

Jan BIAŁEK

## SPOSÓB GRAFICZNEJ PREZENTACJI WYNIKÓW PROGNOZ DEFORMACJI TERENU GÓRNICZEGO WYKONANYCH PRZY UŻYCIU PROGRAMÓW KOMPUTEROWYCH SERII EDN-OPN

**Streszczenie.** W niniejszym opracowaniu omówiono niektóre możliwości programów komputerowych serii EDN-OPN opracowanych w Instytucie Techniki Eksploatacji Złóż Politechniki Śląskiej, służących do prognozowania deformacji terenu górniczego z uwzględnieniem czynnika czasu. Zaprezentowano kolejne programy wchodzące w skład pakietu, a na przykładzie wyników obliczeń prognostycznych pokazano ich możliwości graficzne.

## GRAPHIC PRESENTATION OF MINING AREA DEFORMATION FORECASTS MADE BY MEANS OF COMPUTER PROGRAMS OF THE EDN-OPN SERIES

**Summary.** The work herein discusses possible functions of the EDN-PON software package which was worked out at the Institute of Mining Technology of the Silesian Technical University and used for predicting land deformation with a time factor included. Successive programs of the package were presented and their graphic possibilities were illustrated on the basis of forecast calculations.

### 1. Wstęp

Zagadnienie oprogramowania problematyki poeksploatacyjnych deformacji górotworu zostało podjęte przez B. Drzęźlę [11,12,13] na początku lat siedemdziesiątych. Pierwsze programy opracowane przez tego autora działały na EMC Odra 1204, a późniejsze na maszynach serii Odra 1300. Opracowanie algorytmów uwzględniających przestrzenny charakter procesu deformacji i złożoność kształtu zrobów wymagało adaptacji bogatego arsenału środków i pojęć z zakresu mechaniki teoretycznej i geometrii różniczkowej. Autor oprogramował najczę-

ściej stosowane w Polsce teorie geometryczno-całkowe W. Budryka - S. Knothego i T. Kochmańskiego oraz rozwiązanie własne [13]. Powstał w ten sposób pakiet około 24 programów, które w ciągu kilkunastu lat były wielokrotnie doskonalone. Programy te zdobyły dużą popularność w przemyśle, stając się rutynowym narzędziem pracy działów mierniczych. W latach 1986-87 najpopularniejsze z wymienionych programów (między innymi E15J, E13J, EDG4) zostały zaadaptowane na mikrokomputer IBM-PC.

Ich cechą wspólną jest jednakowy, bardzo uniwersalny sposób numerycznego opisu eksploatacji górniczej. Uzyskiwane wyniki prognostyczne dotyczą asymptotycznego stanu deformacji występującego po zatrzymaniu wybierania złoża. Pominięcie pośrednich (dynamicznych) stanów zaawansowania procesu wybierania i odpowiadających im wartości znacznie upraszcza sposób opisu eksploatacji, gdyż jednocześnie można opisać eksploatację kilku pól ścianowych. Przyczynia się również do wysokiej efektywności numerycznej opracowanych programów, jest jednak przyczyną pewnych trudności w interpretacji wyników prognozy.

Zagadnienie numerycznego opisu rozwoju eksploatacji w czasie i wynikających stąd pośrednich stanów deformacji w oparciu o równanie różniczkowe S. Knothego było przedmiotem prac J. Białka [1,2,3,4,6]. W latach 1978-80 autor opracował programy komputerowe o symbolach ED22, ED62, ED64, ED65, które pozwalały na uwzględnienie w prognozie zarówno statycznych, jak i dynamicznych wartości deformacji. Wymienione programy działały na EMC Odra 1305. Autor wprowadził pojęcie deformacji ekstremalnych w przyjętym przedziale czasu.

Opracowane do 1986 programy i algorytmy oraz doświadczenie w zakresie ich użytkowania stanowiły solidną bazę do opracowania obszernego pakietu programów nowej generacji pracujących na mikrokomputerach.

## **2. Krótki przegląd programów pakietu EDN-OPN służących do prognozowania deformacji terenu górniczego z uwzględnieniem czynnika czasu**

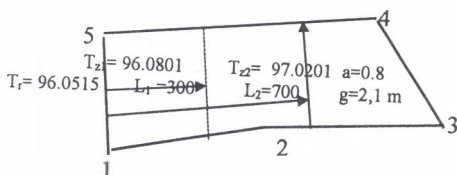
W wyniku dalszych prac prowadzonych po 1986 r. J. Białek opracował pakiet programów do prognozowania deformacji terenu górniczego z uwzględnieniem czynnika czasu działający na komputerach serii IBM-PC znany pod symboliczną nazwą EDN-OPN.

