	1 litre/min	0.016666667 litre/s
Rychlost	1 m/s	3.280839895 ft/s
Zrychlení	1 m/s²	3.280839895 ft/s²
Otáčky	1 /min	0.016666667 /s
Síla	1 N	0.224809 lbf
Moment	1 Nm	0.737561 lbf-ft
Výkon	1 HP	2545.819362 Btu/h
Energie	1 kWh	3599997.12 J
Tlak	1 MPa	0.145037 kpsi
Drsnost	3.2 Rz [μm]	128 Rz [μin]

2.0 Návrh / kontrola axiálního kluzného ložiska (ISO 12131, ISO 12130, DIN 31654...)

2.1 Základní vstupní údaje

2.2 Volba typu ložiska	B. Axiální kluzná ložiska s naklápěcím segmentem	
2.3 Zatěžující síla (jmenovité zatížení) při jmenovitých otáčkách	F	20000 [N]
2.4 Zatěžující síla (zatížení) v klidovém stavu	Fst	0 = 0 [N]
2.5 Otáčky přitlačného kotouče, Úhlová rychlost	n, ωN	400 41.89 [1/min],[rad/s]
2.6 Materiál kluzné vrstvy ložiska	Slitiny Cu-Pb (7 MPa) *	
2.7 Maximální přípustné měrné zatížení ložiska	plim', plim'.max	7 13 (20) [MPa]
2.8 Poměr průměrů (Di / Do)	DR	0.6 0.4-0.8 [~]
2.9 Poměr ložiskového segmentu (B / L)	BL	1 0.8-1.5 [~]
2.10 Úroveň přesnosti	Střední	

2.11 Automatický návrh

2.12 Spuštění "Automatického návrhu"

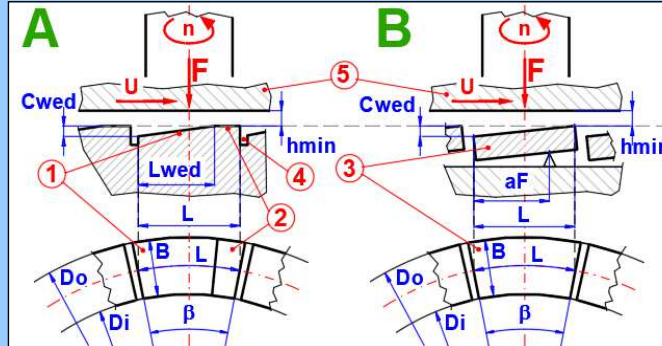
2.13 Výběr maziva (definice)

2.14 ISO VG (Stupeň viskozity)	VG 220 (SAE 50, AGMA !)	
2.15 ISO VI (Viskozitní index)	03. ISO VI = 95	
2.16 Teplota v bodě 1,2	T1,T2	20.0 50.0 [°C]
2.17 Dynamická viskozita v bodě 1,2	η1, η2	0.77625 0.111443 [Pa.s]
2.18 Hustota pro T=20C	Rho20	900 [kg/m³]
2.19 Koeficient tepelné roztažnosti	βL	0.72 0.72 [10 <sup>-3</sup> K]
2.20 Měrná tepelná kapacita maziva	cp1, cp2	1806.174 1943.814 [J/kg/°K]

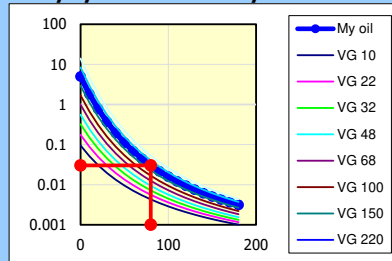
2.21 Návrh rozměrů

2.22 Vnitřní průměr třecích segmentů - návrh	Diprop	108.25 [mm]
2.23 Vnitřní průměr třecích segmentů	Di	110 110 [mm]
2.24 Vnější průměr třecích segmentů	Do	190 190 [mm]
2.25 Délka segmentu v obvodovém směru	L	40 40 [mm]
2.26 Počet segmentů	Z	9 9 (11) [~]
2.27 Střední průměr kluzného ložiska	D	150 [mm]
2.28 Šířka jednoho segmentu	B	40 [mm]

