

Marek JASZCZUK, Arkadiusz PAWLIKOWSKI
Politechnika Śląska, Gliwice

OSZACOWANIE WARTOŚCI NACISKU SKAŁ TWORZĄCYCH ZAWAŁ NA OSŁONĘ ODZAWAŁOWĄ SEKCJI OBUDOWY ZMECHANIZOWANEJ

Streszczenie. W pracy przedstawiono metodę wyznaczania nacisku skał tworzących zawał na osłonę odzawałową sekcji obudowy zmechanizowanej, w zależności od kształtu i wymiarów bryły górotworu oddziałującej na obudowę, wynikających z wysokości ściany, jak i z właściwości skał stropu bezpośredniego i stropu zasadniczego. Wartość nacisku skał zawału wyznaczono uwzględniając: podporność sekcji obudowy zmechanizowanej, całkowity ciężar bryły stropowej oraz podporność zrobów. Analizę przeprowadzono dla płaskiego modelu sekcji obudowy zmechanizowanej.

ASSESSMENT OF THE GOAF PRESSURE ON A SHIELD OF A POWERED ROOF SUPPORT UNIT

Summary. In the paper a method of determining the goaf pressure on a shield of a powered roof support unit, dependent on a shape and dimensions of a roof rock block, connected with a longwall height and features of rock mass, has been presented. The value of the goaf pressure is determined with taking into consideration a support bearing force, weight of the roof rock body and a goaf reaction. Analysis has been carried on with use of a plane model of a powered roof support unit.

1. Wprowadzenie

Oslona odzawałowa jest elementem sekcji obudowy zmechanizowanej odgradzającym wyrobisko od zrobów i przejmującym w całości nacisk rumowiska zawałowego. Oszacowanie parametrów nacisku skał tworzących zawał na osłonę odzawałową jest problemem bardzo istotnym, ponieważ są one niezbędne dla wyznaczenia podporności sekcji

w warunkach danej ściany. Ponadto, nacisk ten stanowi obciążenie zewnętrzne osłony, które należy uwzględnić na etapie projektowania tego elementu.

Wartość siły, jaka oddziałuje na osłonę odzawałową od strony zrobów, zależy przede wszystkim od objętości rumowiska skalnego wywierającego nacisk na osłonę odzawałową. Objętość ta zależy od wysokości wyrobiska ścianowego oraz rodzaju skał tworzących strop bezpośredni oraz strop zasadniczy.

Na wartość nacisku na osłonę odzawałową, oprócz ciężaru rumowiska skalnego, istotny wpływ ma także podporność zrobów, która decyduje także o podporności sekcji obudowy zmechanizowanej w warunkach danej ściany.

W niniejszej pracy przedstawiono metodykę wyznaczania obciążenia, działającego na osłonę odzawałową od strony zrobów, w zależności od rodzaju skał zalegających nad wyrobiskiem i wysokości ściany.

2. Metodyka wyznaczania parametrów nacisku skał zawału na osłonę odzawałową sekcji obudowy zmechanizowanej

W metodzie wyznaczania wartości nacisku skał zawału na osłonę odzawałową wykorzystano zasadę kinetostatyki i przyjęto płaski model fizyczny sekcji obudowy zmechanizowanej.

Wykorzystano „uogólniony” model sekcji obudowy zmechanizowanej [2,3,4], na podstawie którego, odpowiadający danemu rozwiązaniu konstrukcyjnemu sekcji obudowy zmechanizowanej, schemat otrzymuje się poprzez eliminację odpowiednich siłowników hydraulicznych. Model ten umożliwia jednoznaczne wyznaczenie wielkości, opisujących geometrię sekcji na podstawie identyfikacji dwóch wielkości geometrycznych, które zmieniają się w trakcie pracy sekcji obudowy zmechanizowanej. Uwzględnia on wymiary geometryczne zależne od wysokości pracy sekcji i kąta pochylenia stropnicy oraz wymiary geometryczne stałe, wynikające z ilościowych cech konstrukcyjnych sekcji obudowy zmechanizowanej.

