

ZASTOSOWANIE ANALIZY CZYNNIKOWEJ
DO OCENY STRAT W CZASIE ZBIORU KOMBAJNEM ZBOŻOWYM

Andrzej Złobeki, Jerzy Langman

Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki
Uniwersytet Rolniczy
ul. Balicka 120, 30-149 Kraków
e-mail: zlobeki@ar.krakow.pl

Streszczenie. Wielkość strat, wynikających z zastosowania kombajnów zbożowych ma ogromne znaczenie ekonomiczne, szczególnie gdy rozpatruje się je w skali całego kraju. Są to straty bezpośrednie (ilościowe) i pośrednie (jakościowe). Straty te mają szczególne znaczenie w przypadku zbioru materiału siewnego, gdyż uszkodzenia mogą znacznie obniżyć jakość ziarniaków. Celem pracy było wykazanie, które z czynników w sposób istotny oddziałują na wielkość strat w czasie zbioru kombajnem. Do tego możliwe było wykorzystanie metod jakie udostępnia nam analiza czynnikowa. Wyniki badań dotyczące wpływu czynników mających wpływ na wielkość strat w czasie zbioru kombajnem zebrano w tabelach. Są one rezultatem badań różnych autorów zajmujących się tą problematyką. Przeprowadzono analizę czynnikową, która dała odpowiedź na pytanie, jakie czynniki są istotne przy powstawaniu strat w czasie zbioru kombajnem.

Słowa kluczowe: zbiór kombajnem zbożowym, ocena strat, analiza czynnikowa

WSTĘP

Postępująca intensyfikacja produkcji zbóż powoduje zastosowanie na szeroką skalę kombajnów zbożowych. We współczesnym rolnictwie, kombajn zbożowy jawi się jako maszyna nieodzowna, posiadająca szereg zalet, jak też i wad. Do jego zalet możemy zaliczyć wysoką wydajność, co wpływa na skrócenie czasu trwania żniw do optymalnego okresu agrotechnicznego, zmniejszenie pracochłonności produkcji ziarna oraz kosztów i nakładów robocizny. Niestety, zastosowanie kombajnu ma także ujemne strony. Największą wadą zastosowania kombajnu są straty ziarna (Arnold 1951, Arnold 1964, Ślipek 1978). Wielkość strat, wynikających z zastosowania kombajnów zbożowych ma ogromne znaczenie ekonomiczne, szczególnie gdy rozpatruje się je w skali całego kraju. Lecz nie tylko ilość traconego ziarna ma znaczenie. Drugim, równie istotnym dla produkcji rolniczej rodzajem strat, są straty pośrednie (Gieroba

i Dreszer 1986, Gieroba i Dreszer 1988). Wynikają one z mechanicznych uszkodzeń ziaren, powstałych w jako efekt zetknięcia się ziarniaka z ruchomym elementem roboczym kombajnu. Straty te mają szczególne znaczenie w przypadku zbioru materiału siewnego, gdyż uszkodzenia mogą znacznie obniżyć jakość ziarniaków (Goć 1971 i Ślipek 1983). Straty jakościowe mogą powodować wzrost strat ilościowych, gdyż wzrasta proces oddychania w uszkodzonych ziarnach, co poprzez samonagrzewanie się ziarna, pogarsza jego wartość użytkową lub całkowite zepsucie (Gieroba 1969).

Ograniczanie strat w czasie zbioru jest celowe i uzasadnione ekonomicznie. Mimo tego iż wiele czynników wpływa na wielkość powstawania strat, nadal nie do końca wiadomo w jaki sposób należy podejść do problemu zmniejszenia strat podczas zbioru kombajnowego (Gieroba i Dreszer 1998).

CEL I ZAKRES PRACY

Celem pracy było wykazanie, które z czynników w sposób istotny oddziałują na wielkość strat w czasie zbioru kombajnem oraz uzyskanie odpowiedzi na pytanie, czy jest możliwe wyeliminowanie niektórych czynników, jako mało istotnych. Do tego możliwe było wykorzystanie metod, jakie udostępnia nam analiza czynnikowa.

