

WIESŁAW PAWŁOWSKI, SAFA ABBAS\*

## POMIARY GEODEZYJNE W BUDOWNICTWIE WEDŁUG STANDARDÓW ISO PRZYJĘTYCH DO STOSOWANIA JAKO NORMY KRAJOWE

---

### GEODETIC MEASUREMENTS IN BUILDING ENGINEERING ACCORDING TO ISO STANDARDS ACCEPTED AS NATIONAL STANDARDS

#### Streszczenie

Pomiary geodezyjne pełnią istotną rolę we współczesnym budownictwie. Ich właściwa organizacja obejmująca m.in. wybór metod i instrumentów pomiarowych, a także wymagania dokładnościowe są przedmiotem ustaleń normatywnych przyjętych przez Międzynarodową Organizację Normalizacyjną ISO. Normy te są sukcesywnie wprowadzane do polskiej normalizacji. Jedną z nich jest norma ISO 4463-1 prezentująca w sposób kompleksowy tematykę pomiarów realizacyjnych, tj. ich planowanie i organizację oraz procedury pomiarowe i wymagania dokładnościowe w formie kryteriów akceptacji zadań pomiarowych.

*Słowa kluczowe: pomiary geodezyjne, standardy ISO*

#### Abstract

Geodetic measurements are meeting very much essential roles in the contemporary building engineering. Their competent organization including choice of the method and measuring instruments among others as well as requirements quality requirements are a subject of standard decisions taken on by the International Normalizing ISO Organization. These standards successively are being inserted into the Polish standardization. The ISO 4463-1 standard is one of them presenting the subject of setting out measurements into the comprehensive way i.e. planning organization, measuring procedures and quality requirements in the form of approval criteria of measuring tasks.

*Keywords: geodetic measurements, ISO standards*

---

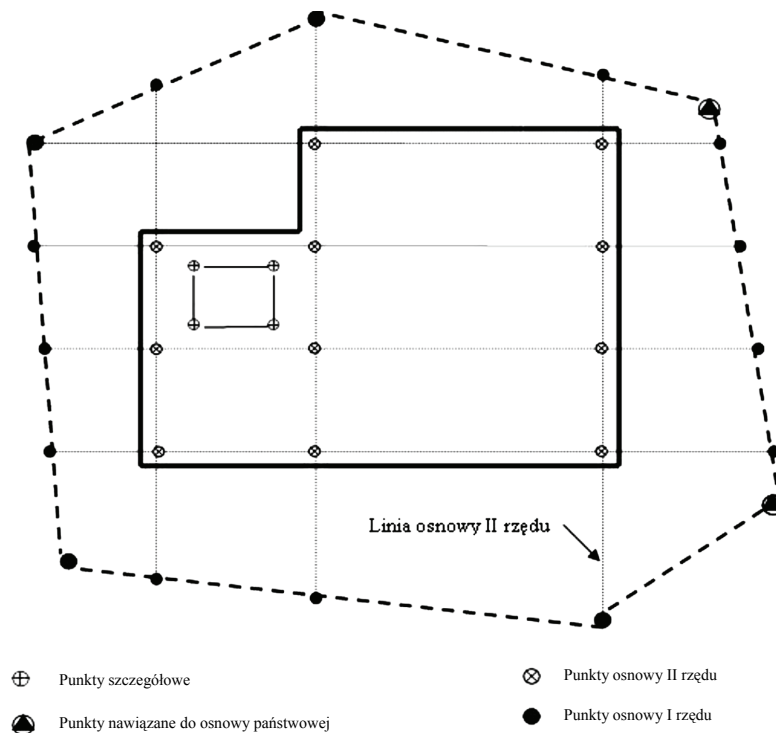
\* Dr hab. inż. Wiesław Pawłowski, dr inż. Safa Abbas, Katedra Geodezji, Kartografii Środowiska i Geometrii Wykreślnej, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, Politechnika Łódzka.

