



České vysoké učení technické

Fakulta strojní



Ústav konstruování a částí strojů

Návrh multifunkčního grilu

Design of multifunctional grill

Bakalářská práce

Studijní program: B2342 Teoretický základ strojního inženýrství

Studijní obor: Studijní program je bezoborový

Vedoucí práce: Ing. Jiří Mrázek

Adam Karkulín

Praha 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Návrh multifunkčního grilu“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jiřího Mrázka, s použitím literatury, uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze dne 10.3.2017

Adam Karkulín

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Jiřímu Mrázovi za svědomité vedení a cenná doporučení, které mi pomohly při zpracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat rodině a přátelům za jejich podporu během studia.

Anotační list

Jméno autora:	Adam Karkulín
Název BP:	Návrh multifunkčního grilu
Anglický název:	Design of multifunctional grill
Rok:	2017
Studijní program:	B2342 Teoretický základ strojního inženýrství
Obor studia:	Studijní program je bezoborový
Ústav:	Ústav konstruování a částí strojů
Vedoucí BP:	Ing. Jiří Mrázek
Bibliografické údaje:	počet stran 71 počet tabulek 10 počet obrázků 32
Klíčová slova Keywords	Multifunkční gril, ventilátor, šroubový zvedák Multifunctional grill, ventilator, screw jack

Anotace:

V práci je proveden návrh multifunkčního grilu pro venkovní použití. Gril je navrhován pro kompatibilitu s jehlou, roštem a kamennou deskou, a s možností manipulace topeniště pro regulaci intenzity ohřívání.

Abstract:

The thesis deals with a construction design of multifunctional grill for outdoor uses. The grill is designed for compatibility with needle, grill grid and grill stone with manipulative fireplace for heat intensity regulation.

Obsah

1 Úvod	1
2 Rešerže	2
2.1 Grilovací kameny a rošty	4
2.2 Grilovací motorky	6
2.3 Ventilátor	7
2.4 Ložiska	8
2.5 Pohybový šroub	8
3 Materiály	10
3.1 Plechy z nerezové oceli	10
3.2 Jäkly	10
3.3 L profil	11
3.4 Žáruvzdorná barva na gril	12
4 Provedení grilu	13
4.1 Návrh tělesa grilu	14
4.1.1 Přední a zadní část tělesa	14
4.1.2 Boční části tělesa	16
4.1.3 Nosné L profily	17
4.1.4 Držák dna topeniště	18
4.1.5 Vertikální uspořádání dna topeniště	18
4.2 Návrh šroubového zvedáku	20
4.3 Nožičky	20
4.4 Kryt	21
4.5 Umístění jehly a motoru	21
4.6 Ventilátor	22
5 Návrhové výpočty	24
5.1 Otočné kolo	25
5.1.1 Drážka pro pero	25
5.1.2 Kontrola pera na otláčení a na stříh	27

5.2	Dynamika soustavy šroubového zvedáku	28
5.2.1	Uvolnění a určení soustavy rovnic	29
5.2.2	Matice a vyhodnocení soustavy rovnic	31
5.2.3	Analytické řešení	32
5.2.4	Vyhodnocení výsledků	34
5.3	Návrh pohybového šroubu	35
5.3.1	Volba lichoběžníkového závitu T_r	36
5.3.2	Výpočty úhlu stoupání, úhlu boku profilu a třecího úhlu	37
5.3.3	Návrh výšky matice	37
5.4	Kontrolní výpočty pohybového šroubu	38
5.4.1	Kontrolní otláčení činných závitů	38
5.4.2	Výpočet redukované napětí	38
5.4.3	Kontrola pohybového šroubu na vzpěr	39
5.5	Návrh předepjatého šroubu	41
5.5.1	Výpočet tuhostí šroubu a příruby	43
5.5.2	Stanovení montážního přepětí a sil provozního cyklu	45
5.5.3	Výpočet redukovaného napětí a statické bezpečnosti	46
5.5.4	Dynamická bezpečnost	48
5.6	Svěrný spoj	50
6	Závěr	53

Značka	Jednotky	Popis	Kapitola
d_{gb}	[mm]	Délka grilovací plochy	2
s_{gp}	[mm]	Šířka grilovací plochy	2
v_{gp}	[mm]	Vzdálenost grilovací plochy od země	2
d	[mm]	Délka topeniště	4.1.5
t	[mm]	Tloušť ka plechu topeniště	4.1.5
v	[mm]	Výška nosného profilu	4.1.5
k	[mm]	Výška podstavce šroub. zvedáku	4.1.5
j	[mm]	Rozměr Jákly nosného H-čka	4.1.5
l	[mm]	Délka Jákly nožičky	4.3
a	[mm]	Rozměr patky proti zaboření	4.3
F_{raz}	[N]	Rázové zatížení	5
k_r	[-]	Rázový součinitel	5
G_{kam}	[N]	Statické zatížení kamenem	5
h	[mm]	Výška tělesa před pádem	5
Δl_s	[mm]	Statická deformace	5
δ	[mm/N]	Poddajnost	5
E	[N/mm ²]	Modul pružnosti	5
A	[mm ²]	Průřez materiálu	5
F_{stat}	[N]	Statické zatížení	5
M_k	[Nmm]	Kroutící moment	5.1.1
d_H	[mm]	Průměr hřídele	5.1.1
p	[MPa]	Tlak působící na pero	5.1.1
l_a	[mm]	Délka pera přenášečí kroutící moment	5.1.1
h	[mm]	Výška pera	5.1.1
l	[mm]	Celková délka pera	5.1.1
l_{Nmin}	[mm]	Délka náboje	5.1.1
τ	[N/mm ²]	Napětí ve stříhu	5.1.2
k_p	[-]	Bezpečnost v tlaku	5.1.2
k_τ	[-]	Bezpečnost ve stříhu	5.1.2
G	[N]	Statické zatížení šroub. zvedáku	5.2
α	[°]	Úhel šroubového zvedáku	5.2
F_{iX}	[N]	X-ové zatížení v bodě i	5.2.1
F_{iY}	[N]	Y-ové zatížení v bodě i	5.2.1
Q	[N]	Síla zatěžující pohybový šroub	5.2.4
ψ_H	[-]		5.3.1
ψ_h	[-]		5.3.1

Značka	Jednotky	Popis	Kapitola
p_D	[MPa]	Dovolený tlak	5.3.1
γ	[°]	Úhel stoupání	5.3.2
β_N	[°]	Bok profilu	5.3.2
φ'	[°]	Třecí úhel	5.3.2
h	[mm]	Výška matice	5.3.3
z	[-]	Počet závitů	5.3.3
P	[mm]	Stoupání závitu	5.3.3
z_c	[-]	Počet činných závitů	5.3.3
d_2	[mm]	Střední průměr	5.4.1
H_1	[mm]	Pracovní výška	5.4.1
σ_d	[N/mm ²]	Napětí v tlaku	5.4.2
d_3	[mm]	Malý průměr	5.4.2
σ_{red}	[N/mm ²]	Redukované napětí	5.4.2
α	[-]	Konstanta τ_{MAX} resp. HMH	5.4.2
k	[-]	Bezpečnost	5.4.2
λ	[-]	Štíhlost prutu	5.4.3
i_x	[mm]	Kvadratický moment průřezu	5.4.3
l_v	[mm]	Délka prutu	5.4.3
λ_{mez}	[-]	Mezní štíhlost prutu	5.4.3
σ_E	[N/mm ²]	Eulerovské napětí	5.4.3
k_v	[-]	Bezpečnost vzpěru	5.4.3
σ_T	[N/mm ²]	Napětí dle Tejtmajera	5.4.3
σ_{Pt}	[N/mm ²]	Mez pevnosti	5.5
σ_{kt}	[N/mm ²]	Mez kluzu	5.5
$\sigma_{C(-1)}$	[N/mm ²]	Mez únavy	5.5
F_a	[N]	Amplitudová síla	5.5
F_m	[N]	Střední síla	5.5
n	[-]	Počet šroubů	5.5
ν	[-]	Míra využití meze kluzu	5.5
k_K	[-]	Předběžný vliv krutu předepínáním	5.5
q_z	[-]	Součinitel provozního předpětí	5.5
C_S	[N/mm]	Tuhost šroubu	5.5.1
S_T	[mm ²]	Deformovaná plocha spojového materiálu	5.5.1
C_T	[N/mm]	Tuhost spojovaného materiálu	5.5.1
C_1	[N/mm]	Tuhost při přitěžování	5.5.1
C_2	[N/mm]	Tuhost při odlehčování	5.5.1
Q_0	[N]	Montážní přepětí	5.5.2
Δl_1	[mm]	Deformace při přitěžování	5.5.2
Δl_2	[mm]	Deformace při odlehčování	5.5.2

Značka	Jednotky	Popis	Kapitola
Q_{1m}	[N]	Střední síla	5.5.2
Q_{1a}	[N]	Amplitudová síla	5.5.2
σ_{Q0}	[N/mm ²]	Napětí od přepětí	5.5.3
σ_m	[N/mm ²]	Napětí od střední síly	5.5.3
σ_a	[N/mm ²]	Napětí od amplitudové síly	5.5.3
σ_{MAX}	[N/mm ²]	Maximální napětí	5.5.3
$\sigma_{C(-1)}^k$	[N/mm ²]	Snížená mez únavy	5.5.4
ψ_σ^k	[-]	Součinitel vlivu střed. síly na mez únavy	5.5.4
k_{k0}	[-]	Posouzení vlivu krutu při přepětí	5.5.4
k_{k0}	[-]	Posouzení vlivu krutu při max. napětí	5.5.4

Použité zkratky:

- DR - Dodatková rovnice

1 Úvod

Úkolem této bakalářské práce bude úspěšně navrhnout zahradní opékačí gril pro přípravu potravin ke konzumaci. Grily můžeme dělit na několik druhů podle toho, jaký druh paliva resp. jakou formu energie využívají. Grily mohou být:

- Na dřevo/uhlí
- Na plyn
- Na elektřinu

Každá metoda má své vlastní výhody a nevýhody. Pro mé řešení budu volit gril na dřevo resp. uhlí. Než začnu s prací samotnou, tak si musíme shrnout požadavky grilu.

- Kompaktní s možností rozebrání
- S posuvným topeništěm pro regulaci teploty
- Se zabudovaným teploměrem v krytu
- S ventilátorem pro rozdělání ohně
- S elektromotorkem pro otáčení jehly
- S možností volby způsobu opékání mezi jehlou, kamenem a roštem

2 Rešerže

Grily se využívají k tepelné přípravě pokrmů, jako je například maso či zelenina, ke konzumaci. V případě použití jehly se využívá elektrického motorku pro otáčení masa a tak zaručení jeho rovnoměrného propečení.

Na trhu je několik výrobců a každý z nich přistoupil k řešení grilu jiným způsobem. Zde je několik předních výrobců grilů a grilovacích potřeb [7,8,9,10]:

- Weber
- Napoleon
- Smokey fun

Výrobci *Weber* a *Napoleon* nabízejí menší formát grilů. Mají kruhovou opékačí plochu o průměru 37 až 57 cm. Pohybujeme se tedy mezi plochou 1000 až 2500 cm². Tyto grily chodí v několika variantách provedení. Mnou vybrané ukázky jsou znázorněny na obr. 2.1 a obr. 2.2.



Obrázek 2.1: Weber Gril Performer Deluxe@GBS 57 cm



Obrázek 2.2: Napoleon Gril Cart

V neposlední řadě jsou grily značky *Smoky Fun*, které jsou pravým opakem dříve zmíněných grilů co se do velikosti týče. Například grilovací plocha modelu *Smoky Fun Gril Party Wagon 5* (obr. 2.3) nabývá rozměrů 38x98 cm což je 3724 cm². Hmotnost tohoto modelu se však pohybuje kolem 140 kg.



Obrázek 2.3: Smoky Fun Gril Party Wagon 5

Vzhledem k tomu, že jedním z požadavků byla možnost opékání za pomoci jehly tak budu volit rozměry podobné grilu modelu *Smoky Fun Gril Party Wagon 5*, jehož celkové rozměry (délka, šířka, výška) nabývají hodnot 175x77x170 cm. Je vyroben z ocelového plechu o tloušťce 5 mm který je následovně černěn žáruvzdornou barvou. Od šířky grilu odečtu délku vnější spalovací komory, jenž můžete vidět v pravé části grilu, která nabývá hodnoty 52 cm.

Popis rozměru	Značení	Hodnota [mm]
Délka grilovací plochy	d_{gp}	1040
Šířka grilovací plochy	s_{gp}	420
Vzdálenost grilovací plochy od země	v_{gp}	1000

Tabulka 1: Základní rozměry grilovací plochy

Z těchto základních hodnot bude v pozdější části vyplývat ostatní rozměry grilu.

2.1 Grilovací kameny a rošty

Obě dvě metody grilování mají své klady a zápory. Grilování na roštu bývá většinou těžší, neboť dochází k mnohem většímu přechodu tepla do masa. Proto musí být maso pod dozorem. Další nevýhodou může být odkapávání tuku do prostoru topeniště což může vést ke tvorbě karcinogenních látek.

Řešením tohoto problému mohou být buďto aluminiové odkapávací misky nebo speciálně tvarované rošty, někdy také nazývané BIO rošty (obr. 2.4). Tyto tvarové rošty bývají vyrobeny z tvarovaných příček, které odvádějí tuk stranou mimo topeniště.

