

Piotr Jaremek<sup>1</sup>

## ANALIZA WPŁYWU PARAMETRÓW WIERCENIA NA EFEKTYWNOŚĆ PRACY ŚWIDRA GRYZOWEGO Z UWZGLĘDNIENIEM ZUŻYCIA JEGO UZBROJENIA

**Streszczenie:** Przedstawiono wyniki badań wpływu prędkości obrotowej wiercenia oraz nacisku osiowego działającego na świder, na efektywność pracy elementów jego uzbrojenia. Przeprowadzono analizę obliczeniową wspomnianych parametrów w oparciu o opracowany model kinetyki kontaktu tribologicznego zębów świdra z urabianą calizną. Wyniki podano w postaci graficznej.

**Słowa kluczowe:** wiertnictwo, świder gryzowy, trwałość, zużycie, efektywność wiercenia

Czynnikiem decydującym o efektywności wiercenia świdrem gryzowym jest trwałość elementów jego uzbrojenia i odporność na zużycie. Główną przyczyną jego zużywania się jest poślizg zębów względem calizny w otworze. Powstające przy tym zużycie zębów ma charakter zużycia ściernego w ośrodku smarnym jakim jest płuczka wiertnicza. Modelowanie matematyczne procesu zwiercania skał oraz diagnoza (symulacja) na tej podstawie dwóch ważniejszych czynników procesu - trwałości na zużycie uzbrojenia świdra oraz jego wydajności, pozwala na zoptymalizowany wybór narzędzia.

Opracowane modele [1-3] umożliwiły przeprowadzenie obliczeń i analizy zużycia zębów świdra gryzowego w funkcji czasu trwania procesu wiercenia  $h_i = f(T_*)$  dla różnych wartości nacisku osiowego działającego na przewód wiertniczy i jego prędkości obrotowej. Wyniki tych obliczeń zostały opublikowana między innymi w pracy [4]. Otrzymane wartości liniowego zużycia zębów pozwalają na prześledzenie zmiany efektywności procesu wiercenia (mechanicznej prędkości wiercenia  $V_M$ ) w funkcji czasu jego trwania z uwzględnieniem zmiany parametrów wiercenia:

$$V_M = V_{Mi} = \frac{6i_w R n_1 u}{R_o s} \left[ \sqrt{r_i^2 \left( \frac{1 - \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}}{2 \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}} \right)^2 + \frac{C_\Delta N^{c_2}}{2 l z_i^{c_2} \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}} - r_i \frac{1 - \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}}{2 \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}}} \right]^2 \quad (1)$$

<sup>1</sup> Instytut Technologicznych Systemów Informatycznych, Wydział Mechaniczny, Politechnika Lubelska.

gdzie:

$$z_i = l_{\Sigma} / l_{ni} ;$$

$$C_{\Delta} = 1 \dots 1,5 \cdot 10^{-5} \frac{m^3}{MN C_2} - \text{współczynnik dynamiczności wiercenia};$$

$C_2 = 0,9 \dots 1$  - współczynnik określony na podstawie danych literaturowych;

$i_w = 1,2,3$  - ilość wieńców toczących się po jednakowych średnicach;

$N$  - nacisk osiowy działający na świder;

$$l_{\Sigma} = \sum_1^{i_w} l_{ni} - \text{długość sumarycznej linii styku zębów świdra z calizną};$$

$l_{ni}$  - długość linii styku poszczególnych zębów (tabela 1);

$R_o = R_{oi}$  - promień toczenia się wieńca gryza względem calizny otworu;

$R = R_i$  - promień wieńca gryza;

$u = \omega_2 / \omega_1$  - liczba przełożenia świdra,  $\omega_2$  - prędkość kątowa gryza;

$r_i$  - zmienny promienia zaokrąglenia wierzchołka zęba

$$r_i = \left( \frac{l}{2} \cos \frac{\gamma}{2} + h_i \sin \frac{\gamma}{2} \right) \left( 1 - \sin \frac{\gamma}{2} \right)^{-1} .$$

gdzie:  $h_i$  jest średnim zużyciem zębów świdra na każdym wieńcu, a sposób wyznaczania wartości  $h_i = f(T_*)$ , według dwóch metod, został przedstawiony w pracy [4].