Analizę przeprowadzono na podstawie wyników badań autorów przedstawionych w wykazie literatury. Były to prace następujących autorów: Arnolda, Gieroby, Dreszera, Gocia i Ślipka.

Analiza czynnikowa

Analiza czynnikowa stanowi zespół metod i procedur statystycznych pozwalających na zredukowanie dużej liczby zmiennych do kilku wzajemnie nieskorelowanych czynników. Zachowują one stosunkowo dużą część informacji tkwiących w zmiennych pierwotnych, a jednocześnie każda z nich jest nośnikiem innych treści merytorycznych (Grabiński 1992).

W analizie czynnikowej wyodrębniamy każdy kolejny czynnik, następnie stawiamy pytanie ile czynników pozostawić. Jest to decyzja z natury arbitralna. Jest jednak kilka wytycznych, które się powszechnie stosuje i które w praktyce wydają się prowadzić do dobrych rezultatów.

Kryterium Kaisera. Po pierwsze, możemy zostawić tylko czynniki, które mają wartości własne większe niż 1. W istocie chodzi o to, że jeśli czynnik nie wyjaśnia zmienności przynajmniej tyle, ile wynosi jedna zmienna oryginalna, to go odrzucamy. To kryterium zostało zaproponowane przez Kaisera (1960) i prawdopodobnie jest najczęściej stosowane.

Test osypiska. Test osypiska zaproponowany przez Cattella (1966) jest metodą graficzną. Na prostym wykresie liniowym możemy przedstawić wartości własne z arkusza wyników. Cattell sugeruje, by znaleźć miejsce, od którego na prawo wy-

stępuje łagodny spadek wartości własnych. Na prawo od tego punktu przypuszczalnie znajduje się tylko „osypisko czynnikowe” – „osypisko” jest terminem geologicznym odnoszącym się do gruzu, który zbiega się w dolnej części urwiska skalnego.

Teoretycznie, kryteria te można ocenić generując dane losowe w oparciu o konkretną liczbę czynników. Następnie można sprawdzić, czy kryteria wskazują dokładnie tę liczbę czynników. Stosowanie pierwszej techniki (kryterium Kaisera) sprawia, że czasami zostaje zbyt wiele czynników, podczas gdy druga technika (test osypiska) czasami pozostawia ich zbyt mało. Obie sprawują się jednak dobrze w normalnych warunkach, to znaczy, gdy mamy relatywnie mało czynników i wiele przypadków. W praktyce, dodatkowym ważnym aspektem jest to, na ile rozwiązanie poddaje się interpretacji. Dlatego zazwyczaj bada się kilka rozwiązań z większą lub mniejszą liczbą czynników, a następnie wybiera się to, które wydaje się najbardziej „sensowne” (Grabiński 1992).

ANALIZA WYNIKÓW DOTYCHCZASOWYCH BADAŃ

Wyniki badań czynników mających wpływ na wielkość strat w czasie zbioru kombajnem, stanowiły podstawę do przeprowadzenia obliczeń metodą analizy czynnikowej. Były to następujące czynniki:

1. szczelina robocza bębna młócającego w kombajnie,
2. przepustowość kombajnu (dla różnych gatunków zbóż),
3. wilgotność zbieranego ziarna,
4. wielkość zasilania kombajnu (regulowaną prędkością jazdy),
5. obroty bębna młócającego,
6. siła wiązania ziarna z kłosem.

