

Edward Preweda

Zakład Informacji o Terenie

Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

**AUTOMATYZACJA OBLICZEŃ I WIZUALIZACJI ZMIAN
GEOMETRYCZNYCH OBIEKTÓW POWŁOKOWYCH O POWIERZCHNI
STOPNIA DRUGIEGO**

**AUTOMATION IN CALCULATION AND VISUALIZATION
OF GEOMETRIC CHANGES OF CONICOID SHELL OBJECTS**

Streszczenie

Praca zawiera propozycje określania stanu geometrycznego obiektów powłokowych. Wyniki obserwacji punktów reprezentujących powłokę poddawane są aproksymacji, w rezultacie której oblicza się parametry położenia i kształtu powłoki kontrolowanej względem dowolnie wybranej powłoki modelowej. Na podstawie lokalnych odchyłek kształtu powierzchnia modelowana jest przy pomocy funkcji segmentowych - powstaje matematyczny model zmian geometrycznych wizualizowanych w postaci wykresów i map. Proces obliczeń, modelowania i wizualizacji jest w pełni zautomatyzowany.

Summary

Several suggestion on assessment of the geometric state of the shell objects are presented in this paper. The results of observing the points representing the shell are approximated what allows then the calculation of the parameters of position and shape of the shell being checked in relation to the freely selected model shell. The local deviations in shape are the basis for modelling the shell by segment function, the issue is the mathematical model of geometric changes visualized by graphs and charts. The calculation proceeding, modelling operations and visualization processing are fully automatized.

This paper should be cited as:

Preweda, E.: Automatyzacja obliczeń i wizualizacji zmian geometrycznych obiektów powłokowych o powierzchni drugiego stopnia. Problemy automatyzacji w geodezji inżynierskiej, Warszawa, 1993

Mgr inż. Edward Preweda
 Zakład Informacji O Terenie
 Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska
 Akademia Górniczo-Hutnicza
 Kraków

AUTOMATYZACJA OBLICZEŃ I WIZUALIZACJI ZMIAN GEOMETRYCZNYCH
 OBIEKTÓW POWŁOKOWYCH O POWIERZCHNI STOPNIA DRUGIEGO

AUTOMATION IN CALCULATION AND VISUALIZATION
 OF GEOMETRIC CHANGES OF CONICOID SHELL OBJECTS

Streszczenie

Praca zawiera propozycje określenia stanu geometrycznego obiektów powłokowych. Wyniki obserwacji punktów reprezentujących powłokę poddawane są aproksymacji, w rezultacie której oblicza się parametry położenia i kształtu powłoki kontrolowanej względem dowolnie wybranej powłoki modelowej. Na podstawie lokalnych odchylek kształtu powierzchnia modelowana jest przy pomocy funkcji segmentowych - powstaje matematyczny model zmian geometrycznych wizualizowanych w postaci wykresów i map.

Proces obliczeń, modelowania i wizualizacji jest w pełni zautomatyzowany.

1. WSTĘP

W opracowaniu niniejszym, parametry położenia i kształtu budowli powłokowych wyznacza się w oparciu o wyniki geodezyjnych pomiarów inwentaryzacyjnych. Powłoka kontrolowanego obiektu reprezentowana jest przez zbiór punktów obserwacyjnych, którymi mogą być punkty sygnalizowane odpowiednimi znakami na jego zewnętrznej powierzchni (np. w metodzie wcięć przestrzennych) lub punkty styczności celowych (metoda otaczających stycznych [4]). Dla kontroli kształtu stalowych zbiorników kulistych zastosowanie

znalazła również metoda biegunowa [6], w której punktami pomiarowymi są kolejne położenia reflektora przesuwanego po powierzchni zbiornika. Dobór metody pomiaru zależy może od rodzaju obiektu, warunków terenowych czy też posiadanego sprzętu pomiarowego. Stosowanie sprzętu nowoczesnego, jak automatycznych systemów teodolitowo-komputerowych (TMS-2000, ATMS-3000 itp.), czy dalsze - rzy nie wymagających sygnalizacji celu (np. DIOR 3002) nie tylko ułatwia i przyspiesza obserwacje. Pozwala też na zdecydowane zwiększenie liczby punktów obserwowanych oraz ich dowolną lokalizację na powierzchni obiektu, co ma bardzo duży wpływ na poprawne wyznaczenie parametrów położenia i kształtu powłoki.

Niezależnie od stosowanej metody pomiaru, wyniki obserwacji poddawane są aproksymacji bazującej na ogólnym równaniu powierzchni stopnia drugiego. W cytowanych pracach zakłada się przy tym, że rozpatrywany obiekt ma kształt bryły obrotowej o osi obrotu w przybliżeniu pionowej. Autor niniejszego opracowania proponuje oceniać stan geometryczny obiektów powłokowych względem kwadryk właściwych o dowolnych parametrach geometrycznych i dowolnym położeniu w przestrzeni [8]. Na proponowany model ogólny można oczywiście nakładać dodatkowe, na przykład projektowe czy zadane przez użytkownika obiektu warunki. W wyniku aproksymacji otrzymuje się współczynniki równania powierzchni modelowej, na podstawie których oblicza się parametry położenia i kształtu obiektu.

