

**ZESZYTY  
NAUKOWE  
POLITECHNIKI  
ŚLĄSKIEJ**

**BERNARD DRZEŹLA**

**OPIS PROGRAMÓW PROGNOZOWANIA  
DEFORMACJI GÓROTWORU  
POD WPŁYWEM EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ  
AKTUALNY STAN OPROGRAMOWANIA**

**GÓRNICTWO**

**Z. 165  
GLIWICE  
1989**



**POLITECHNIKA ŚLĄSKA**

**ZESZYTY NAUKOWE**

**Nr 923**

**BERNARD DRZEŻŁA**

**OPIS PROGRAMÓW PROGNOZOWANIA  
DEFORMACJI GÓROTWORU  
POD WPŁYWEM EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ  
AKTUALNY STAN OPROGRAMOWANIA**

**GLIWICE**

**1989**

## OPINIODAWCY

Prof. dr hab. inż. Alfred Biliński  
Prof. dr hab. inż. Zdzisław Kłeczek

## KOLEGIUM REDAKCYJNE

REDAKTOR NACZELNY — Prof. dr hab. inż. Wiesław Gabzdyl  
REDAKTOR DZIAŁU — Prof. dr hab. inż. Mirosław Chudek  
SEKRETARZ REDAKCJI — Mgr Elżbieta Stinzing  
CZŁONKOWIE KOLEGIUM — Prof. dr hab. inż. Adolf Maciejny  
— Prof. dr inż. Stanisław Malzacher  
— Prof. dr hab. inż. Bronisław Skinderowicz

## OPRACOWANIE REDAKCYJNE

Mgr Aleksandra Kłobuszowska

Wydano za zgodą  
Rektora Politechniki Śląskiej

PL ISSN 0372-9508

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

Nakł. 200+55	Ark. wyd. 5,2	Ark. druk. 5,375	Papier offset. kl. III 70x100, 70 g
Oddano do druku 2.11.87	Podpis. do druku 8.05.89	Druk ukończ. w sierpniu 1989	
Zam. 933/87	L-23	Cena zł 104,—	

Skład, fotokopie, druk i oprawę  
wykonano w Zakładzie Graficznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach

# SPIS TREŚCI

	Str.
1. WSTĘP .....	9
2. NIEKTÓRE ZAGADNIENIA TEORETYCZNE ZWIĄZANE Z OPRACOWANYMI PROGRAMAMI DLA MASZINY CYFROWEJ .....	11
2.1. Zagadnienie wyznaczania efektywnych wielkości krzywizn i odkształceń poziomych górotworu .....	11
2.2. Podobieństwa i różnice teorii Knothego-Budryka i Drzęzli oraz możliwości stosowania zamiennie odpowiednich programów dla maszyny cyfrowej .....	13
2.2.1. Podstawowe wzory rozpatrywanych teorii .....	13
2.2.2. Uwagi o doborze niektórych parametrów .....	17
3. PROGRAMY SŁUŻĄCE DO PROGNOZOWANIA DEFORMACJI W WYBRANYCH PUNKTACH GÓROTWORU (ED3N, ED8N, ED9N, ED8J) .....	20
3.1. Zakres stosowania programów .....	20
3.2. Wersja N programów .....	23
3.2.1. Dane początkowe .....	23
3.2.2. Dane opisujące eksploatację górnictwa .....	25
3.2.3. Dane określające punkty obliczeniowe .....	31
3.3. Wersja J programów .....	35
3.3.1. Dane początkowe .....	35
3.3.2. Dane opisujące eksploatację górnictwa .....	36
3.3.3. Dane określające punkty obliczeniowe .....	39
3.3.4. Dane określające okresy obliczeniowe .....	40
4. PROGRAMY SŁUŻĄCE DO SPORZĄDZANIA MAP DEFORMACJI GÓROTWORU (E15N, E19N, E20N, E15J, E15R) .....	42
4.1. Zakres stosowania programów .....	42
4.2. Równania linii jednakowych wartości wybranych wskaźników deformacji górotworu .....	43
4.3. Technika drukowania map .....	46
4.4. Sporządzanie danych dla maszyny cyfrowej .....	47
4.4.1. Wersja N programów .....	47
4.4.2. Wersja J programów .....	50
4.4.3. Wersja R programów .....	52



	Str.
5. PROGRAMY SŁUŻĄCE DO UAKTUALNIENIA MAP RZĘBY TERENU, ZMIENIAJĄCEJ SIĘ POD WPLYWEM EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ (E13N, E14N, E28N, E29N) ..	55
5.1. Zakres stosowania programów .....	55
5.2. Sporządzanie danych dla maszyny cyfrowej .....	56
6. PROGRAMY SŁUŻĄCE DO SPORZĄDZANIA MAP SUMARYCZNEJ GRUBOŚCI WYKSPLOATOWANEGO ŻŁOŻA (E26J, E26R) .....	62
7. PROGRAMY SŁUŻĄCE DO SPRAWDZANIA POPRAWNOŚCI DANYCH OPISUJĄCYCH EKSPLOATACJĘ GÓRNICZĄ (SPRN, SPRJ, SPRR) .....	64
8. PROGRAMY SŁUŻĄCE DO WYZNACZANIA PARAMETRÓW CAŁKOWYCH TEORII RUCHÓW GÓROTWORU NA PODSTAWIE POMIĘRZONYCH PRZEMIESZCZEŃ PIONOWYCH LUB POZIOMYCH (ED4B, E12B, E17B, E18B, ED4C, E17C) .....	66
8.1. Zakres stosowania programów .....	66
8.2. Kryterium wyznaczenia parametrów .....	67
8.3. Uwarunkowanie zadania wyznaczenia parametrów i ocena błędów .	70
8.4. Sporządzanie danych dla maszyny cyfrowej .....	73
8.4.1. Wersja B programów (programy ED4B, E12B, E17B, E18B)	73
8.4.2. Wersja C programów (ED4C, E17C) .....	77
LITERATURA .....	79
STRESZCZENIA .....	84

# СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. ВСТУПЛЕНИЕ .....	9
2. НЕКОТОРЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СВЯЗАННЫЕ С РАЗРАБАТЫВАЕМЫМИ ПРОГРАММНЫМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ЭВМ .....	11
2.1. Вопросы определения величины эффективных кривизн и горизонтальных деформаций горного массива .....	11
2.2. Сходства и различия теории Кноте-Будрыка и Джензлы а также возможности применения в порядке замены соответствующих программ для ЭВМ .....	13
2.2.1. Основные формулы рассматриваемой теории .....	15
2.2.2. Замечания и выборе некоторых параметров .....	17
3. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИИ В ИЗБРАННЫХ ТОЧКАХ ГОРНОГО МАССИВА (ED3N, ED8N, ED9N, ED8J) .....	20
3.1. Диапазон применения программ .....	20
3.2. Тип N программ .....	23
3.2.1. Исходные данные .....	23
3.2.2. Данные описывающие горную эксплуатацию .....	25
3.2.3. Данные определяющие расчётные точки .....	31
3.3. Тип J программ .....	35
3.3.1. Исходные данные .....	35
3.3.2. Данные описывающие горную эксплуатацию .....	36
3.3.3. Данные определяющие расчётные точки .....	33
3.3.4. Данные определяющие расчётные периоды .....	40
4. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ СОЗДАВАНИЯ КАРТ ДЕФОРМАЦИИ ГОРНОГО МАССИВА (E15N, E19N, E20N, E15NJ, E15R) .....	42
4.1. Диапазон применения программ .....	42
4.2. Уравнения для линий одинаковых величин выбранных показателей деформации горного массива .....	43
4.3. Техника печатания карт .....	46
4.4. База данных для ЭВМ .....	47
4.4.1. Тип N программ .....	47
4.4.2. Тип J программ .....	50
4.4.3. Тип R программ .....	52

	Стр.
5. ПРОГРАММЫ ДЛЯ АКТУАЛИЗАЦИИ КАРТ РЕЛЬЕФА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ГОРНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ (E13N, E14N, E28N, E29N)	55
5.1. Диапазон применения программ .....	55
5.2. Подготовка данных для ЭЭМ .....	56
6. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ КАРТ СУММАРНОЙ ТОЛЩИНЫ ВЫРАБОТАННОГО СЛОЯ (E26J, E26R) .....	62
7. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ИСПРАВНОСТИ ДАННЫХ ОПИСАНИЯ ГОРНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ (SPRN, SPRJ, SPRR) .....	64
8. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ДВИЖЕНИЯ ГОРНОГО МАССИВА НА ОСНОВАНИИ ИЗМЕРЕНИЙ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ИЛИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ (E14B, E12B, E17B, E18B, ED4C, E17C) .....	66
8.1. Диапазон применения программ .....	66
8.2. Критерий определения параметров .....	67
8.3. Обусловленность задачи определения параметров и оценка ошибок .....	70
8.4. Подготовка данных для ЭЭМ .....	73
8.4.1. Тип В программ (программа ED4B, E12B, E17B, E18B) ..	73
8.4.2. Тип С программ (ED4C, E17C) .....	77
ЛИТЕРАТУРА .....	79
РЕЗЮМЕ .....	84



## CONTENTS

	Page
1. INTRODUCTION .....	9
2. SOME THEORETICAL PROBLEMS RELATED TO THE WORKED OUT COMPUTER PROGRAMS .....	11
2.1. Problems of assignment of curvature and horizontal deformations effective quantities .....	11
2.2. Similarities and differences in Knothe-Budryk and Drzęźła theories and possibilities of the exchanging use of the computer programs .....	13
2.2.1. Basic formulae of the considered theories .....	13
2.2.2. Remarks on the choice of some parameters .....	17
3. PROGRAMS TO PREDICT DEFORMATIONS IN POINTS OF THE GROUND (ED3N, ED8N, ED9N, ED8J) .....	20
3.1. The range of programs application.....	20
3.2. Version N of programs .....	23
3.2.1. Initial data .....	23
3.2.2. Data describing mining exploitation .....	25
3.2.3. Data describing computation points .....	31
3.3. Version J of programs .....	35
3.3.1. Initial data .....	35
3.3.2. Data describing mining exploitation .....	36
3.3.3. Data describing computation points .....	39
3.3.4. Data describing computation periods .....	40
4. PROGRAMS USED TO MAKE DEFORMATION MAPS OF THE GROUND (E15N, E19N, E20N, E15J, E15R) .....	42
4.1. The range of programs application .....	42
4.2. Equation of the equivalens lines for chosen indices of deformation .....	43
4.3. A method of map printing .....	46
4.4. Preparation of data for computer .....	47
4.4.1. Version N of programs .....	47
4.4.2. Version J of programs .....	50
4.4.3. Version R of programs .....	52

	Page
5. PROGRAMS USED FOR ACTUALIZATION OF MAP OF RELIEF OF THE GROUND CHANGED BY MINING EXPLOITATION (E13N, E14N, E28N, E29N) .....	55
5.1. The range of programs applications .....	55
5.2. Preparation of data for computer .....	56
6. PROGRAMS USED TO MAKE MAPS OF SUMMARIZED EXPLOITED THICKNESS OF BEDS (E26J, E26R) .....	62
7. PROGRAMS USED TO TEST CORRECTNESS OF DATA DESCRIBING MINING EXPLOI- TATION (SPRN, SPRJ, SPRR) .....	64
8. PROGRAMS USED TO ASSIGN PARAMETERS OF INTEGRAL THEORY OF GROUND MOVEMENT ON THE BASE OF MEASURED VERTICAL OF HORIZONTAL DISPLACE- MENTS (ED4B, E12B, E17B, E18B, ED4C, E17C) .....	66
8.1. The range of programs application .....	66
8.2. Criterion of parameters assignment .....	67
8.3. Conditioning of the problem of parameters estimation and er- rors evaluation .....	70
8.4. Data prepared for computer .....	73
8.4.1. Version B of programs .....	73
8.4.2. Version C of programs .....	77
BIBLIOGRAPHY .....	79
SUMMARIES .....	84

## 1. WSTĘP

Pierwsze programy prognozowania deformacji górotworu pod wpływem eksploatacji górniczej oddano do użytku na początku lat siedemdziesiątych. Od tego czasu ulegały one wielokrotnie przeróbkom, powstawały ich kolejne wersje i mutacje, i obecnie w niewielkim tylko stopniu przypominają swoje pierwowzory. Asumptem do kolejnych przeróbek były zarówno pomyły własne, jak i uwagi użytkowników.

W niniejszej pracy opisano 24 najważniejsze programy prognozowania deformacji górotworu i programy pomocnicze. Są to programy nowe, bądź stanowią udoskonalone wersje programów już znanych. Programy stanowiące nowe wersje programów dawniejszych zawierają wiele innowacji polegających na istotnym skróceniu czasu obliczeń, rozszerzeniu zakresu realizowanych funkcji, uproszczeniu zasad sporządzania i sprawdzania danych, ułatwieniu czynności operatorskich i udoskonaleniu formy wydruku.

W opisach programów zawarto głównie omówienie zakresu realizowanych funkcji oraz zasad użytkowania i sporządzania danych. Podstawy teoretyczne programów są omówione tylko w takim stopniu, w jakim stanowią istotne novum lub w jakim było to konieczne dla jasnego opisu zakresu realizowanych przez programy funkcji i zasad ich użytkowania. Zakłada się bowiem, że użytkownik programów ma podstawowe przygotowanie teoretyczne w dziedzinie prognozowania deformacji górotworu pod wpływem eksploatacji górniczej.

## 2. NIEKTÓRE ZAGADNIENIA TEORETYCZNE ZWIĄZANE Z OPRACOWANYMI PROGRAMAMI DLA MASZINY CYFROWEJ

### 2.1. Zagadnienie wyznaczania efektywnych wielkości krzywizn i odkształceń poziomych górotworu<sup>x)</sup>

Eksploatacje górnicze prowadzone pod obiektami znajdującymi się na powierzchni terenu i obserwacje wpływów eksploatacji na te obiekty doprowadziły do stwierdzenia istnienia zjawiska polegającego na tym, że obiekty poddane wielokrotnie wpływom eksploatacji górniczych, rozłożonych w odpowiednio długim czasie, znoszą deformacje przekraczające wielkości uznane za dopuszczalne. Na zjawisko to może się składać kilka przyczyn. Jedną z nich może być np. lokalna konsolidacja gruntu obciążonego przez obiekt nierównomiernie wskutek wykrzywienia terenu, co w rezultacie doprowadza do zniknięcia (zmniejszenia) z upływem czasu wykrzywienia obiektu. Inną przyczyną mogą być wzajemne przemieszczenia poziome obiektu i gruntu, wskutek sił działających w obiekcie, co doprowadza do zmniejszenia odkształceń poziomych w obiekcie. Jeszcze inną przyczyną może być relaksacja spowodowanych deformacjami gruntu naprężeń w obiekcie jako określonym ciele reologicznym.

W związku z powyższym istnieje potrzeba ustalenia określonych poprawek do wieloletnich prognoz wpływów eksploatacji na chronione obiekty, ponieważ dość często prognozy takie wskazują na możliwość wystąpienia, nie potwierdzonych przez dotychczasowe obserwacje, katastrofalnych skutków w obiektach, w związku z czym na projektowaną eksploatację górniczą nakłada się niepożądane lub przesadne ograniczenia.

Dla celów niniejszej pracy, z uwagi na złożony charakter zjawiska i jego niedostateczne teoretyczne i praktyczne rozeznanie, przyjęto wielce uproszczony model teoretyczny, który może stanowić pierwsze przybliżenie zagadnienia. Zakłada się, że przyczyną powodującą zmniejszenie się naprężeń w obiekcie jest relaksacja naprężeń w obiekcie potraktowanym jako ciało reologiczne o modelu Zenera (standardowym) (rys. 1).

Przyjmując oznaczenia:

- $\varepsilon$  - odkształcenie ciała,
- $\sigma_1, \sigma_2$  - naprężenia w obu gałęziach modelu,
- $\dot{\varepsilon}, \dot{\sigma}$  - prędkości zmian odkształcenia i naprężenia,

<sup>x)</sup> Przy opracowaniu punktu korzystano z publikacji i materiałów niepublikowanych J. Kwiatka na ten temat.



$\eta_2$  - współczynnik lepkości,

$E_1, E_2$  - moduły sprężystości sprężyn modelu,

możemy ułożyć wyjściowe równania modelu

$$\varepsilon = \frac{\sigma_1}{E_1}$$

$$\dot{\varepsilon} = \frac{\dot{\sigma}_2}{E_2} + \frac{\dot{\sigma}_2}{\eta_2}$$

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2$$

Stąd zależność między odkształceniem i naprężeniem oraz prędkościami ich zmian można opisać równaniem różniczkowym

$$\left( \frac{\partial}{\partial t} + \frac{E_2}{\eta_2} \right) \sigma = \left[ (E_1 + E_2) \frac{\partial}{\partial t} + \frac{E_1 E_2}{\eta_2} \right] \varepsilon \quad (2.1)$$

gdzie:  $t$  - czas.

Zakładając

$$\varepsilon(t) = \varepsilon(0) = \varepsilon_0 = \text{const}$$

$$\sigma_1(0) = \varepsilon_0 E_1$$

$$\sigma_2(0) = \varepsilon_0 E_2$$

i przyjmując oznaczenie

$$\sigma_0 = \sigma_1(0) + \sigma_2(0),$$

otrzymujemy rozwiązanie równania różniczkowego (2.1) w postaci

$$\frac{\sigma}{\sigma_0} = \frac{E_2}{E_1 + E_2} \exp\left(-\frac{E_2}{\eta_2} t\right) + \frac{E_1}{E_1 + E_2}$$

lub

$$\frac{\sigma}{\sigma_0} = (1 - c) e^{-t/T} + c \quad (2.2)$$

Rys. 1. Model ciała Zenera (standardowy)

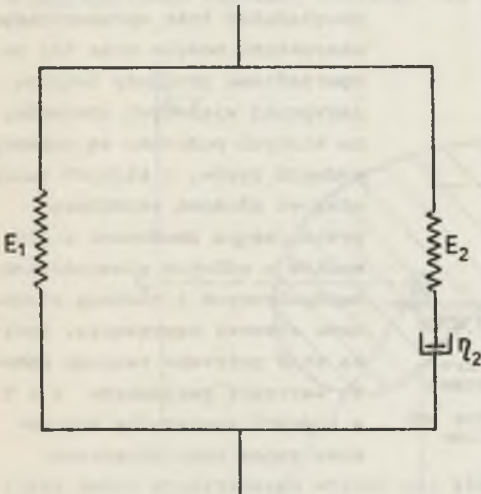
Fig. 1. Model of Zener body (standard)

gdzie:

$c$  - asymptotyczna pozostałość naprężenia;  $0 < c \leq 1$ ,

$T$  - czas relaksacji.

Zmienne (malejące) w czasie naprężenia w obiekcie decydują o możliwości powstania w nim uszkodzeń. Naprężenia te są wywołane (chyba) niemalejącymi



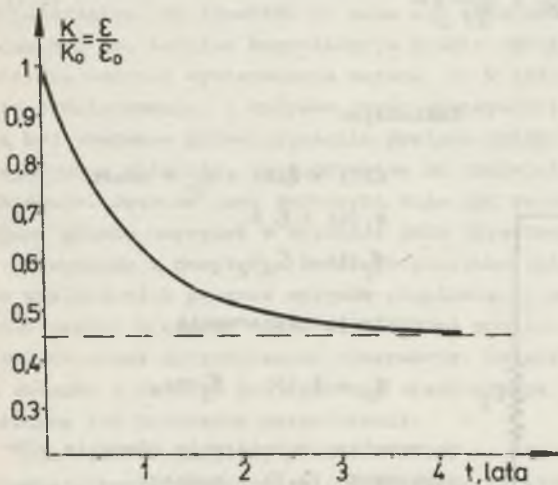


w czasie (przy założeniu określonej eksploatacji) deformacjami gruntu. Można stąd wysunąć wniosek, że dla oceny aktualnego stanu obiektu należy operować pewnymi umownymi (zredukowanymi) wartościami deformacji gruntu, które będziemy nazywać wartościami efektywnymi. W omawianych dalej programach dla maszyny cyfrowej (ED8J, E15J, E15R) przyjęto, że stan obiektu opisują efektywne wartości deformacji gruntu zmieniające się (malejące) w czasie według takiej samej funkcji, jak naprężenia, tzn.

$$\frac{K}{K_0} = (1 - c)e^{-t/T} + c \quad (2.3)$$

gdzie:

- t - czas od momentu dokonania eksploatacji,
- $K_0$  - początkowa (bezpośrednio po dokonaniu eksploatacji) wartość krzywizny (odkształcenia),
- $K = K(t)$  - efektywna wartość krzywizny (odkształcenia) po czasie t.



Rys. 2. Zmniejszanie się efektywnych krzywizn i odkształceń terenu z upływem czasu

Fig. 2. Decrease of effective curvature and of deformations of the surface in time

Sprawą zasadniczą dla praktycznego stosowania przyjętego modelu jest ustalenie wartości parametrów  $c$  i  $T$ . Dobór wielkości tych parametrów powinien uwzględniać fakt uproszczonego charakteru modelu oraz to, że sporządzane prognozy dotyczą zazwyczaj większych obszarów, na których położone są obiekty różnych typów, z których każdy stanowi złożoną strukturę przestrzenną zbudowaną z elementów o różnych własnościach mechanicznych i poddaną złożonemu stanowi naprężenia. Wynika stąd potrzeba takiego doboru wartości parametrów  $c$  i  $T$ , w których zawierałby się pewien zapas bezpieczeństwa.

Według J. Kwiatka, dla obiektów z cegły lub bloków ceramicznych można przyjmować  $c = 0,45$  i  $T = 0,9$  roku. Przy tych wartościach parametrów  $c$  i  $T$  efektywne wielkości krzywizn i odkształceń zmniejszają się z upływem czasu, jak na rys. 2.

## 2.2. Podobieństwa i różnice teorii Knothego-Budryka i Drzęzli oraz możliwości stosowania zamiennie odpowiednich programów dla maszyny cyfrowej

### 2.2.1. Podstawowe wzory rozpatrywanych teorii

Według S. Knothego składowa pionowa przemieszczenia w (obniżenie) punktu górotworu o współrzędnych  $(x, y, z)$  wyraża się wzorem (rys. 3)

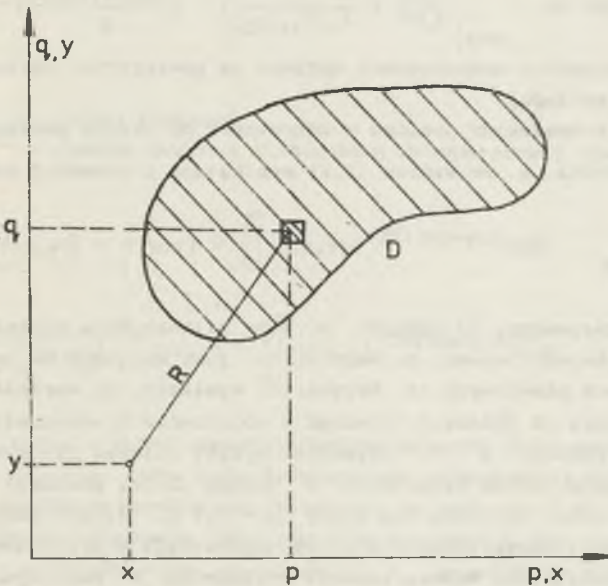
$$w(x, y, z) = - \frac{1}{r_z} \iint_D a(p, q) g(p, q) e^{-\pi R^2 / r_z^2} z \, dp dq \quad (2.4)$$

gdzie:

- $r_z$  - promień zasięgu (parametr rozproszenia) wpływów na poziomie  $z$  w górotworze,
- $D$  - obszar eksploatacji w pokładzie poziomym,
- $a$  - współczynnik eksploatacyjny zależny od sposobu kierowania stropem,
- $g$  - grubość pokładu,

$$R = \sqrt{(p - x)^2 + (q - y)^2}$$

W dalszym ciągu będziemy zakładać  $ag = \text{const}$ :



Rys. 3. Ilustracja do wzorów (2.4), (2.5), (2.11) i (2.13)

Fig. 3. Illustrations of equations (2.4), (2.5), (2.11) and (2.13)

Wzory na pozostałe dwie składowe przemieszczenia wynikają z rozważań W. Budryka. Można je przedstawić następująco:

$$u(x, y, z) = \frac{2\pi a g}{r_z^4} B(z) \iint_D (p-x) e^{-\pi R^2 / r_z^2} dp dq$$

$$v(x, y, z) = \frac{2\pi a g}{r_z^4} B(z) \iint_D (q-y) e^{-\pi R^2 / r_z^2} dp dq$$
(2.5)

gdzie:

$u, v$  - składowe przemieszczenia poziomego równoległe odpowiednio do osi  $x$  i  $y$  układu współrzędnych,

$$B(z) = \frac{r_z}{2\pi} \frac{dr_z}{dz}$$

Zależność parametru rozproszenia wpływów od współrzędnej pionowej została również ustalona przez Budryka i określa ją wzór

$$r_z = r \left( \frac{z}{H} \right)^n$$
(2.6)

gdzie:

$r$  - wartość parametru rozproszenia wpływów na powierzchni terenu,  
 $H$  - głębokość pokładu,  
 $z$  - odległość rozważanego poziomu w górotworze od stropu pokładu.

Wartość wykładnika  $n$  we wzorze (2.6) wynikająca z rozważań Budryka wynosi

$$n = \sqrt{2\pi} \operatorname{tg} \beta$$
(2.7)

Wzór (2.7) wskazywałby, że wartość  $n$  jest kilkakrotnie większa od jedności. Badania wykazały jednak, że wartość  $n$  jest mniejsza od jedności. Z badań na modelach piaskowych (D. Krzysztoń) wynikało, że wartość  $n$  jest nieznacznie mniejsza od jedności, dlatego w obliczeniach odkształceń pionowych przyjmowano później  $n = 1$ , uzyskując wyniki bliższe rzeczywistości. Wzory (2.5) wymagają jednak wstawienia  $n$  według (2.7), ponieważ dla punktów powierzchni terenu uzyskuje się wtedy  $B = 0,4 r$ , dzięki czemu obliczone przemieszczenia i odkształcenia poziome odpowiadają w przybliżeniu wynikom pomiarów geodezyjnych. Nowsze badania wykładnika  $n$  wskazują, że dla górotworu rzeczywistego jego wartość jest istotnie mniejsza od jedności i waha się w granicach 0,5-0,7.

