ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

## AN IN GON

STUDIUM NAD PROCESEM ROZWOJU ZNISZCZENIA WĘGLI ANTRACYTOWYCH W OTOCZENIU WYROBISK Korytarzowych w zagłębiu gon-gon jako funkcji obciążenia w świetle badań laboratoryjnych oraz rozważań teoretycznych



GÓRNICTWO





ZESZYTY NAUKOWE Nr 921

AN IN GON

P. 3351 87-STUDIUM NAD PROCESEMI ROZWOJU ZNISZCZENIA WĘGLI ANTRACYTOWYCH W OTOCZENIU WYROBISK KORYTARZOWYCH W ZAGŁĘBIU GON-GON JAKO FUNKCJI OBCIĄŻENIA W ŚWIETLE BADAN LABORATORYJNYCH ORAZ ROZWAŻAŃ TEORETYCZNYCH

# GÓRNICTWO

ZESZYT STO SZEŚĆDZIESIĄTY TRZECI

#### OPINIODAWCY:

Prof. dr hab. inż. Zdzisław Kłeczek Prof. dr hab. inż. Kazimierz Podgórski

#### KOLEGIUM REDAKCYJNE

- REDAKTOR NACZELNY— Prof. dr hab. inż. Wiesław GabzdylREDAKTOR DZIAŁU— Prof. dr hab. inż Mirosław ChudekSEKRETARZ REDAKCJI— Mgr Elżbieta StinzingCZŁONKOWIE KOLEGIUM— Prof. dr hab. inż. Adolf Maciejny
  - Prof. dr inż. Stanisław Malzacher
  - Prof. dr hab. inż. Bronisław Skinderowicz

## OPRACOWANIE REDAKCYJNE Mgr Elżbieta Stinzing

Wydano za zgodą Rektora Politechniki Śląskiej

PL ISSN 0372-9508

#### Dział Wydawnictw Politechniki Śląskiej ul. Kujawska 3, 44-100 Gliwice

 Nakl. 140+85
 Ark. wyd. 5.72
 Ark. druk. 8,25
 Papier offset. kl. III. 70x100,7%g

 Oddano do druku 31.07.87
 Podpis.do druku 25.08.87
 Druk ukończ. w sierpniu 1987

 Zam. 654/87
 L-24
 Cena zł 114,-

Fotokopie, druk i oprawę

wykonano w Zakładzie Graficznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach

P291

87

## SPIS TRESCI

		BLL.
1.	WSTEP	9
2.	STAN DOTYCHCZASOWYCH BADAN NAD PROCESEM ROZWOJU ZNISZ- CZENIA STRUKTURY WEGLI JAKO FUNKCJI OBCIĄŻENIA W SWIE- TLE BADAN LABORATORYJNYCH	11
3.	CEL, ZAKRES I ZAŁOŻENIA PRACY	13
4.	METODYKA BADAN	14
	4.1. Charakterystyka stoisk badawczych i zastosowanych przyrządów	14
	4.2. Przygotowanie próbek	19
	4.3. Sposób przeprowadzania badań	21
5.	BADANIA EKSPERYMENTALNE NAD OKREŚLENIEM KRYTERIUM ZNISZ- CZENIA WĘGLI ANTRACYTOWYCH	23
	5.1. Określenie ilości eksperymentów dla ustalenia kry- terium zniszczenia (zbudowania obwiedni okręgów naprężeń granicznych) węgli antracytowych	23
	5.2. Wyniki eksperymentu dla określenia kryterium zni- szczenia struktury węgli antracytowych	24
	5.3. Obwiednia okręgów naprężeń granicznych węgla an- tracytowego Zagłębia Gon-Gon	27
	5.4. Określenie spoistości i kąta tarcia wewnętrznego węgli antracytowych z Zagłębia Gon-Gon	34
6.	BADANIA EKSPERYMENTALNE NAD PROCESEM ROZWOJU ZNISZCZE- NIA STRUKTURY WĘGLI ANTRACYTOWYCH Z ZAGŁĘBIA GON-GON JAKO FUNKCJI CBĆIĄŻENIA	35
	6.1. Wyniki eksperymentów dla określenia procesu rozwo- ju zniszczenia struktury węgli antracytowych jako funkcji obciążenia	35
	6.2. Analiza wyników eksperymentów do określenia proce- su rozwoju zniszczenia struktury węgli antracyto- wych jako funkcji obcjażenia	27

_	-4	-

Str.

	6.3. Analityczna zależność przemieszczenia węgli antra- cytowych od ich własności mechanicznych i warunków technologicznych	42
	6.4. Analityczna zależność wielkości zasięgu strefy plastycznej od własności mechanicznych węgli antra- cytowych i warunków technologicznych Zagłębia Gon- Gon	64
	6.5. Zależność analityczna przemieszczenia od wielkości zasięgu strefy kruchego zniszczenia w węglach an- tracytowych	76
7.	ZASTOSOWANIE UZYSKANYCH WZORÓW DLA OKREŚLENIA ELEMENTÓW METODY TECHNOLOGICZNEJ ZMNIEJSZENIA OBCIĄŻENIA DZIAŁA- JĄCEGO NA OBUDOWĘ WYROBISKA CHODNIKOWEGO WYKONANEGO I UTRZYMYWANEGO W WĘGLACH ANTRACYTOWYCH	81
	7.1. Obciążenie na obudowę wyrobiska chodnikowego drą- żonego w węglach antracytowych	81
	7.2. Określenie parametrów projektowania zamka obudowy metalowej odrzwiowej podatnej dla wyrobiska chod- nikowego	96
	7.3. Określenie parametrów dla zmniejszenia obciążenia na obudowę wyrobiska chodnikowego prowadzonego w węglach antracytowych	104
3.	WNIOSKI KOŃCOWE	108
JI'	TERATURA	111
ZA	ŁĄCZNIKI	115
	and the second sec	

ni	1	61	PULCA.	1113	2.5
- 41	يد و ا	ک ہند	sell's	1111	die.

		Стр.
1.	введение	9
2.	СОСТОЯНИЕ РАНЕЕ ПРОВОДИМЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОДЕССА РАЗВИ- ТИЯ РАЗРУШЕНИЯ СТРУКТУРЫ У ГЛЯ ВЕМДЕ ФУНКЦИИ НАГРУЗКИ В СВЕТЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИИ	11
3.	цель исследовании, основные положения	13
4.	методика исследовании	14
	<ul> <li>4.1. Характеристика исследовательских стендов и примения инструментов</li> <li>4.2. Подготовка образцов</li> <li>4.3. Методика проведения исследований</li> </ul>	14 19 21
5.	ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРИТЕРИЯ ПОРЧИ АНТРАЦИТНЫХ УГЛЕМ ПУТЕМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИИ	23
	5.1. Определение количества экспериментов для определе- ния критерия порчи (построение соответствующих огибающих окружностей предельных напряжений) ан- трацитных углей	23
	5.2. Результаты эксперимента для определения критерия порчи структуры антрацитных углей	24
	5.3. Огибающие окружности предельных напряжений антра- цитных углей бассейна Гон-Гон	27
	5.4. Спределение слитности и угля внутреннего трения антрацитных углей бассейна Гон-Гон	34
6.	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА РАЗВИТИЯ ПОРЧИ СТРУКТУРЫ АНТРАЦИТНЫХ УГЛЕИ В БАССЕЛНЕ ГОН-ГОН БВИДЕ ФУНКЦИИ НАГРУЗКИ	35
	6.1. Результаты экспериментов для определения процесса развития порчи структуры антрацитных углей ввиде функции нагрузки	35
	6.2. Анализ результатов эксцеримента для определения процесса развития порчы структуры антрацитных углей ввиде функции нагрузки	37

	0.00	Аналитическане зависимости перемещения антрацитных углей от их механических свойтов и технологических условий	42
		Аналитические зависимости величины радиуса дей- ствия пластической зоны от механических своиств автрацитных углей и технологических условий бас- сейна Гон-Гон	64
	¢.5.	Аналитические зависимости перемещения от величины радиуса деиствия зоны хрупкой порчи антрацитных углей	74
7.	ПР.1МІ ТЕХНО ЦЕЛ І УГЛЕ,	ЕПЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫ. «ОРмуЛ Д.Б. ОПРІДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ОДОГИЧЕСКОГО МЕТОДА УМЕНЬЦЕНИЛ НАГРУЗКИ, ДЕАСТВУЮ- НА КРАНЬ ПТРЯКОВОЙ БЫРАБОТКИ В ПЛАСТАХ АНТРАДИТНЫХ 1	81
	7.1.	Нагрузка крепи птрековой выработки в антрацитных углях	81
	7	Спрецеление нараметров посектирования замка по- датливой металлической крепёжной рамы для штреко- вых выработок	56
	1.5.	спределение нараметров для уменьшения нагрузки крепи птрековых вырасоток, производимых в антра- цитных углях	104
-	Suran .		108
	a Pato	(PA	111
P.	ł£ 0:41	не	115

- - -

#### LIST OF CONTENTS

Page

37

1.	INTRODUCTION	9
2.	STATE OF HERETOFORE STUDIES ON THE PROCESS OF DEVELOP- MENT OF COAL STRUCTURE FAILURE AS A FUNCTION OF LOAD IN THE J.IGHT OF LABORATORY TESTS	11
3.	AIM, SCOPE AND ASSUMPTIONS OF THE WORK	13
4.	METHODICS OF STUDIES	14
	<ul> <li>4.1. Characteristics of the testing stands and devices used</li></ul>	14 19 21
5.	EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS ON THE DETERMINATION OF THE CRITERION OF FAILURE OF ANTHRACITE COALS	23
	5.1. Determination of the number of experiments for establishing of the criterion of failure (con- struction of the envelope of the regions of boun- dary stresses) of anthracite coals	23
	5.2. Results of an experiment determining the criterion of failure of the structure of anthracite coals	24
	5.3. Envelope of the regions of boundary stresses for the anthracite coals of the Gon-Gon Basin	27
	5.4. Determination of cohesion and the angle of inner friction for the anthracite coals from the Gon-Gon Basin	34
6.	EXPERIMENTAL STUDIES ON THE PROCESS OF DEVELOPMENT OF STRUCTURAL FAILURE OF ANTHRACITE COALS FROM THE GON-GON BASIN AS A FUNCTION OF LOAD	35
	6.1. Results of experiments for the determination of the process of development of structural failure of anthracite coals as a function of load	35
	6.2. Analysis of the results of experiments for the de- termination of the process of development of structural failure of anthracite coals as a func-	

tion of load .....

CTP.

P	а	g	e
---	---	---	---

	6.3. Analytical dependence of anthracite coals displa- cement on their mechanical properties and techno- logical conditions	42
	6.4. Analytical dependence of the quantity of the range of the plastic zone on the mechanical properties of anthracite coals and technological conditions of the Gon-Gon Basin	64
	6.5. Analytical dependence of displacement on the quantity of the range of the zone of brittle frac- ture in anthracite coals	76
7.	APPLICATION OF THE FORMULAE OBTAINED FOR THE DETERMI- NATION OF THE ELEMENTS OF A TECHNOLOGICAL METHOD OF DECREASING THE LOAD OPERATING ON THE LINING OF A HEAD- ING EXECUTED AND MAINTAINED IN ANTHRACITE COALS	81
	7.1. Load on the lining of a heading driven in anthra- cite coals	81
	7.2. Determination of the design parameters of the lock of metal, flexible doubletimber lining for a heading	96
	7.3. Determination of the parameters for decreasing of the load on the lining of a heading conducted in anthracite coals	104
8.	FINAL CONCLUSIONS	108
REF	FERENCES	11
APF	PENDICES	11!

#### I. WSTEP

Jednym z podstawowych problemów technicznych jakie występuja w kopalniach wegli antracytowych Zagłębia Gon Gon jest problem utrzymania stateczności wyrobi k chodnikowych, w szczególności chodników zlokalizowanych w polach eksploatacyjnych.

Na podstawie obserwacji prowadzenych w tých kopalniech, stwierdzono, że po upływie 15 ± 20 dni od chwili wykonania wyrobieka chodnikowego w węglu antracytowym wielkość obciażenia na 1 odrzwia obudowy wynosi okolo 260 kN, a konwergeneja średnicy wyrobieka oziaza około 72 cm. Fraktycznie większość wyrobiek chodnikowych musi być przebudowana po upływie 10 ± 12 dni, bowiem wielkości uszkodzen obudowy uniemożliwiają ich wykorzystanie zgodnie z przeznaczeniem w warunkach zachowania bezpieczeństwa pracy załóg górniczych.

Przeprowadzane dorażne zabiegi polegające na podwyższeniu nożnewi stosowanej obudowy nie przynoszą oszekiwanych resultatów. Koniecznym zatem staje się podjęcie przedsięwsięć umożliwiających zmniejszenie obciążenia obudowy wyrobicka chodnikowego w weglu antracytowym poprzez racjonalny dobór podatności obudowy i spowodowanie w ten grozób mniejszego jej obciążenia.

Ustalenie optymalných parametrów vspôlpracy obudowy z górotworem dla warunków Zaglębia Gon-Gon jest możliwe – jak vykazuja prace analityczne i eksperymentalne – w oparciu o wyznaczenie wielkońci strefy deformacji plastycznych jaka powstaje wokół wyrobizka chodnikowego oraz wielkości niespreżystego odkaztałcenia jego kenturu.

Decydujące znaczenie dla przebiegu procesu tworzenia toj stretv oraz jej zasięgu w górotworze ma charakterystyka niezczenia vegli antracytowych i ogólne warunki geologiczno-górnicze danego zaglębia. V pracy niniejszej podjęto próbę określenia wielkości strefy kruchego zniszczenia oraz przemieszczeń konturu w oparciu o badania laboratoryjne i rozważania teoretyczne nad przebiegiem procesu niszczenia struktury wegli antracytowych w Zagłębiu Gon-Gon.

Vynikiem pracy jest określenie metody projektowania obudowy wyrobisk chodnikowych i technologii wielkości obciążenia obudowy, oraz utrzymania funkcjonalności wyrobisk chodnikowych w żądanym okresie czasu.

Eksperymenty wchodzące w zakres niniejszej pracy wykonane zostały w laboratorium Katedry Budowy Kopalń Politechniki Phenseńskiej, natomiast opracowanie wyników i rozważania teoretyczne wykonano w Instytucie Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Politechniki Sląskiej. 2. STAN DOTYCHCZASOWYCH BADAN NAD PROCESEM ROZWOJU ZNISZCZENIA STRUKTURY WEGLI JAKO FUNKCJI OBCIAZENIA W SWIETLE BADAN LABORATORYJNYCH

Przebieg procesu niszczenia skał znajdujących się w trójosiowym stanie naprężeń jest do chwili obecnej zbadany w ograniczonym zakresie. Badania takie [1, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 18, 21, 29] polegały na obserwacji zachowania się próbek skalnych znajdujących się pod wpływem hydrostatycznego obciążenia jako modelu do określania wielkośći zasięgu strefy plastycznej i odkształceń niespreżystych.

Określenie na drodze badań laboratoryjnych wytrzymałości i kryterium zniszczenia skał w trójosłowym stanie naprężenia zajmowało się wielu badaczy [2, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 22, 28, 30].

Analityczne kryterium zniszczenia przedstawił w pracy Ruppenejt [27], przyjmując rozwiązanie oparte o równanie liniowe, hiperboliczne i paraboliczne. Dla wyznaczenia tego kryterium w myśl rozwiązania Ruppenejta konieczna jest znajomość spoistości skał, kata tarcia wewnętrznego oraz wytrzymałości skał na dwuosiowe rozciąganie.

Kuzmicz [14] i Labass'e [18] przeprowadzili badania dla określenia wielkości strefy plastycznej w oparciu o obserwacje praktyczne i eksperymenty polegające na badaniach własności wytrzymałościowych przy różnej wielkości obciażenia i różnej głębokości.

Zasławskij, Zorin, Czermiak [33] przeprowadzili badania mające na celu określenie wartości odkształcenia niesprężystego konturu wyrobiska w oparciu o sposób eksperymentalny i analityczny. Zależnoćć analityczna dla określenia odkształcenia niesprężystego uwzględniała podporność obudowy. wytrzymałość na ściskanie skał otaczających oraz promień wyrobiska.

- 10 -

Kwaśniewski [16] przeprowadził studia nad kryteriami kruchego zniszczenia wegli kamiennych w warunkach konwencjonalnego trójosiowego ściskania. Podał warunki granicznego kryterium w konwencji naprężeń oktaedrycznych najlepiej wyrażających nieliniową zależność pomiędzy toct i occe na granicy wytrzymałości.

Liberman [20], Zasławskij [31, 32] ustalili na podstawie pomiarów, zależności empiryczne między strefą plastyczną w otoczeniu wyrobiska i odkształceniem niesprężystym konturu wyrobiska.

Filcek [9] opracował i przedstawił wyniki badań i rozważań teoretycznych zmierzających do ustalenia stanu i wielkości naprężeń i odkształceń wokół wyrobiska chodnikowego jako ośrodka reologicznego o liniowej charakterystyce modelu Poyntinga-Thomsona.

W pracy [13] Kłeczek przedstawił wyniki swoich badań dotyczących reologicznych własności skał karbońskich. Na podstawie tych badań stwierdzono dość istotny wpływ prędkości obciążenia próbek skał na przebieg procesu ich odkształcenia oraz wielkość naprężeń niszczących.

Analiza wymienionych powyżej pozycji literaturowych doprowadza do wniosku, że celowym jest dalsze prowadzenie eksperymentów dla określenia i uściślenia procesu rozwoju zniszczenia struktury próbki węgli antracytowych w trójosiowym stanie naprężeń ze szczególnym uwzględnieniem warunków górniczo-geologicznych i górniczotechnologicznych.

## 3. CEL, ZAKRES I ZALOZENIA PRACY

Na podstawie prowadzonych obserwacji oraz prac naukowo-badawczych [25, 27, 30] stwierdzono, że w otoczeniu wyrobisk korytarzowych zlokalizowanych w pokładach wegla antracytowego tworzy się strefa deformacji niesprężystych (w postaci niszczenia węgla antracytowego) i znacznych odkształceń konturu wyrobiska.

Wielkość zasięgu tej strefy wpływa bezpośrednio na wielkość obciążenia i deformację obudowy wyrobisk korytarzowych lokalizowanych w weglach antracytowych. Dlatego też utrzymanie stateczności wyrobiska korytarzowego w tych warunkach jest możliwe poprzez dobór podatności i podporności obudowy oraz sposób zmniejszenia obciążenia na nią działającego.

Ponieważ wielkość obciażenia obudowy jest funkcja wielkości i zasiegu strefy odkształceń niesprężystych, koniecznym jest ustalenie warunków jej powstania i rozwoju w czasie. Problem ten jest głównym celem niniejszej pracy.

Określenie warunków i przebiegu zjawiska tworzenia się strefy deformacji niesprężystych postanowiono wyznaczyć na drodze badań laboratoryjnych. Przeprowadzone w pracy badania i rozważania teoretyczne dotyczą głównie warunków geologiczno-górniczych Zaglębia Weglowego Gon-Gon, moga jednak być wykorzystane w innych zagłębiach o podobnych warunkach geotechnicznych.

Przy realizacji pracy przyjęto następujące zalożenia:

 górotwór w otoczeniu wyrobiska chodnikowego w węglu antracytowym posiada cechy ośrodka sprężysto-plastycznego,

- wyrobisko chodnikowe w weglu antracytowym posiada kształt kołowy,

 strefa deformacji niesprężystych powstaje na skutek przekroczenia wytrzymałości na ściskanie wegla antracytowego w otoczeniu wyrobiska chodnikowego.

Stanowisko badawcze, dla określenia kryterium zniszczenia węgli antracytowych składało się z dwóch zasadniczych części: prasy hydraulicznej, przyrządu do ścinania próbek (rys.4.1.).

Zgodnie z przedstawionym celem i założeniami pracy, w oparciu o badania laboratoryjne należało ustalić wielkość kruchego zniszczenia i przemieszczenia wegla antracytowego, powstającego w wyniku naprężeń panujących na konturze wyrobiska chodnikowego.

Wielkość tej strefy jak i jej zasieg jest zależny od wielkości panujących naprężeń, a bezpośrednio od warunków górniczo-technicznych i charakterystyki wytrzymalościowej wegła otaczającego. Stad też w pracy w pierwszym rzędzie należalo ustalić kryterium niszczenia wegła antracytowego otaczającego wyrobisko chodnikowe.

Dla zrealizowania takiego programu badań skonstruowano cryginalne stolsko badawcze według koncepcji i projektu autora pracy.

4.1. CHARAKTERYSTYKA STOISK BADAWCZYCH I ZASTOSOWANYCH PRZYRZĄDOW

 4.1.1. Charakterystyka stoiska badawczego i zastosowanego
 przyrządu dla określenia kryterium zniszczenia wegla antracytowego

Dla wyznaczenia kryterium zniszczenia wegla antracytowego postanowiono przeprowadzić badania próbek wegla poddając je naprężeniom ścinającym wywołanym w próbce w dwóch płaszczyznach. W ten sposób realizując eksperyment na ścinanie próbki można określić kryterium zniszczenia wegla antracytowego.



Rys, 4,1, Schemat ideowy stoiska badawczego dla określenia kryterium zniszczenia wegli antracytowych

- 1 prasa hydrauliczna,
- 2 przyrząd do ścinania próbek wegli antracytowych
- Fig. 4.1. Schematic diagram of a testing stand for the determination of the criterion of failure of anthracite coals

Przyrząd do ścinania próbek antracytowych składał się z trzech zasadniczych elementów:

- układu hydraulicznego do wywołania nacisku osiowego,
 prostokątnego elementu do przeniesienia obciążenia ścinającego
 i uchwytu do mocowania próbki (rys.4.2.).



Rys, 4.2, Frzyrząd do badania ścinania próbek wegli antracytowych

- 1 zacisk hydrauliczny
- 2 tłok o przekroju prostokatnym
- 3 komora próbki
- 4 otwór o przekroju prostokątnym
- 5 manometr
- 6 próbka wegla antracytowego

Fig. 4.2. Device for the testing of the shearing of anthracite coal samples

Podłączenie elementu naciskowego i prasy wykonano w formie przegubu dla uniknięcia siły ekscentrycznej. Przyjęto powierzchnię tłoka do ścinania próbki - 70 × 70 mm. Komora próbki składa się z dwóch części, żeby ułatwić demontowanie próbki zniszczonej po eksperymencie. Przyjęto gabaryt wewnętrzny komory próbki - 72 × 72 × × 280 mm oraz grubość ścianki komory do mocowania próbki 20 mm. Obciążenie osiowe oraz ścinanie próbki wywierano za pomoca układu hydraulicznego. - 17 -

Przeprowadzenie badań zgodnie z założona metodyka wymagało skonstruowania odpowiedniego przyrządu badawczego umożliwiającego określenie wielkości strefy kruchego zniszczenia i przemieszczenia węgla antracytowego jako funkcji jego obciążenia.

Stoisko do badania procesu rozwoju zniszczenia struktury węgli antracytowych składało się z dwóch zasadniczych części: prasy hydraulicznej, przyrządu do określenia wielkości odkształcenia niesprężystego wegla antracytowego (rys.4.3.).



Rys, 4.3. Schemat ideowy stoiska do badania procesu rozwoju zniszczenia struktury wegli antracytowych

- 1 prasa hydrauliczna
- 2 przyrząd do określania wielkości strefy plastycznej i odkształcenia niespreżystego wegli antracytowych
- Fig. 4.3. Schematic diagram of a stand for the studying of the process of development of structural failure of anthracite coals

- 16 -

Przyrząd do określenia wielkości strefy kruchego zniszczenia i przemieszczenia wegli antracytowych składał się z pięciu zasadniczych elementów: prostokątnego elementu do przenoszenia nacisku osiowego na próbkę z prasy. hydraulicznej, komory próbki, dwóch sprężyn, dwóch obejm i ich ram, dwóch klinów (rys.4.4). Przyjęto powierzchnię tłoka - 160 × 160 mm, gabaryt wewnętrzny rozbieralnej próbki - 160 × 160 × 210 mm, a grubość jej ścianki - 48 mm. Dwie części komory składały się z dwóch obejm i ich ram o poprzecznych wymiarach  $s = 50 \times 50$  mm<sup>2</sup>, 60 × 60 mm<sup>2</sup>, 70 × 70 mm<sup>2</sup>, 80 × 80 mm<sup>2</sup> oraz grubości 60 mm.



Rys, 4.4, Przyrząd do badania procesu rozwoju zniszczenia struktury wegli antracytowych jako funkcji obciążenia

- 1 element prostokatny (tlok o przekroju prostokatnym),
- 2 komora próbki,
- 3 spreżyna,
- 4 rama obejmy.
- 5 obejma,
- 6 klin,
- 7 skala,
- 8 docisk

Fig. 4.4. Device for the studying of the process of development of structural failure of anthracite coals as a function of load

Pierwotny stan naprężenia w próbkach węgla antracytowego realizowany był prasą hydrauliczną i klinowym urządzeniem dociskowym. Oddziaływanie obudowy wyrobiska i górotworu stymulowano poprzez sprężynę pracującą w momencie usunięcia klina.

Sztywność obudowy była realizowana sztywnością sprężyny. Sztywność sprężyny była określona w oparciu o wyniki eksperymentów. Uzyskano następujące sztywności sprężyny  $p_{cr} \approx 250$  N/cm, 312 N/cm, 375 N/cm oraz 426 N/cm.

Wielkości odkształcenia niesprężystego wegli antracytowych określano przez pomiar z dokładnością odczytu równą 0,1 mm.

4.2. PRZYGOTOWANIE PROBEK

Dla przeprowadzenia badań przygotowano próbki dostosowane do badań procesu rozwoju zniszczenia struktury wegli antracytowych jako funkcji obciażenia.

Bryły wegli antracytowych przygotowane jako próbki do badań, były pobrane w przodkach wyrobisk korytarzowych prowadzonych na poziomie -450 m, -530 m oraz -620 m w pokładach Zagłębia *Gon-Gon*.

Próbki z wytypowanych węgli antracytowych przeznaczone do badań eksperymentalnych były wykonywane w kształcie prostopadłościanów o następujących wymiarach:

dla określenia kryterium zniszczenia (rys. 4.5a) - 70 × 70 × 140 mm,
dla określenia wielkości strefy kruchego zniczczenia i przemieszczenia (rys. 4.5b) - 160 × 160 × 160 mm.

