

**Karol NADOLNY\*, Przemysław TYCZEWSKI\***

**EKSPERYMENTALNE WYNIKI BADAŃ  
JEDNOCZESNEGO ZUŻYCIA  
MECHANICZNO-ŚCIERNO-KOROZYJNEGO**

**THE EXPERIMENTAL RESULTS OF INVESTIGATIONS  
OF SIMULTANEOUS WEAR ABRASIVE CORROSIVE**

**Słowa kluczowe:**

badania eksperymentalne, zużycie ściernie, korozyjne.

**Key word:**

experimental investigations, corrosive, abrasive wear.

**Streszczenie**

W celu poznania relacji ilościowych między skutkami (zużyciowymi), będącymi efektami jednoczesnego działania procesów destrukcyjnych tarciovych i korozyjnych, przy występowaniu oddziaływań fazy stałej pełniącej rolę ścierniwa w węzłach trybologicznych, wykonano eksperymentalne modelowe badania poznawcze.

---

\* Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych, Politechnika Poznańska, ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań.

Wykonano je z wykorzystaniem zmodernizowanej uniwersalnej maszyny tarciovej. Plan badań oparto na statystycznych metodach planowania doświadczeń wieloczynnikowych. Wyniki eksperymentu przedstawiono w postaci modelu matematycznego przedstawiającego ilościowy opis skutków fizycznie występujących zjawisk i procesów.

## WPROWADZENIE

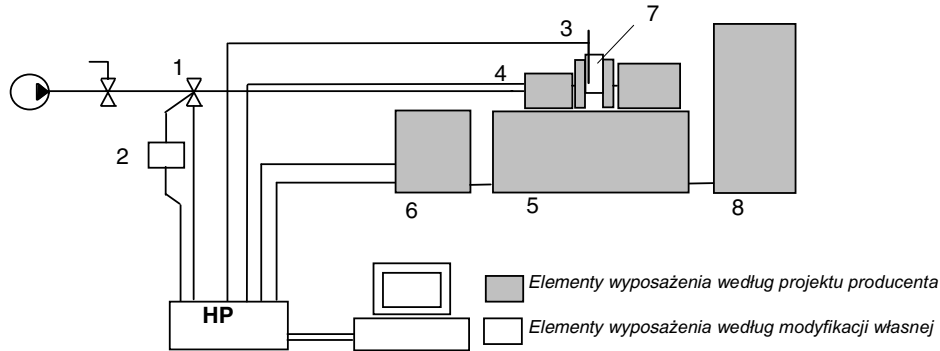
W wielu węzłach maszyn i urządzeń przemysłu spożywczego, występują skutki będące efektem jednoczesnego wpływu destrukcyjnych czynników mechanicznych, ściernych i korozyjnych prowadzące często do ich uszkodzenia. Destrukcyjne procesy mają charakter złożony nie tylko z uwagi na jednoczesne występowanie w obszarze kontaktu kilku procesów zasadniczych o różnej naturze (tribologiczne, korozyjne), ale i na możliwości występowania ich wzajemnego współdziałania, co powoduje, że skutki końcowe są trudne do przewidzenia [L. 1, 2].

Analiza literatury wykazała, iż problematyką jednoczesnego zużywania ścierny – korozyjnego interesowało się wielu badaczy [L. 3–11]. Z uwagi na różnorodne uwarunkowania badań wyniki uzyskane przez poszczególnych autorów nie są w prosty i jednoznaczny sposób porównywalne. Z przeglądu literatury wynika również, że badacze sformułowali przede wszystkim wnioski o charakterze opisowym, jakościowym. Wyraźnie daje się zauważyć brak modeli ilościowych o charakterze kinetycznym umożliwiającym prognozowanie [L. 12].

Zatem celem pracy było poznanie relacji ilościowych między skutkami (zużyciowymi), będącymi efektami jednoczesnego działania procesów destrukcyjnych tarciowych i korozyjnych, przy występowaniu oddziaływań fazy stałej pełniącej rolę ścierniwa w węzłach tribologicznych.

Badania wykonano na zmodernizowanej maszynie tarciovej UMT-2168, według zaproponowanego planu wieloczynnikowego oraz z wykorzystaniem matematycznych metod planowania doświadczeń (**Rysunek 1**) [L. 12].

W efekcie wykonania eksperymentu wieloczynnikowego, zaplanowanego według reguł wynikających z matematycznej teorii planowania doświadczeń, otrzymano model matematyczny przedstawiający ilościowy opis badanego procesu.



