

POLOWE BRYKIETOWANIE PASZ ZIELONYCH— STAN I PERSPEKTYWY

Tadeusz Olszewski

Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa

WSTĘP

W stosowanych aktualnie technologiach duże objętości siana i zielonek muszą być zebrane i przetransportowane do miejsca przechowywania w dość krótkim, ograniczonym okresie agrotechnicznym. Wiąże się to z koniecznością doboru odpowiednich środków transportowych i miejsc składowania. Siano i zielonki w postaci luźnej wymagają dużej przestrzeni dla ich magazynowania i przechowywania oraz następują wiele trudności podczas transportu. Siano prasowane (w postaci wiązek) natomiast ułatwia manipulację, lecz stwarza wiele problemów przy przeładunku i składowaniu (duży udział robocizny ręcznej), a zwłaszcza uniemożliwia automatyzację procesów zadawania paszy wymaganej przy chowie bydła w wielkich fermach hodowlanych. W efekcie, procesy te charakteryzują się znaczną pracochłonnością. Z tych przyczyn w okresie kilkunastu ostatnich lat dużym zainteresowaniem wśród naukowców i praktyków w rolnictwie światowym cieszy się technologia zbioru siana za pomocą polowych maszyn brykietujących, która znalazła szerokie zastosowanie w niektórych rejonach USA. Zainteresowanie tą metodą zbioru pasz zielonych wynika przede wszystkim stąd, że siano zebrane w postaci brykietów pozwala na rozwiązanie szeregu problemów przy wprowadzaniu nowoczesnych metod chowu bydła w wielkich fermach. Brykiety bowiem, o zagęszczeniu 400-1200 kg/m³, a więc 8 do 20 razy większym w stosunku do siana luzem i 3 do 8 razy większym w stosunku do siana prasowanego prasą o wysokim stopniu prasowania, pozwalają na pełną mechanizację zbioru, transportu, składowania i automatyzacji skarmiania. Duży ciężar objętościowy brykietów umożliwia ograniczenie ilości środków transportu oraz powierzchni składowania. Ponadto zbiór siana w postaci brykietów zmniejsza straty zachodzące podczas zbiera-

nia na polu oraz zadawania i skarmiania, a także jak wskazują amerykańskie doświadczenia żywieniowe, brykietowane siano z lucerny jest lepiej wyjadane przez krowy mleczne niż siano luzem, co umożliwiło zmniejszenie pasz treściwych w dawce o 20-25%.

W innych doświadczeniach przy skarmianiu siana w postaci brykietów uzyskano wzrost mleczności krów o około 6%, zaś żywione brykietami cielęta przyrastały o około 10% szybciej od cieląt żywionych sianem prasowanym w wiązках.

Wymienione wyżej zalety pasz zielonych w postaci brykietów skłaniają do stosowania również w naszym rolnictwie technologii polowego brykietowania zielonek, a zwłaszcza w gospodarstwach specjalizujących się w produkcji mięsa i mleka.

OCENA PRACY BRYKIECIAREK DOTYCHCZAS STOSOWANYCH

Wspólną wadą dotychczas stosowanych brykietciarek matrycowych lub tłokowych jest to, że charakteryzują się one dużym zapotrzebowaniem mocy (około 22 kWh/t), jak i wysoką wrażliwością na zmianę wilgotności i struktury brykietowanego materiału, co powoduje zakłócenia w procesie technologicznym pracy tych maszyn. Praktycznie zespoły te mogą pracować przy wilgotności materiału do około 15%. Uzyskanie tak niskiej wilgotności roślin (szczególnie motylkowych) suszonych na polu w warunkach klimatu europejskiego, jak wiadomo jest często bardzo utrudnione i wiąże się z wysokimi stratami suchej masy i białka zawartego w roślinach. Ponadto zespoły tłokowe lub rolkowe ze względu na to, że wymagają na ich wykonanie stali o bardzo wysokiej jakości (odpornej na ścieranie), są bardzo kosztowne w produkcji.

Należy przypuszczać, że z wyżej wymienionych przyczyn brykietciarki polowe wyposażone w tłokowy lub rolkowy zespół roboczy, miałyby w warunkach naszego rolnictwa (a nawet w rolnictwie innych krajów europejskich) ograniczone zastosowanie głównie ze względu na niemożliwość brykietowania siana półsuchego tj. przy około 30-40% wilgotności.

Potwierdzają to badania wzorców maszyn amerykańskich prowadzone w 1964 r. w Rumunii oraz RFN. W Instytucie Mechanizacji Rolnictwa w Rumunii przeprowadzono bowiem badania przyczepianej brykietciarki firmy Lundell pracującej według zasady prasy pierścieniowo-walcowej. W wyniku przeprowadzonych badań maszyna ta otrzymała negatywną ocenę ze względu na uzyskiwaną zbyt małą wydajność (wydajność efektywna wynosiła około 2 t/h), jak również ze względu na częste zapychanie się zespołu brykietującego (wysoka wrażliwość na zmianę wilgotności materiału) oraz niską trwałość brykietów.

