

Antoni KOT

NOMOGRAMY DO OBLICZANIA OBNIŻEŃ POWIERZCHNI TERENU
POWODOWANYCH EKSPLOATACJĄ POKŁADÓW NACHYLONYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono opracowane przez autora nomogramy, pozwalające w prosty i szybki sposób obliczać prognozowane wielkości wskaźników deformacji górotworu i powierzchni, powodowane eksploatacją pokładów nachylonych i stromych. Nomogramy opracowano dla powszechnie znanych teorii ruchów górotworu T. Kochmańskiego i S. Knothego.

1. WPŁYW EKSPLOATACJI POKŁADÓW NACHYLONYCH NA POWIERZCHNIĘ TERENU

Metody prognozowania deformacji powierzchni powodowanych eksploatacją pokładów nachylonych i stromych nie są dotychczas opracowane w takim stopniu jak w przypadku pokładów poziomych i słabo nachylonych. Związane to jest z jednej strony z bardziej złożonym charakterem zjawiska a z drugiej - brakiem wystarczająco bogatego materiału obserwacyjnego.

W Polsce, dla prognozowania wpływów eksploatacji pokładów poziomych lub słabo nachylonych, w praktyce ruchowej kopalń i ośrodków naukowo-badawczych stosuje się najczęściej teorie S. Knothego i T. Kochmańskiego oraz teorię ośrodka stochastycznego J. Litwiniszyna.

Teorie te szereg badaczy dostosowywało do warunków pokładów nachylonych i stromych, np.:

- Z. Ochab teorię T. Kochmańskiego,
- Br. Skinderowicz teorię S. Knothego,
- A. Smolarski oraz S. Szpetkowski teorię J. Litwiniszyna.

Modyfikacje teorii podstawowych wymagają jednak dalszego dopracowania, tak pod względem teoretycznym z uwagi na potrzebę uściślenia wpływu czynników charakteryzujących kształtowanie się deformacji powierzchni powodowanych eksploatacją górnictw pokładów nachylonych, jak również z uwagi na potrzebę ustalenia przebiegu zmienności parametrów tych teorii.

Zasadniczymi wzorami teorii S. Knothego i T. Kochmańskiego są wzory na osiadanie punktu pod wpływem wybrania prostokątnego pokładu o współrzędnych wierzchołków (x_1, y_1) , (x_2, \hat{y}_1) , (x_2, y_2) , (x_1, y_2) , przy założeniu, że osie układu współrzędnych są równoległe do boków prostokąta a punkt obliczeniowy jest środkiem układu:

- teoria S. Knotheho

$$W = \frac{a \cdot g}{r^2} \int_{x_1-x}^{x_2-x} dx \int_{y_1-y}^{y_2-y} e^{-\frac{(x^2+y^2)}{r^2}} dy. \quad (1)$$

- teoria T. Kochmańskiego

$$W = a \cdot g \frac{\int_{x_1}^{x_2} dx \int_{y_1}^{y_2} e^{-\frac{(\sqrt{x^2+y^2})}{r_0} b} dy}{\int_{-\infty}^{+\infty} dx \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{(\sqrt{x^2+y^2})}{r_0} b} dy}, \quad (2)$$

gdzie:

a - współczynnik eksploatacyjny,

g - grubość pokładu,

r - promień zasięgu wpływów głównych - dla powierzchni $r = \frac{H}{\tan \beta}$,

β - kąt zasięgu wpływów głównych (parametr teorii S. Knotheho),

H - głębokość eksploatacji,

r_0 - parametr teorii T. Kochmańskiego zależny od sztywności górotworu,

b - parametr teorii T. Kochmańskiego zależny od głębokości.

W przypadku prognozowania wpływów eksploatacji pokładów nachylonych i stromych występują jeszcze:

d_g i d_d - przesunięcie krawędzi eksploatacji do wybranej przestrzeni od strony wzniosu i upadu pokładu,

$p = H_k \cdot \tan k$ - przesunięcie wpływów eksploatacji,

gdzie:

H_k - grubość warstw karbońskich,

k - współczynnik określający kąt odchylenia wpływów od pionu w górotworze karbońskim,

α - kąt nachylenia pokładu.

