

ANALIZA PROCESU ŚCISKANIA NASION RZEPAKU W TEŚCIE OLEJOWYM

Henryk Sobczuk, Jerzy Tys

Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska, Politechnika Lubelska

ul. Nadbystrzycka 40, 20-618 Lublin

e-mail: h.sobczuk@fenix.pol.lublin

Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20- 290 Lublin

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki pomiarów punktu olejowego nasion rzepaku przeprowadzone w maszynie wytrzymałościowej INSTRON. W badaniach uwzględniono dwa podstawowe parametry nasion, decydujące o ich właściwościach mechanicznych: wilgotność i temperaturę. Pokazano wpływ tych czynników na wartość punktu olejowego i energię ściskania wydatkowaną do osiągnięcia punktu olejowego. Zastosowany zestaw pomiarowy umożliwia pomiar naprężenia i odkształcenia próbki w punkcie olejowym oraz energii wydatkowanej na ściskanie do osiągnięcia punktu olejowego. Przedstawiona metoda pomiaru parametrów procesu ściskania złoża nasion pozwala na opis przebiegu zjawiska relaksacji, występującego w próbce, które może być badane za pomocą użytego przez autorów zestawu aparaturowego. Wyraźny wpływ uwzględnionych w badaniu czynników, temperatury i wilgotności, wskazuje na główne zagrożenia dla składowanego w silosach materiału. Wyniki badań mogą przyczynić się do poszukiwania zabiegów hydrotermicznych, które ułatwią proces pozyskiwania oleju z nasion rzepaku podczas ich ściskania w prasach.

Słowa kluczowe: nasiona rzepaku, metoda tłoczenia na zimno, punkt olejowy, krzywa ściskania

WSTĘP

Jedną z technologii coraz częściej stosowanych do pozyskiwania oleju z nasion rzepaku jest metoda tłoczenia „na zimno”. Metoda ta wykorzystywana była już w starożytnych Chinach o czym nadmienienia Boatwright [3]. Technicznie jest bardzo prosta, czysta ekologicznie, nie wymaga dużych nakładów energetycznych i inwestycyjnych. Z tych powodów ten sposób pozyskiwania oleju jako komponentu biopaliw do silników o zapłonie samoczynnym jest najczęściej brany pod uwagę. Istotną wadą jest jego stosunkowo niska wydajność, spowodowana dużą zawartością oleju resztkowego w wytloku. Jak wykazują badania stężenie oleju w wytloku pochodzącym z różnych typów tłoczni wynosi od 10,5 do 14% [6,14,15,20]. Stanowi to problem

zarówno ekonomiczny jak i techniczny. Po pierwsze dlatego, że tak wysoki procent oleju w wytloku, stosowanym jako dodatek do pasz jest zbyt duży. Inny powód, to utrudnienie w bezpiecznym zagospodarowaniu wytloku, które wiąże się z koniecznością jego przechowywania. Zachowanie czystości mikrobiologicznej produktu z taką ilością tłuszczu, białka i wody wymaga intensywnych zabiegów organizacyjnych i technicznych. Wytlaki są doskonałą pożywką dla bakterii i grzybów i w krótkim czasie ulegają zepsuciu [1,2,8,9]. Nie mogą więc być dłuższy czas składowane (czas przechowywania nie może być dłuższy niż 15 dni), lecz powinny być natychmiast przetworzone na paszę [14].

Wydajność procesu wyciskania oleju z nasion rzepaku zależy od wielu cech takich jak: odmiana, stopień dojrzałości, wilgotność, a także od parametrów technologicznych jak na przykład temperatury suszenia [7,10,16,19]. Właściwości i charakterystyki opisujące zjawiska fizyczne zachodzące podczas tłoczenia powinny być definiowane i interpretowane w ramach modelu fizycznego odpowiedniego dla ośrodka porowatego jakim jest ściskane złożo nasion.

Badania w tym zakresie prowadzone były od dawna ze względu na praktyczną wagę zagadnienia. Mrema [13] opisał zjawisko filtracji oleju przez masę ziaren podczas tłoczenia oleju. Sukumaran an Singh [17] przebadał zależność ciśnienia w punkcie olejowym od wilgotności i szybkości ściskania nasion rzepaku.