Tolerancja wykonania wymiarów zewnętrznych próbek w szerokości, wysokości i długości wynosiła -0,3 mm. Uzyskanie większej dokładności było niemożliwe z uwagi na charakterystyczne własności węgli antracytowych. Ponadto zwracano baczną uwagę na uzyskanie prostopadłości powierzchni czołowych próbki do jej osi oraz ich równoległości, którą wykonywano z dokładnością ±0,05 mm.



- Rys. 4.5. Schemat pröbek wegli antracytowych
  - a) próbka dla określenia kryterium zniszczenia wegli antracytowych,
  - b) próbka do badań procesu rozwoju zniszczenia struktury wegli antracytowych,
- Fig. 4.5. Diagram of anthracite coal samples

Dla zniwelowania drobnych nierówności na zewnetrznych ściankach próbek zanurzono je w ciekłej parafinie, która po wyschnięciu tworzyła otoczkę wokół próbki. Otoczka parafinowa wokół próbki zapobiegała ponadto wietrzeniu węgli antracytowych.

#### 4.3. SPOSOB PROVADZENIA FADAN

Zmieniając obciażenie osiowe działające na próbkę, eksperymenty na ścinanie dla uzyskania kryterium zniszczenia wegli antracytowych były przeprowadzone sposobem określenia obciążenia tnacego.

Przede wszystkim po wciśnieciu próbki do komory i umieszczeniu w przyrządzie, całość umieszczano w prasie hydraulicznej zachowując obciążenie osiowe, które było realizowane dociskiem tłoka prasy. Tak wiec po ustawieniu przyrządu do badania ścinania na stole prasy określano obciążenie tnące wywołane przez prasę hydrauliczną. Fróbki obciążano z szybkością 0,5 MPa/s skokami odpowiadającymi przyrostowi nacisku osiowego i tnącego.

Zmieniając powierzchnię docisku sprężyny i jej sztywność przeprowadzono eksperymenty na próbkach węgla antracytowego o zróżnicowanych parametrach kata tarcia wewnętrznego i spoistości przy różnych konfiguracjach naprężeń dla określenia wielkości strefy kruchego zniszczenia i przemieszczenia tych węgli w badanych próbkach.

Pierwotny stan naprężenia próbki był realizowany prasa hydrauliczna. Ta‡ więc dla eksperymentu przyjęto naprężenia pionowe  $p_{\pm}$  w wysokości: 1149,34×10<sup>4</sup> Pa, 1302,32×10<sup>4</sup> Pa i 1532,78×10<sup>4</sup> Pa, dla których obliczono pierwotne naprężenia poziome  $p_{\pm}$ , którymi oddziaływano na badane próbki.

Pierwotne napreżenie poziome działające w warstwach węgli antracytowych w Zagłębiu *Gon-Gon* uwzględnione w badaniach obliczono wzorem [12]:

$$p_x = p_y = \frac{1 - \sin \rho}{1 + \sin \rho} \times p_z$$
 (4.1)

p, p, p, p = pierwotne napraženia poziome i pionowe działajace w warstwach wegli antracytowych,

p - kat tarcia wewnetrznego wegla antracytowego.

Wybijajac klin w przyrzadzie uruchamiano spreżyne, która symulowała nośność odrzwi obudowy wyrobiska korytarzowego. Wtedy wegiel antracytowy na kontakcie z odrzwiami był niszczony. Utrzymujac podporność sprężyny zniszczony wegiel ulegał odkształceniu pod wpływem dalszego wzrostu nacisku. Wielkość proemieszczenia wytworzonego: spękandem wegla można było wycnaczyć wprost przez pomier przemieszczenia. W czasie pomiaru przemieszczenia badanych próbek utrzymywano w nich pierwotny stan naprężenia. W próbce wytworzyła się strefa plastyczna w kształcie paraboloidy eliptycznej. Ta wielkość strefy kruchego zniszczenia zmierzono z dokładnością do 0,1 mm.

W czasie prowadzenia eksperymentów dla obserwacji procesu niszczenia struktury wegli antracytowych pierwotny stan napreżeń pionowych określony był kolejno trzema wielkościami ciśnienia p: 1149,34×10<sup>4</sup> Fa; 1302,32×10<sup>4</sup> Fa i 1532,78×10<sup>4</sup> Fa odpowiednio do głębokości *H* zalegania warstwy wegli antracytowych tj.: 450 m; 530 m i 620 m. Przyjęto powierzchnie nośna sprężyny *S* równą: 25 cm<sup>2</sup>; 36 cm<sup>2</sup>; 49 cm<sup>2</sup> i 64 cm<sup>2</sup>, przy uwzględnieniu jej sztywności *p*. równej: 250 N/cm; 312 N/cm; 375 N/cm i 426 N/cm.

Układy pomiarowe obciążano z prędkościa 0,5 MFa/s skokami opowiadającymi przyrostom nacisków. 5, BADANIA EKSPERYMENTALNE NAD OKRESLENIEM KRYTERIUM ZNISZCZENIA WEGLI ANTRACYTOWYCH

5.1. OKRESLENIE ILOSCI EKSPERYMENTOV DLA USTALENIA KRYTE-RIUM ZMISZCZENIA (zbudowania obwiedni okręgów naprężeń granicznych) WĘGLI ANTRACYTOWYCH

Nie ustalono dotychczas wariancji błędu spoistości oraz kata tarcia wewnętrznego wegli antracytowych w warunkach górniczogeologicznych Koreańskiej Republiki Ludowo-Demokratycznej. Z tego względu podjęto próbę ustalenia tych zależności w oparciu o badania laboratoryjn:

W wyniku dokonanych eksperymentów znaleziono wielkości maksymalne i minimalne spoistości i kąta tarcia wewnętrznego węgla antracytowego. Dokładność uzyskanych wyników oszacowano w granicach 5 % wartości średniej spoistości.

Ilość niezbędnych eksperymentów do określenia okręgów naprężeń granicznych dla węgli antracytowych obliczono z zależności podanej przez O Czen Gun'a [23]:

$$h = 0,111 \left(\frac{K_{max} - K_{min}}{d}\right)^2 = 0,111 \left(\frac{588,40 - 353,04}{23,54}\right)^2 = 11$$

gdzie:

n - ilość eksperymentów,

Kmass - maksymalna wartość spoistości,

Kmin - minimalna wartość spoistości,

d - dopuszczalna granica spoistości.

gdzie:

## 5.2. VYNIKI EKSPERYMENTU DLA OKRESLENIA KRYTERIUN ZNISZCZENIA STRUKTURY WEGLI ANTRACYTOVYCH

Eksperymenty zruszenia dwustronnego dla określenia kryterium zniszczenia wegli antracytowych zrealizowano w stoisku badawczym pokazanym na rys.4.1. Schemat i kształt próbki do badań kryterium zniszczenia wegli antracytowych przedstawiono na rys.5.1.

- 24 -



- Rys, 5,1, Schemat i kształt próbki do badań nad określeniem kryterium zniszczenia wegli antracytowych
  - a schemat badań, b badana próbka,
- Fig. 5.1. Diagram and shape of a sample for the tests on the determination of the criterion of failure or anthracite coals

W eksperymantach odczytano zapis z dokładnościa do 0,1 mm, a obciążenie boczne i tnące rejestrowano z dokładnością do 0,1 N.

Wyniki eksperymentów przedstawiono w tablicach 5.1, 5.2, 5.3 i 5.4

YNIKI	EKSPERYMENTOW	ZRUSZANIA	DWUSTRONNEGO	WEGLA	ANTRACYTUWEGU
		Z KOPALNI	Sutangan		

x======	Wymiar pró	bek prostopac [mm]	llościennych		P [N]
PLOOKI	s	h	d		
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	70,2 70,1 69,8 70,1 70,2 70,2 70,0 69,9 69,8 69,9 70,0	69,8 69,8 70,1 69,9 69,8 69,8 69,8 69,9 70,0 70,1 69,9 69,9	139,8 139,9 140,0 139,9 139,8 139,8 139,9 140,1 139,9 140,0 139,8 139,8	520,3 965,9 2 212,8 3 502,2 3 542,8 4 587,6 3 414,4 6 130,3 5 574,7 7 156,3 7 663,4	6 919,3 9 495,4 9 495,4 10 091,1 12 590,1 13 166,3 19 188,5 18 894,0 22 346,3 21 292,0 23 305,7

#### Tablica 5.2

Tablica 5.1

#### WYNIKI EKSPERYMENTOW ZRUSZANIA DWUSTRONNEGO WHGLA ANTRACYTOWEGO Z KOPALNI Lutangan

Nr próbki	Wymiar prót s	pek prostopac [mm] h	iłościennych d	N [N]	P [N]
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	69,8 69,9 70,1 70,2 69,2 69,9 69,8 69,8 70,2 69,9 70,1	$\begin{array}{c} 70,1\\ 69,8\\ 70,0\\ 69,9\\ 69,9\\ 69,9\\ 70,1\\ 69,9\\ 70,1\\ 69,9\\ 70,1\\ 70,1\\ 70,1\\ 70,1 \end{array}$	140,0 140,1 139,9 139,9 139,8 139,8 139,9 140,1 139,8 139,8 140,1 139,8	113, 0 189, 9 1 545, 8 1 697, 1 2 360, 1 2 725, 9 3 655, 5 4 195, 5 4 535, 3 5 864, 5 6 581, 8	5 754,5 9 858,6 12 904,5 10 400,4 14 548,3 19 949,2 14 769,8 25 746,9 19 469,0 27 197,9 28 023,3

Tablica 5.3

WYNIKI EKSPERYMENTOW ZRUSZANIA DWUSTRONNEGO WĘCLA ANTRACYTOWEGO Z KOPALNI Czutangan

Nr próbki	Wymiar pró s	bek prostopad [mm] h	lłościennych d	N [ 13 ]	P (N)
1	70.1	69.9	139.8	15.3	9 129.7
2	69,9	70,1	139,8	348,2	12 443,0
3	70,2	69,7	140,0	351,7	10 166,3
4	70,2	69,8	139,9	1 216,2	12 276,8
5	70,1	69,9	139,8	1 655,6	15 026,5
6	69,9	70,0	140,0	2 338,4	25 663,2
7	70,0	69,9	139,8	2 475 1	22 634,8
8	70,0	69,9	139,8	2 877,6	18 510,6
9	69,9	70,1	140,1	4 134.8	27 197,9
10	69,9	70,0	139,9	4 652,0	30 498,9
11	69,9	69,9	139,9	4 697,8	33 856,4

Tablica 5.4

#### WYNIKI EKSPERYMENTOW ZRUSZANIA DWUSTRONNEGO WĘGLA ANTRACYTOWEGO Z KOPALNI Rutangan

Nr	Wymiar pró	bek prostopac [mm]	llościennych	N [N]	P (N)
próbki	S	h	d		
1	69,9	69,9	139,9	0	12 180,0
2	70,0	70,0	139,9	570,6	15 569,3
3	69,8	70,1	140,1	615,3	18 894,0
4	69,9	70,0	139,9	893,7	11 700,8
5	70,1	69,9	139,9	1 446,9	19 412,8
6	69,8	70,1	139,9	1 590,0	28 005,0
7	69,9	69,9	139,9	1 839,0	23 209,9
8	69,9	70,1	139,8	2 917,4	29 023,7
9	69,9	70,1	139,9	3 094,0	31 906,8
10	69,9	70,1	140,0	3 688,0	37 673,2
11	70,0	69,9	140,0	3 877,9	32 992,8

## 5.3. OBVIEDNIA OKREGOW NAPREZEN GRANICZNYCH WEGLA ANTRACYTOWEGO Z ZAGŁĘBIA Gon Gon

5.3.1. Analiza wyników eksperymen w

Naprężenie ścinalące i normalne o rzysamy z zależności podanych przez Go Dzon Ho [12]:

$$r_{\rm ev} = \frac{1}{2} \frac{p}{p}$$
 (5.1)

gdzie:

r., - napreżenie ścinające,

v., - naprężenie normalne,

N - obciążenie osiowe działające na próbke,

P - obciążenie ścinające próbki.

F - powierzchnia ścinające próbki.

Naprężenia ścinające i normalne obliczone z rateżności (5.1) na podstawie wyników eksperymentów, przedstawiano w tablicarh 5.5 do 5.8

Wykorzystując uzyskane z badan wyniki sporaudzono wykroty w układzie współrzędnych σ., - τ., co przedstawiono na rysunku 5.2. Z rysunku wynika, że zależności – liniowymi. Tablica 5.5

**********	==============================		*************
Nr próbki	F [cm <sup>2+</sup> ]	T. [kPa]	on [kPa]
TERRESOURCE		************************	
1	49,0	706,1	490,3
2	48,9	970,9	725,7
3	48,9	970,9	980,7
4	49,0	1 029,7	1 274,9
5	49,0	1 284,7	1 421,9
6	49,0	1 343,5	1 667,1
7	48,9	1 961,3	2 304,6
8	48,9	1 931,6	2 647,8
9	48,9	2 284,9	2 384,0
10	48,9	2 177,1	2 647,8
11	48,9	2 383,0	2 863,5

#### ZALEZNOSC NAPRĘZENIA SCINAJĄCEGO OD NORMALNEGO WĘGLA ANTRACYTOWEGO Z KOPALNI Sitangan

- 28 -

ZALEZNOSC	NAPREZENIA	SC	IN	AJACEGO	OD	NORMALNEGO	WEGLA
	ANTRACYTOWE	GO	Ζ	KOPALNI	Cz	utangan	

Nr próbki	F [cm²]	T., [kFa]	r., [kPa]
1 2 3 4 5 6 7 8 2	49,0 48,8 48,9 48,9 43,8 48,9 48,9 48,9 48,9 48,9 48,9	931,6 1 274,6 1 039,5 1 255,3 1 539,6 2 726,3 2 314,4 1 892,7 2 775,3	509,9 764,9 637,4 931,6 1 176,8 1 961,3 1 765,2 1 618,1 2 353,6
10 11	48,9 48,9	3 118,5 3 461,8	2 647,8 2 843,9

#### Tablica 5.8

Tablica 5.6

## ZALEZNOSC NAPREZENIA SCINAJĄCEGO OP NORMALNEGO WĘGLA ANTRACYTOWEGO Z KOPALNI Lutangan

222222222222222	***************		
Nr próbki	F [cm <sup>?</sup> ]	T., [kPa]	σ, [kFa]
	*****************	**********************	
1	48,9	588,4	343,2
2	48,8	1 010,1	568,4
3	49,1	1 314,1	1 029,7
4	49,1	1 059,1	921,8
5	48,8	1 490,6	1 294,5
6	48,9	2 039,8	1 657,1
7	48,9	1 510,2	1 569,1
8	48,8	2 638,0	2 294,8
9	48,9	1 990,7	2 010,4
10	49,0	2 775,3	2 706,6
11	49,1	2 853,7	2 892,9
* - * * *			

#### ZALEZNOSC NAPRĘZENIA SCINAJĄCEGO OD NORMALNEGO WĘGLA ANTRACYTOVEGO Z KOPALNI Rutangan

Nr próbki	F [cm <sup>2</sup> ]	τ., [kPa]	σ., [kFa]
1 2 3 4 5 6 7 8 9	48,9 49,0 48,9 48,9 49,0 48,9 48,9 48,9 48,9 48,9 49,0	1 245,4 1 588,7 1 931,7 1 196,4 1 980,9 2 863,5 2 373,2 2 961,6 3 255,8	677,5 980,7 1 176,8 833,6 1 372,9 1 882,9 1 667,1 2 206,5 2 402,6
10 11	49,0 48,9	3 844,2 3 373,5	2 843,9 2 628,2



- 30 -

Rys. 5.2. Zależność napreżenia stycznego od napreżenia normalnego wegla antracytowego z Zagłębia *Gon-Gon* 

a ~	Kopalnia	Silangan,	b -	Kopalnia	Lutangan,
c -	Kopalnia	Czutangan,	<u>d</u> -	Kopalnia	Rutangan,

Fig. 5.2. Dependence of the shearing stress on the normal stress in anthracite coals from the Gon-Gon Racin

- 5.3.2. Dobór postaci obwiedni okregów naprężeń granicznych węgla antracytowego oraz określenie współczynnika równania obwiedni
- 5.3.2.1. Dobór postaci obwiedni okregów naprążeń granicznych wegla antracytowego

Postać obwiedni okregów napreżeń granicznych wegla antracytowego z Zaglebia Gon-Gon jest opisana linią prostą (por. rys. 5.2).

Z uzyskanych wyników badań (przedstawionych w tablicach 5.5 do 5.8 i na rysunku 5.2) wynika, że zależności korelacji między naprężeniami są wysokie. Frzedstawiono je w tablicy 5.9.

Tablica 5.9

#### WSPOŁCZYNNIK KORELACJI I JEGO DYSPERSJA MIĘDZY NAPRĘZENIAMI

**************		
Nazwa kopalni	Współczynnik korelacji	Dyspersja współczynnika korelacji
=================	*******************	
Sitangan	0,88	0,07
Lutangan	0,93	0,06
Czutangan	0,82	0,08
Rutangan	0,85	0.08

Wykorzystując wyniki badań oraz ich ujęcie graficzne (rys. 5.2) można równanie obwiedni okręgów naprężeń przedstawić w postaci:

$$\tau_{ii} = a + b \cdot \sigma_{ii} \tag{5.2}$$

gdzie.

a, b - współczynniki empiryczne.

- 31 -

## 5.3.2.2. Określenie współczynników równania obwiedni okregów naprężeń granicznych

Do analitycznego wyznaczenia współczynników zależności (5.2), które uzyskano w oparciu o badania laboratoryjne wykorzystano następujące równania błędów:

$$\begin{array}{c} a + b \sigma_{111} - \tau_{111} = V_{1} \\ a + b \sigma_{112} - \tau_{112} = V_{2} \\ a + b \sigma_{113} - \tau_{113} = V_{3} \\ \vdots \\ \vdots \\ a + b \sigma_{113} - \tau_{113} = V_{3} \end{array}$$

$$(5.3)$$

gdzie:

V1, V2, V2..... V11 - bledy absolutne.

Istnieje szereg kryteriów najlepszego dopasowania określonej funkcji matematycznej do danych empirycznych. Stosując metodę najmniejszych kwadratów przyjmuje się, że przyjęta funkcja najlepiej odwzorowuje dane empiryczne, jeżeli suma kwadratów odchyleń punktów empirycznych od krzywej obrazującej przyjęta funkcję ihterpolacyjna jest najmniejsza:

$$\sum_{i=1}^{11} (a + b \sigma_{i+i} - \tau_{i+i})^2 = \sum_{i=1}^{11} V_i^2 \rightarrow \min$$

Najbardziej prawdopodobne wartości współczynników a i b otrzymuje się wówczas, gdy cuma kwadratów błędów jest minimalna, czyli pierwsza pochodna tej funkcji jest równa zeru. Dla uzyskania powyższego należy rozwiązać równanie normalne:

$$\frac{\partial \Sigma}{\partial a} = 0$$

$$\frac{\partial \Sigma}{\partial b} = 0$$
(5.4)

stad:

$$\begin{bmatrix} 11 & \frac{1}{\Sigma} & \sigma_{1,1} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{1}{\Sigma} & \sigma_{1,1} & \frac{1}{\Sigma} & \sigma_{1,1} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Sigma & \tau_{1,1} \\ \vdots & \vdots \\ \frac{1}{\Sigma} & \sigma_{1,1} & \tau_{1,1} \end{bmatrix}$$

Wyrazy równania obliczone w oparciu o wyniki eksperymentów przedstawiono w tablicach zamieszczonych w załącznikach 1, 2, 3, i 4. Podstawiając do równania (5.5) uzyskane wartości otrzymujemy:

1	18	11,0 524,7	37	18 471	524,7 476,9	у	a b	=	$\left[\begin{array}{c} 17 & 044, 0\\ 33 & 329 & 678, 6\end{array}\right] (5.6)$	
	17	11,0 318,5	34	17 293	318,5 394,4	×	a b		$\left[\begin{array}{c} 19 \ 270, 0\\ 36 \ 648 \ 357, 0\end{array}\right] $ (5.7)	
	17	11,0 210,5	33	17 723	210,5 006,7	×	a b	=	$\left[\begin{array}{c} 22 & 329, 9\\ 42 & 223 & 181, 7 \end{array}\right] (5.8)$	J
ſ	18	11,0 671,9	37	18 345	671,9 163,0	×	ab		26 615,1 51 895 110,6 (5.9)	,

Wyliczone współczynniki równań normalnych zestawiono w tablicy 5.10.

Tablica 5.10

#### WSPOŁCZYNNIKI ROWNAN NORMALNYCH

=======================================	
11	Współczynniki
Nr rownania	a [kFa] b
5.6 .5.7 '5.8 5.9	313,81         0,73           337,43         0,84           353,04         1,07           402,07         1,19

Podstawiając obliczone współczynniki do zależności (5.2) otrzymamy równania obwiedni okregów naprężeń granicznych dla wegli antracytowych z Zagłębia *Gon-Gon*:

$$r_{11} = 0,73$$
  $r_{11} + 313,81$  kPa (5.10)

$$\tau_{11} = 0.84 \sigma_{11} + 337.43$$
, kPa (5.11)

$$r_{\rm ev} = 1,07 \sigma_{\rm ev} + 353,04$$
, kPa (5.12)

 $\tau_{11} = 1,19 \sigma_{11} + 402,07$ , kFa (5.13)

## 5.4. OKRESLENIE SPOISTOSCI I KATA TARCIA WEWNETRZNEGO WEGLI ANTRACYTOWYCH Z ZAGŁEBIA Gon-Gon

Spoistość wegla antracytowego można określić z równania obwiedni okregów naprężeń granicznych wegla antracytowego:

$$(=\tau_{m})_{\sigma_{m}=0}^{*} = (a + b \sigma_{m})_{\sigma_{m}=0}^{*} = a$$
 (5.14)

Kat tarcia wewnętrznego wegla antracytowego można wyliczyc z zależności:

$$s = \operatorname{arc} tg b \tag{5.15}$$

Wyliczone za pomocą wzorów (5.14) i (5.15) wielkości dla analizowanych warunków górniczo-geologicznych zestawiono w tablicy 5.11.

Tablica 5.11

SPOISTOSC I KAT TARCIA WEWNETRZNEGO WEGLI ANTRACYTOWYCH Z ZAGLEBIA Gon-Gon

Nazwa kopalni	Spoistość [kFa]	Kat tarcia wewnętrznego	
Sitangan Lutangan Czutangan Rutangan	319,81 337,43 353,04 402,07	36,10 40,11 46,99 49,85	

6. BADANIA EKSPERYMENTALNE NAD PRO-CESEM ROZWOJU ZNISZCZENIA WEGLI ANTRACYTOWYCH ZAGŁEBIA Gon-Gon JAKO FUNKCJI OBCIAZENIA

6.1. WYNIKI EKSPERYMENTOW DLA OKRESLENIA PROCESU ROZWOJU ZNISZCZENIA STRUKTURY WĘGLI ANTRACYTOWYCH JAKO FUNK CJI OBCIĄZENIA

Przeprowadzone na próbkach wegli antracytowych eksperymenty dla określenia przemieszczenia i wielkości strefy kruchego zniszczenia w trójosiowym stanie naprężenia, posłużyły do prześledzenia procesu rozwoju zniszczenia wegli antracytowych. Zastosowaną w czasie badań laboratoryjnych aparaturę przedstawiono na rys.4.3.

Badania laboratoryjne próbek wegli antracytowych prowadzono przy różnych powierzchniach nośnych obudowy (szerokość nofn) obudowy), oraż różnych sztywnościach sprężystych obudowy i różnych stadiach ich obciążeń (naprężeń). Przemieszczenia i wielkości zasiegu stref kruchego zniszczenia mierzono z dokładnością do 0,1 mm. Wyniki eksperymentów przedstawiono w tablicy 6.1.

Uwzględniając efekt wpływu wielkości próbki, wybrano w badaniach powierzchnię nośną obudowy S = 25 cm<sup>2</sup> i 36 cm<sup>2</sup> dla uzyskania zależności przemieszczenia od wielkości zasięgu strefy kruchego zniszczenia oraz zależności przemieszczenia w ociosie wyrobiska od wielkości zasięgu strefy kruchego zniszczenia w ociosie wyrobiska dla węgła antracytowego z Zagłębia Gon-Gon. Tablica 6.1

Wyniki eksperymentów przedstawiono w tablicy 6.2.