2.80 Základní obrázek



2.81 Grafy dynamické viskozity

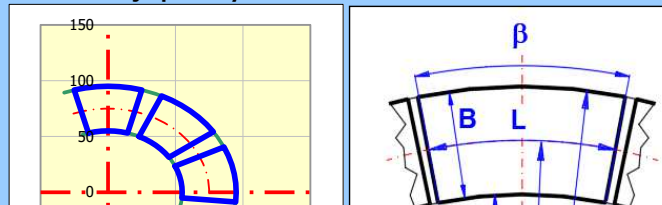


2.82 Uživatelské hodnoty

Tx	80 [°C]
Rhox	862.7301 [kg/m³]
ηx	0.030269 [Pa.s]
vx	3.51E-05 [mm²/s]
VI	94 [~]

Graf  
 ► x...T [°C]  
 ▲ y...η [Pa.s]

2.83 Vnitřní a vnější průměry



2.29 Úhel jednoho segmentu	$\beta$	30.56	[°]
2.30 Poměr průměrů DR = Di / Do	DR	0.58	[~]
2.31 Poměr rozměrů segmentu BL = B / L	BL	1.00	[~]

### 2.32 Parametry třecího segmentu

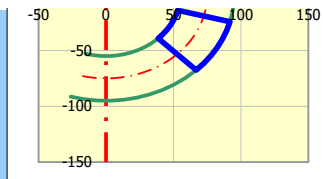
2.33 Hloubka klínu	Cwed	0.035	0.035	[mm]	<input checked="" type="checkbox"/>
2.34 Délka klínu	Lwed	30	30.000	[mm]	<input checked="" type="checkbox"/>
2.35 Relativní vzdálenost opěrného bodu aF* = aF/L	aF*	0.64	0.64	[~]	<input checked="" type="checkbox"/>

### 2.36 Uložení ložiska

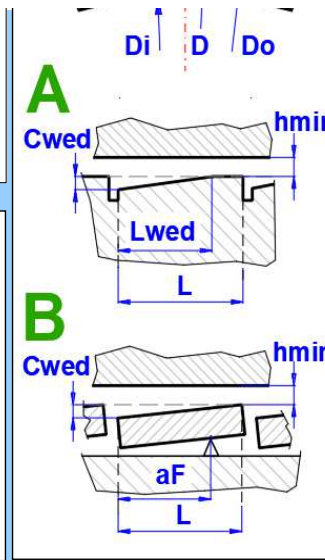
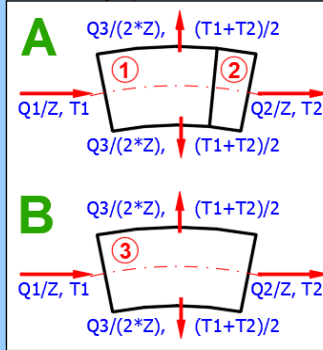
2.37 Způsob uložení ložiska	A. Válcové ložiskové těleso				
2.38 Plocha povrchu vyzařujícího teplo (ložiskové těleso)	A	0.1575	0.1575	[m <sup>2</sup> ]	<input checked="" type="checkbox"/>
2.39 Součinitel vnějšího prostupu tepla, Rychlost vzduchu	kA	20	1.2 [m/s]	[W/m <sup>2</sup> /K]	<input checked="" type="checkbox"/>