Konieczność wykonywania z wysoką dokładnością wielu operacji obliczeniowych rodzi potrzebę pełnej automatyzacji pozyskiwania informacji o badanym obiekcie. Automatyzacja winna dotyczyć zarówno obliczeń jak i wizualizacji zmian geometrycznych powłoki. Poglądowe przedstawienie zmian geometrycznych w postaci graficznej jest niezwykle cenne, powoduje ono, że zestawienia liczbowe zyskują na czytelności przekazywanej informacji. Przy

wizualizacji proponuje się wykorzystać możliwości grafiki komputerowej. Eliminuje to pracochłonność jaką niesie kreślenie ręczne a ponadto umożliwia tworzenie obrazów wizualizacyjnych w nowej formie. Zalany geometryczne mogą być na przykład przedstawiane w przestrzeni trójwymiarowej, swobodnie obserwowane z dowolnej strony lub też rzutowane na płaszczyznę i przedstawiane za pomocą izolinii.

2. OBLICZENIA, MODELOWANIE I WIZUALIZACJA ZMIAN GEOMETRYCZNYCH

Wyniki obserwacji punktów reprezentujących obiekt poddawane są, jak wspomniano na wstępie, aproksymacji opartej na ogólnym równaniu powierzchni drugiego stopnia. Równanie to przedstawia się w znanej formie:

$$F(x,y,z) = a_{11}x^2 + a_{12}xy + a_{13}xz + a_{14}x + a_{22}y^2 + a_{23}yz + a_{24}y + a_{33}z^2 + a_{34}z + a_{44} = 0 \quad (1)$$

Celem aproksymacji jest wyznaczenie współczynników powyższego, jednorodnego ($a_{ij} = a_{ji}$) układu równań. Rozwiązanie następuje po wyeliminowaniu jednej niewiadomej. Na podstawie wyników obliczeń testowych dla wielu obiektów stwierdzono, że ze względów numerycznych, najkorzystniejsza jest eliminacja niewiadomej a_{11} lub a_{22} . Algorytm obliczeń dla metody biegunowej i wcięć przestrzennych podano w [8]. W przypadku metody otaczających stycznych tok postępowania jest analogiczny do przedstawionego w [4], należy tylko pamiętać o wyeliminowaniu jednej niewiadomej.

Uzyskane współczynniki równania zadanej powierzchni modelowej pozwalają wyznaczyć następujące wielkości:

- współrzędne środka powłoki,
- wymiary półosi głównych,
- odchylenie osi głównej od linii pionu,
- azymuty półosi i odchylenia

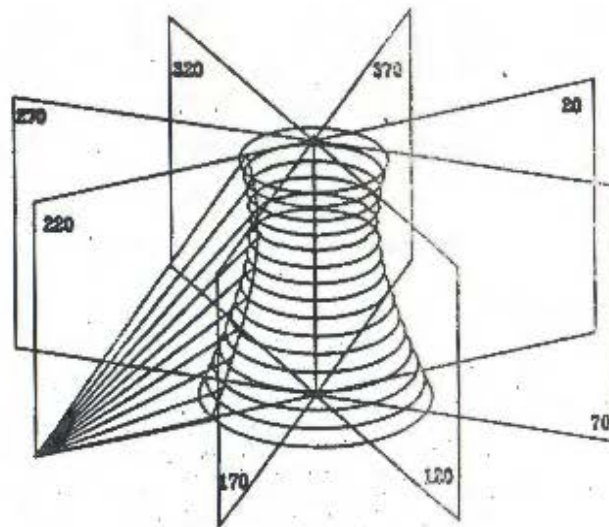
- odchyłki kształtu powłoki kontrolowanej od modelowej wzdłuż kierunków normalnych do powierzchni modelowej.

Parametry położenia i kształtu badanej powłoki winny dawać miarodajny obraz jej stanu geometrycznego. Jest oczywiste, że wierność tego obrazu zależeć będzie między innymi od liczby i sposobu rozmieszczenia punktów reprezentujących obiekt. Niezależnie jednak od tego, powłoka opisana jest w sposób dyskretny. W dalszej kolejności proponuje się, na bazie lokalnych odchyłek kształtu, skonstruowanie matematycznego, ciągłego modelu powierzchni kontrolowanej.

Do modelowania powierzchni zastosowano funkcje gięte [2]. Zadana powierzchnia dzielona jest na podobzary, w których aproksymowane są różne funkcje, najwierniej opisujące badane zjawisko w danym podobzarsze. Na każdą z funkcji nakładane są ponadto warunki wynikające z ciągłości na granicach podzbiorów. Ostatecznie, po "sklejeniu" wszystkich cząstkowych powierzchni, otrzymuje się model matematyczny deformacji powłoki.

Przed wykonaniem powyższych operacji należy powierzchnie kontrolowaną odwzorować na płaszczyźnie. W tym celu zastosowano nowy układ współrzędnych. Położenie punktu P_i powłoki kontrolowanej względem modelowej określone jest za pomocą wielkości z_i, v_i, φ_i (rys. 1), gdzie:

- z_i - wysokość punktu P_i w układzie współrzędnych prostokątnych,
- φ_i - azymut kierunku na punkt P_i ,
- v_i - odchyłka kształtu powłoki kontrolowanej od modelowej w punkcie P_i .



Rys. 1

Na podstawie powyższych danych sporządza się wykresy lokalnych odchyłek kształtu (rys. od 2 do 5).