#### WYNIKI EKSPERYMENTOW DLA OKRESLENIA PROCESU ROZWOJU ZNISZCZENIA STRUKTURY WEGLI ANTRACYTOWYCH Z ZAGŁEBIA *Gon-Gon*

No	Napreżeni	le pierwotne	ISztywność	1Powiarza	ISpaintadd	18-1-1		**********
nn dhù	v pi	óbce	Sprežvov	chnia	on Ablei	hat tar-	FF7a-	Lasieg
hinok				noéna	probel	Icia wew-	miesz-	strefy
	pionove	Doziome		encatives		netrznego	czenie	krucheg
	1.10-4 40			shidrauk	x10 *			zniszcz
	TIU - LPAI	[x10"* [Pa]	[N/cm]	[cm²]	[Pa]		[cn]	[rm]
			**************************************	+======================================				
1	1 149,34	248,67	312,24	64	33,74	49.11	0.60	4 51
4	1 302,32	281,76	312,24	64	33,74	40,11	0.70	5 10
3	1 532,78	331,63	312,24	64	33,74	40.11	1.35	0.30
4	1 149,34	248,67	250,07	64	33,74	40.11	0 69	5 80
5	1 149,34	248,67	375,10	64	33,74	40.11	0.50	1 20
5	1 149,34	248,67	426,59	64	33.74	40 11	0.42	2 01
/	1 149,34	248,67	312,24	49	33.74	40 11	0.55	1 4 00
8	1 149,34	248,67	312,24	35	33 74	40.12	0,00	4,00
9	1 149,34	248,67	312,24	25	33 74	40,11	V,40	4,1.
10	1 149,34	297,10	312,24	64	31 30	26 10	0,40	3,10
11	1 149,34	178,43	312.24	54	35 20	46 00	0,83	5,60
12	1 149,34	153,50	312.24	64	10 21	40,77	0,43	5,20
13	1 302,32	281.76	250 07	64	22 74	47,00	0,45	3,52
14	1 302,32	281.76	375 10	64	22 74	49,11	0,98	6,98
1.5	1 302,32	281.76	426 59	64	22.74	40,11	0,63	5,00
16	1 302,32	281.76	312 24	49	22 74	49,11	0,56	4,30
17	1 302.32	281.76	312 24	26	33,74	40,11	0,67	4,20
18	1 302,32	281.75	312 24	25	33,74	40,11	0,60	4,20
19	1 302,32	336.65	312 24	64	00,74	40,11	0,54	3,90
20	1 302.32	202.18	312 24	64	31,35	35,10	1,10	5,80
21	1 302 32	173 93	212 24	64	35,30	46,99	0,68	4,50
22	1 532.78	331 63	426 69	64	40,21	49,85	0,53	4,80
23	1 532 78	331 63	212 24	64	33,74	49,11	1,10	7,00
24	1 532 78	331 62	250 07	04	33,74	40,11	1,39	9,10
25	1 532 78	221 62	250,07	64	33,74	40,11	1,51	11,10
26	1 522 70	201,00	312,24	49	33,74	40,11	1,10	8,28
27	1 522 70	221,05	312,24	36	33,74	40,11	0,95	7,90
28	1 522,70	331,63	312,24	25	33,74	40,11	0,70	6.80
29	1 522,70	237,96	312,24	64	35,30	46,99	0,98	8.00
20	1 532,78	204,71	312,24	64	40,21	49,85	0.85	6 30
30	1 532,78	395,22	312,24	64	31,38	36,10	1.52	8 10
								2714

#### ODKSZTAŁCENIA NIESPREZYSTE I ZASLEG STREFY PLASTYCZNET WĘGLA ANTRACYTOWEGO

Tablica 6.2

- 37 -

Nr próbki	Vielkość naprężenia w próbce	Powierzchnia nośna obudowy	Przemie	szczenie	Vielko5 strefy znisze	kruchego czenia
	×10-4 [Pa]	[cm²]	w stropie [cm]	w ociosie [cm]	w stropie Lomi	w ociacie [om]
8 9 17 18 26 27	1 1.49,34 1 149,34 1 302,32 1 302,32 1 532,78 1 532,78	36,0 25,0 36,0 25,0 36,0 25,0	0,60 0,52 0,66 0,71 1,14 0,31	0,48 0,40 0,60 0,54 0,95 0,70	3,90 3,70 4,80 4,60 8,20 6,70	3,30 3,70 4,20 4,90 6,60 5,60

6.2. ANALIZA WYNIKOW EKSPERYMENTOW DLA OKRESLENIA PROCESU ROZWOJU ZNISZCZENIA STRUKTURY WĘGŁI ANTRACYTOWYCH JAKO FUNKCJI OBCIĄŻENIA

Wyniki badań ujęte w tablicy 6.1 posłużyły do sporzadzenia wykresów przedstawiono na rysunkach 6.1 i 6.2. Przemieszczenia wągli antracytowych były rozdzielane wzdłuż lini krzywych w zależności od: wielkości naprężenia działającego na próbke, sztywności obudowy, spoistości i kąta tarcia wewnętrznego węgli antracytowych oraz w stosunku do powierzchni nośnych obudowy. Szczególnie przemieszczenia można aproksymować krzywa posiadająca punkt przecięcia krzywych spoistości i kąta tarcia wewnętrznego (rys.6.1).







Zależność odkształceń niesprężystych od;

- a napreżenia pionowego,
- b sztywności obudowy,
- c powierzchni nośnej obudowy,
- d spoistości wegli antracytowych,
- e kata tarcia wegli antracytowych,



Vielkości strefy kruchego zniszczenia na powierzchniach wyrobiska zostały rozdzielone w przybliżeniu linia krzywa w stosunku do napreżenia występujacego w próbce, sztywności obudowy, szerokości nośnej obudowy, spolstości i kata tarcia wewnętrznego węgli antracytowych (rys. 6.2).







Zależność wielkości zasiegu strefy kruchego zniszczenia od: a – napreżenia pionowego, b – sztywności obudowy,

- c szerokości nośnej obudowy,
- d spoistości wegli antracytowych,
- e kata tarcia wewnetrznego wegli antracytowych.
- Fig. 6.2. Quantity of the range of the brittle fracture zone of the anthracite coals from the Gon-Gon Basin

V czasie badań próbki uległy silnemu zniszczeniu na powierzchniach. Granice zniszczenia można aproksymować do kształtu paraboli (rys. 6.3). Rezultaty badań dla wegli antracytowych są podobne do rezultatów uzyskanych dla innych rodzajów skał [12, 19].

- 39 - -



- Rys, 6,3. Widok próbki wegli antracytowych po badaniach stan próbki zniszczonej
- Fig. 6.3. View of a sample of anthracite coals after testingstate of a destroyed sample

Zależność przemieszczenia w stropie wyrobiska wegla antracytowego od przemieszczenia w ociosie wyrobiska uzyskaną w badaniach przedstawiono na rys. 6.4.



- Rys. 6.4. Zależność przemieszczenia w stropie wyrobiska od przemieszczenia w ociosie wyrobiska prowadzonego w weglu antracytowym w Zagłębiu *Gon-Gon*
- Fig. 6.4. Dependence of the displacement in the excavation roof on the displacement in the excavation sidewall, conducted in anthracite coals in the Gon-Gon Basin

Przemieszczenie stropu wyrobiska prowadzonego w węglu antracytowym w układzie współrzędnych  $\Delta l = \Delta l'$  jest zależnościa liniową.

- 41 -

Wyniki eksperymentów dla określenia wielkości zasięgu strefy kruchego zniszczenia w stropie wyrobiska prowadzonego w węglu antracytowym przedstawiono na rys. 6.5.



- Rys, 6,5, Zależność wielkości zasiegu strefy kruchego zniszczenia w stropie wyrobiska od wielkości zasiegu strefy kruchego zniszczenia w ociosie wyrobiska prowadzonego w weglu antracytowym w Zagłębiu *Bon-Bon*
- Fig. 6.5. Dependence of the quantity of the range of the zone of brittle fracture in the excavation roof on the quantity of the range of the zone of brittle fracture in the side-wall of an excavation conducted in anthracite coal in the Gon-Gon Basin

Wielkość zasięgu strefy kruchego zniszczenia w stropie wyrobiska prowadzonego w weglu antracytowym w układzie współrzędnych 1 - 1' jest zależnościa liniowa.

Zależność odkształcenia niesprężystego od wielkości zasiegu strefy kruchego zniszczenia wegli antracytowych przedstawiono na rys. 6.6.

- 40 -



- Rys, 6,6, Zależność przemieszczenia od wielkości zasiegu strefy kruchego zniszczenia wegli antracytowych z Zagłębia *Gon-Gon*
- Fig. 6.6. Dependence of displacement on the quantity of the range of the zone of brittle fracture of anthracite coals from the Gon-Gon Basin
- Z rysunku 6.6 widać, że odkształcenie niesprężyste węgla antracytowego w układzie współrzędnych  $\Delta l l$  jest zależnością nieliniową.
- 6.3. ANALITYCZNA ZALĘŻNOŚĆ PRZENIESZCZENIA WĘGLI ANTRACYTOWYCH OD ICH WŁASNOŚCI MECHANICZNYCH I WARUNKÓW TECHNOLOGICZNYCH
- 6.3.1. Analityczna zależność przemieszczenia wegli antracytowych od ich własności mechanicznych i warunków technologicznych w ociosie wyrobiska

6.3.1.1. Analiza wymiarowa wyników eksperymentalnych dla określenia przemieszczenia wegli antracytowych

Przemieszczenie węgli antracytowych można ująć ogólną zależnością uwzględniającą uzyskane wyniki z badań laboratoryjnych:

$$\Delta 1 = \frac{1}{2} (P_x, S, K, \rho, P_0)$$

gdzie:

- Δ1 przemieszczenie badanych wegli antracytowych,
- P<sub>x</sub> naprężenie pionowe działające w weglu antracytowym,

- 43 -

- S powierzchnia nośna obudowy,
- p kat tarcia wewnętrznego,
- Po sztywność sprężysta obudowy,
- K spoistość wegli antracytowych.

Vielkości wymiarowe parametrów (ilości fizyczne) są następujące: [ $\Delta$ ] = L; [ $P_x$ ] = ML<sup>-2</sup>; [S] = L<sup>2</sup>; [K] = ML<sup>-2</sup>; [ $\rho$ ] = 1; [ $P_0$ ] = ML<sup>-1</sup>. Gdzie wielkości wymiarowe samodzielne są następujące: [ $P_x$  = KL<sup>-2</sup> i [ $\Delta$ ] = L oraz wielkości wymiarowe zależne są następujące: [ $P_0$ ] = ML<sup>-1</sup> i [S]] = L<sup>2</sup>.

Ilości wielkości bezwymiarowych kombinowanych (kompleksy) i ilości wielkości bezwymiarowych prostych (simpleksy) można ująć następująco:

$$t_{R} = n - k_{0} = 4 - 2 = 2$$
  
 $t_{S} = N - n = 6 - 4 = 2$ 

gdzie:

- t<sub>k</sub> ~ liczba wielkości bezwymiarowych kombinowanych (ilość kompleksów),
- n ogólna ilość wielkości wymiarowych innych parametrów fizycznych,
- ko liczba wielkości wymiarowych samodzielnych,
- ts liczba wielkości bezwymiarowych prostych (ilość simpleksów),
- N ogólna liczba parametrów fizycznych.

Można uzyskać wzory bezwymiarowe od wielkości wymiarowych parametrów w postaci:

$$\Pi_{\tau} = \frac{\Gamma_{\Gamma_{\tau}}}{(P_{\pi})^{X_{\tau}} \Gamma_{\Delta}}$$

$$\Pi_{P'} = \frac{(S)}{(P_{\pi})^{X_{P}} \Gamma_{\Delta}}$$

$$S' = \frac{\Gamma_{K}}{(P_{\pi})}$$

$$S_{\tau} = \Gamma_{\rho}$$
(6.4)

Podstawiając wielkości wymiarowe parametrów do zależności (6.4) otrzymujemy warunki dla wielkości bezwymiarowych:

- 44 -

$$\Pi_{1} = \frac{ML^{-1}}{(M \ L^{-2})^{X_{1}} \ (L)^{Y_{1}}} = 1$$

$$\Pi_{2}^{*} = \frac{L^{2}}{(M \ L^{-2})^{X_{2}} \ (L)^{Y_{2}}} = 1$$

$$S_{1} = \frac{M \ L^{-2}}{M \ L^{-2}}$$

$$S_{2} = 1$$
(6.5)

Powyższe wzory (6.5) można przekształcić do postaci:

$$I_{1} = \frac{H L^{-1}}{M^{X_{1}} L^{-2X_{1}} L^{Y_{1}}} = \frac{M L_{-1}}{M^{X_{1}} L^{(-2X_{1}+Y_{1})}} = 1$$

$$I_{2}' = \frac{L^{2}}{M^{X_{2}} L^{-2X_{2}} L^{Y_{2}}} = \frac{L^{2}}{M^{X_{2}} L^{(-2X_{2}+Y_{2})}} = 1$$
(6.5.2)

W dalszych rozważaniach przyjeto układy równań pochodzące od wykładników wzorów bezwymiarowych kombinowanych (6.5a):

$$x_{1} = 1$$

$$2x_{1} - y_{1} = 1$$

$$x_{2} = 0$$

$$2x_{2} - y_{2} = -2$$
(6.7)

Rozwiązując układy równań (6.6) i (6.7) uzyskiwano poszczególne rozwiązania  $x_1 = 1$ ,  $y_1 = 1$  i  $x_2 = 0$ ,  $y_2 = 2$ . Podstawiając te wielkości do równań (6.4) otrzymamy następujące wzory bezwymiarowe:

$$\Pi_{+} = \frac{P_{0}}{P_{\pi} \Delta 1}$$

$$\Pi_{-}' = \frac{S}{\Delta L^{2}}$$

$$S_{+} = \frac{K}{P_{\pi}}$$
(6.8)

Można przekształcić te wzory bezwymiarowe ze szczególnym uwzględnieniem zależności między ilościami fizycznymi:

$$\Pi_{1} = \frac{P_{0}}{P_{x} \Delta l}$$

$$\Pi_{e} = \frac{\Delta l^{p}}{S}$$

$$S_{1} = \frac{K}{F_{e}}$$

$$S_{e} = 0$$

(6.8a)

A więc można przekształcać przez bezwymiarowa zależność funkcyjną pochodzącą od ogólnej zależności funkcyjnej (6.1):

$$\Pi_1 = F(\Pi_2, S_1, S_2)$$

albo:

$$\frac{P_{cl}}{P_{\pm} \Delta l} = F \left( \frac{\Delta l^{\pm}}{S}, \frac{K}{P_{\pm}}, \rho \right)$$

- 47 -

Wielkości bezwymiarowe obliczone z zależności (6.8) z wyników eksperymentalnych przedstawiono w tablicy 6.3.

Tablica 6.3

#### WIELKOSCI BEZWYMIAROWE OBLICZONE NA PODSTAWIE WYNIKOW EKSPERYMENTALNYCH

========	============		=============	************
Nr	Po Al	<u></u>	<u></u> P	ρ
PLOOPL	12 01			
1	0,453	0,0058	0,029	0,70
2	0.342	0.0077	0.026	0,70
3	0.151	0.0281	0.022	0,70
4	0.320	0.0072	0.029	0,70
5	0,650	0.0039	0.029	0,70
6	0,863	0.0029	0.029	0,70
7	0.494	0.0062	0.029	0,70
8	0.565	0.0064	0.029	0,70
9	0.679	0,0054	0,029	0,70
10	0.513	0.0044	0,030	0,63
11	0.460	0,0050	0,027	0,82
12	0.604	0,0030	0,034	0,87
13	0,196	0,0150	0,026	0,70
14	0,457	0,0062	0,026	0,70
15	0,585	0,0049	0,026	0,70
16	0,358	0,0156	0,026	0,70
17	0,400	0,0100	0,026	0,70
18	0,444	0,0117	0,026	0,70
19	0,400	0,0060	0,024	0,63
20	0,245	0,0150	0,027	0,82
21	0,452	0,0040	0,031	0,87
22	0,253	0,0189	0,022	0,70
23	0,146	0,0302	0,022	0,70
24	0,108	0,0356	0,022	0,70
25	0,185	0,0241	0,022	0,70
26	0,214	0,0251	0,022	0,70
27	0,291	0,0196	0,022	0,70
28	0,208	0,0150	0,023	0,70
29	0,250	0,0110	0,026	0,70
30	0,229	0,0124	0,020	0,63

6.3.1.2. Ocena zależności korelacji między parametrami bezwymiarowymi

Do oceny zależności stopnia korelacji parametrów uzyskanych z eksperymentów dla wyprowadzenia wzoru na odkształcenie niesprężyste sporządzono tablice 6.4, 6.5 i 6.6.

Tablica 5.4

KORELACJA MIĘDZY  $\frac{P_{\phi}}{P_{\phi} \Delta I} = A \frac{\Delta I^{\phi}}{S}$ 

								**=====	******				
Po Fr Al	klasä	0 <del>:</del> ÷0,005	0,005 <del>:</del> ±0,010	0,010: +0,015	0,015÷ ÷0,020	0,020 <del>;</del> +0,025	0,025 <del>.</del> †0,030	0,030: ÷0,035	0,035 <del>1</del> ÷0,040	j#1	des	fuidui	færder?
tlasa	środek	0,0025	0,0075	0,0125	C,0175	0,0225	0,0275	0,0325	9,0375				
0,03 = 0,11	0,07			*****					1	1	-1	-4	16
0,11 + 0,19	0,15					2	1	1		4	-3	-12	36
0,19 ÷ 0,27	0,23			1	2		1			4	-2	-8	16
0,27 * 0,35	0,31		2	1						3	-1	-3	3
0,35 ± 0,43	0,39		2	1	1					4	0	0	0
0,43 ÷ 0,51	0,47	1	5	1						7	1	7	7
0,51 1 0,59	0,55	2	1							3	2	6	12
0,59 ÷ 0,67	0,63	2								2	3	6	18
0,67 ÷ 0,75	0,71		1							1	4	=4	16
0,75 # 0,83	0,79	1								1	5	5	25
j=2		6	11	4	3	2	ź	1	1	30		1	149
de2		-2	-1	0	1	2	3	4	5		******		
Ī1 (I2)		2,67	0,82	-0,50	-1,33	-3,00	-2,50	-3,00	-4,00				
Ī2-Ī1(I2)		-2,63	-0,78	0,54	1,37	3,04	2,54	3,04	4,04				
$(\bar{1}_2 - \bar{1}_1 (\bar{1}_2))^2$		6,92	0,61	0,29	1,88	9,24	6,45	9,25	16,32				
f12(12-11(12))?		41,52	6,71	1,15	5,64	18,48	12,90	9,24	16,32	111,90			

Tablica 6.5

and a second sec

KORELACJA NIĘDZY  $\frac{P_o}{P_z \Delta l} I \frac{K}{P_z}$ 

2722222222222222	*======									
Po Px 41	klasa	0,18÷ ÷0,022	0,022 <del>:</del> ÷0,026	0,026÷ ÷0,030	0,030 <del>1</del> ÷0,034	0,034 <del>:</del> ÷0,038	fm	daı	f=:d=:	fridsi²
klasa	środek	0,020	0,024	0,028	0,032	0,036				
0,03 = 0,11	0,07	1	******			******	1	-4	-4	16
0,11 ÷ 0,19	0,15	3	1				4	-3	-12	36
0,19 = 0,27	0,23	1	3				4	-2	-8	16
0,27 ÷ 0,35	0,31		1	2			3	-1	-3	3
0,35 # 0,43	0,39		2	2			4	0	0	0
0,43 ÷ 0,51	0,47		2	4	1		7	1	7	7
0,51 # 0,59	0,55		T	1	1		3	2	6	12
0,59 ÷ 0,67	0,63			1		1	2	3	6	18
0,67 ± 0,75	0,71			1			1.1	11	-4	16
0,75 # 0,83	0,79			t			1	5	5	25
∮sı		5	10	12	2	1	30		1	149
der		-2	-1	0	1	2				
·11 (S1)		-3,00	-0,60	1,33	١,50	3,00				
\$1-1(\$1)		3 03	0,63	-1,30	-1,47	-2,97				
(Š1-Ī1(S1))2		9,18	0,40	1,79	2,16	8,82				
fs1(S1-T1(S1))2		45,90	4,00	21,49	4,32	9,82	84,52			

KORELACJA MIĘDZY  $\frac{P_0}{P_{\pi} \Delta l}$  I  $\rho$ 

								*******
Po Pr Al	klasa	0,55 <del>1</del> +0,70	0,70 <del>:</del> ÷0,85	0,85÷ ÷1,00	<b>∱π</b> ι	des	fuidei	feidai²
klasa	środek	0,625	0,775	0,925			******	
0,03 # 0,11	0,07	1	******		I	-5	-5	• 25
0,11 # 0,19	0,15	4			4	-4	-16	64
0,19 \$ 0,27	0,23	2	1	1	4	-3	-12	36
0,27 ÷ 0,35	0,31	3			3	-2	-6	12
0,35 ÷ 0,43	0,39	2	2		4	-1	-4	4
0,43 + 0,51	0,47	5	1	1	7	0	0	0
0,51 + 0,59	0,55	2	- 1		3	1	3	3
0,59 ÷ 0,67	0,63	1		1	2	2	4	8
0,67 ÷ 0,75	0,71	1			1	3	3	9
0,75 ÷ 0,83	0,79	1			1	4	4	16
jsz		22	5	3	30		-29	177
dsz		-1	0	1				
11 (S <sub>2</sub> )		-1,10	-0,80	-0,33				
52-11(52)		2,00	1,70	1,30				
$(\bar{S}_2 - \bar{I}_1 (S_2))^2$		4,00	2,89	1,69	_	Ē.		
152(\$2-11(\$2))2		88,00	14,45	5,07	107,52			

Tablica 6.6

- 50 -

Wartości średniej klasy przedstawione w tablicach wyznaczono z następujących zależności:

$$\overline{\pi}_{1}(\pi_{2}) = \frac{\sum_{i=1}^{L} f_{\Pi_{2}} \pi_{1} \times d_{\Pi_{1}}}{f_{\Pi_{2}}}$$

$$\overline{\pi}_{1}(S_{1}) = \frac{\sum_{i=1}^{L} f_{S_{1}} \pi_{1} \times d_{\Pi_{1}}}{f_{S_{1}}}$$

$$\overline{\pi}_{1}(S_{2}) = \frac{\sum_{i=1}^{L} f_{S_{2}} \pi_{1} \times d_{\Pi_{1}}}{f_{S_{2}}}$$
(6.10)

gdzie:

$$\begin{split} & \Pi_1 (\Pi_2), \ \Pi_1 (S_1), \ \Pi_1 (S_2) = \text{wartość średnia klasy,} \\ & I_{\Pi_2}, \ I_S, \ I_S = \text{suma ilości częstotliwości w poprawnej} \\ & \quad \text{klasie wielkości bezwymiarowej,} \\ & I_{\Pi 2\Pi_1}, \ I_{S_1\Pi_1}, \ I_{S_2\Pi_2} = \text{ilości częstotliwości w poprawnej} \end{split}$$

klasie wielkości bezwymiarowej,

 $d_{H_1} = \frac{\Pi_1 - \Pi_{C}}{\Delta H}$ 

d<sub>π</sub>, - wielkość bezwymiarowa:

gdzie:

- II. wielkość bezwymiarowa klasy i,
- $\overline{\mathbb{N}}_{O}$  wartość średnia klasy wybierana.
- All odległość klasy.

Następnie obliczono stosunki korelacji na podstawie wielkości przedstawionych w tablicach 6.4, 6.5 i 6.6 za pomocą wzorów podenych w pracy [38]:

$$n_{\Pi_{2}} = \sqrt{\frac{n \sum_{\pi_{1}} f_{\Pi_{2}} (\bar{\Pi}_{2} - \Pi_{1} (\Pi_{2}))^{2}}{n \sum_{\pi_{1}} f_{\Pi_{1}} d_{\Pi_{1}}^{2} - (\sum_{\pi_{1}} f_{\pi_{1}} d_{\Pi_{1}})^{2}}} = \sqrt{\frac{30 \times 111, 9}{30 \times 149 - 1^{2}}} = 0,86$$

$$n_{S_{1}} = \sqrt{\frac{n \sum_{\pi_{1}} f_{S_{1}} (\bar{S}_{1} - \Pi_{1} (S_{1}))^{2}}{n \sum_{\pi_{1}} f_{\Pi_{1}} d_{\Pi_{1}}^{2} - (\sum_{\pi_{1}} f_{\pi_{1}} d_{\Pi_{1}})^{2}}} = \sqrt{\frac{30 \times 34, 52}{30 \times 149 - 1^{2}}} = 0,75$$

$$n_{S_{1}} = \sqrt{\frac{n \sum_{\pi_{1}} f_{\Pi_{1}} d_{\Pi_{1}}^{2} - (\sum_{\pi_{1}} f_{\pi_{1}} d_{\Pi_{1}})^{2}}{n \sum_{\pi_{1}} f_{\Pi_{2}} (\bar{S}_{2} - \Pi_{1} (S_{2}))^{2}}}} = \sqrt{\frac{30 \times 34, 52}{30 \times 149 - 1^{2}}} = 0,85$$

gdzie:

- $\overline{\mathbb{N}}_2$ ,  $\overline{\mathbb{S}}_1$ ,  $\overline{\mathbb{S}}_2$  wartośc średnia w klasie poprawnej wielkości bezwymiarowej,
- III. ilość częstotliwości w klasie poprawnej wielkości bezwymiarowej II.

Oceniono nieliniowa zależność korelacji populacji generalnej w sposób następujący. Najpierw stosunki wariancji określono za pomocą wzorów podanych w pracy [37] w postaci:

$$F_{m}(\Pi_{1}) = \frac{n_{\Pi_{2}}^{-}}{1 - n_{\Pi_{2}}^{2}} \cdot \frac{n - k_{\Pi_{2}}^{*}}{k_{\Pi_{2}}^{-} - 1} = \frac{0.86^{2}}{1 - 0.86^{2}} \cdot \frac{30 - 8}{8 - 1} = 9$$

$$F_{m}(S_{1}) = \frac{n_{S1}^{2}}{1 - n_{S1}^{2}} \cdot \frac{n - k_{S1}^{*}}{k_{S1}^{*} - 1} = \frac{0.75^{2}}{1 - 0.75^{2}} \cdot \frac{30 - 5}{5 - 1} = 0$$

$$F_{m}(S_{2}) = \frac{n_{S2}^{-}}{1 - n_{S2}^{2}} \cdot \frac{n - k_{S2}^{*}}{k_{S2}^{*} - 1} = \frac{0.85^{2}}{1 - 0.85^{2}} \cdot \frac{30 - 3}{3 - 1} = 31$$

gdzie:

n - ogólna ilość częstotliwości,

 $k_{\overline{n}_2}^*,\ k_{\overline{S}_1}^*,\ k_{\overline{S}_2}^*$ ilość klas wielkości bezwymiarowych  $\overline{n}_2,\ S_1,\ S_2,$ 

Stopień swobody należy wyznaczyć:

$$\phi_1 = \mathbf{k}' - 1$$
$$\phi_2 = \mathbf{n} - \mathbf{k}'$$

Obliczenia stopni swobody w klasie poprawnej przedstawiają się następujaco:

stopień swobody klasy Tíz -

$$\phi_1 = 8 - 1 = 7$$
  
 $\phi_2 = 30 - 8 = 22$ 

- 51 -

stopień swobody klasy S1 -

 $f_1 = 5 - 1 = 4$  $f_2 = 30 - 5 = 25$ 

stopień swobody klasy S2 -

 $i_1 = 3 - 1 = 2$  $i_2 = 30 - 3 = 27$ 

Następnie znajdujemy stosunki wariancji z tablicy podanej w pracy [37] ze szczególnym uwzględnieniem współczynników zagrożenia (tabl. 6.7).

Tablica 6.7

P

#### STOSUNKI WARIANCJI WIELKOSCI BEZWYNIAROWYCH.

22223									
Ær	Vielkość bezwymiarowa	Stosunek wariancji	Stopień	swobody	Stosunek wariancji znaleziony w tablicy				
====		Fs	\$1	Ø2	F <sup>#2</sup> (5%)	₽ <sup>∅</sup> ≈ (1%)			
1 2 3	Па 51 S2	9 8 31	7 4 2	22 25 27	3,59 4,18 5,49	2,47 2,76 3,35			

Zależność korelacji nieliniowa jest w populacji generalnej, ponieważ F > F  $_2$  (1%) (por. tabl. 6.7.).