Najistotniejszą cechą omawianych programów jest uwzględnienie rozwoju eksploatacji w czasie. Eksploatowaną parcelę (ścianę) traktuje się w opisie jako dowolny wielobok (ilość boków 3 do 27) określony przez współrzędne  $x$ ,  $y$  (i ewentualnie  $z$ ) wierzchołków wieloboku.

Rozwój eksploatacji w czasie jest opisany następująco:

- zakłada się, że eksploatacja rozpoczyna się od przecinki ścianowej opisanej bokiem 1-n (pierwszy i ostatni wierzchołek wieloboku), a ponadto że front eksploatacji jest dalej równoległy do tego boku,
- opisujemy przebieg eksploatacji w czasie podając datę rozpoczęcia wybierania  $T_r$  oraz jedną lub więcej par liczb określających wybieg ściany  $V_t$  i datę osiągnięcia tego wybiegu  $L_t$ .

Istotną konsekwencją zastosowanego opisu eksploatacji w czasie jest możliwość uzyskania prognoz wskaźników deformacji traktowanych jako przyrost ich wartości od dnia o określonej dacie do dnia o określonej dacie. Ponadto możliwe jest uzyskanie prognozy ekstremalnych w czasie wartości deformacji zwanych również wielkościami historycznie największymi.



Rys.1. Zasady opisu eksploatacji jednego pola ścianowego  
Fig.1. Description principles for one longwall

Aktualnie programy te są ogólnie znane i rozpowszechnione na większości kopalń. W skład wymienionego zestawu wchodzi następujące programy:

### I. Programy pomocnicze - służące do pozyskiwania, sprawdzania, wizualizacji danych o eksploatacji górniczej

- **SP** (Sprawdź Parcele) - program czyta plik dyskowy z opisem eksploatacji i wyszukuje w nim wszelkie błędy formalne. Tworzy plik o stałej nazwie LISTPARC.ROB, do którego przepisuje dane o eksploatacji wraz z komentarzem o błędach.
- **RP** (Rysuj Parcele)
  - rysowanie na ekranie wybranych parcel (pokładów) wraz z selektywnie wybranymi elementami informacji o tych parcelach, rysowanie punktów obliczeniowych, elementów tła (plik GRANICA) i ognisk wstrząsów. Program umożliwia pełną wizualizację rozwoju eksploatacji w czasie,

- rysowanie zawartości pliku REJONY opisującego wybrane jednostki tektoniczne (plik rejony tworzony jest przy liczeniu naprężeń programem SZ1a - patrz opis programów liczących naprężenia),
  - sporządzanie plików (dowolna\_nazwa.RP) z wybranymi elementami grafiki tworzącymi rysunek, który stanowi dalej tło dla wyników prognoz deformacji i naprężeń. Pliki \*.RP są dalej przetwarzane przez program DRUKRP i EDNPLOT
  - sporządzanie pliku LISTRP z opisem eksploatacji (nazwa pokładu, ściany, głębokość, wysokość furty eksploatacyjnej, współczynnik kierowania stropem, daty początku i zakończenia, objętość wyeksploatowana),
  - sporządzanie statystyki wstrząsów.
- **ZD** (Zmień Dane) - program realizujący następujące zmiany w pliku danych opisujących eksploatację: transformacja współrzędnych parcel do innego prostokątnego układu współrzędnych, tworzenie podzbioru z opisem eksploatacji górniczej prowadzonej w określonym przedziale czasu, odrzucanie parcel nie mających części wspólnej z obszarem dowolnie zdefiniowanego wieloboku, obliczanie zasobów, globalne zmiany grubości eksploatacyjnej i głębokości, przesuwanie parcel w stronę upadu.
  - **EDLINIA** - tworzenie pliku z opisem ciągu punktów leżących na linii łamanej w równych odstępach. Program umożliwia szybkie utworzenie pliku opisującego obiekty liniowe takie jak tory kolejowe, rurociągi itp. Plik utworzony przez program EDLINIA jest wykorzystywany przez program EDN1 liczący deformacje oraz przez program RP, który rysuje położenie tych punktów na tle eksploatacji górniczej i sytuacji na powierzchni terenu górniczego.
  - **KONWERS** - zmienia plik danych z postaci wymaganej przez programy J.Białka (niecka dynamiczna, opis czasoprzestrzenny) na postać wymaganą przez programy B. Drzęzli (niecka statyczna, opis przestrzenny).
  - **DRUKRP** - program współpracujący z programem RP i programem PLOT firmy Golden Software Inc. umożliwia uzyskanie na drukarce lub ploterze rysunków eksploatacji o dowolnej wielkości i skali. Czyta pliki \*.RP utworzone programem RP. Użytkownik nie musi znać sposobu użytkowania pakietu programów SURFEF © Golden Software Inc.
  - **LINK\_DEF\*** (opracowanie M. Poniewiera [18]) - jest to program pracujący w środowisku graficznym AutoCADa. Umożliwia wykorzystanie AutoCADa do pozyskiwania i wizuali-

zacji danych wejściowych dla programów obliczających deformację, jak również graficznego przetworzenia niektórych wyników prognoz deformacji.

