

MINISTERSTWO  
PRZEMYSŁU  
CIĘŻKIEGO



**WYTYCZNE  
WYKONANIA  
GEODEZYJNYCH  
POMIARÓW  
MASYWNYCH  
BUDOWLI  
WIEŻOWYCH**

Załącznik nr 13  
do Instrukcji geodezyjnej  
resortu przemysłu ciężkiego

MINISTERSTWO PRZEMYSŁU CIĘŻKIEGO

WYTYCZNE  
wykonania geodezyjnych pomiarów  
masywnych budowli wieżowych

WYDAWNICTWA PRZEMYSŁU MASZYNOWEGO „WEMA”  
WARSZAWA 1976

Wytyczne opracowano  
w Instytucie Mechaniki Budowli Politechniki Krakowskiej  
w Krakowie

Zespół autorski

Kierownik: *Roman Ciesielski*

Członkowie: *Mirosław Żak*  
*Janusz Kawecki*  
*Jerzy Bogusz,*  
*Mieczysław Pieronek*

## SPIS TREŚCI

<b>Zarządzenie nr 19</b> . . . . .	4
<b>Zakres wytycznych</b> . . . . .	5
<b>Normy i przepisy związane</b> . . . . .	5
<b>I. Wymagania techniczne</b> . . . . .	6
1. Tyczenie obiektu w przestrzeni . . . . .	6
2. Tyczenie szczegółów (obsługa geodezyjna prac budowlano-montażowych) . . . . .	7
3. Geodezyjna obsługa eksploatacji . . . . .	9
<b>II. Metodyka pomiarów</b> . . . . .	10
1. Tyczenie obiektu w przestrzeni . . . . .	10
2. Tyczenie szczegółów (obsługa geodezyjna prac budowlano-montażowych) . . . . .	13
3. Badania przemieszczeń . . . . .	28
<b>III. Wzory tablic i przykłady liczbowe</b> . . . . .	35
1. Wykaz rysunków i przykładów . . . . .	35
2. Objaśnienia do opracowań graficznych . . . . .	41
3. Objaśnienia do obliczeń . . . . .	44

**ZARZĄDZENIE NR 19  
MINISTRA PRZEMYSŁU CIĘŻKIEGO**

**z dnia 24 kwietnia 1975 roku**

**w sprawie wykonawstwa geodezyjnego dla potrzeb jednostek organizacyjnych  
resortu przemysłu ciężkiego**

Na podstawie art. 8 ust. 2 dekretu z dnia 13 czerwca 1956 r. o państwowej służbie geodezyjnej i kartograficznej (Dz. U. z 1956 r. nr 25, poz. 115 i z 1974 r. nr 22, poz. 131) zarządza się, co następuje:

§ 1.

1. Wprowadza się do stosowania „Instrukcję Geodezyjną resortu przemysłu ciężkiego”, stanowiącą załącznik do zarządzenia.
2. Instrukcja Geodezyjna, o której mowa w ust. 1 obowiązuje w zakresie opracowań geodezyjno-kartograficznych i prac geodezyjnych dla potrzeb i na zlecenie jednostek organizacyjnych resortu przemysłu ciężkiego.

§ 2.

1. Tracą moc:
  - 1) zarządzenie nr 194 Ministra Przemysłu Ciężkiego z dnia 12 października 1957 r. w sprawie tymczasowej technicznej instrukcji geodezyjnej resortu przemysłu ciężkiego.
  - 2) zarządzenie nr 10 Ministra Przemysłu Ciężkiego z dnia 24 lutego 1972 r. w sprawie wykonywania pomiarów suwnic i jezdni suwnicowych, z zastrzeżeniem ust. 2.
2. Wytyczne wykonania pomiarów suwnic i jezdni suwnicowych wprowadzone zarządzeniem określonym w ust. 1 pkt. 2, stają się załącznikiem nr 15 do Instrukcji Geodezyjnej, o której mowa w § 1 ust. 1.

§ 3.

Zarządzenie wchodzi w życie z dniem podpisania z mocą obowiązującą od dnia 1 lipca 1975 r.

W porozumieniu:

MINISTER  
GOSPODARKI TERENOWEJ  
I OCHRONY ŚRODOWISKA

wz. dr inż. *Czesław Przewoźnik*  
PODSEKRETARZ STANU

MINISTER  
PRZEMYSŁU CIĘŻKIEGO

wz. mgr inż. *Janusz Bojakowski*  
PODSEKRETARZ STANU

Za zgodność:  
mgr *Z. Kurtyka*  
Główny Geolog  
Minister Przemysłu Ciężkiego

## ZAKRES WYTYCZNYCH

Wytyczne są szczegółowym uzupełnieniem Instrukcji geodezyjnej resortu przemysłu ciężkiego w zakresie masywnych budowli wieżowych.

Dotyczą one takich budowli wieżowych jak: kominy, wieże telewizyjne, zbiorniki wieżowe, chłodnie kominowe itp.

W wytycznych podano wymagania stawiane pracom geodezyjnym, prowadzonym w związku z projektowaniem, realizowaniem i eksploatacją ww. budowli.

Wytyczne składają się z trzech części:

- w pierwszej omówiono wymagania techniczne, które stanowią rozwinięcie informacji podanych w Instrukcji w dostosowaniu do masywnych budowli wieżowych,
- w drugiej zawarte są wytyczne stosowania, a więc informacje o sposobach zrealizowania wymagań podanych w pierwszej części,
- w trzeciej zawarte są wzory tablic, druków oraz przykłady liczbowe.

## NORMY I PRZEPISY ZWIĄZANE

Z niniejszymi wytycznymi związane są następujące normy i przepisy:

PN-56/B-03004 „Kominy murowane i żelbetowe”,

PN-70/B-02011 „Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem”.

# I. WYMAGANIA TECHNICZNE

## 1. TYCZENIE OBIEKTU W PRZESTRZENI

**1.1. Budowla wieżowa należy do tego typu obiektów,** które z uwagi na wielką ilość elementów składowych, wymagających ścisłego współdziałania — wyraźnie rozgraniczają kwestię zewnętrzną i wewnętrzną dokładności realizacji urządzeń. Przez zewnętrzną dokładność realizacji rozumieć należy dokładność zrealizowania obiektu w przestrzennym układzie całego zakładu a więc dokładność wyniesienia w teren trzech współrzędnych punktów głównych obiektu.

Przez wewnętrzną dokładność realizacji rozumieć należy realizowanie poszczególnych jednostkowych elementów budowli w przyjętym układzie odniesienia. Elementami tymi są zarówno stopniowo formowane fragmenty monolitu budowli jak i elementy wyposażenia.

**1.2. Pod pojęciem punktu głównego obiektu rozumieć należy punkt,** określający jednoznacznie położenie obiektu w układzie zakładu oraz punkty, określające jednoznaczne położenie osi głównych obiektu i osi elementów, łączących funkcjonalnie obiekt z zakładem jako całością.

Pod pojęciem punktu wysokościowego rozumieć należy punkt, którego wysokość określono w przyjętym układzie odniesienia i który zastabilizowano w taki sposób, by oczekiwać można zachowania przez ten punkt warunków stałości przez określony okres. Punkt wysokościowy zapewniać winien możliwość przenoszenia rzędnej na wznoszony obiekt.

### 1.3. Punktami głównymi budowli wieżowej są:

- a) punkt przecięcia osi głównych obiektu (punkt centralny),
- b) punkty podstawowe osi głównych, określające przebieg tych osi,
- c) punkty określające kierunek przebiegu lub usytuowania podstawowych elementów obiektu jak: otwory czopuchowe, rurociągi dopływowe i odpływowe, włazy, ciągi transportowe itp.

**1.4. Punkt główny budowli,** będący przecięciem jej osi głównych (punkt centralny) oraz punkt główny, określający przebieg jednej z tych osi tyczyć należy w oparciu o siatkę realizacyjną zakładu w taki sposób, by zapewnić zewnętrzną dokładność tyczenia określoną na:

$$m_l \leq \pm 50 \text{ mm}$$

$$m_H \leq \pm 7 \text{ mm}$$

**1.5. Pozostałe punkty główne** należy tyczyć na podstawie punktów wymienionych w p. 1.4. z dokładnością wewnętrzną:

$$m_l \leq \pm 10 \text{ mm}$$

$$m_H \leq \pm 2,5 \text{ mm}$$

chyba, że w konkretnym przypadku określona jest dokładność specjalna.

Punkty główne i wysokościowe budowli winny być tak rozmieszczone i zastabilizowane, by w każdym momencie możliwa była realizacja budowli z określoną dokładnością.

1.6. Po wyniesieniu w teren sieci realizacyjnej sporządzić należy jej szkic i umieścić na nim następujące dane:

- a) oznaczenie punktów,
- b) oznaczenie osi,
- c) kąty między kierunkami,
- d) odległości między punktami,
- e) rzędne punktów głównych i wysokościowych.

## 2. TYCZENIE SZCZEGÓŁÓW (OBSŁUGA GEODEZYJNA PRAC BUDOWLANO-MONTAŻOWYCH)

### 2.1. Geodezyjna obsługa robót ziemnych i przygotowawczych

2.1.1. Prace ziemne związane z wykonaniem wykopu fundamentowego winny mieć zapewnioną obsługę geodezyjną poprzez wytyczenie obrysu wykopu, kontrolę prawidłowości głębinienia i wykonanie pomiaru odbiorczego zakończonych prac. Wyniki pomiaru odbiorczego przedstawić należy na szkicu odbiorczym, na którym podać należy:

- a) rzędne dna wykopu, określone w punktach rozmieszczonych w regularnej siatce, przy czym odległość sąsiednich punktów nie może być większa niż 5 m,
- b) miejsca przekroczenia projektowanych nachyleń przez skarpy wykopu.

2.1.2. Tyczenie obrysu robót ziemnych wykonywać należy z błędem średnim

$$m_1 < \pm 10 \text{ cm}$$

2.1.3. Wykonanie podsypki i układanie chudego betonu odbywać się winno pod stałą kontrolą wysokościową. Po ukończeniu tych robót sporządzić należy szkic odbiorczy, na którym podać należy:

- a) nadwyżki lub niedobory rzędnej górnej powierzchni ułożonej warstwy, wyznaczone w punktach, w których dokonywano odbioru robót ziemnych,
- b) obliczenie kubatury wraz z bilansem ułożonych mas.

2.1.4. Przy układaniu warstwy wyrównawczej dopuszczalna odchyłka spadku nie może przekraczać 0,5% i może wynosić max 1 cm.

### 2.2. Geodezyjna obsługa fundamentu i podbudowy

2.2.1. Przy tyczeniu obrysu fundamentu budowli odchyłka promienia nie może przekroczyć  $\pm 10$  mm.

Wewnętrzna dokładność realizacji elementów fundamentu i podbudowy zapewnić winna błąd średni położenia tyczonych punktów:

$$m_1 < \pm 10 \text{ mm}$$

$$m_H < \pm 2,5 \text{ mm}$$

2.2.2. Dla budowli uznanych za technicznie skomplikowane przewidzieć należy prowadzenie pomiarów osiadań fundamentu od początku wznoszenia budowli. Na obwodzie fundamentu rozmieścić należy nie mniej niż 4 repery w odległości wzajemnej nie większej niż 15 m. Gdyby względy konstrukcyjne budowli uniemożliwiały po wykonaniu robót ziemnych dostęp do reperów, założonych na fundamencie, należy repery te przenieść na podstawę budowli (podstawa trzonu, ściana basenu itp.) z zachowaniem ciągłości obserwacji.

2.2.3. Po ukończeniu robót betonowych należy dokonać ostatecznego wytyczenia i stabilizacji punktu głównego centralnego. Punkt ten należy zastabilizować w sposób trwały, gwarantujący niezmiennność położenia przez cały okres wznoszenia budowli. Zaleca się w szczególności wykonanie słupa żelbetowego z głowicą, zaopatrzoną w urządzenie centrujące.

2.2.4. Po ukończeniu robót betonowych należy wykonać pomiar odbiorczy, który objąć winien wszystkie te elementy, które były przedmiotem tyczenia.



### 2.3. Geodezyjna obsługa trzonu (płaszcza)

2.3.1. Realizacja trzonu żelbetowego (komin, wieża, silos) powinna być przeprowadzona w taki sposób, by średni błąd położenia osi wynosił:

$$m_{t_{max}} \leq \left| \pm 0,6 \sqrt{h_i} \right|$$

gdzie:

$m_{t_{max}}$  — [cm]

$h_i$  — wysokość rozpatrywanego poziomu i [m], nad poziomem przyrównywanym

a średni błąd realizacji krzywizny w przekroju poziomym:

$$m_{k_{max}} \leq \left| \pm 2 \text{ cm} \right|$$

2.3.2. Realizacja płaszcza chłodni kominowej prowadzona winna być w taki sposób, by średni błąd położenia punktu płaszcza wynosił:

$$m_{k_{max}} \leq \left| \pm 3 \text{ cm} \right|$$

2.3.3. Średnia odchyłka grubości ściany żelbetowej trzonu lub płaszcza nie może być większa niż:

$$m_{s_{max}} \leq \left| \pm 2 \text{ cm} \right|$$

2.3.4. Średnia odchyłka grubości otuliny wynosić może:

$$m_{o_{max}} \leq \left| \pm 0,1 d \right|$$

gdzie:  $d$  — grubość ściany

lecz nie więcej niż 2 cm.

2.3.5. Gniazda osprzętu (również wsporniki, galerie, ramy, drabiny itd.) tyczyć należy z dokładnością wewnętrzną, określoną średnim błędem położenia tych elementów i urządzeń.

$$m_H = m_L = \pm 1 \text{ cm}$$

Zewnętrzną dokładność realizacji jako całości określa średni błąd położenia jednego punktu w układzie odniesienia budowli.

$$m_H = m_L = \pm 5 \text{ cm}$$

2.3.6. Otwory (włazowe, czopuchowe itp.) tyczyć należy z średnim błędem położenia punktu:

$$m_H = m_L = \pm 5 \text{ cm}$$

jeżeli projektant nie założył szczególnej dokładności.

2.3.7. Wszelkie prace pomiarowe, a w szczególności przenoszenie punktów głównych na poziom roboczy (pionowanie) prowadzić należy bezwarunkowo we wczesnych godzinach rannych. Niedopuszczalne jest wykonywanie prac pomiarowych przy dużym nasłonecznieniu. Oceny warunków dokonywać należy każdorazowo w oparciu o metrykę budowli.

2.3.8. Dla obiektów wykonywanych metodami cyklicznymi należy wykonać pomiar odbiorczy każdego zabetonowanego cyklu. Elementami podlegającymi odbiorowi w każdym cyklu są: promień krzywizny i grubość ściany. Punkty podlegające odbiorowi powinny być rozmieszczone równomiernie na obwodzie każdego przekroju poziomego. Odległość między sąsiednimi punktami nie może przekraczać 3,5 m. Z każdego pomiaru odbiorczego sporządzać należy szkic — protokół. Protokół sporządzać należy również po wykonaniu kontrolnych pomiarów pracy urządzenia ślizgowego. Pomiarów odbiorczych należy wykonywać z dokładnościami analogicznymi jak w przypadku tyczenia.

2.3.9. Dla budowli uznanych za technicznie skomplikowane prowadzić należy w trakcie wznoszenia stabilizację punktów, umożliwiającą wykonywanie okresowych pomiarów pionowości. Celowniki umieszczać należy co najmniej na dwóch tworzących, obserwowanych z kierunków przecinających się pod kątem zbliżonym do prostego. Celowniki stabilizować należy w odstępach około:

$$e = 0,1 h$$

gdzie:  $h$  — wysokość budowli  
i w granicach:

$$15 \text{ m} \leq e \leq 30 \text{ m}$$

2.3.10. Dla budowli technicznie skomplikowanych należy prowadzić w trakcie wznoszenia obserwacje osiadań w odstępach nie dłuższych niż 4 tygodnie.

2.3.11. Po ukończeniu wysokościowej części budowli dokonać należy pomiaru powykonawczego, którego wyniki stanowiąc mają jednocześnie podstawę porównawczą dla pomiarów kontrolnych prowadzonych w okresie późniejszym.

W skład pomiaru powykonawczego wchodzi:

- a) pomiar pionowości,
- b) wyjściowy pomiar kierunków do celowników kontrolnych,
- c) wyjściowy pomiar różnic wysokości w niwelacyjnej sieci kontrolnej.

2.3.12. Wyniki pomiaru powykonawczego umieścić należy w operacie odbiorczym który zawiera:

- a) sprawozdanie techniczne
- b) metrykę budowli, opracowaną w projekcie (p. 3.1.8)
- c) pomiarową weryfikację metryki przeprowadzoną podczas wznoszenia budowli, lub po jej ukończeniu,
- d) zestawienie kierunków do celowników badanych budowli, uzyskane w wyniku pomiaru, przeprowadzonego w warunkach optymalnych,
- e) szkic pomiarowy niwelacyjnej sieci kontrolnej, uzyskany w wyniku pomiaru przeprowadzonego w tym samym okresie co obserwacje kierunków,
- f) wychylenia budowli od pionu, uzyskane poprzez obserwacje tworzących budowli co najmniej w  $(0,1 h)$  [m] ilości przekrojów poziomych.

### 3. GEODEZYJNA OBSŁUGA EKSPLOATACJI

#### 3.1. Badania przemieszczeń

3.1.1. Celem okresowych pomiarów przemieszczeń jest rejestracja postępujących odkształceń trwałych obiektu i zasygnalizowanie ewentualnej konieczności stosowania środków prewencyjnych.

3.1.2. W przypadku budowli wieżowych liczyć należy się z występowaniem następujących rodzajów odkształceń:

- a) sprężyste odkształcenia szybkozmiennie,
- b) sprężyste odkształcenia dobowe,
- c) odkształcenia trwałe.

3.1.3. Wpływ czynników zewnętrznych a w szczególności wpływ parcia wiatru i nasłonecznienia powoduje powstanie sprężystych ruchów giętych budowli (odkształcenia dobowe), które z uwagi na szybkość występowania przemieszczeń i ich wielkość zmuszają do traktowania budowli jako układu dynamicznego.

3.1.4. Aktualna postać odkształconej budowli wieżowej stanowi wypadkową odkształceń trwałych i dobowych. Z uwagi na całkowitą odmienną tych odkształceń konieczne jest ich rozdzielanie w pomiarze przemieszczeń.

3.1.5. Odkształcenia trwałe budowli wieżowej a w szczególności smukłej występują w postaci przechyłów i wygięć.

3.1.6. Zasadniczą metodą wyznaczania odkształceń trwałych winna być metoda niwelacyjna, nawet gdyby nawiązanie do niezawodnego reperu odniesienia nie było możliwe. Metodę niwelacyjną stosować należy przede wszystkim tam, gdzie oczekuje się wystąpienia przechyłów budowli.

3.1.7. Dla okresowych pomiarów pionowości stosować należy najbardziej dla danego obiektu odpowiednią metodę wyznaczania przemieszczeń z bezwzględnym przestrzeganiem następujących wskazań:

- a) wykonywanie wyłącznie pomiarów porównawczych (nie jednokrotnych),
- b) zapewnienie jednoczesności wykonywania obserwacji punktów badanych ze wszystkich stanowisk obserwacyjnych,
- c) skrócenie do minimum czasu obserwacji poprzez stosowanie celowania na jedną tworzącą lub celowniki,
- d) przestrzeganie warunków wykonywania obserwacji,
- e) wykonywanie pomiarów i interpretację opierać na metryce budowli.

3.1.8. Dla każdego obiektu nowo wznoszonego lub poddawane go okresowym pomiarom przemieszczeń po raz pierwszy — opracować należy metrykę budowli, która zawiera:

- a) wykresy linii ugięcia, obrazujących działanie nasłonecznienia,
  - b) wykresy linii ugięcia, obrazujących parcie wiatru,
  - c) wykresy kształtu wysokościowej części budowli, uzyskane w wyniku pomiaru odbiorczego (dla obiektów nowo wzniesionych w wyniku pomiaru odbiorczego — powykonawczego),
  - d) wykaz kierunków do celowników lub punktów naturalnych, podających udokumentowane spoczynkowe położenie tych punktów ze wszystkich stanowisk obserwacyjnych; wykaz stanowi podstawę dla okresowego wyznaczania pionowości,
  - e) szkic niwelacyjnej sieci kontrolnej z wynikami ostatniego (obiekty nowo wzniesione) lub wyjściowego pomiaru różnic wysokości jako podstawy dla okresowego wyznaczania przechyłu,
  - f) pomiarową weryfikację linii ugięcia budowli,
  - g) podstawowy okres drgań własnych
- oraz przy obiektach wyższych od 100 m:
- h) okresy drgań własnych i odpowiadających im postaci drgań,
  - i) charakterystyki tłumienia (np. logarytmiczny dekrement tłumienia),

Do wyznaczenia wielkości ujętych w punktach g—i stosuje się aparaturę elektroniczną i sejsmiczną. W przypadku konieczności wyznaczania tych wielkości należy zwrócić się do specjalistycznych instytutów.

