



Třecí brzdy a spojky

i Výpočet bez chyb.

ii Informace o projektu

?

Kapitola vstupních parametrů

1.0 Jednotky, výpočet energií, zatěžujících momentů, výběr materiálů a koeficientů

1.1 Jednotky výpočtu

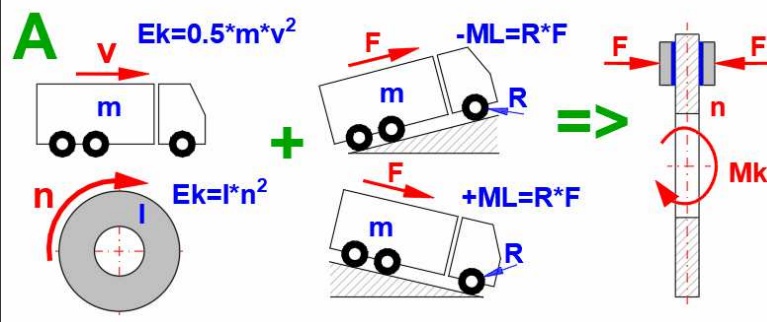
SI Units (N, mm, kW...)

1.2 Způsob výpočtu energie a zatížení

A. Výpočet brzd

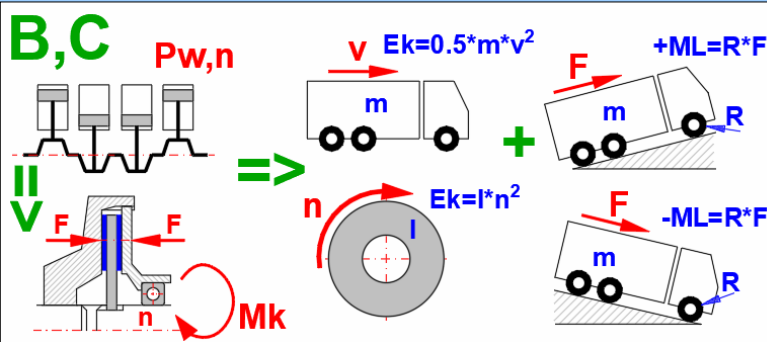
1.3 Výpočet brzdy

1.4 Počáteční kinetická energie mechanismu	Ek [J]	735000.00	
1.5 Zatěžovací / odlehčovací moment (+ / -)	ML [Nm]	122.980	
1.6 Redukovaný moment setrvačnosti	Ired	56.5221479	[kg*m ²]
1.7 Počáteční otáčky brzdového disku (bubnu)	n1	1540	[/min]
1.8 Koncové otáčky brzdového disku (bubnu)	n2	0	[/min]
1.9 Požadovaný čas brždění	t	7.14	[s]
1.10 Teoretický brzdící moment	Mcalc	1399.624	[Nm]
1.11 Koeficient nerovnoměrnosti zařízení	KA	1.10	1.00 [~] <input type="checkbox"/>
1.12 Kroučící moment pro návrh brzd	Mk	1539.586	[Nm]
1.13 Energie oteplení brzd	Eh	805802.828	[J]



1.14 Výpočet spojky (rozběh)

1.15 Koncová kinetická energie mechanismu	Ek [J]	39200.00	
1.16 Zatěžovací / odlehčovací moment (+ / -)	ML [Nm]	42.724	
1.17 Redukovaný moment setrvačnosti	Ired	1.143875635	[kg*m ²]
1.18 Výkon pohonu (el.motor, spalovací motor ...)	Pw	60.000	[kW]
1.19 Otáčky spojky (na straně pohonu)	n1	2500	[/min]
1.20 Otáčky spojky (na straně mechanismu)	n2	0	[/min]
1.21 Kroučící moment pohonu	Me	229.183	[Nm]
1.22 Koeficient nerovnoměrnosti zařízení	KA	1.30	1.37 [~] <input type="checkbox"/>
1.23 Kroučící moment pro návrh spojky	Mk	297.938	[Nm]
1.24 Účinnost spojky	η	0.950	[~]
1.25 Moment využitelný pro dosažení Ek	Mu	66.138	[Nm]
1.26 Čas záběru spojky (rozběhu mechanismu)	t	2.26	2.26 [s] <input checked="" type="checkbox"/>
1.27 Dosažená skutečná koncová kinetická energie	Ek'	39200.000	[J]
1.28 Energie pro nárůst teploty spojky	Eh	67918.175	[J]



