

Mirosław CHUDEK

Henryk KLETA

WPLYW WŁASNOŚCI GEOMECHANICZNYCH GÓROTWORU
I GŁĘBOKOŚCI NA KSZTAŁTOWANIE SIĘ ZASIĘGU
WPLYWÓW EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ

Streszczenie. W pracy omówiono wpływ własności geomechanicznych i głębokości eksploatacji na kształtowanie się deformacji powierzchni terenu. Na podstawie teorii M. Chudka - L. Stefańskiego prognozowania wpływów eksploatacji górniczej na powierzchnię, uwzględniającą mechanizm deformacji górotworu o warstwowej budowie, przedstawiono wpływ średniej wytrzymałości masywu skalnego i głębokości eksploatacji na kształtowanie się zasięgu wpływów eksploatacji górniczej.

Biorąc pod uwagę, że wielkość wyeksploatowanej powierzchni pokładu ma istotny wpływ na wielkość i rozkład poszczególnych wskaźników deformacji oraz, że jednym z warunków minimalizujących deformacje terenu jest utworzenie się niecki pełnej, przedstawiono na podstawie obliczeń wpływ średniej wytrzymałości masywu skalnego na rozciąganie R_{β} i głębokości eksploatacji na szerokość frontu eksploatacyjnego, przy którym wystąpi niecka pełna.

Podane wykresy mogą znaleźć praktyczne zastosowanie przy ocenie wpływu projektowanej eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu.

1. WSTĘP

Stosowane dotychczas teorie prognozowania wpływów eksploatacji górniczej na górotwór i powierzchnię charakteryzują się przyjęciem tzw. krzywej wpływów, której podobieństwo do profilu niecki osiadania wykorzystane zostało do wyprowadzenia zależności opisujących wskaźniki deformacji przy założeniu ciągłości, jednorodności i nieściśliwości górotworu.

W najczęściej stosowanych w praktyce teoriach St. Knothago i T. Kochmańskiego występują między innymi parametry:

- współczynnik kierowania stropem (osiadania) a ,
- parametr rozproszenia wpływów głównych $tg\beta$,
- parametr poziomego oddziaływania r_0 ,
- parametr głębokości eksploatacji b ,
- parametr ruchów poziomych B ,
- współczynnik szczelinyowości S .

Parametry te przyjmowane są głównie na podstawie analizy wyników pomiarów geodezyjnych prowadzonych na obszarach poddanych wpływowi eksploatacji górniczej. Występowanie powyższych parametrów we wzorach obliczeniowych omawianych teorii decyduje w głównej mierze o wielkości wyznaczanych wskaźników deformacji. Znane z literatury zależności i hipotezy opisujące kształtowanie się przykładowo parametru rozproszenia wpływów głównych τ_{β} nie stanowią jednak wiążących zaleceń odnośnie do przyjmowania jego wartości. Dodatkową trudność stanowi tu brak jednoznacznych związków wiążących wielkość parametrów teorii statystyczno-całkowych z podstawowymi własnościami fizyko mechanicznymi górotworu.

Prowadzone badania [4, 5, 6, 7, 8, 10] w Instytucie Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Politechniki Śląskiej w Gliwicach nad zagadnieniem deformowania się górotworu wskutek eksploatacji górniczej doprowadziły do sformułowania modelu górotworu charakteryzującego się warstwową budową przy uwzględnieniu jego własności geomechanicznych takich, jak: wytrzymałość skał na ściskanie R_{CS} i rozciąganie R_{rS} , ciężaru objętościowego γ_{gr} , wytrzymałości węgla na ściskanie R_{CW} i rozciąganie R_{rW} w pokładach, głębokości zalegania eksploatowanych pokładów z , kąta nachylenia warstw masywu górotworu α i ich miąższości m , prędkości postępu frontu eksploatacji V_x itd. [10].