Teoria klasyczna tłoczenia oleju zakłada, że podczas tego procesu następuje pękanie ścian komórkowych i w konsekwencji następuje przemieszczenie oleju poza komórki oraz jego filtracja przez złożo [12].

TEST PUNKTU OLEJOWEGO ORAZ JEGO INTERPRETACJA

Zgodnie z opracowaną przez Sukumaran, Singh [17] i Fornala i inn. [4,5,7,10] metodą, nasiona poddawano ściskaniu w metalowym cylindrze o powierzchni przekroju 1 cm^2 i głębokości 1,2 cm. Ze względu na znaczne siły występujące podczas testu, cały zestaw wykonany jest z wytrzymałego, grubościennego materiału. Cylinderek napełniano nasionami rzepaku i umieszczano wraz z obudową w maszynie wytrzymałościowej. Następnie ściskano je metalowym tłokiem, należącym do zestawu pomiarowego, ze stałą prędkością wykorzystując do tego celu maszynę wytrzymałościową INSTRON. Wartość siły nacisku tłoka w trakcie jego posuwu przekazywana była do komputera sterującego, gdzie zapisywana była w formie cyfrowej, jako funkcja czasu.

W momencie pojawienia się oleju na białej bibule umieszczonej w cylindrze, co interpretowano jako osiągnięcie punktu olejowego, zatrzymywano dalszy posuw tłoka ściskającego próbkę. Naprężenie mierzona w momencie pojawienia się oleju na bibule określana była jako „punkt olejowy”. Obserwowany w tym

momencie spadek ciśnienia był skutkiem dalszego wypływu oleju z nasion i przepływu oleju w próbce.

Test punktu olejowego określa zdolność oleju do wypływu z nasion pod wpływem odkształcenia. Jest to charakterystyka całościowa, specyficzna dla tego konkretnego testu, z pewnością związana z geometrią zestawu pomiarowego i wielkością próbki nasion. Wyniki pomiarów uzyskane za pomocą opisanego zestawu mogą być jednak porównywane ze sobą.

Z praktycznego punktu widzenia punkt olejowy jest ważny z dwóch powodów. Po pierwsze ma znaczenie w przechowalnictwie, gdyż w silosach dochodzi czasami do wycieku oleju z nasion pod wpływem nacisku górnych warstw złoża i niewłaściwych warunków przechowywania lub parametrów nasion (wilgotność nasion, temperatura). W efekcie dochodzi do zbrylenia nasion i zaczopowania silosu. Pomiar punktu olejowego pozwala na poznanie przyczyn i warunków wypływu oleju z nasion i umożliwia zapobieżeniu temu groźnemu zjawisku występującemu w silosach.

Drugim ważnym zagadnieniem budzącym ostatnio duże zainteresowanie jest problem tłoczenia oleju z nasion rzepaku w prasach. Przegląd literatury [6,14,15,20], jak i przeprowadzone badania własne wskazują na małą efektywność olejarni stosujących metodę tłoczenia nasion rzepaku. W wielu pracach uzysk oleju oceniany jest na około 0,25-0,38 [11,18]. Badania wykonane na wytloku pochodzącym z olejarni niemieckich wykazały, że ten wskaźnik w przypadku olejarni półprzemysłowych (pracujących aktualnie w Niemczech) nie został do chwili obecnej istotnie poprawiony. Zawartość oleju w wytloku pochodzącym z prasy (Linia De Smet) wynosiła 16%. Biorąc pod uwagę, że w nasionach rzepaku występuje około 43% tłuszczu oznacza, że aż 37% tłuszczu nie udało się odzyskać (badania wykonano na 10 próbach pochodzących z 2 różnych linii).

Punkt olejowy jest więc ważnym parametrem charakteryzującym masę nasion rzepaku. Jego znajomość może być przydatna w ustaleniu parametrów procesu tłoczenia jak również projektowania urządzeń do tłoczenia oleju.