Otrzymana powierzchnia topograficzna modelowana jest przy zastosowaniu funkcji segmentowych. Wyniki modelowania tworzą numeryczny model zmian geometrycznych, prezentowany w postaci mapy warstwicznej lub trójwymiarowych obrazów swobodnie obserwowanych z dowolnej strony. Modele zmian geometrycznych, dzięki cyfrowemu zapisowi, mogą być również wzajemnie porównywane. Można na przykład wyznaczać zmiany powłoki zachodzące w czasie pomiędzy wybranymi cyklami pomiarowymi, czy też porównywać zmiany geometryczne obliczane względem różnych modeli aproksymacyjnych. Na podstawie mapy izolinii są sporządzane i przedstawiane graficznie przekroje dowolnie zlokalizowane na obiekcie.

3. PRZYKŁAD

Proponowane metody obliczeń i wizualizacji zmian geometrycznych powłok zobrazowano na testowej chłodni hiperboloidalnej. Powłoke obiektu wygenerowano, przyjmując następujące parametry :
 $a = b = 30 \text{ m}$; $c = 45 \text{ m}$; $x_0 = y_0 = 200 \text{ m}$; $z_0 = 70 \text{ m}$
 W sposób losowy zdeformowano powierzchnię obiektu, zakładając maksymalną odchyłkę kształtu $\pm 0.250 \text{ m}$. Wygenerowano również wyniki obserwacji wykonanych metodą biegunową z 8 stanowisk rozmieszczonych równomiernie wokół obiektu. Z każdego stanowiska obserwowano 10 punktów położonych na powierzchni chłodni w sposób przedstawiony na rysunku 1.

Otrzymane w wyniku aproksymacji parametry geometryczne powłoki kontrolowanej względem czterech powierzchni modelowych zestawiono w tabeli 1.

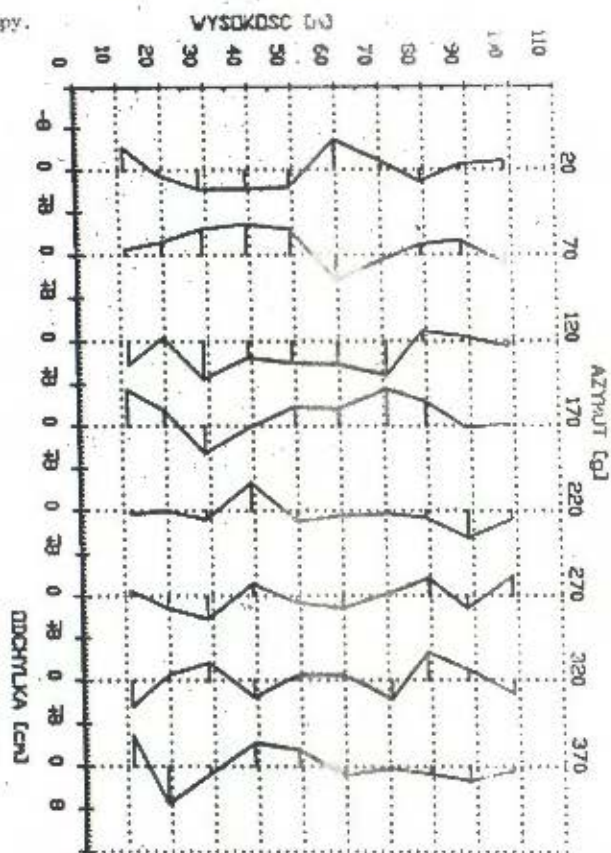
Tabela 1.

| PARAMETRY | HIPERBOLOIDA JEDKOPOWŁOKOWA | | | |
|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|----------|---------------------------------|
| | MODEL OSOBY | O PŁOKOWEJ OŚCI GŁÓWNEJ | OBROTOWA | OBROTOWA O PŁOKOWEJ OŚCI OBROTU |
| x_0 [m] | 200.030 | 200.154 | 200.030 | 200.154 |
| y_0 [m] | 199.990 | 200.217 | 199.991 | 200.217 |
| z_0 [m] | 69.986 | 69.978 | 69.986 | 69.979 |
| a [m] | 29.982 | 29.980 | 29.943 | 29.941 |
| b [m] | 29.904 | 29.902 | 29.943 | 29.941 |
| c [m] | 45.015 | 45.016 | 45.015 | 45.016 |
| φ [g] | 0.16 | 0.00 | 0.16 | 0.00 |
| Az_p [g] | 68.1 | — | 68.0 | — |
| Az_n [g] | 99.5 | 22.0 | — | — |
| $[vv]$ [m ²] | 0.0921 | 0.5974 | 0.2292 | 0.7343 |