2. PODSTAWOWE ZAŁOŻENIA TEORII M. CHUDKA I L. STEFAŃSKIEGO DEFORMOWANIA GÓROTWORU W WARUNKACH WPŁYWÓW EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ

W powyższej teorii prognozowania wpływów eksploatacji górniczej [12] przyjęto między innymi:

- warstwowy model górotworu, który charakteryzuje się średnią wytrzymałością skał na rozciąganie

$$R_{rs} = \frac{\sum_{i=1}^n R_{ri} \cdot m_i}{z}$$

gdzie:

R_{ri} - wytrzymałość na rozciąganie i -tej warstwy, MPa,

m_i - miąższość i -tej warstwy, m,

z - rozpatrywana odległość od stropu eksploatowanego pokładu,

oraz średnią wartość ciężaru objętościowego skał:

$$\gamma_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot m_i}{z}$$

gdzie:

γ_i - ciężar objętościowy skał budujących i-tą warstwę, MPa/m,

- współzależność wytrzymałości skał w GZW, która w przybliżeniu [4, 8, 9] wynosi:

$$20 R_{rs} \approx R_{cs}$$

$$6 R_{cw} \approx R_{cw}$$

gdzie:

R_{cs}, R_{cw} - wytrzymałość doraźna na ściskanie odpowiednio dla skał płonnych i węgla, MPa,

R_{rs}, R_{cw} - wytrzymałość skał na rozciąganie,

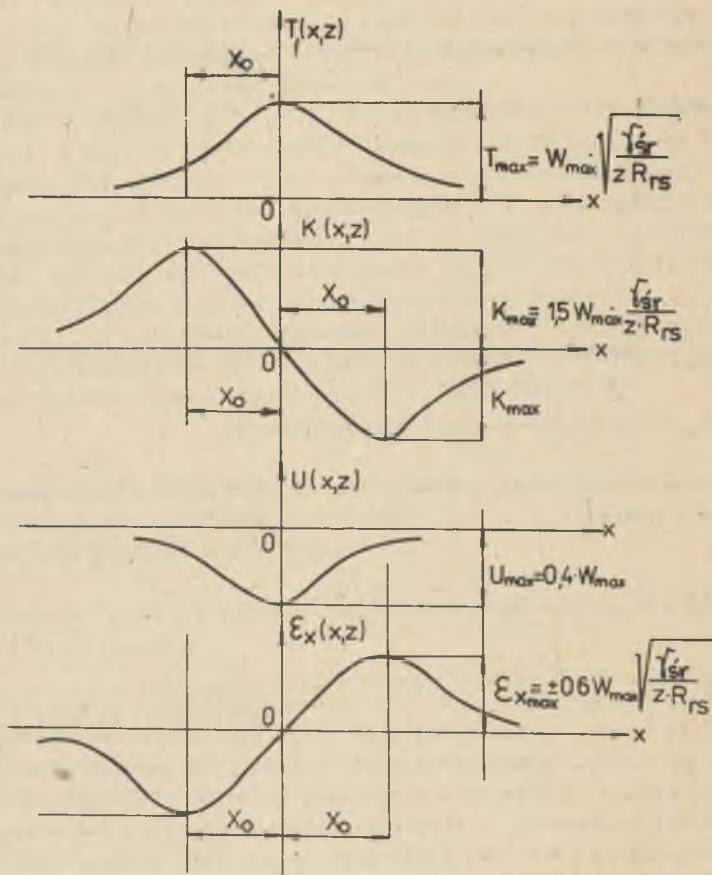
- krzywą wpływów uwzględniającą własności geomechaniczne skał masywu górotworu o postaci:

$$w(x, z) = w_{\max} \sqrt{\frac{\gamma_{sr}}{z \cdot R_{rs}}} \exp\left(-\frac{\pi x^2 \gamma_{sr}}{z R_{rs}}\right) \quad (1)$$

Otrzymane przez Autorów [8, 9, 12] równania opisujące krzywą wpływów, krzywą profilu niecki obniżeniowej oraz pozostałe podstawowe wskaźniki deformacji górotworu i powierzchni są funkcjami podstawowych własności fizykomechanicznych górotworu o warstwowej budowie, głębokości eksploatacji, grubości wybieranej warstwy lub pokładu, parametru kierowania stropem i nachylenia pokładów. Zależności te wynikają z mechanizmu deformacji górotworu uwzględniającego obciążenie działające nad przestrzenią powstałą po wybranej części pokładu i powstanie momentu niszczącego M_{\max} .