3.1.9. Budowle wieżowe objęte być winny systematycznymi pomiarami przemieszczeń, których program tworzą:

dla kominów, wież i silosów:

- a) pomiar osiadań w co najmniej 4 punktach fundamentu lub podstawy budowli,
- b) pomiar pionowości do określenia wielkości przyrostu wygięć budowli,

dla chłodni:

- a) pomiar osiadań fundamentu lub ściany basenu,
- b) pomiar względnych przemieszczeń pionowych wieńca górnego.

W trakcie prowadzenia pomiarów jak wyżej należy także poszukiwać ewentualnych uszkodzeń budowli.

3.1.10. Okresowe badania przemieszczeń prowadzić należy z następującą częstotliwością:

	Pomiar osiadań i wyznaczenie przechyłu	Pomiar pionowości
Pierwszy rok eksploatacji	4 <sup>x</sup>	1 <sup>x</sup>
Drugi rok eksploatacji	2 <sup>x</sup>	1 <sup>x</sup>
Trzeci i następne lata eksploatacji	1 <sup>x</sup> w roku	co trzy lata

## II. METODYKA POMIARÓW

### 1. TYCZENIE OBIEKTU W PRZESTRZENI

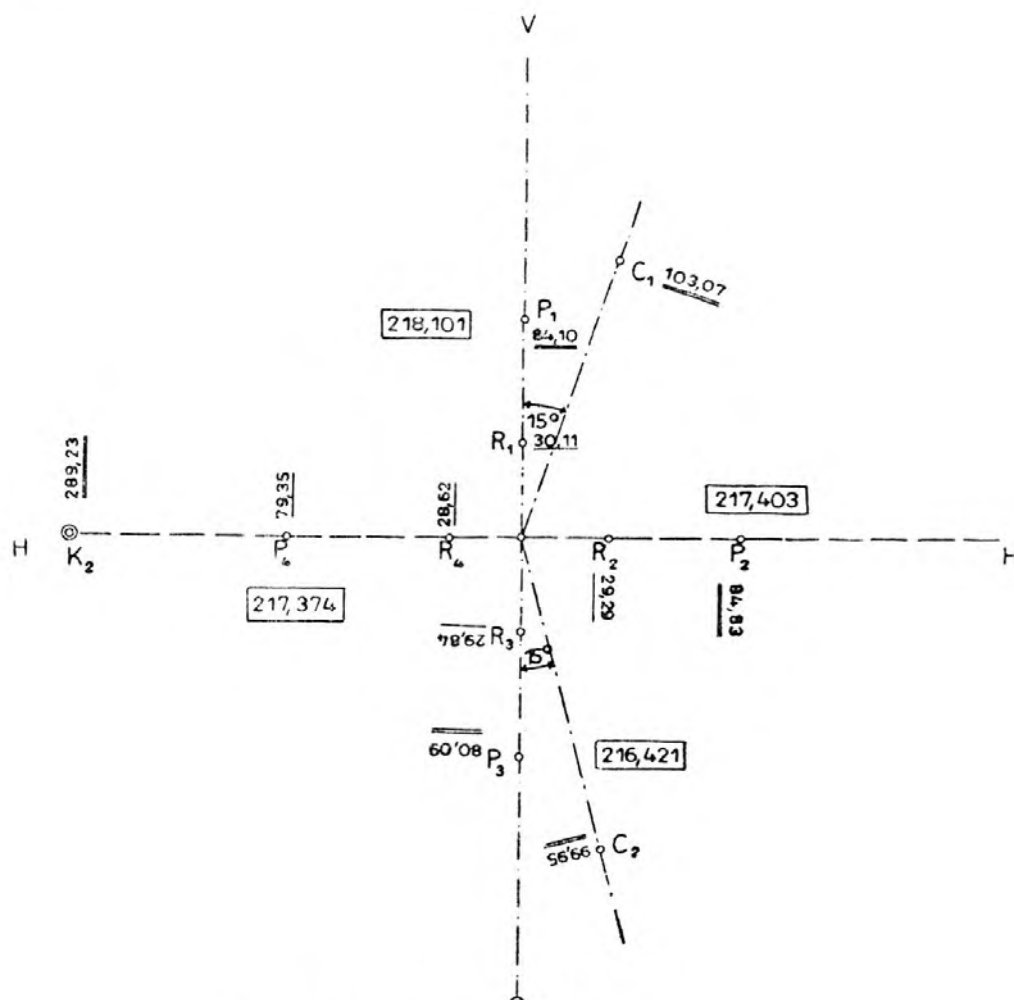
Punkt główny, określający przebieg głównej osi pionowej budowli należy wytyczyć w zasadzie metodą przecięć z siatki realizacyjnej zakładu. Nawiązując do siatki realizacyjnej zakładu wytyczyć należy przebieg jednej z głównych osi poziomych budowli. W przypadku braku siatki realizacyjnej

przy tyczeniu opierać należy się na zrealizowanych już obiektach, funkcjonalnie powiązanych z budowlą wieżową. Na ogół budowle wieżowe włączane są w układ funkcjonalny zakładu za pośrednictwem elementów elastycznych (rurociągi, kanały), stąd nie celowym jest żądanie przesadnej dokładności zewnętrznej przy realizacji punktu głównego i kierunku.

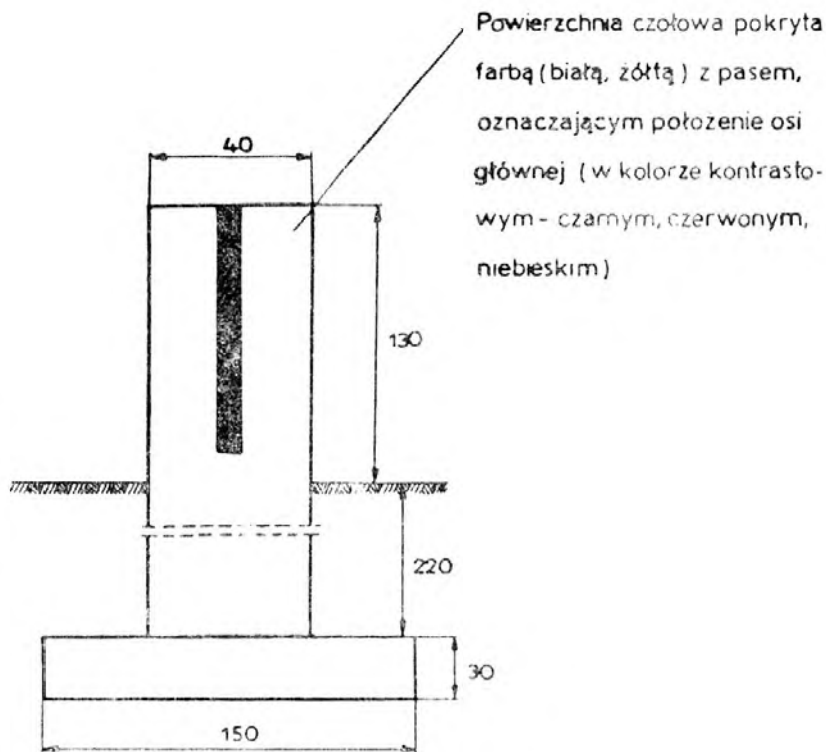
Punkt główny centralny budowli zastabilizować należy za pomocą pala drewnianego długości około 80 cm i średnicy około 10 cm, zaznaczając położenie punktu gwoździem. Tyczenie pozostałych punktów głównych budowli przeprowadzać należy z tak wytyczonego punktu z zachowaniem wewnętrznej dokładności tyczenia. Wraz z punktami głównymi wytyczeniu podlegają punkty robocze i punkty kierunkowe, które tworzą łącznie osnowę realizacyjną budowli.

W szczególności wytyczyć i zastabilizować należy:

- punkty podstawowe osi głównych budowli w orientacyjnej odległości 60—80 m od zewnętrznego obrysu fundamentu,
- punkty osi takich elementów jak: rurociąg dopływowy i odpływowy, drabiny włazowe, otwory czopuchowe, duże otwory komunikacyjne, osie obiektów współdziałających (budynki maszynowni, pompowni, studnie odpływowe itd.) stabilizuje się podobnie jak punkty wymienione wyżej,
- punkty robocze leżące na tych samych osiach, lecz usytuowane w miarę potrzeby w odległości ok. 5 m od krawędzi przyszłych robót ziemnych i służące do przenoszenia kierunku i wysokości na dno wykopu,
- punkty kierunkowe na osiach głównych, w odległościach orientacyjnych 120—450 m od centra budowli.



Rys. 1. Szkic rozmieszczenia punktów głównych



Rys. 2. Punkt kierunkowy

Punkty te w okresach początkowych zabezpieczać mają sieć realizacyjną przed zniszczeniem i służyć do jej ewentualnej rekonstrukcji, a w okresie późniejszym służą do przenoszenia kierunku na poszczególne poziomy robocze (szczególnie w przypadku wysokich kominów) i wyznaczania wychyleń budowli od pionu.

Przewidując ewentualność utracenia w trakcie trwania budowli widoczności pomiędzy punktami danej osi należy pomierzyć na tych punktach kąty pomiędzy osią a kierunkami na trwałe, widoczne obiekty. Celowym jest również pomiar taki wykonać na punkcie głównym centralnym.

Punkty podstawowe i robocze stabilizować należy znakami typu 1 i 2 lub 3 (w zależności od warunków gruntowych). Na górnej powierzchni słupów znajdować się winna głowica i reper. Położenie punktu oznaczyć punktakiem.

Punkty kierunkowe wykonać należy w postaci słupów żelbetowych  $40 \times 40$  cm lub  $\varnothing 30$  cm, przy czym w przypadku słupów o podstawie kwadratu jedna ze ścian zwrócona być winna w stronę wznoszonej budowli. Część nadziemna słupa winna mieć wysokość 130 cm, a podziemna 230 cm na fundamencie minimum  $100 \times 100 \times 50$  cm. Powierzchnia czołowa słupa winna być wyprawiona i na jej gładkiej powierzchni oznaczony farbą przebieg osi głównej. Przebieg osi winien być również oznaczony na powierzchni górnej słupa, wyprawionej, zaopatrzonej w głowicę lub wyposażonej w urządzenie centrujące.

Na rys. 1 przedstawiono typową sieć realizacyjną wysokiego kominu, a na rys. 2 widok punktu kierunkowego.

Wszystkie punkty realizacyjnej sieci budowli połączyć należy ciągiem niwelacyjnym dla określenia ich rzędnych. Nawiązanie do sieci niwelacyjnej zakładu ma na celu wyznaczenie poziomu zera budowlanego obiektu.

Wzajemne powiązanie wysokościowe punktów sieci realizacyjnej oraz tyczenie wysokościowe odbywać się winno z zachowaniem wewnętrznej dokładności i przy operowaniu rzędnymi w odniesieniu do przyjętego poziomu zera budowlanego. Po wytyczeniu i zastabilizowaniu punktów sieci realizacyjnej wykonać należy pomiary kontrolne i sporządzić szkic sieci zawierający wszystkie dane, niezbędne w pracach realizacyjnych.

## 2. TYCZENIE SZCZEGÓLÓW (OBSŁUGA GEODEZYJNA PRAC BUDOWLANO-MONTAŻOWYCH)

### 2.1. Geodezyjna obsługa robót ziemnych i przygotowawczych

Obrys robót ziemnych wytyczyć należy z punktu głównego centralnego i oznakować palikami. Mechaniczne głębenie doprowadzić należy do głębokości około 20 cm ponad ostateczną rzędną wykopu. Następnie dno wykopu uzbroić należy przeniesionym punktem centralnym, zastabilizowanym słupem betonowym z głowicą. Wysokość słupa należy tak dobrać, by jego górna warstwa przewyższała o 2—3 cm rzędną górnej powierzchni podsypki lub chudego betonu z warstwą wyrównawczą i izolacyjną. Z punktu tego wytyczyć należy sieć punktów pomocniczych, które służą do:

- a) wyznaczania poziomu robót ziemnych i wyrównawczych,
- b) wyznaczania poziomu podsypki lub chudego betonu,
- c) wskazania miejsc dokonywania wysokościowego odbioru robót ziemnych i chudego betonu.

Punkty te należy stabilizować prętami stalowymi  $\varnothing$  20—25 mm o długości równej grubości warstwy chudego betonu lub podsypki plus 30—40 cm. Pręt należy pokryć farbą jaskrawej barwy na odcinku, odpowiadającym grubości warstwy chudego betonu lub podsypki. Pręty wbijać należy pod kontrolą wysokościową tak, by ich górne zakończenie znalazło się na rzędnej górnej powierzchni warstwy chudego betonu lub podsypki. Dolna krawędź zamalowanego odcinka każdego z prętów wskazuje wówczas poziom dna wykopu, który osiągnąć należy przez ręczne wybranie pozostałych mas gruntu.

### 2.2. Geodezyjna obsługa fundamentu i podbudowy

Tyczenie elementów, których położenie wymaga oznakowania na górnej powierzchni warstwy chudego betonu prowadzić należy natychmiast po wstępnym związaniu mieszanki betonowej. Punkty stabilizować należy gwoździami wbijanymi w chudy beton.

Najczęściej wytyczaniu podlegają:

- a) obrysy fundamentu,
- b) szczeliny dylatacyjne płyty fundamentowej (chłodnie),
- c) marki pod fundamenty słupów zraszalnika (chłodnie),
- d) repery badane niwelacyjnej sieci kontrolnej.

Tyczenie prowadzić należy w zasadzie wyłącznie metodą biegunową z punktu głównego centralnego.

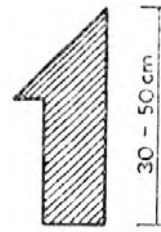
Przy prowadzeniu prac realizacyjnych dla wykonania podbudowy zaleca się stosowanie stanowiska podwyższonego, wzniesionego nad punktem głównym centralnym. Konieczne jest stosowanie dynamometrycznego naciągu taśmy i wprowadzenie poprawek za zwis i ewentualnie niepoziomość taśmy. Wszystkie osie, które będą wykorzystywane w dalszych pracach budowlano-montażowych należy nanieść na ścianę podbudowy. Podobnie postąpić należy z niezbędnymi dla dalszych prac rzędnymi. Zaleca się stosowanie oznaczeń zilustrowanych na rys. 3.

### 2.3. Geodezyjna obsługa trzonu (płaszcza)

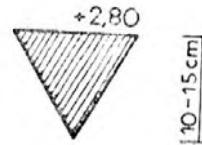
Prace geodezyjne przy obsłudze wznoszenia części wysokościowej budowli wieżowej obejmują:

- przenoszenie punktów głównych na poziom roboczy,
- pomiary kontrolne i bieżące pomiary odbiorcze,
- realizację krzywizny,
- przenoszenie osi głównych na poziom roboczy,
- tyczenie otworów, elementów osprzętu i innych,
- kontrolę urządzeń,
- pomiary odbiorcze powykonawcze,
- prace wewnętrzne i wyposażeniowe.

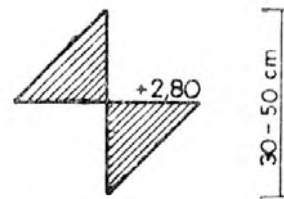
oznakowanie osi



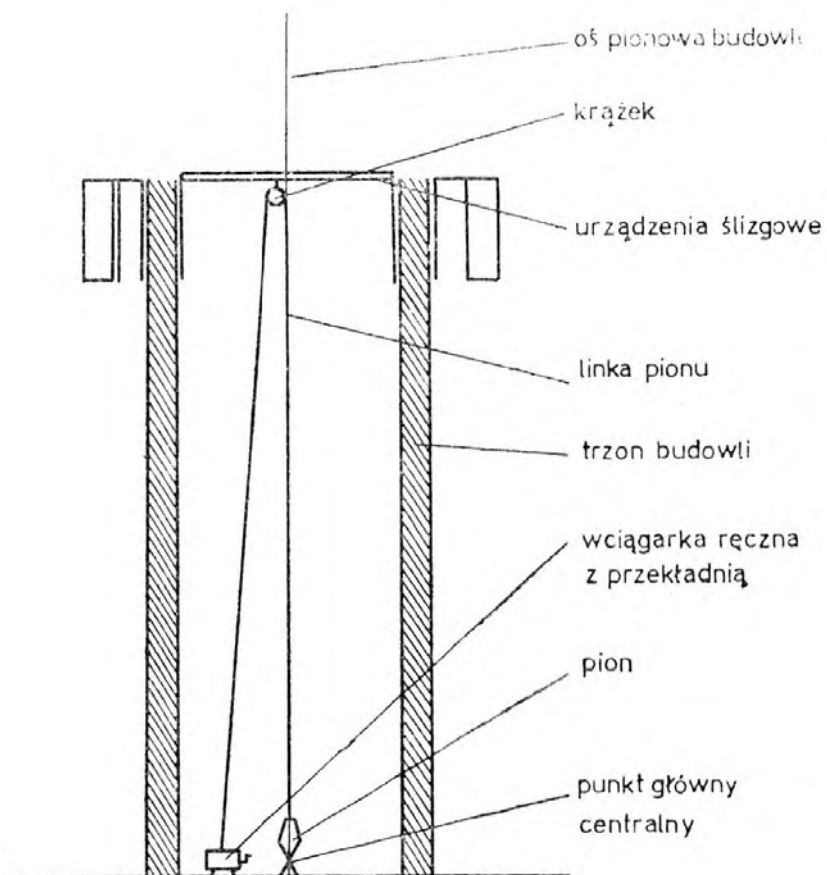
oznakowanie wysokości



oznakowanie osi i wysokości



Rys. 3. Oznakowanie położenia osi

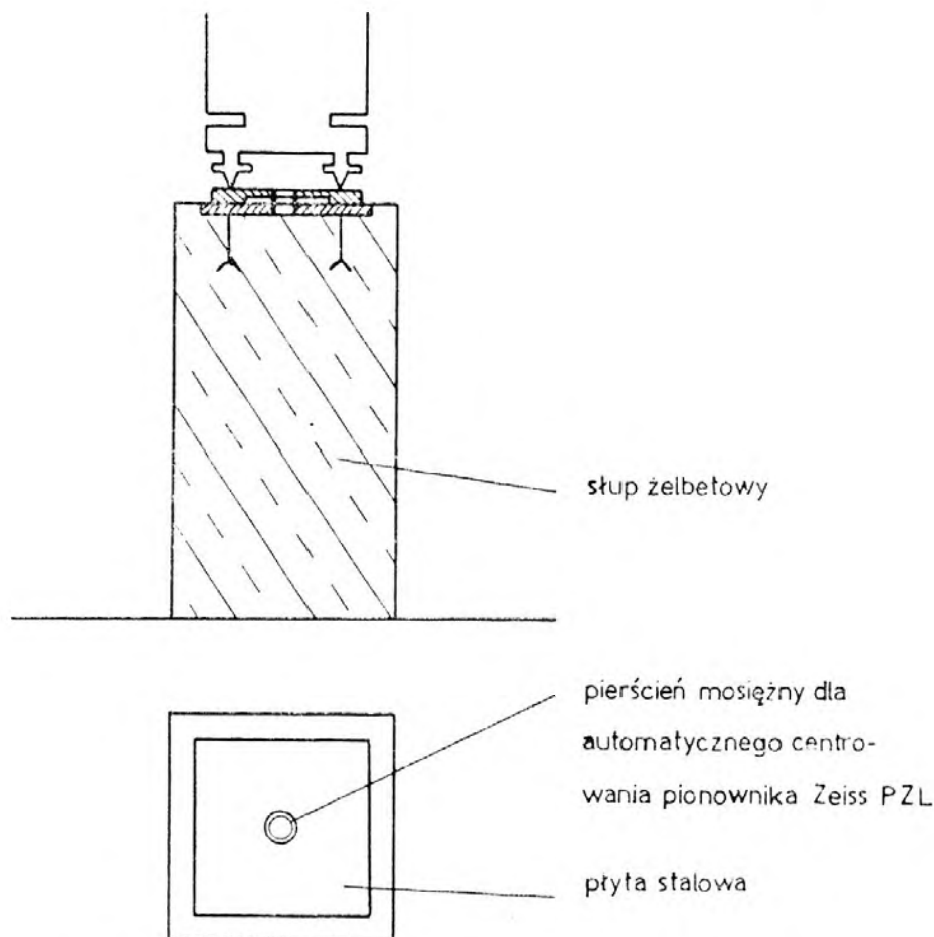


Rys. 4. Schemat pionowania mechanicznego

2.3.1. Przenoszenia punktów głównych na poziomy robocze (pionowania) dokonywać należy za pomocą pionownika optycznego lub pionu mechanicznego. Pion mechaniczny stosować można wyłącznie dla niskich obiektów o stałym przekroju poprzecznym, wznoszonych technologią ślizgową. Z uwagi na dokładność i bezpieczeństwo pracy stosować należy system, polegający na umieszczeniu bębna z zapasem linki pionu na poziomie fundamentu. Linkę należy przeprowadzić przez krążek, zamocowany w osi deskowania ślizgowego. Dzięki temu regulacji długości linki dokonuje obsługa pionu na fundamencie budowli. Schemat sposobu zawieszenia pionu pokazuje rys. 4.