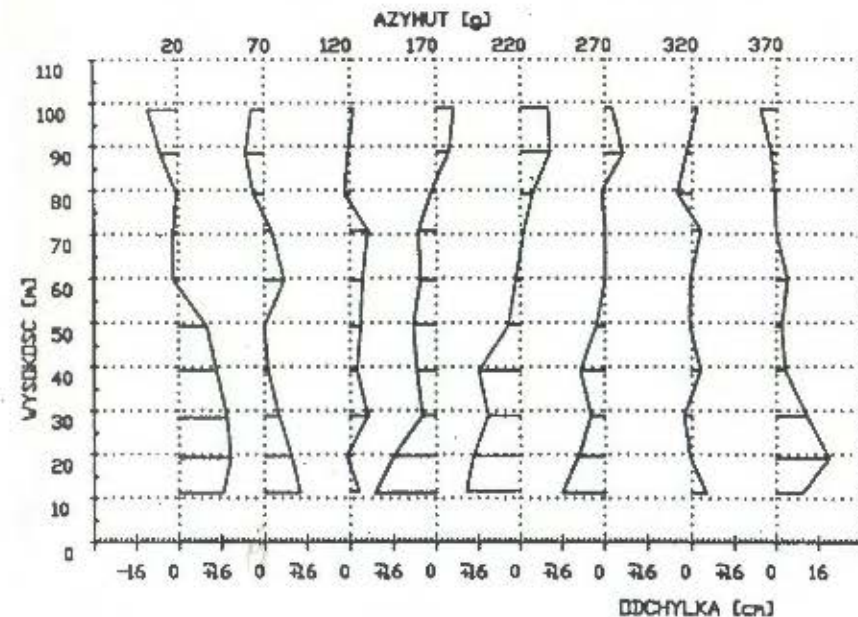
Odchyłki kształtu badanego obiektu od poszczególnych modeli aproksymacyjnych zobrazowano na rysunkach od 2 do 5, ujemna wartość odchyłki oznacza iż skierowana jest ona do wnętrza powłoki, dodatnia - na zewnątrz.

Zgodnie z informacjami podanymi w poprzednim rozdziale, na bazie odchyłek kształtu, przy pomocy funkcji sklejanych, modelowano powierzchnię kontrolowanej chłodni. Wyniki przedstawiono na rysunkach od 6 do 9. Należy nadmienić, że odstępy izolinii na mapach mogą być dobierane dowolne, odpowiednio do wymogów dokładnościowych (w przyładzie wynoszą one 2 cm).

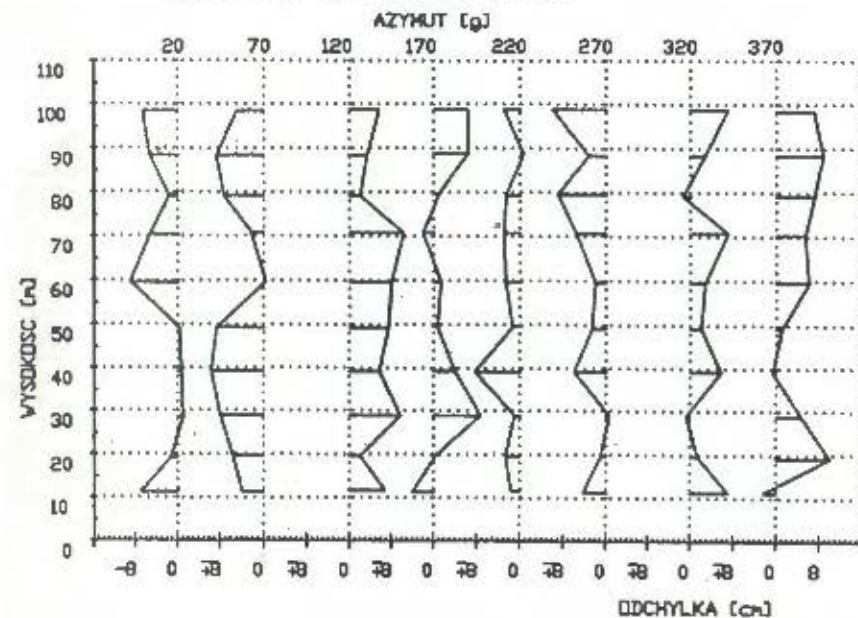
Poprawność wygładzania powierzchni splinami potwierdzają przekroje przez mapę izolinii, w tych samych azymutach w których wykonywane były obserwacje (rys od 10 do 13). Dla potrzeb praktycznych przekroje takie mogą być lokalizowane w dowolnych miejscach mapy.



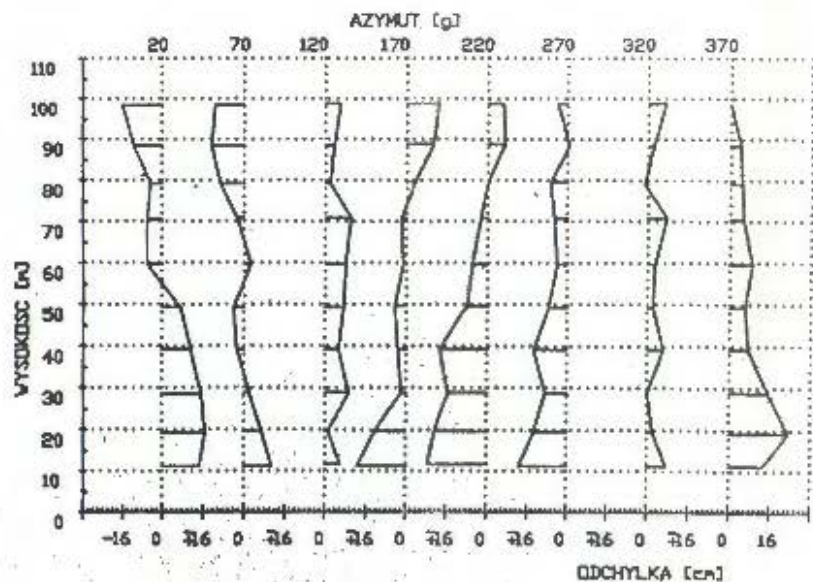
Rys.2 Lokalne odchyłki kształtu powłoki kontrolowanej względem hiperboloidy jednowłokowej.