- **DIGIT3\*** (opracowanie P. Bańka) - odczyt z mapy przy pomocy digitajzera pokładowej danych o eksploatacji i zapis w pliku dyskowym. Współrzędne X, Y i długości wybiegów odczytywane są przy użyciu digitajzera. Powyższą czynność można również wykonać (znacznie wolniej) stosując linijkę i edytor tekstu.

## II. Programy liczące deformacje terenu górniczego

- **EDN1** (autor J. Białek) - sporządzanie prognoz deformacji. Wyniki w postaci tabulogramu. Oblicza przyrosty wartości deformacji w dowolnie przyjętych przedziałach czasu oraz maksymalne, ekstremalne w czasie wartości deformacji. Oblicza również odkształcenia zastępcze, zmniejszone upływem czasu [9,10]. Odkształcenia zastępcze mogą być uznane za wskaźnik zmniejszających się z upływem czasu (podlegających relaksacji) naprężeń w układzie fundamenty - grunt. Program EDN1 uwzględnia w sposób przybliżony nachylenie pokładu do około  $30^{\circ}$ . Program oblicza również maksymalną prędkość obniżen powierzchni.
- **EDN2** - (ściślej EDN2poc, EDN2map) - zestaw programów wykonujących prognozę deformacji z przedstawieniem wyników w formie map izolinii. Deformacje obliczane są w sposób identyczny jak programem EDN1. Na mapy deformacji mogą być automatycznie naniesione kontury eksploatacji. Mapy izolinii mogą być drukowane na drukarce lub kreślone na ploterze.
- **OPN1** (autor J. Białek) - sporządzanie tabeli opinii działu mierniczo-geologicznego zgodnie z wymogami Urzędów Górniczych. Dodatkowo, na życzenie, program sporządza rysunki krawędzi eksploatacji z wypisanymi parametrami górniczo-geologicznymi uwidoczniając położenie analizowanego obiektu i wartości deformacji.
- **EDNR1\***, **EDNR2\*** (autor J. Białek) - programy do aktualizacji rzeźby terenu górniczego zmieniającej się wskutek obniżen spowodowanych podziemną eksploatacją górniczą. Programy wykorzystują dane o eksploatacji i dane opisujące pierwotną rzeźbę terenu. Dane o rzeźbie terenu to odczytane digitajzerem przy pomocy programu DIGITP ciągi współrzędnych kolejnych punktów opisujących warstwicę wysokości terenu.

## III. Programy do wyznaczania parametrów teorii ruchów górotworu w oparciu o pomiary geodezyjne

- **TGB\*** (autor J. Białek [6]) - program wyznaczający parametry  $tg\beta$ ,  $A_{obr}$ , „a” w oparciu o pomiary obniżen ustalonej niecki obniżeniowej.

- **C1C2\*** (autor J. Białek [6]) - program wyznaczający parametry czasowe  $C_1, C_2$  równania różniczkowego  $dw/dt = (C_1 + C_2 dw_k/dt)[w_k(t) - w(t)]$  w oparciu o pomiary nieustalanej niecki obniżeniowej przy znanych parametrach  $tg\beta, A_{obr}, „a”$  opisujących ustaloną nieckę obniżeniową.
- **RLP\*** (autor J. Białek) (Rysuj Linie Pomiarową) - rysuje przebieg obniżeń linii pomiarowej dla kolejnych cykli pomiarowych. Czytany jest plik danych opisujących obniżenia w czasie przygotowany dla programu TGB lub C1C2.
- **RL\*** (autor J. Białek) (Rysuj Linie) - program czyta wyniki programów TGB lub C1C2 i rysuje obniżenia w kolejnych cyklach pomiarowych. Rysowane są wielkości pomierzone i obliczone programami TGB lub C1C2.

Wymienione programy są systematycznie doskonalone. Działają w środowisku systemu operacyjnego DOS. Dla pełnego wykorzystania ich możliwości graficznych konieczne jest posiadanie pakietu programów SURFER firmy Golden Software, Inc. Programy pakietu SURFER używane w trybie przetwarzania wsadowego umożliwiają wykorzystanie graficznych możliwości szerokiej gamy drukarek i ploterów. Aktualnie są daleko zaawansowane prace zmierzające do integracji omawianych programów z systemem AutoCad na poziomie danych wejściowych, oraz rozpoczęto prace zmierzające do integracji z tym systemem na poziomie wyników obliczeń. Ponadto w fazie testowania jest program EDNPLOT działający w środowisku WINDOWS 95, który umożliwia wydruk rysunków tworzonych programami EDN-OPN bez pośrednictwa pakietu SURFER.

