

INSTYTUT GEODEZJI I KARTOGRAFII

DOC. INŻ. ST. KRYŃSKI

POLSKA TRIANGULACJA WYPEŁNIAJĄCA

WARSZAWA 1958

Wszelkie prawa zastrzeżone
All rights reserved

I. WSTĘP

Kiedy w r. 1945, w nowych warunkach ustrojowych i położenia geograficznego rozpoczynano w Polsce pierwsze prace nad założeniami planowej gospodarki, geodezja polska stanęła wobec problemu dostarczenia w możliwie krótkim czasie jednolitej i dokładnej osnowy geodezyjnej, która służyć mogłaby zarówno celom gospodarczym jak i obronnym. Osnowa ta musiała stanowić oparcie dla sporządzenia jednolitych map w dużych skalach a jednocześnie stać się podstawą dla wielkich inwestycji przemysłowych i rolniczych.

Do tego czasu na terenie Polski nigdy nie było jednolitej sieci triangulacyjnej. W r. 1918 odziedziczyliśmy po państwach zaborczych sieci niejednolite zarówno pod względem dokładności, jak zagęszczenia i układów odniesienia. Okres międzywojenny 1918—1939 nie został w pełni wykorzystany dla uporządkowania materiału dawnego i uzupełnienia nowymi, pełnowartościowymi pomiarami. Na znacznych obszarach założona została sieć I-rzędu o dużej wartości naukowej i technicznej, mniejsze już obszary pokryte zostały triangulacją szczegółową, wykonywaną głównie dla celów wojskowych.

Okres wojny 1939—45 przyniósł pewne rozszerzenie sieci I-go rzędu, wykonywanej przez hitlerowskich okupantów. Jeśli zaś chodzi o sieci niższych rzędów, to zakładane one były jedynie w pewnych ograniczonych obszarach dla celów armii okupacyjnej.

Jeżeli jeszcze dodać, że w r. 1945 zastaliśmy wszystkie archiwa rozgromione, materiały w ogromnej części wywiezione a kadry naszych fachowców zupełnie wyniszczone bądź rozproszone na obczyźnie — otrzymamy obraz ilustrujący stan naszej triangulacji w zaraniu odbudowy i rozbudowy zniszczonego i zapóźnionego w rozwoju państwa.

Pierwsze wysiłki zgrupowania materiałów dotyczących sieci triangulacyjnej I-go rzędu zostały uwieńczone częściowym powodzeniem, aczkolwiek większość oryginalnych danych, zawartych w operatach została wywieziona na zachód przez władze hitlerowskie. Jednak ocalały i zebrany materiał daleki był do zaspokojenia wszystkich potrzeb gospodarczych i obronnych.

Wówczas to, w r. 1946 w gronie kilku fachowców powstała myśl utworzenia nowej jednolitej sieci triangulacyjnej na terenie całego Kraju w sposób który zapewniałby maksymalną jej dokładność oraz odpowiednie zagęszczenie przy jednoczesnym uwzględnieniu trudnej sytuacji ekonomicznej. Sieć ta ponadto powinna była być oddana użytkownikom w terminie możliwie krótkim.

Projektodawcy zwrócili uwagę na niedogodności wynikające z budowy sieci dawną klasyczną metodą, a mianowicie: budowę wysokich kosztownych wież, potrzebujących wielkich ilości deficytowego w naszych warun-

kach drewna, żmudne obserwacje długich celowych, konieczność rozłożenia całej pracy w długim czasie z uwagi na kolejność pokrywania terenu coraz niższymi rzędami triangulacji, znaczny spadek dokładności wyznaczonego punktu przy schodzeniu do coraz niższych rzędów, wreszcie potrzeba wytrawnych fachowców dla wykonywania wywiadu terenowego i obserwacji przy długich celowych klasycznych sieci I-go i II-go rzędu.

Z analizy tych elementów wyniknął logiczny wniosek co do typu sieci triangulacyjnej jakie należałoby zbudować na naszych terenach. Wniosek ten brzmiał:

1. Pokryć Kraj siecią punktów, tworzących trójkąty o bokach około 7-km (a więc od razu zagęszczenie odpowiadające klasycznej sieci III-go rzędu).

2. Sieć samą zaopatrzyć w odpowiednią ilość baz i punktów astronomicznych, aby zapewnić jej właściwą i jednolitą jednostkę długości oraz orientację. Jako bazę obierać z reguły boki trójkątów.

3. Wykonać obserwacje kątowe z możliwie dużą dokładnością, wykorzystując krótkie celowe i wynikającą z tego oszczędność czasu.

4. Ze względu na krótkie celowe zastosować jako zabudowę punktów składane wieże przenośne, dające się wielokrotnie przestawiać. Dla prac topograficznych pozostawić na punktach jedynie lekkie i tanie sygnały.

5. Ostateczne zagęszczenie terenu wykonać drogą wcinania pojedynczych punktów lub grup jednocześnie z obserwacjami na punktach sieci o bokach 7 km.

6. Dla wszystkich punktów wyznaczyć wysokości drogą niwelacji technicznej i trygonometrycznej.

7. Sposób wyrównania obrać zależnie od dokładności uzyskanej oraz możliwości technicznych.

Decyzja władz państwowych co do rozpoczęcia realizacji sieci triangulacyjnej według podanej wyżej koncepcji nastąpiła w r. 1947. W tym też roku zaczęły się prace terenowe, w pierwszym okresie na skalę próbną, następnie rozwinięte na pełną skalę produkcyjną.

Założenia ogólne koncepcji zostały zachowane, jednak szereg szczegółów ulegało zmianom wraz z rozwojem robót i zdobywaniem doświadczenia.

Przed wszystkim ustalono ostatecznie w latach 1948—49, że uda się zestawić materiały potrzebne do odtworzenia sieci I rzędu. Sieć ta, w której skład weszły wykonane w latach 1928—39 sieci polskie i wartościowe sieci poniemieckie objęła tak duży obszar Kraju, że odrzucono sugerowaną koncepcję utworzenia z trójkątów małych — obliczeniowych (fikcyjnych) trójkąty sieci I-go rzędu. Zdecydowano nawet uzupełnić istniejącą sieć I-go rzędu podwójnymi łańcuchami trójkątów i zaopatrzyć ją w niezbędną ilość baz i punktów astronomicznych — dla zachowania jednolitości z dawnymi, ocalałymi sieciami. Uchwały konferencji Sofijskiej dowiodły, że decyzja ta była słuszna a późniejsza realizacja sieci astronomiczno-geodezyjnej w pełni potwierdziła celowość właśnie takiego postępowania.