6.3.1.3. Dobór postaci zależrości analitycznej dla określenia przemieszczenia wegli antracytowych

Funkcję ogólna (6.9) dla określenia przemieszczenia wegla antracytowego można wyrazić w poniższej postaci, gdyż zależność pomiędzy parametrami uzyskanymi w badaniach sa nieliniowe:

- 53 -

$$\frac{P_{0}}{r \Delta l} = \left(\frac{P_{0}}{P_{x} \Delta l}\right)_{0} + \frac{\partial F}{\partial (\frac{\Delta l^{2}}{S})}\Big|_{0}^{2} + \frac{\Delta l^{2}}{S} + \frac{\partial F}{\partial (\frac{K}{P_{x}})}\Big|_{0}^{2} - \frac{K}{P_{x}} + \frac{\partial F}{\partial P}\Big|_{0}^{2} + \frac{\partial F}{\partial P}\Big|_{0}^{2} + \frac{1}{2}\left[\frac{\partial^{2} F}{\partial (\frac{\Delta l^{2}}{S})}\Big|_{0}^{2} - (\frac{\Delta l^{2}}{S})^{2} + \frac{\partial^{2} F}{\partial (\frac{K}{P_{x}})^{2}}\Big|_{0}^{2} - (\frac{K}{P_{x}})^{2} + \frac{\partial^{2} F}{\partial P^{2}}\Big|_{0}^{2} + \frac{\partial^{2} F}{\partial P^{2}}\Big|_{0}^{2} + \frac{2}{\partial (\frac{\Delta l^{2}}{S})}\frac{\partial F}{\partial (\frac{\Delta l^{2}}{S})}\Big|_{0}^{2} - \frac{\Delta l^{2} \cdot K}{P_{x}} + \frac{2}{\partial (\frac{\Delta l^{2}}{S})}\frac{\partial F}{\partial (\frac{\Delta l^{2}}{S})}\Big|_{0}^{2} + \frac{2}{\partial P^{2}}\frac{\partial^{2} F}{\partial P^{2}}\Big|_{0}^{2} + \frac{2}{\partial (\frac{\Delta l^{2}}{S})}\frac{\partial F}{\partial (\frac{\Delta l^{2}}{S})}\Big|_{0}^{2} - \frac{\Delta l^{2}}{P^{2}} + \frac{2}{\partial P^{2}}\frac{\partial^{2} F}{\partial P^{2}}\Big|_{0}^{2} + \frac{2}{\partial (\frac{\Delta l^{2}}{S})}\frac{\partial F}{\partial P^{2}}\Big|_{0}^{2} + \frac{2}{\partial P^{2}}\frac{\partial^{2} F}{\partial P^{2}}\Big|_{0}^{2} + \frac{2}{\partial P^{2}}\frac{\partial^{2} F}{\partial P^{2}}\Big|_{0}^{2} + \frac{2}{\partial P^{2}}\frac{\partial^{2} F}{\partial P^{2}}\Big|_{0}^{2} + \frac{1}{6}\left[\frac{\partial F}{\partial (\frac{\Delta l^{2}}{S})}\Big|_{0}^{2} - \frac{\Delta l^{2}}{P^{2}}\Big|_{0}^{2} + \frac{2}{2}\frac{\partial^{2} F}{\partial (\frac{\Delta l^{2}}{S})}\Big|_{0}^{2} + \frac{2}{2}\frac{\partial^{2} F}{\partial (\frac{\Delta l^{2}}{S}$$

Obliczono wielkości bezwymiarowe w funkcji (6.12) w oparciu o wyniki eksperymentów. Ich dokładność jest następująca:

$$\left(\frac{\Delta 1^{2^{2}}}{S}\right)^{2} - 1 \times 10^{-3}$$

$$\left(\frac{K}{P_{x}}\right)^{2} - 1 \times 10^{-3}$$

$$\rho^{2} - 1 \times 10^{-1}$$

$$\frac{\langle \Delta 1 \\ \overline{S} \rangle \cdot \langle \overline{K} \\ \overline{P_x} \rangle \cdot \rho = 1 \times 10^{-3}$$

$$\frac{\langle \overline{K} \\ \overline{P_x} \rangle \cdot \rho = 1 \times 10^{-3}$$

$$2 \cdot \langle \overline{\Delta 1^2} \\ \overline{S} \rangle = 1 \times 10^{-3}$$

Wielkości wyrazów potęgowanych z wyjątkiem potęgowania kąta tarcia wewnętrznego  $\rho$  w wyrażeniu (6.12) są bardzo małe, można wlęc zapisać je w postaci uproszczonej:

- 54 -

$$\frac{P_{o}}{P_{z} \Delta I} = \left(\frac{P_{o}}{P_{z} \Delta I}\right)_{o} + \frac{\partial F}{\partial \left(\frac{\Delta I^{2}}{S}\right)}_{o} + \frac{\Delta I^{2}}{S} + \frac{\partial F}{\partial \left(-\frac{K}{P_{z}}\right)}_{o} + \frac{\partial F}{\partial r} + \frac{\partial F}{\partial r} + \frac{\partial F^{2}}{\partial r} = \left(6.13\right)$$

Vspółczynniki empiryczne występujące w zależności analitycznej (6.13) określone zostały w oparciu o wyniki przeprowadzonych eksperymentów.

Równania błędów dla określenia współczynników empirycznych  $(\frac{F_{\alpha}}{P_{z} \Delta I})_{\alpha};$ 

$$\frac{\partial F}{\partial (\frac{\Delta I^{2}}{S^{-}})}$$
;  $\frac{\partial F}{\partial (-\frac{K}{P_{\pi}})}$ ;  $\frac{\partial F}{\partial P}$ ;  $\frac{\partial F}{\partial P^{2}}$  maja postać nastepujaca:

$$(\frac{F_{0}}{F_{x}\Delta 1})_{0} + \frac{\partial F}{\partial(\frac{\Delta 1^{2}}{S})}\Big|_{0} \cdot (\frac{\Delta 1^{2}}{S})_{1} + \frac{\partial F}{\partial(\frac{K}{F_{x}})}\Big|_{0} \cdot (\frac{K}{F_{x}})_{1} + \frac{\partial F}{\partial F}\Big|_{0} \cdot p_{1} + \frac{\partial F}{\partial F^{2}}\Big|_{0} \cdot p_{1}^{2} - (\frac{F_{0}}{F_{x}\Delta 1})_{1} = V_{1}$$

$$\left(\frac{P_{\alpha}}{P_{x}}\frac{\Delta 1}{\Delta 1}\right)_{\alpha} + \frac{\partial F}{\partial(\frac{\Delta 1^{2}}{S})}\Big|_{\alpha} \cdot \left(\frac{\Delta 1^{2}}{S}\right)_{z} + \frac{\partial F}{\partial(\frac{K}{P_{x}})}\Big|_{\alpha} \cdot \left(\frac{K}{P_{x}}\right)_{z} + \frac{\partial F}{\partial p}\Big|_{\alpha} + \frac{\partial F}{\partial p^{2}}\Big|_{\alpha} + \frac{p^{2}}{2} - \left(\frac{P_{\alpha}}{P_{x}}\frac{\Delta 1}{\Delta 1}\right)_{z} = V;$$

$$\left(\frac{F_{\alpha}}{P_{x}}\frac{\Delta 1}{\Delta 1}\right)_{\alpha} + \frac{\partial F}{\partial(\frac{\Delta 1^{2}}{S})}\Big|_{\alpha} \cdot \left(\frac{\delta 1^{2}}{S}\right)_{z} + \frac{\partial F}{\partial(\frac{K}{P_{x}})}\Big|_{\alpha} \cdot \left(\frac{K}{P_{x}}\right)_{z} + \frac{\partial F}{\partial p}\Big|_{\alpha} + \frac{\partial F}{\partial p^{2}}\Big|_{\alpha} + \frac{P^{2}}{2} - \left(\frac{F_{\alpha}}{P_{x}}\frac{\Delta 1}{\Delta 1}\right)_{z} = V;$$

$$\left(\frac{P_{\alpha}}{P_{x}}\frac{\Delta 1}{\Delta 1}\right)_{\alpha} + \frac{\partial F}{\partial(\frac{\Delta 1^{2}}{S})}\Big|_{\alpha} \cdot \left(\frac{\Delta 1^{2}}{S}\right)_{z\alpha} + \frac{\partial F}{\partial(\frac{K}{P_{x}})}\Big|_{\alpha} \cdot \left(\frac{K}{P_{x}}\right)_{z\alpha} + \frac{\partial F}{\partial p}\Big|_{\alpha} + \frac{\partial F}{\partial p^{2}}\Big|_{\alpha} + \frac{P^{2}}{2} - \left(\frac{F_{\alpha}}{P_{x}}\frac{\Delta 1}{\Delta 1}\right)_{z\alpha} = V_{z\alpha}\right)$$

$$(F_{x}, \Delta 1)_{\alpha} + \frac{\partial F}{\partial(\frac{\Delta 1^{2}}{S})}\Big|_{\alpha} \cdot \left(\frac{\Delta 1^{2}}{S}\right)_{z\alpha} + \frac{\partial F}{\partial(-\frac{K}{P_{x}})}\Big|_{\alpha} \cdot \left(\frac{K}{P_{x}}\right)_{z\alpha} + \frac{\partial F}{\partial p}\Big|_{\alpha} + \frac{P^{2}}{2}\Big|_{\alpha} + \frac{$$

- 55 -

gdzie:

V1, V2, V2, ... Vac - bledy absolutne.

Istnieje szereg kryteriów najłepszego dopasowania określonej zależności analitycznej do danych empirycznych. Stosując metode najmniejszych kwadratów przyjmuje się, że przyjęta zależność analityczna najłepiej odwzorowuje dane empiryczne jeżeli suma kwadratów odchyleń punktów empirycznych od krzywej obrazującej przyjętą funkcję interpolacyjną jest najmniejsza:

 $\int_{1-\pi}^{\infty} \left[ \left( \frac{F_{0}}{P_{x} \Delta 1} \right)_{0} + \frac{\partial F}{\partial \left( \frac{\Delta 1^{2}}{S} \right)_{0}} + \left( \frac{\Delta 1^{2}}{S} \right)_{1} + \frac{\partial F}{\partial \left( -\frac{K}{P_{x}} \right)_{0}} - \left( \frac{K}{P_{x}} \right)_{1} + \frac{\partial F}{\partial t} \right|_{0} + \left( \frac{F_{0}}{P_{x}} \right)_{0} + \left( \frac{F_{0}}{P_{x} \Delta 1} \right)_{0} \right]^{2} = 0$ 

 $= \prod_{i=1}^{30} V_i^2 + \min,$ 

- 56 -

Najbardziej prawdopodobne wielkości współczynników empirycznych otrzymuje się wówczas, gdy suma kwadratów błędów jest minimalna, czyli pierwsza pochodna tej zależności jest równa zeru.

Dla uzyskania powyższego należy rozwiązać równanie normalne:

$$\begin{array}{l} \displaystyle \frac{\partial \sum_{i=1}^{n} \left[ \left( \frac{P_{0}}{p_{x} d1} \right)_{0} + \frac{\partial F}{\partial \left( \frac{d1}{2} \right)_{0}} \right|_{0} \left( \frac{d1}{5} \right)_{1} + \frac{\partial F}{\partial \left( \frac{F_{0}}{p_{x}} \right)_{0}} \right|_{0} \left( \frac{F_{0}}{p_{x}} \right)_{1} + \frac{\partial F}{\partial P_{0}} \right|_{0} \left( \frac{P_{1}}{P_{x}} \right)_{0} + \frac{\partial F}{\partial P_{0}} \right|_{0} \left( \frac{P_{0}}{P_{x} d1} \right)_{0} \\ \displaystyle \frac{\partial \left( \frac{P_{0}}{p_{x} d1} \right)_{0} + \frac{\partial F}{\partial \left( \frac{d1}{5} \right)_{1}} \right|_{0} \left( \frac{d1}{5} \right)_{1} + \frac{\partial F}{\partial \left( \frac{F_{0}}{P_{x}} \right)_{1}} \right|_{0} \left( \frac{F_{0}}{P_{x} d1} \right)_{0} \\ \displaystyle \frac{\partial \left[ \frac{\partial F}{P_{x} d1} \right]_{0} + \frac{\partial F}{\partial \left( \frac{d1}{5} \right)_{1}} \right|_{0} \left( \frac{d1}{5} \right)_{1} + \frac{\partial F}{\partial \left( \frac{F_{0}}{P_{x}} \right)_{1}} \right|_{0} \left( \frac{F_{0}}{P_{x}} \right)_{1} + \frac{\partial F}{\partial P_{0}} \right|_{0} \left( \frac{F_{0}}{P_{x} d1} \right)_{0} \\ \displaystyle \frac{\partial \left[ \frac{\partial F}{P_{x} d1} \right]_{0} + \frac{\partial F}{\partial \left( \frac{d1}{5} \right)_{1}} + \frac{\partial F}{\partial \left( \frac{F_{0}}{P_{x}} \right)_{1}} \right|_{0} \left( \frac{F_{0}}{P_{x}} \right)_{1} + \frac{\partial F}{\partial P_{0}} \right|_{0} \left( \frac{F_{0}}{P_{x}} \right)_{1} + \frac{\partial F}{\partial P_{0}} \right|_{0} \left( \frac{F_{0}}{P_{x} d1} \right)_{0} \\ \displaystyle \frac{\partial \left[ \frac{\partial F}{P_{x} d1} \right]_{0} + \frac{\partial F}{\partial \left( \frac{d1}{5} \right)_{1}} + \frac{\partial F}{\partial \left( \frac{F_{0}}{P_{x}} \right)_{1}} \right|_{0} \left( \frac{F_{0}}{P_{x}} \right)_{1} + \frac{\partial F}{\partial P_{0}} \right|_{0} \left( \frac{F_{0}}{P_{x}} \right)_{1} + \frac{\partial F}{\partial P_{0}} \right|_{0} \left( \frac{F_{0}}{P_{x} d1} \right)_{0} \\ \displaystyle \frac{\partial \left[ \frac{\partial F}{P_{x} d1} \right]_{0} + \frac{\partial F}{\partial \left( \frac{d1}{5} \right)_{1}} + \frac{\partial F}{\partial \left( \frac{F_{0}}{P_{x}} \right)_{1}} \right|_{0} \left( \frac{F_{0}}{P_{x}} \right)_{1} + \frac{\partial F}{\partial P_{0}} \right|_{0} \left( \frac{F_{0}}{P_{x}} \right)_{0} \\ \partial \left[ \frac{\partial F}{P_{x} d1} \right|_{0} \left( \frac{F_{0}}{P_{x} d1} \right)_{0} + \frac{\partial F}{\partial \left( \frac{d1}{5} \right)_{1}} \right)_{0} \left( \frac{H^{2}}{P_{x}} \right)_{0} \left( \frac{F_{0}}{P_{x}} \right)_{0} \left( \frac{F_{0}}{P_{x}} \right)_{0} \\ \partial \left[ \frac{\partial F}{P_{x}} \right]_{0} \left( \frac{F_{0}}{P_{x} d1} \right)_{0} \left( \frac{F_{0}}{P_{x}} \right)_{0} \left( \frac{F_{0}}{P_{x}} \right)_{0} \\ \partial \left[ \frac{F_{0}}{P_{x}} \right]_{0} \left( \frac{F_{0}}{P_{x}} \right)_{0} \left( \frac{F_{0}}{P_{x}} \right)_{0} \left( \frac{F_{0}}{P_{x}} \right)_{0} \left( \frac{F_{0}}{P_{x}} \right)_{0} \\ \partial \left[ \frac{F_{0}}{P_{x}} \right]_{0} \left( \frac{F_{0}}{P_{x}} \right)_{0} \left( \frac{F_{0}}{P_{x}} \right)_{0} \left( \frac{F_{0}}{P_{x}} \right)_{0} \left( \frac{F_{0}}{P_{x}} \right)_{0} \\ \partial \left[ \frac{F_{0}}{P_{x}} \right)_{0} \left( \frac{F_{0}}$$

(6.15)

Stad otrzymamy równanie następujące:

 $30 \qquad \frac{1}{1-1}^{30} \left(\frac{A1^{2}}{5}\right)_{1}^{2} \qquad \frac{1}{1-1}^{30} \left(\frac{K}{F_{z}}\right)_{1} \qquad \frac{1}{1-1}^{30} \rho_{1} \qquad \frac{1}{1-1}^{9} \rho_{1} \qquad \frac{1}{1-1}^{9} \rho_{1}^{2} \left(\frac{A1^{2}}{5}\right)_{1} \qquad \frac{1}{1-1}^{9} \rho_{1}^{2} \left(\frac{A1^{2}}{$ 

$$\frac{\frac{1}{1-1}\left(\frac{P_{o}}{P_{z} \Delta 1}\right)_{1}}{\frac{1}{1-1}\left(\frac{P_{o}}{P_{z} \Delta 1}\right)_{1}\left(\frac{\Delta 1^{2}}{S}\right)_{1}}$$

$$\frac{\frac{30}{1-1}\left(\frac{P_{o}}{P_{z} \Delta 1}\right)_{1}\left(\frac{K}{P_{z}}\right)_{1}}{\frac{1}{1-1}\left(\frac{P_{o}}{P_{z} \Delta 1}\right)_{1}\left(\frac{K}{P_{z}}\right)_{1}}$$

$$\frac{\frac{30}{1-1}\left(\frac{P_{o}}{P_{z} \Delta 1}\right)_{1}p_{1}}{\frac{1}{1-1}\left(\frac{P_{o}}{P_{z} \Delta 1}\right)_{1}p_{1}}$$

(6.16)

Wyrazy równania obliczone w oparciu o wyniki eksperymentów przedstawiono w tablicach zamieszczonych w załącznikach 1, 2, 5, 8, 9 i 10. Podstawiając uzyskane wartości do (6.16) otrzymamy następujące równania:

30 0,378000 0,781000 21,570000 15,629100  
0,378000 0,006876 0,008901 0,261970 0,187379  
0,781000 0,008901 0,020663 0,564150 0,410927 4 
$$\left| \frac{\partial F}{\partial (-\frac{K}{P_{x}})} \right|_{0}$$
 0,102645  
21,570000 0,261970 0,564150 15,629100 .11,420403 4  $\left| \frac{\partial F}{\partial (-\frac{K}{P_{x}})} \right|_{0}$  8,287520  
15,629100 0,187379 0,410927 11,420403 8,421610  $\left| \frac{\partial F}{\partial P_{x}} \right|_{0}$  6,916501

Schemat blokowy programu komputerowego dla równania (6.17) przedstawiono na rys. 6.7.

Rozwiązując zależność (6.17) otrzymamy następujące współczynniki równania normalnego:

$$\frac{P_{\alpha}}{P_{r} \Delta 1} = 14,61$$

$$\frac{\partial F}{\partial (\Delta 1^{*})} = -18,64$$

$$\frac{\partial F}{\partial (-\frac{K}{P_{r}})} = -3,93$$

$$\frac{\partial F}{\partial P} = -35,52$$

$$\frac{\partial F}{\partial P} = 22,44$$

Fodstawiając obliczone współczynniki do (6.13) otrzymamy zależność analityczną w postaci:

$$\frac{P_{e_{s}}}{P_{s} \Delta 1} = 14,61 - 18,64 \frac{\Delta 1^{-1}}{S} - 3,93 \frac{K}{P_{s}} - 35,52 \rho + 22,44 \rho^{-1}$$
(6.18)



Rys. 6.7. Blokowy schemat programu koncuterowego Fig. 6.7. Block diagram of the computer programme

Stad otrzymamy nastepujące równanie:

$$\Delta 1^{3} + (1,91 \text{ Sp} - 1,2 \text{ Sp}^{2} + 0,21 \frac{K}{P_{x}} - 0,78 \text{ S}) \Delta 1 + 0,05 \frac{S P_{0}}{P_{x}} = 0$$
(6.19)

- 60 -

Oznaczając przez:

or 'z:

$$Q = \frac{0,05 \text{ S } P_{c}}{P_{z}}$$

 $N = 1,91 \text{ Sp} - 1,2 \text{ Sp}^2 + 0,21 \frac{K}{P_-} - 0,78 \text{ S}$ 

otrzymamy równanie w postaci:

$$\Delta l^{\alpha} + N \Delta l + Q = 0 \tag{6.21}$$

Jeżeli dalej oznaczymy:

 $\Delta l = p + q$ 

gdzie:

p, q - dodatkowe parametry wprowadzające zmianę współrzędnych.

Po wprowadzeniu tych oznaczeń równanie (6.21) możemy zapisać w następującej postaci:

$$p^{\pm} + q^{\pm} + (p + q) \cdot (3p q + N) + Q = 0$$
 (6.22)

Parametry dodatkowe p i q należy wybierać tak, aby wyraz trzeci został zerem.

Otrzymamy więc układ równań w postaci:

$$3p q + N = 0$$
  
 $p^{3} + q^{3} + Q = 0$ 
(6.23)

Rozwiązując równanie (6.23) otrzymamy zależność analityczną określającą przemieszczenia węgli antracytowych:

$$\Delta 1 = \frac{1}{3 \cdot \frac{2}{\sqrt{D}}} - \frac{2}{\sqrt{D}}$$
(6.24)

inaczej:

(6.20)

$$p = \frac{-Q \pm \sqrt{Q^2 - n/2} \cdot N^3}{2}$$
(6.24a)

Wielkość przemieszczenia wegli antracytowych jest najwieksza w wyrobisku bez obudowy, bo sztywność obudowy w tym przypadku jest równa zeru. A więc D można zapisać w postaci:

$$D = \sqrt{\frac{N^{-2}}{27}}$$
 (6.24b)

6.3.2. Zależność analityczna przemieszczenia

w stropie wyrobiska od przemieszczenia

w ociosie wyrobiska w weglach antracytowych

Odkształcenie nieśprężyste w stropie wyrobiska prowadzonego w weglu antracytowym jest w układzie  $\Delta l - \Delta l'$  zależnością liniową (por. rys. 6.4). Można je zapisać (w oparciu o wyniki eksperymentów) przez następującą ogólną zależność analityczną:

$$\Delta l' = k \cdot \Delta l \tag{6.25}$$

gdzie:

Δl' - przemieszczenia stropu wyrobiska w węglu
antracytowym,

k - współczynnik empiryczny

- 62 -

Równanie błędów ma postać następująca:

$$\begin{aligned} \mathbf{k}^{T} \Delta \mathbf{l}_{1} &= \Delta \mathbf{l}_{1}^{T} &= \mathbf{V}_{1} \\ \mathbf{k}^{T} \Delta \mathbf{l}_{2} &= \Delta \mathbf{l}_{2}^{T} &= \mathbf{V}_{2} \\ \mathbf{k} \Delta \mathbf{l}_{3} &= \Delta \mathbf{l}_{3}^{T} &= \mathbf{V}_{3} \\ & & & \\ \mathbf{k} \Delta \mathbf{l}_{6} &= \Delta \mathbf{l}_{6}^{T} &= \mathbf{V}_{6} \end{aligned}$$
(6.26)

gdzie:

V1, V2, V3, ..... Ve - bledv absolutne.

Kryterium najmniejszych kwadratów można zapisać w formie:

$$\Sigma (k \Delta l_i - \Delta l_i^*)^2 = \Sigma V_i^* \Rightarrow \min$$

Najbardziej prawdopodobną wartość k otrzymuje się wówczas, gdy suma kwadratów błędów jest minimalna, czyli pierwsza pochodna tej zależności jest równa zeru:

$$\frac{d\sum_{k=1}^{\infty} (k \Delta l_k - \Delta l_k^{-1})^2}{dk} = 0$$
(6.27)

Stad:

$$\mathbf{k} = \frac{\sum_{i=1}^{\Sigma} \Delta \mathbf{l}_i \ \Delta \mathbf{l}_i'}{\sum_{i=1}^{\Sigma} \Delta \mathbf{l}_i}$$
(6.28)

Vyrazy obliczone dla (6.28) na podstawie wyników eksperymentów przedstawione w tablicy zamieszczonej w załączniku 11.

Podstawiając je do wzoru (6.28) otrzymujemy współczynnik empiryczny k, który wynosi:

$$k = \frac{2,9254}{2,4345} = 1,2$$

Podstawiając współczynnik empiryczny do zależności (6.25) otrzymamy zależność analityczną dla określenia przemieszczenia stropu wyrobiska prowadzonego w weglu antracytowym:

$$\Delta l' = 1.2 \quad \Delta l \tag{6.29}$$

Podstawiając (6.24) do (6.29) otrzymamy zależność analityczną w postaci:

$$n1^{*} = \frac{0.4 \text{ N}}{\sqrt{D}} - 1.2 \sqrt{D}$$
 (6.30)

Jak wykazały badania, z zależności analitycznej (6.29) przemieszczenie w stropie wyrobiska chodnikowego w weglu antracytowym jest 1,2 razy większe niż przemieszczenie w ociosie tego wyrobiska. 6.4. ANALITYCZNA ZALEŻNOŚC WIELKOŚCI ZASIĘGU STREFY KRUCHEGO ZNISZCZENIA OD WŁASNOŚCI MECHANICZNYCH WEGLI ANTRACYTOWYCH I WARUNKÓW TECHNOLOGICZNYCH ZAGŁEBIA God-God

- 64 -

- 6.4.1. Analityczna zależność wielkości zasiegu strefy kruchego zniszczenia od własności mechanicznych wegli antracytowych i warunków technologicznych w ociosie wyrobiska
- 6.4.1.1. Analiza wymiarowa wyników eksperymentalnych dla określenia wielkości zasięgu strefy kruchego zniszczenia w ociosie wyrobiska

Wielkość zasiegu strefy kruchego zniszczenia w ociosie wyrobiska w weglach antracytowych można opisać w oparciu o badania laboratoryjne w sposób następujący.

$$1 = f(P_{\pi}, b, K, \rho, P_{0})$$
 (6.31)

gdzie:

- 1 wielkość zasiegu strefy kruchego zniszczenia,
- b szerokosć nośna sprężyny.