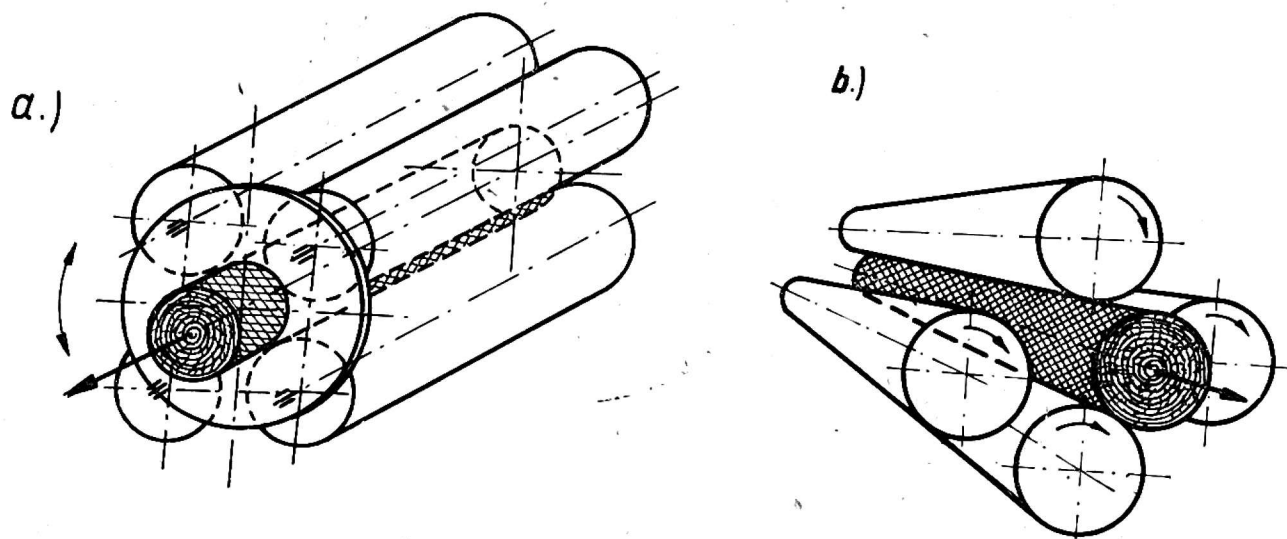
Przeprowadzone badania w RFN brykietciarki samojezdnej firmy John

Deere 400 wyposażonej w tłokowy zespół roboczy, wykazały, że maszyna ta może wykonywać brykiety tylko z lucerny i koniczyny o bardzo niewielkim zakresie wilgotności tj. od 15 do 20%. W sprzyjających warunkach maszyna ta uzyskiwała wydajność efektywną zaledwie około 3-4 t/h. Stwierdzono również niecelowość i nieekonomiczność stosowania tego typu brykieciarki w warunkach rolnictwa RFN.

A zatem mimo wielu zalet jakimi charakteryzuje się technologia zbioru zielonek w postaci brykietów, w warunkach klimatu europejskiego nie znalazła ona dotychczas praktycznego zastosowania, a to głównie z braku odpowiedniej maszyny brykietującej.

NOWA METODA BRYKIETOWANIA

Zespołem brykietującym w maszynie zbierającej brykietującej zielonki nie wykazującym wyżej wymienionych niedogodności jest zespół pracujący według zasady zwijania. Podstawowym elementem tego zespołu są cztery wałki o kształcie stożkowym lub cylindrycznym, które mogą być tak usytuowane względem siebie, że tworzą wzdłużny kanał o kształcie cylindrycznym lub o kształcie hiperboloidy obrotowej w zależności od ich ustawienia w łożyskach (rys. 1).



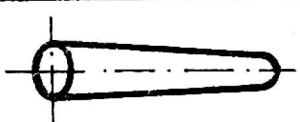
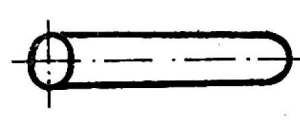
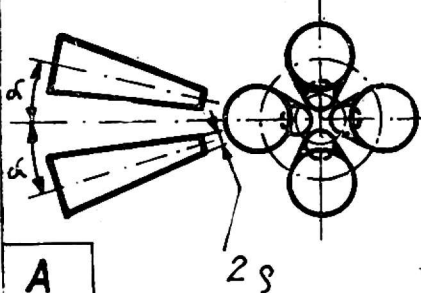
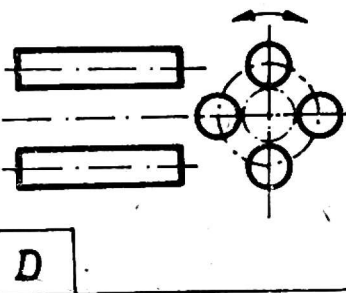
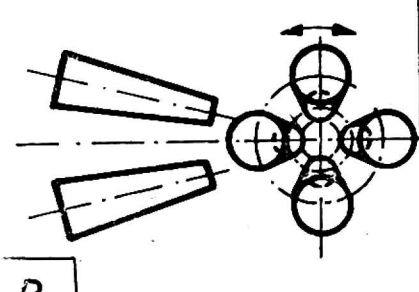
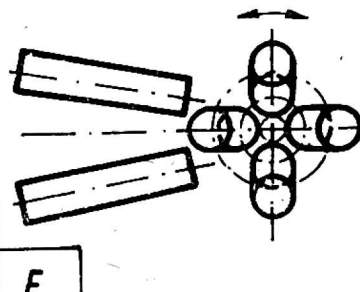
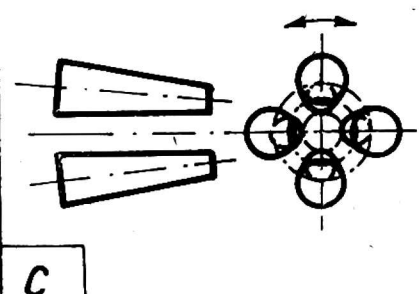
Rys. 1. Podstawowe schematy procesu roboczego brykietowania metodą zwijania; a) zespół cylindryczny z komorą hiperboliczną, b) zespół stożkowy z komorą stożkową

W szczelinę między wałkami wzdłuż ich długości podawany jest materiał, który podczas obrotu wszystkich napędzanych wałków w jednym kierunku jest wciągany w kanał roboczy, gdzie jest następnie obracany i zwijany w kształt walcowy. Wysuwający się wzdłuż osi kanału, brykietowany materiał jest cięty na brykiety o odpowiedniej długości.