Wykorzystując ideę Z. Ochaba kolejno:

- przesuwamy elementarne paski pokładu równoległe do rozciągłości o $p = H_k \cdot \tan k \alpha$ (bez zmiany głębokości),
- obliczamy elementarne wpływy wywołane tymi eksploatacjami,
- sumujemy otrzymane wyniki

i w ten sposób teoretycznie, względnie praktycznie, uzyskujemy obniżenie dowolnego punktu. Tę zasadę postępowania ilustruje rysunek 1.

Tablica 1

Wartość parametru k ,

Grupa niecek osiadań	k
Eksploracja jednego pokładu w górotworze nienaruszonym	0,80
Eksploracja jednego pokładu w górotworze naruszonym wcześniejszą eksploatacją	0,75
Eksploracja wiązki pokładów w górotworze nienaruszonym	0,70
Eksploracja wiązki pokładów w górotworze naruszonym	0,50

Badania statystyczne współczynnika k określonego drogą analiz wyników obserwacji geodezyjnych wykazały, że jego wartość zależy od:

- głębokości zalegania pokładu i udziału warstw nakładu,
- grubości i nachylenia pokładu,
- własności fizykomechanicznych nadległego górotworu.

Aktualnie, autor prowadzi uzupełniające kompleksowe analizy wyników obserwacji geodezyjnych z wykorzystaniem maszyn cyfrowych, analizy wyników badań modelowych z zastosowaniem materiałów ekwiwalentnych, co umożliwi udoskonalenie dotychczas stosowanych metod obliczeniowych oraz umożliwi bardziej dokładne prognozowanie wpływów eksploatacji pokładów nachylonych i stromych.

2. NOMOGRAMY DO OBLICZANIA OBNIŻEŃ I PRZESUNIĘĆ DLA POKŁADÓW NACHYLONYCH I TEORII S. KNOTHE

Wykorzystanie wzorów S. Knothe'go i T. Kochmańskiego i sposobu Z. Ocha'ba dla obliczania wskaźników deformacji powodowanych eksploatacją pokładów nachylonych i stromych jest bardzo pracochłonne.

Znacznym ułatwieniem obliczeń są nomogramy skonstruowane tak, aby po wykreśleniu przekroju pokładu można było odczytać z nich żądane wskaźniki.

Taki diagram sporządził po raz pierwszy W. Batkiewicz dla osiadań w teorii T. Kochmańskiego [1].

Autor wykorzystując ideę sporządził nomogramy dla osiadań i przesunięć poziomych w teorii S. Knothe oraz dla przesunięć poziomych w teorii T. Kochmańskiego.

Wzory wyjściowe stanowiły (wzory dla nieskończonej półpłaszczyzny)

$$W = - \frac{a \cdot g}{\cos \alpha} \left(0,5 - \int_0^s e^{-kt^2} dt \right) = \frac{a \cdot g}{\cos \alpha} \cdot \varphi \quad (3)$$

$$U = -B \frac{a + g}{r \cos \alpha} \cdot e^{-\pi s^2} = \frac{0.4 a + g}{\cos \alpha} \cdot \psi, \quad (4)$$

gdzie:

φ, ψ - funkcje stabelaryzowane.

Przy konstruowaniu nomogramu przyjęto następujące założenia:

1. Na głębokości H zalega poziomy pokład, którego pas o wymiarach x, y ma być wyeksploatowany.
2. $\frac{a + g}{\cos \alpha} = 1000$ mm.
3. Przeznaczoną dla wybrania partię pokładu dzielimy prostopadłe do osi x na wąskie paski o szerokości $\Delta x = 10$ m.

Zasady konstrukcji nomogramów przedstawiono na rysunku 2.

W początku układu współrzędnych obieramy punkt M i następnie obliczamy obniżenie tego punktu, jakie wywoła eksploatacja paska 1, 2, 3 ... (rys. 2a) i tak aż do paska, którego eksploatacja praktycznie nie spowoduje żadnego obniżenia punktu M .