### 3. Teoretyczne podstawy programów wykonujących prognozy deformacji terenu górniczego

Programy EDN1, EDN2 i OPN1\*\* wykonują prognozę deformacji wykorzystując czasoprzestrzenny wariant teorii W. Budryka [11] - S. Knothego [16] i (opcjonalnie) rozszerzenia tych wzorów opracowane przez J. Białka [4]. Obniżenie ustalonej (końcowej) fazy obniżeń obliczane jest wzorem S. Knothego:

\* Powyższe programy współpracują z programami serii EDN-OPN, nie są jednak rozprawdane razem z tym pakietem.

\*\* Program OPN1 liczy deformacje według wzorów klasycznej teorii W. Budryka - S. Knothego (wzory (3.1), (3.6)). Nie zawiera rozszerzeń teorii dotyczących operatorowego uwzględnienia obrzeża (wzór (3.2)) oraz nie uwzględnia opóźnienia czasowego w ujawnianiu wpływów eksploatacji górniczej.

$$w_k(x, y, z, t, r \dots) = - \iint_{S(t)} \frac{ag}{r^2} \exp\left(-\pi \frac{(\xi-x)^2 + (\eta-y)^2}{r^2}\right) d\xi d\eta \quad (3.1)$$

gdzie:  $r=h(\xi, \eta, z, t, \beta)$  - promień rozproszenia wpływów wyznaczony z pomiarów lub dla powierzchni obliczony ze wzoru  $r=h/tg\beta$ ,

$x, y$  - współrzędne punktu obliczeniowego,

$S(t)$  - powierzchnia wyeksploatowanego pokładu będąca najogólniej funkcją czasu  $t$ ,

$\xi, \eta$  - współrzędne elementu powierzchni  $dS$ ,

$ag=W_{max}$  - maksymalne obniżenie punktu obliczeniowego, które wystąpi, gdy powierzchnia wybrana  $S$  wokół tego punktu będzie dostatecznie duża.

Przyjmując w danych sterujących  $0 < A_{obr} < 0.15$ , programy **EDN1** i **EDN2** korzystają ze wzoru (3.2). Wzór (3.2) pozwala na uwzględnienie w obliczeniach tzw. obrzeża eksploatacyjnego. Otrzymany profil jest przesunięty w stronę zrobów o wielkość  $d=A_{obr}h/tg\beta$ . Dla niecek niepełnych uzyskujemy nieco mniejsze obniżenie maksymalne w porównaniu z uzyskiwanym wzorem (1), oraz znacznie lepszy opis wpływów zewnętrznych.

$$w_k = w(r_{2..}) + A_{obr} \left\{ \sqrt{2[r_1 \cdot \gamma(r_{1..})]^2 + w(r_{2..})^2} + w(r_{2..}) \right\} \quad (3.2)$$

gdzie:  $w(r_{1..})$  i  $w(r_{2..})$  - wielkości (posiadają znak (-)) obliczone ze wzoru (3.1) dla promienia

$$r=r_1 \text{ i } r=r_2,$$

gdzie  $r_1=0.7071 \cdot r_2$ ;

$$r_2 = \left( \frac{h}{tg\beta} \right) \cdot \left( 1 - 0.82696 \cdot A_{obr} - 2.8736 \cdot (A_{obr})^2 + 5.878 \cdot (A_{obr})^3 \right)$$

$$\gamma(r_{1..}) = \sqrt{ \left[ 0.275 \cdot r_1 \cdot \left( \frac{\partial^2 w(r_{1..})}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w(r_{1..})}{\partial y^2} \right) \right]^2 + \left( \frac{\partial w(r_{1..})}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial w(r_{1..})}{\partial y} \right)^2 }$$

Zauważmy że dla  $A_{obr}=0$  promień  $r_2=r=h/tg\beta$  i zgodnie ze wzorem (3.2),  $w_k=w(r_2)$ , co oznacza redukcję wzoru (3.2) do klasycznej postaci proponowanej przez S. Knothego.

Metodologia zaimplementowana w programach EDN1 EDN2 pozwala na uwzględnienie w obliczeniach efektu obrzeża bez manipulacji geometrią eksploatacji, co byłoby dość trudne zważywszy na założoną zmienność w czasie geometrii eksploatacji.

Efekt obrzeża wynikający ze stosowania wzoru (3.2) sprawia, że w przypadku gdy parcela jest eksploatowana w obecności starych zrobów (dane opisujące stare zroby muszą być wprowadzone do obliczeń), następuje zjawisko rozszerzenia wpływów w kierunku starych zrobów w formie aktywacji bocznej i częściowo aktywacji pokładów wyżej leżących, natomiast w przypadku eksploatacji bez starych zrobów następuje zawężenie wpływów wynikające z przesunięcia wpływów w kierunku aktualnie eksploatowanych zrobów o wielkość  $d \approx A_{\text{obr}}$ .

