ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

Nr 48 Budownictwo z.5 1962

STEFAN MERCIK

# ANALIZA DOKŁADNOŚCI GEODEZYJNYCH BADAŃ ODKSZTAŁCEŃ KOMINÓW PRZEMYSŁOWYCH

Streszczenie. W artykule autor omawia zastosowaną przez niego różnicową metodę pomiaru zwaną także metodą analityczno-graficzną do badania pionowości osi komina przemysłowego. Metoda różnicowa przy małym nakładzie pracy polowej i obliczeniowej pozwala uzyskać stosunkowo wysoką dokładność pomiaru przesunięć punktów osi komina. Może ona być również zastosowana do okresowych badań pionowości osi kominów pod warunkiem staranniejszej stabilizacji punktów i kontroli ich stałości.

W końcowej części artykułu autor przeprowadza na podstawie uzyskanych wyników analizę potrzebnej dokładności geodezyjnych badań odkształceń kominów przemysłowych.

## 1. Wstęp

Odkształcenia terenu spowodowane górniczą eksploatacją podziemną, a także nierównomierne osiadanie gruntu wynikające z odmiennych właściwości wytrzymałościowych warstw podłoża wraz z występującymi w nim zmianami stosunków wodnych powodują odkształcanie się budowli.

Zjawisko nierównomiernego osiadania gruntu jest szczególnie niebezpieczne dla budowli typu wieżowego jak np. kominów przemysłowych, które wraz z utratą stateczności mogą ulegać groźnym w skutkach awariom.

Na stateczność i wielkość odkształceń kominów przemysłowych oprócz wyżej wymienionych mają także wpływy termiczne. Niejednokrotnie zmiany konstrukcyjne w sposobie doprowadzenia gazów lub zmiany ich temperatury powodują zanikanie od-

kształceń. W niniejszej pracy omówiono wyniki badań i obliczeń komina przemysłowego murowanego cegielni w Gliwicach przy ul. Rybnickiej 47 i oparto się na nich w przeprowadzonej analizie dokładności. W okresie eksploatacji od 1936 r. komin ten wielokrotnie poddawany był remontom.

Długi okres eksploatacji a także uszkodzenia konstrukcji przy dalszym użytkowaniu mogły być niebezpieczne dla otoczenia. Badanie tego komina przeprowadzono na zlecenie Dyrekcji Cegielni.

## 2. Wybór metody pomiaru

Najogólniejszą metodą badań kształtu osi kominów jest metoda wcięć przeprowadzonych i trzech odpowiednio rozmieszczonych punktów podstawowego trójkąta albo innych 3 punktów o określonym położeniu. Badania dokonywane tą metodą charakteryzują się dużym nakładem pracy polowej i obliczeniowej. Zastosowanie innych, prostszych metod jak np. rzutowania na bazę pomiarową nie zawsze prowadzi do celu ze względu na stosunkowo małą dokładność pomiaru i trudności terenowe (brak odpowiedniego miejsca na bazę).

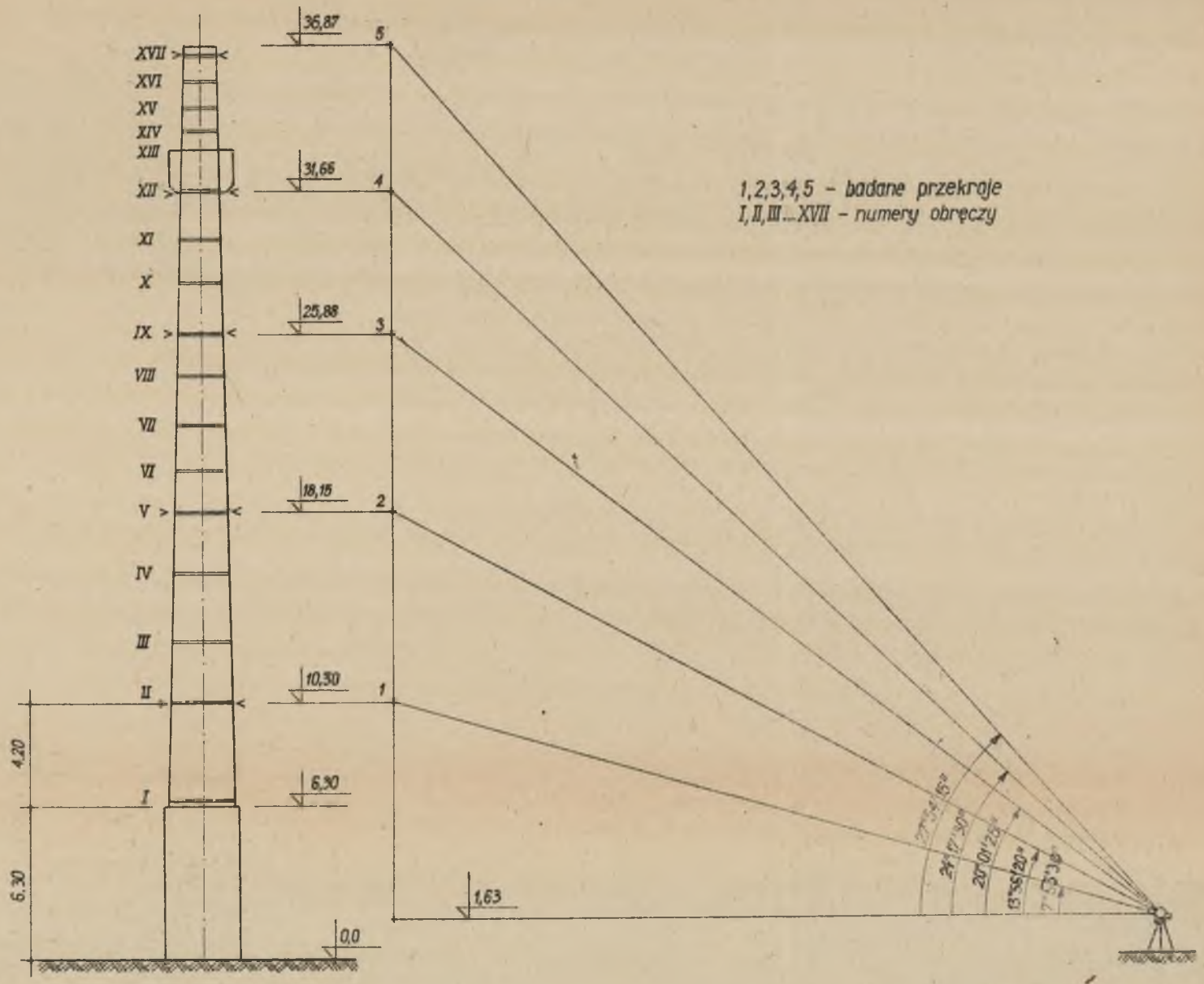
Pomiaru wychyleń osi komina dokonano metodą różnicową. Polega ona na tym, że względem przekroju najniższego przyjętego na nieruchowy, oblicza się różnice średnich kierunków osi celowych stycznych do zewnętrznej powierzchni komina w poszczególnych przekrojach.

Różnice kierunków i długości celowych są podstawą do obliczenia linowych przemieszczeń poziomych punktów osi komina w badanych przekrojach.