Dla budowli o przekroju zmiennym stosować należy wyłącznie pionowniki optyczne, centrowane automatycznie na punkcie głównym centralnym.

Przykład automatycznego centrowania pionowników pokazano na rys. 5.



**Rys. 5. Automatyczne centrowanie pionownika optycznego**

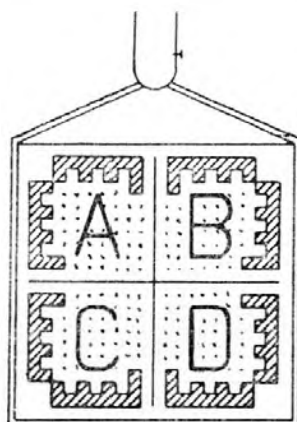
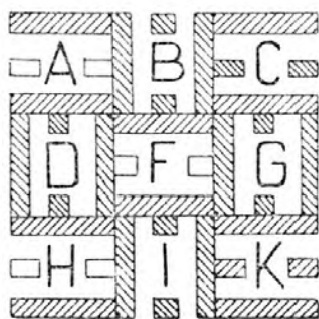
Pionowanie jest zabiegiem technicznym, mającym na celu wskazanie najprawdopodobniejszego przebiegu osi głównej budowli na dowolnej wysokości roboczej. Ze względu na wpływy zewnętrzne oraz błędy wykonawstwa oś ta odbiega od kształtu linii prostej pionowej i znajduje się przy tym w nieustannym ruchu.

W zależności od rodzaju obiektu, technologii wznoszenia i panujących aktualnie warunków pogodowych (słońce, wiatr) stosować należy jeden z trzech sposobów pionowania:

● **Pionowanie bezpośrednie**

Starannie spoziomowanym pionownikiem ustawionym na punkcie centralnym dokonuje się wtyczenia spodarki wieżowej, zamocowanej do konstrukcji. Ten sposób postępowania stosuje się w przypadku, gdy istnieje duże prawdopodobieństwo iż oś główna pokrywa się z osią celową pionownika. Zaleca się stosowanie do pionowania bezpośredniego tarcz, których schemat przedstawiono na rys. 6.





Rys. 6. Tarcze celownicze do pionowania optycznego

Pierwsza konstrukcja przewiduje naprowadzenie na odczyt wykonany za pośrednictwem pionownika — tulei, materializującej położenie punktu. Druga konstrukcja, z nawierconymi w odstępach 5 mm otworkami przygotowana jest do zawieszenia pionu sznurkowego w otworze, najbliższym odczytowi.

● Pionowanie pośrednie

Pionowanie pośrednie przeprowadzać należy wówczas, gdy nie jest spełniony warunek wymieniony wyżej. Celem pionowania pośredniego jest wprowadzenie takich poprawek do rezultatów pionowania bezpośredniego, by wskazać najprawdopodobniejszy przebieg osi budowli na danym poziomie roboczym. O konieczności stosowania poprawek do wyników pionowania bezpośredniego decyduje analiza wykresu wielkości wpływu nasłonecznienia i wiatru (z metryki budowli).

Na średni błąd realizacji trzonu określony na:

$$m_{t_{max}} < |\pm 0,6\sqrt{h}| \text{ [cm]}$$

składają się:

- błędy pionowania (przy pionowaniu optycznym błędy instrumentalne wraz z błędem centrowania),
- błędy wywołane ugięciem trzonu wskutek działania wpływów zewnętrznych,
- błędy realizacji krzywizny,
- błędy wykonawstwa budowlanego.

W miarę wzrostu wysokości obiektu decydujący wpływ na dokładność realizacji ma ugięcie trzonu, wywołane wpływem warunków zewnętrznych. Przyjąć należy, iż obciążenie dokładnościowe z tego powodu wynosi 80% całości błędu. Jeżeli pionowanie odbywa się w warunkach, w których występuje ugięcie trzonu — do wyników pionowania bezpośredniego wprowadzać należy poprawkę wówczas, jeżeli jej wielkość  $d_p$  jest większa od 80%  $m_{t_{max}}$

$$d_p > 0,8 m_{t_{max}}$$

to znaczy

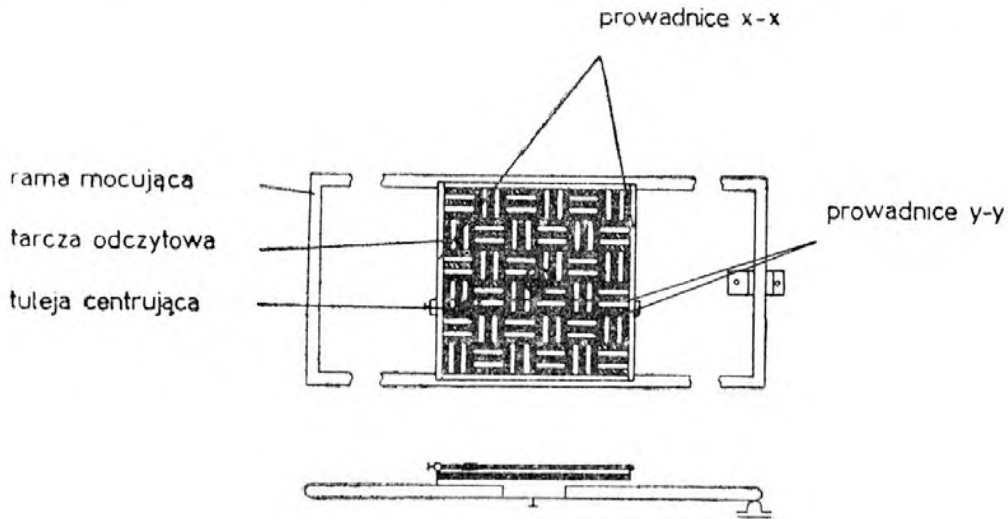
$$d_p > 0,5\sqrt{h_i}$$

gdzie:

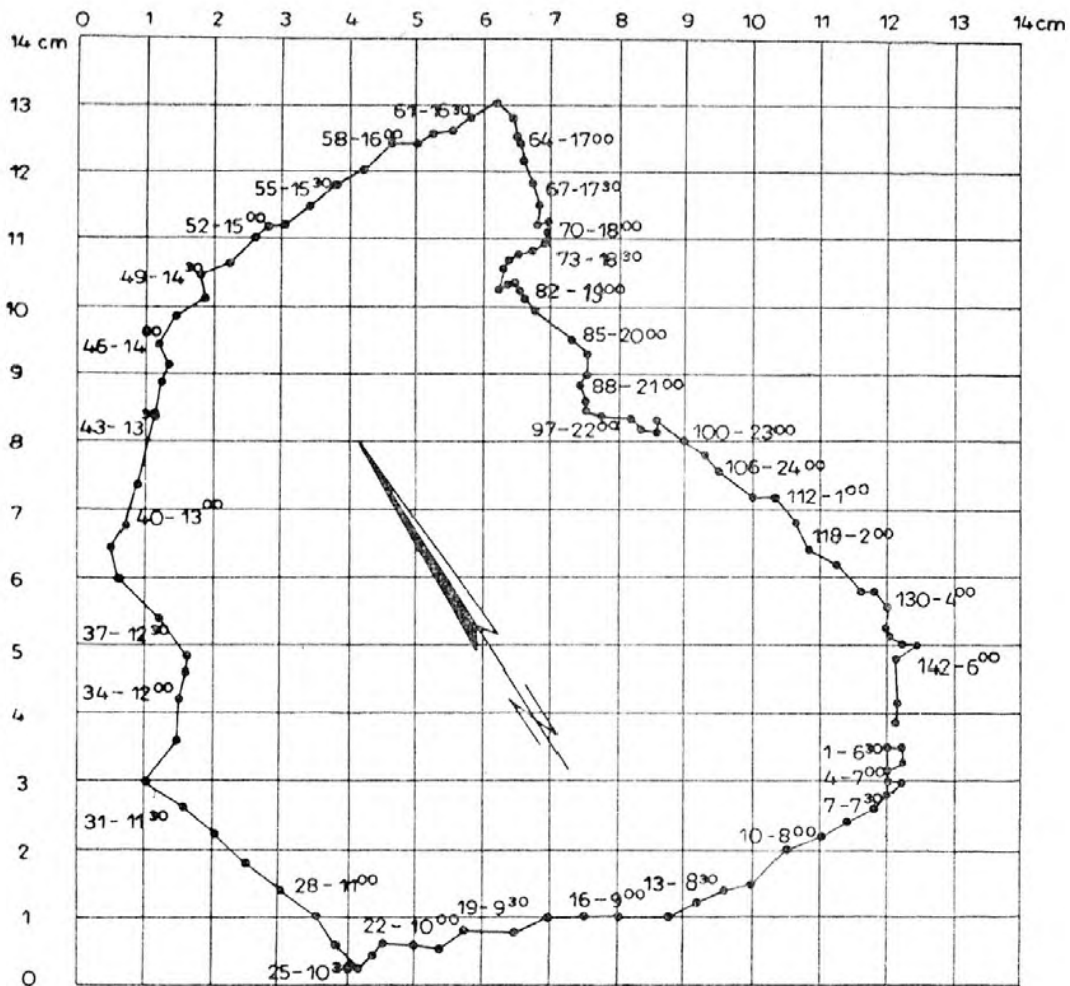
$h_l$  — wysokość robocza [m]

$d_p$  — [cm]

Oceny w tym zakresie dokonywać można na podstawie metryki budowli; wielkość i kierunek poprawki muszą być określone na podstawie wyników bezpośrednich pomiarów. Przy pionowaniu pośrednim konieczne jest stosowanie tarczy odczytowej, której przykładowy schemat przedstawia rys. 7.



Rys. 7. Schemat tarczy odczytowej

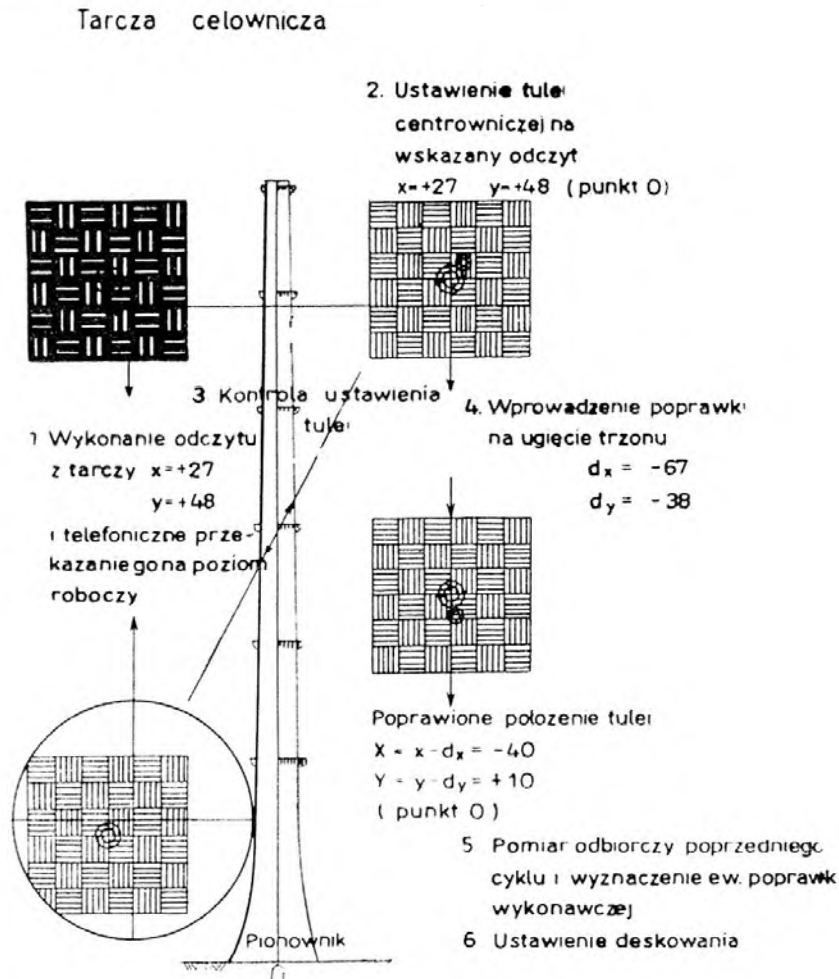


Rys. 8. Wykres dobowej wędrówki komina

Tarcza mocowana jest na poziomie roboczym wewnątrz wieży. W odstępach co najmniej pół godzinnych wykonywać należy odczyty z tarczy, posługując się pionownikiem ustawionym nad punktem głównym centralnym na poziomie fundamentu budowli. Pomiar rozpocząć należy tuż przed wschodem słońca.

Przykładowy wykres dobowej wędrowki wierzchołka komina przedstawia rys. 8. Z wykresu tego sporządzonego w układzie osi systemu odczytowego tarczy odczytać można wielkość i kierunek strzałki ugięcia trzonu o dowolnej porze  $t_I$  i wprowadzić właściwą poprawkę do wyników pionowania bezpośredniego.

Pierwszą operacją wykonywaną na podstawie rezultatów pionowania jest odbiór wykonanego cyklu, co szczegółowo ujmuje punkt następny. W tym miejscu pomiar odbiorczy traktować należy jako konfrontację położenia punktu przeniesionego w rezultacie pionowania pośredniego z punktem osi zrealizowanego cyklu. Jeżeli pionowanie dla cyklu  $n-1$  oraz  $n$  było prawidłowe — różnica tych punktów winna mieścić się w granicach błędów realizacji krzywizny i błędów wykonawstwa tj. ok. 3 cm. Dla uzyskania płynności przejścia pomiędzy cyklami należy wyniki pionowania poprawić o wielkość 0,5 różnicy położenia osi cyklu  $n-1$  i  $n$ , wyznaczonej pomiarem odbiorczym. Przedstawione tu postępowanie stosować należy przy obsłudze budowli wznoszonych technologią przestawną z wieżą w punkcie głównym centralnym. Schemat centrowania pośredniego przedstawia rys. 9.



Rys. 9. Schemat pionowania pośredniego

● Pionowanie mechaniczne

Pionowanie mechaniczne opisano w punkcie 2.3.1.

2.3.2. Pomiary odbiorcze. Jak powiedziano wyżej — pierwszą operacją, wykonywaną po prze-

przewodzeniu pionowania jest odbiór wykonanego cyklu. Celem pomiaru odbiorczego jest dokonanie inwentaryzacji utrwalonego kształtu przekroju poprzecznego budowli. Sposób przeprowadzania pomiaru odbiorczego uzależniony jest ściśle od technologii wznoszenia budowli.

● Pomiar z punktu głównego centralnego.

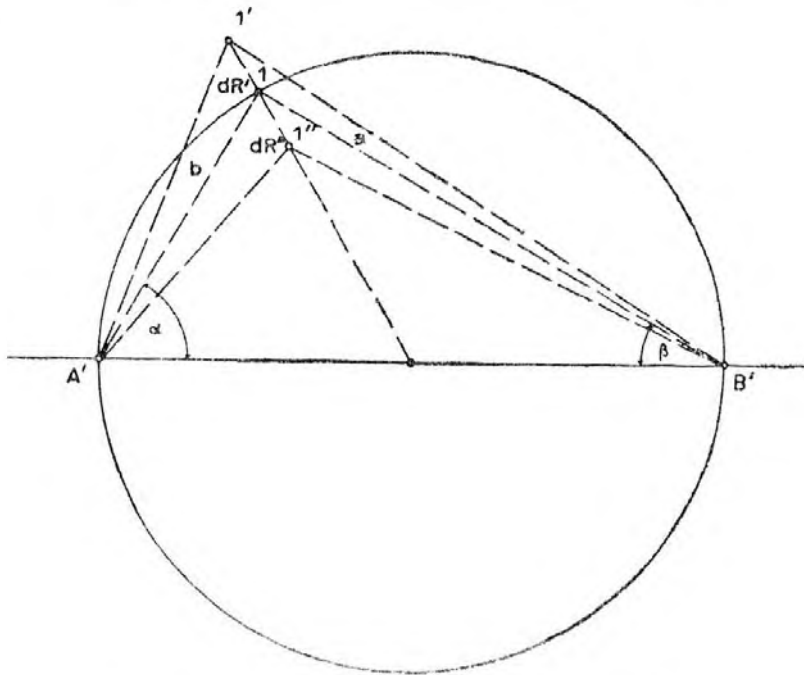
W przypadku, kiedy wieża rusztowania umożliwia stopniowe przenoszenie punktu głównego centralnego budowli — pomiar odbiorczego dokonuje się metodą bezpośrednią poprzez pomiar odległości pomiędzy punktami obwodu a przeniesionym punktem głównym centralnym na każdy z kolejnych poziomów roboczych. Pomiar wykonuje się skomparowaną ruletką stalową.

● Pomiar z punktu głównego położonego mimośrodowo (z wieży przysięciennej)

W przypadku niedostępności punktu głównego centralnego stosować należy metodę biegunową. W tym celu wyznaczyć należy dla każdego cyklu (za pomocą maszyny matematycznej) zespół współrzędnych biegunowych dla wszystkich punktów, podlegających odbiorowi. Pomiar odbiorczy polega na wytyczeniu teodolitem i zasygnalizowaniu kierunków do wszystkich punktów podlegających odbiorowi i pomiarze odcinków cięciw bądź ruletką, bądź dalmierzem. Oś główna układu, pokrywająca się ze średnicą obrysu budowli zasygnalizowana jest na wewnętrznej powierzchni ściany budowli i w miarę potrzeby przenoszona i sygnalizowana wyżej.

● Pomiar z obwodu

W przypadku braku jakiegokolwiek możliwości przenoszenia punktu głównego w wieży rusztowania stosować należy metodę przecięć kątowych, której schemat przedstawia rys. 10.



Rys. 10. Schemat metody przecięć kątowych

Punkty główne „A” i „B” realizowane są przed każdym kolejnym pomiarem odbiorczym na dnie basenu chłodni i przenoszone na poziom roboczy za pomocą pionownika. W punktach „A” i „B” ustawia się następnie teodolity i mierzy jednocześnie kąty  $\alpha$  i  $\beta$ , celując kolejno do wszystkich odbieranych punktów. Z warunku

$$\alpha_i + \beta_i = 90^\circ$$

wyznaczamy kierunek przemieszczenia odbieranego punktu.

$$\alpha_i + \beta_i < 90^\circ$$

przemieszczenie do wewnątrz obwodu.

$$\alpha_t + \beta_t > 90^\circ$$

przemieszczenie na zewnątrz obwodu.

Wielkość przemieszczenia wyznacza wzór:

$$\Delta R = \Delta \gamma \cdot R \cdot \sin 2a$$

gdzie:

$$\Delta \gamma = 90^\circ - (a + \beta)$$

(Patrz nomogram rys. 38).

2.3.3. Realizacja krzywizny. Sposób realizacji krzywizny przekroju poprzecznego budowli zależy od jej rozmiarów i przyjętej wysokości szalunku, a także od możliwości przenoszenia punktów głównych na poziomy robocze.

● Tyczenie z punktu głównego centralnego

Ten sposób stosować należy przy budowie zbieżnych wież i kominów gdzie szalunek posiada wysokość 2,5 m lub 3 metry. Tyczenie odbywa się poprzez bezpośrednie odkładanie ruletką projektowego promienia z punktu głównego centralnego, przeniesionego na poziom roboczy.

Realizacja promienia polega na takim ustawieniu zewnętrznych blach szalunkowych, by przybrały one projektową krzywiznę. Promień zrealizować należy we wszystkich tych punktach, w których płyty szalunku zawieszono są na urządzeniach przesuwnych.