### 2.40 Přípustné provozní parametry

2.41 Drsnost přitlačného límce	Rz	3.2	3.2	[μm]	<input checked="" type="checkbox"/>
2.42 Minimální přípustná tloušťka mazacího filmu	hlim,tr	0.00632		[mm]	<input checked="" type="checkbox"/>
2.43 Minimální přípustná tloušťka mazacího filmu	hlim	0.00791	0.00791	[mm]	<input checked="" type="checkbox"/>
2.44 Maximální přípustná teplota ložiska (konvekce)	TlimC	90	90 (110)	[°C]	<input checked="" type="checkbox"/>
2.45 Maximální přípustná teplota ložiska (tlak)	TlimP	100	100 (115)	[°C]	<input checked="" type="checkbox"/>
2.46 Kluzná rychlost na středním průměru	U	3.142		[m/s]	<input checked="" type="checkbox"/>
2.47 Měrné zatížení ložiska	p'	1.39	<7(20)	[MPa]	<input checked="" type="checkbox"/>



### 2.84 Bilance tepla, maziva



### 2.48 Výpočet teplotních a funkčních charakteristik

#### Axiální kluzná ložiska s naklápěcím segmentem

#### 2.49 Způsob chlazení ložiska

##### Chlazení konvekčí

##### Chlazení tlakovým olejem

#### 2.85 Optimalizace

2.50 Teplota maziva na vstupu do ložiska

Ten 40.00 [°C]

2.86 Viskozita

2.51 Předpokládaná teplota maziva na výstupu z ložiska

Tex 60.00 ~50-70 [°C]

2.87 VG 220 (SAE 50, AGMA 5)

2.52 Teplota okolí

Tamb 20.00 20-40 [°C]

ΔT 20 [°C]

2.88 Poměr Di / Do

2.53 Předpokládaná počáteční teplota ložiska (TB,0=Teff)

TB,0 81.57 < 90 [°C]

Teff,0 56.15 [°C]

2.89 DR = 0.58 (DRInp=0.6)

2.54 Efektivní teplota maziva

Re 1.219078 < 600 [~]

Re 0.733859 < 600 [~]

2.90 Poměr B / L

2.55 Reynoldsovo číslo

Rho(T) 861.7987 [kg/m<sup>3</sup>]

Rho(T) 877.167 [kg/m<sup>3</sup>]

2.91 BL = 1.00 (L=40 mm)

2.56 Hustota maziva

η(T) 0.028624 >0.0129 [Pa.s]

η(T) 0.081833 >0.0132 [Pa.s]

2.92 Průměr Di

2.57 Dynamická viskozita maziva

F\* 0.064142 [~]

F\* 0.064142 [~]

2.93 Di = 110 mm

2.58 Charakteristická hodnota únosnosti

hmin/Cwed 0.426275 0.2-2 [~]

hmin/Cwed 0.426275 0.2<2 [~]

2.94 Průměr Do

2.59 Relativní minimální tloušťka mazacího filmu

hmin 0.012889 >0.0079 [mm]

hmin 0.021793 >0.0079 [mm]

2.95 Do = 190 mm

2.60 Minimální tloušťka mazacího filmu

f\* 0.614418 [~]

f\* 0.614418 [~]

2.96 Počet segmentů Z

2.61 Charakteristická hodnota tření

k 218.75 [W/m<sup>2</sup>/K]

k 218.75 [W/m<sup>2</sup>/K]

2.97 Z = 9 (Zmax=11)

2.62 Součinitel přestupu tepla vztahovaný k součinu B \* L \* Z

PTH,f 193.9324 [W]

PTH,f 327.9033 [W]

2.63 Tepelný tok v důsledku třecí síly

Mf 4.630135 [Nm]

Mf 7.82869 [Nm]

2.64 Třecí moment

TB,1 81.57 < 90 [°C]

Q0 1.478806 litre/min

2.65 Vypočtená teplota ložiska

TB,2 81.57 [°C]

Q1 1.883926 [litre/min]

2.66 Zlepšený předpoklad teploty ložiska

Q2 1.095506 [litre/min]

2.67 Relativní průtok maziva Q0 = B \* hmin \* U \* Z

Q3 0.78842 [litre/min]

2.68 Průtok maziva ve vstupní mezeře (v obvodovém směru)

Q 0.56868 [litre/min]

