

OBUDOWA WYROBISK GÓRNICZYCH	NORMA BRANŻOWA	BN-82
	Wyrobiska korytarzowe i komorowe Obudowa powłokowa	0434-07
	Wytyczne projektowania i obliczeń statycznych	Zamiast BN-78/0434-07
		Grupa katalogowa 0102

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy są obliczenia statyczne i projektowanie obudowy powłokowej wyrobisk korytarzowych i komorowych, zlokalizowanych w górotworze nie narażonym na bezpośredni wpływ robót eksploatacyjnych.

1.2. Zakres stosowania normy. Postanowienia normy należy stosować przy projektowaniu i obliczeniach statycznych obudowy powłokowej.

1.3. Określenia. Obudowa powłokowa – obudowa górnicza złożona z cienkiej warstwy materiału konstrukcyjnego, ukształtowanej wg powierzchni zakrzywionej i ściśle przylegającej do górotworu.

Do obudów powłokowych zalicza się:

- obudowę z betonu natryskowego,
- obudowę stalowo-betonową,
- obudowę kotwiowo-betonową,
- obudowę kotwiowo-betonowo-stalową.

1.4. Zestawienie oznaczeń – wg tabl. 1.

Tablica 1

Symbol	Jednostka miary	Znaczenie symbolu
1	2	3
A	m^2	powierzchnia przekroju wkładki stalowej sztywnej
a	m	rozstaw kotwi po obwodzie wyrobiska
b	m	rozstaw między rzędami kotwi
c_g	MPa	spójność górotworu
c_s	MPa	spójność skał
d	m	rozstaw wkładek stalowych sztywnych (odrzwi)
d_k	m	średnica pręta kotwiowego
d_o	m	średnica otworu kotwiowego

cd. tabl. 1

Symbol	Jednostka miary	Znaczenie symbolu
1	2	3
d_p	m	przemieszczenie obwodowe obudowy na odcinku dylatacji podłużnej (zsuw)
E_g	MPa	współczynnik sprężystości górotworu
E_s	MPa	współczynnik sprężystości skał
f	–	wskaźnik zwięzłości skał wg Protodiakonowa
g	m	grubość powłoki
H	m	głębokość zalegania wyrobiska
H_{kr}	m	głębokość krytyczna
h_i	m	grubość i -tej warstwy górotworu
h_o	m	strzałka sklepienia ciśnień
h_s	m	zasięg zruszania górotworu od robót strzałowych
k_o	–	współczynnik strukturalnego osłabienia skał
k_1	–	współczynnik
l_c	m	długość całkowita kotwi
l_{zu}	m	długość użytkowa zamocowania kotwi
l_1	m	wysokość użyteczna skotwionego sklepienia skalnego
n	–	współczynnik obciążenia
p_a	MPa	podporność obudowy
p_g	MPa	napężenie radialne na granicy strefy sprężystej z plastyczną
p_o	MPa	napężenia radialne na granicy strefy plastycznej ze spękaną
	MPa	pierwotne ciśnienie pionowe w górotworze

Zgłoszona przez Główné Biuro Studiów i Projektów Górniczych
Ustanowiona przez Ministra Górnictwa i Energetyki dnia 2 grudnia 1982 r.
jako norma obowiązująca od dnia 1 lipca 1983 r.
(Dz. Norm. i Miar nr 3/1983 poz. 4)

cd. tabl. 1

Symbol	Jednostka miary	Znaczenie symbolu
1	2	3
P_i	-	parametr geotechniczny i-tej warstwy
q_N	MPa	obciążenie charakterystyczne obudowy
q_{NZ}	MPa	obciążenie charakterystyczne stropowe
q_{NX}	MPa	obciążenie charakterystyczne ociosowe
q_0	MPa	obciążenie obliczeniowe obudowy
R_a	MPa	obliczeniowa wytrzymałość stali na rozciąganie
R_b	MPa	obliczeniowa wytrzymałość betonu na ściskanie
R_{bz}	MPa	obliczeniowa wytrzymałość betonu na rozciąganie
R_{cg}	MPa	wytrzymałość górotworu na ściskanie
R_{cs}	MPa	wytrzymałość skał na ściskanie
R_e	MPa	gwarantowana granica plastyczności stali
R_{rs}	MPa	wytrzymałość skał na rozciąganie
R_{tz}	MPa	obliczeniowa wytrzymałość spoiwa kotwiewego na ściskanie
r_a	m	promień zasięgu strefy spękania
r_o	m	promień osi powłoki
r_L	m	promień zasięgu strefy plastycznej
r_w	m	promień konturu wyłomu wyrobiska
S	kN	siła osiowa w skotwionym sklepieniu skalnym
s_w	m	szerokość wyrobiska w wyłomie
u^{ob}	m	podatność radialna obudowy
u_w	m	przesunięcie radialne konturu wyrobiska
t	-	ilość dylatacji podłużnych w obudowie
w_w	m	wysokość wyrobiska w wyłomie
β_g	-	współczynnik
γ_a	-	współczynnik materiałowy dla stali
ρ_0	t/m ³	gęstość objętościowa górotworu
ν_g, ν_s	-	współczynnik Poissona, odpowiednio: górotworu, skał

cd. tabl. 1

Symbol	Jednostka miary	Znaczenie symbolu
1	2	3
$\varphi, \varphi_s, \varphi_0$	1°	pozorny kąt tarcia wewnętrznego skał, odpowiednio: stropowych, ociosowych
Φ_g, Φ_s	1°	kąt tarcia wewnętrznego, odpowiednio: górotworu, skał
$\epsilon_{ng}, \epsilon_{ns}$	-	graniczne jednostkowe odkształcenie podłużne przy ściskaniu, odpowiednio: górotworu, skał
indeks (i)	-	wynik badania i-tej próbki
indeks (r)	-	wartość obliczeniowa parametru geotechnicznego

2. ZASADY PROJEKTOWANIA

2.1. Wytyczne stosowania obudów powłokowych

2.1.1. Zakres stosowania. Obudowy powłokowe zaleca się stosować jako obudowy samodzielne w długotrwałych wyrobiskach komorowych i korytarzowych, zlokalizowanych w niezawodnionych skałach kategorii I-Va wg załącznika do BN-79/0434-04.

W bardziej niekorzystnych warunkach geologicznych obudowy powłokowe mogą stanowić obudowę wstępną dla obudowy sklepionej wg BN-79/0434-04.

2.1.2. Warunki stosowania poszczególnych rodzajów obudów powłokowych są następujące:

a) Obudowę z betonu natryskowego można stosować, gdy:

- skały otaczające wyrobisko odpowiadają kategorii I-Va wg załącznika do BN-79/0434-04,
- odstęp powierzchni spękań i warstwowania skał są większe niż 2,0 m,
- wyrobisko zlokalizowane jest powyżej głębokości krytycznej $H < H_{kr}$.

b) Obudowę kotwiewo-betonową oraz kotwiewo-betonowo-stalową można stosować, gdy:

- skały otaczające wyrobisko są kategorii I-VIa wg załącznika do BN-79/0434-04,
- odstęp powierzchni spękań i warstwowania skał są większe niż 0,5 m,
- górotwór nie jest zawadniony (otwory kotwiewe są suche lub woda sączy się z nich kroplami).

c) Obudowę stalowo-betonową można stosować, gdy skały otaczające wyrobisko odpowiadają kategorii I-VII wg załącznika do BN-79/0434-04.

Obudowy z betonu natryskowego i obudowy kotwiewo-betonowej nie należy stosować na odcinkach płytkiego zalegania wyrobiska określonego w 3.2.5.

2.2. Wytyczne stosowania obudowy spągu wyrobiska

2.2.1. Zakres stosowania. Obudowę spągu wyrobiska zaleca się stosować w długotrwałych wyrobiskach komorowych i korytarzowych, w przypadku gdy skały w spągu wyrobiska są nieodporne na działanie wody oraz gdy ulegają pęcznieniu lub wyciskaniu. Zastosowanie obudowy spągu może być także uwarunkowane wymaganiami użytkowymi.