Vielkości wymiarowe parametrów sa następujące: [1] = L;  $[P_x] = ML^{-2}$ ; [b] = L; [K] = ML<sup>-2</sup>;  $[\rho] = 1$ ;  $[P_\alpha] = ML^{-1}$ . Gdzie wielkości wymiarowe samodzielne są następujące:  $[P_x] = ML^{-2}$  i [b] = L oraz wielkość wymiarowa zależna jest następująca:  $[P_\alpha] = ML^{-1}$  i [S]] = L<sup>2</sup>.

ilości wielkości bezwymiarowych moźna określić w sposób następujący.

Ilość wielkości bezwymiarowych kombinowanych otrzymamy ze wzoru:

$$t_{0} = n - K_{0} = 3 - 2 = 1$$

natomiast ilość wielkości bezwymiarowych prostych wynosi:

$$t_{c} = N - n = 6 - 5 = 1$$

Wzory bezwymiarowe od wielkości wymiarowych mają zatem postaci

$$\Pi_{1} = \frac{(P_{z})}{(P_{z})^{X} (b)^{Y}}$$

$$S_{1} = \frac{(1)}{(b)}$$

$$S_{z}' = \frac{(K)}{(P_{z})}$$

$$S_{z} = [p]$$

(6.32)

Nożna zastąpić te wzory bezwymiarowe ze szczególnym uwzględnieniem zależności między ilościami fizycznymi:

$$\pi_{1} = \frac{[P_{2}]^{\infty} [b]^{\nu}}{[P_{0}]}$$

$$S1 = \frac{[1]}{[b]}$$

$$S_{2} = \frac{[F_{2}]}{[K]}$$

$$S_{3} = [\rho]$$
(6.33)

Podstawiając wielkości wymiarowe parametrów do (6.33) otrzymujemy warunki dla wielkości bezwymiarowych:

$$\Pi_{1} = \frac{(ML^{-2})^{*} (L)^{*}}{ML^{-1}} = 1$$
  
S1 =  $\frac{L}{L}$  = 1

MI

(6.34)

(6.37)

Korzystając z zależności (3.34) można uzyskać układ równań od wykładników wzoru bezwymiarowego kombinowanego:

- 66 -

$$x = 1$$
  
 $2x - y = 1$  (6.35)

Rozwiązując układ równań (6.35) uzyskiwano rozwiązanie x = 1, y = 1. Podstawiając te wielkości do równania (6%34) otrzymamy następujące wzory bezwymiarowe:

$$\Pi_{1} = \frac{P_{x} b}{P_{0}}$$

$$S1 = -\frac{1}{b}$$

$$S_{2} = -\frac{P_{x}}{K}$$

$$S_{3} = \rho$$
(6.36)

Można przekształcić te wzory przez bezwymiarowa zależność funkcyjna wynikająca z ogólnej zależności funkcyjnej (6.31):

albo:

$$S_{1} = \phi (\Pi_{1}, S_{2}, S_{2}) '$$

$$\frac{1}{b} = \phi \left( \frac{P_{2} b}{P_{0}}, \frac{P_{2}}{K}, \rho \right)$$

Wielkości bezwymiarowe obliczone z zależności (6.36) w oparciu o wyniki eksperymentalne przedstawiono w tablicy 6.8.

Tablica 6.8

#### WIELKOSCI BEZWYMIAROWE OELICZONE NA PODSTAWIE WYNIKOW EKSPERYMENTALNYCH

Nr próbki	P = b P c	<u> </u>	<u> </u>	ρ
Nr próbki 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	$\begin{array}{c} P_z & b \\ \hline P_c \\ \hline \\ 29, 45 \\ 33, 37 \\ 36, 31 \\ 39, 27 \\ 36, 77 \\ 24, 51 \\ 22, 55 \\ 25, 77 \\ 22, 55 \\ 25, 77 \\ 22, 09 \\ 18, 40 \\ 29, 45 \\ 29, 45 \\ 29, 45 \\ 29, 45 \\ 30, 45 \\ 30, 45 \\ 30, 45 \\ 30, 45 \\ 34, 35 \\ 40, 09 \\ 27, 78 \\ 24, 42 \\ 29, 20 \\ 25, 03 \\ 28, 85 \\ 33, 37 \\ 33, 37 \\ 33, 37 \\ 33, 37 \end{array}$	1     b     0,56     0,73     1,03     1,15     0,73     0,50     0,37     0,69     0,55     0,74     0,70     0,65     0,45     0,62     0,79     0,87     0,77     0,69     0,74     0,70     0,98     0,86     0,90     0,60     0	$\frac{P_{\pi}}{K}$ 34,48 38,46 41,67 45,45 34,48 34,48 34,48 34,48 34,48 34,48 34,48 33,33 37,04 29,41 35,71 40,00 38,46 38,	P 0,70 0,70 0,70 0,70 0,70 0,70 0,70 0,7
25 26 27 28 29 30	39,27 36,78 34,36 29,45 39,27 39,27	1,22 1,39 1,19 1,10 1,00 0,79	45,45 45,45 45,45 45,45 45,45 43,48 38,46	0,70 0,70 0,70 0,70 0,82 0,87

#### 6.4.1.2. Ocena zależności korelacji między parametrami

Zależność korelacji między przemieszczeniem a innymi parametrami oceniono już w rozdziale 6.3.2. Obecnie zostaje oznaczona zależność korelacji między wielkością zasiegu strefy kruchego zniszczenia i przemieszczeniem wegli antracytowych.

- 68 -

Stosunek między wielkością zasięgu strefy kruchego zniszczenia i przemieszczeniem przedstawiono na rys. 6.5, z którego wynika, że jest to zależność nieliniowa. Natomiast w tablicy 6.9 podano współczynniki korelacji.

Tablica 6.9

#### KORELACJA MIEDZY A1 I 1

					********					
۵۱ · · · · ·	klasa	2 # 4	4 ÷ 6	6 † 8	8 +10	10#12	fas	daı	faidai	faidai
klasa	środek	3	5	7	9	11				
0,2 ÷ 0,5	0,35	_ 4			******	******	4	-2	-8	16
0,5 ÷ 0,8	0,65		13	2			15	-1	-15	15
0,8 * 1,1	0,95	/		6			6	0	0	0
1,1 + 1,4	1,25				4		4	1	4	4
1,4 ÷ 1,7	1,55					1	1	2	2	4 1
fi		4	13	8	4	1	30		-17	39
dı		-2	~1	0	1	2				
AĪ (1)		-2	-1	-0,25	-1	2				
1 - AI (1)		1,44	0,44	-0,31	-1,56	-2,56				
(1-41(1))2		2,07	0,19	0,10	2,43	6,55		5		
$f_1(\bar{1}-b\bar{1}(1))^2$		8,29	2,52	0,77	9,73	6,55	27,86			

Wartości średnie klasy w tablicy określa się re wzoru (6.10).

Stosunek korelacji na podstawie wartości przedstawionych w tablicy 6.9 obliczono za pomocą wzoru podanego w pracy [37]:

$$n_{1} = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^{n} f_{i} (1 - \Delta I(1))^{*}}{n \sum_{i=1}^{n} f_{i} d_{i}^{*} - (\sum_{i=1}^{n} f_{i} d_{i}^{*})^{*}}} = \sqrt{\frac{30 \times 27,86}{30 \times 39 - (-17)^{*}}} = 0.97$$

Musimy ocenić nieliniową zależność korelacji populacji generalnej. Najpierw stosunek wariancji określono za pomoca wzoru:

$$F_{s}(1) = \frac{n}{1 - n^{2}}, \quad \frac{n - k_{1}}{k_{1}^{2} - 1} = \frac{0.97}{1 - 0.97^{2}}, \quad \frac{30 - 5}{5 - 1} = 99.67$$

gdzie:

k; - liczba klasy wielkości zasiegu strefy kruchego zniszczenia. Stopień swobody obliczono w postaci:

$$f_1 = k_1' - 1 = 5 - 1 = 4,$$

$$f_1 = n - k_1' = 30 - 5 = 25.$$

Następnie znajdujemy stosunek wariancji z tablicy [37] ze szczególnym uwzględnieniem współczynników zagrożenia.

$$F_{\phi_1}^{\phi_2}(a\%) = F_a^{25}(1\%) = 4,18$$
$$F_{\phi_1}^{\phi_2}(a\%) = F_a^{-1}(5\%) = 2,76$$

Zależność korelacji w populacji generalnej jest nieliniowa, ponieważ  $F_{\infty} = 99,67 \rightarrow F^{25}$  (1%) = 4,18.

6.4.1.3. Dobór postaci zależności analitycznej do wielkości zasiegu strefy kruchego zniszczenia

Funkcję bezwymiarową dla określenia wielkości zasiegu strefy kruchego zniszczenia (6.37) można zapisać w sposób następujący, gdyż zależność między parametrami uzyskanymi przez eksperymenty jest liniowa (rys.6.2):

$$1 = b \left(\frac{P_x}{P_{0}}\right)^m \left(\frac{P_x}{K}\right)^m \rho'$$
 (5.33)

gdzie:

m, n, P - współczynniki empiryczne.

6.4.1.4. Określenie współczynników empirycznych zależności analitycznej od wielkości zasięgu strefy kruchego zniszczenia

Logarytmujac zależność analityczną (6.38) otrzymany równanie w postaci:

$$lg \ l = lg \ b + m \ lg(\frac{P_{\pm} \ b}{P_{\pm}}) + n \ lg(\frac{P_{\pm}}{K}) + F \ lg \ \rho \tag{6.39}$$

Dla określenia współczynników m, n, P równanie błędów ma postać następująca:

 $lg \ b_1 + m \ lg(\frac{P_x \ b}{P_{c_1}})_1 + n \ lg(\frac{P_x}{K})_1 + P \ lg \ \rho_1 - lg \ l_1 = V_1$   $lg \ b_2 + m \ lg(\frac{P_x \ b}{P_{c_1}})_2 + n \ lg(\frac{P_x}{K})_2 + P \ lg \ \rho_2 - lg \ l_2 = V_2$ 

 $lg \ b_{3} + m \ lg(\frac{P_{*} \ b}{P_{0}})_{3} + n \ lg(\frac{P_{*}}{K})_{3} + P \ lg \ \rho_{3} - lg \ l_{3} = V_{3}$ (6.40)

....

$$lg b_{00} + m lg \left(-\frac{P_{\pi}}{P_{0}}\right)_{00} + n lg \left(-\frac{P_{\pi}}{K}\right)_{00} + P lg \rho_{00} - lg l_{00} = V_{00}$$

....

gdzie:

....

V1, V2, V3, ..... Vac - bledy absolutne.

Można uzyskać równanie sumy potegowania błędów od (6.40):

$$\prod_{i=1}^{30} \left[ \lg b_i + n \lg (\frac{P_* b}{P_0})_i + n \lg (\frac{P_*}{K})_i + P \lg p_i - \lg l_i \right]^2 = \prod_{i=1}^{30} V_i^2 + \min_i$$

Rajbardziej prawdopodobne wielkości współczynników empirycznych otrzymuje się wówczas, gdy suma kwadratów błędów jest minimalna, czyli pierwsza pochodna jest równa zeru.

$$\frac{\partial \prod_{i=1}^{3^{\circ}} \left[ \lg b_i + n \lg(\frac{P_x b}{P_0})_i + n \lg(\frac{P_x}{K})_i + P \lg p_i - \lg l_i \right]^2}{\partial n} = 0$$

$$\frac{\partial \prod_{i=1}^{3^{\circ}} \left[ \lg b_i + n \lg(\frac{P_x b}{P_0})_i + n \lg(\frac{P_x}{K})_i + P \lg p_i - \lg l_i \right]^2}{\partial n} = 0 \quad (6.41)$$

$$\frac{\partial \prod_{i=1}^{3^{\circ}} \left[ \lg b_i + n \lg(\frac{P_x b}{P_0})_i + n \lg(\frac{P_x}{K})_i + P \lg p_i - \lg l_i \right]^2}{\partial P} = 0$$

- 72 -

Stad otrzymamy następujące równanie;

$$\begin{bmatrix} \frac{3^{\circ}}{L_{1}} [\lg(\frac{P_{x}}{P_{0}})_{1}]^{2} & \prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg(\frac{P_{x}}{K})_{i} \cdot \lg(\frac{P_{x}}{P_{0}})_{i} & \prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg \rho_{1} \cdot \lg(\frac{P_{x}}{P_{0}})_{i} \\ \prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg(\frac{P_{x}}{K})_{i} \cdot \lg(\frac{P_{x}}{P_{0}})_{i} & \prod_{i=1}^{3^{\circ}} (\lg(\frac{P_{x}}{K})_{i})_{i}^{2} & \prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg \rho_{i} \cdot \lg(\frac{P_{x}}{K})_{i} \\ \prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg \rho_{i} \cdot \lg(\frac{P_{x}}{P_{0}})_{i} & \prod_{i=1}^{3^{\circ}} (\lg(\frac{P_{x}}{K})_{i})_{i} & \prod_{i=1}^{3^{\circ}} (\lg \rho_{i})]^{2} \\ = \begin{bmatrix} \prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg 1_{i} \cdot \lg(\frac{P_{x}}{P_{0}})_{i} & -\prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg b_{i} \cdot \lg(\frac{P_{x}}{P_{0}})_{i} \\ \prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg 1_{i} \cdot \lg(\frac{P_{x}}{P_{0}})_{i} & -\prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg b_{i} \cdot \lg(\frac{P_{x}}{P_{0}})_{i} \\ \prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg 1_{i} \cdot \lg(\frac{P_{x}}{P_{0}})_{i} & -\prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg b_{i} \cdot \lg(\frac{P_{x}}{P_{0}})_{i} \\ \prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg 1_{i} \cdot \lg(\frac{P_{x}}{P_{0}})_{i} & -\prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg b_{i} \cdot \lg(\frac{P_{x}}{P_{0}})_{i} \\ \prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg 1_{i} \cdot \lg(\frac{P_{x}}{P_{0}})_{i} & -\prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg b_{i} \cdot \lg(\frac{P_{x}}{P_{0}})_{i} \\ \prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg 1_{i} \cdot \lg(\frac{P_{x}}{P_{0}})_{i} & -\prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg b_{i} \cdot \lg(\frac{P_{x}}{P_{0}})_{i} \\ \prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg 1_{i} \cdot \lg(\frac{P_{x}}{P_{0}})_{i} & -\prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg b_{i} \cdot \lg(\frac{P_{x}}{P_{0}})_{i} \\ \prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg 1_{i} \cdot \lg(\frac{P_{x}}{P_{0}})_{i} & -\prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg b_{i} \cdot \lg(\frac{P_{x}}{P_{0}})_{i} \\ \prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg 1_{i} \cdot \lg(\frac{P_{x}}{P_{0}})_{i} & -\prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg b_{i} \cdot \lg(\frac{P_{x}}{P_{0}})_{i} \\ \prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg 1_{i} \cdot \lg(\frac{P_{x}}{P_{0}})_{i} & -\prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg b_{i} \cdot \lg(\frac{P_{x}}{P_{0}})_{i} \\ \prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg 1_{i} \cdot \lg(\frac{P_{x}}{P_{0}})_{i} & -\prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg b_{i} \cdot \lg(\frac{P_{x}}{P_{0}})_{i} \\ \prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg 1_{i} \cdot \lg(\frac{P_{x}}{P_{0}})_{i} & -\prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg b_{i} \cdot \lg(\frac{P_{x}}{P_{0}})_{i} \\ \prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg \frac{P_{x}}{P_{0}}]_{i} \\ \prod_{i=1}^{3^{\circ}} [\lg \frac{P_{x}}{P_{0}}]_$$

Wyrazy równania obliczone w oparciu o wyniki eksperymentów przedstawiono w tablicach zamieszczonych w załącznikach 13 i 14.

start for the start of the second start of the second start of the

Podstawiając uzyskane wartości do (6.42) otrzymamy następujące równanie:

$$\begin{bmatrix} 66,022023 & 70,251365 & -6,269779 \\ 70,251365 & 74,965756 & -6,721479 \\ -6,269779 & -6,721497 & 0,641676 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} m \\ n \\ P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -4,883838 \\ -5,245811 \\ 0,671522 \end{bmatrix} (6.43)$$

Schemat blokowy programu komputerowego dla rozwiązania równania (6.43) przedstawiono na rys. 6.7. Po obliczeniu otrzymamy następujące współczynniki równania normalnego.:

1.0

$$m = 0,7,$$
  
 $n = 1,1,$   
 $P = -5,7.$ 

A CONTRACT OF A CONTRACT OF

Podstawiając obliczone współczynniki empiryczne do (6.38) otrzymamy zależność analityczną dla określenła wielkości zasięgu strefy kruchego zniszczenia w postaci:

$$= b \left(\frac{P_{x} b}{P_{a}}\right)^{a,7} \left(\frac{P_{x}}{K}\right)^{1,1} p^{-5,7}$$

albo:

(6,44)

$$1 = b^{1} \cdot 7 \cdot P_0^{-0} \cdot 7 \cdot P_z^{1-0} K^{-1} \cdot 1 \cdot \rho^{-5} \cdot 7$$

gdzie:

1 - wielkość zasiegu strefy kruchego zniszczenia,

Po - sztywność sprężysta obudowy,

- P<sub>x</sub> naprężenie pionowe działające w weglu antracytowym, (pierwotne naprężenie pionowe w górotworze),
- ρ kat tarcia wewnętrznego wegli antracytowych,
- K spoistość wegli antracytowych.
- 6.4.2. Zależność wielkości zasięgu strefy kruchego zniszczenia w stropie wyrobiska od wielkości zasięgu strefy kruchego zniszczenia w ociosie wyrobiska prowadzonego w węglu antracytowym

 $\Delta 1' = K \cdot 1$ 

Vielkość zasięgu strefy kruchego zniszczenia w stropie wyrobiska prowadzonego w węglu antracytowym w układzie współrzędnych l - l'jest zależnością liniową (rys. 6.5). Tą wielkość można więc zapisać przez ogólną zależność funkcyjną powstałą w oparciu o wyniki eksperymentów:

gdzie:

- Al' przemieszczenie stropu wyrobiska w węglu antracytowym,
- k współczynnik empiryczny.

Równanie błędów ma postać następująca:

gdzie:

Kryterium najmniejszych kwadratów można przedstawić w formie następującej:

$$\sum_{i=1}^{\infty} (kl_i - l_i')^2 = \sum_{i=1}^{\infty} V_i^2 \Rightarrow \min$$

Najbardziej prawdopodobną wartość k otrzymuje się wówczas, gdy suma kwadratów błędów jest minimalna, czyli pierwsza pochodna tej funkcji jest równa zeru:

$$\frac{d\sum_{k=1}^{\infty} (kl_{k} - l_{k})^{2}}{dk} = 0$$
 (6.47)

stad:

$$k = \frac{\sum_{k=1}^{r} l_{k} l_{k}^{*}}{\sum_{k=1}^{r} l_{k}^{2}}$$
(6.48)

Wyrazy obliczone dla (6.48) w oparciu o wyniki eksperymentów przedstawiono w tablicy zamieszczonej w załączniku 12.

Podstawiając uzyskane wyrazy do zależności (6.48) otrzymamy współczynnik empiryczny:

$$K = \frac{160,90}{141,15} = 1,14$$

Podstawiając obliczony współczynnik empiryczny do (6.45) otrzymamy zależność analityczną dla określenia wielkości zasięgu strefy kruchego zniszczenia w stropie wyrobiska prowadzonego w weglu antracytowym:

 $1^{\circ} = 1, 14 1$  (6.49)

Podstawiając (6.44) do (6.49) otrzymamy postać następującą:

$$1' = 1.14 b \left(\frac{P_0}{P_{\pi} b}\right)^{-0.7} \left(\frac{P_{\pi}}{K}\right)^{1.1} \rho^{5.1}$$

albo:

(6.50)

$$1^{\circ} = 1,14 b^{\circ} P_{0}^{-0.7} P_{z}^{1.0} K^{-1.1} \rho^{-5.7}$$

Jak wykazały badania zależności analitycznej (6.49), wielkość zasięgu strefy kruchego zniszczenia w stropie wyrobiska jest 1,14 raza większa niż wielkość zasięgu strefy kruchego zniszczenia w ociosie wyrobiska chodnikowego w weglu antracytowym (rys. 6.8).



$$\Delta l = a l^{15} \tag{6.51}$$

$$\Delta l = a b^{1} \tag{6.52}$$

$$\Delta l = \frac{l}{al + b}$$
(6.53)

gdzie:

a, b - współczynniki empiryczne.

Wartości średnie parametrów w funkcjach dobranych można określić Jako wzory przedstawione w tablicy 6.10.

Tablica 6.10

## ZALEZNOSCI ANALITYCZNE DLA OKRESLENIA WARTOSCI PARAMETROW SREDNICH



gdzie:

- 1 wartość średnia wielkości zasiegu strefy kruchego zniszczenia w weglach antracytowych,
- Δ1 wartość średnia przemieszczenia wegli antracytowych,
- Im, Δlm najmniejsza wartość współrzędnych określona z eksperymentów,
- ίω, Δίω największa wartość współrzednych określona z eksperymentów.



- 76 -

- Rys, 6.0, Zasieg strefy kruchego zniszczenia w weglach antracytowych z Zagłębia *Gon-Gon* (w przybliżeniu)
- Fig. 6.8. Range of the zone of brittle fracture in anthracite coals from the Gon-Gon Basin

## 6.5. ZALEZNOŚC ANALITYCZNA PRZEMIESZCZENIA OD WIELKOŚCI ZASIĘGU STREFY PLASTYCZNEJ W WĘGLACH ANTRACYTOWYCH

Dla określenia tej zależności przeprowadzono rozważania analityczne dla wyznaczenia związku między przemieszczeniem i wielkością zasięgu strefy kruchego zniszczenia oznaczoną w badaniach laboratoryjnych.

6.5.1. Dobór postaci zależności analitycznej odkształcenia niesprężystego od wielkości zasiegu strefy kruchego zniszczenia w weglach antracytowych

Można oznaczyć ogólnymi funkcjami następującymi zależność analityczną między parametrami w oparciu o analizę korekacji i analize Vartość średnią interpolacyjną można określić za pomocą wzoru podanego w pracy [38]:

- 78 -

$$\Delta I = \Delta I_{*} + \frac{\Delta I_{*+1} - \Delta I_{*}}{I_{*+1} - I_{*}} (1 - I_{*})$$
(6.54)

gdzie:

li, Δli oraz li+1, Δli+1 - wartości współrzędnych z tablicy 6.1.

 $(l_i < l < l_{i+1})$ 

V tablicy 6.11 przedstawiono wartości średnie obliczone dla warunków:  $l_m = 3,01$ ,  $\Delta l_m = 0,43$  i  $l_w = 11,1$ ,  $\Delta l_w = 1,51$ .

Tablica 6.11

VARTOSCI SREDNIE OBLICZCNE Z ZALEZNOSCI (6.51), (6.52), (6.53 i (6.54)

Postać zaležności	ī	۵Ī	1.	۵۱،	l i + 1	Al.+1	۵1	101 - 011
(6,51) (6,54)	5,78	0,81	5,60	0,70	6,30	0,85	0,74	0,07
(6,52) (6,54)	7,06	0,81	6,60	0,95	7,20	0,95	0,97	0,16
(6,53) (6,54)	4,74	0,67	4,51	0,50	5,18	0,67	0,62	0,05

Zależność analityczna (6.53) jest racjonalna gdyż IAI - Ali jest najmniejsza.

6.5.2. Określenie współczynników empirycznych zależności analitycznej

Zależność analityczną (6.53) można przedstawić w postaci:

$$\frac{1}{\Delta l} = a + b \frac{1}{l}$$
 (6.55)

Równanie błędów ma postać:

$$a + b - \frac{1}{1_1} - \frac{1}{\Delta l_2} = V_1$$

$$a + b - \frac{1}{l_2} - \frac{1}{\Delta l_2} = V_2$$

$$a + b - \frac{1}{l_3} - \frac{1}{\Delta l_4} = V_3$$
(6.56)

gdzie:

V1, V2, V3,.... V36 - bledy absolutne.

 $a + b \frac{1}{136} - \frac{1}{\Delta l_{36}} = V_{36}$ 

Do dalszych rozważań przyjęto równanie sumy potęgowania błędów z zależności (6.56):

$$\sum_{i=1}^{\infty G} (a + b - \frac{1}{1_i} - \frac{1}{\Delta l_i})^2 = \sum_{i=1}^{\infty G} \nabla_i^2 \Rightarrow \min.$$

Najbardziej prawdopodobne wzrtości a i b otrzymuje się wówczas, gdy suma kwadratów błędćw jest minimalna, czyli pierwsza pochodna tej funkcji jest równa zeru:

$$\frac{\partial}{\partial a} \sum_{i=1}^{\infty} (a + b \frac{1}{1_i} - \frac{1}{\Delta l_i})^2 = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial b} \sum_{i=1}^{36} (a + b \frac{1}{l_i} - \frac{1}{\Delta l_i})^2 = 0$$
(6.57)

- 80 -

Stad otrzymamy równanie normalne:

$$\begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{l_{i}} \\ \frac{36}{\Sigma} \frac{1}{l_{i}} & \sum_{i=1}^{36} \frac{1}{l_{i}^{2}} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{36}{\Sigma} \frac{1}{l_{i-1}} \\ \frac{36}{\Sigma} \frac{1}{l_{i}} \end{bmatrix} (6.58)$$

Wyrazy obliczone dla równania normalnego (6.58) na podstawie wyników eksperymentów przedstawiono w tablicy zamieszczonej w załączniku 15. Podstawiając do (5.58) wartości wzięte z tablicy otrzymamy postać:

$$\begin{array}{cccc} 36 & 6,704958 \\ 6,704958 & 1,320092 \end{array} \right| \times \left[ \begin{array}{c} a \\ b \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{c} 53,442582 \\ 10,828473 \end{array} \right]$$
(6.59)

Rozwiązując równanie (6.59) otrzymamy współczynniki empiryczne:

$$a = -0, 8$$
 i  $b = 12, 27$ .