Do analizy obliczeniowej przyjęto następujące wartości parametrów wiercenia: nacisk osiowy  $N = 0,07; 0,14; 0,21; 0,28 MN$ , prędkość obrotowa  $n_1 = 70; 100; 130; 160 obr / min$ .

Parametry konstrukcyjne świdra zastały podane w tab.1. Pozostałe dane do obliczeń:  $u = 1,57$ ,  $l_{\Sigma} = 0,175m$ ,  $l = 0,002m$  [4].

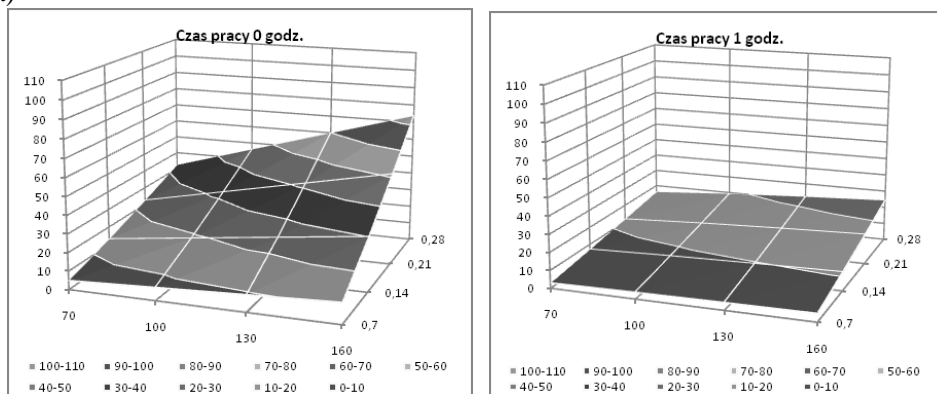
W oparciu o obliczone wg metody 1 i 2 wartości średniego zużycia  $h_i = f(T_*)$  zębów świdra na każdym wieńcu dla  $T_* = 0, 1, 2, \dots 6$  godz., zgodnie z zależnością (1) otrzymano zmiany wartości efektywności wiercenia  $V_M$  w funkcji czasu jego trwania. Wyniki obliczonej efektywności  $V_M$  [m/godz.] (oś pionowa) w funkcji nacisku osiowego i prędkości obrotowej przedstawiono na poniższych wykresach. Dla modelu I.2 podano na rys. 1 a, b natomiast dla modelu I.3 na rys. 2 a, b. Wyniki rozwiązania numerycznego dla modelu II.2 podano na rys. 3 a, b natomiast dla modelu II.3 na rys. 4 a, b.

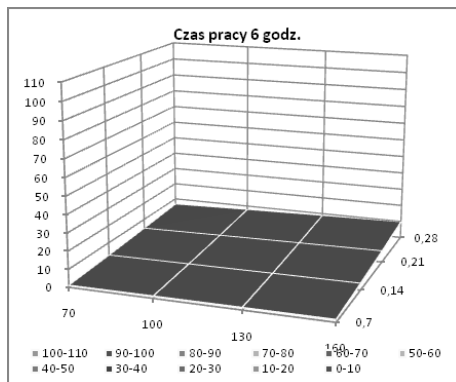
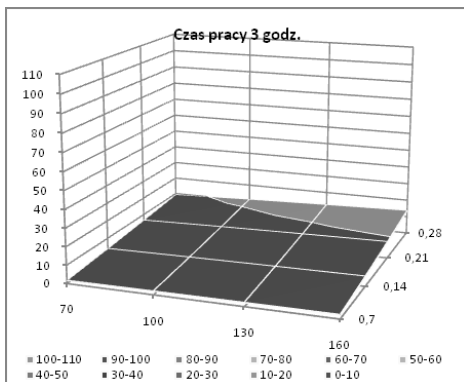
**Tabela 1.** Parametry świdra trójgrzyzowego