3. METODA WYZNACZANIA PARAMETRÓW DEFORMACJI GÓROTWORU W WARUNKACH WPŁYWU EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ

W pracy [12] podano równanie krzywej wpływów jako funkcji parametrów geomechanicznych górotworu, przy której profil niecki obniżeniowej (rys. 1) dla tzw. półpłaszczyzny opisany jest równaniem:



Rys. 1. Teoretyczny przebieg funkcji opisujących deformację terenu [12]

Fig. 1. Theoretical function course describing ground deformation [12]

$$w(x, z) = w_{\max} \sqrt{\frac{\gamma_{\text{śr}}}{z + R_{\text{rś}}}} \int_x^{\infty} \exp\left(-\frac{\pi x^2 \gamma_{\text{śr}}}{z + R_{\text{rś}}}\right) dx, \quad (2)$$

gdzie:

$R_{\text{rś}}$ - średnia wytrzymałość na rozciąganie "pakietu" skał do wysokości z nad stropem pokładu, MPa,

$\gamma_{\text{śr}}$ - średnia ciężaru objętościowego "pakietu" skał do wysokości z nad stropem eksploatowanego pokładu, MPa/m,

$w_{\max} = a \cdot m$

a - współczynnik kierowania stropem,

m - grubość eksploatowanego pokładu lub warstwy, m,

x - współrzędna rozpatrywanego punktu obliczeniowego od krawędzi eksploatacji, m.

W powyższym równaniu promień zasięgu wpływów głównych wyrażony jest zależnością:

$$r = \sqrt{\frac{z + R_{\text{rś}}}{\gamma_{\text{śr}}}} \quad (3)$$

Na podstawie zależności (3) na rys. 2 przedstawiono kształtowanie się wartości promienia zasięgu wpływów, co pozwala prognozować przebieg promienia zasięgu wpływów eksploatacji górniczej w górotworze przy uwzględnieniu zmienności parametrów geomechanicznych. W przypadku braku wartości $R_{\text{rś}}$ i $\gamma_{\text{śr}}$ określonych z otworów badawczych można w pierwszym przybliżeniu przyjąć wartości na podstawie tablicy 1. Biorąc pod uwagę, że podziemna eksploatacja górnicza powoduje zmianę własności fizykomechanicznych masywu górotworu uważa się za celowe uwzględnienie przy przyjmowaniu wartości $R_{\text{rś}}$ i $\gamma_{\text{śr}}$ dla eksploatacji kolejnych pokładów, wykorzystanie wyników pomiarów geodezyjnych prowadzonych w zbliżonych warunkach górniczo-geologicznych.

Wpływ stopnia zruśnięcia górotworu eksploatacją kolejnych pokładów można ustalić na podstawie kształtowania się promieni zasięgu wpływów.

Zasięg wpływów głównych wyznacza się z profilu niecki osiadania otrzymanego z pomiarów niwelacyjnych linii obserwacyjnej, prostopadłej do krawędzi eksploatacji, jako odległości punktu leżącego nad punktem przecięcia niecki obniżeniowej oraz punktu, którego obniżenie wynosi około 1% w_{\max} . Z uwagi na to, że znalezienie punktu, którego osiadanie wynosi około 1% w_{\max} , jest utrudnione, wartość promienia zasięgu wpływów można wyznaczyć z zależności:

$$r = \frac{T_{\max}}{w_{\max}} = \sqrt{\frac{z \cdot R_{rs}}{\gamma_{sr}}} \quad (4)$$

gdzie:

T_{\max} - maksymalne nachylenie uśrednionego graficznie profilu wykształconej niecki osiadania,

w_{\max} - maksymalne osiadanie.

