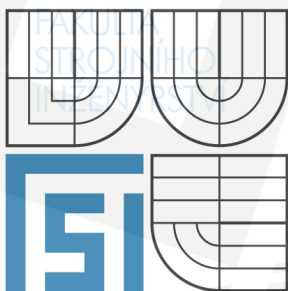


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

TECHNICKÉ
V BRNĚ



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

LANOVÝ DRAPÁK

GRAB DREDGER

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. JAN KUBÁNEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

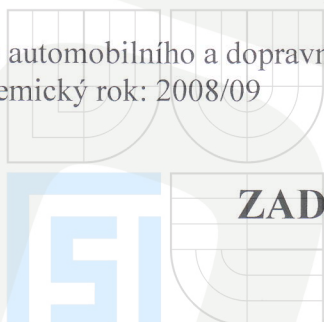
doc. Ing. MIROSLAV ŠKOPÁN, CSc.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2008/09



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Kubánek Jan, Bc.

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Automobilní a dopravní inženýrství (2301T038)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Lanový drapák

v anglickém jazyce:

Grab Dredger

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Konstrukční návrh lanového drapáku pro manipulaci s pískem, štěrkem a zeminou. Objem drapáku 3 metry kubické. K drapáku není přívod energie.

Cíle diplomové práce:

Vypracujte:

technickou zprávu, obsahující zejména:

- výpočet + pevnostní kontrolu,
- stanovení hmotnosti drapáku,
- časy rozevírání a svírání alternativně dle počtu kladek,
- posouzení vlivu pracovního prostředí (-20° , promrzlé haldy, podmínky nasazení),
- návrh výměnných otěruvzdorných lišt,
- další výpočty dle pokynů vedoucího DP.

Výkresovou dokumentaci obsahující:

- sestavu drapáku,
- podsestavy a výrobní výkresy dle pokynů vedoucího DP.

Anotace

Bc. Jan Kubánek

Lanový drapák 3 m³

Při řešení konstrukce lanového drapáku se budeme zabývat vhodným řešením lanového drapáku s ohledem na jeho použití a objem, možnosti jeho nasazení za nízkých teplot a případnou aplikací vyměnitelných otěruvzdorných lišt. Bude proveden výpočet sil působících na lanový drapák a kontrolní výpočet vybraných nosných dílů.

Klíčová slova: lanový drapák, kladka, kladkový mechanismus, lžíce, lano, vnější rám, otěruvzdorné lišty, břity, čepy, nosný hřídel

Annotation

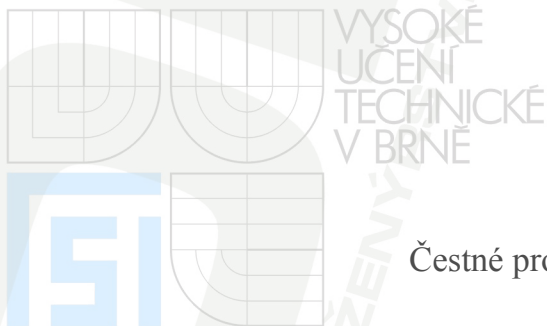
Bc. Jan Kubánek

Grab dredger 3 m³

When solving the construction of a grab dredger we will deal with suitable solution with reference to its using and capacity, possibilities of its setting in low temperatures and incidental application of the exchangeable abrasion - resistant mouldings. There will be made a calculation of forces taking effect on a grab dredger and a check calculation of the chosen structural parts.

Key words: grab dredger, pulley, pulley mechanism, dipper, rope, outer frame, abrasion-resistant mouldings, edge, axle

KUBÁNEK, J. *Lanový drapák*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 49 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.



Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, pod vedením vedoucího diplomové práce pana doc. Ing. Miroslava Škopána, CSc., s odborným poradcem z firmy Prestar Opava, Ing. Michalem Komárkem a s použitím uvedené literatury.

Poděkování

Za účinnou podporu a obětavou pomoc, cenné připomínky a rady při zpracování diplomové práce tímto děkuji odbornému poradci diplomové práce panu Ing. Michalu Komárkovi a vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Miroslavu Škopánovi, CSc.

V Brně dne 4. května 2009

Bc. Jan KUBÁNEK

Obsah

Úvod.....	5
1. Konstrukce drapáku	6
2. Rozdělení drapáků.....	6
3. Rozdělení drapáků podle konstrukce.....	11
3.1 Univerzální drapáky.....	11
3.2 Shrabovací drapáky.....	14
3.3 Klešťové drapáky.....	16
3.4 Speciální drapáky.....	17
4. Způsob práce dvoulanového drapáku.....	17
5. Základní parametry drapáku.....	19
5.1 Nominální objem drapáku.....	19
5.2 Vlastní hmotnost drapáku.....	19
5.3 Hmotnost nabraného materiálu.....	19
5.4 Konstrukční parametry drapáku.....	19
5.5 Parametry ovlivňující výkon.....	20
5.6 Označení drapáků.....	21
6. Základní kritéria pro volbu koncepce drapáku.....	21
7. Řešení čtyřlanového drapáku 3 m ³	22
7.1 Výpočet sil působících na lanový drapák.....	25
7.2 Kontrolní výpočet vybraných dílů.....	32
7.3 Analýza v programu COSMOS.....	44
8. Návrh vyměnitelných otěruvzdorných lišt.....	45
9. Posouzení vlivu pracovního prostředí.....	46
Závěr.....	48
Seznam použité literatury.....	49
Seznam použitých symbolů a zkratek.....	50
Seznam příloh.....	53

Úvod

Ve své diplomové práci se mám zabývat návrhem manipulačního prostředku pro prostředí bez přívodu energie. Jde o návrh lanového drapáku o objemu 3m^3 pro přemísťování písku, štěrku a zeminy.

Jeřáby nejčastěji překládají volně ložené hromady materiálu pomocí lanových nebo motorových drapáků s hydraulickým, či mechanickým pohonem. Slovem drapák se v technické praxi i v naší literatuře označují dvě různé věci. Buď vlastní drapákový koš, sloužící k nabírání či rýpání většinou sypkých hmot, nebo celý stroj, který slouží k pohybu a ovládání tohoto koše. V užším slova smyslu se pak jako drapáky označovaly zdvihací stroje opatřené drapákovým košem. Drapáky automaticky naplňují nebo vyprazdňují svůj obsah v procesu překládky hromadných materiálů, kulatin a jiných speciálních materiálů (ocelový šrot, odlitky,...). Někdy se používá název drapákový bagr, odpovídající původnímu německému označení Greifbagger. V podobě lodního drapáku se užívaly k bagrování tam, kde se z různých důvodů nedalo nebo nevyplatilo použít korečkového bagru (k hloubení výkopů a hlubších jam pro základy vodních staveb a k hloubkové práci vůbec, ale i k odstraňování pevné srostlé zeminy a jednotlivých balvanů pod hladinou). Velmi často se drapáky posílaly tam, kde bylo zapotřebí odstranit ze dna řeky nebo průkopu staré dřevěné piloty či konzervované kmeny stromů. Korečkové bagry byly velmi často nahrazovány drapáky všude tam, kde se nejednalo o velké objemy zemin. Na rozdíl od jeřábů měly všechny drapáky strojní pohon. Zatímco konstrukce i pohonná jednotka drapáku jsou v podstatě stejné jako u jeřábu, existuje řada provedení drapákového koše, jehož konstrukci musí být také přizpůsobeno konkrétní provedení pohonu a ovládání. Nejstarší u nás používané byly drapáky Priestmanovy, původem z Anglie. Pro pohon Priestmannova drapáku byly nutné dva řetězy se samostatným navíjením.

1. Konstrukce drapáku

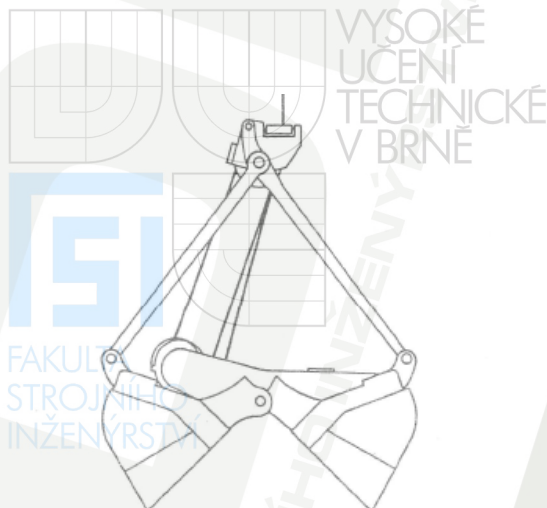
U lanových drapáků se čelisti otevírají a zavírají jedním nebo dvěma lany (systémy lan), které se navíjejí na bubny poháněcího zařízení umístěného mimo samotný drapák. Dvoulanové drapáky vyžadují speciální kočky se dvěma navíjecími bubny. U jednolanového drapáku je pohyb čelistí ovládán jedním lanem nebo jednou dvojicí lan, kterými se drapák zavírá, zdvihá a spouští. Díky tomu není zapotřebí speciální kočky a drapák lze zavěsit na běžný jeřábový hák. Výhodou je tak snadná záměna za jiný typ drapáku. Tento typ drapáku představuje buď drapák s pomocným vyprazdňovacím lankem, sloužícím k odjištění a otevření zavřených čelistí nebo drapák vyprazdňující se pomocí dosednutí. Zde je k otevření a zavření drapáku zapotřebí dvojího dosednutí. Při prvním dosednutí dojde k otevření a následnému vysypání obsahu drapáku, při druhém dosednutí otevřeného drapáku dojde k jeho uzavření. Tyto drapáky však mají velkou konstrukční výšku a delší dobu pracovního cyklu.

U elektrohydraulických drapáků je pohyb čelistí ovládán přímočarým hydromotorem, umístěným přímo v konstrukci drapáku. Tlakový olej a celý hydraulický obvod je potom umístěn buď na konstrukci drapáku, nebo se přivádí jen tlakový olej z jiného zdroje. Zdvihací mechanismus jinak normálního jeřábu tak musí mít ještě kabelový buben pro přívod elektrického proudu. Elektrohydraulické drapáky se používají pro překládku sypkých a kusových materiálů (např. písek, koks apod.). Nesmějí se však používat pro těžbu materiálu z vody.

2. Rozdělení drapáků

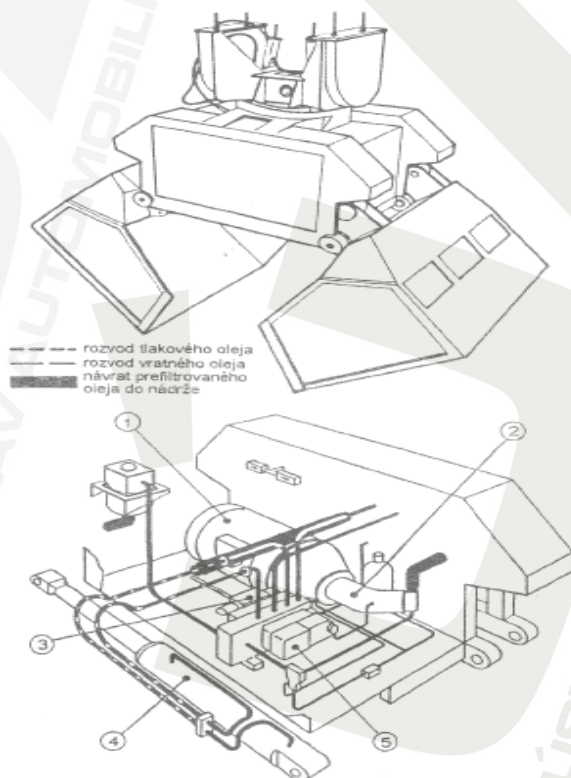
Podle způsobu ovládání jsou drapáky lanové a motorové. Motorové drapáky mají zpravidla na konstrukci umístěný elektromotor a využívají systém ovládání mechanické, mechanicko-hydraulické, hydraulické a pneumatické. Podle systému zavěšení na jeřábu a ovládání bývají drapáky dvou nebo čtyřlanové. Čelisti dvoulanového drapáku otvírá (zavírá) zavírací lano, které se odvíjí (navíjí) z lanového bubnu poháněného hnacím mechanismem kočky jeřábu. Na nosném (přidržném) laně drapák visí. Dvoulanové drapáky používají obvykle jeřáby do nosnosti 5 tun.

Čtyřlanové drapáky mají dvě nosná a dvě zavírací lana. Nosná lana jsou upevněná ve vahadle, uchyceném na horním ráme drapáku. Jednolanové drapáky (obr. 1) v konstrukci dvou a čtyřlanových drapáků neobstály, protože jeřáby dosahovaly mnohem nižší výkonu.



Obr. 1 Jednolanový drapák (zdroj [1])

Na ovládání pohybu čelistí u kabiny elektrického jeřábu je elektrohydraulický drapák (obr. 2) vybavený elektromotorem, čerpadlem, hydraulickými válci, elektromagnetickými ovládacími a pojistnými ventily, nádrží s olejem, rozvodným potrubím a kabelem napájení elektrickým proudem. Kontrolní snímače (termostat, tlakoměr) informují jeřábníka o přehřátí a o překročení maximálně přípustného tlaku oleje. Vybavení je v konstrukci horního rámu drapáku. Drapák je zavěšen na háku jeřábu, od kterého odebírá kabelem elektrickou energii. Jeden konec kabelu končí na kabelovém bubnu v konstrukci jeřábu a druhý konec je strčen do zásuvky drapáku.



Obr. 2 Elektrohydraulický drapák (zdroj [1])

- 1 – elektromotor
- 2 – čerpadlo
- 3 – ovládací ventily
- 4 – pístnice
- 5 – pojistné ventily

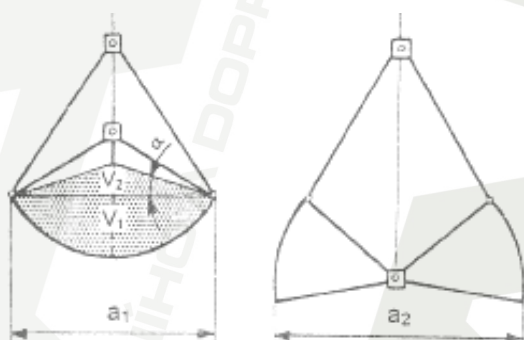
Lanové drapáky se dále člení podle určení a počtu nosných a zavíracích lan

Podle určení jsou drapáky univerzální (běžné použití), shrabovací, klešťové a speciální. Všechny skupiny drapaků mají společné charakteristické znaky, ale jiné konstrukční řešení ústrojí.

Dále se ještě některé druhy drapaků mohou členit na lehké ($\gamma_t = \text{do } 1 \text{ t/m}^3$, kde γ_t je měrná hmotnost), střední ($\gamma_t = 1,1$ až 2 t/m^3), těžké ($\gamma_t = 2,1$ až 3 t/m^3) a zvlášť těžké ($\gamma_t = \text{nad } 3 \text{ t/m}^3$). Ty lze ještě dále členit na otevřené (uhlí, rudy, šterkopísek, atd.) nebo zavřené (zrnitá a práškové materiály), symetrické (stejně síly na obou čelistech) či asymetrické.

V současnosti se upustilo od výroby nýtovaných drapaků a díly se svařují, což ulehčí údržbu i opravu drapaků.

Podle způsobu nabírání volně loženého materiálu se drapáky dělí na univerzální a shrabovací. Mezi univerzální patří takové drapáky, které mají rozměr zavřených čelistí $a_1 \geq 0,55 a_2$ (obr. 3), pro shrabovací drapáky platí $a_1 \leq 0,55 a_2$.