Zespół zwijający w odróżnieniu od znanych dotychczas zespołów brykietujących może pracować przy każdej praktycznie wilgotności materiału oraz wykazuje znacznie niższe zapotrzebowanie mocy.

W dotychczasowej teorii maszyn rolniczych i obliczeniach konstrukcyjnych brak jest odpowiednich danych dla obliczeń zespołów brykietujących metodą zwijania.

Dlatego też celowe było przeprowadzenie w IBMER stanowiskowych badań eksperymentalnych zespołów brykietujących o różnych rozwiąza-

|  | <i>Dane techniczne</i> |  | <i>Dane techniczne</i> |
|--|--|---|---|
|  <p>A</p> | $D_{W1} = 60$ $D_{W2} = 160$ $2s = 9^{\circ}30'$ $d_{K1} = 60$ $d_{K2} = 80$ |  <p>D</p> | $D_{W1} = D_{W2} = 120$ $d_{K1} = d_{K2} = 80$ |
|  <p>B</p> | $D_{W1} = 100$ $D_{W2} = 120$ $2s = 2^{\circ}$ $d_{K1} = 60$ $d_{K2} = 80$ |  <p>E</p> | $D_{W1} = D_{W2} = 120$ $d_{K1} = 60$ $d_{K2} = 80$ |
|  <p>C</p> | $D_{W1} = 100$ $D_{W2} = 120$ $2s = 2^{\circ}$ $d_{K1} = d_{K2} = 80$ | | |
| <i>Robocza długość wałków $l = 600$</i> | | | |

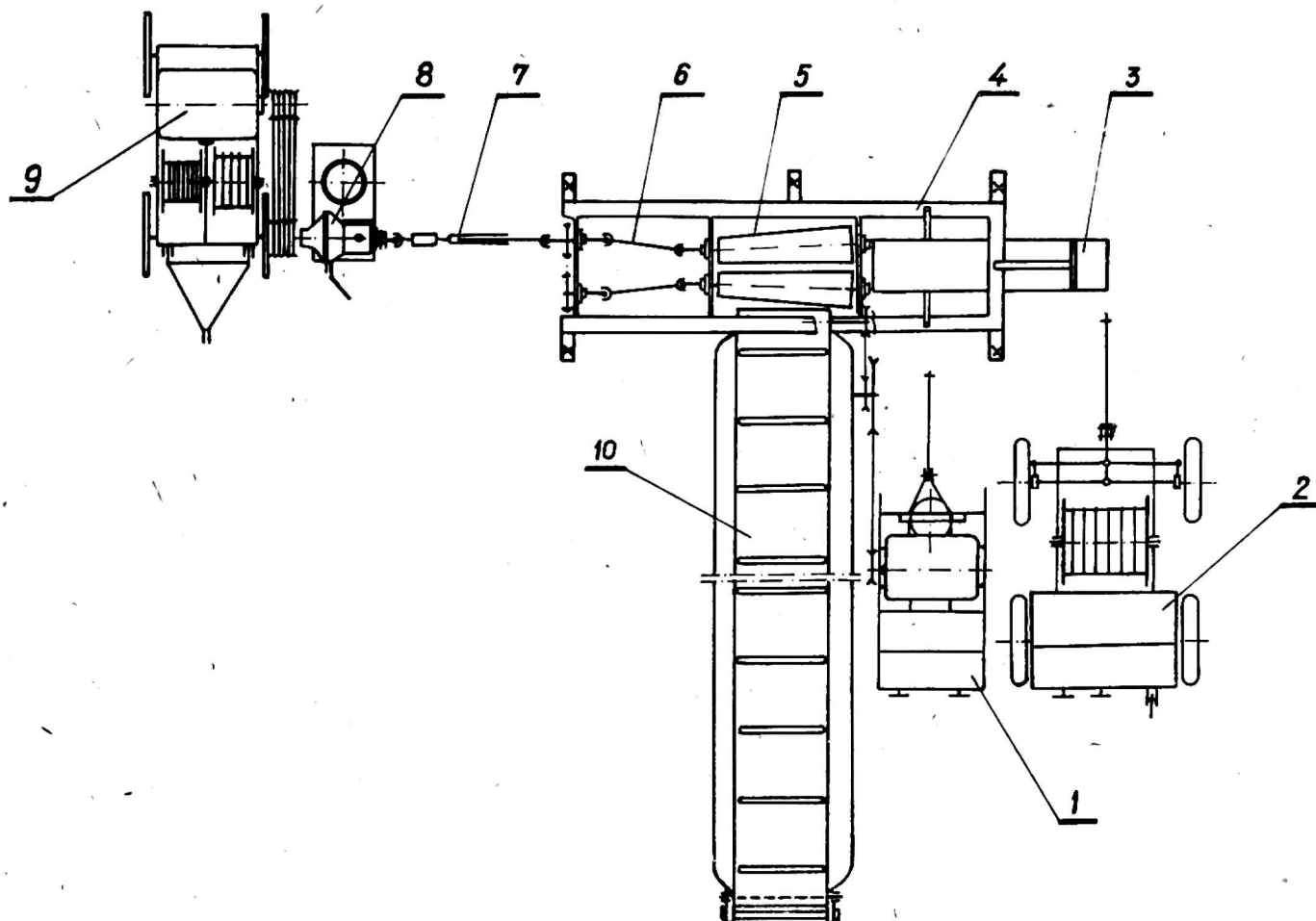
Rys. 2. Typy i układy geometryczne badanych zespołów brykietujących

niach konstrukcyjnych — układach i kształtach geometrycznych komór roboczych i wałków (rys. 2).