## 1. Organizacja procesu tyczenia

Proces tyczenia może być interpretowany jako zespół wzajemnie powiązanych ze sobą czynności umożliwiających określenie usytuowania i wysokości obiektu budowlanego oraz jego elementów.

Kierując się zaleceniem normy ISO [1], powyższy układ geometryczny można rozpatrywać w kategorii osnów realizujących (rys. 1), na które składają się:

- osnowa I rzędu nawiązana do osnowy państwowej i z reguły obejmująca cały teren planowanej inwestycji,
- osnowa II rzędu, która stanowi bezpośrednie odniesienie do montażu poszczególnych elementów obiektu i na ogół układ linii utworzonych przez punkty tej osnowy jest zgodny z układem osi konstrukcyjnych tego obiektu,
- punkty szczegółowe (wskaźniki konstrukcyjne) wskazujące usytuowanie wybranych elementów konstrukcyjnych obiektu, np. słupów i ścian.



Rys. 1. Przykład osnowy realizacyjnej (trójrzędowej)

Fig. 1. Example of realization controls network

Na etapie planowania i organizacji procesu tyczenia powinno się zwracać uwagę m.in. na:

- 1) informacje dotyczące wielkości i kształtu placu budowy, istniejącej osnowy pomiarowej, sąsiednich obiektów oraz uregulowań prawnych,
- 2) właściwe przeprowadzenie wywiadu terenowego,

- 3) lokalizację głównych punktów osnowy w miejscach ograniczających niebezpieczeństwo ich zniszczenia,
- 4) właściwe zaprojektowanie siatek w zależności od potrzeb, odpowiednio: lokalizacyjnej (na potrzeby projektantów), terenowej (spełniającej funkcje osnowy II rzędu) i konstrukcyjnej (do tyczenia punktów szczegółowych),
- 5) przygotowanie szkiców tyczenia wskazujących lokalizację planowanych obiektów budowlanych, współrzędne punktów tyczonych oraz linie celowania,
- 6) wskazanie osób odpowiedzialnych za każdy kolejny etap tyczenia i zweryfikowanie zgodności powykonawczej z projektem,
- 7) zakres i treść dokumentacji z wykonanych pomiarów, a także miejsce jej przechowywania.

W konkluzji końcowej można przyjąć, że proces tyczenia wiążący się bezpośrednio z osnowami realizacyjnymi jest wypadkową wielu różnorodnych uwarunkowań, spośród których jako najbardziej istotne wymienić należy: wielkość i konfigurację placu budowy, kształt, wielkość i usytuowanie każdego z planowanych obiektów, technologię budowy oraz przewidywaną metodykę wykonywania prac pomiarowych.

## 2. Kryteria akceptacji procedur pomiarowych

### 2.1. Interpretacja kryteriów akceptacji

Normy ISO przyjmują założenie, że kryteria akceptacji podane jako dopuszczalne odchylenie dla długości, kąta i wysokości należy traktować jako wymagane dokładności wewnętrzne, a nie jako dokładności absolutne. Uzasadniają to tym, że wewnętrzne dokładności są wyższe i ważniejsze dla procesu budowlanego niż bezwzględna dokładność punktów osnowy najwyższego rzędu. Kryteria akceptacji odnoszą się przede wszystkim do pomiarów powykonawczych mających na celu sprawdzenie zgodności zakończonego etapu budowy z odchyłką dopuszczalną, ale mogą być także zastosowane do pomiarów sprawdzających mających na celu weryfikację poprawności i dokładności wcześniejszego pomiaru. Kryteria akceptacji są traktowane jako odchylenia dopuszczalne, które nie mogą być utożsamiane z odchyleniami standardowymi lub błędami średnimi, gdyż ich używanie powinno być ograniczone tylko do najważniejszych pomiarów terenowych.