Grilovací kameny bývají nejčastěji dvojího typu a to buďto lávové nebo žulové. Žulové jsou rozšířenější, avšak jsou náchylnější k praskání vlivem působení vysokých teplot. Proto je výhodné opatřit kámen kovovým rámem. Rozměry grilovacích kamenů nabývají nejčastěji hodnot 40x30x3 cm [7,9,10].

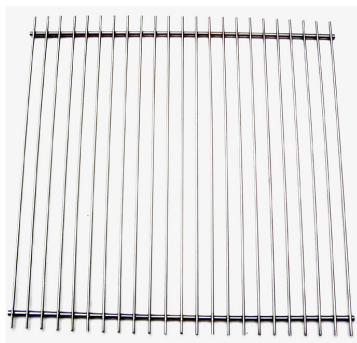


Obrázek 2.4: Rošt BIO nastavitelný, *Lucifer*

Ve vzácných případech můžeme najít kameny z mastku. Jde o velmi tepelně odolný nerost, který je však měkký a je nutno zabránit kontaktu kovových grilovacích nástrojů, kterými může být jeho povrch poškozen.

Šířka roštů, nezávisle na značce výrobce, se nejčastěji pohybuje v rozsahu od 36 do 42 cm. Délky nejsou jednotné a mohou se pohybovat od 40 do 80cm. Některé značky výrobců jsou například *Lucifer*, *Sol* a kromě jiného i výrobci grilů zmínění v minulé části.

Pro mnou volené hodnoty grilovací plochy budou ideální *Rošt univerzal 50x37 cm* (obr. 2.5) od značky *Lucifer* a grilovací kameny *Grilmen* (obr. 2.6)



Obrázek 2.5: Grilovací rošt
50x37 cm



Obrázek 2.6: Žulový kámen
40x30x3 cm

2.2 Grilovací motorky

Grilovací motorky mají většinou napájecí napětí 230V, ale existují a varianty napájené monočládky na 1,5V. Všechny jsou vybaveny čtvercovým zakončením průřezu 6x6 mm. Většinou jsou stavěny na rovnoměrné osové zatížení, které se pohybuje v rozmezí od 10 do 25 kg.



Obrázek 2.7: Grilovací motorek, *Lucifer*

Příkladem může být například *Grilovací motorek do 25 kg* (obr. 2.7) od výrobce *Lucifer*, s rychlostí 2 ot/min [8].

2.3 Ventilátor

Ventilátory stavěné přímo pro grily se na trhu nevyskytují. Vzhledem k tomu, že jde pouze o pomocný ventilátor na rozdělávání ohně, tak můžeme volit jeden z levnějších ventilátorů na trhu s nižším výkonem. Tabulku několika vyráběných ventilátorů můžeme vidět zde.

Název ventilátoru	Výrobce	Cena [Kč]	Příkon [W]	Hmotnost [kg]
Inteltivent Celsius	Nativa	3999,-	5	-
Tubo 100 plast	Multivac	467,-	14	0,41
Tubo 100 kov	Multivac	834,-	14	0,65
KV 300	Multivac	3799,-	43	4

Tabulka 2: Ventilátory

Z těchto ventilátorů bude pro moji potřebu nejvýhodnější model *Tubo 100 kov*, který v sobě zahrnuje výborný poměr cena-kvalita. Další výhodou je jeho kruhový tvar a možnost volby ventilátorů i vyšších řad [11].

Obrázek 2.8: Ventilátor, *Tubo*

2.4 Ložiska

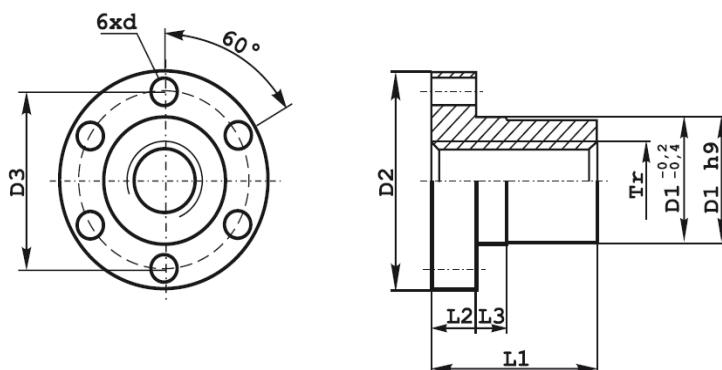
Ložiska můžeme dělit do několika skupin podle tvaru valivého elementu. Mezi nejpoužívanější druhy valivých ložisek patří:

- Kuličková ložiska
- Válečková ložiska
- Kuželíková ložiska
- Válečková ložiska

Ložiska budu volit z katalogu firmy SKF. Vzhledem k mým potřebám, kde na ložisko bude působit jak radiální, tak axiální síla, bude pro mne nejvýhodnější použít kuličkových ložisek. Vzhledem k nízkému namáhání budu volit ložiska řady 60xx [15].

2.5 Pohybový šroub

Účelem pohybového šroubu je přeměna rotačního pohybu v pohyb posuvný. To se bude hodit v mém řešení pohybu topeniště pro regulaci teploty. Jako pohybový můžu volit mezi rovnoramenným a nerovnoramenným lichoběžníkovým závitem. Pro mé řešení volím rovnoramenný lichoběžníkový závit.

Obrázek 2.9: Přírubová matice, *T.E.E. Technik*

Šroub volím ocelový, z katalogu nabízený firmou *T.E.A. Technik s.r.o.* a matici volím přírubovou (obr. 2.8) nabízenou toutéž firmou [13].

3 Materiály

V této sekci hledám ideální možné materiály, profily tyčí a nátěrové barvy, které by byly ideální k řešení mého grilu.

Na konstrukci tělesa grilu a jeho dalších částí mám na výběr z velkého množství profilů. Některé z nich jsou:

- Uzavřené ocelové profily - Jäckly
- L profil
- U profil

Z těchto možností budu stavět těleso z ječků, které svařím tak, abych vytvořil stěny tělesa, které následně spojím šroubovými dvojicemi. Tím získám kostru tělesa, na kterou následně nýtováním připojím plechy z nerezové oceli.

Dále budu potřebovat ještě L profil na držení grilovacího kamene nebo roštu. Ten bude přivařen na kostru tělesa.

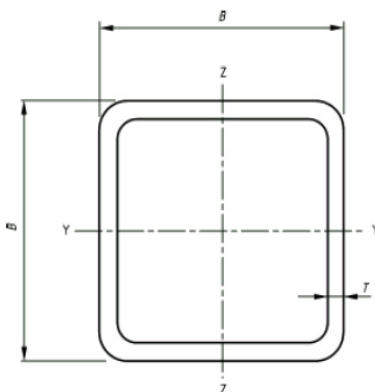
V neposlední řadě bude zapotřebí ještě žáruvzdorná barva na gril.

3.1 Plechy z nerezové oceli

Tloušťku plechů volím 3mm a volím žáruvzdornou nerezovou ocel válcovanou za tepla z X8CrNi25-21 dle EN 10095. Její obdobou je ocel 17 255 dle ČSN [12].

3.2 Jäckly

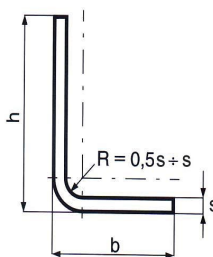
Jäckly volím čtvercového profilu z oceli S235 JR. Její obdobou je ocel 11 375 dle ČSN. Jde o neušlechtilou konstrukční ocel obvyklé jakosti, jenž je vhodná ke svařování [12].

Obrázek 3.10: Jäkly, *Ferona*

Rozměry Jäkly volím 15x2 a 20x2, jenž vychází z normy ČSN EN 10219-1 (obr. 3.10). Výhodou těchto rozměrů je, že nižší řadu mohu vsunout do vyšší řady

3.3 L profil

Materiál L profilu volím stejný jako Jäkly, neboť je budu k sobě svařovat. Jde tedy o materiál S235 JR [12].

Obrázek 3.11: L profil, *Ferona*

L profil volím rovnoramenný o rozměrech 50x50x3, který vychází z normy ČSN EN 10162 (obr. 3.11). Tloušťku L profilu volím totožnou s tloušťkou stěny Jäklu kvůli technologickému

požadavkům na svar.

3.4 Žáruvzdorná barva na gril

Alkyton nabízí 2 barevné provedení žáruvzdorné barvy a to v černé a stříbrné. Jde o barvy na bázi silikonem modifikované alkydové pryskyřice. Nátěr žáruvzdornou barvou odolává běžně teplotám do 650°C a vydrží zatížení až do 750°C [14].



Obrázek 3.12: Žáruvzdorná barva, Alkyton

Žáruvzdorná barva je určena pro aplikace na novou nebo dobře očištěnou ocel, železo a litinu, na mírně zkorodovaný povrch, nebo na staré fungující nátěry žáruvzdorných barev.

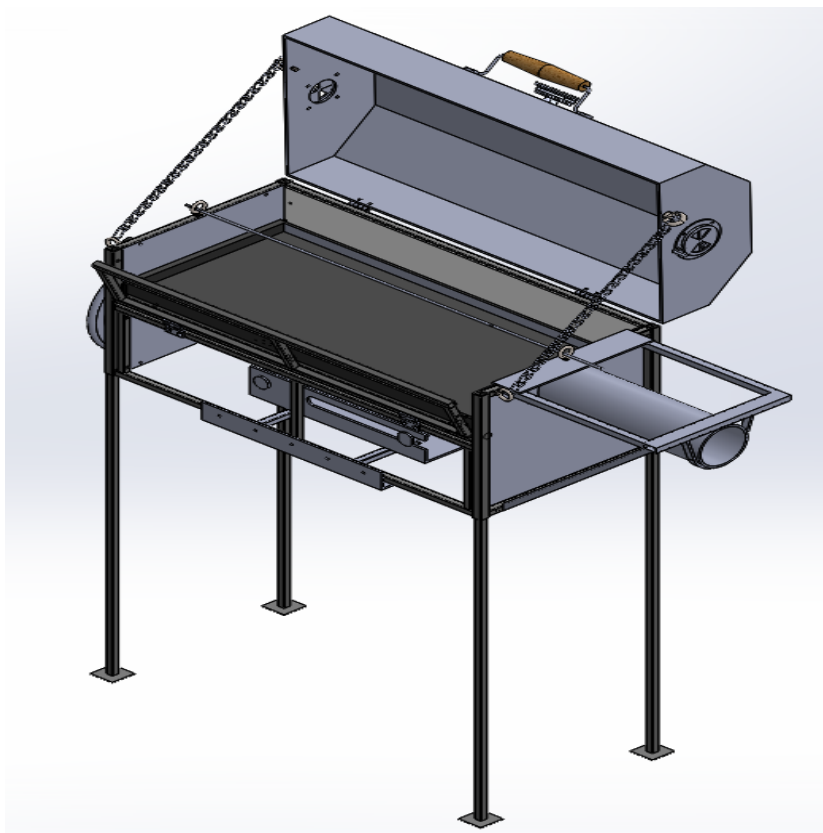
Barvu je po aplikaci nutné zahřát na teplotu 150°C a tím ji vypálit. Výrobce kromě jiného uvádí teoretickou vydatnost na $10 \div 12 \text{ m}^2/\text{l}$ při $35 \div 45 \text{ }\mu\text{m}$ suchého filmu. Z toho následně můžeme určit přibližné množství barvy potřebné k natření plochy grilu.

4 Provedení grilu

Gril se bude skládat z několika částí, kterými se v této kapitole budu zabírat. Jimi jsou:

- Těleso grilu
- Nožičky
- Kryt
- Umístění jehly a motoru
- Umístění a upevnění ventilátoru

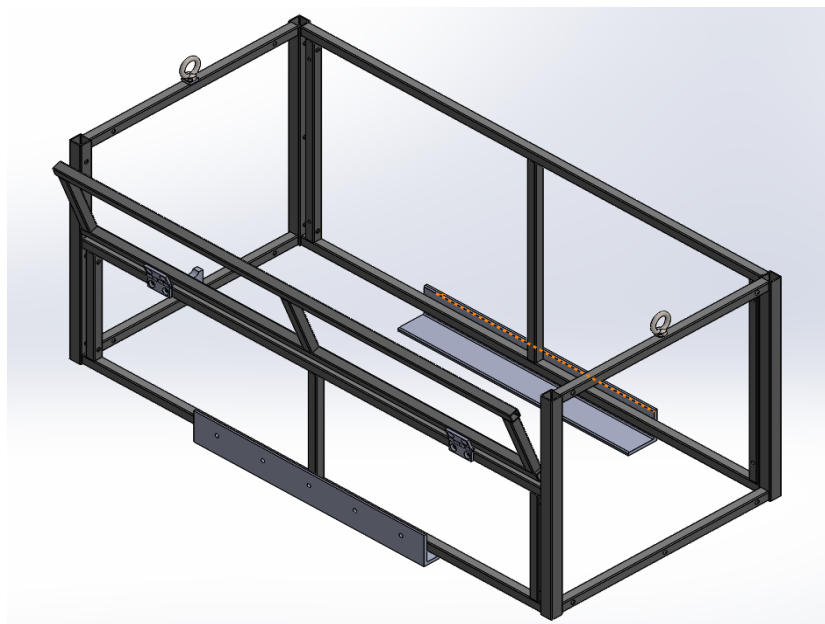
Na následujícím obrázku můžete vidět 3D model grilu.