α – skutečný synpý úhel materiálu

Obr. 3 Rozměry drapaků (zdroj [1])

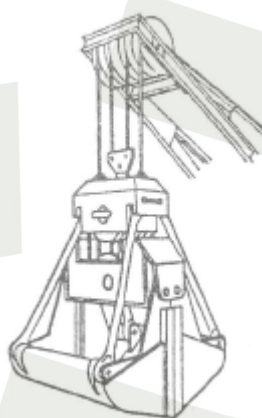
a_1 – šířka zavřeného drapaků

a_2 – šířka otevřeného drapaků

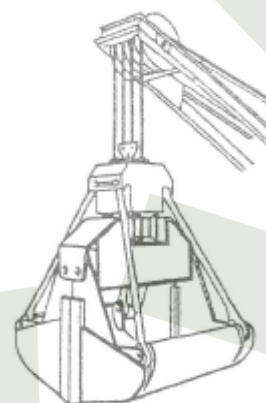
V_1 – objem čelistí po jejich horní okraj

V_2 – objem materiálu vytvořený synpým úhlem

Podle podmínek práce se dvoučelist'ové drapáky otvírají (zavírají) ve směru (obr. 4) nebo kolmo (obr. 5) na osu výložníku jeřábu.



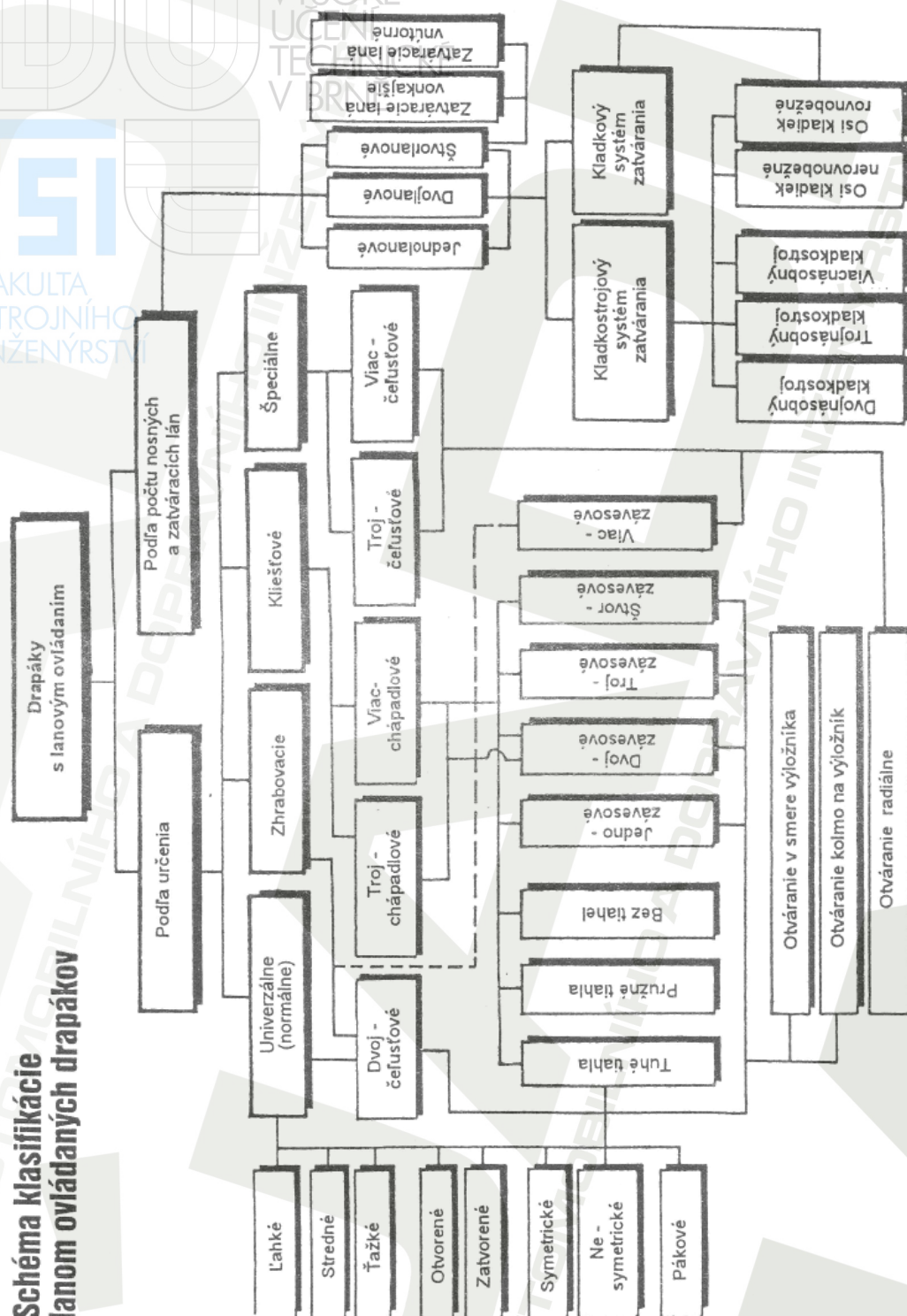
Obr. 4 Drapak ve směru osy výložníku (zdroj [1])



Obr. 5 Drapak kolmo na osu výložníku

K asymetrickým drapákům patří klešťové (vhodné pro překládku dřevěné kulatiny) a jednolanové. Asymetričnost klešťového drapáku je promítnuta nejen v konstrukci, ale i v nerovnoměrném rozdělení tlaku na řeznou hranu (břit) při nabírání materiálu. Podle systému zavírání čelistí se lanové drapáky rozdělují na drapáky s kladkostrojovým nebo kladkovým systémem zavírání. Kladkostrojové zavírání je používanější. Podle převodu - násobku kladkostroje bývají drapáky dvou-, troj-, čtyř- a vícenásobné, určené na překládku konkrétního materiálu. Nejvšeobecnějším kritériem klasifikace drapáků je i počet závěsů kinematického schéma mechanismu jejich činnosti, které se nacházejí na horním a dolním rámě. Na klasifikaci se pro jednoduchost přijala zásada, že závěsné spojení táhel s čelistmi drapáku se v tomto případě nezohledňuje. Závěsné spojení táhel s čelistmi nebývá u všech druhů drapáků, a proto závěsné spojení není charakteristické. V souvislosti s tímto kritériem jsou používané drapáky jedno-, dvou-, tří-, čtyř- a více závěsové. Jednozávěsové mají čelisti s horním rámem spojené jen jedním závěsem. Dvouzávěsové mají čelisti uchycené na dolním rámě a táhla s druhým závěsem na horním rámě. Třízávěsové mají čelisti uchycené jedním nebo dvěma závěsy na dolním rámě a táhla s jedním nebo dvěma závěsy na horním rámě. Součet závěsů vícezávěsových drapáků je větší než čtyři. Přehledné schéma rozdělení lanem ovládaných drapáků je na obr. 6.

Schéma klasifikácie lanom ovládaných drapákov



Obr. 6 Rozdelení drapákov (zdroj [1])

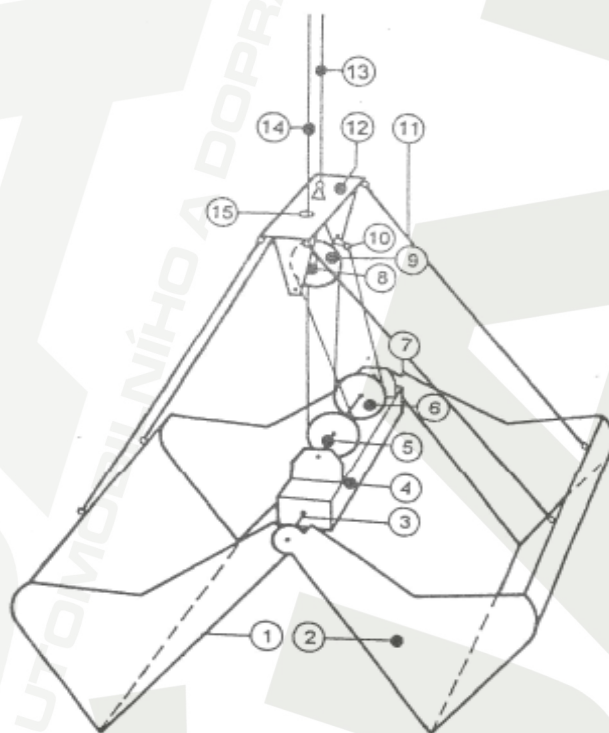
3. Rozdělení drapáků podle konstrukce

3.1 Univerzální drapáky

Na obr. č. 7 je zobrazen dvoulanový, dvoučelistový symetrický drapák, používaný zejména pro překládku volně ložených neprašných materiálů. Mezi hlavní části lanového drapáku patří horní a dolní rám, kladkostroj, táhla, čelisti, otvírací a zavírací lana.

Horní rám slouží na umístění lanových kladek na společném hřídeli a vodítka vstupu zavíracího lana, na upevnění nosného lana na rám apod. Dolní rám slouží k uložení společného hřídele pro uchycení čelistí.

Čelisti bývají svařeny z ocelových plechů a profilů, na kterých jsou v čepech uloženy táhla. Táhlo tvoří dva náboje s pouzdry, navzájem spojené tyčí. Bočnice drapáku mají takový tvar, aby se jimi minimalizoval odpor nabíraného materiálu.



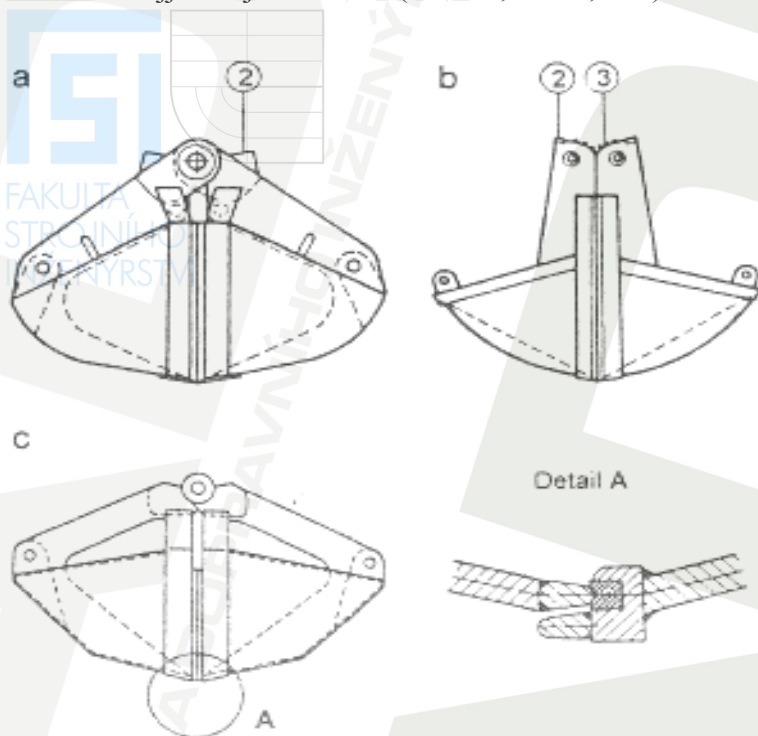
Obr. č. 7 Schéma lanového drapáku
(zdroj [1])

Popis:

- 1., 2. – čelisti
- 3. – uchycení čelistí
- 4. – dolní rám
- 5. – hřídel dolních kladek
- 6. – dolní kladky
- 7. – hřídel horních kladek
- 8. – horní kladka
- 9. – uchycení lana
- 10. – táhla
- 11. – horní rám
- 12. – nosné lano
- 13. – zavírací lano
- 14. – vodítko vstupu zavíracího lana
- 15.

Půlkruhový a kruhový tvar (obr. 8 a, 8 b) bočnic je vhodný na překládku lehkých a středně sypkých materiálů (fosfát, suchý písek, obilniny, antracit atd.). Na překládku kusových rud a dalších těžko nabíratelných materiálů jsou vhodné drapáky s hranatým tvarem bočních čelistí (obr. 8 c). Drapák má čelisti lopatové (nejčastěji plné, zřídka mřížové), klešťové (pákové) a chapadlové. Plné otevřené lopatové čelisti předurčují použití drapáku na překládku neprašných nebo málo prašných materiálů (šterk, rudy, uhlí,

koks atd.). Drapák se zavřenými plnými lopatovými čelistmi, nejlépe s labyrintovou řeznou hranou (obr. 8 c – detail A), je vhodný na překládku prašných materiálů nebo materiálů s nejjemnější zrnitostí (cement, fosfát, atd.).



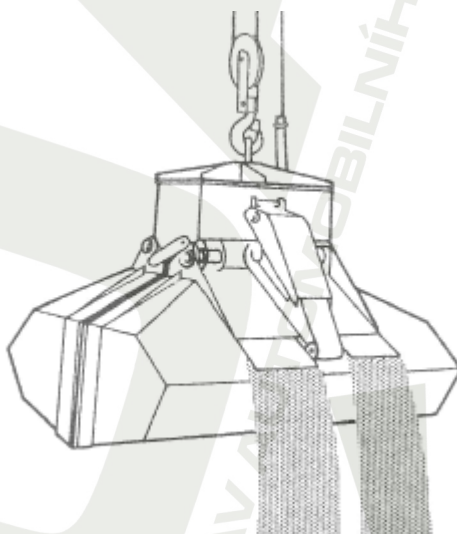
Obr. 8 Tvary bočnic (zdroj [1])

2 - doraz

3 – ozubené segmenty

A – labyrintová řezná
hrana

Aby nedocházelo k přeplnění drapáku nebo upěchování materiálu, mají novější drapáky výsypané otvory, volné nebo zakryté poklopy (obr. 9) k vysypání navíc nabraného materiálu během počátečního zdvihu.

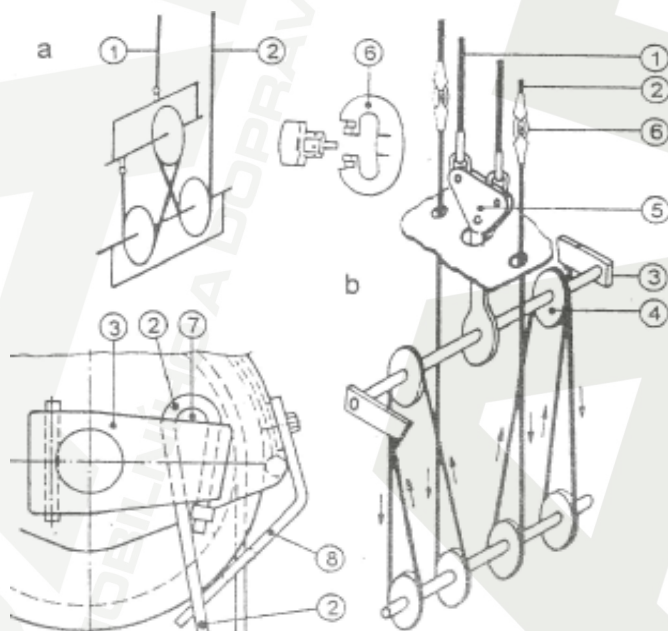


Obr. 9 Drapák s výsypanými otvory (zdroj [1])

Na bočních čelistích (obr. 8 b), uchycených na dolní rám, bývají u některých typů drapaků pevně přichycené ozubené segmenty – synchronizátory, které při otvírání a zavírání čelistí zajišťují symetrický pohyb obou čelistí.

Při nabírání materiálu se řezná síla, vyvozená tažnou silou kladkostroje, přenáší na spodní část čelistí – řeznou hranu a závisí na měrné hmotnosti (t/m^3) a zrnitosti nabíraného materiálu. Při shodném tahu v lanech dosáhne kladkostroj drapaku potřebnou diferencovanou řeznou sílu. Ten je určen pouze pro určitý materiál nebo skupinu materiálu (např. pro $\gamma_t = 0,8$ do $1,1 t/m^3$ se zrnitostí od 1 do $2,5 mm$).

Kladkostroj tvoří systém otočných kladek, uložených v horním a dolním rámě, který u dvoulanových drapaků přechází v zavírací lano. Kladkostroje dvoulanových drapaků jsou jednoduché (obr. 10 a), u čtyřlanových drapaků jsou zdvojené (obr. 4 b).