Wszystkie normy ISO z zakresu geodezji na potrzeby budownictwa przyjmują zależność między odchyleniem dopuszczalnym (OD) i odpowiadającym mu błędem średnim (odchyleniem standardowym S) w sposób następujący

$$OD = 2,5 \cdot S \quad (1)$$

### 2.2. Osnowa I rzędu

W sytuacji, gdy osnowa I rzędu jest siecią punktów, to powinna być ona zaobserwowana przez zmierzenie niezbędnych odległości i kątów wraz z obserwacjami nadliczbowymi, a następnie wyrównana metodą najmniejszych kwadratów. Norma dopuszcza pomiar odległości dalmierzem elektronicznym, zwracając przy tym uwagę na to, aby odległości między punktami I rzędu były większe od 30 m i zmierzone obustronnie. Kąty poziome z kolei powinny być zmierzone teodolitem o bezpośrednim odczycie poniżej 10" przynajmniej w dwóch seriach.

Osnowa I rzędu powinna podlegać akceptacji w dwóch etapach, z których:

- *pierwszy* – obejmuje porównanie zmierzonych odległości kątów z otrzymanymi ze współrzędnych wyrównanych → otrzymane różnice nie powinny przekraczać następujących odchyleń dopuszczalnych:

- w przypadku odległości  $\pm 0,75\sqrt{L}$  (lecz nie mniej niż 4 mm), (2)

- w przypadku kątów

$$\pm \frac{0,05^{\text{g}}}{\sqrt{L}} \quad (3)$$

gdzie  $L$  to odległość w metrach między punktami I rzędu, do których kryterium się odnosi; w przypadku kątów – długość jego krótszego ramienia,

- *drugi* – obejmuje porównanie odległości i kątów otrzymanych na podstawie podanych współrzędnych z tymi, które uzyskano w wyniku pomiaru powykonawczego (np. sytuacji, gdzie jedynie wykaz współrzędnych jest dostępny) → otrzymane różnice nie powinny przekraczać następujących odchyleń dopuszczalnych:

- w przypadku odległości  $\pm 1,5\sqrt{L}$  (lecz nie mniej niż 8 mm), (4)

- w przypadku kątów  $\pm 1,5\sqrt{L}$  (5)

gdzie  $L$  to odległość w metrach między punktami I rzędu, do których kryterium się odnosi; w przypadku kątów – długość jego krótszego ramienia.

W sytuacji, gdy w osnowie rzędu występują tzw. elementy niepewne, tzn. odległości i/lub kąty niespełniające powyższych kryteriów akceptacji, norma bezwzględnie narzuca wymóg ich powtórnego pomiaru.

### 2.3. Osnowa II rzędu

Zasadniczym przeznaczeniem punktów II rzędu jest stworzenie układu odniesienia do tyczenia punktów szczegółowych wskazujących usytuowanie obiektu budowlanego i jego elementów konstrukcyjnych.

Tyczenie punktów osnowy II rzędu może odbywać się:

- a) w nawiązaniu do punktów osnowy I rzędu lub
- b) wcześniej wytyczonych i sprawdzonych punktów II rzędu.

Należy przy tym pamiętać o wymogu tyczenia punktów II rzędu pomiarami nadliczbowymi i w sposób umożliwiający niezależną kontrolę.

Pomiary odległości zaleca się wykonywać dalmierzem elektronicznym, zaś odkładanie i mierzenie kątów teodolitem o bezpośrednim odczycie poniżej 1' w przynajmniej jednej serii. Punkty tworzące osnowę II rzędu powinny podlegać akceptacji w dwóch etapach, tzn. w pierwszej kolejności w stosunku do punktów II rzędu, zaś później do innych sprawdzonych punktów II rzędu usytuowanych na tym samym obiekcie budowlanym. Różnice między wartością odległości lub kąta (daną lub obliczoną) i wynikiem pomiaru sprawdzającego nie powinny dla obydwu powyższych etapów akceptacji przekraczać następujących odchyleń dopuszczalnych:

- w przypadku odległości do 7m ➔  $\pm 4$  mm

- powyżej 7 m ➔  $\pm \pm 1,5\sqrt{L}$  (6)

- w przypadku kątów ➔  $\pm 1,5\sqrt{L}$  (7)

gdzie  $L$  to odległość w metrach między punktami I rzędu, do których kryterium się odnosi; w przypadku kątów – długość jego krótszego ramienia.