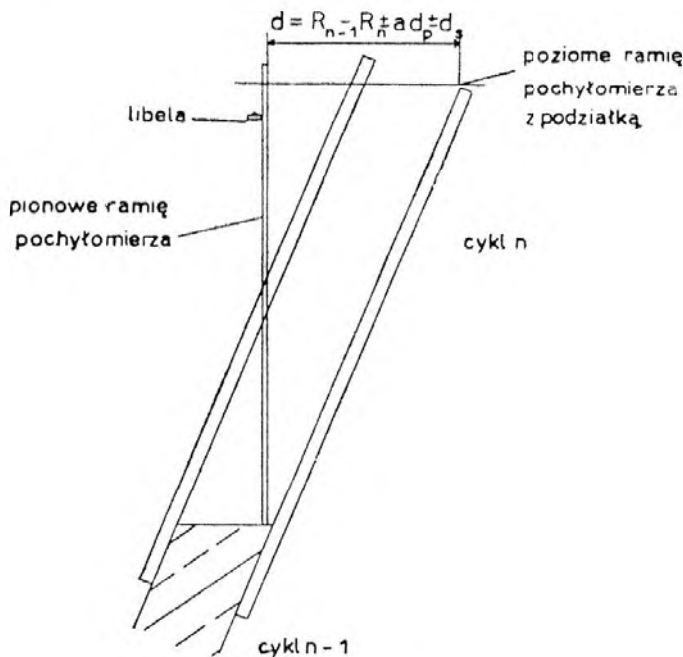
Przy realizowaniu zbieżności

$$p > 3\%$$

ustawienie blach wykonywać należy dwukrotnie (ustawienie główne i korekcyjne). Przy ustawieniu blach szalunkowych stosować należy jeden kierunek obrotu śrub przesuwnych (ruch ciągnący) w celu uzyskania jednakowego napięcia uchwytów. W przypadku zbyt dużego przesunięcia należy wypchnąć uchwyt na zewnątrz o 3—4 cm i ponownie ustawić go ruchem ciągnącym na właściwy promień.

● Tyczenie krzywizny w oparciu o wykonany fragment ściany

Ten sposób stosować należy przy obsłudze chłodni wznoszonych technologią przestawną. Przy tyczeniu należy posługiwać się pochyłomierzem, którego schemat konstrukcyjny i sposób pracy przedstawia rys. 11.



Rys. 11. Schemat pracy pochyłomierza

Istotą zastosowania pochyłomierza jest zastąpienie odkładania kilkudziesięciometrowych promieni krzywizny decymetrowymi różnicami ich długości w sąsiednich cyklach. Sposób postępowania jest następujący: pochyłomierz ustawić należy w tych samych miejscach, w których wykonano pomiar odbiorczy. Stopkę pochyłomierza ustawić na krawędzi zabetonowanego odcinka ściany, a pochyłomierz spoziomować. Blachę deskowania ustawić następnie na odległości  $d$ , odczytując ją wprost na podziałce pochyłomierza.

$$d = R_{n-1} - R_n \pm adp \pm ds$$

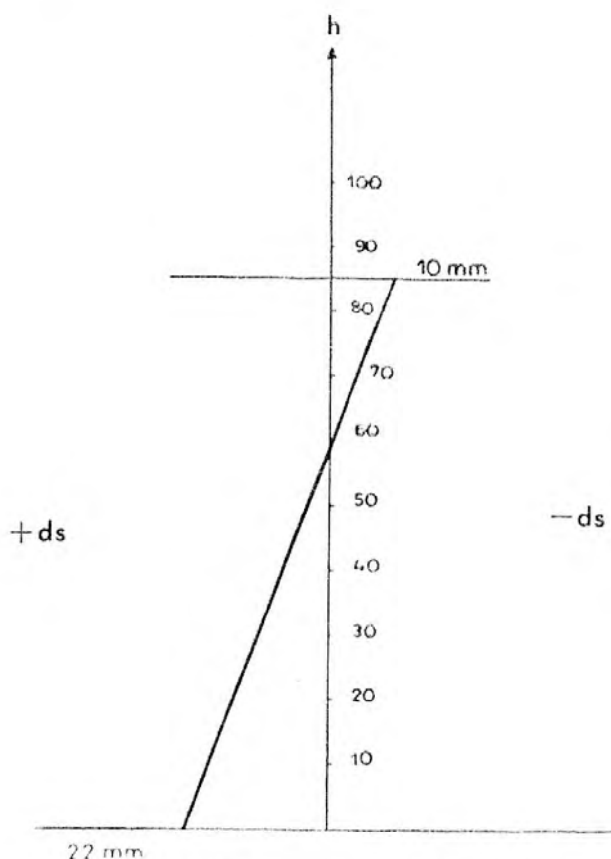
gdzie:

$R_{n-1}$  — promień cyklu wykonanego,

$R_n$  — promień cyklu realizowanego,

$adp$  — odchyłka wyznaczona pomiarem odbiorczym, składająca się z błędów przeniesienia punktu głównego, błędów wywołanych czynnikami zewnętrznymi i błędów wykonawstwa. Jeżeli jej wielkość nie przekracza 3 cm, rozdzielić ją należy na dwa cykle ( $a = 0,5$ ) w przeciwnym przypadku na trzy lub cztery cykle ( $a = 0,33$  lub  $a = 0,25$ )

$ds$  — poprawka na ugięcie rusztowań, którą należy wyznaczyć empirycznie dla danego typu rusztowania i wznoszonego obiektu. Rozkład i wielkość tej poprawki dla chłodni  $h = 90$  m pokazano na rys. 12.



Rys. 12. Poprawki promienia, eliminujące wpływ odkształcalności deskowania chłodni

Przy wznoszeniu budowli o dużej zmienności krzywizny w płaszczyźnie poziomej i pionowej konieczna jest również kontrola wysokościowa wznoszenia. W przypadku chłodni hiperboloidalnych kontrolę wysokości przeprowadzać należy po osiągnięciu pierwszego cyklu o zbieżności 0%. Pomiar wysokości przeprowadzić należy trygonometrycznie z błędem średnim

$$m_H = \pm 50 \text{ mm}$$

Na podstawie tego pomiaru ustalić należy wielkość nadwyżki lub niedoboru wysokości cyklu w stosunku do projektu. Powstałą wielkość rozdzielić należy proporcjonalnie na pozostałe do wykonania cykle i wprowadzić odpowiednie korekty do promienia projektowego.

Przy wznoszeniu wież i kominów technologią deskowania przestawnego rzędną przenieść należy w miarę postępu robót budowlanych wewnątrz wieży, stosując odmierzenie ruletką i zaznaczanie farbą końca równych odcinków 10—15 m. Elementem kontrolnym jest odczyt nitki dalmierczych pionownika optycznego. Przy wznoszeniu metodą ślizgową wież i kominów cylindrycznych najkorzystniej jest zawiesić taśmę lub ruletkę na urządzeniu ślizgowym wewnątrz budowli i przeprowadzić kontrolę wysokości metodą domierzania bezpośredniego. Przy wyższych obiektach stosować należy pomiar trygonometryczny lub pomiar bezpośredni dalmierzem elektrooptycznym.

2.3.4. Przenoszenia osi głównych na poziom roboczy. Znajomość przebiegu osi głównych budowli na poziomie roboczym niezbędna jest dla wyznaczenia położenia otworów i elementów osprzętu.

Przenoszenia osi głównych dokonywać należy w zależności od wysokości obiektu i ilości występujących szczegółów metodą zewnętrzną lub wewnętrzną, różniącymi się od siebie miejscem ustawienia instrumentu.

● **Metoda zewnętrzna**

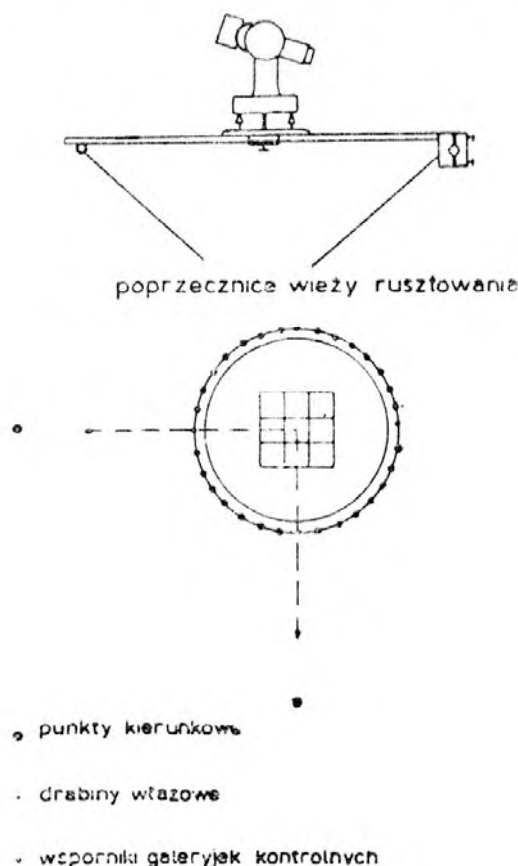
Wyznaczanie przebiegu osi na poziomie roboczym odbywa się za pomocą instrumentu ustawionego na poziomie terenu nad punktem osi głównej zastabilizowanym w odległości co najmniej  $D = 1,5 h$

gdzie:  $h$  — wysokość obiektu.

Ten sposób postępowania stosować należy przy niskich budowlach.

● **Metoda wewnętrzna**

Wyznaczanie przebiegu osi na poziomie roboczym odbywa się za pomocą instrumentu ustawionego wewnątrz wieży na przeniesionym punkcie głównym centralnym. Teodolit ustawić należy na specjalnej spodarce wieżowej, której schemat przedstawia rys. 13 i wycelować go na punkt kierunkowy, zabudowany słupem obserwacyjnym. Przebieg osi zaznaczyć należy gwoździem wbitym w górną krawędź szalunku zewnętrznego.



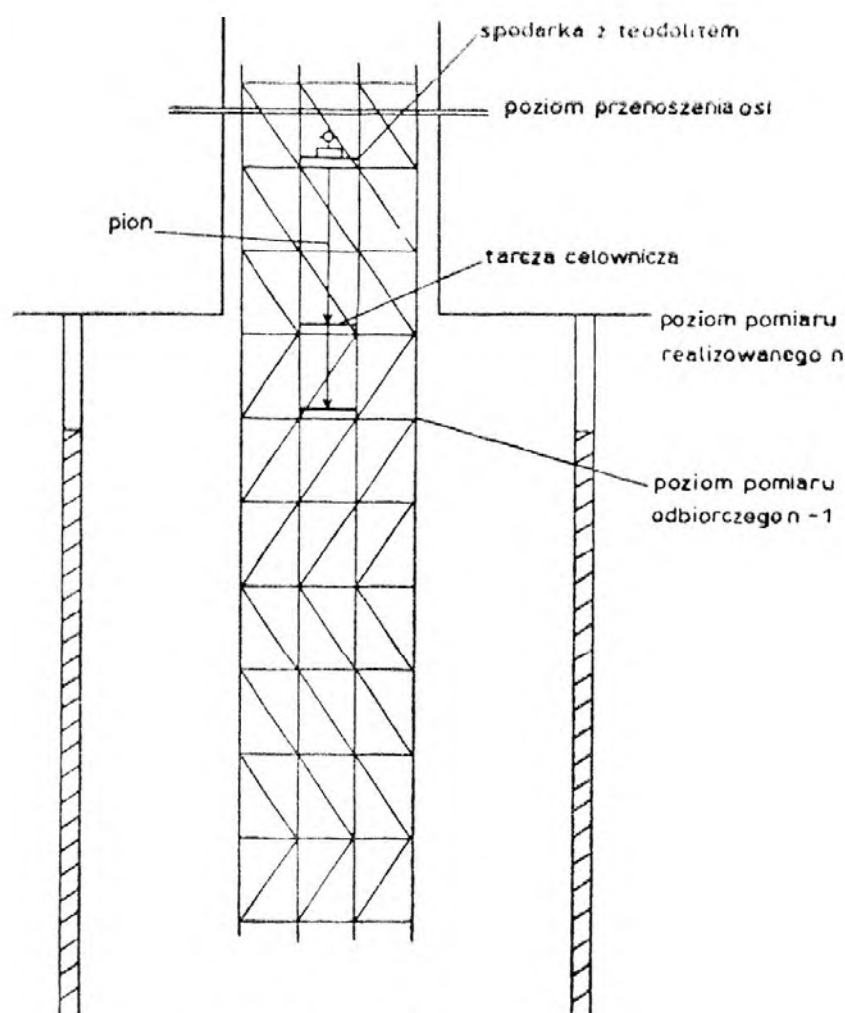
Rys. 13. Spodarka wieżowa

Ten sposób postępowania stosować należy głównie przy budowie wysokich kominów i wież.  
Opisane tutaj zabiegi:

- pionowanie,
  - pomiary odbiorcze,
  - realizacja krzywizny,
  - przenoszenie osi głównych na poziom roboczy
- stanowią zwartą operację techniczną, towarzyszącą każdemu kolejnemu cyklowi wznoszenia budowli.

Kolejność czynności przedstawia się następująco:

- wieże, kominy (rys. 14)
- a) przeniesienie punktu centralnego na wysokość  $n$  metodą pośrednią lub bezpośrednią,
- b) pomiar odbiorczy cyklu  $n-1$
- c) wprowadzenie poprawki do położenia punktu centralnego na wysokości  $n$  (w wyniku pomiarów odbiorczych cyklu  $n-1$ ),
- d) realizacja krzywizny,
- e) przenoszenie osi głównych



Rys. 14. Schemat realizacji wznoszenia

— chłodnie

- a) przeniesienie punktu głównego (punktów głównych) na poziom  $n-1$ ,
- b) pomiar odbiorczy cyklu  $n-1$ ,
- c) przeniesienie osi głównych,
- d) ustalenie wielkości  $d_i$  dla poszczególnych punktów odbioru i tyczenia,
- e) realizacja krzywizny za pomocą pochyłomierza.



Przy wznoszeniu budowli technologią ślizgową zapewnić należy systematyczną kontrolę prawidłowości pracy urządzenia. Kontrolą objąć należy:

- a) pionowość ruchu postępowego urządzenia,
- b) stałość orientacji urządzenia (ewentualność skrętu),
- c) geometrię przekroju poziomego deskowania (promień krzywizny).

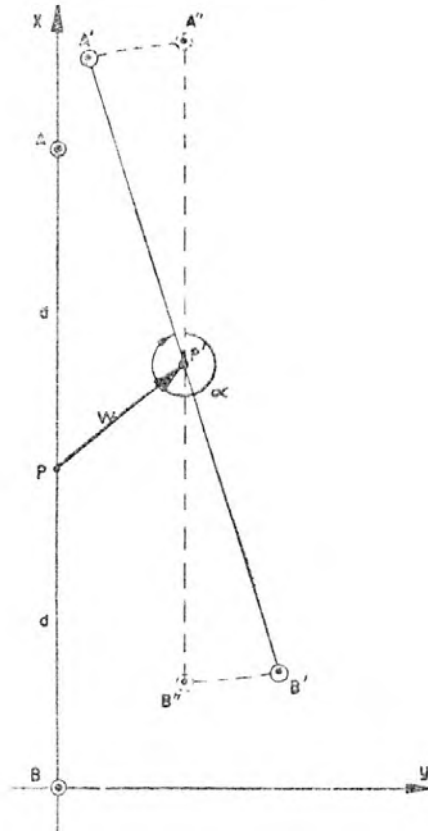
Zwrócić należy przy tym uwagę na fakt, że oś główna komina jest dla pionowania niedostępna i w związku z tym, dla zapewnienia kontroli pracy ślizgu stosuje się pionowanie dwupunktowe.

Punkty  $A$  i  $B$  osadza się na fundamencie budowli, gdzie stanowią stanowiska centrowników i wraz z tarczami umieszczonymi nad tymi punktami na pomoście tworzą zespół urządzeń kontrolnych pracy ślizgu (rys. 15). O braku pionowości ruchu postępowego ślizgu świadczyć będzie zmiana położenia tarcz odczytowych, połączonych we wspólny układ współrzędnych. Składowe przemieszczenia ślizgu w przyjętym układzie kontrolnym wyniosą

$$W_y = \frac{\Delta y_A + \Delta y_B}{2} \qquad W_x = \frac{\Delta x_A + \Delta x_B}{2}$$

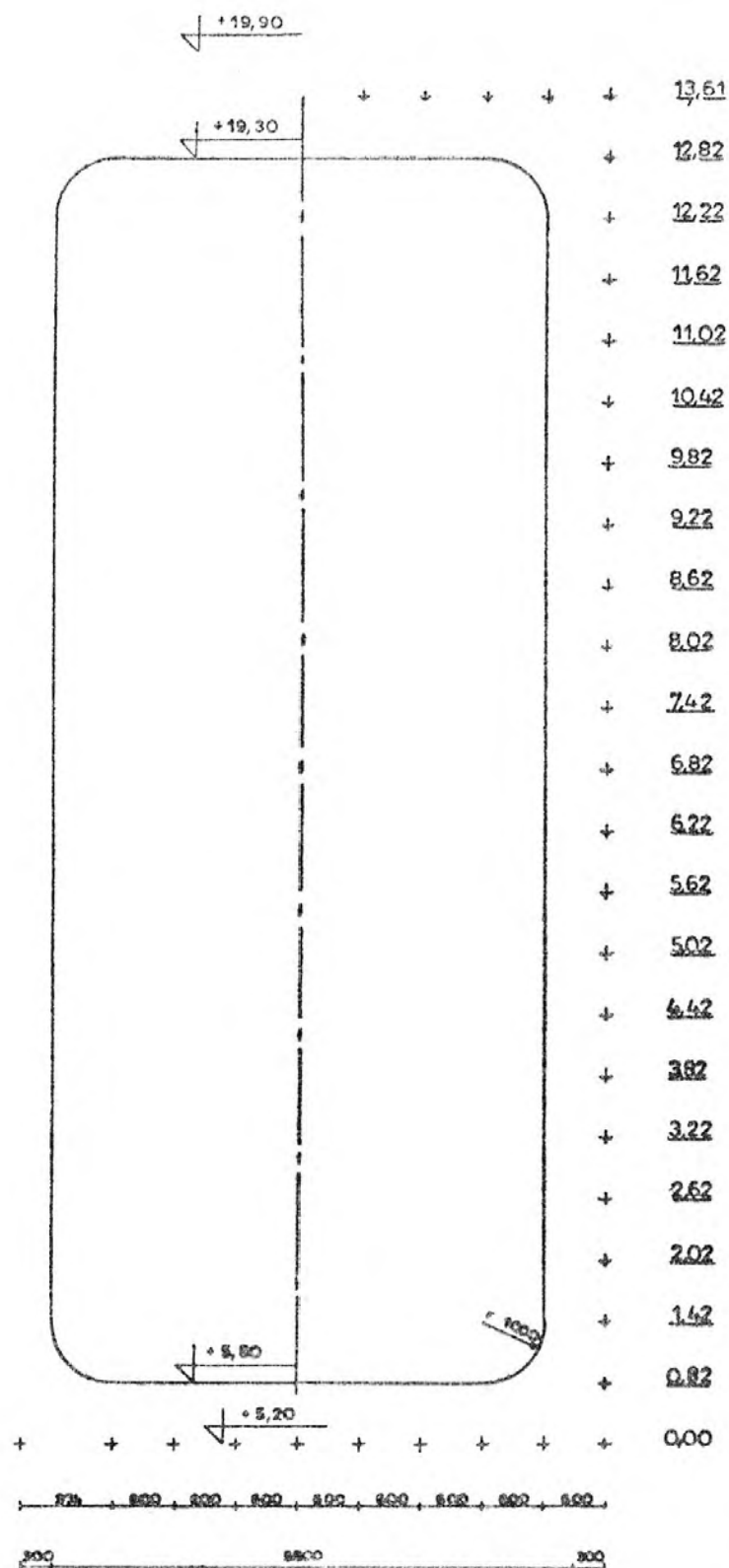
gdzie wielkości  $\Delta$  są zmianami odczytów na osiach  $x$  i  $y$  w stosunku do odczytów wyjściowych. Skręt urządzenia ślizgowego wyznacza wzór

$$\alpha = \frac{\Delta y_A - \Delta y_B}{2d} \varrho.$$



Rys. 15. System kontroli pracy ślizgu

2.3.5. Tyczenie otworów, elementów osprzętu i innych. Tyczenie tych szczegółów prowadzić należy w zasadzie wyłącznie metodą kątową po uprzednim ustawieniu blach szalunkowych. Miejsca osadzenia elementów konstrukcyjnych oznaczać należy kredą olejną wprost na blachach szalunku. Przy tyczeniu wyróżnić należy zewnętrzną i wewnętrzną dokładność realizacji, odnosząc pojęcie dokładności wewnętrznej do zespołu punktów, określających położenie jednego elementu konstrukcyjnego lub urządzenia. W tym rozumieniu dokładność wewnętrzną realizacji dostosować należy np. do zespołu punktów określających miejsca osadzenia gniazd pod galerię, lub zespołu



Rys. 16. Przykład szkicu wytyczeniowego otworu czopuchowego

punktów określających położenie obrzeży otworów czopuchowych, lub też zespołu punktów określających położenie gniazd mocujących drabiny włazowe (na całej długości drabiny) itp.