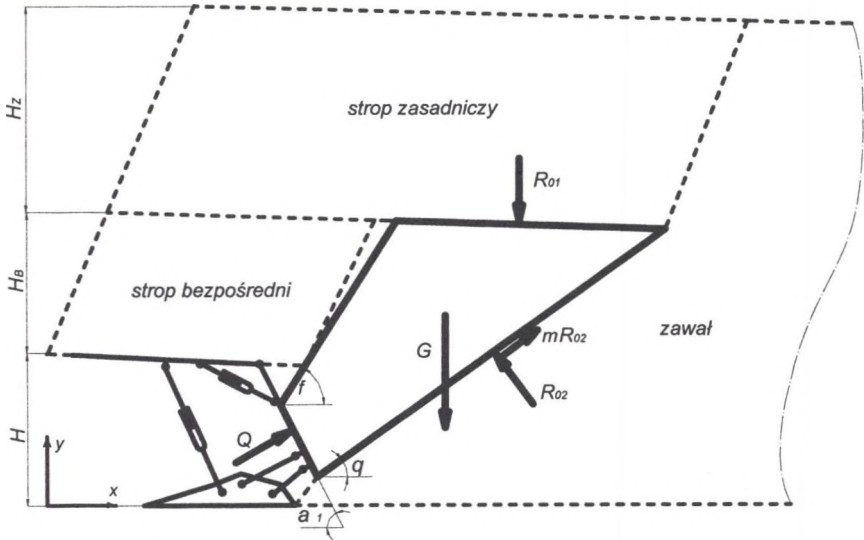
Wyznaczenie obciążenia działającego na osłonę odzawałową od strony zrobów wymaga określenia objętości rumowiska skalnego, które oddziałuje na sekcję obudowy zmechanizowanej. Objętość ta zależy od warunków górniczo-geologicznych, dla których przyjmuje się określony kształt bryły górotworu, oddziałującej na sekcję obudowy. Wymiary geometryczne tej bryły przyjmowane są dla określonych warunków stropowych i tak:

wysokość stropu bezpośredniego i stropu zasadniczego związana jest z wysokością ściany, a ich rozpiętość zależy od rodzaju skał, jakie tworzą strop wyrobiska [1,5].

Obciążenie osłony odzawałowej od strony zrobów wyznacza się na podstawie warunków równowagi: skał obciążających osłonę odzawałową (rys. 1), bryły górotworu obciążającej sekcję obudowy (rys. 2) oraz zespołu stropnica-osłona odzawałowa (rys. 3). W ten sposób uzyskuje się pięć równań równowagi w postaci sumy momentów względem punktów 0, 1 i A oraz sumy rzutów wszystkich sił na dwie wzajemnie prostopadłe osie, co umożliwia wyznaczenie pięciu niewiadomych: wypadkowej podpórności sekcji obudowy P_N i jej punktu przyłożenia na stropnicy x_p , wartości nacisku zrobów na osłonę odzawałową Q , podpórności zrobów R_{01} oraz reakcji R_{02} .

Objętość skał oddziałujących na osłonę odzawałową wyznaczona jest poprzez powierzchnię czołową, usytuowaną pod kątem naturalnego usypu φ . Przy przyjęciu najbardziej niekorzystnych warunków obciążenia osłony odzawałowej płaszczyzna ta przechodzi przez punkt, wyznaczający rozpiętość stropu bezpośredniego L_R . Zgodnie z zasadą przyjętą w mechanice materiałów sypkich, druga płaszczyzna wydzielająca objętość skał tworzących zawał i oddziałujących na osłonę odzawałową jest nachylona pod kątem ϑ . Jest to kąt, przy którym wartość nacisku zrobów na sekcję obudowy zmechanizowanej Q jest maksymalna. W modelu płaskim pod kątem ϑ nachylona jest prosta przechodząca przez dolny koniec osłony odzawałowej, i która poprzez punkt przecięcia z linią poprowadzoną na granicy stropu zasadniczego lub samonośnego wyznacza rozpiętość objętości skał obciążających osłonę. Te dwie proste wraz z położeniem osłony, na której zalegają zroby i wysokością poszczególnych brył stropowych definiują figurę o znanym polu powierzchni. Ciężar skał działających na osłonę sekcji obudowy ustala się na podstawie pola tej figury, podziałki sekcji obudowy zmechanizowanej i gęstości usypowej skał tworzących zawał.