1.39 Návrh koeficientu KA

1.40 Hnací stroj	E. Spalovací motor - 4 válce	
1.41 Hnaný / bržděný mechanismus, zatížení	A. Občasně plné zatížení	
1.42 Denní využití	4 h	

1.43 Výběr třecího materiálu

1.44 30. FERODO DS2000 - Za sucha (FERODO)(f=0.48, pmax: 2.5, kotoučové brzdy)			<input checked="" type="checkbox"/>
1.45 Dynamický koeficient tření	f	0.48	0.48 [~]
1.46 Statický koeficient tření	f0	---	---
1.47 Max. třecí rychlost	vmax	45	45 [m/s]
1.48 Max. tlak na třecí povrch	pmax	2.5	2.5 [MPa]
1.49 Dovolená teplota (provozní)	Tmax	480	480 [°C]

1.50 Výběr materiálu brzdy/spojky (disk, buben, skříň....)

1.51 A. Ocel (7850)			<input checked="" type="checkbox"/>
1.52 Hustota	Ro	7850.00	7850 [kg/m ³]
1.53 Měrná tepelná kapacita	c	450.000	450 [J/kg/K]
1.54 Tepelná vodivost	lambda	50	50 [W/m/K]

1.29 Kontrola spojky (stálé zatížení)

1.30 Výkon pohonu (el.motor, spalovací motor ...)	Pw	90.000	[kW]
1.31 Otáčky	n	2000	[/min]
1.32 Kroučící moment pohonu	Me	429.718	[Nm]
1.33 Koeficient nerovnoměrnosti zařízení	KA	1.37	1.37 [~] <input checked="" type="checkbox"/>
1.34 Kroučící moment pro návrh spojky	Mk	588.714	[Nm]

1.35 Předběžný návrh průměru hřídelů (ocel)

1.36 Materiál hřídele (pevnost v tahu)	A. Běžná konstrukční ocel (Rm = 500)		
1.37 - Hřídele přenářející hlavní zatížení	DA	90.70	[mm]
1.38 - Malé, krátké hřídele	DB	74.70	[mm]

2.0 Diskové (kotoučové) brzdy / spojky

2.1 Základní vstupní hodnoty

2.2 Brzděný / přenášený moment	Mk [Nm]	1539.586	1539.586	<input checked="" type="checkbox"/>
2.3 Koeficient tření	f [~]	0.48	0.48	<input checked="" type="checkbox"/>

2.4 Definice třecího segmentu

2.5 Tvar třecího segmentu	A. Mezikruhová výseč			
2.6 Způsob výpočtu	A. Rovnoměrné opotřebení			
2.7 Počet třecích ploch	N	2	[~]	
2.8 Vnější poloměr třecího segmentu	Ro	181.382	[mm]	
2.9 Výška třecího segmentu	H [mm]	76.720	~76.72	<input checked="" type="checkbox"/>
2.10 Vnitřní poloměr třecího segmentu	Ri	104.662	[mm]	
2.11 Úhel segmentu	α	80.00	[°]	
2.12 Ekvivalentní poloměr	Re	143.022	[mm]	
2.13 Poloměr působíště normálové síly Fn'	R'	134.841	[mm]	
2.14 Doplnkové úhly	θ_1, θ_2	50 130	[°]	
2.15 Šířka segmentu	L	233.180	[mm]	
2.16 Koeficient vyplnění	cF [~]	1.00	~ 1	<input checked="" type="checkbox"/>
2.17 Styková plocha jednoho třecího segmentu	S	15320.65795	[mm ²]	
2.18 Skluzová plocha pro třecí segment	S''	68942.96078	[mm ²]	