TEMPERATURA I WILGOTNOŚĆ A WARTOŚCI PUNKTU OLEJOWEGO

Temperatura nasion oraz ich wilgotność znacząco wpływają na punkt olejowy. Przy uwzględnieniu wielu różnych kombinacji tych parametrów, poszukiwano optymalnych własności technologicznych. Ze względu na to, że przechowywanie i tłoczenie są elementami ciągu technologicznego i mają przeciwstawne wymagania, należy poszukiwać kompromisu pomiędzy łatwością wypływu oleju, a pewnością przechowywania nasion rzepaku.

Wilgotność nasion jest ważnym parametrem charakteryzującym ich przydatność do przechowywania, jak i decydującym o wielkości naprężenia w punkcie olejowym. Badania przeprowadzono na próbkach nasion o wilgotności 6, 9 i 13% (tab. 1).

Tabela 1. Wpływ wilgotności nasion na właściwości mechaniczne próbki nasion
Table 1. Influence of moisture on mechanical properties of rapeseed sample

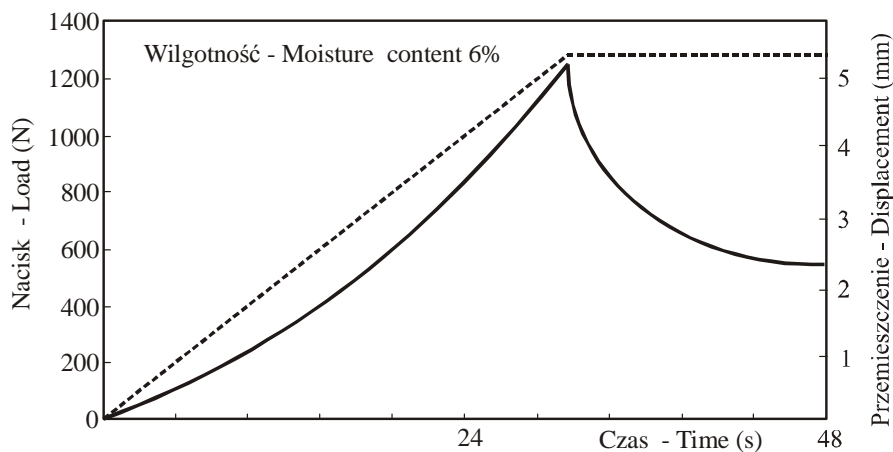
Wilgotność nasion Moisture content of rapeseed (%)	Punkt olejowy Oil point stress (kPa)	Odształcenie próbki ϵ Strain at oil point ($\text{mm} \cdot \text{mm}^{-1}$)	Energia ściskania Compression energy E (J)
6	11,6	0,48	2,4
9	13,2	0,46	1,5
13	20,5	0,43	0,9

Podniesienie wilgotności nasion z 6 do 13% powoduje prawie dwukrotny wzrost ciśnienia (z 11,6 do 29,5 kPa) koniecznego do uzyskania przez nasiona punktu olejowego. W tym czasie odkształcenie nasion zmniejsza się nieznacznie od 0,48 do 0,43 ($\text{mm} \cdot \text{mm}^{-1}$). Natomiast energia zużyta na ściskanie, liczona jako pole powierzchni zawarte pod krzywą ściskania, maleje wraz ze wzrostem wilgotności prawie trzykrotnie (z 2,4 do 0,9 J). Wyniki te sugerują, że woda zawarta w nasionach z jednej strony utrudnia wypływ oleju z tkanek roślinnych zwiększając naprężenie w punkcie olejowym, a z drugiej strony obniża energię zużytą na ściskanie próbki do punktu olejowego.