Rezygnacja z utworzenia sieci trójkątów obliczeniowych nie oznaczała jednak zaniechania realizacji sieci małotrójkątowej na obszarach, pokrytych sieciami I-go rzędu, uznanymi za dobre, odpowiadające nowoczesnym kryteriom i wymaganiom naukowym i technicznym. Również i te obszary pokrywano siecią małotrójkątową, włączając oczywiście punkty I-go rzędu jako punkty triangulacji małotrójkątowej.

Koniec okresu doświadczalnego realizacji triangulacji małopółkątowej nastąpił w r. 1950 (Oczywiście dalsze udoskonalenia, zwłaszcza w zabudowie punktów oraz organizacji pracy stosowane były do ostatniego okresu realizacji sieci). W r. 1951 zorganizowana została Konferencja Naukowo-Techniczna, na której przedstawiono wyniki prób, zaproponowano dokładności, jakich należałoby żądać od realizowanej sieci i postawiono wnioski co do pokrycia obszaru Kraju siecią małopółkątową, którą od czasu Konferencji zaczęto nazywać „triangulacją wypełniającą”.

Warunki dla sieci triangulacji wypełniającej ustalono w sposób następujący:

1. Sieć wypełniającą tworzy jednolita, powierzchniowa sieć trójkątów o przeciętnej długości boków 7 km. i kątach zawartych w granicach od 35g do 130 g.

2. Sieć wypełniającą opiera się na wszystkich punktach sieci astronomiczno-geodezyjnej.

3. Bazami sieci wypełniającej są odpowiednio wybrane i bezpośrednio pomierzone boki trójkątów. Bazy te służą bądź jako warunki przy wyrównaniu, bądź jako kontrola dokładności.

4. Dokładność względna boku sieci wypełniającej nie może być niższa od 1 : 100 000.

5. Wszystkie punkty sieci wypełniającej mają wyznaczoną wysokość nad poziomem morza ze średnim błędem nie większym niż ± 25 cm.

6. Metoda wyrównania sieci ustalona zostanie w terminie późniejszym. Dla doraźnych celów użytkowych powstające stopniowo fragmenty sieci będą wyrównywane prowizorycznie.

7. Sieć wypełniająca zagęszczona zostaje punktami sieci zagęszczającej. Gęstość tych punktów zależy od potrzeb i wynosi od 1 punktu na 16 km² do 1 punktu na 6 km. Średni błąd położenia punktu zagęszczającego w stosunku do sieci wypełniającej nie może przekroczyć 7 cm.

Powyższe założenia stały się podwaliną opracowanej następnie „Instrukcji dla wykonania triangulacji wypełniającej i zagęszczającej”. W instrukcji tej określono szczegółowo sposób prowadzenia prac, zapewniający założone dokładności przy jednoczesnym maksimum oszczędności. Dotyczy to zarówno strony technicznej jak i organizacji robót kameralnych i polowych.

W referacie niniejszym polska służba geodezyjna pragnie podzielić się swymi doświadczeniami, zasługującymi jej zdaniem na uwagę, jak też przedstawić konkretne liczby, charakteryzujące zakres wykonanych prac oraz uzyskane dokładności.

II. PRZEBIEG PRAC TRIANGULACYJNYCH

Na wykonanie triangulacji składało się pięć zasadniczych etapów:

1. Projekt kameralny.
2. Wywiad terenowy.
3. Zabudowa punktów.
4. Obserwacje wraz ze stabilizacją oraz pomiary baz i pomiary astronomiczne.
5. Wyrównanie sieci.

Ogólnym założeniem organizacji prac było wykonywanie każdego z powyższych etapów przez oddzielne brygady fachowców. Wytwarzała się w ten sposób specjalizacja, gwarantująca wysoką jakość wykonawstwa, z drugiej zaś strony praca przebiegała „potokowo”, to znaczy, że na triangulowany teren wkraczały kolejno zespoły, wykonujące poszczególne etapy, co bardzo wydatnie skracało czas wykonania całości triangulacji. Drugim naczelnym założeniem było, że aczkolwiek brakowało nam, zwłaszcza w pierwszym okresie wytrawnej kadry „triangulatorów”, to jednak jako kierowników zespołów oraz odpowiedzialnych wykonawców zatrudniano tylko inżynierów, którzy z tytułu swych wyższych studiów mieli pełne zrozumienie ważności prac które wykonywali oraz poczucie obowiązku wynikające z tego właśnie, inżynierskiego podejścia do wykonywanej pracy.

Przejdziemy obecnie do scharakteryzowania poszczególnych wymienionych wyżej etapów triangulacji.

1. PROJEKT KAMERALNY

Analiza materiałów triangulacyjnych Polski wykazała, że 80% powierzchni kraju, tj. 250 000 km² wymaga pełnego pokrycia triangulacją wypełniającą, około 10% tj. 30 000 km² posiada sieć wymagającą adaptacji bądź odnowienia i uzupełnienia dla dostosowania do warunków stawianych nowoczesnym sieciom, wreszcie około 10% tj. 30 000 km² posiada gotową nowoczesną sieć o wystarczającym zagęszczeniu.

Pracami triangulacyjnymi objęto przede wszystkim obszary pozbawione triangulacji i te prace zostaną tu przedstawione, jako najbardziej typowe dla naszej metody triangulacji.

Założenia dla opracowania projektu, a więc kształt trójkątów, długość boków oraz utrzymanie możliwie niskich wież zostały podane wyżej. Jednak przy opracowaniu projektu brane były pod uwagę dalsze elementy, a mianowicie:

a. sytuowanie punktów w sposób taki, który zapewniałby zarówno bezpośrednie wykorzystanie ich jako punktów osnowy, jak też i możliwości łatwego dalszego zagęszczenia. Pamiętać bowiem należy, że krótkie boki stawały od razu triangulację wypełniającą w rzędzie osnów, służących do oparcia na nich zdjęć szczegółowych,

b. włączenie do sieci wszystkich siatek lokalnych w celu przeliczenia ich na układ ogólnopanstwowy,

c. włączenie do sieci wszystkich punktów istniejących w terenie w celu adaptacji sieci dawnych lub po prostu nadania istniejącemu dawnemu punktowi nowych wartości współrzędnych.

Warunki te wymagały wnikliwej analizy danych materiałów oraz inwentaryzacji istniejących punktów w terenie.

Projekt opracowany był na mapach 1 : 100 000 przy czym dla uzyskania możliwie najkorzystniejszych celowych i obniżenia zabudowy sieć wypełniającą projektowano równocześnie z zagęszczającą. Dało to lepsze wyniki niż stosowane początkowo projektowanie sieci zagęszczającej od razu w terenie, już po zabudowie punktów sieci wypełniającej.

Również jednocześnie z projektem sieci projektowano rozkład baz, na które z reguły obierano boki sieci wypełniające. Cały projekt rozpoczynano od punktów dowiązania (sieci sąsiedniej oraz sieci I-go rzędu) i od baz.