Uproszczony schemat układu sił związany ze skałami obciążającymi osłonę odzawałową sekcji przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Uproszczony schemat układu sił związany ze skałami obciążającymi osłonę odzawałową sekcji
 Fig. 1. Simplified schema of forces connecting with goaf rocks pressurized a shield of a powered roof support unit

Rzutuując wszystkie siły na dwie wzajemnie prostopadłe osie uzyskujemy dwa równania równowagi o trzech niewiadomych (Q , R_{01} , R_{02}):

$$\Sigma P_{ix} = 0$$

$$Q \cdot \sin \alpha_1 - R_{02} \cdot \sin \vartheta + \mu \cdot R_{02} \cdot \cos \vartheta = 0 \quad (1)$$

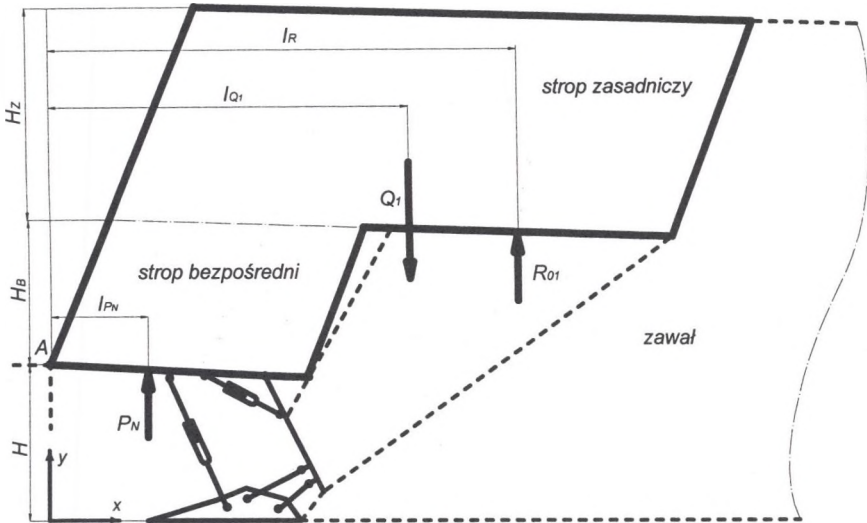
$$\Sigma P_{iy} = 0$$

$$Q \cdot \cos \alpha_1 + R_{02} \cdot \cos \vartheta + \mu \cdot R_{02} \cdot \sin \vartheta - G - R_{01} = 0$$

Kolejne równanie otrzymano z warunku równowagi stropowej bryły górotworu, oddziałującej na sekcję obudowy zmechanizowanej (rys. 2). W równaniu tym zadany jest ciężar Q_1 oraz jego położenie w stosunku do czoła ściany l_Q :

$$\Sigma M_{iA} = 0$$

$$R_{01} \cdot l_R - Q_1 \cdot l_{Q1} + P_N \cdot l_{P_N} = 0 \quad (2)$$



Rys. 2. Uproszczony schemat obciążenia sekcji w wyrobisku ściany zawałowej
 Fig. 2. Diagram of load of a powered roof support unit in a longwall with caving

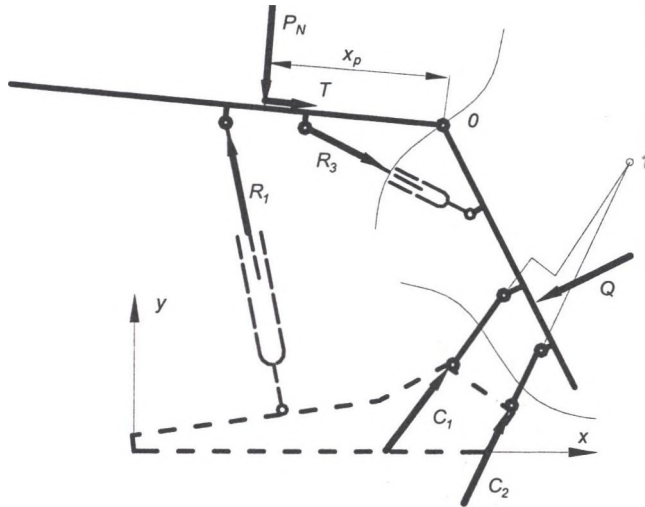
Moment podporowy sekcji obudowy zmechanizowanej, wynikający z wypadkowej podporność sekcji obudowy P_N oraz jej punktu przyłożenia na stropnicy, wyznacza się przy zastosowaniu metody przecięć. Dzięki temu otrzymano dwa równania równowagi dla zespołu stropnica-ośłona odzawałowa sekcji obudowy zmechanizowanej (rys. 3) w postaci sumy momentów względem punktu 0, pozwalające na wyznaczenie niewiadomych P_N i x_p :

