TRIESKOVÉ A BEZTRIESKOVÉ OBRÁBANIE DREVA, 8(1): 19–28, 2012
Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene, ISBN 978-80-228-2385-2

VPLYV VYBRANÝCH FAKTOROV NA ENERGETICKÚ NÁROČNOSŤ POZDĹŽNEHO KRÁJACIEHO STROJA

Štefan Barcík[1] – Monika Kvietková[1] – Richard Kminiak[2]

Abstract

This paper presents the results of experiments related to monitoring of the influence of φ_0 angle between the position of the blade to vertical line on the vector of cutting speed v_c (φ_0 = 45°, 75°, 90°), the thickness of the veneer (h_D = 0,1; 0,2; 0,3 mm) and wood species (Quercus robur, Fagus silvatica L, Picea Abies) to input power of the machine (feeding mechanism) during the longitudinal cutting of micro-veneer. Experiments were performed on longitudinal slicer NEW ROYAL - 10 – MARUNAKA. For the measurement of cutting input power it was used the method on the principle of measurement device assessed for the analysis of electrical network quality. Monitored factors φ_0 and h_d, have no statistically important effect on the input power of the machine. The type of wood is statistically important factor for the wood species in the following sequence: Quercus robur, Fagus silvatica L, Picea Abies.

Key words: *Splinter thickness h_d, setting of knife angle φ_0, cutting wedge, energy severity, cutting power, cutting input.*

ÚVOD

Jedným z hlavných požiadaviek obrábania je dosiahnutie čo najväčšej hospodárnosti a produktivity, je však nutné zaistiť aby proces prebiehal pri optimálnych pracovných podmienkach. Vplyv nezávislých faktorov je potrebné analyzovať, nakoľko rezný proces je jednoznačne zložitý a každý faktor, ktorý sa podieľa na procese, ovplyvňuje konečné výsledky obrábania.

Jedným z rozhodujúcich aspektov obrábania je jeho energetická náročnosť, t.j. rezný príkon, ktorý je priamo závislý na optimalizácii procesu obrobok – nástroj a stroj. Otázka energetickej náročnosti výroby sa dostáva do popredia hlavne v posledných rokoch, nakoľko cena energií dramaticky rastie. Určité spomalenie tohto trendu bolo viditeľné s nástupom krízy v rokoch 2008 - 2009. Tento fakt, ale nič nemení na dlhodobom trende nárastu cien energií. Preto je nutné dbať pri procese obrábania dreva na správnu voľbu technicko–technologických parametrov a tým udržať energetickú náročnosť obrábania v optimálnej miere. (Sedlák, 2012).

Na samotnom drevoobrábacom zariadení podľa STN ISO 3002-4 rozlišujeme príkon a výkon. Rezný výkon P_c je charakterizovaný ako výsledok skalárneho súčinu vektoru sily

[1] Czech University of Life Sciences Prague, Kamýcká 1176, 165 21 Prague 6 – Suchdol, Czech Republic. e-mail: barcik@fld.czu.cz; kvietkova@fld.czu.cz
[2] Technical University in Zvolen, T. G. Masaryk 24, 960 53 Zvolen, Slovak Republic e-mail: richard.kminiak@tuzvo.sk

F_c a vektoru reznej rýchlosti v_c v tom istom okamihu, pri určitej operácii a určitých rezných podmienkach. V systéme SI je jednotkou výkonu 1 Watt = $N.m.s^{-1}$. Príkon motora P_p je súčin napätia, prúdu, účinníku cos φ, t. j. výkon odobratý zo siete. (Siklienka at al., 2012).

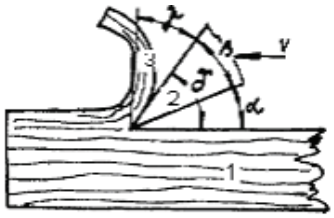
Cieľom príspevku je posúdenie vplyvu vybraných materiálovo–technologických parametrov (hrúbka dyhy h_d a uhol medzi polohou ostria ku kolmici na vektor reznej rýchlosti φ_0) na veľkosť príkonu stroja a jeho zmeny v procese pozdĺžneho elementárneho krájania vybraných drevín, (Quercus Robur, Fagus Silvatica L, Picea Abies) na pozdĺžnej krájačke NEW ROYAL – 10 – MARUNAKA, určenej hlavne na výrobu tenkých dýh (mikro-dýh) v rade desatiny milimetra (0,1; 02; 03 mm).