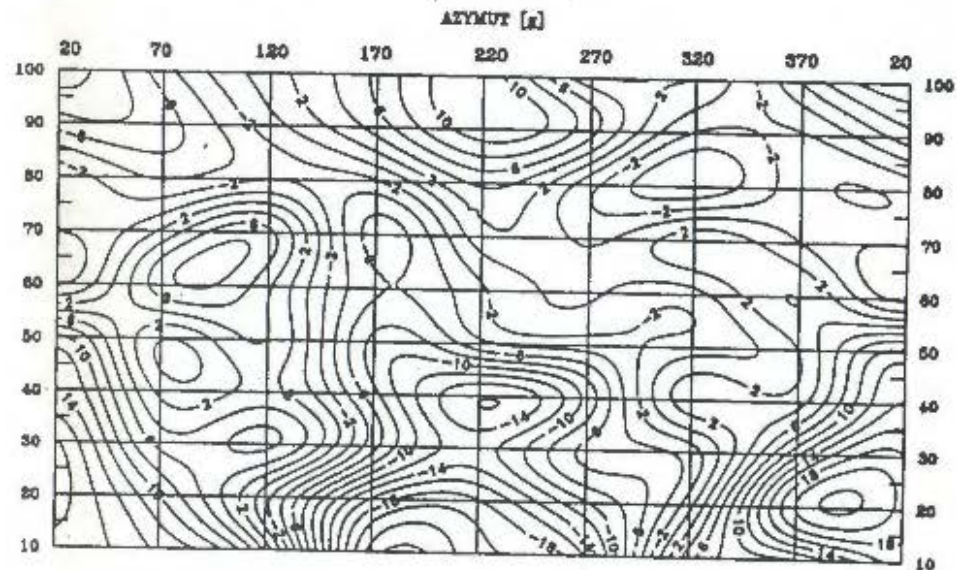
Rys.3 Lokalne odchyłki kształtu powłoki kontrolowanej względem hiperboloidy o pionowej osi głównej.



Rys.4 Lokalne odchyłki kształtu powłoki kontrolowanej względem hiperboloidy obrotowej.

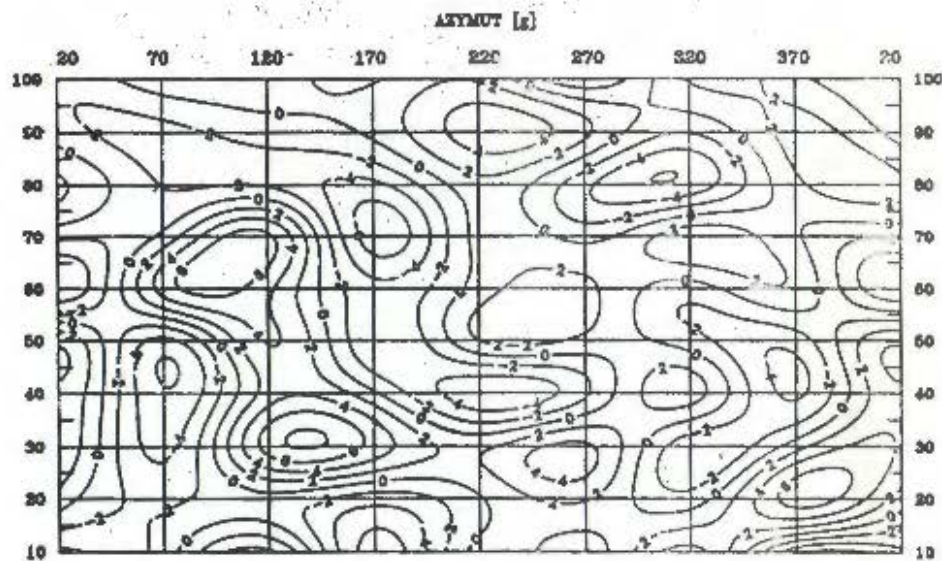


Rys.5 Lokalne odchyłki kształtu powłoki kontrolowanej względem hiperboloidy obrotowej o pionowej osi obrotu.