$$\Sigma M_{i0} = 0$$

$$2R_1 \cdot [a_1 \cdot \sin(\alpha_5) + (w_1 - w_a) \cdot \cos(\alpha_5)] + \\ - R_3 \cdot [a_3 \cdot \sin(\alpha_6) + (w_3 - w_a) \cdot \cos(\alpha_6)] - P_N \cdot x_p = 0 \quad (3)$$

$$\Sigma M_{i1} = 0$$

$$2R_1 \cdot [(x_1 - x_a + a_1) \cdot \sin(\alpha_5 + \alpha_4) - (y_a + w_a - w_1 - y_1) \cdot \cos(\alpha_5 + \alpha_4)] + \\ - P_N \cdot [(x_1 - x_a + x_p \cdot \cos \alpha_4) \cdot \cos \alpha_4 + (y_a + x_p \cdot \sin \alpha_4 - y_1) \cdot \sin \alpha_4] + \\ - Q \cdot [(x_1 - x_Q) \cdot \cos \alpha_4 + (y_Q - y_1) \cdot \sin \alpha_4] + \\ + \mu \cdot P_N \cdot [(y_a + x_p \cdot \sin \alpha_4 - y_1) \cdot \cos \alpha_4 - (x_1 - x_a + x_p \cdot \cos \alpha_4) \cdot \sin \alpha_4] = 0 \quad (4)$$



Rys. 3. Model obciążenia zespołu stropnica-osłona odzawałowa
 Fig. 3. Model of load of a canopy-shield unit

Wartości sił R_1 i R_3 wynikają z kinematycznego wymuszenia ruchu stropnicy. Wyznaczono je jako sumę wartości przyrostu siły w przestrzeniach roboczych siłowników, wskutek wzrostu ciśnienia w tych przestrzeniach, przy danym kącie ugięcia warstw stropu bezpośredniego i podpórności wstępnej [4].

Zmienne opisujące geometrię sekcji obudowy zmechanizowanej można wyznaczyć jednoznacznie na podstawie identyfikacji dwóch wielkości geometrycznych, które zmieniają się w trakcie ruchu stropnicy, wymuszonego przemieszczeniem stropu wyrobiska ścianowego [2,3,4].

Uzyskane układy równań (1), (2), (3), (4) i (5), pozwalają na analizę obciążenia osłony odzawałowej Q , w zależności od rodzaju skał stropowych, kąta ugięcia bryły stropu bezpośredniego oraz wysokości ściany H .

3. Wyniki symulacji nacisku skał zawału na osłonę odzawałową dla sekcji obudowy zmechanizowanej FAZOS 12/28 – POz

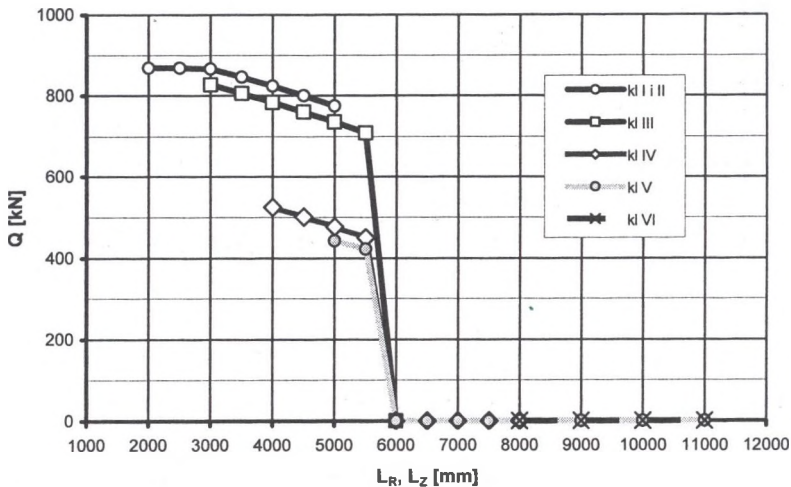
Wartość nacisku na osłonę odzawałową Q wyznaczono dla sekcji obudowy zmechanizowanej FAZOS 12/28–POz. Obliczenia przeprowadzono dla całego zakresu wysokości pracy sekcji obudowy zmechanizowanej, przy założeniu stałej objętości cieczy w przestrzeniach roboczych siłowników. Rozpiętość stropu bezpośredniego L_R zmieniano od