Omówione fakty i niektóre wyniki przeprowadzonych badań na modelach z materiałów ekwiwalentnych stały się asumptem do poszukiwania innego opisu ruchów poziomych górotworu.

W przeprowadzonych rozważaniach przyjęto, że znane jest równanie składowej pionowej przemieszczenia punktów górotworu

$$w = w(x, y, z) \quad (2.8)$$

i posilując się przemieszczeniowymi równaniami równowagi górotworu potraktowanego jako ośrodek liniowo sprężysty, wyprowadzono, z uwzględnieniem pewnych warunków brzegowych, następujące ogólne równania składowych przemieszczenia poziomego:

$$\begin{aligned} u = & -2(1-\nu) \mathcal{F}^{-1} \left( \frac{s}{2\pi i (s^2 + t^2)} \mathcal{F} \left( \frac{\partial w}{\partial z} \right) \right) - (1-2\nu) \int \frac{\partial w}{\partial x} dz - \\ & - \frac{(1-\nu)(1-2\nu)}{\nu} \mathcal{F}^{-1} \left( \frac{s}{2\pi i (s^2 + t^2)} \mathcal{F} \left( \frac{\partial w}{\partial z} \right) \right) \Bigg|_{z=H} + (1-2\nu) \int \frac{\partial w}{\partial x} dz \Bigg|_{z=H} \\ v = & -2(1-\nu) \mathcal{F}^{-1} \left( \frac{t}{2\pi i (s^2 + t^2)} \mathcal{F} \left( \frac{\partial w}{\partial z} \right) \right) - (1-2\nu) \int \frac{\partial w}{\partial y} dz - \\ & - \frac{(1-\nu)(1-2\nu)}{\nu} \mathcal{F}^{-1} \left( \frac{t}{2\pi i (s^2 + t^2)} \mathcal{F} \left( \frac{\partial w}{\partial z} \right) \right) \Bigg|_{z=H} + (1-2\nu) \int \frac{\partial w}{\partial y} dz \Bigg|_{z=H} \end{aligned} \quad (2.9)$$

gdzie:

$\nu$  - liczba Poissona,

$\mathcal{F}, \mathcal{F}^{-1}$  - symbole prostej i odwrotnej dwuwymiarowej transformaty Fouriera:

$$\mathcal{F}(f(x, y)) = F(s, t) = \iint_{-\infty}^{\infty} f(x, y) e^{-2\pi i (xs + yt)} dx dy$$

$$\mathcal{F}^{-1}(F(s, t)) = f(x, y) = \iint_{-\infty}^{\infty} F(s, t) e^{2\pi i (xs + yt)} ds dt$$

Przez symbole całki nieoznaczonej we wzorach (2.9) należy rozumieć tylko takie funkcje, które mają dwuwymiarowe transformaty Fouriera.

W szczegółowym rozwiązaniu założono, że funkcją (2.8) opisującą przemieszczenia pionowe górotworu jest równanie Knothego (2.4). Ponadto założono, zgodnie z doświadczeniem, że parametr  $r_z$  zmienia się w górotworze nie według (2.6), lecz według nieznacznie zmodyfikowanego wzoru o postaci



$$r_z = r \left( \frac{z + z_0}{H + z_0} \right)^n \quad (2.10)$$

gdzie:

$z_0$  - parametr, który będzie niżej określony.

Wstawiając (2.4) i (2.8) do (2.9) otrzymuje się

$$\begin{aligned} \frac{u(x, y, z)}{ag} = & 2(1-\nu) \frac{dr_z}{dz} \frac{1}{r_z^3} \iint_D (p-x) e^{-\pi R^2/r_z^2} dp dq + \\ & + \frac{(1-\nu)(1-2\nu)}{\nu} \frac{n}{H' r^2} \iint_D (p-x) e^{-\pi R^2/r^2} dp dq - \\ & - (1-2\nu) \frac{2\pi H'}{nr^{1/n}} \iint_D \left( \frac{p-x}{R^{4-1/n}} \int_{R/r}^{R/r_z} s^{3-1/n} e^{-\pi s^2} ds \right) dp dq \end{aligned} \quad (2.11)$$

$$\begin{aligned} \frac{v(x, y, z)}{ag} = & 2(1-\nu) \frac{dr_z}{dz} \frac{1}{r_z^3} \iint_D (q-y) e^{-\pi R^2/r_z^2} dp dq + \\ & + \frac{(1-\nu)(1-2\nu)}{\nu} \frac{n}{H' r^2} \iint_D (q-y) e^{-\pi R^2/r^2} dp dq - \\ & - (1-2\nu) \frac{2\pi H'}{nr^{1/n}} \iint_D \left( \frac{q-y}{R^{4-1/n}} \int_{R/r}^{R/r_z} s^{3-1/n} e^{-\pi s^2} ds \right) dp dq \end{aligned}$$

gdzie:

$$R = \sqrt{(p-x)^2 + (q-y)^2}$$

$H' = H + z_0$  (zamiast  $H'$  występującego we wzorach (2.11) explicite można przyjmować  $H$ , ponieważ parametr  $z_0$  posiada małą wartość).

Przy wyprowadzaniu wzorów (2.11) założono, że górotwór jest ośrodkiem sprężystym. Wzory (2.4), (2.10) i (2.11) spełniają jednak równania równowagi ośrodka sprężystego z pewnym błędem, ponieważ postać równania opisującego przemieszczenia pionowe była z góry przyjęta. Dlatego w dalszych rozważaniach poszukiwano minimum całkowitego błędu kwadratowego spełnienia równań teorii sprężystości ze względu na parametry tkwiące we wzorze (2.10). Minimum to zachodzi, gdy

$$n = 0,665 \quad (2.12)$$

$$z_0 = \frac{Hm}{1-m}$$



gdzie:

$$m = [1 - \exp(-0,0548 \cdot (\operatorname{tg} \beta)^{-1,962})]^{1/n}$$

$\operatorname{tg} \beta$  - parametr teorii S. Knothego określający kąt zasięgu wpływów głównych dla powierzchni terenu.

Wzór S. Knothego (2.4) oraz wzory (2.11) z uwzględnieniem (2.10) i (2.12) stanowią łącznie metodę prognozowania ruchów górotworu pod wpływem eksploatacji górniczej ujętą w opisanych dalej programach ED8N, ED8J, E15J i E15R.

W odniesieniu do punktów powierzchni terenu ( $z = H$ ,  $r_z = r$ ) wzory (2.11) znacznie się upraszczają, przyjmując postać

$$u(x, y, H) = ag \frac{1-\varphi}{\varphi} \frac{n}{H' r^2} \iint_D (p-x) e^{-\pi R^2/r^2} dpdq \quad (2.13)$$

$$v(x, y, H) = ag \frac{1-\varphi}{\varphi} \frac{n}{H' r^2} \iint_D (q-y) e^{-\pi R^2/r^2} dpdq$$

gdzie:

$$H' \approx H$$

## 2.2.2. Uwagi o doborze niektórych parametrów

Omówione dalej programy dla maszyny cyfrowej zostały opracowane według wzorów trzech teorii ruchów górotworu: Knothego-Budryka, Kochmańskiego i Drzeźli. Jednak najnowsze wersje tych programów, najprostsze w obsłudze, najszybsze i realizujące najszerszy zakres obliczeń, dotyczą już tylko metody Drzeźli, podczas gdy w praktyce górniczej żąda się często, żeby obliczenia były wykonane według teorii Knothego-Budryka. W związku z tym istnieje potrzeba omówienia możliwości otrzymania wyników zgodnych z tą teorią, przy korzystaniu z najnowszych programów. W tym celu musimy z osobna rozpatrzyć powierzchnię terenu i wnętrze górotworu.

Dla punktów powierzchni terenu obniżenia, nachylenia (przechylenia) i krzywizny terenu będą dokładnie takie same według obu metod, ponieważ w obu przypadkach obliczane są ze wzoru Knothego (2.4) i jego pochodnych, przy tych samych wartościach parametrów. Dla punktów wewnątrz górotworu wartości wymienionych wskaźników będą według obu metod jakościowo zgodne, a różnice ilościowe będą wynikać tylko z różnic zasięgu wpływów na poszczególnych poziomach górotworu, wynikających z różnic poglądów co do wartości wykładnika  $n$  ze wzoru (2.6) lub (2.10) ( $n = 1$  lub  $n = 0,665$ ). To samo dotyczy wartości odkształcenia pionowego w całym obszarze nad pokładem, od stropu pokładu do powierzchni terenu.

Wartości przemieszczeń i odkształceń poziomych w punktach powierzchni terenu również będą jakościowo zgodne według obu metod, przy czym istnieje możliwość uzyskania również zgodności ilościowej poprzez dobór odpowiedniej

wartości parametru  $\varphi$ . Nie ma natomiast możliwości uzyskania zgodności przemieszczeń i odkształceń poziomych wewnątrz górotworu, ponieważ w tym przypadku istnieje niezgodność jakościowa.

W celu rozpatrzenia możliwości uzyskania zgodności przemieszczeń i odkształceń poziomych na powierzchni terenu należy wziąć pod uwagę wzory (2.5) i (2.13). Ze wzorów tych wynika, że stosunek  $s$  przemieszczeń i odkształceń poziomych według Drzęźli do wartości tych wskaźników według Knothego-Budryka wynosi

$$s = \frac{0,265}{\operatorname{tg} \beta} \frac{1 - \varphi}{\varphi} \quad (2.14)$$

Przy założeniu  $s = 1$  (warunek równości przemieszczeń i odkształceń poziomych) otrzymujemy

$$\varphi_r = \frac{0,265}{\operatorname{tg} \beta + 0,265} \quad (2.15)$$

Przy wartościach  $\varphi > \varphi_r$  otrzymuje się według Drzęźli niższe wartości przemieszczenia i odkształceń poziomych niż według Knothego-Budryka i odwrotnie przy  $\varphi < \varphi_r$ .

Niektóre wartości parametru  $\varphi_r$  zamieszczono w tablicy 2.1, a w tablicy 2.2 przedstawiono wartości stosunku  $s$  przemieszczeń i odkształceń poziomych według Drzęźli do przemieszczeń i odkształceń poziomych według Knothego-Budryka przy wartości  $\varphi = 0,15$  najczęściej stosowanej w obliczeniach.

Tablica 2.1

Warunki równości przemieszczeń i odkształceń poziomych na powierzchni terenu według Knothego-Budryka i Drzęźli

$\operatorname{tg} \beta$	$\varphi = \varphi_r$
1,5	0,150
1,6	0,142
1,7	0,135
1,8	0,128
1,9	0,122
2,0	0,117
2,1	0,112
2,2	0,108
2,3	0,103
2,4	0,099
2,5	0,096

Tablica 2.2

Wartości stosunku  $s$  (wzór 2.14) przemieszczeń i odkształceń poziomych obliczonych według Drzęzli i według Knothego-Budryka przy  $\nu = 0,15$

$\operatorname{tg} \beta$	$s$
1,5	1,001
1,6	0,939
1,7	0,883
1,8	0,834
1,9	0,790
2,0	0,751
2,1	0,715
2,2	0,683
2,3	0,653
2,4	0,626
2,5	0,601

### 3. PROGRAMY SŁUŻĄCE DO PROGNOZOWANIA DEFORMACJI W WYBRANYCH PUNKTACH GÓROTWORU (ED3N, ED8N, ED9N, ED8J)

#### 3.1. Zakres stosowania programów

Rozpatrywaną grupę stanowią programy o nazwach

ED3N - opracowany na podstawie wzorów W. Budryka-S. Knothego,  
ED8N - opracowany na podstawie wzorów B. Drzęźli,  
ED9N - opracowany na podstawie wzorów teorii T. Kochmańskiego,  
oraz program ED8J stanowiący uogólnioną wersję programu ED8N.

W omawianych programach przewidziano obliczanie następujących wskaźników deformacji górotworu:

- 1 - przemieszczenie pionowe (obniżenie pionowe (obniżenie) punktu (mm),
- 2 - składowa przemieszczenia poziomego w pierwszym wybranym kierunku (mm),
- 3 - składowa przemieszczenia poziomego w drugim wybranym kierunku (mm),
- 4 - wielkość przemieszczenia poziomego punktu (mm),
- 5 - kierunek przemieszczenia poziomego (przez kierunek rozumie się tutaj kąt między osią x przyjętego układu współrzędnych a danym kierunkiem (st),
- 6 - odkształcenie pionowe (‰),
- 7 - wielkość poziomego odkształcenia liniowego w pierwszym wybranym kierunku (‰),
- 8 - wielkość poziomego odkształcenia liniowego w drugim wybranym kierunku (‰),
- 9 - wielkość poziomego odkształcenia postaciowego w pierwszym wybranym kierunku (‰),
- 10 - główne odkształcenia poziome (‰),
- 11 - kierunek jednego z głównych odkształceń poziomych (z uwagi na prostopadłość kierunków głównych wyznacza się tylko jeden z nich (st),
- 12 - kierunki zerowych odkształceń poziomych (st),
- 13 - maksymalne poziome odkształcenie postaciowe (‰),
- 14 - odkształcenie objętościowe (według teorii Budryka-Knothego wskaźnik ten ma zawsze wartość zero) (‰),
- 15 - kąt odchylenia linii pionowej (szybu) od pionu (‰),
- 16 - kierunek odchylenia linii pionowej (st),
- 17 - nachylenie niecki osiadania w danym punkcie w pierwszym wybranym kierunku (‰),
- 18 - nachylenie niecki osiadania w danym punkcie w drugim wybranym kierunku (‰),



- 19 - maksymalne nachylenie niecki osiadania w danym punkcie ( $\%_{os}$ ),
- 20 - kierunek maksymalnego nachylenia niecki osiadania (prostopadły do kierunku izolinii osiadania) w danym punkcie (st),
- 21 - krzywizna pozioma w pierwszym wybranym kierunku ( $10^{-6} \text{ m}^{-1}$ ),
- 22 - krzywizna pozioma w drugim wybranym kierunku ( $10^{-6} \text{ m}^{-1}$ ),
- 23 - krzywizna linii pionowej (szybu) ( $10^{-6} \text{ m}^{-1}$ ),
- 24 - kierunek wykrzywienia linii pionowej (st),
- 25 - krzywizna przekroju pionowego niecki osiadania w pierwszym wybranym kierunku ( $10^{-6} \text{ m}^{-1}$ ),
- 26 - krzywizna przekroju pionowego niecki osiadania w drugim wybranym kierunku ( $10^{-6} \text{ m}^{-1}$ ),
- 27 - wielkość skrócenia geodezyjnego powierzchni niecki osiadania w pierwszym wybranym kierunku ( $10^{-6} \text{ m}^{-1}$ ),
- 28 - krzywizny główne przekrojów pionowych niecki osiadania ( $10^{-6} \text{ m}^{-1}$ )
- 29 - kierunek jednej z krzywizn głównych (z uwagi na prostopadłość kierunków głównych wyznacza się tylko jeden z nich) (st),
- 30 - kierunki asymptotyczne (zerowych krzywizn normalnych) na powierzchni niecki osiadania (st),
- 31 - maksymalne skrócenie geodezyjne powierzchni niecki osiadania w danym punkcie ( $10^{-6} \text{ m}^{-1}$ ).

Ponadto w programach ED8N i ED8J przewidziane jest obliczanie dalszych wskaźników:

- 32, 33, 34 - naprężenia normalne w kierunkach osi  $x$ ,  $y$  i  $z$ ,
- 35, 36, 37 - naprężenia styczne  $\tau_{xy}$ ,  $\tau_{xz}$ ,  $\tau_{yz}$ , (jednostka naprężenia będzie taka sama jak jednostka modułu sprężystości warstw górotworu, którego wartość liczbową zamieszcza się w wykazie danych).

Liczby podane przed każdym z wyszczególnionych wyżej wskaźników deformacji są numerami tych wskaźników przyporządkowanymi im programowo na stałe.

W przypadku wyznaczania określonych kierunków na powierzchni niecki osiadania (wskaźniki opatrzone numerami 5, 11, 12, 16, 20, 24, 29 i 30) maszyna odpowiednio sygnalizuje ewentualny brak takich kierunków lub niejednoznaczność ich wyznaczenia (np. punkt umbilikalny na powierzchni niecki osiadania, w którym wszystkie kierunki są kierunkami głównymi krzywizn).

Jak już powiedziano, w omawianych programach przewidziane jest obliczanie wskaźników deformacji górotworu opatrzonych wyżej numerami od 1 do 31 (37), przy czym programy są w ten sposób skonstruowane, że spośród wyszczególnionych wskaźników maszyna będzie obliczać i drukować tylko te, które będą jej odpowiednio wskazane.

Programy ED3N, ED8N i ED9N opracowano przy założeniu, że eksploatacja prowadzona jest w pokładach poziomych lub słabo nachylonych, natomiast za pomocą programu ED8J można również w sposób przybliżony, prognozować wpływy pochodzące od eksploatacji pokładów nachylonych.



W omawianych programach nie uwzględniono wpływu czasu na kształtowanie się deformacji górotworu; obliczają one tylko deformacje ostateczne, występujące po czasie dostatecznie długim od dokonania danej eksploatacji. W programie ED8J, w którym również pominięto problem rozwoju niecki osiadania w czasie zakładając, że eksploatacja danej parceli została dokonana w czasie bardzo krótkim i że wpływy tej eksploatacji wystąpiły natychmiast, został uwzględniony czas, jako czynnik rzutujący na kształtowanie się efektywnych wielkości krzywizn i odkształceń poziomych, zmniejszających się z upływem czasu zgodnie z funkcją relaksacji naprężeń w obiektach (patrz: rozdział 2.1). W programie tym, od czasu, jaki upłynął od momentu dokonania eksploatacji, zależne są efektywne wielkości wskaźników opatrzonych numerami: 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28 i 31.

Uwzględniając dotychczasowe informacje i dalsze cechy programów, zakres ich stosowania można streścić w następujących punktach:

1. Do rozpatrywanej grupy należą programy o nazwach: ED3N - opracowany na podstawie wzorów Budryka-Knothego, ED8N - opracowany na podstawie wzorów Drzęzli i ED9N - opracowany na podstawie wzorów Kochmańskiego oraz ED8J - stanowiący uogólnioną wersję programu ED8N.

2. Programy te obliczają dowolną liczbę spośród wyszczególnionych wyżej 31 (37) wskaźników deformacji górotworu.

3. Uwzględnia się eksploatację w dowolnej liczbie parcel w dowolnej liczbie pokładów (ograniczenie stanowi jedynie pamięć maszyny cyfrowej).

4. Poszczególne parcele eksploatacji mogą mieć kształt dowolnych wielokątów.

5. Wielkość parametru danej teorii ( $\operatorname{tg}\beta$ ,  $c_h$ ,  $r_0$ ) można zadać na dwa sposoby: jako stałą - jednakową dla wszystkich parcel eksploatacji lub zmienną - dla każdej parceli z osobna.

6. W obliczeniach uwzględnia się tzw. obrzeże eksploatacji, które również można zadać na dwa sposoby: jako stałe (w szczególności zerowe) - jednakowe dla wszystkich krawędzi i zmienne - dla każdej krawędzi z osobna.

7. Zakres stosowania programów ED3N, ED8N i ED9N ograniczony jest do pokładów poziomych lub słabo nachylonych, natomiast za pomocą programu ED8J można również prognozować, w sposób przybliżony, wpływy pochodzące od eksploatacji pokładów nachylonych.

8. Obliczone wielkości wskaźników deformacji odpowiadają stanowi uspokojenia się ruchów górotworu po dokonaniu danej eksploatacji.

9. Program ED8J oblicza tzw. efektywne wielkości krzywizn i odkształceń górotworu omówione w rozdziale 2.1.

10. Punkty obliczeniowe w dowolnej liczbie mogą być dowolnie rozmieszczone na powierzchni terenu lub w głębi górotworu. W przypadku punktów rozmieszczonych w stałych odstępach w poziomej lub pionowej linii lub też w poziomej siatce, przewidziano uproszczony sposób zestawienia danych opisujących te punkty.

11. Na żądanie maszyna cyfrowa może drukować wielkości wskaźników deformacji pochodzące od eksploatacji poszczególnych wielokątów (parcel) oraz sumy dla pokładów, sumy częściowe (po przeliczeniu kolejnych pokładów) i sumę ogólną. W przypadku programu ED8J przewidziano również mieszany sposób drukowania wyników, polegający na tym, że wpływ części parcel (tzw. stara eksploatacja) jest wykazywany tylko w postaci sumy, natomiast wpływ pozostałych parcel jest rozpisywany szczegółowo (dla każdej z parcel z osobna).

12. Program ED8J może sporządzać zestawienia wskaźników deformacji dla różnych okresów eksploatacji. W danych dla maszyny cyfrowej program ten wymaga przypisania każdej parceli roku eksploatacji i zestawienia okresów eksploatacji (lata od - do), które mają być uwzględnione w obliczeniach, przy czym wyszczególnione okresy mogą dowolnie zachodzić na siebie lub jedno z nich mogą stanowić części innych.

13. Dane opisujące eksploatację sporządza się po przyjęciu na mapach pokładowych prawoskrętnego układu współrzędnych (x, y). Podstawową częścią tych danych są współrzędne wierzchołków kolejnych parcel. W przypadku pierwszych trzech programów współrzędne te wyrażamy w metrach, podając rzeczywiste odległości danego wierzchołka od odpowiednich osi układu współrzędnych. Natomiast w przypadku programu ED8J współrzędne te wyrażamy w milimetrach podając odległości od osi układu zmierzone na mapach pokładowych. W programie ED8J przewidziano ponadto możliwość przyjęcia kilku lokalnych układów współrzędnych, co ułatwia przygotowanie danych w przypadku, gdy rozpatrywana eksploatacja rozmieszczona jest w kilku rejonach lub kopalniach.

### 3.2. Wersja N programów

#### 3.2.1. Dane początkowe

Na dane początkowe składają się w kolejności:

1. Liczba obliczanych wskaźników deformacji.
2. Numery żądanych wskaźników deformacji według zestawienia podanego w punkcie 3.1 opracowania.
3. Parametr sterujący o wartościach 0 lub 1. Wartość 1 tego parametru oznacza, że parametr rozpatrywanej teorii ruchów górotworu jest jednakowy dla wszystkich parcel eksploatacji.

4. Jeśli pod pozycją 3 danych początkowych umieścimy liczbę 1, wtedy w tym miejscu podajemy wielkość parametru rozpatrywanej teorii:

- a) wielkość parametru  $\operatorname{tg} \beta$  (w przypadku korzystania z programu ED3N),
- b) wielkość parametru  $c_1$ , który jest odwrotnością parametru  $\operatorname{tg} \beta$  (w przypadku korzystania z programu ED8N i ED8J),
- c) wielkość parametru  $r_0$  w metrach (w przypadku korzystania z programu ED9N).

Jeśli pod pozycją 3 danych początkowych umieścimy 0, wtedy 4 pozycja danych pozostaje nie wypełniona.

5. Jeśli korzystamy z programu ED8N lub ED8J, to w tym miejscu podajemy wartości dwu dalszych parametrów  $\bar{V}$  i  $E$  (już bezwarunkowo, tzn. niezależnie od wartości parametru sterującego pod pozycją 3 danych początkowych), gdzie  $\bar{V}$  jest przeciętną wielkością liczby Poissona, a  $E$  - przeciętną wielkością modułu sprężystości warstw górotworu. Obliczając wielkości deformacji w punktach powierzchniowych, będziemy przyjmować  $\bar{V} = 0.1-0.2$ , a najczęściej  $\bar{V} = 0.150-0.175$ .

6. Parametr sterujący, który może przyjmować wartości 0 lub 1. Wartość 1 tego parametru oznacza, że wielkość tzw. obrzeża eksploatacji jest stała dla wszystkich parcel i krawędzi eksploatacji.

7. Jeśli pod pozycją 6 danych początkowych umieściliśmy liczbę 1, wtedy w tym miejscu podajemy wielkość obrzeża eksploatacji w metrach. W przypadku przeciwnym pozycji 7 danych nie wypełniamy.

8. Parametr sterujący, który może przyjmować dwie wartości: 0 lub 1. Nadając temu parametrowi wartość 1, będziemy żądać wydruku wielkości deformacji będących wynikiem eksploatacji każdego obszaru (parceli) z osobna. Maszyna cyfrowa po wydrukowaniu wyników dotyczących poszczególnych parcel eksploatowanych w danym pokładzie wydrukuje również sumę dla pokładu. Jeśli rozpatrywanemu parametrowi nadamy wartość 0, wtedy maszyna cyfrowa będzie drukować tylko sumy dotyczące wszystkich eksploatowanych w danym pokładzie parcel. Niezależnie od wartości rozpatrywanego parametru drukowana jest zawsze dla każdego punktu obliczeniowego suma ogólna ujmująca łączny wpływ wszystkich eksploatowanych parcel i pokładów. Również niezależnie od wartości rozpatrywanego parametru pomijane są w wydruku te pokłady i parcele, których eksploatacja nie wywiera wpływu na dany punkt obliczeniowy.

9. Parametr sterujący, który może przyjmować dwie wartości: 0 lub 1. Nadanie temu parametrowi wartości 1 jest równoznaczne z żądaniem wydruku sum częściowych. Drukowanie sum częściowych polega na tym, że po wydrukowaniu sumy dotyczącej kolejnego, analizowanego pokładu, maszyna cyfrowa drukuje dodatkowo sumę ujmującą łączny wpływ eksploatacji w pokładach od pierwszego do aktualnego analizowanego. Jeśli wpływ aktualnie analizowanego pokładu na dany punkt obliczeniowy jest zerowy, wtedy suma częściowa nie jest drukowana. W przypadku, gdy rozpatrywany parametr ma wartość 0, nie są drukowane żadne sumy częściowe, tylko sumy dla pokładów i suma ogólna.

10. Tytuł, który ma być wydrukowany przed wynikami obliczeń. Przez tytuł rozumiemy tutaj dowolny ciąg - zbiór znaków (w szczególności pusty) nie zawierający znaku mnożenia \*, ale zawsze zakończony tym znakiem.