## 3. Obserwacje

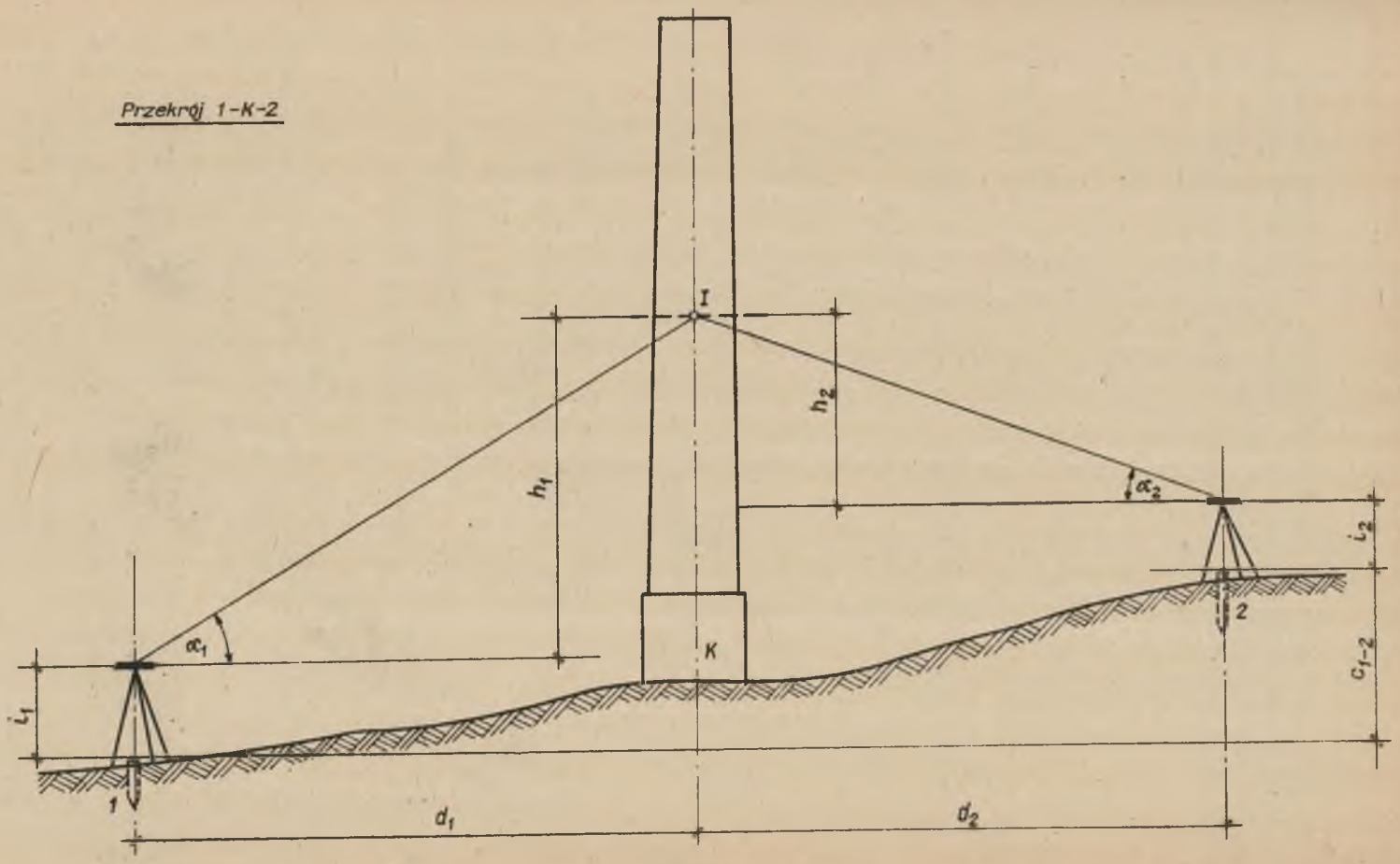
### 3.1. Pomiar kierunków

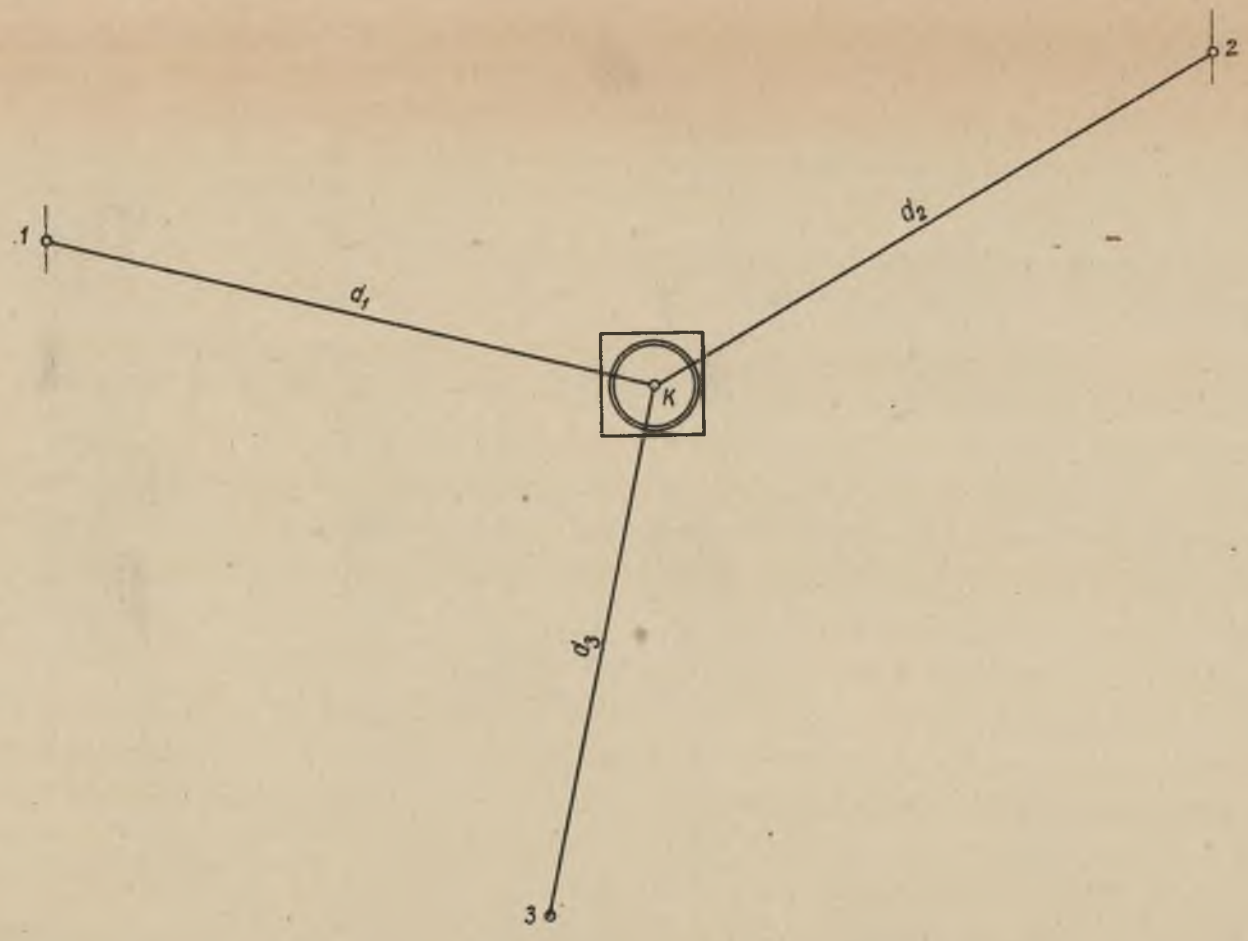
Stanowiska obserwacyjne obrano w przybliżeniu na wierzchołkach trójkąta równobocznego z tym, że oś komina przechodziła również w przybliżeniu przez środek ciężkości tego trójkąta. W ten sposób uzyskano najdogodniejsze warunki do wcięć. Z tak obranych stanowisk utrwalonych prowizorycznie przy pomocy palików drewnianych z gwoździem obserwowano kierunki osi celowych stycznych do zewnętrznej powierzchni komina w pięciu jego przekrojach.