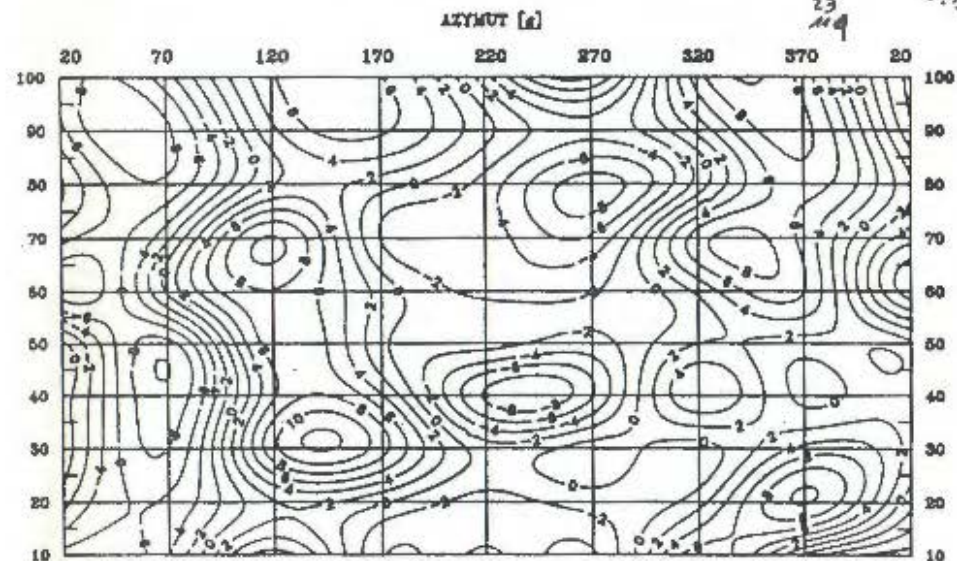


Rys.7 Mapa zmian geometrycznych powłoki kontrolowanej względem hiperboloidy o pionowej osi głównej.

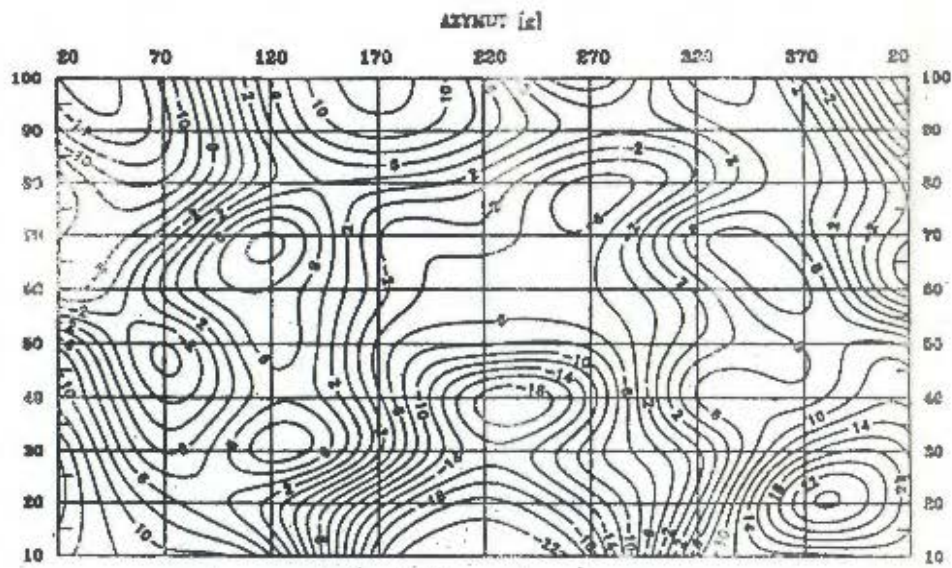
WPLYT. GRD
1 30000
23
119
strona 16
1:1



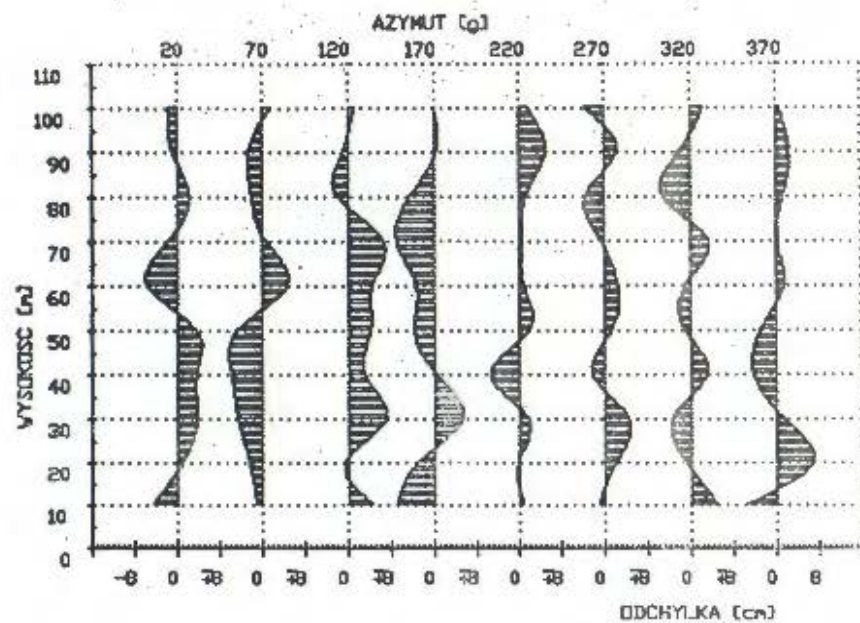
Rys.6 Mapa zmian geometrycznych powłoki kontrolowanej względem hiperboloidy jednowłokowej.