Badania te przeprowadzono pod kątem doboru optymalnych parametrów technicznych i roboczych takich zespołów z punktu widzenia tech-

nologiczności (funkcjonalności) i jakości ich pracy. W programie badań ograniczono się do zbadania procesu brykietowania na najbardziej charakterystycznej roślinie, jaką jest zielonka z lucerny.

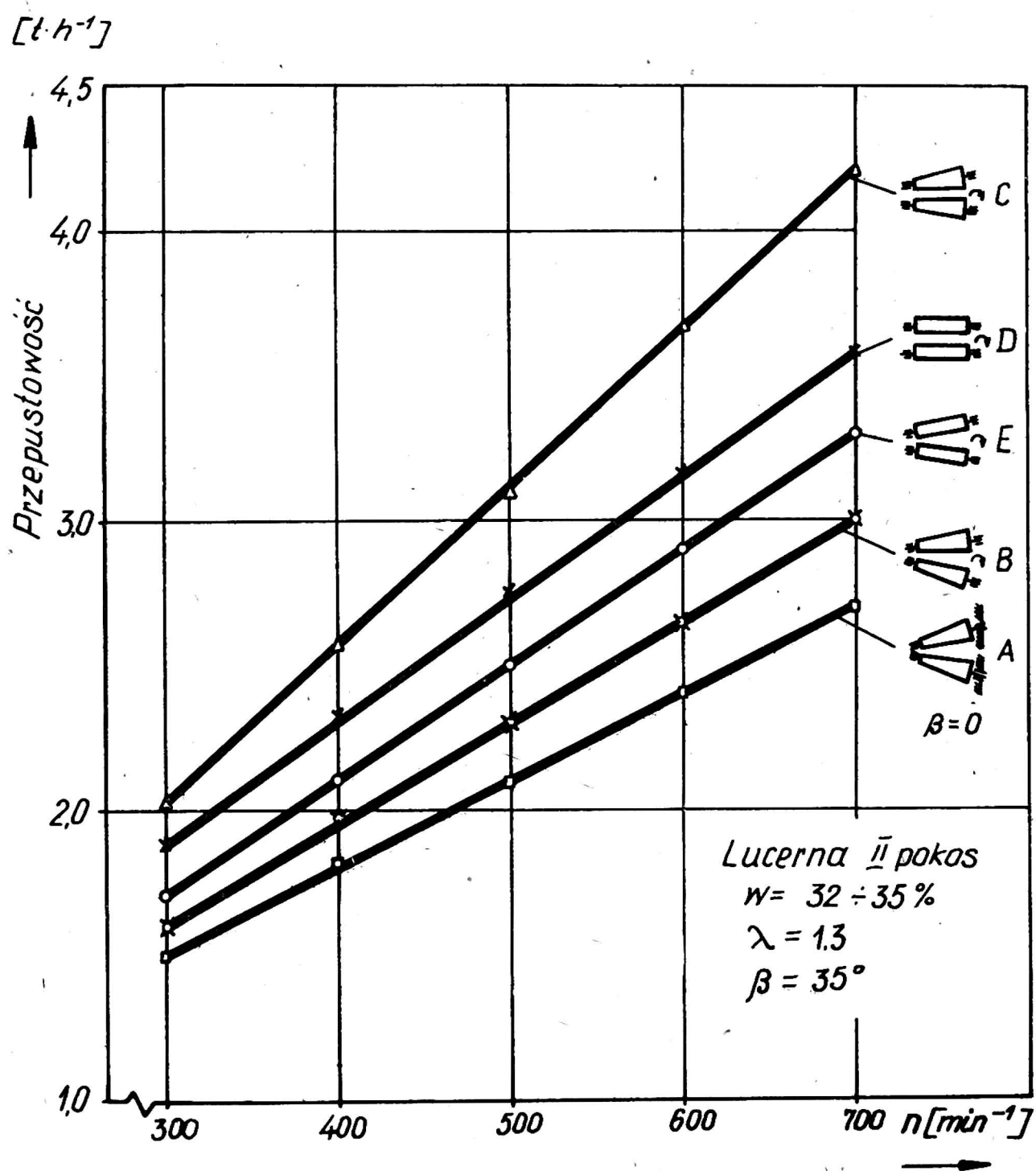
Stanowisko robocze (rys. 3), na którym prowadzono badania umożliwiało oprócz wyznaczenia podstawowych parametrów zespołu brykietującego, przeprowadzenie pomiarów całkowitego momentu obrotowego na wale głównym napędowym, jak i pomiaru sił działających na łożyska jednego z wałków podczas pracy zespołu w różnych warunkach.



Rys. 3. Schemat stanowiska do badań brykietowania zielonek metodą zwijania; 1 — silnik prądu stałego z pulpitem sterowniczym, 2 — pulpit sterowniczy napędu zespołu brykietującego, 3 — prowadnica, 4 — rama zespołu, 5 — zespół wałków roboczych, 6 — układ przegubów napędowych, 7 — główny wał napędowy ze sprzęgłem, 8 — skrzynka przekładniowa ze sprzęgłem, 9 — silnik prądu stałego, 10 — przenośnik zasilający

Dla dokonania oceny różnych zespołów roboczych zastosowano następujące kryteria: trwałość brykietów, straty roślin powodowane zespołami (okruszanie) przepustowość oraz wskaźniki energetyczne.

