

DZIAŁALNOŚĆ INSTYTUTU GEODEZJI I KARTOGRAFII W ZAKRESIE BUDOWY APARATURY

Działalność Instytutu Geodezji i Kartografii w zakresie budowy aparatury pomiarowej i urządzeń przeznaczonych do stosowania nowych technologii geodezyjnych i kartograficznych rozpoczęła się na początku lat pięćdziesiątych i koncentrowała się głównie w Dziale Mechaniczno-Konstrukcyjnym. Przy opracowywaniu nowych projektów udział brali wybitni specjaliści z Instytutu Geodezji i Kartografii oraz z innych instytucji. Większość wykonanych prac była zrealizowana na zamówienia przedsiębiorstw geodezyjnych lub tych inwestorów, którzy obsługę geodezyjną powierzali wyspecjalizowanym instytucjom. Pracownicy Instytutu uczestniczyli również w projektowaniu i budowie aparatury geodezyjnej i kartograficznej wykonywanej w przedsiębiorstwach, najczęściej w ramach działalności racjonalizatorskiej. Najbardziej udane konstrukcje od wielu lat po dzień dzisiejszy są stosowane w kraju i za granicą. Kilkadziesiąt projektów uzyskało patenty lub wzory użytkowe. Szczegółowe informacje na ten temat podaje w swoim artykule mgr inż. Tadeusz Gaertig.

Istnienie Działu Mechaniczno-Konstrukcyjnego datuje się od 1951 roku, kiedy rozpoczęto organizowanie warsztatu mechanicznego w Geodezyjnym Instytucie Naukowo-Badawczym. W 1953 r. decyzją Prezesa Centralnego Urzędu Geodezji i Kartografii utworzono Pracownię Mechaniczno-Konstrukcyjną, która należała do Zakładu Geodezji. Organizatorem i pierwszym kierownikiem Pracowni Mechaniczno-Konstrukcyjnej był inż. Jerzy Kuśmierczyk, którego udział w tworzeniu tej komórki był ogromny. W 1962 r. Pracownię przemianowano na Dział Mechaniczno-Konstrukcyjny i nadano mu prawa samodzielnej jednostki organizacyjnej w Instytucie Geodezji i Kartografii. Przez wiele lat dział ten składał się z Pracowni Konstrukcyjnej i Warsztatu Mechanicznego. W 1975 roku utworzono Laboratorium Holograficzne, a w 1980 r. Pracownię Elektroniczną.

Od początku istnienia Działu Mechaniczno-Konstrukcyjnego prowadzono prace w trzech zasadniczych kierunkach — projektowym, wykonawczym i badawczym. Prace te obejmowały konstrukcje mechaniczne, optyczne oraz, zwłaszcza w ostatnich latach, elektroniczne. Stopień wykorzystania poszczególnych działów techniki do budowy przyrządów wynikał po części z aktualnych potrzeb geodezji i kartografii, a także z tendencji światowych w tym zakresie.

W okresie powojennym nastąpił szybki rozwój budownictwa przemysłowego wymagający stosowania precyzyjnego pomiaru przemieszczeń i odkształceń wielkich elementów, a nawet całych budynków. Z różnych powodów klasyczne pomiary geodezyjne nie zawsze mogły być stosowane lub nie dawały zadowalających wyników. To samo można stwierdzić w odniesieniu do metrologii warsztatowej. Zachodziła zatem konieczność opracowania nowych metod i nowych urządzeń, w których wykorzystanoby jednocześnie zasady miernictwa geodezyjnego i warsztatowego. Dodatkową okolicznością sprzyjającą szybkiemu rozwojowi budowy nowej aparatury było prowadzenie prac naukowych w tym zakresie zarówno przez pracowników Instytutu Geodezji i Kartografii, jak również przez inne ośrodki naukowe współpracujące z Instytutem. Najwięcej przyrządów opracowano i wykonano dla pomiaru przemieszczeń i odkształceń dużych obiektów, urządzeń i maszyn.