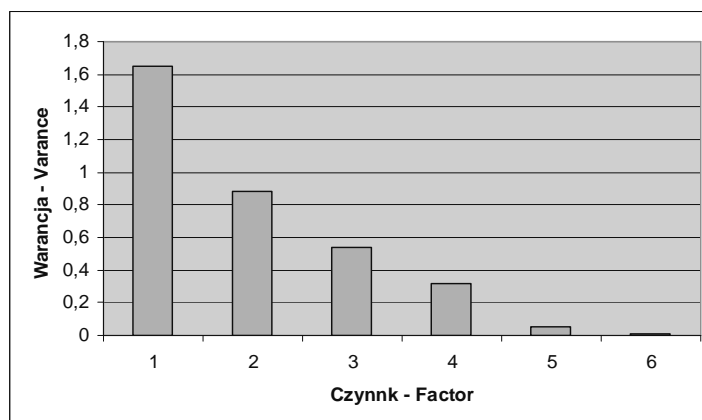
Dla danych tych obliczono wariancje – w analizie czynnikowej nazywane wartościami własnymi, wyjaśnione przez poszczególne czynniki oraz współczynniki korelacji. Wartości własne uszeregowano w kolejności malejącej i zobrazowano graficznie na rysunkach (rys. 1-6) zgodnie z kolejnością przedstawioną w tabelach 1-6. Przedstawiono na nich zależności poziomów wyliczonych według metody analizy czynnikowej wartości własnych – wariancji od poziomów danego czynnika wywołującego straty w czasie zbioru. Wyliczone wartości własne dały możliwość zastosowania analizy czynnikowej, jako metody redukcji danych. Metoda ta umożliwia odpowiedź na pytanie czy jest możliwe wyeliminowanie niektórych czynników, mających niewielki wpływ na powstawanie strat i uznanie ich za nieistotne.

Do dalszej analizy zastosować należy kryterium Kaisera. Mówi ono, że możliwe jest pozostawienie czynników, które należy uznać za istotne kiedy znormalizowana wartość własna jest większa od jedności. Stosując to kryterium dla przedstawionych danych należałoby odrzucić, czyli uznać za nieistotną wielkość zasilania, regulowaną prędkością jazdy kombajnu, dla strat ilościowych (niedomłotu) dla wszystkich analizowanych gatunków zbóż (rys. 1-4).

Tabela 1. Parametry analizy czynnikowej dla czynników mających wpływ na wielkość strat w postaci niedomłotu, w czasie zbioru ziarna jęczmienia

Table 1. Parameters of factorial analysis for factors having influence on the level of losses, such as unthreshed grain, during the harvest of barley grain

Czynnik na wykresie Factor on diagram	Czynnik Factor	Wariancja Variance	Skumulowana wartość własna Accumulated characteristic value	Współczynnik korelacji Correlation coefficient
1.	Szczelina robocza Working gap	1,65	1,65	0,99
2.	Przepustowość Throughput	0,88	2,53	0,95
3.	Wilgotność Moisture	0,54	3,08	0,97
4.	Siła wiązania Bond force	0,32	3,40	0,99
5.	Obroty bębna Drum rotation	0,05	3,46	-0,99
6.	Prędkość jazdy Speed	0,01	3,48	0,99



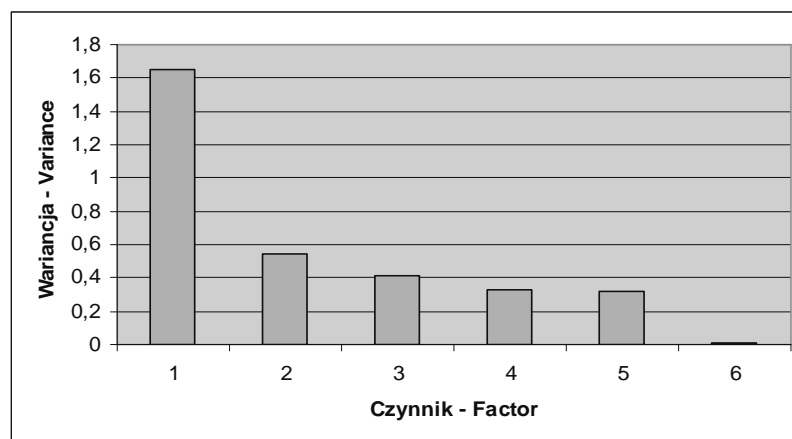
Rys. 1. Wykres skumulowanych wartości własnych dla niedomłotu jęczmienia (numeracja czynników w tabelach)

