



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

ŠTÍPACÍ STROJ NA DŘEVO

WOOD-SPLITTING MACHINE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Štěpán Hoplíček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	Štěpán Hoplíček
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce:	doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.
Akademický rok:	2015/16

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 bakalářské práce:

Štípací stroj na dřevo

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Konstrukční a výpočtový návrh štípacího stroje na dřevo.

Parametry voleny dle rešeršního rozboru autora v oblasti domácích až poloprofesionálních štípacích strojů.

Cíle bakalářské práce:

Po vypracování důsledné rešerše známých variant konstrukcí štípacích strojů na dřevo provést návrhy vlastního řešení.

Porovnat hydraulické a mechanické pohony těchto strojních zařízení.

Vypracovat důležité technické výpočty, zvolit pohon.

Nakreslit sestavný výkres stroje a důležité detailní výkresy.

Seznam literatury:

Shigley, J.E., Mischke, Ch.R., Budynas, R.G. (2010): Konstruování strojních součástí. 2010. ISBN 978-80-214-2629-0.

Jančík, L. (2004): Části a mechanismy strojů, ČVUT Praha.

Klimeš P. (2003): Části a mechanismy strojů I, II. VUT v Brně.

Bigoš, P., Kuřka, J., Kopas, M., Mantič, M. (2012): Teória a stavba zdvíhacích a dopravných zariadení. TU v Košiciach. ISBN 978-80-553-1187-6.

Vaďura, J. (1987): Hydraulické a pneumatické mechanismy. VUT v Brně. ISBN 55-623-87.

Gandelová, L., Horáček, P., Šlezingerová, J. (2004): Nauka o dřevě. MZLU v Brně. ISBN 80-715-577-1.

Horáček, P. (2001): Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva. MZLU v Brně. ISBN 80-7157-347-7.

Bláha, J., Brada, K. (1992): Hydraulické stroje. Praha, SNTL. ISBN 80-03-00665-1.

Škopán, M. (2004): Hydraulické pohony strojů. VUT v Brně. Studijní text.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty



ABSTRAKT

Mezi cíle bakalářské práce patří rešerše známých variant konstrukcí štípacích strojů na dřevo, porovnání mechanických a hydraulických pohonů těchto strojních zařízení. Posledním cílem je výpočtový a konstrukční návrh vlastního štípacího stroje. Je navržen hydraulický štípací stroj s vertikální koncepcí rámu. Stroj je navržen pro štípání bukového a dubového dřeva s maximálním průměrem 300 mm a délkou 1000 mm. Je vypočtena potřebná štípací síla, navrhnut a zkontrolován rám, navržen hydraulický obvod stroje a zkonstruován štípací klín. Součástí práce je výkres sestavení štípacího stroje a výkres sestavení rámu stroje.

KLÍČOVÁ SLOVA

štípací stroj, rám, hydraulický obvod, přímočarý hydromotor, hydrogenerátor, štípací klín

ABSTRACT

The objectives of bachelor's thesis are following: Research of known designs of wood-splitting machines, comparison mechanically to hydraulically driven machines, computation and design of own wood-splitting machine. It is designed hydraulic machine with vertical structure. The machine is designed for splitting beech and oak wood with a maximum diameter of 300 mm and length of 1000 mm. It is calculated the maximum splitting force, designed and checked the frame, designed hydraulic circuit and splitting wedge. Bachelor's thesis contains the assembly drawings of wood-splitting machine and the frame.

KEYWORDS

wood-splitting machine, frame, hydraulic circuit, linear hydraulic motor, pump, splitting wedge



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HOPLÍČEK, Š. *Štípací stroj na dřevo*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 63 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D..



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Jiřího Maláška, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 27. května 2016

.....

Štěpán Hoplíček



PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Jiřímu Maláškoví, Ph.D. za veškeré rady a bezproblémovou komunikaci při vypracovávání závěrečné práce.



OBSAH

Úvod	15
1 Obecné informace.....	17
2 Kritéria štípacích strojů	18
2.1 Konstrukce rámu stroje	18
2.1.1 Horizontální štípače.....	18
2.1.2 Vertikální štípače.....	19
2.1.3 Příslušenství štípacích strojů	20
2.1.4 Štípací automaty	21
2.2 Pohon	22
2.2.1 Hydraulické štípače	22
2.2.2 Mechanické štípače.....	22
2.2.3 Pohonné agregáty	27
2.3 Velikost štípací síly.....	28
2.4 Štípací nástroj	29
2.4.1 Štípací klín.....	29
2.4.2 Štípací kužel	30
3 Úvod k vlastnímu návrhu štípacího stroje	31
3.1 Štípatelnost.....	31
3.2 Vlhkost dřeva	32
4 Konstrukce rámu	33
4.1 Pevnostní kontrola rámu	34
5 Výpočet a volba prvků hydraulického obvodu.....	38
5.1 Schéma hydraulického obvodu	38
5.2 Výpočet potřebné štípací síly.....	38
5.3 Volba přímočarého hydromotoru.....	39
5.3.1 Výpočet plochy pístu přímočarého hydromotoru.....	39
5.3.2 Výpočet maximální síly hydromotoru	40
5.3.3 Redukce tlaku	40
5.3.4 Výpočet účinné plochy při zpětném zdvihu	40

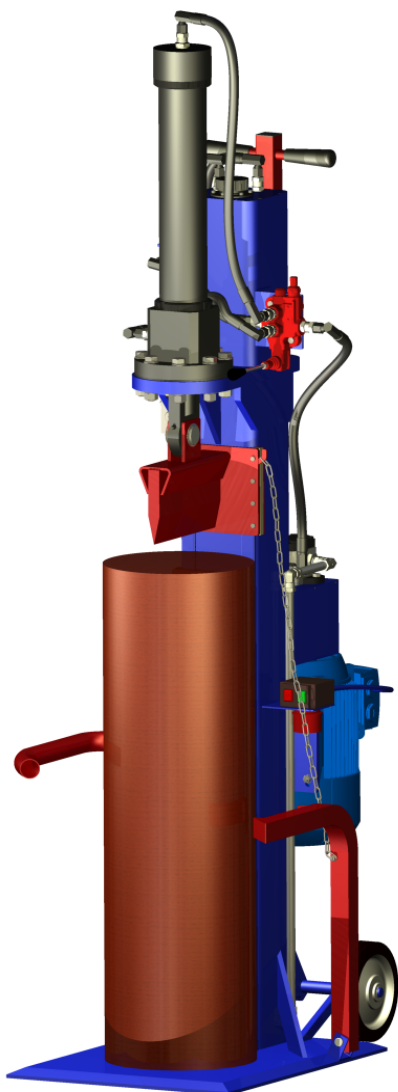


5.3.5	Síla působící při zpětném zdvihu	40
5.3.6	Objem hydromotoru při maximálním zdvihu	40
5.3.7	Objem hydromotoru při zpětném zdvihu	41
5.4	Výpočet a volba hydrogenerátoru	41
5.4.1	Potřebný průtok hydrogenerátoru	41
5.4.2	Potřebný geometrický objem hydrogenerátoru	41
5.4.3	Volba hydrogenerátoru	42
5.4.4	Přepočet průtoku hydrogenerátoru	42
5.4.5	Přepočet doby pracovního zdvihu	43
5.4.6	Výpočet doby zpětného zdvihu	43
5.5	Výpočet a volba elektromotoru	43
5.5.1	Potřebný výkon elektromotoru	43
5.5.2	Hřídelová spojka	44
5.5.3	Výpočet přenášeného krouticího momentu	45
5.5.4	Výpočet obvodové síly na povrchu hřídele	45
5.5.5	Dovolený tlak na bocích drážky v náboji	45
5.5.6	Kontrola náboje na otlačení	45
5.6	Volba rozvaděče	46
5.7	Volba tlakového ventilu	47
5.8	Volba filtru	47
5.9	Nádrž	48
5.9.1	Výpočet objemu nádrže	48
5.10	Vedení tekutiny	49
5.11	Hydraulická kapalina	49
6	Štípací klín	50
6.1	Kontrola čepu klínu	50
6.1.1	Kontrola čepu na stříh	51
6.1.2	Kontrola čepu na otlačení	51
	Závěr	53
	Seznam použitých zkratk a symbolů	61
	Seznam příloh	63



ÚVOD

Téma mé bakalářské práce nese název Štípací stroj na dřevo. Úkolem je zpracovat rešerši známých variant konstrukcí štípacích strojů, porovnat mechanické a hydraulické pohony těchto strojních zařízení a následně zpracovat výpočtový a konstrukční návrh vlastního štípacího stroje. Uvedené téma jsem si vybral z prostého důvodu. Před pěti lety jsme vybavili náš dům krbovými kamny a zahájili těžbu dřeva. Ročně zpracujeme asi 10 m³ dřeva. Dřevo v lese zpracujeme vždy do takové podoby, aby byl následný transport co nejjednodušší. Většina námi předpřipravených polen pro následné štípání má průměr do 30 cm. Štípání dřeva tedy probíhá za pomoci sekery až na zahradě u domu. Ačkoliv nám fyzicky náročné štípání dřeva sekerou zatím nedělá větší problémy, problematika štípacích strojů mě zajímá, jako možná alternativa do budoucna, a proto jsem si ji zvolil jako téma bakalářské práce. Praktickou část mé závěrečné práce, tedy výpočtový a konstrukční návrh štípacího stroje, chci zpracovat tak, aby parametry stroje vyhovovaly našim domácím podmínkám. V případě potřeby by tedy bylo možné stroj reálně sestavit.





1 OBECNÉ INFORMACE

Štípací stroj na dřevo, nebo také štípač dříví, je zařízení používané pro štípání palivového dříví, které je již předem zpracované pomocí řetězové pily do podoby špalků. Polena jsou štípána ve směru vláken dřevní hmoty (napříč lety), stejně, jako při štípání sekerou. Uspadnění práce, urychlení práce a bezpečnost, jsou hlavními důvody pro používání štípacího stroje. Bezpečnosti je u štípacích strojů s hydraulickým pohonem dosaženo obouručním ovládáním rozvaděče, případně přidržovacím hrotem nebo přidržovací špicí, pomocí které je možné upevnit i slabé nebo šikmo uříznuté dřevo. Mezi nevýhody štípacích strojů lze zařadit poměrně vysokou pořizovací cenu, náklady na provoz, případně problém s místem pro uskladnění stroje. [1, 2, 3]



Obr. 1 Hrot pro upevnění dřeva [3]



2 KRITÉRIA ŠTÍPACÍCH STROJŮ

Konstrukci, či výběr stroje, ovlivňuje řada kritérií, která jsou následující:

1. Konstrukce rámu stroje
2. Pohon
3. Velikost štípací síly
4. Štípací nástroj

2.1 KONSTRUKCE RÁMU STROJE

Podle konstrukce rámu lze štípací stroje dělit na horizontální a vertikální, přičemž těmto koncepcím následně odpovídá poloha přímočarého hydromotoru u hydraulických štípacích strojů. Speciálním druhem štípacích strojů jsou štípací automaty. [2, 4]

2.1.1 HORIZONTÁLNÍ ŠTÍPAČE

Horizontální štípače lze dále dělit na hobby (domácí) štípače, které ve většině případů nepřesahují štípací sílu 70 kN, a profesionální štípače. U hobby štípacích strojů je potřeba zvedat polena na rám stroje. Při této operaci je zatěžováno především zádové svalstvo. U profesionálních horizontálních štípacích strojů jsou polena zvedána na rám hydraulickým zařízením. [2, 4, 5]

HOBBY (DOMÁCÍ) HORIZONTÁLNÍ ŠTÍPAČE

Stroje se štípací silou 60 kN, jsou schopné štípat polena o průměru až 32 cm, dlouhá až 0,5 m. Mezi výhody hobby horizontálních štípačů patří vzhledem k menším rozměrům snadná a bezpečná manipulace, dobrá skladnost a hmotnost, ve většině případů nepřesahující 50 kg. Vzhledem k nižším štípacím silám, v porovnání s vertikálními štípači, jsou stroje většinou poháněny jednofázovými elektromotory, které je možné zapojit do běžné zásuvky s napětím 230 V. Hobby horizontální štípací stroje jsou tedy vhodné pro použití na zahradě u domu. [4]



Obr. 2 Horizontální štípací stroj Scheppach HL 650 [2]



PROFESIONÁLNÍ HORIZONTÁLNÍ ŠTÍPAČE

Profesionální horizontální štípače najdou své uplatnění především na pilách. Využívají se k řezání a štípání kmenů a špalků. Stroje jsou skladné a kompaktní. Při konstrukci profesionálních horizontálních štípačů je kladen důraz na snadnou ovladatelnost a manipulaci, kterou zvládne i žena. Příkladem profesionálního horizontálního štípače může být stroj od firmy Pezzolato. Dřevo je na rám zvednuto pomocí hydraulického zařízení. V případě štípání kmenu na dva kusy, může mít štípaný kmen průměr až 100 cm. Při použití křížů pro dělení polena na 4, 6 nebo 8 kusů, může být průměr polena až 70 cm. Stroje disponují štípací silou buď 230 kN, které odpovídá maximální délka dřeva 1100 mm, nebo 330 kN, které odpovídá maximální délka 1220 mm. Je možné volit pohon hřídelí od traktoru, elektromotorem nebo kombinovaný. Mezi další vybavení stroje patří odkládací stůl pro naštípané dřevo a stranové podpěry klád. [5, 6]



Obr. 3 Profesionální horizontální štípač dřeva od firmy Pezzolato [6]

2.1.2 VERTIKÁLNÍ ŠTÍPAČE

Vertikální štípače jsou zpravidla konstruovány pro vyšší štípací síly než hobby horizontální štípače. Při štípání polen velkých průměrů a délek, není potřeba zvedat polena do výšky. Proces štípání dřeva ulehčuje nastavitelná pracovní výška podložní plošiny. Pracovní stůl štípacího stroje Woodster LV 100 je nastavitelný do tří poloh (315 mm, 575 mm nebo 760 mm), umožní tedy vždy pracovat co nejefektivněji. Štípací stroje s pracovní silou 80 kN až 120 kN jsou schopny bez problému naštípat polena o délce 1 m a průměru až 45 cm. Nevýhodou vertikální koncepce je v důsledku vysokého výkonu stroje vyšší hmotnost, obvykle přesahující 100 kg, která znesnadňuje manipulaci se strojem. [4, 7]