2.2.2. Warunki stosowania poszczególnych rodzajów obudów spągu są następujące:

- a) Obudowę kotwiowo-betonową można stosować gdy
 - skały w spągu wyrobiska odpowiadają kategorii I-VIa wg załącznika do BN-79/0434-04 i ulegają wyciskaniu,
 - wyrobisko jest niezawodnione.
- b) Płytę betonową, stalowo-betonową lub żelbetową można stosować, gdy skały w spągu nie ulegają pęcznieniu ani silnemu wyciskaniu.
- c) Sklepienie betonowe, stalowo-betonowe lub żelbetowe zaleca się stosować gdy skały w spągu wyrobiska ulegają pęcznieniu lub wyciskaniu.

2.3. Wytyczne stosowania obudowy powłokowej wstępnej. Przy etapowym wznoszeniu obudowy, obudowa powłokowa wstępna musi zapewnić stateczność wyrobiska do chwili wykonania obudowy ostatecznej.

Jeżeli przewiduje się obudowę powłokową wstępną włączyć do przenoszenia obciążenia działającego na obudowę ostateczną, należy konstrukcyjnie zapewnić współpracę między nią a wznoszoną w drugim etapie obudową uzupełniającą.

W górotworze o małej spójności zaleca się stosować jako wstępną, obudowę z betonu natryskowego lub obudowę stalowo-betonową.

W przypadku występowania znacznych ciśnień deformacyjnych, jako wstępną, zaleca się stosować obudowę kotwiowo-betonową, zaś w szczególnie trudnych warunkach - obudowę stalowo-betonową lub kotwiowo-betonowo-stalową.

W celu zapewnienia odpowiedniej podatności, powłokę betonową zaleca się wówczas przerwać dylatacjami wzdłuż wyrobiska na odcinku podatnych złącz obudowy łukowej.

2.4. Materiały konstrukcyjne

2.4.1. Beton natryskowy. W konstrukcjach obudów powłokowych wykonywanych metodą natryskową należy stosować beton natryskowy wg BN-77/0434-06 co najmniej klasy B100.

2.4.2. Beton zwykły. W konstrukcjach obudów powłokowych wykonywanych metodą na "mokro" oraz w konstrukcjach obudowy spągu wyrobiska należy stosować beton zwykły wg PN-75/B-06250, co najmniej klasy B100.

2.4.3. Zaprawa cementowa. Do iniekcji przestrzeni za obudową powłokową należy stosować zaprawę cementową wg PN-65/B-14504 marki 120.

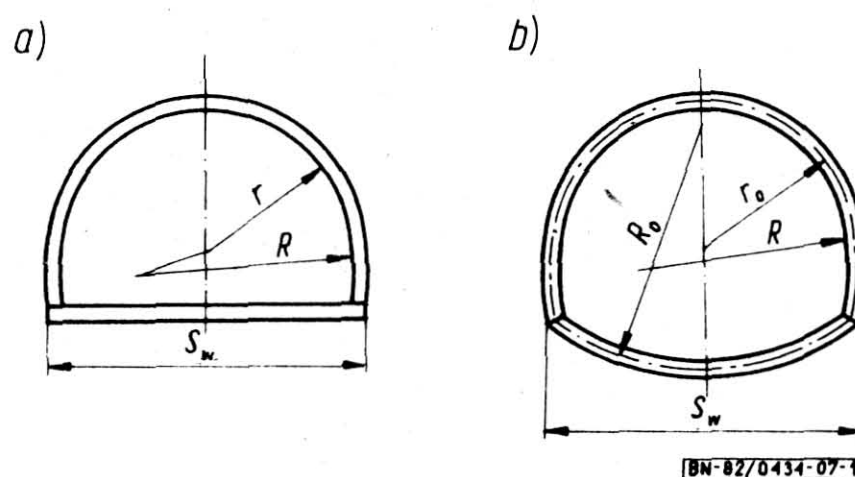
2.4.4. Wkładki stalowe wiotkie. W konstrukcjach obudów powłokowych należy stosować stal zbrojeniową AO-AIV zgodnie z PN-76/B-03264.

2.4.5. Wkładki stalowe sztywne. W konstrukcjach obudów powłokowych należy stosować jako wkładki sztywne odrzwia obudowy łukowej, łuki kratowe, płaskie lub przestrzenne.

2.4.6. Kotwie. W konstrukcjach obudów powłokowych należy stosować kotwie spoiwowe wklejane lub żelbetowe.

2.5. Konstrukcja obudowy

2.5.1. Kształt przekroju poprzecznego. Wewnętrzna linia obrysu przekroju poprzecznego obudowy powinna w części ociosowej i stropowej wyrobiska mieć kształt łukowy jak na rys. 1. Spąg wyrobiska zaleca się ukształtować w postaci sklepienia odwróconego. Promień osi obudowy spągu zaleca się przyjmować $R_0 = (1,0-2,0) \cdot s_w$. W warunkach górniczo-geologicznych podanych w 2.2.2b) spąg wyrobiska może być płaski.



Rys. 1. Kształt przekroju poprzecznego obudowy powłokowej:

a) z płaskim spągkiem, b) z łukowym spągkiem.

2.5.2. Otulenie wkładek betonem. Grubość warstwy betonu pokrywającej wkładki w najcieńszym miejscu powinna wynosić co najmniej:

- a) dla wkładek stalowych wiotkich - 2 cm,
- b) dla wkładek stalowych sztywnych - 5 cm.

W środowisku agresywnym grubość otuliny należy zwiększyć co najmniej o 1 cm.

2.5.3. Grubość powłoki betonowej powinna wynosić co najmniej:

- a) w obudowach wykonanych z betonu natryskowego - 5 cm,
- b) w obudowach wykonanych z betonu zwykłego - 15 cm.

W celu ujednolicenia wymiarów zaleca się stopniować grubość powłoki co 5 cm. Średnia grubość powłoki betonowej nie powinna przekraczać $0,04 \cdot s_w$.

2.5.4. Odstępy między wkładkami. W obudowach, w których powłoka wykonywana jest z betonu natryskowego, odstęp między wkładkami wiotkimi powinien wynosić co najmniej 10 cm.

Odstępy między wkładkami wiotkimi nie powinny przekraczać:

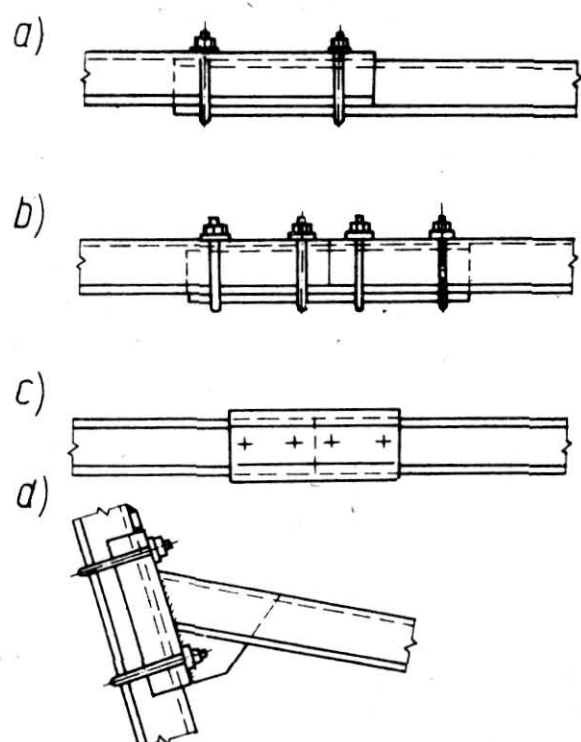
- a) w powłokach o grubości do 15 cm - 20 cm,
- b) w powłokach o grubości powyżej 15 cm - 30 cm.

W obudowach, w których powłoka wykonywana jest z betonu zwykłego, odstępy między wkładkami wiotkimi należy przyjmować wg PN-76/B-03264.

Odstęp między wkładkami stalowymi sztywnymi nie powinien być mniejszy niż 30 cm i nie powinien przekraczać 150 cm.

2.5.5. Złącza wkładek wiotkich - wg PN-76/B-03264.

2.5.6. Złącza wkładek sztywnych. Wkładki stalowe sztywne zaleca się łączyć ze sobą w sposób uniemożliwiający wzajemny przesuw (rys. 2b), c), d). W obudowach powłokowych upodatkowanych zaleca się w miejscach dylatacji łączyć wkładki sztywne przy pomocy strzemion (rys. 2a), umożliwiających wzajemny przesuw elementów do momentu obetonowania złącza.



BN-82/0434-07-2

Rys. 2. Przykłady połączeń wkładek stalowych sztywnych;

- a) z kształtownika korytkowego na zakładkę,
- b) z kształtownika korytkowego z nakładką,
- c) z kształtownika stropnicowego, G,
- d) spągnicy z łukiem ociosowym.