Rys. 1. Widok komina z oznaczeniem i wysokościami badanych przekrojów

Przekrój 1-K-2




Rys.2

Badane przekroje obierano dla ułatwienia celowania w miejscach gdzie znajdowały się stalowe obręcze. W przypadku gdy komin nie posiada obręczy należy wyznaczyć dla każdego stanowiska obserwacyjnego pionowe kąty celowania do poszczególnych przekrojów.

$$i_1 + h_1 = C_{1-2} + i_2 + h_2$$

$$\frac{h_1}{d_1} = \operatorname{tg}\alpha_1 \longrightarrow \alpha_1 \qquad H_I^{①} = W_1 + i_1 + d_1 \cdot \operatorname{tg}\alpha_1$$

$$h_2 = i_1 - i_2 + h_1 - C_{1-2} \qquad H_I^{②} = W_2 + i_2 + d_2 \cdot \operatorname{tg}\alpha_2$$

$$C_{1-2} = W_1 - W_2$$

$$\frac{h_2}{d_2} = \operatorname{tg}\alpha_2 \longrightarrow \alpha_2$$

$i$ - wysokość instrumentu

$h_1$ - wysokość przekroju I ze stanowiska ①

$\alpha$ - kąty pionowe

$h_2$ - wysokość przekroju II ze stanowiska ②

$C_{1-2}$ - różnica wysokości stanowisk

$W_{1,2}$ - wysokość stanowisk

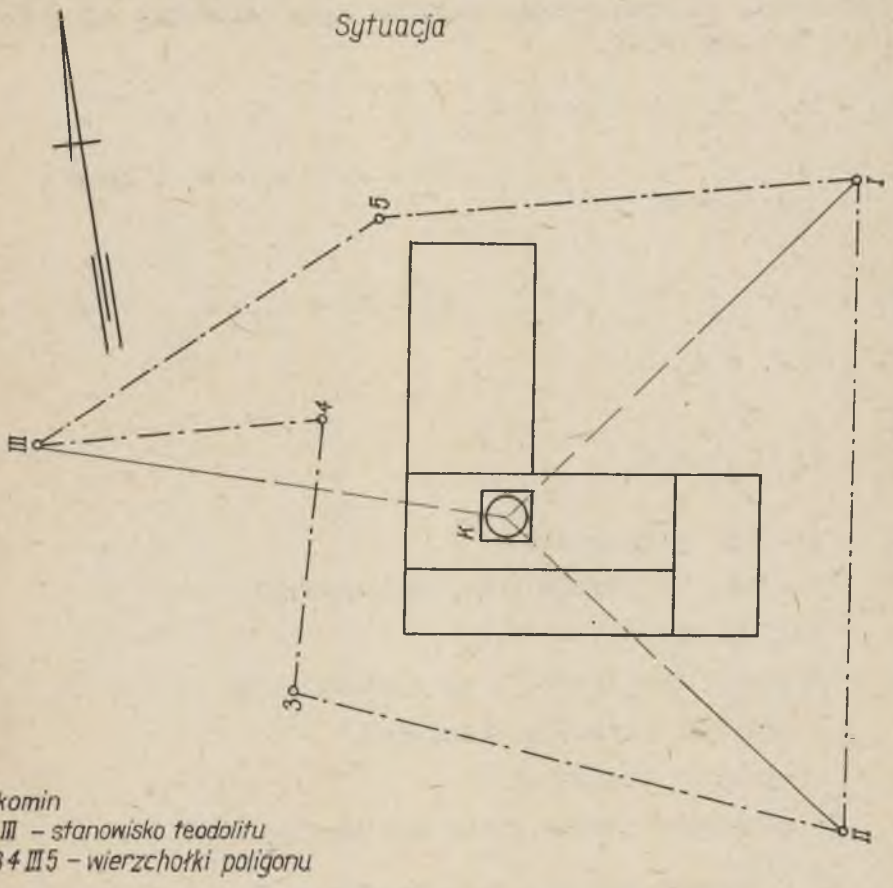
$d$ - odległość stanowiska od osi komina

$H_I^{①}$, $H_I^{②}$ - bezwzględna wysokość przekroju I. ze stanowiska ①,②

Przyjęcie ilości badanych przekrojów uzależnione jest od aktualnego stanu komina lub spodziewanych odkształceń. Na ogół ilość badanych przekrojów zagęszcza się na ok. 1/3 wysokości licząc od góry, gdyż na tym odcinku występują zwykle największe odkształcenia.

Pomiar kierunków na każdym stanowisku należy rozpocząć od punktu najbardziej odległego, naświetlonego i ostro zarysowanego. Przy pomiarze kierunków posługiwano się teodolitem precyzyjnym firmy Freiberger Nr 24193 o dokładności odczytu 1 sekunda. Pomiar kierunków wykonano w dwóch seriach i w dwóch położeniach lunety, rozpoczynając od przekrojów najniższych i przechodząc kolejno do przekrojów wyższych.

Sposób notowania wyników pomiaru kierunków podano dla przykładu w tablicy 1. W rozpatrywanym przykładzie pomiaru




K - komin
I II III - stanowisko teodolitu
I II 3 4 III 5 - wierzchołki poligonu

Rys.3

kierunków dokonywano ze stanowiska II. Celem uproszczenia zestawień wyniki pomiaru kierunków w postaci średniej z kierunków osi celowych stycznych do zewnętrznej powierzchni komina w poszczególnych przekrojach przedstawiono w tablicy 2.