Podobnie jak w osnowie I rzędu, także w osnowie II rzędu wszystkie elementy (odległości i kąty) niespełniające stosownego kryterium akceptacji powinny być powtórnie zmierzone.

#### 2.4. Punkty szczegółowe

Punkty szczegółowe mogą być tyczone od punktów osnowy II rzędu lub bezpośrednio od osnowy I rzędu. Tyczenie takie powinno być wykonane w sposób umożliwiający niezależną kontrolę, np. poprzez sprawdzenie ich usytuowania względem innych wytyczonych punktów lub linii. Odłożenie i pomiar odległości może odbywać się z użyciem dalmierza elektronicznego (przy co najmniej dwóch nacelowaniach) lub taśmy mierniczej, zaś kątów za pomocą teodolitu do dokładności odczytu poniżej  $1''$ .

Punkty szczegółowe powinny podlegać akceptacji co do ich usytuowania najpierw w stosunku do punktów I lub II rzędu, zaś później w stosunku do sąsiednich punktów szczegółowych.

Dla obydwu powyższych etapów różnice między odległością obliczoną lub wykazaną na szkicu tyczenia i wynikiem pomiaru sprawdzającego nie powinny przekraczać następujących odchyleń dopuszczalnych:

$$- \text{ w przypadku odległości do 4 m } \rightarrow \pm 2 K_1 \text{ mm} \quad (8)$$

$$- \text{ powyżej 4 m } \rightarrow \pm \pm K_1 \sqrt{L} \quad (9)$$

gdzie:

$L$  – odległość w metrach,

$K_1$  – współczynnik zależny od rodzaju pracy, przyjmujący wartości od 1,5 (monolityczne lub szkieletowe konstrukcje betonowe, konstrukcje stalowe) do 10 (prace ziemne bez szczególnych wymagań dokładnościowych).

#### 2.5. Pionowe przeniesienie punktów II rzędu (pionowanie)

Przeniesienie punktów w linii pionu może być wykonane w sposób:

- bezpośredni – za pomocą pionownika lub teodolitu,
- pośredni – z zastosowaniem metody punktu przecięcia się dwóch kierunków lub metody swobodnego stanowiska.

Sposób bezpośredni, powszechnie interpretowany jako pionowe przeniesienie, w tym przypadku ma związek z punktami II rzędu znajdującymi się na ogół na poziomie zerowym odpowiadającym parterowi obiektu, nad którymi ustawia się pionownik lub teodolit.

Kryterium akceptacji w tym przypadku dotyczy usytuowania punktu przeniesionego na wysokość  $H$  i jest sformułowane jako dopuszczalne odchylenie  $D$  takiego punktu od jego teoretycznego położenia w linii pionu w sposób następujący:

$$- \text{ w przypadku odległości do 7 m } \rightarrow D = \pm 4 \text{ mm}$$

$$- \text{ powyżej 7 m } \rightarrow D = \pm 1,5 \sqrt{H} \quad (10)$$

gdzie:  $H$  to pionowa odległość w metrach między wyjściowym punktem i punktem przeniesionym.

W sytuacji, gdy przeniesionych zostanie więcej niż jeden punkt, to wzajemna relacja geometryczna między punktami przeniesionymi powinna spełniać stosowne kryteria akceptacji przyjęte dla osnowy II rzędu.

