

CZYNNIKI DECYDUJĄCE O ENERGOCHŁONNOŚCI OMŁOTU ZBÓŻ

Paweł Zagajski, Kazimierz A. Dreszer

Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego, Akademia Rolnicza w Lublinie

Streszczenie: Omówiono wpływ ważniejszych czynników konstrukcyjno-eksploatacyjnych kombajnu i właściwości młóconego zboża na energochłonność omłotu.

Słowa kluczowe: cechy masy zbożowej, zespoły młócące, energochłonność omłotu

Wstęp

Badania energochłonności zespołów omłotowych przeprowadzone przez [Arnolda i Lacke'a 1964; Eimera 1966; Dreszera 1991; Kanafojskiego 1980; Kuglera 1976; Wieneke i Caspersa 1964, 1966] wykazały, że opory młocki zależą od:

- właściwości masy zbożowej
- technologicznych i technicznych warunków omłotu.

Właściwości młóconego zboża

Z właściwości fizycznych i mechanicznych masy zbożowej o energochłonności procesu omłotu decydują:

- siła i energia wiązania ziarna z kłosem,
- sprężystość i elastyczność ziaren i połączeń ziarna z kłosem,
- wytrzymałość ziarna na uszkodzenia,
- współczynnik tarcia.

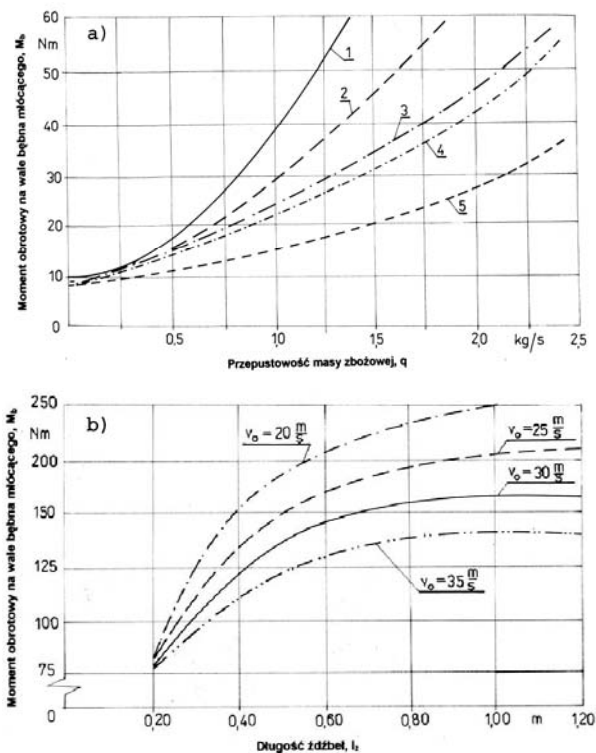
Szczególne znaczenie w procesie omłotu ma siła i energia wiązania ziarna z kłosem [Pustygin i Levin 1956; Basnak'Jan 1962; Rezniček 1971].

Według cytowanych autorów średnie wartości siły wiązania ziarna w kłosie dla pszenic jarych zmieniały się od 0,96 do 1,71 N, u pszenic ozimych od 1,02 do 2,09 N a u żyta od 0,81 do 1,31 N. Natomiast energia potrzebna do ekstrakcji ziarna z kłosa zmieniała się od 0,32 do 1,28 mJ.

Według danych zamieszczonych przez Kutzbacha i Kustermana [1985] moduł sprężystości podłużnej ziarna przyjmuje wartości od 10 do 20 000 N·m⁻¹, a moduł Poissona wartości od 0,3 do 0,5. Wielkości te zależą od gatunku zboża, ale także w dużym stopniu od jego wilgotności.

Tarcie w procesie omłotu i separacji może oddziaływać pozytywnie lub negatywnie. Dla ziarna, analogicznie jak dla słomy, wartości współczynników tarcia zależą od wilgotności ziarna, gatunku i odmiany zboża, prędkości przesuwu, a nawet od ciśnienia wywieranego na jego warstwę [Chrapacz 1957; Dreszer i Gieroba 1986; Kanafojski 1980].

Analizując wpływ rodzaju zboża na zmianę momentu obrotowego podczas omlotu stwierdzono, że największe opory występują przy omlocie jęczmienia ozimego (rys.1 a).