Stanowisko II

| Punkty obserw. | Położ. lunety | Seria I | | | | Średnia serii I | | Seria II | | | | Średnia serii II | | Średnia I | | | Średnia II | | | Średnia na oś kom. | | | Uwagi |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ° | ′ | ″ | śred. | ′ | ″ | ° | ′ | ″ | śred. | ′ | ″ | ° | ′ | ″ | ° | ′ | ″ | ° | ′ | ″ | |
| B | I | 00 | 00 | 50 | | 00 | 40 | 0 | 01 | 02 | | 00 | 52 | | | | | | | | | | Data 22.II.1960 r. godz. 9.00 - 10,50 |
| | | | | 50 | 00 50 | | | | | 00 | 01 01 | | | | | | | | | | | | |
| | II | 180 | 00 | 28 | | | | 180 | 00 | 42 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 30 | 00 29 | 00 | 00 | | | 44 | 00 43 | 00 | 00 | | | | | | | | | | |
| 1 l | I | 235 | 57 | 45 | | 57 | 36 | 235 | 58 | 01 | | 57 | 32 | | | | | | | | | | Obserwował Kot Jan |
| | | | | 47 | 57 46 | | | | | 03 | 58 02 | | | | | | | | | | | | |
| | II | 55 | 57 | 24 | | | | 55 | 57 | 42 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 26 | 57 25 | 56 | 56 | | | 42 | 57 42 | 57 | 00 | 235 | 56 | 58 | | | | | | | Instrum. Freiberger Nr 24193 |
| 1p | I | 237 | 55 | 48 | | 55 | 36 | 237 | 56 | 07 | | 55 | 54 | | | | | | | 236 | 55 | 58 | Stan pogody pochmurno temp. + 9°C |
| | | | | 48 | 55 48 | | | | | 07 | 56 07 | | | | | | | | | | | | |
| | II | 57 | 55 | 24 | | | | 57 | 55 | 42 | | | | | | | | | | | | | wiatr 2 m/sek |
| | | | | 24 | 55 23 | 56 | 56 | | | 40 | 55 41 | 55 | 02 | 237 | 54 | 59 | | | | | | | |
| 2 l | I | 236 | 05 | 11 | | 04 | 54 | 236 | 05 | 28 | | 05 | 16 | | | | | | | | | | lekka mżawka |
| | | | | 13 | 05 12 | | | | | 28 | 05 28 | | | | | | | | | | | | |
| | II | 56 | 04 | 38 | | | | 56 | 05 | 04 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 34 | 04 36 | 04 | 14 | | | 06 | 05 05 | 04 | 24 | 236 | 04 | 19 | | | | | | | |
| 2p | I | 237 | 46 | 29 | | 46 | 14 | 237 | 46 | 53 | | 46 | 40 | | | | | | | 236 | 55 | 00 | |
| | | | | 27 | 46 28 | | | | | 53 | 46 53 | | | | | | | | | | | | |
| | II | 57 | 46 | 00 | | | | 57 | 46 | 28 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 00 | 46 00 | 45 | 34 | | | 28 | 46 28 | 45 | 48 | 237 | 45 | 41 | | | | | | | |
| 3 l | I | 236 | 12 | 43 | | 12 | 22 | 236 | 12 | 57 | | 12 | 45 | | | | | | | | | | |
| | | | | 41 | 12 42 | | | | | 59 | 12 58 | | | | | | | | | | | | |
| | II | 56 | 12 | 00 | | | | 56 | 12 | 33 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 04 | 12 02 | 11 | 42 | | | 31 | 12 32 | 11 | 53 | 236 | 11 | 48 | | | | | | | |
| 3p | I | 237 | 37 | 28 | | 37 | 06 | 237 | 37 | 52 | | 37 | 35 | | | | | | | 236 | 54 | 12 | |
| | | | | 24 | 37 26 | | | | | 50 | 37 51 | | | | | | | | | | | | |
| | II | 57 | 36 | 46 | | | | 57 | 37 | 20 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 46 | 36 46 | 36 | 31 | | | 18 | 37 19 | 36 | 43 | 237 | 36 | 37 | | | | | | | |
| 4 l | I | 236 | 17 | 26 | | 17 | 07 | 236 | 17 | 54 | | 17 | 38 | | | | | | | | | | |
| | | | | 26 | 17 26 | | | | | 54 | 17 54 | | | | | | | | | | | | |
| | II | 56 | 16 | 48 | | | | 56 | 17 | 22 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 48 | 16 48 | 16 | 32 | | | 24 | 17 23 | 16 | 46 | 236 | 16 | 39 | | | | | | | |
| 4p | I | 237 | 32 | 00 | | 31 | 37 | 237 | 32 | 24 | | 32 | 04 | | | | | | | 236 | 53 | 53 | |
| | | | | 56 | 31 58 | | | | | 20 | 32 22 | | | | | | | | | | | | |
| | II | 57 | 31 | 17 | | | | 57 | 31 | 44 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 13 | 31 16 | 31 | 02 | | | 46 | 31 45 | 31 | 12 | 237 | 31 | 07 | | | | | | | |
| 5 l | I | 236 | 24 | 20 | | 23 | 59 | 236 | 24 | 52 | | 24 | 38 | | | | | | | | | | |
| | | | | 22 | 24 21 | | | | | 52 | 24 52 | | | | | | | | | | | | |
| | II | 56 | 23 | 37 | | | | 56 | 24 | 25 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 37 | 23 37 | 23 | 23 | | | 25 | 24 25 | 23 | 46 | 236 | 23 | 35 | | | | | | | |
| 5p | I | 237 | 29 | 47 | | 29 | -2 | 237 | 30 | 15 | | 29 | +1 | | | | | | | 236 | 56 | 14 | |
| | | | | 45 | 29 46 | | 21 | | | 13 | 30 14 | | 55 | | | | | | | | | | |
| | II | 57 | 28 | 57 | | | | 57 | 29 | 35 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 55 | 28 56 | 28 | 44 | | | 35 | 29 35 | 29 | 04 | 237 | 28 | 58 | | | | | | | |
| B | I | 0 | 00 | 51 | | 00 | -3 | 0 | 01 | 02 | | 00 | +2 | | | | | | | | | | |
| | | | | 53 | 00 52 | | 39 | | | 02 | 01 02 | | 55 | | | | | | | | | | |
| | II | 180 | 00 | 24 | | | | 180 | 00 | 38 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 26 | 00 25 | 00 | 00 | | | 40 | 00 39 | 00 | 00 | | | | | | | | | | |

### 3.2. Pomiar kątów wierzchołkowych poligonu

W celu obliczenia współrzędnych osiowego punktu k w przekroju 1 (rys.4) oraz długości celowych wcinających założono poligon o wierzchołkach I, II, 3, 4, III, 5 (rys.5).

Pomiaru kątów wierzchołkowych dokonano w jednej serii i w dwóch położeniach lunety otrzymując następujące wyniki:

| Wierzchołek | kąt | | |
|---|---|---|---|
| | o | ' | " |
| I | 84 | 03 | 34 |
| II | 78 | 22 | 29 |
| 3 | 98 | 43 | 01 |
| 4 | 278 | 40 | 15 |
| III | 29 | 38 | 06 |
| 5 | 150 | 32 | 31 |

### 3.3. Pomiar kątów pionowych

Pomiar kątów pionowych posłużył do obliczenia wysokości punktów osiowych komina w poszczególnych przekrojach. Pomiar ten wykonany został w dwóch położeniach lunety.