Prínosom predloženého príspevku by mali byť odporúčania pre správnu voľbu nastavenia uhla φ_0 pri krájaní dýh základných priemyselne využívaných drevín vzhľadom k dosiahnutej, čo možno najnižšej energetickej náročnosti procesu pozdĺžneho krájania.

TEORETICKÝ ROZBOR

Teória tvorenia triesky a elementárne rezanie

Rezanie si možno predstaviť ako proces porušovania drevných častíc pomocou rezného klinu vnikajúceho do dreva. Súčasne dochádza k oddeleniu časti hmoty od základného telesa a tým k rozdeleniu na menšie časti, získanie požadovaného tvaru, alebo drsnosti povrchu. Definícia vyplýva z nižšie uvedeného modelu Obr.1.



Obr. 1 Proces rezania a hlavné uhly reznej hrany
1- obrobok, 2 – rezný klin, 3 – trieska (Lisičan, 1996)

Elementárny proces rezania je taký proces, ktorý spĺňa nasledujúce podmienky:
1. Rezná rýchlosť v_c = konšt.,
2. Posuvná rýchlosť v_f = konšt. a priamočiara,
3. Hrúbka odrezávanej vrstvy h = konšt.,
4. Vektor rezného pohybu v = priamočiary,
5. Odklon ostria od kolmice na vektor v_c = 0,
6. Uhol medzi vektorom v_c a smerom vlákien φ_2 = konšt.,
7. Druh rezania: otvorené - dĺžka ostria väčšia ako šírka obrobku.

Všeobecne môžeme povedať, že výskyt elementárneho rezania je veľmi malý. Ako náhle dôjde k porušeniu aspoň jednej vyššie uvedenej podmienky, už nemožno proces považovať za elementárny, ale za zložitý. (Prokeš, 1982)

Pod pojmom teórie tvorenia triesok sa rozumie časť učenia o rezaní, ktorá sa zaoberá zákonitosťami procesu delenia triesky vo vzájomnom spojení s javmi na kontaktných

plochách rezného klinu. Silovým pôsobením nástroja na materiál obrobku a ich vzájomným relatívnym pohybom sa oddeľujú z obrábaného materiálu čiastočky vo forme triesky. Charakter rezného procesu, tým aj tvar vytváranej triesky závisí hlavne na vlastnostiach obrábaného materiálu a na rezných podmienkach. V priebehu tvorenia triesky možno pozorovať vznik trhlín a to najmä u nehomogénnych materiálov, ktoré majú určitým spôsobom orientované vlákna.

Správnym pochopením vzniku triesky je následná aplikácia v procese rezania pre dosiahnutie technického, alebo technologického efektu: zníženie spotreby energie rezného procesu, zvýšenie kvality obrobených povrchov a kvality triesky ako polotovar – následné využitie v iných technológiách.

Porovnanie rezného procesu dreva a drevných materiálov ukazuje na nekonečne veľké číslo možných kombinácií východiskových podmienok rezania, vedúce k dvom spôsobom tvorenia triesky – ustáleného a nestáleho. (Lisičan, 1988, 1996)

Ustálený proces – prebieha neprerušovane, nie je sprevádzaný rozrušenými zónami tvorenia triesok v obrábanom materiály a je charakteristický tvorbou súvisiacej triesky vo forme pásu, alebo špirály.

Nestály proces prebieha v opakujúcich sa intervaloch, ktoré sú vyvolané rozrušovaním zóny tvorenia triesok a tým, že plastická deformácia odrezávanej vrstvy završuje tvorenie súvislej triesky a začína sa tvoriť časticová trieska, ktorá sa skladá z oddelených častíc udržujúcich, alebo neudržujúcich si spojenie medzi sebou (napr. rezanie pílovými kotúčmi). (Sova, 2001, Prokeš, 1982)

Tvar, rozmery a technologická využiteľnosť triesky je závislá od:
· Spôsobu rezania (pozdĺžne, priečne a čelné),
· Rezného uhla δ,
· Druhu dreva (listnaté, ihličnaté),
· Vlhkosti dreva,
· Uhla odklonu reznej hrany (φ_0),
· Uhla odklonu rezných vlákien (φ_1),
· Uhla prerezávania vlákien (φ_2),
· Uhla sklonu drevných vlákien (φ_3),
· Pomeru zaoblenia reznej hrany (r_n).