2.19 Hodnoty pro jednu třecí plochu

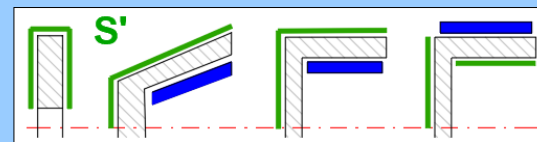
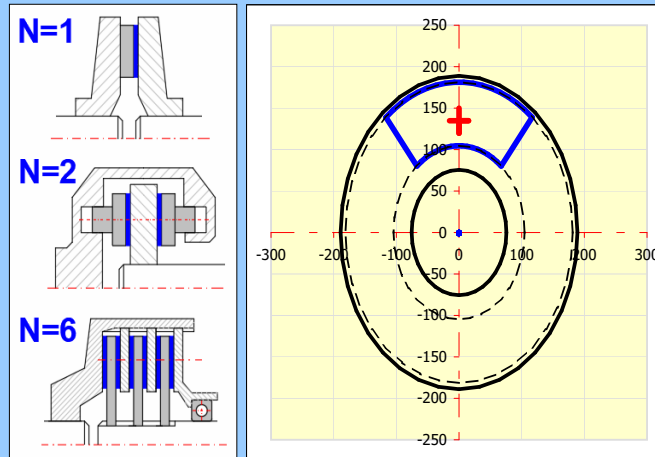
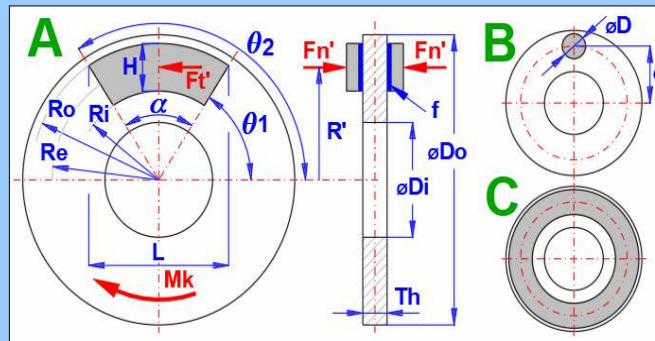
2.20 Brzděný / přenášený moment	Mk'	769.793	[Nm]
2.21 Třecí síla	Ft'	5382.356	[N]
2.22 Normálová síla	Fn'	11213.243	[N]
2.23 Třecí rychlost	vmax [m/s]	29.251	< 45
2.24 Maximální tlak	pmax [MPa]	1.000	< 2.5
2.25 Hustota tepelného toku plochou S''	q	1.637	[W/mm ²]
2.26 Přibližný nárůst teploty	ΔT_1	127.36	[°C]
2.27 Oteplení povrchu třecí plochy	ΔT_2	173.47	[°C]

2.28 Hledání řešení (GoalSeek)

2.29	03. Nastavení požadované hodnoty "pmax" změnou hodnoty "Ro + H"		
2.30	Požadovaná hodnota parametru	pmax [MPa]	1

2.31 Výpočet brzdového disku

2.32 Vnější průměr	Do [mm]	378	[mm]	<input checked="" type="checkbox"/>
2.33 Vnitřní průměr	Di [mm]	151.2	[mm]	
2.34 Tloušťka brzdového kotouče	Th [mm]	19	[mm]	
2.35 Počet disků	N'	1	[~]	
2.36 Povrch	S'	211093.9148	[mm ²]	
2.37 Objem	V	1791044.466	[mm ³]	
2.38 Hmotnost	m	14.05969906	[kg]	



3.0 Kuželové brzdy / spojky

3.1 Základní vstupní hodnoty

3.2 Brzděný / přenášený moment	Mk [Nm]	1539.586	1539.586	<input checked="" type="checkbox"/>
3.3 Koeficient tření	f [~]	0.48	0.48	<input checked="" type="checkbox"/>

3.4 Definice třecího segmentu

3.5 Tvar třecího segmentu	B. Kompletní kuželová plocha			
3.6 Způsob výpočtu	A. Rovnoměrné opotřebení			
3.7 Počet třecích ploch	N	1	[~]	<input type="checkbox"/>
3.8 Vnější průměr kuželové plochy	Do	146.425	[mm]	<input type="checkbox"/>
3.9 Vnitřní průměr kuželové plochy	Di [mm]	84.490	~84.49	<input checked="" type="checkbox"/>
3.10 Úhel segmentu	α	70.00	[°]	<input type="checkbox"/>
3.11 Úhel kužele	β	17.21	[°]	<input checked="" type="checkbox"/>
3.12 Šířka kužele	w	100.000	[mm]	<input type="checkbox"/>
3.13 Ekvivalentní průměr	De	115.458	[mm]	<input type="checkbox"/>
3.14 Styková plocha jednoho třecího segmentu	S	37971.49583	[mm ²]	<input type="checkbox"/>
3.15 Skluzová plocha pro třecí segment	S"	37971.49583	[mm ²]	<input type="checkbox"/>

3.16 Hodnoty pro jednu třecí plochu

3.17 Brzděný / přenášený moment	Mk'	1539.586	[Nm]
3.18 Třecí síla	Ft'	26669.286	[N]
3.19 Normálová síla	Fn'	16435.858	[N]
3.20 Třecí rychlost	vmax [m/s]	11.807	< 45
3.21 Maximální tlak	pmax [MPa]	2.000	< 2.5
3.22 Hustota tepelného toku plochou S"	q	2.972	[W/m ²]
3.23 Přibližný nárůst teploty	$\Delta T1$	708.71	[°C]
3.24 Oteplení povrchu třecí plochy	$\Delta T2$	629.90	[°C]