Obr. 4 Vertikální štípač dřeva Woodster LV 100 [7]

2.1.3 PŘÍSLUŠENSTVÍ ŠTÍPACÍCH STROJŮ

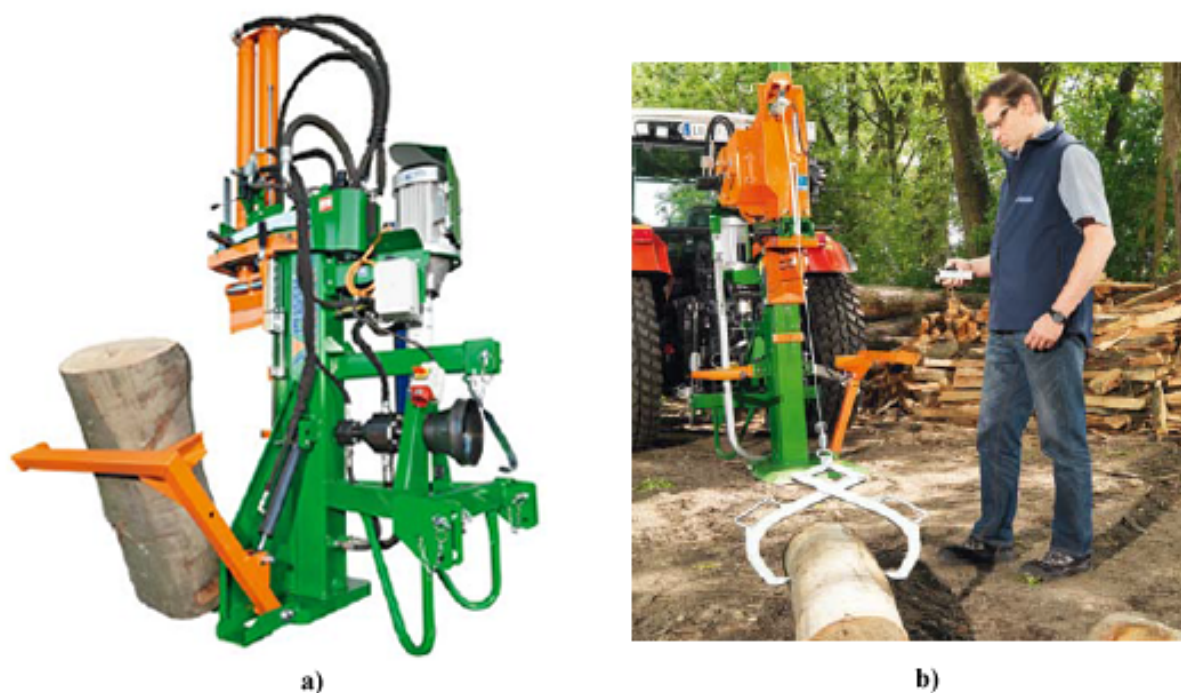
Vertikální štípací stroje řady HydroCombi od firmy POSCH lze vybavit hydraulickým zařízením pro zvedání kmenů nebo lanovým navijákem. [3]

HYDRAULICKÉ ZAŘÍZENÍ PRO ZVEDÁNÍ KMENŮ

Hydraulické zařízení pro zvedání kmenů uvede štípané dřevo do štípací polohy bez námahy. Zvedání kmene probíhá nezávisle na cyklu štípání pomocí hydraulického ventilu. Díky tomu je umožněno rovněž jemné zvedání a spouštění. [3]

LANOVÉ NAVIJÁKY

Lanový naviják je pohodlný pomocník při práci se dřevem. Kmeny se bez námahy dotáhnou ke stroji a uvedou do štípací polohy. Jemný náběh a jemné spouštění zajišťují plynulý pohyb kmenů. Lanový naviják je vybaven kleštěmi pro uchopení polena a rádiovým ovládáním. [3]



Obr. 5 a) Hydraulické zařízení pro zvedání kmenů b) Lanový naviják s rádiovým ovládáním [3]

2.1.4 ŠTÍPACÍ AUTOMATY

Štípací automaty jsou vysoce výkonné profesionální stroje sloužící k přípravě palivového dřeva ve velkém množství. Příkladem může být štípací automat APD 450. Jeden pracovní cyklus tvoří řezání dřeva pomocí řetězové pily, jeho štípání pomocí beranidla a jeho vynesení, pomocí vynášecího pásového dopravníku. Automat se štípací silou 250 kN štípe kmeny do průměru 450 mm, délky 250-620 mm. Stroj je poháněn elektromotory o celkovém příkonu 16,1 kW. Dalšími příklady štípacích automatů mohou být stroje od firmy POSCH, ze série SpaltFix, které jsou popsány níže. [3, 8]



Obr. 6 Štípací automat APD 450 [8]



2.2 POHON

Z hlediska pohonu lze štípače dřeva obecně dělit na hydraulické a mechanické. Hydrogenerátor u hydraulických štípacích strojů nebo například setrvačnický u mechanických štípacích strojů pak může být poháněn elektromotorem, spalovacím motorem nebo vývodovou hřídelí traktorů přes kardan.

2.2.1 HYDRAULICKÉ ŠTÍPAČE

Jedná se o hydraulická zařízení, u kterých štípací síla vzniká působením tlakového oleje na plochu pístu přímočarého hydromotoru. Hydraulický obvod štípacích strojů se skládá z hydrogenerátoru, přímočarého hydromotoru, rozvaděče, tlakového ventilu, filtru, nádrže a hydraulického vedení. Hydraulické štípače lze konstruovat pro velký rozsah štípacích sil. Štípací stroj značky WOODSTER LH45 disponuje štípací silou 40 kN, naproti tomu, štípací automat APD 450 vyvíjí štípací sílu až 250 kN. [8, 9]

2.2.2 MECHANICKÉ ŠTÍPAČE

Níže jsou popsány některé typy mechanických štípacích strojů. Prvním typem je štípací stroj KRAPED, u kterého je rotační krájecí nůž poháněn řetězovým kolem. Druhým typem jsou štípací stroje značky DR, série RapidFire, u kterých jsou základem pohonu setrvačnický akumulující energii. Dále jsou popsány dva typy manuálních štípacích strojů. Mezi mechanické štípače lze zařadit také tzv. rotační štípačku, u které je pracovním nástrojem štípací kužel. [10, 11]

ŠTÍPACÍ STROJ PALIVOVÉHO DŘEVA KRAPED

Jedná se o funkční vzorek štípacího stroje palivového dřeva. Stroj je konstruován na štípání dřeva o průměru 20-30 cm a délce až 3 m. Stroj obsluhuje jeden pracovník. Stroj dělí klády na délku 20-60 cm a za jednu hodinu dokáže rozštípat 10-12 prostorových metrů sypaných dřeva. Dřevo je štípáno krájecím zařízením, které se skládá z rotačního krájecího nože, na kterém je štípací klín. Rotační krájecí nůž má průměr cca 1000 mm a je vyroben z vysokopevnostního materiálu, otáčky nože jsou 54 min^{-1} . Mezi další části stroje patří vynášecí a podávací dopravník, převody, nosné konstrukce a kryty. Pohon je přednostně realizován pomocí vývodového hřídele traktoru o otáčkách 540 min^{-1} přes propojovací kardanový hřídel, rozvodovku a řetězové kolo, pomocí kterého je poháněn krájecí nůž. Stroj je však možné pohánět také elektromotorem nebo spalovacím motorem. [10]



Obr. 7 Štípací stroj KRAPED - fáze výroby [10]

ŠTÍPACÍ STROJE DR RAPIDFIRE

Hlavní části štípacích strojů DR RapidFire jsou popsány na obr. 8. Princip činnosti těchto strojů lze popsat následovně. Do dvou setrvačníků, viz obr. 8, pozice 1, je akumulována energie z motoru. Setrvačníky jsou litinové, velikost otáček je 400 min^{-1} a hmotnost jednoho setrvačníku u nejsilnějšího štípacího stroje ze série DR RapidFire, K34 RapidFire, je 34 kg. Setrvačník otáčí pastorkem, viz obr. 8, pozice 2, který je umístěn v jeho ose. Pastorek je vyroben z oceli, je dvakrát kalený a váží 2,3 kg. Při posunutí ovládací páky stroje, viz obr. 8, pozice 5, do pracovní polohy, se přitlačí ozubený hřeben, viz obr. 8, pozice 3, k pastorku, se kterým se dostane do záběru. Jakmile se pastorek, vykonávající rotační pohyb, dostane do záběru s ozubeným hřebem, začne ozubený hřeben vykonávat lineární translační pohyb. Když je energie otáčejícího se setrvačníku a pastorku přenesena na ozubený hřeben, je poleno tlačeno proti klínu a rozštípnut. [11]

Štípací stroj K34 RapidFire pohání jednoválcový zážehový spalovací motor, Subaru SP170, chlazený vzduchem, s výkonem 4,2 kW, při 4000 min^{-1} , viz obr. 8, pozice 4. [11]

Maximální průměr štípaného polena je 762 mm a maximální délka polena činí 610 mm. Průměrná doba trvání jednoho štípacího cyklu jsou 3 s. Hmotnost celého stroje je 259 kg. [11]

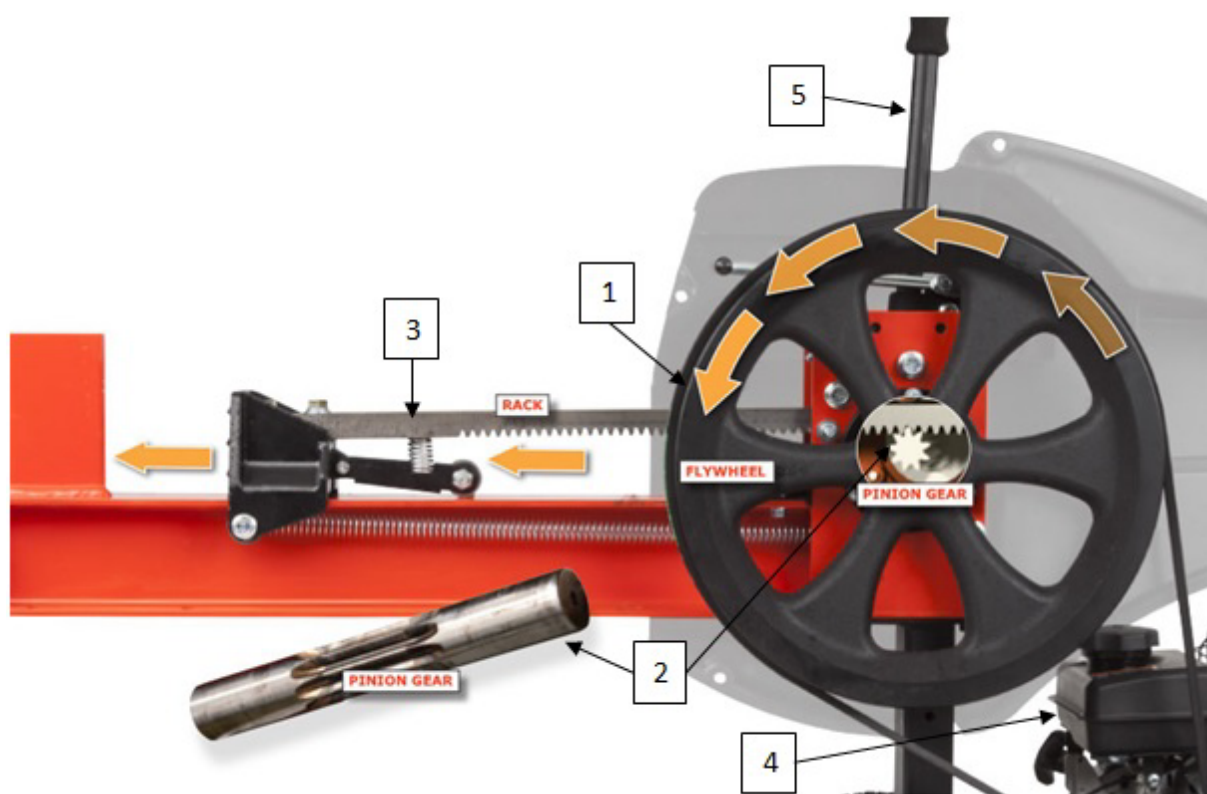


Výhodou těchto strojů, oproti strojům s hydraulickým pohonem, je až šestkrát vyšší rychlost štípání. Díky jednoduché konstrukci jsou tyto stroje podstatně méně náročné na údržbu, než stroje s hydraulickým pohonem. [12]

Při srovnání stroje K22 RapidFire s hydraulickým štípačem o srovnatelné štípací síle, přičemž oba stroje byly poháněny stejným spalovacím motorem, byla u hydraulického štípače naměřena dvakrát větší spotřeba paliva. [12]

Je proveden hodinový test dvou štípacích strojů, u kterého je předmětem zjištění, pomocí kterého stroje je naštípán větší objem palivového dříví. Je srovnáván mechanický štípací stroj, K34 RapidFire, s hydraulickým štípacím strojem, s ekvivalentní štípací silou, 340 kN, stejného výrobce. Po hodinovém testu je pomocí mechanického štípače, provedeno 382 štípacích cyklů a pomocí hydraulického stroje 146 cyklů. Při práci s mechanickým štípačem je tedy provedeno 2,6 x více cyklů, než se štípačem hydraulickým. Tomu také odpovídá objem naštípaného dřeva. Test dále srovnává spotřebu těchto dvou strojů. Je zjištěno, že hydraulický štípací stroj během testu spotřeboval třikrát více paliva. [14]