Gryz/wieniec	$R_{oi}[mm]$	$R_i[mm]$	$n_i[szt.]$	$\gamma_i[stopni]$	$s_i[mm]$	$l_n[mm]$	$L_i[mm]$
I/1	143	92	20	42	29.7	18	67.42
I/2	103	73	17	44.9	28.3	10	57.24
I/3	65	45	12	43.6	25.7	10	47.30
I/4	17	13	5	41.4	25.4	27	29.86
II/1	145	92	19	42	31.3	13	68.11
II/2	110	80	19	43.8	27.9	12	58.79
II/3	78	55	14	43.7	26.2	10	50.85
II/4	40	28	7	43.3	27.3	10	39.21
III/1	140	90	21	42	28.3	27	66.80
III/2	90	64	16	44	26.5	10	53.98
III/3	55	38	10	44.3	25	10	44.28

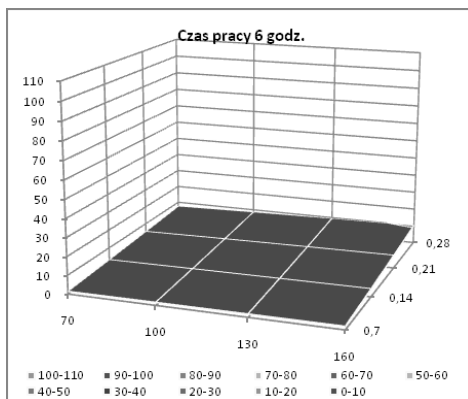
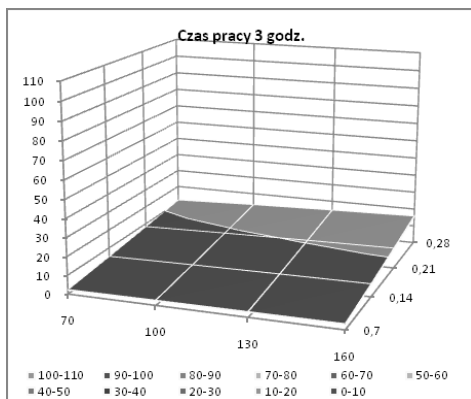
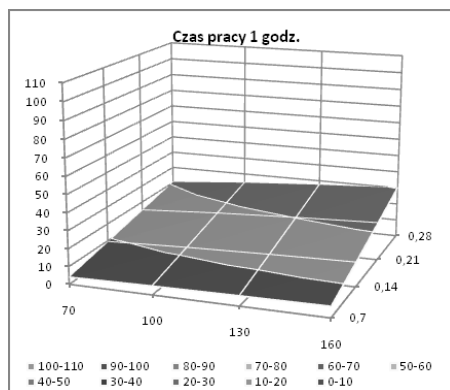
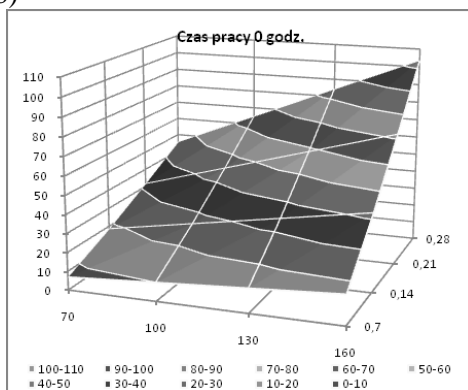
W oparciu o obliczone wg metody 1 i 2 wartości średniego zużycia  $h_i = f(T_*)$  zębów świdra na każdym wieniec dla  $T_* = 0, 1, 2, \dots, 6$  godz., zgodnie z zależnością (1) otrzymano zmiany wartości efektywności wiercenia  $V_M$  w funkcji czasu jego trwania. Wyniki obliczonej efektywności  $V_M$  [m/godz.] (oś pionowa) w funkcji nacisku osiowego i prędkości obrotowej przedstawiono na poniższych wykresach. Dla modelu I.2 podano na rys. 1 a, b natomiast dla modelu I.3 na rys. 2 a, b. Wyniki rozwiązania numerycznego dla modelu II.2 podano na rys. 3 a, b natomiast dla modelu II.3 na rys. 4 a, b.

a)