W tablicy 3.1 zamieszczono przykład danych początkowych dla programów ED3N, ED8N i ED9N.



Tablica 3.1

Przykład danych początkowych dla programów ED3N, ED8N i ED9N

Dane dla maszyny cyfrowej	Pozycja danych wg zestawienia w punkcie 3.2 pracy	Objaśnienia
7, 1, 7, 8, 9, 10, 19, 28	1,2	Liczba i numery obliczanych wskaźników deformacji
1	3	Parametr sterujący określający stałość parametru teorii
2	4a	Parametr teorii - tylko program ED3N
.5, .15, 1	4b-5	- tylko program ED8N
40	4c	- tylko program ED9N
1	6	Parametr sterujący określający stałość obrzeża eksploatacji
0	7	Wielkość obrzeża
1,0	8,9	Parametry sterujące, określające sposób drukowania wyników
Deformacje terenu przy planowanej eksploatacji pokładów 312 i 416/1 *	10	Tytuł (nagłówek wyników obliczeń) zakończony znakiem *

Uwaga: W danym przypadku można było przyjąć dowolną wielkość parametru E, ponieważ nie będą obliczane naprężenia.

### 3.2.2. Dane opisujące eksploatację górnictwa

Dane opisujące eksploatację w pokładach sporządzamy po przyjęciu na mapach pokładowych prostokątnego, prawoskrętnego układu współrzędnych (x, y). Są to dane kilkustopniowe. Zawierają one liczbowy opis eksploatacji dokonanej lub projektowanej w kolejnych pokładach. Na wstępie wymagane są następujące deklaracje liczbowe:

- A. Liczba pokładów.
- B. Łączna liczba parcel eksploatacji.
- C. Maksymalna liczba wierzchołków jednej parceli.

Po deklaracjach liczbowych następują dane opisujące eksploatację w kolejnych pokładach. Na dane dotyczące jednego pokładu składają się:

- D1. Nazwa pokładu (rozumiana wyłącznie jako liczba).
- D2. Liczba parcel (obszarów) eksploatacji w danym pokładzie.
- D3. Dane dotyczące kolejnych parcel eksploatacji w danym pokładzie.

Z kolei na dane dotyczące jednej parceli składają się:

- D3a. Przeciętna głębokość w metrach.
- D3b. Wielkość parametru a.
- D3c. Średnia grubość pokładu w metrach w obrębie danej parceli.

D3d. W zależności od wartości odpowiedniego parametru sterującego w danych początkowych (pozycja 3 danych początkowych w przypadku programów ED3N, ED8N i ED9N lub pozycja 14 danych początkowych w przypadku programów E15N, E19N i E20N) podajemy w tym miejscu wartość parametru rozpatrywanej teorii ruchów górotworu, czyli  $\tan \beta$ ,  $r_0$  lub  $c_h$ , odpowiadającą aktualnej parceli eksploatacji. Jeśli wartość danego parametru sterującego wynosi 1, wtedy pozycję D3d danych opisujących eksploatację pozostawiamy nie wypełnioną, ponieważ założyliśmy, że wartość parametru teorii jest stała dla wszystkich parcel i podaliśmy ją już w danych początkowych.

D3e. W przypadku korzystania z programów dotyczących teorii T. Kochmańskiego podajemy w tym miejscu wartości współczynników szczelinowatości  $S_x$  i  $S_z$ .

D3f. Liczba wierzchołków parceli.

D3g. Współrzędne  $x$  i  $y$  w metrach wierzchołków parceli. Wymagana kolejność wierzchołków jest niezgodna z ruchem wskazówek zegara, tzn. posuwając się wzdłuż krawędzi parceli, od wierzchołka do wierzchołka, należy mieć parcelę stale po lewej stronie. Nieistotne natomiast jest, który wierzchołek będzie podany jako pierwszy. Jeśli odpowiedni parametr sterujący w danych początkowych wynosi 0 (pozycja 6 danych początkowych - w przypadku programów ED3N, ED8N i ED9N lub pozycja 17 danych początkowych w przypadku programów E15N, E19N, E20N), to po współrzędnych każdego wierzchołka podajemy wielkość odcinka eksploatacji "d". Wartość "d" podana po współrzędnych danego wierzchołka odnosi się do krawędzi łączącej dany wierzchołek z następnym; krawędź ta będzie w obliczeniach przesunięta do wnętrza obszaru eksploatacji o odcinek "d", jeśli "d" jest dodatnie lub na zewnątrz obszaru eksploatacji, jeśli "d" jest ujemne. Wielkość "d" podana po współrzędnych ostatniego wierzchołka odnosi się do krawędzi łączącej ostatni wierzchołek z pierwszym.

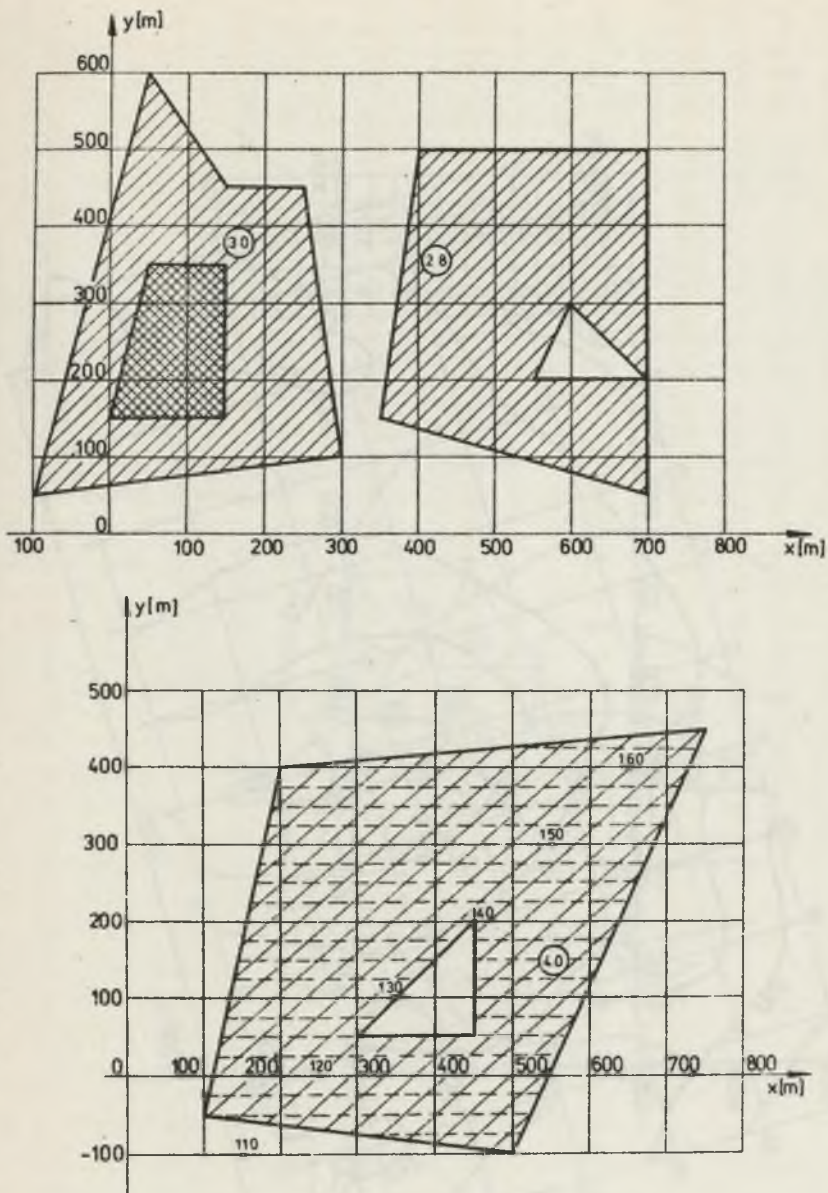
Przykład danych opisujących eksploatację w pokładach, dotyczący rys. 4a i 4b, przedstawiono w tablicy 3.2. Wydaje się, że przykład ten został dobrany na tyle ogólnie, że ewentualny użytkownik programów, po uważnym prześledzeniu danych dla tego przykładu, będzie mógł przygotować dane dla dowolnej innej sytuacji górniczej.

Na podstawie danych zamieszczonych w OTG nr 28/1974 (Skrodzka-Próchniak) wyprowadzono, za pomocą metody najmniejszych kwadratów, następujący wzór na wielkość  $S_x$  dla eksploatacji z zawałem stropu w zależności od głębokości eksploatacji  $H$ :

$$S_x = 0,1602 + \frac{1513,08}{H} - \frac{51971}{H^2} \quad (3.1)$$

(reszkowe odchylenie standardowe  $\sigma_r = 0,28$ ).



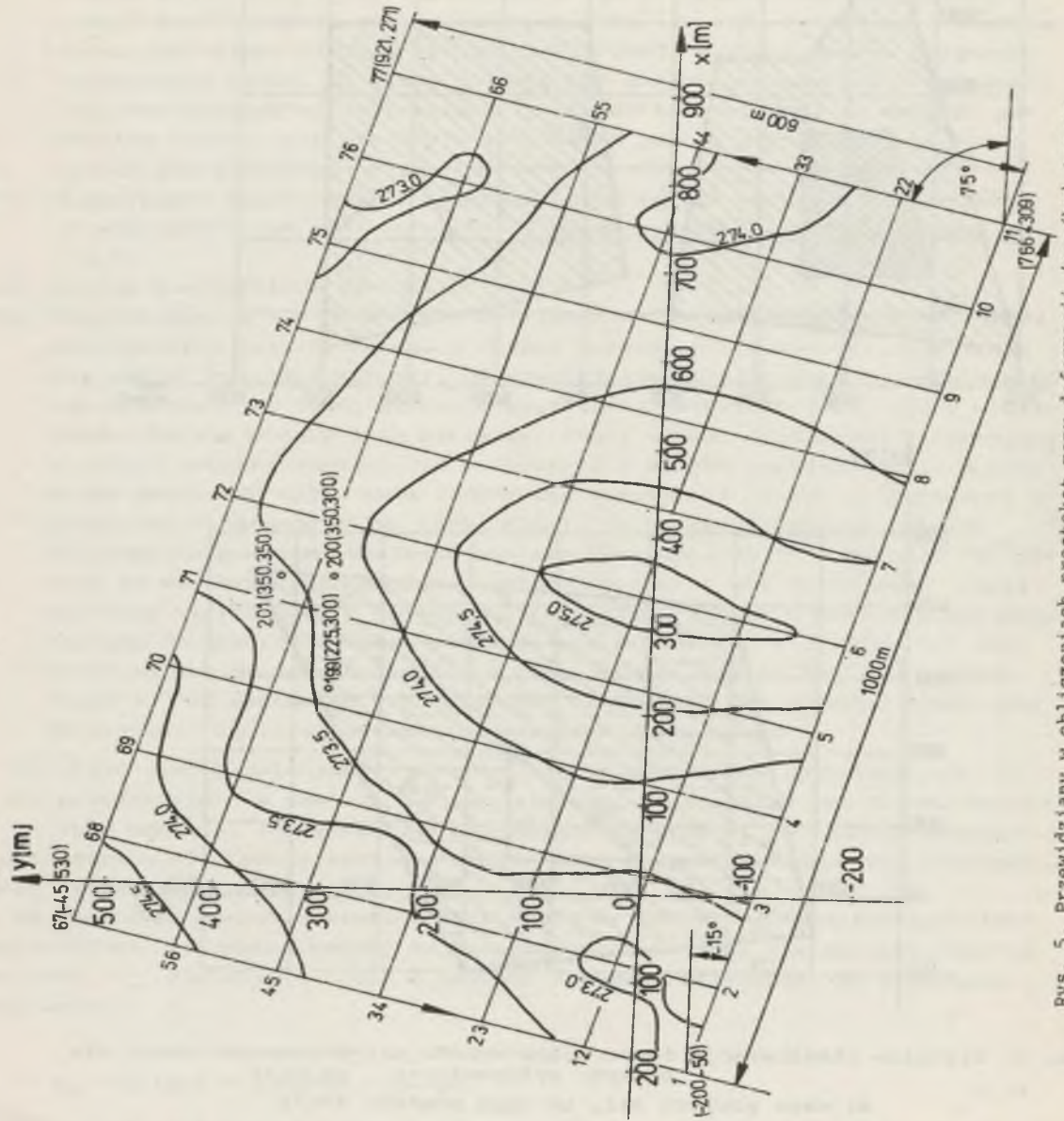


Rys. 4. Fikcyjna eksploatacja ilustrująca sposób przygotowania danych dla maszyny cyfrowej

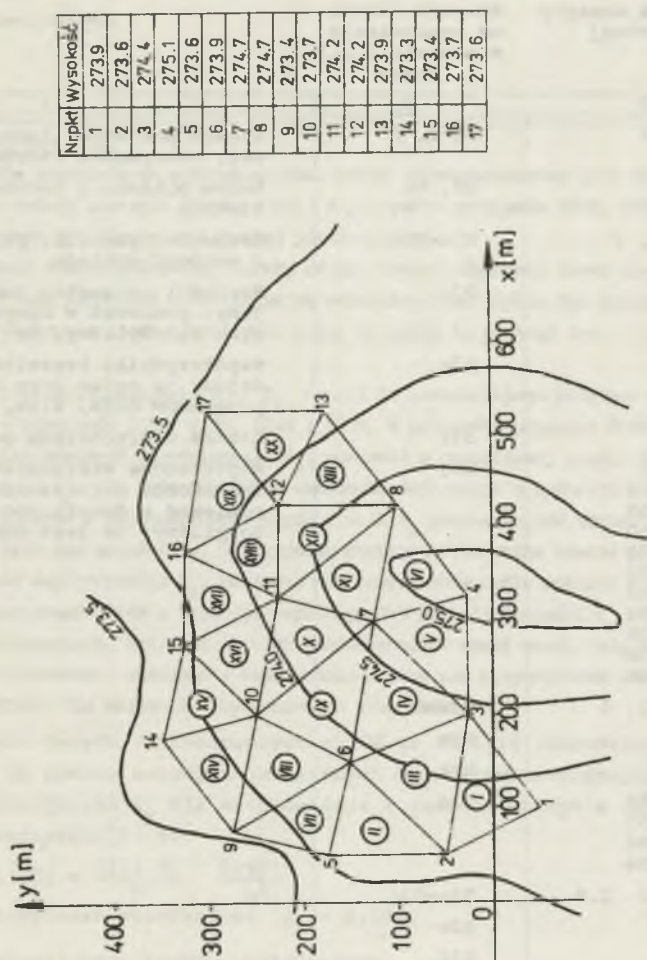
a) mapa pokładu 312, b) mapa pokładu 416/1

Fig. 4. Fictional exploitation illustrating a way of preparing data for a computer

a) map of seam 312, b) map of seam 416/1



Rys. 5. Przewidywany w obliczeniach prostokąt mapy deformacji (rzeźby) terenu  
Fig. 5. Rectangle of the map of deformations of the surface forecast in computations



Rys. 6. Przewidywany w obliczeniach obszar mapy rzeźby terenu (dotyczy programów E28N i E29N)  
 Fig. 6. Area of deformations forecast in computations according to programs E28N and E29N



Tablica 3.2

Dane opisujące eksploatację górnictwa dla programów  
ED3N, ED8N, ED9N, E15N, E19N, E20N, E13N, E14N, E28N i E29N  
(przykład dotyczący rys. 4a i 4b)

Dane dla maszyny cyfrowej	Pozycja danych wg zestawienia w punkcie 3.2.2 pracy	Objaśnienia
1	2	3
2, 4, 11	A, B, C	Liczba pokładów, łączna liczba parcel, maksymalna liczba wierzchołków
312, 3	D1, D2	Nazwa pokładu i liczba parcel w pokładzie
380, .7, 3	D3a-D3c	Głębokość parceli, parametr a i grubość pokładu
	D3d	Wartości parametru teorii nie podajemy, ponieważ w danych początkowych założyliśmy, że jest ona stała
4.4, 1	D3e	Współczynniki szczelinowatości (podajemy je tylko przy korzystaniu z programów ED9N, E19N, E14N i E29N)
11	D3f	Liczba wierzchołków parceli
-100, 50	D3g	Współrzędne wierzchołków parceli (wielkości obrzeża nie podajemy, ponieważ w danych początkowych założyliśmy, że jest ona stała)
300, 100		
150, 150		
0, 150		
50, 350		
150, 350		
150, 150		
300, 100		
250, 450		
150, 450		
50, 600		
380, .3, 3	D3a-D3c	
3.5, 1	D3e	
4	D3f	
0, 150	D3g	
150, 150		
150, 350		
50, 350		
390, .7, 2.8	D3a-D3c	
4.3, 1	D3e	
8	D3f	
350, 150	D3g	
700, 50		
700, 200		
550, 200		
600, 300		
700, 200		
700, 500		
400, 500		
4161, 1	D1, D2	
470, .2, 4	D3a-D3c	
2.9, 1	D3e	



1	2	3
9	D3f	
100, -50	D3g	
500, -100		
450, 50		
300, 50		
450, 200		
450, 50		
500, -100		
750, 450		
200, 400		

Uwagi do tablicy 3.2

1. Nazwy pokładów rozumiane są wyłącznie jako liczby (nie dopuszczalny jest np. symbol 416/1, który należy zastąpić liczbą 4161). W przypadku programów ED3N, ED8N i ED9N nazwa pokładu może być liczbą co najwyżej pięciocyfrową.
2. Dla oddzielenia części całkowitej liczby od jej części ułamkowej używa się wyłącznie kropki. Przecinek natomiast może służyć do oddzielenia od siebie dwu kolejnych liczb. Jeśli część całkowita liczby jest równa zero, to można ją pominąć (np. .75 oznacza liczbę 0.75).
3. Współczynniki szczelinowatości  $S_x$  i  $S_z$  teorii T. Kochmańskiego podajemy tylko przy korzystaniu z programów ED9N, E19N, E14N i E29N. W przypadku programu ED9N można było przyjąć dowolną wielkość współczynnika  $S_z$ , ponieważ w początkowej części danych (tablica 3.1) założono, że nie będą obliczane wskaźniki deformacji o numerach 6 i 14 (odkształcenie pionowe i objętościowe). Współczynnik  $S_z$  bierze bowiem udział w obliczeniach tylko tych dwu wskaźników. W przypadku programu E19N można zawsze przyjmować dowolną wielkość współczynnika  $S_z$ , ponieważ nie bierze on w ogóle udziału w obliczeniach. W przypadku programów E14N i E29N oba współczynniki szczelinowatości  $S_x$  i  $S_z$  nie biorą udziału w obliczeniach. Wczytywanie tych współczynników nawet wtedy, gdy nie biorą one udziału w obliczeniach, założono z tego względu, żeby raz przygotowane i wyperforowane dane mogły służyć dla wszystkich wymienionych programów.

Na podstawie danych zamieszczonych w OTG nr 28/1974 (Skrodzka-Próchniak) wyprowadzono za pomocą metody najmniejszych kwadratów, następujący wzór na wielkość współczynnika  $S_x$  dla eksploatacji z zawałem stropu w zależności od głębokości eksploatacji  $H$ :

$$S_x = 0,1602 + \frac{1513,08}{H} - \frac{51971}{H^2} \quad (3.1)$$

(reszkowe odchylenie standardowe  $\sigma_x = 0,28$ ).

3.2.3. Dane określające punkty obliczeniowe

Dane określające punkty obliczeniowe są wczytywane przez maszyny cyfrową po danych początkowych i danych opisujących eksploatację w pokładach.

W omawianych programach przewidziano trzy sposoby zadawania maszynie cyfrowej punktów obliczeniowych, w zależności od tego, czy są to punkty położone dowolnie, czy też rozmieszczone w regularnych odstępach wzdłuż linii pionowej lub w siatce poziomej, której szczególnym przypadkiem jest linia pozioma (jest to siatka o jednym wierszu).

W przypadku punktów obliczeniowych rozmieszczonych dowolnie kolejność danych jest następująca:

- A1. Liczba punktów obliczeniowych.
- A2. Dane dla kolejnych punktów obliczeniowych.

Na dane opisujące jeden punkt obliczeniowy składają się:

- A2a. Numer punktu.
- A2b. Współrzędne  $x$  i  $y$  punktu w metrach.
- A2c. Głębokość punktu.
- A2d. Kąt w stopniach między osią  $x$  a wybranym kierunkiem w terenie.  
Kąt ten podajemy tylko wtedy, gdy w danych początkowych żądamy obliczenia co najmniej jednego ze wskaźników deformacji opatrzonych numerami 2, 7, 9, 17, 21, 25, 27 (według zestawienia z punktu 3.1 opracowania).
- A2e. Kąt w stopniach między osią  $x$  a drugim interesującym nas kierunkiem w terenie. Kąt ten podajemy tylko wtedy, gdy żądamy obliczenia co najmniej jednego ze wskaźników o numerach: 3, 8, 18, 22, 26.

W przypadku punktów obliczeniowych rozmieszczonych w stałych odstępach wzdłuż linii pionowej dane zawierają:

- B1. Dwa parametry sterujące o wartości zero.
- B2. Współrzędne  $x$  i  $y$  w metrach punktów rozpatrywanej linii pionowej.
- B3. Głębokość pierwszego, najwyższego lub najniższego punktu obliczeniowego (w metrach).
- B4. Kąt w stopniach między osią  $x$  a pierwszym wybranym kierunkiem (zakłada się, że dla wszystkich punktów linii interesuje nas ten sam kierunek). Kąt ten podajemy tylko wtedy, gdy żądamy obliczenia co najmniej jednego ze wskaźników deformacji o numerach: 2, 7, 9, 17, 21, 25, 27 (według zestawienia z punktu 3.1 opracowania).
- B5. Kąt w stopniach między osią  $y$  a drugim wybranym kierunkiem. Kąt ten podajemy tylko wtedy, gdy żądamy obliczenia co najmniej jednego ze wskaźników o numerach: 3, 8, 18, 22, 26.
- B6. Różnica głębokości w metrach między kolejnymi punktami obliczeniowymi. W przypadku, gdy pierwszym punktem obliczeniowym jest punkt najwyższy, różnica ta jest dodatnia, a ujemna - gdy pierwszym punktem obliczeniowym jest punkt położony najgłębiej.
- B7. Liczba punktów obliczeniowych.

Z kolei punkty rozmieszczone w stałych odstępach w siatce poziomej opisujemy następującymi danymi:

- C1. Dwa parametry sterujące, z których pierwszy ma zawsze wartość zero, a drugi wartość jeden.
- C2. Współrzędne  $x$  i  $y$  (w metrach) jednego z wierzchołków prostokąta obramowującego siatkę.
- C3. Głębokość (w metrach) punktów siatki.
- C4, C5. Analogicznie do B4 i B5.
- C6. Odstęp w metrach między punktami siatki.

- C7. Liczba punktów obliczeniowych w jednym wierszu siatki (liczba kolumn siatki). Za kierunek wierszy uważa się kierunek boku prostokąta obramowującego, wychodzącego z zadanego wierzchołka (pozycja C2) w kierunku dodatnim (kierunek dodatni - lewy kierunek obiegu).
- C8. Liczba punktów obliczeniowych w jednej kolumnie siatki (liczba wierszy siatki). Jeśli w tym miejscu postawimy liczbę 1, to obliczenia będą wykonane dla punktów linii poziomej wychodzącej z zadanego pod pozycją C2 wierzchołka, o kierunku jak niżej.
- C9. Kąt w stopniach między osią  $x$  a bokiem prostokąta obramowującego siatkę, wychodzącego z zadanego wierzchołka w kierunku dodatnim.

Poszczególne sposoby zadawania maszynie cyfrowej punktów obliczeniowych zilustrowano przykładami zawartymi w tablicach 3.3 - 3.5. Przykłady te dotyczą punktów obliczeniowych zaznaczonych na rys. 5. Tablica 3.3 dotyczy punktów 199-201 położonych w nieregularnych odstępach i na różnych głębokościach. Tablica 3.4 dotyczy 21 punktów linii pionowej przechodzącej przez punkt 200, rozmieszczonych w stałych odstępach co 20 m na głębokościach od 0 do 400 m. Z kolei tablica 3.5 dotyczy 77 punktów powierzchni terenu rozmieszczonych w siatce kwadratowej o boku 100 m, obramowanej zaznaczonym na rys. 5 prostokątem.

Tablica 3.3

Przykład sporządzenia danych dla punktów obliczeniowych dowolnie położonych (dotyczy punktów 199-201 z rys. 5)

Dane dla maszyny cyfrowej	Pozycja danych wg zestawienia z punktu 3.2.3 pracy	Objaśnienia
3	A1	Liczba punktów obliczeniowych
199, 225, 300	A2a-A2b	Numer i współrzędne punktu
0	A2c	Głębokość punktu (założono, że punkt leży na powierzchni terenu)
0, 90	A2d-A2e	Kąty między osią $x$ a interesującymi nas kierunkami w terenie (założono, że interesują nas kierunki osi układu współrzędnych)
200, 350, 300	A2a-A2b	
380	A2c	
0, 90	A2d-A2e	
201, 350, 350	A2a-A2b	
0	A2c	
30, 80	A2d-A2e	

Tablica 3.4

Przykład sporządzenia danych dla punktów obliczeniowych rozmieszczonych w stałych odstępach wzdłuż linii pionowej (dotyczy linii pionowej przechodzącej przez punkt 200 z rys. 5)

Dane dla maszyny cyfrowej - rozwiązania alternatywne		Pozycja danych wg zestawienia z punktu 3.2.3 pracy	Objaśnienia
1	2		
0, 0	0, 0	B1	Parametry sterujące
350, 300	350, 300	B2	Współrzędne x i y linii pionowej
0	400	B3	Głębokość pierwszego punktu
0, 90	0, 90	B4-B5	Kąty między osią x a interesującymi nas kierunkami (tu założono, że interesują nas kierunki osi układu współrzędnych)
20	-20	B6	Odstęp pionowy między punktami obliczeniowymi
21	21	B7	Liczba punktów obliczeniowych

Tablica 3.5

Przykład sporządzenia danych dla punktów obliczeniowych rozmieszczonych w poziomej siatce (dotyczy siatki wypełniającej prostokąt z rys. 5)

Dane dla maszyny cyfrowej - rozwiązania alternatywne				Pozycja danych wg zestawienia z punktu 3.2.3 pracy
1	2	3	4	
0, 1	0, 1	0, 1	0, 1	C1
-200, -50	766, -309	921, 271	-45, 530	C2
0	0	0	0	C3
0, 90	0, 90	0, 90	0, 90	C4-C5
100	100	100	100	C6
11	7	11	7	C7
7	11	7	11	C8
-15 (lub 345)	75	165	255	C9



### 3.3. Wersja J programów

#### 3.3.1. Dane początkowe

Dane początkowe dla programu ED8J są do pozycji 9 włącznie identyczne z danymi dla programu ED8N (patrz: rozdział 3.2.1). Dalsza część danych początkowych dla programu ED8J zawiera:

10. Parametry  $T$  i  $c$  wzoru (2.3) z rozdziału 2.1, gdzie  $T$  - czas relaksacji w latach,  $c$  - pozostałość asymptotyczna naprężenia ( $0 < c \leq 1$ ).