Obrázek 4.13: Model grilu bez krytí ze přední strany

4.1 Návrh tělesa grilu

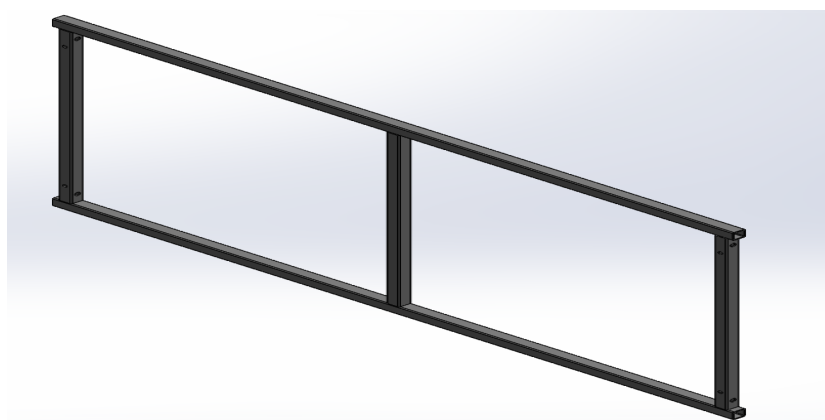
Těleso grilu tvoří čtyři stěny grilu. Ve spodní části se bude vyskytovat topeniště resp. spalovací komora grilu. Topeniště bude pohyblivé pro možnosti korekce teploty v grilovací komoře. V horní části se bude nacházet již dříve zmíněná grilovací komora, v níž bude docházet k tepelné úpravě masa. Model tělesa grilu můžete vidět na obr 4.14.



Obrázek 4.14: Model tělesa grilu

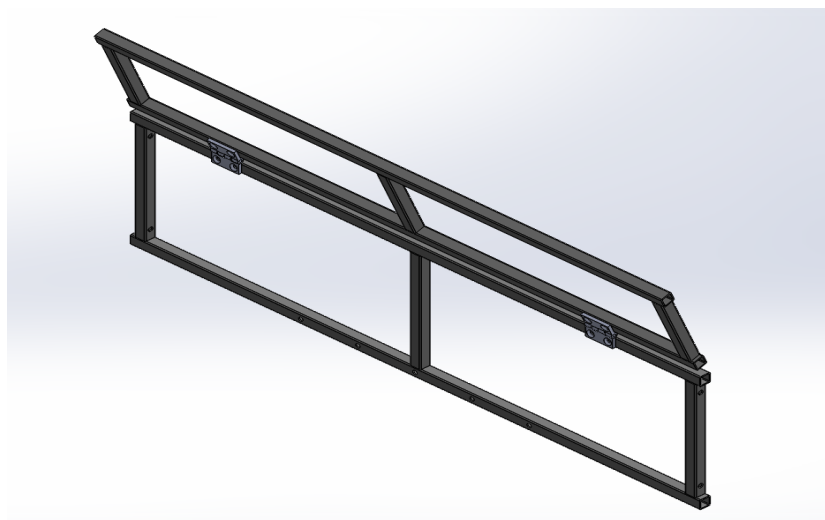
4.1.1 Přední a zadní část tělesa

Zadní část grilu bude svařena z Jäklů, které budou vytvářet kostru stěny. K ní bude nýtovými spoji připojena nerezový plech o tloušťce 5 mm. Na horní příčce pak bude připojen jeden pár pantů, který bude spojen s krytem grilu. Uspořádání zadní části tělesa můžete vidět na obr. 4.15.



Obrázek 4.15: Kostra zadní části tělesa

Přední část topeniště se bude lišit od té zadní tím, že se bude skládat ze dvou částí. Spodní část bude držet konstrukci tělesa a bude pantem spojena s horní, která bude sloužit jako přístup k topeništi za účelem přikládání paliva popřípadě vyjmutí sběrnice popela. Jäkly budou opět použity k vytvoření kostry stěny, ke které bude znovu připojen nerezový plech nýtovými spoji. Schéma přední části můžete vidět na obr. 4.16.



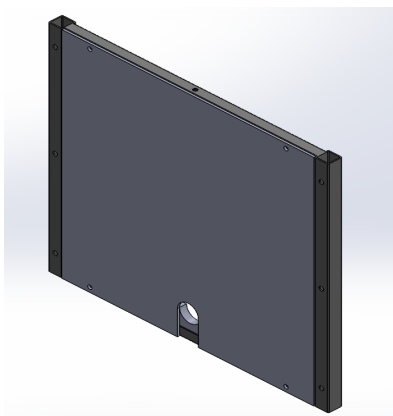
Obrázek 4.16: Kostra přední části tělesa

Jak přední tak zadní část topeniště bude spojena bočními částmi tělesa dvojicí šroubových spojů (jedna dvojice na každou stranu).

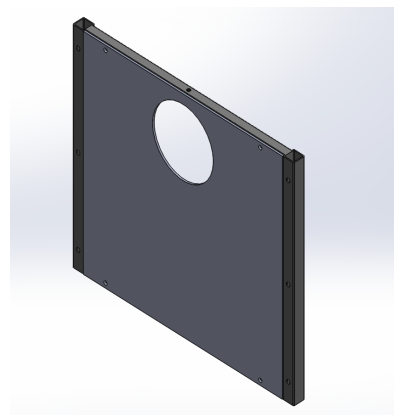
4.1.2 Boční části tělesa

Kostra boční části tělesa bude pro obě strany stejná, nicméně budou se zde vyskytovat drobné rozdíly - proto budu jednu stranu označovat jako "ventilátorová" a druhou jako "motorková".

Ventilátorová strana bude držet nosnou konstrukci ventilátoru a bude kryta nerezovým plechem, jenž bude opět připojen nýtovými spoji. Tento nerezový plech v sobě bude obsahovat kruhový otvor, kterým bude do topeniště protékat proud vzduchu z ventilátoru.

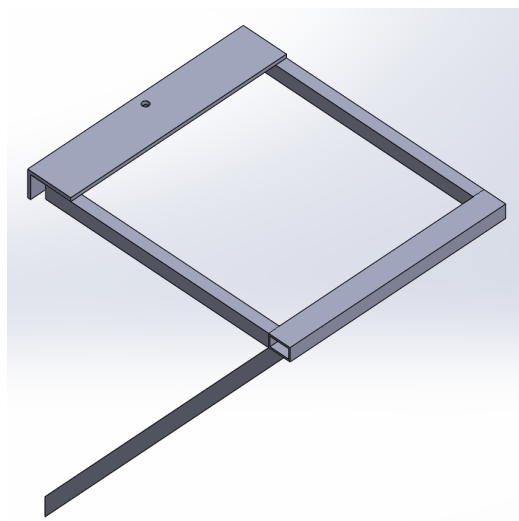


Obrázek 4.17: Motorková část



Obrázek 4.18: Ventilátorová část

Nosnou konstrukci ventilátoru můžete vidět na obr. 4.19. Kromě nosné funkce ventilátoru bude sloužit jako odkládací plocha a z toho důvodu volím její rozměry větší (viz. obr. 4.19).



Obrázek 4.19: Nosná konstrukce ventilátoru

Motorková strana bude symetrická vůči ventilátorové s tím rozdílem, že v sobě bude obsahovat pouze menší otvor ve spodní části, jímž bude vystupovat z grilu hřídel, na který bude připojeno otočné kolo. Další rozdíl je absence nosné konstrukce ventilátoru.

4.1.3 Nosné L profily

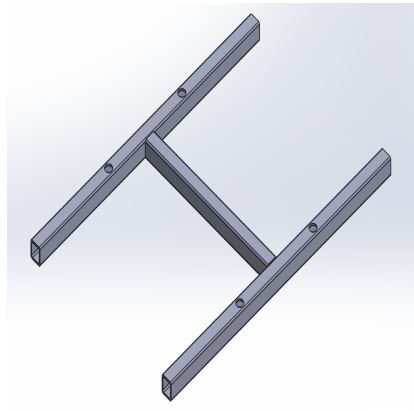
V grilu budou dva sety nosných L profilů, které budou připojeny svarovými spoji. První set se bude nacházet ve spodní části grilu, pod spalovací komorou, jenž bude na sobě nést "držák dna topeniště".

Druhý set se bude nacházet v horní části a bude sloužit jako uchycení roštu popřípadě kamene.

Pro volbu L profilu spojeným svarovými spoji mě vedly zvýšené nároky na nosnost způsobené hmotností kamene a systému šroubového zvedáku. Možnou náhradou by mohly být popřípadě šroubové spoje.

4.1.4 Držák dna topeniště

Držákem dna topeniště bude svařenec z Jäklů ve tvaru H. Ten bude posazen na nosných L profilech a bude na sobě držet celou hmotnost topeniště. Proto bude zapotřebí provést návrhový a kontrolní výpočet.



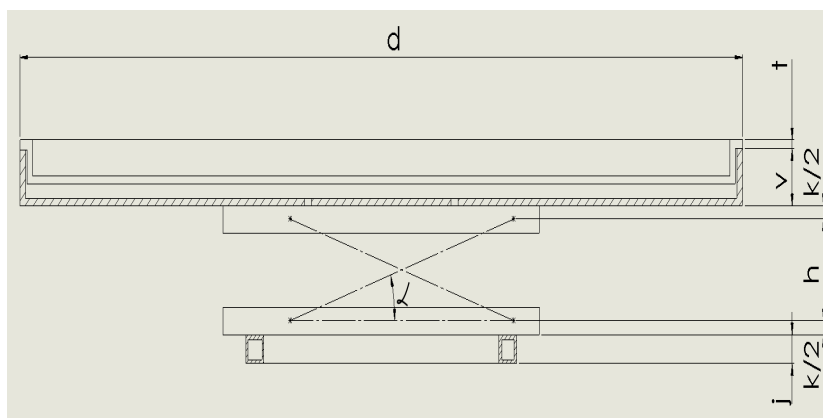
Obrázek 4.20: Držák dna topeniště

4.1.5 Vertikální uspořádání dna topeniště

Nejpodstatnější informací pro určení výšky tělesa bude právě vertikální uspořádání topeniště a jeho jednotlivých komponentů. Těmito komponenty jsou (od zdola nahoru):

- Držák dna topeniště (nosné H-čko)
- Šroubový zvedák
- Pevná část sběrače popela/topeniště
- Výsuvný sběrač popela/deska topeniště

Toto uspořádání můžeme vidět parametricky na obr. 4.20.



Obrázek 4.21: Koncepční návrh vertikálního uspořádání

Na obrázku jsem zakótoval několik rozměrů, které budou důležité právě z vertikálního hlediska. Významy jednotlivých parametrů a jejich hodnot jsou popsány v nadcházející tabulce.

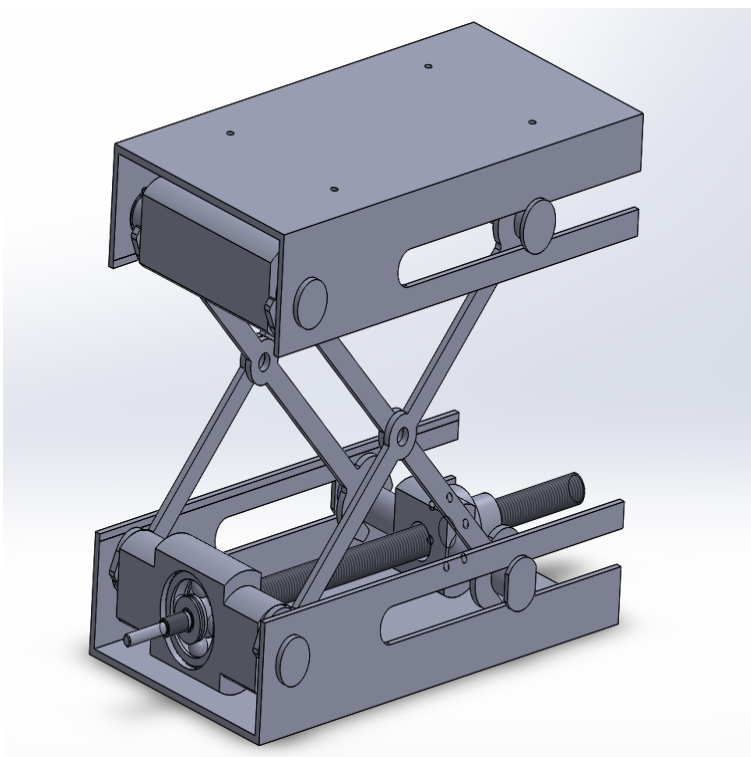
Popis rozměru	Značení	Hodnota [mm]
Délka topeniště	d	1000
Tloušťka plechu topeniště	t	
Výška nosného profilu	v	40
Výška podstavce šroubového zvedáku	k	30
Výška šroubového zvedáku	h	
Rozměr Jäkly nosného H-čka	j	20

Tabulka 3: Rozměry vertikální uspořádání

Jediné dvě hodnoty, které chybí jsou tloušťka plechu topeniště a výška šroubového zvedáku. Jejich hodnoty budu určovat v kapitole **Návrhové výpočty**, neboť je nutné překontrolovat nosnost jednotlivých částí.