2.69 Průtok maziva ve výstupní mezeře (v obvodovém směru)

M 0.5 0.4 - 0.6 [~]

2.70 Průtok maziva po stranách (kolmo na obvodový směr)

T1 52.33 [°C]

2.71 Celkové množství maziva, které je nutné přivést do ložiska

TB=T2 59.96 < 100 [°C]

2.72 Směšovací koeficient

Teff,1 56.14 [°C]

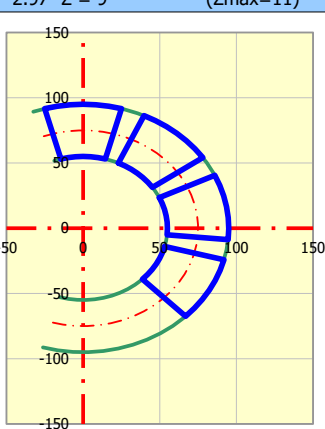
2.73 Teplota maziva ve vstupní mezeře

Teff,2 56.15 [°C]

2.74 Teplota maziva ve výstupní mezeře

2.75 Efektivní teplota maziva

2.76 Zlepšený předpoklad efektivní teploty maziva



Iterace

3.0 Výběr, porovnání a specifikace maziva

3.1 A. Výběr maziva z tabulky maziv

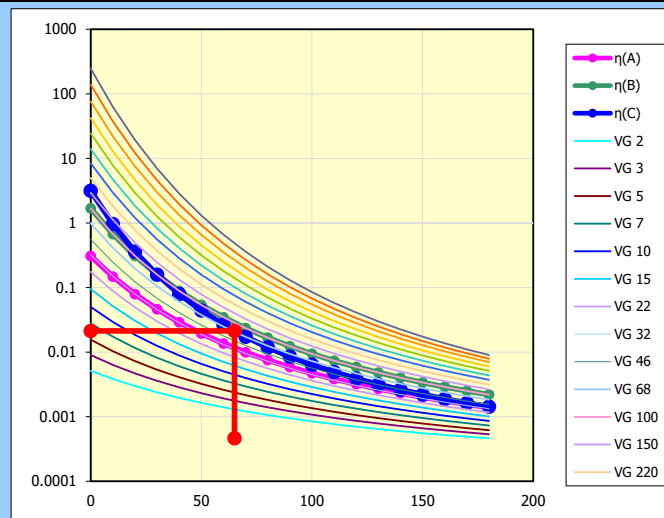
3.2 01. Ložiskový olej SAE 10; 10-W (ISO VG=32, VI=166)

3.3 B. Výběr maziva z tabulky ISO 3448

3.4 ISO VG (Stupeň viskozity) VG 11. ISO VG 100 [VG]  
 3.5 ISO VI (Viskozitní index) VI 03. ISO VI = 95 [VI]  
 3.6 ISO VR (Poloha v rozsahu) VR 0.5 0 - 1 [~]

3.7 C. Definice maziva

3.8 Teplota pro definici hustoty T 20.0 [°C]  
 3.9 Hustota maziva při T Rho 900.00 [kg/m³]  
 3.10 Koeficient tepelné roztažnosti βL 0.720 0.720 [10<sup>-3</sup> K]  
 3.11 Specifická tepelná kapacita cp 1806.174 [J/kg/°K]  
 3.12 Měrné objemové teplo maziva Rho\*cp 1625556.6 [J/m³/°K]  
 3.13 Definice viskozity maziva  
 3.14 Teplota v bodě 1,2 T1,T2 20.0 50.0 [°C]  
 3.15 Kinematická viskozita v bodě 1,2 v1, v2 400 50 [mm²/s]  
 3.16 Dynamická viskozita v bodě 1,2 η1, η2 0.36 0.044049 [Pa.s]  
 3.17 Index viskozity 0 [VI]



Graf: ▶x...T [°C] ; ▲y...η [Pa.s]