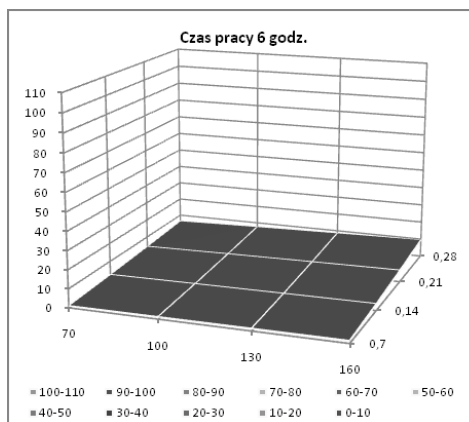
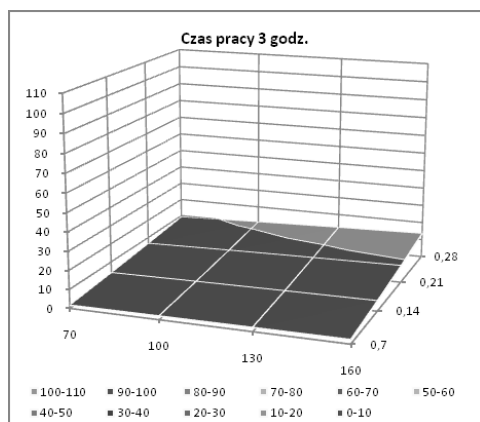
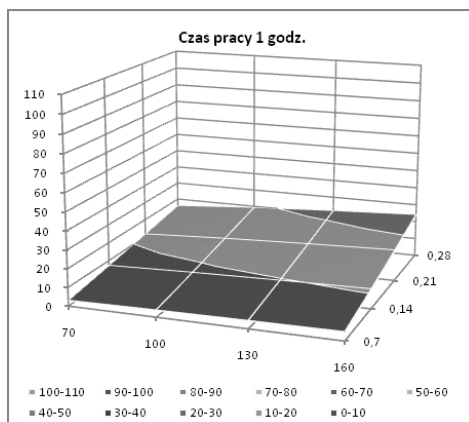
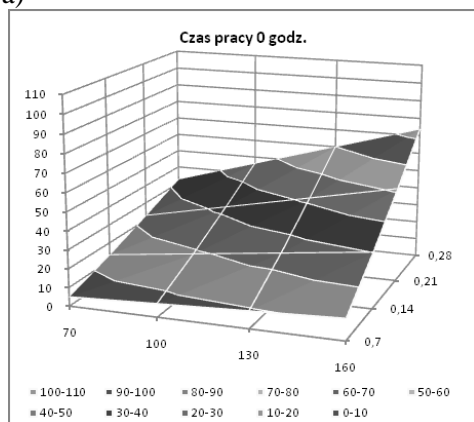


b)

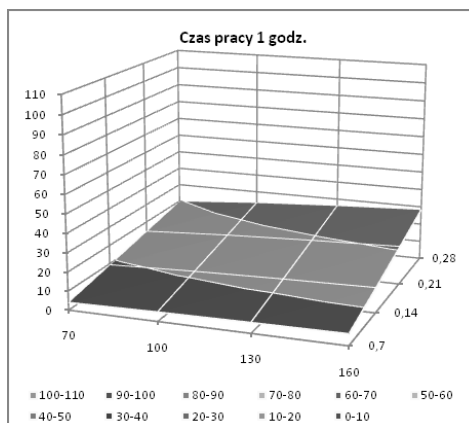
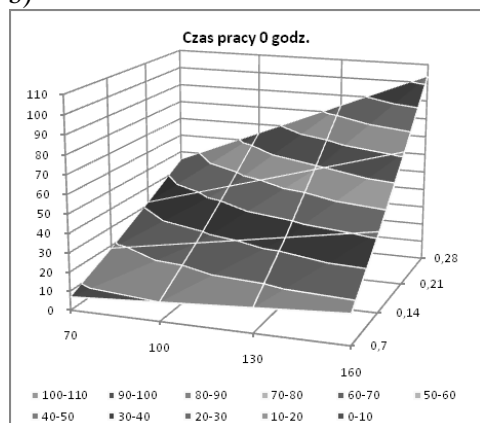