4.2 Návrh šroubového zvedáku

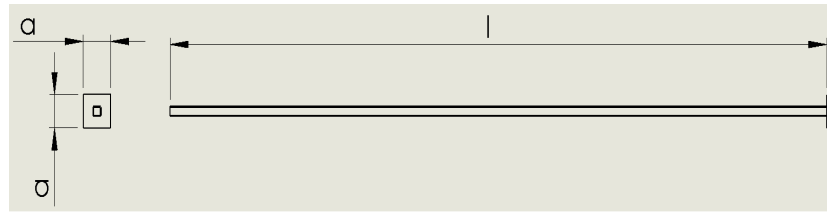
Pro nastavování výšky topeniště a tím i teploty působící v opé-
kací části grilu jsem volil šroubový zvedák. Volili jsme takovou
variantu, u níž při manipulaci se pohybovým šroubem nedochází
k jeho vertikálnímu posuvu. Můžeme jej vidět na obr. 4.21.



Obrázek 4.22: Šroubový zvedák

4.3 Nožičky

Nožičky budou stavěny z Jäklů o rozměrech 15x2, které budou
na jedné straně svarem připojeny k plechu čtvercových rozměrů
ze stejného materiálu a tím vytvoří patku proti zaboření grilu. Pro-
vedení můžete vidět na obr 4.22.



Obrázek 4.23: Koncepční návrh nožičky grilu

Noha je z Jäklu o rozměrech 15x2 o délce $l = 1000mm$.

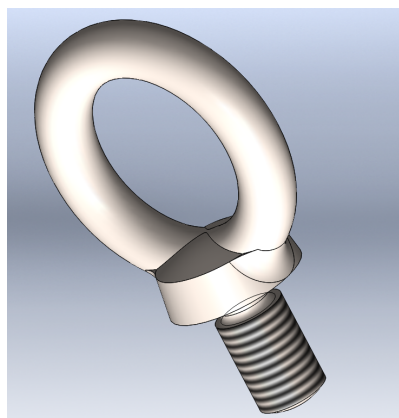
4.4 Kryt

Kryt grilu bude sloužit k zachování teplého vzduchu a tepla uvnitř grilovací části grilu. Jeho součástí bude:

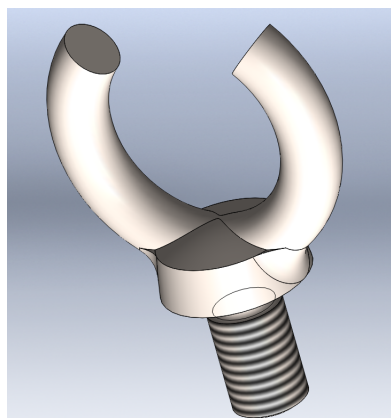
- Teploměr
- Průduchy s nastavitelnou velikostí plochy
- Rukojeť pro manipulaci (otevírání a zavírání)
- Zajištění krajní polohy (řetízek)

4.5 Umístění jehly a motoru

Jehla bude posazena na dvou zvedacích šroubech s okem M6, DIN 580 z nerezové oceli. Jejich oka budou upravena tak, aby do nich bylo možné jehlu vložit a je možné vidět je na obr. 4.24 před úpravou a na obr. 4.25 po úpravě.



Obrázek 4.24: Šroub M6, DIN 580



Obrázek 4.25: Šroub M6, DIN 580 po úpravě

Menší grilovací motorky bývají bez uchycení. Náš motorek jej však vyžaduje. Proto bude uchycen na boku krytu grilu. Nejde o ideální řešení, neboť obsluha bude v průběhu grilování s jehlou kontrolovat stav masa.

Možným řešením je přidání nosné konstrukce (viz kapitola 4.1.2 Boční části tělesa), která by sloužila jednak jako pracovní plocha při grilování, a zároveň by se modifikovala pro držení motoru.

4.6 Ventilátor

Ventilátor bude umístěn na jedné z bočních stěnách tělesa (označena jako "ventilátorová"), kde bude držen ve stabilní poloze nosnou konstrukcí ventilátoru. Ta bude tvořena z Jáklů a L profilem, jenž budou k sobě připojeny svarovými spoji. Tuto konstrukci jsme již mohly vidět v kapitole **4.1.2 Boční části těla**.

Ventilátor jsme volili TUBO 100 v provedení kov. Ten bude umístěn v kruhové trubce o požadovaném poloměru vycházejícím z rozměrů ventilátoru.

Tato trubka pak bude upevněna k nosné konstrukci ventilátoru a její konec bude protažen kruhovým otvorem v boční stěně tělesa.

5 Návrhové výpočty

Nejdříve musíme stanovit zatížení grilu. Většina balíků s grilovacími briketami se co do hmotnosti pohybuje mezi 3 a 8kg a když vezmeme v potaz plochu topeniště, pak můžeme počítat s hmotností paliva 10kg.

Nicméně stále je zde možnost nehody, například při nevhodné manipulaci s lávovým kamenem či jiné součásti grilu, při níž může dojít k jeho pádu na dno topeniště a tím poškodit šroubový zvedák rázově. Pro jednoduchost budeme počítat s hmotností kamene 10kg. Bylo by zatížení kamenem statické, pak by platilo, že $G_{kam} = 100N$. Pro zatížení rázové však platí [1]:

$$F_{raz} = k_r G_{kam} \quad (5.1)$$

kde k_r představuje rázový součinitel, který vyjadřuje poměr mezi rázovou a statickou silou způsobenou stejným tělesem. Ten se dá vyjádřit takto:

$$k_r = 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\Delta l_s}} \quad (5.2)$$

kde h je výška tělesa (kamene) před pádem a Δl_s znázorňuje deformaci, kterou by způsobil kámen staticky. Tuto deformaci spočítáme takto:

$$\Delta l_s = G_{kam} \delta = \frac{G_{kam} l_s}{E A} \quad (5.3)$$

Deformaci celého mechanismu lze spočítat velmi obtížně, proto raději volím násobné předdimenzování s ohledem na zvýšení bezpečnosti celého zařízení. V mém případě volím statické zatížení $F_{stat} = 1kN$, což je dostačující pro náš případ.

5.1 Otočné kolo

Otočné kolo bude umístěno vně těla grilu a bude sloužit pro manipulaci s posuvným topeništěm. Kroutící moment bude přenášen perem na hřídel, jenž vede dále k šroubovému zvedáku (viz. návrh svěrného spoje).

5.1.1 Drážka pro pero

Nejdříve musíme určit točivý moment, jenž bude přenášen prostřednictvím trapézového šroubu [3].

$$M_k = Q \frac{d_2}{2} \tan(\gamma + \varphi') = 5700 \frac{18}{2} \tan(4^\circ 2.8' + 6^\circ 47.3') = 9818 Nmm \quad (5.4)$$

Následně můžeme vypočítat průměr hřídele pod kolem.

$$d_H = \sqrt[3]{\frac{16 M_k}{\pi \tau_{kD}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 9818}{\pi \cdot 40}} = 10,8 mm \Rightarrow d_H = 12 \div 14 mm \quad (5.5)$$

Se znalostí průměru hřídele můžeme vybrat základní rozměry pera dle tabulky, konkrétně jeho šířku a výšku.

Průměr hřídele d	Rozměry pera				Hloubka drážky				Poloměr drážky R
	b	h	f	l	t	Mezní úchylky	t_1	Mezní úchylky	
10 až 12	4	4	0,5	10 až 45	2,4	+0,1	1,6	+0,2	0,4
12 až 17	5	5		12 až 56	2,9	0,0	2,1	+0,1	

Tabulka 4: Rozměry pera a drážky, ČSN 02 2562

Nyní můžeme vypočítat délku pera, která bude přenášet točivý moment, pro $d_H = 12mm$ a stanovit normalizovanou délku. Dovolený tlak pro provozní režim s proměnným zatížením nabývá hodnot $p_D = (50 \div 80)MPa$ a pro konstantní zatížení $p_D = (80 \div 120)MPa$. Volím $p_D = 80MPa$.

$$p = \frac{4 M_k}{d_H h l_a} \leq p_D \quad (5.6)$$

$$l_a \geq \frac{4 M_k}{d_H h p_D} = \frac{4 \cdot 9818}{12 \cdot 4 \cdot 80} = 10,2mm \quad (5.7)$$

Celková délka pera vypočítaná a následný výběr nejbližší větší z normalizované řady dané normou ČSN:

$$l = l_a + b = 10,2 + 4 = 14,2mm \Rightarrow l(CSN) = 16mm \quad (5.8)$$

Zpětný výpočet délky pera přenášející točivý moment:

$$l_a = l(CSN) - b = 16 - 4 = 12mm \quad (5.9)$$

Ještě provedeme návrh rozměrů spoje a součástí pro axiální pojištění. Provedeme výpočet l_{Nmin} , což představuje délku náboje otočného kola.

$$l_{Nmin} = l(CSN) + h = 16 + 4 = 20mm \quad (5.10)$$

Zde můžeme vidět výpočet provedený pro několik variant průměrů.

d_H [mm]	$h = b$ [mm]	l_a [mm]	l' [mm]	$l(\check{C}SN)$ [mm]	l_a [mm]	l_{Nmin} [mm]
12	4	10,2	14,2	16	12	20
13	5	7,6	12,6	14	9	19
14	5	7	12	14	9	19

Tabulka 5: Výpočet pro různé průměry

Volíme první případ pro průměr $d_H = 12mm$ a pro něj následně určíme KM matici a MB podložkou dle ČSN 02 3630, jež jsou znázorněny v následující tabulce:

Rozměry matic						Hmot.	Označení			Rozměry podložek					Hmot.
d	d_0	d_1	B	b	h	1ks	matic.	podl.	d_2	d_3	s	f	M	100ks	
[mm]						[kg]			[mm]					[kg]	
M10x0,75	18	13,5	4	3	2	0,004	KM0	-	MB0	10	21	1	3	8,5	0,13
M12x1	22	17	4	3	2	0,007	KM1	-	MB1	12	25	1	3	10,5	0,20

Tabulka 6: Tabulka KM matic a MB podložek

Z předcházejících výpočtů nyní volíme:

- Uložení hřídel-náboj bude $\phi 12 H8/k7$.
- Pero-drážka: PERO 4h9x4x25 ČSN 02 2562
- Volená matice: KM0
- Volená podložka: MB0

5.1.2 Kontrola pera na otláčení a na stříh

Nyní provedeme závěrečnou kontrolu pera na otláčení a na stříh. Kontrolní výpočet pera na otláčení [3]:

$$p = \frac{4 M_k}{d_H h l_a} = \frac{4 \cdot 9818}{12 \cdot 4 \cdot 12} = 68,2 MPa \quad (5.11)$$

Kontrolní výpočet pera na stříh:

$$\tau = \frac{2 M_k}{d_H b l_a} = \frac{2 \cdot 9818}{12 \cdot 4 \cdot 12} = 34,1 \frac{N}{mm^2} \quad (5.12)$$

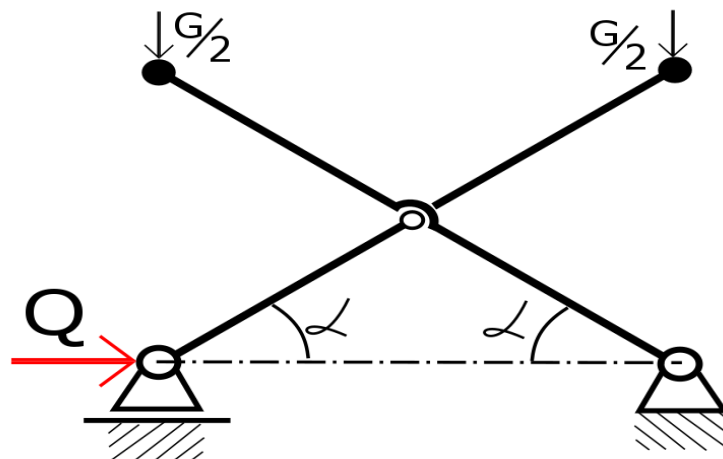
Následná bezpečnost, pro dovolené hodnoty $p_D = 80MPa$ a $\tau_D = 60N/mm^2$, vychází:

$$k_p = \frac{p_D}{p} = \frac{80}{68,2} = 1,17 \quad (5.13)$$

$$k_\tau = \frac{\tau_D}{\tau} = \frac{60}{34,1} = 1,76 \quad (5.14)$$

5.2 Dynamika soustavy šroubového zvedáku

Nejdříve musíme prozkoumat soustavu a zaměřit se na rozložení sil, než začneme s dimenzováním pohybového šroubu a nosných příček. Schéma je zobrazeno na obr 5.26.

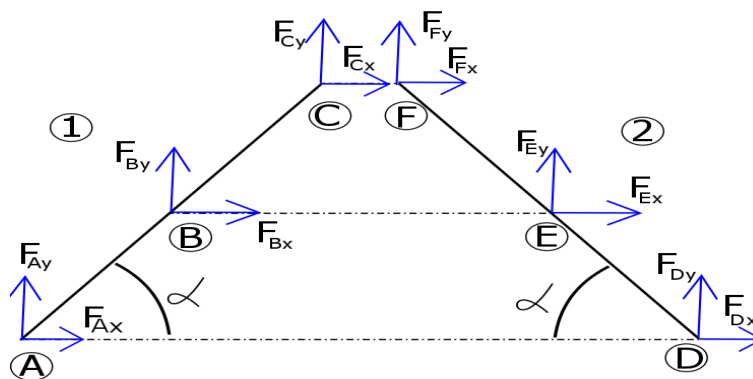


Obrázek 5.26: Zjednodušené schéma

Síla Q značí sílu, která působí na pohybový šroub tak, aby byla v rovnováze se zatížením G . Velikost této síly bude záviset na zatížení G a na úhlu α .