Fig. 1. Graph of accumulated characteristics values for unthreshed barley grain (numbering of factors according in tables)

Tabela 2. Parametry analizy czynnikowej dla czynników mających wpływ na wielkość strat w postaci niedomłotu, w czasie zbioru ziarna pszenicy

Table 2. Parameters of factorial analysis for factors having influence on the level of losses, such as unthreshed grain, during the harvest of wheat grain

Czynnik na wykresie Factor on diagram	Czynnik Factor	Wariancja Variance	Skumulowana wartość własna Accumulated charac- teristic value	Współczynnik korelacji Correlation coefficient
1.	Szczelina robocza Working gap	1,65	1,65	0,99
2.	Wilgotność Moisture	0,54	2,19	0,97
3.	Przepustowość Throughput	0,41	2,60	0,97
4.	Obroty bębna Drum rotation	0,33	2,94	0,99
5.	Siła wiązania Bond force	0,32	3,26	0,99
6.	Prędkość jazdy Speed	0,01	3,28	0,99



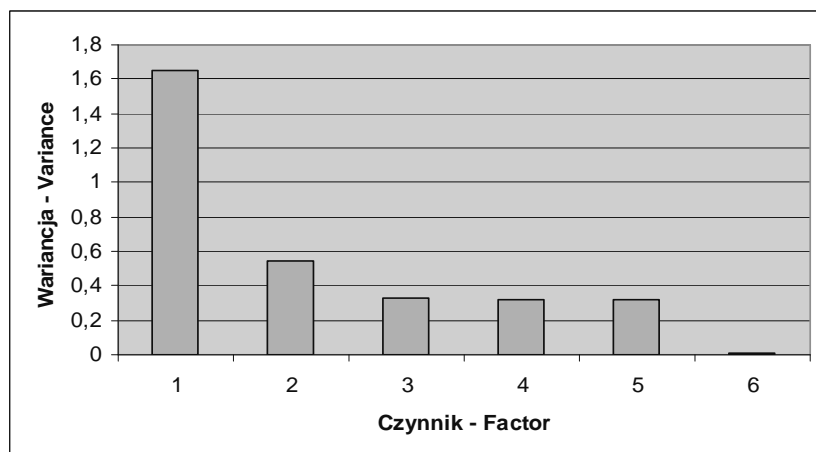
Rys. 2. Wykres skumulowanych wartości własnych dla niedomłotu pszenicy

Fig. 2. Graph of accumulated characteristic values for unthreshed wheat grain

Tabela 3. Parametry analizy czynnikowej dla czynników mających wpływ na wielkość strat w postaci niedomłotu, w czasie zbioru ziarna owsa

Table 3. Parameters of factorial analysis for factors having influence on the level of losses, such as unthreshed grain, during the harvest of oats grain

Czynnik na wykresie Factor on diagram	Czynnik Factor	Wariancja Variance	Skumulowana wartość własna Accumulated characteristic value	Współczynnik korelacji Correlation coefficient
1.	Szczelina robocza Working gap	1,65	1,65	0,99
2.	Wilgotność Moisture	0,54	2,19	0,97
3.	Obroty bębna Drum rotation	0,33	2,53	0,99
4.	Przepustowość Throughput	0,32	2,86	0,98
5.	Siła wiązania Bond force	0,32	3,18	0,99
6.	Prędkość jazdy Speed	0,01	3,20	0,99