Przebieg celowych w rejonach miast, obiektów przemysłowych, rzek, linii komunikacyjnych itp. ustalony był zgodnie z ogólnie w triangulacji przyjętymi zasadami.

Obszary poszczególnych sieci uwarunkowane były przede wszystkim od możliwości rozwinienia na nich pełnego „potoku” robót, a więc od ilości zespołów wywiadu i zabudowy, obserwatorów i instruktorów — w ogóle rozporządzalnej „mocy produkcyjnej”. Istniały jednak i inne czynniki, określające wielkość obszaru robót, jak np.: charakter terenu (wielkie miasto, okręg przemysłowy), ukształtowanie okolicznych sieci narzucających dowiązanie itp.

Dla każdego obszaru punkty otrzymywały oddzielną numerację bieżącą (oczywiście jedynie dla celów roboczych, a nie ostatecznego katalogowania). Punkty sieci zagęszczającej otrzymywały oddzielną numerację w ramach każdego arkusza mapy 1 : 100 000.

Zaprojektowana sieć wnoszona była na tzw. mapę podstawową, na której uwidaczniane były zmiany wynikające z wywiadu terenowego oraz wszelkie dalsze etapy triangulacji. Każdy punkt posiadał założoną przez projektanta metrykę, którą w dalszych etapach uzupełniano wszystkimi danymi charakterystycznymi. W ten sposób powstawała historia każdego punktu już od chwili jego zaprojektowania. Projekt kameralny sieci uzupełniany był opisem technicznym, wyjaśniającym czym kierował się projektant oraz zawierającym szereg uwag i innych danych, mogących być potrzebnych przy dalszych pracach. Tak opracowany projekt stawał się teraz przedmiotem dalszych opracowań przez wywiad terenowy.

2. WYWIAD I PROJEKT TERENOWY

Zadaniem wywiadu terenowego jest ostateczne ustalenie miejsc punktów triangulacyjnych. Podczas wywiadu następuje więc sprawdzenie i korekta projektu kameralnego, a w wyniku wywiadu ostateczny projekt.

Wywiad musi ustalać najkorzystniejsze położenie punktów zarówno od strony technicznej jak i ekonomicznej.

Podczas wywiadu triangulacji wypełniającej, poza uwzględnianiem normalnych elementów, jak rodzaju gruntu, na którym miał być założony punkt, jak bliskość położenia punktu w stosunku do dróg, zabudowań, przewodów nadziemnych itp. jak wreszcie przebieg celowych w stosunku do przeszkód terenowych, uwzględniać należało warunki specyficzne dla tego rodzaju triangulacji, a mianowicie: wysokość zabudowy określaną stosowaniem standartowych wież przenośnych oraz wzięcie pod uwagę wszystkich istniejących punktów triangulacyjnych, które mogły zostać pominięte przy opracowywaniu projektu kameralnego.

O ile ten ostatni warunek wymagał od inżyniera-wywiadowcy wnikliwego zbadania w lokalnych urzędach możliwości istnienia jakichś miejscowych sieci triangulacyjnej i nosił charakter raczej pracy przygotowawczej do samego wywiadu, o tyle pierwszy warunek zmuszał do wielkiej ruchli-

wości w terenie, doskonałego wglądu w teren i możliwości szybkiego porozumiewania się w ramach zespołów wywiadowczych.

Ze względu na potrzebę starannego określenia najwłaściwszego położenia punktu dla zastosowania ustalonej wysokości wieży przenośnej, od samego początku prowadzenia prac triangulacji wypełniające zamiast ciężkich i kłopotliwych do ustawiania drabin wywiadowczych zastosowano słupy wywiadowcze.

Słupy stosowano wszędzie tam, gdzie nie było możliwości ustalenia najwłaściwszego położenia punktu lub wysokości zabudowy bez wzniesienia się na pewną wysokość nad ziemią.

Słup składał się z czterech elementów drewnianych, o średnicy około 18 cm. Montowany był na ziemi przez skręcanie śrubami i podnoszony w całości przy pomocy masztu i dźwigarki. Po ustawieniu słup utrzymywał w pozycji pionowej 8 stalowych lin. Wywiadowca wciągany był na słup przy pomocy lin i dźwigarki, bądź też wchodził po progach umocowanych do słupa i zabezpieczony pasem.

Jeżeli warunki terenowe wymagały wzniesienia się na wysokość wyższą niż normalny słup (18 m), sztukowano go specjalną drabinką utrzymywaną trzema dodatkowymi linami odciągowymi.

Przewiezenie i ustawienie takiego słupa było oczywiście daleko łatwiejsze niż przewóz i montowanie ciężkiej drabiny wywiadowczej. A przecież na jednym miejscu słup mógł być przestawiany wiele razy. Zadaniem wywiadowcy było uzyskanie jak najniższej zabudowy, dostosowanej do wież przenośnych o stałych wysokościach 12, 18 i 25 m. Jeżeli warunki terenowe w żaden sposób nie pozwalały na zabudowę najwyższą wieżą przenośną (25 m) stosowano wówczas wyjątkowo wieżę stałą, unikając jednak i wtedy wysokości ponad 30 m. Gdy teren nie pozwalał na takie ograniczenie wysokości wieży, wywiadowca rezygnował z punktu, przeprojektowując jednocześnie odpowiednio odnośny fragment sieci.

Wywiad obejmował również ustalenie dla każdego punktu tzw. punktu kierunkowego, służącego dla przyszłych nawiązań azymutalnych ciągów poligonowych i prac topograficznych. Punktami tymi były najczęściej widoczne z ziemi budowle stałe (wieże kościołów) położone w odległości 0.5 do 8 km od punktu zasadniczego. W razie braku budowli stałych wywiadowca wybierał i zaznaczał w terenie punkt specjalnie stabilizowany, w odległości 400—600 m. Punktów takich nie zakładano na zalesionych szczytach górskich.

Oprócz ustalenia w terenie punktów sieci wypełniającej, w ramach wywiadu ustalono również położenie punktów sieci zagęszczającej. Odbывало się to jednak już po ustaleniu wysokości zabudowy punktów triangulacji wypełniającej.

Jak widać z przedstawionego wyżej zakresu wywiadu, była to praca bardzo odpowiedzialna, wymagająca znacznego przygotowania fachowego i doskonałego wyczucia terenu. Od pracy i wyników wywiadu bowiem zależała wartość techniczna budowanej sieci, jak też i strona ekonomiczna całej pracy. Dlatego kierownik grupy wywiadu, do którego należała koordynacja prac poszczególnych zespołów oraz ostateczne opracowanie projektu, musiał być doświadczonym inżynierem, sumiennym i posiadającym duże zdolności organizacyjne. W skład grupy wchodziły cztery zespoły, każdy składający się z doświadczonego inżyniera i czterech robotni-

ków. Zespół zaopatrzony był w słup wywiadowczy i miał do dyspozycji samochód ciężarowy i motocykl do nawiązania szybkiej łączności z zespołem sąsiednim.