Według J. Kwiatka, dla obiektów z cegły wartości tych parametrów wynoszą  $T = 0,9$  roku i  $c = 0,45$ . W zależności od wartości tych parametrów i odstępu czasu między dokonaniem eksploatacji danej parceli a końcem analizowanego okresu obliczeniowego będą pomniejszane według wzoru (2.3) efektywne wielkości wskaźników deformacji opatrzonych numerami: 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28 i 31. Jeśli parametrowi  $c$  nadamy wartość 1, wtedy niezależnie do wartości parametru  $T$ , będą drukowane rzeczywiste wartości wymienionych wskaźników deformacji, co wynika zresztą ze wzoru (2.3).

Uwaga. Parametrowi  $T$  nie można przypisać wartości 0, ponieważ w programie występuje dzielenie przez ten parametr.

11. Tytuł (nagłówek) obliczeń zakończony znakiem \*.

Przykład danych początkowych dla programu ED8J zamieszczono w tabelcy

3.6.

Tablica 3.6

Przykład danych początkowych dla programu ED8J

Dane dla maszyny cyfrowej	Pozycja danych wg zestawienia z punktu 3.2.1 i 3.3.1 pracy	Objaśnienia
7, 1, 7, 8, 9, 10, 19, 18	1, 2	Pozycje 1-9 objaśnione są w tabelcy 3.1
1, .5, .15, 1	3, 4b, 5	
1, 0	6-7	
1, 0	8-9	
1, 1	10	
Deformacje terenu przy planowanej eksploatacji pokładów 312 i 416/1 *	11	Parametry $T$ i $c$ Tytuł (nagłówek) wyników obliczeń zakończony znakiem *

### 3.3.2. Dane opisujące eksploatację górnictw

Dane opisujące eksploatację górnictw sporządzamy po przyjęciu na mapach pokładowych prostokątnego, prawoskrętnego układu współrzędnych ( $x, y$ ). Jeżeli obliczenia wykonywane są dla kilku kopalń (rejonów), to przyjmujemy jeden podstawowy (główny) układ współrzędnych, a dla każdej kopalni (rejonu) można przyjąć lokalny układ współrzędnych przesunięty równolegle (bez obrotu) względem podstawowego.

Mapy pokładowe jednej kopalni (rejonu) powinny być wykonane w tej samej skali, o ile użytkownik chce skorzystać z udogodnienia, jakie stwarza program ED8J, polegającego na odczycie współrzędnych wierzchołków parcel w mm zmierzonych na mapach. Skale map pokładowych różnych kopalń (rejonów) mogą się między sobą różnić.

Dane opisujące eksploatację górnictw zawierają w kolejności:

- I. Liczba kopalń (rejonów).
- II. Łączna liczba pokładów. Jeśli pokład o tej samej nazwie występuje w danych dla dwu lub trzech różnych rejonów, należy go liczyć odpowiednio podwójnie lub potrójnie.
- III. Łączna liczba parcel eksploatacji.
- IV. Maksymalna liczba wierzchołków jednej parceli.
- V. Dane opisujące kolejne kopalnie (rejony).

Na dane opisujące kopalnię (rejon) składają się:

- VA. Dowolny komentarz (tekst) nie zawierający znaku mnożenia \*, ale zakończony tym znakiem.
- VB. Współrzędne  $x$  i  $y$  w metrach (wielkości naturalne - rzeczywiste) początku lokalnego układu współrzędnych w podstawowym układzie współrzędnych.
- VC. Krotność pomniejszenia map kopalni (rejonu). Jeśli współrzędne wierzchołków parcel będą podawane w wielkościach rzeczywistych (w metrach), wtedy jako krotność pomniejszenia map należy podać 1000.
- VD. Liczba pokładów w danej kopalni (rejonie).
- VE. Dane opisujące kolejne pokłady rozpatrywanej kopalni (rejonu).

Dane opisujące pokład zawierają:

- VE1. Dowolny komentarz (tekst) nie zawierający znaku mnożenia \*, ale zakończony tym znakiem.
- VE2. Nazwa pokładu rozumiana jako liczba co najwyżej ośmiocyfrowa.
- VE3. Liczba parcel eksploatacji w danym pokładzie.
- VE4. Dane opisujące kolejne parcele.

I wreszcie na opis jednej parceli składają się:

- VE4a. Dowolny komentarz nie zawierający znaku mnożenia \*, ale zakończony tym znakiem.

- VE4b. Nazwa parceli rozumiana wyłącznie jako liczba co najwyżej ośmiocyfrowa.
- VE4c. Rok eksploatacji parceli.
- VE4d. Średnia kota powierzchni nad parcelą (mnpm).
- VE4e. Średnia kota stropu karbonu nad parcelą, (mnpm). W przypadku gdy pokład jest poziomy, można podać jakąkolwiek liczbę.
- VE4f. Średnia kota pokładu w obrębie parceli (mnpm).
- VE4g. Kąt w stopniach między osią  $x$  a kierunkiem upadu pokładu.
- VE4h. Kąt w stopniach upadu pokładu (zawsze dodatni).
- VE4i. Wartość parametru  $a$ .
- VE4j. Średnia grubość pokładu w obrębie parceli.
- VE4k. Jeśli odpowiedni parametr sterujący w danych początkowych miał wartość zero, to w tym miejscu podajemy wartość parametru teorii przypisaną danej parceli (tu:  $c_h$  - czyli odwrotność parametru  $\operatorname{tg}\beta$ ). W przypadku przeciwnym tej pozycji danych nie wypełniamy.
- VE4l. Liczba wierzchołków parceli.
- VE4m. Współrzędne  $x$  i  $y$  kolejnych wierzchołków parceli odczytane w milimetrach względem lokalnego układu współrzędnych. Jeśli współrzędne te podamy w wielkościach rzeczywistych (w metrach), to pod pozycją VC danych musi być podana odpowiednia krotność pomniejszenia map. Jeśli odpowiedni parametr sterujący w danych początkowych ma wartość 0, to po współrzędnych  $x$  i  $y$  każdego wierzchołka podajemy wielkość obrzeża "d" w metrach. Kolejność wierzchołków i zasady podawania wartości obrzeża są takie same, jak w przypadku pozycji D3g danych opisanych w rozdziale 3.2.2.

Przykład danych opisujących eksploatację górnictw, dotyczący rys. 4a i 4b, zamieszczono w tablicy 3.7.

Tablica 3.7

Dane opisujące eksploatację górnictw dla programów ED8J i E15J  
(przykład dotyczący rys. 4a i 4b)

Dane dla maszyny cyfrowej	Pozycja danych wg zestawienia w punkcie 3.3.2 pracy	Objaśnienia
1	2	3
2, 2, 4, 11	I - IV	Liczba rejonów, liczba pokładów, liczba parcel, maksymalna liczba wierzchołków
Rejon 1 - pokład 312 *	Va	Komentarz przed danymi dla rejonu 1. Jako rejon 1 potraktowano tu pokład 312.
0, 0, 1000, 1	VB- VD	Współrzędne początku lokalnego ukła- du współrzędnych, krotność pomniej- szenia map (będą podane rzeczywiste współrzędne wierzchołków), liczba pokładów w rejonie



cd. tablicy 3.7

1	2	3
Pokład 312 *	VE1	Komentarz przed danymi dla pokładu
312, 3	VE2 - VE3	Nazwa pokładu i liczba parcel w pokładzie
Parcela 1/312 *	VE4a	Komentarz przed danymi dla parceli
1, 1985	VE4b - VE4c	Nazwa parceli i rok eksploatacji parceli
273, 200, -107	VE4d - VE4f	Średnia kota powierzchni, średnia kota stropu karbonu, średnia kota pokładu
0, 0	VE4g - VE4h	Kąt między osią x a kierunkiem upadu (tu: dowolna wartość, ponieważ pokład jest poziomy) i kąt upadu
.7, 3	VE4i - VE4j	Parametr a i grubość pokładu
11	VE4l	Liczba wierzchołków parceli
- 100, 50, 300, 100	VE4m	Współrzędne wierzchołków parceli w lokalnym układzie współrzędnych (tu: wartości rzeczywiste)
150, 150, 0, 150		
50, 350, 150, 350		
150, 150, 300, 100		
250, 450, 150, 450		
50, 600		
*	VE4a	Komentarz przed danymi dla 2 parceli (tu: tylko znak *)
2, 1985,	VE4b - VE4c	
273, 200, -107	VE4d - VE4f	
0, 0, .3, 3, 4	VE4g - VE4l	
0, 150, 150, 150	VE4m	
Parc. 150, 350, 50, 350	VE4a	
3/312 *	VE4b - VE4c	
3, 1988	VE4d - VE4f	
273, 200, -117	VE4g - VE4l	
0, 0, .7, 2.8, 8		
350, 150, 700, 50		
700, 200, 550, 200		
600, 300, 700, 200	VE4m	
700, 500, 400, 500		
Rejon 2 - pokład 416/1 *	VA	Komentarz przed danymi dla rejonu 2. Jako rejon 2 potraktowano tu pokład 416/1.
0, 0, 5000, 1	VB - VD	
Pokład 416/1 *	VE1	
4161, 1	VE2 - VE3	
*	VE4a	
1, 1986	VE4b - VE4c	
273, 200, -197	VE4d - VE4f	
0, 0, .15, 4, 9	VE4g - VE4l	
20, -10, 100, -20	VE4m	Współrzędne wierzchołków zmierzone na mapie w milimetrach w lokalnym układzie współrzędnych (patrz krotkość pomniejszenia mapy i porównaj z odpowiednimi danymi w tablicy 3.2)
90, 10, 60, 10		
90, 40, 90, 10		
100, -20, 150, 90		
40, 80		



### 3.3.3. Dane określające punkty obliczeniowe

Dane określające punkty obliczeniowe dla wersji J sporządza się prawie tak samo, jak dla wersji N (rozdz. 3.2.3). Są tylko trzy różnice:

- 1° Zamiast głębokości punktu (linii, siatki) należy podać jego wysokość n.p.m. w metrach.
- 2° Po danych opisanych w rozdziale 3.2.3, a więc na pozycjach odpowiednio A2f lub B8 lub C10, należy dodatkowo podać rok, od którego począwszy obiekt zlokalizowany w danym punkcie (obiekty odpowiadające punktom siatki, linii) podlegał wpływom eksploatacji. Rok ten w dalszym ciągu będziemy w skrócie nazywać "rokiem urodzenia" punktu (linii, siatki). Parcele wyeksploatowane przed tym rokiem będą pominięte w obliczeniach wpływu na dany punkt (linię, siatkę).
- 3° Punkt B6 danych dotyczących punktów położonych w linii pionowej otrzymuje brzmienie: Różnica wysokości n.p.m. w metrach między kolejnymi punktami obliczeniowymi. W przypadku gdy pierwszym punktem obliczeniowym jest punkt najwyższy, różnica ta jest ujemna, a dodatnia - gdy pierwszym punktem obliczeniowym jest punkt położony najgłębiej.

Tytułem przykładu dane zawarte w tablicy 3.3, po wprowadzeniu zmian wymaganych przez program ED8J, przedstawiono w tablicy 3.8.

Tablica 3.8

Przykład sporządzenia danych dla dowolnie położonych punktów obliczeniowych z uwzględnieniem zmian wymaganych przez program ED8J (dotyczy punktów 199-201 z rys. 5)

Dane dla maszyny cyfrowej	Pozycja danych wg zestawienia z punktu 3.2.3 i 3.3.3 pracy	Objaśnienia (patrz: tablica 3.3)
3	A1	Wysokość n.p.m. w metrach
199, 225, 300	A2a - A2b	
273.6	A2c	
0, 90	A2d - A2e	"Rok urodzenia" punktu
1900	A2f	
200, 350, 300	A2a - A2b	
-106	A2c	
0, 90	A2d - A2e	
1986	A2f	
201, 350, 300	A2a - A2b	
273.4	A2c	
30, 80	A2d - A2e	
1987	A2f	

### 3.3.4. Dane określające okresy obliczeniowe

Program ED8J umożliwia dowolne zestawienia wpływów pochodzących od eksploatacji dokonanej w różnych okresach. Dlatego po danych początkowych, danych opisujących eksploatację górniczą i danych określających punkty obliczeniowe wymagany jest wykaz okresów eksploatacji, dla których mają być sporządzone odrębne zestawienia wpływów eksploatacji.

Na dane określające okresy obliczeniowe składają się:

1. Liczba okresów.
2. Zestawienie kolejnych okresów obliczeniowych.

Opis jednego okresu obliczeniowego składa się z trzech następujących liczb:

2a. Rok początkowy i końcowy okresu. Eksploatacja dokonana w roku początkowym i końcowym jest uwzględniana w obliczeniach. Jeżeli ma być rozpatrzony wpływ eksploatacji dokonanej w jednym tylko roku, np. 1985, to okres obliczeniowy należy zadać w ten sposób, że zarówno na początek, jak i na koniec okresu wpisuje się tę samą liczbę (rok), np. 1985, 1985. Parcele wyeksploatowane poza podanym okresem obliczeniowym będą w obliczeniach pominięte. Wielkości efektywne krzywizn i odkształceń górotworu obliczane są według wzoru (2.3), w którym za czas podstawiana jest różnica lat między rokiem końcowym danego okresu a rokiem wyeksploatowania rozpatrywanej parceli. W ten sposób, przy odpowiednich wartościach parametrów  $T$  i  $c$ , można otrzymać różne wyniki dla okresów obejmujących te same parcele eksploatacji, ale różniących się rokiem końcowym.

2b. Liczba lat, która dzieli dany okres na dwa podokresy w następujący sposób: jeśli  $l$  jest zadana liczbą lat,  $p$  - rokiem początkowym okresu, a  $k$  - rokiem końcowym okresu, to podokres pierwszy obejmie lata od  $p$  do  $k-l-1$ , a podokres drugi lata od  $k-l$  do  $k$ . Wpływ eksploatacji dokonanej w całym podokresie pierwszym będzie wydrukowany w postaci sumy (bez uwidaczniania wpływu poszczególnych parcel i pokładów) po komentarzu "stara eksploatacja", natomiast wpływ eksploatacji dokonanej w podokresie drugim będzie rozpisany zgodnie z parametrami sterującymi występującymi w danych początkowych, tj. z możliwym rozbićciem na parcele i pokłady oraz z drukowaniem sum częściowych. Podokres pierwszy będzie całym zadaniem okresem, gdy  $k-l > k$ , a podokres drugi będzie całym zadaniem okresem, gdy  $k-l-1 < p$ .

Przykład danych określających okresy obliczeniowe zamieszczono w tablicy 3.9.

Tablica 3.9

Przykład danych określających okresy obliczeniowe dla programu ED8J

Dane dla maszyny cyfrowej	Pozycja danych wg zestawienia w punkcie 3.3.4 pracy	Objaśnienia
3	1	Liczba okresów
1985, 1986, 10	2a - 2b	Początek i koniec okresu oraz licz- ba lat dzieląca okres na dwa pod- okresy. Tu: cały okres jest pod- okresem drugim
1986, 1988, 1	2a - 2b	
1985, 1988, -1	2a - 2b	Tu: cały okres jest podokresem pierwszym

#### 4. PROGRAMY SŁUŻĄCE DO SPORZĄDZANIA MAP DEFORMACJI GÓROTWORU (E15N, E19N, E20N, E15J, E15R)

##### 4.1. Zakres stosowania programów

Rozpatrywana grupę stanowią programy o nazwach

E15N - opracowany na podstawie wzorów B. Drzęzli,

E19N - opracowany na podstawie wzorów teorii T. Kochmańskiego,

E20N - opracowany na podstawie wzorów teorii S. Knothego - W. Budryka  
oraz programy E15J i E15R, stanowiące uogólnione wersje programu E15N.

W omawianych programach przewidziano sporządzanie następujących map deformacji górotworu:

- 1 - mapa obniżeń ( $w$ ), mm,
- 2 - mapa maksymalnych przechyleń terenu w każdym punkcie rozważanego obszaru ( $T_M$ ), mm/m,
- 3 - mapa przechyleń terenu w pierwszym wybranym kierunku ( $TY_1$ ), mm/m,
- 4 - mapa przechyleń terenu w drugim wybranym kierunku ( $TY_2$ ), mm/m,
- 5 - dwie mapy krzywizn głównych ( $K_1, K_2$ ) oraz mapa zbiorcza krzywizn głównych,  $10^{-6} m^{-1}$ ,
- 6 - krzywizna niecki obniżeniowej w pierwszym wybranym kierunku ( $KY_1$ ),  $10^{-6} m^{-1}$ ,
- 7 - krzywizna niecki obniżeniowej w drugim wybranym kierunku ( $KY_2$ ),  $10^{-6} m^{-1}$ ,
- 8 - dwie mapy odkształceń poziomych głównych ( $\epsilon_1, \epsilon_2$ ) oraz mapa zbiorcza odkształceń głównych, mm/m,
- 9 - wielkość odkształcenia poziomego w pierwszym wybranym kierunku ( $\epsilon Y_1$ ), mm/m,
- 10 - wielkość odkształcenia poziomego w drugim wybranym kierunku ( $\epsilon Y_2$ ), mm/m.

Sens matematyczny podanych rodzajów map będzie szerzej wyjaśniony w następnym punkcie pracy.

Liczby podane przed każdym z wyszczególnionych wyżej rodzajów map są numerami tych map przyporządkowanymi im programowo na stałe. Jednocześnie można sporządzać dowolną ilość spośród wyszczególnionych rodzajów map. W odpowiednim miejscu wykazu danych należy tylko podać liczbę żądanych map oraz ich numery programowe.



Inne cechy użytkowe omawianych programów są w ogólnych zarysach (jeśli pominąć informacje o sposobach zadawania punktów obliczeniowych i sposobów drukowania tabel wyników) takie same, jak programów poprzedniej grupy (patrz: rozdz. 3.1), przy czym odpowiednikami programów ED3N, ED8N i ED9N są programy E20N, E15N i E19N, a odpowiednikiem programu ED8J jest program E15J. Program E15R, który nie ma swojego odpowiednika w poprzedniej grupie, realizuje dokładnie takie same funkcje, jak program E15J. Programy te różnią się tylko sposobem przygotowania danych. Mianowicie, w programie E15R przyjęto inny sposób odwzorowania nachylenia pokładów, polegający na tym, że zamiast podawania kierunku i kąta upadu pokładów, podaje się, obok współrzędnych  $x$  i  $y$  wierzchołków parcel, ich współrzędną  $z$  (wys. n.p.m.).

Dalsze cechy użytkowe omawianych programów są następujące:

1. Obszar objęty mapą może być dowolnym prostokątem.
2. Skala map oraz skok warstwic mogą być dowolne.
3. Sporządzane mapy mogą dotyczyć powierzchni terenu lub dowolnych poziomów obliczeniowych wewnątrz górotworu.

#### 4.2. Równania linii jednakowych wartości wybranych wskaźników deformacji górotworu

Prognozy spodziewanych wpływów eksploatacji górniczej na chronione obiekty (jeśli nie są to szyby kopalniane) ograniczają się zazwyczaj do wyznaczenia: obniżenia, nachylenia i krzywizny terenu oraz odkształcenia poziomego. Dlatego też omawiane programy zapewniają możliwość sporządzania map wielkości tych czterech wskaźników.

Na podstawie publikacji autorów rozpatrywanych teorii ruchów górotworu możemy założyć, że dla dowolnego przestrzennego rozmieszczenia eksploatacji w pokładach znane nam są równania:

- pionowej składowej przemieszczenia:

$$w = w(x, y, z) \quad (4.1)$$

- składowych nachylenia niecki osiadania:

$$T_x = T_x(x, y, z); \quad T_y = T_y(x, y, z) \quad (4.2)$$

- składowych krzywizn niecki osiadania (krzywizny przekrojów pionowych niecki osiadania i skręcenie geodezyjne):

$$K_x = K_x(x, y, z); \quad K_y = K_y(x, y, z);$$

$$S_{xy} = S_{xy}(x, y, z) \quad (4.3)$$

- i składowych odkształcenia poziomego (odkształcenia liniowe i odkształcenie postaciowe):

$$\varepsilon_x = \varepsilon_x(x, y, z); \quad \varepsilon_y = \varepsilon_y(x, y, z); \quad (4.4)$$

$$\gamma_{xy} = \gamma_{xy}(x, y, z)$$

Znając wzory (4.1) - (4.4) można w sposób formalny, łatwo utworzyć równania linii jednakowych wartości (izolinii) wybranych wskaźników deformacji górotworu. Niestety, dla każdej z trzech rozpatrywanych metod prognozowania deformacji górotworu, równania te można przedstawić tylko w postaci uwikłanej. Jeśli np. prawą stronę wzoru (4.1) porównamy z pewną stałą wielkością  $c_w$

$$w(x, y, z) = c_w \quad (4.5)$$

to dla ustalonego poziomu  $z = z_u$  w górotworze otrzymamy równanie pewnej krzywej płaskiej  $y = y(x)$ , przedstawionej w postaci uwikłanej, która charakteryzuje się tym, że wszystkie jej punkty doznają jednakowego obniżenia  $c_w$ .

W przypadku obliczania nachylenia niecki osiadania mogą nas interesować zasadniczo dwie rzeczy: maksymalna wielkość nachylenia w danym punkcie górotworu lub wielkość nachylenia w określonym kierunku. Odpowiednie wzory są następujące:

$$T_M = \sqrt{T_x^2 + T_y^2} \quad (4.6)$$

$$T_\varphi = T_x \cos \varphi + T_y \sin \varphi \quad (4.7)$$

gdzie:

$T_M$  - maksymalna wielkość nachylenia niecki osiadania w danym punkcie,

$T_\varphi$  - wielkość nachylenia w danym punkcie w kierunku odchylonym od osi  $x$  o kąt  $\varphi$ .

Stosownie do powyższego możemy określić dwa rodzaje izolinii nachylenia niecki osiadania

$$\sqrt{T_x^2(x, y, z) + T_y^2(x, y, z)} = c_{T1} = \text{const.} \quad (4.8)$$

lub

$$T_x(x, y, z) \cos \varphi + T_y(x, y, z) \sin \varphi = c_{T2} = \text{const.} \quad (4.9)$$

Równanie (4.8) stanowi, dla zadanego poziomu  $z = z_u$  w górotworze, uwikłane równanie pewnej krzywej płaskiej  $y = y(x)$ , łączącej punkty, w których występuje ta sama wielkość maksymalnego nachylenia równa  $c_{T1}$ . Analogicznie równanie (4.9) przedstawia uwikłane równanie izol linii nachylenia niecki obniżeniowej, łączącej punkty, w których występuje ta sama wielkość nachylenia ( $T_p = c_{T2}$ ) obliczona w kierunku odchylonym od osi  $x$  o kąt  $\varphi$ .

W przypadku obliczania krzywizny przekroju pionowego niecki osiadania, podobnie jak w przypadku nachylenia będą nas interesować głównie trzy wielkości: obie krzywizny główne lub wielkość krzywizny w określonym kierunku. Odpowiednie wzory są następujące:

$$K_{1,2} = \frac{1}{2} (K_x + K_y) \pm \sqrt{\frac{1}{4} (K_x - K_y)^2 + S_{xy}^2} \quad (4.10)$$

$$K_\varphi = K_x \cos^2 \varphi + 2 S_{xy} \sin \varphi \cos \varphi + K_y \sin^2 \varphi \quad (4.11)$$

gdzie:

- $K_1, K_2$  - krzywizny ekstremalne (główne) w danym punkcie górotworu,
- $K_\varphi$  - wielkość krzywizny w danym punkcie w kierunku odchylonym od osi  $x$  o kąt  $\varphi$ .

Wynikające ze wzorów (4.10) i (4.11) izol linie krzywizny można przedstawić w sposób uwikłany następująco:

$$\frac{1}{2} [K_x(x,y,z) + K_y(x,y,z)] + \sqrt{\frac{1}{4} [K_x(x,y,z) - K_y(x,y,z)]^2 + S_{xy}^2(x,y,z)} = c_{K1} \quad (4.12)$$

$$\frac{1}{2} [K_x(x,y,z) + K_y(x,y,z)] - \sqrt{\frac{1}{4} [K_x(x,y,z) - K_y(x,y,z)]^2 + S_{xy}^2(x,y,z)} = c_{K2} \quad (4.13)$$

$$K_x(x,y,z) \cos^2 \varphi + 2 S_{xy}(x,y,z) \sin \varphi \cos \varphi + K_y(x,y,z) \sin^2 \varphi = c_{K3} \quad (4.14)$$

Równania (4.12) i (4.13) są, dla zadanego poziomu  $z = z_u$  w górotworze, uwikłanymi równaniami krzywych płaskich  $y = y(x)$ , łączących punkty, w których dana krzywizna główna jest stała i wynosi odpowiednio  $c_{K1}$  lub  $c_{K2}$ . Z kolei równanie (4.14) jest równaniem krzywej łączącej punkty, w których wielkość krzywizny, obliczona w kierunku nachylonym od osi  $x$  o kąt  $\varphi$ , jest stała i równa  $c_{K3}$ .