Rys. 1. Zmiana momentu obrotowego (M_b) na wale bębna w zależności od: a) rodzaju zboża i jego wilgotności: 1 - jęczmień ozimy, $w_z = 18\%$, $w_s = 22\%$, $\delta = 1:1,12$; 2 - żyto, $w_z = 20\%$, $w_s = 25\%$, $\delta = 1:2,2$; 3 - pszenica ozima $w_z = 13\%$, $w_s = 26\%$, $\delta = 1:1,19$; 4 - owies, $w_z = 16\%$, $w_s = 36\%$, $\delta = 1:1,14$; 5 - jęczmień jary, $w_z = 17\%$, $w_s = 18\%$, $\delta = 1:1,71$; w_z - wilgotność ziarna, w_s - wilgotność słomy, δ = stosunek mas ziarno/słoma wg. [Eimera 1966,1977]; b) długości źdźbeł (l_z) i prędkości obwodowej cepów (v_0), dla zboża o właściwościach: $w_z = 15\%$, $w_s = 10\%$, $\delta = 1:1,9$; szczelina robocza (wlot/wylot) $s = 16/8$ mm, przepustowość $q = 3 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$, prędkość podawania masy $v_z = 1,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (pozostałe oznaczenia jak na rys. 1), wg. [Wieneke, Caspers 1964, 1966]

Fig. 1. Change of torque (M_b) on drum shaft, depending on: a) grain type and moisture content: 1 - winter barley, $w_z = 18\%$, $w_s = 22\%$, $\delta = 1:1.12$; 2 - rye, $w_z = 20\%$, $w_s = 25\%$, $\delta = 1:2.2$; 3 - winter wheat $w_z = 13\%$, $w_s = 26\%$, $\delta = 1:1.19$; 4 - oats, $w_z = 16\%$, $w_s = 36\%$, $\delta = 1:1.14$; 5 - spring barley, $w_z = 17\%$, $w_s = 18\%$, $\delta = 1:1.71$; w_z - grain moisture content, w_s - straw moisture content, δ = grain/straw mass ratio as per [Eimer 1966, 1977]; b) stalk length (l_z) and beater peripheral speed (v_0), for grain characterised by the following: $w_z = 15\%$, $w_s = 10\%$, $\delta = 1:1.9$; working gap (inlet/outlet) $s = 16/8$ mm, flow capacity $q = 3 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$, mass feeding rate $v_z = 1.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (other symbols as in Fig. 1), as per [Wieneke, Caspers 1964, 1966]

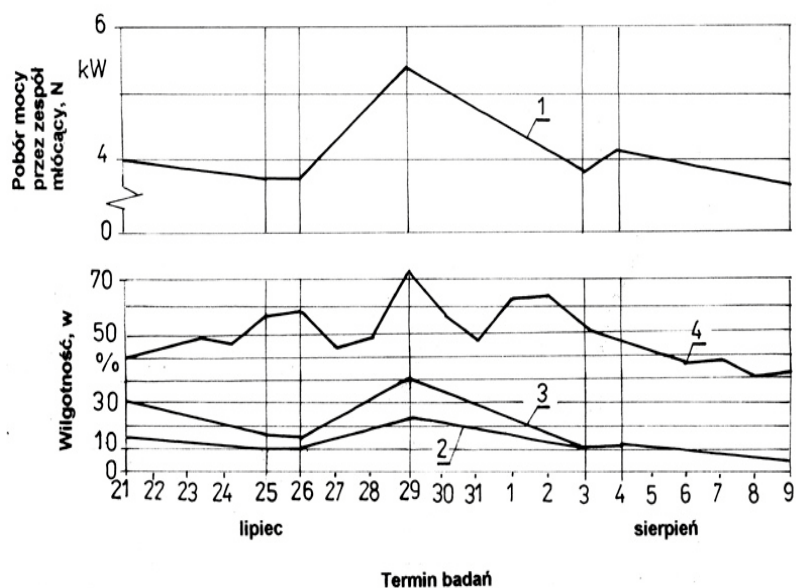
Czynniki decydujące...