2.5.7. Połączenie wkładek sztywnych z wkładkami wiotkimi. W celu zapewnienia współpracy powłoki betonowej z wkładkami sztywnymi, należy stosować od wewnątrz wyrobiska zbrojenie z wkładek wiotkich połączonych z wkładkami sztywnymi.

Przekrój wkładek podłużnych liczony na 1 m obwodu powłoki powinien wynosić co najmniej $0,1 \cdot A$.

Dla połączenia zbrojenia wiotkiego z wkładkami sztywnymi należy stosować zamknięte strzemiona o średnicy powyżej 5 mm.

2.5.8. Rozstaw kotwi po obwodzie wyrobiska i między rzędami nie powinien przekraczać 130 cm.

2.5.9. Długość kotwi powinna być większa niż $\frac{s_w}{3}$ i nie mniejsza niż 160 cm.

Zaleca się aby co najmniej $\frac{1}{4}$ ogólnej liczby kotwi miało taką długość, aby ich zamocowanie znajdowało się poza zasięgiem strefy odprężonej h_0 lub niesprężystej r_L, r_a .

2.5.10. Obudowa z betonu natryskowego. Obudowę stanowi warstwa betonu natryskowego nałożona bezpośrednio na górotwór. Warstwa betonu natryskowego może być wzmocniona w części stropowej lub także w części ociosowej wyrobiska siatkami zbrojeniowymi z wkładek wiotkich, przy mocowanych do drutów zabetonowanych w warstwie wyrównawczej lub do kołków wstrzeliwanych w górotwór.

2.5.11. Obudowa kotwiowo-betonowa. Obudowę stanowi warstwa z betonu natryskowego wg 2.5.10 oraz kotwie spójnowe zabudowane w części stropowej lub także w części ociosowej i spągowej. W obudowie kotwiowo-betonowej siatka zbrojeniowa może być mocowana do kotwi.

2.5.12. Obudowa stalowo-betonowa. Obudowę stanowi warstwa betonu natryskowego wg 2.5.10 wzmocniona wkładkami sztywnymi, połączonymi wkładkami wiotkimi wg 2.5.7.

Obudowa stalowo-betonowa może być także utworzona przez naniesienie betonu natryskowego na obudowę łukową. W tym przypadku konieczna jest iniekcja wykładki kamiennej.

2.5.13. Obudowa kotwiowo-betonowo-stalowa. Obudowę stanowi warstwa z betonu natryskowego i kotwie wg 2.5.11, wzmocniona wkładkami sztywnymi połączonymi z wkładkami wiotkimi wg 2.5.7.

Obudowa kotwiowo-betonowo-stalowa może być także utworzona przy zastosowaniu obudowy łukowej wg 2.5.12. Jako obudowę wstępną należy wówczas stosować obudowę kotwiową.

2.5.14. Obudowa betonowa spągu wyrobiska

2.5.14.1. Płyta betonowa. Płytę betonową stanowi warstwa z betonu zwykłego ewentualnie wzmocniona wkładkami sztywnymi lub wkładkami wiotkimi.

2.5.14.2. Obudowa sklepienia - wg BN-79/0434-04.

3. OBCIĄŻENIA

3.1. Parametry geotechniczne

3.1.1. Określenie wartości normowych i obliczeniowych parametrów geotechnicznych skał. Wartości parametrów geotechnicznych skał należy wyznaczać na podstawie badań laboratoryjnych lub "in situ" wg 3.1.2.1 ÷ 3.1.2.7. Wartości normowe i obliczeniowe parametrów geotechnicznych skał należy określać wg PN-81/B-03020.

3.1.2. Parametry geotechniczne skał

3.1.2.1. Wytrzymałość skał na ściskanie $R_{cs}^{(i)}$ - wg BN-75/8704-07.

3.1.2.2. Wytrzymałość skał na rozciąganie $R_{rs}^{(i)}$ - wg BN-75/8704-05.

3.1.2.3. Liczba Poissona skał $\nu_s^{(i)}$ oraz współczynnik sprężystości skał $E_s^{(i)}$ - wg Wytycznych oznaczania podstawowych własności skał zwięzłych.

3.1.2.4. Graniczne jednostkowe odkształcenia podłużne skał $\epsilon_{ns}^{(i)}$ - poprzedzające zniszczenie ściskanej próbki skalnej należy wyznaczyć po określeniu $\nu_s^{(i)}$ i $E_s^{(i)}$ poddając próbki dalszemu obciążeniu do około $0,95 \cdot R_{cs}$.

3.1.2.5. Gęstość objętościowa skał (gęstość pozorna) $\rho_0^{(i)}$ - wg PN-66/B-04100.

3.1.2.6. Pozorny kąt tarcia wewnętrznego skał $\varphi^{(i)}$ należy przyjmować wg wzoru

$$\varphi^{(i)} = \arctg \frac{R_{cs}^{(i)}}{10} \quad (1)$$

3.1.2.7. Kąt tarcia wewnętrznego skał $\phi_s^{(i)}$ i spójności skał $c_s^{(i)}$ należy określać na podstawie próby trójosiowego ściskania lub oszacować wg załącznika p. 1.

3.1.2.8. Wskaźnik zwięzłości skał wg Protodiakonowa należy przyjmować wg wzoru

$$f = 0,1 \cdot R_{cs} \quad (2)$$

w którym R_{cs} - wytrzymałość normowa skał na ściskanie w rozpatrywanej warstwie geotechnicznej.

3.1.3. Określanie wartości parametrów geotechnicznych górotworu

3.1.3.1. Ogólne zasady określania parametrów geotechnicznych górotworu. Parametry geotechniczne górotworu zaleca się określać na podstawie pomiarów "in situ", przyjmując do projektowania wartości obliczeniowe zgodnie z 3.1.1. W przypadku braku danych z badań "in situ" dopuszcza się przyjęcie parametrów geotechnicznych górotworu równych iloczynowi wartości obliczeniowej odpowiedniego parametru geotechnicznego skał i współczynnika zmniejszającego o wartościach wg tabl. 2. W przypadku znanej wartości wskaźnika zwięzłości skał w rozpatrywanej warstwie geotechnicznej wg Protodiakonowa, dopuszcza się przyjmowanie orientacyjnych wartości parametrów geotechnicznych skał wg załącznika p. 2.

3.1.3.2. Wytrzymałość górotworu na ściskanie R_{cg} zaleca się przyjmować wg wzoru

$$R_{cg} = k_0 \cdot R_{cs}^{(r)} \quad (3)$$

Wartości k_0 , uzależnione od podzielności skał, zaleca się dla górotworu karbońskiego przyjmować wg tabl. 2.

Tablica 2

Podzielność skał karbońskich	Odstępy powierzchni spękań i warstwowania	k_0	k_1
Masywna	$> 2,0$ m	0,9	1,05
Blokowa	0,5 - 2,0 m	0,7	1,10
Płytowa	0,1 - 0,5 m	0,5	1,15
Kostkowa	$< 0,1$ m	$\leq 0,3$	1,20

3.1.3.3. Kąt tarcia wewnętrznego górotworu ϕ_g zaleca się przyjmować wg wzoru

$$\phi_g = \frac{\phi_s^{(r)}}{k_1} \quad (4)$$

w którym wartości k_1 , uzależnione od podzielności skał, zaleca się dla górotworu karbońskiego przyjmować wg tabl. 2.