Obniżenia  $w(t)$  tzw. dynamicznej niecki obniżeniowej obliczane są w oparciu o równanie różniczkowe S. Knothego [16], przy czym stosowana jest nieco uogólniona postać tego równania zaproponowana przez J. Białka [4]:

$$\frac{dw(t, x, y, \dots)}{dt} = \left( C_1 - C_2 \cdot \frac{dw_k(t, x, y, \dots)}{dt} \right) \cdot [w_k(t, x, y, \dots) - w(t, x, y, \dots)] \quad (3.3)$$

gdzie:  $C_1$  [1/rok],  $C_2$  [1/m] - parametry wyznaczone z pomiarów obniżeń w czasie lub oszacowane ze wzorów:

$$C_1 = 2V_f/r, \quad C_2 = 0 \quad \text{for } V_f \geq 750 \text{m/rok} \quad (3.4)$$

lub

$$C_1 = 1300/r, \quad C_2 = 1.4 \quad \text{for } V_f < 750 \text{m/rok} \quad (3.5)$$

$V_f$  [m/rok] - prędkość postępu frontu wybierania.

Przyjmując w obliczeniach wartość  $C_1$ ,  $C_2$  ze wzoru (3.4) lub (3.5), obliczone maksymalne nachylenie niecki obniżeniowej osiągnie wartość ok. 80% maksymalnego nachylenia niecki statycznej, a maksymalne odkształcenie poziome niecki dynamicznej osiągnie wartość ok. 60% do 80% wartości charakteryzujących nieckę statyczną. Stosowanie wzoru (3.3) wymaga dużej ostrożności i w większości przypadków bezpieczniej jest przyjmować, że wpływy ujawniane są bez opóźnienia czasowego, czyli  $w(t) = w_k(t)$ .

Składowe poziome  $U_x$ ,  $U_y$  wektora przemieszczenia w chwili  $t$  obliczane są za Awierszy-nem według wzorów:

$$U_x(x, y, t, \dots) = -B \cdot \frac{\partial w(x, y, t, \dots)}{\partial x}, \quad U_y(t) = -B \cdot \frac{\partial w(x, y, t, \dots)}{\partial y}, \quad (3.6)$$

gdzie:  $B$  - współczynnik proporcjonalności, którego wartość można określić następująco:

$$B = 0.4r \quad - \text{według W. Budryka [10]} \quad (3.6a)$$

$$B = 0.32r \quad - \text{według E. Popiołka [19]} \quad (3.6b)$$



$$B = \frac{0.665r}{2\rho tg\beta} \frac{1-\vartheta}{\vartheta} = \text{- według B. Drzęzli [11]} \quad (3.6c)$$

gdzie  $\vartheta = 0.15 + 0.175$  - wartości liczby Poissona proponowane przez B. Drzęzłę.

Zauważmy że dla  $\vartheta = 0.15$ , zgodnie ze wzorem B. Drzęzli,  $B = 0.6r/tg\beta$ , a wstawiając do tego wzoru najczęściej przyjmowaną wartość  $tg\beta = 2$ , ostatecznie otrzymujemy  $B = 0.3r$ .

Dla oceny wpływów eksploatacji w długim okresie czasu programy EDN1, EDN2, OPN1 w sposób ścisły obliczają malejące w miarę upływu czasu odkształcenia zastępcze. Odkształcenie to (a ściślej jego ekstremalna w czasie wartość) jest wskaźnikiem szkodliwości wpływów w obiektach budowlanych (głównie budynkach jednorodzinnych) porównywanym z odkształceniami poziomymi (rzeczywistymi). Przy obliczaniu odkształcenia zastępczego przyjmuje się roboczą hipotezę o tym, że szkodliwość wpływów w czasie ma tendencję malejącą, gdyż z upływem czasu następuje zjawisko zmniejszania (relaksacji) naprężeń w układzie grunt-fundamenty budowli. Wynika stąd, że odkształcenia zastępcze, dobrze uwzględniające w ocenie szkodliwości wpływów czynnik czasu, powinny się zmieniać w czasie proporcjonalnie do zmieniających się w czasie naprężeń.