Z konfiguracji terenu wynikało, na których punktach należało ustawić słup, a na których wiechy wywiadowcze. Decyzja co do tego należała do kierownika zespołu, który oczywiście musiał doskonale przeanalizować uprzednio projekt kameralny na mapach roboczych.

Wynikiem pracy wywiadu były sporządzane z mapy podstawowej szkice sieci wypełniającej i zagęszczającej w skali 1 : 100 000, na których oprócz dawnych numerów zjawiały się również nazwy punktów (od nazw miejscowych) oraz zaprojektowane wysokości wież.

W terenie natomiast wywiad zostawiał po sobie zaznaczone punkty, utrwalone prowizorycznie drewnianym palem i kopcem.

Jako bardzo ważne uzupełnienie prac wywiadu, kierownik prac wywiadowczych sporządzał opis techniczny, zawierający charakter terenu, opis sieci, uzasadnienie zmian w stosunku do projektu kameralnego oraz uwagi i wnioski dla dalszych etapów prac.

3. ZABUDOWA PUNKTÓW TRIANGULACYJNYCH

Z ideą triangulacji wypełniającej nierozłącznie związana jest koncepcja zastosowania wież przenośnych, rozbieralnych i wielokrotnie montowanych. Równoległe z pierwszymi projektami sieci (1947 r.) opracowany został typ takiej wieży. Typ ten w późniejszych latach ulegał pewnym modyfikacjom, zasada jednak pozostała niezmienną.

Przy ustalaniu koncepcji wież przenośnych projektodawcy wychodzili z dwóch założeń: po pierwsze — jak najdalej idącej oszczędności deficytowego materiału drzewnego (ogromne wyniszczenie lasów wskutek działań wojennych i rabunkowej gospodarki hitlerowskiego okupanta), po drugie — szybka zabudowa punktów, zmniejszająca wydatnie koszty robocizny i pozwalająca na potokowe pokrywanie terenów siecią triangulacyjną.

Dla ułatwienia produkcji wież przenośnych oraz późniejszego montażu ich na punktach triangulacyjnych zastosowano tylko cztery standartowe wysokości stolika: 12 m, 18 m, 20 m i 25 m. Do takich też wysokości musiał zastosować się wywiad terenowy przy ostatecznym ustaleniu położenia punktów i postaci sieci.

Typ wieży, który po szeregu prób i doświadczeń w terenie okazał się najbardziej korzystny zarówno pod względem technicznym jak i ekonomicznym przedstawia się następująco:

Wieża jest niezależna, a więc rusztowanie i statyw budowane są oddzielnie. Elementy rusztowania i statywu nie przenikają się wzajemnie i spoczywają na wspólnych fundamentach betonowych. Elementy są prefabrykowane z tarcicy i skręcane śrubami. Jednakowa grubość nóg na całej wysokości oraz jednakowa grubość teźników i wieńców ułatwia prefabrykację oraz zmniejsza różnorodność śrub, co znakomicie ułatwia montaż. Długość elementów nie przekracza 6 m, co ułatwia ich załadowanie i przewóz. Fundamenty, zaopatrzone w żelazne zaczepy do nóg, założone są na jednym poziomie a zaczepy zabetonowane symetrycznie do centra punktu; wskutek tego wieża po zmontowaniu ustawiona jest automatycznie.

nie prawie centrycznie do punktu. Statyczność wieży gwarantowana jest dokładnym przyleganiem poszczególnych elementów, dobrym skręceniem ich śrubami i silnym przymocowaniem nóg do zaczepów.

Początkowo stosowano sygnał celowniczy ustawiony wprost na stoliku wieży. Ze względu jednak na konieczność czekania z obserwacjami aż do zejścia obserwatora z wieży na którą się celowało, zrezygnowano z tego idealnie centrycznego celu i stosować zaczęto sygnał celowniczy ustawiony na konstrukcji rusztowania.

Montaż wieży odbywał się w sposób następujący: dwie przeciwległe ściany montowano na ziemi a następnie przy pomocy dźwigarki i masztu podnoszono i ustawiano na fundamentach. Tężniki i wieńce dwóch pozostałych ścian montowano w górze. Oczywiście montowano wieżę w kolejności: najpierw statyw, potem rusztowanie.

Wieżę prefabrykowane były w specjalnych zakładach przez fachowców-cieśli, następnie transportowane koleją w rejon prac triangulacyjnych, a potem rozwożone na punkty samochodami ciężarowymi. Fundamenty betonowe przygotowywane były około 2 tygodni przed montażem wieży. W przypadku stawienia wież na podłożu skalnym fundamentów nie zakładano, a zaczepy nóg umocowywano wprost na skale.

Niedogodnością stosowania wież przenośnych, widoczną oczywiście już dla projektantów triangulacji wypełniającej było brak sygnałów dla późniejszych prac geodezyjnych a zwłaszcza topograficznych. Zaradzono temu w ten sposób, że nad punktem stawiano po zdemontowaniu wieży sygnał o wysokości dostosowanej do potrzeb lokalnych lub też zabudowywano pewien z góry ustalony procent punktów wieżami stałymi.

Punkty triangulacji zagęszczającej zabudowywane były sygnałami stałymi, czteronożnymi o wysokości od 6 do 25 m. Nogi tych sygnałów zakotwiczone były wprost w ziemi na głębokości około pół metra. Oszczędność stosowania wież przenośnych była bardzo duża. Dość powiedzieć, że wieża taka mogła być przestawiana 12 razy bez obawy utworzenia się luzów w miejscach łączenia śrubami.

Obsługa punktu wieżą przenośną, włączając w to montaż, demontaż, budowę fundamentów oraz tę część czasu potrzebnego na prefabrykację która przypada na jeden punkt przy 12 krotnym przestawieniu wymaga około 3 zespoło/dni, podczas gdy budowa takiejże wieży stałej, niezależnej z uwzględnieniem przygotowania budulca trwa około 7 zespoło/dni.

Grupa prefabrykacji wież przenośnych składała się w zależności od nasilenia robót od 6 do 15 cieśli. Zespół budowy fundamentów składał się z 1 majstra i 4 robotników i dysponował samochodem ciężarowym. Grupa montażu i demontażu składała się z 5—6 zespołów, każdy z nich składał się z 1 majstra i 5—6 robotników i miał do dyspozycji samochód ciężarowy albo ciągnik z przyczepą do przewożenia elementów wieży oraz ludzi z punktu na punkt. Grupą montażu i demontażu kierował technik.