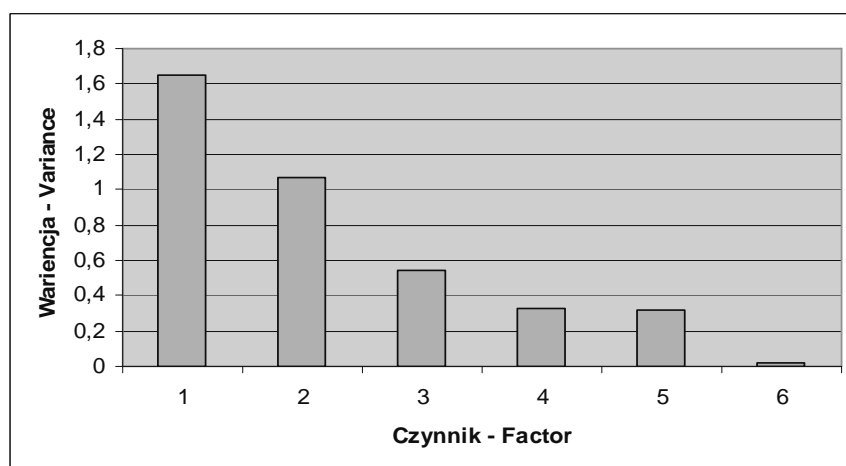


Rys. 3. Wykres skumulowanych wartości własnych dla niedomłotu owsa
Fig. 3. Graph of accumulated characteristic values for unthreshed oats grain

Tabela 4. Parametry analizy czynnikowej dla czynników mających wpływ na wielkość strat w postaci niedomłotu, w czasie zbioru ziarna żyta

Table 4. Parameters of factorial analysis for factors having influence on the level of losses, such as unthreshed grain, during the harvest of rye grain

Czynnik na wykresie Factor on diagram	Czynnik Factor	Wariancja Variance	Skumulowana wartość własna Accumulated characteristic value	Współczynnik korelacji Correlation coefficient
1.	Szczelina robocza Working gap	1,65	1,65	0,99
2.	Przepustowość Throughput	1,07	0,73	0,96
3.	Wilgotność Moisture	0,54	3,27	0,98
4.	Obroty bębna Drum rotation	0,33	3,60	0,99
5.	Siła wiązania Bond force	0,32	3,93	0,99
6.	Prędkość jazdy Speed	0,02	3,95	0,99



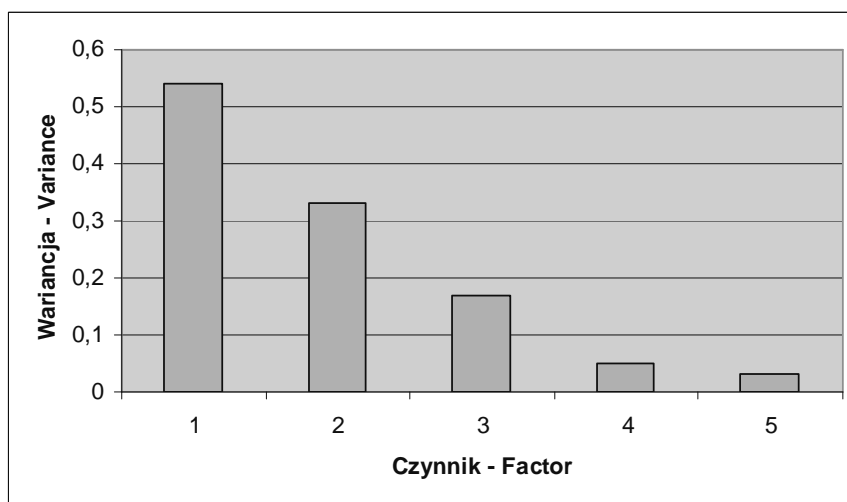
Rys. 4. Wykres skumulowanych wartości własnych dla niedomłotu żyta

Fig. 4. Graph of accumulated characteristic values for unthreshed rye grain

Tabela 5. Parametry analizy czynnikowej dla czynników mających wpływ na wielkość strat w postaci uszkodzeń, w czasie zbioru

Table 5. Parameters of factorial analysis for factors having influence on the level of losses, such as damaged grain, during the harvest of grain