Oprócz map krzywizny sporządzanych stosownie do równań (4.12) - (4.14), w omawianych programach przewidziano jeszcze jeden rodzaj mapy krzywizny sporządzanej zgodnie z równaniem

$$\pm \max [|K_1(x,y,z)|, |K_2(x,y,z)|] = c_{K4} \quad (4.15)$$

Znak we wzorze (4.15) jest znakiem tej z krzywizn głównych, która ma większą wartość bezwzględną.

Mapę sporządzaną stosownie do równania (4.15) będziemy nazywać mapą zbiorczą krzywizn głównych. Drukowanie tego rodzaju map wprowadzono na życzenie użytkowników programów, chociaż powierzchnia określona lewą stroną równania (4.15) przy  $z = z_u$  może posiadać nieciągłości (skoki).

Równania izolinii odkształceń poziomych określamy całkowicie analogicznie do izolinii krzywizn przekrojów pionowych niecki osiadania, ponieważ wzory określające odkształcenia główne i wielkość odkształcenia w zadanym kierunku są analogiczne do wzorów (4.10) i (4.11). Tak więc równania izolinii odkształceń poziomych będą mieć postać:

$$\frac{1}{2} [\varepsilon_x(x,y,z) + \varepsilon_y(x,y,z)] + \frac{1}{2} \sqrt{[\varepsilon_x(x,y,z) - \varepsilon_y(x,y,z)]^2 + \gamma_{xy}^2(x,y,z)} = c\varepsilon_1 \quad (4.16)$$

$$\frac{1}{2} [\varepsilon_x(x,y,z) + \varepsilon_y(x,y,z)] - \frac{1}{2} \sqrt{[\varepsilon_x(x,y,z) - \varepsilon_y(x,y,z)]^2 + \gamma_{xy}^2(x,y,z)} = c\varepsilon_2 \quad (4.17)$$

$$\varepsilon_x(x,y,z)\cos^2\varphi + \gamma_{xy}(x,y,z)\sin\varphi\cos\varphi + \varepsilon_y(x,y,z)\sin^2\varphi = c\varepsilon_3 \quad (4.18)$$

$$\max \left[ |\varepsilon_1(x,y,z)|, |\varepsilon_2(x,y,z)| \right] = c\varepsilon_4 \quad (4.19)$$

Do równania (4.19) można odnieść analogiczne uwagi i zastrzeżenia, co do równania (4.15).

#### 4.3. Technika drukowania map

W celu umożliwienia praktycznego wykorzystania programów, technikę drukowania map dostosowano do podstawowego urządzenia wyjścia, jakim jest drukarka wierszowa, ponieważ większość ośrodków obliczeniowych pracujących na potrzeby górnictwa nie posiada jeszcze pisaków X-Y.

W związku z zastosowaniem drukarki wierszowej do sporządzania map zrezygnowano z wykreślania izolinii w postaci odpowiednio rozmieszczonego ciągu znaków dostępnych w drukarce wierszowej, ponieważ takie odwzorowanie izolinii byłoby niedokładne, a często niemożliwe przy dużym ich zagęszczeniu. Dlatego też przyjęto, że drukowanie map będzie polegać na zadrukowaniu jednakowymi znakami obrzeży obszarów leżących między dwoma sąsiednimi izoliniami z pozostawieniem wewnątrz tych obszarów pustych - niezadrukowanych. Polega to na tym, że jeśli na przykład, w przypadku wyznaczania obniżeń terenu, zadamy maszynie cyfrowej kolejne izolinie - warstwie: 100 mm, 200 mm, 300 mm itd., wtedy obrzeża obszarów terenu które obniżają się w zakresie 100-200 mm, będą zadrukowane cyfrą 1, a obrzeża obszarów terenu o obniżeniu w zakresie 200-300 mm będą zadrukowane cyfrą 2 itd. Oprócz odstępu izolinii - warstwie (tu: 100 mm) zadaje się jeszcze maszynie cyfrowej pewną wielkość, którą umownie nazwiemy progiem czułości. Zauważmy, że próg czułości wynosi 10 mm, wtedy obrzeża obszarów terenu, które doznają obniżeń w zakresie 10-100 mm,



będą zadrukowane cyfrą 1, a obrzeża obszarów terenu o obniżeniach mniejszych od 10 mm będą zadrukowane cyfrą 0. Odpowiednim znakiem jest również zadrukowywane obrzeże danego prostokąta mapy lub pasa mapy. Rodzaj znaku wydrukowanego przez drukarkę wierszową odpowiada wartości danego wskaźnika deformacji w punkcie terenu odpowiadającym środkowi znaku.

Przed wydrukowaniem mapy maszyna cyfrowa drukuje zawsze szczegółową legendę mapy, w której podane są wszystkie zakresy danego wskaźnika deformacji, określone zadaniem progiem czułości i skokiem warstwic oraz odpowiadające poszczególnym zakresom znaki drukarki wierszowej.

Effekt praktyczny przyjętego sposobu drukowania map jest taki sam, jak efekt wykreślenia warstwic, które jak już powiedziano, nie zawsze byłoby możliwe, ze względu na ograniczenia, jakie stwarza zastosowanie drukarki wierszowej. Z ograniczeń tych najważniejsza jest dokładność, która jest równa połowie wymiarów znaków drukarki wierszowej. Wymiary te w skali 1:1 wynoszą 0,00254 m - poziomy i 0,003175 m - pionowy.

Jak już powiedziano, obszar objęty mapą może być prostokątem o dowolnie długich bokach. Przed wydrukiem mapy maszyna cyfrowa drukuje współrzędne wierzchołków tego prostokąta, które na samej mapie zaznaczone są za pomocą znaków "plus" (+). Jako pierwsze drukowane są współrzędne lewego dolnego wierzchołka wydruku mapy, po czym drukowane są współrzędne dalszych wierzchołków w kolejności odpowiadającej dodatniemu kierunkowi obiegu prostokąta mapy. Jeśli przy zadanej skali mapy prostokąt objęty mapą ma zbyt długi bok w kierunku wierszy wydruku, w związku z czym wydruk mapy nie mieści się na szerokości wydruku dostępnej w drukarce wierszowej, to maszyna cyfrowa dzieli prostokąt mapy na pasy drukowane jeden za drugim, które po zakończeniu drukowania należy po prostu skleić w ten sposób, żeby do prawego boku jednego pasa przylegał lewy bok następnego pasa oraz żeby znaki "plus", wskazujące wierzchołki pasów, pokrywały się.

Uwaga. Zlecając wykonanie obliczeń według jednego z omawianych programów należy zaznaczyć, że wydruk ma się odbywać z gęstością G-8 (8 wierszy/cal) i bez tzw. pętliki.

#### 4.4. Sporządzanie danych dla maszyny cyfrowej

##### 4.4.1. Wersja N programów

Dane, które wprowadza się do maszyny cyfrowej, można podzielić na początkowe i opisujące eksploatację górnictw. Na dane początkowe składają się:

1. Liczba i numery żądanych map według zestawienia z punktu 4.1 pracy. Przy określaniu liczby żądanych map, mapy o numerach 5 lub 8 traktujemy jako mapy pojedyncze, aczkolwiek maszyna cyfrowa może wydrukować w obu przypadkach po trzy mapy odpowiadające obu wielkościom głównym oraz mapę zbiorczą krzywizn czy odkształceń.

2. Jeśli w punkcie 1 danych żądaliśmy wydruku mapy o numerze 5 lub 8 (lub obu jednocześnie), to w tym miejscu podajemy liczbę (parametr sterujący) o wartościach 1 lub 3. Wartość 1 tego parametru oznacza, że ma być wydrukowana tylko mapa zbiorcza krzywizn (odkształceń) głównych. Wartość 3 tego parametru oznacza, że oprócz mapy zbiorczej mają być wydrukowane mapy obu krzywizn (odkształceń) głównych. Punktu 2 danych początkowych nie wypełniamy, jeśli nie żądamy wydruku map o numerze 5 lub 8.

3. Jeśli żądamy wydruku map o numerach 3, 6 lub 9, to w tym miejscu podajemy kąt w stopniach między osią  $x$  przyjętego układu współrzędnych a interesującym nas kierunkiem w terenie (pierwszym wybranym kierunkiem).

4. Jeśli żądamy wydruku map o numerach 4, 7 lub 10, to w tym miejscu podajemy kąt w stopniach między osią  $x$  a drugim wybranym kierunkiem.

5. Jeśli wśród żądanych map znajduje się mapa o numerze 1, czyli mapa obniżeń terenu, to w tym miejscu podajemy "próg czułości" i skok warstwic dla mapy obniżeń. Obie te wielkości muszą być wyrażone w milimetrach.

6. Jeśli wśród żądanych map znajdują się mapy o numerach 2, 3, 4 to w tym miejscu podajemy "próg czułości" i skok warstwic map przechyleń niecki osiadania w mm/m.

7. Jeśli wśród żądanych map znajdują się mapy o numerach 5, 6, 7 to w tym miejscu podajemy "próg czułości" i skok warstwic dla map krzywizn niecki obniżeniowej w  $10^{-6} \text{ m}^{-1}$ .

8. Jeśli wśród żądanych map znajdują się mapy o numerach 8, 9 lub 10, to w tym miejscu podajemy "próg czułości" i skok warstwic dla map odkształceń poziomych w mm/m.

9. Głębokość poziomu obliczeniowego w metrach. Jeśli obliczenia mają być przeprowadzone dla powierzchni terenu, to podajemy w tym miejscu liczbę 0.

10. Krotność pomniejszenia mapy w stosunku do rzeczywistych rozmiarów zadanego prostokąta mapy.

11. Współrzędne  $x$  i  $y$  (w metrach) jednego wierzchołka prostokąta mapy.

12. Kąt w stopniach między osią  $x$  przyjętego układu współrzędnych a tym bokiem prostokąta mapy, który wychodzi z zadanego wierzchołka prostokąta w kierunku dodatnim (kierunek dodatni jest kierunkiem obiegu w lewo).

13. Długości w metrach prostokąta mapy. Jako pierwszy podajemy bok wychodzący z zadanego wierzchołka w kierunku dodatnim.

Uwaga. Pokazany na rys. 5 prostokąt mapy możemy zadać na cztery sposoby (pozycje 11-13 wykazu danych początkowych):

- a) -200, -50, -15 (lub 345), 1000, 600,
- b) 766, -309, 75, 600, 1000,
- c) 921, 271, 165, 1000, 600,
- d) -45, 530, 255, 600, 1000.

W poszczególnych przypadkach pierwszy i ostatni wiersz wydruku mapy będą odpowiadać bokom łączącym punkty:

- a) (-45, 530) - (921, 271) i (-200, -50) - (766, -309)
- b) (-220, -50) - (-45, 530) i (766, -309) - (921, 271)
- c) (766, -309) - (-200, -50) i (921, 271) - (-45, 530)
- d) (921, 271) - (766, -309) i (-45, 530) - (-200, -50)

Z powyższego wynika, że kierunek wierszy wydruku odpowiada zawsze temu bokowi, który podawany jest jako pierwszy. Z przytoczonych możliwych sposobów zadawania prostokąta mapy korzystniejsze na ogół będą sposoby, w których jako pierwszy podawany jest krótszy bok prostokąta mapy. W punkcie 4.3 opracowania zaznaczono bowiem, że jeśli prostokąt mapy ma zbyt długi bok w kierunku wierszy wydruku i wydruk mapy nie mieści się na szerokości wydruku dostępnej w drukarce wierszowej, to maszyna cyfrowa dzieli mapę na pasy drukowane jeden po drugim. Jeśli wiersze wydruku mapy będą odpowiadać krótszemu bokowi, liczba pasów może być mniejsza, w związku z czym mniej pasów trzeba będzie skleić.

14. Parametr sterujący o wartościach 0 lub 1. Wartość 1 tego parametru oznacza, że parametr rozpatrywanej teorii ruchów górotworu jest jednakowy dla wszystkich parcel eksploatacji.

15. Jeśli pod pozycją 14 danych początkowych umieścimy liczbę 1, wtedy w tym miejscu podajemy wielkość parametru rozpatrywanej teorii:

- a) wielkość parametru  $c_h$ , który jest odwrotnością parametru  $\operatorname{tg} \beta$  (przy korzystaniu z programu E15N),
- b) wielkość parametru  $r_o$  w metrach (przy korzystaniu z programu E19N),
- c) wielkość parametru  $\operatorname{tg} \beta$  (przy korzystaniu z programu E20N).

Jeśli pod pozycją 14 danych początkowych umieścimy liczbę 0, to pozycji 15 nie wypełniamy.

16. Jeśli korzystamy z programu E15N, umieszczamy w tym miejscu (już bezwarunkowo) wartość parametru  $\psi$  (patrz: objaśnienia do pozycji 5 danych początkowych dla programów ED3N, ED8N i ED9N - punkt 3.2.1 pracy).

17. Parametr sterujący, który może przyjmować wartości 0 lub 1. Wartość 1 tego parametru oznacza, że wielkość tzw. obrzeża eksploatacji jest stała dla wszystkich parcel i krawędzi eksploatacji.

18. Jeśli pod pozycją 17 danych początkowych umieścimy liczbę 1, to w tym miejscu podajemy wielkość obrzeża eksploatacji w metrach. W przypadku przeciwnym pozycji 18 danych nie wypełniamy.

19. Nagłówek - tytuł, który ma być wydrukowany przed mapą. Przez tytuł rozumiemy tutaj dowolny ciąg - zbiór znaków, w szczególności pusty, nie zawierający znaku mnożenia \*, ale zawsze zakończony tym znakiem.

Przykład danych początkowych dla programów E15N, E19N i E20N zamieszczono w tablicy 4.1.

Po danych początkowych następują dane opisujące eksploatację górnica. Sporządza się je tak, jak dla programów ED3N, ED8N i ED9N (patrz. punkt 3.2.2 opracowania). Przykład danych opisujących eksploatację górnica odnoszący się do rys. 4a i 4b zamieszczony jest w tablicy 3.2.



Tablica 4.1

Przykład danych początkowych dla programów E15N, E19N i E20N

Dane dla maszyny cyfrowej	Pozycja danych wg zestawienia w punkcie 4.4.1 pracy	Objaśnienia
1	2	3
6, 1, 3, 5, 8, 9, 10	1	Liczba i numery żądanych map
1	2	Parametr określający liczbę map krzywizn i odkształceń głównych
30, 120	3-4	Kąt między osią x a interesującymi nas kierunkami w terenie
100, 500	5	"Próg czułości" i skok warstwicy mapy obniżień
1, 2.5	6	"Próg czułości" i skok warstwicy mapy przechyleń
20, 50	7	"Próg czułości" i skok warstwicy mapy krzywizn
.5, 1.5	8	"Próg czułości" i skok warstwicy mapy odkształceń
0	9	Głębokość poziomu obliczeniowego
5000	10	Krotność pomniejszania mapy
-200, -50, -15, 1000, 600	11-13	Liczby określające położenie i wielkość prostokąta mapy
1	14	Parametr sterujący określający stałość parametru teorii
.5, .15	15a-16	Parametry teorii - tylko program E15N
40	15b	- tylko program E19N
2	15c	- tylko program E20N
1	17	Parametr określający stałość obrzeża
0	18	Wartość obrzeża
Deformacje terenu przy planowanej eksploatacji po- kładów 312 i 416/1 *	19	Tytuł (nagłówek) obliczeń

#### 4.4.2. Wersja J programów

Program E15J wymaga danych, które można podzielić na trzy kolejne grupy: dane początkowe, dane opisujące eksploatację górniczą i dane określające okresy obliczeniowe.

Dane początkowe dla programu E15J są do pozycji 18, z wyjątkiem pozycji 9, identyczne z danymi dla programu E15N (patrz: rozdz. 4.4.1 i tablica 3.2).



Pozycja 9 danych otrzymuje brzmienie:

9. Wysokość npm poziomowi obliczeniowemu i parametr sterujący o wartościach 0 lub 1, który określa, czy zadany poziom obliczeniowy odpowiada powierzchni terenu. Wartość 0 tego parametru oznacza, że poziomem obliczeniowym jest powierzchnia terenu.

Dalsza część danych początkowych dla programu E15J zawiera:

19. Parametry T i c wzoru (2.3) z rozdziału 2.1 (patrz także: rozdz.3.3.1).
20. Tytuł (nagłówek) obliczeń zakończony znakiem \*.

Przykład danych początkowych dla programu E15J zamieszczono w tablicy 4.2.

Tablica 4.2

Przykład danych początkowych dla programów E15J i E15R

Dane dla maszyny cyfrowej	Pozycja danych wg zestawienia z punktu 4.4.1 i 4.4.2 pracy	Objaśnienia
6, 1, 3, 5, 8, 9, 10	1	Pozycje 1-8 i 10-18 objaśnione są w tablicy 4.1
1	2	
30, 120	3-4	
100, 500, 1, 2.5	5-6	
20, 50, .5, 1.5	7-8	
273, 0	9	Poziom obliczeniowy i parametr sterujący, który informuje, czy poziomem obliczeniowym jest powierzchnia terenu
5000	10	
-200, -50, -15, 1000, 600	11-13	
1, .5, .15	14, 15a, 16	
1, 0	17-18	
1, 1	19	Parametry T i c
Deformacje terenu przy planowanej eksploatacji pokładów 312 i 416/1 *	20	Tytuł (nagłówek) obliczeń

Dane opisujące eksploatację górnictw są identyczne z danymi opisanymi w rozdziale 3.3.2. Przykład tych danych zawarty jest w tablicy 3.7.

Z kolei dane określające okresy obliczeniowe są zbliżone do danych opisanych w rozdziale 3.3.4. Różnica między danymi opisanymi w tym rozdziale a danymi dla programu E15J polega tylko na tym, że program E15J nie wymaga pozycji 2b. Przykład danych określających okresy obliczeniowe przedstawiono w tablicy 4.3.

Tablica 4.3

Przykład danych określających okresy obliczeniowe dla programów E15J i E15R (por.: tablica 3.9)

Dane dla maszyny cyfrowej	Objaśnienia
3,	Liczba okresów
1985, 1986	Początek i koniec okresu
1986, 1988	Początek i koniec okresu
1985, 1988	Początek i koniec okresu

#### 4.4.3. Wersja R programów

Program E15R wymaga, podobnie jak program E15J, danych, które można podzielić na trzy kolejne grupy: dane początkowe, dane opisujące eksploatację górnictw i dane określające okresy obliczeniowe. Pierwsza i trzecia grupa danych są identyczne z danymi dla programu E15J (patrz: rozdz. 4.4.2, 4.4.1 i 3.3.4 oraz tablice 4.2 i 4.3). Dane opisujące eksploatację górnictw różnią się od danych omówionych w rozdziale 3.3.2 tylko opisem parceli eksploatacji, ponieważ w programie E15R przyjęto inny sposób odwzorowania nachyleń pokładów. Zamiast kierunku upadu i kąta upadu pokładu podaje się tu wysokość n.p.m. wierzchołków parcel. Średni kierunek upadu i średni kąt upadu obliczony jest w programie E15R z iloczynu wektorowego boków parcel. Tak więc z danych omówionych w rozdziale 3.3.2 przyjmujemy bez zmian pozycje I-V, VA-VE, EE1-VE4.

Natomiast opis parceli eksploatacji będzie następujący:

VE4a. Dowolny komentarz niezawierający znaku mnożenia \*, ale zakończony tym znakiem.

VE4b. Nazwa parceli rozumiana wyłącznie jako liczba.

VE4c. Rok eksploatacji parceli.

VE4d. Średnia kota powierzchni nad parcelą m (m n.p.m.).

VE4e. Średnia grubość nadkładu (utworów młodszych od karbonu) nad parcelą w metrach. W przypadku pokładu poziomego można tu podać jakąkolwiek liczbę.

VE4f. Wartość parametru a.

VE4g. Średnia grubość pokładu w obrębie parceli w metrach.

VE4h. Jeśli odpowiedni parametr sterujący w danych początkowych ma wartość zero, to w tym miejscu podajemy wartość parametru teorii przypisaną danej parceli (tu:  $c_h$  - czyli odwrotność parametru  $\tan \beta$ ).

VE4i. Liczba wierzchołków parceli.

VE4j. Współrzędne x, y i z kolejnych wierzchołków parceli.

Współrzędne x i y mogą być podane w milimetrach zmierzonej na mapie odległości od odpowiednich osi lokalnego układu współrzędnych. Jeżeli

współrzędne te podamy w wielkościach rzeczywistych (w metrach), to pod pozycją VC danych musi być podana odpowiednia krotność pomniejszenia map. Przez współrzędną z rozumiemy się kątę wierzchołka w m.n.p.m. Jeśli odpowiedni parametr sterujący w danych początkowych ma wartość zero, to po współrzędnych x, y i z każdego wierzchołka podajemy wielkość odcinka "d" w metrach. Kolejność wierzchołków i zasady podawania wartości odcinka są takie same, jak w przypadku pozycji D3g danych opisanych w rozdziale 3.2.2.

Przykład danych opisujących eksploatację górnictw dla programu E15R, dotyczący rys. 4a i 4b, zamieszczono w tablicy 4.4.

Tablica 4.4

Dane opisujące eksploatację górnictw dla programu E15R  
(przykład dotyczący rys. 4a i 4b)

Dane dla maszyny cyfrowej	Pozycja danych wg zestawienia w punkcie 4.4.3 i 3.3.2 pracy	Objaśnienia
1	2	3
2,2,6,5	I - IV	Liczba rejonów, liczba pokładów, liczba parcel, maksymalna liczba wierzchołków
Rejon 1 - pokład 312 *	VA	Komentarz przed danymi dla rejonu 1. Jako rejon i potraktowano tu pokład 312
0, 0, 1000, 1	VB - VD	Współrzędne początku lokalnego układu współrzędnych, krotność pomniejszenia map (będą podane rzeczywiste współrzędne wierzchołków), liczba pokładów w rejonie
Pokład 312 *	VE1	Komentarz przed danymi dla pokładu
312, 4	VE2 - VE3	Nazwa pokładu i liczba parcel w pokładzie
Parcela 1/312 *	VE4a	Komentarz przed danymi dla parceli
1, 1985	VE4b - VE4c	Nazwa parceli i rok eksploatacji parceli
273, 73, .7, 3, 5	VE4d - VE4i	Średnia kota powierzchni, grubość nadkładu, wartość parametru a, grubość pokładu, liczba wierzchołków
-100, 50, -102, 300, 100, -112, 250, 450, -111, 150, 450, -109, 50, 600, -105	VE4j	Współrzędne x, y i z kolejnych wierzchołków. Współrzędne x i y podane są w lokalnym układzie współrzędnych (tu: wartości rzeczywiste)
Parcela 2/312 *	VE4a	
2, 1985	VE4b - VE4c	
273, 73, -.4, 3, 4	VE4d - VE4i	Ujemna wartość parametru a lub ujemna grubość pokładu oznacza odejmowanie wpływów danej parceli (por.: tablica 3.7)

1	2	3
0, 150, -105, 150, 150, -109, 150, 350, -109, 50, 350 -106	VE4j	
Parcela 3/312 *	VE4a	
3, 1988	VE4b - VE4c	
273, 73, .7, 2,8, 4	VE4d - VE4i	
350, 150, -112, 700, 50, -122, 700 500, -122, 400, 500, -112		
Parcela 3.1/312 *	VE4a	
3.1, 1988	VE4b - VE4c	
273, 73, .7, -2.8, 3	VE4d - VE4i	Patrz: objaśnienie wyżej
550, 200, -117, 700, 200, -122, 600, 300, -119	VE4j	
Rejon 2 - pokład 416/1 *	VA	Komentarz przed danymi dla rejonu 2. Jako rejon 2 potraktowano tu pokład 416/1
0, 0, 5000, 1	VB - VD	
Pokład 416/1 *	VE1	
4161,2	VE2 - VE3	
Parcela 1/416/1 *	VE4a	
1, 1986	VE4b - VE4c	
273, 73, .15, 4, 4		
20, -10, -191, 100, -20, -202, 150, 90, -206, 40, 80, -192	VE4j	Współrzędne x i y podane są w mili- metrach odległości od osi lokalnego układu współrzędnych zmierzonych na mapie w skali 1 : 5000
Parcela 1.1/416/1 *	VE4a	
1.1, 1986	VE4a	
273, 73, .15, 4, 3	VE4d - VE4i	
60, 10, -195, 90, 40, -198, 90, 10 -198	VE4j	Odwrotna kolejność wierzchołków ozna- cza odejmowanie wpływów danej parcell



5. PROGRAMY SŁUŻĄCE DO UAKTUALNIANIA MAP RZEŻBY TERENU  
ZMIENIAJĄCEJ SIĘ POD WPŁYWEM EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ  
(E13N, E14N, E28N, E29N)

5.1. Zakres stosowania programów

Rozpatrywaną grupę stanowią cztery programy: E13N, E14N, E28N i E29N. Pierwszy i trzeci z nich opracowano na podstawie wzoru S. Knothego, określającego obniżenia terenu pod wpływem eksploatacji górniczej, a drugi i czwarty - na podstawie analogicznego wzoru T. Kochmańskiego.

Zagadnienie aktualizacji map rzeźby terenu zmieniającej się pod wpływem eksploatacji górniczej wiąże się ściśle z zagadnieniem zagrożenia wodnego dla obiektów powierzchniowych i podziemnych, pochodzącego od powstających na powierzchniach kopalń zalewisk bezodpływowych. Omawiane programy ułatwiają wyznaczanie miejsc tworzenia się kotlin bezodpływowych, mogą więc być przydatne w perspektywicznym planowaniu racjonalnego zagospodarowania samego złoża, jak i powierzchni.

Jako pierwsze z wyżej wymienionych opracowane były programy E13N i E14N. Miały one służyć wyłącznie dla celów aktualizacji map rzeźby terenu i dla tych celów były one w zasadzie wystarczające. Ich działanie polega na tym, że zadaje się maszynie cyfrowej wyjściowe (początkowe) wysokości n.p.m. punktów rozmieszczonych w regularnej siatce kwadratowej, a maszyna cyfrowa odejmuje od zadanych wysokości przewidywane obniżenia terenu i sporządza mapę zaktualizowaną. Później stwierdzono, że nieznaczne przeróbki programów pozwolą uogólnić je na tyle, żeby mogły jednocześnie służyć do sporządzania map dowolnych parametrów złożowych. Odnosnie do dowolnego parametru złożowego trudno jednak założyć, że będą znane jego wartości w punktach rozmieszczonych w siatce kwadratowej, dlatego opracowano nowe wersje programów E13N i E14N w postaci programów E28N i E29N. W przypadku tych ostatnich punkty, w których zadaje się maszynie cyfrowej początkowe wysokości n.p.m. (wartości danego parametru złożowego) mogą być rozmieszczone dowolnie.