Trieska je definovaná najmä prierezom a tvarom. Ak sa hovorí o rozmeroch a tvare triesky berú sa vždy len jej nominálne hodnoty pred oddelením z obrobku, pretože po oddelení dochádza k jej deformácii ako v pozdĺžnom, tak aj v priečnom smere. Veľkosť a tvar triesky sa určuje v rovine kolmej na plochu rezania prechádzajúcou ostrím. Prierez triesky je určený jej hrúbkou a šírkou. Nominálna dĺžka l sa rovná dĺžke prechodu nástroja, kde skutočná dĺžka l´ je vplyvom stlačenia menšia. Pomer týchto dvoch veličín sa nazýva koeficientom pozdĺžneho stlačenia. (Prokeš, 1982)

Vlhkosť ovplyvňuje plastifikáciu, lisovanie, stabilizáciu, priamo vplýva na tvarové a rozmerové zmeny dreva pri jeho napúčaní a zosychaní. Ďalším veľmi dôležitým faktorom je aj ekonomika celého procesu. Vstupná vlhkosť dreva tento proces do značnej miery ovplyvňuje, nakoľko sú spojené náklady na sušenie. (Gaff et al. 2009, 2010)

MATERIÁL A METODIKA

Charakteristika strojového zariadenia

Experimenty boli realizované na pozdĺžnej krájačke dýh, typ NEW ROYAL – 10 – MARUNAKA obr. 2. Ide o strojové zariadenie rumunskej výroby. Konštrukcia stroja je

tvorená masívnym oceľovo-liatinovým stojanom, v ktorom je umiestnená pohonná jednotka s prevodom a ďalším výškovo prestaviteľným mechanizmom stola. Pohon je zabezpečený elektromotorom o výkone 2,2 kW s remeňovým prevodom na podávací mechanizmus. Podávací mechanizmus je tvorený gumovým pásom, ktorý zabezpečuje podávanie obrobku konštantnou rýchlosťou v_f = 95 m.min^{-1}. Ďalšou funkciou podávacieho pásu je vytvorenie dostatočného prítlaku obrobku k pracovnému stolu. Oproti pásu je uložený pohyblivý pracovný stôl, ktorý sa výškovo prestavuje pomocou otočného kolesa prostredníctvom pohybových skrutiek až do max. hrúbky obrobku 180 mm. Šírka pracovného stola je 275 mm. V strede stola je umiestnený otočný kruhový suport, v ktorom je uložená kazeta s krájacím nožom, túto je možné jednoduchým spôsobom vybrať, a nastaviť tak inú hrúbku dyhy. Suport sa natáča voči obrobku v rozpätí uhlov 45° - 90°. Dôsledkom rôzneho nastavenia tohoto uhla sa mení rezný odpor a tým aj rezný príkon stroja.

Základné technické parametre pozdĺžnej Krájačky dýh, typ NEW ROYAL - 10, licencia fy. Marunaka:

· Prúdová sústava - 230/400 [V],
· Príkon - 2,2 [kW],
· Frekvencia - 50/60 [Hz],
· Rok výroby 1975,
· Tiaž 500 [kg],
· Výrobca: Made in Romain, UMARO

Obr. 2 Vlastné strojové zariadenia

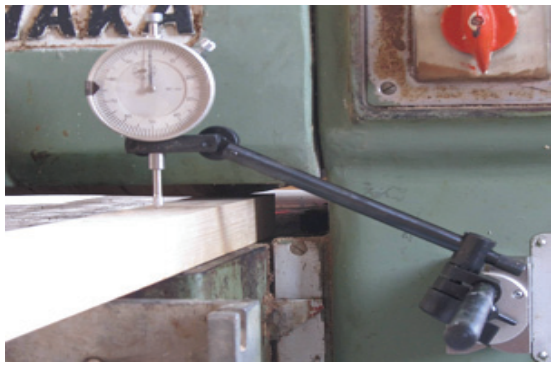
Charakteristika skúšobných vzoriek a príprava strojového zariadenia

Pre experimentálne meranie boli zvolené dreviny – Buk lesný (*Fagus Silvatica L.*), Smrek obyčajný (*Picea Abies*) a Dub letný (*Quercus Robur*). Materiál bol pripravený vo forme fošieň.