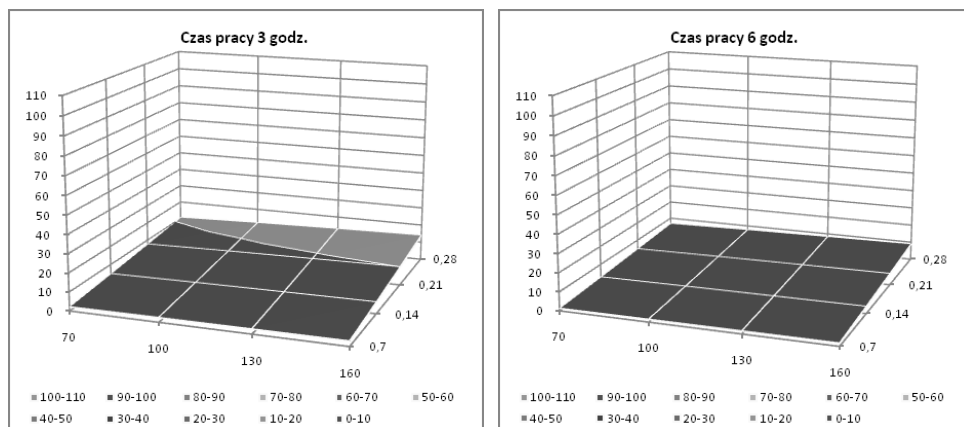
**Rys. 1.** Efektywność wiercenia obliczona zgodnie z modelem 1.2 dla uzbrojenia gryza I znajdującego się a) na 1 więcu (I/1) b) na 4 więcu (I/4)

a)



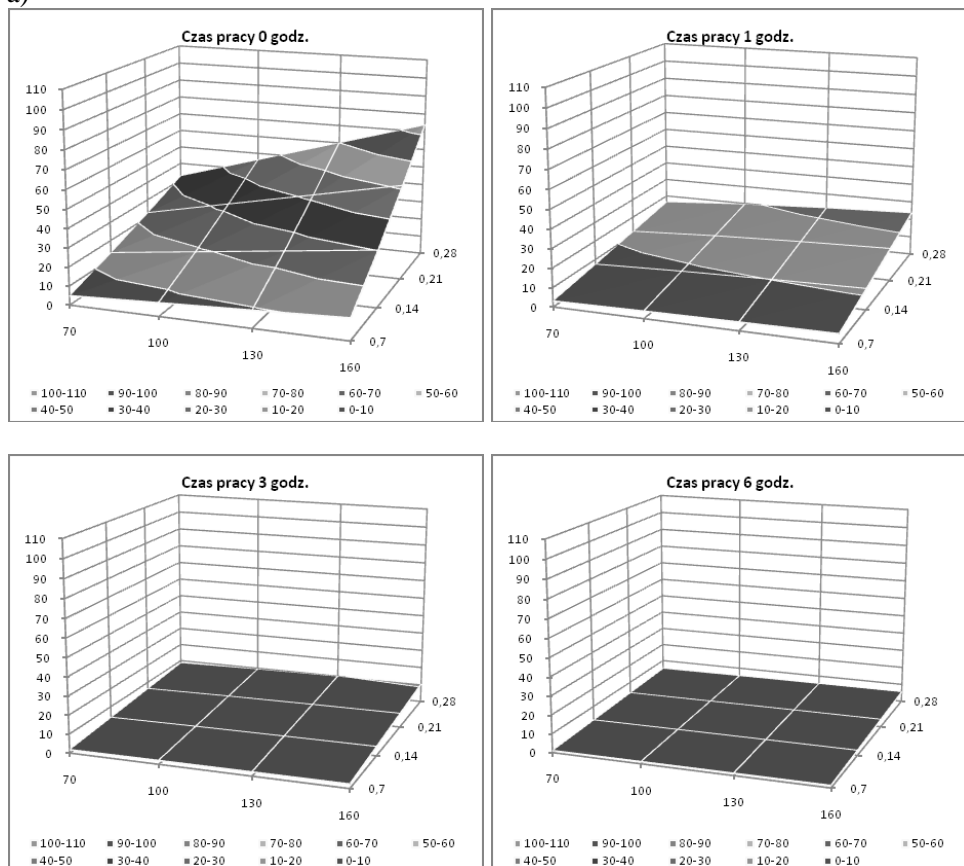
b)