Czynnik na wykresie Factor on diagram	Czynnik Factor	Wariancja Variance	Skumulowana wartość własna Accumulated characteristic value	Współczynnik korelacji Correlation coefficient
1.	Szczelina robocza Working gap	0,54	0,54	0,99
2.	Wilgotność Moisture	0,33	0,88	0,99
3.	Obroty bębna Drum rotation	0,17	1,06	0,99
4.	Siła wiązania Bond force	0,05	1,11	0,99
5.	Prędkość jazdy Speed	0,03	1,50	0,97



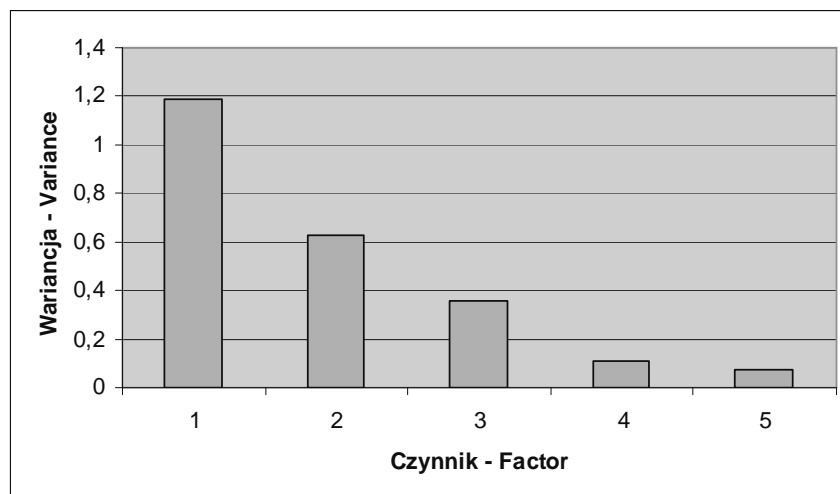
Rys. 5. Wykres skumulowanych wartości własnych dla uszkodzeń

Fig. 5. Graph of accumulated characteristic values for damaged grain

Tabela 6. Parametry analizy czynnikowej dla czynników mających wpływ na wielkość strat w postaci sumy niedomłotu i uszkodzeń, w czasie zbioru

Table 6. Parameters of factorial analysis for factors having influence on the level of losses, such as damaged and unthreshed grain, during the harvest of grain

Czynnik na wykresie Factor on diagram	Czynnik Factor	Wariancja Variance	Skumulowana wartość własna Accumulated characteristic value	Współczynnik korelacji Correlation coefficient
1.	Szczelina robocza Working gap	1,19	1,19	0,99
2.	Wilgotność Moisture	0,63	1,82	0,99
3.	Obroty bębna Drum rotation	0,36	2,18	-0,99
4.	Siła wiązania Bond force	0,11	2,30	0,99
5.	Prędkość jazdy Speed	0,07	2,37	-0,99



Rys. 6. Wykres skumulowanych wartości własnych dla sumy niedomłotu i uszkodzeń

Fig. 6. Graph of accumulated characteristic values for the sum of damaged and unthreshed grain

W przypadku strat jakościowych (uszkodzeń) stosując kryterium Kaisera nie należy z badanych czynników wyodrębniać takiego, który można uważać za nieistotny. Podobne wnioskowanie należy zastosować dla danych powstałych w wyniku sumowania strat jakościowych i ilościowych, czyli strat ziarna ogółem.

Stosując analizę czynnikową, jako metodę redukcji danych możliwy jest do zastosowania test „osypiska” zaproponowany przez Cattella. Jest to metoda graficzna, w której na prostym wykresie przedstawiającym wartości własne, wskazujemy miejsce od którego na prawo występuje ich łagodny spadek. Stosując to kryterium dla jęczmienia, jako nieistotny czynnik należałoby uznać prędkość jazdy kombajnu, a dla pozostałych gatunków zbóż obroty bębna, siłę wiązania i przepustowość w przypadku pszenicy i owsa, a obroty i siłę wiązania w przypadku żyta.

