



Niezdeterminowane metody analizy procesu produkcyjnego w ścianie – ocena użyteczności wyników

Undetermined methods of analysis of the production process in the wall - assessment of the use of the results

*Prof. dr hab. inż. Ryszard Snopkowski**

Treść: W artykule przedstawiono ocenę użyteczności wyników, będących efektem stosowania niezdeterminowanych metod analizy procesu produkcyjnego, realizowanego w przodkach ścianowych kopalń węgla kamiennego. Przez użyteczność jest tu rozumiana możliwość ich wykorzystania w praktyce. Użyteczność wyników scharakteryzowano z wykorzystaniem kilku wybranych niezdeterminowanych modeli procesu produkcyjnego. W części końcowej zaprezentowano możliwości wykorzystania uzyskanych wyników w praktyce górniczej.

Abstract: The article presents an assessment of the usefulness of results resulting from the use of undetermined methods of analyzing the production process carried out in the lonwalls of coal mines. Usability is understood here as the possibility of their practical use. The usefulness of the results was characterized using several selected undetermined models of the production process. The final part presents the possibilities of using the results in mining practice.

Słowa kluczowe:

proces produkcyjny, przodek ścianowy, metody niezdeterminowane

Key words:

production process, longwall, undetermined methods

1. Wprowadzenie

Proces produkcyjny realizowany w przodku ścianowym kopalń węgla kamiennego, pomimo swej powtarzalności w ramach cyklu produkcyjnego, może być w pewnym zakresie niezdeterminowany.

Pierwszym elementem łańcucha technologicznego, generującym strugę urobku o określonym natężeniu, jest oczywiście kombajn ścianowy. Jego posuw wzdłuż ściany jest determinowany warunkami górniczo-geologicznymi, wśród których szczególną rolę odgrywają parametry samego węgla (np. twardość), a także własności skał stropowych oraz spągowych. W efekcie, urabiający w ścianie kombajn, może poruszać się - w zależności od warunków - zmniejszając lub zwiększając swą prędkość posuwu, co powoduje, że prędkość tę można traktować jak wielkość niestabilną (mogącą zmieniać się na długości ściany, a także w cyklu produkcyjnym). Analogiczna zmienność może mieć miejsce w innym miejscu łańcucha technologicznego (w trakcie realizacji innych prac).

Reasumując, w przypadkach występowania tych zmienności, uzasadniających stosowanie innych metod niż zdeterminowane, możemy sięgać po niezdeterminowane metody analizy procesu produkcyjnego w ścianie.

Podstawowe pytanie brzmi: „Kiedy, lub w jakich przypadkach należy stosować te metody?” Na tak sformułowane pytanie nie ma jednoznacznej odpowiedzi. Zdaniem autora, metody niezdeterminowane powinny być stosowane, jeśli tradycyjne metody (zdeterminowane) dają wyniki mało użyteczne. Zatem, zagadnienie użyteczności wyników metod niezdeterminowanych, może stanowić odpowiedź na tak postawione pytanie.

Przez pojęcie metod lub metody niezdeterminowanej należy rozumieć te metody, które analizują procesy niezdeterminowane, czyli mające w swoim opisie zmienne losowe.

Według najprostszej definicji (opisowej), zmienna losowa to zmienna, której wartości nie jesteśmy w stanie przewidzieć „przed doświadczeniem” ze stuprocentową pewnością. „Doświadczeniem” jest oczywiście zaistnienie w rzeczywistości jakiejś realizacji tej zmiennej. Wyróżnia się zmienne losowe dyskretne i ciągłe, charakteryzowane odpowiednimi funkcjami.

Cechą wspólną modeli, prezentowanych w dalszej części tej pracy, jest metoda ich rozwiązywania. Wszystkie modele rozwiązywane są z wykorzystaniem symulacji stochastycznej (Snopkowski 2007).