### 2.6. Niwelacja (osnowa wysokościowa)

Osnowę wysokościową na placu budowy mogą tworzyć:

- repery państwowe, które spełniają wymagania dokładnościowe i mogą być wykorzystywane jako repery I rzędu,
- repery I rzędu, których wysokości zostały wyznaczone metodą niwelacji precyzyjnej w nawiązaniu do państwowej osnowy wysokościowej,
- repery II rzędu wykorzystywane do określenia wysokości punktów szczegółowych sytuacji, gdy wysokości te nie są bezpośrednio wyznaczane w nawiązaniu do reperów I rzędu.

Kryteria akceptacji przyjęte przez normę dotyczą wysokości ww. reperów oraz punktów szczegółowych podają, że różnica między podaną lub obliczoną wysokością i wynikiem pomiaru sprawdzającego nie powinna przekraczać następujących odchyleń dopuszczalnych:

- reper I rzędu w odniesieniu do repera państwowego ➔  $\pm 5$  mm,
- reper I rzędu w odniesieniu do innego repera I rzędu ➔  $\pm 5$  mm,
- reper II rzędu w odniesieniu do repera I rzędu ➔  $\pm 5$  mm,
- reper II rzędu w odniesieniu do innego repera II rzędu ➔  $\pm 3$  mm (przy różnicy wysokości  $\Delta H$  do 4 m) i  $\pm 1,5\sqrt{\Delta H}$  mm dla różnicy wysokości  $\Delta H > 4$  m ( $\Delta H$  w metrach).

Punkt szczegółowy w odniesieniu do repera II rzędu lub dwa punkty szczegółowe wyznaczane od tego samego repera II rzędu ➔  $\pm K_2$  mm, gdzie  $K_2$  to współczynnik przyjmujący wartości od 3 (monolityczne lub szkieletowe konstrukcje betonowe) do 30 (prace ziemne bez szczegółowych wymagań dokładnościowych).

### 3. Zakończenie

Normy ISO przyjmują dość oczywiste założenie, że wszystkie instrumenty geodezyjne stosowane w pomiarach na placu budowy powinny być wcześniej sprawdzone i zrektyfikowane zgodnie z zaleceniami podanymi w ich instrukcjach obsługi. Ponadto typ instrumentów i metody tyczenia powinny być dobrane odpowiednio do oczekiwanej dokładności. W powyższym zakresie bardzo pomocne mogą być opracowane przez ISO [2] terenowe procedury testowania instrumentów geodezyjnych, których wynikiem jest m.in. charakterystyka tzw. dokładności użytkowej testowanego instrumentu w określonych warunkach terenowych, np. na placu budowy. Tak pozyskana miara dokładności wyrażona za pomocą odchylenia standardowego może podlegać ocenie na tle wymagań dokładnościowych wynikających ze stosowanego kryterium akceptacji [1], co z kolei powinno decydować o przydatności określonego instrumentu geodezyjnego do realizacji zadań pomiarowych na placu budowy.

Należy też pamiętać o zaleceniach dotyczących wykonywania pomiarów powykonawczych przez innego mierniczego (tzn. takiego, który nie wykonywał tyczenia), innym instrumentem pomiarowym tej samej klasy dokładności. W sytuacji, gdy wyniki po-

wyższego pomiaru wskazują na niespełnienie stosownego kryterium akceptacji przez określone elementy geometryczne osnowy realizacyjnej (odległości, kąty, wysokości), norma wymaga ich powtórnego pomiaru [1]. Jeśli dalej występuje niezgodność, to należy zwrócić się do geodety, który zrealizował projekt osnowy realizacyjnej.

#### Literatura

- [1] PN-ISO 4463-1 Metody pomiarowe w budownictwie. Tyczenie i pomiar. Planowanie i organizacja, procedury pomiarowe, kryteria akceptacji.
- [2] PN-ISO 17123 (części od 1 do 7) Optyka i instrumenty optyczne. Terenowe procedury testowania instrumentów geodezyjnych i pomiarowych.
- [3] PN-ISO 9849 Optyka i instrumenty optyczne. Instrumenty geodezyjne i pomiarowe. Terminologia.