Obr. 10 Kladkostroj (zdroj [1])

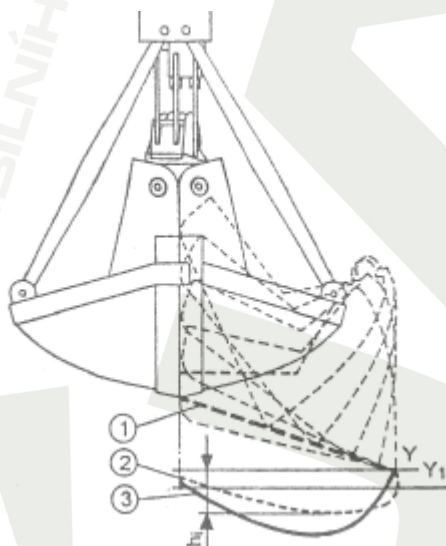
- 1 – nosné lano
- 2 – zavírací lano
- 3 – držák
- 4 – kladka
- 5 – vahadlo
- 6 – mezičlánek, spojující lano
- 7 – lanová vložka
- 8 – vodítko lana

Kladkostroj charakterizuje převod – počet větví zavíracího lana. Převody kladkostroje mívají převod závislý na druhu přepravovaného materiálu. Např. pro překládku obilnin mají převod 1:3, písek a rudy 1:5 a materiály s větší měrnou hmotností až 1:6.

Nosné lano je pomocí mezičlánu uchyceno k hornímu rámu drapaků, u čtyřlanových drapaků je použito vahadlo. U zavíracího lana je jeden konec spojen mezičlánkem s lanem kočky a druhý konec se upevňuje přes lanovou vložku do lanového zámku. Ten je pevně uchycen v horním rámu drapaků. Mezičlánek a lanová vložka umožňují rychlou a snadnou výměnu opotřebovaného lana. Na rychlost opotřebení má vliv abrazivní materiál,

napadaný na lano a těleso kladkostroje. Vypadnutí lana z kladek během provozu zabráňuje vodičko.

Nabírání materiálu probíhá tak, že otevřený drapák je spuštěn na hromadu materiálu, přičemž nosné i zavírací lano je spouštěno najednou. Na začátku se čelisti vlastní tíhou „zakousnou“ do materiálu v závislosti na jeho měrné hmotnosti a zrnitosti. V procesu zavírání drapáku (nosné lano stojí a zavírací lano se navíjí na buben) dochází nejen k nabrání části materiálu nad rovinou Y_1 , ale i k dalšímu zabrání do hloubky h_i , kde se čelisti přestanou zahloubávat. Dráhu pohybu řezné hrany při nabírání materiálu zobrazuje křivka 1 (obr. 11). Nabírací schopnost drapáku závisí na jeho vlastní hmotnosti, tvaru bočnic a třecí síle. To znamená, že je tím větší, čím je vyšší vlastní hmotnost drapáku. To je podstatný nedostatek starších drapáků a překážka k dalšímu snížení jejich hmotnosti. Změnou kinematického schématu činnosti mechanismu drapáku se dá dosáhnout, aby nabírání materiálu probíhalo po křivce 2. To znamená, nejen vlastní hmotností drapáku, ale taky odpovídající dráhou pohybu čelistí při zavírání („zakousnutí“ čelistí do materiálu při počátečním momentu). Díky tomu se dá drapák vyrobit lehčí, bez snížení jeho nabíracích schopností. Vyloučí se vytváření trvalých deformací v tvaru vydutí, trhlin a natrhnutí, které se u starších provedení drapáků projevovaly na dolních a bočních částech čelistí, spojených s řeznou hranou. Další variantou snížení hmotnosti drapáku je zdokonalení konstrukčních prvků a využití lepších materiálů.



Obr. 11 Dynamické schéma nabírání materiálu (zdroj [1])

1 – nabírací křivka 1

2 – nabírací křivka 2

3 – nabírací křivka 3

Y_1 – horní rovina materiálu

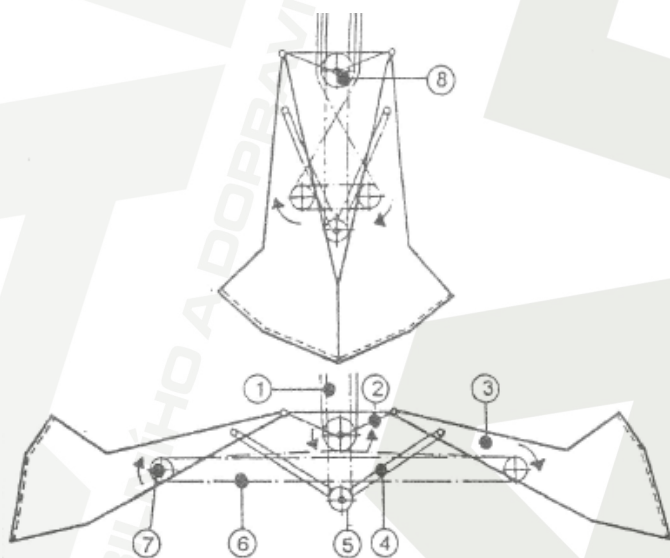
h_i – hloubka záběru drapáku

3.2 Shrabovací drapáky

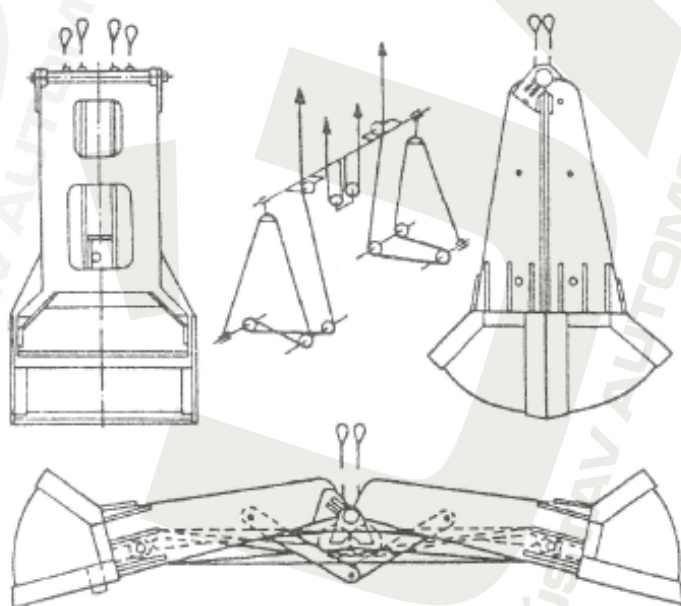
Mezi dvoučelistové drapáky patří i shrabovací drapáky (obr. 12, 13), které se liší od lanových mnohem větším otevřením čelistí. Zvláštností čtyřlanového shrabovacího drapáku bez táhel je horní rám, na kterém jsou otočně zavěšené prodloužené čelisti s kladkami. Pohybem nosných lan nahoru se pohybuje otvírací kladka, která je spojena

pomocí pák s čelistmi, směrem dolů. Shrabovací drapák při plnění pracovního procesu pracuje stejně s pohybem lan, jako lanový. Vysypávání probíhá tak, že se při spouštění zastaví otvírací lano a zavírací lano se dále odvíjí. Otvírací kladka zůstává na stejném místě a horní rám se pohybuje stále dolů vlastní hmotností. Tímto pohybem jsou čelisti přes pákový mechanismus otvírány. Při navíjení zavíracích lan se čelisti zavírají, neboť čepy, na kterých jsou uchyceny páky, se přibližují k sobě a páky tak tlačí horní rám směrem nahoru.

Pro shrabovací drapáky je typické velké rozevření čelistí, až 8m, což jim umožňuje proniknout až do podpalubních prostorů plavidel s horizontálním pohybem řezných hran (břitů). Tato vlastnost dává možnost shrabovat tenkou vrstvu materiálu, oproti lanovým drapákům.



Obr. 12 Shrabovací drapák (zdroj [1])



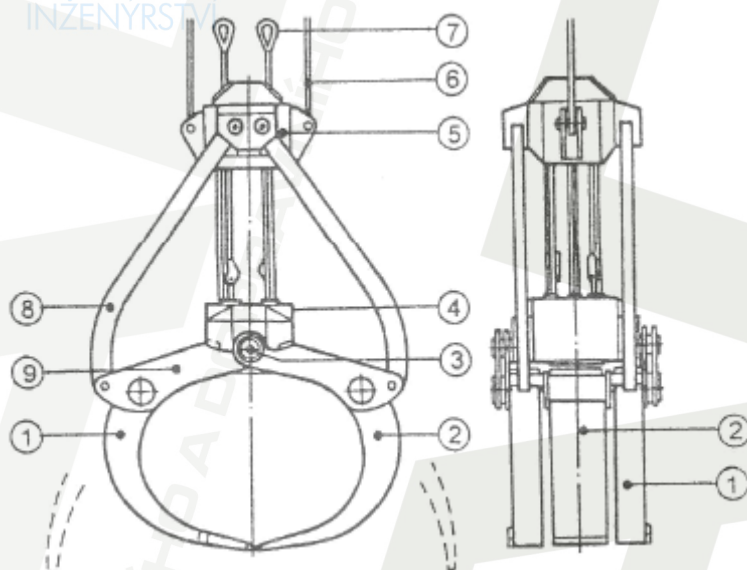
Obr. 13 Popis shrabovacího drapáku (zdroj [1])

- 1 – nosné lano
- 2 – horní rám
- 3 – prodloužené čelisti
- 4 – páky
- 5 – otvírací kladka
- 6 – zavírací lano
- 7 – zavírací kladky
- 8 – usměrňovací kladky

3.3 Klešťové drapáky

Změnou počtu čelistí a jejich tvaru vznikly drapáky vhodné pro překládku dřevěné kulatiny. Tyto klešťové chapadlové drapáky mohou mít různé řešení chapadel. Takový drapák je zobrazen na obr. 14, s nosností do 15t.

Mezi hlavní části drapáku patří horní a dolní rám, klady kladkostroje, táhla, chapadla a dvě zavírací lana. Ocelový svařený horní rám slouží k otočnému připojení dvou táhel, na uchycení jeřábových nosných (přidržných) lan v navařených okách a k umístění kladek kladkostroje na společném hřídeli ve středu rámu.



Obr. 14 Klešťový drapák (zdroj [1])

- 1, 2 – chapadla
- 3 – dolní hřídel
- 4 – dolní rám
- 5 – horní rám
- 6 – nosné lano
- 7 – zavírací lano
- 8 – táhla
- 9 – páky

Dolní rám slouží k uložení pák, k uložení kladek kladkostroje a k upevnění konců drapákových zavíracích lan v lanových zámcích. Dolní rám má zároveň dorazy, omezující rozevření pák a chapadel. Chapadla jsou svařená z ocelových plechů a slouží k uchopení kulatiny. Pravé chapadlo je uprostřed, levé má dvě postranní pákové části.

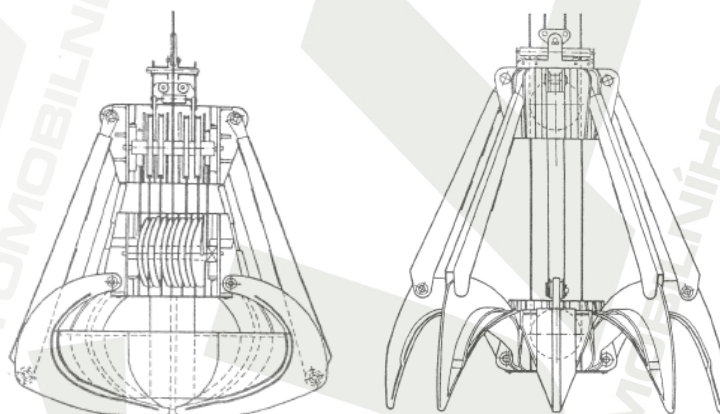
Drapák je zavěšen na jeřábu. Obě nosná lana, ukončené závěsnými oky, jsou uchycena čepy k hornímu rámu drapáku. Mezičlánky spojují zavírací jeřábové lano se zavíracím lanem klešťového drapáku. Výhodou je snadná výměna v případě opotřebení. Čtyřlanový klešťový drapák pracuje obdobně jako běžný čtyřlanový drapák. Při stání nosných a uvolnění zavíracích lan se drapák otevírá. Při stání nosných a navíjení zavíracích lan se drapák zavírá. Na překládku kulatin se častěji používají elektrohydraulicky ovládané klešťové drapáky (obr. 15). Ty jsou zavěšeny na háku jeřábu a mívají větší šířku záběru chapadel. Předsazené páky chapadel se překrývají, aby drapák mohl bezpečně zachytávat i kulatiny menších průměrů.



Obr. 15 Hydraulicky ovládaný klešťový drapák

3.4 Speciální drapáky

Mezi lanové nebo hydraulické speciální drapáky patří vícečelist'ové drapáky (obr. 16). Jejich ostré čelisti při nabírání dobře vnikají do materiálu z více stran. Jsou proto určeny na těžbu šterkopísků zrnitostí nad 10 mm ze dna řek nebo jezer a na překládku kovového šrotu, případně materiálu, u kterého nevadí případné drcení či jiné poškození při nabírání.

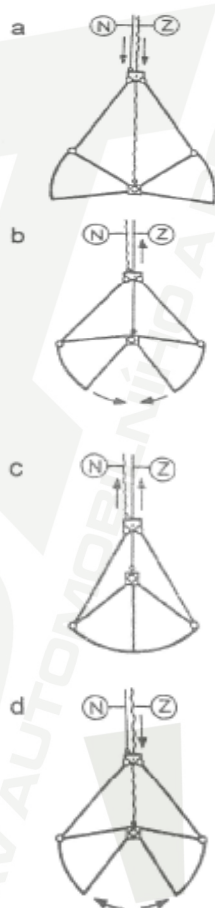


Obr. 16 Vícečelist'ový lanový drapák (zdroj [1])

4. Způsob práce dvoulanového drapáku

Ovládaní (zdvihání, spouštění, otvírání, zavírání) a přemístění drapáku se ovládá z kabiny jeřábu. Některé úkony ovládaní drapáku (např. zavření či začátek zdvihu) mohou mít portálové drapákové jeřáby spojené-automatizované.

Drapákovo-zásobníkové překladače v námořních přístavech mají systém ovládaní a přemístění drapáku v celém cyklu polo- nebo plně automatizovaný, přičemž jeřábník v prvním kroku ručně volí místo nabírání materiálu a ostatní kroky jsou automatizované. V druhém případě je celý cyklus automatizován. Jeřábník dohlíží na správnost plnění činnosti drapáku podle zvoleného programu. Způsob práce dvou- a čtyřlanových drapáků je stejný. Rozdíl je jen ve vybavení kočky a počtu jejich bubnů. Na obr. 17 je názorně zobrazený příklad práce dvoulanového drapáku.



Obr. 17 Dvoulanový drapák (zdroj [1])

- a) *Spouštění drapáku:* Nosné (N) a zavírací (Z) lano se odvíjí z lanového bubnu a drapák klesá. Jeřábník uvolňuje zavírací lano a drapák se otvírá.
- b) *Zavírání drapáku:* Jeřábník položí otevřený drapák na překládaný materiál. Navíjením zavíracího lana se zvedá dolní rám, až se řezné hrany čelistí zarazí. Drapák nabere materiál a zavře se. Nosné lano při zavírání drapáku musí být uvolněné.
- c) *Zvedání drapáku:* Naplněný a zavřený drapák zvedá jeřábník tak, že se nosné a zavírací lano shodně navíjejí na lanové bubny.
- d) *Vyprázdňení drapáku:* Nosné lano stojí a zavírací jeřábník uvolňuje, přičemž dolní rám vlastní hmotností a hmotností nabraného materiálu klesá. Drapák se otvírá a materiál z něho vypadává na zvolené místo.