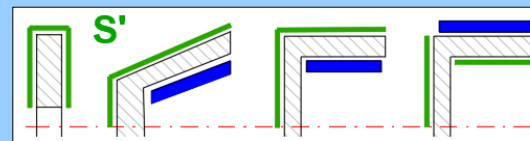
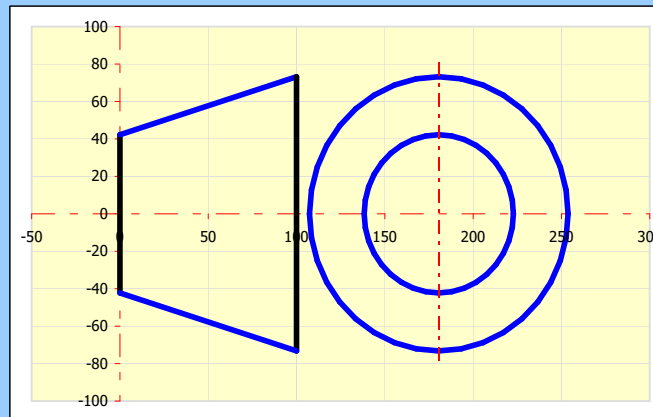
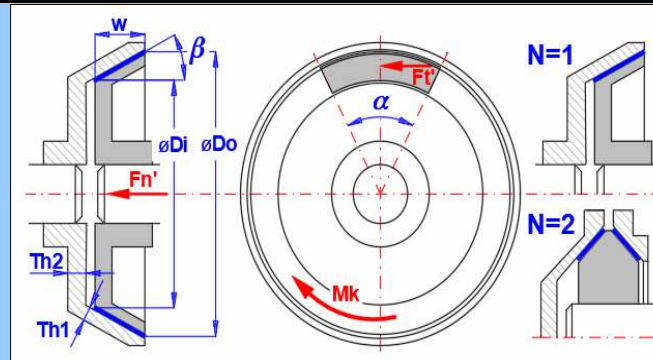
3.25 Hledání řešení (GoalSeek)

3.26 03. Nastavení požadované hodnoty "pmax" změnou hodnoty "Do + Di"

3.27 Požadovaná hodnota parametru	pmax [MPa]	2
-----------------------------------	------------	---

3.28 Výpočet třecího kužele

3.29 Tloušťka stěny	Th1	7	[mm]	<input checked="" type="checkbox"/>
3.30 Tloušťka stěny	Th2	10	[mm]	<input type="checkbox"/>
3.31 Povrch	S'	46866.89055	[mm ²]	<input type="checkbox"/>
3.32 Objem	V	321866.5908	[mm ³]	<input type="checkbox"/>
3.33 Hmotnost	m	2.526652737	[kg]	<input type="checkbox"/>



4.0 Bubnové brzdy / spojky

4.1 Základní vstupní hodnoty

4.2 Brzděný / přenášený moment	Mk [Nm]	500.000	1539.586	<input type="checkbox"/>
4.3 Koeficient tření	f [~]	0.4	0.48	<input type="checkbox"/>

4.4 Definice třecího segmentu

4.5 Typ brzdy / spojky	B. Vnější čelisti			
4.6 Počet čelistí úběžných (L) / náběžných (R)	NL/NR	1	1	
4.7 Průměr bubnu	D	300.000	[mm]	
4.8 Šířka obložení	w	100.000	[mm]	
4.9 Poloha čepu (rádius a úhel)	R1/a1	197.23	30.47	[mm]/[°] <input checked="" type="checkbox"/>
4.10 Poloha čepu (souřadnice x, y)	x1/y1	100.00	-170.00	[mm] <input checked="" type="checkbox"/>
4.11 Působíště síly (rádius a úhel)	R2/a2	197.23	149.53	[mm]/[°] <input checked="" type="checkbox"/>
4.12 Působíště síly (souřadnice x, y)	x2/y2	100.00	170.00	[mm] <input type="checkbox"/>
4.13 Brzdící segment úhel od / do	θ_1, θ_2	35.00	145.00	[°]
4.14 Vzdálenost čepu čelisti od osy bubnu	a	171.877	[mm]	
4.15 Koeficient vyplnění	cF [~]	1.00	~ 0.95	<input type="checkbox"/>
4.16 Styková plocha jednoho třecího segmentu	S	28797.93266	[mm ²]	
4.17 Skluzová plocha pro třecí segment	S''	94247.77961	[mm ²]	