Podstawiając te współczynniki do zależności (6.53) otrzymamy zależność analityczną w postaci:

$$M = \frac{1}{12,27 - 0,81}$$
(6.60)

albo:

$$1 = \frac{122,7 \cdot \Delta l}{10 + 8 \Delta l}$$

- 7. ZASTOSOWANIE UZYSKANYCH WZORÓW DLA OKRE-SLENIA ELEMENTÓW METODY TECHNOLOGICZNEJ ZMNIEJSZENIA OBCIĄZENIA DZIAŁAJĄCEGO NA OBUDOWĘ WYROBISKA CHODNIKOWEGO WYKONA-NEGO I UTRZYMYWANEGO W WĘGLACH ANTRACY-TOWYCH
- 7.1. OBCIĄZENIE NA OBUDOWĘ WYROBISKA CHODNIKOWEGO DRĄZO-NEGO W WĘGLACH ANTRACYTOWYCH

## 7.1.1. Określenie wytrzymałości szczątkowej w strefie kruchego zniszczenia otaczającej wyrobisko

Węgle antracytowe w strefie kruchego zniszczenia otaczającej wyrobisko chodnikowe nie tracą całkowicie nośności i mają wytrzymałość szczątkową.

Dla analizy procesu przebiegu zjawisk mechanicznych w otoczeniu wyrobiska prowadzonego w weglu antracytowym i określenia obciążenia na jego obudowę musimy oceniać wytrzymałość szczątkową i modelować matematycznie ten proces. Dlatego też prowadzono eksperymenty dla określenia wytrzymałości szczątkowej wegli antracytowych w strefie kruchego zniszczenia.

7.1.1.1. Założenia dla eksperymentalnego określenia wytrzymałości szczątkowej w strefie kruchego zniszczenia otaczającej wyrobisko chodnikowe w weglu antracytowym

Aby określić wytrzymałość szczątkową wegla, pobrano próbki walcowe z pokładu w odległościach od 2,5 do 174,0 cm od ociosu lub stropu wyrobiska chodnikowego prowadzonego w weglu antracytowym. Srednica próbek wynosiła d = 42 mm, a wysokość h = 42 mm. Dokładność obróbki próbek wyniosiła 0,1 mm. Próbki badano w prasie hydraulicznej określając wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie.

## 7.1.1.2. Vyniki badań nad określeniem wytrzymałości szczątkowej wegli antracytowych

Zestawienie wyników przeprowadzonych eksperymentów dla określenia wytrzymałości szczatkowej wegli antracytowych z Zagłębia *Gon-Gon* przedstawiono w tablicy 7.1.

Tablica 7.1.

## WYNIKI BADAN NAD OKRESLENIEM WYTRZYMAŁOSCI SZCZĄTKOWYCH

Nr próbki	Odległość od ociosu wyrobiska R-R <sub>2</sub> (cm)	Srednica próbki d [mm]	Wysokość próbki h [mm]	Obciażenie niszczące Per, [N]
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	2,5 25,0 52,0 75,0 90,0 120,0 140,0 151,0 163,0 169,0 174,0	41,3 41,4 41,7 41,8 42,0 41,9 42,0 42,0 42,0 41,9 42,0 42,0	41,8 41,8 42,0 41,9 42,0 42,0 42,0 41,8 42,0 42,1 42,0 41,8	525,2 855,5 1 084,8 1 167,2 1 253,0 1 402,1 1 450,4 1 464,2 1 912,7 1 921,0 1 916,8

Wytrzymałość szczątkową węgli antracytowych określono z następującego wzoru:

$$R_{\rm c}(\mathbf{r}) = \frac{4P(\mathbf{r})}{\pi d^2}$$
(7.1)

gdzie:

R<sub>c</sub>(r) - wytrzymałość szczątkowa wegli antracytowych

w odległości r,

Pcro - obciażenie niszczące próbkę,

d - średnica próbki.

Rezultaty obliczone wzorem (7.1) z wykorzystaniem wyników eksperymentów przedstawiono w tablicy 7.2.

Tablica 7.2

#### WYTRZYMALOSC SZCZĄTKOWA WEGLI ANTRACYTOWYCH

Nr próbki	Promieň pobrania próbek R [cm]	Powierzchnia próbki [cm²]	Wytrzymałość szczątkowa R, [N/cm]
1	152.5	13,4	39,2
2	175.0	13,8	62,0
3	202.0	13,7	79,1
4	225.0	13,7	85,1
5	240.0	13,8	90,8
6	270.5	13,8	101,6
7	290.0	13.8	105.1
3	301.0	13.8	106,1
0	313.0	13.8	138,5
10	319.0	13.8	132,3
10	324,0	13,8	138,9

Zależność wytrzymałości szczątkowej węgli antracytowych od odległości od ociosu wyrobiska chodnikowego przedstawiono na rys. 7.1. Im większa odległość od ociosu wyrobiska, tym większa wytrzymałość węgli antracytowych na ściskanie. Natomiast wytrzymałość na ściskanie próbek pobranych z górotworu w odległości ponad 163 cm od ociosu wyrobiska jest stała.





Fig. 7.1. Dependence of the residual strength of anthracite coals on the distance from the side-wall of a head

Tak więc promień zasiegu strefy kruchego zniszczenia otaczającej wyrobisko chodnikowe jest w przybliżeniu w odległości 163 cm. Wielkość ta jest o 3,2 % większa niż wielkość zasięgu strefy obliczonej z zależności (6.44).

7.1.1.4. Dobór postaci zależności analitycznej dla określenia wytrzymałości szczątkowej wegli antracytowych w strefie kruchego zniszczenia otaczającej wyrobisko

Fonieważ zależność pomiędzy parametrami uzyskanymi z eksperymentów jest nieliniowa (rys. 7.2), zależność analityczną dla określenia

wytrzymałości szczątkowej wegli antracytowych od ociosu wyrobiska chodnikowego do granicy strefy kruchego zniszczenia można zapisać w następującej postaci:

$$R_{r}(r) = \frac{r-1}{a+b(r-1)} + R_{c}^{i}$$
(7.2)

albo:

$$R_{c}(r) = \frac{R - R_{c}}{a R_{c} + b (R - R_{c})} + R_{c}^{b}$$
(7.2a)

gdzie:

r - promień bezwymiarowy pobrania próbek

 $r = \frac{R}{R_0}$ 

R - promień pobrania próbek,

Ro - promień wyrobiska w wyłomie,

- Re\*- wytrzymałość szczatkowa wegla antracytowegu,
- a, b współczynniki empiryczne,
- rL promień bezwymiarowy zasiegu strefy kruchego zniszczenia

$$r_{\rm L} = \frac{R_{\rm i}}{R_{\rm O}}$$
,

R. - promień zasiegu strefy kruchego zniszczenia.

Należy dokonać wyboru odpowiedniej zależności analitycznej - (7.2)<sup>2</sup> lub (7.2a).

Równanie krzywej przechodzacej przez punkty  $r_{I}$ ,  $R_{c}$   $(r_{I})$  można zapisać w postaci:

$$R_{c}(r_{1}) = \frac{r_{1} - 1}{a + b (r_{1} - 1)} + R^{t}$$
(7.3)

Porównując (7.2) i (7.3) otrzymamy następującą zależność:

$$\frac{\mathbf{r} - \mathbf{r}_1}{\mathbf{R}_c(\mathbf{r}) - \mathbf{R}_c(\mathbf{r}_1)} = [\mathbf{a} + \mathbf{b} (\mathbf{r}_1 - 1)] + \frac{\mathbf{b}}{\mathbf{a}} [\mathbf{a} + \mathbf{b} (\mathbf{r}_1 - 1)] (\mathbf{r} - 1)$$
(7.4)

Oznaczając:

$$A = a + b (r_1 - 1)$$
 (7.5)

$$B = \frac{b}{a} [a + b (r_1 - 1)]$$
(7.6)

Otrzymamy zależność w postaci:

$$\frac{\mathbf{r} - \mathbf{r}_1}{R_c(\mathbf{r}) - R_c(\mathbf{r}_1)} = \mathbf{A} + \mathbf{B}(\mathbf{r} - 1)$$
(7.7)

W tablicy 7.3. przedstawiono wartości  $r_i - 1$ ,  $(r_i - 1, 017)/(R_c(r_i) - 39, 2)$ obliczone w oparciu o wyniki eksperymentów dla warunków  $r_i = 1,0117$ i  $R_c(r_i) = 39,2$  W/cm<sup>2</sup>.

Tablica 7.3

#### WARTOSCI $r_i = 1$ , $(r_i-1, 017)/[R_c(r_i) = 39, 2]$

Nr próbki	г	r – 1	R <sub>c</sub> (r)	$\frac{r - 1,017}{R_{c}(r) - 39,2}$
2	1,167	$\begin{array}{c} 0, 167 \\ 0, 347 \\ 0, 500 \\ 0, 600 \\ 0, 803 \\ 0, 933 \\ 1, 007 \end{array}$	62,0	0,0066
3	1,347		79,1	0,0083
4	1,500		85,2	0,0105
5	1,600		90,8	0,0113
6	1,803		101,6	0,0126
7	1,933		105,1	0,0139
8	2,007		106,1	0,0148

Wykorzystując uzyskane wyniki z badań, sporządzono wykresy w układzie współrzędnych r - 1,  $(r-1, 017)/[R_c(r)-39, 2]$  (rys. 7.2), z których wynika, że uzyskana zależność jest zależnością liniową. Tak więc można dokonać wyboru zależności.



## 7.1.1.5. Określenie współczynników empirycznych zależności analitycznej

Równanie sumy potegowania błędów otrzymamy w postaci:

$$\sum_{i=2}^{10} [A + B (r_i - 1) - \frac{r_i - 1,1017}{R_c (r_i - 39,2)}]^2 = \sum_{i=2}^{10} V_i^2$$

gdzie:

## Vi - błąd absolutny.

Najbardziej, prawdopodobna wartość A i B otrzymuje się wówczas, gdy suma kwadratów błędów jest minimalna, czyli pierwsza pochodna tej funkcji jest równa zeru. Tak więc równanie normalne ma postać:

$$\frac{\partial \sum_{k=2}^{B} (A + B (r_{i} - 1) - \frac{r_{i} - 1,1017}{R_{e}(r_{i}) - 39,2})^{2}}{\partial A} = 0$$

$$\frac{\partial A}{\partial A}$$
(7.8)
$$\frac{\partial \sum_{k=2}^{B} (A + B (r_{i} - 1) - \frac{r_{i} - 1,1017}{R_{e}(r_{i}) - 39,2})^{2}}{\partial B} = 0$$

- 88 -

Stad:

$$\begin{bmatrix} 7 & \stackrel{\otimes}{\Sigma} (\mathbf{r}_{1} - 1) \\ \stackrel{\otimes}{\Sigma} (\mathbf{r}_{1} - 1) & \stackrel{\otimes}{\Sigma} (\mathbf{r}_{1} - 1)^{2} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \mathbf{A} \\ \mathbf{B} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \stackrel{\otimes}{\mathbf{I}} & \frac{\mathbf{r}_{1} - \mathbf{I}_{1} 017}{\mathbf{R}^{2} (\mathbf{r}_{1}) - 39, 2} \\ \stackrel{\otimes}{\Sigma} & \frac{(\mathbf{r}_{1} - 1) (\mathbf{r}_{1} - 1, 017)}{\mathbf{I} - \mathbf{R}^{2} (\mathbf{r}_{1}) - 39, 2} \end{bmatrix}$$

$$(7, 9)$$

Wyrazy obliczone dla równania (7.9) w oparciu o wyniki eksperymentów przedstawiono w tablicy zamieszczonej w załączniku 16. Podstawiając do (7.9) wartości z wymienionej wyżej tablicy otrzymamy:

$$\begin{bmatrix} 7 & 4,357 \\ 4,357 & 3,287 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,078 \\ 0,054 \end{bmatrix}$$
(7.9a)

Rozwiązując równanie (7.9a) otrzymamy współczynniki empiryczne -

$$A = 0,005 243$$

B = 0,009 478

Podstawiając współczynniki empiryczne do (7.5) i (7.6) otrzymamy następującą zależność:

$$a + 0,017 b = 0,005243$$
  
(7.10  
 $\frac{b}{a}$  (a + 0,017 b) = 0,009478

Rozwiazując równanie (7.10) otrzymamy współczynniki zależności analitycznej:

$$a = 0,0051$$
  
 $b = 0,0092$ 

Podstawiając uzyskane współczynniki empiryczne do (7.2) otrzymamy postać następującą:

$$R_{c}(r) = \frac{r-1}{0,0051+0,0092 (r-1)} + R_{c}^{t}$$
(7.11)

Zależność analityczną dla określenia wytrzymałości szczątkowej wegla antracytowego R<sub>c</sub><sup>k</sup> na konturze wyrobiska chodnikowego z równania sumy potęgowania błędów otrzymamy w postaci:

$$R_{e}^{\kappa} = \frac{\sum_{k=2}^{6} R_{e}(r_{k}) - \sum_{k=2}^{6} \frac{r_{k} - 1}{0,0051 + 0,0092 (r_{k} - 1)}}$$
(7.12)

Wyrazy obliczone dla zależności analitycznej (7.2) w oparciu o wyniki eksperymentów przedstawiono w tablicy zamieszczonej w załączniku 16.

Podstawiając obliczone wyrazy do (7.4) otrzymamy wytrzymałość szczatkowa:

$$R_c = \frac{629,9-377,645}{7} = 36.04 \text{ N/cm}^2$$

Podstawiając współczynniki empiryczne a, b oraz wartości wytrzymałości szczątkowej na konturze wyrobiska  $R_c^{\mu}$  do zależności (7.2) otrzymamy zależność analityczną dla określania wytrzymałości szczątkowej wegla antracytowego w strefie plastycznej:

$$\mathbf{R}_{r}(\mathbf{r}) = \frac{10000 (\mathbf{r} - 1)}{51 + 92 (\mathbf{r} - 1)} + 36,04$$
(7.13)

- 89 -

lub:

$$R_{c}(r) = \frac{10000 (R - R_{0})}{51 R_{0} + 92 (R - R_{0})} 36,04$$
(7.13a)

7.1.2. Warunek kruchego zniszczenia wegla antracytowego w otoczeniu wyrobiska chodnikowego

Warunki kruchego zniszczenia wegli antracytowych (5.10), (5.11), (5.12) i (5.13) można przekształcić we współrzędnych biegunowych o postaci:

$$\sigma_{\Theta} - \sigma_{r} = \sin \rho \, (\sigma_{r} + \sigma_{\Theta} + 2\dot{K} \, \text{ctg} \, \rho) \tag{7.14}$$

Zależność (7.14) można przekształcić do postaci:

$$r_{\Theta} = \sigma_{\mu} \left(1 + \frac{2 \sin \rho}{1 - \sin \rho}\right) + \frac{2K \cos \rho}{1 - \sin \rho}$$
 (7.14a)

Stosując zależność między naprężeniami na wykresie Mohra (rys. 7.3) otrzymamy następujące zależności:

$$= \frac{R_c}{2} \sin \left(-\frac{\pi}{2} - \rho\right) = \frac{R_c}{2} \cos \rho \qquad (7.15)$$

$$\tau = \mathbf{K} + \left[\frac{\mathbf{R}_c}{2} - \frac{\mathbf{R}_c}{2}\cos\left(\frac{\mathbf{\pi}}{2} - \rho\right)\right] \operatorname{tg} \rho = \mathbf{K} + \left(\frac{\mathbf{R}_c}{2} - \frac{\mathbf{R}_c}{2}\sin\rho\right)\operatorname{tg} \rho$$
(7.16)

gdzie:

T

R<sub>c</sub> - wytrzymałość wegla antracytowego w strefie spreżystej (wytrzymałość wegla antracytowego niezniszczonego).

Po przekształceniu zależności (7.15) i (7.16) otrzymamy postać następująca:





$$R_{e} = \frac{2K\cos\rho}{1-\sin\rho}$$
(7.17)

 $\alpha = \frac{2 \sin \rho}{1 - \sin \rho}$ 

Oznaczając:

.....

i podstawiając do (7.14a) otrzymamy zależność:

 $\sigma_{\rm el} = \sigma_{\rm el} (1 + \alpha) = R, \qquad (7, 12)$ 

(7.18)

Tak więc warunek kruchego zniszczenia wegla antracytowego w otoczeniu wyrobiska chodnikowego z zależności (7.13), (7.13a) i (7.19) można zapisać (por. rys. 7.4) w postaci:

$$\mathbf{r}_{\Theta} - \sigma_{r}(1+\alpha) = \begin{cases} R_{e}(\mathbf{r}) = \frac{10000 \ (\mathbf{r}-1)}{51+92 \ (\mathbf{r}-1)} + 36,04 \\ (1 \le \mathbf{r} \le \mathbf{r}) \end{cases}$$

$$\mathbf{R}_{e} = 138,9 \qquad (\mathbf{r}_{e} \le \mathbf{r})$$

- 91 -

lub:

$$R_{c}(r) = \frac{10000 (R - R_{c})}{51 R_{c} + 92 (R - R_{c})} + 36,04$$

$$(R_{c} \in R \in R_{L})$$

$$R_{c} = 138,9$$

$$(R_{L} < R)$$

$$(R_{L} < R)$$

Rys, 7.4. Wytrzymałość wegla antracytowego w otoczeniu wyrobiska chodnikowego

- Fig. 7.4. Strength of anthracite coal in the vicinity of a heading
- 7.1.3. Zależność analityczna dla określenia obciążenia na obudowe wyrobiska chodnikowego prowadzonego w węglu antracytowym

Pierwotny stafi naprężeń w górotworze ulega zmianie w otoczeniu wyrobiska chodnikowego prowadzonego w węglu antracytowym. Wokół tego wyrobiska wytwarza się nowy stan naprężeń. Wartości tych naprężeń uzależnione są od kształtu przekroju poprzecznego wyrobiska, od wartości współczynnika parcia bocznego oraz od charakteru ośrodka. Górotwór jest ciałem anizotropowym, niejednorodnym. Tak więc przy rozwiazaniu dla ośrodka sprężysto-plastycznego [12, 37, 38, 51] przyjmowane są dodatkowo następujące założenia:  pominięcie sił masowych tarczy obciążonej na znajdujących się w nieskończoności krawędziach ciśnieniem górotworu p., p o wartoć ciach panujących pierwotnie w osi wyrobiska chodnikowego w weglu antracytowym,

- izotropowości i jednorodności ośrodka,

- hydrostatycznego stanu ciśnienia.

W wyniku przekroczenia wytrzymałości wegla antracytowego na ściskanie, wytwarza się wokół wyrobiska chodnikowego strefa kruchego zniszczenia o zasięgu r... Poza tą strefą wegiel antracytowy zachowuje cechy sprężyste. Przy powyższych założeniach warunek równowagi otrzymujemy (jak podaje Go dzon cho [12]) w postaci:

$$\frac{\mathrm{d}\sigma_{\mathrm{r}}}{\mathrm{d}R} + \frac{\sigma_{\mathrm{r}} - \sigma_{\mathrm{e}}}{R} = 0 \qquad (7.21)$$

Podstawiając do zależności (7.21) warunek kruchego zniszczenia (7.20) otrzymamy:

$$\frac{dR}{R} = \frac{1/\alpha \ d \ [\alpha \ \sigma_{\nu} + R_{\nu}(r)]}{\alpha \ \sigma_{\nu} + R_{c}(r)}$$
(7.23)

którego rozwiązanie opisane jest przy przyjąciu warunków brzegowych  $R = R_0, \sigma_v = P$  i  $R = R, \sigma_v = \sigma_v$  funkcją:

$$\int_{\mathbf{R}\alpha}^{\mathbf{R}} \frac{d\mathbf{R}}{\mathbf{R}} = \frac{1}{\alpha} \int_{\mathbf{P}}^{\mathbf{P}\nu} \frac{d\left[\alpha \,\sigma_{\nu} + \mathbf{R}_{c}\left(\mathbf{r}\right)\right]}{\alpha \,\sigma_{\nu} + \mathbf{R}_{c}\left(\mathbf{r}\right)}$$
(7.23)

Stad:

$$\ln \frac{R}{R_0} = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{\alpha r_c + R_c (r)}{\alpha P + R_c^{(t)}}$$
(7.23a)

gdzie:

P - nośnaść obudowy.

Z zależności (7.23) naprężenie w strefie kruchego zniszczenia otrzymamy:

$$P = \frac{1}{\alpha} [(\alpha P + R_{c}^{*}) r^{*} - R_{c}(r)] \qquad (7.24)$$

Fodstawiając (7.24) do (7.20) otrzymamy zależność dla określenia naprężenia:

$$\hat{\sigma} = \frac{1+\alpha}{\alpha} \left[ \left( \alpha F + R_c^b \right) r^{\alpha} - \frac{1}{\alpha} R_c(r) \right]$$
(7.25)

Naprężenia w strefie sprężystej można wyznaczyć (por. [38) na podstawie analizy stanu naprężenia w tarczy z otworem (rys. 7.5):

$$\sigma_{P}^{B} = P_{x} - \frac{C}{R^{2}} \qquad (7.26)$$

$$e_{\Theta} = P_{\pi} + \frac{C}{R^2}$$
(7.27)

gdzie:

P. - pierwotne naprężenia pionowe w górotworze,

C - stała określona z warunku brzegowego.



Rys, 7,5, Schemat tarczy dla ośrodka sprężysto-plastycznego Fig. 7.5. Diagram of a disc for an elasto-plastic medium Z warunku brzegowego:

$$R = R_{L} = R_{C} + 1$$
$$\sigma_{V} = \sigma_{V}$$

otrzymamy:

$$P_{Z} - \frac{A}{(R_{o} + 1)^{2}} = \frac{1}{\alpha} \left[ (\alpha P + R_{c}^{*}) (\frac{R_{o} + 1}{R_{o}})^{\alpha} - R_{c} (r_{L}) \right]$$
(7.28)

gdzie:

## R<sub>c</sub>(r<sub>1</sub>) - wytrzymałość wegla antracytowego w granicy strefy kruchego zniszczenia.

Dla  $R = R_0 + 1$  otrzymamy z warunku stanu granicznego (7.20) postać następującą:

$$\sigma_{\Theta}^{E} - \sigma_{\nu}^{E} (1 + \alpha) = R_{c} (r_{L}) \qquad (7.29)$$

Podstawiając (7.26) i (7.27) do (7.29) otrzymamy:

$$\frac{A}{(R_{c}+1)^{2}} = \frac{\alpha F_{x} + R_{c}(r_{L})}{2 + \alpha}$$
(7.30)

Podstawiając natomiast (7.30) do (7.28) otrzymamy zależność analityczną dla określenia obciążenia na obudowę wyrobiska chodnikowego prowadzonego w węglu antracytowym:

$$P = I \frac{2I_{x} + R_{c}(r_{L})}{2 + \alpha} + \frac{R_{c}(r_{L})}{\alpha} I - (\frac{R_{0} + 1}{R_{0}})^{-\alpha} - \frac{R_{c}}{\alpha}$$
(7.31)

Dla  $R = R_{L} = R_{O} + 1$  otrzymamy z warunku stanu granicznego (7.20) następującą zależność:

$$R_{c}(r_{L}) = \frac{100001}{51 R_{o} + 92 1} + 36,04$$
(7.32)

Podstawiając (7.32) do (7.31) otrzynamy:

-8

$$P = \left(\frac{102 \ \alpha \ P_x \ R_0}{\alpha \ (2 + \alpha)(51 \ R_0 + 92 \ 1)} - \frac{3676,08 \ R_0}{\alpha}\right) \left(1 + \frac{1}{R_0}\right) - \frac{36,04}{\alpha}$$
(7.33)

7.2. OKRESLENIE PARAMETROW PROJEKTOWANIA ZANKA OBUDOWY METALOWEJ ODRZWIOWEJ PODATNEJ DLA WYROBISKA CHODNIKCWRGO

7.2.1. Wielkość podatności obudowy metalowej odrzwiowej dla wyrobiska chodnikowego

Ze względu na bardzo małą wytrzymałość węgla antracytowego w otoczeniu wyrobiska chodnikowego wytwarza się strefa spękań. Tak więc kontur wyrobiska odkształca się bardzo szybko co sugeruje że obudowę powinno wykonywać się w ślad za postępem wyrobiska chodnikowego. Przy zastosowaniu obudowy sztywnej na obudowę działa większe obciażenie, dlatego też korzystniej stosować obudowę podatną.

Kształt przekroju poprzecznego wyrobiska chodnikowego i kształt konturu zewnętrznego obudowy różni się między sobą, co wymaga podsadzenia wolnej przestrzeni między obudową a ociosem. Podatność obudowy chodnikowej w weglu antracytowym powinna być taka, aby nie doprowadzić do niesprężystych odkształceń wegla otaczającego wyrobisko [35]. A zatem:

$$\Delta l_{\rm p} = \Delta l' - \Delta l_{\rm pos} - \Delta l_{\rm pos} \tag{7.34}$$

gdzie:

- Δlp wielkość podatności obudowy,
- Al' wielkość niesprężysta w stropie wyrobiska chodnikowego w weglu antracytowym,
- Alpon wielkość odkształcenia materiałów podsadzki,
- Alpor wielkość odkształcenia początkowego konturu wyrobiska chodnikowego w czasie od wykonania wyłomu do wykonania obudowy.

Połączenie obejmą klinową lub strzemieniem elementów obudowy metalowej odrzwiowej podatnej wyrobiska chodnikowego w weglach antracylowych przedstawiono na rys. 7.6.



Rys. 7.6. Sposoby polaczenia elementów obudowy metalowej odrzwiowej podatnej chodnika

> a - obejma klinowa, b - strzemie

Fig. 7.6. Method of joining the elements of metal, double timber, flexible lining of a heading

Sposób w jaki ujawnia się podatność obudowy metalowej podatnej wymaga nienagannej pracy zamków o układzie sił takim, jaki pokazano na rysunku 7.7. Zasadniczym warunkiem takiej pracy jest symetryczność obciążeń elementów łukowych w stosunku do osi pionowej przekroju wyrobiska chodnikowego, bowiem tylko wówczas wystapią jednakowe siły osiowe N w obydwóch zamkach, chociaż skokowe wsuwanie się stropnicy do obu stojaków zostaje zachowane.