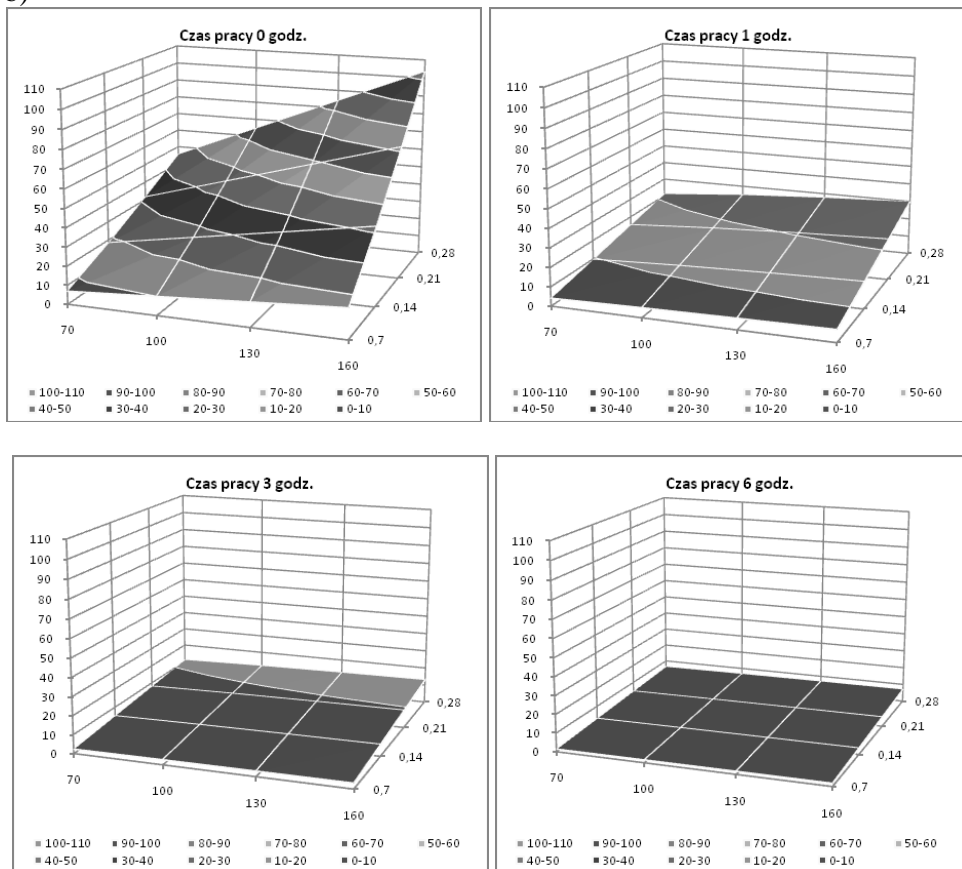


**Rys. 2.** Efektywność wiercenia obliczona zgodnie z modelem 1.3 dla uzbrojenia gryza I znajdującego się a) na 1 wiencu (I/1) b) na 4 wiencu (I/4).

a)