Nejslabší štípací stroj ze série RapidFire, K10 RapidFire, je poháněn elektromotorem o výkonu 1060 W. Štípací síla je ekvivalentní štípací síle 100 kN, hydraulické štípačky. Maximální průměr štípaného polena je 305 mm a maximální délka je 406 mm. Konstrukce rámu je horizontální a stroj váží pouhých 60 kg. Naproti tomu, hydraulický štípací stroj, Powerlog 10t, váží 175 kg a je poháněn elektromotorem s výkonem 4 kW. Maximální průměr štípaného polena je 400 mm a maximální délka polena je 1300 mm, konstrukce rámu je vertikální. Při vzájemné srovnání lze říci, že mechanický štípací stroj je úspornější. Vzhledem ke své hmotnosti je skladnější a bezproblémový při manipulaci. Hydraulický štípací stroj je naopak vhodnější při štípání rozměrnějších polen. Cena strojů je srovnatelná. [13]



Obr. 8 Štípací stroj DR RapidFire; 1 - setrvačnick; 2 - pastorek; 3 - ozubený hřeben; 4 - spalovací motor; 5 - ovládací páka; [11]

MANUÁLNÍ ŠTÍPAČKA

Štípací síla vyvinutá tímto druhem štípačů je poměrně malá, proto jsou tyto štípače vhodné výhradně pro domácí použití. Výhodou mechanických manuálních štípačů, ve srovnání se štípáním sekerou, je bezpečnost. Další výhodou je jejich nízká hmotnost. Příkladem může být mechanická horizontální štípačka od firmy ATIKA, s označením AFS 43, se kterou lze štípat polena o průměru 60-220 mm, délky až 430 mm a jejím použitím lze vyvinout štípací sílu až 12 kN. Štípačka váží pouze 9,5 kg. [15]

Příkladem ruční štípačky může být štípačka Smart-Splitter, která byla vyvinuta ve Švédsku firmou AGMA. Pro použití štípačky je nutné mít dřevěný špalek, sloužící jako základna štípačky, do kterého je vyvrtána díra pro vodící tyč štípačky. Na vodící tyč je nasunut štípací klín. Ke klínu je následně přimontována vodící tyč úderového závaží. Úderové závaží uchopí obsluha, z důvodu bezpečnosti a větší štípací síly, oběma rukama. Úderové závaží, které je vedeno vodící tyčí, obsluha zvedne a udělí mu zrychlení. Rozštípnutí polena je realizováno nárazem úderového závaží, o hmotnosti 3,3 kg, do štípacího klínu. Štípané poleno může mít délku maximálně 55 cm. [17]



Obr. 9 Manuální štípačka ATIKA AFS 43[16]



Obr. 10 Smart-Splitter [18];
1 - základna; 2 - vodící tyč štípacího
klínu; 3 - štípací klín; 4 - vodící tyč
úderového závaží; 5 - úderové závaží;



2.2.3 POHONNÉ AGREGÁTY

ELEKTROMOTOR

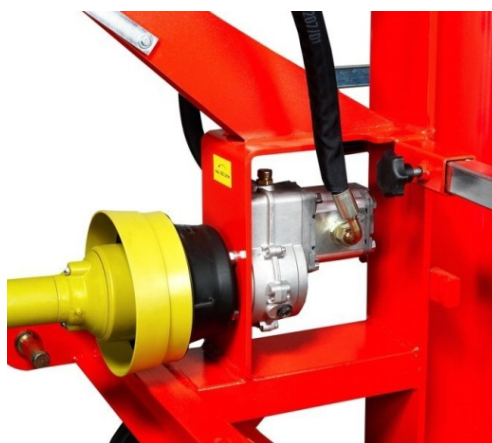
Jedná se o nejčastější druh pohonného agregátu pro hobby a poloprofesionální štípací stroje. Elektromotor může být třífázový asynchronní, s připojením na vstupní napětí 400 V / 50 Hz nebo jednofázový, napájený 230 V / 50 Hz. Jednofázový elektromotor se většinou vyskytuje jen u hobby štípacích strojů. Výhodou tohoto pohonu je ve srovnání se spalovacím motorem nižší cena a nižší hlučnost. Nevýhodou je nutnost přítomnosti elektrické sítě. Tento druh pohonu je tedy vhodný pro použití u domu nebo u chaty. Máme-li požadavek na štípání dřeva v lese, či na jiném místě s absencí elektrické sítě, je třeba volit některý z následujících druhů pohonů.

SPALOVACÍ MOTOR

Tento typ pohonného agregátu je vhodný pro použití v terénu. Nevýhodou tohoto pohonu je vyšší hmotnost a hlučnost. Používají se jak zážehové, tak vznětové spalovací motory. Zážehové motory se používají pro menší štípací síly, než motory vznětové. Štípací stroj HECHT 6010R pohání čtyřtákní zážehový motor o zdvihovém objemu 196 cm³ a výkonu 4,8 kW. Maximální štípací síla stroje je 100 kN. Vznětové motory nacházejí své využití především u výkonných profesionálních štípacích automatů. Příkladem mohou být štípací automaty firmy POSCH, ze série SpaltFix, u kterých je dřevo nejprve vtaženo, nařezáno, poté v závislosti na konkrétním modelu rozštípano silou v rozmezí 100-410 kN a následně odsunuto pomocí pásového dopravníku. Štípací automat, SpaltFix K-550, může být poháněn buď vznětovým motorem nebo vývodovou hřídelí traktoru. [3, 19]

TRAKTOROVÉ ŠTÍPAČE

Traktorové štípače lze rozdělit na dva druhy. Stroje, které jako zdroj hydraulické energie využívají vnitřní hydraulický systém traktoru. Dále jsou to stroje s vlastním okruhem, u kterých je hydraulické čerpadlo poháněno pomocí vývodového hřídele traktoru přes Kardanův hřídel (kardan). [20]



Obr. 11 Pohon HG přes kardan [21]



KOMBINOVANÝ POHON

Štípací stroje s kombinovaným pohonem jsou konstruované tak, že je možné zvolit pohonný agregát stroje podle konkrétní potřeby. Příkladem může být profesionální hydraulická štípačka Negri bio XL120E3PD/TPS12T, kterou je možné pohánět buď elektromotorem nebo vývodovou hřídelí traktoru přes Kardanův hřídel. Výhodou takových strojů je univerzálnost jejich použití. Uvedený stroj, napojený na vývodovou hřídel traktoru, je možné použít pro štípání dřeva v lese, kde není dostupná elektrická energie. Stroj je však také možné připojit k elektrické síti a štípat dřevo například na zahradě u domu. Nevýhodou je vysoká cena stroje. [22]



Obr. 12 Štípací stroj Negri bio XL120E3PD/TPS12T [22]

2.3 VELIKOST ŠTÍPACÍ SÍLY

Štípací síla patří ke stěžejním parametrům štípacích strojů. Rozsah štípacích sil u každé kategorie je pouze orientační, protože výrobci nemají tyto intervaly nastavené jednotně. Podle velikosti štípací síly, kterou stroje disponují, je možné štípače orientačně dělit následovně: [23]

- Hobby (domácí) – disponují silou do 80 kN.
- Poloprofesionální – 80 kN - 120 kN.
- Profesionální – 12 kN a více.



2.4 ŠTÍPACÍ NÁSTROJ

2.4.1 ŠTÍPACÍ KLÍN

Štípací klíny můžeme dělit na jednobřité a vícebřité. Jednobřité klíny patří do základní výbavy štípacího stroje. U horizontální koncepce je ve většině případů jednobřitý klín přivařen k rámu stroje, poleno je tedy pomocí hydromotoru tlačeno na klín a následně rozštípnuto. U vertikální koncepce je klín uchycen k oku hydromotoru pomocí čepu, vedení klínu je pak realizováno pomocí vodících lišt. Klín může být také přivařen k pohyblivé konstrukci štípacího stroje.

Vícebřitý klín bývá mnohdy součástí příslušenství zakoupeného štípacího stroje, případně je možné jej dokoupit samostatně. Příkladem mohou být čtyřramenné nebo šestiramenné klíny od firmy Scheppach. Použití vícebřitých štípacích klínů značně snižuje čas štípání. [24]



Obr. 13 Čtyřramenný štípací klín Scheppach [24]

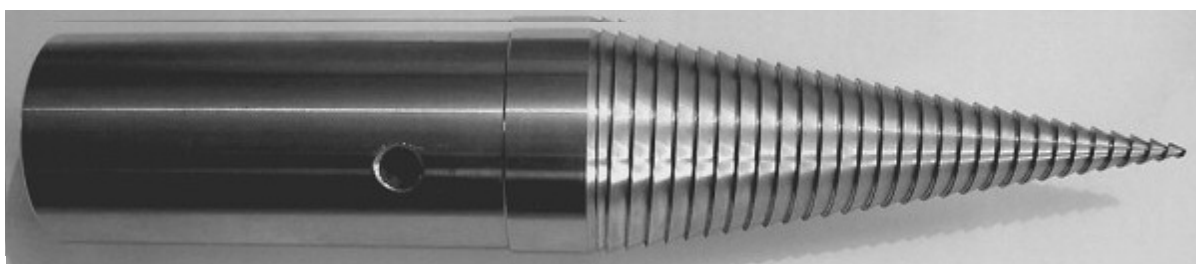
Mezi příslušenství, které je možné ke stroji dokoupit patří dále rozšiřovací klíny, které také výrazně urychlí proces štípání dřeva. Příkladem může být rozšiřovací štípací klín opět od firmy Scheppach. Uvedené klíny se nasazují na jednobřitý klín a jejich poloha je aretována šroubem nebo kolíkem. [25]



Obr. 14 Rozšiřovací klín Scheppach [25]

2.4.2 ŠTÍPACÍ KUŽEL

Štípacího kuželu (trnu) se šroubovicí využívá ke své funkci tzv. rotační štípačka, jejíž princip spočívá v natažení dřeva na kužel, prostřednictvím šroubovice a následném roztržení polena. Konstrukce stroje je velmi jednoduchá. Štípačka se skládá jen z rámu, elektromotoru a štípacího kuželu, z čehož vyplývá relativně nízká cena stroje. Dlouhá životnost závitového kuželu je zaručena výrobou nástroje z ořezavzdorné ocele a následným zakalením. Krouticí moment je z hřídele elektromotoru přenášen přes těsné pero. Druhou variantou pohonu je pohon vývodovým hřídelem traktoru. Používání stroje však není příliš bezpečné, hrozí například namotání volného oděvu na rychle se otáčející závitový kužel a následné poranění horních končetin, proto se jedná především o záležitost domácích kutilů. Nebezpečí hrozí také v případě protočení dřeva, ke kterému může dojít vlivem špatného navedení špalku na štípací trn nebo v případě nečekaného vymrštění polena při štípání sukovitého dřeva. Pro případ uvíznutí štípacího trnu v houževnatém polenu je vhodné, aby elektromotor umožňoval změnu smyslu otáčení hřídele. [26, 27, 28]



Obr. 15 Štípací kužel [27]



3 ÚVOD K VLASTNÍMU NÁVRHU ŠTÍPACÍHO STROJE

Před započítím výpočtového a konstrukčního návrhu vlastního stroje je potřeba určit maximální rozměry a druh dřeva, který bude na stroji štípan. Štípací stroj je navržen pro naše domácí podmínky. Těžíme stromy o průměru maximálně 30 cm, přičemž se jedná o duby a buky. Dále uvažuji dělení kmenů řetězovou pilou na délku 1 m. Takto přichystané dřevo se nejpozději druhý den rozštípe štípacím strojem na dva kusy a uskladní do dřevníku, aby se vysušilo. Vzhledem k délce špalků, 1 m, přichystaných na štípání, volím z ergonomického hlediska vertikální koncepci stroje. Pohon štípacího stroje volím hydraulický. Dřevo je štípano na zahradě u domu, tudíž jako pohonný agregát volím třífázový asynchronní elektromotor.

3.1 ŠTÍPATELNOST

Abych byl schopen určit sílu, kterou musí hydromotor vyvinout pro rozštípnutí dřeva s uvedenými vlastnostmi, je potřeba definovat pojem štípatelnost dřeva. „Štípatelnost dřeva je z pohledu způsobu zatížení a stavu napjatosti složitý jev, při kterém v důsledku vnikání klínu do dřeva dochází k dělení dřeva. Rozrušení dřeva probíhá za současného působení tlaku a ohybu. Štípatelnost je určena silou, která způsobí porušení zkušebního tělesa a výpočet odolnosti proti štípání je dán obecným vztahem pro napětí:“ [29]

$$R_w = \frac{F}{S} \quad [MPa] \quad 3.1.1$$

Kde: F , síla při rozdělení tělesa [N]

$$S = b \cdot l, \text{ plocha štípání [mm}^2\text{]}$$

b , šířka zkušebního tělesa [mm]

l , délka štípání [mm]

„Štípatelnost dřeva je charakterizována jako odolnost proti štípání R_w , t.j. odporem, který dřevo klade proti rozdělení na dvě části. Odolnost dřeva proti štípání se udává pouze ve směru vláken, a to v radiální a tangenciální rovině. U dřeva listnáčů s výrazně vyvinutými dřevnými paprsky (dub, buk) je odolnost proti štípání větší v tangenciální rovině než v rovině radiální. U dřeva jehličnanů je tento rozdíl menší. Obecně je odolnost proti štípání u dřeva listnáčů vyšší než u dřeva jehličnanů. Některé hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce.“ [29]



Tabulka 1: Odolnost dřeva proti štípání [29]

druh dřeva	odolnost proti štípání (MPa)			
	v radiální rovině při vlhkosti		v tangenciální rovině při vlhkosti	
	12 %	> 30 %	12 %	> 30 %
modřín	0,26	0,16	0,26	0,16
borovice	0,22	0,14	0,22	0,14
smrk	0,18	0,11	0,18	0,11
akát	0,40	0,25	0,53	0,32
jasan	0,43	0,27	0,45	0,27
dub	0,32	0,20	0,44	0,27
buk	0,33	0,20	0,50	0,30
habr	0,41	0,25	0,55	0,34
topol	0,19	0,12	0,25	0,16

3.2 VLHKOST DŘEVA

Vlhkostí dřeva se nazývá přítomnost vody ve dřevě. Podle vlhkosti se dřevo v praxi zařazuje do následujících skupin: [30]

- 1) Dřevo mokré, dlouhou dobu uložené ve vodě ($w > 100\%$)
- 2) Dřevo čerstvě skáceného stromu ($w = 50-100\%$, některá dřeva, např. topol až 180%)
- 3) Dřevo vysušené na vzduchu ($w = 15-22\%$)
- 4) Dřevo vysušené na pokojovou teplotu ($w = 8-15\%$)
- 5) Dřevo absolutně suché ($w = 0\%$)

Vzhledem ke skutečnosti, že je dřevo u nás štípáno v den skácení stromů, nejpozději však druhý den, lze se řídit druhým bodem, tedy vlhkostí $w = 50-100\%$. Jak jsem již uvedl výše, těžíme dubové a bukové dřevo. Na základě těchto uvedených skutečností je stroj dimenzován pro hodnotu odolnosti proti štípání $0,30\text{ MPa}$.