Fig. 7.7. System of forces in the lock of a metal, double flexible lining for a heading

W każdym zamku na układ sił składają się następujące składowe: siła csiowa, siła poprzeczna, siła naciągu kabłaków uzyskiwana przez dokręcanie śrub lub zabicie klinów, moment zginający. Z rysunku 7.7 wynika, że w zamku siła docisku jednego elementu do drugiego zależy od wzajemnego usytuowania kabłaków, czyli odległości 1°' i Io, które nie zawsze jest jednakowe

Siłę początkowa zsuwającą elementy obudowy podatnej można opisać następującą zależnością analityczną [48]:

$$N = \mu \left[ \frac{\sum_{k=1}^{n} P_{w_{k}} + Q + \frac{3M}{2(1_{0} + 1_{0}^{*})}}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha} + 1 P_{w_{k}} + \frac{3M}{2(1_{0} + 1_{0}^{*})} \right]$$
(7.35)

gdzie:

H - siła osiowa w zamku obudowy (siła początkowa),

- P<sub>xi</sub>- siła naciągu kabłąków uzyskiwana przez dokręcanie śrub lub zbicie klinów,
- Q siła poprzeczna,
- α kat odgiecia profilu korytka od pionu,
- µ współczynnik tarcia między elementami obudowy.

Kształt obudowy chodnikowej w weglu antracytowym wybierano opierając się na następującej zależności analitycznej [48]:

$$y = h_0 \pm \sqrt{\frac{1^2}{4\lambda} + h_0^2 - \frac{x^2}{\lambda}}$$
 (7.36)

gdzie:

h

x, y - współrzędne konturu obudowy,

$$p = \frac{1}{2} (h - \frac{1}{4} \cdot \frac{1^2}{4h})$$

h - wysokość wyrobiska chodnikowego,

1 - szerokość wyrobiska chodnikowego.

Tak wiec, moment zginający w zamku obudowy wyrobiska jest zerowy.

Siłę poprzeczną można w zależności (7.28) pominąć, jest ona bowiem mniejsza niż siła naciągu kabłąków uzyskiwana przez dokręcanie śrub lub zabicie klinów.

Gdy zamki montowane są na stojakach obudowy, jej podporność wstępna równa jest podanej sile początkowej (rys. 7.8).





- Rys, 7.8. Obudowa metalowa odrzwiowa podatna dla wyrobiska chodnikowego w weglu antracytowym
- Fig. 7.8. Metal, double timber, flexible lining for a heading in anthracite coal

Z zależności (7.28) otrzymamy postać następująca:

$$P_{p} = \mu \left[ \frac{1}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha} + 1 \right] \sum_{k=1}^{p} P_{\kappa_{k}}$$
(7.37)

gdzie:

Pp - podporność wstepna.

Charakterystykę teoretyczną pracy obudowy metalowej odrzwiowej podatnej (rys. 7.9) można opisać wzorem [44] następującym:

$$\Delta l_{\rm p} = \frac{1}{P_{\rm o}} (P - P_{\rm p}) \tag{7.38}$$

gdzie:

- Po sztywność obudowy,
- P podporność robocza obudowy.

Podstawiając (7.37) do (7.38) otrzymamy postać:

$$\Delta l_{P} = \frac{1}{P_{Q}} \left[ P - \mu \left( \frac{1}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha} + 1 \right) \right]$$
(7.39)



Rys, 7,9, Charakterystyki pracy obudowy metalowej odrzwiowej podatnej

Fig. 7.9. Operation characteristics of a metal, double timber, flexible lining

7.2.2. Określenie parametrów dla projektowania zamka obudowy odrzwiowej podatnej wyrobiska chodnikowego

Zależność analityczna dla obliczenia siły naciągu kabłaków, która uzyskujemy przez dokręcanie śrub lub zabijanie klinów, z (7.34) i (7.39) otrzymujemy w postaci:

$$\mathbf{P}_{\mathrm{s}} = \frac{\mathbf{P} - \mathbf{P}_{\mathrm{o}} (\Delta \mathbf{1}^{*} - \Delta \mathbf{1}_{\mathrm{boss}} - \Delta \mathbf{1}_{\mathrm{boss}})}{n \mu (\frac{1}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha} + 1)}$$
(7.40)

Podstawiając (6.30) do (7.40) otrzymamy postać:

$$P_{r_{i}} = \frac{P - P_{r_{i}} \left( \frac{0.4 \text{ I}}{2\sqrt{D}} - 1.2 \text{ V} D - \Delta l_{\text{pos}} - \Delta l_{\text{pos}} \right)}{n \mu \left( \frac{1}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha} + 1 \right)}$$
(7.41)

- 102 -

gdzie:

n - ogólna ilość śrub lub klinów.

Zależność analityczną między siłą początkową i wielkością przesuwu klina w zamku z obejmą klinową dla obudowy metalowej odrzwiowej podatnej można zapisać w postaci następującej [36]:

$$p = 0, 1 + 0, 34 l_{11}, kN \qquad (7.42)$$

gdzie:

P

1. - wielkość przesuwu klina, mm.

Tak więc długość klina wymaganą dla uzyskania siły początkowej w zamku obudowy metalowej odrzwiowej podatnej z (7.37) i (7.42) otrzymany w postaci:

$$I_{\rm k} = 2,9 \ \mu \ (\frac{1}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha} + 1) \sum_{\lambda=1}^{n} P_{\rm k} = -0,3$$
 (7.43)

Po zabiciu klina w zamku z obejmą klinowa dla obudowy odrzwiowej podatnej nie wolno tego zamka demontować.

Varunek równowagi,klina (rys. 7.10) ma postać następująca:

$$\frac{P_{a1}}{\cos \alpha_0} + tg\rho \sin \alpha_0 + P_a tg\rho - \frac{P_{a1}}{\cos \alpha_0} + tg\rho \sin \alpha_0} = 0 \qquad (7.44)$$

gdzie:

αo - kat nachylenia klina,

p - kat pomiedzy płaszczyznami elementów zamka.





Zależność analityczna (7.44) przyjmuje postać:

αο ε 2ρ

Srednice śruby w strzemieniu obudowy metalowej odrzwiowej podatnej konieczna dla uzyskania siły początkowej można określić następującą zależnością analityczna:

$$d = \sqrt{\frac{4 \left[P - P_0 \left(\Delta l^4 - \Delta l_{post} - \Delta l_{post}\right)}{n \pi k_{\mu} \left(\frac{1}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha} + 1\right)}}$$
(7.46)

gdzie:

k. - dopuszczalne naprężenie materiału śruby na rozciaganie.

Z warunku technicznego kształtowników V przyjmujemy:

(7.45)

Otrzymujemy:

$$P_{ij} = \frac{P - P_{O}(\Delta 1^{i} - \Delta I_{poc})}{0,52 n}$$
(7.47)

$$P_{P} = 0,52 \sum_{i=1}^{n} P_{i}$$
 (7.48)

$$l_{\rm H} = 1,51 \sum_{k=1}^{5} F_{\rm sr_k} = 0,3 \qquad (7.49)$$

$$d = \sqrt{\frac{7,69 \ \text{[P - P_o (\Delta l' - \Delta l_{\text{proc}} - \Delta l_{\text{proc}})}{n \ \pi \ k_r}}$$
(7.51)

7.3. OKRESLENIE PARAMETROW DLA ZMNIEJSZENIA OBCIĄZENIA NA OBUDOWĘ WYROBISKA CHODNIKOWEGO PROWADZONEGO W WĘGLACH ANTRACYTOWYCH

7.3.1. Sposób zmniejszenia obciażenia obudowy wyrobiska chodnikowego prowadzonego w weglach antracytowych

Pod wpływem eksploatacji następuje znaczny przyrost odkształceń, co jest powodem dużych obciążeń na obudową. Musimy wówczas stosować odpowiednie metody zmniejszenia obciążenia na obudowę wyrobiska chodnikowego.

Uwzględniając charakter wyrobiska chodnikowego w wegląch antracytowych wykonuje się otwory odciążające (średnica - 220 mm, długość - 160 cm) w otoczeniu wyrobiska chodnikowego lub układa się podsadzkę między wyłomem wyrobiska a okładzinami opierającymi się o odrzwia obudowy matalowej podatnej (rys. 7.11). - 105 -



Rys, 7.11. Schemat sposobu zmniejszania obciążenia na obudowe wyrobiska chodnikowego w weglu antracytowym

Fig. 7.11. Diagram of the way of decreasing the load on the lining of a heading in anthracite coal

Po wprowadzeniu sposobu zmniejszania obciążenia na obudowe wyrobiska chodnikowego, osiągnięto zadowalający efekt w utrzymaniu tego wyrobiska.

Prowadząc wyrobiska chodnikowe w węglach antracytowych po 15 ÷ 2° dniach od wydrążenia zaobserwowano występowanie obciążenia na odrzwia obudowy około 260 kN. Natomiast po tym samym czasie z zastosowaniem sposobu zmniejszenia obciążenia otrzymano jego wielkość około 150-200 kN (rys. 7.12).

Parametry sposobu zmniejszenia obciążenia musimy określić ze szczególnym uwzględnieniem warunków górniczo-geologicznych i górniczotechnologicznych, żeby zwiększać efekt tego sposobu i umożliwić wprowadzenie go zawsze tam, gdzie jest to konieczne.

Parametry takie jak długość, średnica i ilość otworów strzałowych w sposobie zmniejszenia obciążenia określamy w oparciu o wielkość strefy kruchego zniszczenia i przemieszczenia w otoczeniu wyrobiska chodnikowego prowadzonego w weglu antracytowym.







- x obciażenie na obudowe wyrobiska chodnikowego z zastosowaniem sposobu dla zmniejszenia obciążenia,
- obciażenie obudowy wyrobiska chodnikowego bez zastosowania wymienionego sposobu,
- Fig. 7.12. Loads on the lining of a heading conducted in anthracite coals
- 7.3.2. Określenie parametrów sposobu zmniejszenia obciążenia na obudowę wyrobiska chodnikowego w weglu antracytowym

Wzrost objętości wegla antracytowego w strefie odkształceń pozagranicznych w otoczeniu wyrobiska chodnikowego tworzy się zwykle w strefie kruchego zniszczenia. Tak więc długość otworu strzałowego można przyjmować jako równą wielkości strefy kruchego zniszczenia:

$$l_{cl} = m \, l = m \, b \, \left(\frac{P_{m} b}{P_{cl}}\right)^{c_{l} / r} \, \left(\frac{P_{m}}{K}\right)^{1 / 1} \, \rho^{-5 / r} \tag{7.52}$$

gdsie:

m - współczynnik bezpieczeństwa,

b - odległość między kolejnymi odrzwiami obudowy.

Wielkość pęcznienia objętościowego węgla antracytowego między odrzwiami oblicza się następująco:

$$V = \pi \Delta l (2R_0 - \Delta l) b$$
 (7.53)

gdzie:

Δ1 - wielkość odkształcenia niesprężystego konturu wyrobiska,
 Ro- promień wyrobiska chodnikowego.

Podstawiając (6.24) do (7.53) otrzymamy postać:

$$V = \pi \left( \frac{1}{3 \sqrt{D}} - \frac{3}{2} D \right) [2R_0 - (\frac{1}{3 \sqrt{D}} - \frac{3}{2} \sqrt{D})] b \qquad (7.54)$$

Objętość przestrzeni dla zmniejszenia obciążenia na obudową można określić następująco:

$$V_1 = \frac{\pi d^2}{4} I_{\rm eff} = \frac{\pi d^2 m b}{4} \left(\frac{P_{zb}}{P_0}\right)^{0.7} \left(\frac{P_z}{K}\right)^{1.1} p^{-5.7}$$
(7.55)

gdzie:

d - średnica otworu strzałowego.

Ilość otworów odciążających lub odprężających dla zmniejszenia obciążenia tworzącego się z przyrostu objętości wegla antracytowego na obudowę wyrobiska chodnikowego oblicza się następująco:

$$n = \frac{V}{V_1} = \frac{4 \left(\frac{N}{3 \frac{N}{2}/D} - \frac{N}{2}\sqrt{D}\right) (2R_0 - \left(\frac{N}{3 \frac{N}{2}/D} - \frac{N}{2}\sqrt{D}\right))}{d^2 n \left(\frac{P_0 b}{P_0}\right)^{0/2} \left(\frac{P_0}{K}\right)^{1/2} \rho^{-0/2}}$$
(7.56)

8, WNIOSKI KONCOWE

Na podstawie wykonanych badań laboratoryjnych oraz przeprowadzonych rozważań teoretycznych można sformułować następujące wnieski końcowe.

Wyniki badań wytrzymałościowych wegli antracytowych z Zeglebia Gon-Gon wykazują, że obwiednie napreżeń granicznych (kół Mohra) dla tych skał mogą być przyjmowane w postaci funkcji liniowej o równaniach przedstawionych w rozdziele 5- niniejszeł pracy. W oparciu o wyniki badań w rozdziele tym przedstawiono również zależności umożliwiające wyznaczenie spoistości i kąta tarcia wewnętrznego badanych wegli.

2

1

Zgodnie z programem badań, w pracy tej ustalono również związek pomiędzy przemieszczeniem konturu wyrobiska chodnikowego a parametrami geotechnicznymi górotworu i charakterystyką zastosowanej obudowy. Vstalono. że wielkość togo przemieszczenia jest zależna od pierwotnego ciénienia góratworu, speistości i kata tarcia wewnetrznego skał otaczających wyrobisko praz technicznych parametrów obudowy, takich jak modui sprężystości materiału, jej konstrukcji i powierzchni nośnej. Przy jednakowych cechach obudowy dla calego konturu wyrobiska wielkość przemieszczenia w stropie jest o 1,2 razy większa niż w jego ociosach. Sformułowane w rozdziale 6- zależności analityczne pozwalają na obliczenie tych wielkości dla konkretnych warunków górniczogeologicznych.

3

W sposób analityczny opracowano zależność pomiędzy wielkościa zasiegu strefy kruchego zniszczenia powstającej w otoczeniu wyrobiska chodnikowego. Przeprowadzone obliczenia z zależności (6.44) i (6.50) wykazały, że zasieg tej strefy w stropie jest o 1,4 razy większy niż przy jednakowych właściwościach górotworu i parametrach technicznych obudowy (dla całego konturu). Wyniki przeprowadzonych rozważań umożliwiły również sformuowanie zależności pomiędzy wielkościa zasiegu strefy a przemieszczeniem konturu.

- 109 -

W trakcie badań ustalono, że pomimo kruchego zniszczenia węgla posiadać on bedzie wytrzymałość szczątkową. Oznacza to, że w przypadku wystąpienia naprężeń powodujących kruche zniszczenie struktury (warunek plastyczności) wegiel będzie się charakteryzował pewną minimalną wytrzymałością na ściskanie. Wyniki badań oraz stosowne formuły analityczne przedstawiono w rozdziale 7-mym - (7.13), (7.20), (7.20a).

5

Z technicznego punktu widzenia istotne jest ustalenie optymalnych parametrów technicznych obudowy mającej zapewnić stateczność wyrobiska. Do cech tych zaliczono podatność oraz podporność obudowy. Na podstawie przeprowadzonych prac ustalono, że niezbędna podporność obudowy metalowej odrzwiowej wyrobisk chodnikowych zlokalizowanych w weglu antracytowym jest zależna od przemieszczenia konturu, sztywności jej konstrukcji, podporności roboczej, siły naciągu kabłaków, współczynnika tarcia między elementami itp. Biorac pod uwagę wymienione czynniki ustalono sposób doboru parametrów obudowy, umożliwiających zmniejszanie wielkości jej obciążenia, a także sposób projektowania parametrów technicznych zamka. 6

Uzyskane w pracy zależności analityczne pozwoliły na dobór optymalnych parametrów technicznych obudowy wyrobisk chodnikowych lokalizowanych w weglach antracytowych rejonu Gon-Gon. Ustalono, że dla tych warunków podporność robocza obudowy winna wynosić co najmniej 60 KPa, a podatność na przemieszczenia do wyrobiska powinna być nie mniejsza niż 350 mm. Niezależnie od stosowania obudowy o wymienionych wyżej parametrach, proponuje się wykonywanie wokół wyrobiska otworów odciążających, które powinny przyczynić się do zmniejszenia wielkości obciążenia i ułatwić zapewnienie stateczności tego wyrobiska. Przeprowadzenie takiego zabiegu winno zwiększyć czas użytkowania wyrobiska bez konieczności jego przebudowy z 10 + 12 dni jak dotychczas, do 30 + 35 dni.

#### LITERATURA

- Chudek M.: Górnictwo T.VII. Obudowa wyrobisk r.2, Obudowa kamienna, metalowa i mieszana. Wyd.Sląsk, 1968.
- Chudek M.: Vytrzymałość skał karbońskich w trójosiowym stanie naprężeń. Archiwum Górnictwa, t.XVI, z.3, 1981.
- Chudek M.: Mechanika Górotworu. Skrypt Politechniki Slaskiej nr 956/61. Gliwice 1981.
- 4. Chudek M.: Budownictwo podziemne kopalń. Cz.I. Obudowa wyrobisk korytarzowych, komorowych i ich połączeń. Skrypt Politechniki śląskiej nr 1046, Gliwice 1982.
- 5. Chudek M.: Wpływ głębokości na stan deformacyjno-naprężeniowy w otoczeniu wyrobisk górniczych. Przegląd Górniczy nr 5, 1983.
- Chudek M., Gluch P. Szczepaniak Z.: Projektowanie i wykonywanie wyrobisk komorowych. Skrypt Politechniki Slaskiej nr 1299, Gliwice 1987.
- 7. Chudek N., Mateja J., Rułka K.: Podstawy teoretyczne oraz nowe zasady doboru, ustalania obciążeń i wymiarowania obudów długotrwałych wyrobisk korytarzowych i komorowych. ZN Politechniki śląskiej, Górnictwo, z. 124, Gliwice 1985.
- Doroszenko W.J., Innolimow Z.D.: Zakonomiernosti obrazowanija zony nieuprugich deformacij wokrug podgotowitielnych wyrabotok. Gornyj Zurnał, nr 9, 1972.
- 9. Filcek H.: Stan naprężenia i odkształcenia wokół wyrobiska chodnikowego jako funkcja czasu. Zeszyty Problemowe Górnictwa, z.1, 1963.
- Gmoszinskij V.G.: Gornoje dawlenije na polegich ugolnych płastach w okrestnosti wyrabotki. Ugol, nr 6, 1957.
- 11. Gmoszinskij V.G.: Issledowanija gornogo dawlenija. Gosgortechizdat, 1961.

- 12. Go Dzon Cho: Ziakrilon. Phenjan, Godunglouk 1961.
- Kłeczek Z.: Wytrzymałość skał karbońskich w świetle badań reologicznych. Zeszyty Problemowe Górnictwa, z.2, PAN 1967.
- Kuzmicz A.C., Kaluznij N.G., Bidulin A.E.: Raspołożenije polewnych wyrabotok pri razrabotkie ugolnych mestorożdienij. Moskwa, Niedra 1961.
- 15. Kwaśniewski M.: Odkształceniowe i wytrzymałościowe własności trzech strukturalnych odmian piaskowców karbońskich w warunkach konwencjonalnego trójosiowego ściskania. Archiwum Górnictwa, t.28, z.4, 1983.
- Kwaśniewski M.: Kryteria kruchego zniszczenia węgli kamiennych w warunkach konwencjonalnego trójosiowego ściskania. Prace Instytutu Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Politechniki śląskiej, 119/2. Gliwice 1985.
- 17. Kwaśniewski M., Pacha J., Oleksy S.: Wytrzymałość trójosiowa dwu mineralogiczno/diagenetycznych odmian drobno-średnioziarnistych piaskowców karbońskich PNIOVEK i ANNA. ZN Politechniki Sląskiej, nr 778. Górnictwo z.128, 1983.
- Labasse A.: Dawlenije gornych porod w ugolnych szachtach. Woprosy teorii gornowo dawlenija. Gosgortechizdat 1961.
- Liberman Ju.M.: Dawlenije na kriep kapitalnych wyrabotok. Moskwa, Niedra 1969.
- 20. Li Jon Am: Ziakrilon ga unjon. Phenjan, Gachak-wekga 1982.
- Małoszewski J.: Zasady określania obciążeń przy projektowaniu obudów kapitalnych wyrobisk korytarzowych i komorowych. ZN Politechniki Sląskiej, Górnictwo z.107, Gliwice 1981.
- Martinek R., Szojda S., Ulíasz J., Właszek J.: Badanie wybranych skał karbońskich w trójosiowym stanie naprężenia. ZN Politechniki sląskiej, Górnictwo z.107, Gliwice 1981.

1

23. O Czen Gun: Ichaktongebek. Phenjan, Godungiouk 1979.

- Podgórski K.: Zachowanie się skał stropowych i spagowych pod wpływem eksploatacji pokładów stromych. Praca habilitacyjna. Górnictwo z.32, Gliwice 1968.
- Podgórski K., Kleta H.: Współpraca obudowy włotów podszybii z górotworem. Konferencja naukowo-techniczna. Kokotek 1983.
- 26. Podgórski K., Kleta H.: Wyznaczanie obciążenia obudowy wyrobisk korytarzowych i komerowych w oparciu o pomiary i rozważania teoretyczne. ZN Politechniki Sląskiej, Górnictwo z.128, Gliwice 1983.
- Ruppenejt K.W.: Niekotoryje woprosy mechaniki gornych porod. Ugletechizdat 1954.
- Ržewskij W.W., Nowik G.Ja.: Osnowy fiziki gornych porod. Moskwa, Niedra 1978.
- 29. Sin Mun Giu: Szurekczetan. Phenjan, Godungiouk 1964.
- Szkurina K.P.: Issledowanija po mechanikie gornych porod. Ilim 1967.
- Zasławskij Ju.Z.: Issledowanie projawlenij gornowo dawlenija w kapitalnych wyrabotkach głubokich szacht Donieckowo bassejna. Niedra, Moskwa 1966.
- 32. Zasławskij Ju.Z.: Raboty Don UGI w obłasti ochrany i prognozirowanija projawlenij gornogo dawlenija w kapitalnych wyrabotkach głubokich szacht Donbassa. Sbornik trudow WNIMI. Leningrad 1971.
- Zasławskij Ju.Z., Zorin A.N., Czerniak J.Ł.: Rasczoty parametrow krepi wyrabotok głubokich szacht. Technika, Kijew 1972.
- Zo Chen Sek: Muentan jenczungendoły zimchachensan gumen ga ziziak jengu. Sektangonek 3, 1962.
- 35. An In Gon: V chen gaczksen sedonwalły zechawu ła danmen chentai. Sektagonek, 11, 1970.
- An In Gon: Mujentan wufurum chensangua jenczungendo judzi gjesen deczek. Sektagonek 1, 1972.

37. An In Gon: Gendo judzi. Phenjan. Zungonek 1974.

- 114 -
- 38. An In Gon: Donwal rekchak (I). Phenjan. Gachak 1975.
- An In Gon: Gibon gendo jengucha (zorisik konkrit donwal). Phenjan. Zungonek 1976.
- An In Gon: Mujentan jenczingendo sedonbary rekchakczuktsen gesen wichan jengu. Gensangonchak 2, 1976.
- An In Gon: Gibon gendo jengucha (aksa konkrit donwal). Phenjan. Zungonek 1977.
- 42. An In Gon: Donwal rekchak (II). Phenjan. Gachak 1979.
- 43. An In Gon: Giczozario jengu. Phensen 1, 1979.
- 44. An In Gon: Donwalchak. Phensen 1980.
- 45. An In Gon: Giczozario jengu. Phensen 2, 1980.
- 46. An In Gon: Giczozario jengu. Phensen 3, 1981.
- 47. An In Gon: Giczozario jengu. Phensen 4, 1982.
- 48. An In Gon: Gulgil sedonwal. Phenjan. Godungiouk 1983.
- 49. An In Gon: Giczozario jengu. Phensen 5, 1983.
- 50. An In Gon: Gendo Donwalchak. Phenjan. Godungiouk 1984.
- 51. An In Gon: Giczozario jengu. Phensen 6, 1984.
- 52. An In Gon: Gendo donwal gjesan. Phensen 1985.