Wyniki badań nad doborem optymalnej wilgotności zielonki ze względu na trwałość brykietów wykazały, że dla uzyskania wysokiej trwałości brykietów wykonanych z lucerny, wilgotność jej powinna zawierać się w granicach 35-55%. (Pod pojęciem trwałości brykietu należy rozumieć



Rys. 4. Wpływ liczby obrotów badanych zespołów na przepustowość

odporność na rozwijanie się jego poszczególnych zwiniętych warstw. Wyznaczono ją wg próby testowej na stanowisku metodą wstrząsową).

Dla uzyskania współczynnika trwałości brykietów około 0,9, zagęszczenie ich powinno wynosić około 650 kg/m^3 .

W wyniku przeprowadzonych badań porównawczych pięciu zespołów stwierdzono, że pod względem trwałości produkowanych brykietów, najbardziej korzystne wyniki uzyskał zespół typu B (o wałkach stożkowych i komórce stożkowej ze zmianą położenia osi wałków względem osi komory zwijania) oraz zespół typu C (o wałkach stożkowych i komórce o kształcie hiperboloidy).

W przeciętnych warunkach pracy przy przepustowości $2,7 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$ zespoły te uzyskują współczynniki trwałości brykietów kolejne, odpowiednio — 0,94 i 0,93 oraz bardzo duża liczba cykli oscyluje w przedziałach klasowych zbliżonych do wartości $M_{\text{śr}}$. Przy przepustowościach $2,7 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$ (powyżej $650 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$) moment obrotowy na wale napędowym jest mniej stabilny i różnica między M_{max} a M_{min} wynosi 210-240 Nm.

Należy jednak stwierdzić, że w porównaniu z zespołami tłokowymi maszyn brykietujących lub pras zbierających badane zespoły brykietujące metodą zwijania charakteryzują się znacznie równomierniejszym przebiegiem zmian momentu obrotowego.

Ze względu na straty okruszania zachodzące w czasie procesu brykietowania, najlepsze wskaźniki uzyskały zespoły typu C i D. Również przy przepustowości $2,7 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$ straty te nie przekraczały 2-3%.

Najwyższą przepustowość, spośród badanych pięciu zespołów uzyskał zespół typu C. Pod względem funkcjonalności działania pracuje on najbardziej poprawnie i przy $n = 700 \text{ obr. min}^{-1}$ uzyskuje wydajność efektywną $4,2 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$ (rys. 4).

W porównaniu z zespołem D (charakteryzującym się wałkami cylindrycznymi i komorą o kształcie hiperboloidy), zespół typu C wykazał się najniższymi wskaźnikami energetycznymi.

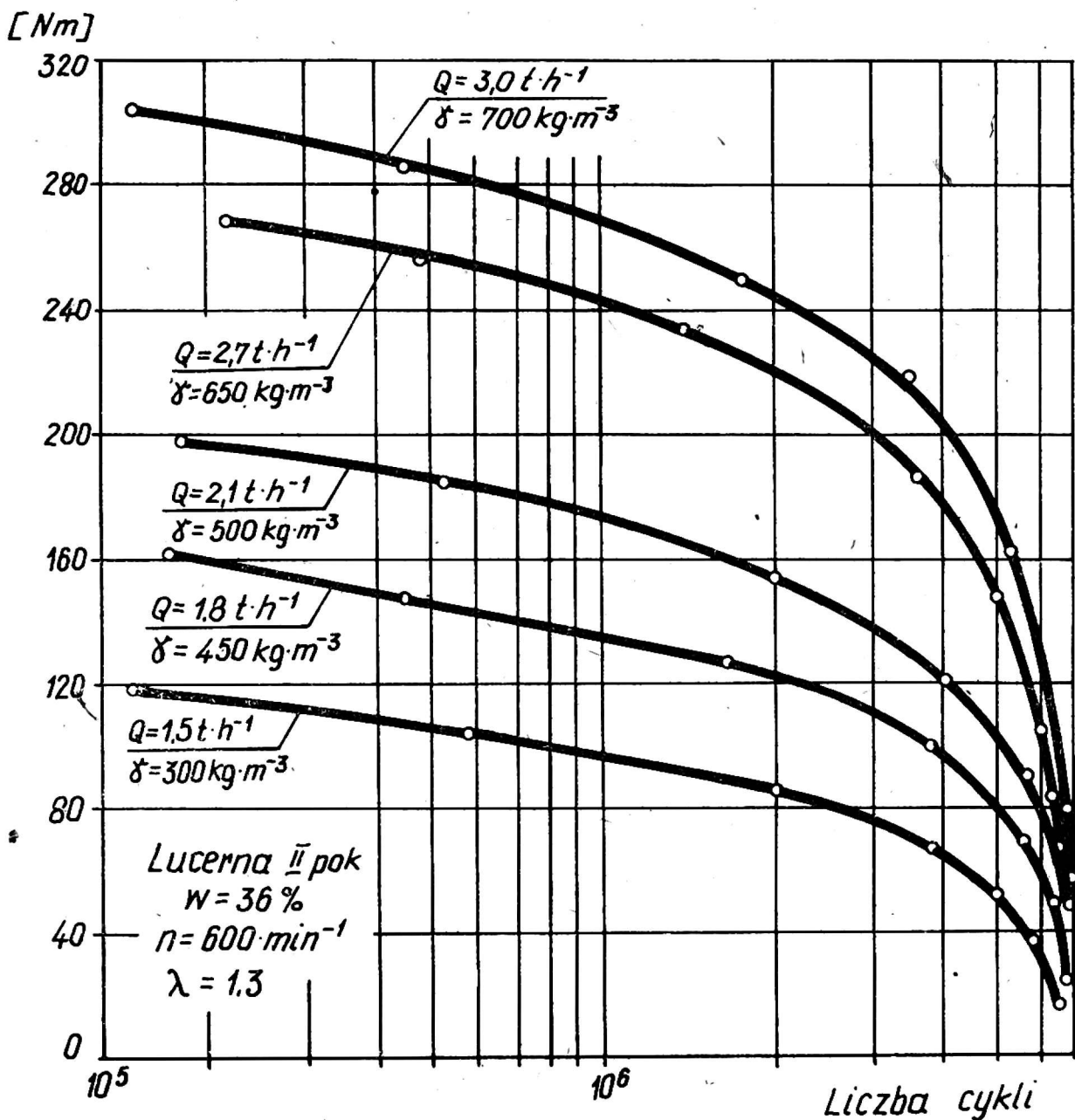
Całkowity średni pobór mocy przez ten zespół przy przepustowości $3,3 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$ wynosi ok. 14 kW (max. ok. 22 kW).