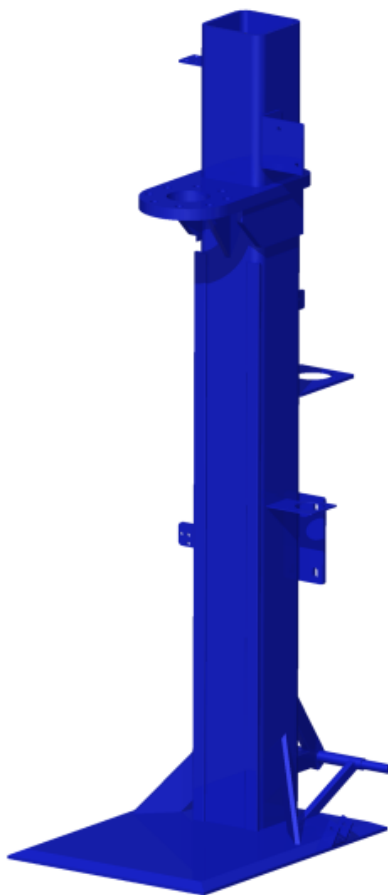


4 KONSTRUKCE RÁMU

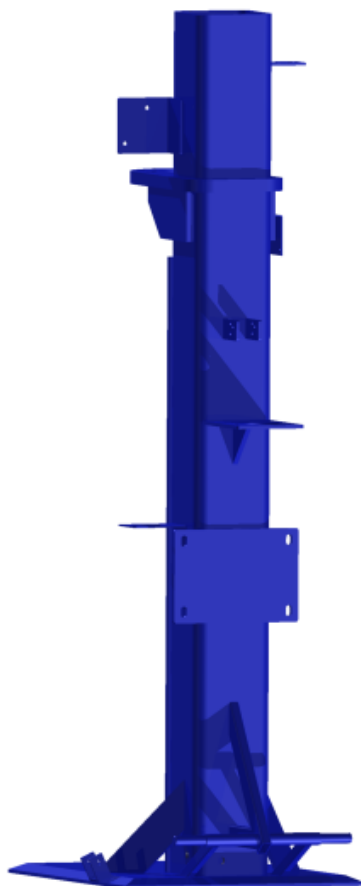
Rám štípacího stroje je zkonstruován jako svarek. Hlavní částí rámu je stojina vytvořená ze svařovaného dutého profilu, čtvercového průřezu, tvářeného za studena, s označení ČSN EN 10219-2 – 160 x 160 x 10. Výška stojiny je 1,7 m. Dutý prostor stojiny slouží jako hydraulická nádrž. Všechny komponenty rámu jsou navrženy z konstrukční oceli 1.0553 (11 523), s mezí kluzu 320-360 MPa a pevností v tahu 520-640 MPa. [31]

Část konstrukce sloužící pro uchycení pojezdových kol je navržena z normalizovaných profilů ČSN 426936 – 40 x 20 x 2 a ČSN 426936 – 25 x 15 x 1,5.

Vedení klínu je navrženo z normalizovaných profilů ČSN EN 10305 – 5 - 30 x 10 x 1,5.



*Obr. 16 Rám stroje - pohled
zepředu*



*Obr. 17 Rám stroje - pohled
zezadu*

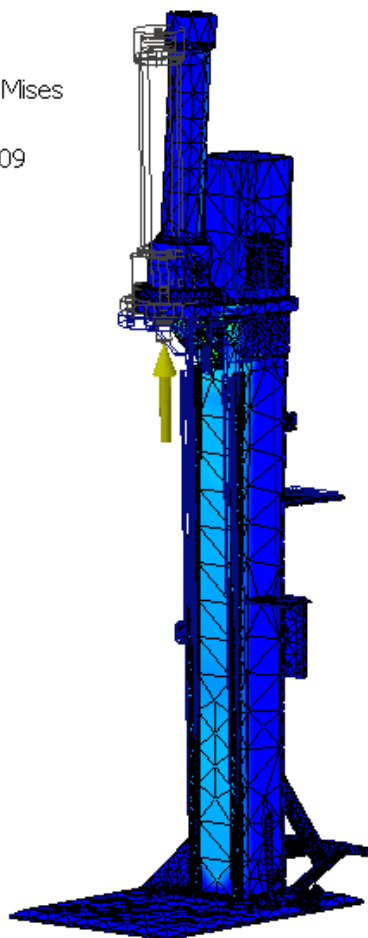
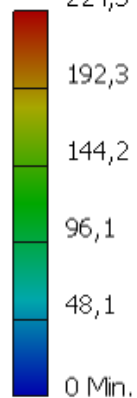
4.1 PEVNOSTNÍ KONTROLA RÁMU

Rám štípacího stroje obsahuje velké množství součástí a svarů. Kontrolovat každý svar analyticky by bylo velmi náročné. Dále by bylo velmi obtížné správně určit způsob namáhání jednotlivých svarů. Pevnostní kontrola rámu je tedy provedena pomocí metody konečných prvků (MKP). Pevnostní analýza je provedena v programu Autodesk Inventor Professional 2015, ve kterém je celý stroj vymodelován. Pro přesné určení působící síly, 90 kN, je k rámu připevněn přímočarý hydromotor. Na podlážku stroje je umístěna pevná vazba, charakterizující styk se základním tělesem, tedy zemí.

Pomocí MKP je provedena analýza napětí rámu, na základě této hodnoty je zjištěna bezpečnost rámu vzhledem k meznímu stavu pružnosti. Dále je kontrolováno posunutí. Maximální napětí o hodnotě 224,3 MPa vyšlo v místě žeber napojených na držák hydromotoru. V tomto místě je také nejnižší bezpečnost vzhledem k meznímu stavu pružnosti s hodnotou 1,5. Součástí navržených z materiálu 1.0553 (11 523) je přiřazena mez kluzu 340 MPa.

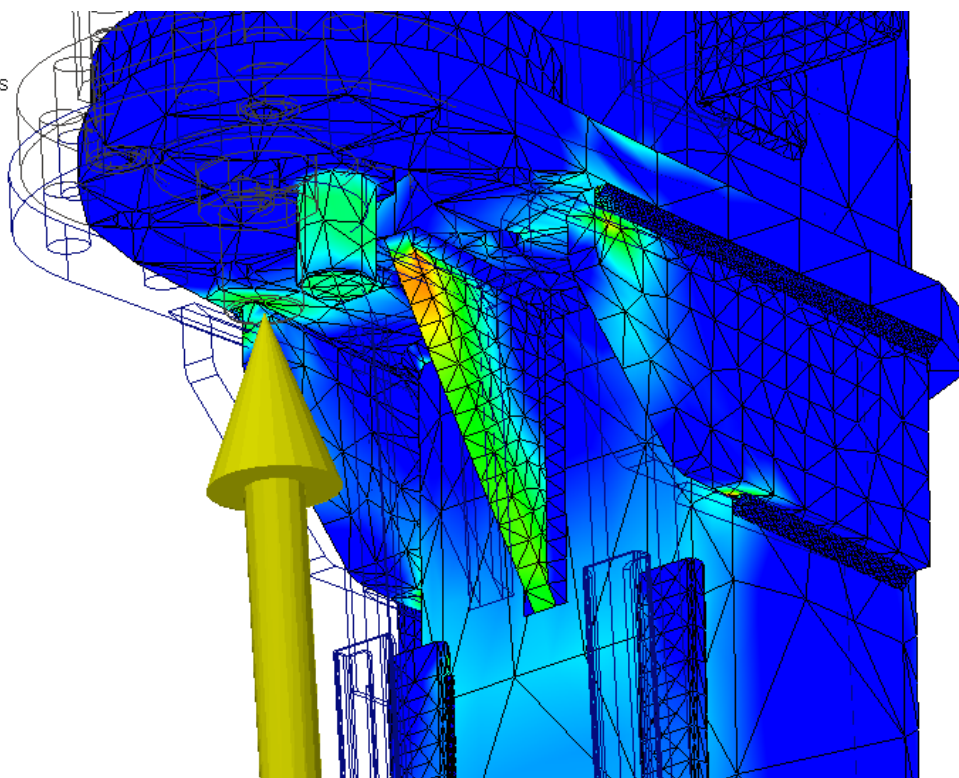
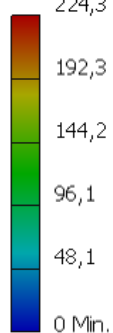


Uzly:545914
Prvky:271544
Typ: Napětí Von Mises
Jednotka: MPa
3.4.2016, 10:50:09
224,3 Max.

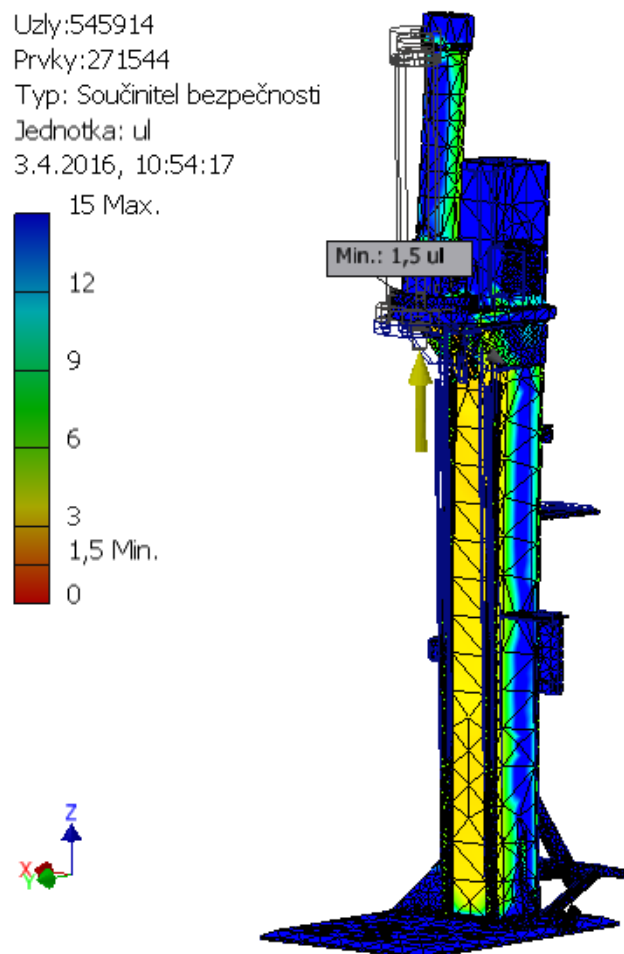


Obr. 18 Pevnostní analýza rámu - napětí

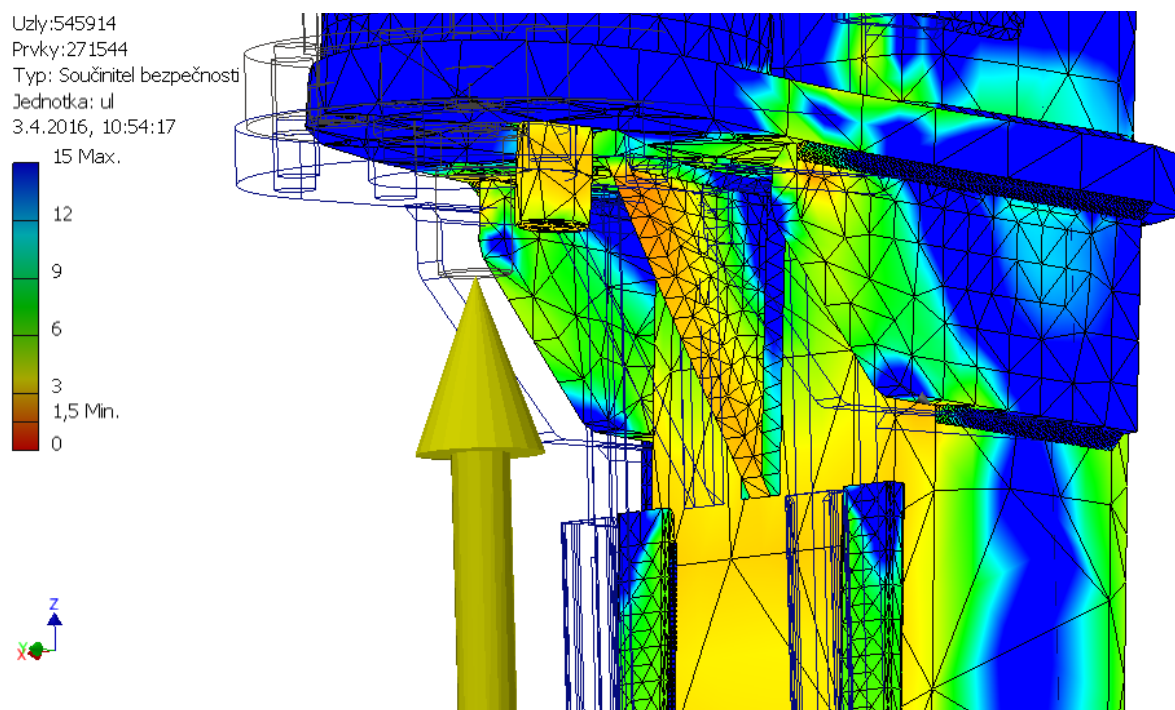
Uzly:545914
Prvky:271544
Typ: Napětí Von Mises
Jednotka: MPa
3.4.2016, 10:50:09
224,3 Max.