4.18 Hodnoty pro třecí plochy

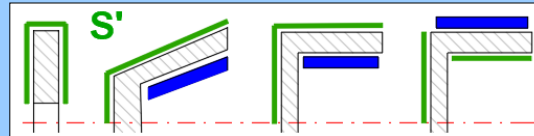
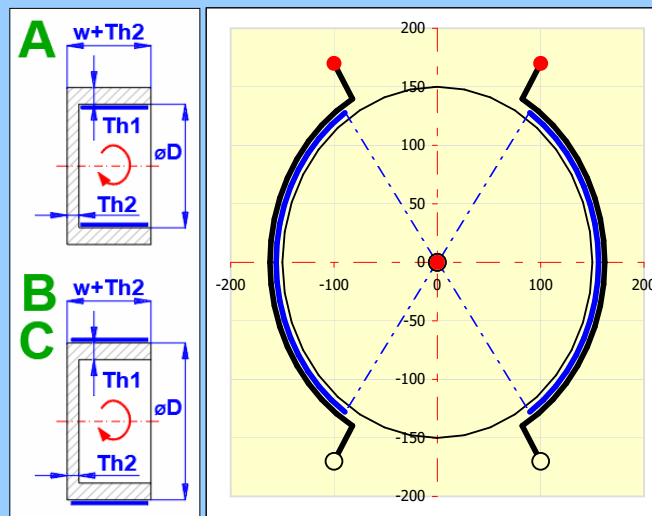
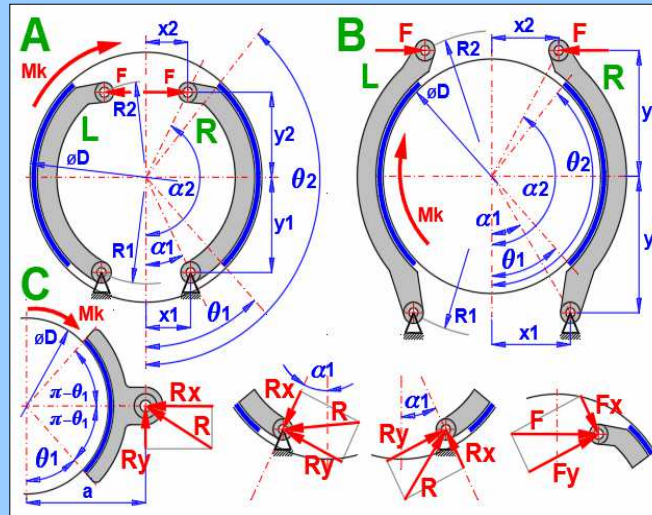
4.19 Brzdící moment brzdy L	ML	194.177	[Nm]	
4.20 Brzdící moment brzdy R	MR	305.823	[Nm]	
4.21 Přítlačná síla FL=FR=F	F	1932.404	[N]	
4.22 Složky síly F	Fx/Fy	979.7677	1665.605	[N]
4.23 Reakce v čepu L	RL	1252.101	[N]	
4.24 Složky reakce v čepu L	RLx/RLy	1050.656	681.0864	[N]
4.25 Reakce v čepu R	RR	3437.336	[N]	
4.26 Složky reakce v čepu R	RRx/RRy	-1213.022	3216.187	[N]
4.27 Třecí rychlost	vmax [m/s]	0.000	< 45	
4.28 Maximální tlak v úběžné čelisti (L)	pmaxL [MPa]	0.153	< 2.5	
4.29 Maximální tlak v náběžné čelisti (R)	pmaxR [MPa]	0.241	< 2.5	
4.30 Hustota tepelného toku plochou S'	q	0.000	[W/m ²]	
4.31 Přibližný nárůst teploty	ΔT_1	0.00	[°C]	
4.32 Oteplení povrchu třecí plochy	ΔT_2	0.00	[°C]	

4.33 Hledání řešení (GoalSeek)

4.34 10. Nastavení požadované hodnoty "pmaxR" změnou hodnoty "D"		
4.35 Požadovaná hodnota parametru	pmaxR [MPa]	2

4.36 Výpočet brzdového bubnu

4.37 Tloušťka stěny	Th1	10	[mm] <input checked="" type="checkbox"/>
4.38 Tloušťka stěny	Th2	12	[mm]
4.39 Povrch	S'	345449.5282	[mm ²]
4.40 Objem	V	2607521.902	[mm ³]
4.41 Hmotnost	m	20.46904693	[kg]