Punkty te wskazują bowiem miejsca przytwierdzenia stalowych elementów konstrukcyjnych, wykonanych z materiałów zabezpieczonych warstwą antykorozyjną, co wyklucza wszelkie dodatkowe prace spawalnicze. Dokładność realizacji musi być taka, by różnice w położeniu poszczególnych punktów mocujących mieściły się w luzach montażowych.

W związku z tym tyczenie prowadzić należy jak następuje:

- a) w oparciu o układ osi obiektu dokonać tyczenia jednego punktu zespołu (wysokościowo i sytuacyjnie) z zachowaniem dokładności zewnętrznej,
- b) w oparciu o tak wyznaczony punkt rozwijać tyczenie całego zespołu, z zachowaniem dokładności wewnętrznej.

Sposób postępowania przy wykonaniu najbardziej typowych prac w tym zakresie jest następujący:

Wytyczenie dużych otworów wraz z otworami dla mocowania ram montażowych (rys. 16).

- a) oznaczyć na blachach szalunkowych wysokość progu otworu oraz dolnego szeregu gniazd mocujących i przenieść na wykonany fragment ściany oś otworu, znakując ją w sposób trwały farbą,
- b) starannie spoziomowanym teodolitem, ustawionym wewnątrz wieży wytyczyć sytuacyjnie i wysokościowo gniazda mocujące oraz obrzeża otworu (metodą kątową),
- c) sprawdzić ruletką rozstaw wytyczonych gniazd i światło otworu,
- d) w każdym następnym cyklu przenosić otwory na szczyt deskowania posługując się teodolitem ustawionym bądź w punkcie głównym centralnym (tyczenie wewnętrzne), bądź nad punktem osi otworu, zastabilizowanym na wstępie prac (tyczenie zewnętrzne) z zachowaniem dokładności wewnętrznej,
- e) przebieg osi gniazd i obrzeża otworów realizować poprzez liniowe odkładanie właściwych miar od osi otworu (dokładność wewnętrzna),
- f) położenie poszczególnych gniazd wyznaczać poprzez odkładanie bieżących miar po tworzącej budowli, poczynając od pierwszych punktów szeregu (dokładność wewnętrzna),
- g) wytyczenie wysokościowe nadproża otworu i górnego szeregu gniazd wykonać w oparciu o średnią miarę bieżącą osi gniazd, skontrolowaną metodą niwelacyjną,
- h) po zrealizowaniu wszystkich gniazd wykonać należy pomiar odbiorczy metodą wcięcia przestrzennego dla określenia odchyłek w położeniu gniazd.

#### Tyczenie gniazd drabin włazowych

- a) wytyczyć wysokościowo i kierunkowo położenie pierwszego gniazda z dokładnością zewnętrzną i w przypadku stosowania tyczenia z zewnątrz, oznakować trwale położenie osi drabiny na wykonanym fragmencie ściany,
- b) w każdym kolejnym cyklu przenosić położenie osi drabiny na szczyt blach szalunkowych (wbicie gwoźdźcia) i odkładać po tworzącej bieżącą miarę, poczynając od punktu najniższego.

#### Tyczenia gniazd wsporników galerii

- a) wytyczyć z dokładnością zewnętrzną położenie jednego punktu (najwygodniej osiowego),
  - b) teodolit ustawiony na spodarce wieżowej nad punktem głównym centralnym dokładnie spoziomować i wycelować na punkt osiowy, sprzęgając koło pionu i nastawiając na kole poziomym równy odczyt ( $0^\circ$ ),
  - c) odkładać obliczone lub podane w projekcie kąty i oznaczyć sytuacyjno-wysokościowe położenie gniazd wprost na blachach szalunkowych. W przypadku, gdy konstrukcja wieży uniemożliwia uzyskanie celowej — w miejscach najbliższych obustronnie punktowi niedostępnemu oznaczyć należy poziom i układając wzdłuż niego ruletkę wytyczyć punkt liniowo w oparciu o dwa sąsiednie punkty,
  - d) dokonać kontroli zgodności odstępów między sąsiednimi punktami na całej długości obwodu.
- 2.3.6. Kontrola urządzeń. Podczas wznoszenia budowli prowadzić należy pomiary kontrolne dla sprawdzenia prawidłowości pracy urządzeń. W szczególności kontrolować należy co 15—20 m:

- Pionowość wieży wewnętrznej i elementów urządzeń wyciągowych.

Kontroli dokonywać należy w przypadku wież centralnych poprzez porównanie symetrycznych domiarów do ściany budowli lub domiarów konstrukcji wieży do przeniesionego punktu centralnego.

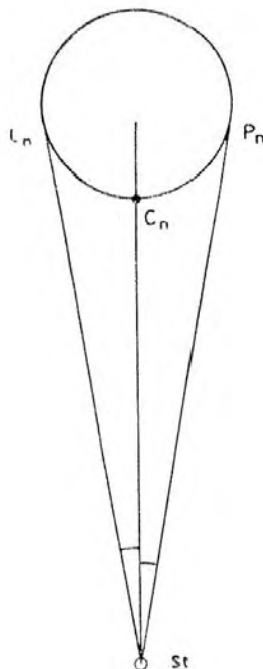
Przy wieżach przyściennych stosować należy pionownik optyczny lub teodolit, ustawiony w przedłużeniach wieży,

● Poziomość pomostów i szalunków

Kontroli dokonywać należy metodą niwelacji technicznej, ustawiając łąkę na bliźniaczych elementach konstrukcji wieży, lub na szczycie blach szalunkowych.

2.3.7. Pomiary odbiorcze powykonawcze. Powykonawczy pomiar odbiorczy ma na celu dostarczenie danych wyjściowych dla prawidłowego prowadzenia pomiarów kontrolnych w okresie eksploatacji i ich właściwej interpretacji. Ze szczególną starannością i zachowaniem specjalnych warunków dokonać należy pomiaru pionowości. Pomiar ten wykonać należy w warunkach pochmurnej i bezwietrznej pogody, prowadząc obserwacje kierunków jednocześnie z wszystkich stanowisk obserwacyjnych. Przy założeniu, iż podczas wznoszenia obiektu stabilizowane były celowniki — pomiar kierunków przeprowadzić należy do tych celowników. Pomiar wykonać należy w dwóch seriach z średnim błędem kierunku

$$m = \pm 10''$$



$C_n$  - celownik na poziomie  $n$   
 $L_n$  - lewa tworząca  
 $P_n$  - prawa tworząca

Rys. 17. Pomiar tworzących (odbiorczy — powykonawczy)

Przy wykonywaniu pomiaru stosować należy wszystkie zasady obowiązujące przy pomiarach kontrolnych. Po wykonaniu pomiaru kierunków do celowników pomierzyć należy dla każdego poziomu kąty do obydwu tworzących budowli (kominy i wieże), dla określenia przebiegu osi budowli (rys. 17). Ostatecznie dla każdego przekroju, w którym położony jest celownik  $C_i$  i dla każdego stanowiska wcinającego otrzyma się parę wielkości:

$$P_n = Ksr_n + \beta_n \quad L_n = Ksr_n - \gamma_n$$

gdzie:

- $P_n$  — kierunek do prawej tworzącej przekroju  $i$
- $L_n$  — kierunek do lewej tworzącej przekroju  $i$
- $Ksr_n$  — kierunek do spoczynkowego położenia celownika  $C_i$
- $\beta_n$  — katowa odległość celownika  $C_i$  od prawej tworzącej,
- $\gamma_n$  — katowa odległość celownika  $C_i$  od lewej tworzącej.

Położenie osi przekroju  $n$  określa wzór:

$$K_n = \frac{P_n + L_n}{2}$$

co jest podstawą wyznaczenia mimośrodów budowli na wszystkich obserwowanych poziomach. Wielkość mimośrodu wyznaczyć należy metodą analityczno-graficzną i przedstawić graficznie w dwóch płaszczyznach wzajemnie prostopadłych (wschód—zachód, północ—południe). Średnie kierunki do celowników stanowią dane wyjściowe dla okresowych pomiarów pionowości.

Jeśli podczas wznoszenia budowli nie stabilizowano celowników, pomiar odbiorczy powykonawczy wykonać należy prowadząc obserwację kierunków wprost do tworzącej budowli na określonych wysokościach. W przypadku chłodni pomiar odbiorczy powykonawczy wykonać należy metodą fotogrametryczną. Metodę fotogrametryczną stosować można również do pomiarów odbiorczych wież, kominów, silosów małej i średniej wysokości.

2.3.8. Prace wewnętrzne i wyposażeniowe. Przy obsłudze robót wyposażeniowych występuje szereg prac o znacznej powtarzalności. Do prac specyficznych zaliczyć należy:

- ustawienie słupów prefabrykowanych,
- tyczenie załomów rurociągów,
- tyczenie wodorozdziału,
- kontrola wymurówki żaroodpornej.

Ustawienie słupów prefabrykowanych prowadzić należy w ten sposób, by średni błąd odchylenia wierzchołka słupa nie przekraczał w każdym z kierunków głównych

$$m_{e_{max}} = \pm 2 \text{ cm}$$

Tyczenie załomów rurociągów występuje przy konieczności łączenia końcówek, znajdujących się na różnych poziomach i posiadających prostopadły kierunek przebiegu. Przy wykonaniu tego rodzaju zadania wyznaczyć należy współrzędne przestrzenne obydwu końcówek, przyjmując za oś odciętych położenie poziomego odcinka rurociągu. Rzut osi odcinka pionowego wykonać należy pionem mechanicznym lub pionownikiem, a pomiar odległości ruletką. Średni błąd określenia położenia końcówki nie może przekraczać

$$m_{e_{max}} = \pm 1 \text{ cm}$$

Przy tyczeniu wodorozdziału oraz wszystkich tych urządzeń, które służą do grawitacyjnego rozprowadzania wody dokładność tyczenia wysokościowego musi być taka, by średni błąd zrealizowanego pochylenia nie przekraczał wielkości

$$m_{l_{max}} = 0,5^0/100$$

tj. 0,5 mm/m.

Przy obsłudze wymurówki żaroodpornej prowadzić należy w środku każdego bębna pomiary wielkości promienia wymurówki. Jest to szczególnie ważne w przypadku stosowania luźnego materiału izolacyjnego (nie formowana wata mineralna).

### 3. BADANIA PRZEMIESZCZEŃ

Celem okresowych pomiarów przemieszczeń jest rejestracja postępujących odkształceń trwałych obiektu i zasygnalizowanie ewentualnej konieczności stosowania środków prewencyjnych. Abstrahując od przyczyn je wywołujących — trwałe odkształcenia budowli wieżowych występują w dwu następujących grupach:

- a) przechyły,
- b) wygięcia.

Dodać tu należy, że o ile wygięcia stanowią odkształcenia samej budowli o tyle przechyły charakteryzują się zupełnie innymi cechami, gdyż w ich wyniku budowla doznaje jedynie przemiesz-

czeń. Przechył jest więc skutkiem odkształceń bądź to podłoża gruntowego pod fundamentem, bądź też górotworu, na którego powierzchni budowlę wzniesiono.

Uzyskany w pewnym momencie  $t_i$  wierny obraz kształtu budowli stanowi rezultat nałożenia się na siebie wszystkich rodzajów odkształceń. Jeśli pominąć odkształcenia szybkozmienne, wywołujące na ogół tylko drobne przemieszczenia, to aktualny kształt budowli jest wypadkową odkształceń trwałych i dobowych. Biorąc pod uwagę okoliczności, że w jednym przypadku są to odkształcenia sprężyste, a więc odkształcenia ustępujące po krótszym lub dłuższym okresie czasu, a w drugim odkształcenia trwałe, narastające w czasie — zrozumiałą staje się konieczność rozdzielenia skutków tych dwóch rodzajów odkształceń.

Cel pomiarów odkształceń może zostać spełniony tylko wówczas, jeśli w ich wyniku uzyskiwać się będzie rzeczywiste informacje co do wielkości, kierunku i przyrostu odkształceń trwałych. Z uwagi na różny sposób dokonywania rozdziału nakładających się na siebie odkształceń trwałych i dobowych — metodycznie rozdzielić należy wyznaczanie wielkości przemieszczeń, wywołanych przechyłami i wygięciami.

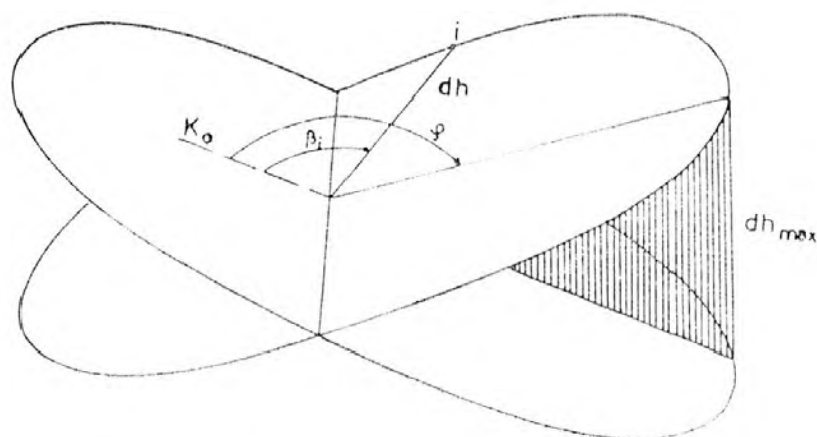
### 3.1. Wyznaczanie przechyłu

Przechył budowli polega na zmianie początkowego (najczęściej horyzontalnego) położenia jej fundamentu, co powoduje wychylenie się części wysokościowej budowli o wielkości wzrastającej proporcjonalnie do wysokości. Wielkość wychylenia części wysokościowej budowli jest ściśle powiązana ilościowo i jakościowo ze zmianami położenia płyty fundamentowej lub podstawy budowli wieżowej. Z uwagi na praktyczną niewrażliwość fundamentu na wpływ czynników o zmienności dobowej — wyznaczania przechyłu budowli dokonywać należy na podstawie obserwacji zmian położenia jej fundamentu lub podstawy. Do pomiaru stosować należy metodę niwelacji precyzyjnej.

Zasady tej należy przestrzegać również wówczas, kiedy repery stabilizować się będzie na podstawie budowli (trzon, cokół, ściana basenu). Ilość punktów badanych na podstawie budowli odpowiadać winna teoretycznej ilości punktów na krawędzi fundamentu tej budowli.

Pomiary niwelacyjne przeprowadzać należy zgodnie z ogólnymi wymogami pomiarów przemieszczeń. Gdyby konstrukcja zespołu reperów odniesienia była trudna na tyle, że wybór punktów, zachowujących przypuszczalnie cechy stałości byłby szczególnie uciążliwy ograniczyć należy się wyłącznie do wyznaczania przemieszczeń względnych, bez określenia bezwzględnych wartości osiadań.

Na podstawie wyników pomiarów osiadań obliczyć należy wielkość przechyłu fundamentu (lub podstawy) i jego kierunek oraz przechył budowli na jej wierzchołku (rys. 18).



Rys. 18. Zasada wyznaczania przechyłu fundamentu

Przebieg obliczeń:

a) ułożenie równań poprawek

$$v_1 = u \cos \beta_1 + w \sin \beta_1 - dh'_1$$

$$v_2 = u \cos \beta_2 + w \sin \beta_2 - dh'_2$$

$$v_n = u \cos \beta_n + w \sin \beta_n - dh'_n$$

gdzie:

$$dh'_i = dh_i - \frac{\sum_{i=1}^n dh_i}{n}$$

$dh_i$  — osiadanie punktu  $i$

b) obliczenie poprzez układ równań normalnych niewiadomych

$u$  oraz  $w$

c) obliczenie wielkości szukanych:

$$dh'_{max} = \sqrt{u^2 + w^2}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{w}{u}$$

$$df = \frac{h_i}{r} dh'_{max}$$

gdzie:

$dh'_{max}$  — przechył fundamentu,

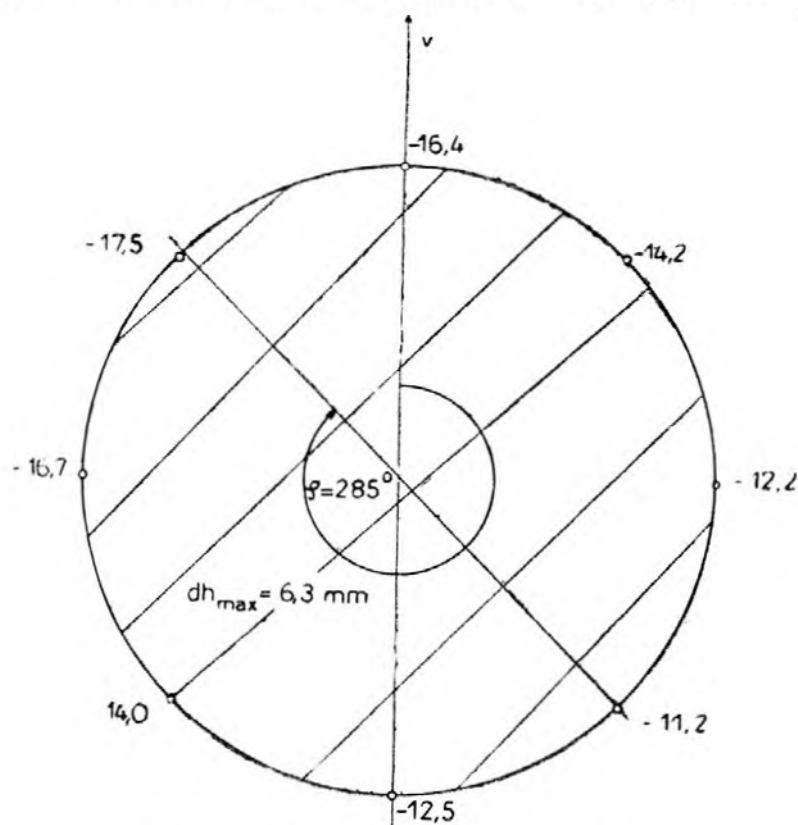
$\varphi$  — kierunek przechyłu

$df$  — przechył budowli na wysokości  $h_i$ ,

$r$  — promień fundamentu.

Zaleca się stosowanie krakowianów transformujących do obliczenia niewiadomych pomocniczych  $u$  i  $w$  (rys. 28 i 29).

Celowym jest wyznaczanie kierunku i wielkości przechyłu metodą graficzną (rys. 19).



Rys. 19. Graficzne wyznaczanie przechyłu

Wyznaczanie przechyłu budowli metodą niwelacyjną opiera się na zasadzie porównywania wyników kolejnych obserwacji różnic wysokości. W związku z tym przejścia od początkowego stanu budowli (bezpośrednio po ukończeniu wznoszenia) do stanu aktualnego dokonać należy przez przyrównanie do siebie wyników obserwacji aktualnej (w momencie  $t$ ) i obserwacji wykonanej dla potrzeb pomiaru odbiorczego powykonawczego. Jeżeli pomiaru takiego brak — możliwe jest wyznaczanie przechyłu od momentu wykonania obserwacji wyjściowej.

### 3.2. Wyznaczanie wygięć (pomiar pionowości)

Pomiary te stanowią uzupełnienie dla pomiarów przechyłu. Trudności ich prawidłowego przeprowadzenia wiążą się z tym, iż wielkość wygięcia budowli wyznacza się przez bezpośrednią obserwację wysokościowej części budowli, która znajduje się pod nieustannym działaniem czynników zewnętrznych.

W związku z tym pomiary pionowości przeprowadzać należy o takich porach, by udział czynników zewnętrznych w formowaniu aktualnego kształtu budowli (odkształcenia dobowe) był możliwie najmniejszy. Ponieważ wpływ czynników zewnętrznych jest nieustanny i tylko w nielicznych przypadkach mieć może miejsce ich całkowite zrównoważenie — oś budowli wysokościowej znajduje się w nieustannym ruchu. Pomiar pionowości wykonywany będzie prawidłowo tylko wówczas, kiedy pomiarem tym uchwycony zostanie przebieg osi możliwie najbliższy jej położenia spoczynkowego tj. położenia jakie oś budowli zajmowałaby po całkowitym zaniku lub absolutnym zrównoważeniu czynników zewnętrznych. Sytuacja taka może mieć miejsce tylko przy pochmurnej i bezwietrznej pogodzie we wczesnych godzinach rannych. Przeprowadzenie obserwacji planować należy przy ścisłym zachowaniu tych warunków.