wartości minimalnej L_R , dla danej klasy stropu bezpośredniego do wartości równej rozpiętości stropu zasadniczego L_Z ($L_R = L_Z$).

Analizę przeprowadzono dla całego zakresu pracy sekcji wynoszącego $1,4 \text{ m} \div 2,6 \text{ m}$ z krokiem obliczeń $0,3 \text{ m}$. Podporność wstępną przyjęto równą $0,6$ podporności roboczej stojaka hydraulicznego, a wartość współczynnika ściśliwości emulsji olejowo-wodnej $e_w = 5 \cdot 10^{-4} \text{ MPa}^{-1}$.

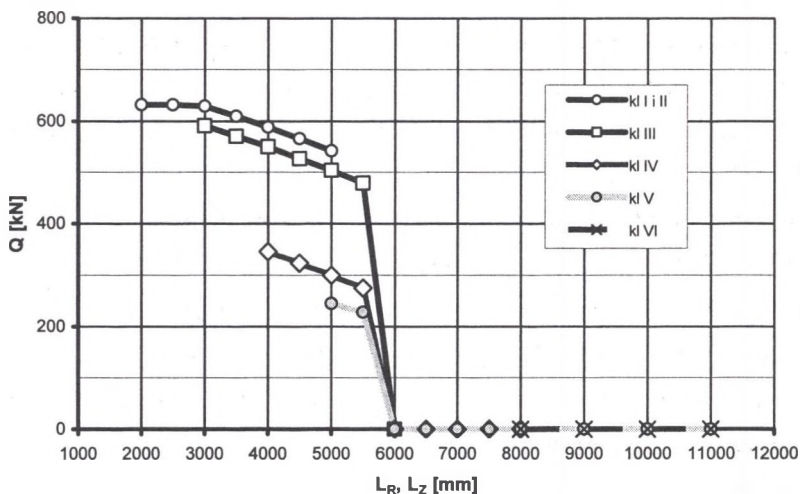
Na rys. 4, 5, 6 przedstawiono wartości nacisku na osłonę odzawałową sekcji obudowy zmechanizowanej Q dla wysokości stosowania, wynoszącej odpowiednio $2,6 \text{ m}$, $2,0 \text{ m}$, $1,4 \text{ m}$. Z przedstawionych danych wynika, że na wartość nacisku Q wpływa zarówno wysokość stosowania sekcji, jak i rozpiętość bryły stropu bezpośredniego L_R . Wraz ze wzrostem wysokości ściany rośnie objętość skał zawałowych, a co za tym idzie ich ciężar, który wywiera nacisk na osłonę odzawałową. Dotyczy to jednak tylko stropu o rozpiętości mniejszej od 6 m .

Na przykład dla stropów klasy I i II, przy rozpiętości stropu bezpośredniego, wynikającego z długości stropnicy, w ścianach o wysokości 2 m , wartość nacisku na osłonę odzawałową Q jest mniejsza o 27% (rys. 5) w porównaniu ze ścianą o wysokości $2,6 \text{ m}$, a przy wysokości $1,4 \text{ m}$ maleje o 56% (rys. 6). Dla klasy stropu IV obciążenie osłony odzawałowej Q przy rozpiętości stropu bezpośredniego 4 m maleje odpowiednio o 34% i o 71% .