5. Základní parametry drapáku

Nosnost jeřábu, druh materiálu a používané dopravní prostředky vymezují určení drapáku a zároveň určují volbu jeho parametrů.

Mezi základní technické parametry konkrétního typu drapáku patří:

- nominální objem
- vlastní hmotnost
- hmotnost nabíraného materiálu
- konstrukční parametry

5.1 Nominální objem drapáku

Za nominální objem drapáku V_d se považuje objem dvou geometrických těles tvořených čelistmi a dolním rámem (obr. 18). Skutečný objem některých materiálů nabraných drapákem je vyšší o 10 až 20%, než vypočítaný z objemu čelistí drapáku, protože materiál se při nabírání zhušťuje a zároveň se zvětšuje jeho měrná hmotnost.

5.2 Vlastní hmotnost drapáku

Vlastní hmotnost drapáku G_d je jedním z důležitých parametrů ovlivňující výkon jeřábu. Závisí na kinematické a dynamické činnosti drapáku, materiálu použitého na jeho výrobu při respektování odolnosti konstrukce a namáhání částí proti opotřebení a na druhu materiálu, pro který je určený.

5.3 Hmotnost nabraného materiálu

Hmotnost nabraného materiálu drapákem a vlastní hmotnost drapáku musí být v rozmezí od 90 do 100% minimální nosnosti jeřábu. Pro nominální hmotnost nabraného materiálu G_m platí vztah (1). Kde G_m je hmotnost nabraného materiálu, G_d hmotnost drapáku, Q minimální nosnost jeřábu.

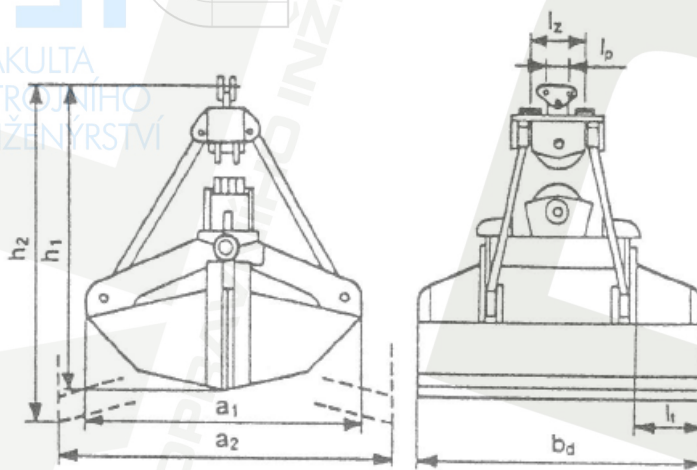
$$G_m \leq Q - G_d \quad (1)$$

5.4 Konstrukční parametry drapáku

Mezi konstrukční parametry drapáku (obr. 18) patří:

- rozměr zavřených čelistí (a_1)
- rozměr otevřených čelistí (a_2)
- šířka čelistí (b_d)
- výška zavřeného drapáku (h_1)
- výška rozevřeného drapáku (h_2)
- vzdálenost uchycení nosných lan na vahadle u čtyřlanového drapáku (l_p)

- vzdálenost vstupu zavíracích lan do horní části hlavy u čtyřlanových drapaků (l_z)
- převod kladkostroje
- průměr kladek
- délka L dráhy zavíracího lana
- charakteristika lana



Obr. 18 Hlavní rozměry čtyřlanového drapaku (zdroj [1])

Parametry drapaků pro vykládku materiálů z železničních vagónů musí vyhovovat následujícím podmínkám:

- hmotnost prázdného drapaku nepřekročí 8t
- řezné hrany dvoučelistového drapaku jsou bez zubů
- šířku čelistí ohraničují venkovní roviny bočních řezných hran
- dvoučelistový drapak rozevřený víc než 2720mm musí mít šířku v rozmezí od 1500 do 2500mm
- rozevřený vícečelistový drapak nesmí být větší jak 2720mm

5. 5 Parametry ovlivňující výkon

Technický výkon drapakového jeřábu při překládce volně loženého materiálu zejména závisí na zaučení jeřábníka a hmotnosti nabíraného materiálu. Je dán vztahem (2), kde P_t je technický výkon jeřábu, G_m je hmotnost nabíraného materiálu, n_c počet cyklů za hodinu.

$$P_t = n_c \cdot G_m \quad (2)$$

Hmotnost nabraného materiálu přenášeného jedním cyklem ovlivňuje hlavně objem drapaků a vlastnosti materiálu, pro který je určený. Je dán vztahem (3), kde V_d je objem drapaků, k_p je koeficient plnění drapaků, γ_t měrná hmotnost materiálu.

$$G_m = V_d \cdot k_p \cdot \gamma_t$$

(3)

5. 6 Označení drapáku

V technické dokumentaci a obchodním styku výrobce označuje drapáky jmenovitým objemem čelistí, číslem normy a doplňkovou číslici, udávající směr otvírání čelistí.

6. Základní kritéria pro volbu koncepce drapáku

Správný typ drapáku lze zvolit podle několika hledisek, v závislosti na druhu nabíraného materiálu, provozních podmínkách, nosnosti jeřábu apod.

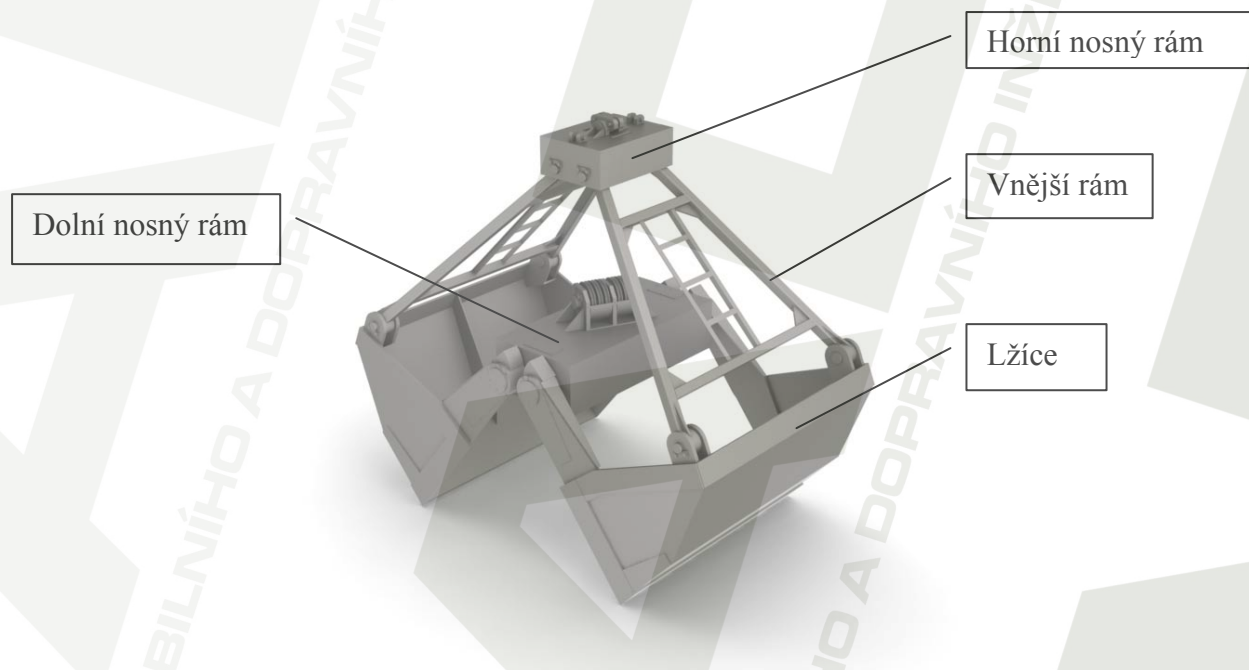
Místo použití drapáku je velice významným faktorem pro jeho volbu. Pro drapáky pracující ve vodě nebo vlhkém prostředí, je zapotřebí vyšších nároků na povrchovou úpravu drapáku, zejména pak odolnost proti korozi. Pokud se drapák používá k těžbě pod vodní hladinou, nesmí být použit elektricky ovládaný drapák. Pokud se jedná o drapáky používané v lodní či železniční dopravě k nakládce a vykládce, je jejich konstrukce limitována rozměry přepravního kontejneru. Zejména, pokud se jedná o železniční vagón, jsou rozměry značně limitující.

Dalším takovým faktorem je druh přepravovaného materiálu. Jestli bude drapák určen jen k přepravě jednoho druhu materiálu, bude se volit specifická konstrukce pro daný materiál. Pokud však bude tentýž drapák použit pro různé materiály, je třeba při jeho volbě vzít do úvahy vlastnosti všech přepravovaných materiálů a zvolit dostatečně dimenzovaný drapák. Rozdílné vlastnosti mají např. dřevěné piliny a vlhký štěrka. V závislosti na suchosti a prašnosti materiálu je třeba zvážit volbu uzavřeného či otevřeného drapáku. Jiný typ drapáku bude zapotřebí k přepravě sypkých materiálů a kusových výrobků, např. ocelového šrotu.

Volba vhodné konstrukce samotného drapáku je také velice podstatná pro jeho optimální provoz. Pro přepravu kusového materiálu, např. kulatiny, šrotu, odlitků, je vhodnější klešťový nebo chapadlový drapák, který takový materiál lépe chytne, než univerzální uzavřený drapák. Naopak pro sypké materiály je zase výhodnější univerzální drapák. Pokud se jedná o lanový drapák, je jeho kladkový mechanismus a počet lan závislý zejména na hmotnosti přepravovaného materiálu. Elektricky či hydraulicky ovládané drapáky mají rychlejší pracovní cyklus, ale naopak vyšší hmotnost, což je limitující pro nosnost jeřábu. Takto vybavené drapáky, zase potřebují svůj vlastní přívod elektrické energie, popřípadě hydraulického oleje. To vyžaduje speciální konstrukci jeřábové kočky.

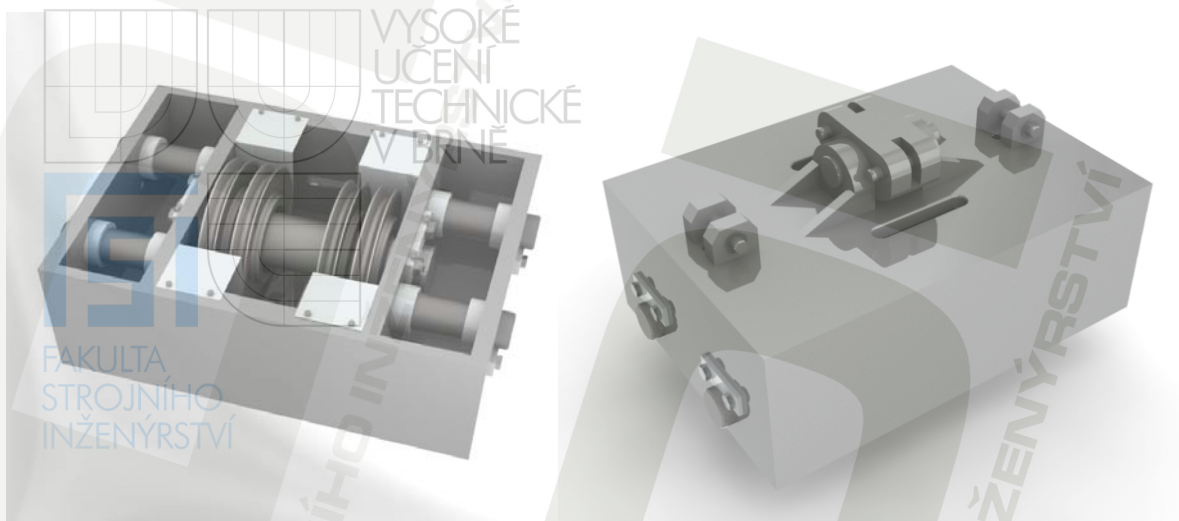
7. Řešení čtyřlanového drapáku 3 m³

S ohledem na zadání diplomové práce a provozní podmínky volím provedení čtyřlanového drapáku. Dvě zavírací lana dlouhá 16m a dvě nosná lana dlouhá 1,5m, bylo použito standardní šesti-pramenné lano o $\varnothing 11,2\text{mm}$. Lana jsou uchycena pomocí očnic a čepu na horní nosný rám drapáku, nosná lana jsou ještě uchycena na vahadle. Převod kladkového mechanismu drapáku jsem zvolil 6, s ohledem na jeho objem a pracovní nasazení. Při tomto převodu je rychlost zavírání necelých 6s, v závislosti na rychlosti navíjení lana jeřábu. Hmotnost drapáku jsou 4t a maximální nosnost je 6t. Popis drapáku viz obr. 19.



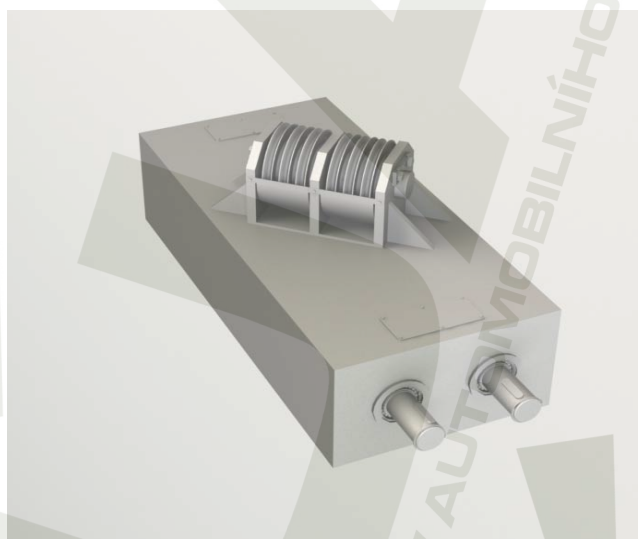
Obr. 19 Popis lanového drapáku 3m³

Drapák je převážně svařen z materiálu 11 523, čepy jsou z materiálu 15 142, otěruvzdorné lišty jsou z materiálu Hardox 400. Kladky jsou pomocí kuličkových zapouzdřených ložisek (s vlastní náplní) uloženy na čepech o $\varnothing 100\text{mm}$, v horní části jsou 4 kladky a ve spodní části je 6 kladek, kladky mají průměr 242mm. Kladky jsou zespoda opatřeny krytem, aby nedocházelo k vypadávání lana. V horním nosném rámu je pomocí čepů o $\varnothing 70\text{mm}$ upevněn vnější rám na kluzných ložiscích, čepy jsou opatřeny maznicí pro případné mazání ložiska a zajištěny přídržkami (obr. 20).