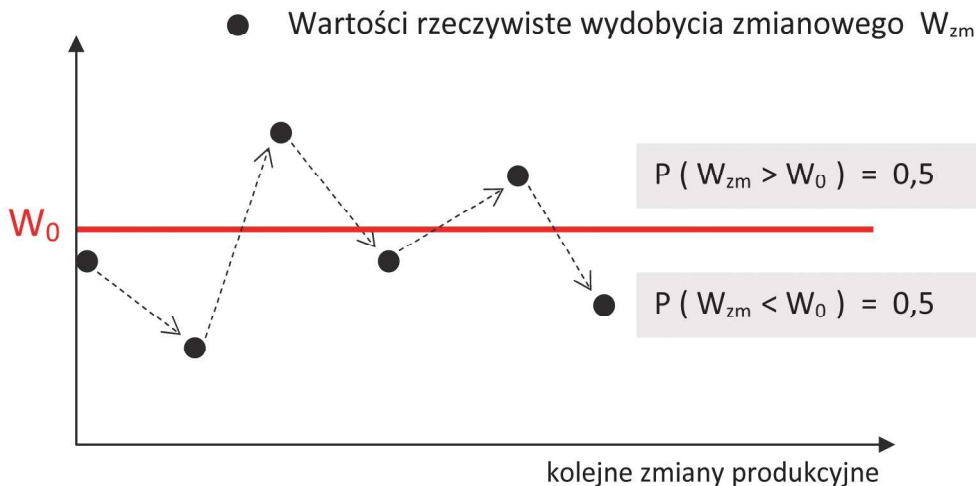
Istotą symulacji stochastycznej jest eksperyment przeprowadzany w komputerze, polegający na wielokrotnej symulacji działania analizowanego procesu oraz rejestracji charakterystyk wynikowych. Symulacja działania procesu polega na wykorzystaniu modelu (stochastycznego), którego ostatecznym, sformalizowanym zapisem jest zwykle program komputerowy.

Nieodłącznym elementem symulacji stochastycznej jest proces generowania liczb losowych, będących realizacjami odpowiednich zmiennych losowych. W prezentowanych modelach, w tym celu, stosowano metodę odwracania dystrybuanty.

2. Niezdeterminowane metody analizy procesu produkcyjnego w ścianie – ocena użyteczności wyników

Pod pojęciem użyteczności wyników rozumiana jest możliwość ich wykorzystania w praktyce.

* AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, WGiG



Rys. 2. Interpretacja zależności między wartością W_0 a rzeczywistym wydobyciem
 Fig. 2. Interpretation of the relationship between the W_0 value and real output

zależności między prognozowaną wartością W_0 a rzeczywistym wydobyciem zmianowym, uzyskiwanym z danego przodka ścianowego.

Użyteczność w ten sposób wyznaczonej wartości W_0 polega na tym, że wartość ta obiektywizuje rzeczywiste możliwości produkcyjne przodka, gdyż uwzględnia wahania „in plus” oraz „in minus” w uzyskiwanym wydobyciu. Wartość ta może być zatem wykorzystana na etapie prognozowania lub planowania produkcji z danego przodka ścianowego.

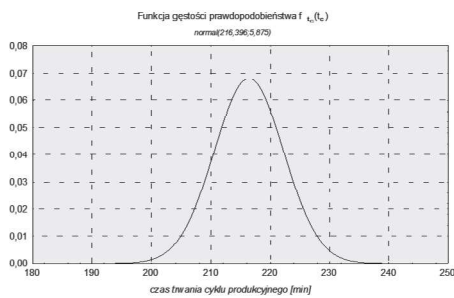
Na rysunku 3 zamieszczono wykresy funkcji gęstości oraz dystrybuanty czasu trwania cyklu produkcyjnego. Są to wielkości wynikowe w metodzie identyfikacji rozkładu prawdopodobieństwa wydobycia uzyskiwanego z przodków ścianowych kopalń węgla kamiennego (Snopkowski 2000).

Jak wiadomo, iloraz efektywnego czasu pracy w ścianie oraz czasu trwania cyklu produkcyjnego daje liczbę cykli produkcyjnych w czasie zmiany roboczej, która po pomnożeniu przez wydobycie z cyklu produkcyjnego, daje wielkość wydobycia ze ściany w trakcie zmiany roboczej. W ten sposób – wykorzystując funkcje czasu trwania cyklu produkcyjnego (rys. 3) – wyznacza się charakterystykę wydobycia zmianowego $f(w_z)$.

Funkcja $f(w_z)$ wiąże poziom wydobycia z danego przodka ścianowego z prawdopodobieństwem. Znajomość tej charakterystyki pozwala na wyznaczenie prawdopodobieństwa uzyskania wydobycia na określonym poziomie lub np. jego przekroczenia. Jeśli tym poziomem będzie w_0 , to prawdopodobieństwo przekroczenia tego poziomu wynosi:

$$P(W_z > w_0) = 1 - \int_{w_{min}}^{w_0} f(w_z) dw_z \quad (3)$$

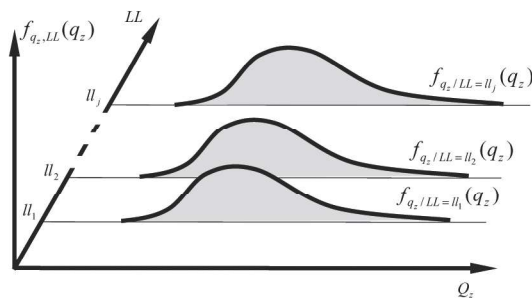
gdzie: w_{min} - dolna granica przedziału realizacji zmiennej



losowej W_z

W pracy (Snopkowski 2012) przedstawiono model procesu realizowanego w przodku ścianowym kopalń węgla kamiennego, w którym jako charakterystyki wynikowe występują funkcje gęstości rozkładu warunkowego. Na rysunku 4 zamieszczono te funkcje.