Jednostkowy zaś pobór mocy w odniesieniu do jednej tony przepustowości w przypadku mocy średnich wynosi $4,22 \text{ kW}\cdot\text{t}^{-1}$ ($5,72 \text{ KM}\cdot\text{t}^{-1}$) i w przypadku mocy maksymalnych $6,65 \text{ kW}\cdot\text{t}^{-1}$ ($9,01 \text{ KM}\cdot\text{t}^{-1}$). Maksymalne siły (reakcje) działające na obydwie łożyska jednego z wałków tego zespołu wykazują dość znaczne różnice i wynoszą 4300 N po stronie wylotu i ok. 1250 N po stronie przeciwnej do wylotu.

Na rysunku 5 przedstawiono widmo momentu obrotowego M występującego na głównym wale napędowym podczas pracy zespołu typu C z różnymi przepustowościami Q i różnym zagęszczeniem. Z przebiegu krzywych przedstawiających zmienność momentu obrotowego oraz częstości ich występowania w przeliczeniu na 100 godzin pracy efektywnej, można wnioskować, że najkorzystniejszy rozkład momentu obrotowego występuje przy przepustowości $Q = 1,5 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$ do $Q = 2,1 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$ ($\gamma = 300\text{-}500 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$). Przy tych przepustowościach oraz zagęszczeniu rozpiętość między M_{max} a M_{min} wynosi ok. 100-140 Nm.

Na podstawie wyników badań stanowiskowych w 1975 r. Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych w Poznaniu wykonał model brykieciarki polowej. Maszyna ta aktualnie przechodzi badania w IBMER. Ze wstępnych badań wynika, że maszyna ta nie jest jeszcze dopracowana kon-

strukcyjnie. Wykazuje ona usterki funkcjonalne, głównie urządzenia obcinającego brykiety i dlatego uzyskuje ona przepustowość zaledwie do ok. 2,0 t/h.



Rys. 5. Widmo momentu obrotowego na wale głównym napędowym przy pracy zespołu typu C z różnymi przepustowościami Q

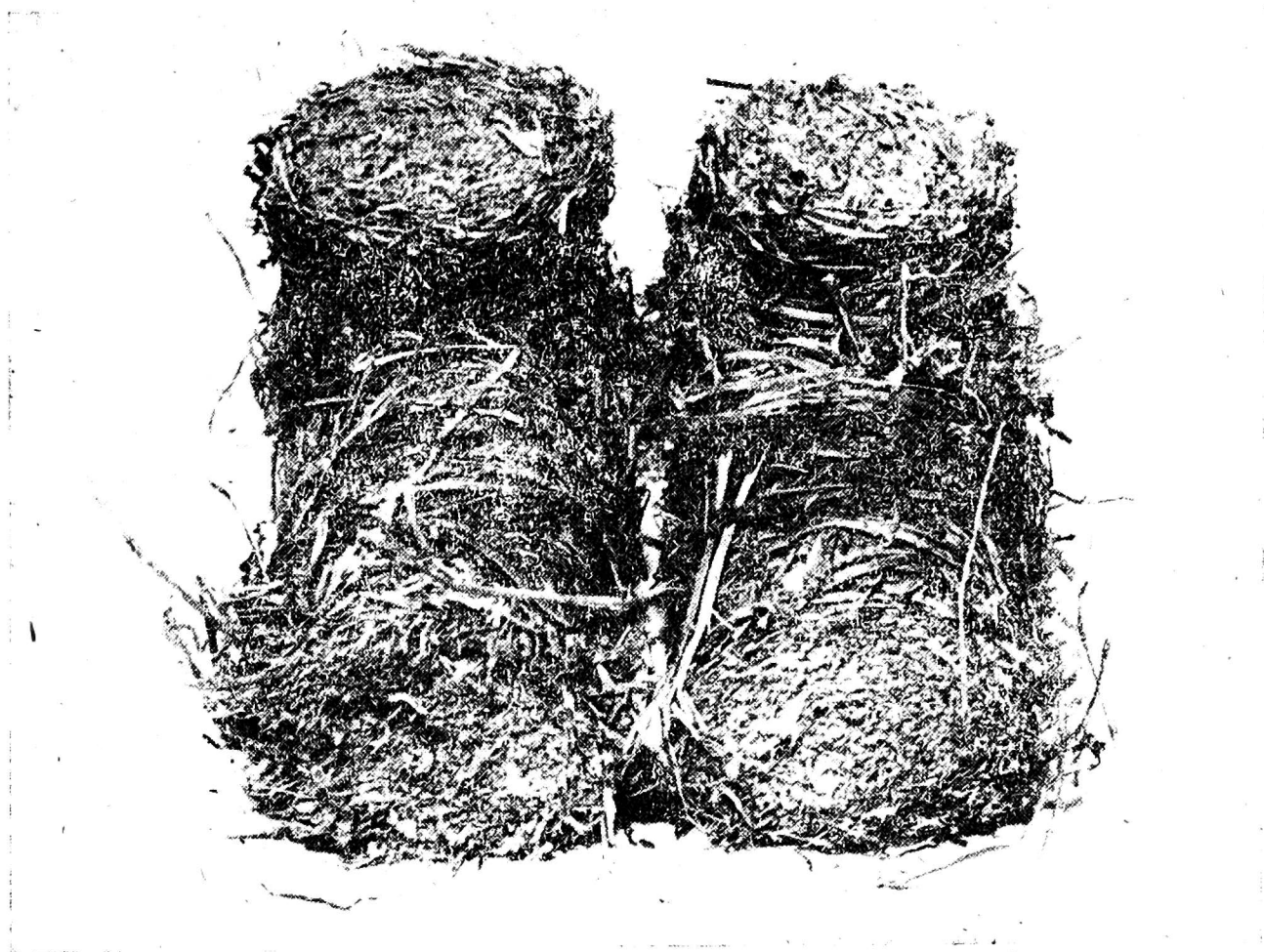
WSTĘPNE BADANIA NAD KONSERWACJĄ PÓLSUCHYCH BRYKIETÓW