W programach zastosowano wzory stanowiące analogię modelu „Standard”, obliczając odkształcenie zastępcze przy użyciu następującej zależności:

$$\varepsilon(t)_{za} = a_r \int_0^t \frac{d\varepsilon(\tau)}{d\tau} d\tau + (1 - a_r) \int_0^t \frac{d\varepsilon(\tau)}{d\tau} \exp[-(t - \tau) / T_{rel}] d\tau \quad (3.7)$$

gdzie:  $\varepsilon(t)_{za}$  - zastępcze odkształcenie poziome w chwili  $t$ ,

$\varepsilon(t)$  - rzeczywiste odkształcenie poziome,

$t$  - czas,

$T_{rel}$  - czas relaksacji [rok],

$a_r$  - współczynnik o wielkości od 0 do 1 określający stosunek wielkości odkształceń zastępczych do wielkości odkształceń rzeczywistych po czasie dostatecznie długim:

$$a_r = \frac{\varepsilon_{za}(t)}{\varepsilon(t)} \quad \text{dla } t \rightarrow \infty \quad (3.8)$$

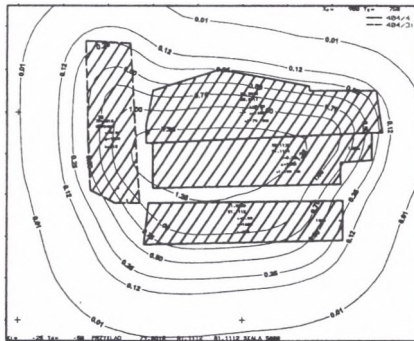
Wzór (3.7) uwzględnia zjawisko narastania wpływów w czasie (dodawanie przyrostów odkształceń w czasie) przy jednoczesnym osłabianiu oddziaływania tych przyrostów odkształceń w miarę upływu czasu ujmując wpływ prędkości postępu ścian na wartość odkształcenia zastępczego. Dla małej prędkości postępu frontu ścianowego wartość  $\varepsilon_{za}$  maleje do granicznej

wielkości  $\varepsilon_{za}(t)=a_r * \varepsilon(t)$ . Powyższy wynik odpowiada aktualnym poglądom, zgodnie z którymi wolno prowadzona eksploatacja jest mniej szkodliwa dla obiektów budowlanych.

#### 4. Możliwości graficzne programów na przykładzie obliczeń prognostycznych

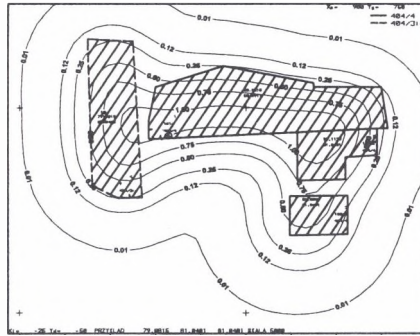
Kolejne 3 mapy przedstawiają warstwicę obniżenia dla 3 zadeklarowanych czasokresów obliczeniowych wraz z odpowiadającymi im konturami zakresu eksploatacji. Do ich sporządzenia wprowadzono dane o eksploatacji jak na rysunku 2. Dane te opisują całą wprowadzoną eksploatację, w tym również jej czasoprzestrzenny przebieg, tak jak to pokazano na rys.1. Kontury ograniczonych zakresów eksploatacji pokazane na rys. 3 i 4 zostały utworzone automatycznie w oparciu o wprowadzone dane o czasokresach obliczeniowych.

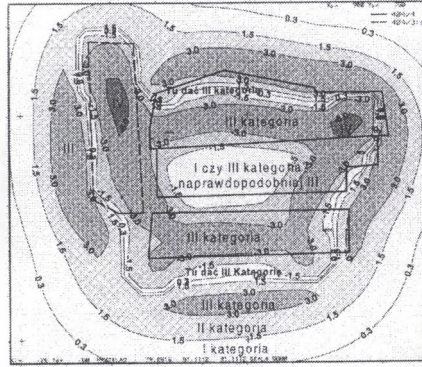
Mapy te zostały wykonane w trybie automatycznym przy pomocy programu EDN2map, który wytworzył wszystkie konieczne pliki, w tym również plik sterujący \*.BAT. W pliku tym zawarte są polecenia użycia programów DRUKRP (J. Białek), TOPO i PLOT (Surfer 4 Golden Software) wraz z niezbędnymi parametrami, co w efekcie daje gotowy wydruk warstwic wraz z rysunkiem. Zamiast programu PLOT, który nie obsługuje niektórych współczesnych ploterów i drukarek, można użyć programu EDNPLOT opracowanego przez J. Białka. Program ten został wykreowany przy użyciu kompilatora DELPHI 3 dla systemu Windows 95 i dlatego stwarza możliwość wykorzystania wszystkich możliwych typów drukarek i ploterów.



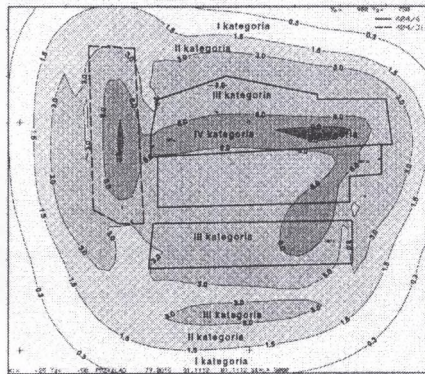
Rys.2. Obniżenia za cały okres prowadzenia eksploatacji od 79.0701 do 82.0101.