Jeśli w danym przodku ścianowym obsada może

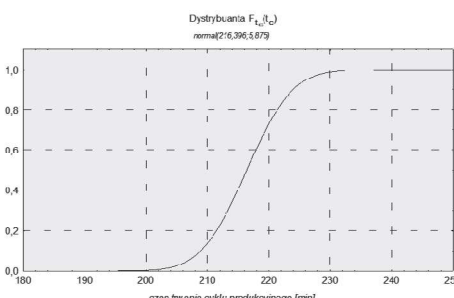


Rys. 4. Funkcje gęstości rozkładu warunkowego zmiennej Q_z – wydobycie zmianowe

Fig. 4. Conditional density functions of the Q_z variable - shift output

ulegać zmianie, wówczas wyznacza się funkcje $f_{q_z / LL=ll_1}(q_z)$; $f_{q_z / LL=ll_2}(q_z)$; ; $f_{q_z / LL=ll_j}(q_z)$ dla każdego wariantu obsady, gdzie „LL” oznacza liczbę ludzi w przodku, a „j” liczbę wariantów obsady.

Każda z tych funkcji jest funkcją gęstości rozkładu warunkowego (dotyczy rozkładu wydobycia dla określonej obsady w przodku). Charakterystyką wydobycia zmiano-



Rys. 3. Funkcja gęstości prawdopodobieństwa oraz dystrybuanta czasu trwania cyklu produkcyjnego
 Fig. 3. Probability density function and distribution function of the duration of the production cycle

wego, uwzględniającą możliwe zmiany w obsadzie przodka jest zatem brzegowa funkcja gęstości prawdopodobieństwa, obliczana według wzoru

$$f^b(q_z) = \sum_{l=1}^j f_{q_z/LL=ll_l}(q_z) * P(LL=ll_l) \quad (4)$$

gdzie $f^b(q_z)$ - funkcja gęstości rozkładu brzegowego zmiennej Q_z (wydobycie zmianowe),

$P(LL=ll_l)$ - prawdopodobieństwo przyjęcia przez zmienną losową LL wartości ll_l

Wydobycie dobowe jest sumą urobku uzyskiwanego na poszczególnych zmianach w ciągu doby. Jeśli w systemie pracy trójzmianowym dwie zmiany są produkcyjnymi i wydobyte na tych zmianach charakteryzują funkcje gęstości odpowiednio $f_{q_{z_1}}$ oraz $f_{q_{z_2}}$ to wydobyte dobowe Q_d identyfikuje funkcja gęstości prawdopodobieństwa f_{q_d} , która jest splotem funkcji $f_{q_{z_1}}$ oraz $f_{q_{z_2}}$, czyli

$$f_{q_d}(q_d) = \int_{-\infty}^{\infty} f_{q_{z_1}}(q_{z_1}) f_{q_{z_2}}(q_d - q_{z_1}) dq_{z_1} \quad (5)$$

gdzie $f_{q_{z_1}}$, $f_{q_{z_2}}$ - funkcje gęstości prawdopodobieństwa zmiennych losowych Q_{z_1} , Q_{z_2} dla dwóch zmian produkcyjnych.

Użyteczność charakterystyki wydobywania dobowego $f_{q_d}(q_d)$ polega na możliwości oceny uzyskiwanego z przodka ścianowego wydobywania w kategoriach prawdopodobieństwa, co może mieć znaczenie zarówno w prognozowaniu, jak i w planowaniu działalności produkcyjnej.

3. Wnioski końcowe

Metody analizy procesu produkcyjnego w przodku ścianowym można podzielić na zdeterminowane i niezdeterminowane. Ze względu na prostsze obliczenia oraz wystarczalność uzyskiwanych wyników, częściej wykorzystuje się metody zdeterminowane. Metody niezdeterminowane wymagają zwykle szczegółowych danych, złożonych obliczeń i są trudniejsze w analizie.

Czy jest zatem uzasadnienie by je stosować? W jakich przypadkach należy je stosować zamiast metod zdeterminowanych? Jaka jest użyteczność wyników, otrzymywanych z wykorzystaniem modeli niezdeterminowanych?

Odpowiedź na tak sformułowane pytania nie jest jednoznaczna, gdyż nie można w sposób jednoznaczny określić warunków, w których zamiast zdeterminowanych, należy zastosować metody niezdeterminowane. Odpowiedzią wspólną na dwa pierwsze pytania jest stwierdzenie: *Metody niezdeterminowane są stosowane, gdy pojawia się „zapotrzebowanie” na analizę procesu w ten właśnie sposób, czyli zastosowanie metod zdeterminowanych, nie jest wystarczające.*

W niniejszej pracy zwrócono uwagę na użyteczność wyników otrzymywanych z wykorzystaniem modeli (metod) niezdeterminowanych. Użyteczność jest tu rozumiana jako możliwość wykorzystania w praktyce.