Wyniki notowane były w specjalnym dzienniku. Otrzymano następujące średnie kierunki:

| Przekrój | Kierunki średnie | | |
|---|---|---|---|
| | o | ' | " |
| 1 | 7 | 35 | 30 |
| 2 | 13 | 56 | 20 |
| 3 | 20 | 01 | 25 |
| 4 | 24 | 17 | 30 |
| 5 | 27 | 54 | 15 |

Tablica 2

| Obserwow. punkty | | Średnia na oś | | | Obserwow. punkty | | Średnia na oś | | | Obserwow. punkty | | Średnia na oś | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | o | ' | " | | | o | ' | " | | | o | ' | " |
| St.I | A | | | | St.II | B | | | | St.III | C | | | |
| | 1l | | | | | 1l | | | | | 1l | | | |
| | 1p | 248 | 45 | 21 | | 1p | 236 | 55 | 58 | | 1p | 65 | 57 | 35 |
| | 2l | | | | | 2l | | | | | 2l | | | |
| | 2p | 248 | 44 | 48 | | 2p | 236 | 55 | 00 | | 2p | 65 | 58 | 12 |
| | 3l | | | | | 3l | | | | | 3l | | | |
| | 3p | 248 | 43 | 30 | | 3p | 236 | 54 | 12 | | 3p | 65 | 59 | 37 |
| | 4l | | | | | 4l | | | | | 4l | | | |
| | 4p | 248 | 41 | 06 | | 4p | 236 | 53 | 53 | | 4p | 66 | 01 | 31 |
| | 5l | | | | | 5l | | | | | 5l | | | |
| | 5p | 248 | 35 | 32 | | 5p | 236 | 56 | 14 | | 5p | 66 | 03 | 41 |
| | A | | | | | B | | | | | C | | | |

### 3.4. Pomiar długości

Boki założonego poligonu pomierzono dwukrotnie taśmą stalową o dług. 50 m.

Otrzymano następujące średnie długości:

| Bok | Średnia m | Uwagi |
|---|---|---|
| I-II | 86,64 | Temp. w czasie pomiaru +9°C, |
| II-3 | 74,86 | Warunki pomiaru utrudnione. |
| 4-III | 37,68 | |
| 3-4 | 36,96 | |
| III-5 | 55,18 | |
| 5-I | 64,29 | |

Z analizy wzoru

$$d_i = \Delta\alpha'' \frac{l_i}{\rho''}$$

na przemieszczenie liniowe badanego punktu osi komina wynika, że długości boków poligonu wystarczy mierzyć z błędem względnym około 1:500.

Podczas omawianego pomiaru warunek ten był spełniony z dużym zapasem, gdyż średni błąd pomiaru długości wynosił ±1,0 cm.

## 4. Obliczenia

### 4.1. Obliczenie różnic kątowych $\Delta\alpha$

Podczas obserwacji kierunków na każdym stanowisku sprawdzano ich zgodność między serią pierwszą i drugą oraz zamknięcie horyzontu. Następnie zredukowano kierunki do kierunku kontrolnego, poczem obliczono średnie kierunki osi celowych stycznych do zewnętrznej powierzchni komina w poszczególnych przekrojach. W dalszej kolejności obliczono różnice między średnim kierunkiem w przekroju najniższym (1) a analogicznymi kierunkami w pozostałych przekrojach (2, 3, 4, 5).

Tablica 3

Obliczenie przemieszczeń liniowych

| Stanowisko | Nr przekr. | Kierunek | | | Różnica kierunków | | Różn. kier. w sek. | $\frac{1}{\rho''}$ | $d_i = \Delta\alpha'' \frac{l}{\rho''}$ [mm] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | | | 4 | | 5 | 6 | 7 |
| | | ° | ' | " | ' | " | | | |
| | 1 | 248 | 45 | 21 | | | | $l_{I-k}$=66,54 m | |
| | | | | | -0 | 33 | 33 | 0,3226 | -10,6 |
| I | 2 | 248 | 44 | 48 | | | | | |
| | | | | | -1 | 51 | 111 | | -35,8 |
| | 3 | 248 | 43 | 30 | | | | | |
| | | | | | -4 | 15 | 255 | | -82,3 |
| | 4 | 248 | 41 | 06 | | | | | |
| | | | | | -9 | 49 | 589 | | -190,0 |
| | 5 | 248 | 35 | 32 | | | | | |
| | 1 | 236 | 55 | 58 | | | | $l_{II-k}$=64,00 m | |
| | | | | | -0 | 58 | 58 | 0,3103 | -18,0 |
| | 2 | 236 | 55 | 00 | | | | | |
| II | | | | | -1 | 46 | 106 | | -32,9 |
| | 3 | 236 | 54 | 12 | | | | | |
| | | | | | -2 | 05 | 125 | | -38,8 |
| | 4 | 236 | 53 | 53 | | | | | |
| | | | | | +0 | 16 | 16 | | +5,0 |
| | 5 | 236 | 56 | 14 | | | | | |
| | 1 | 65 | 57 | 33 | | | | $l_{III-k}$=60,59 m | |
| | | | | | +0 | 39 | 39 | 0,2937 | +11,5 |
| III | 2 | 65 | 58 | 12 | | | | | |
| | | | | | +2 | 04 | 124 | | +36,4 |
| | 3 | 65 | 59 | 37 | | | | | |
| | | | | | +3 | 58 | 238 | | +69,9 |
| | 4 | 66 | 01 | 31 | | | | | |
| | | | | | +6 | 08 | 368 | | +108,1 |
| | 5 | 66 | 03 | 41 | | | | | |

Tablica 4

| Nr ciągu | Oznaczenie wierzchołków poligonu | Kąty wierzchołkowe $\beta_i$ | | | Azymuty $\alpha_i$ | | | Długości boków b | Rzuty boków na oś: odciętych $\Delta x = b \cdot \cos\alpha$ poprawki $C_i^x$ | | rzędnych $\Delta y = b \cdot \sin\alpha$ poprawki $C_i^y$ | | Poprawione rzuty: $\Delta x$ współrzędne x | $\Delta y$ współrzędne y | Oznaczenie wierzchołków poligonu |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ° | ′ | ″ | ° | ′ | ″ | m | + | − | + | − | m | m | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| | I | | | | | | | | | | | | 100,00 | 200,00 | I |
| | II | | | | 191 | 25 | 00 | 86,84 | | 85,12 +1 | | 17,19 +1 | | | |
| | | 78 | 22 | 29 +1 | | | | | | | | | 14,89 | 182,82 | II |
| | 3 | | | | 293 | 02 | 30 | 74,86 | 29,30 | | | 68,89 +1 | | | 3 |
| | | 98 | 45 | 01 −1 | | | | | | | | | 44,19 | 113,94 | |
| | 4 | | | | 14 | 19 | 30 | 36,96 | 35,81 | | 9,14 | | | | 4 |
| | | 278 | 40 | 15 +5 | | | | | | | | | 80,00 | 123,08 | |
| | | | | | 275 | 39 | 10 | 37,68 | 3,70 | | | 37,50 | | | |
| | III | | | | | | | | | | | | | | III |
| | | 29 | 38 | 06 +4 | | | | | | | | | 83,70 | 85,58 | |
| | 5 | | | | 66 | 01 | 00 | 55,18 | 22,43 | | 50,42 | | | | |
| | | 150 | 32 | 31 −1 | | | | | | | | | 106,13 | 136,00 | 5 |
| | | | | | 95 | 28 | 30 | 64,29 | | 6,13 | 64,00 | | | | |
| | I | | | | | | | | | | | | | | I |
| | | 84 | 03 | 34 −4 | | | | | 91,24 | 91,25 | 123,56 | 123,58 | 100,00 | 200,00 | |
| | | | | | | | | | −91,25 | | 123,58 | | | | |
| | | | | | | | | | −0,01 | | −0,02 | | | | |
| | | 719 | 59 | 56 | 191 | 25 | 00 | | | | | | | | |
| | II | 720 | 00 | 00 | | | | | | | | | | | II |
| | | | | −4 | | | | | | | | | | | |

Różnice wielkości kątowych $\Delta\alpha$ wyznaczone ze średnich kierunków na poszczególnych stanowiskach odpowiadają liniowym wielkościom przesunięć poziomych badanych punktów komina w kierunku prostopadłym do pionowych płaszczyzn celowych, których śladami są proste I K, II K, III K.