5.2.1 Uvolnění a určení soustavy rovnic

Nejdříve soustavu uvolníme a určíme rovnice pro obě uvolněná ramena. Předpokládáme, že délky ramen jsou stejné a budeme uvažovat, že jejich délka je l .



Obrázek 5.27: Uvolnění částí šroubového zvedáku

Nyní vytvoříme pohybové rovnice pro obě ramena:

1.rameno									
$x :$	F_{Ax}	+	F_{Bx}	+	F_{Cx}	=	0		
$y :$	F_{Ay}	+	F_{By}	+	F_{Cy}	=	0		
$M_B :$	$-F_{Ax}\frac{l}{2}\sin(\alpha)$	+	$F_{Ay}\frac{l}{2}\cos(\alpha)$	+	$F_{Cx}\frac{l}{2}\sin(\alpha)$	-	$F_{Cy}\frac{l}{2}\cos(\alpha)$	=	0
2.rameno									
$x :$	F_{Dx}	+	F_{Ex}	+	F_{Fx}	=	0		
$y :$	F_{Dy}	+	F_{Ey}	+	F_{Fy}	=	0		
$M_E :$	$-F_{Dx}\frac{l}{2}\sin(\alpha)$	+	$F_{Dy}\frac{l}{2}\cos(\alpha)$	+	$F_{Fx}\frac{l}{2}\sin(\alpha)$	-	$F_{Fy}\frac{l}{2}\cos(\alpha)$	=	0

Tabulka 7: Pohybové rovnice

V těchto rovnicích se nám objevuje 12 neznámých. Pokud chceme, aby tato soustava byla řešitelná, tak musíme tuto soustavu doplnit šesti rovnicemi, které budou popisovat vztahy mezi oběma rameny.

První z těchto dodatkových rovnic (DR) vychází z obr 5.17. Budeme předpokládat, že ve směru osy y bude zatížení G rovnoměrně rozloženo mezi body C a F rovnoměrně:

$$F_{CY} = F_{FY} \Rightarrow F_{CY} - F_{FY} = 0 \quad (5.15)$$

Pro analytické řešení potom budeme předpokládat, že:

$$F_{CY} = \frac{G}{2}; F_{FY} = \frac{G}{2} \quad (5.16)$$

V těchto bodech bude zatížení ve směrech osy x nulové. Z toho plyne druhá a třetí rovnice:

$$F_{CX} = 0 \quad (5.17)$$

$$F_{FX} = 0 \quad (5.18)$$

Další dvě rovnice platí ve společných bodech obou ramen, ve kterých jsou spolu spojeny - tedy v bodech B a E :

$$F_{BX} + F_{EX} = 0 \quad (5.19)$$

$$F_{BY} + F_{EY} = 0 \quad (5.20)$$

Poslední rovnice bude vztažena k bodům A a D v x -ovém směru

$$F_{AX} + F_{DX} = 0 \quad (5.21)$$

Pro výpočet v analytické části pak označíme x -ovou sílu v bodě A jako Q , což bude představovat zatížení pohybového šroubu.

5.2.2 Matice a vyhodnocení soustavy rovnic

Nyní, když máme všech dvanáct rovnic o dvanácti neznámých tak můžeme vytvořit homogenní soustavu rovnic, která vypadá takto:

$$\underline{A}x = \underline{0}$$

kde matice \underline{A} nabývá hodnot:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{2}\sin(\alpha) & \frac{1}{2}\cos(\alpha) & 0 & 0 & \frac{1}{2}\sin(\alpha) & -\frac{1}{2}\sin(\alpha) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{2}\sin(\alpha) & \frac{1}{2}\cos(\alpha) & 0 & 0 & \frac{1}{2}\sin(\alpha) & -\frac{1}{2}\sin(\alpha) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

a x je hledaná matice reakčních sil:

$$\underline{x}^T = (F_{Ax} \ F_{Ay} \ F_{Bx} \ F_{By} \ F_{Cx} \ F_{Cy} \ F_{Dx} \ F_{Dy} \ F_{Ex} \ F_{Ey} \ F_{Fx} \ F_{Fy})$$

Řešíme tuto soustavu a jejím nenulový výsledek následně zapíšeme maticově.

$$\begin{pmatrix} F_{Ax} \\ F_{Ay} \\ F_{Bx} \\ F_{By} \\ F_{Cx} \\ F_{Cy} \\ F_{Dx} \\ F_{Dy} \\ F_{Ex} \\ F_{Ey} \\ F_{Fx} \\ F_{Fy} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -G \frac{\cos(\alpha)}{\sin(\alpha)} \\ -\frac{G}{2} \\ G \frac{\cos(\alpha)}{\sin(\alpha)} \\ G \\ 0 \\ \frac{G}{2} \\ G \frac{\cos(\alpha)}{\sin(\alpha)} \\ -\frac{G}{2} \\ -G \frac{\cos(\alpha)}{\sin(\alpha)} \\ -G \\ 0 \\ \frac{G}{2} \end{pmatrix}$$

5.2.3 Analytické řešení

Začneme úpravou x-ové rovnice prvního ramena a rovnice (5.17):

$$F_{AX} + F_{BX} + \emptyset = 0 \Rightarrow F_{AX} = -F_{BX} \quad (5.22)$$

Totéž uděláme pro x-ovou rovnici druhého ramena a rovnice (5.18):

$$F_{DX} + F_{EX} + \emptyset = 0 \Rightarrow F_{DX} = -F_{EX} \quad (5.23)$$

Nyní výsledky rovnic (5.22) a (5.23) dosadíme do rovnice (5.21) a dostaneme tento vztah:

$$F_{BX} = -F_{EX} \quad (5.24)$$

Nyní se podíváme na rovnice v y-ové ose. Začneme s rovnicí

prvního ramena, jenž zkombinujeme se vztahem uvedeným v (5.16).

$$F_{AY} + F_{BY} + \frac{Q}{2} = 0 \quad (5.25)$$

Totéž provedeme s rovnicí druhého ramena s (5.16)

$$F_{DY} + F_{EY} + \frac{Q}{2} = 0 \quad (5.26)$$

Do rovnice (5.25) dosadíme vztah $F_{BY} = -F_{EY}$ z rovnice (5.20) a následně sečteme upravenou rovnici (5.25) a rovnicí (5.26).

$$F_{AY} + F_{DY} + Q = 0 \quad (5.27)$$

Zde musíme udělat předpoklad, že rozložení sil bude rovnoměrné, tedy že $F_{AY} = F_{DY}$. Pak platí:

$$F_{AY} = F_{DY} = -\frac{Q}{2} \quad (5.28)$$

Nyní využijeme momentové rovnice prvního ramena a dosadíme do ní z rovnic (5.16), (5.17) a (5.28). Následující rovnice představuje momentovou rovnici před úpravou:

$$-F_{AX} \frac{l}{2} \sin(\alpha) + F_{AY} \frac{l}{2} \cos(\alpha) + F_{CX} \frac{l}{2} \sin(\alpha) - F_{YX} \frac{l}{2} \cos(\alpha) = 0 \quad (5.29)$$

Tato jí představuje po dosazení:

$$-F_{AX} \frac{l}{2} \sin(\alpha) - Q \frac{l}{2} \cos(\alpha) = 0 \quad (5.30)$$

Z ní vyjádříme x-ovou reakci v bodě A.

$$F_{AX} = -G \frac{\cos(\alpha)}{\sin(\alpha)} = -G \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha)} \quad (5.31)$$

Z toho plynou vztahy pro reakce v bodech B, D, E:

$$F_{BX} = G \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha)} \quad (5.32)$$

$$F_{DX} = G \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha)} \quad (5.33)$$

$$F_{EX} = -G \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha)} \quad (5.34)$$

Teď provedeme shrnutí všeho, co jsme získaly a zapíšeme naše výsledky do tabulky.

	F_A	F_B	F_C	F_D	F_E	F_F
X:	$-G \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha)}$	$G \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha)}$	0	$G \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha)}$	$-G \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha)}$	0
Y:	$-\frac{G}{2}$	G	$\frac{G}{2}$	$-\frac{G}{2}$	$-G$	$\frac{G}{2}$

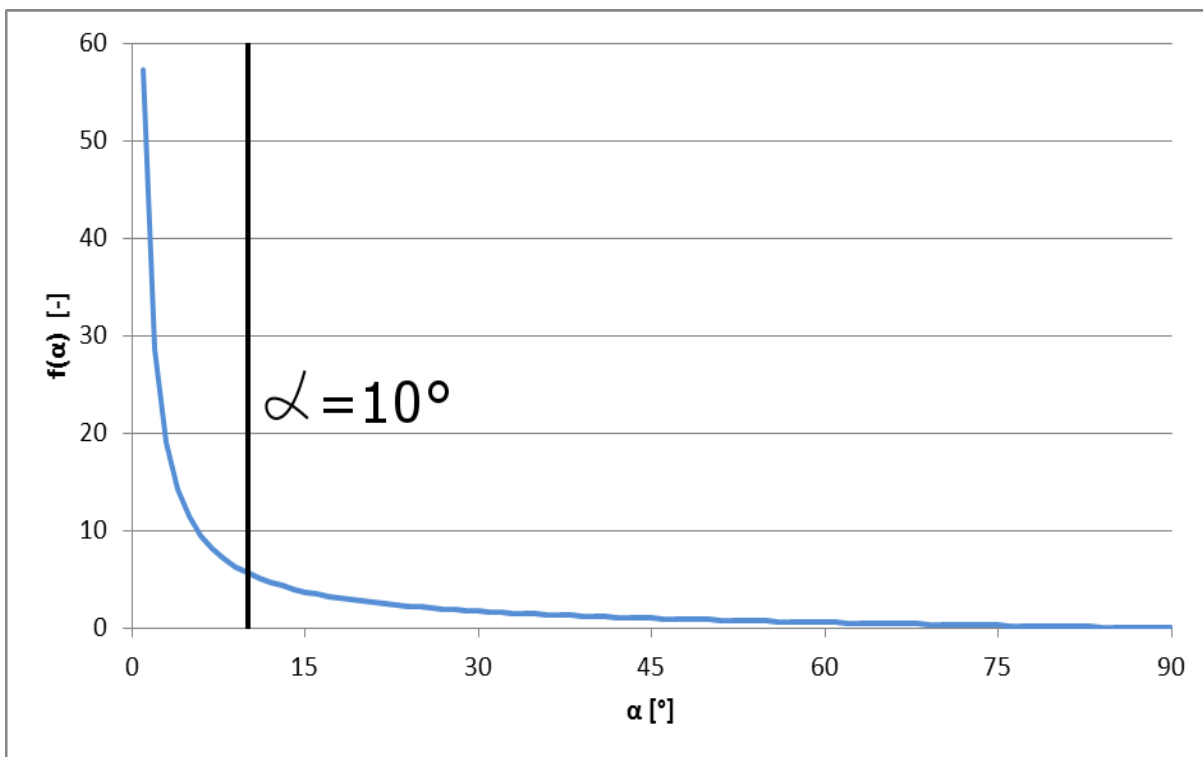
Tabulka 8: Reakce v bodech A-F

5.2.4 Vyhodnocení výsledků

Jak můžeme vidět, tak síla, kterou zatěžujeme náš pohybový šroub, je tahová a nabývá této hodnoty:

$$Q = |F_{Ax}| = G \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha)} \quad (5.35)$$

Nyní se podíváme na velikost této síly v závislosti na úhlu α , která je znázorněna na obr. 5.25.



Obrázek 5.28: Funkce $f(x) = \frac{1}{\text{tg}(\alpha)}$

Jak můžeme vidět, tak s klesajícím úhlem α nám rapidně roste velikost síly působící na pohybový šroub. Proto budeme limitovat minimální velikost úhlu α na 10° a pak dostáváme rozptýl zatížení:

$$Q = (0 \div 5,7)G = (0 \div 5700)N \quad (5.36)$$

5.3 Návrh pohybového šroubu

Nyní, když známe velikost síly, kterou zatěžujeme pohybový

šroub v závislosti na zatížení topeniště, můžeme již navrhnout námi požadovaný lichoběžníkový závit.

5.3.1 Volba lichoběžníkového závitu Tr

Nejdříve musíme zkontrolovat, jaký tlak je přenášený v závitěch a aby nepřekročil kritický tlak p_D [3]:

$$p = \frac{Q_C}{A} = \frac{Q_C}{\pi d_2^2 \psi_H \psi_h} \leq p_D \quad (5.37)$$

kde za konstanty ψ_H a ψ_h pro lichoběžníkový závit dosadíme:

$$\psi_H = 0,5$$

$$\psi_h = 2$$

$$p_D = 10 \text{ MPa}$$

Nyní vyjádříme střední průměr závitu d_2 :

$$d_2 \geq \sqrt{\frac{Q_C}{\pi \psi_H \psi_h p_D}} = \sqrt{\frac{5700}{\pi 0,5 \cdot 2 \cdot 10}} = 13,47 \text{ mm} \quad (5.38)$$

Ted' volíme nejbližší možný závit z tabulky normalizovaných lichoběžníkových závitů.