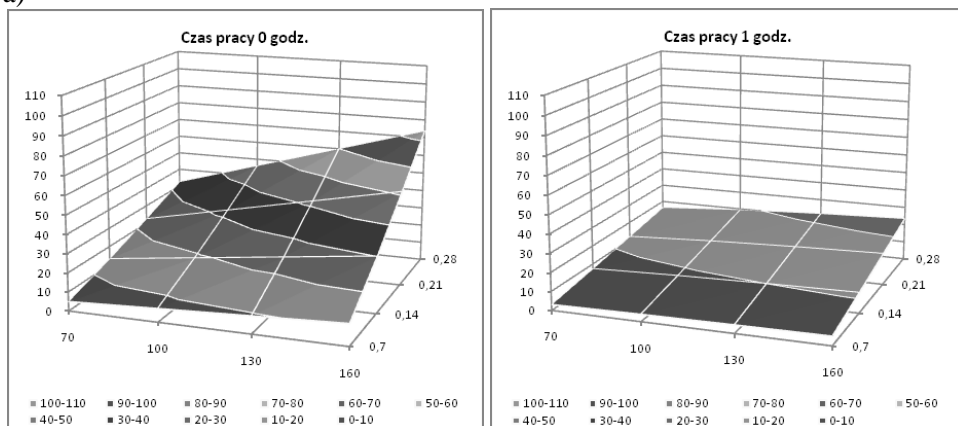


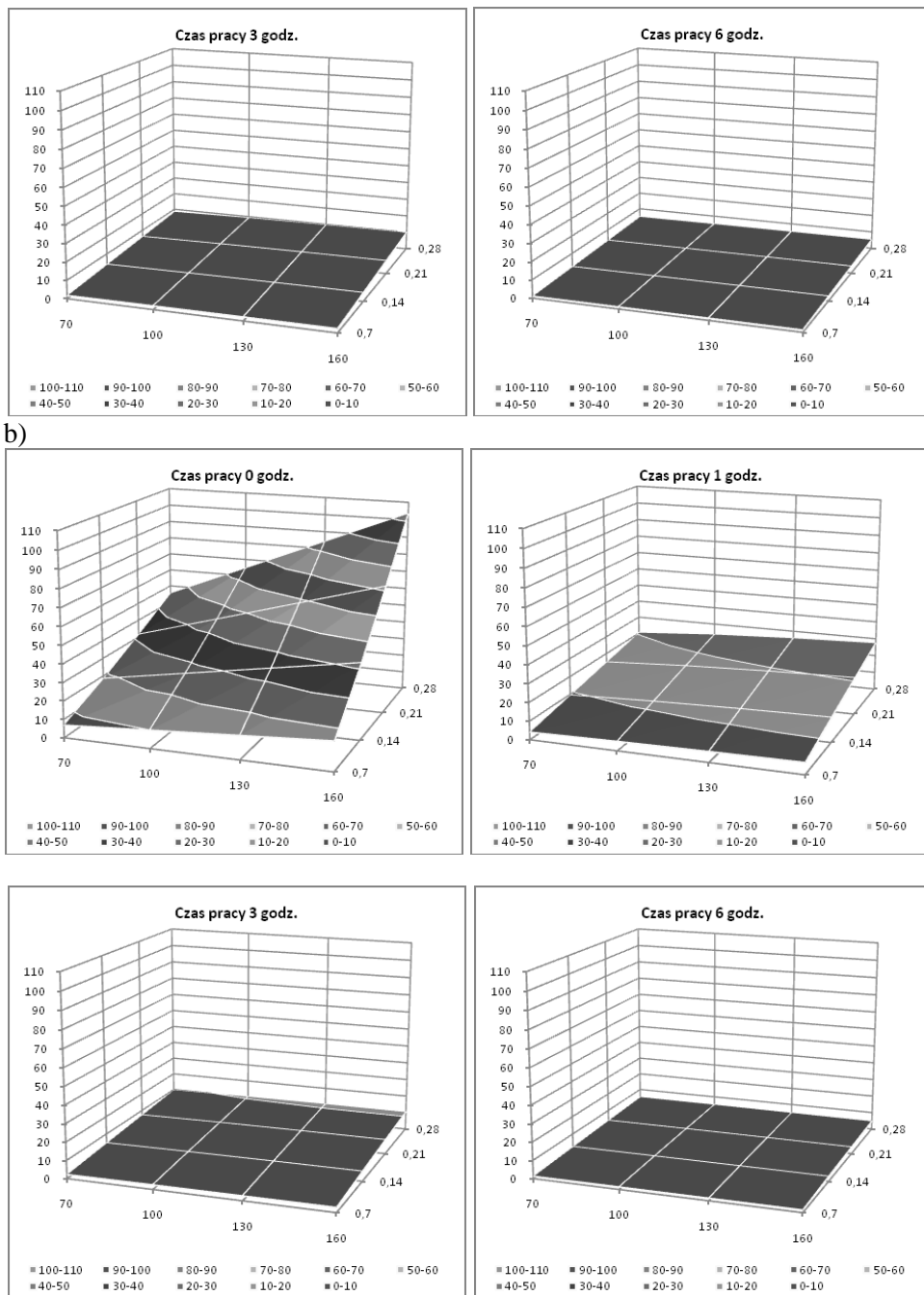
b)