3.19 Srovnávací tabulka

ISO 3348	AGMA 9005-D94	SAE J300	SAE J306
Průmyslové oleje	Převodové oleje	Motorové oleje	Průmyslové oleje
680	8		140
460	7		
320	6	60	90
220	5	50	
150	4	40	85W
100	3	30	80W
68	2	20	
46	1	20	75W
32	0	15W	
22		10W	
15		5W, 10W	

3.20 Tabulka viskozity, hustoty a tepelné kapacity

T	η(A)	η(B)	η(C)	v(C)	Rho(C)	cp(C)
[°C]	[Pa.s]	[Pa.s]	[Pa.s]	[mm²/s]	[kg/m³]	[J/kg/°K]
Ts 0	0.308278	1.681991	3.14682	3446.118	913.1494	1688.191
10	0.147648	0.673535	0.962124	1061.33	906.527	1747.495
20	0.078914	0.3087	0.36	400	900	1806.174
30	0.04612	0.158075	0.158299	177.1543	893.5663	1864.251
40	0.029	0.088701	0.079246	89.31894	887.224	1921.749
50	0.019367	0.053695	0.044049	50	880.971	1978.686
60	0.013594	0.034624	0.026652	30.46667	874.8056	2035.085
70	0.009946	0.023538	0.017281	19.89182	868.7259	2090.963
80	0.007534	0.016728	0.011857	13.74305	862.7301	2146.339
90	0.005877	0.012343	0.008523	9.947707	856.8165	2201.232
100	0.0047	0.009402	0.006369	7.48412	850.9834	2255.657
110	0.003839	0.007358	0.004915	5.815341	845.2292	2309.632
120	0.003194	0.005895	0.003898	4.643123	839.5522	2363.172
130	0.0027	0.004819	0.003164	3.793669	833.9511	2416.293
140	0.002314	0.004008	0.002619	3.161372	828.4242	2469.008
150	0.002008	0.003385	0.002205	2.679656	822.97	2521.333
160	0.001761	0.002897	0.001885	2.305167	817.5872	2573.28
170	0.001559	0.002509	0.001632	2.008844	812.2744	2624.863
180	0.001392	0.002196	0.001429	1.770704	807.0301	2676.094

3.21 Uživatelské hodnoty

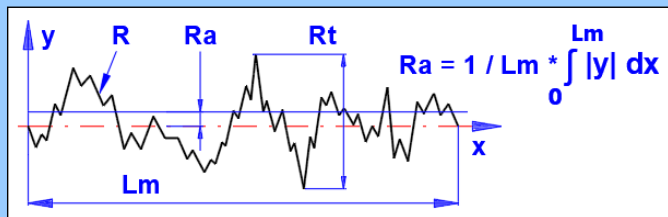
Tx	65	0.011573	0.028376	0.021294	24.42695	871.7551	2063.088
----	----	----------	----------	----------	----------	----------	----------

4.0 Tabulky drsností

Převodní tabulka						
ISO 468	ASA B.46.1	BS 1134	Germany	JIS		
Ra μm	AA μin	CLA μin	Rt μm	Rz μm	Ry μm	ISO 1302
0.006	0.25					N01
0.012	0.5			0.05	0.05	N0
0.025	1		0.25	0.1	0.1	N1
0.05	2		0.5	0.2	0.2	N2
0.1	4	4	0.8	0.4	0.4	N3
0.2	8	8	1.6	0.8	0.8	N4
0.4	16	16	2.5	1.6	1.6	N5
0.8	32	32	4	3.2	3.2	N6
1.6	63	63	8	6.3	6.3	N7
3.2	125	125	16	12.5	12.5	N8
6.3	250	250	25	25	25	N9
12.5	500	500	50	50	50	N10
25	1000	1000	100	100	100	N11
50	2000		200	200	200	N12
100	4000			400	400	N13
200	8000					N14