Przy należytej organizacji prac przewóz wieży odbywał się na odległości około 35 km. Wieża 12 metrowa przewożona była jednorazowo samochodem 4 tonowym, wieża 18 metrowa samochodem w dwóch kursach lub ciągnikiem z dwoma przyczepami w jednym kursie. Wieża 25 metrowa mieściła się na 4 przyczepach i przewożona była w dwóch kursach ciągnika.

Jasnym jest, że dla pewnej, niewielkiej zresztą procentowo ilości punktów, zabudowa do 25 m wysokości była niewystarczająca. Te punkty zabudowywane były wieżami stałymi, gdyż montaż wież ponad 25 m wysokości nie był bezpieczny, a wieże mogły wzbudzać wątpliwości.

Idąc jednak dalej w kierunku oszczędności zastosowano zabudowę tych punktów wieżami zależnymi.

Początkowym punktem wyjścia były radzieckie wieże zależne. Jednak biorąc pod uwagę potrzebę oszczędzania drzewa a więc stosowanie możliwie małych przekrojów, w dalszych próbach praktycznych, połączonych ze współpracą ze statykami oraz różnorodnymi sprawdzeniami metodami geodezyjnymi (obserwacje) oraz statycznymi — wypracowano wreszcie typ polski 3-nożnej wieży zależnej, który zdał znakomicie egzamin tak techniczny, jak i ekonomiczny.

Zarówno dopasowanie jak i połączenia gwoździami elementów konstrukcyjnych rusztowania jest bardzo staranne. Na nogach tak wykonanego rusztowania wsparta jest niewielka i lekka konstrukcja statywu. Wyniki pomiaru wykazały niezbicie, że drgania nóg nie przenoszą się na konstrukcję statywu. Wyniki te były identyczne z wynikami otrzymanymi na wieżach niezależnych.

Wieże stałe zależne budowane były do wysokości 35 m stolik i 43 m szczyt daszka. Ściana wieży i trzecia noga zbijane były gwoździami na ziemi i podnoszone do góry przy pomocy dźwigni i masztu. Oteźnikowanie pozostałych dwóch ścian dokonywane było w górze.

Grupa zabudowy wieżami zależnymi składała się z 4—6 zespołów. Kierownikiem grupy był doświadczony specjalista z zakresu zabudowy, obznajomiony z pracami wywiadu i obserwacji. Zadaniem jego było koordynacja prac zespołów i nadzór na techniczną stronę budowy. Kierownik miał do swej dyspozycji samochód osobowo-terenowy oraz 2—3 samochody ciężarowe do przewożenia zespołów i sprzętu budowlanego.

Zespołem, składającym się z 4 wykwalifikowanych cieśli i 4 robotników, kierował majster. Zespół taki budował jednocześnie wieżę i sąsiednie sygnały na punktach triangulacji zagęszczających.

W warunkach polskich w sieci wypełniającej było wież o wysokości 12 metrów około 40%, wież o wysokości 18 m około 50%, wreszcie wież o wysokości 25 m i wyższych — około 10%. Zestawienie to wykazuje jak bardzo korzystne było stosowanie u nas wież przenośnych, których maksymalna wysokość wynosi 25 m, a więc dały się zastosować na ponad 90% punktów triangulacji wypełniającej.

4. OBSERWACJE KĄTOWE

Wysokie wymagania dokładności, stawiane sieci wypełniającej, narzuciły potrzebę szczególnej staranności obserwacji kątowych. Staranność ta jednak musiała iść w parze ze stroną ekonomiczną, a więc nie mogła być równoznaczna z przedłużaniem obserwacji. Dużą pomocą w uzyskaniu dobrych wyników były wynikające już z samej istoty naszej triangulacji warunki: krótkie odległości pomiędzy stanowiskiem obserwatora a celem oraz doskonała stateczność wież. Jednak przeprowadzenie samych obserwacji było decydujące w uzyskaniu dobrych wyników. Zastosowano metody pomiaru każdego kąta między sąsiednimi kierunkami oddzielnie. Za-

sadniczo stosowane były teodolity Wilda T3, przy czym każdy kąt mierzo-
no w 6-ciu poczetach. W początkowym okresie prac triangulacyjnych,
wskutek niedostatecznej jeszcze ilości posiadanych teodolitów T3, używa-
ne były również teodolity Wilda T2, wtedy jednak kąty mierzo-
no w 8-miu poczetach.

Ustalone warunki techniczne dawały następujące kryteria poprawnego
pomiaru kąta:

	dla T3	dla T2
Zgodność dwóch koincydencji jednego nacelowania	$\pm 3cc$	$\pm 5cc$
Różnice półpoczetów w jednym pociecie	$\pm 12cc$	$\pm 14cc$
Różnice między poczetami	$\pm 16cc$	$\pm 18cc$
Zamknięcie horyzontu na stanowisku	$\pm 3cc$	$\sqrt{n}$

Dla wyeliminowania wpływu błędów systematycznych podziału
limbusa przy pomiarze poszczególnych poczetów przesuwano limbus
o kąt 200 g, gdzie n jest ilością poczetów. Jeżeli jednak badania labora-
toryjne stwierdziły błąd kreski w podziale limbusa, przesuwano go o dal-
sze dwie kreski.

Jako dopuszczoną metodą obserwacji uznano metodę rejestracyjną
polegającą na kolejnym przesuwaniu limbusa o wartość kąta mierzonego.

Wpływ błędu systematycznego podziału mikrometru optycznego usu-
wano, przesuwając początkowe odczyty mikrometru w poszczególnych
poczetach o wartość kątową $\frac{500}{n}$ dla teodolitów Wild T3 lub $\frac{100}{n}$ dla
teodolitów Wild T2, gdzie n jest ilością poczetów.

Sprawę, na którą należało zwrócić baczną uwagę było ustalenie właś-
ciwej postaci sygnału celowniczego oraz sposobu scentrowania tego syg-
nału na właściwy punkt triangulacyjny.

Przeprowadzono cały szereg prób z różnymi postaciami sygnałów, sto-
sując kolejno: cylindry celownicze, pojedyncze tarcze celownicze, po-
dwojne tarcze celownicze oraz różnego rodzaju sygnały celownicze na
wieżach stałych oraz sygnałach stałych i przenośnych.

Ostatecznie za najwłaściwszy sygnał uznano dla sieci wypełniającej,
a więc dla długości boków około 7 km — podwójną tarczę celowniczą.
Trzeba bowiem zwrócić uwagę, że stosowana niewielka długość boków
pozwoliła na zrezygnowanie ze stosowania heliotropów czy reflektorów,
co znów w dodatni sposób oddziaływało na stronę ekonomiczną triangulacji,
eliminując potrzebę zatrudnienia robotników heliotropistów.

Wielką wagę przywiązywano do pomiaru elementów mimośrodów. Sto-
sowano mianowicie takie środki, aby zagwarantować uzyskanie poprawki
mimośrodu z dokładnością nie przekraczającą 0.2cc.