Obr. 20 Horní nosný rám

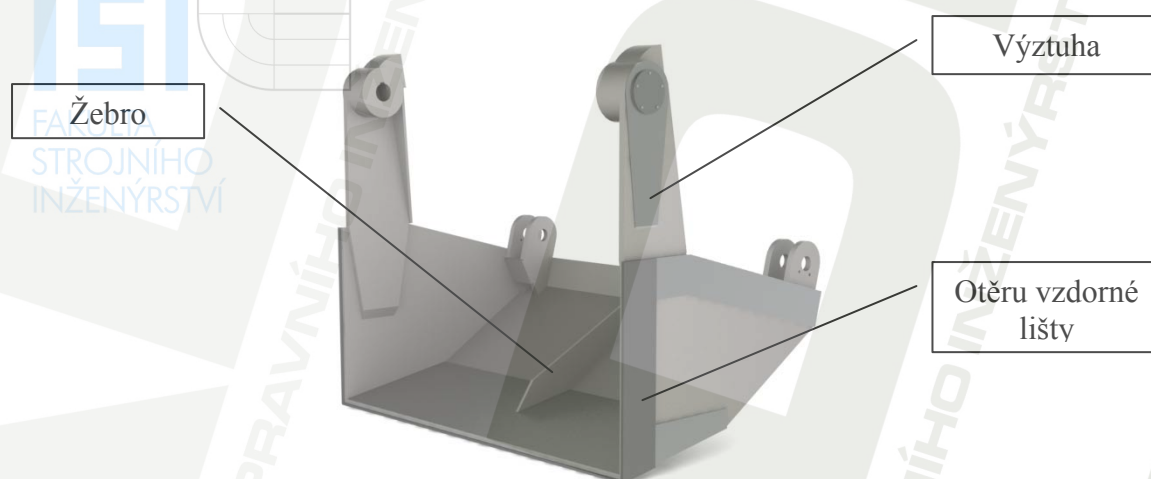
Dolní nosný rám se skládá z hřídelové skříně a kladek (obr. 21). Skříň je sešroubovaná 26 šrouby M12 s vnitřním šestihranem. Hřídele o $\varnothing 90\text{mm}$ jsou vyrobeny z materiálu 15 142 a uloženy jsou na třech kuličkových ložiscích, zajištěných pomocí pojistných kroužků. Souměrnost otáčení hřídelí je zajištěna pomocí ozubených kol, poloha je zajištěna pomocí pera a pojistných kroužků. Ozubená kola mají modul 12 a $\varnothing 312\text{mm}$. Horní část skříně je opatřena víčky pro kontrolu a mazání ozubených kol pomocí mazacího tuku. Na horní skříň je navařený rám spodních kladek, ten je pootočen vůči skřině o 30° , kvůli lepšímu průchodu lan. Soustřednost skříně a rámu je provedena pomocí středícího čepu. Kladky s ložisky jsou uloženy v rámě pomocí čepu o $\varnothing 100\text{mm}$, opatřeny krytem a zajištěny přídržkami.



Obr. 21 Dolní nosný rám

Lžice jsou uchyceny na hřídele pomocí velkých nosných ok, poloha je zajištěna perem a pojistným kroužkem (obr. 22). Toto uložení je pak zakryto víčkem. Na nosném oku je

navážený doraz, který zastaví lžice v dolní otevřené poloze. Rozevření je 3,2m. Menší oka na lžici jsou k uložení vnějšího nosného rámu. Dno lžice je vyztuženo žebrem, aby nedocházelo k deformaci lžice. Lžice je vyztužená pásy plechu a opatřena navařenými otěruvzdornými lištami.



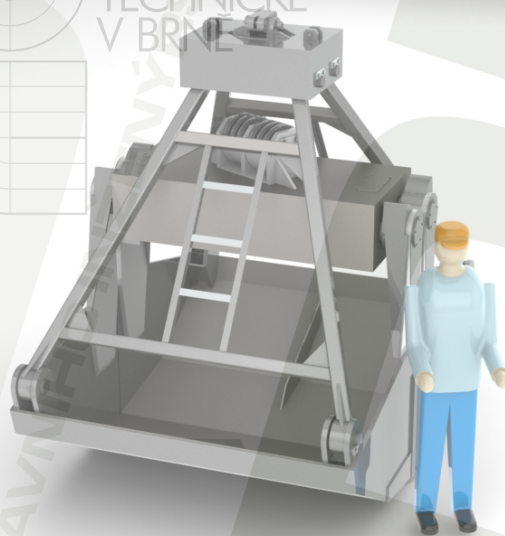
Obr. 22 Lžice s otěruvzdornými lištami

Vnější nosný rám tvoří jáckly o šířce 80mm, vyztuženy žebry (obr. 23). Navaření jácklů na nosná oka je ještě vyztuženo žebry. Oka jsou uložena na čepch v horním nosném rámu a lžici. Mezi horním a dolním příčným nosníkem je umístěn žebřík vytvořený z L profilů.



Obr. 23 Vnější rám s žebříkem

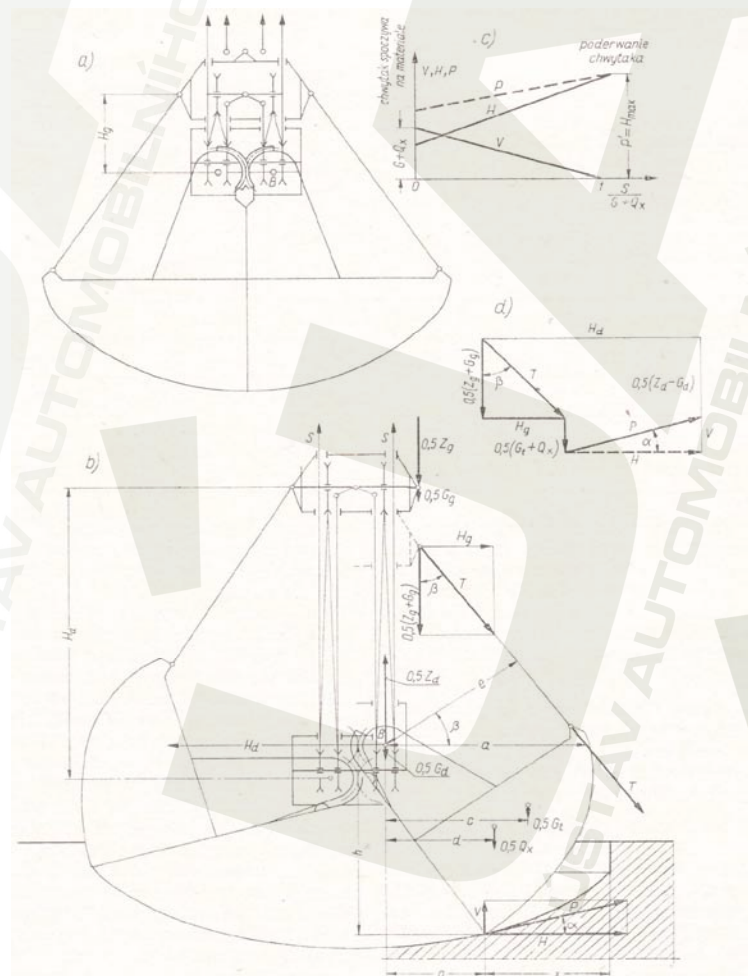
Lanový drapák je v zavřené pozici vysoký 2660mm, široký 2635mm, rypná šířka lžice je 2020mm. Výška rozevřeného drapáku je 3265mm. Porovnání s člověkem je na obr. 24.



Obr. 24 Velikost drápku v porovnání s člověkem

7.1 Výpočet sil působících na lanový drápák

Výpočet sil a zatížení drápku byl proveden podle polských skript (zdroj [4]) a síly působí dle obr. 25. Samotný výpočet byl proveden pomocí programu Mathcad.



Obr. 25 Silové schéma drápku
(zdroj[4])

Volené hodnoty dle typu drapáku a druhu materiálu z tabulek

$$\alpha_1 := 1$$

$$k := 0.63$$

$$\rho := 2800 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma := 9.81 \cdot \rho$$

$$\gamma = 2.747 \times 10^4 \text{ kg/m}^3$$

$$\phi := 0.63$$

(4)

Zavírací síla P dle drapáku na obr. 25, na kterou působí:

$$m_D := 4.082 \text{ t}$$

$$G = 4.004 \times 10^4 \text{ N}$$

$$Q_{\max} = 5.886 \times 10^4 \text{ N}$$

$$i_{\text{ok}} := 6$$

$$\eta := 0.90$$

Pro uzavřený drapák platí: $V=0$, $\alpha=0$

$$S_c := G + Q_{\max}$$

(5)

$$S_c = 9.89 \times 10^4 \text{ N}$$

$$S := \frac{S_c}{2}$$

(6)

$$S = 4.945 \times 10^4 \text{ N}$$

$$z_d := S \cdot i_{\text{ok}} \cdot \eta$$

(7)

$$z_d = 2.819 \times 10^5 \text{ N}$$

$$z_g := S \cdot (i_{\text{ok}} \cdot \eta - 1)$$

(8)

$$z_g = 2.324 \times 10^5 \text{ N}$$

Rozměry drapáku:

$$a := 1.060 \text{ m}$$

$$B := 1.750 \text{ m}$$

$$L := 3.257 \text{ m}$$

$$V := 3 \text{ m}^3$$

$$f_m := \frac{V}{B \cdot L \cdot 0.867}$$

$$f_m = 0.607 \text{ m}$$

(9)

Počáteční zaboření drapáku

$$h_0 := 0.2 f_m$$

(10)

$$h_0 = 0.121 \text{ m}$$

Maximální síla tíhy materiálu

$$Q_{\max} := 2 \cdot \gamma \cdot B \cdot L \cdot \left(\frac{h_0}{2} + \frac{f_m}{3} \right)$$

(11)

$$Q_{\max} = 8.237 \times 10^4 \text{ N}$$

Tíhová síla drapáku

$$G_t := 0.5 \cdot G$$

(12)

$$G_t = 2.002 \times 10^4 \text{ N}$$

$$G_g := 0.3 \cdot G$$

(13)

$$G_g = 1.201 \times 10^4 \text{ N}$$

$$G_d := 0.2 \cdot G$$

(14)

$$G_d = 8.009 \times 10^3 \text{ N}$$

Síla působící na vnější rám

$$T := 0.5 \cdot (z_g + G_g) \cdot \frac{a}{e}$$

(15)

$$T = 4.766 \times 10^4 \text{ N}$$

Rypná síla

pro výchozí stav – otevřený drapák: $Q_x=0$; $x=0$; $\psi=3/13$; $S=0$

$$a=1,06 \text{ m}$$

$$h=h_0$$

$$n=L/2$$

$$c=0,750 \text{ m}$$

$$d=0,5 \text{ m}$$

$$\psi_1 := \frac{(i_{\text{ok}} - 1) \cdot a}{h} + \frac{n}{h} \quad (16)$$

$$\psi_1 = 57.064$$

$$\psi_2 := \frac{G_g \cdot a}{G \cdot h} + \frac{G_t \cdot c}{G \cdot h} - \frac{n}{h} \quad (17)$$

$$\psi_2 = -7.705$$

$$\psi_3 := \frac{d - n}{h} \quad (18)$$

$$\psi_3 = -9.294$$

$$\alpha := \text{atan}\left(\frac{1}{\psi_2}\right) \quad (19)$$

$$\alpha = -7.395 \text{ deg}$$

$$P_o := \frac{G(\psi_1 + \psi_2) + Q_x(\psi_1 + \psi_3)}{2 \cdot (\cos(\alpha) + \psi_1 \cdot \sin(\alpha))} \quad (20)$$

$$P_o = -1.556 \times 10^5 \text{ N}$$

Síla nabírání materiálu:

$$\underline{V} := 0.5 \cdot (G + Q_x - S) \quad (21)$$

$$V = 2.002 \times 10^4 \text{ N}$$

Síla zavírání drapáku:

$$\underline{H} := 0.5 \cdot (\psi_1 \cdot S + \psi_2 \cdot G + \psi_3 \cdot Q_x) \quad (22)$$

$$H = -1.543 \times 10^5 \text{ N}$$

pro konečný stav – zavřený drapák: $V=0$; $\alpha=0$

$$S=G+Q_{\max}$$

$$a=1,06 \text{ m}$$

$$c=0,75 \text{ m}$$

$$h=1,581 \text{ m}$$

$$d=0,5 \text{ m}$$

$$n=0 \text{ m}$$

$$x := \frac{L}{2}$$

$$\psi_{1v} := \frac{(i_{\text{ok}} - 1) \cdot a}{h} + \frac{n}{h}$$

$$\psi_{2v} := \frac{G_g \cdot a}{G \cdot h} + \frac{G_t \cdot c}{G \cdot h} - \frac{n}{h}$$

$$\psi_{2v} := \frac{d - n}{h}$$

$$H_{\max} := 0.5 \cdot [G(\psi_1 + \psi_2) + Q_{\max}(\psi_1 + \psi_3)] \quad (23)$$

$$H_{\max} = 2.27 \times 10^5 \text{ N}$$

$$S_{\max} := S$$

$$S_{\max} = 1.224 \times 10^5 \text{ N}$$

$$S_v := \frac{S_{\max}}{2}$$

$$S = 6.121 \times 10^4 \text{ N}$$

Čas zavírání drapáku dle zahloubení h_0 a dle rychlosti v zavíracího lana výtahu pro rychlost lana jeřábu 8 m/min.

$$t := \frac{h_0 \cdot i_{\text{ok}}}{v} \cdot 60 \quad (24)$$

$$t = 5.464 \text{ s}$$

Práce při nabírání drapáku

Práce nabírání A_1
pro $x=L/2$; $\Phi_1=1$; $\Phi_2=1$

$$\Psi := 1$$

$$\Phi_1 := \frac{2 \cdot x}{L} \quad (25)$$

$$V_{ch} := \frac{2}{3} \cdot f_m \cdot B \cdot L \quad (26)$$

$$V_{ch} = 2.307 \text{ m}^3$$

$$P := P_z$$

$$A_1 := P \cdot \left(2 - \frac{V_{ch}}{B} + L \cdot B + 6 \cdot \frac{V_{ch}^2}{B \cdot L^3} \right) \cdot \Phi_1 \quad (27)$$

$$A_1 = 1.568 \times 10^6 \text{ J}$$

$$\Phi_{11} := 2 \cdot \left(\frac{x}{L} \right)^2 \cdot \left(3 - 2 \cdot \frac{x}{L} \right) \quad (28)$$

$$\Phi_2 := \frac{1}{3} \cdot (4 - \Phi_1) \cdot \Phi_1^3 \quad (29)$$

Práce tření materiálu o dno lžíce A_2

$$\mu := 0.7$$

$$L = 3.257 \text{ m}$$

$$h = 1.581 \text{ m}$$

$$A_2 := \mu \cdot L \cdot \left[\frac{3}{8} \cdot \gamma \cdot V_{ch} \cdot \Phi_2 - \frac{1}{2} \cdot (G - G_d) \cdot \Phi_1 \right] \quad (30)$$

$$A_2 = 1.765 \times 10^4 \text{ J}$$

Práce tření materiálu o bočnice A_3

$$\Phi_3 := \Phi_1^4 \cdot \left(2 - \frac{6}{5} \cdot \Phi_1 + \frac{1}{5} \cdot \Phi_1^2 \right) \quad (31)$$

$$A_3 := \frac{3}{8} \cdot \mu \cdot \gamma \cdot \frac{V_{ch}^2}{B^2} \cdot \Phi_3 \cdot \left(\tan \left(45 - \frac{\Psi}{2} \right) \right)^2 \quad (32)$$

$$A_3 = 4.064 \times 10^3 \text{ J}$$

Práce při zvedání nabraného materiálu A_4

$$A_4 := \gamma \cdot V_{ch} \cdot h \cdot \Phi_1 \cdot \Phi_{11} \quad (33)$$

$$A_4 = 1.002 \times 10^5 \text{ J}$$

Celková práce nabírání A

$$A := A_1 + A_2 + A_3 + A_4 \quad (34)$$

$$A = 1.69 \times 10^6 \text{ J}$$

Teoretická práce nabírání

$$a_1 := \frac{P}{\gamma} \cdot \left(\frac{L}{B} + \frac{L \cdot B}{V_{ch}} + 6 \cdot \frac{V_{ch}}{B \cdot L^3} \right) \quad (35)$$

$$a_1 = 37.691 \text{ J}$$

$$a_2 := \mu \cdot L \cdot \left[\frac{3}{8} - \frac{1}{2} \cdot \frac{(G - G_d)}{Q_{max}} \right] \quad (36)$$

$$a_2 = 0.412 \text{ J}$$

$$a_3 := \frac{3}{8} \cdot \mu \cdot \frac{V_{ch}}{B^2} \cdot \left(\tan \left(45 - \frac{\psi}{2} \right) \right)^2 \quad (37)$$

$$a_3 = 0.064 \text{ J}$$

$$a_4 := h \quad (38)$$

$$a_4 = 1.581 \text{ J}$$

$$a := a_1 + a_2 + a_3 + a_4 \quad (39)$$

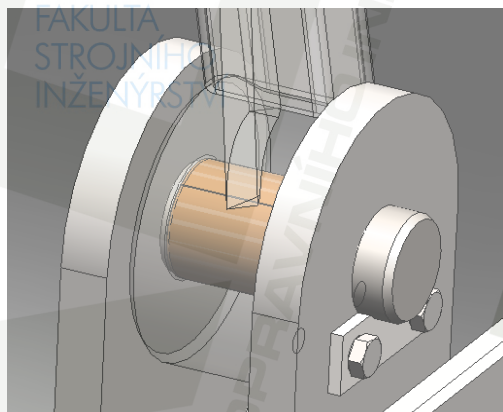
$$a = 39.747 \text{ J}$$

7.2 Kontrolní výpočet vybraných dílů

Výpočet čepů na otlačení a střih

Dovolené napětí pro otlačení je $p_D=80$ MPa, dovolené napětí ve střihu je $\tau_D=100$ MPa. Čepy jsou vyrobeny z materiálu 42CRMO4V. Výpočet byl proveden pomocí programu Mathcad.