5.0 Pásové brzdy / spojky

5.1 Základní vstupní hodnoty

5.2 Brzděný / přenášený moment	Mk [Nm]	510.815	1539.586	<input type="checkbox"/>
5.3 Koeficient tření	f [~]	0.3	0.48	<input type="checkbox"/>

5.4 Definice třecího segmentu

5.5 Počet brzdících pásů	N	1	[~]
5.6 Vnější průměr bubnu	D	300.000	[mm]
5.7 Úhel opásání	α	270.00	[°]
5.8 Šířka pásu	w	100.000	[mm]
5.9 Styková plocha jednoho třecího segmentu	S	70685.83471	[mm ²]
5.10 Skluzová plocha pro třecí segment	S''	94247.77961	

5.11 Hodnoty pro jeden pás

5.12 Třecí síla	Ft'	3405.431	[N]
5.13 Tahová síla	F1'	4500.000	[N]
5.14 Tahová síla	F2'	1094.569	[N]
5.15 Třecí rychlost	vmax [m/s]	0.000	< 45
5.16 Maximální tlak	pmax [MPa]	0.300	< 2.5
5.17 Hustota tepelného toku plochou S''	q	0.000	[W/m ²]
5.18 Přibližný nárůst teploty	$\Delta T1$	0.00	[°C]
5.19 Oteplení povrchu třecí plochy	$\Delta T2$	0.00	[°C]

5.20 Hledání řešení (GoalSeek)

5.21 01. Nastavení požadované hodnoty "pmax" změnou hodnoty "Mk"

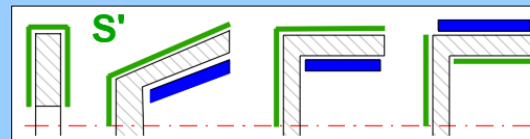
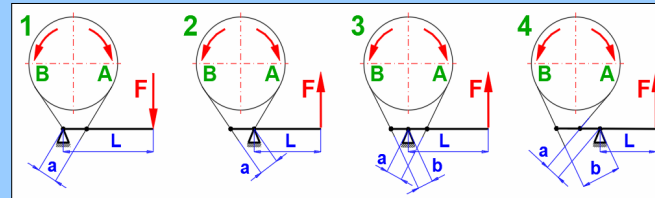
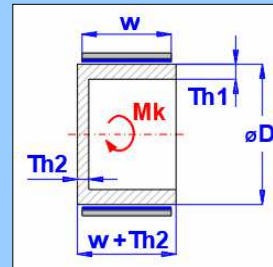
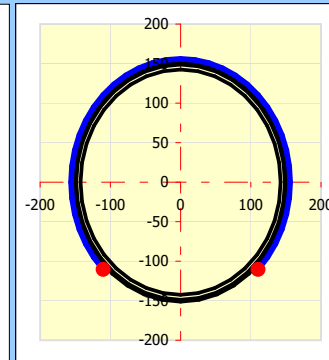
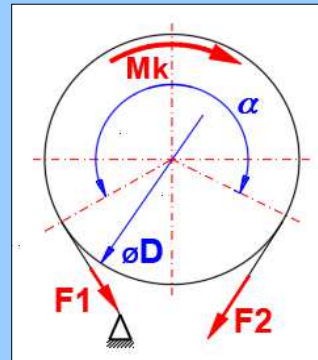
5.22 Požadovaná hodnota parametru pmax [MPa]

5.23 Výpočet síly F pro různé typy konstrukce

5.24 Typ konstrukce	3. Diferenciální brzda	<input type="button" value="▼"/>
5.25 Smysl rotace	A. Po směru hodinových ručiček	<input type="button" value="▼"/>
5.26 Rozměr	L	400.000 [mm]
5.27 Rozměr	a	60.000 [mm]
5.28 Rozměr	b	30.000 [mm]
5.29 Ovládací síla	F	173.315 [N]

5.30 Výpočet brzdového bubnu

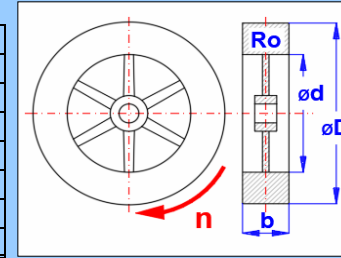
5.31 Tloušťka stěny	Th1	12	[mm]	<input checked="" type="checkbox"/>
5.32 Tloušťka stěny	Th2	15	[mm]	
5.33 Povrch	S'	349470.7668	[mm ²]	
5.34 Objem	V	2146021.942	[mm ³]	
5.35 Hmotnost	m	16.84627224	[kg]	