Obr. 19 Pevnostní analýza rámu - napětí - detail



Obr. 9 Pevnostní analýza rámu - součinitel bezpečnosti



Obr. 21 Pevnostní analýza rámu - součinitel bezpečnosti - detail



Je možné provést kontrolu, zda uváděný součinitel bezpečnosti souhlasí.

$$k = \frac{\sigma_k}{\sigma_{max}} \quad (4.1.1)$$

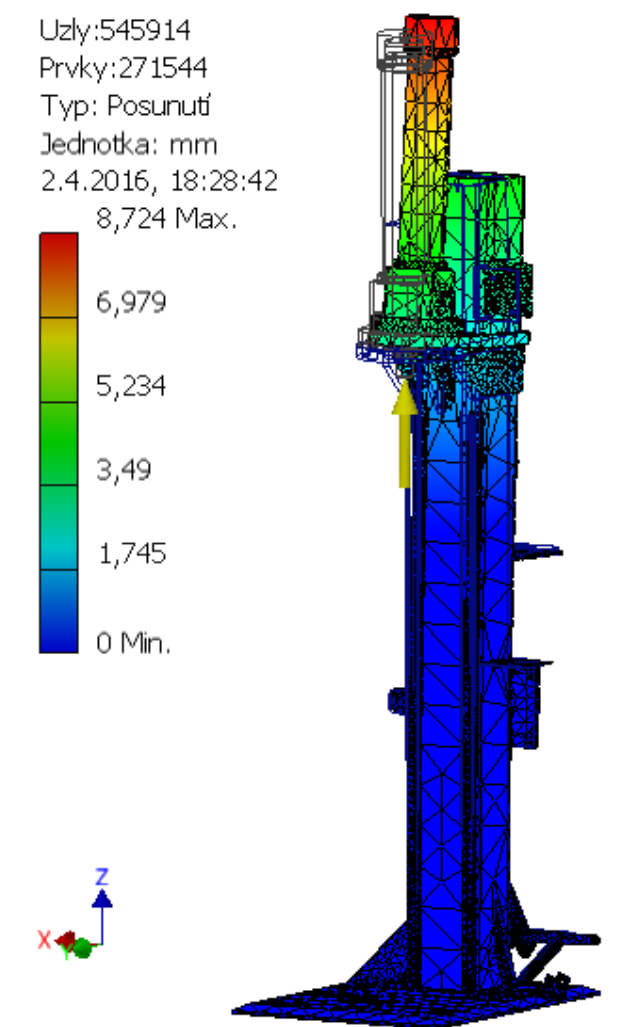
$$k = \frac{340}{224,3} = 1,52$$

$$k = 1,5$$

Kde: $\sigma_k = 340 \text{ MPa}$, mez kluzu oceli 1.0553 (11 523) [31]

$\sigma_{max} = 224,3 \text{ MPa}$, maximální hodnota napětí zjištěná pomocí MKP

Maximální posunutí hydromotoru je podle provedené analýzy 8,7 mm.



Obr. 22 Pevnostní analýza rámu - posunutí

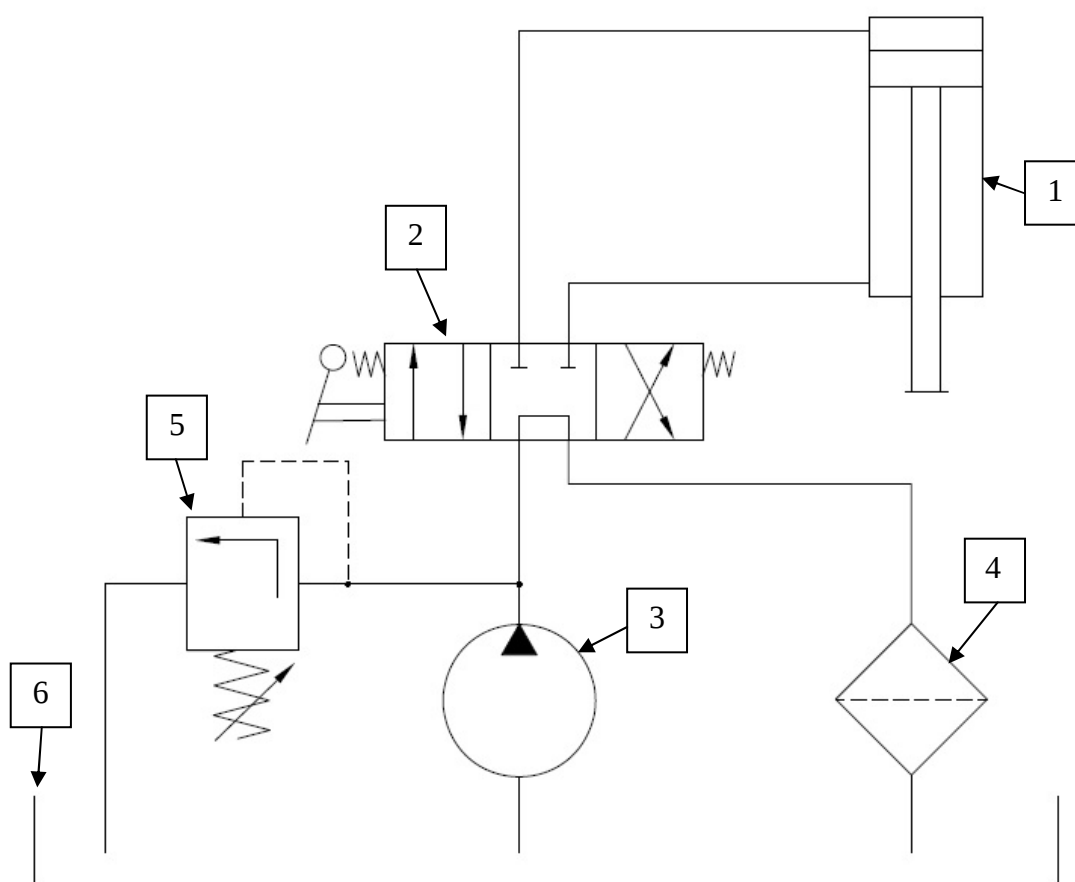


5 VÝPOČET A VOLBA PRVKŮ HYDRAULICKÉHO OBVODU

Na základě předpokladů a voleb provedených v předchozí kapitole jsou dále provedeny výpočty potřebné pro následnou volbu jednotlivých prvků hydraulického obvodu. Prvním krokem je však nákres schématu hydraulického obvodu.

5.1 SCHÉMA HYDRAULICKÉHO OBVODU

Jedná se o jednoduchý otevřený hydraulický obvod. Schéma je nakresleno v programu Autodesk AutoCAD Mechanical 2015.



Obr. 23 Schéma hydraulického obvodu štípacího stroje [32]; 1 – hydromotor; 2 – rozvaděč; 3 – hydrogenerátor; 4 – filtr; 5 – tlakový přepouštěcí ventil; 6 – nádrž;

5.2 VÝPOČET POTŘEBNÉ ŠTÍPACÍ SÍLY

$$F = R_w \cdot S = R_w \cdot b \cdot l \quad [N] \quad (5.2.1)$$

$$F = 0,3 \cdot 300 \cdot 1000 = 90000 \text{ N}$$



Kde: $R_w = 0,3 \text{ MPa}$, odpor proti štípaní bukového dřeva při vlhkosti $> 30 \%$ [29];

$b = 300 \text{ mm}$, maximální průměr štípaného polena;

$l = 1000 \text{ mm}$, maximální délka štípaného polena.

5.3 VOLBA PŘÍMOČARÉHO HYDROMOTORU

Volím přímočarý hydromotor od firmy ROEMHELD s označení B 1.2811. Průměr pístu je 80 mm, průměr pístní tyče 50 mm, maximální zdvih 800 mm a pracovní tlak 20 MPa. [33]

Při tlaku 20 MPa a zdvihu 800 mm je bezpečnost pístní tyče vzhledem k meznímu stavu vzpěrné stability 3,5. Pístnici tedy není potřeba kontrolovat na vzpěr. [33]

K hydromotoru je možné zvolit přírubu a oko hydromotoru. Volím přírubu s označením 1288-910, která je k hydromotoru připevněna pomocí čtyř šroubů M16 x 40. Hydromotor je následně k rámu připevněn osmi šrouby M16 x 80. Dále volím oko hydromotoru s označením G3.810. K oku hydromotoru je, pomocí čepu o průměru 40 mm, připojen klín. [33]



Obr. 24 Hydromotor s přírubou a okem

5.3.1 VÝPOČET PLOCHY PÍSTU PŘÍMOČARÉHO HYDROMOTORU

$$S_p = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad [\text{mm}^2] \quad (5.3.1)$$

$$S_p = \frac{\pi \cdot 80^2}{4} = 5026,548 \text{ mm}^2$$

$$S_p = 5027 \text{ mm}^2$$

Kde: $D = 80 \text{ mm}$, průměr pístu přímočarého hydromotoru [33].



5.3.2 VÝPOČET MAXIMÁLNÍ SÍLY HYDROMOTORU

$$F_{hmax} = p \cdot S_p \quad [N] \quad (5.3.2)$$

$$F_{hmax} = 20 \cdot 5027 = 100540 \text{ N}$$

$$F_{hmax} = 100540 \text{ N}$$

Kde: $p = 20 \text{ MPa}$, pracovní tlak přímočarého hydromotoru [33].

5.3.3 REDUKCE TLAKU

Pro získání požadované síly, 90 kN, která má být vyvinuta hydromotorem, je třeba vypočítat tlak, na který je nastaven tlakový přepouštěcí ventil, který zaručí stálý tlak v hydraulickém obvodu.

$$p_{red} = \frac{F}{S_p} \quad [MPa] \quad (5.3.3)$$

$$p_{red} = \frac{90000}{5027} = 17,903 \text{ MPa}$$

$$p_{red} = 17,9 \text{ MPa}$$

5.3.4 VÝPOČET ÚČINNÉ PLOCHY PŘI ZPĚTNÉM ZDVIHU

$$S_{zz} = S_p - \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad [mm^2] \quad (5.3.4)$$

$$S_{zz} = 5027 - \frac{\pi \cdot 50^2}{4} = 3063,505 \text{ mm}^2$$

$$S_{zz} = 3064 \text{ mm}^2$$

Kde: $d = 50 \text{ mm}$, průměr pístní tyče hydromotoru [33].

5.3.5 SÍLA PŮSOBÍCÍ PŘI ZPĚTNÉM ZDVIHU

$$F_{zz} = p_{red} \cdot S_{zz} \quad [N] \quad (5.3.5)$$

$$F_{zz} = 17,9 \cdot 3064 = 54845,6 \text{ N}$$

$$F_{zz} = 54846 \text{ N}$$

5.3.6 OBJEM HYDROMOTORU PŘI MAXIMÁLNÍM ZDVIHU

$$V_{hm} = S_p \cdot z \quad [mm^3] \quad (5.3.6)$$

$$V_{hm} = 5027 \cdot 800 = 40,216 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$V_{hm} = 40,22 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$



Kde: $z = 800 \text{ mm}$, maximální zdvih hydromotoru [33].

5.3.7 OBJEM HYDROMOTORU PŘI ZPĚTNÉM ZDVIHU

$$V_{zz} = S_{zz} \cdot z \quad [mm^3] \quad (5.3.7)$$

$$V_{zz} = 3064 \cdot 800 = 24,512 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$V_{zz} = 24,51 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Kde: $z = 800 \text{ mm}$, maximální zdvih hydromotoru [33].

5.4 VÝPOČET A VOLBA HYDROGENERÁTORU

Aby bylo možné spočítat potřebný průtok hydrogenerátoru, je třeba zvolit čas pracovního zdvihu. Na základě průzkumu štípacích strojů, s podobnými parametry, dostupných na trhu, volím čas pracovního zdvihu 13 s.

5.4.1 POTŘEBNÝ PRŮTOK HYDROGENERÁTORU

$$Q_p = \frac{V_{hm}}{t_{pz}} \quad [m^3 \cdot s^{-1}] \quad (5.4.1)$$

$$Q_p = \frac{40,22 \cdot 10^{-4}}{13} = 3,094 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot s^{-1}$$

$$Q_p = 3,094 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot s^{-1} = 18,6 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$$

Kde: $t_{pz} = 13 \text{ s}$, zvolený čas pracovního zdvihu.