Označení závitu	Stoupání P [mm]	d_{min} [mm]	d_2 [mm]	d_3 [mm]
Tr16x2	2	16	15	13,5
Tr16x4	4	16	14	11,5
Tr18x2	2	18	17	15,5
Tr18x4	4	18	16	13,5
Tr20x2	2	20	19	17,5
Tr20x4	4	20	18	15,5

Tabulka 9: Tabulka trapézových závitů

5.3.2 Výpočty úhlu stoupání, úhlu boku profilu a třecího úhlu

Pro výpočet úhlu stoupání platí [3]:

$$\tan(\gamma) = \frac{i P}{\pi d_2} \Rightarrow \gamma = \arctan\left(\frac{i P}{\pi d_2}\right) = \arctan\left(\frac{1 \cdot 4}{\pi \cdot 14}\right) = 5^\circ 11.8' \quad (5.39)$$

Pro výpočet boku profilu platí:

$$\tan(\beta_N) = \tan(\beta) \cos(\gamma) \quad (5.40)$$

$$\beta_N = \arctan(\tan(15^\circ) \cos(5^\circ 11.8')) = 14^\circ 56.5' \quad (5.41)$$

Pro výpočet třecího úhlu platí:

$$\tan(\varphi') = \frac{f}{\cos(\beta_N)} \quad (5.42)$$

$$\varphi' = \arctan\left(\frac{f}{\cos(\beta_N)}\right) = \arctan\left(\frac{0,1 \div 0,13}{\cos(14^\circ 56.5')}\right) = 5^\circ 55' \div 7^\circ 40' \quad (5.43)$$

5.3.3 Návrh výšky matice

Výšku matice odvozujeme ze vztahu [3]:

$$h = \psi_h d_2 = 2 \cdot 14 = 28 \text{ mm} \quad (5.44)$$

Dále hledáme počet činných závitů z_c :

$$z = \frac{h}{P} = \frac{28}{4} = 7 \leq z_{max} = 8 \Rightarrow z_c = z = 7 \quad (5.45)$$

5.4 Kontrolní výpočty pohybového šroubu

Předběžné jsme zvolili pohybový šroub a jediné co zbývá je provést kontrolu na otláčení činných závitů a výpočet redukovaného napětí.

5.4.1 Kontrolní otláčení činných závitů

Abychom splnili otláčení činných závitů, tak musí platit vztah [3]:

$$p = \frac{Q}{z_c \pi d_2 H_1} \leq p_D = 12 \text{MPa} \quad (5.46)$$

kde $H_1 = 2 \text{mm}$ a představuje pracovní výšku.

po dosazení dostáváme:

$$p = \frac{5700}{7 \cdot \pi \cdot 14 \cdot 2} = 9,26 \text{MPa} \leq 12 \text{MPa} \quad (5.47)$$

5.4.2 Výpočet redukované napětí

Pro napětí v tlaku platí [1]:

$$\sigma_d = \frac{Q}{S_3} = \frac{4 Q}{\pi d_3^2} = \frac{4 \cdot 5700}{\pi \cdot 11,5^2} = 54,9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (5.48)$$

Pro napětí v krutu platí:

$$\tau = \frac{M_{ks}}{W_k} = \frac{Q \frac{d_2}{2} \tan(\varphi' + \gamma)}{\frac{\pi d_3^3}{16}} = \frac{5700 \frac{14}{2} \tan(7^\circ + 7^\circ 39,8')}{\frac{\pi \cdot 11,5^3}{16}} = 34,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (5.49)$$

Následně vypočteme redukované napětí podle rovnice (5.50), kam dosadíme za konstantu α dle hypotézy τ_{MAX} (5.51) a energetické HMH (5.52).

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_{MAX}^2 + \alpha^2 \tau^2} \quad (5.50)$$

$$\sigma_{red}^{\tau_{MAX}} = \sqrt{54,9^2 + 4 \cdot 34,8^2} = 88,6 \frac{N}{mm^2} \quad (5.51)$$

$$\sigma_{red}^{HMH} = \sqrt{54,9^2 + 3 \cdot 34,8^2} = 81,5 \frac{N}{mm^2} \quad (5.52)$$

Pro výpočet bezpečnosti obecně platí:

$$k = \frac{\sigma_{kt}}{\sigma_{red}} \quad (5.53)$$

Pak provedeme výpočet pro hypotézu τ_{MAX} (5.46) a HMH (5.47). Počítáme pro ocel 11 500, jejíž $\sigma_{kt} = 265 \frac{N}{mm^2}$

$$k = \frac{\sigma_{kt}}{\sigma_{red}^{\tau_{MAX}}} = \frac{265}{88,6} = 3 \quad (5.54)$$

$$k = \frac{\sigma_{kt}}{\sigma_{red}^{HMH}} = \frac{265}{81,5} = 3,3 \quad (5.55)$$

5.4.3 Kontrola pohybového šroubu na vzpěr

Nejdříve musíme provést kontrolní výpočet. Pro štíhlost prutu, v našem případě pohybového šroubu, platí tento vztah [2]:

$$\lambda = \frac{l_v}{i_x} \quad (5.56)$$

kde pro i_x , které představuje poloměr kvadratického momentu průřezu, v případě kruhového prutu platí:

$$i_x = \frac{d_3}{4} \quad (5.57)$$

Nyní dosadíme a provedeme výpočet. Délku prutu se pro náš případ bude přibližně $l_v = 340\text{mm}$

$$\lambda = \frac{4 l_v}{d_3} = \frac{4 \cdot 340}{11,5} = 118 \quad (5.58)$$

Předpokládám, že mezní hodnota štíhlosti oceli je $\lambda_{mez} = 105$. Když ji porovnáme s námi vypočtenou štíhlostí, tak platí:

$$40 < \lambda_{mez} < \lambda \quad (5.59)$$

Ze vztahu (5.59), že se pohybujeme v Eulerovské oblasti. Pro napětí v našem případě pak platí:

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2,06 \cdot 10^5}{118^2} = 146 \frac{N}{\text{mm}^2} \quad (5.60)$$

Pro bezpečnost pak platí:

$$k_v = \frac{\sigma_E}{\sigma_d} = \frac{146}{54,9} = 2,7 \quad (5.61)$$

Tato hodnota by měla být větší než $k_{vmin} = 3,5$, což neplatí. Proto volíme další variantu pohybového šroubu a tou je Tr20x4. Pro štíhlost této varianty platí:

$$\lambda = \frac{4 l_v}{d_3} = \frac{4 \cdot 340}{15,5} = 87,7 \quad (5.62)$$

Z toho vyplývá, že se pohybujeme v oblasti Tejtmajera. Pro napětí pak platí:

$$\sigma_T = \sigma_{kD} - \frac{\sigma_{kD} - \sigma_u}{\lambda_{mez} - 40} (\lambda - 40) = 265 - \frac{265 - 188}{105 - 40} (87,7 - 40) = 208,5 \frac{N}{mm^2} \quad (5.63)$$

Ještě dopočítáme napětí v tlaku:

$$\sigma_d(Tr20) = \sigma_d(Tr16) \frac{d_3^2(Tr16)}{d_3^2(Tr20)} = 54,9 \frac{11,5^2}{15,5^2} = 30,5 \frac{N}{mm^2} \quad (5.64)$$

Nyní máme všechny potřebné informace pro výpočet bezpečnosti:

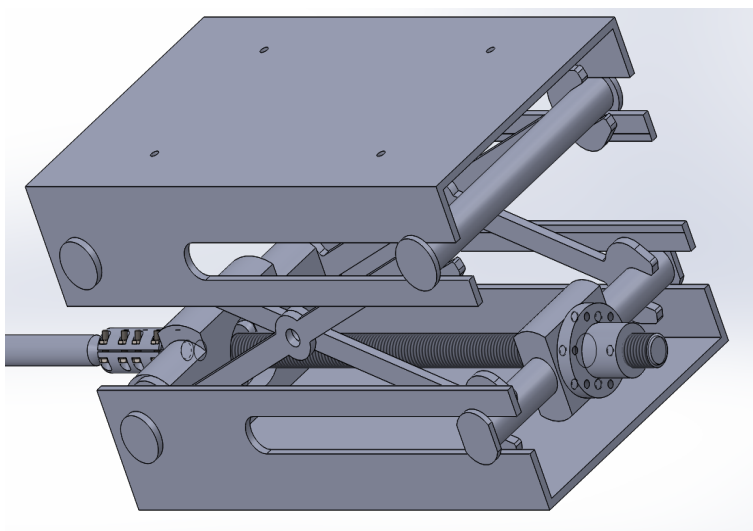
$$k_v = \frac{\sigma_E}{\sigma_d} = \frac{208,5}{30,5} = 6,8 \quad (5.65)$$

Tato bezpečnost naprosto vyhovuje nárokům, aby byla větší než $k_{vmin} = 3,5$.

5.5 Návrh předepjatého šroubu

Návrh předepjatého šroubu určíme pro mechanismus šroubového zvedáku v místě, jenž můžete vidět na obr. 5.29. V pravé části obrázku můžeme vidět přírubovou matici, kterou budou procházet šrouby, pro něž bude výpočet provádět.

Prvním úkolem bude určení počtu šroubů M6 z jakostní skupiny (JS) 8.8 (následující tabulka). Jejich počet je dán rozměry a tvarem přírubové matice. Maximální počet šroubů je $n_{max} = 7$. Dále budu předpokládat míjivé zatížení $F_a = F_m = 2,85kN$ i přes to, že po většinu doby budu zatěžovat šroub staticky.



Obrázek 5.29: Předepjatý šroub v mechanismu šroubového zvedáku

Označení jakostní skupiny	σ_{Pt} [N/mm ²]	σ_{kt} [N/mm ²]	$\sigma_{C(-1)}$ [N/mm ²]	Materiál
5.8	490	390	175	11343, 11373
8.8	785	630	245	12040, 12050, 13240
10.9	980	880	330	13240, 15230
12.9	1180	1060	390	13240, 16521

Tabulka 10: Jakostní skupiny šroubů

Následně určíme základní úhly charakteristické pro šroub M6:

1) Úhel stoupání [3]

$$\tan \gamma = \frac{i P}{\pi d_2} = \frac{1 \cdot 1}{\pi 5,35} \Rightarrow \gamma = 3^\circ 24,3' \quad (5.66)$$

2) Úhel boku profilu

$$\tan \beta_n = \tan \beta \cos \gamma = \tan 30^\circ \cos 3^\circ 24,3' \Rightarrow \beta_n = 29^\circ 57,4' \quad (5.67)$$

3) Třecí úhel

$$\tan \varphi' = \frac{f}{\cos \beta_n} = \frac{0,13 \div 0,15}{\cos 29^\circ 57,4'} \Rightarrow \varphi' = 8^\circ 32' \div 9^\circ 49' \quad (5.68)$$

Pro napětí ve šroubech potom platí vztah:

$$\frac{F_a}{n S_3} = \frac{\nu \sigma_{kt}}{k_\chi (1 + q_z)} \quad (5.69)$$

kde pro jednotlivé hodnoty platí:

- $\nu = 0,6$ a představuje míru využití meze kluzu
- $\sigma_{kt} = 630 \text{ MPa}$ je mez kluzu pro šrouby z JS 8.8
- $k_\chi = 1,2$ představuje předběžný vliv krutu předepínáním
- $q_z = 1,3$ představuje součinitel provozního předpětí
- $S_3 = \frac{\pi d_3^2}{4} = \frac{\pi 4,8^2}{4} = 18,1 \text{ mm}^2$ představuje plochu závitu

Vztah (5.69) upravíme a vyjádříme počet šroubů, jenž je potřeba k uchycení přírubové matice.

$$n \geq \frac{F_a k_\chi (1 + q_z)}{\nu \sigma_{kt} S_3} = \frac{2850 \cdot 1,2 \cdot (1 + 1,3)}{630 \cdot 0,6 \cdot 18,1} = 1,15 \quad (5.70)$$

Volím $n = 3$ z důvodů zachování symetrie.

5.5.1 Výpočet tuhostí šroubu a příruby

Nyní nás čeká výpočet tuhosti šroubu (5.71) [3].