3.1.3.4. Spójność górotworu zaleca się przyjmować wg wzoru

$$c_g = k_0 \cdot c_s^{(r)} \quad (5)$$

3.1.3.5. Współczynnik sprężystości górotworu E_g zaleca się przyjmować wg wzoru

$$E_g = \frac{E_s^{(r)}}{k_1} \quad (6)$$

3.1.3.6. Liczba Poissona górotworu. Liczbę Poissona dla górotworu zaleca się przyjmować równą $\nu_s^{(r)}$.

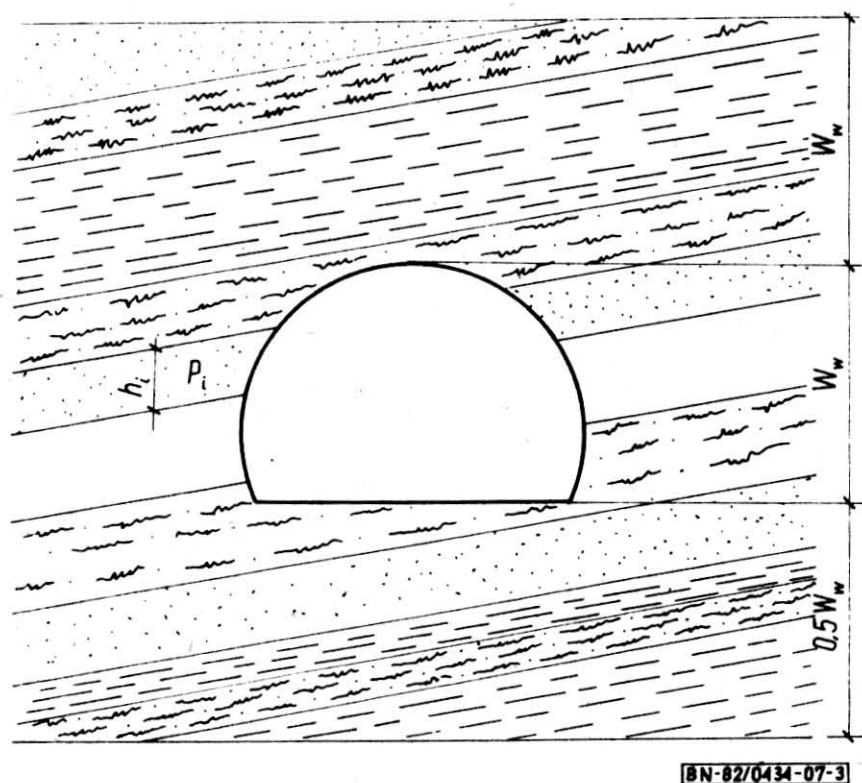
3.1.3.7. Graniczne jednostkowe odkształcenie podłużne górotworu ϵ_{ng} zaleca się przyjmować wg wzoru

$$\epsilon_{ng} = 1,5 \cdot \epsilon_{ns}^{(r)} \quad (7)$$

3.1.4. Określenie parametrów geotechnicznych w górotworze uwarstwionym. W przypadku występowania wokół wyrobiska różnych rodzajów skał (warstw geotechnicznych) zaleca się, przy określaniu oddziaływań górotworu, parametry geotechniczne wyznaczać jako średnie ważone wg wzoru

$$\bar{P} = \frac{\sum h_i \cdot P_i}{\sum h_i} \quad (8)$$

W celu określenia średniej ważonej należy analizować obszar o zasięgu w pionie nie mniejszym niż 2,5 w_w (rys. 3).



Rys. 3. Obszar górotworu do określenia średniej ważonej wartości parametru geotechnicznego

3.2. Charakterystyczne wartości obciążeń górotworu na obudowę i wymuszonego przemieszczenia obudowy

3.2.1. Ogólne zasady określania obciążeń górotworu na obudowę i jej przemieszczeń. Wartość obciążenia, charakterystycznego należy przyjąć równą ciśnieniu górotworu na obudowę określonego wg modelu fizycznego odpowiednio dobranemu do przewidywanych warunków górniczo-geologicznych.

Wartość charakterystyczną wymuszonego przemieszczenia obudowy należy przyjąć równą końcowemu przemieszczeniu radialnemu konturu wyrobiska, określonego dla modelu jw.

3.2.2. Ośrodek sprężysty. Ośrodek otaczający wyrobisko można uznać za sprężysty, gdy skały, budujące górotwór odpowiadają kategorii I-VIa wg załącznika do BN-79/0434-04, a głębokość zalegania wyrobiska jest mniejsza od głębokości krytycznej H_{kr} określonej wzorem

$$H_{kr} = \frac{50 \cdot R_{cg}}{e_0} \quad (9)$$

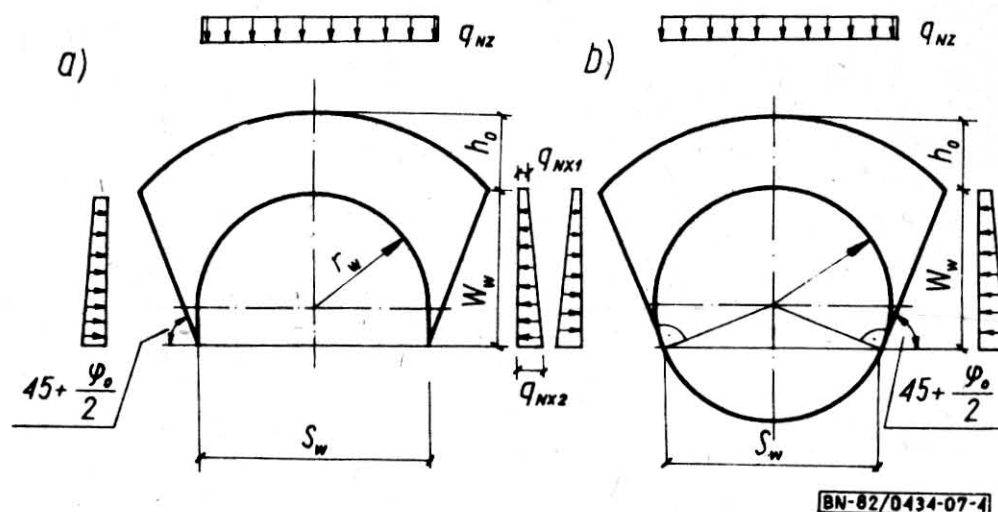
Obciążenie charakterystyczne q_N należy obliczyć wg wzoru

$$q_N = \max \begin{cases} 10^{-2} \cdot e_0 \cdot h_s \\ 10^{-2} \cdot e_0 \cdot h_0 \end{cases} \quad (10)$$

Zasięg spękań powstałych w wyniku prowadzenia robót strzałowych zaleca się przyjmować $h_s = 10 - 2,0$ m w zależności od wielkości wyrobiska. Strzałkę sklepienia ciśnień należy obliczyć wg wzoru

$$h_0 = \frac{0,5 \cdot s_w + w_w \cdot t_g \left(45 - \frac{\varphi_0}{2}\right)}{\tan \varphi_s} \quad (11)$$

Wymiary s_w i w_w zaleca się przyjmować wg rys. 4. Wymuszone przemieszczenia obudowy można przyjąć $u_w = 0$.



Rys. 4. Schemat zasięgu sklepienia ciśnień;
a) w wyrobisku łukowym,
b) w wyrobisku kołowym.

3.2.3. Ośrodek sprężysto-plastyczny. Ośrodek otaczający wyrobisko można uznać za sprężysto-plastyczny, gdy skały budujące górotwór odpowiadają kategorii I-VII wg załącznika do BN-79/0434-04 i równocześnie spełniony jest warunek

$$p_g > 0 \quad p_0 \leq 0 \quad (12)$$

Naprężenie radialne na granicy strefy spękań i plastycznej zaleca się obliczyć wg wzoru

$$p_0 = \frac{p_g \cdot \beta_g + 0,5 \cdot R_{cg}}{\beta_g} \cdot \left[\frac{(1 + \nu_g) \cdot (p_z - p_g)}{E_g \cdot \varepsilon_{ng}} \right]^2 - \frac{0,5 R_{cg}}{\beta_g} \quad (13)$$

Naprężenie radialne na granicy strefy sprężystej i plastycznej zaleca się obliczać wg wzoru

$$p_g = \frac{2 \cdot p_z - R_{cg}}{2 + \beta_g} \quad (14)$$

gdzie:

$$\beta_g = \frac{2 \cdot \sin \phi_g}{1 - \sin \phi_g} \quad (15)$$

Pierwotne ciśnienie pionowe górotworu należy obliczać wg wzoru

$$p_z = 10^{-2} \cdot e_0 \cdot H \quad (16)$$

Obciążenie charakterystyczne należy obliczać wg wzoru

$$q_N = 10^{-2} \cdot e_0 \cdot (r_L - r_w) \quad (17)$$

przy czym nie powinno być ono mniejsze od wartości określonej wzorem (10).