Te ostrożności musiały iść w parze ze specjalnym obchodzeniem się
z instrumentem w czasie pomiaru. Jak wiadomo, instrumenty Wilda są
dość kapryśne, co ujawnia się zwłaszcza przy wysokoprecyzyjnych po-
miarach. Również badania wykazały, że nie należy lekceważyć wpływu
skręcania się wieży w czasie obserwacji. Ta ostatnia okoliczność jednak
została całkowicie wyeliminowana przez zastosowanie opisanej metody
pomiarów, skracającej do minimum pomiar poszczególnych kątów.

Aby zmniejszyć wpływ warunków atmosferycznych na dokładność wy-
ników pomiaru, każde stanowisko musiało być obserwowane w prze-

ciągu 2 dni co najmniej, lub też pomiar rozkładano tak, aby połowa obserwacji każdego kąta była dokonana przed południem, a druga połowa po południu.

Analiza ogromnego materiału obserwacyjnego, otrzymanego w wyniku konkretnej pracy nad triangulacją wypełniającą wykazuje następujące cechy charakterystyczne:

1 W pierwszych latach wykonywania prac, gdy obserwatorzy nie posiadali dostatecznego doświadczenia, a instrumenty nie były należycie zbadane, na około 50% stanowisk niektóre poczety i póipoczety wykazywały różnice większe od 11cc. Również około 8% stanowisk uzyskało zamknięcie horyzontu większe od wartości $\pm 3cc \sqrt{n}$. W późniejszym jednak okresie, gdy poddano teodolity corocznym badaniom, a dwa z nich (na 20) wycofano z powodu wad w podziale limbosa i mikrometrów optycznych i gdy ściśle przestrzegano zasad obserwacji — przekroczenia tych warunków, traktowanych jako kryteria orientacyjne zdarzają się bardzo rzadko, zawierając się liczbowo w ułamkach procentów bądź też, jak w latach ostatnich — zupełnie nie występując.

2. Zamknięcia trójkątów, wyrazy wolne równań sinusowych i bazowych obliczane są po raz pierwszy w pracowniach połowych z „surowych” obserwacji, bez uwzględnienia redukcji na płaszczyznę bądź też nadmiarów sferycznych. Otrzymane w ten sposób zamknięcia trójkątów użyte zostały dla obliczenia błędu Ferrero dla poszczególnych obszarów, liczących przeciętnie po kilkaset trójkątów. Błąd ten waha się od 1,80cc do 2,36cc, osiągając tę ostatnią wartość w sieci, gdzie wyjątkowo zastosowano boki o długości 10 km. Jedynie w trzech przypadkach błąd ten przekroczył 2.36cc, a mianowicie: przy pracach wykonanych zimą (2.40cc), w sieci wykonanej teodolitami Wild T2 (2.53cc) wreszcie na bardzo trudnym do obserwacji lecz niewielkim obszarze rejonu wielkoprzemysłowego (2.80cc). Świadczy to o dobrej dokładności uzyskiwanej przez naszych obserwatorów.

3. Jak wspomniano wyżej, po za określeniem w terenie wielkości niezamknięć trójkątów jako kryterium dokładności pomiarów katowych, bada się również w terenie wyrazy wolne równań sinusowych. Jako kryterium dokładności przyjęto tu, aby wartość wyrazu wolnego nie przekraczała $\pm 2 mF \sqrt{[dd]}$, gdzie mF średni błąd kąta wg wzoru Ferrero a d — zmiana logarytmów sinusa kąta w jednostkach 7-go miejsca logarytmów przy zmianie kąta o 1cc. Kryterium to bywa przekraczane wtedy, gdy kształt sieci wskutek niekorzystnych warunków terenowych nie jest najszczęśliwszy i sieć wykazuje, że wyrazy wolne równań sinusowych w jednostkach 7-go miejsca logarytmów 0-50 występują średnio w 70%, od 50 do 100 jednostek — 25%, od 100—150 jednostek — w 4—5% a ponad 150 jednostek występowały tylko w sieciach, obserwowanych w pierwszych latach wykonywania triangulacji. Ponieważ jednak w poszczególnych sieciach sumy wyrazów wolnych ze znakiem + są prawie równe takimże sumom wyrazów ze znakiem —, jasnym jest, że sieci nie są obciążone błędami systematycznymi.

Obserwator w sieci wypełniającej po za dokonaniem obserwacji kątów poziomych, wykonywał również pomiar kątów pionowych dla celów niwelacji trygonometrycznej. Średni błąd trygonometrycznego wyznaczenia wysokości nie mógł przekraczać ± 0.25 cm.

Kąty poziome i pionowe na punkty sieci zagęszczającej mierzone były przez obserwatora zaraz po wykonaniu pomiarów sieci wypełniającej.

Po za wykonywaniem pomiarów kątowych obserwator obowiązany był do stabilizowania punktów. Stabilizacja obejmowała zarówno punkty sieci wypełniającej, jak też punkty kierunkowe oraz sieci zagęszczającej. Punkty sieci wypełniającej stabilizowane były kostką, płytą i słupem z żeliwną głowicą oraz 4-ma pobocznikami — płytami podziemnych. Punkty sieci zagęszczającej — płytą i słupem oraz dwoma pobocznikami, wreszcie płyty kierunkowe — płytą i słupem. Punkty na budowach stałych utrwalone były bolcami, a odpowiednie punkty przeniesienia — tak jak punkty sieci wypełniającej lub zagęszczającej, zależnie od ich charakteru. Ponadto wszystkie naziemne punkty sieci wypełniającej i zagęszczającej okopane były rowem.

Przeniesienia punktów z budowli stałych dokonywane były bardzo starannie i w taki sposób, aby dokładność wyznaczenia punktów przeniesienia wynosiła maksimum $\frac{1}{3}$ całkowitego maksymalnego błędu wyznaczenia punktu macierzystego.

5. POMIARY BAZ

Koncepcja rozmieszczenia baz w sieci triangulacji wypełniającej ostatecznie ustalona została z chwilą decyzji nawiązania sieci do sieci astronomiczno-geodezyjnej. Rozmieszczenie baz uzależniono wtedy od położenia boków nawiązania tej sieci.

W związku z tym rozłożenie 60-ciu pomierzonych baz w sieci wypełniającej jest rozmaite w poszczególnych częściach kraju. Ze względu na pewne nagromadzenie powstałe w pierwszych latach, część z nich traktowana jest jako kontrola sieci po obliczeniu — bazy te nie wchodziły oczywiście jako warunki do wyrównania.

Bazy pomierzone zostały aparatem Jäderina, komparowanym na komparatorze w Głównym Urzędzie Miar w Warszawie po pomiarze co drugiej bazy, nie licząc komparacji co rocznej.