Mniejsze opory wystąpiły przy omłocie żyta, pszenicy i owsa. Natomiast najmniejszy moment rejestrowano na wale bębna przy omłocie jęczmienia jarego.

Oprócz rodzaju zboża o energochłonności omłotu decyduje również długość źdźbeł. Badania dotyczące wpływu długości źdźbeł na energochłonność omłotu prowadził Wienke i Caspers [1964, 1966]. Według zacytowanych autorów opory młocki są tym mniejsze, im krótsza jest długość źdźbeł młóconego zboża (rys. 1 b).

Ponadto wykazano, że przy omłocie zboża, którego długość źdźbeł nie przekraczała 0,2 m wartość momentu jest w przybliżeniu jednakowa. Gwałtowny wzrost momentu obrotowego obserwowano przy omłocie żyta o długości źdźbeł $0,2 \div 0,6$ m. Dalszy wzrost długości źdźbeł (ponad 0,6 m) powodował umiarkowany przyrost oporów omłotu (rys. 1 b). Zjawisko to, zostało dokładnie omówione przez Hamana [1963], którego zdaniem zmniejszenie energochłonności jest skutkiem mniejszych nakładów energetycznych na odkształcenia krótszych źdźbeł zboża.

Wilgotność zboża uzależniona jest od szeregu czynników, z których najważniejsze to: faza dojrzałości biologicznej, opady atmosferyczne, a nawet pora dnia, w której dokonywany jest zbiór czy omłot [Dreszer 1986; Kolowca i Ślipek 1976] (rys. 2).



Rys. 2. Zmienność zapotrzebowania mocy (N) przez zębony bęben młócający, przy omłocie pszenicy ozimej, w zależności od jej wilgotności, $q = 1,5 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$, $\delta = 1:2$, $v_0 = 30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; 1 - pobór mocy przez zespół młócający, 2 - w_z , 3 - w_s , 4 - wilgotność powietrza wg. [Dreszera 1986; Kolowca, Ślipko 1976]

Fig. 2. Variability of toothed threshing drum power demand (N) while threshing winter wheat, in relation to its moisture content, $q = 1.5 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$, $\delta = 1:2$, $v_0 = 30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; 1 - threshing unit power demand, 2 - w_z , 3 - w_s , 4 - air humidity as per [Dreszer 1986; Kolowec, Ślipek 1976]

Analiza danych zamieszczonych na rysunku 2 wskazuje, że pobór mocy przez zespół młócający jest tym większy im większa jest wilgotność młóconego zboża. Kanafojski [1980], zjawisko to tłumaczy faktem zwiększonego tarcia wewnętrznego i zewnętrznego młóconej masy zbożowej.

Technologiczne warunki omlotu

Oprócz wymienionych wyżej cech zboża, o energochłonności omlotu decydują również technologiczne parametry pracy zespołu młócającego, takie jak prędkość i równomierność zasilania młocarni oraz przepustowość. Goć [1974], badając wpływ prędkości zasilania na opory omlotu, stwierdził, że opory pracy zespołu maleją wraz ze wzrostem prędkości zasilania v_z . Zdaniem Gocia przy większej prędkości zasilania (cieńsza warstwa) jest bardziej równomierne pobieranie masy zbożowej przez bęben młócający. Natomiast przy mniejszej prędkości zasilania występuje grubsza warstwa masy zbożowej.

Zmienna grubość warstwy dostarczanego zboża powoduje jego duże chwilowe zagęszczenie w szczelinie roboczej, co znacznie zwiększa opory młocki, a tym samym zapotrzebowanie mocy. Według cytowanego autora największe opory omlotu występowały podczas porcjowego zasilania masą zbożową zespołu młócającego z prędkością $v_z=3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, natomiast najmniejszy moment obrotowy na wale bębna rejestrowano podczas równomiernego zasilania zespołu z prędkością $v_z=7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Analiza cytowanego piśmiennictwa pozwala stwierdzić, że przy małych przepustowościach wpływ cech fizyko-mechanicznych masy zbożowej na energochłonność jest znacznie mniejszy niż przy wyższych.