4.2. Obliczenie składowych przesunięć linowych-poziomych

Podstawiając wartości $\Delta\alpha''$ do wzoru

$$d_i = \Delta\alpha'' \frac{l_i}{\rho''}$$

otrzymamy składowe przesunięć linowych obliczone z danego stanowiska.

$d_{i\ mm}$ - przesunięcie linowe prostopadłe do celowej

$l_i$ - odległość od stanowiska do osi komina w przekroju najniższym

$\Delta\alpha$ - przesunięcie kątowe w sekundach

$\rho$ - zamiennik sekundowy 206 265

4.3. Obliczenie współrzędnych wierzchołków poligonu

Za początek lokalnego układu współrzędnych przyjęto stanowisko I o współrzędnych

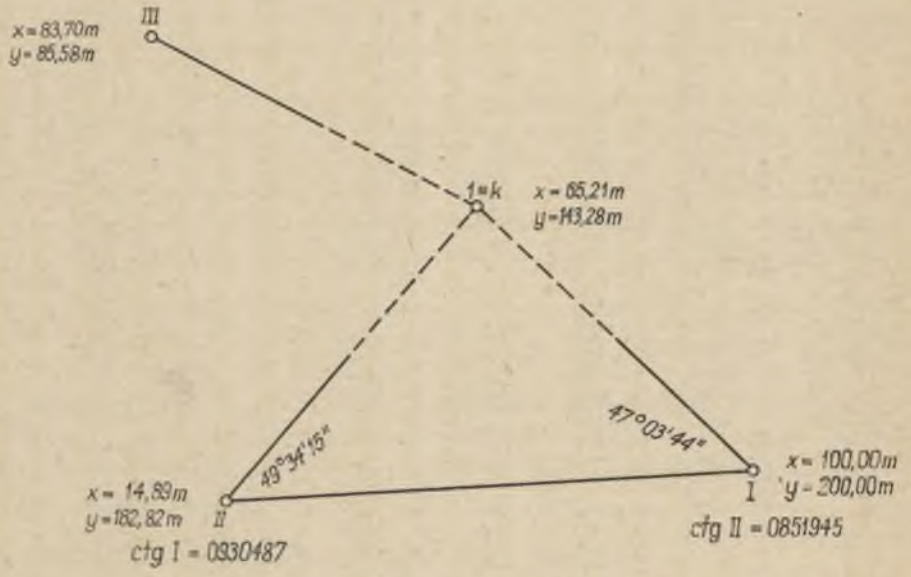
$$I_x = 100{,}00\ m \qquad I_y = 200{,}00\ m$$

Pomierzone długości boków i kąty wierzchołkowe oraz azymut magnetyczny boku I-II były podstawą do obliczenia współrzędnych stanowisk oraz współrzędnych osiowego punktu komina w przekroju 1.

Obliczenie współrzędnych umożliwiło naniesienie tych punktów na karton w celu graficznego wyznaczenia wektora przesunięcia punktu wierzchołkowego komina.

## 4.4. Obliczenie współrzędnych osiowego punktu komina w przekroju 1 i długości celowych

Obliczenie współrzędnych osiowego punktu komina sprowadza się do rozwiązania zagadnienia wcięcia w przód. Rachunek upraszcza się tu znacznie przy zastosowaniu symboli prof. S.Hausbrandta. Długości celowych wcinających $l_i$ zostały obliczone ze współrzędnych.




Rys.4

## 4.5. Obliczenie promieni w poszczególnych przekrojach komina

Obliczenie promieni w tych samych przekrojach z trzech różnych stanowisk i porównanie ich wskazuje na dużą ich zgodność, gdyż różnice nie przekraczają 1 cm. Jest to związane z dużą dokładnością wykonania komina oraz brakiem znaczniejszych odkształceń jego powierzchni zewnętrznej.

Tablica 5

$$f \equiv \begin{vmatrix} X_A & y_A \\ -1 & \operatorname{ctg}\beta \end{vmatrix} \begin{vmatrix} X_B & y_B \\ 1 & \operatorname{ctg}\alpha \end{vmatrix}$$

$$f \equiv \begin{vmatrix} 100,00 & 200,00 \\ -1 & 0,851\ 945 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 14,89 & 182,82 \\ +1 & 0,930.487 \end{vmatrix}$$

$$x_k = f_{(1)} = \frac{116,22945}{1,782432} = 65,21\ \text{m}$$

$$y_k = f_{(2)} = \frac{255.3906}{1,782432} = 143,28\ \text{m}$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \begin{vmatrix} \Delta x_L & \Delta y_L \\ \Delta x_p & \Delta y_p \end{vmatrix}_0 = \begin{vmatrix} 34,79 & 56,72 \\ -50,32 & 39,54 \end{vmatrix} = \frac{4229,7470}{492,0760} = 8,59572$$

$$\alpha = 83^\circ\ 21'\ 53''$$

$$l_{I\text{-}k} = \sqrt{34,79^2 + 56,72^2} = \sqrt{4427,5025} = 66,54\ \text{m}$$

$$l_{II\text{-}k} = \sqrt{50,32^2 + 39,54^2} = \sqrt{4095,5140} = 64,00\ \text{m}$$

$$l_{III\text{-}k} = \sqrt{18,49^2 + 57,70^2} = \sqrt{3671,1701} = 60,59\ \text{m}$$

Tablica 6

| | Nr przekr. | Odległość $l_i$ [m] | $\frac{l_i}{\rho''}$ | $\frac{\alpha}{2}$ | | $\frac{\alpha}{2}$ | r [m] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ' | " | " | |
| Stanowisko I | 1 | 66.54 | 0.3226 | 56 | 49 | 3409 | 1.10 |
| | 2 | | | 48 | 37 | 2917 | 0.94 |
| | 3 | | | 41 | 03 | 2463 | 0.79 |
| | 4 | | | 36 | 08 | 2168 | 0.70 |
| | 5 | | | 32 | 09 | 1929 | 0.62 |
| Stanowisko II | | | | | | | |
| | 1 | 64.00 | 0.3103 | 59 | 00 | 3540 | 1.10 |
| | 2 | | | 50 | 41 | 3041 | 0.94 |
| | 3 | | | 42 | 25 | 2545 | 0.79 |
| | 4 | | | 37 | 14 | 2234 | 0.69 |
| | 5 | | | 32 | 40 | 1960 | 0.61 |
| Stanowisko III | | | | | | | |
| | 1 | 60.59 | 0.2937 | 62 | 03 | 3723 | 1.09 |
| | 2 | | | 53 | 13 | 3193 | 0.94 |
| | 3 | | | 44 | 44 | 2684 | 0.79 |
| | 4 | | | 39 | 03 | 2343 | 0.69 |
| | 5 | | | 34 | 31 | 2071 | 0.61 |