Obecnie zakres działania wszystkich czterech programów jest ten sam, tzn. służą one do aktualizacji map rzeźby terenu, sporządzania map obniżeń terenu i map dowolnych parametrów złożowych. Różnica polega na tym, że w przypadku programów E13N i E14N punkty, w których zadaje się wyjściowe wysokości n.p.m. (wartości danego parametru) muszą być rozmieszczone w siatce kwadratowej, a w przypadku programów E28N i E29N punkty te mogą być rozmieszczone dowolnie. Ze zrozumiałych względów programy E28N i E29N są bardziej złożone matematycznie, dlatego czas ich działania jest stosunkowo długi. W związku z tym, we wszystkich tych przypadkach, kiedy można utwo-

rzyć regularną kwadratową siatkę punktów, w których zadane będą wartości danego parametru, czyli głównie w przypadku aktualizacji map rzeźby terenu, należy korzystać z programów E13N i E14N.

Inne zagadnienia dotyczące zakresu stosowania i technika drukowania map według programów E13N, E14N, E26N i E29N są prawie w całości zgodne z tym, co napisano w punktach 4.1 i 4.3 odnośnie do programów E15N, E19N i E20N. Pewne drobne różnice wynikają z różnic celów, którym służą obie grupy programów. Jedyna bardziej istotna różnica dotyczy zadawanego maszynie cyfrowej skoku warstwic. Może się bowiem zdarzyć, że maksymalna różnica wysokości (wielkości deformacji) punktów terenu w rozpatrywanym obszarze mapy będzie tak duża, iż przy zadanym skoku warstwic zabraknie znaków drukarki wierszowej, żeby obszary terenu leżące między różnymi warstwicami mogły być wypełnione różnymi znakami. Wtedy, w przypadku programów E13N, E14N, E28N i E29N, maszyna cyfrowa sama zmienia zadany skok warstwic, przyjmując jako skok warstwic najmniejszą wielokrotność zadanego skoku, przy której liczba znaków drukarki wierszowej będzie wystarczająca. Natomiast w przypadku programów E15M, E19N i E20N zadawany skok warstwic nie jest zmieniany, a obszary terenu, w których występują wielkości deformacji większe od granicznych (określonych przez zadany skok warstwic i liczbę znaków drukarki wierszowej) są zadrukowywane znakami odpowiadającymi skrajnym przedziałom wielkości danego wskaźnika deformacji.

## 5.2. Sporządzanie danych dla maszyny cyfrowej

Dane dla maszyny cyfrowej można podzielić na trzy grupy:

- I. Dane początkowe.
- II. Dane opisujące eksploatację w pokładach.
- III. Dane końcowe określające obszar mapy i wyjściową rzeźbę terenu (wartości parametru, dla którego ma być sporządzona mapa).

Dane początkowe są identyczne dla wszystkich czterech programów (pomijając różnice między parametrami teorii) i zawierają w kolejności następujące pozycje:

- A1. Parametr sterujący o wartościach 0 lub 1. Wartość 1 tego parametru oznacza, że rozpatrywane zagadnienie dotyczy aktualizacji mapy rzeźby terenu. Liczbę zero wstawiamy w tym miejscu, jeśli będzie chodziło o sporządzenie mapy określonego parametru złożowego.
- A2. Skok warstwic mapy. W przypadku aktualizacji mapy rzeźby terenu skok ten podajemy w metrach.
- A3. Krotność pomniejszenia mapy.

Pozycje A4 - A10 wykazu danych początkowych wypełniamy tylko wtedy, jeśli pod pozycją A1 figuruje liczba 1.

- A4. Parametr sterujący o wartościach 0 lub 1. Jeśli wstawimy w tym miejscu liczbę 1, to będzie sporządzona mapa wyjściowej rzeźby terenu. W przypadku przeciwnym będzie wykreślona tylko mapa zaktualizowana.
- A5. Parametr sterujący o wartościach 0 lub 1. Liczba 1 postawiona w tym miejscu oznacza, że dodatkowo ma być sporządzona mapa obniżeń terenu.
- A6. Jeśli pod pozycją A5 wykazu danych figuruje liczba 1, to w tym miejscu podajemy skok warstwicy mapy obniżeń terenu w mm.
- A7. Parametr sterujący o wartościach 0 lub 1. Wartość 1 tego parametru oznacza, że parametr teorii jest jednakowy dla wszystkich parcel eksploatacji.
- A8. Jeśli pod pozycją A7 danych umieścimy liczbę 1, to w tym miejscu podajemy wartość parametru teorii, tzn. wartość  $tg\beta$  w przypadku programów E13N i E28N lub wartość  $r_0$  w metrach w przypadku programów E14N i E29N. Jeśli pod pozycją A7 występuje liczba 0, wtedy pozycja A8 pozostaje nie wypełniona.
- A9. Parametr sterujący o wartościach 0 lub 1. Wartość 1 tego parametru oznacza, że wielkość tzw. obrzeża eksploatacji jest stała dla wszystkich parcel i krawędzi eksploatacji.
- A10. Jeśli pod pozycją A9 umieściliśmy liczbę 1, to w tym miejscu podajemy wielkość obrzeża w metrach. W przypadku przeciwnym pozycji A10 danych nie wypełniamy.
- A11. Tytuł, czyli nagłówek, który ma być wydrukowany przed mapą. Przez tytuł rozumiemy tutaj dowolny ciąg znaków (w szczególności pusty) nie zawierający znaku mnożenia \*, ale zawsze zakończony tym znakiem.

Przykład danych początkowych zamieszczono w tablicy 5.1.

Tablica 5.1

Przykład danych początkowych dla programów E13N, E14N, E28N i E29N

Dane dla maszyny cyfrowej	Pozycje danych według zestawienia w punkcie 5.2 pracy	Objaśnienia
1	2	3
1	A1	Parametr sterujący (tu: obliczenia dotyczą aktualizacji mapy rzeźby terenu)
.5	A2	Skok warstwicy mapy
5000	A3	Krotność pomniejszenia mapy
0, 0	A4-A5	Parametry sterujące określające dodatkowe żądania
	A6	Skok warstwicy mapy obniżeń w mm (podawany warunkowo)
1	A7	Parametr sterujący określający stałość parametru teorii



cd. tabeli 5.1

1	2	3
2	A8	Parametr teorii dla programów E13N lub E28N
40	A8	Parametr teorii dla programów E14N lub E29N
1	A9	Parametr sterujący określający stałość obrzeża
0	A10	Wielkość obrzeża
Zaktualizowana mapa rzeźby tere- nu po zakończeniu eksploatacji po- kładów 312 i 416/1 *	A11	Tytuł (nagłówek) wyników obliczeń za- kończony znakiem mnożenia

Dane opisujące eksploatację w pokładach sporządza się tylko wtedy, jeśli pod pozycją A1 danych początkowych figuruje liczba 1. Są one dokładnie takie same, jak w przypadku programów ED3N, ED8N, ED9N, E15N, E19N i E20N (patrz: punkt 3.3.2). Przykład danych opisujących eksploatację odnoszący się do rys. 4a i 4b zamieszczony jest w tablicy 3.2.

Po danych początkowych i danych opisujących eksploatację w pokładach następują dane końcowe, określające obszar mapy i wyjściową rzeźbę terenu (wartości parametru złożowego, dla którego ma być sporządzona mapa). Dla obu grup programów, tj. programów E13N i E14N oraz E28N i E29N dane te istotnie się różnią. Dlatego omówimy je z osobna.

#### Dane końcowe dla programów E13N i E14N

Obszar mapy może być tylko prostokątem. Przed przystąpieniem do sporządzania danych prostokąt, dla którego ma być wykonana zaktualizowana mapa rzeźby terenu (mapa danego parametru), pokrywamy kwadratową siatką linii (patrz: rys. 5). Następnie odczytujemy wyjściowe (dotyczące sytuacji przed dokonaniem eksploatacji) wysokości n.p.m. punktów węzłowych siatki (wartości parametru w tych punktach), po czym możemy sporządzić szczegółowy wykaz danych zawierających w kolejności:

- B1. Współrzędne  $x$  i  $y$  (w metrach) jednego z wierzchołków prostokąta mapy.
- B2. Kąt w stopniach między osią  $x$  przyjętego układu współrzędnych a boki prostokąta mapy, który wychodzi z zadanego wierzchołka w kierunku dodatnim (kierunek w lewo). W dalszym ciągu ten bok będziemy nazywać pierwszym bokiem prostokąta mapy.
- B3. Bok w metrach przyjętej siatki kwadratowej, który powinien być tym mniejszy im bardziej zróżnicowana jest wyjściowa rzeźba terenu (im bardziej zróżnicowane są wartości danego parametru) i im większą dokładność chcemy uzyskać.
- B4. Liczba punktów węzłowych siatki kwadratowej na pierwszym boku prostokąta mapy (liczba kolumn siatki).



- B5. Liczba punktów węzłowych siatki na drugim boku prostokąta mapy, prostopadłym do pierwszego boku (liczba wierszy siatki).
- B6. Wysokości n.p.m. w metrach (wartości danego parametru) kolejnych punktów węzłowych w kolejnych wierszach siatki. Jako kierunek wierszy siatki przyjmuje się kierunek pierwszego boku prostokąta mapy. Pierwszym wierszem siatki jest wiersz leżący na pierwszym boku prostokąta mapy. Ostatnim wierszem jest wiersz leżący na trzecim boku prostokąta mapy. Kolejność punktów węzłowych w wierszach odpowiada dodatniemu kierunkowi obiegu na pierwszym boku prostokąta.

Z powyższego wynika, że istnieją cztery możliwe warianty sporządzenia omawianych danych. Przykład sporządzenia tych danych dotyczące rys. 5 przedstawiono w tablicy 5.2.

Tablica 5.2

Dane końcowe dla programów E13N i E14N, określające prostokąt mapy i wyjściową rzeźbę terenu - przykład dotyczący rys. 5

Dane dla maszyny cyfrowej - rozwiązania alternatywne		Pozycja danych wg zesta- wienia w punkcie 5.2 pracy	Objaśnienia
1	2		
-200, -50	766, -309	B1	Współrzędne x i y jednego z wierz- chołków prostoką- ta mapy
-15	75	B2	Kąt między osią x a pierwszym bokiem prostokąta mapy
100	100	B3	Bok siatki kwadra- towej
11, 7	7, 11	B4-B5	Liczba kolumn i liczba wierszy siatki
w <sub>1</sub> , w <sub>2</sub> , ..., w <sub>11</sub> w <sub>12</sub> , w <sub>13</sub> , ..., w <sub>22</sub> ..... w <sub>67</sub> , w <sub>68</sub> , ..., w <sub>77</sub>	w <sub>11</sub> , w <sub>22</sub> , w <sub>33</sub> , ..., w <sub>77</sub> w <sub>10</sub> , w <sub>21</sub> , w <sub>32</sub> , ..., w <sub>76</sub> ..... w <sub>1</sub> , w <sub>12</sub> , w <sub>23</sub> , ..., w <sub>67</sub>	B6	Wysokości n.p.m. punktów siatki kwadratowej (na- leży podać odpo- wiednie dane liczb- owe)

Kierunek wierszy wydruku mapy jest zgodny z kierunkiem wierszy siatki. Jako pierwszy drukowany jest wiersz odpowiadający trzeciemu bokowi prostokąta mapy. Wynika z tego, że na ogół korzystniejsze będą te warianty sporządzenia omawianych danych, w których wiersze są krótsze, ponieważ liczba pasów mapy może być mniejsza, w związku z czym mniej czasu pochłonie czynność sklejanja pasów.

Dane końcowe dla programów E28N i E29N

Zakładamy, że znane są wartości rozpatrywanego parametru (wyjściowe wysokości n.p.m.) w określonej liczbie punktów. Poszczególne punkty numerujemy i łączymy odcinkami prostych w ten sposób, żeby utworzyć siatkę trójkątów, które nie będą zawierać w swym wnętrzu żadnego z danych punktów (patrz: rys. 6). Po takim przygotowaniu można sporządzić dane, na które składają się:

- C1. Liczba punktów tworzących siatkę.
- C2. Numery, współrzędne  $x$  i  $y$  w metrach oraz wartości rozpatrywanego parametru (wys. n.p.m. w metrach) w kolejnych punktach siatki. Punkty mogą być zadawane w dowolnej kolejności (niezależnie od numeracji), ale dwom różnym punktom nie można przyporządkować tego samego numeru.
- C4. Dane opisujące kolejne trójkąty. Na dane opisujące jeden trójkąt składają się: numer trójkąta i numery trzech wierzchołków trójkąta. Numeracja poszczególnych trójkątów może być dowolna. Numery wierzchołków mogą być zadawane w dowolnej kolejności.

Obszar mapy będzie ograniczony obwiednią siatki trójkątów zestawionych według numerów wierzchołków w punkcie C4 danych. W programie wyznaczany jest prostokąt o najmniejszym polu opisany na obszarze mapy. Kierunek wierszy wydruku mapy jest równoległy do krótszego boku tego prostokąta.

Przykład danych końcowych dla programów E28N i E29N, dotyczący rys. 6, zamieszczono w tablicy 5.3.

Tablica 5.3

Przykład danych końcowych dla programów E28N i E29N dotyczący rys. 6

Dane dla maszyny cyfrowej	Pozycja danych wg zestawienia w punkcie 5.2 pracy	Objaśnienia
1	2	3
17	C1	Liczba punktów tworzących siatkę
1, 100, -50, 273.9 2, 50, 50, 273.6 3, 200, 25, 274.4 4, 325, 25, 275.1 5, 50, 175, 273.6 6, 150, 150, 273.9 7, 300, 125, 274.7 8, 425, 100, 274.7 9, 75, 275, 273.4 10, 200, 250, 273.7 11, 325, 225, 274.2 12, 425, 225, 274.2 13, 525, 175, 273.9 14, 175, 350, 273.3 15, 275, 325, 273.4 16, 375, 325, 273.7 17, 525, 300, 273.6	C2	Numery, współrzędne $x$ i $y$ oraz wartości rozpatrywanego parametru (wys. n.p.m. w metrach) w kolejnych punktach siatki

cd. tablicy 5.3

1	2	3
20	C3	Liczba trójkątów siatki
1, 1, 2, 3, 2, 2, 6, 5	C4	Numery trójkątów i numery punktów wierzchołkowych trójkątów
3, 2, 3, 6, 4, 3, 7, 6		
5, 3, 4, 7, 6, 4, 8, 7		
7, 5, 6, 9, 8, 6, 9, 10		
9, 6, 7, 10, 10, 7, 11, 10		
11, 7, 8, 11, 12, 8, 12, 11		
13, 8, 13, 12, 14, 9, 10, 14		
15, 10, 15, 14, 16, 10, 11, 15		
17, 11, 16, 15, 18, 12, 16, 11		
19, 17, 16, 12, 20, 12, 13, 17		

6. PROGRAMY SŁUŻĄCE DO SPORZĄDZANIA MAP  
SUMARYCZNEJ GRUBOŚCI WYEKSPLOATOWANEGO ZŁOŻA (E26J, E26R)

Mapy sumarycznej grubości wyeksploatowanego złoża mogą być sporządzane:

- z ważeniem grubości wyeksploatowanych parcel, gdzie jako wagę przyjęto współczynnik eksploatacyjny (a), lub bez ważenia (na mapie będzie pokazana bezwzględna suma grubości pokładów w wyeksploatowanych parcelach),
- z odrzutowaniem wyeksploatowanych parcel w kierunku pionowym lub w kierunku zgodnym z kierunkiem dewiacji wpływów.

Z powyższego wynika, że sporządzane mapy mogą być wykonane w czterech wariantach. Przy danym przebiegu maszyny cyfrowej może jednak być uwzględniony tylko jeden kierunek odrzutowania. Z tego wynika, że w jednym przebiegu maszyny cyfrowej możemy otrzymać tylko dwa warianty mapy, z ważeniem i bez ważenia grubości, przy ustalonym kierunku odrzutowania.

Dane dla maszyny cyfrowej dzielą się na: dane początkowe, dane opisujące eksploatację górniczą i dane określające okresy obliczeniowe.

Przy opracowaniu programów założono, że do sporządzania map sumarycznej grubości wybrania będą wykorzystane dane przygotowane dla innych programów. Dlatego dane dla omawianych programów zawierają pewne parametry, których potrzeba nie wynika z przedmiotowego zagadnienia.

Dane początkowe, identyczne dla obu programów zawierają:

1. Parametr sterujący o wartościach 0 lub 1. Wartość 1 tego parametru oznacza, że żądamy wydruku mapy sumarycznej bezwzględnej grubości wyeksploatowanych pokładów (bez ważenia grubości).
2. Parametr sterujący o wartościach 0 lub 1, który, analogicznie do powyższego parametru, rzadzi wykonaniem mapy z ważeniem grubości.
3. "Próg czułości" i skok warstwicy mapy w metrach.
4. Parametr sterujący o wartościach 0 lub 1. Wartość 1 tego parametru oznacza, że żądamy wydruku map z odrzutowaniem poszczególnych parcel w kierunku zgodnym z kierunkiem dewiacji wpływów. Wartość 0 tego parametru będzie oczywiście oznaczać żądanie odrzutowania parcel w kierunku pionowym.
5. Poziom obliczeniowy (m n.p.m.). Przyjęto bezwarunkowe wczytywanie tej danej, aczkolwiek jest ona istotna tylko przy żądaniu odrzutowania parcel w kierunku zgodnym z kierunkiem dewiacji wpływów.
6. Krotność pomniejszenia mapy.
7. Dane określające prostokąt mapy (analogicznie jak pozycje 11-13 z rozdziału 4.4.1).



8. Parametr sterujący o wartościach 0 lub 1. Wartość 1 tego parametru oznacza, że parametr teorii jest stały i nie będą go zawierać dane opisujące eksploatację.
9. Parametr sterujący o wartościach 0 lub 1. Wartość 1 oznacza, że szerokość obrzeża eksploatacji jest stała i nie będą jej zawierać dane opisujące eksploatację.
10. Tytuł (nagłówek) obliczeń zakończony znakiem mnożenia, nie zawierający tego znaku w swym wnętrzu.

Przykład danych początkowych dla programów E26J i E26R zamieszczono w tablicy 6.1.

Tablica 6.1

Przykład danych początkowych dla programów E26J i E26R

Dane dla maszyny cyfrowej	Pozycja danych wg zestawienia w punkcie 6 pracy	Objaśnienia
1,1	1,2	Parametry sterujące określające rodzaj map (bez ważenia, z ważeniem grubości)
.5, 1	3	"Próg czułości" i skok warstwic
1	4	Parametr sterujący określający kierunek odrzutowania (tu: kierunek dewiacji wpływów)
273	5	Poziom obliczeniowy
5000	6	Krotność pomniejszenia map
-200, -50, -15, 1000, 600	7	Dane określające prostokąt mapy (patrz: rys. 5 i objaśnienia do tablic 4.1, 4.2)
1, 1	8, 9	Parametry sterujące określające stałość parametru teorii i szerokości obrzeża
Sumaryczna grubość wybrania *	10	Tytuł (nagłówek) obliczeń

Dane opisujące eksploatację górnica odpowiadają wersji programu. Dla programu E26J są zgodne z danymi opisanymi w punkcie 3.3.2 (tablica 3.7), a dla programu E26R są zgodne z danymi opisanymi w punkcie 4.4.3 (tablica 4.4).

Dane określające okresy obliczeniowe są identyczne dla obu programów i zgodne z danymi opisanymi w punkcie 4.4.2 (tablica 4.3).

## 7. PROGRAMY SŁUŻĄCE DO SPRAWDZANIA POPRAWNOŚCI DANYCH OPISUJĄCYCH EKSPLOATACJĘ GÓRNICZĄ (SPRN, SPRJ, SPRR)

Programy o zastosowaniu jak wyżej, noszące nazwy SPRN, SPRJ i SPRR, wykrywają dwa często spotykane błędy w danych opisujących eksploatację górnictw. Są to: niewłaściwa kolejność zadawanych wierzchołków parcel i pomieszana kolejność zadanych wierzchołków. Błąd pierwszy nie jest właściwie błędem, jeśli występuje konsekwentnie. Objawia się on wtedy niewłaściwym znakiem obliczanych wskaźników deformacji. Jeśli niewłaściwa kolejność zadanych wierzchołków nie jest konsekwentnie stosowana, to otrzymuje się całkowicie błędne wyniki obliczeń. Błąd ten wykrywany jest poprzez obliczanie pola powierzchni kolejnych parcel. Ujemne pole powierzchni parceli oznacza niewłaściwą kolejność zadanych wierzchołków. Dodatkowo pole powierzchni parceli może być wskazówką, czy któraś ze współrzędnych nie "uciekła" przy odczycie np. o 500 lub 1000 m, co również często się zdarza.

Błąd drugi prowadzi zawsze do zaburzenia wyników obliczeń. Geometrycznie oznacza on, że krawędzie parceli przecinają się w punktach pozawierzchołkowych. W przypadku jego wykrycia omawiane programy drukują odpowiedni komunikat.

Poza wymienionymi błędami omawiane programy sygnalizują jeszcze niektóre błędy formalne (deklaracje liczby wierzchołków) i błędy perforowania.

Schemat danych dla programu SPRN przedstawiono niżej:

1. Parametr sterujący o wartościach 0 lub 1:
  - 1 - gdy parametr teorii jest stały,
  - 0 - gdy parametr teorii zadawany jest dla każdej parceli z osobna.
2. Parametr sterujący o wartościach 0 lub 1:
  - 1 - gdy wielkość obrzeża eksploatacji (nie zawalonego - nie ugiętego wspornika) jest stała,
  - 0 - gdy wielkość obrzeża zadawana jest dla każdego boku z osobna.
3. Parametr sterujący o wartościach 0 lub 1:
  - 1 - gdy dane przygotowane są dla teorii Knothego-Budryka lub Drzeźli (programy ED3N, ED8N, E13N, E15N, E20N, E28N),
  - 0 - gdy dane przygotowane są dla teorii Kochmańskiego (programy ED9N, E14N, E19N, E29N), tzn. zawierają współczynniki szczelinowości.
4. Tytuł zakończony znakiem mnożenia (\*).
5. Dane opisujące eksploatację górnictw sporządzone, jak dla wersji N programów (patrz: rozdz. 3.3.2).

Dane dla programów SPRJ i SPRP nie zawierają pozycji 3 powyższego wykazu, a w pozycji 5 wymagają danych opisujących eksploatację górnictw, sporządzonych odpowiednio, jak dla programów w wersji J (rozdz. 3.3.2) lub w wersji R (rozdz. 4.4.3).

Deklaracje liczbowe występujące na początku danych opisujących eksploatację górnictw (łączna liczba parcel, maksymalna liczba wierzchołków jednej parceli) mogą być podane orientacyjnie. Omawiane programy wyznaczają i wydrukują ich dokładne wartości.

8. PROGRAMY SŁUŻĄCE DO WYZNACZANIA PARAMETRÓW CAŁKOWYCH  
TEORII RUCHÓW GÓROTWORU NA PODSTAWIE POMIERZONYCH  
PRZEMIESZCZEŃ PIONOWYCH LUB POZIOMYCH  
(ED4B, E12B, E17B, E18B, ED4C, E17C)

8.1. Zakres stosowania programów

Programy służące do wyznaczania wielkości parametrów teorii całkowych noszą nazwy: ED4B, E12B, E17B, E18B, ED4C i E17C. Pierwsze dwa służą do wyznaczania parametrów na podstawie pomierzonych obniżen górnotworu, a dalsze dwa - na podstawie pomierzonych przemieszczeń poziomych. Programy ED4B i E17B dotyczą teorii S. Knothego - W. Budryka (program E17B może również dotyczyć wzorów na przemieszczenie poziome według B. Drzeźli przy założeniu, że punkty pomiarowe położone są na powierzchni terenu), a programy E12B i E18B - teorii T. Kochmańskiego. Programy ED4C i E17C stanowią uogólnione wersje programów odpowiednio ED4B i E17B. Wszystkie informacje dotyczące programów ED4B i E17B odnoszą się również do programów ED4C i E17C. Wersja C programów zawiera dodatkową możliwość liczbowej oceny uwarunkowania zadania wyznaczania parametrów.

Każdy z programów wyznacza pięć parametrów, przy czym dwa z nich wyznaczone są opcjonalnie. Są to parametry, które korygują pomierzone ruchy górnotworu eliminując wpływ czynników dodatkowych (np. sufocja, wpływ starych zrobów, ewentualne błędy stałe i systematyczne pomiarów itp.) na wyniki pomiarów. Dalsze dwa parametry wyznaczone przez programy, to  $a$  - współczynnik eksploatacyjny, zależny od sposobu kierowania stropem i  $d$  - tzw. obrzeże eksploatacji wynikające z istnienia nie zawalonego (nie ugiętego) wspornika przy krawędziach eksploatacji. Piątym parametrem jest  $\operatorname{tg} \beta$  - w przypadku programów ED4B i E17B oraz  $r_0$  - w przypadku programów E12B i E18B. Parametru  $b$  teorii T. Kochmańskiego programy E12B i E18B nie wyznaczają; wartości  $b$  i pochodnej  $db/dz$  obliczane są ze wzorów zamieszczonych w OTG nr 23 z 1973 r.

W wydrukach wyników obliczeń według programów E17B i E18B przez wynik podstawiany pod nazwę  $a_1$  ( $a_1$  = wynik) należy rozumieć iloczyn:

- $a \cdot n$  - według programu E17B zastosowanego do wzoru W. Budryka, gdzie:
  - $n$  - parametr występujący we wzorze

$$r_z = r \left( \frac{z}{h} \right)^n;$$

według W. Budryka  $n = \sqrt{2\pi \operatorname{tg} \beta}$ ,



- a .  $\frac{1-\sqrt{v}}{v}$  . n - według programu E17B zastosowanego do wzorów B. Drzęzli przy założeniu, że punkty pomiarowe leżą na powierzchni terenu, gdzie:  
 $\sqrt{v}$  - liczba Poissona,  
 $n = 0,665$ ,
- a .  $S_{xz}$  - według programu E18B, gdzie:  
 $S_{xz}$  - zastępcza wartość współczynnika szczelinowatości (wzór 8.2b).