Następnym warunkiem prawidłowości wykonania obserwacji pionowości jest jednoczesność prowadzenia pomiaru ze wszystkich stanowisk wcinających, co umożliwi uchwycenie faktycznego przebiegu osi badanego obiektu.

Pomiar pionowości przeprowadzać należy w taki sposób, by średni błąd wyznaczenia przemieszczenia wyniósł:

$$m_{d_{max}} = \pm 5 \text{ cm}$$

Pomiary pionowości prowadzić należy jako pomiary porównawcze (wielokrotne), przy czym pomiarem wyjściowym jest pomiar powykonawczy odbiorczy. Okresowe pomiary pionowości mają dostarczać danych odnośnie stanu budowli od momentu ukończenia jej wznoszenia.

Do pomiarów pionowości stosować należy przede wszystkim metodę trygonometryczną. Kierunki mierzyć należy dla całego szeregu celowników badanych obserwowanej tworzącej ze stanowisk obserwacyjnych, z których wykonywano pomiar powykonawczy odbiorczy. W razie zniszczenia — punkty te można odtworzyć z opisów topograficznych z dokładnością  $\pm 50$  cm.

Obliczenia przemieszczeń odnosić należy do podstawy budowli. Z uwagi na nieustanne oddziaływanie czynników zewnętrznych na wysokościową część budowli i powstające w rezultacie sprężyste odkształcenia dobowe — pomiar kierunków do punktów badanych przeprowadzić należy w taki sposób, by wyznaczyć nim najprawdopodobniejszy spoczynkowy kształt budowli. Wpływ nasłonecznienia na żelbetową budowlę wieżową ustaje po 9—10 godzinach od momentu zaniku operowania słońca. Praktycznie więc każdego rana oczekiwać należy zaniknięcia ugięć termicznych budowli. Jeżeli przy tym szybkość wiatru nie przekracza 3—4 m/s oczekiwać należy, że wpływ czynników dobowych na budowlę wieżową jest znikomy i kształt budowli formowany jest tylko przez ewentualne odkształcenia trwałe.

Potwierdzenia tego faktu dostarczyć musi seria obserwacji, której celem jest stwierdzenie, czy obserwowane punkty nie wykazują stałej tendencji w przemieszczeniach. Jeżeli obserwacje te wykonywane są w 9—10 godz po ustaniu działania nasłonecznienia należy oczekiwać, że ewentualne sprężyste przemieszczenia budowli wywołane są tylko działaniem wiatru.

Przy szybkości 3—4 m/s wiatr jest na ogół zmienny co do szybkości i kierunku, a co za tym idzie przemieszczenia budowli są zdecydowanie nieregularne. W związku z tym dla uchwycenia najprawdopodobniejszego położenia spoczynkowego budowli posłużyć należy się średnią arytmetyczną z możliwie dużej ilości położzeń chwilowych. Ponieważ okresy pochmurnej pogody przy



słabym wietrze mogą być niezbyt długie — w przeciągu 3—4 godz należy wykonać 15—20 obserwacji kierunków, które pozwolą:

- a) stwierdzić brak czynnika systematycznego w występowaniu przemieszczeń badanych punktów,
- b) po uśrednieniu wyników uzyskać najprawdopodobniejsze spoczynkowe położenie tych punktów, wolne od wpływów odkształceń dobowych.

Organizacja pomiaru pionowości winna być następująca:

wczesnym rankiem pochmurnego dnia przy wietrze nie przekraczającym 4 m/s rozpocząć należy ze wszystkich stanowisk jednocześnie zsynchronizowane obserwacje kierunków do badanych punktów budowli. Obserwacje prowadzić należy w odstępach 10—15 minutowych (1 seria co 10—15 minut). Na całość obserwacji składać się winno 10—20 serii, które uśrednione dają najprawdopodobniejsze spoczynkowe położenie budowli. Uśrednienia dokonać należy tylko w przypadku, jeżeli na żadnym z punktów badanych nie zaobserwuje się tendencji w występowaniu przemieszczeń, a więc wyraźnego systematycznego wzrostu kierunku. Opisane wyżej postępowanie jest jedynie możliwym i prawidłowym sposobem uwolnienia się od wpływów sprężystych odkształceń dobowych.

Z uwagi na to, że dla budowli niższych wpływy czynników zewnętrznych wywołują mniejsze wygięcia — w indywidualnych przypadkach warunki wykonywania obserwacji mogą być złagodzone. Złagodzenie to dotyczyć może jedynie konieczności wykonania serii obserwacji. Decydować o tym należy na podstawie metryki budowli. Bezwzględnie w każdym przypadku zachowana być musi zasada jednoczesności wykonywania pomiaru ze wszystkich stanowisk i starannego dobiegania pory przeprowadzenia pomiaru.

Celowniki przeznaczone do stabilizacji w ścianach budowli wieżowych wykonać należy jako celowniki płaskie osadzone równo z powierzchnią ściany. Stosowanie celowników wystających ze ściany jest niedopuszczalne. Celowniki wykonać należy z odpornego na korozję materiału (aluminium, tworzywo sztuczne) a na jego czołową powierzchnię nanieść koła koncentryczne. Zaleca się pokrycie wokół każdego celownika pola o średnicy 50 cm trwałą farbą i oznaczenie jego numeru kolejnego.

Dla budowli nie wyposażonych w celowniki prowadzenie obserwacji okresowych jest utrudnione z uwagi na brak punktów celowania. W takim przypadku dokonać należy doboru charakterystycznych punktów, które stanowić będą cel naturalny. Niezbędnym jest wykonanie bardzo szczegółowego opisu tych punktów. Jeśli punkty są określone jednoznacznie i nie zachodzi obawa ich utracenia przy pomiarach porównawczych — dobierać należy dla każdego kierunku wcinającego jeden rząd punktów (np. jedna tworząca, ostro rysująca się i posiadająca jednoznaczne punkty celu). W przypadku braku szczegółów konstrukcyjnych podjąć należy próbę oznaczenia poziomów obserwacyjnych farbą wprost na zewnętrznej powierzchni budowli. Odpowiednie znaki wykonać należy z drabiny wjazdowej i traktować je jako wskaźnik wysokości (ustawienie nitki poziomej teodolitu), celując następnie na tworzącą budowli.

Tylko wówczas, kiedy rozwiązanie takie jest niemożliwe stosować należy obserwację obydwu tworzących budowli, opisując położenie poszczególnych przekrojów kątami pionowymi z każdego stanowiska obserwacyjnego. Przy doborze ilości poziomów obserwacyjnych obowiązuje zasada podana w pkt. 2.3.9, cz. I. Pomiar pionowości winien być pomiarem wykonanym możliwie w najkrótszym czasie.

### 3.3. Opracowanie wyników pomiaru

Wyniki okresowych pomiarów przemieszczeń przekazywać należy zamawiającemu w formie operatu, w skład którego wchodzi: sprawozdanie techniczne, graficzne opracowanie wyników i model przestrzenny odkształceń.

Sprawozdanie techniczne zawiera:

- a) opis przedmiotu pomiaru i postawiony cel,
- b) opis zastosowanej metody pomiaru, obliczeń i opracowania,

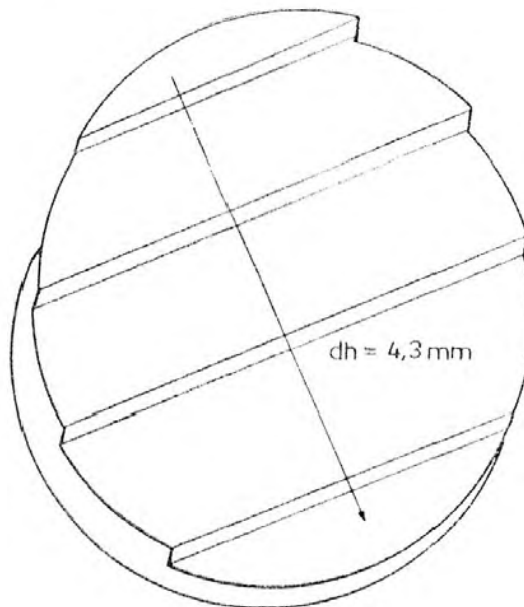
- c) szczegółowy opis warunków towarzyszących pomiarowi tj.
  - data obserwacji,
  - pora obserwacji,
  - temperatura powietrza max, min,
  - szybkość i kierunek wiatru,
  - stan pogody,
- d) charakterystykę wyników wraz z oceną dokładności wyznaczenia,
- e) uwagi i sugestie interpretacyjne,
- f) wnioski.

Graficzne opracowanie wyników zawierać winno zwięzłe zestawienie całości wyników, umożliwiające ich prawidłową interpretację.

W szczególności zawierać winno:

- a) szkic usytuowania obiektu na tle charakterystycznych szczegółów zakładu,
- b) szkic rozmieszczenia punktów badanych,
- c) tabelaryczne zestawienie warunków towarzyszących,
- d) tabelaryczne zestawienie wyników pomiaru osiadań oraz wielkości kierunku przechyłu,
- e) wykres osiadań punktów w rozwinięciu na płaszczyznę,
- f) warstwicę równych osiadań z oznaczeniem wielkości i kierunku przechyłu,
- g) tabelaryczne zestawienie wyników pomiaru pionowości (dla każdego punktu wielkości składowych wychyleń w przyjętym układzie oraz skalarną wielkość wychyleń),
- h) wykres wychyleń w dwu prostopadłych płaszczyznach układu z zaznaczeniem obliczeniowego przechyłu,
- i) wykres wychyleń na płaszczyźnie poziomej.

Wyniki pomiaru przechyłu zilustrować należy modelem przestrzennym wykonanym z kartonu o grubości 0,4—0,6 mm. Model uzyskuje się poprzez kolejne nakładanie na siebie i sklejanie wy-cinków, odpowiadających kształtowi płaszczyzn warstwowych warstwicowego rysunku osiadań. Na modelu zaznaczyć należy kierunek i wielkość przechyłu (rys. 20).



Rys. 20. Model przestrzenny

Wszystkie materiały polowe i obliczeniowe, powstające przy wykonaniu obserwacji wchodzi w skład części archiwalnej, która do momentu ukończenia całości prac pozostaje w jednostce prowadzącej geodezyjne pomiary przemieszczeń.

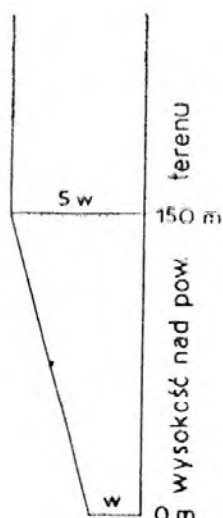
### 3.4. Metryka odkształceń

W skład pierwszego operatu wchodzi również metryka odkształceń budowli, której opracowanie należy do obowiązków wykonującego pomiary przemieszczeń.

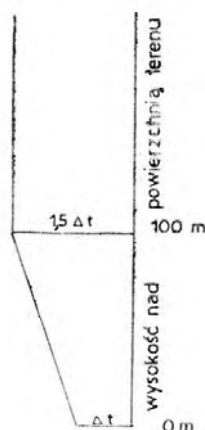
Elementem metryki, wyznaczonym na podstawie przesłanek teoretycznych są linie ugięcia od parcia wiatru i wpływu nasłonecznienia. Wyznaczania tych linii dokonywać należy obliczeniowo, wykorzystując odpowiedni program dla maszyny. W przykładach podano sposób i schemat obliczeń na arytymetrze.

Przygotowując dane do obliczeń dokonać należy następujących założeń obliczeniowych:

- rozkład parcia wiatru z wysokością dla szybkości od 1 do 5 m/s, jak na rysunku 21 lub w normach związanych,



Rys. 21. Rozkład wiatru z wysokością



Rys. 22. Rozkład temperatury z wysokością

- rozkład temperatury z wysokością od  $\Delta t = 3^{\circ}\text{C}$  do  $\Delta t = 15^{\circ}\text{C}$  jak na rys. 22.

Obliczenie wpływu parcia wiatru przeprowadzić należy opierając się na zależności

$$y = \frac{\overline{M}_r}{EJ}$$

gdzie:

$y$  — strzałka ugięcia na wysokości  $x(h_i)$ ,

$\overline{M}_r$  — tzw. moment wtórny zginający na wysokości  $x(h_i)$ ,

$J$  — moment bezwładności przekroju budowli,

$E$  — moduł Younga, który przyjmować należy (jeśli brak danych szczegółowych),

dla żelbetu  $E = 2\,000\,000 \text{ t/m}^2$

dla cegły  $E = 1\,000\,000 \text{ t/m}^2$

Obliczenie wpływu nasłonecznienia prowadzić należy wg zależności:

$$f_j = a_t \left[ \sum_{i=1}^j \Delta t_i \frac{h_i}{d_i} \left( \frac{h_i}{2} + \sum_{i=1}^{j-1} h_i \right) \right]$$

gdzie

$f_j$  — strzałka ugięcia na wysokości  $j$

$\Delta t_i$  — różnica temperatury na wysokości  $i$

$h_i$  — wysokość jednostkowa,





BUDOWA ELEKTROWNI

CHŁODNIE KOMINOWE

ODBIÓR ZABETONOWANEGO CYKLU NR 96 I WYZNACZ CYKLU NR 97

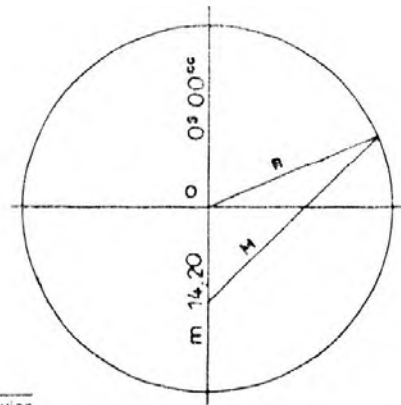
Chłodnia nr IV

Dane z projektu

$R_p = 21,385 \text{ m}$ ,  $1 \cdot \Delta R = -15,6 \text{ cm}$  Grubość ściany  $0,260 \text{ m}$

Stan pogody \_\_\_\_\_

Uwagi \_\_\_\_\_



Miejscowość, 30 10 1972

Kierownik budowy

Służba geodezyjna

Kąt	$M_p$ m	$M_o$ m	$M_o - M_p$ mm	adp mm	$d_s$ mm	R cm	Kąt	$M_p$ m	$M_o$ m	$M_o - M_p$ mm	adp mm	$d_s$ mm	$R_o$
							72						
1	35,524	35,513	-11	-6	-14	13,6	74						
6							76						
9	35,384	35,375	-8	-4	-14	13,8	78						
10							80						
12							82						
14							84						
16							86						
18							88						
20							90						
22							92						
24							94						
26							96						
28							98						
30							100						
32							102						
34							104						
36							106						
38							108						
40							110						
42							112						
44							114						
46							116						
48							118						
50							120						
52							122						
54							124						
56							126						
58							128						
60							130						
62							132						
64							134						
66							136						
68							138						
70							140						

Rys. 25. Szkic odbiorczy chłodni tycznej z wieży przyściennej

Budowa komina h \_\_\_\_\_ m w \_\_\_\_\_

Szkic wytyczenia i odbioru cyklu nr \_\_\_\_\_

Dane do tyczenia:

H = 93,00

R = 11,33

d = 0,27

p = 1,5‰

Elementy osprzętu

1.2. gniazda drobin zewnętrznych

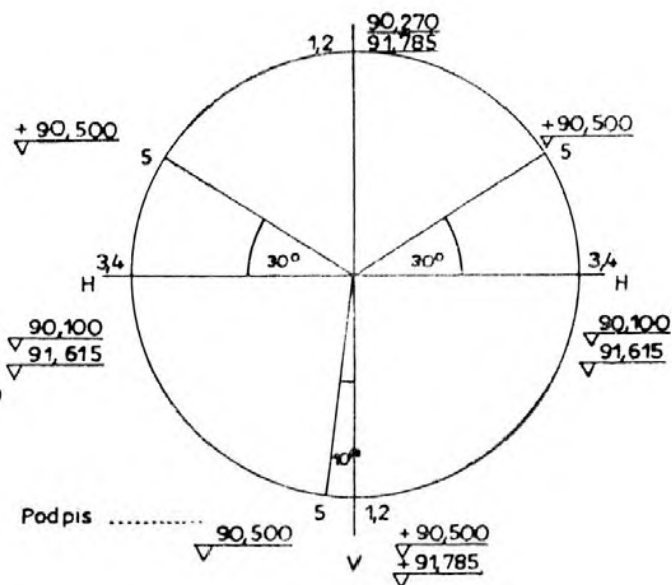
90,100  
91,615

3.4. gniazda drobin wewnętrznych

5 termopary

Data tyczenia .....

Podpis .....



Pomiar odbiorczy

Uwagi

poprawki z pionowania pośredniego

$\Delta V = +120$  mm

$\Delta H = +40$  mm

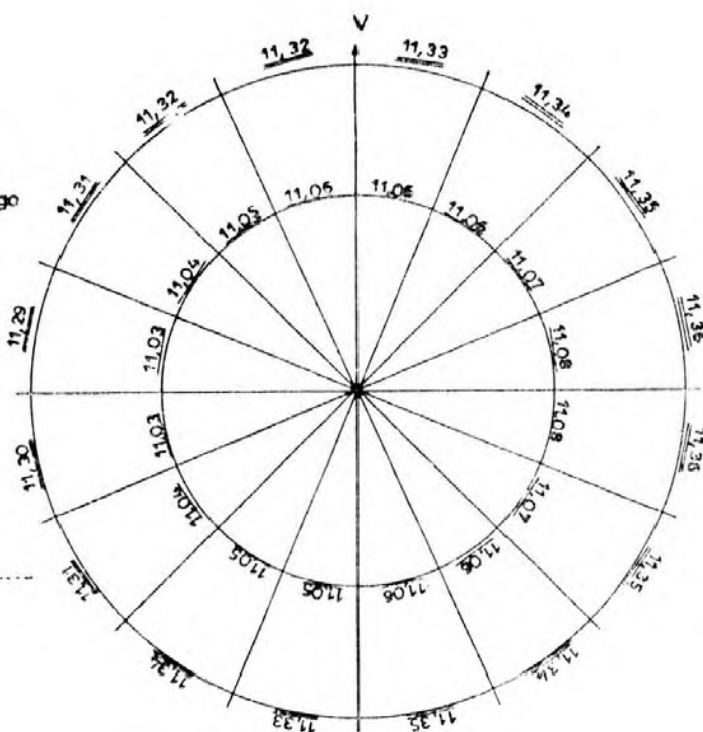
poprawki z odbioru

$\Delta V = 0$

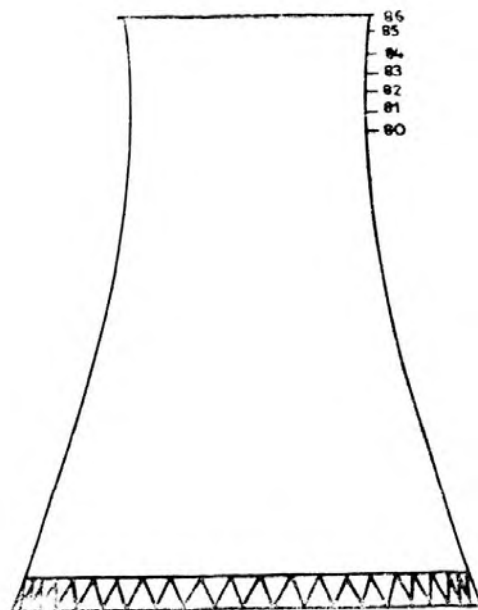
$\Delta H = +15$  mm

Data pomiaru odbiorczego .....

Podpis .....



Rys. 26. Szkic tyczenia i odbioru cyklu

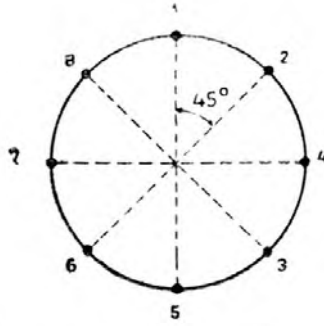


Nr cyklu	Zbieżność %	Wprowadzona obliczeniowa nadwyżka wysokości	Poprawka promieniowa cm	Promień projektowy m	Promień dla realizacji m
80	4	8	0	17,98	17,98
81	5	15	1	18,02	18,03
82	5	22	1	18,07	18,08
83	6	29	2	18,12	18,14
84	6	36	2	18,18	18,20
85	7	43	3	18,24	18,27
86	7	50	3	18,30	18,33

Nadwyżka wysokości pomierzona dla cyklu 80  $\Delta h = 50$  cm jest do uwzględnienia w 7 cyklach.