Z uwagi na nachylenie pokładu warstwicę są przesunięte w kierunku południowo-zachodnim  
Fig.2. Subsidence for the whole mining period from 79.0701 to 82.0101





Rys.5. Przyrost ODKSZTAŁCEN głównych (wielkość bezwzględnie największa z Eg1, Eg2)  
 Fig. 5. Increase of the main DEFORMATIONS (absolutely the biggest value in Eg1, Eg 2)



Rys.6. Kategorie ODKSZTAŁCEN ekstremalnych w czasie (wielkość największa). Mapa prezentuje w gotowej postaci podział terenu na kategorie odkształceń. Uwzględnia ekstremalne w czasie odkształcenia główne. Jest to najczęściej wykorzystywana mapa deformacji. Zwraca uwagę fakt zasadniczo mniejszego zróżnicowania warstw w porównaniu z warstwami z rys. 5  
 Fig. 6. Categories of DEFORMATIONS extreme in time (the biggest value)

Mapa prezentuje w gotowej postaci podział terenu na kategorie odkształceń. Uwzględnia ekstremalne w czasie odkształcenia główne zastępcze obliczane z uwzględnieniem „relaksacji”, czyli malejącego z czasem oddziaływania odkształceń na obiekty budowlane.

Z uwagi na objętość artykułu nie zamieszczono kolejnych map izolinii wskaźników deformacji generowanych przez program EDN2, który oblicza i może wyprowadzić na drukarkę lub ploter 17 różnych wskaźników deformacji, w tym również warstwice maksymalnych prędkości obniżenia, przyrostu nachylenia terenu, przyrostu krzywizny itd.



Na rys. 8 pokazano kopię ekranu w trakcie wykonywania OPINII DZIAŁU MIERNICZO-GEOLOGICZNEGO programem OPN1. Program ten równoległe do tworzonej w formie tabelarycznej opinii rysuje na ekranie sytuację geologiczno-górnictwiczną w poszczególnych pokładach i nanosi na nią wyniki obliczeń prognostycznych. Linia przerywaną rysowany jest teoretyczny kontur eksploatacji przesunięty ze względu na upad pokładu. Linia ciągłą rysowany jest kontur rzeczywisty, bez przesunięcia. Zakres eksploatacji uwzględniany w obliczeniach i pokazany na ekranie zmienia się automatycznie w zależności od przyjętych ograniczeń czasowych. Mały okrąg na ekranie reprezentuje punkt obliczeniowy (obiekt), a strzałka obrazuje kierunek obliczeniowy. Zbiór takich kopii ekranu stanowi graficzną dokumentację wykonanych obliczeń prognostycznych.

## 6. Podsumowanie

Zaprezentowany pakiet programów komputerowych EDN-OPN opracowany w Instytucie Eksploatacji Złóż Politechniki Śląskiej stanowi wszechstronne narzędzie do sporządzania szerokiej gamy prognoz deformacji terenu górnictwicznego z uwzględnieniem rozwoju eksploatacji w czasie. Programy te oferują bogate możliwości graficzne, pozwalając na łatwe tworzenie rysunków (map) zawierających jednocześnie warstwicę wybranych wskaźników deformacji, sytuację górnictwiczną i kontury wybranych obiektów powierzchni.

Umożliwiają sporządzanie prognoz ekstremalnych w czasie wskaźników deformacji, w tym również ekstremalnych w czasie tzw. odkształceń zastępczych (efektywnych) wyprowadzonych w oparciu o rozważania reologiczne. Odkształcenia te lepiej od odkształceń rzeczywistych korelują z ilością zarejestrowanych szkód górnictwicznych w budynkach jednorodzinnych [7,9].

Programy EDN1 i EDN2 korzystają z rozszerzeń teorii W. Budryka - S. Knothego opracowanych przez J. Białka. Rozszerzenia te umożliwiają uwzględnienie w obliczeniach tzw. obrzeża eksploatacyjnego w sposób operatorowy (wzór (3.2)), bez konieczności ingerencji w geometrię eksploatacji, oferując przy okazji (przy tym samym nachyleniu maksymalnym profilu niecki obniżeniowej) nieco szerszy zasięg wpływów eksploatacji. Stosując wzór (3.2) (wpisując  $A_{obr}>0$ ) należy pamiętać, że efekt obrzeża dotyczy wszystkich zrobów, również tych

starych objawiając się w formie aktywacji zrobów, dlatego w dokładnych rozważaniach obok eksploatacji projektowanej powinny być wprowadzone dane o eksploatacji dokonanej.