## 5. Graficzne opracowanie wyników pomiaru

### 5.1. Tok czynności

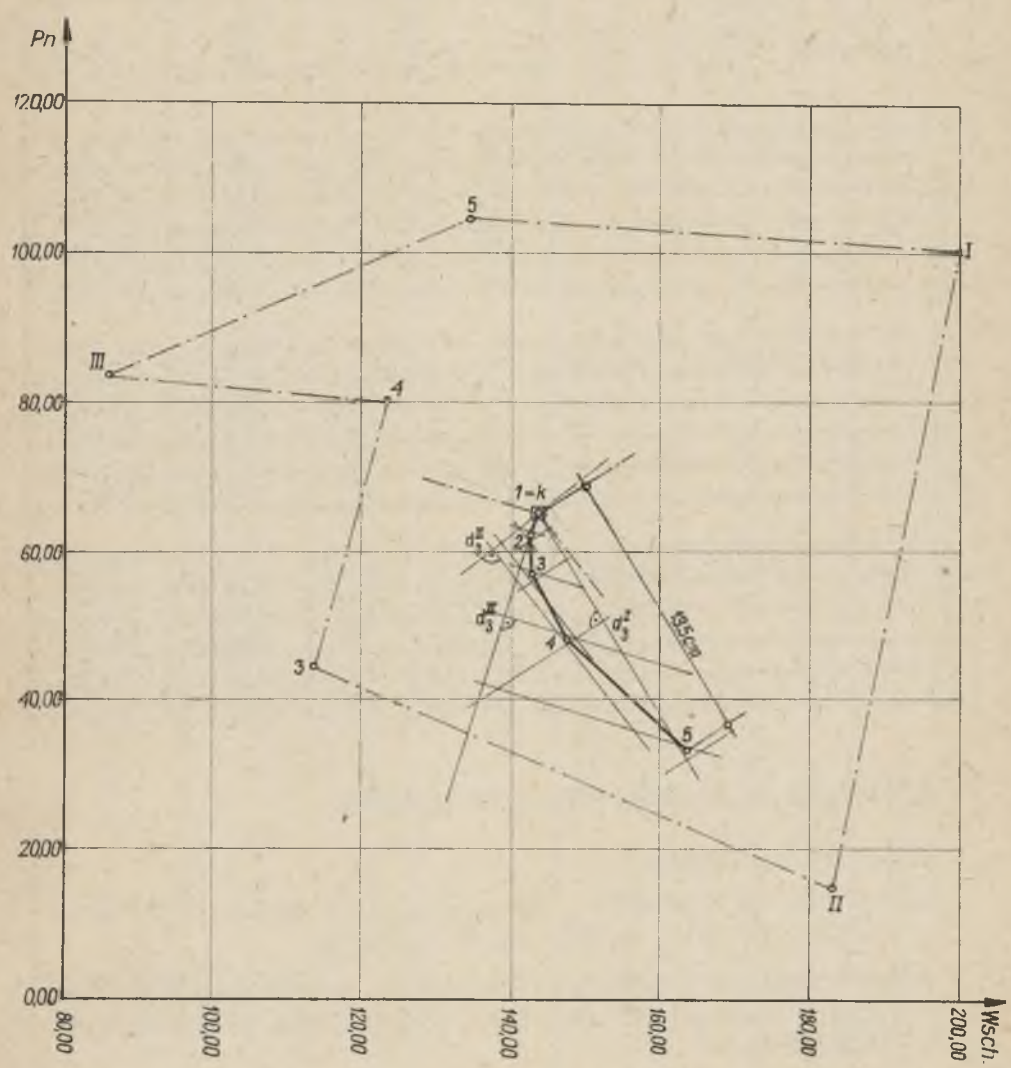
a) wykreślenie siatki i opisanie jej w skali 1:200 według lokalnego układu współrzędnych,

b) naniesienie stanowisk teodolitu, osiowego punktu komina k w przekroju 1 i ewentualnie wierzchołków poligonu,

c) połączenie odcinkami prostymi stanowisk teodolitu z punktem k,

d) wykreślenie w punkcie k prostych prostopadłych do I-K, II-K, III-K,

e) odłożenie na prostych prostopadłych do I-K, II-K, III-K wielkości $d_i$ (tabl. 3 ) w skali 1:1 lub innej skali zwiększającej,

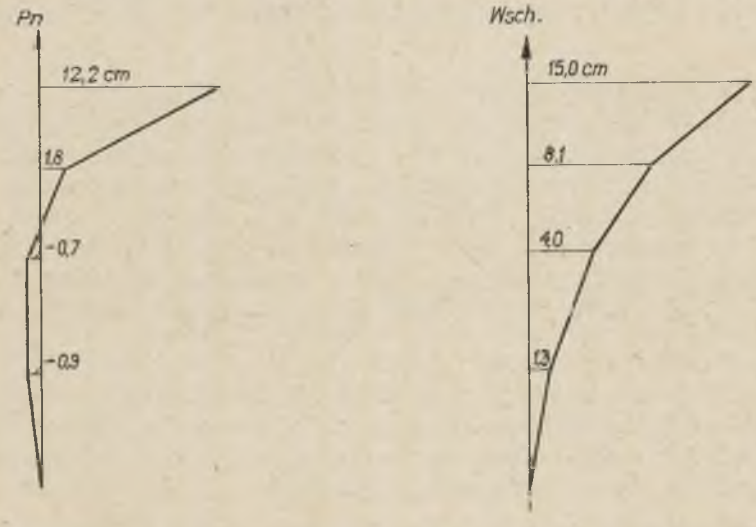

Pn
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
80,00
100,00
120,00
140,00
160,00
180,00
200,00
Wsch.
I
II
III
1-k
2
3
4
5
195 cm

Rys.5

f) wykreślenie w końcowych punktach odcinków $d_i$ prostych równoległych do I-K, II-K, III-K,

g) wyznaczenie środków ciężkości trójkątów błędów powstałych na skutek przecięcia się prostych równoległych do I-K, II-K, III-K poprowadzonych z końcowych punktów odcinków $d_i$,

h) połączenie środków ciężkości trójkątów daje wektor - czyli wielkość i kierunek przesunięcia punktów osi komina w rzucie poziomym.




Rys.5a

Celem lepszego zobrazowania wychylenia komina wykreślono jego odkształconą oś w dwóch przekrojach tj. w kierunku południkowym i równoleżnikowym.

## 6. Dokładność pomiaru

Ażeby zdać sobie sprawę z potrzebnej dokładności pomiaru przy jednorazowych kontrolnych badaniach odkształceń osi komina należy przeanalizować następujące momenty.

6.1. Dokładność wykonania konstrukcji

6.2. Błędy celowania

6.3. Zniekształcenie przekroju od wpływów termicznych

6.1.1. Przy wyznaczeniu osi komina majster murarski posługuje się zwykłym pionem, który centruje na oś stalowego trzpienia zabetonowanego w płycie dolnej. Ze wzrostem wysokości konstrukcji błąd wyznaczenia punktu osiowego przekroju wzrasta i w przekrojach najwyższych może przyjąć wielkość ±0,5 cm.

6.1.2. Cieśla wykonując drewnianą kierownicę przy pomocy której nadaje się właściwą średnicę i spadek zewnętrznej powierzchni komina, posługuje się metrem stolarskim a jako cyrkla używa najczęściej sznurka do którego przymocowany jest stolarski ołówek. Błąd wykreślenia okręgu o danym promieniu lub wyznaczenia jego punktów przy pomocy tak zaimprowizowanego cyrkla, nie mówiąc już o niedokładnościach obróbki drewna i jego uleganiu wpływom termicznym. może dochodzić do ±1,0 cm.