Tablica 1

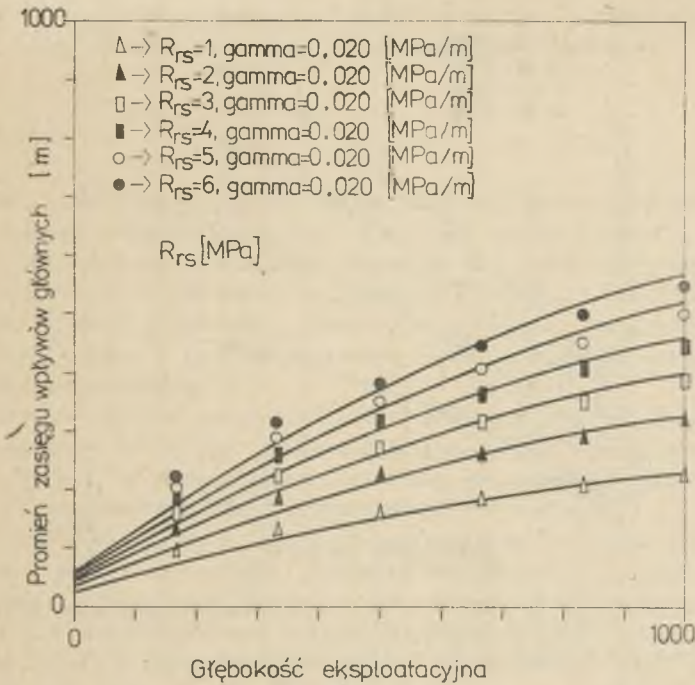
Własności fizyczne i mechaniczne skał

a) Średnie wartości wytrzymałości i ciężaru objętościowego skał poszczególnych grup stratygraficznych w GZW

Grupa stratygraficzna	R_{cs} MPa	R_{rs} MPa	γ_{sr} MPa/m
Łaziska-libiązka 200/100	18,2	0,90	0,021
Orzeska 300	65,2	3,35	0,022
Rudzka 400	50,0	2,70	0,023
Siodłowa 500	75,0	4,30	0,022
Brzeźna 600	75,6	4,80	0,023

b) Średnie wartości wytrzymałości skał wg ich rodzajów

Rodzaj skał	γ_{sr} MPa/m	R_{cs} MPa	R_{rs} MPa
Zlepieniec	0,0245	77,00	3,8
Piaskowiec gruboziarnisty	0,0247	84,70	4,7
Piaskowiec drobno- i średnioziarnisty	0,0248	80,30	3,0
Łupek piaszczysty	0,0246	37,15	2,6
Łupek ilasty	0,0248	48,00	3,3
Węgiel	0,0130	13,70	0,7



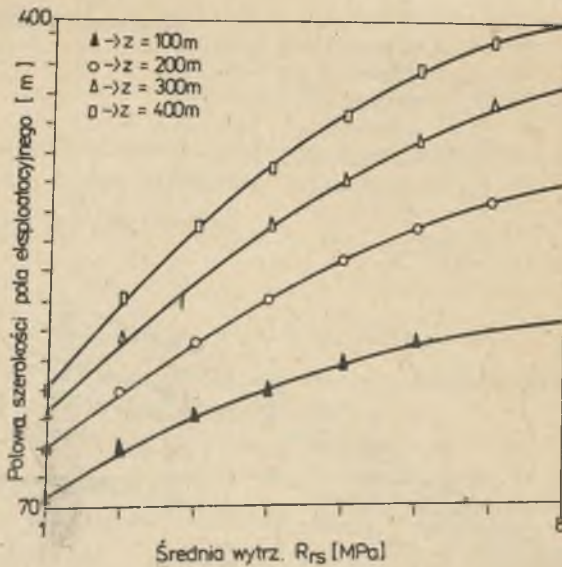
Rys. 2. Kształtowanie się promienia zasięgu wpływów głównych w zależności od średniej wytrzymałości R_{rs} i wysokości nad pokładem

Fig. 2. Formation of mining influence range radius according to average strength R_{rs} and height over the bed

W miarę rozwoju eksploatacji po upływie pewnego charakterystycznego czasu potrzebnego do przeniesienia wpływów eksploatacji poprzez górotwór na powierzchnię powstaje niecka osiadania, która stopniowo zwiększa swoje rozmiary, aż do ukształtowania się niecki pełnej. Nieckę pełną wyróżnia od niepełnej występowanie w części dennej maksymalnych w warunkach danej eksploatacji obniżen punktów powierzchni. Jak wynika z dotychczasowych badań, w przypadku niecki pełnej bezwzględne wartości największych odkształceń rozciągających i ściskających są w przybliżeniu równe, natomiast w niecce niepełnej odkształcenia ściskające są co do bezwzględnej wartości większe od odkształceń rozciągających. Szerokość pola eksploatacji, przy której występuje niecka pełna, jest charakterystyczna dla danej głębokości wybierania i danych wartości geomechanicznych górotworu.