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{n E} \sum_{n=1}^1 \frac{l_i}{S_i} = \frac{1}{3 \cdot 2,06 \cdot 10^5} \frac{4 \cdot 40}{22,5} = 1,15 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mm}}{\text{N}} \quad (5.71)$$

Pro výpočet tuhosti spojovaného materiálu (5.73) musíme nejdřív spočítat jeho plochu S_T (5.72).

$$S_T = n \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} = 3 \frac{\pi (10^2 - 6^2)}{4} = 150,8 \text{ mm}^2 \quad (5.72)$$

$$C_T = \frac{E S_T}{l} = \frac{2,06 \cdot 10^5 \cdot 150,8}{12} = 25,9 \cdot 10^5 \frac{N}{mm} \quad (5.73)$$

Dále spočítáme tuhost pro případ, kdy budeme předejzatý šroub přitěžovat (5.74) a kdy jej budeme odlehčovat (5.75).

$$\frac{1}{C_1} = \frac{1}{C_S} + \frac{1}{C_T} = 1,15 \cdot 10^{-5} + \frac{1}{25,9 \cdot 10^5} = 1,19 \cdot 10^{-5} \frac{mm}{N} \quad (5.74)$$

$$C_2 = C_T = 25,9 \cdot 10^5 \frac{N}{mm} \quad (5.75)$$

Po převrácení hodnoty z rovnice (5.74) pak dostáváme, že

$$C_1 = 0,84 \cdot 10^5 \frac{N}{mm} \quad (5.76)$$

Ještě ověříme poměr tuhostí odlehčovací ku přitěžované (5.77).

$$\frac{C_2}{C_1} \simeq 30 \geq 5 \quad (5.77)$$

5.5.2 Stanovení montážního přepětí a sil provozního cyklu

Pro stanovení montážního přepětí platí následující vztah [3]:

$$Q_0 = \frac{1}{n} \left(q_z + \frac{C_2}{C_1 + C_2} \right) F_a = \frac{1}{3} \left(1,3 + \frac{30}{1 + 30} \right) 2850 = 2155N \quad (5.78)$$

Pro deformaci šroubu, který odlehčujeme (5.79) a přitěžujeme (5.80), platí:

$$\Delta l_1 = \frac{Q_0}{C_1} = \frac{2155}{0,84 \cdot 10^5} = 0,026mm \quad (5.79)$$

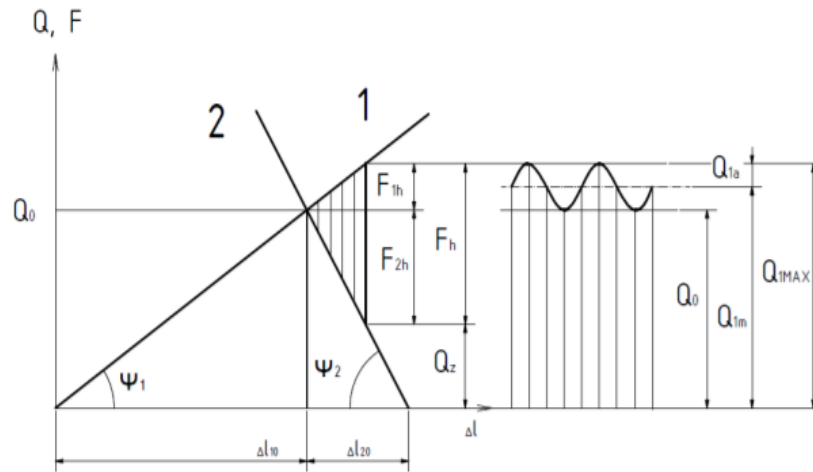
$$\Delta l_2 = \frac{Q_0}{C_2} = \frac{2155}{25,9 \cdot 10^5} = 0,001mm \quad (5.80)$$

Nyní vypočítáme síly, které působí na šroub při provozním cyklu. Tyto síly jsou střední síla (5.81) a amplitudová síla (5.82):

$$Q_{1m} = Q_0 + \frac{1}{2} \frac{C_1}{C_1 + C_2} F_m = 2155 + \frac{1}{2} \frac{1}{31} \cdot 2850 = 2200N \quad (5.81)$$

$$Q_{1a} = \frac{1}{2} \frac{C_1}{C_1 + C_2} F_a = \frac{1}{2} \frac{1}{31} \cdot 2850 = 46N \quad (5.82)$$

Jednotlivá silová zatížení v provozním cyklu můžeme vidět v následujícím diagramu.



Obrázek 5.30: Pracovní diagram

5.5.3 Výpočet redukovaného napětí a statické bezpečnosti

V této části vypočteme redukované napětí pro zatížení šroubu v tahu a krutu. Pro napětí od provozních sil a předpětí platí [3]:

$$\sigma_{Q0} = \frac{Q_0}{S_3} = \frac{2155}{18,1} = 119,5 \frac{N}{mm^2} \quad (5.83)$$

$$\sigma_m = \frac{Q_m}{S_3} = \frac{2200}{18,1} = 122 \frac{N}{mm^2} \quad (5.84)$$

$$\sigma_a = \frac{Q_a}{S_3} = \frac{46}{18,1} = 2,5 \frac{N}{mm^2} \quad (5.85)$$

Pak platí pro maximální napětí

$$\sigma_{MAX} = \sigma_m + \sigma_a = 124,5 \frac{N}{mm^2} \quad (5.86)$$

Pro napětí v krutu platí vztah:

$$\tau = \frac{M_k}{W_k} = \frac{Q_0 \frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\gamma + \varphi')}{\frac{\pi d_3^3}{16}} = \frac{2155 \frac{5,35}{2} \operatorname{tg}(3^\circ 24,3' + 9^\circ 0')}{\frac{\pi 4,8^3}{16}} = 58,4 \frac{N}{\text{mm}^2} \quad (5.87)$$

Následně vypočteme redukované napětí podle rovnice (5.88), kam dosadíme za konstantu α dle hypotézy τ_{MAX} (5.89) a energetické HMH (5.90).

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_{MAX}^2 + \alpha^2 \tau^2} \quad (5.88)$$

$$\sigma_{red}^{\tau_{MAX}} = \sqrt{124,5^2 + 4 \cdot 58,4^2} = 170,7 \frac{N}{\text{mm}^2} \quad (5.89)$$

$$\sigma_{red}^{HMH} = \sqrt{124,5^2 + 3 \cdot 58,4^2} = 160,4 \frac{N}{\text{mm}^2} \quad (5.90)$$

Ještě dopočítáme statickou bezpečnost, pro kterou platí obecně platí:

$$k = \frac{\sigma_{kt}}{\sigma_{red}} \quad (5.91)$$

Pak provedeme výpočet pro hypotézu τ_{MAX} (5.92) a HMH (5.93).

$$k = \frac{\sigma_{kt}}{\sigma_{red}^{\tau_{MAX}}} = \frac{630}{170,7} = 3,7 \quad (5.92)$$

$$k = \frac{\sigma_{kt}}{\sigma_{red}^{HMH}} = \frac{630}{160,4} = 3,9 \quad (5.93)$$

5.5.4 Dynamická bezpečnost

Začneme výpočtem snížené meze únavy [3]:

$$\sigma_{C(-1)}^{\kappa} = \frac{\sigma_{C(-1)}}{\phi} = \frac{245}{5} = 49 \frac{N}{mm^2} \quad (5.94)$$

kde $\kappa = 5$ a zastupuje celkový součinitel meze únavy.

Následně spočítáme součinitel vlivu σ_m na mez únavy:

$$\psi_{\sigma}^{\kappa} = \frac{\psi_{\sigma}}{\phi} = \frac{0,02 + 2\sigma_{pt} \cdot 10^{-4}}{\phi} = \frac{0,02 + 2 \cdot 785 \cdot 10^{-4}}{5} = 0,0354 \quad (5.95)$$

Po té součinitel bezpečnosti pro provozní síly platí:

$$k_{\sigma} = \frac{\sigma_{C(-1)}^{\kappa} - \psi_{\sigma}^{\kappa} \sigma_{Q0}}{\sigma_a - \psi_{\sigma}^{\kappa} (\sigma_m - 119,5)} = \frac{49 - 0,0354 \cdot 119,5}{2,5 - 0,0354 (122 - 119,5)} = 18,6 \quad (5.96)$$

Součinitel bezpečnosti v krutu (dle HMM) je vyjádřen:

$$k_{\tau} = \frac{\tau_k}{\tau} = \frac{0,57 \sigma_{kt}}{\tau} = \frac{0,57 \cdot 630}{58,4} = 6,14 \quad (5.97)$$

Pro výslednou dynamickou bezpečnost pak platí:

$$k = k_{\sigma} \sqrt{1 - \left(\frac{1}{k_{\tau}}\right)^2} = 18,6 \sqrt{1 - \left(\frac{1}{6,14}\right)^2} = 18,4 \quad (5.98)$$

Nyní provedeme posouzení vlivu krutu při dosažení přepětí:

$$k_{\kappa 0} = \sqrt{1 + \alpha^2 \left(2 \frac{d_2}{d_3} \tan(\varphi + \gamma) \right)^2} \quad (5.99)$$

dosadíme pro teorii τ_{MAX} :

$$k_{\kappa 0}^{\tau_{MAX}} = \sqrt{1 + 4 \left(2 \frac{5,35}{4,77} \tan(3^\circ 24.3' + 9^\circ 0') \right)^2} = 1,41 \quad (5.100)$$

dosadíme pro teorii HMMH:

$$k_{\kappa 0}^{HMMH} = \sqrt{1 + 3 \left(2 \frac{5,35}{4,77} \tan(3^\circ 24.3' + 9^\circ 0') \right)^2} = 1,32 \quad (5.101)$$

Nyní provedeme posouzení vlivu krutu při dosažení maximálního zatížení:

$$k_{\kappa MAX} = \sqrt{1 + \frac{\alpha^2}{x^2} \left(2 \frac{d_2}{d_3} \tan(\varphi + \gamma) \right)^2} \quad (5.102)$$

kde x je poměr maximálního napětí ku přepětí a platí pro něj:

$$x = \frac{\sigma_{MAX}}{\sigma_{Q0}} = \frac{124,5}{119,5} = 1,042 \quad (5.103)$$

dosadíme pro teorii τ_{MAX} :

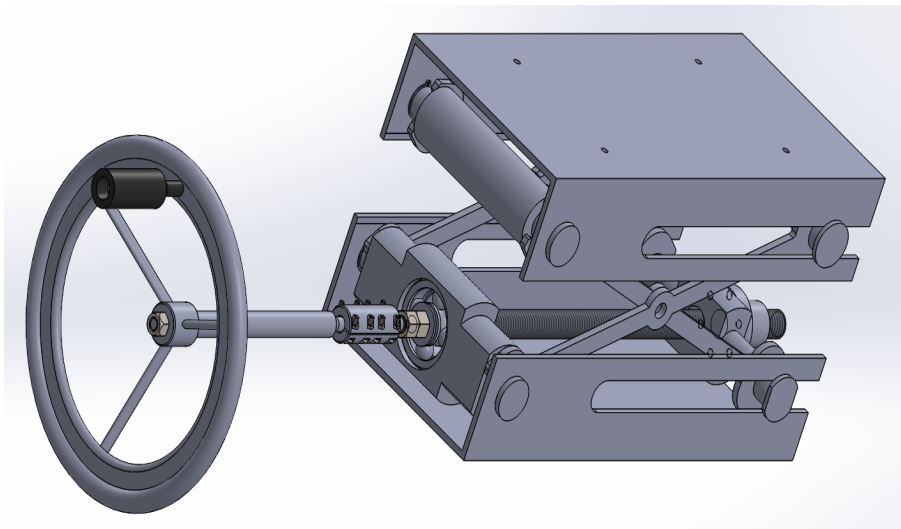
$$k_{\kappa MAX}^{\tau_{MAX}} = \sqrt{1 + \frac{4}{1,042^2} \left(2 \frac{5,35}{4,77} \tan(3^\circ 24.3' + 9^\circ 0') \right)^2} = 1,38 \quad (5.104)$$

dosadíme pro teorii HMM:

$$k_{\kappa MAX}^{HMM} = \sqrt{1 + \frac{3}{1,042^2} \left(2 \frac{5,35}{4,77} \tan(3^\circ 24.3' + 9^\circ 0') \right)^2} = 1,29 \quad (5.105)$$

5.6 Svěrný spoj

Svěrný spoj jsem umístil mezi otočné kolo a samotný šroubový zvedák. Jeho účelem je přenos kroutícího momentu z hřídele kola na pohybový šroub. Navrhovaný svěrný spoj můžeme vidět na obr. 5.31.



Obrázek 5.31: Svěrný spoj v mechanismu šroubového zvedáku

Na začátek vypočteme kroutící moment moment [3]:

$$M_k = Q \frac{d_2}{2} \tan(\gamma + \varphi) = 5700 \frac{18}{2} \tan(4^\circ 2.8' + 6^\circ 47.3') = 9818 \text{ Nmm} \quad (5.106)$$

Následně vypočteme rozměr hřídele, daný kroutivým momentem:

$$d_H = \sqrt[3]{\frac{16 M_k}{\pi \tau_{kD}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 9818}{\pi \cdot 40}} = 10,8 \text{ mm} \quad (5.107)$$

Nyní musíme provést kontrolu rozměrů hřídele, aby bylo vůbec fyzicky možné konstrukci provést.

Tr20x4	ložisko	M12 (zajištění ložiska)	d_H
$d_3 = 15,5 \text{ mm} \Rightarrow$	$d = 15 \text{ mm} \Rightarrow$	$d_3 = 10,8 \text{ mm} \Rightarrow$	10 mm

V tomto místě jsem byl nucen udělat ústupek, neboť nemohu dodržet rozměr, který mi vyšel výpočtem (5.107). Ve výpočtech budu pokračovat i nadále, neboť hned na začátku kapitoly návrhových výpočtů jsme volili velké zatížení pro případ, kdyby náš gril byl zatížen rázem.

Pro výpočet celkové svěrné síly (resp. celkového montážního přepětí) platí:

$$Q \geq \frac{\pi k M_k}{4 f d_H} = \frac{\pi \cdot 1,5 \cdot 9818}{4 \cdot 0,15 \cdot 10} = 7711 \text{ N} \Rightarrow Q = 8000 \text{ N} \quad (5.108)$$

kde jsme dosazovali $f = 0,15$ a $k = 1,5$.