6.1.3. Spadek zewnętrznej powierzchni komina uzyskuje się przez cofanie każdej następnej warstwy cegieł o 2-4 mm od poprzedniej. Mimo kontrolowania spadku szablonem, murarz może popełnić błąd o wielkości ±0,1 cm.

6.1.4. Podczas murowania komina może nastąpić zniekształcenie przekroju na skutek jednostronnego nagrzania promieniami słonecznymi. Nierównomiernie schnąca zaprawa może spowodować odkształcenia rzędu ±0,1 cm.

6.2.1. Celowanie do badanych przekrojów komina jest utrudnione, gdyż obręcze służące jako celowniki są zwykle wykonane niestarannie i skorodowane.

Celowanie w przypadku, gdy komin nie posiada obręczy jest jeszcze trudniejsze ze względu na błędy wykonawstwa komina i uszkodzenia jego powierzchni pod wpływem warunków atmosferycznych. Błąd celowania może tu dochodzić do ±0,2 cm.

6.3.1. Zdaniem rzeczoznawców temperatura gazów spalinowych przepływających przez komin wynosi średnio +250°C. Można założyć w naszych warunkach klimatycznych, że temperatura otoczenia komina w miesiącach zimowych będzie się kształtować okresami na wysokości -10°C.

Jak wykazują badania w wielu kominach obserwuje się często jednostronne zniszczenie ogniotrwałej okładziny wewnętrznej. Fakt ten powoduje nierównomierne nagrzanie ścian komina a co za tym idzie nierównomierne jego odkształcenie w wyniku czego przekrój uprzednio kołowy przyjmuje kształt elipsy. Różnica w wymiarach jej osi może wynosić ±0,2 cm.

Zgodnie z teorią Gaussa prawdopodobieństwo występowania błędów dodatnich i ujemnych jest sobie równe. W najniekorzystniejszym przypadku błędy konstrukcyjne mogą przyjąć wielkość

| | |
|---|---|
| 6.1.1 | 0,5 cm |
| 6.1.2 | 1,0 cm |
| 6.1.3 | 0,1 cm |
| 6.1.4 | 0,1 cm |
| 6.2.1 | 0,2 cm |
| 6.3.1 | 0,2 cm |
| Razem ± | 2,1 cm |

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań stwierdzono, że średni błąd pomiaru wynosił ±2 mm. Natomiast średni błąd wyznaczenia przesunięcia poziomego osiowego punktu komina w badanym przekroju kształtował się w granicach 5,0-6,0 mm. Upoważnia to do wysnucia wniosku, że omawiane błędy konstrukcyjne wynosiły w danym przypadku 3-4 mm.

Dalsze wnioski jakie wynikają z przeprowadzonej analizy pozwalają stwierdzić, że wystarczająca dokładność dla określenia przemieszczenia poziomego punktu osiowego komina przy tego rodzaju badaniach wynosi ±1,5 cm.

Fakt ten narzuca potrzebną dokładność pomiaru a zatem i jego metodę oraz wybór instrumentu przy pomocy którego dokładność tę można uzyskać. Przy omawianych badaniach użyto teodolitu o dokładności odczytu 1".

Analiza wykazała, że po odrzuceniu od wyników spostrzeżeń kierunków-sekund tj. przeprowadzeniu pomiaru teodolitem jak gdyby o dokładności 1' największa różnica w obliczeniach przemieszczeń poziomych wynosiła 0,4 mm.

W analizie tej tkwi jednak pewne uproszczenie a mianowicie to, że instrumenty o dokładności 1' są mniej pewne ze względu na ich właściwości konstrukcyjne i wyposażenie.

Należy jednakże uznać, że przy dokładnej rektyfikacji i staranności podczas wykonywania pomiarów, teodolit o dokładności odczytu 1' może służyć dla tych celów z powodzeniem.

Okresowe pomiary odkształceń kominów szczególnie w tych przypadkach, gdzie chodzi o ustalenie czasu występowania zjawiska odkształceń lub jego zanikanie powinny być jednak wykonywane przy użyciu teodolitu o dokładności odczytu 1", gdyż chodzi tu o jak najdokładniejsze rozgraniczenie błędów pomiaru i błędów konstrukcyjnych.

## 7. Wnioski

a) Omówiona w artykule metoda różnicowa badania pionowości osi komina zwana także metodą analityczno-graficzną pozwala przy stosunkowo małym nakładzie pracy polowej i obliczeniowej uzyskać dokładność pomiaru wystarczającą dla tych celów.

b) Metoda ta może być zastosowana przy stabilizacji punktów w postaci np. betonowych słupków z rurką gazową, do okresowych badań pionowości osi kominów pod warunkiem kontroli stałości tych stanowisk.

c) Do jednorazowych badań odkształceń kominów można używać teodolitu o dokładności odczytu 1'.

## LITERATURA

[1] W.Jordan - "Handbuch der Vermessunkskunde" Stuttgart 1914 cz.II str.410-414.

[2] Tadeusz Lazzarini - "Geodezyjne pomiary odkształceń ze szczególnym uwzględnieniem potrzeb kontroli zapór wodnych" PPFiK Warszawa 1952 r.

[3] Jan Kwaśniewski - "Pomiar odkształceń komina przemysłowego" Szczecińskie Towarzystwo Naukowe - Wydział nauk matematycznych i technicznych, tom I zeszyt 1. Szczecin 1959 r.

[4] Jan Kwaśniewski - "Pomiar odkształceń zbiornika gazowego" Geodezja i Kartografia Tom VI zeszyt 2 PPWN Warszawa 1957 r.

[5] Stefan Zykubek - "Geodezyjne pomiary odkształceń kominów i masztów" Prace Instytutu Geodezji i Kartografii - tom IV zeszyt 2/9 wydanie I. PPWK Warszawa 1956 r.

## АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЕФОРМАЦИИ ФАБРИЧНЫХ ТРУБ


### Краткое изложение

В статье автор рассматривает применяемый им разностный способ измерения, иначе называемый аналитическо-графическим способом исследования вертикальности оси фабричной трубы. Разностный метод при малой затрате труда при полевых и вычислительных работах позволяет получить относительно высокую точность измерения перемещений пунтков оси фабричных труб. Можно его также применят для периодических испытаний вертикальности оси фабричных труб под условием более старательной стабилизации пунктов и контроли их постоянства. Закончивая свою статью автор на основе полученных результатов проводит анализ необходимой точности геодезических исследований деформации фабричных труб.


## ANALYSIS OF EXACTNESS OF INDUSTRIAL CHIMNEYS' DEFORMATIONS IN GEODESIAN EXAMINATIONS


### Summary

In the paper the author is discussing adopted by him differential measurement method called also analytic-graphic method, for the examination of the industrial chimneys' axis verticality.

The differential method with little effort in field and calculation work, permits achieving a relatively high exactness in measurements of displacements of chimney axis points. It can be also applied to the periodical examinations of chimney axis verticality under condition of more careful stabilization of points and control of their stability. In the final part of the paper the author is carrying out on the strength of the achieved results an analysis of the necessary geodesial examination exctness of the industrial chimneys deformations.