5.4.2 POTŘEBNÝ GEOMETRICKÝ OBJEM HYDROGENERÁTORU

$$V_{gp} = \frac{Q_p}{n_n} \quad [m^3] \quad (5.4.2)$$

$$V_{gp} = \frac{3,094 \cdot 10^{-4} \cdot 60}{2925} = 6,347 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

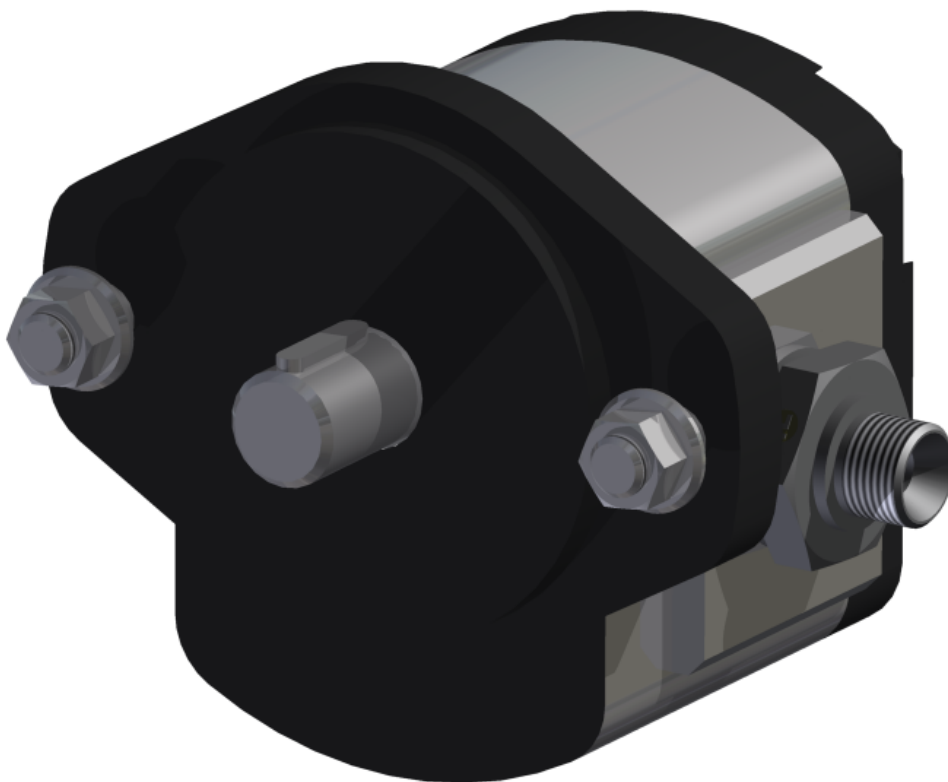
$$V_{gp} = 6,347 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 6,35 \text{ cm}^3$$

Kde: $n_n = 2925 \text{ min}^{-1}$, jmenovité otáčky elektromotoru [34].



5.4.3 VOLBA HYDROGENERÁTORU

Na základě vypočtených hodnot volím hydrogenerátor od firmy Jihostroj. Jedná se o zubové čerpadlo s vnějším ozubením, řady T3. Geometrický objem hydrogenerátoru je $6,02 \text{ cm}^3$. Skutečný průtok se vypočítá vynásobením geometrického objemu hydrogenerátoru a otáček pohonného agregátu. Krouticí moment je přenášen pomocí těsného pera o rozměrech $4,8 \times 4,8 \times 22,2$. Mechanická účinnost hydrogenerátoru se pohybuje kolem hodnoty 0,85. Objemová účinnost hydrogenerátoru se pohybuje v rozmezí 0,92-0,98. Pro výpočet je volena střední hodnota, tzn. 0,95. Hydrogenerátor je k rámu připevněn pomocí dvou šroubů M10 x 30. [35]



Obr. 25 Hydrogenerátor JIHOSTROJ T3-6

5.4.4 PŘEPOČET PRŮTOKU HYDROGENERÁTORU

$$Q_s = V_g \cdot n_n \quad [m^3 \cdot s^{-1}] \quad (5.4.4)$$

$$Q_s = 6,02 \cdot 10^{-6} \cdot 2925 \cdot 60^{-1} = 2,935 \cdot 10^{-4} m^3 \cdot s^{-1}$$

$$Q_s = 2,935 \cdot 10^{-4} m^3 \cdot s^{-1} = 17,61 l \cdot min^{-1}$$

Kde: $V_g = 6,02 \text{ cm}^3$, geometrický objem zvoleného hydrogenerátoru [35].



5.4.5 PŘEPOČET DOBY PRACOVNÍHO ZDVIHU

$$t_s = \frac{V_{hm}}{Q_s} \quad [s] \quad (5.4.5)$$

$$t_s = \frac{40,22 \cdot 10^{-4}}{2,935 \cdot 10^{-4}} = 13,704 \text{ s}$$

$$t_s = 13,7 \text{ s}$$

5.4.6 VÝPOČET DOBY ZPĚTNÉHO ZDVIHU

$$t_{zz} = \frac{V_{zz}}{Q_s} \quad [s] \quad (5.4.6)$$

$$t_{zz} = \frac{24,51 \cdot 10^{-4}}{2,935 \cdot 10^{-4}} = 8,351 \text{ s}$$

$$t_{zz} = 8,4 \text{ s}$$

5.5 VÝPOČET A VOLBA ELEKTROMOTORU

Pro výpočet a následnou volbu hydrogenerátoru je potřeba znát otáčky elektromotoru, tudíž volba elektromotoru probíhá paralelně s volbou hydrogenerátoru.

5.5.1 POTŘEBNÝ VÝKON ELEKTROMOTORU

$$P_c = \frac{Q_s \cdot p_{red}}{\eta_m \cdot \eta_V \cdot \eta_N} \quad [W] \quad (5.5.1)$$

$$P_c = \frac{29,4 \cdot 10^{-5} \cdot 17,9 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 0,95 \cdot 0,86} = 7578 \text{ W}$$

$$P_c = 7578 \text{ W}$$

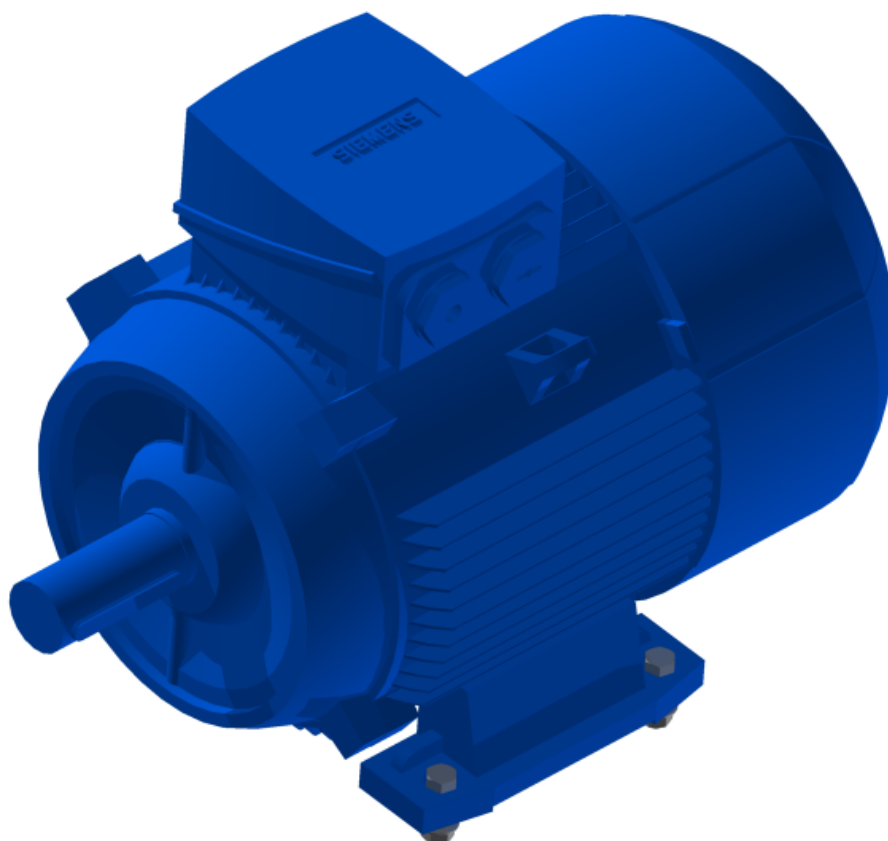
Kde: $\eta_m = 0,85$, mechanická účinnost hydrogenerátoru [35];

$\eta_V = 0,95$, objemová účinnost hydrogenerátoru [35];

$\eta_N = 0,86$, účinnost elektromotoru při plné zátěži [34].



Pro pohon štípacího stroje volím třífázový asynchronní motor s kotvou na krátko. Volím motor s vlastním chlazením a standardní účinností, řady 1LE1 od firmy SIEMENS. Výkon motoru je 7,5 kW, otáčky 2925 min^{-1} , krouticí moment 24 Nm a účinnost, při 50 Hz a 4/4 zátěži, 86 %. Krouticí moment je převáděn pomocí těsného pera o rozměrech 8 x 10 x 80 mm. Elektromotor je k rámu připevněn čtyřmi šrouby M10 x 35. [34]



Obr. 26 Elektromotor SIEMENS

5.5.2 HŘÍDELOVÁ SPOJKA

Pro přenos krouticího momentu z hřídele elektromotoru, o průměru 38 mm, na hřídel hydrogenerátoru, o průměru 19 mm, je použita pružná spojka od firmy T.E.A. TECHNIK. Pružná spojka zajišťuje kromě přenosu krouticího momentu, také tlumení vibrací. Slouží k vyrovnávání úhlové odchylky mezi spojovanými hřídeli a k vyrovnání drobné nesouososti. Spojka se skládá ze dvou litinových nábojů a pružného středu. Spojka má označení GE-T 28-38 AB AL. V náboji A je předvrtána díra o průměru 10 mm a maximální možné vrtání je 28 mm. V náboji B je předvrtána díra o průměru 16 mm a maximální možné vrtání je 38 mm. Krouticí moment je přenášen prostřednictvím těsných per. Pera jsou vyrobena z oceli, náboje spojky jsou vyrobené z litiny. Litina má z hlediska otláčení horší mechanické vlastnosti než ocel. Na otláčení tedy budu kontrolovat náboj nasazený na hřídel hydrogenerátoru. [36, 37]



5.5.3 VÝPOČET PŘENÁŠENÉHO KROUTICÍHO MOMENTU

$$M_k = \frac{60 \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot n_n} \quad [Nm] \quad (5.5.3)$$

$$M_k = \frac{60 \cdot 7500}{2 \cdot \pi \cdot 2925} = 24,49 \text{ Nm}$$

$$M_k = 24,5 \text{ Nm}$$

Kde: $P = 7500 \text{ W}$, výkon elektromotoru [34].

5.5.4 VÝPOČET OBVODOVÉ SÍLY NA POVRCHU HŘÍDELE

$$F_{op} = \frac{2 \cdot M_k}{d_h} \quad [N] \quad (5.5.4)$$

$$F_{op} = \frac{2 \cdot 24,5}{19 \cdot 10^{-3}} = 2578,947 \text{ N}$$

$$F_{op} = 2579 \text{ N}$$

Kde: $d_h = 19 \text{ mm}$, průměr hřídele hydrogenerátoru [35].

5.5.5 DOVOLENÝ TLAK NA BOCÍCH DRÁŽKY V NÁBOJI

Pro litinový náboj a jednosměrné otáčení s malými rázy platí podle [38] vztah:

$$p_D = 0,7 \cdot p_0 \quad [MPa] \quad (5.5.5)$$

$$p_D = 0,7 \cdot 110 = 77 \text{ MPa}$$

Kde: $p_0 = 110 \text{ MPa}$, základní hodnota tlaku pro náboj [38].

5.5.6 KONTROLA NÁBOJE NA OTLAČENÍ

$$p_D \geq \frac{F_{op}}{t_1 \cdot (l_p - b_p)} \quad (5.5.6)$$

$$p_D \geq \frac{2579}{2,1 \cdot (22,2 - 4,8)}$$

$$77 \text{ MPa} \geq 70,6 \text{ MPa}$$

Kde: $t_1 = 2,1 \text{ mm}$, výška pera na hřídeli hydrogenerátoru v náboji [35];

$l_p = 22,2 \text{ mm}$, délka pera na hřídeli hydrogenerátoru [35];

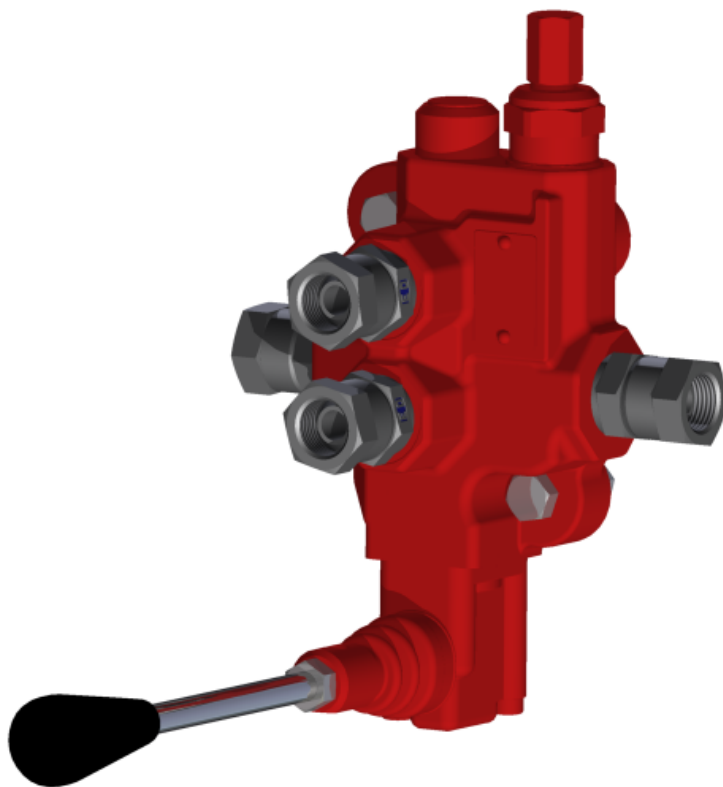
$b_p = 4,8 \text{ mm}$, šířka pera na hřídeli hydrogenerátoru [35].