**Rys. 1. Schemat sterowniczo-pomiarowy maszyny tarcowej UMT-2168: 1 – zawór pneumatyczny zasilaający silownik zadawania obciążenia, 2 – przetwornik ciśnienia, 3 – termopara, 4 – przetwornik momentu tarcia, 5 – układ napędowy, 6 – prądnicza tachometryczna, 7 – komora badawcza, 8 – szafa sterownicza**

**Fig. 1. Control and measurement scheme of the friction machine UMT-2168: 1 – pneumatic valve feeding the loading motor operator, 2 – pressure transducer, 3 – thermocouple, 4 – friction moment transducer, 5 – driving system, 6 – tachogenerator, 7 – test chamber, 8 – control box**

## STATYSTYCZNY PLAN EKSPERYMENTU

Do analizy wyników tribologicznego eksperymentu wieloczynnikowego, postanowiono wykorzystać możliwości matematycznych metod planowania eksperymentów [L. 13, 14]. Wykorzystano oprogramowanie CADEX „Planowanie i analiza statystycznych badań doświadczalnych z zastosowaniem planów statycznych zdeterminowanych” [L. 15]. Wybrano plan statyczny zdeterminowany poliselekcyjny ortogonalny. Plan ten w odniesieniu do innych możliwych do przyjęcia planów badań, zapewnia maksymalne uproszczenie obliczeń współczynników modelu i ich ocenę statystyczną [L. 14]. Stwarza możliwości dokładnego opisu obiektu badań umożliwiającą rozszerzenie stosowania opracowanego modelu poza przyjęty zakres zmiennych czynników bez potrzeby wykonywania dodatkowych czasochłonnych badań.

W badaniach uwzględniono cztery czynniki wejściowe, które zmieniły się na czterech poziomach. Tym samym w celu przeprowadzenia pełnych badań należałoby wykonać 256 doświadczeń z pięcioma powtórzeniami, co daje 1280 doświadczeń. Po zastosowaniu planowania matematycznego (wg planu ortogonalnego) liczba koniecznych pomiarów wyniosła 125 (25 doświadczeń z pięcioma powtórzeniami) [14]:

$$N = 2^S + S \times 2 + N_0, \quad (1)$$

gdzie:  $N$  – liczba doświadczeń,  $S$  – liczba czynników wejściowych,  $N_0$  – liczba doświadczeń centralnych.

Zdecydowano się na weryfikację ogólnego modelu ortogonalnego II rzędu w postaci:

$$I = b_0 + \sum_{i=1}^4 b_i X_i + \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 b_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^4 b_{ii} X_i^2 \quad (2)$$

gdzie:  $b_{ij}$  – współczynniki,  $X_{ij}$  – zmienne zakodowane.

Do modelu matematycznego przyjęto oznaczenia:

Czynniki wejściowe:

$x_1$  – liczba obrotów [obr/min],  $0 < x_1 < 150$ ,

$x_2$  – siła nacisku [N],  $0 < x_2 < 40$ ,

$x_3$  – wielkość ziaren [mm],  $0 < x_3 < 0,3$ ,

$x_4$  – skład środowiska [%],  $0 < x_4 < 8$ .

Czynnik wyjściowy:

$I$  – zużycie wagowe [g].

Opracowany model matematyczny będzie, więc obowiązywać dla następującego zakresu zmienności czynników badanych:

$x_1$ :  $n = 0-150$ ,  $x_2$ :  $P = 0-40$ ,

$x_3$ :  $d = 0-0,3$ ,  $x_4$ :  $m = 0-8$ .

Obliczając wartości centralne oraz jednostki zmienności otrzymano wartości zmiennych zakodowanych wraz z odpowiadającymi im wartości (Tabela 1) [L. 12].

**Tabela 1. Obliczone wartości centralne, jednostki zmienności oraz wartości zmiennych zakodowanych**

Table 1. Central values, individual of changeability as well as value of variables coded

Czynniki badane		Wartość centralna	Jednostka zmienności	Kod				
Zmienna naturalna	Zmienna zakodowana			$-\alpha = -1,4124$	-1	0	+1	$+\alpha = 1,4124$
n	$X_1$	75	37,5	0	37,5	75	112,5	150
P	$X_2$	20	10	0	10	20	30	40
d	$X_3$	0,1	0,5	0	0,05	0,1	0,2	0,3
m	$X_4$	4	2	0	2	4	6	8

Program badań przedstawiono w **Tabeli 2 [L. 12]**.