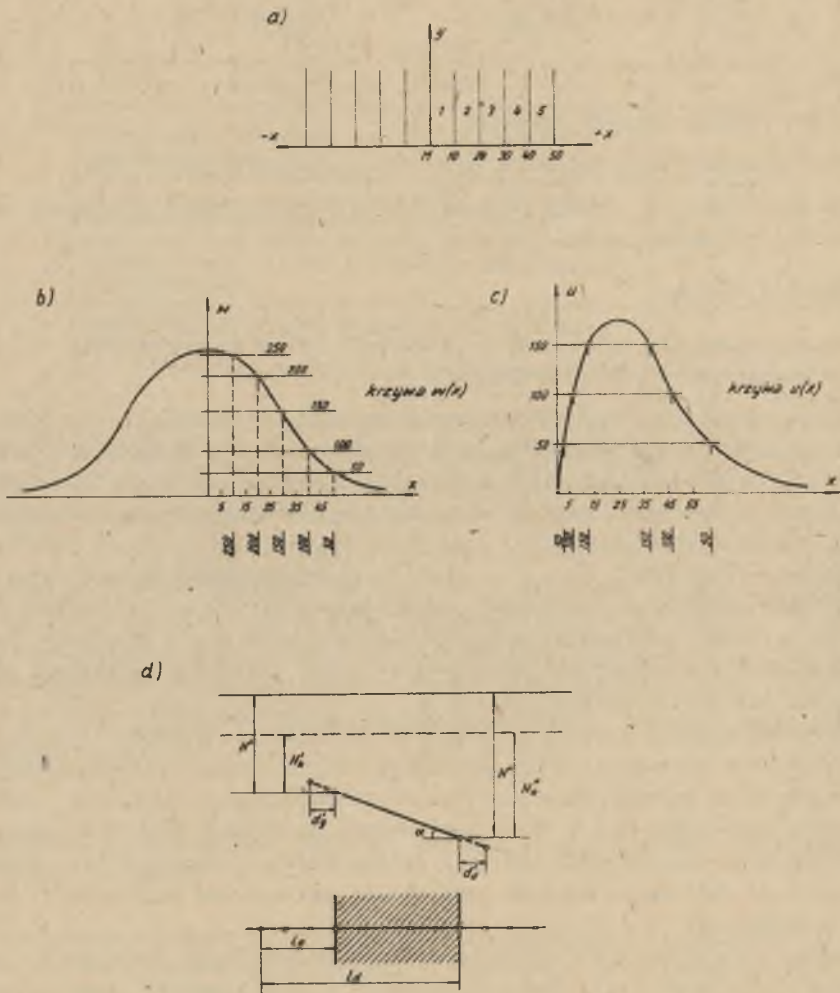
Obliczone wartości $w_1, w_2 \dots$ są więc obniżeniami spowodowanymi eksploatacją pasków położonych w średnich odległościach od punktu M równych 5, 15, 25 ... itd. Nanosząc uzyskane wyniki na wykres $W(x)$, otrzymamy krzywą umożliwiającą odczytanie okrągłych wartości obniżień w zależności od odległości paska od punktu M (rys. 2b).

Wartości obniżień określono wychodząc ze wzorów podstawowych teorii S. Knothe'go. Dla ułatwienia i udoskonalenia odczytywania wartości sporządzono odpowiednie wykresy funkcji $W(x)$. Uzyskane okrągłe wartości obniżień pasków o szerokości $\Delta x = 10$ m, wybieranych na różnych głębokościach, naniesiono na jeden zbiorczy wykres o osiach współrzędnych X i H , tworząc nomogram do obliczania obniżień powierzchni pod wpływem eksploatacji pokładów nachylonych.

Postępując identycznie wykreślano dla poszczególnych głębokości i przyjętego $\operatorname{tg} \beta$ krzywe $U(x)$ (rys. 2c) uzyskane z tych krzywych sporządzonych dla różnych H , wartości U nanosimy na wspólny wykres, uzyskując nomogram dla określenia przesunięć dla pokładów nachylonych, pamiętając, że jedna strona nomogramu ma wartości ujemne, a druga dodatnie.