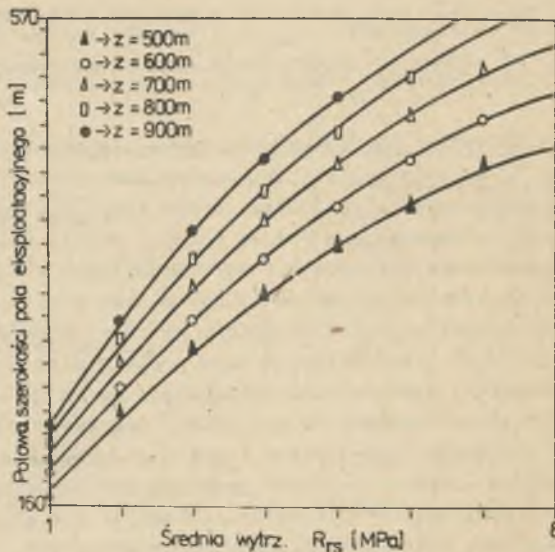
Na ryc. 3 i 4 przedstawiono wykresy kształtowania się szerokości frontu eksploatacyjnego dla zmiennych warunków geotechnicznych, przy której występuje niecka pełna.

Uwzględniając, że jednym z warunków minimalizujących deformacje powierzchni terenu jest utworzenie się niecki pełnej, to podane wykresy



Rys. 3. Kształtowanie się szerokości frontu eksploatacyjnego, przy której występuje niecka pełna (dla $z = 100-400\text{ m}$)

Fig. 3. Formation of exploitation front width at which a full basin occurs (for $z = 100-400\text{ m}$)



Rys. 4. Kształtowanie się szerokości frontu eksploatacyjnego, przy której występuje niecka pełna (dla $z = 500-900\text{ m}$)

Fig. 4. Formation of exploitation front width at which a full basin occurs (for $z = 500-900\text{ m}$)

mogą służyć do ustalania szerokości jednokierunkowego frontu eksploatacyjnego przy uwzględnieniu własności geomechanicznych górotworu.

4. PODSUMOWANIE

Omówiony w niniejszym artykule wpływ własności geomechanicznych górotworu na zasięg wpływów eksploatacji górniczej oparto na teorii M. Chudka - L. Stefańskiego, uwzględniającej mechanizm deformacji górotworu o warstwowej budowie. Stosując wzory na podstawowe wskaźniki deformacji omawianej teorii można prognozować deformacje górotworu z uwzględnieniem jego warstwowej budowy i stopnia zruszenia poszczególnych warstw do eksploatacji kolejnych pokładów.

Przedstawiony wykres kształtowania się promienia zasięgu wpływów głównych eksploatacji górniczej, uwzględniający podstawowe parametry geomechaniczne górotworu, może znaleźć praktyczne zastosowanie przy ocenie wpływu projektowanej eksploatacji górniczej.

Biorąc pod uwagę fakt, że wielkość wyeksploatowanej powierzchni pokładu ma istotny wpływ na wielkość i rozkład poszczególnych wielkości wskaźników deformacji górotworu, podano wykresy pozwalające na ustalenie szerokości jednokierunkowego frontu eksploatacyjnego, przy którym występuje tzw. niecka pełna w zależności od średniej wytrzymałości R_{rs} górotworu oraz głębokości eksploatacji.

LITERATURA

- [1] Borecki M., Chudek M.: Mechanika górotworu. Wyd. Śląsk, Katowice 1972.
- [2] Budryk W., Knothe St.: Wpływ eksploatacji podziemnej na powierzchnię z punktu widzenia ochrony obiektów. Przegląd Górniczy, nr 11, 1950.
- [3] Budryk W.: Wyznaczanie wielkości poziomych odkształceń terenu. Archiwum Górnictwa i Hutnictwa, t. I, z. 1, 1953.
- [4] Chudek M.: Mechanika górotworu. Skrypt Pol. Śl., Gliwice 1981.
- [5] Chudek M.: Zachowywanie się skał stropowych nad wyrobiskiem ścianowym w świetle badań modelowych. ZN Pol. Śl., s. Górnictwo, z. 30, Gliwice 1968.
- [6] Chudek M.: Wpływ głębokości na stan deformacyjno-naprężeniowy w otoczeniu wyrobisk górniczych. Przegląd Górniczy nr 5, 1983.
- [7] Chudek M., Stefański L.: Loades and stress occarring in the orogen in the vicinity of wall headings, remains of coal Seams and barrier pillars in underground mines. Wyd. PAN, Ossolineum, 1985.
- [8] Chudek M., Stefański L.: Wpływ obciążeń występujących nad przestrzenią zawałową na zachowanie się górotworu i powierzchni. ZN Pol. Śl., s. Górnictwo, z. 134, Gliwice 1985.
- [9] Chudek M., Stefański L.: Obciążenia i naprężenia w otoczeniu frontów eksploatacyjnych jako funkcja własności geomechanicznych skał górotworu i głębokości. ZN Pol. Śl., s. Górnictwo, z. 128, 1984.