Typ i geometryczne parametry zespołu młócającego

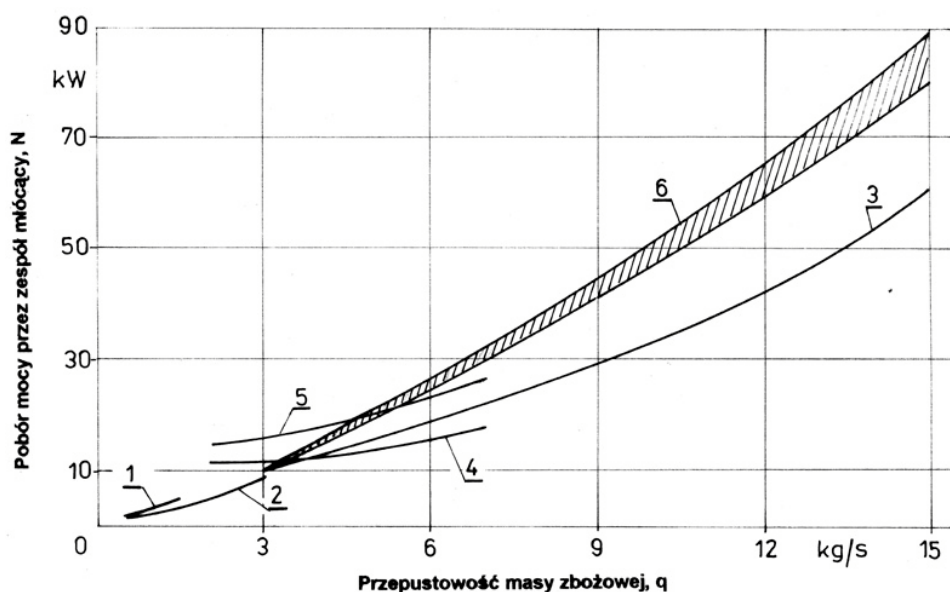
Współczesne kombajny zbożowe wyposażone są w zespoły młócające o stycznym lub osiowym przepływie masy zbożowej. Stycznie zasilane zespoły młócające, w zależności od przeznaczenia mogą być wyposażane w bębny cepowe lub zębowe. Ponieważ praca zębowych zespołów młócających, w stosunku do tradycyjnych cepowych konstrukcji, charakteryzuje się nadmiernymi uszkodzeniami ziarna, znalazły one zastosowanie wyłącznie w maszynach do zbioru i omlotu ryżu.

Trend do zwiększania przepustowości kombajnów zbożowych spowodował znaczne zainteresowanie wielobębnowymi zespołami młócającymi. Badania wielobębnowych zespołów młócających były prowadzone przez Dreszera [1991, 1995 i 1996], Hamiltona i Butsona [1979] oraz Kuglera [1976] (rys. 3).

Z przedstawionych danych wynika, że omlot stycznie zasilanymi zespołami przy zbyt małej, jak i zbyt dużej przepustowości, ze względów energetycznych nie jest uzasadniony (rys. 3). Przy zbyt małej przepustowości jednostkowej, energochłonność omlotu osiąga znaczne wielkości, wynikające ze stosunkowo dużego udziału mocy biegu jałowego.

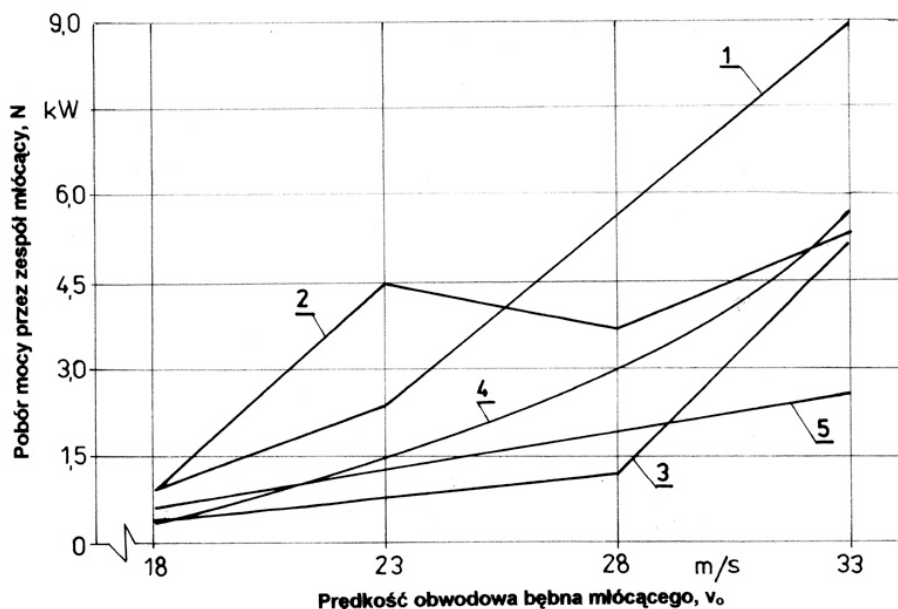
W aktualnie produkowanych kombajnach zbożowych stosowane są bębny młócające, których średnice zawarte są w przedziale 0,45-0,65 m. Wyniki badań eksperymentalnych