Obliczenie obniżenia (przesunięcia) dowolnego punktu P przebiega następująco:

1. Partię wybieranego pokładu zmieniamy na równoważny prostokąt tak, że dolny i górny jego bok są równoległe do rozciągłości pokładu.
2. Wyznaczamy wielkości przesunięcia wpływów górnej i dolnej krawędzi pokładu, poprawiając o te wartości odległości punktu obliczeniowego.
3. Znając $\operatorname{tg} \beta$ na nomogramie nanosimy współrzędne górnej i dolnej krawędzi prostokąta

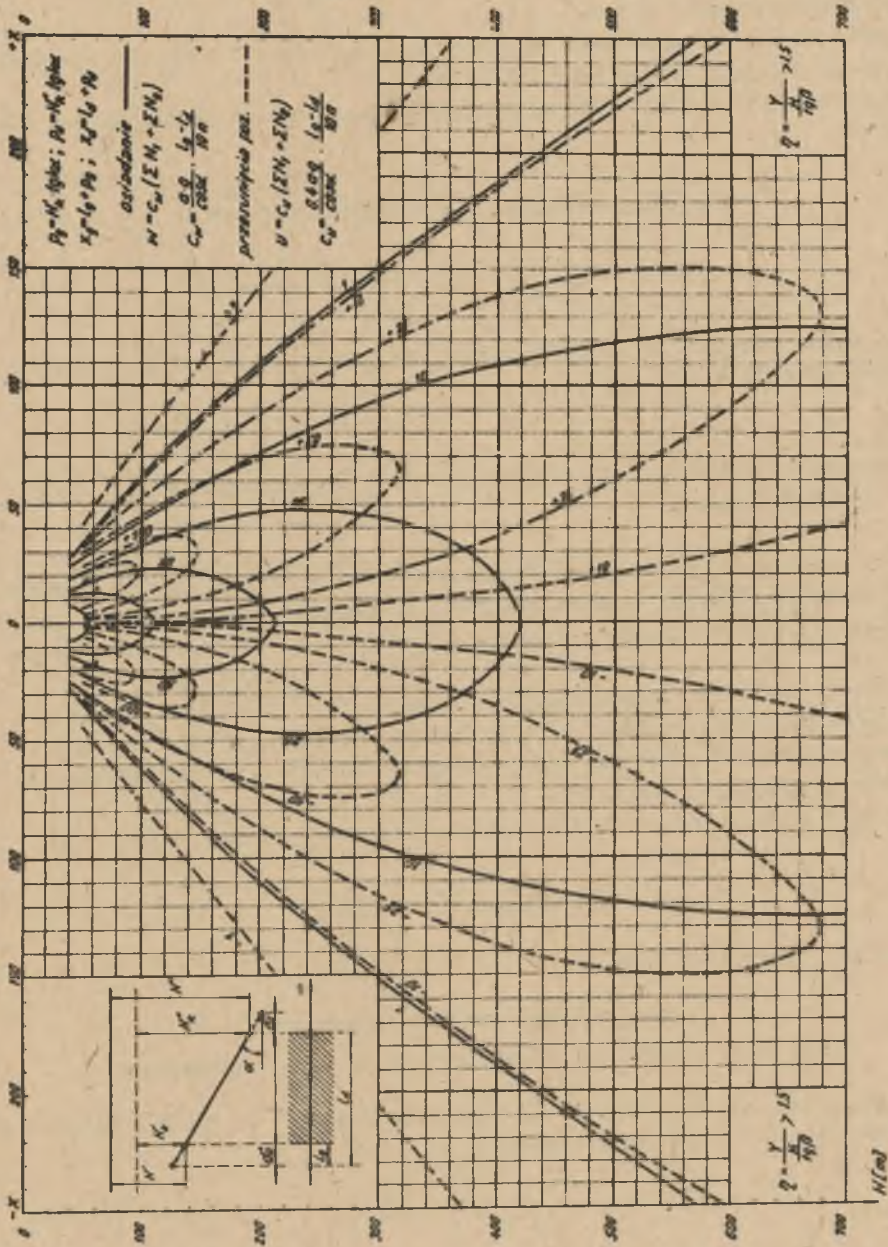


Rys. 2. Zasada konstrukcji nomogramu

$$X_g = l_g + P_g; \quad \frac{H_g}{tg\beta} \quad (5)$$

$$X_d = l_d + P_d; \quad \frac{H_d}{tg\beta} \quad (6)$$

Uzyskane punkty łączy się prostą, otrzymując sieć linii, każda odpowiadająca konkretnemu punktowi powierzchni lub górotworu.



Rys. 3. Nomogram do obliczania obniżeń i przesunięć dla pokładów nachylonych i teorii S. Knothego

4. W odległościach poziomych co $10 \cdot \frac{(l_d + p_d) - (l_g + p_g)}{l_d - l_g}$ dokonuje się odczytów wartości W i U .