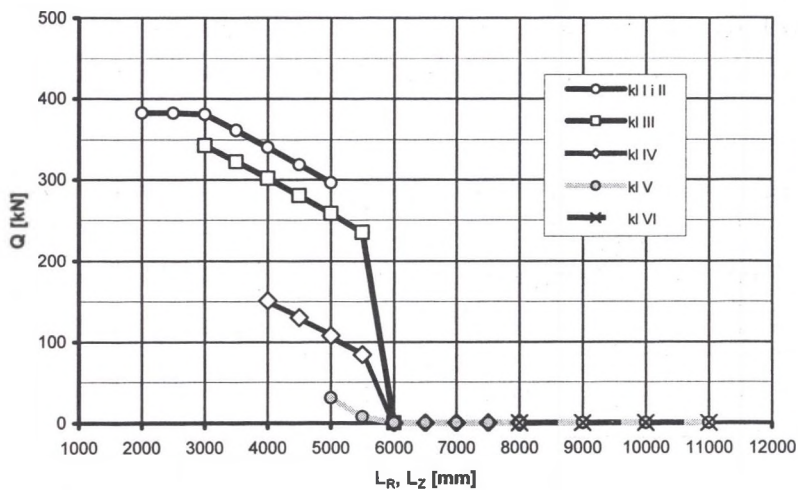
Rys. 4. Zależność wartości nacisku na osłonę odzawałową Q od rozpiętości stropu bezpośredniego i zasadniczego dla wysokości $H=2,6 \text{ m}$

Fig. 4. Dependence of the goaf pressure on a shield Q on the roof span L_R i L_Z in case of longwall height $H=2,6 \text{ m}$



Rys. 5. Zależność wartości nacisku na osłonę odzawalową Q od rozpiętości stropu bezpośredniego i zasadniczego dla wysokości $H=2,0$ m

Fig. 5. Dependence of the goaf pressure on a shield Q on the roof span L_R i L_Z in case of longwall height $H=2,0$ m



Rys. 6. Zależność wartości nacisku na osłonę odzawalową Q od rozpiętości stropu bezpośredniego i zasadniczego dla wysokości $H=1,4$ m

Fig. 6. Dependence of the goaf pressure on a shield Q on the roof span L_R i L_Z in case of longwall height $H=1,4$ m

Przy określonej wysokości pracy sekcji, obciążenie Q także maleje wraz ze wzrostem rozpiętości stropu bezpośredniego, dla danej klasy stropu. Jest to związane z faktem, że wraz ze wzrostem długości stropu bezpośredniego maleje objętość tej części rumowiska, która ma

kontakt z osłoną odzawałową. Przy danym kącie usypu φ kontakt skał tworzących zawał jest tylko w dolnej części osłony odzawałowej i to na coraz mniejszej jej powierzchni.

Ponadto, z przeprowadzonej analizy wynika, że przy rozpiętości bryły stropu bezpośredniego L_R , większej od 6 m obciążenie osłony odzawałowej nie występuje. Jest to spowodowane tym, iż rumowisko skalne nie wywiera nacisku na osłonę odzawałową.

4. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych symulacji i wyznaczonych charakterystyk oszacowanej wartości nacisku skał, tworzących zawał na osłonę odzawałową stwierdzono, że im większa wytrzymałość skał stropowych, a tym samym i większa rozpiętość stropu bezpośredniego, tym obciążenie przenoszone przez osłonę odzawałową Q jest zdecydowanie mniejsze. Można także przyjąć, że przy stropach złożonych ze skał trudno- i średniorabowalnych obciążenie takie nie występuje.

LITERATURA

1. Biliński A.: Dobór obudowy wyrobiska ściany zawałowej. Bezpieczeństwo pracy w Górnictwie. Kwartalnik nr 2 (31). Rok VIII. 1976r.
2. Jaszczuk M., Markowicz J., Pawlikowski A.: Modelowanie dynamicznego oddziaływania górotworu na sekcję obudowy zmechanizowanej z wykorzystaniem zasady kinetostatyki. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria: Górnictwo 2004.
3. Jaszczuk M., Markowicz J., Pawlikowski A.: Wyznaczanie przebiegów czasowych składowych wektora obciążenia dynamicznego sekcji obudowy zmechanizowanej KOMTECH 2004. Ustroń, 15-17 listopad 2004.
4. Jaszczuk M., Pawlikowski A.: Charakterystyki podpomościowe sekcji obudowy zmechanizowanej. Górnictwo i Geologia. Tom 1. Zeszyt 1. 2006.
5. Kidybiński A.: Podstawy geotechniki kopalnianej. Wydawnictwo „Śląsk”. Katowice 1982.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Włodzimierz Sikora