Równoległe z badaniami mającymi na celu dobór parametrów zespołu brykietującego zielonki metodą zwijania oraz badaniami maszyny polowej, przeprowadzono wstępne doświadczenia laboratoryjne związane z konserwacją brykietów zwijanych (próbki po ok. 100 kg) dwoma metodami tj. przez:

— dosuszanie brykietów bez dodatku konserwantu,

— zadawanie (opryskiwanie) lucerny przed brykietowaniem kwasem propionowym.

W pierwszym wypadku konserwacji suszono brykiety z lucerny o wilgotności początkowej $W_1 = 35,2\%$ i przy temperaturze czynnika suszącego $25,6^\circ\text{C}$. Średnie zagęszczenie brykietów wynosiło 510 kg/m^3 . Po upływie 30 godzin suszenia otrzymano materiał o wilgotności końcowej $W_k = 13,2\%$.



Rys. 6. Widok wykonanych brykietów

Przeprowadzona ocena organoleptyczna całej partii wysuszonych brykietów (ok. 100 kg) o zagęszczeniu do 600 kg/m^3 nie wykazała zmian organoleptycznych ocenianej partii. Natomiast w kilku brykietach o zagęszczeniu powyżej 650 kg/m^3 zauważono zmiany organoleptyczne w postaci pleśni, co świadczyłoby o niemożliwości dosuszania tych brykietów w warunkach przyjętych w doświadczeniu.

Przeprowadzona następnie ocena biochemiczna nie wykazała zmian w zawartości poszczególnych składników chemicznych po przeprowadzeniu doświadczenia.

W drugiej metodzie konserwacji lucernę o wilgotności około 35% przed brykietowaniem opryskano kwasem propionowym o różnym stężeniu i

różnych dawkach. Ze wstępnych badań wynika, że brykiety z lucerny o wilgotności około 35% zaprawianej kwasem propionowym w ilości 2,2% (w stosunku do masy lucerny) przechowywane luzem przez kilka miesięcy nie pleśniały i zachowały świeży wygląd oraz zapach. Natomiast brykiety zaprawione niższą dawką kwasu propionowego oraz ułożone w większej masie uległy częściowemu spleśnieniu.

Prowadzone równocześnie badania wpływu kwasu propionowego na straty składników odżywczych w zakonserwowanych brykietach nie wykazują strat suchej masy i białka surowego, tłuszczu, włókna, popiołu i bezazotowych wyciągowych. Straty wymienionych składników kształtują się na poziomie strat zachodzących w brykietach przechowywanych bez kwasu propionowego i zakonserwowanych przez suszenie.

WNIOSKI

1. Obecny stan zaawansowania prac konstrukcyjnych w zakresie brykieciarek zwijających nie pozwala jeszcze na wprowadzenie do rolnictwa tej techniki i technologii zbioru półsuchego siana w postaci brykietów w najbliższych kilku latach.

2. Dotychczasowe wyniki wykazują, że przepustowość pojedynczego zespołu brykietującego wynosi do około 5 t/h. Współczesna technika rolnicza wymaga wysokiej wydajności maszyn do zbioru i dlatego należy przewidywać, że po rozwiązaniu problemu konserwacji, będzie wymagana wydajność brykieciarki zbierającej w granicach 10-15 t/h. Oznacza to, że maszyna powinna być wyposażona w 2-3 jednostki brykietujące. Głównym problemem rozwiązania konstrukcyjnego takiej maszyny jest równomierne rozprowadzenie zebranego wału zielonek do wszystkich jednostek brykietujących.

3. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że równocześnie z doskonaleniem konstrukcji polowej brykieciarki zbierającej należy w szerszym zakresie niż dotychczas prowadzić prace badawcze nad konserwacją półsuchych brykietów celem ustalenia szczegółowych i optymalnych warunków konserwacji większych ilości wilgotnych brykietów.

4. Zastosowanie do konserwacji wilgotnych brykietów płynnych środków chemicznych konserwujących musi być poprzedzone ustaleniem optymalnych stężeń i dawek tych środków, jak też ustaleniem sposobu operacji opryskiwania półsuchej zielonki ze względu na równomierność oprysku.

Zagadnienia te wymagają dalszych badań specjalistycznych.

5. Technologia zbioru zielonek w formie półsuchych brykietów jest metodą mogącą przynieść znaczne korzyści na odcinku zbioru, konserwacji i skarmiania pasz z łądgowych roślin pastewnych. Wprowadzenie

tej nowej technologii musi być związane także ze zmianami w technologii i technice transportu, zadawania i skarmiania. Dlatego też należy kontynuować prace naukowo-badawcze i konstrukcyjne obejmujące w sposób kompleksowy technologię zbioru i skarmiania zielonek w formie brykietów.

LITERATURA

1. Breymayer H.: Heubrikettierung — ein Verfahren mit Zukunft? Mitt. der Dtsch. Geselsch., 15, 630-632, 1966.
2. Deutsche Landwirtschaft. Presse: „Brikettieren“ kommt., 11, 5, 1968.
3. Dobie J. B., Curley R. G., Ranning M., Persons R. S.: Feeding and economic values of wafered, hoy for dairies. ASAE Paper, 65, 640, 1965.
4. Gilewicz K.: Kryteria opłacalności stosowania połowych maszyn brykietujących rośliny zielone. Roczn. Nauk rol. Seria C-70-1, 1973.
5. Hanf C. H., Hell K. W.: Betriebswirtschaftliche Einordnung des Wickelbrikettierverfahrens in Grünlandbetriebe, Mitteil. der DLG, 49, 5.XII. 1618-1626, 1968. (Tłum. IMER, symbol XLVI/116).
6. Kanafojski Cz., Karwowski T.: Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych, T. 2, PWRiL, s. 538-544, Warszawa 1972.
7. Kobr Z., Čermak A., Lanča J.: Poznatky z vezkumu briketovani pice swinovacim z posubem w ČSSR. Zemeldelska Technika, 10, 621-633, 1970.
8. Lanča J., Čermak A.: Dalsi poznatky z vyzkumu briketovani pice a nektere zyzikolne — mechanicke hodnoty briket vytvorených svinovanim. Zemeldelska Technika, 10, 649-662, 1971.
9. Matthies H. J.: Heubrikettieren — Stand und Aussichten, Landtechnik 20, 19, s. 622-668; 1965.
10. Matthies H. J.: Hay wafering in Europe. Farm Mechanization, 209, 14-15, 1967.
11. Matthies H. J.: Verfahren und Aussichten der Heubrikettierung Mitt. der DLG. 49, 1615-1618, 1968.
12. Molitorisz J., Mc Colly H. F.: Development and analysis of the rolling -- compressing — wafering process. Trans ASAE, 12, 4, 419-425, 1969.
13. Osobow W. J.: Brikietowanie siana met. skruczwanija. Traktory i Sielchozmaszyny, 4, 1971.
14. Olszewski T.: Brykietowanie siana półsuchego — badania rozpoznawcze. Uzasadnienie celowości podjęcia tematu. (Synteza na podst. literatury) IMER, symb. XXII/453, 1971.
15. Scheffler E.: Grundsätzliche Gesichtspunkte zur Gestaltung von Wickelbrikettiermaschinen. Grundl. der Landt., nr 1, 2, 3 1970.
16. Schlepper und Landtmaschinen: Die Selbstfahrende Heubrikettier — Maschine ist da? 4, 127-128, 1967.
17. Zimmer E., Honig H.: Brikettierung und Garfutterbereitung. Mitt. der DLG, 49, 1622-1626, 1968. (Tłumaczenie IMER symbol XLVI/123).

Tadeusz Olszewski

ПОЛЕВОЕ БРИКЕТИРОВАНИЕ ЗЕЛЁНЫХ КОРМОВ — ПОЛОЖЕНИЕ
И ПЕРСПЕКТИВЫ

Резюме

В работе обсуждена проблема полевого брикетирования зелёных кормов. На основании литературы проведена оценка работы брикетировочных устройств, применяемых до сих пор. Затем обсужден новый метод брикетирования при помощи свёртки, а также достоинства брикетирующего органа, работающего согласно этому принципу. В свою очередь приведены собственные результаты испытаний различных брикетировочно-свёртывающих органов, а также модели полевого брикетирующего устройства, оборудованного свёртывающим органом.

В выводах найдено, что условием введения в сельское хозяйство технологии уборки зелёных кормов в виде свёрнутых брикетов является совершенствование конструкции полевой машины, а также разработки правильного консервирования полусухих брикетов.

Tadeusz Olszewski

FIELD WAFERING OF THE GREEN-CROP — ACTUAL KNOWLAGE AND
FUTURE

Summary

In this work problems of the wafering and wafering machinery was discused, with conjunction with literature review. Special attention was given to the new method of the wafering by rolling, and its advantage and disadvantage. Later authors own investigations of different rolling units were presented, and results from field tests of the rolling machinery.

Data shows that comercial production can be undertaken after some improvements of the rolling system, and after developement of the conservation method for the semi-dry wafers.