Można również w zależności od potrzebnej dokładności dzielić odcinek przedstawiający pokład na "n" odcinków.

W środku tych odcinków dokonuje się wówczas odczytów jednostkowych obniż.

$$W = C_w (\sum N_{1w} + \sum N_{2w}); \quad C_w = \frac{s \cdot g}{\cos \alpha} \cdot \frac{l_g - l_d}{10 n} \quad (7)$$

$$U = C_u (\sum N_{1u} + \sum N_{2u}); \quad C_u = \frac{0,48s \cdot g}{\cos \alpha} \cdot \frac{l_g - l_d}{10 n} \quad (8)$$

Przykład nomogramu do określania obniż i przesunięć według teorii S. Knothego przedstawia rys. 3.

3. NOMOGRAM DO OBLICZANIA PRZESUNIĘĆ DLA POKŁADÓW NACHYLONYCH I TEORII T. KOCHMAŃSKIEGO

Przy konstruowaniu nomogramu zastosowano ideę i schemat postępowania W. Batkiewicza. Schemat eksploatacji wraz z punktami obliczeniowymi jest identyczny jak dla obliczania obniż i przesunięć w teorii S. Knothe (rys. 2).

Dla szeregu wartości parametru "b" dla pasków 0,5 φ określano wielkości przesunięć poziomych, skąd w końcu otrzymano nomogram pozwalający na obliczanie przesunięć drogą sumowania średnich odczytów dla poszczególnych odcinków odrzutowanej linii.

Wielkość przesunięcia U dla poszczególnych pasków określono wzorem:

$$U = - \frac{s \cdot g}{\cos \alpha} \cdot s \cdot \frac{db}{dz} \cdot \Delta \psi \quad (9)$$

przy czym: $\frac{s \cdot g}{\cos \alpha} = 1000 \text{ mm}$

s - przyjęto dla konstrukcji nomogramu = 1,

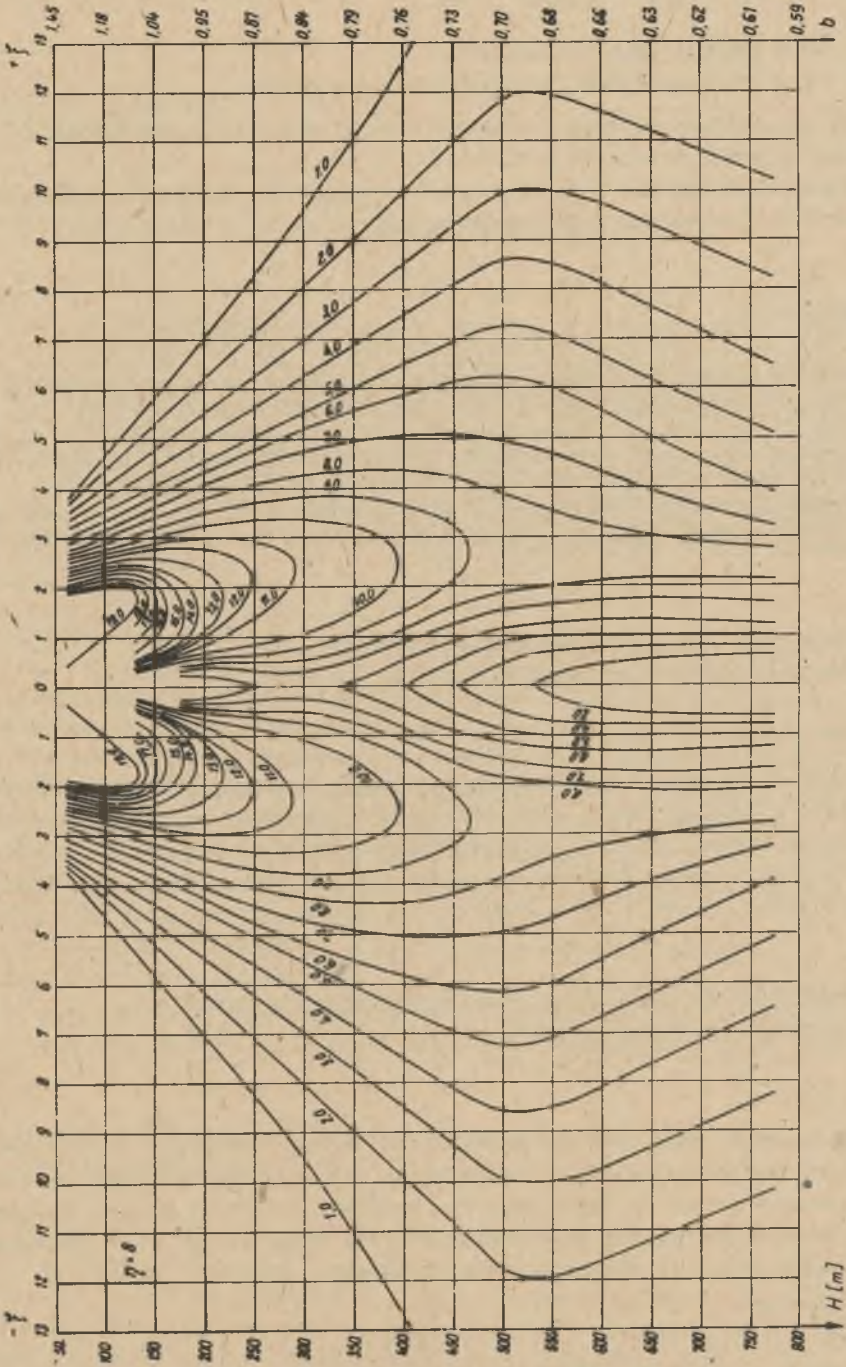
$\frac{db}{dz} \cdot \Delta \psi$ - określono z tablic funkcji T. Kochmańskiego.