Na základě provedeného výpočtu lze říci, že litinový náboj na otlacení vyhovuje. Důležitou roli však u spojky hraje pružný střed o tvrdosti 94° Shore. Výrobce udává krouticí moment 190 Nm, jako maximální krouticí moment, který pružná spojka přenesení. Nominální krouticí moment má hodnotu 95 Nm a střídavý krouticí moment je 25 Nm. Všechny uvedené hodnoty jsou větší, než přenášený krouticí moment 24,5 Nm. Spojku tedy lze považovat za vyhovující. [36, 37]

5.6 VOLBA ROZVADĚČE

Volím jednosekční monoblokový rozvaděč s označením HDM 140 od firmy BUCHER Hydraulic. Jedná se o šoupátkový, třípolohový, čtyřcestný rozvaděč. Rozvaděč je možné ovládat pákou, bovdenem, pneumaticky nebo hydraulicky. Volím ovládání pákou o délce 150 mm, s označením AL001. Při dojezdu hydromotoru do koncových poloh, je páka pružinami vrácena do neutrální polohy. Maximální průtok rozvaděče je 40 l/min. Maximální stály provozní tlak na vstupu je 25 MPa. Maximální tlak na výstupu T je 3 MPa. [39]



*Obr. 27 Rozvaděč HDM 140 od firmy BUCHER
Hydraulic*



5.7 VOLBA TLAKOVÉHO VENTILU

Pro redukci tlaku v hydraulickém obvodu, a tím dosažení stálého tlaku, blížího se hodnotě 17,9 MPa, je zvolen tlakový ventil od firmy ARGO HYTOS. Jedná se o přímořazený přepouštěcí ventil. Ventil nese označení VPP2-04 RB1. Ventil je konstruován na maximální průtok 40 l/min a maximální tlak 32 MPa. [40]



Obr. 10 Tlakový přepouštěcí ventil VPP2-04

5.8 VOLBA FILTRU

Pro zajištění čistoty hydraulického oleje volím filtr s označením D 042-156, od firmy ARGO HYTOS. Filtr je konstruován na maximální tlak 10 MPa a jmenovitý průtok 27 l/min. Filtr je do hydraulického obvodu zapojen jako odpadní filtr. [41]



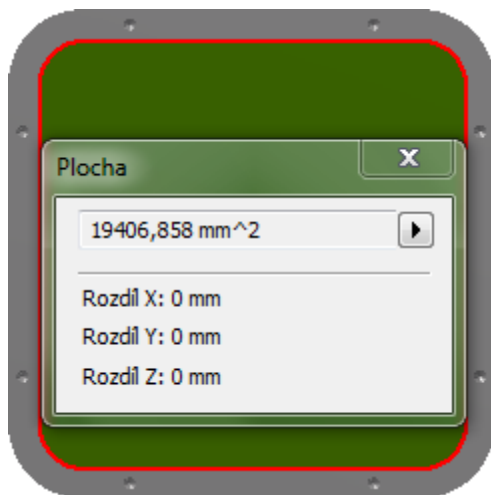
Obr. 11 Tlakový filtr D 042-156



5.9 NÁDRŽ

Užitečný objem nádrže, V_N , je u otevřených hydraulických obvodů s neregulačními hydrogenerátory, doporučeno volit jako 2 až 4 násobek maximálního průtoku ($\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$) navrhovaného hydrogenerátoru. [32]

Objem nádrže volím jako dvojnásobek skutečného průtoku hydrogenerátoru.



Obr. 12 Plocha průřezu profilu stojiny
využitelná pro nádrž

5.9.1 VÝPOČET OBJEMU NÁDRŽE

$$V_N = S_s \cdot h \quad (5.9.1)$$

$$V_N = 1,94 \cdot 10^{-2} \cdot 1,7 = 0,033 \text{ m}^3$$

$$V_N = 33 \text{ l}$$

Kde: $S_s = 1,94 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$, plocha průřezu profilu stojiny využitelná pro nádrž;

$h = 1,7 \text{ m}$, výška stojiny.

OBJEMOVÝ POMĚR

$$k_V = \frac{33}{17,6} = 1,875 \quad (5.9.2)$$

$$k_V = 1,9 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Objem nádrže, jako 1,9 násobek průtoku navrhovaného hydrogenerátoru lze považovat za vyhovující.



5.10 VEDENÍ TEKUTINY

Pro stanovení vnitřního průměru (světlosti), d_v , vedení, tedy potrubí a hadic, je potřeba znát průtok tekutiny a průtokovou rychlost. Průtoková rychlost je rozdílná pro vedení tlakové, sací a odpadní. Doporučená rychlost pro tlakové potrubí s tlakem do 20 MPa je 5 až $6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Pro výpočet volím hodnotu $6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Vnitřní průměr vedení vypočteme, podle [42], následovně:

$$d_v = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q_s}{v}} \quad [\text{m}] \quad (5.10.1)$$

$$d_v = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{2,935 \cdot 10^{-4}}{6}} = 7,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$d_v = 7,9 \text{ mm}$$

Kde: $v = 6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, doporučená rychlost pro tlakové potrubí s tlakem do 20 MPa [42].

Volím ocelové tlakové potrubí od firmy PARKER s označením R1/2X0.065. Vnější průměr potrubí je 1/2" (12,7 mm), tloušťka stěny je 1,65 mm. Světlost potrubí je tedy 9,4 mm. Dále volím hydraulické hadice od firmy PARKER s označením 422SN-6. Vnitřní průměr hadic je 3/8" (9,53 mm), vnější průměr je 17 mm. Hadice jsou konstruované na pracovní tlak 18 MPa. Hydraulická šroubení a koncovky hadic jsou voleny opět od firmy PARKER. [43, 44]

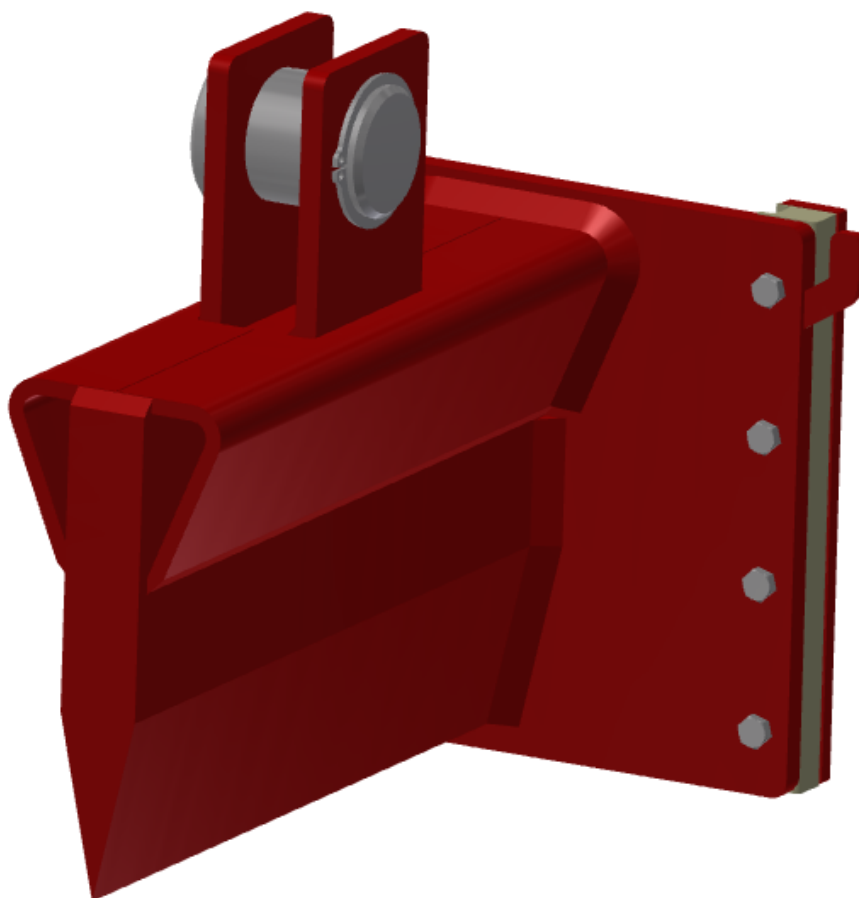
5.11 HYDRAULICKÁ KAPALINA

Volím hydraulický olej PARAMO HM 46. Jedná se o hydraulický olej kategorie HM dle ISO 6743/4 HM. Olej je vyroben z hluboce rafinovaných základových olejů. Olej obsahuje aditiva proti oxidaci, korozi, opotřebení, pění a dále přísady ke zlepšení nízkoteplotních vlastností. Kinematická viskozita oleje při 40 °C, dle ISO 3448, je $46 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. [32, 46]



6 ŠTÍPACÍ KLÍN

Štípací klín je konstruován jako svarek z oceli 1.0553 (11 523). Hlavní úhel břitu je, podle [45], zvolen 25° . Rozšiřující líce přivařené k hlavní části klínu svírají, opět podle [45], úhel 45° . Tyto dvě části klínu jsou svařeny s deskou, ke které jsou zezadu, pomocí osmi šroubů M6 x 35, přimontovány kluzné lišty, navržené z polypropylenu. Pomocí těchto lišt je klín veden po vodících profilech přivařených ke stojině stroje. Klín je spojen s okem hydromotoru čepem o průměru 40 mm. Axiálně je čep zajištěn pojistným kroužkem.



Obr. 13 Štípací klín

6.1 KONTROLA ČEPU KLÍNU

Na čep štípacího klínu působí radiální síla 90 kN. Čep je tedy vystaven značnému zatížení a je potřeba jej zkontrolovat na střih a na otláčení.

Materiál čepu je ocel 1.0050 (11 500) s dovoleným smykovým napětím $\tau_{DS} = 55 \text{ MPa}$ a dovoleným otláčením $p_{DO} = 90 \text{ MPa}$. [31]

**6.1.1 KONTROLA ČEPU NA STŘIH**

$$\tau_s = \frac{F}{2 \cdot S_{\zeta}} \leq \tau_{DS} \quad (6.1.1)$$

$$\tau_s = \frac{90000}{2 \cdot \frac{\pi \cdot 40^2}{4}} = 35,81 \text{ MPa}$$

$$\tau_s = 35,8 \text{ MPa} \leq 55 \text{ MPa}$$

Kde: S_{ζ} , střižná plocha čepu.

6.1.2 KONTROLA ČEPU NA OTLAČENÍ

$$p_{o\check{c}} = \frac{F}{S_p} \leq p_{DO} \quad (6.1.2)$$

$$p_{o\check{c}} = \frac{F}{d_{\zeta} \cdot l_{\zeta}} \quad [\text{MPa}]$$

$$p_{o\check{c}} = \frac{90000}{40 \cdot 39} = 57,69 \text{ MPa}$$

$$p_{o\check{c}} = 57,7 \text{ MPa} \leq 90 \text{ MPa}$$

Kde: S_p , průmět stykové plochy do roviny kolmé ke směru působení zatěžující síly;

$d_{\zeta} = 40 \text{ mm}$, průměr čepu;

$l_{\zeta} = 39 \text{ mm}$, délka (tloušťka) spojovaných součástí.



ZÁVĚR

Prvním bodem bakalářské práce je rešerše známých variant konstrukcí štípacích strojů. Na štípací stroje je v tomto bodě nahlíženo z pohledu čtyř kritérií, kterými jsou: Konstrukce rámu, pohon, velikost štípací síly a štípací nástroj. Druhým bodem závěrečné práce je porovnání hydraulických a mechanických pohonů štípacích strojů. Zde bych chtěl vyzdvihnout mechanické štípací stroje DR RapidFire, u kterých je až šestkrát vyšší rychlost štípání, při poloviční až třetinové spotřebě paliva, ve srovnání se štípacími stroji hydraulickými. Ačkoliv je praktická část mé bakalářské práce věnována konstrukci hydraulické štípačky, při nákupu štípacího stroje bych dal přednost zmiňovanému stroji DR RapidFire. Důvodem je jednoduchá konstrukce, tudíž očekávaná menší poruchovost stroje a větší štípací síla při srovnatelné ceně strojů.

Dalším bodem bakalářské práce je vlastní výpočtový a paralelně probíhající konstrukční návrh štípacího stroje na dřevo. Rám stroje je konstruován jako svarek z normalizovaných profilů, držáků a žeber z oceli 1.0553 (11 523). Vzhledem k velkému množství svarů je pevnostní analýza stroje provedena pomocí MKP v programu Autodesk Inventor Professional 2015, ve kterém je také celý stroj vymodelován. Je zjištěno maximální napětí, součinitel bezpečnosti vzhledem k meznímu stavu pružnosti a maximální posunutí na vrcholu hydromotoru.

Stroj je dimenzován pro naše domácí podmínky, které vycházejí z každoroční těžby dřeva. Pro výpočty je zvolen maximální průměr štípaného polena, výška polena a druh dřeva. Pomocí těchto parametrů je vypočtena štípací síla. Dále je nakresleno schéma hydraulického obvodu v programu Autodesk AutoCAD Mechanical 2015. Je zvolen přímočarý hydromotor a čas pracovního zdvihu hydromotoru. Na základě výpočtu potřebného průtoku a geometrického objemu hydrogenerátoru je zvolen hydrogenerátor. Dále je proveden výpočet potřebného výkonu elektromotoru a následně zvolen elektromotor. Krouticí moment je z hřídele elektromotoru na hřídel hydrogenerátoru přenášen pomocí pružné spojky. Drážka pro pero litinového náboje spojky nasazeného na hřídel hydrogenerátoru je zkontrolována na otlacení.