Wymuszone przemieszczenia obudowy zaleca się obliczać wg wzoru

$$u_w = \frac{1 + \nu_g}{E_g} \cdot (p_z - p_g) \cdot \frac{r_L^2}{r_w} \quad (18)$$

Zasięg strefy plastycznej należy wyznaczyć z zależności

$$\left(\frac{r_L}{r_w}\right)^{\beta_g + 1} + \left(\frac{0,5 \cdot R_{cg}}{10^{-2} \cdot \beta_g \cdot q_o \cdot r_w} - 1\right) \left(\frac{r_L}{r_w}\right)^{\beta_g} =$$

$$\frac{p_g + \frac{0,5 \cdot R_{cg}}{\beta_g}}{10^{-2} \cdot q_o \cdot r_w} \quad (19)$$

3.2.4. Ośrodek sprężysto-plastyczno-spekany. Ośrodek otaczający wyrobisko można uznać za sprężysto-plastyczno-spekany, gdy skały budujące górotwór odpowiadają kategorii I-VII wg załącznika do BN-79/0434-04 i równocześnie spełniony jest warunek

$$0 < p_o \leq p_g \quad (20)$$

Obciążenie charakterystyczne q_N należy obliczać wg wzoru

$$q_N = 10^{-2} \cdot q_o \cdot (r_a - r_w) \quad (21)$$

Zasięg strefy spekań należy wyznaczać z zależności

$$\left(\frac{r_a}{r_w}\right)^{\beta_g + 1} - \left(\frac{r_a}{r_w}\right)^{\beta_g} = \frac{p_o}{10^{-2} \cdot q_o \cdot r_w} \quad (22)$$

Zasięg strefy plastycznej zaleca się wyznaczać wg wzoru

$$r_L = r_a \cdot \left(\frac{p_g \cdot \beta_g + 0,5 \cdot R_{cg}}{p_o \cdot \beta_g + 0,5 \cdot R_{cg}} \right)^{\frac{1}{\beta_g}} \quad (23)$$

Wymuszone przemieszczania obudowy należy wyznaczać wg wzoru (18).

3.2.5. Wyrobisko płytko zalegające. Zaleganie wyrobiska można uznać za płytkie, gdy miąższość górotworu nad stropem wyrobiska nie zapewnia wytworzenia się sklepienia odciążającego, tj. gdy

$$H \leq 2 \cdot h_o \quad (24)$$

gdzie h_o - wg wzoru (11).

Obciążenie charakterystyczne należy obliczać wg wzoru

$$q_N = 10^{-2} \cdot \sum_i q_{oi} \cdot h_i \quad (25)$$

Wymuszone przemieszczenie obudowy zaleca się przyjmować $u_w = 0$.

3.2.6. Wyrobisko zlokalizowane w strefie zaburzeń tektonicznych oraz w warstwach zalegających pod kątem $\geq 30^\circ$. Charakterystyczne wartości obciążeń górotworu na obudowę i wymuszonego pomieszczenia obudowy należy określać indywidualnie.

3.3. Obciążenie obliczeniowe obudowy należy określać wg wzoru

$$q_o = n \cdot q_N \quad (26)$$

Wartość współczynnika obciążenia n należy przyjmować wg tabl. 3.

Tablica 3

Lp.	Warunki górniczo-geologiczne	n
1	Odpowiadające ośrodkowi sprężystemu	1,3
2	Odpowiadające ośrodkowi sprężysto-plastycznemu	1,2
3	Odpowiadające ośrodkowi sprężysto-plastyczno-spekanyemu	1,1
4	Płytkie zaleganie wyrobiska	1,1
5	Strefy zaburzone tektonicznie, zaleganie warstw pod kątem $\geq 30^\circ$	1,4

3.4. Wyrobiska zlokalizowane w skałach karbońskich o przeciętnej podzielności. Dla wyrobisk zlokalizowanych w skałach karbońskich o przeciętnej podzielności można obciążenie obliczeniowe obudowy q_o oraz wartość wymuszonego przemieszczania obudowy u_w przyjąć wg załącznika p. 3.

4. ZASADY OBLICZANIA PARAMETRÓW OBUDOWY

4.1. Zasady ogólne. Obliczanie parametrów obudów powłokowych należy przeprowadzać metodą stanów granicznych wg PN-76/B-03001. Należy wykazać, że zapewniona jest nośność obudowy przy działaniu obciążenia obliczeniowego oraz, że konstrukcja obudowy jest zdolna przenieść przemieszczenia wymuszone przez otaczający górotwór.

Uwzględniając częściowe odprężenie górotworu przed wprowadzeniem obudowy powłokowej należy wykazać, że

$$u^{ob} \geq 0,9 \cdot u_w \quad (27)$$

Z uwagi na bezpośrednie przyleganie powłoki do otaczającego górotworu można pominąć jej zginanie i wymiarować przekrój obudowy na ściskanie i ścinanie bezpośrednio.

4.2. Cechy wytrzymałościowe materiałów konstrukcyjnych

4.2.1. Beton. Wytrzymałości obliczeniowe betonu należy przyjmować wg PN-76/B-03264.

Z uwagi na niedostateczny procent zbrojenia wiotkiego w obudowach powłokowych, należy przyjmować zredukowane wartości R_b i R_{bz} jak dla konstrukcji betonowych.

4.2.2. Stal. Wytrzymałość obliczeniową stali wkładek sztywnych należy obliczać wg wzoru

$$R_a = \frac{R_e}{\gamma_a} \quad (28)$$

Wartość współczynnika materiałowego γ_a należy przyjmować wg PN-76/B-03264.

Wytrzymałość obliczeniową stali wkładek wiotkich należy przyjmować wg PN-76/B-03264.

4.3. Grubość powłoki obudowy z betonu natryskowego zaleca się obliczać wg wzoru

$$g = \frac{0,5 \cdot q_0 \cdot r_0}{R_{bz}} \quad (29)$$

Obliczanie podatności radialnej obudowy z betonu natryskowego nie jest wymagane.

4.4. Obliczanie parametrów obudowy stalowo-betonowej. Grubość powłoki betonowej zaleca się obliczać wg wzoru

$$g = \frac{r_0 \cdot q_0 \cdot d - 0,6 \cdot R_a \cdot A}{4 \cdot R_{bz} \cdot d} \quad (30)$$

Podatność radialną obudowy stalowo-betonowej zaleca się obliczać wg wzoru

$$u^{ob} = 0,003 \cdot r_0 + \frac{d_p \cdot t}{\pi} \quad (31)$$

Powinien być spełniony również warunek (27).

4.5. Obliczanie parametrów obudowy kotwiowo-betonowej Parametry obudowy kotwiowo-betonowej zaleca się określać metodą kolejnych przybliżeń tak, aby były równocześnie spełnione zależności

$$\frac{\pi \cdot d_k^2 \cdot R_a}{4 \cdot a \cdot b} + \frac{g \cdot R_b}{r_0} \geq q_0 \quad (32)$$

$$S \cdot \frac{l_1}{\sqrt{a^2 + l_1^2}} \cdot \operatorname{tg} \phi_g + 25 \cdot f \cdot b \cdot \sqrt{a^2 + l_1^2} + 4000 \cdot g \cdot b \cdot$$

$$R_{bz} \geq 1000 \cdot q_0 \cdot b \cdot r_w \quad (33)$$

w których

$$l_1 = l_c - 0,5 \cdot a - l_{zu} - 0,1 \quad (34)$$

$$l_{zu} = \max \begin{cases} \frac{d_k \cdot R_a}{4 \cdot R_{tz}} \\ \frac{d_k^2 \cdot R_a}{4 \cdot d_0 \cdot c_g} \end{cases} \quad (35)$$

$$S = 1000 \cdot q_0 \cdot (r_w + 0,5a + 0,5 \cdot l_1) \cdot b \quad (36)$$

Należy wykazać, że odkształcenie górotworu na grubości skotwionego sklepienia skalnego nie powoduje nadmiernych wydłużeń prętów kotwionych, tj. że

$$\frac{1 + \nu_g}{E_g} (p_z - p_g) \cdot \frac{r_L^2}{r_w \cdot (r_w + l_c)} \leq 0,02 \quad (37)$$

4.6. Obliczanie parametrów obudowy kotwiowo-betonowo-stalowej. Parametry obudowy kotwiowo-betonowo-stalowej zaleca się określać metodą kolejnych przybliżeń tak, aby były równocześnie spełnione zależności

$$\frac{\pi \cdot d_k^2 \cdot R_a}{4 \cdot a \cdot b} + \frac{g \cdot R_b \cdot d + A \cdot R_a}{r_0 \cdot d} \geq q_0 \quad (38)$$

$$S \cdot \frac{l_1}{\sqrt{a^2 + l_1^2}} \cdot \operatorname{tg} \phi_g + 25 \cdot f \cdot b \cdot \sqrt{a^2 + l_1^2} + 4000 \cdot g \cdot b \cdot R_{bz} +$$

$$+ 600 \cdot R_a \cdot A \geq 1000 \cdot q_0 \cdot b \cdot r_w \quad (39)$$

oraz warunek (37).