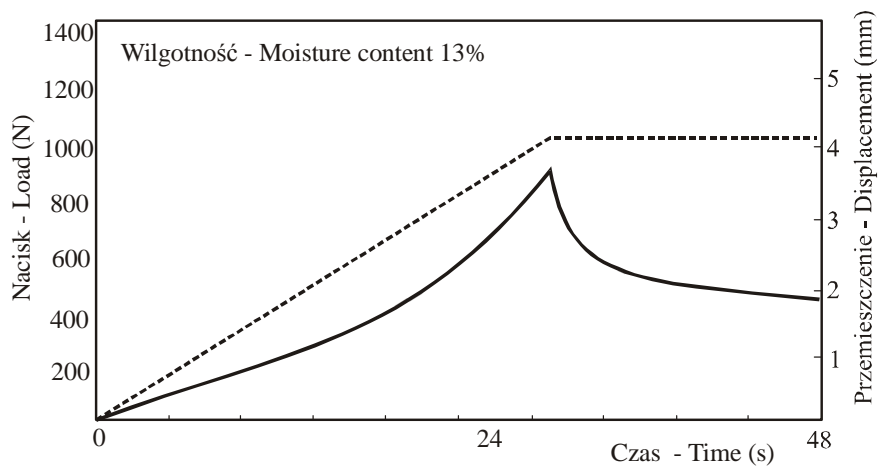
Krzywe ściskania korespondujące z wynikami przedstawionymi w tabeli 1 przedstawiono na rysunkach 1 i 2.

Na wykresach oś pozioma opisuje czas trwania testu. Na osi pionowej lewej zaznaczono mierzony nacisk, którego wykres opisuje linia ciągła, natomiast oś prawa opisuje przemieszczenie tłoka, którego ruch przedstawia linia przerywana. Obie krzywe uwidaczniają przebieg testu.

Jednostajny ruch tłoka w cylindrze powoduje systematyczne ściskanie próbki ze stałą prędkością, opisane linią prostą przerywaną nachyloną pod kątem do osi czasu i wychodzącą z punktu zerowego. Linia pozioma przerywana odpowiada maksymalnemu przemieszczeniu tłoka w momencie osiągnięcia punktu olejowego. Natomiast nacisk tłoka na próbkę nasion przedstawia linia ciągła o wznoszącym przebiegu, mająca swój początek w punkcie zerowym i o coraz bardziej stromym nachyleniu. W momencie stwierdzenia, że pojawił się olej na pasku bibuły operator przerywa posuw tłoka. Od tej chwili krzywa nacisku opada przedstawiając relaksację naprężenia w ściskanym materiale. Następuje to po uzyskaniu maksimum wyznaczającym punkt olejowy. W dalszej kolejności nacisk na próbkę spada i asymptotycznie zmierza do poziomej linii położonej na pewnej, niezerowej wartości.



Rys. 1. Przebieg ściskania podczas pomiaru punktu olejowego dla nasion o wilgotności 6%
Fig. 1. Characteristics of compressed sample during oil point measurement for rapeseed of moisture content to 6%



Rys. 2. Przebieg ściskania podczas pomiaru punktu olejowego dla próbki nasion o wilgotności 13%
Fig. 2. Compression curve in oil point measurement for sample of rapeseed of moisture content to 13%

Krzywa nacisku może być scharakteryzowana krańcowymi wielkościami zmierzonymi i taki sens ma ciśnienie oraz odkształcenie w punkcie olejowym. Można z niej także wyliczyć wielkość pochodną jaką jest energia (E), włożona w ściskanie materiału do punktu olejowego określona jako:

$$E = \int F dx$$

Wielkość ta reprezentuje pole powierzchni zawarte pod krzywą wyznaczającą siłę nacisku F , podczas przesuwu tłoka w funkcji jego położenia (rys. 3). Energia ściskania jest istotna z technologicznego punktu widzenia, gdyż związana jest z ilością energii wydatkowanej na ściskanie materiału roślinnego do pojawienia się wolnego oleju.

Wpływ temperatury nasion rzepaku na punkt olejowy oraz energię ściskania przedstawiono w tabeli 2. W badaniach uwzględniono temperaturę 20, 40, 60, 100 i 150°C.

Uzyskane wyniki wskazują, że temperatura nasion wpływa jednoznacznie na charakterystyki punktu olejowego.