## LITERATURA

1. Białek J.: Algorytm obliczania chwilowych i czasowo ekstremalnych wskaźników deformacji przestrzennej dynamicznej niecki osiadania wraz z oprogramowaniem. Praca doktorska niepublikowana. Pol. Śl., Gliwice 1980.
2. Białek J.: Programy na EMC do prognozowania wskaźników dynamicznych deformacji niecek osiadania. Ochrona Terenów Górniczych nr 71, Katowice 1985.
3. Białek J.: Opis systemu programów LDANE, EDN1, EDN2 do prognozowania deformacji powierzchni. Pol. Śl., Gliwice 1988-95 (niepublikowana dokumentacja rozpowszechniana wraz z programami).
4. Białek J.: Opis nieustalonej fazy obniżen terenu górniczego z uwzględnieniem asymetrii wpływów końcowych. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., s. Górnictwo z. 194, Gliwice 1991.
5. Białek J.: Sposób poprawy opisu wpływów dalekich. Przegląd Górniczy nr 3, 1993.
6. Białek J., Drzęzła B.: Prognozowanie deformacji powierzchni - przegląd oprogramowania i interpretacja niektórych wyników. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej - Jastrzębie, luty 1994.
7. Białek J.: Wpływ postępu frontu ścianowego na szkody w obiektach. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie. Miesięcznik WUG nr 7/96.
8. Białek J., Jaworski A., Ai Pham Quang: Propozycja efektywnego opisu składowej pionowej ruchów górotworu pod eksploatowanymi pokładami. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., s. Górnictwo z. 225, 1995.
9. Białek J.: Problematyka oceny długotrwałych wpływów eksploatacji górniczej. Materiały konferencji naukowej: III Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych. 24-26 września, Ustroń Zawodzie 1995.
10. Budryk W.: Wyznaczanie wielkości poziomych odkształceń terenu. Archiwum Górnictwa i Hutnictwa t.I, z. 1, 1953.

11. Drzęźła B.: Rozwiązanie pewnego przestrzennego zadania liniowej teorii sprężystości w zastosowaniu do prognozowania deformacji górotworu pod wpływem eksploatacji górniczej wraz z oprogramowaniem. Zeszyty Naukowe Politechniki Śl., s. Górnictwo, z. 91, Gliwice 1978.
12. Drzęźła B.: Podstawy teoretyczne wyznaczania parametrów teorii ruchów górotworu nad eksploatacją górnictwem. Zeszyty Naukowe Politechniki Śl. s. Górnictwo, z. 87, Gliwice 1978.
13. Drzęźła B.: Opis programów prognozowania deformacji górotworu pod wpływem eksploatacji górniczej - aktualny stan oprogramowania. Zeszyty Naukowe Politechniki Śl., s. Górnictwo, z. 165, Gliwice 1989.
14. Drzęźła B., Białek J., Gołaszewski A.: Maksymalne wartości deformacji oraz prędkości i przyspieszenia ich przyrostu w przypadku płaskim, dynamicznej niecki osiadania. Ochrona Terenów Górniczych nr 53, 1980.
15. Knothe S.: Równanie profilu ostatecznie wykształconej niecki osiadania. Archiwum Górnictwa i Hutnictwa t.I, z.1, 1953.
16. Knothe S.: Wpływ czasu na kształtowanie się niecki osiadania. Archiwum Górnictwa i Hutnictwa t. I, z. 1, 1953.
17. Pielok J.: Określenie zmienności współczynnika czasu dla opisu kształtowania się niecek obniżeniowych w górotworze na eksploatowanym pokładem. Praca doktorska, AGH, Kraków 1974.
18. Poniewiera M.: Opracowanie graficznego edytora danych opisujących eksploatację górnictwem i elementy powierzchni dla prognozowania deformacji terenu górnictwem - Praca dyplomowa magisterska wykonana w Instytucie Eksploatacji Złóż Politechniki Śląskiej - 1995.
19. Popiołek E., Ostrowski J.: Próba ustalenia głównych przyczyn rozbieżności prognozowanych i obserwowanych poeksploatacyjnych wskaźników deformacji. Ochrona Terenów Górniczych nr 58, Katowice 1981.

Recenzent: Prof. dr.hab.inż. Jan Pielok



**Abstract**

The EDN-OPN software package presented herein and worked out at the Institute of Mining Technology of the Silesian Technical University is a versatile tool for the preparation of forecasts for a wide range of land deformations including mining evolution in time. The computer programs offer rich graphic possibilities enabling easy preparation of drawings (maps) including contour lines of chosen deformation indices, mining conditions and contours of certain surface objects.

They also enable to make forecasts of deformation indices extreme in time, including so-called substitute deformations (effective ones) derived on the basis of rheological considerations. These deformations correlate with the number of recorded mining damages in detached houses better than the real ones [7, 9].

The EDN 1 and EDN 2 programs make use of the extensions of W. Budryk-S. Knothy's theory worked out by J. Białek. They enable one to include in calculations so-called mining periphery in an operative way (formula 3.2) without the need to interfere with mining geometry and offering at the same time (with the same maximum inclination of the subsidence trough) a bit broader range of mining influence.