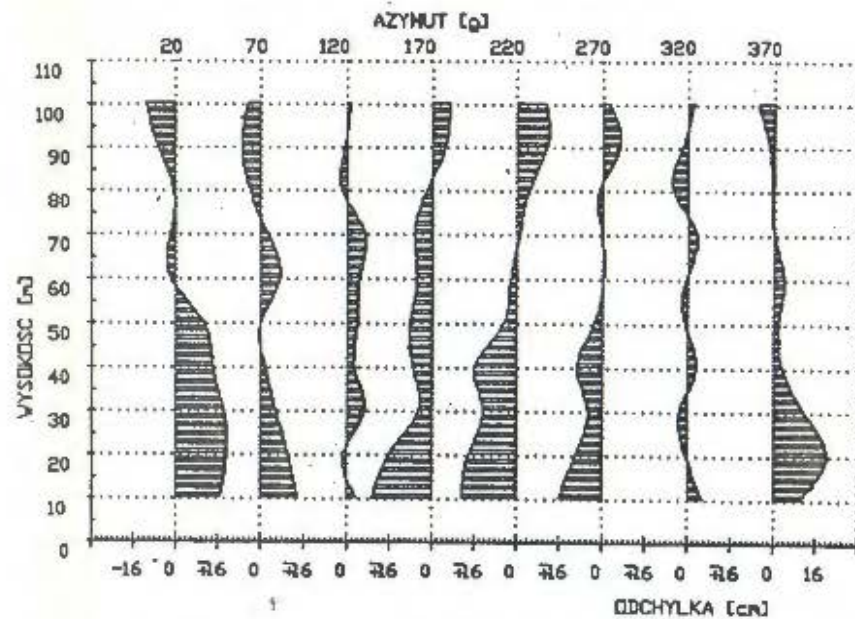
Rys.8 Mapa zmian geometrycznych powłoki kontrolowanej względem hiperboloidy obrotowej.



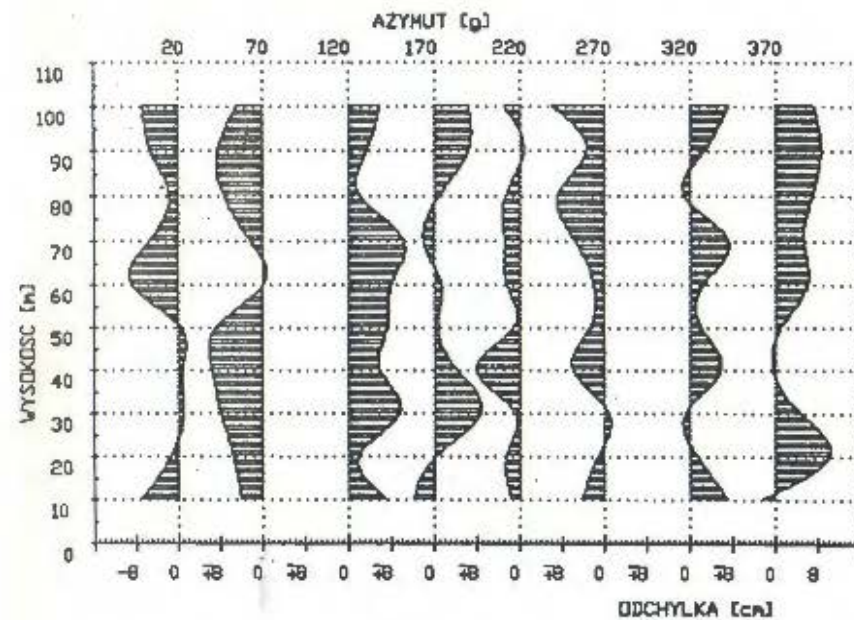
Rys.9 Mapa zmian geometrycznych powłoki kontrolowanej względem hiperboloidy obrotowej o pionowej osi obrotu.



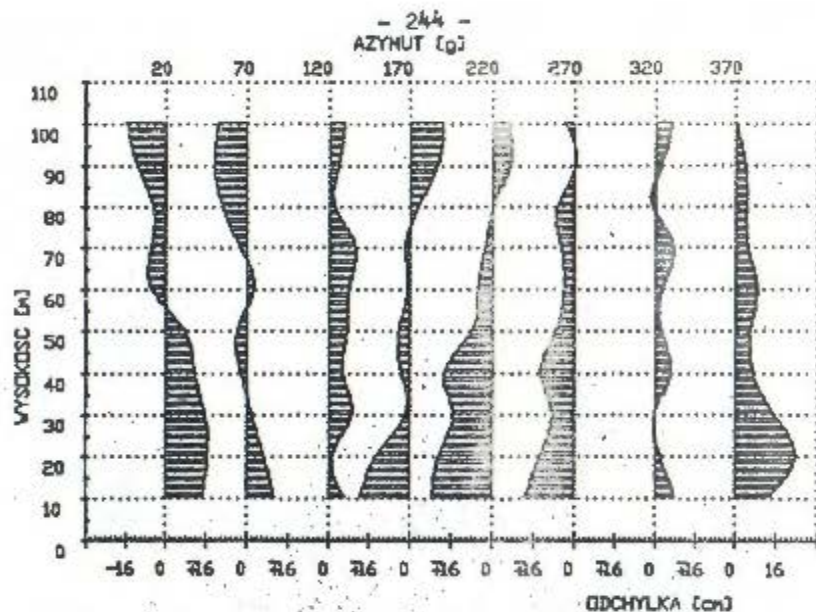
Rys.10 Odchyłki kształtu powłoki kontrolowanej względem hiperboloidy jednopowłokowej - po wygładzeniu.