**Rys. 27. Zasady korekty wysokościowej przy wznoszeniu chłodni**

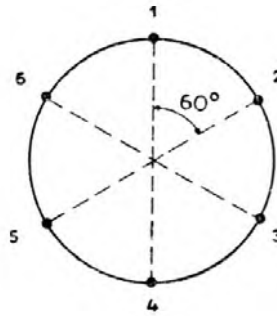




Nr	u	w
1	+ 1,0000	0,0000
2	+ 0,7071	+ 0,7071
3	0,0000	+ 1,0000
4	- 0,7071	+ 0,7071
5	- 1,0000	0,0000
6	- 0,7071	- 0,7071
7	0,0000	- 1,0000
8	+ 0,7071	- 0,7071

Nr	u	w
1	+ 0,2500	0,0000
2	+ 0,1768	+ 0,1768
3	0,0000	+ 0,2500
4	- 0,1768	+ 0,1768
5	- 0,2500	0,0000
6	- 0,1768	- 0,1768
7	0,0000	- 0,2500
8	+ 0,1768	- 0,1768

Rys. 28. Krakowiany dla obliczenia przechyłu



Nr	u	w
1	+ 1,0000	0,0000
2	+ 0,5000	+ 0,8660
3	- 0,5000	+ 0,8660
4	- 1,0000	0,0000
5	- 0,5000	- 0,8660
6	+ 0,5000	- 0,8660

Nr	u	w
1	+ 0,3333	0,0000
2	+ 0,1667	+ 0,2886
3	- 0,1667	+ 0,2886
4	- 0,3333	0,0000
5	- 0,1667	- 0,2886
6	+ 0,1667	- 0,2886

Rys. 29. Krakowiany dla obliczenia przechyłu

## 2. OBJAŚNIENIA DO OPRACOWAŃ GRAFICZNYCH

### 2.1. Pomiar odbiorczy powykonawczy (rys. 30)

#### Szkic usytuowania budowli

Na szkicu należy podać: usytuowanie budowli w stosunku do pobliskich dróg i innych obiektów budowlanych, zaznaczając kierunek północy oraz rozmieszczenie reperów (w danym przypadku 1 do 6) a także obrane kierunki  $L$  i  $P$  do słupów obserwacyjnych. Szkic należy uzupełnić tablicą „Zestawienie kierunków do badanych celowników” W tablicy należy podać aparaturę pomiarową, czas pomiaru, stan pogody.

#### Zestawienie różnic wysokości w niwelacyjnej sieci kontrolnej

Na szkicu należy zestawić niwelacyjną sieć kontrolną i dla niej różnice wysokości między punktami sieci uzyskane w pomiarze przyjętym za wyjściowy wraz z ilością różnic wysokości między tymi punktami. Do opracowania winny być dołączone opisy topograficzne reperów odniesienia.

#### Osiadanie reperów

Dla reperów sieci kontrolnej należy podać ich wielkość osiadań, zaznaczając do jakiego okresu odnoszą się. Na podstawie wyznaczonych osiadań ( $dh$ ) należy obliczyć przechył fundamentu ( $dh_{max}$ ), azymut przechyłu ( $\varphi$ ) i wychylenie wierzchołka ( $df$ ) zgodnie z opisem na str. 44. Na rzucie fundamentu należy podać izoliny osiadań oraz kierunek przechyłu.

#### Odbiorczy pomiar pionowości

W wybranych poziomach (tu 1—8) przeprowadzono tzw. odbiorczy pomiar pionowości, podając wyniki pomiarów w tablicy (wielkości w cm) oraz na rysunkach (przekrój północ-południe, wschód-zachód, widok z góry). Pomiar wykonać zgodnie z opisem na stronie 27-28 wytycznych.

#### Teoretyczne linie ugięcia budowli

Na podstawie obliczeń (sposób omówiony będzie w p. 3) należy zestawić wykresy teoretycznych linii ugięcia budowli od wpływu nasłonecznienia przy różnicy temperatur 3°, 6°, 9°C oraz działania parcia wiatru dla prędkości 5, 6, 7 m/s.

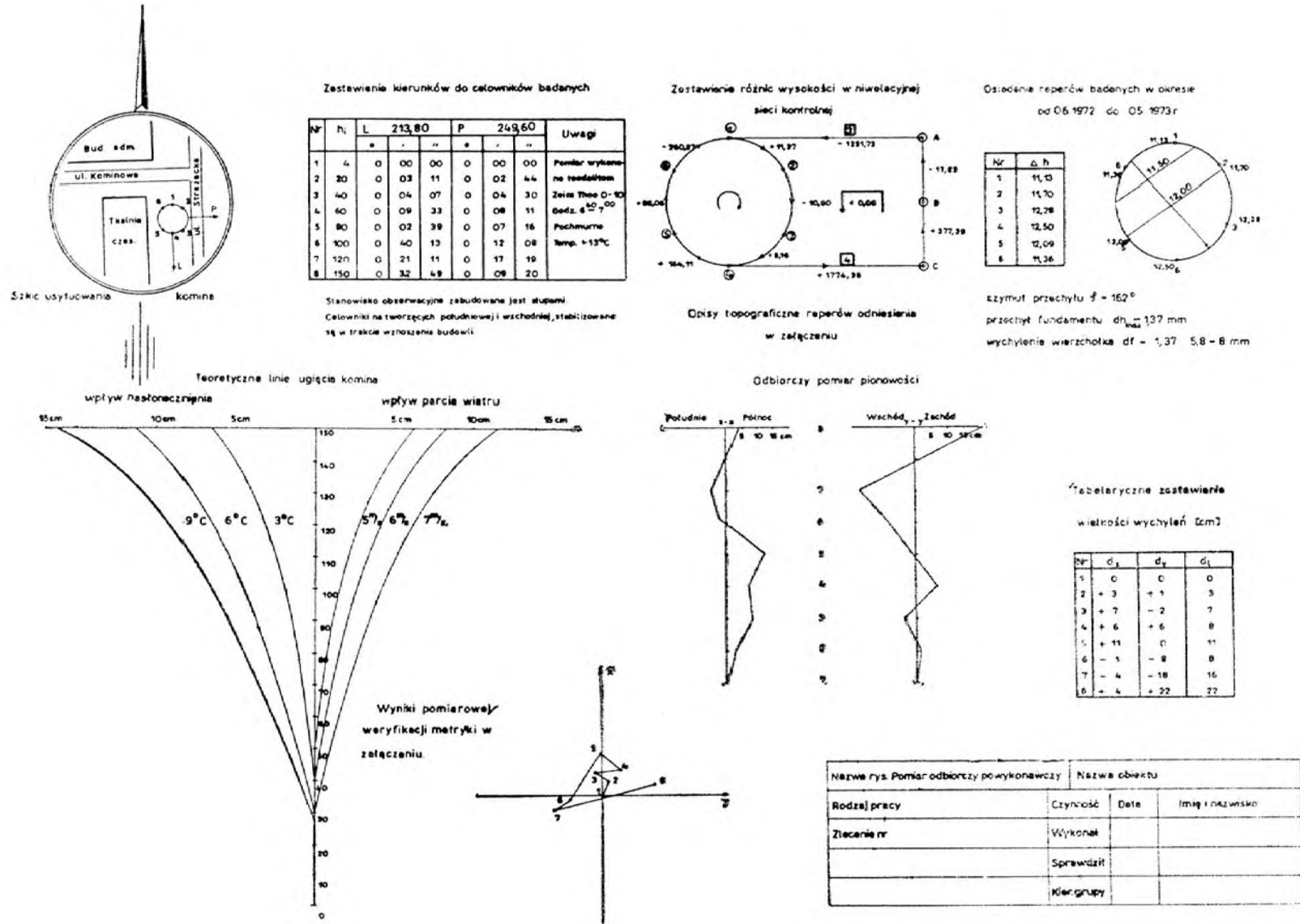
### 2.2. Graficzne opracowanie pomiaru przemieszczeń (rys. 31).

#### Szkic usytuowania budowli

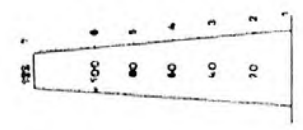
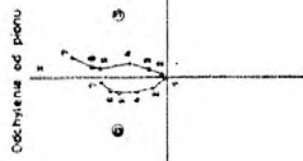
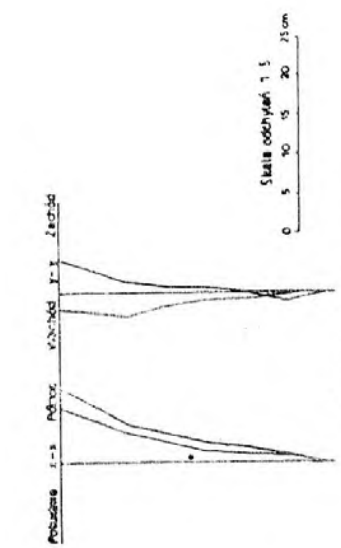
Na szkicu należy podać: usytuowanie budowli w stosunku do pobliskich dróg i innych obiektów budowlanych, zaznaczając kierunek północy oraz rozmieszczenie reperów.

#### Osiadania

Wyniki pomiarów osiadań dla wszystkich punktów badanych (reperów) należy zestawić w tabeli, podając wielkości osiadań w mm oraz datę wykonania pomiaru. Tablicę uzupełnia się informacją o warunkach towarzyszących pomiarowi (stan atmosfery, temperatura powietrza, wiatr). Wyniki zestawione w tablicy osiadań służą do otrzymania tzw. rozwinięcia osiadania oraz do naszkicowania izoliny osiadań i wyznaczenia wielkości charakteryzujących przechył ( $\varphi$ ,  $dh$ ,  $df$ ) wg wskazań jak na str. 29-31.

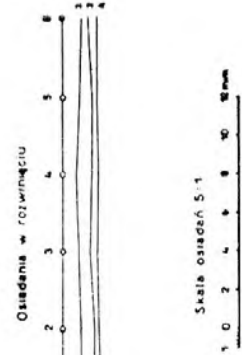


Rys. 30. Pomiar odbiorczy powykonawczy



Warunki łowarzyszące

Data	Ścian sztywność	Wzrost	Temperatura
13. I. 72	południowa	2 C	17,5
20. IV. 72	południowa	8 C	17,5
15. VI. 72	nocna zach.	10 C	17,5
25. X. 72	nocna zach.	15 C	17,5

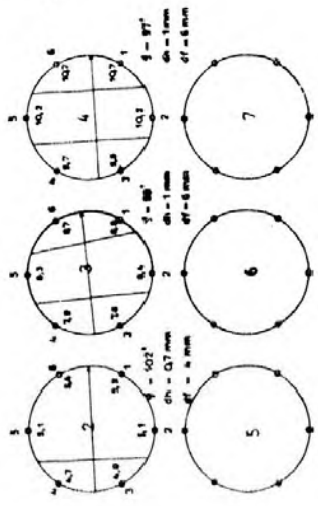


Tabliczeczne zestawienie osiedzeń (mm)

Nr	Data	1	2	3	4	5	6
1	13. I. 72	5,3	5,1	4,8	4,7	5,5	5,4
2	20. IV. 72	3,5	3,2	3,0	3,2	3,3	3,3
3	15. VI. 72	8,8	8,4	7,9	7,9	8,3	8,7
4	25. X. 72	10,7	10,3	9,8	9,8	10,2	10,7

Tabliczeczne zestawienie odchyleń od pionu (cm)

Nr	Data	dx	dy	dl	dx	dy	dl	dx	dy	dl	dx	dy	dl
1	13. I. 72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	20. IV. 72	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	15. VI. 72	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4	25. X. 72	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
5	13. I. 72	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	20. IV. 72	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	15. VI. 72	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	25. X. 72	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1



### Odchylenia od pionu

W tablicy należy zestawić dla poszczególnych celowników (punktów pomiarowych) i dni, w których wykonano pomiar wartości odchyleń od pionu:  $dx$ ,  $dy$  oraz wypadkowe  $dl$ . Wyniki pomiarów należy przedstawić także na rysunkach podając odchylenia od pionu w przekroju  $x-x$ ,  $y-y$  oraz w rzucie z góry.

Rys. 31. Graficzne opracowanie pomiaru przemieszczeń (pomiar kontrolny)

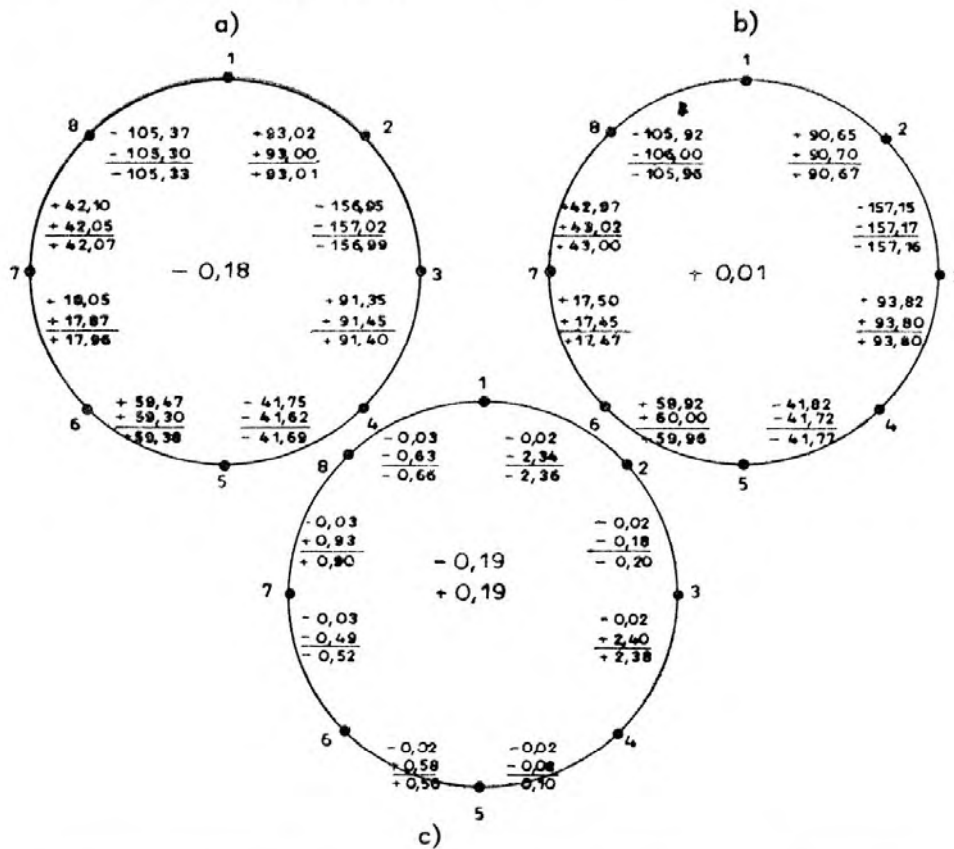
### 3. OBJAŚNIENIA DO OBLICZEŃ

#### 3.1. Przykłady wyznaczania osiadań względnych i przechyłu budowli z obserwacji niwelacyjnych (rys. 32)

Na rysunkach *a*, *b*, *c* naniesiono na obwodzie budowli osiem punktów badanych (reperów). Na rysunku „*a*” przedstawiono rezultaty pomiaru wyjściowego. Na rysunku „*b*” przedstawiono rezultaty pomiaru aktualnego, a na rysunku „*c*” — różnicowy szkic sieci kontrolnej wraz z rozrzuconiem poprawek wynikających z niezamknięcia obwodu.

W tabelicy 1 z rys. 32 zestawiono kolejno w:

- kolumnie 1 — numery porządkowe badanych reperów,
- kolumnie 2 — względne wielkości przemieszczeń pionowych (osiadań) przy założeniu niezmienności położenia punktu 1,
- kolumnie 3 — wartości osiadań punktów badanych odniesione do średniej płaszczyzny,
- kolumnie 4 i 5 — elementy krakowianu transformacyjnego ( $\underline{t}$ ),
- kolumnie 6 — wartości poprawek.



Nr	dh	dh'	u	w	v	
1	2	3	4	5	6	7
1	0,00	+ 0,58	+ 0,2500	0,0000	- 0,83	$[vv] = 4,10$ $m = \sqrt{\frac{vv}{r}} = \sqrt{\frac{4,10}{6}}$ $= 0,82 \text{ mm}$
2	+ 2,36	- 1,78	+ 0,1768	+ 0,1768	+ 0,75	
3	+ 2,56	- 1,98	0,0000	- 0,2500	+ 0,78	
4	+ 0,18	+ 0,40	- 0,1768	- 0,1768	- 1,07	
5	+ 0,28	+ 0,30	- 0,2500	0,0000	- 0,05	
6	- 0,28	+ 0,86	- 0,1768	- 0,1768	+ 0,17	
7	+ 0,24	+ 0,34	0,0000	- 0,2500	+ 0,86	
8	- 0,66	+ 1,24	+ 0,1768	+ 0,1768	- 0,57	
$\Sigma$	+ 4,68	- 0,04	- 0,25	- 1,20	+ 0,05	

$$dh' = + 0,58$$

$$d h'_{max} = 1,23 \text{ mm}$$

$$t_{\psi} = \frac{-1,20}{-0,25} = 4,80$$

$$\psi = 258^{\circ}$$

Rys. 32. Przykład wyznaczania osiadań względnych i przechyłu budowli z obserwacji niwelacyjnych

Wielkości te pozwoliły na obliczenie przechyłu fundamentu ( $dh'_{max}$ ) i kierunku przechyłu ( $\varphi$ ) wg wzorów podanych na stronie 30 wytycznych.

### 3.2. Przykład obliczania wpływu parcia wiatru na komin

Elementy geometryczne komina

Na rysunku 33 zestawiono: średnice zewnętrzne przekroju płaszczka komina  $d_i$  oraz wysokości  $h_i$  przekroju od poziomu terenu. Pozwoliło to na obliczenie powierzchni, na którą prze wiatr  $P_i$  oraz położenia środka ciężkości  $S_i$ .

Obliczenie średnich momentów bezwładności przekrojów pierścieniowych komina na wysokości odpowiadającej położeniu środka ciężkości wycinka komina wykonano w tabelicy 1. Przy założeniu takiego rozkładu prędkości wiatru, że na poziomie terenu  $v = 5$  m/s a na wysokości wierzchołka komina  $v = 25$  m/s otrzymano diagram parcia  $w_i$  jak na rysunku 34. Podano tam wartości parcia jednostkowego  $w_i$  na wszystkie założone uprzednio wycinki komina w środku ich ciężkości. Wielkości  $w_i$  podano w  $\text{kG/m}^2$  zakładając współczynnik opływu  $C = 1,0$ .

$d$ (m)	$h$ (m)	$P_i = h \frac{d_a + d_g}{2}$	$S_i = \frac{h}{3} \frac{d_a + 2d_g}{d_a + d_g}$
6,84	152,3	85,44 $\text{m}^2$	8,20 m
7,03	140	71,80	4,96
7,33	130	74,80	4,96
7,63	120	77,80	4,96
7,93	110	80,80	4,96
8,23	100	83,80	4,96
8,53	90	86,80	4,96
8,83	80	89,80	4,97
9,13	70	92,80	4,97
9,43	60	95,97	4,97
9,76	50	99,47	4,96
10,13	40	103,30	4,96
10,53	30	107,30	4,96
10,92	20	111,50	4,96
11,37	10	115,50	4,97
11,73	0		

Rys. 33

Elementy geometryczne komina

$d$  — średnica przekroju [m]

$h_i$  — wysokości przekroju [m]

$d_a, d_g$  — średnica dolna i górna wycinka komina [m]

$P_i$  — pole powierzchni wycinka  $i$  (powierzchnia parcia wiatru [ $\text{m}^2$ ])

$S_i$  — położenie środka ciężkości wycinka  $i$  [m]

W przypadku określonej lokalizacji komina (określona strefa parcia wiatru) należy diagram parcia wiatru przyjąć zgodnie z normą PN-56/B-03004 lub PN-70/B-02011.