Tabela 2. Wpływ temperatury nasion na właściwości mechaniczne próbki nasion

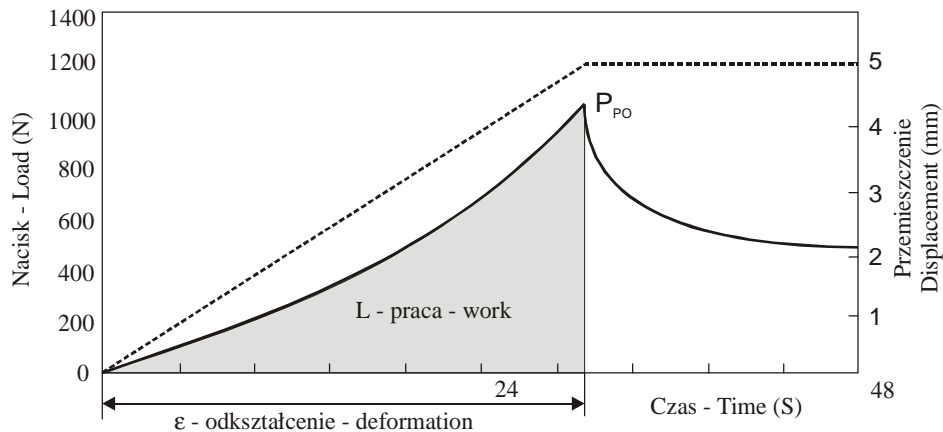
Table 2. Influence of temperature on mechanical properties of rapeseed bed

Temperatura suszenia nasion Drying temperature of rapeseed (%)	Punkt olejowy Oil point stress (kPa)	Odształcenie próbki ε Strain at oil point (mm·mm ⁻¹)	Energia ściskania Compression energy E (J)
20	11,6	0,48	2,6
40	10,5	0,46	2,1
60	8,5	0,43	1,6
100	7,7	0,45	1,4
150	5,6	0,40	0,8

Przy zwiększaniu temperatury nasion od 20 do 150 stopni Celsjusza wartość naprężenia w punkcie olejowym spada monotonicznie od 11,6 do 5,6 kPa przy jednoczesnym spadku odkształcenia od 0,48 do 0,40 mm·mm⁻¹ oraz wyraźnym spadku energii ściskania od 2,4 do 0,8J. Wysoka temperatura próbek powoduje spadek wartości naprężenia w punkcie olejowym co świadczy o zmianach strukturalnych tkanki. Z badań wykonanych przez Fornalę i in. [4,10] wynika, że wysoka temperatura powoduje zmiany mikrostruktury i utratę otoczek przez kuleczki tłuszczowe i rozlewanie się tłuszczu po całej treści komórkowej.

W doświadczeniu polegającym na ścisaniu nasion rzepaku obserwowane są dwa typy zależności czasowej. Pierwszy typ zależności, podczas jednostajnego ściskania charakteryzuje się wzrostem mierzonej siły. Wzrost siły nacisku jest zwykle większy przy wyższej wartości odkształcenia. Na rysunku 3 zaznaczono powierzchnię, która reprezentuje pracę ściskania do osiągnięcia wypływu oleju z próbki nasion. Druga część wykresu to typowa relaksacja materiału, która następuje po ustaleniu odkształcenia spowodowanym zatrzymaniem posuwu tłoka. Kształt

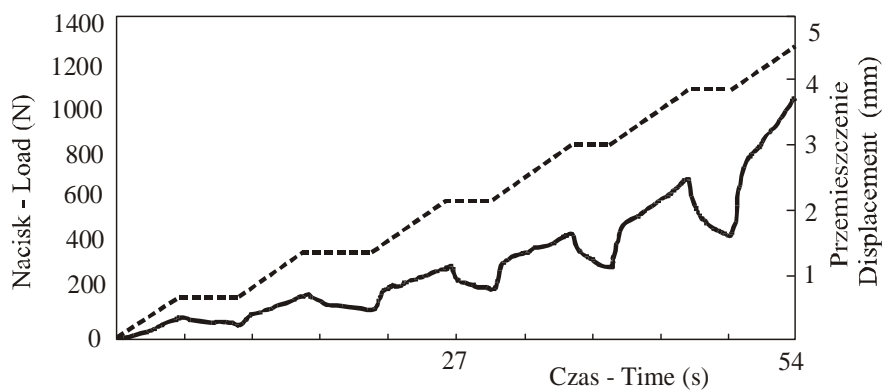
charakterystyk napężenie-odkształcenie zależy również od zastosowanej szybkości ściskania. Zjawisko ściskania sprzężone jest z wewnętrznym przepływem oleju w próbce, różnym w obu częściach krzywej.