**Rys. 3.** Efektywność wiercenia obliczona zgodnie z modelem 2.2 dla uzbrojenia gryza I znajdującego się a) na 1 wieńcu (I/1) b) na 4 wieńcu (I/4).

a)





b)

**Rys. 4.** Efektywność wiercenia obliczona zgodnie z modelem 2.3 dla uzbrojenia gryza I znajdującego się a) na 1 wieńcu (I/1) b) na 4 wieńcu (I/4).



## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Dla wieńca zewnętrznego (I/1) efektywności wiercenia obliczone wg modeli 1.2 i 1.3 są zbliżone do siebie dla całego zakresu analizowanej prędkości obrotowej i nacisku osiowego podczas trwania procesu wiercenia. Ten sam fakt można zauważyć w przypadku zastosowania w analizie modeli 2.2 i 2.3. Dla wieńca wewnętrznego (I/4), wraz z upływem czasu wiercenia, efektywność obliczona wg modelu 1.2 jest większa od efektywności obliczonej w oparciu o model 1.3. Różnice te są już zauważalne po pierwszej godzinie wiercenia i powiększają się w miarę upływu czasu. To samo można zauważyć w przypadku stosowania modeli 2.2 i 2.3. Wieńiec zewnętrzny potrzebuje mniej czasu aby osiągnąć dopuszczalne zużycie i jak wykazuje analiza jest bardziej na nie narażony. W związku z tym efektywność pracy wieńca zewnętrznego I/1 jest mniejsza od efektywności pracy wieńca wewnętrznego I/4. Efektywność wiercenia gwałtownie spada w pierwszej godzinie czasu pracy świda. W następnych godzinach spadek efektywności wiercenia nie jest już tak bardzo zauważalny. Wraz ze wzrostem prędkości obrotowej efektywność pracy elementów uzbrojenia, obliczona wg wspomnianych metod, rośnie na obydwu analizowanych wieńcach. Również wzrost nacisku osiowego powoduje zwiększenie efektywności wiercenia. Dysproporcje wynikające z analizy zużycia wieńca wewnętrznego I/4 przy pomocy modeli 1.2 i 1.3 oraz 2.2 i 2.3 skłaniają do zastosowania przy szczegółowej analizie, modeli trzeciego stopnia przybliżenia 1.3 lub 2.3. Opracowane modele pozwalają na jakościowe i ilościowe określenie wpływu parametrów wiercenia na zużycie uzbrojenia świda gryzowego.

## LITERATURA

1. Andrejkiw A.E., Czerniec M.W. Ocena kontaktowego wzajemnej trzyczysja detalej maszin. Nauk. Dumka, Kijew 1991, s. 160.
2. Czerniec M., Jaremek P. Do pitannja ocinku znoszuwannja ozbrojennja ta mechanicznoj szbidkosti burinnja triszarozskowimi dolotami. Czastina 1. Ocinka znoszywannja ozbrojennja. Problems of Tribology, 2, 2003.
3. Czerniec M., Jaremek P. Do pitannja ocinku znoszuwannja ozbrojennja ta mechanicznoj szbidkosti burinnja triszarozskowimi dolotami. Czastina 2. Ocinka mechanicznoj szwidkosti burienja. Problems of Tribology, 3, 2003.
4. Czerniec M., Jaremek P. Analiza wpływu nacisku osiowego na zużycie uzbrojenia świdrów gryzowych. Eksploatacja i niezawodność, 4(24), 2004, 73-78.

## ANALYSIS OF DRILLING PARAMETERS ON DRILLING EFFICIENCY INCLUDING DRILLING BITS EQUIPMENT WEAR

**Abstract.** The results of the influence of drilling speed and axial pressure acting on the drill, work efficiency elements of its arms. An analysis of the calculation of these parameters based on the developed kinetic model tribological contact with the drill teeth mining undisturbed soil. The results are shown in graphic form.

**Keywords:** drilling, drilling bit, durability, wear, efficiency of drilling.