Traktując jedną połowę nomogramu za działającą ujemnie a drugą dodatnio, wielkości przesunięć określamy wzorami:

$$U = s \cdot C_u [\sum N_1 + \sum N_2]. \quad (10)$$

Dla eksploatacji symetrycznej

$$U = 2 s \cdot C_u \cdot \sum N, \quad (11)$$



Rys. 4. Nomogram do obliczania przesunięć dla pokładów nachylnych i teorii T. Kochmańskiego

$$\text{gdzie } C_u = \frac{2}{n} \cdot \frac{\xi'' - \xi'}{\Delta \xi'} \cdot \frac{a \cdot b}{\cos \alpha} \cdot \frac{r_0}{100}$$

a - funkcja szczelinowości,

n - ilość odczytów dokonanych na normogramie.

Krzywą odkształceń poziomych wyznacza się po obliczeniu przesunięć z ich różnic dla dwóch kolejnych punktów.

Przykład normogramu do obliczania przesunięć dla pokładów nachylonych i teorii T. Kochmańskiego przedstawia rys. 4.

4. LITERATURA

- [1] Batkiewicz W.: Obliczanie wskaźników poeksploatacyjnych deformacji terenu. Prace Komisji Górniczo-Geodezyjnej, Geodezja 10, Kraków 1971.
- [2] Kot A.: Badania czynników wpływających na kształtowanie się niecek osiadań wywołanych eksploatacją pokładów nachylonych i stromych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śl., Górnictwo z. 71, Gliwice, 1976.
- [3] Ochab Z.: Niecka obniżeniowa i odkształcenia właściwe pod wpływem eksploatacji pokładów pochyłych w oparciu o teorię T. Kochmańskiego. Komunikat GIG nr 224, Katowice, 1959.

НОМОГРАММЫ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ОСЕДАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ, ВЫЗЫВАЕМЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ НАКЛОННЫХ ПЛАСТОВ

Р е з ю м е

В статье приводятся разработанные автором номограммы, дающие возможность в простой и быстрый способ вычислить прогнозируемые величины показателей деформации горного массива и поверхности, вызываемые эксплуатацией наклонных и крутых пластов. Номограммы разработано для общеизвестных теорий сдвижения горного массива Т. Кохманьского и С. Кноте.

THE NOMOGRAMS FOR CALCULATING SURFACE DEPRESSION CAUSED BY EXPLOITING THE INCLINED SEAMS

S u m m a r y

The paper presents the nomograms of the author that allow in a simple and quick way to calculate the forecasted values of rock/surface deformation factors caused by exploiting the inclined and steep seams. The nomograms were developed for the commonly known theories of rock displacement described by T. Kochmański and S. Knothe.