Powyższe wynika stąd, że zasadniczo nie ma możliwości wyznaczenia z osobna wielkości każdego z czynników składających się na przytoczone iloczyny, jeśli dysponuje się tylko wynikami pomiarów ruchów poziomych górotworu.

Dalsze informacje o zakresie stosowania omawianych programów ujmuję poniższe zestawienie:

1. Liczba punktów pomiarowych może być dowolna.
2. Punkty pomiarowe mogą być dowolnie rozmieszczone w jednej płaszczyźnie poziomej w głębi górotworu (oprócz przypadku zastosowania programu E17B do wzorów B. Drzęzli) lub na powierzchni terenu.  
 Z uwagi na stosowaną najczęściej technikę wykonywania pomiarów ruchów poziomych górotworu, w programach E17B i E18B dowolność położenia punktów pomiarowych ograniczona jest do linii poziomej, w przybliżeniu prostej.
3. Zakłada się, że pomierzone ruchy górotworu odpowiadają stanowi uspokojenia się górotworu po dokonaniu danej eksploatacji.
4. Uwzględnia się eksploatację prowadzoną w pokładach poziomych lub słabo nachylonych.
5. Obszar eksploatacji w każdym z pokładów może być dowolnym zbiorem dowolnych wielokątów.
6. W poszczególnych wielokątach (parcelach) eksploatacji mogą być stosowane różne sposoby kierowania stropem.

## 8.2. Kryterium wyznaczenia parametrów

Za kryterium wyznaczania parametrów przyjęto minimum wariancji resztkowej. Przy uwzględnieniu parametrów korygujących pomierzone ruchy górotworu i wag, kryterium to polega na wyznaczeniu minimum funkcji

$$B(a_z, d, t, \Delta, v) = \sum_{i=1}^k p_i^2 [a_z \bar{w}_1(d, t) + \Delta + v S_i - w_i(p)]^2 \quad (8.1)$$

gdzie:

k - liczba punktów pomiarowych,

- $w_i^{(p)}$  - zmierzona wielkość przemieszczenia (pionowego lub poziomego) i-tego punktu,
- $a_z$  - współczynnik eksploatacyjny dla zastępczego sposobu kierowania stropem,
- $\bar{w}_i$  - wielkość teoretyczna przemieszczenia i-tego punktu podzielona przez zastępczy współczynnik kierowania stropem (suma iloczynów odpowiednich całek po poszczególnych wielokątach eksploatacji przez ekwiwalentne grubości pokładów w tych wielokątach),
- $d$  - tzw. obrzeże eksploatacji wynikające z istnienia nie zawalonego (nie ugiętego) wspornika przy krawędziach eksploatacji; w obliczeniach uwzględnia się fakt, że przy każdej krawędzi wielkość  $d$  może być inna (patrz: sporządzanie danych dla maszyny cyfrowej),
- $\Delta$  - błąd dowiązania lub parametr uwzględniający przemieszczenie punktu dowiązania albo też parametr korygujący jakikolwiek błąd stały dla wszystkich punktów pomiarowych,
- $v$  - parametr korygujący wpływ jakiegokolwiek czynnika naturalnego lub górniczego o działaniu systematycznym (w pewnych przypadkach może to być np. wpływ odwodnienia gruntu lub wpływ starych zrobów); zakłada się, że parametr  $v$  może być wyznaczany tylko wtedy, gdy punkty pomiarowe rozmieszczone są w przybliżeniu w jednej linii,

$$s_i = \sum_{j=1}^i s_{j-1,j}$$

- $s_{j-1,j}$  - odległość j-tego punktu pomiarowego od punktu poprzedniego;
- $s_{0,1}$  - oznacza odległość pierwszego punktu pomiarowego od punktu, od którego, według posiadanego rozeznania, rozpoczyna się wpływ czynnika o działaniu systematycznym,
- $p_i^2$  - waga przyporządkowana i-temu punktowi; w programach przewidziano cztery rodzaje wag do wyboru:

$$p_i^2 = 1, \quad p_i^2 = |w_i^{(p)}|,$$

$$p_i^2 = |T_i^{(p)}| = \left| \frac{\partial w}{\partial x} \right|_i^{(p)} \quad \text{oraz} \quad p_i^2 = |K_i^{(p)}| = \left| \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right|_i^{(p)},$$

gdzie:

- $x$  - parametr linii pomiarowej,
- $T$  - obliczone z obniżeń nachylenie profilu niecki osiadania (odkształcenie poziome) wzdłuż linii pomiarowej,
- $K$  - obliczona z obniżeń krzywizna profilu niecki osiadania (druga pochodna przemieszczenia poziomego) wzdłuż linii pomiarowej. Dwa ostatnie rodzaje wag można oczywiście sto-

sować, gdy punkty pomiarowe rozmieszczone są w przybliżeniu wzdłuż jednej linii,

t - parametr rozpatrywanej teorii ruchów punktów górotworu (tu:  $\operatorname{tg} \beta$  lub  $r_0$ ).

Wyjaśnienia wymaga wprowadzone pojęcie zastępczego sposobu kierowania stropem. Pojęcie to wiąże się z sytuacją, kiedy na powstanie analizowanej niecki osiadania miała wpływ eksploatacja więcej niż jednej parceli z różnymi sposobami kierowania stropem. Wtedy wybieramy zastępczy sposób kierowania stropem i obliczamy dla każdej parceli eksploatacji ekwiwalentną grubość pokładu w tej parceli. Przyjmujemy przy tym, że w parcelach, w których był stosowany taki sam sposób kierowania stropem, jak sposób zastępczy, jest równa faktycznej grubości pokładu, natomiast w parcelach, w których był stosowany inny sposób kierowania stropem, ekwiwalentna grubość pokładu wyniesie

$$g_z = g a / a_z \quad (8.2a)$$

gdzie:

$g$  - rzeczywista grubość pokładu,

$a$  - współczynnik eksploatacyjny odpowiadający stosowanemu w danej parceli sposobowi kierowania stropem,

$a_z$  - współczynnik eksploatacyjny odpowiadający zastępczemu sposobowi kierowania stropem.

Stosunek  $a/a_z$  należy przyjmować odpowiednio do wyników obserwacji pozycyjnych w danym terenie lub też na podstawie powszechnie przyjętych danych.

Wzór (8.2a) dotyczy programów ED4B, E12B i E17B. W przypadku programu E18B ekwiwalentną grubość pokładu należy obliczać ze wzoru

$$g_z = g \frac{a s_x}{a_z s_{xz}} \quad (8.2b)$$

gdzie:

$s_x, s_{xz}$  - wartość rzeczywista i zastępcza współczynnika szczelinowatości.

Z pięciu warunków koniecznych istnienia minimum funkcji  $B(a_z, d, t, v)$  określonej wzorem (8.1) można efektywnie wykorzystać trzy

$$\frac{\partial B}{\partial a_z} = 0; \quad \frac{\partial B}{\partial \Delta} = 0; \quad \frac{\partial B}{\partial v} = 0 \quad (8.3)$$

Z warunków tych otrzymujemy

$$a_z = \frac{W_1}{W_0}; \quad \Delta = \frac{W_2}{W_0}; \quad v = \frac{W_3}{W_0} \quad (8.4)$$



gdzie:

$$W_0 = \begin{vmatrix} s_1 & s_2 & s_3 \\ s_2 & s_4 & s_5 \\ s_3 & s_5 & s_6 \end{vmatrix} \quad W_1 = \begin{vmatrix} s_7 & s_2 & s_3 \\ s_8 & s_4 & s_5 \\ s_9 & s_5 & s_6 \end{vmatrix}$$

$$W_2 = \begin{vmatrix} s_1 & s_7 & s_3 \\ s_2 & s_8 & s_5 \\ s_3 & s_9 & s_6 \end{vmatrix} \quad W_3 = \begin{vmatrix} s_1 & s_2 & s_7 \\ s_2 & s_4 & s_8 \\ s_3 & s_5 & s_9 \end{vmatrix}$$

$$s_1 = \sum_{i=1}^n p_i^2 \bar{w}_i^2 \quad s_2 = \sum_i p_i^2 \bar{w}_i \quad s_3 = \sum_i p_i^2 \bar{w}_i s_i$$

$$s_4 = \sum_i p_i^2 \quad s_5 = \sum_i p_i^2 s_i \quad s_6 = \sum_i p_i^2 s_i^2$$

$$s_7 = \sum_i p_i^2 \bar{w}_i w_i^{(p)} \quad s_8 = \sum_i p_i^2 w_i^{(p)} \quad s_9 = \sum_i p_i^2 w_i^{(p)} s_i$$

Wstawiając wzory (8.4) do wzoru (8.1) otrzymujemy funkcje z dwoma szukanyymi parametrami  $d$  i  $t$ . Tak więc liczbę zmiennych, względem których należy minimalizować wariancję resztkową, ograniczyliśmy do dwóch. Efektywne wyznaczenie minimum wariancji resztkowej względem tych dwóch parametrów jest jednak niemożliwe. Szukane parametry można wyznaczyć jedynie w sposób numeryczny.

### 8.3. Uwarunkowanie zadania wyznaczenia parametrów i ocena błędów<sup>x)</sup>

Przedstawione w poprzednim punkcie kryterium wyznaczenia parametrów, polegające na wyznaczeniu minimum funkcji (8.1) jest równoważne wyznaczeniu rozwiązania nadmiarowego (najczęściej) układu równań

$$f_i = p_i (w_i^{(t)} + \Delta + v s_i - w_i^{(p)}) = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, k) \quad (8.5)$$

gdzie:

$w_i^{(t)}$  - teoretyczne obniżenie (przemieszczenie)  $i$ -tego punktu pomiarowego;  
 $w_i^{(t)} = w_i^{(t)}(a, \operatorname{tg} \beta, d)$ .

Wskutek błędów pomiarów i nieregularności zjawiska wielkości  $w_i^{(p)}$  obarczone są określonym błędem, dlatego układ równań (8.5) jest z reguły układem sprzecznym. Z tego względu szukane parametry wyznaczamy z warunku na minimum funkcji (8.1), którą zapiszemy w postaci

$$B = \sum_i f_i^2 = f^T f \quad (8.6)$$

gdzie:

$f^T = [f_1, f_2, \dots, f_k]$  - transponowany wektor równań.

Wektor równań  $f$  jest funkcją wektora rozwiązań  $x = [a, \operatorname{tg} \beta, d, \Delta, v]^T = [x_1, x_2, \dots, x_5]^T$

<sup>x)</sup> Por.: Woźniakowski H.: Numerical Stability for Solving Nonlinear Equations Numer. Math. 27, 373-390 (1977), Springer-Verlag 1977 oraz Dryja M., Jankowski J. i M.: Przegląd metod i algorytmów numerycznych. PWN Warszawa 1982, cz. 2.



oraz wektora danych

$$w = [w_1(p), w_2(p), \dots, w_k(p)]^T$$

Minimum funkcji (8.6) wyznaczamy z warunku na zerowanie się wektora gradientu

$$g = [g_1, g_2, \dots, g_5]^T,$$

którego składowe wyrażają się wzorami

$$g_i = \frac{\partial B}{\partial x_i} = 2 f^T \frac{\partial f}{\partial x_i} \quad (i = 1, 2, \dots, 5)$$

Wyznaczenie minimum funkcji (8.6) sprowadza się więc do rozwiązania układu równań

$$g(x, w) = 0 \quad (8.7)$$

W praktyce, zamiast dokładnego wektora danych  $w$  dysponujemy zaburzonym wektorem danych  $\tilde{w}$ , któremu odpowiada zaburzone rozwiązanie  $\tilde{x}$  układu równań

$$g(\tilde{x}, \tilde{w}) = 0 \quad (8.8)$$

Czyniąc założenie o odpowiedniej gładkości funkcji  $g$ , otrzymujemy z rozwinięcia lewej strony (8.8) wokół punktu  $(x, w)$  następującą ocenę błędu rozwiązania

$$\Delta x = \tilde{x} - x = -[g'_x(x, w)]^{-1} g'_w(x, w) (\tilde{w} - w) + R \quad (8.9)$$

gdzie:

$R$  - pewien wektor reszt.

Jeśli się weźmie pod uwagę, że w punkcie  $(x, w)$  są dokładnie spełnione wszystkie równania (8.5), można wykazać, że

$$\Delta x = -[f'_x(x, w)]^0 f'_w(x, w) \Delta w + R \quad (8.10)$$

gdzie:

$$\Delta w = \tilde{w} - w,$$

$(f'_x)^0$  - uogólniona odwrotność Moore'a-Penrosego macierzy

$$f'_x; \quad (f'_x)^0 = (f'^T_x f'_x)^{-1} f'^T_x$$

Zakładając, że norma wektora  $\Delta w$  jest odpowiednio mała, możemy przyjąć

$$\Delta x \approx - [f'_x(x, w)]^0 f'_w(x, w) \Delta w = A \Delta w \quad (8.11)$$

gdzie:

$$f'_x = \begin{bmatrix} p_1 \frac{\partial w_1(t)}{\partial a} & p_1 \frac{\partial w_1(t)}{\partial t} & p_1 \frac{\partial w_1(t)}{\partial d} & p_1 & p_1 s_1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_k \frac{\partial w_k(t)}{\partial a} & p_k \frac{\partial w_k(t)}{\partial t} & p_k \frac{\partial w_k(t)}{\partial d} & p_k & p_k s_k \end{bmatrix}$$

$$f'_w = - \begin{bmatrix} p_1 & 0 & 0 & \vdots & 0 \\ 0 & p_2 & 0 & \vdots & 0 \\ 0 & 0 & p_3 & \vdots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \vdots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \vdots & p_k \end{bmatrix}$$

Jako wektor  $\Delta w$  można przyjąć

$$\Delta w = [\pm b, \pm b, \dots, \pm b]^T \quad (8.12)$$

gdzie:

- b - pewna miara błędu pomiaru i nieregularności zjawiska ruchów górotworu; znak b dobieramy w ten sposób, żeby dla poszczególnych składników wektora  $\Delta x$ , otrzymać wartości bezwzględne wszystkich k składników sumy występującej w mnożeniu macierzy A przez wektor  $\Delta w$  i stanowiący wartość danej składowej wektora  $\Delta x$  (błąd odpowiedniej składowej wektora x).

W macierzy  $A = -[f'_x(x, w)]^0 f'_w(x, w)$  zawiera się informacja o uwarunkowaniu zadania wyznaczenia parametrów ruchów górotworu, ponieważ mówi ona o sposobie przenoszenia się błędów danych na błędy rozwiązania. Uwarunkowanie to będzie zależne m.in. od kształtu wybrania, grubości i położenia punktów pomiarowych względem eksploatacji. Przy złym uwarunkowaniu zadania błąd danych może się odzwierciedlić w sposób zwielokrotniony w błędach rozwiązania. W danym przypadku jednak trudno byłoby wprowadzić miarę uwarunkowania, na wzór miary zaproponowanej przez H. Woźniakowskiego, ponieważ wiersze macierzy A i składowe wektora  $\Delta x$  mają różne wymiary fizyczne, dlatego jako miarę uwarunkowania pozwalającą porównywać przydatność różnych linii i

punktów pomiarowych proponuje się przyjąć po prostu wielkość błędu rozwiązania określoną wzorem (8.10) przy standardowej wartości błędu  $b$  ze wzoru (8.12).

#### 8.4. Sporządzanie danych dla maszyny cyfrowej

##### 8.4.1. Wersja B programów (programy ED4B, E12B, E17B, E18B)

Sposób sporządzania danych jest identyczny dla wszystkich czterech rozpatrywanych programów. Wykazy danych dla poszczególnych programów mogą się różnić jedynie tym, że w odpowiednim miejscu podajemy wielkości obniżenia punktów pomiarowych (programy ED4B i E12B) lub składowych przemieszczenia poziomego w kierunku linii pomiarowej (programy E17B i E18B).

Dane dla maszyny cyfrowej można podzielić na cztery grupy:

- I. Dane początkowe (parametry sterujące).
- II. Dane opisujące punkty pomiarowe.
- III. Dane opisujące dokonaną eksploatację.
- IV. Pierwsze przybliżenia wartości obrzeża  $d$  i parametru teorii ( $\text{tg}\beta$  - dla programów ED4B i E17B,  $r_0$  w metrach - dla programów E12B i E17B).

Na dane początkowe składają się:

11. Parametr sterujący, któremu można nadać jedną z dwu wartości: 0 lub 1. W przypadku gdy parametr ten będzie miał wartość 0, parametrowi  $v$  ze wzoru (8.1) zostanie z góry nadana wartość 0 i maszyna nie będzie go już wyznaczać. W przypadku przeciwnym wielkość parametru  $v$  będzie wyznaczana z warunku na minimum funkcji (8.1).
12. Parametr sterujący o wartościach 0 lub 1. W przypadku gdy parametrowi temu nadamy wartość 1, maszyna cyfrowa będzie wyznaczać wielkość parametru  $d$ . W przypadku przeciwnym będzie przyjęta do obliczeń i traktowana jako stała wielkość parametru  $d$  zadana w IV części danych. Ten drugi przypadek jest równoznaczny z wyznaczaniem warunkowego minimum funkcji (8.1) przy zadanej z góry wartości parametru  $d$ .
13. Parametr sterujący o wartościach 0 lub 1. Jeśli parametrowi temu nadamy wartość 0, wtedy parametrowi  $\Delta$  ze wzoru (8.1) zostanie z góry przyporządkowana wartość 0. W przypadku przeciwnym wartość parametru  $\Delta$  będzie wyznaczana przez maszynę cyfrową.
14. Jeśli pod pozycją I1 znajduje się cyfra 1, to w tym miejscu podajemy odległość pierwszego punktu pomiarowego od punktu, od którego zaczyna się wpływ czynnika o działaniu systematycznym.
15. Parametr sterujący, któremu można przypisać jedną z czterech wartości: 1, 2, 3, 4. Parametr ten określa rodzaj wag punktów pomiarowych. Ko-

lejne, możliwe do przyjęcia wartości tego parametru, odpowiadają następującym wagom  $p_1^2 : 1, |w_i^{(p)}|, |T_i^{(p)}|, |K_i^{(p)}|$ , które program porządkuje poszczególnym punktom pomiarowym.

16. Parametr sterujący o wartościach 0 lub 1. Wartość 0 tego parametru oznacza, że nie będą wyznaczane wartości parametru  $d$  i parametru teorii ( $tg\beta$  lub  $r_o$ ). Obliczenia będą w tym przypadku przeprowadzone przy stałych wartościach parametru  $d$  i parametru teorii, co oznacza, że minimum funkcji (8.1) będzie wyznaczone tylko ze względu na parametr  $a$ , parametr  $v$  (o ile parametr sterujący pod pozycją I1 nie stanowi inaczej) i parametr  $\Delta$  (o ile parametr sterujący pod pozycją I3. nie stanowi inaczej).
17. Parametr sterujący o wartościach 0 lub 1. Wartość 1 tego parametru oznacza, że po wyznaczeniu szukanych parametrów teorii ruchów górotworu ma być sporządzony plan warstwicowy funkcji

$$C(d,t) = \min_{(a,v,\Delta)} \sqrt{B/k} \quad (8.13)$$

gdzie:

$t$  - parametr teorii ( $tg\beta$  lub  $r_o$ ),

$B$  - funkcja opisana wzorem (8.1).

W zależności od wartości parametrów sterujących pod pozycjami I1 i I3, minimum wyrażenia pod pierwiastkiem ze wzoru (8.13) może być wyznaczone tylko ze względu na parametr  $a$  przy założeniu  $v = 0$  i  $\Delta = 0$ , lub ze względu na parametry  $a$  i  $v$  przy założeniu  $\Delta = 0$ , lub też ze względu na parametry  $a$  i  $\Delta$  przy założeniu  $v = 0$ .

18. Jeśli wartość parametru sterującego pod pozycją I7 wynosi 1, to w tym miejscu podajemy skok warstwic planu warstwicowego w milimetrach. W przypadku przeciwnym pozycji I8 danych nie wypełniamy.
19. Tytuł (nagłówek) obliczeń nie zawierający znaku mnożenia (\*), ale zawsze zakończony tym znakiem.

Z przytoczonego wykazu parametrów sterujących zawartych w danych początkowych wynika, że omawiane programy mają dość szerokie możliwości obliczeniowe, wyczerpujące większość praktycznych i teoretycznych potrzeb. Z możliwości tych należy jednak korzystać z umiarem. Dotyczy to w szczególności wyznaczania wszystkich parametrów występujących we wzorze (8.1). Przy próbach matematycznego opisu określonego zjawiska spotykamy się bowiem często z prawidłowością tego rodzaju, że im więcej parametrów zawiera funkcja przyjęta do opisu zjawiska, tym pozornie opis tego zjawiska jest dokładniejszy, ale wyznaczane parametry funkcji tracą sens fizyczny. Z tego względu nie będzie na ogół wskazane wyznaczanie parametru  $v$  ze wzoru (8.1), a często także i parametru



Na dane opisujące punkty pomiarowe składają się:

II1. Liczba punktów pomiarowych.

II2. Dane opisujące kolejne punkty pomiarowe.

Z kolei na dane opisujące jeden punkt pomiarowy składają się:

II2a. Numer punktu.

II2b. Współrzędne  $x$  i  $y$  punktu w metrach.

II2c. Przesunięcie punktu w milimetrach. Obniżenie punktu podajemy jako dodatnie, wypiętrzenie - jako ujemne, a składową przesunięcia poziomego w kierunku linii pomiarowej - zależnie od zwrotu przesunięcia. Pomyłka co do znaku przesunięcia we wszystkich punktach pomiarowych wpłynie tylko na znak obliczonego parametru  $a$ .

Dane opisujące dokonaną eksploatację, która spowodowała pomierzone wpływy, zawierają:

III1. Liczbę parcel eksploatacji i maksymalną liczbę wierzchołków jednej parceli.

III2. Dane opisujące kolejne parcele.

Na dane opisujące jedną parcelę składają się:

III2a. Przeciętna głębokość parceli w metrach.

III2b. Ekwiwalentna (zastępcza) grubość pokładu w obrębie parceli (patrz: wzory (8.2a) i (8.2b)).

Przykładowo podajemy tu wyliczenia ekwiwalentnej grubości pokładu w parceli pokładu 312 (rys. 4a), w której była stosowana podsadzka sucha, leżącej wewnątrz parceli eksploatacji z zawałem stropu. Jako zastępczy sposób kierowania stropem wybieramy zawał stropu. Wtedy ekwiwalentna grubość pokładu w rozpatrywanej parceli wyniesie

$$2 \cdot \frac{0,3}{0,7} = 1,286 \text{ m}$$

gdzie:

0,3 - współczynnik eksploatacyjny przy stosowaniu podsadzki suchej pneumatycznej,

0,7 - współczynnik eksploatacyjny przy eksploatacji z zawałem stropu,

3 - rzeczywista grubość pokładu, (m).

III2c. Liczba wierzchołków parceli.

III2d. Współrzędne  $x$  i  $y$  w metrach kolejnych wierzchołków oraz wielkości pewnego parametru  $c$  dobierane według posiadanego doświadczenia, zależnie od sytuacji górniczej. Wielkość parametru  $c$  podana przy współrzędnych danego wierzchołka odnosi się do krawędzi łączącej ten wierzchołek z następnym. Wielkość tego parametru należy w uproszcze-

niu interpretować w ten sposób, że maszyna cyfrowa szukając minimum funkcji (8.1), będzie badać wartości tej funkcji przy różnych wielkościach parametru  $d$  przesuując każdorazowo wszystkie krawędzie do wnętrza odpowiednich parcel eksploatacji o odcinek  $cd$ . Ujemna wielkość parametru  $c$  oznacza, że dana krawędź będzie przesuwana na zewnątrz danej parceli eksploatacji o odcinek  $|c| \cdot d$ . W przykładzie podanym w tablicy 8.1 założono, że na granicy eksploatacji z podsadzką suchą i z zawałem stropu tworzy się wspornik o długości stanowiącej jedną czwartą ( $c = 0.25$ ) długości wspornika, który tworzy się przy caliznie. Ponadto założono równość wsporników, które tworzą się przy eksploatacji z zawałem stropu i przy eksploatacji z podsadzką płynną, kładąc w jednym i drugim przypadku  $c = 1$ .

Wymagana kolejność podawania współrzędnych wierzchołków jest zasadniczo taka, żeby posuwając się wzdłuż krawędzi obszaru, mieć obszar eksploatacji stale po lewej stronie. Nieistotne natomiast jest, który wierzchołek będzie podany jako pierwszy.

Czwarta część danych zawiera, jak już powiedziano, pierwsze przybliżenie wartości obrzeża  $d$  i parametru teorii ( $tg\beta$  lub  $r_0$ ).

Przykład danych dla omawianych programów zamieszczono w tablicy 8.1.