Obliczenie momentów bezwładności przekrojów

$$J = \frac{\pi}{4} (R^4 - r^4) \text{ [m}^4\text{]}$$

$R$  — promień zewnętrzny trzonu komina [m]

$r$  — promień wewnętrzny trzonu komina [m]

Tablica 1

$h$	$R$	$r$	$R^2$	$r^2$	$R^4$	$r^4$	$R^4 - r^4$	$J$
5,0	5,765	5,365	33,2352	28,7832	1104,5785	828,4726	276,1059	216,85
15,0	5,565	5,165	30,9692	26,6772	959,0913	711,8730	247,4183	194,32
25,0	5,365	5,015	28,7832	25,1502	828,4726	632,5326	195,9400	153,89
35,0	5,165	4,815	26,6772	23,1842	711,6730	537,5071	174,1659	136,79
45,0	4,973	4,648	24,7307	21,6039	611,6075	466,7285	144,8790	113,79
55,0	4,798	4,498	23,0208	20,2320	529,9572	409,3338	120,6234	94,74
65,0	4,640	4,340	21,5296	18,8356	463,5237	354,7798	108,7439	85,41
75,0	4,490	4,220	20,1601	17,8084	406,4296	317,1391	89,2905	70,13
85,0	4,340	4,100	18,8356	16,8100	354,7798	282,5761	72,2037	56,71
95,0	4,190	3,980	17,5561	15,8404	308,2166	250,9183	57,2983	45,00
105,0	4,040	3,860	16,3216	14,8996	266,3946	221,9981	44,3965	34,87
115,0	3,890	3,740	15,1321	13,9876	228,9805	195,6530	33,3275	26,18
125,0	3,740	3,590	13,9876	12,8881	195,6530	166,1031	29,5499	23,21
135,0	3,590	3,440	12,8881	12,8336	166,1031	140,0341	26,0690	20,47
146,2	3,417	3,267	11,6759	10,6733	136,3266	113,9193	22,4073	17,60

Skupione w środku ciężkości wycinka komina siły poziome, odpowiadające parciu wiatru na dany wycinek komina wyznaczono przy założeniu średniej wartości  $w_i$  odpowiadającej rzędnej parcia jednostkowego w środku ciężkości wycinka.

Dlatego można było zapisać, że parcie wiatru na wycinek

$$W_i = w_i P_i \text{ [kG]}$$

i te wartości zestawiono na rysunku 34.

Rzędne momentów zginających od działania parcia wiatru w wybranych przekrojach wyznaczono jako sumę momentów wszystkich sił działających powyżej rozpatrywanego przekroju  $j$ , względem tego przekroju.

A więc:

$$M_j = \sum_{i=1}^j W_i h_i$$

Obliczenie wartości  $M_j$  wykonano w tabelicy 2 tak ją konstruując, aby można było wykorzystać w obliczeniach arytmometr. I tak w tabelicy zestawiono dla poszczególnych punktów  $j$ , siły  $W_i$  względem punktu  $j$ . Mnożąc kolejno wszystkie wartości  $W_i$  odpowiadające punktowi  $j$  przez odpowiednie wysokości  $h_i$  dla określonego punktu  $j$  i tworząc ich sumę otrzymano dla każdego poziomu  $j$  wartości momentu zginającego  $M_j$  [Tm], które zestawiono także na rysunku 34.

Wyznaczenie linii ugięcia osi komina przeprowadzono metodą graficzną Mohra z zastosowaniem tzw. belki wtórnej, którą obciążono tzw. obciążeniem wtórnym odpowiadającym powierzchni wykresu momentów zginających. Obciążenie to  $\bar{P}_i$  dla wycinka komina  $i$  należy zredukować stosując współczynnik redukcji odpowiadający stosunkowi danego momentu bezwładności do porównywanego momentu bezwładności (w tym przypadku  $J_1$ ).

Wówczas wartości sił skupionych odpowiadających obciążeniu wtórnemu z odcinka  $\Delta h$  wyznacza się wg tabelicy 3. Do wyznaczenia linii ugięcia osi komina od założonego obciążenia parciem wiatru można stosować metodę wykreślną Mohra (rys. 35), znaną z literatury przedmiotu.



	[ kg/m <sup>2</sup> ]		P [m <sup>2</sup> ]	d[m]	h [m]	W <sub>i</sub> [kG]	M <sub>i</sub> [Tm]
	39,0625			6,64	152,5		
35,99	37,53	W <sub>1</sub>	85,44	7,03	140	W <sub>1</sub> = 3206,56	M <sub>1</sub> = 19,88
33,53	34,78	W <sub>2</sub>	71,80	7,33	130	W <sub>2</sub> = 2495,77	M <sub>2</sub> = 64,33
31,07	32,30		74,80	7,63	120	W <sub>3</sub> = 2416,04	M <sub>3</sub> = 133,33
29,61	29,84		77,80	7,93	110	W <sub>4</sub> = 2321,55	M <sub>4</sub> = 226,06
26,15	27,18		80,80	8,23	100	W <sub>5</sub> = 2212,30	M <sub>5</sub> = 341,40
23,69	24,92		83,80	8,53	90	W <sub>6</sub> = 2088,30	M <sub>6</sub> = 478,28
21,23	22,46		86,80	8,83	80	W <sub>7</sub> = 1949,53	M <sub>7</sub> = 635,56
18,78	20,01		89,80	9,13	70	W <sub>8</sub> = 1796,90	M <sub>8</sub> = 810,54
16,32	17,55		92,80	9,43	60	W <sub>9</sub> = 1628,64	M <sub>9</sub> = 1004,15
13,86	15,09		95,75	9,76	50	W <sub>10</sub> = 1448,19	M <sub>10</sub> = 1212,49
11,40	12,63		99,47	10,13	40	W <sub>11</sub> = 1256,31	M <sub>11</sub> = 1434,38
8,40	10,17		103,30	10,53	30	W <sub>12</sub> = 1050,56	M <sub>12</sub> = 1667,79
6,40	7,71		107,30	10,93	20	W <sub>13</sub> = 827,28	M <sub>13</sub> = 1910,60
4,02	5,21	W <sub>14</sub>	111,50	11,37	10	W <sub>14</sub> = 585,38	M <sub>14</sub> = 2160,48
1,5675	2,79	W <sub>15</sub>	111,50	11,73	0	W <sub>15</sub> = 322,26	M <sub>15</sub> = 2414,97

Obliczenie wielkości jednostkowego parcia wiatru

$$W_i = \frac{V_i^2}{16} \quad [ \text{kg/m}^2 ]$$

Obliczenie parcia wiatru na poszczególne wycinki komina

$$W_i = w_i \cdot P_i$$

Obliczenie wielkości momentu zginającego od parcia wiatru w punkcie j

$$M_j = \sum_{i=0}^j W_i \cdot h_i \quad (\text{wg tabeli II})$$

Rys. 34

Tablica 2

Zestawienie wysokości  $h_i$  do obliczania  $M_i$

$j \backslash w$	$W_1$	$W_2$	$W_3$	$W_4$	$W_5$	$W_6$	$W_7$	$W_8$	$W_9$	$W_{10}$	$W_{11}$	$W_{12}$	$W_{13}$	$W_{14}$	$W_{15}$	$M_j$ [Tm]
1	6,20		równa się													→ 19,88
2	16,20	→ 4,96	równa się													→ 64,33
3	26,20	14,96	4,96													133,33
4	36,20	24,96	14,96	4,96												226,03
5	46,20	34,96	24,96	14,96	4,96											341,40
6	56,20	44,96	34,96	24,96	14,96	4,96										478,28
7	66,20	54,96	44,96	34,96	24,96	14,96	4,96									635,56
8	76,20	64,96	54,96	44,96	34,96	24,96	14,96	4,96								810,54
9	86,20	74,96	64,96	54,96	44,96	34,96	24,96	14,96	4,96							1004,15
10	96,20	86,96	74,96	64,96	54,96	44,96	34,96	24,96	14,96	4,96						1212,49
11	106,20	94,96	86,96	74,96	64,96	54,96	44,96	34,96	24,96	14,96	4,96					1434,38
12	116,20	104,96	94,96	84,96	74,96	64,96	54,96	44,96	34,96	24,96	14,96	4,96				1667,79
13	126,20	114,96	104,96	94,96	84,96	74,96	64,96	54,96	44,96	34,96	24,96	14,96	4,96			1910,60
14	136,20	124,96	114,96	104,96	94,96	84,96	74,96	64,96	54,96	44,96	34,96	24,96	14,96	4,96		2160,48
15	146,20	134,96	124,96	114,96	104,96	94,96	84,96	74,96	64,96	54,96	44,96	34,96	24,96	14,96	4,96	2414,91



Lp.	$\Delta h_i$	$M$ [Tm]	$\overline{P}_i$	$J_i$	$\frac{J_n}{J_1}$	$M_r$
1	12,5	19,88	124,25	17,60	1,00	124
2	10,0	64,33	421,05	20,47	1,16	363
3	10,0	133,33	988,30	23,21	1,32	749
4	10,0	226,03	1796,80	26,18	1,49	1206
5	10,0	341,40	2837,15	34,87	1,98	1433
6	10,0	478,28	4098,40	45,00	2,56	1601
7	10,0	635,56	5568,20	56,71	3,22	1729
8	10,0	810,54	7229,50	70,13	3,98	1816
9	10,0	1004,15	9073,45	85,41	4,85	1871
10	10,0	1212,49	11083,20	94,74	5,38	2060
11	10,0	1434,38	13234,35	113,79	6,47	2045
12	10,0	1667,79	15510,85	136,79	7,77	1996
13	10,0	1910,60	17891,95	153,89	8,74	2047
14	10,0	2160,48	20355,40	194,32	11,04	1844
15	10,0	2414,91	22876,95	216,85	12,32	1857

Obliczenie wielkości obciążenia wtórnego (powierzchni momentów)

$$\overline{P}_i = \frac{M_g + M_d}{2} \Delta h_i \quad [\text{Tm}^2]$$

Obliczenie współczynnika redukcji obciążenia wtórnego

$$\frac{J_i}{J_1}$$

Obliczenie rzędnych wykresu obciążenia wtórnego

$$M_r = \frac{J_n}{J_1} \overline{P} \quad [\text{Tm}^2]$$

### 3.3. Przykład obliczania wielkości ugięcia komina od wpływu jednostronnego nasłonecznienia (rys. 36, tablica 4)

Obliczenie zawarte w tablicy 4, wyznacza w poszczególnych jej kolumnach dla wybranych poziomów (wysokości nad terenem) wielkości tak aby w wyniku otrzymać wielkość przemieszczeń  $f$  zgodnie z wzorem

$$f_j = a_t \left[ \sum_{i=1}^j \Delta t_i \frac{h_i}{d_i} \left( h_i \frac{1}{2} + \sum_{i=1}^{j-1} h_i \right) \right]$$

W rozpatrywanym przypadku przyjęto:

$$a_t = 0,00001^\circ\text{C} \quad (\text{jak dla komina żelbetowego})$$

Rozkład  $t$  wzdłuż wysokości taki jak na rys. 22 na poziomie 0,00 przyjęto  $\Delta t = 6^\circ\text{C}$ .

Przykład obliczenia wielkości ugięcia komina od wpływu jednostronnego nasłonecznienia

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	16,00	5,00	13,80	6,1	9,908	0,362	0,06	0,02	0,00	0,00	0,06	0,0	0
5	11,60	12,50	10,98	6,4	7,115	1,138	0,46	0,07	0,02	0,25	0,71	0,1	5
17,5	10,35	12,50	9,72	6,7	8,038	1,286	0,54	0,09	0,09	1,12	1,66	0,8	17,5
30	9,10	10,00	8,90	7,1	5,618	1,124	0,40	0,08	0,18	1,80	2,20	2,4	30
40	8,70	10,00	8,50	7,4	5,882	1,176	0,44	0,09	0,26	2,60	3,04	4,6	40
50	8,30	10,00	8,10	7,7	6,173	1,235	0,48	0,10	0,35	3,50	4,48	7,7	50
60	7,90	10,00	7,70	8,0	6,494	1,299	0,52	0,10	0,45	4,50	5,02	11,2	60
70	7,50	10,00	7,30	8,3	6,849	1,370	0,57	0,11	0,55	5,50	6,07	16,2	70
80	7,10	10,00	6,90	8,6	7,246	1,449	0,62	0,12	0,66	6,60	7,22	22,2	80
90	6,70	10,00	6,50	8,9	6,692	1,539	0,68	0,14	0,78	7,80	8,48	29,5	90
100	6,30	10,00	6,10	9,0	8,197	1,639	0,74	0,15	0,92	9,20	9,94	37,9	100
110	5,90	10,00	5,70	9,0	8,772	1,754	0,79	0,16	1,07	10,70	11,49	47,9	110
120	5,50	10,00	5,30	9,0	9,434	1,887	0,85	0,17	1,23	12,30	13,15	59,4	120
130	5,10	10,00	4,90	9,0	10,204	2,041	0,92	0,18	1,40	14,00	14,92	72,5	130
140	4,70	10,00	4,50	9,0	11,111	2,222	1,00	0,20	1,58	15,80	16,80	87,4	140
150	4,30											104,2	150

Oznaczenia rubryk:

1 — wysokość komina  $H_i$ 2 — średnica komina  $D$ 3 — różnica wysokości pomiędzy sąsiednimi przekrojami  $dh$ 4 — uśredniona średnica komina  $d_i$ 5 — różnica temperatury  $\Delta t$ 

6 —  $\frac{h_i^2}{2d_i}$

7 —  $\frac{h_i}{d_i}$

8 —  $\frac{h_i^2}{2d_i} \Delta t_i \alpha_i$

9 —  $\frac{h_i}{d_i} \Delta t_i \alpha_i$

10 —  $\sum_{i=1}^{n-1} \frac{h_i}{d_i} \Delta t_i \alpha_i$

11 —  $h_i \sum_{i=1}^{n-1} \frac{h_i}{d_i} \Delta t_i \alpha_i$

12 —  $df$

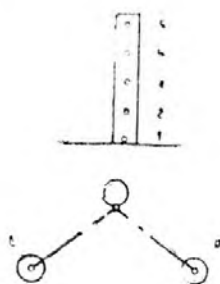
13 —  $f$

14 —  $h$



Rys. 36

Przykład wyznaczenia położenia spoczynkowego komina  $h = 152,5$  m poprzez obserwacje kątowe 5 stabilizowanych punktów (z dwóch stanowisk obserwacyjnych)



Rys. 37

Tablica 5

Nr	godz	Punkt 2		Punkt 3		Punkt 4		Punkt 5	
		L	P	L	P	L	P	L	P
1	5 <sup>20</sup>	-2,5	+4,7	-2,0	+2,0	-1,5	+5,2	-0,8	+7,6
2	5 <sup>30</sup>	-0,2	+3,1	-1,5	+3,9	-2,7	+3,3	-1,9	+6,0
3	5 <sup>40</sup>	-1,8	+1,8	-1,9	+3,5	-0,6	+3,2	+0,4	+2,6
4	5 <sup>50</sup>	-4,4	+2,4	+3,2	-1,0	-1,0	+4,2	-1,0	+3,0
5	6 <sup>00</sup>	-0,8	+2,7	-4,3	+3,2	-2,9	+2,5	-2,6	-3,2
6	6 <sup>10</sup>	+0,6	+2,1	-1,1	-1,3	-4,3	+2,9	-3,9	-1,8
7	6 <sup>20</sup>	-1,9	+1,8	-1,1	-1,4	-1,1	+2,7	-0,5	+5,3
8	6 <sup>30</sup>	-2,7	+1,2	-1,4	-1,7	-1,0	+0,1	-0,9	+4,6
9	6 <sup>40</sup>	-2,3	+1,1	+4,4	-0,1	+2,3	-3,6	-0,3	-5,9
10	6 <sup>50</sup>	-0,2	+3,2	+4,3	+0,2	-3,3	-5,2	+1,1	-1,2
11	7 <sup>00</sup>	-0,7	+2,8	+2,5	-1,6	+3,1	+1,0	-6,5	-0,9
12	7 <sup>10</sup>	-2,1	+0,6	-2,4	+1,2	-0,3	+6,6	+1,7	+8,8
13	7 <sup>20</sup>	-3,3	-2,1	-1,3	+1,0	-3,1	+7,5	+0,4	+8,7
14	7 <sup>30</sup>	-6,7	-2,2	-4,6	+0,6	-5,0	+3,8	-1,1	+5,1
15	7 <sup>40</sup>	-1,6	+1,0	+0,2	-0,2	-2,5	+12,4	-2,5	+0,1
średnia		-2,0	+1,6	-0,6	+0,8	-1,6	+3,1	-1,2	+2,6

Wielkości w tabeli  $\Delta a$  — w sekundach

$$\Delta a_{n,i} = a_{n,1} - a_{n,2}$$

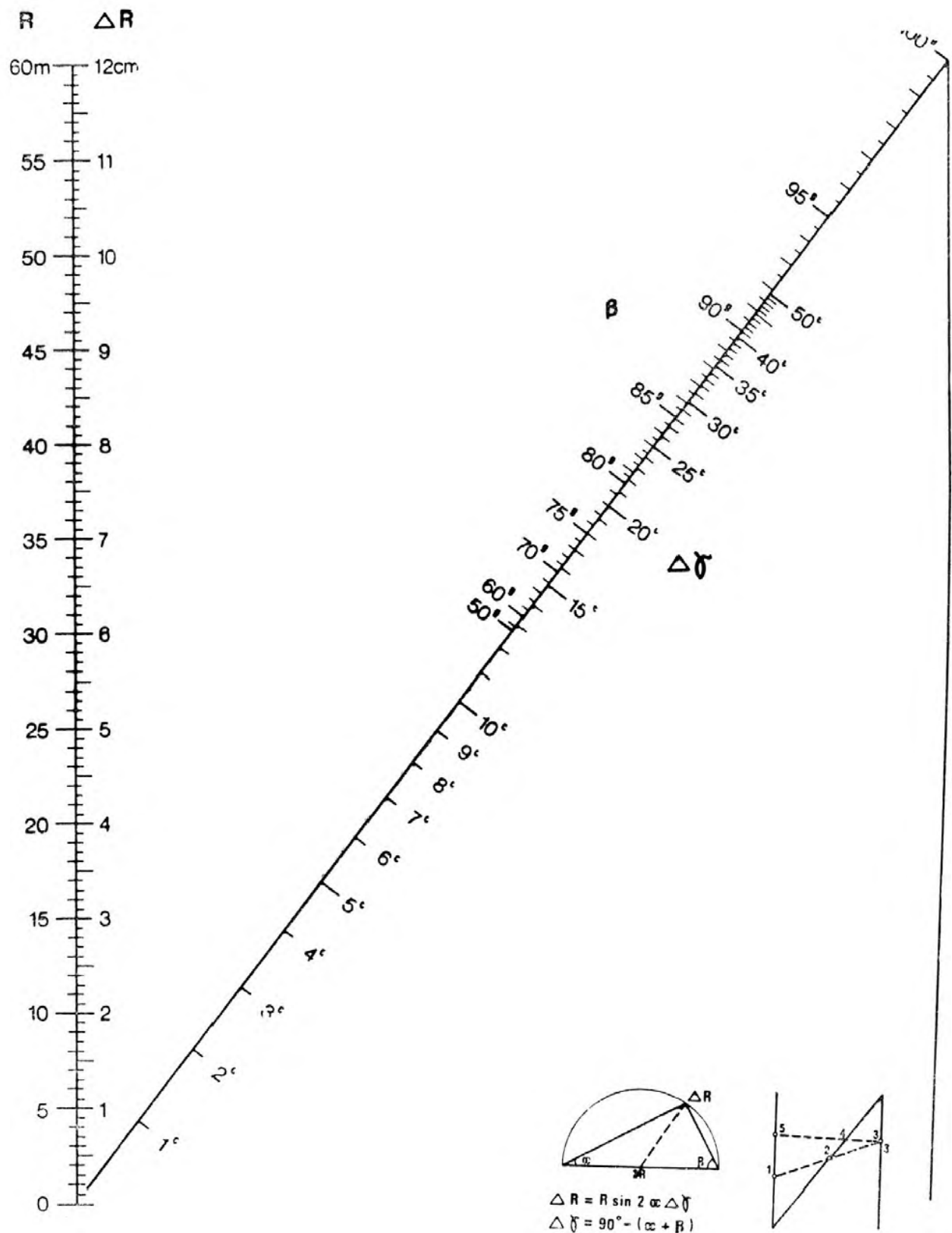
$i$  — nr kolejnej obserwacji wykonanej w momencie  $t_i$

$n$  — nr punktu celu

$a_{n,i}$  — kąt zawarty między kierunkami — punkt celu 1} ze stanowiska

— punkt celu n} obserwacyjnego (L lub P) w momencie  $t_i$

Obserwacje wykonano dwoma teodolitami Wild T3



Rys. 38.  
 Nomogram do wyznaczania odchyłek promieniowych

Cena zł 22,-



WYDAWNICTWA PRZEMYSŁU MASZYNOWEGO „WEMA”