wyżej wymienionych autorów wykazały, że stosowanie bębnow młójących o większych średnicach (ok. 0,8 m) pozwala osiągnąć korzystniejsze wskaźniki energetyczne. Korzystnie zatem jest ze względów technologicznych, jak i energetycznych, w procesie omlotu stosować możliwie niewielkie prędkości obwodowe bębnow młójących (rys. 4) oraz racjonalnie wielkości szczelin roboczych.



Rys. 3. Zmienność zapotrzebowania mocy (N) przez zespoły młójące w funkcji przepustowości masy zbożowej (q): 1 – jednobębnowy – cepowy, 2 – jednobębnowy – zębony, 3 – dwubębnowy – cepowy, 4 – jednobębnowy z trzybębnowym separatorem rotacyjnym, 5 – jednobębnowy z ośmiobębnowym separatorem rotacyjnym, 6 – jednobębnowy – osiowy kombajnu White 9700 [wg. Arnold'a i Lace 1964; Dreszera 1991; Dreszera i Susła 1995, 1996; Hamiltona i Butson'a 1979; Kuglera 1976, Kutzbacha 1985]

Fig. 3. Variability of threshing units power demand (N) in function of grain mass flow capacity (q): 1 – single-drum – beater-type, 2 – single-drum – toothed-type, 3 – double-drum – beater-type, 4 – single-drum with triple-drum rotary separator, 5 – single-drum with eight-drum rotary separator, 6 – single-drum – axial in the White 9700 harvester [as per Arnold and Lace 1964; Dreszer 1991; Dreszer and Suseł 1995, 1996; Hamilton and Butson 1979; Kugler 1976, Kutzbach 1985]

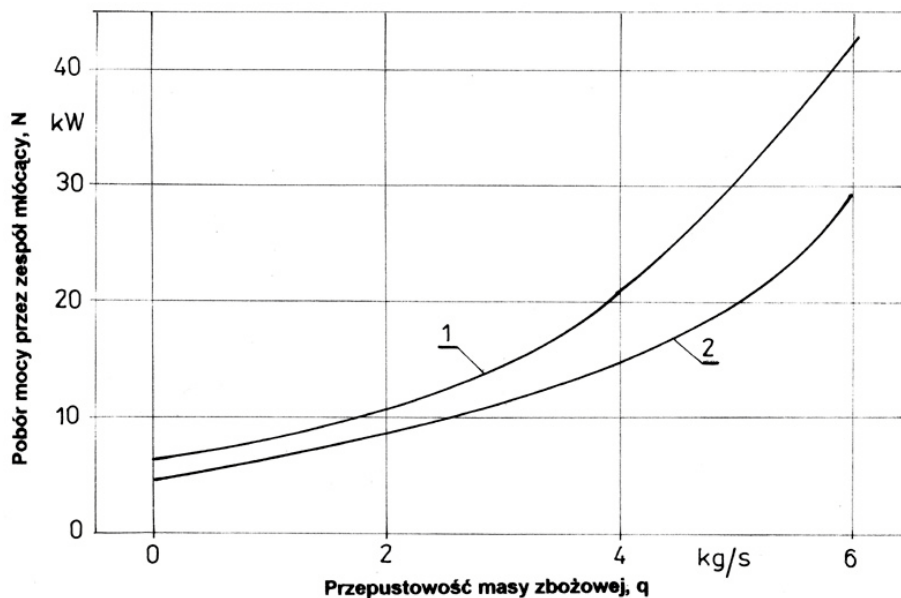


Rys. 4. Zmienność zapotrzebowania mocy (N) przez cepowy zespół młócający przy omłocie pszenicy ozimej w zależności od prędkości obwodowej (v_0) bębna i jego średnicy (D_b), odpowiednio: 1 – $D_b = 0,305$ m, 2 – $D_b = 0,380$ m, 3 – $D_b = 0,533$ m, 4 – $D_b = 0,610$ m, 5 – $D_b = 0,686$ m [wg. Arnold'a i Lace 1964].