Rys.11 Odchyłki kształtu powłoki kontrolowanej względem hiperboloidy o pionowej osi głównej - po wygładzeniu.



Rys.12 Odchyłki kształtu powłoki kontrolowanej względem hiperboloidy obrotowej - po wygładzeniu.



Rys.13 Odchyłki kształtu powłoki kontrolowanej względem hiperboloidy obrotowej o pionowej osi obrotu - po wygładzeniu.

4. UWAGI KOŃCOWE

Proces obliczeń i wizualizacji zmian geometrii obiektów powłokowych został oprogramowany do zastosowania na mikrokomputerze typu IBM PC. Danymi wejściowymi do programu mogą być bezpośrednio wyniki pomiarów wykonanych metodą biegunową, otaczających stycznych lub współrzędne punktów reprezentujących powłokę (obliczone np. z metody wciąg przestrzennych). Nie jest wymagana znajomość przybliżonych współczynników równania powierzchni aproksymacyjnej.

Wynikiem działania programu są parametry położenia i kształtu kontrolowanej powłoki, wykresy odchyłek kształtu oraz dane do wizualizacji i graficznej prezentacji map zniekształceń geometrycznych przy pomocy programu Surfer. Zarówno wykresy jak i wyniki modelowania mogą być przesyłane w formacie DXF do systemów AutoCad, MicroStation, Geosecma i innych systemów GIS.

Po wprowadzeniu danych do programu, w przeciągu kilku minut

uzyskuje się kompletne informacje o stanie geometrycznym badanego obiektu.

5. An abstract

Several suggestion on assessment of the geometric state of the shell objects are presented in this paper. The results of observing the points representing the shell are approximated what allows then the calculation of the parameters of position and shape of the shell being checked in relation to the freely selected model shell. The local deviations in shape are the basis for modelling the shell by segment function, the issue is the mathematical model of geometric changes visualized by graphs and charts.

The calculation proceeding, modelling operations and visualization processing are fully automatized.

6. Bibliografia

1. Angell I.O., Wprowadzenie do grafiki komputerowej (tłum. z jez. ang.). WNT Warszawa 1988.
2. Bałut A., Zastosowanie funkcji giętych w interpretacji wyników geodezyjnych pomiarów przemieszczeń. Rozprawa doktorska, AIG Kraków 1980.
3. Czaja J., Analiza stanu odkształceń skończonych oraz estymacja wskaźników deformacji określonych na podstawie okresowych pomiarów geodezyjnych. Geodezja i Kartografia 4/90.
4. Czaja J., Uogólniona metoda wyznaczania położenia i kształtu budowli obrotowych o powierzchni stopnia drugiego. Geodezja i Kartografia, 3/84.
5. Forsythe G., Moller C., Computer solution of linear algebraic

- system. 1967.
6. Gocsi J., Geodezyjne metody wyznaczania położenia i kształtu zbiorników stalowych. Geodezja i Kartografia. 2/89.
 7. Mazurkiewicz Z., Nagórski R., Powłoki obrotowe sprężyste. PWN Warszawa 1987.
 8. Freweda E., Ocena stanu geometrycznego obiektów powłokowych względem dowolnych powierzchni drugiego stopnia. Zeszyty Naukowe AGH Geodezja. Z. 115. Kraków 1993
 9. Sieklucki K., Geometria i topologia. Tom 53 część I. PWN Warszawa 1979.
 10. Wilkinson J.H., Błędy zaokrąglenia w procesach algebraicznych. (tłum. z jez. ang) PWN Warszawa 1967.
 11. Westlake J.R., A handbook of numerical matrix and solution of linear equations. 1968.

Recenzował:

Prof. dr hab. inż. Stanisław Latos

Bibliografia

References

- Angell I.: Wprowadzenie do grafiki komputerowej, WNT, Warszawa 1988
- Bałut A.: Zastosowanie funkcji giętych w interpretacji wyników geodezyjnych pomiarów przemieszczeń, Rozprawa doktorska, AGH, Kraków, 1980
- Czaja J.: Analiza stanu odkształceń skończonych oraz estymacja wskaźników deformacji określonych na podstawie okresowych pomiarów geodezyjnych, Geodezja i Kartografia, 4/90
- Czaja J.: Uogólniona metoda wyznaczania położenia i kształtu budowli obrotowych o powierzchni stopnia drugiego, Geodezja i Kartografia, 3/84
- Forsythe G., Moller C.: Computer solution of linear algebraic system, 1967,
- Gocał J.: Geodezyjne metody wyznaczania położenia i kształtu zbiorników stalowych, Geodezja i Kartografia, 2/89.
- Mazurkiewicz Z., Nagórski R.: Powłoki obrotowe sprężyste, PWN, Warszawa, 1987
- Preweda E. : Ocena stanu geometrycznego obiektów powłokowych względem dowolnych powierzchni drugiego stopnia. Geodezja, 115, AGH , Kraków, 1993
- Siekłucki K.: Geometria i topologia, Tom 53 część I, PWN, Warszawa, 1979
- Wilkinson J.H.: Błędy zaokrągleń w procesach algebraicznych, PWN, Warszawa, 1967
- Westlake J.R.: A handbook of numerical matrix and solution of linear equations, 1968.