W pierwszym przykładzie modelu niezdeterminowanego (Snopkowski 2000), poprzez badanie relacji między wybranymi elementarnymi funkcjami gęstości prawdopodobieństwa, można uzyskać odpowiedź na pytanie, czy posuw kombajnu będzie wstrzymywany przez inne, równoległe (jednocześnie) wykonywane czynności (operacje) cyklu produkcyjnego. Ma to oczywiście znaczenie praktyczne i może być pomocne w diagnozie przyczyn wstrzymywania posuwu kombajnu.

Kolejny przykład użyteczności wyników metod niezdeterminowanych, to wyznaczenie poziomu wydobywania (dla warunków konkretnego przodka ścianowego), którego przekroczenie lub nieprzekroczenie jest tak samo prawdopodobne.

Użyteczność w ten sposób wyznaczonej wartości polega na tym, że obiektywizuje ona rzeczywiste możliwości produkcyjne przodka, gdyż uwzględnia wahania „in plus” oraz „in minus” w uzyskiwanym wydobywaniu. Wartość ta może być zatem wykorzystana na etapie prognozowania lub planowania produkcji z danego przodka ścianowego.

Wyznaczenie charakterystyki wydobywania zmianowego w postaci funkcyjnej (Snopkowski 2000), wiąże poziom wydobywania z danego przodka ścianowego z prawdopodobieństwem. Charakterystyka pozwala na wyznaczenie prawdopodobieństwa uzyskania wydobywania na określonym poziomie (w granicach założonego przedziału).

W modelu (Snopkowski 2012) wyznaczono funkcje rozkładu warunkowego i brzegowego, które charakteryzują wydobywanie zmianowe w warunkach zmienności obsady w tym przodku. Poprzez splot odpowiednich funkcji, otrzymuje się charakterystykę wydobywania dobowego.

Reasumując, należy podkreślić, że zastosowanie metod niezdeterminowanych w analizie procesu produkcyjnego w przodku ścianowym rozszerza możliwości analizy i oceny tego procesu. Z drugiej strony, złożoność tych metod i modeli może stanowić barierę w szerszym ich stosowaniu w praktyce górniczej.

Literatura

- SNOPKOWSKI R. 1990 - Numerisches Modell des Produktionsprozesses verwirklicht in einem Strebstoss des Kohlenbergwerks. Archives of Mining Sciences, Polish Academy of Sciences, Vol.35, No 4
- SNOPKOWSKI R. 1994 - Die Kritikalitätsrichtwerte in der Bewertung der Einflusswahrscheinlichkeit der Tätigkeiten und des am Strebstoss Ausgeführten Arbeitsganges auf die Gewinnung. Archives of Mining Sciences, Polish Academy of Sciences, Vol. 39, No 1.
- SNOPKOWSKI R. 2000 - Metoda identyfikacji rozkładu prawdopodobieństwa wydobywania uzyskiwanego z przodków ścianowych kopalń węgla kamiennego. Kraków, Rozprawy Monografie, AGH UWND 85.
- SNOPKOWSKI R. 2000 - Boundary conditions for elementary functions of probability densities for the production process realized in longwalls. Archives of Mining Sciences, Polish Academy of Sciences, Vol. 45, No.4, p. 501-510.
- SNOPKOWSKI R., 2002 Longwall output plan considered in probability aspect. Archives of Mining Sciences, Polish Academy of Sciences, Vol.47, No.3, p. 413-420
- SNOPKOWSKI R. 2005 - The use of the Stochastic Simulation for Identification of the Function of Output Probability Density. Archives of Mining Sciences, Polish Academy of Sciences, Vol.50, No.4, p. 497-504.
- SNOPKOWSKI R. 2007 - Symulacja stochastyczna. Kraków, Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH.
- SNOPKOWSKI R. 2009 - Stochastic model of the longwall face excavation using two-way shearer mining technology. Archives of Mining Sciences, Polish Academy of Sciences, Vol. 54, No 3, p. 573-585.
- SNOPKOWSKI R. 2010 - Stochastyczny model wydobywania z przodka ścianowego dla jednokierunkowej technologii urabiania kombajnem. Przegląd Górniczy nr 9.
- SNOPKOWSKI R. 2012 - Stochastyczne metody analizy procesu produkcyjnego realizowanego w przodkach ścianowych kopalń węgla kamiennego. Kraków, Wydawnictwa AGH.

Artykuł wpłynął do redakcji – wrzesień 2019

Artykuł akceptowano do druku – 25.09.2019