#### 01 Nr 0 ... T ... 0 12 Tra ------------490,3 706.1 240 394,0 346 200.8 1 704 582.1 2 725,7 970,9 526 640,4 970,0 961 772,4 952 161.6 3 980,7 4 1 274,9 1 029,7 1 625 370,0 1 312 764,5 5 1 421.9 1 284,7 2 031 799,6 1 826 714,9 6 1 667,1 1 343,5 2 779 222,4 2 239 748,8 7 1 765 2 1 961,3 3 115 931,0 3 462 086,7 8 2 304,6 1 931,9 5 311 181,1 4 452 256,7 9 2 383.0 2 284,9 5 678 689,0 5 444 916,7 2 617.8 5 764 525,3 10 2 177.1 7 010 844.8 11 2 863,5 2 383,0 8 199 632.2 6 823 720,5 \_\_\_\_ ----Σ 18 524,7 17 044,0 37 471 476.9 33 329 678.6

#### Tablica 2

======				
Nr	0'	Tn	0'n	0n în
1	343,2	588,4	117 786,2	201 938,9
2	588,4	1 010,1	346 214,6	594 - 342,8
3	921,8	1 059,1	849 715,2	976 278,4
4	1 029,7	1 314,1	1 060 282,0	1 353 128,7
5	1 294,5	1 490,6	1 675 730,2	1 929 581,7
6	1 569,1	1 510,2	2 462 074,8	2 369 654,8
7	1 667,1	2 039,8	2 779 222,4	3 400 550,5
8	2 010,4	1 990,7	4 041 708,1	4 002 103,2
9	2 294,8	2 638,0	5 266 107,0	6 053 682,4
10	2 706,6	2 775,3	7 325 683,5	7 511 626,9
11	2 892,9	2 853,7	8 368 870,4	8 255 468,7
2	17 318,5	19 270,0	34 293 394,4	36 648 357,0

## ZAŁĄCZNIKI

Tablica 1

Tablica 3

Nr	٥٢m	Ť n	o <sup>, 21 ا</sup>	ση τη
1 2 3 4 5 6 7 8 9	509,9637,4764,9931,61 176,81 618,11 765,21 961,32 353,6	931,6 1 039,5 1 274,9 1 255,3 1 539,6 1 892,7 2 314,4 2 726,3 2 775,3	259 998,0 406 278,8 585 072,0 867 878,6 1 384 858,2 2 618 247,6 3 115 931,0 3 846 697,6 5 539 432,9	475 022,8 662 577,3 975 171,0 1 169 437,4 1 811 801,2 3 062 577,8 4 085 378,8 5 347 092,1 6 531 946,0
10 11	2 647.8 2 843,9	3 118,5 3 461,8	7 010 844,8 8 087 767,2	8 257 164,3 9 845 013,0
Σ	17 210,5	22 329,9	33 723 006,7	42 223 181,7

===:	талана. По	S,		S <sup>2</sup>	-II.	S
===:						
1	0,006	0,029	0,70	0,4900	-0,453	1,7720
2	0,008	0,026	0,70	0,4900	-0,342	1,8820
3	0,028	0,022	0,70	0,4900	-0,151	2,0890
4	0,007	0,029	0,70	0,4900	-0,320	1,9060
5	0,004	0,029	0,70	0,4900	-0,653	1,5700
6	0,003	0,029	0,70	0,4900	-0,863	1,3590
7	0,006	0,029	0,70	0,4900	-0,494	1,7310
8	0,006	0,029	0,70	0,4900	-0,566	1,6590
9	0,006	0,029	0,70	0,4900	-0,679	1,5460
10	0,004	0,030	0,63	0,3969	-0,513	1,5479
11	0,005	0,027	0,82	0,6724	-0,450	2,0644
12	0,003	0,034	0,87	0,7969	-0,604	2,0599
13	0,091	0,026	0,70	0,4900	-0,196	2,0350
14	0,006	0,026	0,70	0,4900	-0,457	1,7650
15	0,005	0,026	0,70	0,4900	-0,585	1,6360
16	0,016	0,026	0,70	0,4900	-0,358	1,8740
17	0,010	0,026	0,70	0,4900	-0,400	1,8260
18	0,012	0,026	0,70	0,4900	-0,444	1,7840
19	0,006	0,024	0,63	0,3969	-0,400	1,6569
30	0,015	0,027	0,82	0,6724	-0,245	2,2894
21	0,004	0,031	0,87	0,7569	-0,452	2,2099
22	0,019	0,022	0,70	0,4900	-0,253	1,9780
23	0,030	0,022	0,70	0,4900	-0,146	2,0960
24	0,036	0,022	0,70	0,4900	-0,108	2.1400
25	0,025	0,022	0,70	0,4900	-0,185	2,0520
26	0,025	0,022	0,70	0,4900	-0,214	2,0230
27	0,020	0,022	0,70	0,4900	-0,291	1,9410
28	0,015	0,023	0,73	0,5329	-0,208	2,0929
53	0,011	0,026	0,87	0,7569	-0,240	2,4230
30	0,012	0,020	0,63	0,3969	-0,229	1,8299
Σ	0,378	0,781	21,57	15,6291	-11,510	56,8382

Ta	b1	1	ca	4
-	~ ~	_	_	-

Nr	0', ,	Tn	0	011 Tu
1 2	676,7 833,6	1 245,4 1 196,4	457 922,9 694 888,9	842 762,2 997 319,2
3 4	980,7 1 176,8	1 588,7	961 772,5 1 384 858,2	1 558 038,0 2 273 459,9 2 710 577 6
567	1 372,9 1 667,1	2 373,2	2 779 222,4 3 545 312,4	3 956 361,7 5 391 684,1
8	2 206,5	2 961,6 3 255,8	4 868 642.2 5 772 486,7	6 534 770,4 7 822 385,0
10 11	2 628,2 2 843,9	3 373,5 3 844,2	6 907 435,2 8 087 767,2	8 866 232,7 10 932 520,0
Ε	18 671,9	26 615,1	37 345 163,0	51 895 110,6

Tablica 6

.

				=====================		
Nr	Π2	112 S1	N2 S2	∏₂ S <sup>2</sup>	Π_2(-Π_)	11- S
1	0 000036	0.000174	0.004200	0.002940	-0.002718	0,012198
2	0.000064	0.000208	0.005600	0.003920	-0,002736	0,015056
5	0.000784	0.000016	0.001960	0.013720	-0,004228	0,058492
4	0.000049	0.000203	0,004900	0,003430	-0,002240	0,013342
5	0,000016	0,000116	0,002800	0,001960	-0,002672	0,006280
6	0,000009	0,000087	0,002100	0,001470	-0,002589	0,004077
7	0,000036	0,000174	0,004200	0,002940	-0,002964	0,010386
8	0,000036	0,000174	0,004200	0,002940	-0,003396	0,009954
9	0,000036	0,000174	0,004200	0,002940	-0,004074	0,009276
10	0,000016	0,000120	0,002520	0,001588	-0,002052	0,006192
11	0,000025	0.000135	0,004100	0,003362	-0,002300	0.006180
12	0.000009	0.001102	0,002610	0,002271	-0,001812	0,006180
13	0,000225	0,000390	0,010500	0,007350	-0,002940	0,030525
14	0,000036	0.000156	0,004200	0,002940	-0,002742	,010590
15	0,000025	0,000130	0,003500	0,002450	-0,002925	
16	0,000256	0,000416	0,011200	0,007840	-0,065728	0,029984
17	0,000100	0,000260	0,007000	0,004900	-0,004000	0;018260
18	0,000144	0,000312	0,008400	0,005880	-0,005328	0,021408
19	0,000036	0,000111	0,003780	0,002381	-0,002400	0,009941
20	0,000225	0,000405	0,012300	0,010086	-0,003675	0,019341
21	0,000016	0,000124	0,003480	0,003028	-0.001820	0,008840
22	0,000361	0,000418	0,013300	0,009310	-0,004807	0,037582
23	0,000900	0,000660	0,021000	0,014700	-0,004380	0,062880
24	0,001296	0,000792	0,025200	0,017640	-0,003888	0,077840
25	0.000625	0,000550	0,017500	0,012250	-0,004625	0,051300
26	0,000625	0,000550	0,017500	0,012250	-0,005350	0,050575
27	0,000400	0,000440	0,014000	0,009800	0,003820	0,030020
28	0,000225	0,000345	0,010950	0,007934	-0,003120	0,031394
29	0,000121	0,000286	0,009570	0,008320	-0,002540	0,020055
30	0,000144	0,000240	0,007560	0,004763	-0,002748	0,021999
Σ	0,006876	0,008901	0,261970	0,187379	-0,102645	0,715461

Nr	Si	S1 S2	S, S	S: (-11)	S <sub>1</sub> S
1	0 000841	0.020300	0.014210	-0.013137	0.051388
2	0,000676	0 018200	0.012740	-0.008892	0.048932
3	0.0004	0.015400	0.010780	-0.003922	0.045958
4	0.000841	0.020300	0.014210	-0.009280	0.055274
5	0.000841	0.020300	0.014210	-0.018937	0,045530
6	0,000841	0.020300	0.014210	-0,014326	0,050199
7	0.000841	0.020300	0.014210	-0.016414	0,048110
8	0.000841	0.020300	0.014210	-0,014326	0,050199
9	0,000841	0,020300	0,014210	-0,016414	0,048111
10	0,000900	0,018900	0,011907	-0,015390	0,046437
11	0,000729	0,022140	0,018159	-0,012420	0,055733
12	0,000156	0,029580	0,025735	-0,020536	0,070037
13	0,000676	0,018200	0,012740	-0,005096	0,052910
14	0,000676	0,018200	0,012740	-0,061882	0,045990
15	0,000676	0,018200	0,012740	-0,015210	0,042536
16	0,000676	0,018200	0,012740	-0,009308	0,048724
17	0,000676	0,018200	0,012740	-0,010400	0,047476
18	0,000676	0,018200	0,012740	-0,011544	0,046384
19	0,000576	0,015120	0,009576	-0.009600	0,039766
20	. 0,000729	0,022140	0,018155	-0,006615	0,061814
21	0,000961	0,026970	0,023464	-0,014012	0,068507
22	0,000484	0,015400	0,010780	-0,005566	0,043516
23	0,000454	0,015400	0,010780	-0,003212	0,046112
24	0,000484	0,015400	0,010780	-0,002376	0,046980
25	0,000484	0,015400	0,010780	-0.004070	0,045144
26	0,000484	0,015400	0,010780	-0.004708	0,044506
27	0,000484	0,015400	0,010780	-0,006492	0,042702
28	0,000529	0,016790	0.012256	-0,004784	0,048137
59	0,000676	0,022620	0,019676	+0,006240	0,062998
30	0,000400	0,012600	0,007938	0,004580	0,036598
Σ	0,020663	0,564150	0,410927	0,312109	1,472544

Tablica 8

=

Nr	S	S.ª	S, (-11, )	S: S
1	0 1000	0 343000	-0.317000	1.240400
2	0 4900	0 343000	-0.239400	1.317400
0	0 4900	0.343000	-0.105700	1,460300
A	0,4900	0.343000	-0.224000	1.334200
5	0,4900	0.343000	-0,457100	1,334200
6	0.4900	0.343000	-0.604100	1,099000
7	0.4900	0.343000	-0.345800	0,951300
8	0.4900	0,343000	-0,396200	1,161300
9	0,4900	0,343000	-0,475300	1,082200
10	0,3969	0,250047	-0,323190	0,975177
11	0,6724	0,551368	-0,374490	1,692804
2	0,7569	0,658503	-0,377200	1,792113
13	0,4900	0,343000	-0,137200	1,424500
14	0,4900	0,343000	-0,319900	1,235500
15	0,4900	0,343000	-0,409500 -	1,145200
16	0,4900	0,343000	-0,250600	1,311800
17	0,4900	0,343000	-0,280000	1,278200
18	0,4900	0,343000	-0,310800	1,248800
19	0,3969	0,250047	-0,252000	1,043847
20	0,6724	0,551368	-0,200900	1,877308
21	0,7569	0,658503	-0,393000	1,922613
22	0,4900	0,343000	-0,177100	1,384600
23	0,4900	0,343000	-0,102200	1,467200
24	0,4900	0,343000	-0,075600	1,498000
25	0,4900	9,343000	-0,129500	1,436400
26	0,4900	0,343000	-0,149800	1,416100
27	0,4900	0,343000	-0,203700	1,358700
28	0,5329	0,389017	-0,151840	1,527817
59	0,7569	0,658503	-0,208800	2,108210
30	0,3969	0,250047	-0,144270	1,152837
Σ	15,6291	11,420403	-8,287520	41,157330

Nr	S.4	$S_{2}^{2}(-\Pi_{1})$	S. S
1	0,240100	-0,221970	0,868280
2	0,240100	-0,167580	0,922189
3	0,240100	-0,073990	1,023610
4	0,240100	-0,156800	0,933940
5	0,240100	-0,319970	0,719300
6	0,240100	-0,428700	0,665911
7	0,240100	-0,242060	0,848190
8	0,240100	-0,277340	0,812910
9	0,240100	-0,332710	0,757540
10	0,157530	-0,203610	0,614362
11	0,452122	-0,309304	1,388103
12	0,572898	-0,457168	1,559138
13	0,240100	-0,096040	0,997150
14	0,240100	-0,223930	0,864850
15	0,240100	-0,286650	0,801640
16	0,240100	-0,175420	0,918260
17	0,240100	-0,196000	0,894740
18	0,240100	-0,217560	0,874160
19	0,157530	-0,158760	0,657624
20	0,452122	-0,164738	1,539393
21	0,572898	-0,342119	1,672673
22	0,240100	-0,123970	0,969320
23	0,240100	-0,071540	1,027040
24	0,240100	-0,052920	1,049600
25	0,240100	-0,090650	1,005480
26	0,240100	-0,104860	0,991270
27	0,240100	-0,142590	0,951090
28	0,283982	-0,110843	1,115306
29	0,572898	-0,181653	1,833969.
30	0,157530	-0,090890	0,726287
Σ	8,421610	-6,016501	30,052224

		******************	
Nr	(-1,)(-1,)	(-11,) S	SS
1	0.205209	-0.802716	3.139984
2	0 116964	-0.643644	3.541924
3	0.022801	-0.315439	4.363921
4	0 102400	-0.609920	3,632832
5	0.426409	-1.025210	2,464900
6	0.744790	-1,172817	1,946881
7	0.244036	-0,855114	2,996361
8	0,320356	-0,938994	2,752281
9	0,461041	-1,049734	2,390116
10	0,263169	-0,794073	2,395994
11	0,211600	-1,244180	4,261747
12	0,364816	-0,735684	4,243188
13	0,038426	-0,806605	4,144225
14	0,208849	-0,957050	3,115225
15	0,342225	-0,670892	2,676496
16	0,128164	-0,730400	3,511876
17	0,160000	-0,792096	3,334276
18	0,197136	-0,758360	3,182656
19	0,160000	-0,662760	2,745318
20	0,060025	-0,560903	5,241352
21	0,204340	-0,306016	4,883658
22	0,064009	-0,500434	3,912484
23	0,021316	-0,306016	4,393216
24	0,011664	-0,231112	4,579600
25	0,034225	-0,379620	4,210724
26	0,045796	-0,432922	4,092529
27	0,084681	-0,564831	3,767481
28	0,043264	-0,435323	4,380230
29	0,057600	-0,581520	5,870929
30	0,052441	-0,419047	3,348534
Σ	5,397695	-20,927058	109,417942

Tablica 1	.1
-----------	----

	================	=============		=============
Nr	۵۱	۵۱۰	Δ1 <sup>2</sup>	۵۱ ۵۱'
1 2 3 . 4 5 6	0,40 0,48 0,54 0,60 0,70 0,95	0,52 0,60 0,71 0,66 0,81 1,14	0,1600 0,2304 0,2916 0,3600 0,4900 0,9025	0,2080 0,2880 0,3834 0,3960 0,5670 1,0830
Σ			2,4345	2,9254

#### Tablica 12

.....

			2 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	
We	1	11	12	1.1'
NI				
1	3 3	3.0	10.89	12.87
1	0,0	0,5	12 60	12 60
5	3,7	3,7	13,09	13,09
3	4.2	4,8	17,64	20,16
4	4.9	4.6	24,01	22,54
5	5.6	6.7	31,36	37,52
6	6.6	8.2	43.56	54,12
0	0,0			
r			141 15	160.90
2			141,15	100100

Tablica 13

====				
Nr	$\left[ \log\left(\frac{P_{z}}{P_{o}}^{b}\right)_{s} \right]^{2}$	$lg(-\frac{P_z}{K}), lg(\frac{P_xb}{r_a}),$	$lg\rho_{\pm} lg(\frac{P_{\pm}b}{P_{\pm}}),$	$(lgl_1-lgb_1)lg(\frac{P_{\pm}b}{P_{o}})$
1	2,158212	2,258817	-0.227564	-0.365674
2	2,320614	2,414533	-0.235971	-0.212755
3	2,433682	2,526968	-0.241651	0.016730
4	2,541030	2,642210	-0.246923	0.098260
5	2,450770	2,407052	-0,242498	-0.218640
6	1,930275	2,136208	-0.215212	-0.388795
7	1,778082	2,050264	-0,206554	-0,566080
8	1,991244	2,169582	-0,218584	-0,231221
9	1,806864	2,066791	-0,208218	-0,349003
10	1,599764	1,944742	-0,195923	-0,165398
11	2,158212	2,237174	-0.294785	-0,227564
12	2,158212	2,304511	-0,126615	-0,274847
13	2,158212	2,157344	-0,088852	-0,505925
14	2,201031	2,303699	-0,229811	-0,305413
15	2,359071	2,460647	-0,237918	-0,150934
16	2,569725	2,540826	-0,248313	-0,094956
17	2,084363	2,288328	-0,223637	-0,160830
18	1,925838	2,199590	-0,214965	-0,225824
19	2,147347	2,322645	-0,226991	-0,191625
20	1,955693	2,216573	-0,216624	-0,216624
21	1,740041	2,090798	-0,204332	-0,011574
22	2,320614	2,389644	-0,305675	-0,098822
23	2,320614	2,467569	-0,131292	-0,069706
24	2,320614	2,298232	-0,092134	-0,337955
25	2,541030	2,642210	-0,246923	0,141200
26	2,451140	2,595055	-0,242516	0,222682
27	2,359459	2,546060	-0,237938	0,112027
28	2:158212	2,435058	-0,227564	0,060810
29	2,541030	2,611534	-0,137386	0,0
30	2,541030	2,526601	-0,096410	-0,165382
Σ	66,022023	70,251365	-6,269779	-4,883838

Nr	$\left[ lg\left(\frac{P_{I}}{1-1}\right)_{i}\right]^{2}$	$lgp, lg(-\frac{P}{K}E),$	(lglı−lgbı)lg(- <mark>f</mark> ≢),	[]gp c]2	(lgllgb.) lgr.
1	2 364113	-0 238172	-0 382720	0 023995	0.248913
2	2,504115	-0.245521	-0 221366	0 023995	0.021534
2	2 673828	-0.250914	0.017371	0.023995	-0.001661
Å	2 747419	-0 256755	0.102172	0.023995	-0.009548
5	2 354113	-0 238172	-0.214740	0.023995	0,021634
6	2,364113	-0.238172	-0.430274	0,023995	0,043348
7	2,364113	-0.238172	-0,650734	0,023995	0.065760
8	2,364113	-0,238172	-0,251941	0,023995	0,025382
9	2,364113	-0,238172	-0,399209	0,023995	0,040218
10	2,364113	-0,238172	-0,201065	0,023995	0,020256
11	2,319027	-0,305571	-0,235890	0,040264	0,031082
12	2,460729	-0,135197	-0,293478	0,007428	0,015124
13	2,156478	-0,088816	-0,505722	0,003658	0,020929
14	2,411156	-0,240530	-0,319659	0,023995	0,031899
15	2,566595	-0,248162	-0,157433	0,023955	0.015222
16	2,512254	-0,245521	-0,093888	0,023995	0,009175
17	2,512254	-0,245521	-0,176568	0,023995	0,017256
18	2,512254	-0,245521	-0,257924	0,023995	0,025207
19	2,512254	-0,245521	-0,207268	0,023995	0,020256
20	2,512254	-0,245521	-0,245521	0,023995	0,023995
21	2,512254	-0,245521	-0,013907	0,023995	0,001359
22	2,460729	-0,314768	-0,102864	0,040264	0,013017
23	2,623828	-0,139606	-0,074120	0,007429	0,003944
24	2,276068	-0,091246	-0,334696	0,003658	0,013418
25	2,747419	-0,256755	0,146823	0,023995	-0,013721
26	2,747419	-0,256755	0,235756	0,023995	-0,022032
27	2,747419	-0,256755	0,120887	0,023995	-0,011297
28	2,747419	-0,256755	0,068610	0,023995	-0,005412
29	2,683399	-0,141198	0,0	0,007428	- 0,0
30	2,512254	-0,095863	-0,165382	0,003558	0,0062/5
I	74,965756	-6,721497	-5,245811	0,641576	0,671522

===== Nr	1	$-\frac{1}{1^{\frac{1}{2}}}$	- <u>1</u>	$\begin{array}{c} 1 \\ 1 \\ \end{array}$
1	0.221729	0,049164	1,666667	0,269548
2	0,172414	0,029727	1,428571	0,246306
3	0,108460	0,011764	0,740741	0,080341
4	0,172414	0,029727	1,470588	0,253550
5	0,238095	0,056589	2,000000	0,476190
6	0,332226	0,110374	2,325581	0,772619
7	0,208333	0,043403	1,818182	0,378787
8	0,303030	0,091827	2,083333	0,631313
9	0,270270	0,073046	2,500000	0,675675
10	0,178571	0,031888	1,886792	0,336926
11	0,192308	0,036982	1,694915	0,325946
12	0,276243	° 0,076310	2,222222	0,613873
13	0,143266	0,020525	1,020408	0,146190
14	0,161551	0,026099	1,587301	0,256430
15	0,181818	0,033058	1,785714	0,324675
16	0,193050	0,037268	1,492537	0,288134
17	0,238095	0,056689	1,666667	0,396825
18	0,204082	0,041649	1,851852	0,377930
19	0,145138	0,021065	1,666667	0,241897
20	0,138889	0,019290	1,020408	0,141723
21	0,208333	0,043403	1,886792	0,393081
22	0,142857	0,020408	0,909091	0,129870
23	0,102041	0,010412	0,719424	0,073411
24	0,090090	0,008116	0,662252 · · ·	0,053662
25	0,120773	0,014586	0,909091	0,109794
26	0,151515	0,022957	1,052632	0,159489
27	0,178571	0,031888	1,428571	0,255101
28	0,125000	0,015625	1,020408	0,127551
58.1	0,158730	0,025195	1,176471	0,186741
30	0,123457	0,015242	1,123596	0.138716
31	0,256410	0,065746	1,666667	0,427350
32	0,270270	0,043403	1,923077	0,519750
33	0,208333	0,043403	1,515152	0,315656
34	0,217391 .	0,026015	1,408451	0,306185
35	0,149254	0,022277	1,234568	0,184264
36	0,121951	0,014872	0,877193	0,106975
Σ	6,704958	1,320092	53,442582	10,828473

Tabilca 10	Ta	ıbl	ica	16
------------	----	-----	-----	----

*							
Nr próbki	R.(*)	r	r - 1	(r - 1)2	r = 1,017 R <sub>c</sub> (r) = 39,2	$\frac{(r-1,017)(r-1)}{R_c(r) - 39,2}$	$\frac{10000 (r-1)}{51 + 92(r-1)}$
1 2 3 4 5 6 7 8	39,2 62,0 79,1 85,2 90,8 101,6 105,1 106,1	1,017 1,167 1,347 1,500 1,600 1,803 1,933 2,007	0,167 0,347 0,500 0,600 0,803 0,933 1,007	0,027889 0,120409 0,250000 0,360000 0,644809 0,870489 1,013378	0,0066 0,0083 0,0105 0,0113 0,0126 0,0139 0,0148	0,0011 0,0029 0,0053 0,0068 0,0101 0,0129 0,0149	25,164 41,846 51,546 56,497 64,304 68,184 70,104
I			4,357	3,286974	0,0780	0,0539	377,545

.

ПРОЦЕСС РАЗВИТИЯ И РАЗРУШЕНИЯ АНТРАЦИТНЫХ УГЛЕЙ ВБЛИЗИ УЗКИХ ВЫРАБОТОК В УГОЛЬНОМ БАССЕИНЕ ГОН-ГОН КАК ФУНКЦИИ НАГРУЗКИ В СВЕТЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ РАССУЖДЕНИЙ

#### Резюме

В работе представлены теоретические основы метода уменьшения нагрузки на крепь штрековой выработки и его практическое применение. Проведены эксперименты для определения параметров огибающей пограничных областей напряжений антрацитных углей.

Изменяя поверхность прихвата модельной крепи и её жёсткость был проведён опыт с образцами антрацитного угля с различными параметрами внутреннего угля трения и слитности при различных конфигурациях напряжений для определения величины зоны хрупкого разрушения и перемещения этих углей в образцах.

В экспериментах нашли отражение горно-геологические условия бассейна Гон-Гон, расположенного в западной части Китая.

В результате лабораторных исследований разработаны формулы, определяющие зону хрупкого разрушения и передвижения контура выработки и зависимости между величинами зоны хрупкого разрушения и перемещения контура выработки, а также зависимости между величинами зоны хрупкого разрушения кровли и в блоке выработки.

Для оценки остаточной устойчивости в зоне хрупкого разрушения антрацитного угля, окружающего штрековую выработку, были проведены исследования по определению условий пограничного состояния угля вблизи выработки и величины нагрузки на крепь в штрековой выработке.

.

Представлены способы уменьшения нагрузки, действующей на крепь птрековой выработки в антрацитном угле.

Результаты работы позволили разработать метод проектирования крепи штрековых выработок и технологию уменьшения нагрузок на крепь для поддержания функционирования штрековых выработок в прогнозированном отрезке времени.

A STUDY ON THE PROCESS OF THE PROGRESS OF FAILURE OF ANTHRACITE COALS IN THE VICINITY OF HEADINGS IN THE GON-GON BASIN AS A FUNCTION OF LOAD IN THE LIGHT OF LABORATORY INVESTIGATIONS AS WELL AS THEORETICAL CONSIDERATIONS

#### Summary

The theoretical basis of a method of decreasing the load on the lining of a heading, as well as the practical ways of its application have been presented in the paper.

Experiments have been made to determine the parameters of the envelope of the boundary stress regions of anthracite coals. Changing the surface of the contact force of the model lining and its stiffness, experiments were made on anthracite coal samples with varying parameters of the angle of inner friction and cohesion at different configurations of stresses for the determination of the quantity of the zone of brittle fracture and displacement of these coals in the samples tested.

In the experiments were reflected the mining-geological conditions of the Gon-Gon Basin in the western part of the Korean People's Republic. As a result of the conducted laboratory studies, new formulae have been devised, determining the quantities of the zone of brittle fracture and of the displacement of the heading contour, the dependences between the quantities of the zone of brittle fracture and displacement of the heading contour, as well as the dependences between the quantities of the zone of brittle fracture (displacement of the heading contour) in the roof and side-wall of the excavation.

Evaluating the residual strength in the zone of brittle fracture of the anthracite coal surrounding the heading, investigations were carried out to establish the conditions of the boundary state of the coal in the vicinity of the excavation and to determine the quantity of the load of the lining of the heading. Some methods of decreasing the load operating on the lining of the heading executed and maintained in anthracite coal have been presented.

The results of the investigation made it possible to develop i method of designing the linings of the headings and the techology of decreasing the load on their linings for the purpose of maintaining the functionality of the headings over the predicted period of time.



WYDAWNICTWA NAUKOWE I DYDAKTYCZNE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ MOŻNA NABYĆ W NASTĘPUJĄCYCH PLACOWRACH:

44-100 Gliwles - Raiggarnia nr 096, ul. Konstytucji 14 b
44-100 Gliwice - Spöldzielnia Studencka, ul. Wrocławska 4 a
40-350 Katowice - Kalegarnia nr 918, ul. Żwirki i Wigury 33
40-006 Katowice - Ksiegarnia ne 005, ul. 3 Maja 12
41-900 Bytom - Ksiegarnia nr 046, Pl, Koáriumki 10
41-500 Chorzów — Keięgarula nr 063, ul. Wolności 22
41-300 Dahrowa Górnicza — Kzięgarnia nr 081, ul. ZBoWiD-u 2
47-400 Racibóra — Księgarnia nr 148, ul. Odrzańska 1
44-200 Rybnik — Księgarnia nr 162, Rynek 1
41-200 Somowiec - Ralegarnia nr 101, ul. Zwycięstwa T
41-800 Zabrze — Kalęgarnia nr 230, ul. Wolności 288
00-901 Warszawa - Ośrodek Rozpowszechnienia Wydawnietw Naukowych PAN -
Palac Kultury i Nauki
Wstystide wydawnictwa naukuwe i dydaktyczne zenawiać można poprzez Składnice

Ksiegarzka w Watszawie, ul. Mazowiecka 9