**Tabela 2. Program badań [12]**

Table 2. Program of investigations [12]

Nr doświadczenia	X <sub>0</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>
1	1	37,5	10	0,05	2
2	1	112,5	10	0,05	2
3	1	37,5	30	0,05	2
4	1	112,5	30	0,05	2
5	1	37,5	10	0,1	2
6	1	112,5	10	0,1	2
7	1	37,5	30	0,1	2
8	1	112,5	30	0,1	2
9	1	37,5	10	0,05	6
10	1	112,5	10	0,05	6
11	1	37,5	30	0,05	6
12	1	112,5	30	0,05	6
13	1	37,5	10	0,1	6
14	1	112,5	10	0,1	6
15	1	37,5	30	0,1	6
16	1	112,5	30	0,1	6
17	1	0	20	0,2	4
18	1	150	20	0,2	4
19	1	75	0	0,2	4
20	1	75	40	0,2	4
21	1	75	20	0	4
22	1	75	20	0,3	4
23	1	75	20	0,2	0
24	1	75	20	0,2	8
25	1	75	20	0,2	4

## WYNIKI BADAŃ

Z pośród wielu możliwych do zastosowania formalnych modeli regresyjnych (liniowych, liniowo – kwadratowo – interakcyjnych, liniowo potęgowych itp.) w rozważanym zagadnieniu zastosowano drugi z wymienionych.

Wybór ten był podyktowany wstępną oceną siły więzi korelacyjnej współczynnika korelacji wielowymiarowej R. Otrzymane wyniki były najkorzystniejsze dla modelu liniowo – kwadratowego ze składnikami interakcyjnymi.

Zatem w niniejszym eksperymencie założono, iż weryfikowany wstępnie model przyjmie postać:

$$I = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{44}x_4^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{14}x_1x_4 + b_{23}x_2x_3 + b_{24}x_2x_4 + b_{34}x_3x_4, \quad (3)$$

Przeprowadzenie wiarygodnej weryfikacji wymagało pozyskania reprezentatywnej próby wyników z badań.

Zbiorcze zestawienie wartości parametrów badań dla poszczególnych wariantów wraz ze średnimi wartościami zużycia przedstawiono w **Tabeli 3**.

**Tabela 3. Zbiorcze wyniki z badań według planowania statystycznego**

Table 3. Results with investigations according to facing statistical

n			P		d	m	Mt <sub>sr</sub>	ΔMt <sub>sr</sub>	I	ΔI	
Zadana	rzeczywista	v	zadana	rzeczywista						g	g
obr/min	obr/min	m/s	N	N	mm	%	Nm	Nm	g	g	%
38	24	0,030	10	11	0,05	2	0,516	0,069	0,0179	0,0014	8
113	110	0,139	10	11	0,05	2	0,930	0,104	0,0189	0,0015	8
38	24	0,031	30	31	0,05	2	1,606	0,090	0,0199	0,0017	8
113	110	0,138	30	30	0,05	2	2,785	0,097	0,0219	0,0021	9
38	23	0,029	10	11	0,1	2	0,791	0,089	0,0202	0,0013	7
113	110	0,142	10	11	0,1	2	1,410	0,096	0,0220	0,0018	8
38	23	0,028	30	30	0,1	2	2,767	0,242	0,0249	0,0021	9
113	110	0,139	30	30	0,1	2	3,325	0,148	0,0254	0,0025	10
38	25	0,032	10	11	0,05	6	0,460	0,075	0,0259	0,0022	9
113	110	0,138	10	10	0,05	6	0,852	0,119	0,0293	0,0026	9
38	25	0,031	30	30	0,05	6	1,643	0,04	0,0322	0,0026	8
113	110	0,141	30	30	0,05	6	2,355	0,124	0,0329	0,0027	8
38	24	0,031	10	11	0,1	6	0,695	0,059	0,0280	0,0028	10
113	110	0,142	10	11	0,1	6	1,768	0,242	0,0298	0,0030	10
38	24	0,030	30	30	0,1	6	1,967	0,092	0,0324	0,0028	9
113	110	0,142	30	30	0,1	6	2,959	0,083	0,0357	0,0027	8
0	0	0,000	20	20	0,2	4	-	-	0,0059	0,0005	8
150	140	0,178	20	20	0,2	4	3,950	0,197	0,0492	0,0032	6
75	80	0,100	0	0	0,2	4	-	-	0,0063	0,0005	8
75	78	0,099	40	40	0,2	4	4,767	0,242	0,0542	0,0016	3
75	80	0,100	20	20	0	4	1,133	0,108	0,0101	0,0010	10
75	79	0,101	20	20	0,3	4	2,920	0,133	0,0520	0,0070	13
75	79	0,099	20	21	0,2	0	2,414	0,212	0,0171	0,0018	10
75	79	0,100	20	20	0,2	8	2,291	0,128	0,0541	0,0029	5
75	79	0,099	20	21	0,2	4	2,020	0,133	0,0492	0,0054	11