Budeme předpokládat, že počet šroubů bude 4 na každou hřídel. Pro zatížení jednoho šroubu pak platí

$$Q_{04} = \frac{Q}{4} = 2000N \quad (5.109)$$

Pro výpočet průměru šroubů vzhledem k zatížení pak platí:

$$d_3 \geq \sqrt{\frac{4 Q_{04}}{0,7 \pi \sigma_{kt}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2000}{0,7 \pi 630}} = 2,4mm \quad (5.110)$$

Vzhledem k průměru šroubu volíme 4x M4.

Nyní provedeme návrh délky spojky přes výpočet kontroly tlaku mezi hřídelem a objímkou. Platí tedy vztah:

$$p = \frac{4 Q}{d_H \pi l} \leq p_D; p_D = (40 \div 80)MPa \quad (5.111)$$

Pro délku dostáváme vztah:

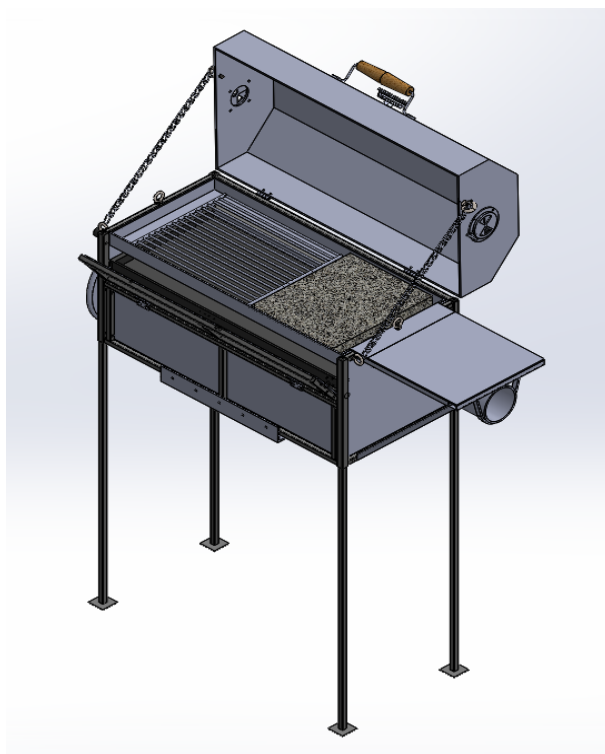
$$l = \frac{4 Q}{d_H \pi p_D} = \frac{4 \cdot 8000}{10 \cdot \pi \cdot 40} = 25,5mm \Rightarrow l = 28mm \quad (5.112)$$

6 Závěr

V této práci byl navržen multifunkční gril pro tepelnou přípravu pokrmů. Topným materiálem je dřevo/uhlí s ventilátorovou podporou pro rozdělení a udržení ohně. Těleso bylo navrženo tak, aby mohlo pojmout rošt, grilovací kámen a nebo jehlu. Grilovací plocha činí 4000 cm^2 .

Součástí této práce byl návrh pohybového mechanismu topeňniště, jenž byl realizován šroubovým zvedákem. Návrh byl proveden podle platných norem.

Na následujícím obrázku můžete vidět kompletní 3D model grilu s kamenem a roštem.



Obrázek 6.32: Model kompletního grilu s kamenem a roštem

List of Equations

5.1	Rázová síla	24
5.2	Rázový součinitel	24
5.3	Statická deformace	24
5.4	Kroutící moment působící na pero	25
5.5	Vypočtený průměr hřídele	25
5.6	Podmínka na otláčení pera	26
5.7	Vypočtená délka pera přenášející kroutící m.	26
5.8	Celková délka pera a následná volba dle ČSN	26
5.9	Zpětný dopočet délky pera přenášející kroutící m.	26
5.10	Délka náboje	26
5.11	Kontrola pera na otláčení - výpočet	27
5.12	Kontrola pera na střih - výpočet	28
5.13	Výpočet bezpečnosti na otláčení	28
5.14	Výpočet bezpečnosti na střih	28
5.15	První DR	30
5.16	Projev zatížení	30
5.17	Druhá DR	30
5.18	Třetí DR	30
5.19	Čtvrtá DR	30
5.20	Páta DR	30
5.21	Šestá DR	30
5.22	x-ová složka 1. ramena + Druhá DR	32
5.23	x-ová složka 2. ramena + Třetí DR	32
5.24	Kombinace 5.22, 5.23 s Šestou DR	32
5.25	y-ová složka 1. ramena + zatížení (5.16)	33
5.26	y-ová složka 2. ramena + zatížení (5.16)	33
5.27	Součet upravené 5.25 a 5.26	33
5.28	Vyjádření y-ové složky v podstavách (A, D)	33
5.29	Momentová rovnice 1. ramena před úpravou	33
5.30	Momentová rovnice 1. ramena poi úpravě	33
5.31	x-ová složka v bodě A - zatížení pohybového šroubu	34

5.32	x-ová složka v bodě B	34
5.33	x-ová složka v bodě D	34
5.34	x-ová složka v bodě E	34
5.35	Síla na pohybový šroub	34
5.36	Rozptyl zatížení	35
5.37	Tlak přenášený v závitech	36
5.38	Výpočet středního průměru závitu	36
5.39	Úhel stoupání	37
5.40	Bok profilu - vztah	37
5.41	Bok profilu - výpočet	37
5.42	Třecí úhel - vztah	37
5.43	Třecí úhel - výpočet	37
5.44	Výška matice	37
5.45	Počet činných závitů	37
5.46	Kontrola na otlačení - vztah a podmínka	38
5.47	Kontrola na otlačení - výpočet	38
5.48	Napětí v tlaku	38
5.49	Napětí v krutu	38
5.50	Redukované napětí - vztah	39
5.51	Redukované napětí - hypotéza smyk. napětí	39
5.52	Redukované napětí - HMH	39
5.53	Bezpečnost	39
5.54	Bezpečnost - teorie smyk. napětí	39
5.55	Bezpečnost - HMH	39
5.56	Štíhlost prutu - vztah	39
5.57	Poloměr kvadratického momentu průřezu	40
5.58	Štíhlost prutu - výpočet	40
5.59	Porovnání štíhlostí a určení oblasti namáhání	40
5.60	Napětí v Eulerovské oblasti	40
5.61	Bezpečnost na vzpěr	40
5.62	Přepočet štíhlosti	40
5.63	Napětí v oblasti Tejtmajera	41
5.64	Dopočet napětí v tlaku	41

5.65	Bezpečnost vzpěru - TR20x4	41
5.66	Úhel stoupání	42
5.67	Úhel boku profilu	42
5.68	Třecí úhel	43
5.69	Napětí ve šroubech	43
5.70	Určení počtu šroubů	43
5.71	Tuhost šroubu	43
5.72	Deformovaná plocha spojovaného materiálu	44
5.73	Tuhost spojovaného materiálu	44
5.74	Tuhost při zatížení - převrácená hodnota	44
5.75	Tuhost při odlehčení	44
5.76	Tuhost při zatížení	44
5.77	Poměr 5.75 ku 5.76	44
5.78	Montážní přepětí	45
5.79	Deformace šroubu - odlehčení	45
5.80	Deformace šroubu - zatížení	45
5.81	Střední síla	45
5.82	Amplitudová síla	45
5.83	Napětí od předpětí	46
5.84	Napětí od střední síly	46
5.85	Napětí od amplitudové síly	46
5.86	Maximální napětí	46
5.87	Napětí v krutu	47
5.88	Redukované napětí - vztah	47
5.89	Redukované napětí - teorie smyk. napětí	47
5.90	Redukované napětí - HMH	47
5.91	Statická bezpečnost - vztah	47
5.92	Statická bezpečnost - teorie smyk. napětí	47
5.93	Statická bezpečnost - HMH	47
5.94	Snížená mez únavy	48
5.95	Součinitel vlivu meze kluzu na mez únavy	48
5.96	Bezpečnost pro provozní síly	48
5.97	Bezpečnost v krutu	48

5.98	Výsledná dynamická bezpečnost	48
5.99	Posouzení vlivu krutu při dosažení přepětí - vztah . .	49
5.100	Posouzení vlivu krutu při dosažení přepětí - teorie smyk. napětí	49
5.101	Posouzení vlivu krutu při dosažení přepětí - HMH . .	49
5.102	Posouzení vlivu krutu při dosažení max. napětí - vztah	49
5.103	Poměr max. napětí ku přepětí	49
5.104	Posouzení vlivu krutu při dosažení max. napětí - teo- rie smyk. napětí	50
5.105	Posouzení vlivu krutu při dosažení max. napětí - HMH	50
5.106	Kroutící moment	51
5.107	Vypočtený průměr hřídele	51
5.108	Celková svěrná síla	51
5.109	Přepětí jednoho šroubu	52
5.110	Výpočet průměru šroubu	52
5.111	Kontrola tlaku mezi hřídelem a objímkou	52
5.112	Určení délky spojky přes kontrolu tlaku	52

Reference

- [1] J. MICHALEC a kol.: *Pružnost a Pevnost I, skriptum.* ČVUT, Praha, 2001
- [2] J. MICHALEC a kol.: *Pružnost a Pevnost II, skriptum.* ČVUT, Praha, 2001
- [3] ŠVEC, V.: *Části a mechanismy strojů. Spoje a části spojovací..* ČVUT, Praha, 2008
- [4] ŠVEC, V.: *Části a mechanismy strojů. Mechanické převody..* ČVUT, Praha, 2003
- [5] KUGL, O. a kol.: *Projekt - III. ročník.* ČVUT, Praha, 2005
- [6] KOPÁČEK, J.: *Pohony, VŠ skriptum.* ČVUT, Praha, 1985
- [7] *SvetGrilu.cz | Eshop a kamenná prodejna se vším pro grilování* [online]. ©2017 [cit. 8.6.2017] <http://www.svetgrilu.cz>
- [8] *Gril | Grily - Gril.cz* [online]. ©2017 [cit. 8.6.2017] <http://www.gril.cz>
- [9] *Grilovací kámen na grilování - pečící kámen | Grilmen.cz* [online]. ©2017 [cit. 8.6.2017] <http://www.grilmen.cz>
- [10] *SUPER-NÁŘADÍ.cz Grily, topidla, plynové hořáky, vařiče, paella* [online]. ©2017 [cit. 8.6.2017] <https://www.super-naradi.cz/>

- [11] *Ventilátory* [online] MultiVac, 2016, 303 s.
<http://http://www.multivac.cz/ke-stazeni>
- [12] *Ferona, a.s. - Velkoobchod hutním materiálem* [online]. ©2017 [cit. 8.6.2017]
<http://www.ferona.cz/cze/index.php>
- [13] *T.E.A TECHNIK s.r.o. - lineární vedení a pohony* [online]. ©2017 [cit. 8.6.2017]
<https://www.teatechnik.cz/>
- [14] *EXPRESS COLOR* [online]. ©2017 [cit. 8.6.2017]
<http://www.express-color.cz/>
- [15] *SKF CZ, a.s.* [online]. ©2017 [cit. 8.6.2017]
<http://www.skf.com/>

Seznam obrázků

2.1 Weber Gril Performer Deluxe®GBS 57 cm	2
2.2 Napoleon Gril Cart	2
2.3 Smoky Fun Gril Party Wagon 5	3
2.4 Rošt BIO nastavitelný, <i>Lucifer</i>	5
2.5 Grilovací rošt 50x37 cm	6
2.6 Žulový kámen 40x30x3 cm	6
2.7 Grilovací motorek, <i>Lucifer</i>	6
2.8 Ventilátor, <i>Tubo</i>	8
2.9 Přírubová matice, <i>T.E.E. Technik</i>	9
3.10 Jäkly, <i>Ferona</i>	11
3.11 L profil, <i>Ferona</i>	11
3.12 Žárovzdorná barva, <i>Alkyton</i>	12
4.13 Model grilu bez krytí ze přední strany	13
4.14 Model tělesa grilu	14
4.15 Kostra zadní části tělesa	15
4.16 Kostra přední části tělesa	15
4.17 Motorková část	16
4.18 Ventilátorová část	16
4.19 Nosná konstrukce ventilátoru	17
4.20 Držák dna topeniště	18
4.21 Koncepční návrh vertikálního uspořádání	19
4.22 Šroubový zvedák	20
4.23 Koncepční návrh nožičky grilu	21
4.24 Šroub M6, DIN 580	22
4.25 Šroub M6, DIN 580 po úpravě	22
5.26 Zjednodušené schéma	28
5.27 Uvolnění částí šroubového zvedáku	29
5.28 Funkce $f(x) = \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha)}$	35
5.29 Předepjatý šroub v mechanismu šroubového zvedáku	42
5.30 Pracovní diagram	46
5.31 Svěrný spoj v mechanismu šroubového zvedáku	50

6.32 Model kompletního grilu s kamenem a roštem . . . 53

Seznam tabulek

1	Základní rozměry grilovací plochy	4
2	Ventilátory	7
3	Rozměry vertikální uspořádání	19
4	Rozměry pera a drážky, ČSN 02 2562	26
5	Výpočet pro různé průměry	27
6	Tabulka KM matic a MB podložek	27
7	Pohybové rovnice	29
8	Reakce v bodech A-F	34
9	Tabulka trapézových závitů	36
10	Jakostní skupiny šroubů	42