6.0 Výpočet kinetické energie rotující a posouvající se hmoty

6.1 Kinetická energie rotujících hmot 1

<input type="checkbox"/>	Počet	D	d	b	Ro	n	ω	rg	m	I	Ek(r)
ID	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/m ³]	[/min]	[rad/s]	[mm]	[kg]	[kg*m ²]	[J]
1	4	620	450	200	400	1540	161.2684	270.8551	45.71646	3.353874	43612.94
2	0	0	0	0	0	0	0	---	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	---	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	---	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	---	0	0	0
Σ									45.71646	3.353874	43612.94



6.2 Kinetická energie rotujících hmot 2

<input type="checkbox"/>	Počet	m	rg	n	I	Ek(r)
ID	[-]	[kg]	[mm]	[/min]	[kg*m ²]	[J]
1	1	1000	500	100	250	13707.78
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0

Označení v tabulkách

- Ro Hustota
- n Otáčky
- ω Úhlová rychlost
- rg Poloměr setrvačnosti
- m Hmotnost
- I Moment setrvačnosti
- Ek Kinetická energie
- v Rychlost

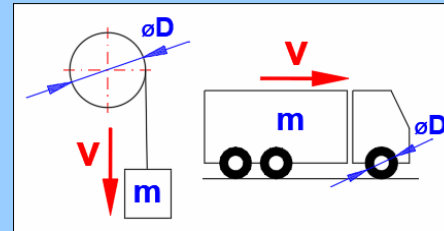
6.3 Kinetická energie rotujících hmot 3

<input type="checkbox"/>	Počet	I	n	Ek(r)
ID	[-]	[kg*m ²]	[/min]	[J]
1	1	2.2	1500	27141.41
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
Σ				27141.41

6.4 Kinetická energie lineárně pohybujících se hmot

<input checked="" type="checkbox"/>	Počet	m	v	v	Ek(m)
ID	[-]	[kg]	[m/s]	[km/h]	[J]
1	1	1600	7	25.2	39200
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
Σ					39200

D	n
[mm]	[/min]
620	215.6293
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0



6.5 Kinetická energie - součet a přesun do [1]

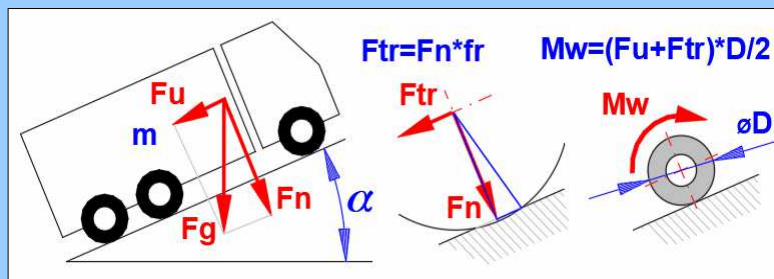
6.6 Součet označených hodnot Ek | **39200.00** | [J]

6.7 Přesun hodnoty do [1.4] nebo [1.15]

7.0 Výpočet zatěžujícího momentu brzdy / spojky

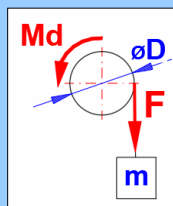
7.1 Pohyb vozidla

7.2 Hmotnost vozidla	m	1600.00	[kg]
7.3 Stoupání / klesání	α	5.00	[°]
7.4 Stoupání / klesání	av	8.75	[%]
7.5 Průměr kola vozidla	D	620.000	[mm]
7.6 Valivý odpor	fr	0.0150	[~]
7.7 Otáčky kola	nw	215	[/min]
7.8 Otáčky brzdy / spojky	ne	2500	[/min]
7.9 Síla od vlastní hmotnosti	Fg	15696.00	[N]
7.10 Síla pro překonání stoupání	Fu	1368.00	[N]
7.11 Normálová síla	Fn	15636.27	[N]
7.12 Síla valivého odporu	Ftr	234.54	[N]
7.13 Moment na kole	Mw	496.79	[Nm]
7.14 Převodový poměr	i	11.628	[~]
7.15 Zatěžovací / odlehčovací moment	ML	42.72	[Nm]
7.16 Přesun hodnoty do [1.5], [1.16]			