Dla poszczególnych układów z planu, obliczono następujące parametry statystyczne: średnią arytmetyczną w próbce, najmniejszą i największą wartość w próbce, rozstęp w próbce, wariancję w próbce, odchylenie standardowe w próbce, estymator wariancji populacji  $\sigma^2$ , estymator odchylenia

nie standardowego populacji  $\sigma$ , odchylenie standardowe średnich arytmetycznych z próbek o liczności  $r$ , odchylenie przeciętne, współczynnik skośności (asymetria) oraz współczynnik spłaszczenia (ekseces) w próbce.

Wariancja niedokładności pomiarów obliczona została na podstawie wszystkich wyników 25 układów planu, które to badania powtórzono pięciokrotnie i dla wartości wielkości wyjściowej wynosi  $S^2(z) = 6,588 \cdot 10^{-5}$ .

Dla weryfikacji jednorodności wariancji w układach planu doświadczenia, przeprowadzono test Bartletta. Dla przyjętego poziomu istotności  $\alpha = 0,05$  i stopni swobody  $f = n - 1 = 24$  wyznaczono wartość krytyczną  $\chi^2 = 299,9$  oraz  $\chi^2(\alpha) = 36,41$ . Z uwagi, iż  $\chi^2 \geq \chi^2(\alpha)$  wynik testu Bartletta jest negatywny. Uzyskany rezultat świadczy o tym, iż w praktyce rozproszenie wyników zużycia dla różnych wariantów metodycznych realizowanego eksperymentu jest istotnie zróżnicowane.

Do aproksymacji funkcji obiektu badań, wybrano wielomian algebraiczny (liniowo – kwadratowo – interakcyjny). Dla ułatwienia obliczeń w celu znalezienia powiązań między czynnikami wejściowymi, a czynnikiem wyjściowym (zużyciem) wprowadzono nowe zmienne kodowane (unormowane)  $X_i$ . Nowa postać modelu to:

$$F(I) = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{33}X_3^2 + b_{44}X_4^2 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{14}X_1X_4 + b_{23}X_2X_3 + b_{24}X_2X_4 + b_{34}X_3X_4 \quad (4)$$

W wyniku przeprowadzonych badań ustalono wartości poszczególnych współczynników.

Zatem funkcja aproksymująca (w zmiennych zakodowanych) przedstawia się następująco:

$$F(I) = 0,04370 + 0,00379X_1 + 0,00506X_2 + 0,00267X_3 + 0,00638X_4 - 0,00738X_1^2 - 0,00602X_2^2 - 0,00118X_3^2 - 0,00338X_4^2 - 0,00010X_1 \times X_2 + 0,00002X_1 \times X_3 + 0,00025X_1 \times X_4 + 0,00023X_2 \times X_3 + 0,00044X_2 \times X_4 - 0,00052X_3 \times X_4 \quad (5)$$

Błędy aproksymacji, czyli relacje między wartościami wielkości wyjściowych (I) stanowiące wyniki pomiarów, a odpowiednimi aproksymowanymi wartościami wielkości wyjściowych ( $\hat{I}$ ) obliczonymi z wyznaczonej funkcji aproksymacji, przedstawiają się następująco [L. 15]:

- maksymalny błąd bezwzględny  $DI_{\max} = 0,01819$  [g],
- błąd przeciętny  $d = 0,006791$  [g],

– błąd średniokwadratowy  $M = 0,008523$  [g].

Wartość współczynnika korelacji wielowymiarowej  $R = 0,77$ .