- o hrúbke 53 mm a dĺžke 4100 ± 30 mm, ktoré sa ďalej spracovali na kotúčovej píle s podávacím vozíkom,
- spôsob vymanipulovania vzoriek bol priečno - pozdĺžny, vzorky sa skrátili s nadmierou (50 mm) po dĺžke a na šírku s prídavkom (5 mm),
- vzorky boli vo forme hranolčekov o menovitých rozmeroch 35 x 35 x 1000 mm.

Obr. 3 Skúšobné vzorky

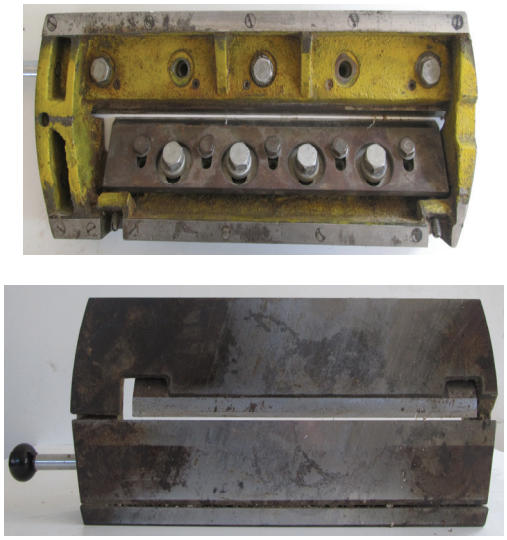
Pred vlastným experimentom sa realizovala celá rada skúšobných overovacích pokusov súvisiacich hlavne s rovnomerným nastavením prítlačnej sily pri opakovaných rezoch v kontexe so zmenšujúcou sa hrúbkou krájaných prírezov. Na kontrolu prítlaku sa využil prípravok, pozostávajúci z číslicového odchýlkomera zabudovaného v magnetickom stojane, fixovanom na stojane stroja. Týmto spôsobom sa meral úbytok kájaného materiálu, z čoho bolo možné nepriamo usudzovať o kompenzácii prítlačnej sily prostredníctvom výškového prestavenia stola do konkrétnej polohy voči podávaciemu mechanizmu a tým sa nastavil i prítlak obrobku k pracovnému stolu (obr. 4).



Obr. 4 Meranie nepriamej kompenzácie prítlačnej sily

Charakteristika rezného nástroja

Pracovným (rezným) nástrojom bol plochý nôž, ktorý bol osadený vo vyberateľnej kazete, ktorú bolo možné kedykoľvek vybrať zo stroja viď. Obr. 5. Nôž je zložený z dvoch dielov navzájom spojených pomocou skrutiek. Nože boli voči sebe vzájomne posunuté a jeden z nich slúži ako lámač triesky. Hrúbka triesky sa nastavovala pomocou dvoch skrutiek, ktoré nôž posúvali v nosnej kazete a tým sa nastavovala aj hrúbka dyhy. Presné nastavenie hrúbky rezu sa vykonalo pomocou číslicového odchýlkomera, ktorý bol upravený v konzole držiaka k tomu určenému (obr.8). Pre kontrolu správneho nastavenia noža sa premeriavala hrúbka vzniknutej dyhy pomocou micrometra, tým bolo možné realizovať znovunastavenie hrúbky.



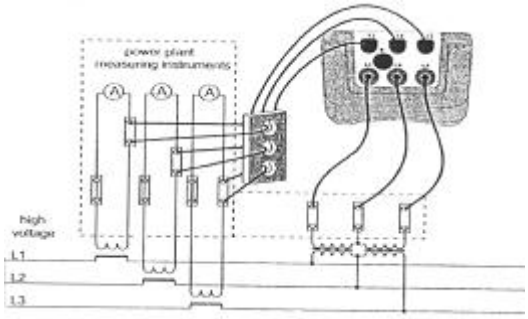
Obr. 5 Kazeta s uloženým nožom

Základné parametre noža:
- šírka noža 620 (mm), dĺžka noža 335 (mm) a hrúbka noža 8 (mm).