- [10] Chudek M., Stefański L.: Obciążenia i naprężenia występujące w górotworze w otoczeniu wyrobisk ścianowych, resztek pokładów i filarów oporowych w kopalniach podziemnych. ZN Pol. Śl., s. Górnictwo, z.136, Gliwice 1985.
- [11] Chudek M., Podgórski K., Kleta H.: Współpraca budowli podziemnych z górotworem objętym wpływem eksploatacji górniczej. Wyd. PAN, Ossolineum 1982.
- [12] Chudek M., Stefański L.: Wpływ eksploatacji górniczej na wielkość deformacji górotworu przy uwzględnieniu warstwowej budowy. ZN Pol. Śl., s. Górnictwo, z. 145, Gliwice 1987.
- [13] Knothe St.: Równanie profilu ostatecznie wykształconej niecki osiadania. Arch. Górnictwa, t. I, z. 1, 1953.
- [14] Knothe St.: Prognozowanie wpływów eksploatacji górniczej. Wyd. Śląsk, Katowice 1984.
- [15] Kochmański T.: Obliczanie ruchów punktów górotworu pod wpływem eksploatacji górniczej. PWN, Warszawa 1966.
- [16] Litwiniszyn J.: Przemieszczenia górotworu w świetle teorii prawdopodobieństwa. Arch. Górnictwa i Hutnictwa, t. 2, z. 4, 1954.
- [17] Litwiniszyn J.: Równanie różniczkowe przemieszczeń górotworu Arch. Górnictwa i Hutnictwa, t. I, z. 1, 1953.
- [18] Sałustowicz A.: Profil niecki osiadania jako ugięcie warstwy na sprężystym podłożu. Arch. Górnictwa i Hutnictwa, z. 1, t. I, 1953.
- [19] Praca zbiorowa: Ochrona powierzchni przed szkodami górniczymi.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Alfred Biliński

Wpłynęło do Redakcji w kwietniu 1987 r.

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ГЛУБИНЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ РАДИУСА ВЛИЯНИЯ ГОРНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Резюме

В работе представлено влияние геомеханических свойств и глубины на формирование деформации поверхности.

Опираясь на теорию М. Худка - Л. Стефанского прогнозирования влияния горной эксплуатации на поверхность, которая учитывает механизм деформации горного массива со слоистым строением, представлено влияние средней сопротивляемости скального массива и глубины эксплуатации на формирование радиуса влияния горной эксплуатации.

Принимая во внимание, что размеры выэксплуатированной поверхности пласта в значительной мере влияют на величину и распределение отдельных показателей деформации, а также что одним из условий минимизирования деформации поверхности является образование полной мульды, опираясь на результаты расчётов влияния средней сопротивляемости скального массива на растяжение R_{rs} и глубины эксплуатации на ширину эксплуатационного фронта, при котором образуется полная мульда.

Приведённые графики могут быть применены в практике для оценки влияния проектированной горной эксплуатации на поверхность.

INFLUENCE OF ROCK GEOMECHANICAL PROPERTIES AND DEPTH ON FORMATION OF MINING EXPLOITATION INFLUENCE RANGE

S u m m a r y

The paper discusses the influence of geomechanical properties and exploitation depth on formation of surface deformation. On the base of the theory of forecasting mining influences on the surface by M. Chudek - L. Stefański, which takes into account the mechanism of deformation of layered rock, the influence of rock average strength and exploitation depth on formation of mining influence range has been presented.

Taking into account that magnitude of worked bed influences remarkably the value and distribution of particular deformation indicators, and that one of the conditions diminishing ground deformation is a fill basin formation, the influence of rock average tensile strength $R_{r\bar{s}}$ and exploitation depth on the width of exploitation front, at which full basin occurs, has been presented.

The diagrams presented can be practically applied while estimating the influence of designed mining exploitation on the surface.