Wykorzystując relacje normowania dokonano odkodowania zmiennych.

$$\begin{aligned}
 I = & -0,016901 + 0,000470x_1 + 0,001506x_2 + 0,060152x_3 + 0,005548x_4 - \\
 & -0,000003x_1^2 - 0,000030x_2^2 - 0,104698x_3^2 - 0,000422x_4^2 - \\
 & -0,0000001x_1 \times x_2 + 0,000004x_1 \times x_3 + 0,000002x_1 \cdot x_4 + \\
 & + 0,000153x_2 \cdot x_3 + 0,000011x_2 \cdot x_4 - 0,0017175x_3 \cdot x_4.
 \end{aligned} \quad (6)$$

Dla weryfikacji istotności poszczególnych współczynników w modelu zastosowano test t-Studenta. Na podstawie danych wejściowych:

– wariancja niedokładności  $S^2(z) = 6,588 \cdot 10^{-5}$ ,

– stopnie swobody  $f_1 = 100$ ,

– poziom istotności  $\alpha = 0,05$ ,

– wartość krytyczna  $t_{(\alpha)} = t_{(0,05)} = 1,984$ ,

obliczono dla poszczególnych współczynników  $b_j$  odchylenie standardowe  $S(b_j)$  oraz wartość statystyki testu  $t(b_j)$  [15].

Wyniki weryfikacji istotności za pomocą testu t-Studenta przyjmuje się jako istotny jeżeli  $t(b_j) > t(\alpha)$  lub jako nieistotny gdy  $t(b_j) \leq t(\alpha)$ . Ustalono, że nieistotne współczynniki w modelu (6) są następujące:

$$\begin{aligned}
 b_{12} &= -0,00010, & b_{13} &= 0,00002, \\
 b_{14} &= 0,00025, & b_{23} &= 0,00023, \\
 b_{24} &= 0,00044, & b_{33} &= -0,00118, \\
 b_{34} &= -0,00052.
 \end{aligned}$$

Należało, zatem zaproponować nowy model, bez współczynników nieistotnych.

Nowy model w postaci ogólnej przedstawia się następująco:

$$F(I) = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{44}X_4^2. \quad (7)$$

Zatem funkcja aproksymująca obiekt badań (w zmiennych zakodowanych) przedstawia się następująco:

$$\begin{aligned}
 F(I) = & 0,04276 + 0,00379X_1 + 0,00506X_2 + 0,00267X_3 + \\
 & + 0,00638X_4 - 0,00738X_1^2 - 0,00602X_2^2 - 0,00338X_4^2.
 \end{aligned} \quad (8)$$



Błędy aproksymacji, czyli relacje między wartościami wielkości wyjściowych ( $I$ ) stanowiące wyniki pomiarów, a odpowiednimi aproksymowanymi wartościami wielkości wyjściowych ( $\hat{I}$ ) obliczonymi z wyznaczonej funkcji aproksymacji, przedstawiają się następująco [15]:

- maksymalny błąd bezwzględny:  $\Delta I_{\max} = 0,01725$  [g],
- błąd przeciętny:  $d = 0,00689$  [g],
- błąd średniokwadratowy:  $M = 0,00857$  [g].

Natomiast współczynnik korelacji wielowymiarowej  $R$  wynosi: 0,7640.

Wykorzystując relacje normowania zastąpiono zmienne zakodowane, otrzymując równanie opisujące zmienność zużycia całkowitego w przypadku jednoczesnego oddziaływania wymuszeń mechanicznych, ściernych i korozyjnych.

$$I = -0,016128 + 0,000465x_1 + 0,001563x_2 + 0,025209x_3 + 0,0056329x_4 - 0,000003x_1^2 - 0,000030x_2^2 - 0,000422x_4^2 \quad (9)$$

Początkowy model – wielomian aproksymacyjny dla rozważnych czterech zmiennych ( $x_1, \dots, x_4$ ) obejmował 15 składników. Obliczona wartość współczynnika korelacji wynosiła 77%. Wykorzystując test t-Studenta dokonano formalnej oceny istotności wpływu współczynników przy zmiennych decyzyjnych i ich kombinacji w badanym modelu. Wyniki obliczeń wykazały, że przy obniżeniu wartości współczynnika korelacji do 76% można było model uprościć do postaci ośmiuoskładnikowego wielomianu (równanie 8). Z analizy postaci tego równania wynika, że wstępne arbitralne wybranie zmiennych decyzyjnych (prędkość obrotowa, naciski, wymiary ścierniwa, stężenie medium korozyjnego) było uzasadnione, gdyż wszystkie zmienne ( $x_1, \dots, x_4$ ) występują w modelu. Ocena wpływu zmian wartości zmiennych decyzyjnych na całkowite zużycie jest trudna, jeśli rozważa się model w ostatecznej postaci (9). Do sformułowania wniosków wygodniej jest przeanalizować ten sam model w postaci zawierającej zmienne unormowane (8).