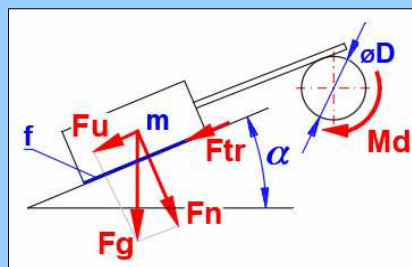
7.17 Výtah, jeřáb

7.18 Hmotnost	m	1000.00	[kg]
7.19 Průměr bubnu	D	500.000	[mm]
7.20 Otáčky bubnu	nd	30	[/min]
7.21 Otáčky brzdy / spojky	ne	30	[/min]
7.22 Síla	F	9810.00	[N]
7.23 Moment na bubnu	Md	2452.50	[Nm]
7.24 Převodový poměr	i	1.000	[~]
7.25 Zatěžovací / odlehčovací moment	ML	2452.50	[Nm]
7.26 Přesun hodnoty do [1.5], [1.16]			



7.27 Pohyb po nakloněné rovině

7.28 Hmotnost	m	1000.00	[kg]
7.29 Úhel nakloněné roviny	α	0.00	[°]
7.30 Součinitel tření	f	0.1000	[~]
7.31 Průměr bubnu	D	2000.000	[mm]
7.32 Otáčky bubnu	nd	500	[/min]
7.33 Otáčky brzdy / spojky	ne	3000	[/min]
7.34 Síla	Fg	9810.0	[N]
7.35 Síla pro překonání stoupání	Fu	0.00	[N]
7.36 Normálová síla	Fn	9810.00	[N]
7.37 Třecí síla	Ftr	981.00	[N]
7.38 Moment na bubnu	Md	981.00	[Nm]
7.39 Převodový poměr	i	6.000	[~]
7.40 Zatěžovací / odlehčovací moment	ML	163.50	[Nm]
7.41 Přesun hodnoty do [1.5], [1.16]			



8.0 Výpočet oteplení brzdy / spojky

8.1 Rozměry a materiálové parametry disku, bubnu, skříně...

8.2	1. Diskové (kotoučové) brzdy / spojky	<input checked="" type="checkbox"/>
8.3	Povrch	S 211093.9148 [mm ²]
8.4	Hmotnost	m 14.060 [kg]
8.5	Měrná tepelná kapacita	c 450.0000 [J/kg/K]

8.6 Jednorázové brždění / sepnutí spojky

8.7	Energie absorbovaná brzdou (spojkou)	Eh 805802.83 [J]	<input checked="" type="checkbox"/>
8.8	Nárůst teploty na jeden cyklus	ΔT 127.36 [°C]	

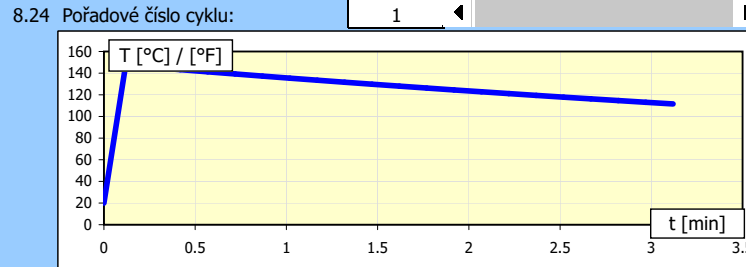
8.9 Opakované brždění / sepnutí spojky (iterační výpočet)

8.10	Teplota vzduchu	TA 20.00 [°C]	
8.11	Rychlost proudění vzduchu	vA 25.00 [m/s]	
8.12	Doba brždění / sepnutí spojky	dt 7.14 [s]	<input checked="" type="checkbox"/>
8.13	Časový interval	tI 180.00 [s]	
8.14	Součinitel chlazení	fV 7.00 [~]	
8.15	Minimální teplota	Tmin 235.92 [°C]	
8.16	Maximální teplota	Tmax 363.28 [°C]	

8.17 Opakované brždění / sepnutí spojky (kumulativní výpočet)

8.18	Odhad nárůstu teploty	ΔT_g [°C]	343.30	343.3	<input checked="" type="checkbox"/>
8.19	Součinitel přestupu tepla zářením	α_R	25.40	[W*m ⁻² /K]	
8.20	Součinitel přestupu tepla prouděním	α_C	7.40	[W*m ⁻² /K]	
8.21	Celkový součinitel přestupu tepla	α	77.20	[W*m ⁻² /K]	
8.22	Maximální teplota	Tmax	363.28	[°C]	

8.23 Graf A - Oteplení a chladnutí pro jeden cyklus



8.25 Graf B - Oteplení a chladnutí pro opakované brždění / sepnutí spojky