Charakteristika meracieho zariadenia rezného príkonu

Meranie rezného príkonu bolo prispôsobené a zostavené pomocou meracieho zariadenia určeného na analýzu kvality elektrickej siete. Ako uvádza Barcík et al. (2010) jedná sa o zapojenie prístroja typu Metrel Power Q Plus MI 2392 do elektrickej siete pred vstupom jednotlivých fáz do hlavného elektromotora strojového zariadenia (obr. 6). Prístroj pozostáva z prúdových klieští s nastaviteľným rozsahom podľa veľkosti snímaného prúdu, z napäťových svoriek a zo samotného meracieho prístroja Metrel Power Q Plus MI 2392 (obr. 7).

Princíp merania je založený na zmene odoberaného prúdu hnacieho-podávacieho elektromotora pozdĺžneho krájacieho stroja zo siete (Siklienka a Molitor, 2011). Pre výpočet príkonu elektromotora Metrel Power Q sníma zmenu odberu prúdu I, aktuálnu hodnotu napätia U a na základe zosnímaného fázového posunu aj účinník cos φ. Hodnoty sú zaznamenávané v intervale 1 sekundy. V priebehu tejto sekundy je nameraných 1024 hodnôt následne spriemerovaných prístrojom, pričom takto spriemerované hodnoty slúžia ako podklad pre vyhodnotenie. Prepojenie prístroja s počítačom je cez rozhranie RS 232 a údaje sú stiahnuté pomocou softvéru Power Q Link 2.1. (Hajník, 2008). Takto stiahnuté údaje sú vyhodnotené programom Microsoft Excel a následne štatistickým programom MATLAB.

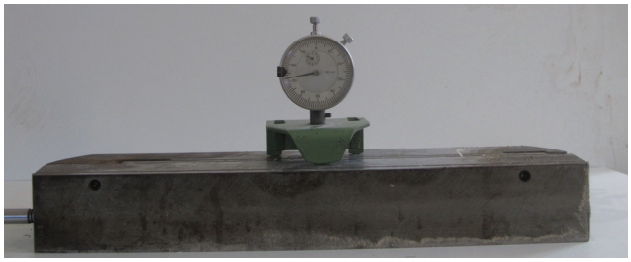


Obr. 6 Schéma zapojenia meracej aparatúry

Obr. 7 Metrel Power Q Plus MI 2392

Postup merania

Meranie rezného príkonu sa vykonávalo na uvedenom strojovom zariadení v dielni firmy Stolárstvo Jiří Sedliak. Skúšobné telesá (hranolky) mali presne stanovené rozmery, ktoré boli vopred stanovené na základe overovacích skúšok 35 x 35 x 1000 mm. Tieto vzorky boli vymanipulované zo stredového reziva uvedených drevín. Odrezávanie dyhy prebiehalo v tangenciálnej rovine a to v troch hrúbkach dyhy 0,1 mm; 0,2 mm a 0,3 mm. Hrúbka triesky bola nastavená pomocou číslicového odchýlkometra, pre ktorý bol zhotovený upínací držiak pozri Obr. 8.