Uzyskano dokładności od 1:2000.000 do 1:700.000, przy czym na ogół mierzono bezpośrednio bok trójkąta, w paru tylko przypadkach stosując pojedyncze rozwinięcie rombów.

Wolne wyrazy równań bazowych, które charakteryzują zarówno dokładność baz jak i wartość ciec, w bardzo niewielu przypadkach przewyższają wartość kontrolną przyjętą analogicznie do takiejże wartości dla wyrazów wolnych równań sinusowych; na ogół znacznie nie osiągają tej wartości.

6. POMIARY ASTRONOMICZNE

Ze względu na oparcie sieci wypełniającej na sieci astronomiczno-geodezyjnej punkty astronomiczne nie są potrzebne do wyrównania. Jednak dla celów porównawczych pomierzono szerokość, długość i azymut na 12-tu takich punktach, rozmieszczonych na dużych obszarach pomiędzy łańcuchami sieci astronomiczno-geodezyjnej.

Dokładność wyznaczenia szerokości waha się od $0''18$ do $0''20$, długości od $0''13$ do $0''38$, azymutu — $0''18$ do $0''37$.

Punkty te posłużyły dla kontroli i porównania po ukończeniu wyrównania sieci wypełniającej.

7. WYRÓWNANIE SIECI WYPEŁNIAJĄCEJ

Ze względu na wysoką dokładność sieci wypełniającej, nie ustępującej sieci I-go rzędu, z punktu widzenia naukowo-teoretycznego najwłaściwsze jest jednocześnie wyrównanie sieci na obszarze całego Państwa, pokrytego siecią wypełniającą w sposób jednolity. Ponieważ sieć astronomiczno-geodezyjna istnieje i punkty jej wchodzi do sieci wypełniającej zaproponowano wyrównanie sieci wypełniającej z odrzuceniem założenia bezbłędności punktów nawiazania (sieci astronomiczno-geodezyjnej), metodą obserwacji pośrednich kątami na płaszczyźnie z założeniem, aby suma kwadratów poprawek wielkości wyrównywanych dzielona przez kwadraty ich średnich błędów była najmniejsza.

Jednak ze względu na terminy dostarczania ostatecznych współrzędnych sieci wypełniającej i zagęszczającej zdecydowano się ostatecznie na wyrównanie sieci grupami w oparciu o współrzędne punktów sieci astronomiczno-geodezyjnej. Wysoka jakość obu sieci nie pozwoli na znaczne różnice pomiędzy wynikami wyrównania niezależnego i opartego na sieci astronomiczno-geodezyjnej. Dla analizy jednak wartości obu sieci nie zaniechano zamiaru niezależnego wyrównania sieci wypełniającej, odkładając jedynie tę pracę na późniejszy termin, po zaspokojeniu najbliższych potrzeb.

Jedynym założeniem, z jakim przystąpiono do wyrównania sieci wypełniającej jest, aby obliczone na podstawie współrzędnych kąty nie były zniekształcone w stosunku do obserwowanych więcej niż o 10cc z tym, że średnie błędy tych różnic powinny być tego samego rzędu co błędy Ferrero.

W chwili obecnej prace nad wyrównaniem sieci wypełniającej są w toku, dla części sieci jednak zostały już ukończone. Wyniki podane będą w rozdziale dalszym, omawiające dokładności sieci wypełniającej.

8. SIEĆ ZAGĘSZCZAJĄCA

Jak wspomniano wyżej, punkty sieci zagęszczającej uzupełniają sieć wypełniającą do pełnej jej użyteczności. Obserwacje tych punktów dokonywane są teodolitami Wild T3 metodą kierunkową w trzech poczetach. Błędy położenia tak określonych punktów wynoszą średnio 2—3 cm co daje dokładność względną sieci 1:40.000.

Dla oceny wartości sieci zagęszczającej porównano otrzymaną dokładność z dokładnościami uzyskiwanymi w klasycznych sieciach III i IV rzędu. Należy pamiętać, że nasycenie terenu punktami sieci zagęszczającej odpowiada nasyceniu punktami klasycznej sieci IV rz.

Z przeprowadzonego porównania wynikało, że zamknięcia trójkątów sieci III rzędu mają takie same wielkości jak sieci zagęszczającej. Błędy położenia punktów mają również podobne wartości.

Natomiast przy obliczaniu współrzędnych punktów sieci IV rzędu przy pomocy wcięć i przyjęciu średnich z kilku wcięć otrzymywano różnice od średniej 5—10 cm.

Powyższe świadczy o tym, że sieć zagęszczająca, nasycając teren w stopniu odpowiadającym klasycznej sieci IV rz. jednocześnie posiada dokładność sieci III rzędu, co należy przecież uważać za okoliczność wybitnie korzystną.

III. ANALIZA DOKŁADNOŚCI TRIANGULACJI WYPEŁNIAJĄCEJ

Jak już zaznaczono, wyrównanie sieci triangulacji wypełniającej nie zostało jeszcze zakończone. Jednak pewne znaczne fragmenty tej sieci były już wyrównywane, a wyniki pozwalają na przeprowadzenie porównań i wysnucia wniosków. Przykłady takich porównań podajemy poniżej.

1. PORÓWNANIE SIECI I-GO RZĘDU Z SIECIĄ TRIANGULACJI WYPEŁNIAJĄCEJ

Z pomierzonej sieci wypełniającej wyodrębniono fragment o 96 punktach, pokrywający całkowicie fragment sieci astronomiczno-geodezyjnej o 16 punktach. Dokonano niezależnego wyrównania fragmentów obu sieci i ze współrzędnych sieci wypełniającej obliczono wartości kątów sieci I-go rzędu. Do porównania otrzymano więc: wartości pomierzonych kątów I-go rzędu, wartości wyrównanych kątów oraz wartości kątów obliczone z wyrównanych współrzędnych sieci wypełniającej.

Błąd Ferrero sieci I-go rzędu wynosił $\pm 1,51cc$, sieci wypełniającej — $\pm 2,39cc$. Różnica średnia pomiędzy wyrównanymi a pomierzonymi kątami I-go rzędu $\pm 1,51cc$, różnica średnia pomiędzy wyliczonymi z sieci wypełniającej a pomierzonymi kątami I-go rzędu — $\pm 3,51cc$.

Podobne badanie przeprowadzono na innym fragmencie sieci. Porównanie 24 kątów obliczonych raz na podstawie sieci wypełniającej a drugi — na podstawie sieci I-go rzędu, dało wartość przeciętną różnicy kątów $1,54cc$.

Z porównań powyższych widać, że przeciętna różnica pomiędzy wartością kąta uzyskanego z wyrównania sieci wypełniającej i kąta pomierzonego w sieci astronomiczno-geodezyjnej jest rzędu wielkości błędu Ferrero dla sieci wypełniającej.