Fig. 4. Variability of beater-type threshing unit power demand (N) while threshing winter wheat, in relation to drum peripheral speed (v_0) and its diameter (D_b), respectively: 1 – $D_b = 0.305$ m, 2 – $D_b = 0.380$ m, 3 – $D_b = 0.533$ m, 4 – $D_b = 0.610$ m, 5 – $D_b = 0.686$ m [as per Arnold and Lace 1964].

Badania przeprowadzone przez Harrisona [1991] na zespole młócającym kombajnu International Harvester 1460 wykazały, że wzrost szczeliny roboczej o 1 mm powoduje obniżenie zapotrzebowania mocy od 0,5 do 2 kW.

Zwiększając kąt opasania bębna klepiskiem β , możemy uzyskać intensywniejsze wydzielanie ziarna oraz wyższą przepustowość młocarni q . Towarzyszą temu pewne niekorzystne zjawiska, jak możliwość owijania się bębna masą słomiastą, a nade wszystko zwiększony pobór mocy. Zależność pomiędzy poborem mocy N, a wielkością kąta opasania bębna klepiskiem β , charakteryzują wykresy na (rys. 5).



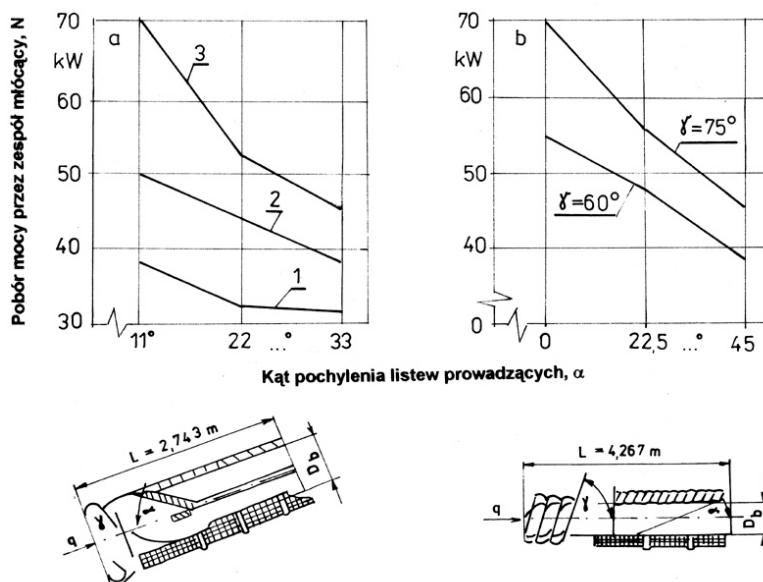
Rys. 5. Zależność pomiędzy Doborem mocy (N) a wielkością kąta opasania bębna klepiskiem (β) w cepowym zespole młocącym przy omłocie pszenicy odm. Mironowska 808: 1 – $D_b=0.402$ m, $\beta=144^\circ$, $s=18/4$ mm, 2= $D_b=0.670$ m, $\beta=140^\circ$, $s=18/4$ mm [wg. Rusanow 1971]

Fig. 5. Relation between power selection (N) and the value of angle for drum encircling with a concave (β) in a beater-type threshing unit, while threshing the Mironowska 808 variety wheat: 1 – $D_b=0.402$ m, $\beta=144^\circ$, $s=18/4$ mm, 2= $D_b=0.670$ m, $\beta=140^\circ$, $s=18/4$ mm [as per Rusanow 1971]

W zespołach omłotowych o osiowym przepływie masy zbożowej, oprócz omówionych wyżej czynników, występują inne istotne parametry konstrukcyjno-geometryczne decydujące o energochłonności procesu. Do parametrów tych należy zaliczyć kąty pochylenia zwoju ślimaka przechwytyjącego γ oraz listew prowadzących α (rys. 6).