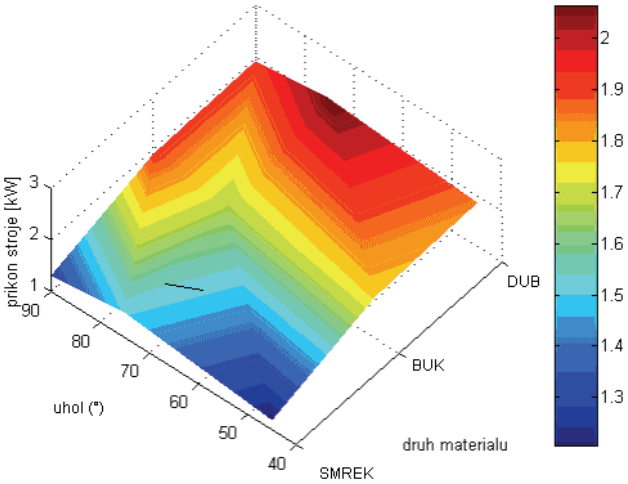


Obr. 8 Číslicový odchýlkomer s držiakom

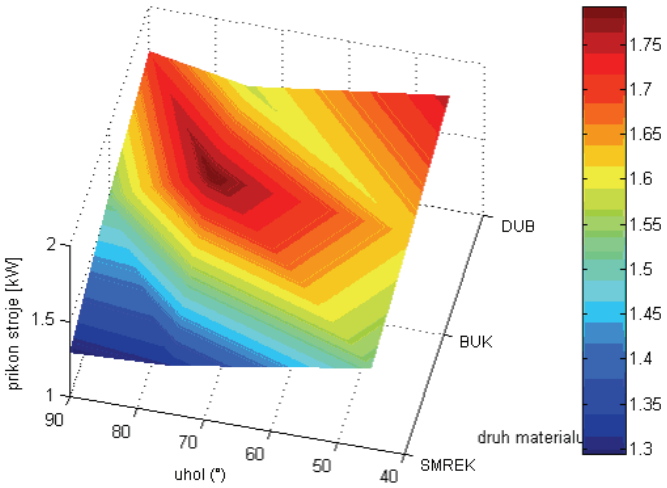
VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výstupom z experimentálnych meraní je zistený rezný príkon – energetická náročnosť procesu pozdĺžneho krájania reprezentatívnych drevín vzhľadom ku kombinácii sledovaných faktorov (φ_0 = 45°, 75°, 90°, h_d = 0,1; 02; 03 mm), z pohľadu ich vplyvu na rezný príkon, jeho nárast, resp. pokles – významnosť.

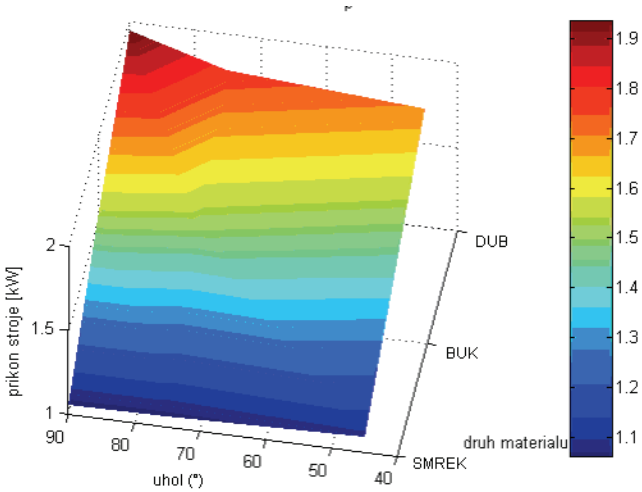
Sumárne grafické vyhodnotenie 3D obr. 9.10.11, poskytuje prehľad nameraného príkonu pre hrúbky h_d ako aj uhly odklonu φ_0 pre jednotlivé dreviny.



Obr. 9 Príkon stroja v závislosti na hrúbke triesky - dyhy 0,1 mm, uhla φ_0 a druhu dreviny



Obr. 10 Príkon stroja v závislosti na hrúbke triesky - dyhy 0,2 mm, uhla φ_0 a druhu dreviny



Obr. 11 Príkon stroja v závislosti na hrúbke triesky - dyhy 0,3 mm, uhla φ_0 a druhu dreviny

Z výsledkov možno vo všeobecnosti konštatovať, že nezávislé premenné faktory φ_0 a h_d, nemajú štatisticky významný vplyv na závislý parameter príkon stroja Pp. Druh dreviny ako bolo možné predpokladať sa preukázal ako štatisticky významný faktor, vplývajúci na energetickú náročnosť rezného procesu a to v poradí DB, BK, SM.

V kontexte s experimentálnymi sledovaniami sa pri niektorých meraniach napr. h_d = 0,2 mm, φ_0 = 75° a dreviny BK prejavila anomália, ktorú je s najväčšou pravdepodobnosťou možné vysvetliť vznikom nepresnosti merania zapríčinenou exaktným nastavením prítlaku podávacieho mechanizmu k pracovnému stolu stroja (najväčší problém v nepresnosti nastavenia v rámci experimentálnych sledovaní).