Výpočet čepů pro uchycení malých ok vnějšího rámu (obr. 26), průměr čepů je 70mm.



Obr. 26 Uložení malého oka na čepu lžice

$$F_c := 26240 \text{ N}$$

$$d_c := 70 \text{ mm}$$

$$a := 90 \text{ mm}$$

Výpočet na střih

$$\tau_s := \frac{F_c}{2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_c^2} \quad (40)$$

$$\tau_s = 3.409 \text{ MPa}$$

$$k_\tau := \frac{\tau_D}{\tau_s} \quad (41)$$

$$k_\tau = 23.466$$

vyhovuje

Výpočet na otlačení

$$p_c := \frac{F_c}{a \cdot d_c} \quad (42)$$

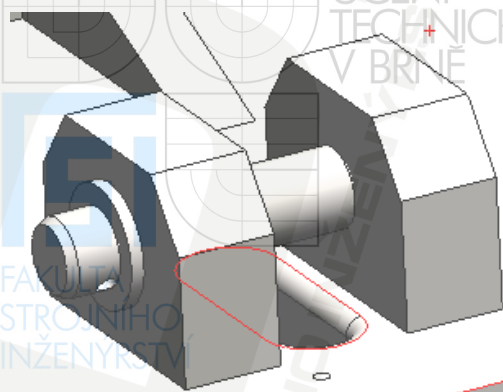
$$p_c = 4.165 \text{ MPa}$$

$$k_p := \frac{p_D}{p_c} \quad (43)$$

$$k_p = 24.009$$

vyhovuje

Výpočet čepů pro uchycení očnic zavíracího lana (obr. 27), průměr čepu je 24 mm.



Obr. 27 Uložení čepu pro očnice lan

$$F_{c1} := 46000 \quad \text{N}$$

$$d_{c1} := 24 \quad \text{mm}$$

$$a_1 := 40 \quad \text{mm}$$

Výpočet na střih

$$\tau_{s1} := \frac{F_{c1}}{2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_{c1}^2}$$

$$\tau_{s1} = 50.841 \quad \text{MPa}$$

$$k_{\tau 1} := \frac{\tau_D}{\tau_{s1}}$$

$$k_{\tau 1} = 1.574$$

vyhovuje

Výpočet na otlačení

$$p_{c1} := \frac{F_{c1}}{a \cdot d_{c1}}$$

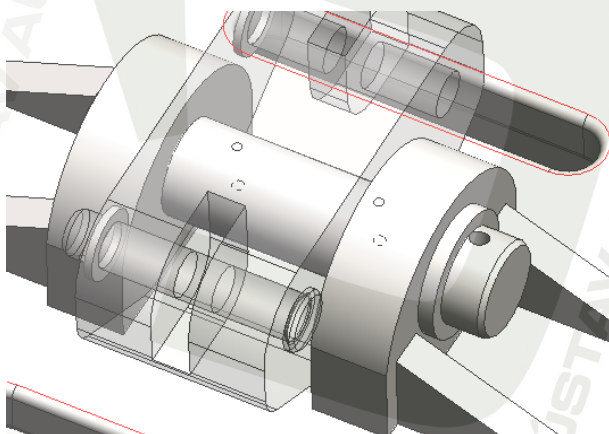
$$p_{c1} = 21.296 \quad \text{MPa}$$

$$k_{p1} := \frac{p_D}{p_{c1}}$$

$$k_{p1} = 4.696$$

vyhovuje

Výpočet čepu pro uložení vahadla (obr. 28), průměr čepu je 50 mm.



Obr. 28 Uložení vahadla na čepu

$$F_{c2} := 95150 \quad \text{N}$$

$$d_{c2} := 50 \quad \text{mm}$$

$$a_2 := 100 \quad \text{mm}$$

Výpočet na střih

$$\tau_{s2} := \frac{F_{c2}}{2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_{c2}^2}$$

$$\tau_{s2} = 24.23 \text{ MPa}$$

$$k_{\tau 2} := \frac{\tau_D}{\tau_{s2}}$$

$$k_{\tau 2} = 3.302$$

vyhovuje

Výpočet na otláčení

$$p_{c2} := \frac{F_{c2}}{a \cdot d_{c2}}$$

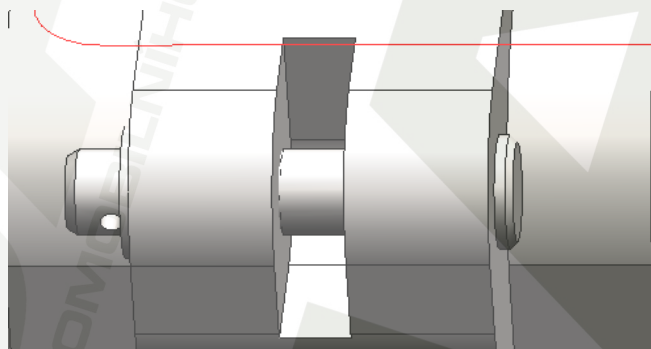
$$p_{c2} = 21.144 \text{ MPa}$$

$$k_{p2} := \frac{p_D}{p_{c2}}$$

$$k_{p2} = 4.729$$

vyhovuje

Výpočet čepu pro uložení očnic nosných lan (obr. 29), průměr čepu je 24 mm.



Obr. 29 Čep pro očnice nosných lan

$$F_{c3} := 4600 \text{ N}$$

$$d_{c3} := 24 \text{ mm}$$

$$a_3 := 20 \text{ mm}$$

Výpočet na střih

$$\tau_{s3} := \frac{F_{c3}}{2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_{c3}^2}$$

$$\tau_{s3} = 50.841 \text{ MPa}$$

$$k_{\tau 3} := \frac{\tau_D}{\tau_{s3}}$$

$$k_{\tau 3} = 1.574$$

vyhovuje

Výpočet na otláčení

$$p_{c3} := \frac{F_{c3}}{a \cdot d_{c3}}$$

$$p_{c3} = 21.296 \text{ MPa}$$

$$k_{p3} := \frac{p_D}{p_{c3}}$$

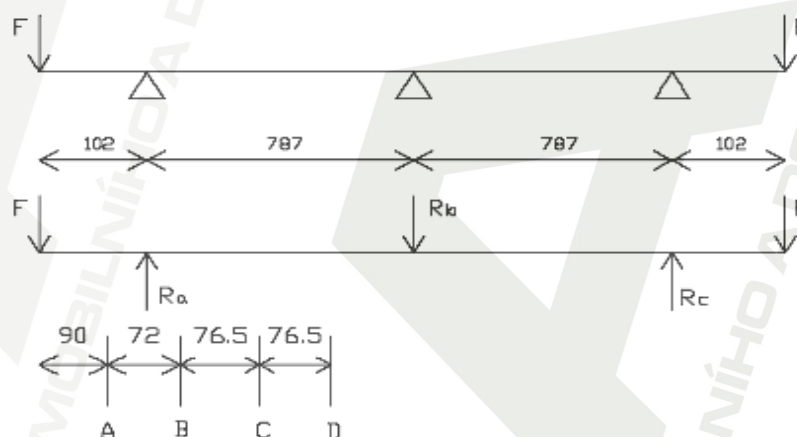
$$k_{p3} = 4.696$$

vyhovuje

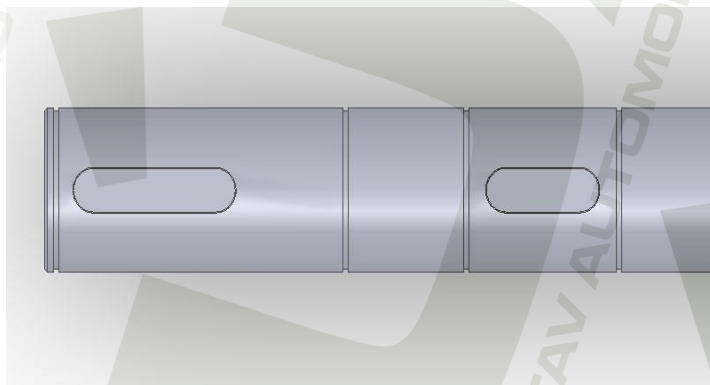
Výpočet nosného hřídele na ohyb

Hřídel je vyroben z materiálu 42CRMO4V s ohledem na jeho namáhání a rozměry. Hřídel je převážně namáhán na ohyb a ostatní namáhání bylo ve výpočtu zanedbáno. Ten byl proveden pomocí programu Mathcad.

Na obr. 30 je zobrazeno schéma působení sil na hřídel, včetně umístění nebezpečných míst. Na obr. 31 jsou zobrazena kritická místa hřídele.



Obr. 30 Silové schéma hřídele



Obr. 31 Hřídel s kritickými místy

Zadané hodnoty:

$$F=30605 \text{ N}$$

$$d=90 \text{ mm}$$

$$l_1=102 \text{ mm}$$

$$l_2=787 \text{ mm}$$

$$R_m=930 \text{ MPa}$$

$$R_e=569 \text{ MPa}$$

Stanovení reakcí ve vazbách

$$R_a=R_c$$

$$\Sigma F=0: 2F+R_b-2R_a=0$$

$$\Sigma M_o=0: F \cdot 102 - R_b \cdot 787 - R_c \cdot 1574 + F \cdot 1676 = 0$$

$$R_a=32588 \text{ N}$$

$$R_b=3966 \text{ N}$$

Stanovení meze únavy

$$\sigma_{co} := 0.504 R_m$$

$$\sigma_{co} = 468.72 \text{ MPa}$$

Pro reálnou součást dle tabulek materiálů

$$a := 4.51$$

$$b := -0.265$$

$$k_a := a \cdot R_m^b$$

$$k_a = 0.737$$

(44)

Součinitel velikosti

$$k_b := 1.51 \cdot d^{-0.157}$$

$$k_b = 0.745$$

(45)

Součinitel namáhání

$$k_c := 1$$

Součinitel vlivu teploty

$$k_d := 1$$

Součinitel přežití

$$k_e := 0.81^4$$

Součinitel dalších vlivů

$$k_f := 1$$

$$\sigma_c := k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot k_f \cdot \sigma_{co} \quad (46)$$

$$\sigma_c = 209.521 \text{ MPa}$$

Součinitel tvaru α dle tabulek

$$\alpha := 2.7$$

$$r := 1.57 \text{ t}$$

Heywoodův parametr

$$a := \left(\frac{139}{R_m} \right)^2 \quad (47)$$

$$a = 0.022$$

Vrubový součinitel β

$$\beta := \frac{\alpha}{1 + \frac{2 \cdot (\alpha - 1) \cdot \sqrt{a}}{\alpha \cdot \sqrt{r}}} \quad (48)$$

$$\beta = 2.348$$

Výpočet momentů v kritických místech A, B, C, D

$$d_1 := 0.086 \text{ m} \quad (49)$$

$$M_{oA} := F \cdot 0.09$$

$$M_{oA} = 2.754 \times 10^3 \text{ Nm}$$

$$M_{oB} := F \cdot 0.162 - R_a \cdot 0.06 \quad (50)$$

$$M_{oB} = 3.003 \times 10^3 \text{ Nm}$$

$$M_{oC} := F \cdot 0.2385 - R_a \cdot 0.136 \quad (51)$$

$$M_{oC} = 2.851 \times 10^3 \text{ Nm}$$

$$M_{oD} := F \cdot 0.315 - R_a \cdot 0.21 \quad (52)$$

$$M_{oD} = 2.699 \times 10^3 \text{ Nm}$$

Nebezpečné místo B

$$\sigma_{on} := \frac{32 \cdot M_{oB}}{\pi \cdot d_1^3} \quad (53)$$

$$\sigma_{on} = 4.726 \times 10^7 \text{ Pa}$$

$$\sigma_{oa} := \sigma_{on} \cdot \beta$$

$$\sigma_{oa} = 110.954 \text{ MPa}$$

(54)

Bezpečnost na ohyb

$$k := \frac{\sigma_c}{\sigma_{oa}}$$

$$k = 1.888$$

(55)

vyhovuje

Kontrola spojovacích šroubů hřídelové skříně na tah

Byl proveden kontrolní výpočet nosných spojovacích šroubů M12 8.8 pomocí programu Mathcad. Z typu šroubu byly určeny jeho materiálové vlastnosti. Na sešroubování skříně bylo použito 26 šroubů.

$$R_e := 640 \text{ MPa}$$

$$d_j := 9.852 \text{ mm}$$

$$F_N := 46000 \text{ N}$$

$$n_s := 26$$

Výpočet nosného průřezu šroubu

$$S_j := \frac{\pi \cdot d_j^2}{4}$$

(56)

$$S_j = 76.248 \text{ mm}^2$$

Výpočet namáhání šroubu

$$\sigma_t := \frac{4 \cdot F_N}{n_s \cdot S_j}$$

(57)

$$\sigma_t = 92.815 \text{ MPa}$$

$$k := \frac{R_e}{\sigma_t}$$

(58)

$$k = 6.895$$

vyhovuje

Kontrola trvanlivosti ložisek

Na drapáku byly použity kuličková ložiska SKF, z obou stran zapouzdřená a s vlastní náplní. Pro uložení nosného hřídele byly použity ložiska SKF 6018-2RS1, pro uložení lanových kladek byly použity ložiska SKF 6020-2RS1. Ložiska byla počítána na únavu, statickou únosnost mají dostačující.

Trvanlivost ložiska 6018

$$L_{10} := 10^6$$

$$F := 4 \text{ kN}$$

$$C_{10} := 60.5 \text{ kN}$$

$$L := L_{10} \left(\frac{C_{10}}{F} \right)^3 \quad (59)$$

$$L = 3.46 \times 10^9 \quad \text{vyhovuje}$$

Trvanlivost ložiska 6020

$$L_{10} := 10^6$$

$$F := 10.7 \text{ kN}$$

$$C_{10} := 63.7 \text{ kN}$$

$$L := L_{10} \left(\frac{C_{10}}{F} \right)^3$$

$$L = 2.11 \times 10^8 \quad \text{vyhovuje}$$

Kontrolní výpočet svarů nejvíce namáhaných dílů

Výpočet byl proveden u svarových spojů, které budou nejvíce namáhány při plnění funkce drapáku. Spojované součásti jsou z materiálu S355J0, v případě jácklu S355J2G3. Díly jsou spojeny koutovými svary, proto je uvažováno pouze namáhání na smyk. Výpočet byl proveden pomocí programu Mathcad.