ISO 468			
Ra μm	Rz μm	Ra μm	Rz μm
0.006	<b>0.025</b>	2.0	8.0
0.008	0.032	2.5	10.0
0.010	0.040	<b>3.2</b>	<b>12.5</b>
<b>0.012</b>	<b>0.050</b>	4.0	16.0
0.016	0.063	5.0	20
0.020	0.080	<b>6.3</b>	<b>25</b>
<b>0.025</b>	<b>0.100</b>	8.0	32
0.032	0.125	10.0	40
0.040	0.160	<b>12.5</b>	<b>50</b>
<b>0.050</b>	<b>0.20</b>	16.0	63
0.063	0.25	20	80
0.080	0.32	<b>25</b>	<b>100</b>
<b>0.100</b>	<b>0.40</b>	32	125
0.125	0.50	40	160
0.160	0.63	<b>50</b>	<b>200</b>
<b>0.20</b>	<b>0.80</b>	63	250
0.25	1.00	80	320
0.32	1.25	<b>100</b>	<b>400</b>
<b>0.40</b>	<b>1.60</b>	125	500
0.50	2.0	160	630
0.63	2.5	<b>200</b>	<b>800</b>
<b>0.80</b>	<b>3.2</b>	250	1000
1.00	4.0	320	1250
1.25	5.0	<b>400</b>	<b>1600</b>
<b>1.60</b>	<b>6.3</b>		

DIN 4763-60	
Ra μm	Rz μm
0.01	0.04
0.016	0.063
0.025	0.1
0.04	0.16
0.063	0.25
0.1	0.4
0.16	0.63
0.25	1
0.4	1.6
0.63	2.5
1	4
1.6	6.3
2.5	10
4	16
6.3	25
10	40
16	63
25	100
40	160
63	250
100	400
160	630
250	1000



## 5.0 Maximální přípustné měrné zatížení ložiska - grafy

### 5.1 Výběr materiálu třecí vrstvy

5.2 A. Materiál kluzné vrstvy ložiska

5.3 B. Materiál kluzné vrstvy ložiska

5.4 C. Materiál kluzné vrstvy ložiska

1. Bronz - Cu-Sn5-Pb5-Zn5

2. Bronz - Cu-Sn10-Pb10

3. Olověná kompozice - Pb-Sn6-Sb6

5.5 Kluzná rychlost na střednímu průměru

5.6 Maximální přípustné měrné zatížení ložiska

5.7 Maximální přípustné měrné zatížení ložiska

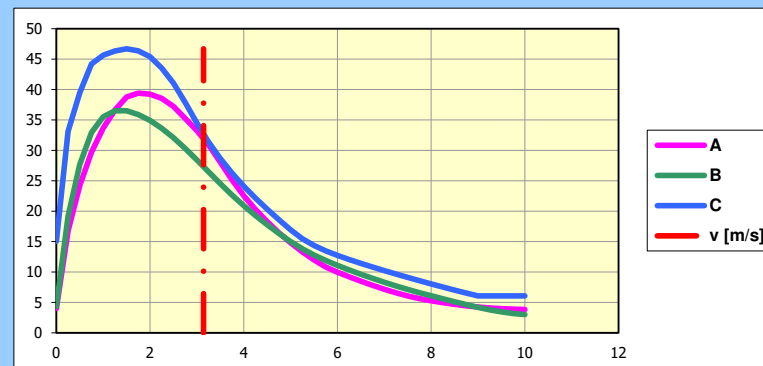
5.8 Maximální přípustné měrné zatížení ložiska

5.9 Maximální kluzná rychlost

5.10 Maximální kluzná rychlost

5.11 Maximální kluzná rychlost

v	3.142	3.142	[m/s]
plim'A	31.962		[MPa]
plim'B	27.315		[MPa]
plim'C	32.663		[MPa]
vmaxA	>10		[m/s]
vmaxB	>10		[m/s]
vmaxC	9		[m/s]



Graf: ▶x...v [m/s]; ▲y...plim [MPa]