WNIOSKI

1. Zastosowanie analizy czynnikowej pozwoliło odpowiedzieć na pytanie, które czynniki można odrzucić jako oddziałujące nieistotnie na powstawanie strat w czasie zbioru kombajnem.

2. Stosując do analizy czynnikowej kryterium Kaisera, możemy wyeliminować wpływ wielkości obrotów bębna młócającego na straty ilościowe w czasie zbioru kombajnem.

3. Zastosowanie graficznego testu „osypiska” umożliwia uznać za nieistotne, taki czynnik jak obroty bębna i siła wiązania ziarna z kłosem dla większości analizowanych gatunków zbóż.

4. W przypadku analizy strat jako sumy niedomłotu i uszkodzeń test osypiska wykazał istotny wpływ, wszystkich analizowanych czynników na powstawanie strat.

PIŚMIENNICTWO

- Arnold R., 1951. The effect of harvest damage on the germination of barley. *J. Agric. Eng. Res.*, vol. 4, no. 1, 46-51.
- Arnold R., 1964. Experiments with rasp bar threshing drums. *J. Agric. Eng. Res.*, vol. 9, no. 2, str. 16
- Dreszer K., Gieroba J., Roszkowki A., 1998. *Kombajnowy zbiór zbóż*. IBMiER, Warszawa.
- Gieroba J., 1969. Zagadnienie przecierania masy zbożowej w szczelinie roboczej bębnowego zespołu młócającego. *Masz. i Ciąg. Roln.*, 9, 2-5.
- Gieroba J., Dreszer K., 1986. Problemy strat i uszkodzeń ziarna podczas kombajnowego zbioru. *Problemy Agrofizyki*, nr 50, Wyd. Ossolińskich PAN, Wrocław.
- Gieroba J., Dreszer K., 1988. Wpływ mechanicznych uszkodzeń ziarna pszenicy Grana na zdolność kiełkowania. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 351, 68-80.
- Goć K., 1971. Wpływ prędkości zasilania zespołu młócającego na proces omłacania. Praca doktorska, IBMiER, symbol dok. XVI/101, 31-35.
- Grabiński T., 1992. *Metody Aksonometrii*. Akademia Ekonomiczna w Krakowie.

- Miłosz T., 1993. Efektywność procesu zbioru zbóż kombajnami zbożowymi. Rozprawa habilitacyjna, IBMiER Warszawa.
- Ślipek Z., 1978. Wstępne porównanie wyników badań siły wiążącej ziarna kłosem i straty ziarna podczas zbioru zmechanizowanego. Roczn. Nauk. Roln. Ser.C, T.73, 2, 92-95.
- Ślipek Z., 1983. Wpływ zespołów roboczych kombajnu zbożowego na podstawie mechanicznych uszkodzeń ziarna pszenicy. Roczn. Nauk. Roln., ser C, T. 75, 65-69.
- Złobecki A., 2005. Metoda optymalizacji procesu omłotu w kombajnie zbożowym, Acta Agrophysica, 6(3), 845-854.

THE APPLICATION OF FACTORIAL ANALYSIS FOR THE ESTIMATION OF LOSSES IN COMBINE HARVESTING

Andrzej Złobecki, Jerzy Langman

Department of Mechanical Engineering and Agrophysics,
Faculty of Production and Power Engineering, Agricultural University
e-mail: zlobecki@ar.krakow.pl

Abstract. The level of losses from combine harvesting has a particular meaning in the scale of the whole country. They are direct (quantitative) and indirect (qualitative) losses. This is of particular importance in the case seed material, because damage inflicted to grain during the process of combine harvest can lower its quality. The aim of the work was to determine which factors have the most significant effect on the level of losses in combine harvesting, and the application of factorial analysis provided the method. The results of studies on the effect of factors influencing the level of losses in combine harvesting, by various authors involved in this field, are compiled in Tables. The factorial analysis performed provided an answer to the question what factors are insignificant in the generation of losses in combine harvesting.

Key words: combine harvesting, estimation of losses, factorial analysis