Výpočet oka pro uložení vahadla

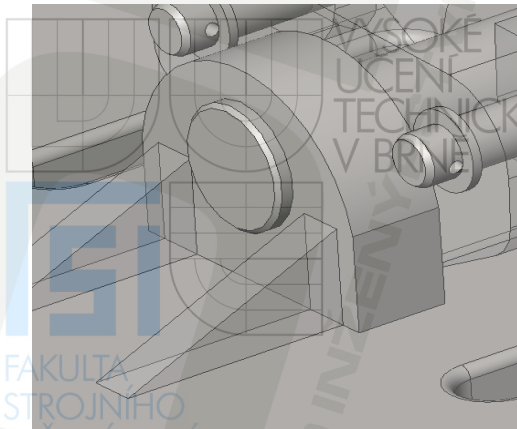
- ve výpočtu není uvažováno výztužné žebro, které konstrukci ještě zpevní (viz obr. 32)

$$F := 4000 \text{ N}$$

$$R_e := 294 \text{ MPa}$$

$$a := 5 \text{ mm}$$

$$l := 340$$



Obr. 32 Oko pro uložení vahadla

$$h := \frac{a}{0.707} \quad (60)$$

$$h = 7.072 \text{ mm}$$

$$\tau := \frac{1.414F}{h \cdot l} \quad (61)$$

$$\tau = 23.522 \text{ MPa} \quad (62)$$

$$k := \frac{Re}{\tau}$$

$$k = 12.499$$

vyhovuje

Výpočet velkého závěsného oka

- ve výpočtu není uvažována výztuha, která oko ještě více zpevní (viz obr.33)

$$F := 89000 \text{ N}$$

$$a := 7 \text{ mm}$$

$$l := 1546 \text{ mm}$$

$$h := \frac{a}{0.707}$$

$$h = 9.901 \text{ mm}$$

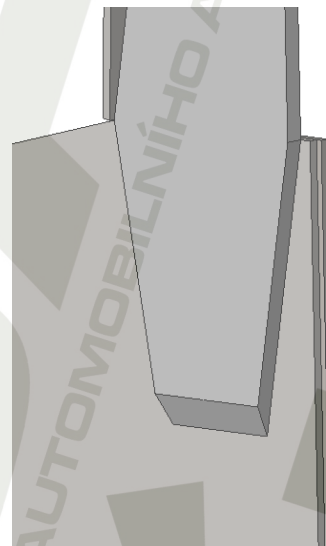
$$\tau := \frac{1.414F}{h \cdot l}$$

$$\tau = 8.222 \text{ MPa}$$

$$k := \frac{Re}{\tau}$$

$$k = 35.76$$

vyhovuje



Obr. 33 Velké závěsné oko

Výpočet malého závěsného oka 1

- přivaření oka je na obr. 34

$$F := 30000 \text{ N}$$

$$a := 5 \text{ mm}$$

$$l := 791 \text{ mm}$$

$$h := \frac{a}{0.707}$$

$$h = 7.072 \text{ mm}$$

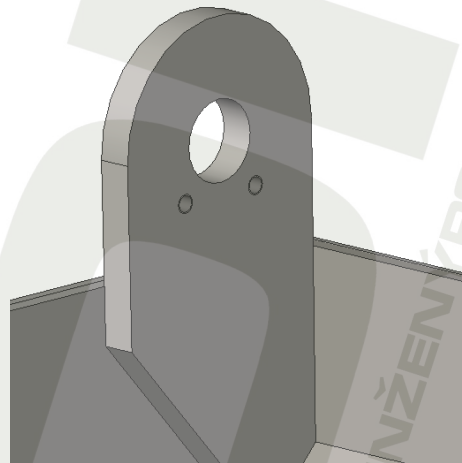
$$\tau := \frac{1.414 F}{h \cdot l}$$

$$\tau = 7.583 \text{ MPa}$$

$$k := \frac{Re}{\tau}$$

$$k = 38.771$$

vyhovuje



Obr. 34 Malé závěsné oko 1

Výpočet malého závěsného oka 2

- ve výpočtu není uvažována příčná výztuha obou ok, která spoj dále zpevní (viz obr. 35)

$$F := 30000 \text{ N}$$

$$a := 5 \text{ mm}$$

$$l := 548 \text{ mm}$$

$$h := \frac{a}{0.707}$$

$$h = 7.072 \text{ mm}$$

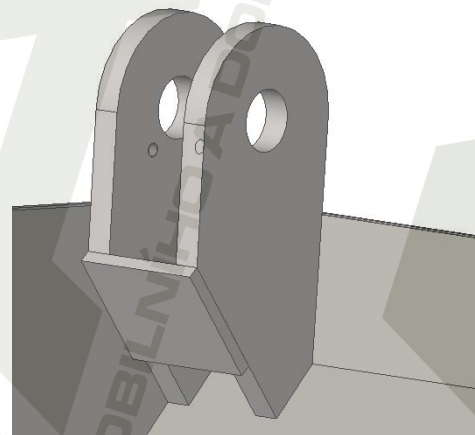
$$\tau := \frac{F}{h \cdot l}$$

$$\tau = 7.741 \text{ MPa}$$

$$k := \frac{Re}{\tau}$$

$$k = 37.98$$

vyhovuje



Obr. 35 Malé závěsné oko 2

Výpočet dorazu

- doraz je navařen na velkém závěsném oku (viz obr. 36)

$$F := 40000 \text{ N}$$

$$a := 7 \text{ mm}$$

$$l := 450 \text{ mm}$$

$$h_{\text{ww}} := \frac{a}{0.707}$$

$$h = 9.901 \text{ mm}$$

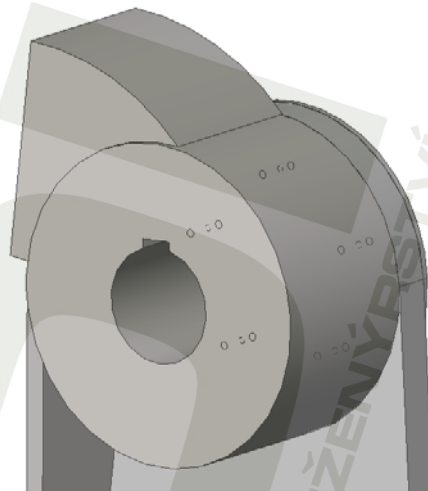
$$\tau_{\text{ww}} := \frac{1.414F}{h \cdot l}$$

$$\tau = 12.695 \text{ MPa}$$

$$k := \frac{Re}{\tau}$$

$$k = 23.159$$

VYSOKÉ
UČENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ



Obr. 36 Navaření dorazu

vyhovuje

Výpočet dna lžice

- ve výpočtu není uvažováno navaření žebra, které spoj ještě více zpevní (viz obr. 37)

$$F := 82370 \text{ N}$$

$$a := 5 \text{ mm}$$

$$l := 4578 \text{ mm}$$

$$h_{\text{ww}} := \frac{a}{0.707}$$

$$h = 7.072 \text{ mm}$$

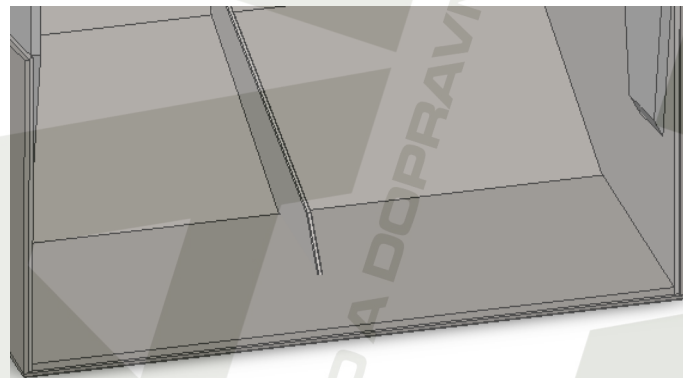
$$\tau_{\text{ww}} := \frac{1.414F}{h \cdot l}$$

$$\tau = 3.597 \text{ MPa}$$

$$k := \frac{Re}{\tau}$$

$$k = 81.725$$

vyhovuje



Obr. 37 Dno lžice

Výpočet žebra lžice

- navaření žebra na dno je patrné na obr. 38

$$F := 82370 \text{ N}$$

$$a := 5 \text{ mm}$$

$$l := 2440 \text{ mm}$$

$$h_{\text{ww}} := \frac{a}{0.707}$$

$$h = 7.072 \text{ mm}$$

$$\tau := \frac{1.414F}{h \cdot l}$$

$$\tau = 6.75 \text{ MPa}$$

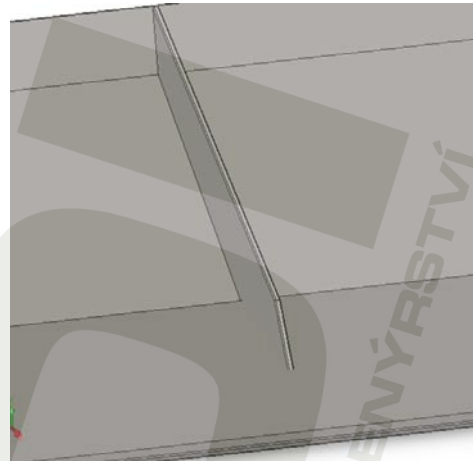
$$k := \frac{Re}{\tau}$$

$$k = 43.558$$

FAKULTA
STROJNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

VYSOKÉ
UCENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ

vyhovuje



Obr. 38 Žebro lžice

Výpočet oka vnějšího nosného rámu

- ve výpočtu není uvažováno výztužné žebro, které spoj více zpevní (viz obr. 39)

$$F := 27410 \text{ N}$$

$$a := 7 \text{ mm}$$

$$l := 320 \text{ mm}$$

$$h := \frac{a}{0.707}$$

$$h = 9.901 \text{ mm}$$

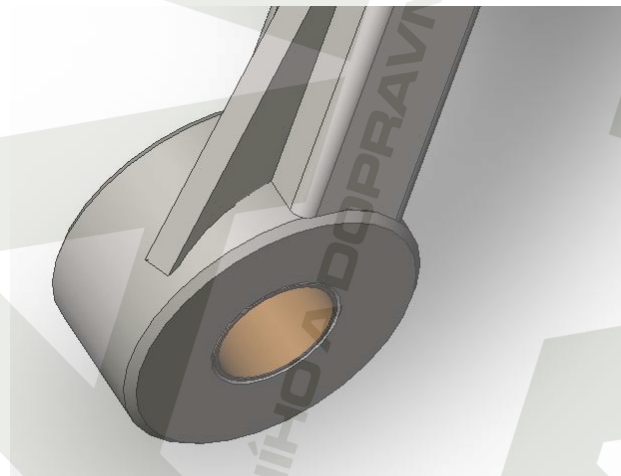
$$\tau := \frac{1.414F}{h \cdot l}$$

$$\tau = 12.233 \text{ MPa}$$

$$k := \frac{Re}{\tau}$$

$$k = 24.034$$

vyhovuje

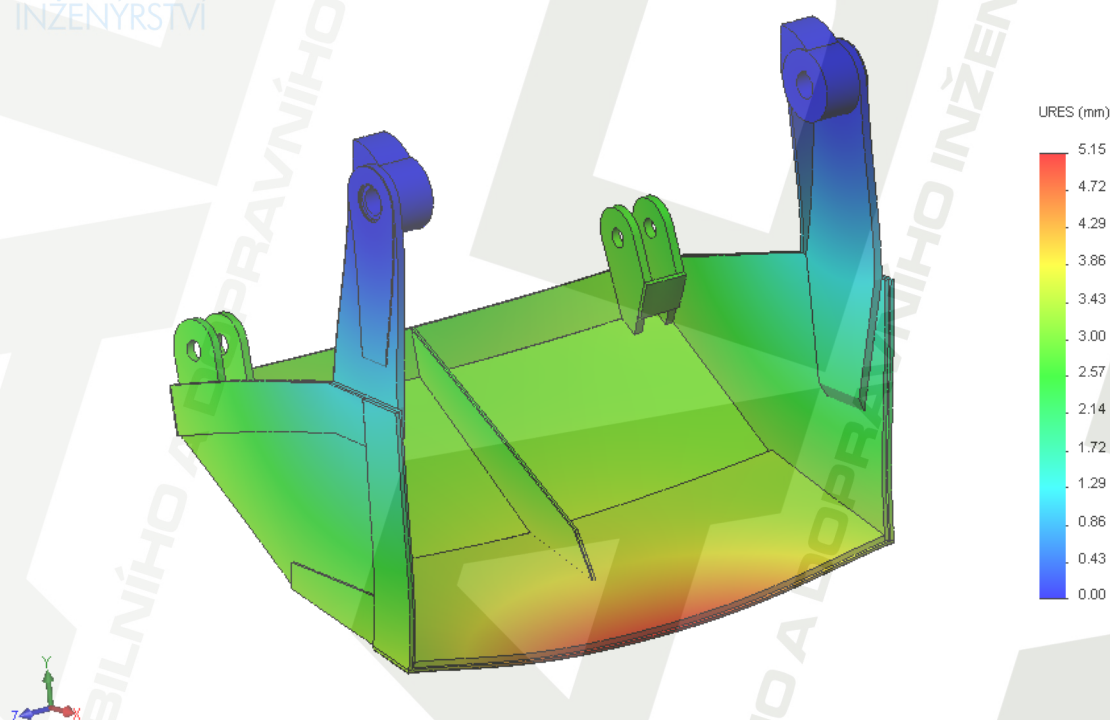


Obr. 39 Oko vnějšího nosného rámu

7.3 Analýza pomocí programu COSMOS

Byl proveden kontrolní výpočet namáhání lžice během rýpání v okamžiku, kdy je drapák téměř zavřený a na břit lžice působí největší rypná síla. Tato síla je velká 227 kN a způsobí deformaci lžice dle očekávání. Maximální deformace 5,15 mm je uprostřed dna lžice (obr. 40).

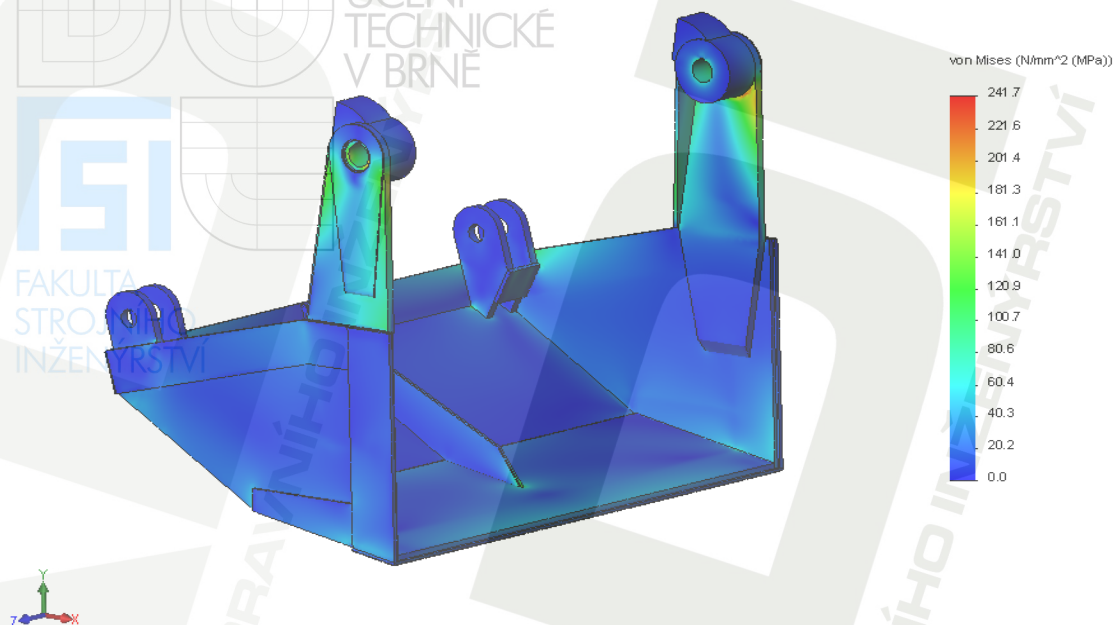
Název modelu: lžice levá
Název studie: Zatížení při rýpání
Typ obrázku: Statické posunutí Posunutí
Měřítko deformace: 47.596



Obr. 40 Deformace lžice při rýpání v programu COSMOS

Deformace lžice by se dala zmenšit zesílením plechu použitého na dno, nebo lepším vyztužením konstrukce lžice. Průběh napětí ve lžici ukázal, že v některých místech lžice se vyskytují napěťové špičky. Tyto špičky jsou dané volenou konstrukcí lžice a nelze se jim vyhnout. Nejvíce namáhány budou závěsy lžice, zejména pak uložení velkého závěsného oka (viz obr. 41).