Rys. 3. Zależność nacisku od odkształcenia podczas testu punktu olejowego

Fig. 3. Dependence between stress and strain during oil point test

Aby to pokazać wykonano przykładowy pomiar z przerywanym posuwem tłoka ściskającego próbkę. Przykładowa krzywa zmierzona w aparacie INSTRON potwierdza występowanie omawianego zjawiska (rys. 4). Krzywa przedstawia przebieg zmian naprężenia w funkcji odkształcenia podczas procesu ściskania prowadzonego naprzemiennie z posuwem nominalnym i zatrzymaniem tłoka ściskającego.



Rys. 4. Zmierzona krzywa ściskania reprezentująca relaksację naprężeń w trakcie testu ściskania

Fig. 4. Measured compression curve that shows relaxation of stress during the compression test

W czasie zatrzymania posuwu tłoka obserwowany jest spadek siły nacisku spowodowany relaksacją naprężeń w masie nasion. Punkt olejowy nie został tu osiągnięty, a więc relaksacja związana jest z wewnętrznym przemieszczaniem oleju.

Przeprowadzony pomiar demonstruje złożoność zjawisk zachodzących w próbce ściskanych nasion rzepaku. Interpretacja fizyczna zjawiska przemieszczania się oleju w nasionach rzepaku pod wpływem ściskania wymaga dalszego opracowania.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W pracy przedstawiono wyniki pomiarów punktu olejowego nasion rzepaku przeprowadzone w maszynie wytrzymałościowej INSTRON. W badaniach uwzględniono dwa podstawowe parametry nasion, decydujące o ich właściwościach mechanicznych: wilgotność i temperaturę. Pokazano wpływ tych czynników na wartość punktu olejowego i energię ściskania wydatkowaną do osiągnięcia punktu olejowego. Zastosowany zestaw pomiarowy umożliwia pomiar naprężenia i odkształcenia w punkcie olejowym oraz energii ściskania do osiągnięcia punktu olejowego. Przedstawiona interpretacja procesu ściskania złoża nasion pozwala na opis przebiegu zjawiska relaksacji naprężeń, występującego w próbce. Wyraźny wpływ uwzględnionych w badaniu czynników (temperatura, wilgotność) wskazuje na główne zagrożenia dla składowanego w silosach materiału, pozwala również przypuszczać, że zabiegi hydrotermiczne przeprowadzone na nasionach rzepaku mogą przyczynić się do ułatwienia wydobycia oleju z nasion rzepaku podczas ich ściskania w prasach.

PIŚMIENNICTWO

1. **Bielecka M., Biedrzycka E., Śmieszek M.:** Wpływ uszkodzeń nasion rzepaku na jakość białka i tłuszczu cz. II. Wpływ uszkodzeń i wilgotności nasion rzepaku na ich jakość mikrobiologiczną. *Rośliny oleiste*, XIII, 134-140, 1992.
2. **Bielecka M., Biedrzycka E., Śmieszek M.:** Warunki zbioru i przechowywania a jakość nasion rzepaku. Cz.II. Jakość mikrobiologiczna. *Rośliny Oleiste*, XV, 135-143, 1994.
3. **Boatwright J.H.:** A wedge press for oil extraction. *Approp. Technol.*, 6, (2) 24-25, 1979.
4. **Fornal J., Jaroch R., Kaczyńska B., Ornowski A.:** The influence of hydothermal treatment of rapeseeds on their selected physical properties and ability to crush during grinding. *Fat Sci. Technol.*, 94, 5, 192-196, 1989.
5. **Fornal J., Jaroch R., Sadowska J., Kaczyńska B.:** Mechaniczne właściwości nasion wybranych odmian i rodów rzepaku. Cz. I. Zesz. Probl. IHAR, 165-179, 1991.
6. **Fornal J., Piskula M., Ostaszyk A., Walewski J., Kozłowska H.:** Charakterystyka procesu tłoczenia nasion rzepaku w prasie 02 PVO. *Rośliny Oleiste*. XV, 160-170, 1994.
7. **Fornal J., Sadowska J., Jaroch R., Kaczyńska B., Winnicki T.:** Effect of drying of rapeseeds on their mechanical properties and technological usability. *Int. Agrophysics*, 8 (2), 215-224, 1994.
8. **Fornal J., Sadowska J., Jaroch R., Szot B.:** Wpływ uszkodzeń nasion rzepaku na jakość białka i tłuszczu. Cz. I. Wpływ uszkodzeń oraz przechowywania nasion rzepaku na jakość tłuszczu. *Rośliny Oleiste*, XIII, 123-133, 1992.