Zmianę energochłonność procesu omłotu osiowego zespołu młocącego kombajnu IH 1460 w zależności od wilgotności masy zbożowej i wielkości kąta α przedstawia rys. 6a. Natomiast na rys. 6b przedstawiono charakterystykę wpływu kątów α i γ na zapotrzebowanie mocy przez zespół młocący kombajnu White 9700.

Z danych zamieszczonych na rys. 6 wynika, że zwiększenie kąta pochylenia listew prowadzących α powoduje istotne obniżenie energochłonności procesu. Jest to następstwem szybszego przepływu młóconej masy zbożowej w szczelinie roboczej oraz mniejszego jej rozdrobnienia i zagęszczenia (deformacji żdźbeł).



Rys. 6. Zmienność zapotrzebowania mocy (N) przez osiowe zespoły młójące w zależności od wielkości kąta pochylenia listew prowadzących (α): a) dla kombajnu IH 1460 przy omłocie jęczmienia w; warunkach: $v_0=32\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $q=8,2\text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$; $\beta=110^\circ$; 1 – $w_s=10\%$, 2 – $w_s=14\%$, 3 – $w_s=18\%$ b) dla kombajnu White 9700 przy omłocie pszenicy ozimej w warunkach: $v_0=31,6\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $q=7,4\text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$; $\beta=134^\circ$; 1 – $w_s=34\%$, 2 – $w_z=13,5\%$ [wg. Harrison'a 1991; Kutzbacha 1985]

Fig. 6. Variability of axial-type threshing units power demand (N), in relation to the value of guide rails inclination angle (α): a) for the IH 1460 harvester during the threshing of barley in the following conditions: $v_0=32\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $q=8.2\text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$; $\beta=110^\circ$; 1 – $w_s=10\%$, 2 – $w_s=14\%$, 3 – $w_s=18\%$ b) for the White 9700 harvester during the threshing of winter wheat in the following conditions: $v_0=31.6\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $q=7.4\text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$; $\beta=134^\circ$; 1 – $w_s=34\%$, 2 – $w_z=13.5\%$ [as per. Harrison 1991 and Kutzbach 1985]

Podsumowanie

Przeprowadzona analiza cytowanego piśmiennictwa wykazała, że wszystkie z badanych czynników posiadają istotny wpływ na energochłonność procesu omłotu.

Badania takie prowadzone były i są w wielu ośrodkach naukowych na świecie oraz fabrykach produkujących kombajny zbożowe. Wprowadzenie do uprawy nowych odmian zbóż oraz do ich zbioru kombajnów zbożowych o niekonwencjonalnej budowie zespołów omłotowych uzasadnia celowość, a nawet konieczność podjęcia tego rodzaju badań. Badania takie powinny mieć charakter badań podstawowych, w wyniku których określono by energochłonność procesu dla współczesnych rozwiązań zespołów omłotowych. Wyniki takich badań niewątpliwie przyczyniłyby się do racjonalnego doboru typu zespołu i parametrów jego pracy, przy których proces omłotu przebiegałby najbardziej efektywnie. Na

podstawie przedstawionych wyników badań można stwierdzić, że najbardziej energochłonne przebiega omlót przy zastosowaniu osiowych zespołów młócających. W chwili obecnej w piśmiennictwie polskojęzycznym badania takie są nieliczne i bardzo często fragmentarycznie traktują poruszaną problematykę.