Název modelu: lžíce levá
Název studie: Zatížení při rýpání
Typ obrázku: Static uzlové napětí Napětí



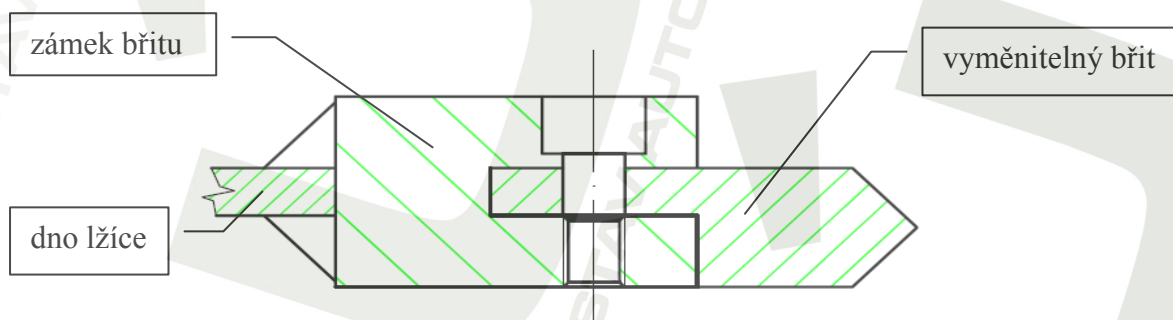
Obr. 41 Průběh napětí ve lžíci

8. Návrh vyměnitelných otěruvzdírných lišt

Během provozu drapáku a vlivem nabíraného materiálu se břity časem opotřebují. Proto je zapotřebí takto opotřebovaný břit vyměnit. Při konstrukci drapáku jsem použil navařené otěruvzdorné lišty. Tyto lišty lze vyměnit odřezáním opotřebovaných a opětovným navařením nových lišt. Taková výměna se však musí provádět někde na dílně s přístupem řezací a svářečské techniky. Pro snadnější výměnu přímo na pracovišti se třeba zvolit jinou formu výměny břitu. To lze provést několika způsoby, já jsem zvolil tři varianty.

Vyměnitelná lišta TYP 1

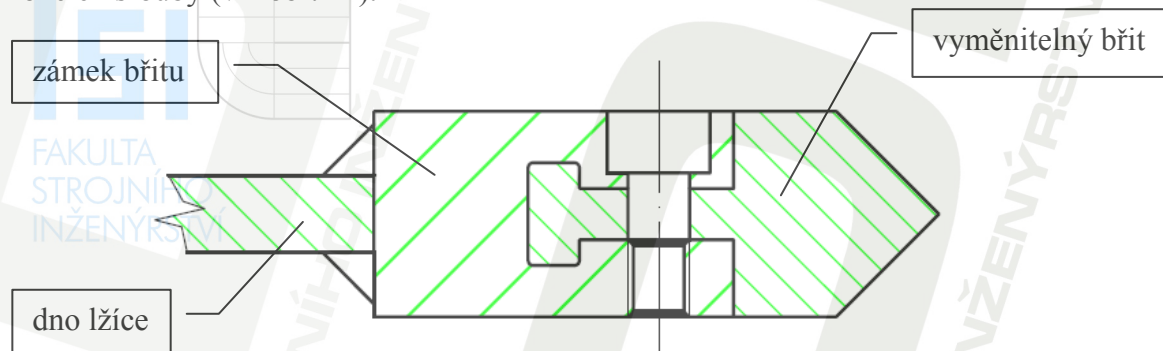
V tomto provedení je zámek břitu navařen na dno lžíce a břit je v zámku uchycen pomocí šroubů. Tyto šrouby zajišťují břit pouze proti vypadnutí, při rýpání je břit opřen o zámek a dno lžíce (viz obr. 40).



Obr. 40 Vyměnitelná lišta TYP 1

Vyměnitelná lišta TYP 2

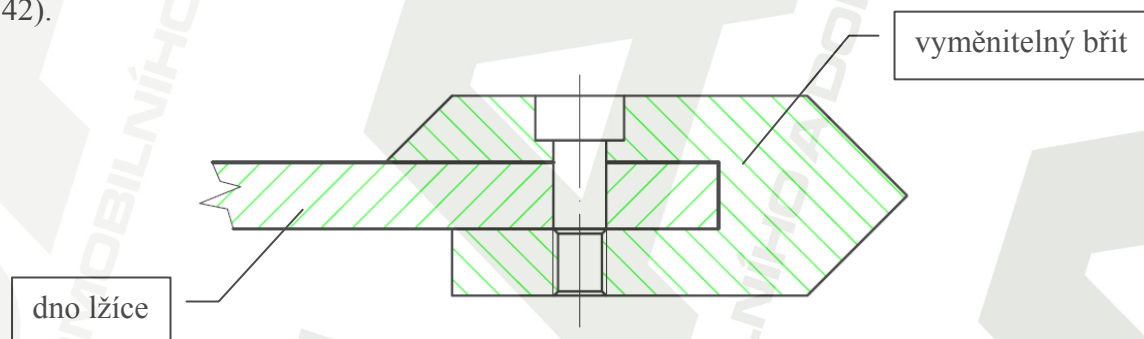
Toto provedení má opět břit uložený v zámku, ale tentokrát pomocí T-drážky. Tato drážka zajišťuje břit proti vypadnutí i při rýpání. Proti bočnímu vysunutí je břit zajištěn na koncích šrouby (viz obr. 41).



Obr. 41 Vyměnitelná lišta TYP 2

Vyměnitelná lišta TYP 3

Tato varianta nemá zámek břitu navařený na dno, ale samotný břit s profilem U je nasunut na plech dna lžíce. Ve správné poloze ho zajišťují šrouby, zejména proti vypadnutí. Při rýpání je břit opřen o dno lžíce a nedochází tak k namáhání šroubů (viz obr. 42).



Obr. 42 Vyměnitelná lišta TYP 3

9. Posouzení vlivu pracovního prostředí

Na pracovní nasazení drapáku má nemalý vliv jeho pracovní prostředí a přepravovaný materiál. Má to zejména vliv na jeho manipulační schopnosti a opotřebení jednotlivých dílů. Při provozu drapáku v prašném či vlhkém prostředí bude docházet k vyššímu opotřebení drapáku, než při manipulaci v bezvětrném prostředí s neprašným materiálem. Působením vlhkosti prostředí nebo materiálu, při nedostatečné povrchové úpravě, může docházet ke korozi povrchových částí drapáku. Lepší povrchovou úpravu by musel mít drapák těžící např. šterk ze dna řeky, jezera.

Při práci za nižších teplot bude drapák více namáhán zejména při rýpání a nabírání. Horší bude rýpání a nabírání zmrzlých hromad materiálu. Částečně se tomu dá pomoci použitím břitů se zuby, které by lépe prorazily zmrzlý povrch materiálu a zabořily se. Také by tomu mohla pomoci vyšší hmotnost drapáku. Nabíraný objem materiálu proto bude záviset na tvrdosti (promrzlosti) materiálu. Nabírání větších tvrdých kusů materiálu bude také způsobovat větší opotřebení lžic a břitů.

Pro maximální využití schopností lanového drapáku je lepší jeho použití při teplotách nad 0°C v suchém prostředí.

Závěr

Jak plyne z této práce, ne vždy je možné použít rýpací či manipulační zařízení ovládané hydraulicky nebo elektricky. V takovýchto případech je vhodné použití lanového drapáku, který je ovládán systémem lan a kladkového mechanismu. Díky tomu jej lze použít i pro práci ve vodě.

Při konstrukci lanového drapáku se vycházelo z jeho požadovaného objemu 3 m^3 a manipulaci s pískem, šterkem a zeminou. Jeho pracovní nasazení bude v oblasti bez přívodu energie. Podmínkou použití takového drapáku je nutnost aplikace u jeřábu, nebo drapákového bagru dvou nezávislých lanových bubnů. Díky navíjení nosných (zavíracích) lan se drapák otevírá (zavírá), případně jejich současným navíjením (odvíjením) se zvedá (spouští).

Základní výpočet sil působících na lanový drapák, způsobených jeho vlastní hmotností a hmotností přepravovaného materiálu, byl proveden podle polských skript. Z výpočtu vyšlo, že drapák vyvine maximální rypnou sílu 227 kN. Pomocí simulace zatížení v programu COSMOS se při této síle lžice v půlce prohne přibližně o 5 mm. Při této deformaci je nejvíce namáháno zavěšení lžice ve velkém nosném oku a místě jeho uložení. Hmotnost drapáku je přibližně 4 t a jeho maximální nosnost je 6 t.

Byl proveden kontrolní výpočet vybraných nosných dílů konstrukce. Byly kontrolovány zejména koutové svary na smyk. Dále byly kontrolovány spojovací šrouby hřídelové skříně, tyto šrouby jsou namáhány na tah. Pro uložení hřídelů a kladek byly použity kuličková ložiska SKF, která mají základní trvanlivost $2,1 \times 10^8 \text{ h}$ u kladek a $3,46 \times 10^9 \text{ h}$ u hřídelů. V místě použití čepového spojení, byly nosné čepy kontrolovány na střih a na otlacení. Všechny kontrolované díly a spoje vyhovely podmínce bezpečnosti. Doba zavírání drapáku je 5,5 s.

U některých drapáků, v závislosti na místě jeho nasazení a potřebách zákazníka, je nutná výměna otěruvzdorných lišt přímo na pracovišti. Proto byly navrženy některé typy provedení uložení vyměnitelných otěruvzdorných lišt, zpravidla upevněny nebo zajištěny několika šrouby.

Pro plné využití schopností lanového drapáku je lepší jeho použití při teplotách nad 0°C . V praxi se ideálních pracovních podmínek nedá dosáhnout, proto se jeho schopnosti a životnost budou lišit podle konkrétních pracovišť, přepravovaného materiálu a jeřábníka.

Závěrem lze říci, že není problém vyrobit drapák, ale zajistit, aby měl požadované schopnosti a vlastnosti, s ohledem na místo použití a přepravovaný materiál.

Seznam použité literatury:

1. ZÁLEŽÁK, Milan. *Technológia v prístavoch a prekladiskách. 3 – Drapáky.*
vyd. Žilina: Žilinská univerzita v Žilině, 2004. ISBN 80-8070-86.
2. FORÝTEK, Lumír. *Manipulační stroje a zařízení.*
2. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1986. ISBN 55-613-86
3. Priestmanův dvouřetězový drapákový bagr Büngr & Leyrer Lanna 1 z roku 1889. URL:
<http://www.bagry.cz/cze/clanky/z_historie/priestmanuv_dvouretezovy_drapakovy_bagr_buenger_leyrer_lanna_1_z_roku_1889> [cit. 2007-08-29]
4. SOBOLSKI, Roman. *Dźwignice.*
vyd. Warszawa: WNT Warszawa, 1978.
5. VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky.*
vyd. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1983. ISBN 04-218-83

Seznam použitých symbolů a zkratek

α_1	[-]	Součinitel nosnosti při maximálním naplnění drapáku
k	[-]	poměr těla drapáku nenaplněného k naplněnému
ρ	[kg/m ³]	hustota přepravovaného materiálu
γ	[kg/m ³]	materiál nasypaný na hromadu
Φ	[-]	součinitel naplnění drapáku
m_D	[t]	hmotnost drapáku
G	[N]	tíhová síla drapáku
$Q_{\max}$	[N]	maximální tíhová síla nabraného materiálu
i_{ok}	[-]	převod kladkostroje
η	[-]	účinnost kladkového mechanismu
S_c	[N]	celková zavírací síla
S	[N]	zavírací síla na jedno lano
Z_d	[N]	zavírací síla horních kladek
Z_g	[N]	zavírací síla dolních kladek
a	[m]	vzdálenost os velkého a malého oka
B	[m]	šířka drapáku
L	[m]	rozevření drapáku
V	[m ³]	objem drapáku
f_m	[m]	teoretická rypná hloubka drapáku
h_0	[m]	počáteční zahloubení lžíc
G_g	[N]	tíhová síla horního nosného rámu
G_d	[N]	tíhová síla dolního nosného rámu
G_t	[N]	tíhová síla čelistí
T	[N]	síla působící na vnější rám
h	[m]	vzdálenost mezi hranou břitu a nosným okem lžice
n	[m]	zbývající vodorovná rypná vzdálenost
x	[m]	vodorovná rypná vzdálenost
c	[m]	poloha těžiště lžice
d	[m]	poloha těžiště materiálu ve lžici
ψ_1	[-]	koeficient
ψ_2	[-]	koeficient
ψ_3	[-]	koeficient
α	[°]	úhel rypné síly
P_0	[N]	počáteční rypná síla
V	[N]	síla nabírání materiálu
H	[N]	síla zavírání drapáku
t	[s]	doba zavírání drapáku

A_1	[J]	práce nabírání
A_2	[J]	práce tření o dno lžice
A_3	[J]	práce tření o boky lžice
A_4	[J]	práce zvedání nabraného materiálu
A	[J]	celková skutečná práce nabírání
a_1	[J]	teoretická práce nabírání
a_2	[J]	teoretická práce tření o dno lžice
a_3	[J]	teoretická práce tření o boky lžice
a_4	[J]	teoretická práce zvedání nabraného materiálu
a	[J]	celková teoretická práce nabírání
τ_D	[MPa]	dovolené napětí ve střihu
p_D	[MPa]	dovolené napětí na otlačení
F_c	[N]	síla působící na čepový spoj
d_c	[mm]	průměr čepu
a	[mm]	délka nosného pouzdra na čepu
τ_s	[MPa]	napětí ve střihu
k_τ	[-]	bezpečnost na střih čepu
p_c	[MPa]	napětí na otlačení
k_p	[-]	bezpečnost na otlačení
F	[N]	síla působící na nosný hřídel
d	[mm]	průměr hřídele
l_1	[mm]	vzdálenost síly a reakce
l_2	[mm]	vzdálenost dvou reakcí
R_m	[MPa]	mez pevnosti materiálu
R_e	[MPa]	mez kluzu materiálu
k_a	[-]	součinitel materiálu
k_b	[-]	součinitel velikosti
k_c	[-]	součinitel namáhání
k_d	[-]	součinitel vlivu teploty
k_e	[-]	součinitel přežití
k_f	[-]	součinitel dalších vlivů
σ_c	[MPa]	mez únavy reálné součásti
α	[-]	součinitel tvaru vrubu
a	[-]	Heywoodův parametr
β	[-]	vrubový součinitel
R_a	[N]	reakce v místě A
R_b	[N]	reakce v místě B

R_c	[N]	reakce v místě C
M_{oA}	[Nm]	moment v místě A
M_{oB}	[Nm]	moment v místě B
M_{oC}	[Nm]	moment v místě C
M_{oD}	[Nm]	moment v místě D
σ_{on}	[MPa]	nominální ohybové napětí
σ_{oa}	[MPa]	ohybové napětí hřídele
k	[-]	bezpečnost
n_s	[ks]	počet šroubů
d_j	[mm]	nosný průměr šroubu
S_j	[mm ²]	nosný průřez šroubu
σ_t	[MPa]	tahové napětí
L	[h]	trvanlivost ložiska
L_{10}	[h]	základní trvanlivost ložiska
C_{10}	[kN]	základní dynamická únosnost ložiska
a	[mm]	tloušťka svaru
h	[mm]	výška svaru
l	[mm]	délka svaru
τ	[MPa]	smykové namáhání svaru

Seznam příloh

1. Výkres sestavy 1 ks
2. Výkres svarku lžice 1 ks
3. Výrobní výkres nosného hřídele 1 ks
4. Kusovník 4 ks

FAKULTA
STROJNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

VYSOKÉ
UČENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