W przypadku gdy bezpośrednio w przodku wykonywana jest również obudowa stalowo-betonowa powinien być spełniony warunek (27) przy przyjęciu podatności obudowy jak w 4.4.

4.7. Obliczenie parametrów obudowy spągu wyrobiska

4.7.1. Płyta betonowa. Parametry płyty betonowej, stalowo-betonowej lub żelbetowej należy obliczać wg PN-76/B-03264.

4.7.2. Obudowa sklepiena. Parametry sklepienia betonowego, stalowo-betonowego lub żelbetowego należy obliczać wg BN-79/0434-04.

K O N I E C

Załącznik

Informacje dodatkowe

ZAŁĄCZNIK

1. Określenie kąta tarcia wewnętrznego i spójności skał.

Normowe wartości kąta tarcia wewnętrznego ϕ_s i spójności skał c_s zaleca się przyjmować wg rys. Z-1 w zależności od wartości naprężenia w przekroju zniszczeniowym σ oraz od współczynnika δ opisanego wzorem

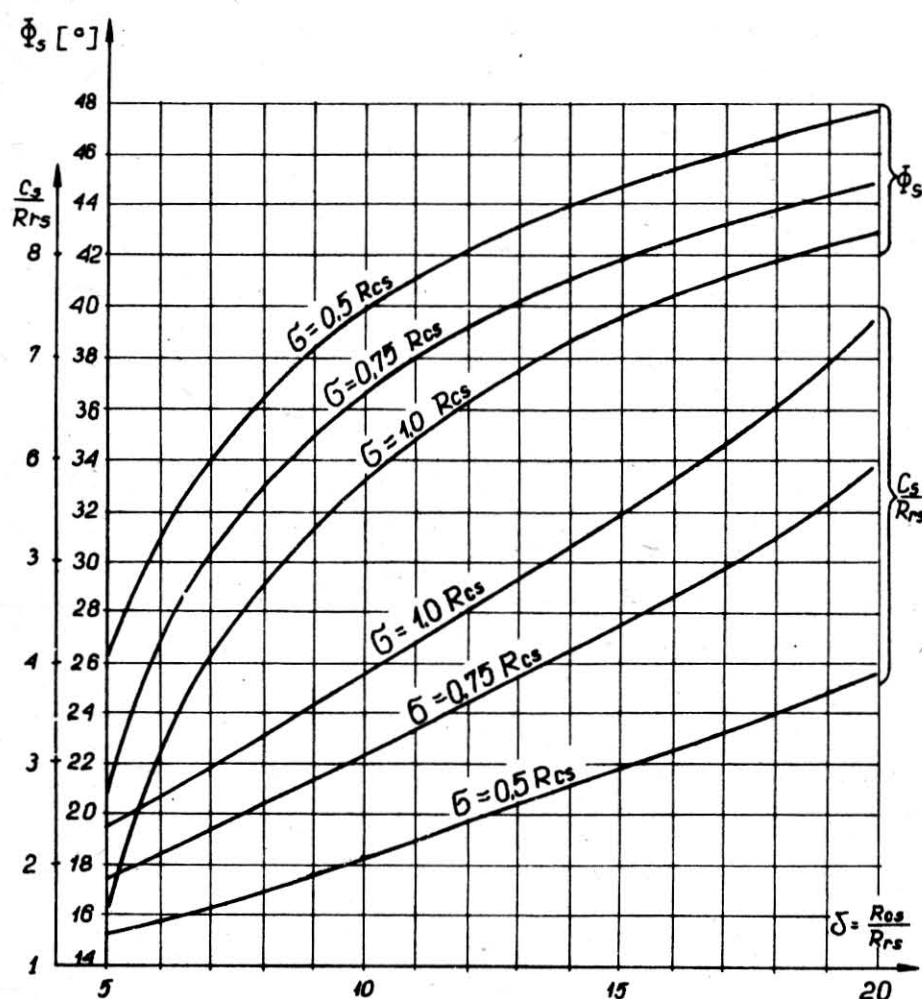
$$\delta = \frac{R_{cs}}{R_{rs}}$$

Wskaźnik zwięzłości	Wartości normowe									Wartości obliczeniowe								
	ρ_0	R_{cs}	R_{rs}	ϕ_s	c_s	ν_s	E_s	ε_{ns}	φ	ρ_0	R_{cs}	R_{rs}	ϕ_s	c_s	ν_s	E_s	ε_{ns}	φ
-	t/m ³	MPa	MPa	-	MPa	-	MPa	-	1°	t/m ³	MPa	MPa	1°	MPa	-	MPa	-	1°
1,5	2,50	15	1,2	37,0	5,6	0,28	4500	0,0046	56,3	2,75	10,5	0,72	33,3	3,9	0,25	3150	0,0037	46,4°
2,0	2,50	20	1,6	37,4	7,5	0,27	5500	0,0045	63,4	2,75	14,0	0,96	33,7	5,3	0,24	3850	0,0036	54,5°
2,5	2,50	25	1,9	37,8	9,3	0,26	6500	0,0044	68,2	2,75	17,5	1,14	34,0	6,5	0,23	4550	0,0035	60,3°
3,0	2,50	30	2,2	40,8	9,0	0,25	7500	0,0043	71,6	2,75	21,0	1,32	36,7	6,3	0,22	5250	0,0034	64,5°
3,5	2,50	35	2,5	41,2	10,5	0,24	8500	0,0042	74,1	2,75	24,5	1,50	37,1	7,4	0,22	5950	0,0034	67,8°
4,0	2,50	40	2,8	44,4	8,1	0,23	9500	0,0041	76,0	2,75	28,0	1,68	40,0	5,7	0,21	6650	0,0033	70,3°
4,5	2,50	45	3,0	44,8	9,2	0,22	10500	0,0040	77,5	2,75	31,5	1,80	40,3	6,4	0,20	7350	0,0032	72,4°
5,0	2,50	50	3,3	45,1	10,1	0,21	11500	0,0039	78,7	2,75	35,0	1,98	40,6	7,1	0,19	8050	0,0031	74,1°

Zaleca się przyjmować następujące wartości:

- dla skał o $f < 2,5$ $\sigma = R_{cs}$,
- dla skał o $2,5 < f \leq 3,5$ $\sigma = 0,7 \cdot R_{cs}$,
- dla skał o $f > 3,5$ $\sigma = 0,5 \cdot R_{cs}$.

Obliczeniowe wartości kąta tarcia wewnętrznego i spójności zaleca się określać mnożąc ich wartości normowe odpowiednio przez 0,9 i 0,7.