Tablica 8.1

Przykład danych dla programów ED4B, E12B, E17B i E18B  
dotyczący eksploatacji pokazanej na rys. 4a i 4b  
oraz punktów pomiarowych 110-160 zaznaczonych na rys. 4b

Dane dla maszyny cyfrowej	Pozycja danych wg zestawienia w punkcie 8.4.1	Objaśnienia - uwagi
1	2	3
0, 1, 1	I1-I3	Parametry sterujące obliczaniem parametrów $v$ , $d$ i $\Delta$
1	I5	Parametr określający rodzaj wag
1	I6	Parametr sterujący obliczaniem parametrów $d$ i $tg\beta$ ( $r_0$ )
1, 10	I7-I8	Parametr sterujący wykonaniem planu warstwicowego funkcji kryterialnej (8.12) i skok warstwic planu w milimetrach
Test programów wyznaczania parametrów *	I9	Tytuł (nagłówek) obliczeń zakończony znakiem mnożenia (*)
6	II1	Liczba punktów pomiarowych
110, 150, -100, 98.3 120, 250, 0, 153.4 130, 350, 100, 186.2 140, 450, 200, 383 150, 550, 300, -107.2 160, 650 400, -496.3	II2a-II2c	Numery punktów, współrzędne $x$ i $y$ w metrach oraz przemieszczenia w milimetrach (tu: podane są przemieszczenia poziome w kierunku linii pomiarowej, więc dane te mogą służyć tylko dla programów E17B i E18B)

cd. tablicy 8.1

1	2	3
4, 11	III1	Liczba parcel eksploatacji i maksymalna liczba wierzchołków danej parceli
380, 3, 11	III2a-III2c	Głębokość parceli w metrach, ekwiwalentna grubość pokładu w metrach i liczba wierzchołków
-100, 50, 1	III2d	Współrzędne x i y w metrach i wartości parametru c dla kolejnych wierzchołków parceli
300, 100, 0		
150, 150, .25		
0, 150, .25		
50, 350, .25		
150, 350, .25		
150, 150, 0		
300, 100, 1		
250, 450, 1		
150, 450, 1		
50, 600, 1		
380, 1.286, 4	III2a-III2c	Ekwiwalentna grubość pokładu obliczona jest wg wzoru (8.2a)
0, 150, -.25	III2d	Ujemna wartość parametru c spowoduje przesuwanie krawędzi na zewnątrz parceli
150, 150, -.25		
150, 350, -.25		
50, 350, -.25		
390, 2.8, 8	III2a-III2c	
350, 150, 1	III2d	
700, 50, 1		
700, 200, 1		
550, 200, 1		
600, 300, 1		
700, 200, 1		
700, 500, 1		
400, 500, 1		
470, .857, 9	III2a-III2c	
100, -50, 1	III2d	
500, -100, 0		
450, 50, 1		
300, 50, 1		
450, 200, 1		
450, 50, 0		
500, -100, 1		
750, 450, 1		
200, 400, 1		
20, 2	IV	Pierwsze przybliżenia parametrów d i tgβ - dotyczy programów ED4B i E17B. Dla programów E12B i E18B należałoby podać pierwsze przybliżenia parametrów d i r <sub>0</sub> (np.: 20, 30)

W przypadku, gdyby wektor  $\Delta w$  (8.12) potraktować jako wektor zmiennych losowych o wektorze wartości oczekiwanych

$$E(\Delta w) = [0, 0, \dots, 0]^T$$

i macierzy kowariancji

$$\text{cov}(\Delta w) = I \sigma^2$$

gdzie  $I$  jest macierzą jednostkową, a  $\sigma^2$  wariancją błędu pomiarów, czyli jako wektor zmiennych losowych stochastycznie niezależnych o stałej wariancji  $\sigma^2$ , wtedy macierz kowariancji błędu parametrów wyraziłoby się wzorem:

$$\text{cov}(\Delta x) = A A^T \sigma^2$$

#### 8.4.2. Wersja C programów (ED4C, E17C)

Dane dla programów w wersji C również dzielą się na cztery grupy, jak w przypadku wersji B (punkt 8.4.1 pracy). Grupy II, III i IV danych, a więc dane opisujące punkty pomiarowe, dane opisujące dokonaną eksploatację i dane stanowiące pierwsze przybliżenia parametru  $d$  i parametru teorii, są identyczne dla obu wersji programów. Dane początkowe (grupa I danych) dla wersji C są do pozycji I8 włącznie identyczne z danymi początkowymi dla wersji B (patrz: punkt 8.4.1). Dalsza część danych początkowych dla wersji C programów zawiera:

- I9. Parametr sterujący o wartościach 0 lub 1. Wartość 1 tego parametru oznacza, że ma być dokonane oszacowanie błędów wyznaczenia parametrów wzoru (8.1) na podstawie rozważań zamieszczonych w punkcie 8.3 pracy.
- I10. Jeśli wartość parametru sterującego pod pozycją I9 wynosi 1, to w tym miejscu podajemy wartość błędu pomiaru w milimetrach (parametr  $b$  ze wzoru (8.11)). W przypadku przeciwnym pozycji I10 danych nie wypełniamy.
- I11. Tytuł (nagłówek) obliczeń zakończony znakiem mnożenia (\*).

Przykład danych początkowych dla programów ED4C i E17C zamieszczono w tablicy 8.2.

Tablica 8.2

Przykład danych początkowych dla programów ED4C i E17C

Dane dla maszyny cyfrowej	Pozycja danych wg zestawienia w punktach 8.4.1 i 8.4.2 pracy	Objaśnienia
0, 1, 1, 1, 1, 1, 10	I1-IB	Pozycje I1-I8 objaśnione są w tablicy 8.1
1, 10	I9-I10	Parametr sterujący oszacowaniem błędów wyznaczenia parametrów wzoru (8.1) i błąd pomiaru w milimetrach
Test programów ED4C i E17C *	I11	Tytuł (nagłówek) obliczeń zakończony znakiem mnożenia



# LITERATURA

1. Awierszyn S.G.: Rascziot sdwiżenija gornych prood. Mietałłurgizdat, Leningrad - Moskwa 1950.
2. Awierszyn S.G.: Gornyje raboty pod sooruzhenijami i wodcjomami. Ugle-tiechizdat, Moskwa 1954.
3. Białek J.: Algorytm wyznaczania wskaźników deformacji przestrzennej, dynamicznej niecki osiadania. ZN Pol. Śl. nr 558, seria Górnictwo z. 87, Gliwice 1978.
4. Borecki M., Kwaśniewski M., Oleksy S.: Wyznaczanie wielkości filara chroniącego szyb w funkcji dopuszczalnych odkształceń betonu obudowy. Ref. na konf. nauk.-techn. nt. "Metody wyznaczania i eksploatacji filarów ochronnych", Kom. Ochr. Ter. Górn. PAN i Wydz. Górn. Pol. Śl., Katowice - Gliwice 1980-81.
5. Budryk W.: Wyznaczenie wielkości poziomych odkształceń terenu. Archiwum Górnicze i Hutnicze, t. I, z. 1, 1953.
6. Chudek M., Drzęźła B., Olszowski W.: Krzywizny i odkształcenia poziome nad środkiem filaru kołowego. "Projekty-Problemy" 1970, nr 4, 163.
7. Chudek M., Olszowski W., Drzęźła B.: Obliczanie deformacji szybu pod wpływem eksploatacji. ZN Pol. Śl. nr 313, seria Górnictwo, z. 48, Gliwice 1972.
8. Chudek M., Drzęźła B., Olszowski W.: Metoda określania deformacji górotworu przy eksploatacji górniczej według teorii całkowej. ZN Pol. Śl. nr 355, seria Górnictwo, z. 54, Gliwice 1973.
9. Daunesse C., Rambaud Y.: Les affaissements miniers dans le Bassin du Nord et du Pas-de-Calais. Les Annales des Mines 1963, nr 10.
10. Dryja M., Jankowski J. i M.: Przegląd metod i algorytmów numerycznych. PWN, Warszawa 1982, cz. 2.
11. Drzęźła B.: Pionowe deformacje górotworu przy eksploatacji górniczej. ZN Pol. Śl. nr 246, seria Górnictwo, z. 37, Gliwice 1969.
12. Drzęźła B.: Krzywizny przekrojów pionowych niecki osiadania. Przegląd Górniczy" 1970, nr 7-8.
13. Drzęźła B., Czypionka S.: Praktyczne zastosowanie wzorów do obliczania krzywizn przekrojów pionowych niecki osiadania. "Przegląd Górniczy" 1971, nr 10.
14. Drzęźła B.: Poziome deformacje górotworu przy eksploatacji górniczej. ZN Pol. Śl. nr 292, seria Górnictwo, z. 44, Gliwice 1971.
15. Drzęźła B.: Badania teoretyczne i modelowe ruchów górotworu przy eksploatacji górniczej. Praca doktorska (niepublikowana). Pol. Śl., Gliwice 1971.
16. Drzęźła B.: Analiza założeń całkowych teorii ruchów górotworu nad eksploatacją. ZN Pol. Śl. nr 332, seria Górnictwo, z. 52, Gliwice 1972.
17. Drzęźła B.: Maksymalne wartości wskaźników deformacji terenu pod wpływem podziemnej eksploatacji górniczej. "Ochrona Terenów Górniczych", 1973, nr 25.
18. Drzęźła B.: Informacja o programach dla maszyny cyfrowej do obliczania deformacji górotworu przy eksploatacji górniczej. "Przegląd Górniczy" 1974, nr 3.

19. Drzeźła B.: Przybliżone rozwiązanie równań teorii sprężystości w zastosowaniu do mechaniki górotworu. "Archiwum Górnictwa" 1975, t. 20, z. 2,
20. Drzeźła B.: Nomogramy do obliczania deformacji górotworu nad eksploatacją. "Ochrona Terenów Górniczych" 1976, nr 36.
21. Drzeźła B.: Podstawy teoretyczne wyznaczania parametrów teorii ruchów górotworu nad eksploatacją górnictwa przy pomocy maszyny cyfrowej. ZN Pol. Śl. seria Górnictwo, z. 88, Gliwice 1978.
22. Drzeźła B., Kot A.: Zastosowanie ETO do wyznaczania parametrów opisujących nieęckę obniżeniową wywołaną eksploatacją pokładów nachylonych. ZN Pol. Śl. nr 558, Górnictwo, z. 87, Gliwice 1978.
23. Drzeźła B.: Rozwiązanie pewnego przestrzennego zadania liniowej teorii sprężystości w zastosowaniu do prognozowania deformacji górotworu pod wpływem eksploatacji górniczej wraz z oprogramowaniem. ZN Pol. Śl., Górnictwo, z. 91, Gliwice 1978.
24. Drzeźła B., Białek J., Gołaszewski A.: Maksymalne wartości deformacji oraz prędkości i przyspieszenia ich przyrostu w przypadku płaskim dynamicznej niecki osiadania. OTG nr 53, 1980.
25. Drzeźła B.: Sporządzanie map deformacji górotworu spowodowanych eksploatacją górnictwa przy pomocy maszyny cyfrowej "Przegląd Górniczy" 1979, nr 6.
26. Drzeźła B.: Zmienność zasięgu wpływów eksploatacji w górotworze. "Przegląd Górniczy", 1979, nr 10.
27. Drzeźła B.: Algorytm numerycznego całkowania po obszarze eksploatacji dla celów prognozowania deformacji górotworu pod wpływem eksploatacji górniczej. Mat. na konf. nauk.-techn. nt. "Komputerowe metody projektowania budowli na terenach górniczych", Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN, Katowice 1981.
28. Drzeźła B., Sosna B.: Optymalizacja wymiarów filarów ochronnych dla obiektów punktowych i szybów pod kątem minimalizacji strat złożeń. Mat. na konf. nauk.-techn. Komitetu Ochrony Terenów Górniczych PAN i Wydż. Górn. Pol. Śl. nt. "Metody wyznaczania i eksploatacji filarów ochronnych", Katowice - Gliwice 1981.
29. Drzeźła B.: Primienienije elektronnoj wyczislitelnoj tiechniki w prognozirowanii deformacii gornowo massiwa i powierchnosti. Tom V mat. z Międzynarodowego Sympozjum Miernictwa Górniczego, Warna, Bułgaria 1982.
30. Drzeźła B., Sosna B.: Optymalizacja wymiarów filarów ochronnych dla obiektów punktowych i liniowych na powierzchni terenu oraz szybów. ZN Pol. Śl., Górnictwo, z. 116, Gliwice 1982.
31. Drzeźła B.: Oprogramowanie maszyn cyfrowych dla potrzeb prognozowania wpływów eksploatacji górniczej i projektowania filarów ochronnych. Ref. na II Krajowe Sympozjum nt. "Ochrona powierzchni przed uszkodzeniami górnymi", Katowice 1985.
32. Drzeźła B.: Zmiany eksploatacyjne i merytoryczne w programach komputerowych sporządzania map deformacji górotworu. Mat. na konf. nauk.-techn. nt. "Problemy i doświadczenia z eksploatacji górniczej pod miastem Jastrzębie", SITG, Rybnik 1984.
33. Dziura L., Kot A., Trzcionka P.: Przesunięcia krawędzi eksploatacji jako dodatkowy parametr teorii ruchów górotworu S. Knothego i T. Kochmańskiego, ZN Pol. Śl. nr 435, seria Górnictwo, z. 59, Gliwice 1974.
34. Dżęgniuk B.: Próba doświadczalnego ustalenia związku między odkształceniami poziomymi i pionowymi w górotworze. ZN AGH, seria Geodezja, z. 17, Kraków 1970.
35. Gil H., Drzeźła B.: Aktualny stan prac w zakresie komputeryzacji prognozowania deformacji górotworu pod wpływem eksploatacji górniczej prowadzonych w Politechnice Śląskiej. "Przegląd Górniczy" 1979, nr 5.
36. Jędrzejec E.: Zastosowanie ETO przy projektowaniu eksploatacji w filarach ochronnych. Ref. konf. nauk.-techn. nt. "Wybrane problemy eksploatacji filarów ochronnych". SITG, Katowice 1974.

37. Jędrzejec E., Kowalski A., Tyrała A.: Metoda wyznaczania filarów ochronnych dla szybów i przyszybowych obiektów powierzchniowych. Praca GIG, Kom. nr 678, Katowice 1979.
38. Jędrzejec E.: Własności parametru  $r$  teorii Budryka-Knothe'go w świetle tranzytywności jej opisu niecki obniżeniowej. Prace Komisji Górniczo-Geodezyjnej (w druku).
39. Kidybiński A.: Podstawy geotechniki kopalnianej. Wyd. "Śląsk", Katowice 1982.
40. Knothe S.: Równanie profilu ostatecznie wykształconej niecki osiadania. "Archiwum Górnictwa i Hutnictwa", 1953, t. I, z. 1.
41. Knothe S.: Odkształcenia pionowe górotworu przy kołowo-symetrycznym wybieraniu filarów szybowych. "Archiwum Górnictwa", 1956, t. I, z. 2.
42. Knothe S.: Neue Anschauungen über das Problem der Bestimmung von Schachtsicherheitspfeilern. "Archiwum Górnictwa", 1961, t. VI, z. 2.
43. Knothe S., Leśniak J.: Wyznaczanie wielkości spodziewanych wpływów eksploatacji w szybowych filarach ochronnych. "Archiwum Górnictwa" 1966, t. XI, z. 4.
44. Knothe S.: Prognozowanie wpływów eksploatacji górniczej. Wyd. "Śląsk", Katowice 1984.
45. Kochmański T.: Obliczanie ruchów punktów górotworu pod wpływem eksploatacji górniczej. PWN, Warszawa 1956.
46. Kochmański T., Magdziorz J.: Zmniejszenie odkształceń przez kształtowanie frontu eksploatacji górniczej. ZN Pol. Śl. nr 250, seria Górnictwo z. 39, Gliwice 1969.
47. Kochmański T., Zych J.: Fizyczne znaczenie parametrów teorii statystyczno-całkowej T. Kochmańskiego. "Ochrona Terenów Górniczych", 1973, nr 23.
48. Korman S.: Wartości współczynników sprężystości w górotworze. "Archiwum Górnictwa i Hutnictwa", 1955, t. III, z. 4.
49. Kot A.: Nowa metoda wyznaczania parametrów teorii ruchów górotworu T. Kochmańskiego. "Ochrona Terenów Górniczych", 1970, nr 9.
50. Kot A.: Zastosowanie metody [pvv] minimum dla obliczania parametrów  $a$ ,  $b$  i  $r$  teorii T. Kochmańskiego oraz przesunięcia teoretycznego brzegu eksploatacji. ZN Pol. Śl., Górnictwo, z. 44, Gliwice 1971.
51. Kot A.: Badanie czynników wpływających na kształtowanie się niecek osiadania wywołanych eksploatacją pokładów nachylonych i stromych. ZN Pol. Śl., Górnictwo, z. 71, Gliwice 1976.
52. Krzysztoń D.: Parametr zasięgu niecek osiadania w ośrodku sypkim. "Archiwum Górnictwa", 1965, t. X, z. 1.
53. Kwiatek J.: O działaniu budowli na podłoże górnicze. Praca habilitacyjna. Prace GIG, seria dodatkowa. Katowice 1968.
54. Kwiatek J.: Ława fundamentowa na częściowo sprężystym podłożu w rejonie eksploatacji górniczej. "Inżynieria i Budownictwo", 1982, nr 1-4.
55. Kwiatek J.: Wybrane problemy geotechniki terenów górniczych. Ossolineum, Wrocław 1982.
56. Litwiniszyn J.: Równanie różniczkowe przemieszczeń górotworu. "Archiwum Górnictwa i Hutnictwa", 1953, t. I, z. 1.
57. Litwiniszyn J.: Przemieszczenia górotworu w świetle teorii prawdopodobieństwa. Archiwum Górnictwa i Hutnictwa, 1954, t. II, z. 1.
58. Litwiniszyn J.: Wpływ czasu na stan odkształcenia i naprężenia górotworu. "Archiwum Górnictwa i Hutnictwa", 1955, t. III, z. 4.
59. Litwiniszyn J.: Zastosowanie równań procesów stochastycznych do mechaniki górotworu. "Archiwum Górnictwa", 1956, t. I, z. 3.
60. Litwiniszyn J.: Rozwój problematyki wpływu górniczej eksploatacji na ruchy skał skorupy ziemskiej. "Przegląd Górniczy", 1961, nr 4.



61. Litwiniszyn J.: O niektórych liniowych i nieliniowych modelach niecki osiadania w górotworze sypkim. "Przegląd Górniczy", 1962, nr 5.
62. Litwiniszyn J.: O kierunkach badań teoretycznych wpływu podziemnej eksploatacji górniczej na ruchy mas skalnych. Mat. z I Krajowego Sympozjum nt.: "Ochrona powierzchni przed uszkodzeniami górnictwem", SITE i WUG, 1969.
63. Magdziej J.: Nowe metody obliczania ruchów górotworu nad eksploatacją górniczą. "Ochrona Terenów Górniczych", 1970, nr 11.
64. Magdziej J.: Sposób wyznaczania szerokości obszaru eksploatacyjnego, ZN Pol. Śl. nr 435, seria Górnictwo, z. 59, Gliwice 1974.
65. Ochab Z.: Niecka obniżeniowa i odkształcenia właściwe pod wpływem eksploatacji pokładów pochyłych w oparciu o teorię T. Kochmańskiego. Praca GIG, Kom. nr 224, Katowice 1959.
66. Oleksy S., Kwaśniewski M.: Naukowe metody wyznaczania filarów ochronnych w konfrontacji z obowiązującą aktualnie instrukcją. ZN Pol. Śl., Górnictwo z. 69, Gliwice 1976.
67. Piwowarski W.: Prognozowanie przemieszczeń pionowych powstałych w procesie rozwijającej się eksploatacji górniczej w oparciu o liniowy model matematyczny zjawiska. Praca doktorska, AGH, Kraków 1977 (niepublikowana).
68. Podgórski H.: Zachowanie się skał stropowych i spągowych pod wpływem eksploatacji pokładów stromych. ZN Pol. Śl. nr 222, seria Górnictwo z. 32, Gliwice 1968.
69. Praca zbiorowa: Świadczenie górnich poród i ziemnej powierzchni. Ugle-tiechizdat, Moskwa 1958.
70. Praca zbiorowa: Ochrona powierzchni przed uszkodzeniami górnictwem. Wyd. "Śląsk", Katowice 1980.
71. Sałustowicz A.: Górotwór jako ośrodek sprężysto-lepki. "Archiwum Górnictwa", 1958, t. III, z. 2.
72. Sałustowicz A.: Profil niecki osiadania jako ugięcie warstwy na sprężystym podłożu. "Archiwum Górnictwa i Hutnictwa", 1953, t. I, z. 1.
73. Sałustowicz A.: Górotwór jako ośrodek Maxwella. Księga Jubileuszowa prof. W. Wierzbickiego, Warszawa 1959.
74. Sałustowicz A.: Zarys mechaniki górotworu. Wyd. "Śląsk", Katowice 1965.
75. Skinderowicz B.: Wpływ czasu na kształtowanie się dynamicznych niecek osiadania. Praca GIG, Kom. 666, Katowice 1976.
76. Skinderowicz B.: Problematyka wyznaczania filarów ochronnych. Mat. konf. nauk.-techn. nt. "Metody wyznaczania i eksploatacji filarów ochronnych". Komisja OTG PAN i Wyd. Górn. Pol. Śl., Katowice - Gliwice 1981.
77. Skrodzka G., Próchniak S.: Zależność pochodnej parametru  $b$  od głębokości eksploatacji górniczej. "Ochrona Terenów Górniczych" 1974, z. nr 28.
78. Szpetkowski S.: Obliczanie deformacji powierzchni i wyrobisk górniczych powodowanych przez podziemną eksploatację złóż pokładowych na elektromechanicznych maszynach cyfrowych. "Ochrona Terenów Górniczych", 1972, nr 21.
79. Sztelak J.: Osiedlenie powierzchni spowodowane osuszeniem nadkładu oraz nowe kryteria dla określenia filarów bezpieczeństwa. Prace GIG, Kom. nr 468, Katowice 1969.
80. Trojanowski K.: Krytyka teorii R. Balsa, O Schleierra i A. Flaschentra-gera. ZN AGH, seria Geodezja, z. 4, Kraków 1963.
81. Wang Y.J., Singh M.M.: A numerical method for the determination of stresses around underground openings. Proceedings of The First Congress of the International Society of Rock Mechanics, Lisboa 1966.
82. Woźniakowski M.: Numerical Stability for Solving Nonlinear Equations. Numer. Math. 27, Springer - Verlag 1977.



83. Zych J.: Sposób eksploatacji pod czużymi obiektami o niedużych wymiarach w rzucie poziomym. ZN Pol. Śl., Seria Górnictwo, z. 55, Gliwice 1973.
84. Zych J.: Zmienność parametrów teorii S. Knothego i T. Kochmańskiego w świetle badań geodezyjnych. ZN Pol. Śl., Seria Górnictwo, Gliwice (w druku).

OPISY PROGRAMÓW PROGNOZOWANIA DEFORMACJI GÓROTWORU  
POD WPŁYWEM EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ  
(AKTUALNY STAN OPROGRAMOWANIA)

S t r e s z c z e n i e

Przedstawiona praca zawiera opisy zasad użytkowania najnowszych wersji ważniejszych programów prognozowania deformacji górotworu pod wpływem eksploatacji górniczej. Podstawy teoretyczne programów są omówione tylko w takim stopniu, w jakim stanowią istotną nowość lub w jakim było to konieczne dla zrozumienia realizowanych przez programy funkcji.

W pracy omówiono łącznie 24 programy prognozowania deformacji górotworu i programy pomocnicze, opracowane na podstawie teorii Budryka-Knothe, Kochmańskiego i wzorów własnych autora. Wśród omówionych programów są m.in. programy sporządzające mapy deformacji górotworu i mapy zaktualizowanej rzeźby terenu zmieniającej się pod wpływem eksploatacji górniczej.

Istotną nowością w niektórych programach jest obliczanie tzw. efektywnych wielkości deformacji terenu przy wielokrotnych eksploatacjach górniczych.

ОПИСАНИЕ ПРОГРАММ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИИ ГОРНОГО МАССИВА  
ПОД ВЛИЯНИЕМ ПОДЗЕМНЫХ РАЗРАБОТОК  
(АКТУАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СРЕДСТВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ)

Р е з ю м е

В настоящей работе описаны принципы пользования новейшими версиями более важных программ прогнозирования деформации горного массива под влиянием подземных разработок. Теоретические основы программ даны лишь в такой степени, в какой они являются чем-то существенно новым или же описание программы являлось необходимым для понимания выполняемых ими функций.

В этой работе рассматривается всего 24 программы прогнозирования деформации горного массива и программы вспомогательные, разработанные на основе теории Вудрыка-Кноте, Кохманьского и собственных формул автора. Среди описанных программ есть в частности и программы, составляющие карты деформации горного массива и карты актуализированного рельефа местности, изменяющегося под влиянием подземных горных работ.

Существенной новостью в некоторых программах является расчёт, так называемых, эффективных величин нарушения земной поверхности при многократных горных разработках.

DESCRIPTIONS OF PROGRAMMES FOR FORECASTING DEFORMATIONS OF  
THE ROCK MASS UNDER THE INFLUENCE OF MINING EXPLOITATION

S u m m a r y

The paper presents descriptions of the principles of the use of the newest versions of more important programmes for forecasting deformations of the rock mass under the influence of mining exploitation. Theoretical bases of programmes are described only when they are a novelty or when it is necessary for the understanding of functions carried out by those programmes.

The paper discusses 24 programmes for forecasting deformations of the rock mass and auxiliary programmes elaborated on the basis of the theories of Budryk and Knothe, Kochmański and author's own equations. Among the discussed programmes there are programmes which make maps of deformations of the rock mass and maps of up-dated sculpture of the surface changing under the influence of mining exploitation.

Computing the so-called effective quantities of deformations during several exploitations is a very important novelty in some of the programmes.





**WYDAWNICTWA NAUKOWE I DYDAKTYCZNE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ  
MOŻNA NABYC W NASTĘPUJĄCYCH PLACÓWKACH:**

- 44-100 Gliwice — Księgarnia nr 096, ul. Konstytucji 14 b  
44-100 Gliwice — Spółdzielnia Studencka, ul. Wrocławska 4 a  
40-950 Katowice — Księgarnia nr 015, ul. Żwirki i Wigury 33  
40-088 Katowice — Księgarnia nr 005, ul. 3 Maja 12  
41-900 Bytom — Księgarnia nr 048, Pl. Kościuszki 10  
41-580 Chorzów — Księgarnia nr 083, ul. Wolności 22  
41-308 Dąbrowa Górnicza — Księgarnia nr 081, ul. ZBoWiD-u 2  
47-400 Racibórz — Księgarnia nr 148, ul. Odrzańska 1  
44-200 Rybnik — Księgarnia nr 162, Rynek 1  
41-200 Sosnowiec — Księgarnia nr 181, ul. Zwycięstwa 7  
41-800 Zabrze — Księgarnia nr 230, ul. Wolności 288  
00-901 Warszawa — Ośrodek Rozpowszechniania Wydawnictw Naukowych PAN —  
Pałac Kultury i Nauki  
Wszystkie wydawnictwa naukowe i dydaktyczne zamawiać można poprzez Składnicę  
Księgarską w Warszawie, ul. Mazowiecka 8