9. **Fornal J., Winnicki T., Jaroch R., Sadowska J., Zadernowski R., Górski T.:** Wpływ uszkodzeń nasion rzepaku na jakość białka i tłuszczu. *Rośliny Oleiste*, XIV(1), 165-173, 1992.
10. **Fornal J., Sadowska J., Jeliński T., Amarowicz R.:** Wpływ suszenia i przechowywania nasion rzepaku na ich fizyczne właściwości. Projekt Badawczy Nr 5 S307 085 04. 1995.
11. **Jackowska I., Krasucki W., Piekarski W., Tys J., Zajac G.:** Rzepak z pola do baku. PWRiL. Warszawa, 2004.
12. **Khan L.M., Hanna M.A.:** Expression of oil from oilseeds – a review. *J. Agric. Engng Res.* 28, 495-503, 1985.
13. **Mrema G.C., McNulty P.B.:** Mathematical model of mechanical oil expression from oilseeds. *J. Agric. Engng Res.*, 31, 361-370, 1985.
14. **Piotrowski J.:** Technologia i technika produkcji biodiesla z rzepaku. Biuro Informacji i Dokumentacji Kancelarii Senatu. Dział Informacji i Ekspertyz. OT-348. 02. 2003.
15. **Podkówka W., Podkówka Z., Dorszewski P.:** Wartość pokarmowe wytlóków z nasion rzepaku otrzymanych przy zastosowaniu prasy 02PVO. *Rośliny Oleiste*, XV, z.2, 179-182, 1994.
16. **Sadowska J., Fornal J., Ostaszyk A., Winnicki T.:** Evaluation of technological quality of rapeseeds dried in industrial driers. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 427, 127-135, 1995.
17. **Sukumaran C.R., Singh B.P.N.:** Compression of bed of rapeseeds: The oil point. *J. Agric. Engng Res.*, 42, 77- 84, 1989.
18. **Szulc R.M.:** Stan olejarstwa i jego najbliższe perspektywy rozwojowe. *Rośliny Oleiste*, XVI, 315- 322, 1995.
19. **Tys J., Sobczuk H., Rybacki R.:** Wpływ temperatury suszenia na właściwości mechaniczne nasion rzepaku. *Rośliny Oleiste IHAR*, XXIII, 417-426, 2002.
20. **Zadernowski R., Nowak-Połąkowska H., Lossow B., Markiewicz K.:** Technologia tłoczenia oleju z obłuskiwanych nasion rzepaku. *Rośliny Oleiste*, XV, z.2, 171-178, 1994.

ANALYSIS OF COMPRESSION PROCESS OF RAPESEED IN OIL POINT TEST

Henryk Sobczuk, Jerzy Tys

Institute of Environmental Protection Engineering, University of Technology
ul. Nadbystrzycka 40, 20-618 Lublin
e-mail: h.sobczuk@fenix.pol.lublin

Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, ul. Doświadczalna 4, 20- 290 Lublin
e-mail: jtys@demeter.ipan.lublin.pl

Abstract. In the paper results of measurement of oil point of rapeseed measured by INSTRON machine are presented. Two main parameters, moisture and temperature of rapeseed, that influence mechanical properties of rapeseed were taken into account in measurements. The influence of those parameters on oil point and strain energy has been shown. Measurement apparatus used allows to measure strain and stress in time, and maximal value of stress in oil point together with energy needed for compression of rapeseed. Measurement method of compression process of rapeseed bed allows to observe relaxation process after the oil point. Significant influence of parameters taken into account – moisture and temperature of rapeseed bed – points to the main factors that endanger storage process in silos.

Key words: rapeseed: cold oil expression, oil point, compression curve