2. PORÓWNANIE SIECI WYPEŁNIAJĄCEJ Z KLASYCZNĄ SIECIĄ II-GO RZĘDU

Porównanie to przeprowadzono, ze względu na interesujące zagadnienie jak przedstawia się dokładność sieci wypełniającej w porównaniu z siecią II-go rzędu, przy tym samym nasyceniu terenu punktami. Do porównania przyjęto sieci II-go rzędu na powierzchni $65000 km^2$, zawierające 1260 punktów. Sieci te były analizowane ze względu na konieczność zdania sobie sprawy co do potrzeby odnawiania czy adaptacji triangulacji na tym obszarze. Sieci II-go rzędu budowane były w latach 1905—1944 i niektóre z nich trzeba uważać za zdecydowanie słabe. Około $\frac{1}{3}$ badanych sieci (z ogólnej liczby 29-ciu) odpowiadało wymaganiom stawianym sieci wypełniającej pod względem błędu Ferrero, ale i w nich poszczególne trójkąty miawały niezamknięcie ponad $8cc$. Sieci te więc są dość wyra-

źnie jakościowo słabsze od sieci wypełniającej. Ponieważ jednak klasyczne sieci II-go rzędu posiadają znacznie większą ilość obserwacji nadliczbowych, do porównania ostatecznego należało wybrać pewien fragment.

Jako sam fragment wybrano sieć z r. 1941, zawierającą 18 punktów II rzędu i oparty o 5 punktów I-go rzędu. Pomiar dokonany był teodolitami precyzyjnymi nie znanej firmy metodą kierunkową w 6-ciu seriach. Z sieci tej wybrano kierunki, tworzące sieć trójkątów jak najbardziej zbliżonych kształtem do warunków sieci wypełniającej. Orientacyjnie obliczany błąd pomiaru kąta wg Ferrero wynosił $\pm 3,4\text{cc}$.

Błąd pomiaru kąta tej sieci metodami triangulacji wypełniającej wyniósł $\pm 2,12\text{cc}$.

Sieci te wyrównano w ścisłym nawiązaniu do punktów I-go rzędu.

Otrzymano następujące wyniki:

	Wielkość w cc	0 — 2	2 — 4	4 — 6	6 — 8	pow. 8
		w procentach				
Sieć II rz.	Niezamknięcie trójkątów	28.6	18.0	14.2	25.0	14.2
	Poprawki do kątów	47.5	32.5	15.0	5.0	—
Sieć wypeł.	Niezamknięcie trójkątów	42.8	25.0	25.0	7.2	—
	Poprawki do kątów	66.2	28.5	5.5	—	—

Średni błąd kąta po wyrównaniu wynosi dla sieci II-go rz. $\pm 3.50\text{cc}$, dla sieci wypełniającej $\pm 2.55\text{cc}$.

Błędy położenia poszczególnych punktów w obu sieciach są tego samego rzędu i mieszczą się w granicach 2—4 cm.

Z powyższego widać, że sieć wypełniająca jest co najmniej równa co do dokładności sieci II-go rzędu, posiada jednak, poza stroną ekonomiczną tę niewątpliwą przewagę, że wszystkie jej punkty określone są w sposób jednakowo dokładny.

3. PORÓWNANIE BOKÓW OBLICZONYCH ZE WSPÓŁRZĘDNYCH Z POMIERZONYMI LINIAMI BAZOWYMI

Próbie tę przeprowadzono na dużym fragmencie sieci, liczącym 212 punktów. Fragment ten podzielono na kilka grup, wzajemnie pokrywających się rzędami trójkątów. Na całym obszarze było pomierzonych 13 baz, które nie weszły do wyrównania. Całą sieć dostosowano do znajdujących się

na jej obszarze 9-ciu punktów sieci I-go rzędu, które były jednocześnie punktami sieci wypełniającej. Otrzymano średnią różnicę w dostosowaniu 10 cm.

Po transformacji obliczono współrzędne i długości boków i porównano następnie z pomierzonymi bazami. Różnice wahały się od 3 mm do 30 mm, średnia różnica wynosiła 20 mm, a więc przy średniej długości bazy 6 km błąd względny wynosi nie więcej niż 1:300.000.

Te kilka przykładów nie wyczerpuje oczywiście wszystkich prób, które przeprowadzono w przeciągu okresu wykonywania sieci wypełniającej, a które były konieczne dla kontroli metody. Należy bowiem zwrócić uwagę, że naukowej podstawy oceny dokładności doczekała się sieć nasza dopiero w r. 1955 w pracy prof. Stefana Hausbrandta („Analiza porównawcza dokładności wielkotrójkątowych i małotrójkątowych sieci triangulacyjnych, nawiązana do prac geodezyjnych w Polsce” — Prace IGiK, Tom III, zeszyt 1, Warszawa 1955). Przykład jednej z analiz dokładnościowych, opartych na wykorzystaniu konkretnego materiału pomiarowego zawarty jest w zeszycie 2 tomu II Prac GINB z r. 1954.

IV. ZAKOŃCZENIE

W niniejszym referacie staraliśmy się w sposób obiektywny przedstawić wyniki naszych prac nad triangulacją wypełniającą i zagęszczającą, wyniki naszych prób, doświadczeń i rozważań.

Praca nasza nie jest jeszcze całkowicie zakończona — pozostaje do wykonania wyrównanie sieci, które postępuje obecnie szybko naprzód. Jak wspomniano, metodę wyrównania przyjęto taką a nie inną wobec istotnych warunków na naszych terenach, a więc przede wszystkim wobec odpowiedniej gęstości sieci astronomiczno-geodezyjnej z jednej strony i założonych terminów dla otrzymania współrzędnych z drugiej strony. Brane jednak były pod uwagę najrozmaitsze sposoby, na pierwszym miejscu oczywiście metoda utworzenia fikcyjnej sieci dużych trójkątów, zaproponowana już w r. 1946 przez projektodawców sieci wypełniającej. Zarówno ta jak i inne metody były i są przedmiotem studiów i badań naukowych, o czym świadczą odpowiednie publikacje naukowych ośrodków polskich.

W każdym razie polska służba geodezyjna jest obecnie całkowicie przekonana, że obrana metoda wykonania triangulacji kraju była słuszną i właściwszą w naszych warunkach geodezyjnych i ekonomicznych. Z pełnym poczuciem odpowiedzialności możemy polecić stosowanie naszej metody wszędzie tam, gdzie brak jest osnowy triangulacyjnej. Wszystkim naszym bratnim służbom geodezyjnym, przed którymi stoi jeszcze zadanie wykonania czy uzupełnienia sieci na swych terenach, służymy dalszymi szczegółami, radą i pomocą. Nie wątpimy również, że praca kolegów z innych służb rozwinie dalej opracowaną przez nas metodę, ulepszy ją, usprawni i będzie dalszym stopniem w rozwoju geodezji światowej.