BN-82/0434-07-Z-1

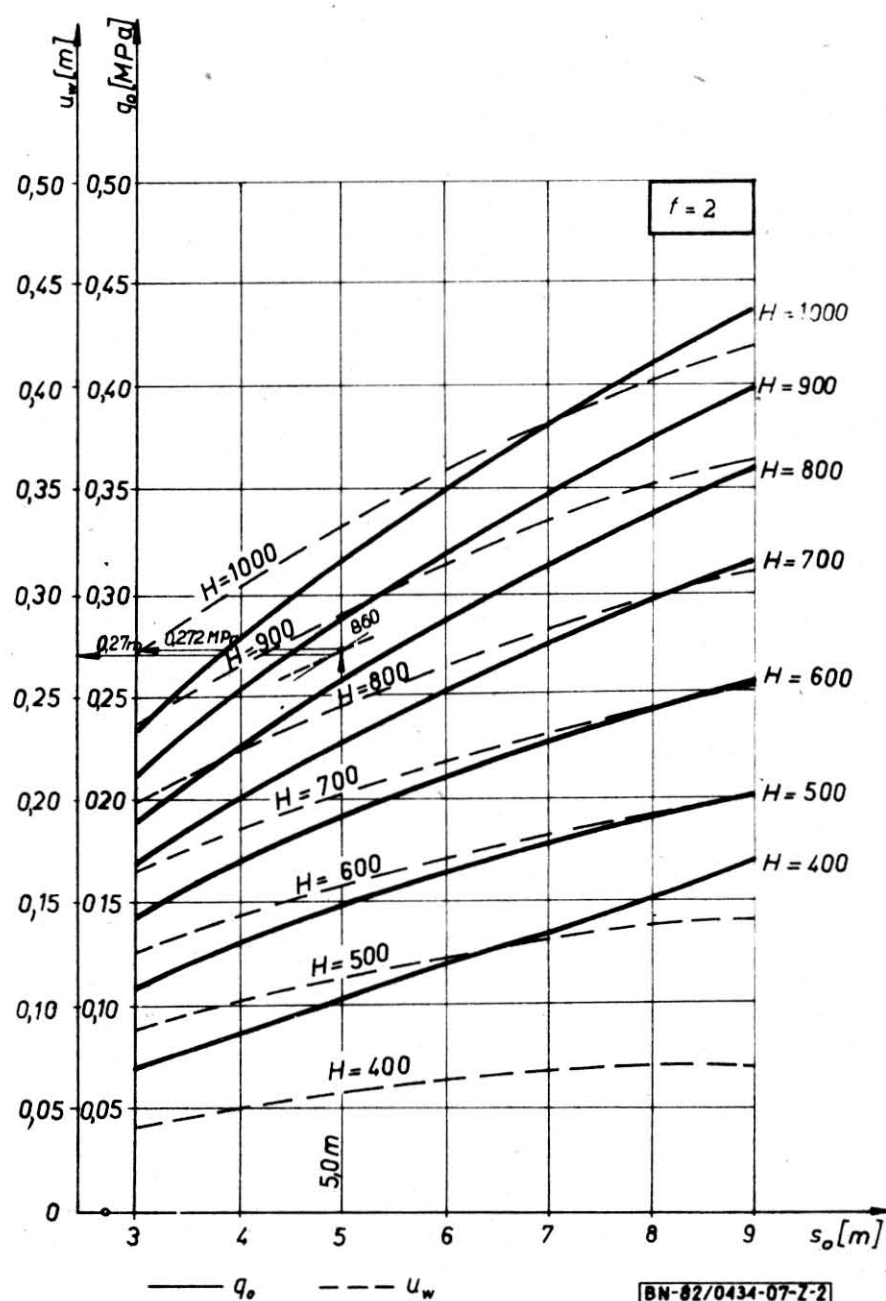
Rys. Z-1. Nomogram do określenia normowej wartości kąta tarcia wewnętrznego ϕ_s i spójności c_s skał

2. Przyporządkowanie parametrów geotechnicznych skał

karbońskich wartościom wskaźnika zwięzłości. Orientacyjne wartości parametrów geotechnicznych skał karbońskich przyporządkowane znanej wartości wskaźnika zwięzłości wg Protodiakonowa zestawiono w tablicy.