## WNIOSKI

Sformułowano następujące wnioski szczegółowe:

- a. wszystkie wybrane zmienne wchodzą do modelu i są istotne,
- b. zmienne decyzyjne (naciski, prędkość, stężenie) występują zarówno w postaci składników w pierwszej potędze, jak i drugiej (ale ze znakiem ujemnym),

c. tylko zmienna  $x_3$  (ścierniwo) jest składnikiem liniowym w modelu.

Z analizy sformułowanych spostrzeżeń szczegółowych wynika, że dominujący wpływ na zużycie całkowite w opisywanym złożonym przypadku jednoczesnego zużywania tribologicznego i korozyjnego mają oddziaływania ściernie.

## LITERATURA

1. Nadolny K., Tyczewski P., Specyfika zużywania elementów urządzeń w cukrowniach. XXII Jesienna Szkoła Tribologiczna. Materiały konferencyjne. Ustroń 1998, s. 233–238.
2. Nadolny K., Tyczewski P., Czynniki wpływające na zużycie cierne i korozyjne w maszynach przemysłu cukrowniczego Mat. konf. IX konferencja naukowo-techniczna Budowa i eksploatacja maszyn przemysłu spożywczego, Opole 2000.
3. Преис Г.А., Сологуб Н.А., Некоз А.И.: Повышение износостойкости оборудования пищевой промышленности, Машиностроение, Москва, 1979.
4. Watson S.W., Friedersdorf F.J., Madsen B.W., Cramar S.D., Methods of measuring wear – corrosion synergism, *Wear*, 181–183 (1995) 476–484.
5. Batchelor A.W., Stachowiak G.W., Predicting synergism between corrosion and abrasive wear, *Wear*, 123 (1988) 281–291.
6. Kotlyar D.C., Pitt C.H., Wadsworth M.E., Simultaneous corrosion and abrasion measurements under grinding conditions, *Corrosion*, 44 (1988) 221–228.
7. Madsen B.W., Standard guide for determining amount of synergism between wear and corrosion, ASME G119 – 93, 1994, Ann. Book ASTM Stand., Vol. 03.02, Wear and Erosion, Metal Corrosion, ASTM, Philadelphia, PA, 1994, pp. 507–512.
8. Assi F., Böhni H., Study of wear – corrosion synergy with a new microelectrochemical technique, *Wear*, 233–235, 1999, 505–514.
9. Zhang T.C., Jiang X.X., Li S.Z., Lu X.C., A quantitative estimation of the synergy between corrosion and abrasion, *Corrosion Science*, Vol. 36, No. 12, 1994, 1953–1962.
10. Nadolny K., Tyczewski P., Experimental study of process abrasive – corrosive, *Functional Surfaces*, Trencin, 2002.
11. Pitt C.H., Chang Y.M., Wadsworth M.E., Kotlyar D., Laboratory abrasion and electrochemical test methods as a means of determining mechanism and rates of corrosion and wear in ball mills, *Int. J. Miner. Process.*, 22 (1988) 361–380.

12. Tyczewski P., Rozprawa doktorska Politechnika Poznańska 2002
13. Kacprzyński B., Planowanie eksperymentów. Podstawy matematyczne. WNT, Warszawa, 1974.
14. Mańczak K., Technika planowania eksperymentu, WNT, 1976.
15. Polański Z., Górecka-Polańska R., Program CADEX. Planowanie i analiza statystyczna badań doświadczalnych z zastosowaniem planów statystycznych zdeterminowanych, Wyd. CERMET, Kraków, 1992.

**Recenzent:**  
**Jan BURCAN**

### Summary

**It in aim of meeting of quantitative reports between wear, the being effect of simultaneous working of destructive frictional processes and corrosive, near occurrence of influences of solid fulfilling the part of abrading winding phase, the experimental cognitive investigations were executed was.**

**It was executed from utilization in proposed model conditions universal frictional machine engine. The plan of investigations was based on statistical methods the facing of multifactorial experiences. The results of experiment were introduced in the figure of mathematical patterned representative the quantitative description the physically occur-rent phenomena and processes.**