Bibliografia

- Arnold R.E., Lacey J.R.** 1964. Experiments with Rasp Bar Threshing Drums. III Power Requirement 2, s. 348-335.
- Basnak'jan G.A.** 1962. Obsypajemosti i obmolocivaemosti zernowych kultur. Vestnik Sel'skocchozjajstvennoj Nauki 30. Sielskoizdat. Moskwa. s. 59-64.
- Chrapacz J.I.** 1957. Wlijanije niekotorych faktorow na koefficient trenija sołomistych produktow. Sielschozmasz. 8. s. 5-7.
- Dreszer K.A.** 1991. Proces wydzielenia ziarna w wielobębnowym zespole młócaço-wydzielającym kombajnu zbożowego. Rozpr. hab. nr 137. Wyd. AR Lublin.
- Dreszer K., Susel I.** 1996. Badania nad energetyką rotacyjnych separatorów ziarna przeznaczonych dla kombajnów zbożowych. Prace PIMR nr 2. s. 44-49.
- Eimer M.** 1966. Stand der Regelungstechnik beim Mahdrescher. Grudnl. Landtech. 2. s. 67-73.
- Eimer M.** 1977. Optimierung der Arbeitsaqualitat des Schlagleistendreschwerkes. Grudnl. Landtech. 1. s. 12-17.
- Gaska R., Kolowca J., Ślipek Z.** 1978. Próba statycznego opisu empirycznych rozkładów niektórych cech mechanicznych pszenicy. Roczn. Nauk. Roln. 2, S. C. 73, 4. s. 17-25.
- Gaska R., Ślipek Z.** 1978. Metoda wirówkowa badania siły wiążącej ziarno w kłosie. Roczn. Nauk. Roln. 2, S. C-72, 2. s. 133-138.
- Goć K.** 1974. Wpływ prędkości zasilania zespołu młócającego na proces omlotu zbóż. Biuletyn Prac Naukowo-Badawczych nr 10. IBMER Warszawa.
- Haman J.** 1963. Energetyka siewko-omlotu. Masz. i Ciąg. Roln. 11. s. 322-324.
- Hamilton A.J., Butson M.,J.** 1979. Approaches to the Problem of Combine Grain Loss on Sloping Ground. J. Agric. Engng. Res. 24. s. 285-292.
- Harrison H.P.** 1991. Rotor Power and Losses of an Axial-Flow Combine. Trans. of ASAE 34(1), s. 60-64.
- Kanafojski Cz.** 1980. Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych. T. 2, cz. I, PWRiL Warszawa.
- Kugler K.** 1976. Leistung und technischer Aufwand von Mahdreschern mit Mehtrommel-dreschwerken. Agrartechnik 12. s. 573-576.
- Kutzbach H.D., Kusterman M.** 1985. Elasticitaestmodul, Kompresibilitaet Scheber und Weiter Mechanische Eigenschaften von Kornfruchten. Grudnl. Landtech. 2. s. 152-157.
- Pustygin M.A., Levin J.S.** 1956. Energetika obmolota. Trudy VISHOM, 8.
- Rezniček R.** 1971. Minimum Energy Required for Release of Grain from Ear. J. Agricult. Eng. Res., 4. s. 337-342.
- Rusanow A.I.** 1971. Zawisimost raboty molotilno-separirujuszczego ustrojstwa ot diametra barabana i dliny podbarabanja. Mech. Elektr. Siel. Choz. 8. s. 16-18.
- Susel I.** 1995. Studium nad energochłonnością pracy wielobębnowego separatora ziarna w kombajnie zbożowym (Rozprawa doktorska wyk. Pod kier. Prof. K. Dreszera), WIP – Akademia Rolnicza w Lublinie.
- Ślipek Z., Frączek J., Złobecki A.** 1987. Pomiar siły tarcia zewnętrznego materiałów roślinnych. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. Z. 321. s. 203-208.

Wieneke F., Caspers L. 1964. Einfluss der Zufuhrgeschwindigkeit der Trommelumfangsgeschwindigkeit, der Spaltweite und des Grungutauleils auf den Dreschvorgang bei Verschiedenen Getreidearten. Grundl. Landtech. 1. s. 30-31.

Wieneke F., Caspers L. 1966. Versuch einer dunnschichtigen Getreidezuführung beim Dreschen. Grundl. Landtech. 3. s. 94-100.

FACTORS DETERMINING ENERGY CONSUMPTION OF GRAIN THRESHING

Abstract. The paper discusses the impact of more important constructional and operational features of a harvester and threshed grain properties on threshing process energy consumption.

Key words: grain mass properties, threshing units, threshing energy consumption

Adres do korespondencji:

Paweł Zagajski, Kazimierz A. Dreszer; e-mail: p.zagajski@wp.pl
Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego
Akademia Rolnicza w Lublinie
ul. Głęboka 28
20-612 Lublin