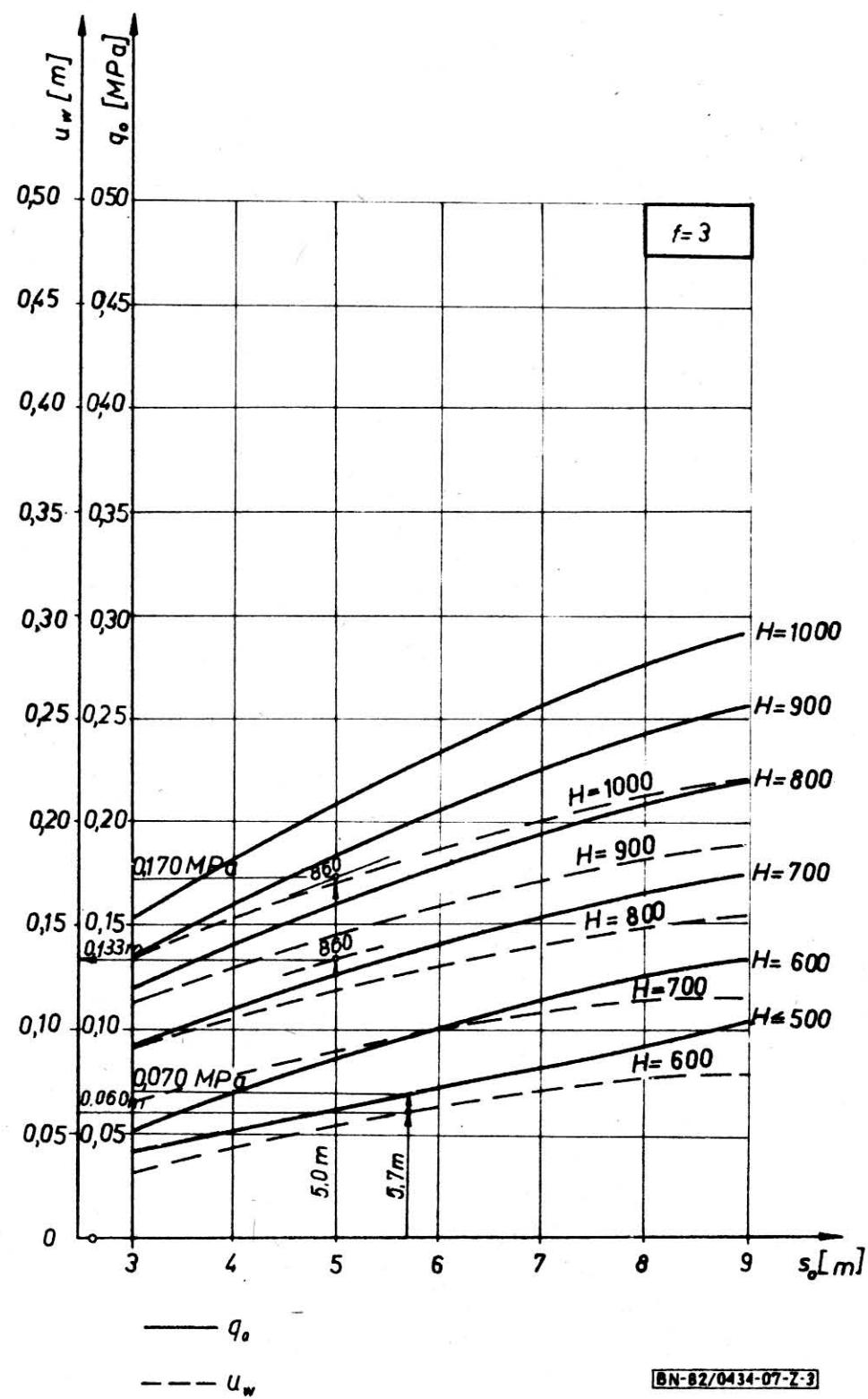
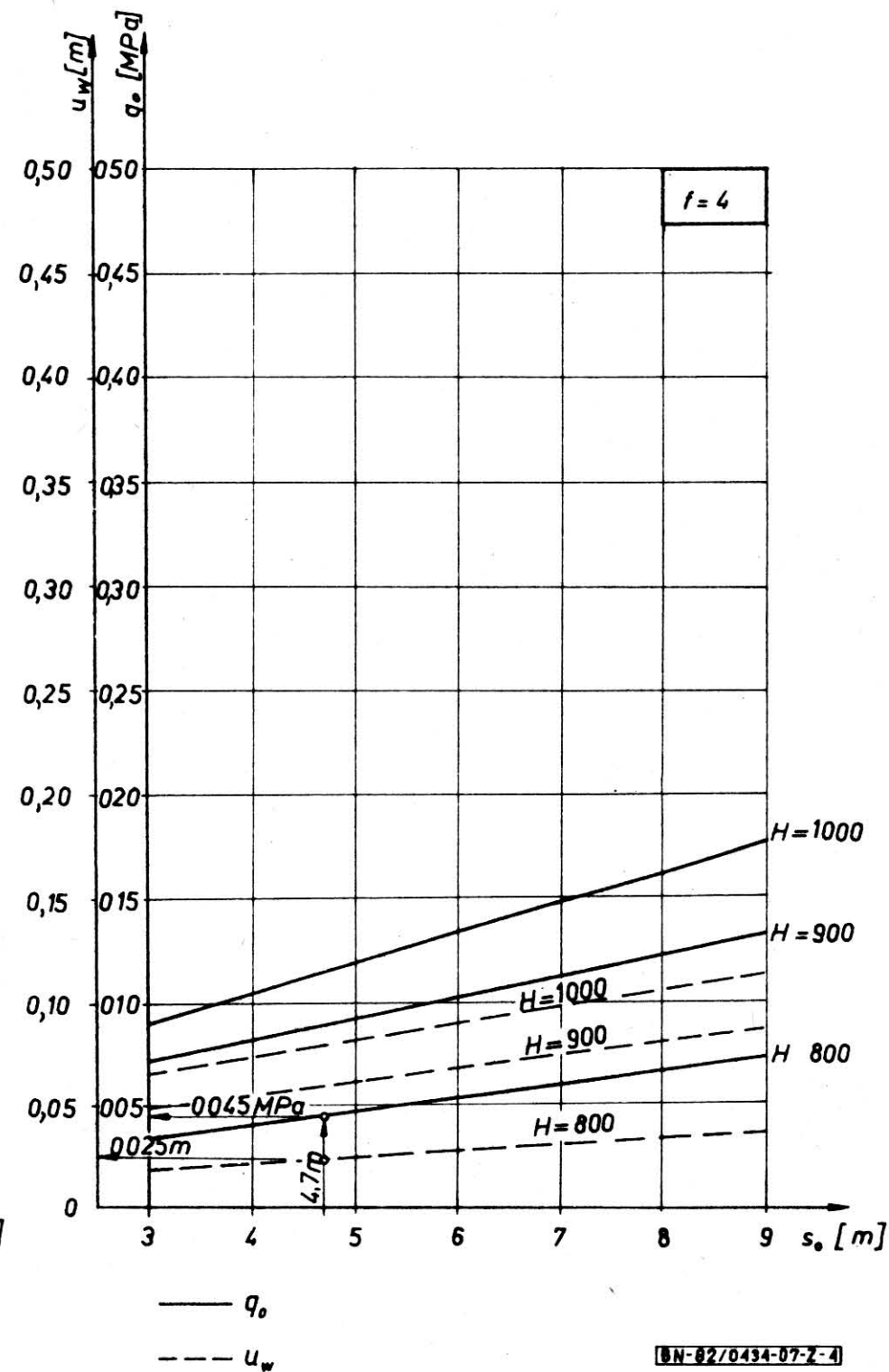
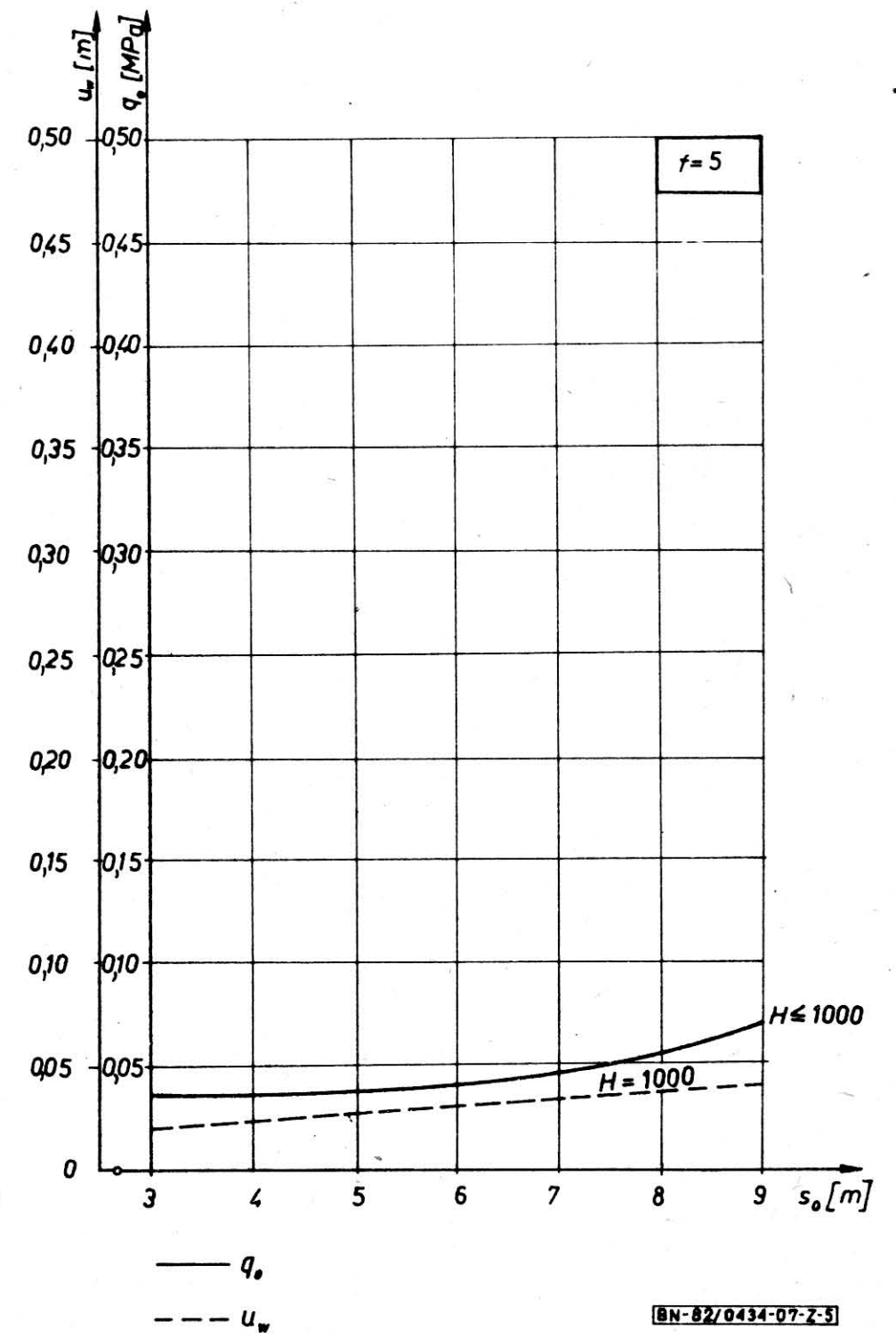
3. Obciążenie obliczeniowe i wymuszone przemieszczenie

obudowy dla wyrobisk zlokalizowanych w skałach karbońskich o przeciętnej podzielnosci można przyjmować wg nomogramów na rys. Z-2 ÷ Z-5.



BN-82/0434-07-Z-2

Rys. Z-2. Nomogram wartości q_0 i u_w dla $f = 2$

Rys. Z-3. Nomogram wartości q_0 i u_w dla $f=3$ Rys. Z-4. Nomogram wartości q_0 i u_w dla $f=4$ Rys. Z-5. Nomogram wartości q_0 i u_w dla $f=5$

INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę - Główne Biuro Studiów i Projektów Górniczych, Katowice.

2. Istotne zmiany w stosunku do BN-78/0434-07

a) wprowadzono obliczeniowe wartości parametrów geotechnicznych skał i górotworu,

b) wprowadzono obowiązek sprawdzania podatności obudowy,

c) uproszczono zasady określania kąta tarcia wewnętrznego i spójności skał,

d) wprowadzono nomogram dla określenia oddziaływań górotworu na obudowę.

3. Normy i dokumenty związane

PN-76/B-03001 Konstrukcje i podłoża budowli. Ogólne zasady obliczeń

PN-81/B-03020 Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie

PN-76/B-03264 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie

PN-66/B-04100 Materiały kamienne. Oznaczenie gęstości pozornej (ciężaru objętościowego), gęstości (ciężaru właściwego), porowatości i szczelności

PN-75/B-06250 Beton zwykły

PN-65/B-14504 Zaprawy budowlane cementowe

BN-79/0434-04 Wyrobiska korytarzowe w kopalniach. Obudowa murowa sklepiona. Wytyczne projektowania i obliczeń statycznych

BN-77/0434-06 Wyrobiska korytarzowe i komorowe. Obudowa z betonu natryskowego. Beton natryskowy. Wymagania i badania

BN-75/8704-05 Skały zwięzłe. Oznaczanie wytrzymałości na rozciąganie metodą poprzecznego ściskania

BN-75/8704-07 Skały zwięzłe. Oznaczanie wytrzymałości na ściskanie przy użyciu próbek foremnych.

Wytyczne oznaczania podstawowych własności skał zwięzłych. Komunikat GIG nr 608 1974 r.

4. Autor projektu normy - dr inż. Norbert Wypchol, dr inż. Jan Mateja - Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Budownictwa Górniczego BUDOKOP, Mysłowice.