Na základě výpočtů jsou voleny další prvky hydraulického obvodu, tedy rozvaděč, tlakový ventil a filtr. Olejová nádrž je realizována uvnitř stojiny. Jako hydraulická kapalina je zvolen hydraulický olej PARAMO HM 46. Na základě výpočtu minimální světlosti hydraulického vedení je zvoleno ocelové tlakové potrubí a vysokotlaké hadice. Štípací klín je konstruován jako svarek z oceli 11 523. Štípací klín je s okem hydromotoru spojen čepem, který je zkontrolován na stříh a otlacení. Poslední záležitostí závěrečné práce je výkresová dokumentace, zpracována v programu Autodesk AutoCAD Mechanical 2015, vytvořena na základě 3D modelu štípacího stroje. Je nakreslen výkres sestavení štípacího stroje na dřevo a výkres sestavení rámu. Oba výkresy jsou doplněny seznamem položek.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] Log splitter. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikipedia Foundation, 1. 4. 2016 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Log_splitter
- [2] Štípačka na dřevo – jak správně vybrat. *Magazín o hobby a zahradě, zahradní magazín* [online]. 2013 [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: <http://www.rosmarinus.cz/stipacka-na-drevo-jak-spravne-vybrat/>
- [3] POSCH. *Kompletní katalog ČR a SR* [online]. ©2014 [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: <http://www.drevoprodukt.cz/upload/KatalogPOSCH.pdf>
- [4] Štípače na dřevo. *Kamna, sekačky, zahradní traktory, frézy | Namir.cz* [online]. 2013 [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: <http://www.namir.cz/stipace-na-drevo/>
- [5] SOME Jindřichův Hradec. *Profesionální horizontální hydraulický štípací stroj* [online]. ©2012, poslední aktualizace 7. 12. 2012 [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: <http://www.somejh.cz/uploads/soubory/horizontalni-stipace-23-33-t-08.pdf>
- [6] Profesionální horizontální štípače dřeva. *SOME Jindřichův Hradec - zemědělská, lesnická a komunální technika* [online]. 2014 [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: <http://www.somejh.cz/profesionalni-horizontalni-stipace-dreva.html>
- [7] LV 100 štípač na dřevo Woodster. *Kamna, sekačky, zahradní traktory, frézy | Namir.cz* [online]. 2013 [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: <http://www.namir.cz/stipac-na-drevo-woodster-lv-100-7978.html>
- [8] Štípací automat na výrobu palivového dřeva APD 450. *Drekos Made s.r.o.* [online]. 2009 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: <http://www.drevoobrabeci-stroje.eu/products/stipaci-automaty-na-vyrobu-palivoveho-dreva-apd-450/>
- [9] Hydraulic Log Splitter lh 45. *Woodster* [online]. 2016 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: <http://www.woodster.de/en/products/products/categories/legendspalter/products/hydraulikspalter-lh-45/backPID/produkte-1.html?cHash=1abc510f6f>
- [10] KUBÍN, Martin a Miroslav ŠKOPÁN. *Štípací stroj palivového dřeva KRAPED* [online]. ©2012 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: <http://www.iae.fme.vutbr.cz/userfiles/produktVaV/files/FV-KRAPED-NETME.pdf>



- [11] DR RapidFire Flywheel Log Splitter. *Outdoor Power Equipment for Property Owners | DR Power Equipment* [online]. ©2003-2016 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.drpower.com/power-equipment/log-splitters/rapidfire-splitter/prompt-for-rapidfire-6-0-es-new.axd>
- [12] How Efficient is the DR RapidFire Log Splitter. *Outdoor Power Equipment for Property Owners | DR Power Equipment* [online]. ©2003-2016 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://blog.drpower.com/how-efficient-is-the-dr-rapidfire-log-splitter/>
- [13] DR RapidFire Flywheel Log Splitter K10 Electric Model. *Outdoor Power Equipment for Property Owners | DR Power Equipment* [online]. ©2003-2016 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.drpower.com/power-equipment/log-splitters/rapidfire-splitter/k10-electric.axd>
- [14] Split Off! DR RapidFire vs. 34-Ton Hydraulic Wood Log Splitter. In: *Youtube* [online]. 19.08.2011 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=pG7Ytb3M-B4>. Kanál uživatele DRPowerEquipment.
- [15] ATIKA. AFS 43 [online]. ©2006 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: http://www.atika.de/t3/uploads/media/AFS43_Anleitung-00_03.pdf
- [16] AFS 43. In: *ATIKA AFS 43* [online]. ©2015 [cit. 2016-04-13] Dostupné z: <http://bzisiu.w.interiowo.pl/afs43-nowe.jpg>
- [17] Smart-Splitter. *Smart-Splitter by Silvana the safe and easy way to split any size wood log* [online]. 2016 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: <http://www.silvanatrading.com/smartsplitter/html/manual.html>
- [18] SMART-SPLITTER The Safe and Easy Way To Split Log. *Lawnmower Parts Supplier UK* [online]. 2016 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: <http://www.magic-mowers.co.uk/acatalog/SMART-SPLIT The Safe and Easy Way To Split Logs.html>
- [19] HECHT 6010 R - Vertical Log Splitter. *HECHT - made for garden* [online]. 2010 [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://en.hecht.cz/hecht-6010-r-vertical-log-splitter/#popis-parametry>
- [20] Hydraulické štípače dřeva. *Ostratický - speciální zemědělská technika* [online]. 2009 [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://en.hecht.cz/hecht-6010-r-vertical-log-splitter/#popis-parametry>
- [21] Štiepačky dreva. *Euroshopy | značkové internetové obchody* [online]. ©2008-2016 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: <http://www.euroshopy.sk/dolmar-stiepac-dreva-hydraulicky-ls-1300-z/>



- [22] Negri bio XL120E3PD/TPS12T. *Nazet.cz | Zahradní technika* [online]. 2010 [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://www.nazet.cz/detail-zbozi/negri-bio-xl120e3pd/tps12t.html>
- [23] HENZL, L. *Štípací stroj na dřevo*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 95 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D..
- [24] Scheppach čtyřramenný štípací klín. *Zahradní technika, prodej, půjčovna, servis*. [online]. 2016 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: http://www.e-zahrada.cz/stipace-na-drevo/scheppach_ctyrramenny-stipaci-klín-3905402702.html#prettyPhoto
- [25] Profesionální rozšiřovací klín k Scheppach HL 1200e / HL 1010 / HL 1100 / HL 1200s. *Prodej zahradní techniky, nářadí a jezírek OK zahrady* [online]. 2016 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: <http://www.zahradni-technika-jezirka.cz/profesionalni-rozsirovaci-klín-k-scheppach-hl-1200e-hl-1010-hl-1100-hl-1200s>
- [26] Rotační štípačka. *Štípání dřeva* [online]. 2008 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: <http://stipani-dreva.jinyweb.cz/stipacky/rotacni-stipacka/>
- [27] Štípací kužel. *Štípání dřeva* [online]. 2008 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: <http://stipani-dreva.jinyweb.cz/stipaci-kuzel/>
- [28] Výroba štípacích kuželu. *Štípače dřeva - kužely - štípače dřeva - štípací kužely* [online]. 2009 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: <http://www.stipackadreva-kuzel.cz/>
- [29] GANDELOVÁ, Libuše, Petr HORÁČEK a Jarmila ŠLEZINGEROVÁ. *Nauka o dřevě*. 2. nezm. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2002. ISBN 80-715-7577-1.
- [30] HORÁČEK, Petr. *Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva I*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2008. ISBN 80-7157-347-7.
- [31] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 80-864-9074-2.
- [32] ŠKOPÁN, Miroslav. *HYDRAULICKÉ POHONY STROJŮ: studijní text – sylabus*. Brno, 2009.
- [33] ROEMHELD. *B 1.2811 Hydro-cylinders* [online]. ©2011 [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: <http://www.roemheld.de/EN/roemheld.aspx?cmd=IMAGES&csid=23&sm=DruckZul=200;MinHub=800;Kolbendurchm=80>
- [34] SIEMENS. *Nízkonapěťové motory 1LE1* [online]. ©2016 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: www1.siemens.cz/ad/current/content/data_files/katalogy/d81/cat_d81_2012_cz.pdf



- [35] JIHOSTROJ. *Zubová čerpadla T3* [online]. ©2015 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: http://www.jihostroj.com/files/jihostroj/uploads/files/katalogy_2015_2/cz/T3-Katalog%20zubovzch%20uerpadel_v3.8_NZ.pdf
- [36] Pružné spojky se středícím důlkem. T.E.A. *TECHNIK s.r.o. - lineární vedení a pohony* [online]. 2007 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: <http://www.teatechnik.cz/pruzne-spojky/>
- [37] T.E.A. *TECHNIK. Pružné spojky GE-T* [online]. ©2009 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: <http://www.teatechnik.cz/download.php?file=doc%2Fget.pdf&name=get.pdf>
- [38] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R MISCHKE a Richard G BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.). *Konstruování strojních součástí*. 1. vyd. Překlad Martin Hartl. V Brně: VUTUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [39] BUCHER HYDRAULICS. *Monobloc directional control valves HDM140* [online]. ©2015 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: http://www.bucherhydraulics.com/datacat/files/Katalog/Ventile/EinzelgeraeteMonoblock/HD M140/HDM140_200-P-991210-en.pdf
- [40] ARGO HYTOS. *Přímořízené přepouštěcí ventily VPP2-04* [online]. ©2012 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: http://www.argo-hytos.com/fileadmin/user_upload/products/valves/downloads/Katalog_VPP2-04_hc5093_CZ.pdf
- [41] ARGO HYTOS. *Tlakové filtry D 042 – D 062* [online]. ©2015 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: http://www.argo-hytos.com/fileadmin/user_upload/products/filtration/downloads/Katalog_D042_3010_CZ.pdf
- [42] KOPÁČEK, Jaroslav a Bohuslav PAVLOK. *Tekutinové mechanismy*. 2. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2005. ISBN 80-248-0856-0.
- [43] EO trubka ocelová bezešvá /palcová R1/2X0.065PHR. *KOVAZ - hydraulika šroubení rychlospojky hadice Parker* [online]. 2016 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: <http://www.kovaz.cz/eo-trubka-ocelova-bezesva-palcova-r1-2x0-065phr-69967/>
- [44] 422 | Parker Worldwide Hydraulic Hose. *Hose & Fittings, Etc | Parker hydraulics & pneumatics in CA & NV* [online]. 2015 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: <http://www.hoseandfittingsetc.com/product/hose/422-hose>
- [45] NESNÍDAL, Aleš. *Zhodnocení konstrukčních a užitných parametrů strojů štípacích strojů systému POSCH pro výrobu palivového dříví*. Brno, 2004. Diplomová práce. Mendelova zemědělská a lesnická universita, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav lesnické a dřevařské techniky.



[46] Hydraulický olej PARAMO HM 46. *Automobilové oleje, průmyslové oleje* | *Hi-oil.cz* [online]. 2016 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: <http://www.eshop-hi-oil.cz/product/hydraulicke-oleje-ho-ho-tridy-hlp/hydraulicky-olej-paramo-hm-46/434>



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

b	[mm]	maximální průměr štípaného polena
b_p	[mm]	šířka pera na hřídeli hydrogenerátoru
D	[mm]	průměr pístu přímočarého hydromotoru
d	[mm]	průměr pístní tyče
d_ζ	[mm]	průměr čepu
d_h	[mm]	průměr hřídele hydrogenerátoru
d_v	[mm]	světlost potrubí a hadic
F	[N]	štípací síla
F_{hmax}	[N]	maximální síla hydromotoru
F_{op}	[N]	obvodová síla na povrchu hřídele hydrogenerátoru
F_{zz}	[N]	síla působící při zpětném zdvihu
h	[m]	výška stojiny
HG	[-]	hydrogenerátor
k	[-]	součinitel bezpečnosti rámu vzhledem k meznímu stavu pružnosti
k_v	[-]	objemový poměr
l	[mm]	maximální délka štípaného polena
l_ζ	[mm]	délka spojovaných součástí pomocí čepu
l_p	[mm]	délka pera na hřídeli hydrogenerátoru
M_k	[Nm]	krouticí moment elektromotoru
MKP	[-]	metoda konečných prvků
n_n	[min ⁻¹]	jmenovité otáčky elektromotoru
p	[MPa]	pracovní tlak hydromotoru
P	[W]	výkon elektromotoru
p_0	[MPa]	základní hodnota tlaku pro náboj
P_c	[W]	potřebný výkon elektromotoru
p_D	[MPa]	dovolený tlak na bocích drážky v náboji
p_{DO}	[MPa]	dovolené otláčení oceli 11 500
$p_{o\check{c}}$	[MPa]	otlačení čepu
p_{red}	[MPa]	redukováný tlak v hydraulickém obvodu
Q_p	[m ³ s ⁻¹]	potřebný průtok hydrogenerátoru
Q_s	[m ³ s ⁻¹]	skutečný průtok hydrogenerátoru



R_w	[MPa]	odpor proti štípání
S	[mm ²]	plocha štípání
S_{ξ}	[mm ²]	střižná plocha čepu
S_p	[mm ²]	plocha pístu přímočarého hydromotoru
S_s	[m ²]	plocha průřezu profilu stojiny využitelná pro nádrž
S_{zz}	[mm ²]	účinná plocha při zpětném zdvihu hydromotoru
t_1	[mm]	výška pera na hřídeli hydrogenerátoru v náboji
t_{pz}	[s]	čas pracovního zdvihu
t_s	[s]	skutečný čas pracovního zdvihu
t_{zz}	[s]	čas zpětného zdvihu
v	[ms ⁻¹]	doporučená rychlost pro tlakové potrubí s tlakem do 20 MPa
V_{gp}	[cm ³]	potřebný geometrický objem hydrogenerátoru
V_{hm}	[m ³]	objem hydromotoru při maximálním zdvihu
V_N	[l]	objem nádrže
V_{zz}	[m ³]	objem hydromotoru při zpětném zdvihu
w	[%]	vlhkost dřeva
z	[mm]	maximální zdvih hydromotoru
η_m	[-]	mechanická účinnost hydrogenerátoru
η_N	[-]	účinnost elektromotoru při plné zátěži
η_v	[-]	objemová účinnost hydrogenerátoru
π	[-]	Ludolfovo číslo
σ_k	[MPa]	mez kluzu oceli 11 523
σ_{max}	[MPa]	maximální napětí v rámu
τ_{DS}	[MPa]	dovolené smykové napětí oceli 11 500
τ_s	[MPa]	smykové napětí čepu



SEZNAM PŘÍLOH

P1 Výkres sestavení štípacího stroje:

- 0-BP-161300-00 – 1 list formátu A0

P2 Seznam položek (kusovník) k výkresu sestavení štípacího stroje:

- 0-BP-161300-00 – 5 listů formátu A4

P3 Výkres sestavení rámu:

- 1-BP-161300-01 – 1 list formátu A1

P4 Seznam položek (kusovník) k výkresu sestavení rámu:

- 1-BP-161300-01 – 2 listy formátu A4