ZÁVER

Cieľom príspevku bolo informovať odbornú verejnosť o výsledkoch experimentálnych sledovaní zmeny príkonu stroja v procese pozdĺžneho krájania mikro-dyhy, štandardne exploatovaných priemyselných drevín (DB, BK, SM), v závislosti od vybraných nezávislých faktorov (v kontexte s možným vplyvom), ktoré predstavovali uhol φ_0 medzi polohou ostria ku kolmici na vektor reznej rýchlosti v_c a hrúbka triesky – dyhy h_d.
Proces experimentálnych sledovaní sa realizoval na pozdĺžnom krájacom stroji typu NEW ROYAL -10- MARUNAKA. Na základe dosiahnutých výsledkov môžeme konštatovať nasledovné:

- pri pozdĺžnom krájaní uvedených drevín sa preukázal ich štatisticky potvrdený vplyv na príkon podávacieho mechanizmu a to v poradí energetickej náročnosti DB, BK, SM. Čo je v kontexte aj s ich objemovou hmotnosťou,
- pri pozdĺžnom krájaní mikro-dýh sa preukázal vplyv uhla nastavenia noža φ_0 na príkon pozdĺžnej krájačky (s významným prejavom φ_0 = 45° pri všetkých hrúbkach a drevinách), aj keď na úrovni štatistickej nevýznamnosti,
- pri pozdĺžnom krájaní vybraných drevín sa preukázal vplyv hrúbky dyhy s lineárnou závislosťou s nárastom jej hrúbky aj, keď s potvrdenou štatistickou nevýznamnosťou.

V rámci realizovaného experimentu bolo použité konkrétne strojové zariadenie s danými parametrami, využité len na sledovanie energetickej náročnosti vplyvu uvedených faktorov. V praxi je však nutné brať do úvahy napr. aj taký nezávislý faktor, ako je otupenie reznej hrany noža, ktoré tiež významne priamo vplýva na rezný príkon. Aby proces pozdĺžneho krájania bol realizovaný čo s najmenšími energetickými nákladmi, musíme zohľadňovať energetickú náročnosť krájania vo vzájomnej interakcii optimálnych nezávislých parametroch.

LITERATÚRA

[1] **SOVA, F.**: Technologie obrábění a montáže, 2001, Západočeská univerzita v Plzni, 2001, s.273, ISBN 80 – 7082 – 823 – 4.

[2] **PROKEŠ, S.**: Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva, 1982, Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1982, s. 584.

[3] **LISIČAN, J.**: Teória a technika spracovanie dreva, 1996, Zvolen: Mat centrum, 1996, s. 626, ISBN 80 – 967315 – 6 – 4.

[4] **LISIČAN, J.:** Obrábanie a delenie drevných materiálov, 1988, Zvolen, Editační středisko VŠLD, 1988, s. 412, ISBN 85 – 1644 – 88.

[5] **SEDLÁK, J.:** Vliv velikosti nastavení nože na energetickou náročnost podélného krájení dýh (Diplomová práca), 2012, ČZU v Prahe, s.80

[6] **BARCÍK, Š., KMINIAK, R., ŘEHÁK, T., KVIETKOVÁ, M**.: 2010. The influence of Chosen Facctors of Energy Demands of Plain Milling of Beech Wood.In: Journal of Forest Science, Volume 56, No.5. pp.243-250, ISSN 1212-4834

[7] **HAJNÍK, I.**:2008. Vplyv vybraných technicko-technologických parametrov na kvalitu pílenia bukového dreva na kmeňovej pásovej píle. (dizertačná práca). Zvolen. Technická univerzita vo Zvolene, 2008, 118 s.

[8] **SIKLIENKA, M., MOLITOR, M.:** 2011. Impact of selected technical – technological parameters on energy consumption sawing soft and hard wood. WOODWORKING TECHNIQUES, 4th International Scientific Conference, Prague, September 7. – 10. 2011. ISBN 978 – 80 – 213 – 2182 – 3. P. 576

[9] **SIKLIENKA, M., ARGAY, F., KMINIAK, R.,:** 2012 Vplyv vybraných materiálovo – technologických parametrov na veľkosť rezného príkonu pri pílení na horizontálnej kmeňovej pásovej píle, In: ACTA FACULTATIS XYLOLOGIAE ,54(1):.63-72, ISSN 1336-3824

[10] **GAFF, M., GÁBORÍK, J.: 2009.** Vlastnosti povrchu dreva modifikovaného reliéfovaním, Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2009. - 80 s. ISBN 978-80-228-2035-6.

[11] **GAFF, M., GÁBORÍK, J., KORISTOVÁ, E.: 2010.** Tvarová a rozmerová stabilita a povrchu dreva modifikovaného lisovaním – reliéfovaním, Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2010. - 76 s. ISBN 978-80-228-2107-0.