Już w 1952 r. zaprojektowano kilka przyrządów, które zastosowano przy budowie Pałacu Kultury i Nauki. Wykonano wówczas pierwszą wersję wahadła, które posłużyło do pomiaru zmiany nachyleń niektórych fragmentów budynku spowodowanych nierównomiernym osiadaniem fundamentów. Wahadło było pierwszym poważniejszym przyrządem pomiarowym wykonanym w Instytucie i do dzisiaj jest często stosowane w różnych wersjach konstrukcyjnych. W swej najprostszej postaci wahadło było użyte do kontroli pionowości położenia Kościoła pod wezwaniem Narodzenia Najświętszej Marii Panny w czasie jego przesuwania w 1962 r. w związku z poszerzaniem Al. Gen. K. Świerczewskiego. Do podobnych celów wahadło zostało użyte w 1970 r. podczas obracania o 78° Pałacu Lubomirskich przy pl. Żelaznej Bramy. W formie udoskonalonej wchodzi ono w skład wyposażenia aparatury pomiarowej prawie każdej zapory wodnej. Najciekawszą postacią tego rodzaju przyrządu jest wahadło rewersyjne opracowane i wykonane w Instytucie dla zapory w Zatoniu. W odróżnieniu od wahadła zwykłego jest ono zaczepione nie na koronie zapory lecz w głębokim odwiercie pod zaporą i pozwala mierzyć przesuwanie zapory, jakie może wystąpić pod wpływem parcia wody. Wahadła rewersyjne, o nieco zmienionej konstrukcji, zostały również zastosowane do pomiaru deformacji modelu zamkniętego zbiornika wodnego elektrowni jądrowej.

Dobrym polygonem doświadczalnym dla nowo budowanej aparatury były i są nadal zapory wodne w Rożnowie i Czchowie.

W zaporach tych, w początkach lat sześćdziesiątych, zastosowano po raz pierwszy stały przestrzenny szczelinomierz, który na jednym stanowisku, w pobliżu szczeliny dylatacyjnej, pozwala jednocześnie mierzyć z dokładnością 0,01 mm, zmianę szerokości szczeliny dylatacyjnej (stąd nazwa szczelinomierza), nierównomierne osiadanie sąsiednich segmentów zapory oraz nierównomierne ich nachylanie się pod wpływem parcia wody. Rewelacyjne dokładności pomiaru, w porównaniu z metodami wcześniej stosowanymi, prosta budowa szczelinomierza oraz niezawodność jego działania, łatwość pomiaru i interpretacji wyników pomiarowych skłoniły dyrekcję tych zapór do zainstalowania 100 sztuk szczelinomierzy, które są i długo będą jeszcze wykorzystywane.

Innym przyrządem pomiarowym, którego konstrukcja została wypróbowana w Rożnowie był klinometr bazowy. Przyrząd ten służy do po-

miaru zmian nachylania dużych obiektów z dokładnością 2". Może on być również wykorzystywany do precyzyjnej mikroniwelacji wykonywanej z reguły na fundamentach i innych dużych obiektach z dokładnością 0,01 mm na długości 1 mb.

Doświadczenia zdobyte w Rożnowie i Czchowie posłużyły pracownikom Instytutu do zaprojektowania i wykonania zestawu aparatury do pomiaru przemieszczeń i odkształceń największej budowanej w kraju Zapory wodnej w Solinie. Zaprojektowany zestaw obejmował urządzenia do pomiaru wielkości liniowych i kątowych. Wykonane dla zapory w Solinie przestrzenne szczelinomierze przenośne okazały się równie dokładne co stałe, a przy tym były wygodniejsze zarówno w użyciu, jak i w konserwacji.

W tym okresie opracowano nasadkowy pochyłomierz wykonywany w dwóch wersjach — techniczny oznaczony symbolem PN 21 i precyzyjny PN 11. Zakresy pomiarowe tych pochyłomierzy wynoszą: 170' dla PN 21 oraz 17' dla PN 11 i odpowiednio dokładności 8" i 2". Pochyłomierze nasadkowe i przenośny szczelinomierz, oznaczony symbolem S 33, stały się podstawowymi przyrządami pomiarowymi stosowanymi przy geodezyjnej obsłudze różnych obiektów budowanych w kraju i za granicą.

Wymieniona aparatura pomiarowa charakteryzuje się między innymi tym, że na czas pomiaru „przytwierdzona” jest w odpowiednich miejscach do badanych obiektów. W odróżnieniu od większości optycznych przyrządów geodezyjnych pomiar nie odbywa się w wyniku zdalnej obserwacji lecz na skutek bezpośredniego „kontaktu” przyrządu pomiarowego z badanym obiektem. „Kontakt” przyrządu z obiektem odbywa się za pomocą odpowiednich elementów stabilizacyjnych i głowic pomiarowych osadzonych trwale w badanych obiektach. Taka zasada konstruowania przyrządów pomiarowych ogranicza do minimum błędy osobowe i błędy środowiskowe.

Oprócz aparatury pomiarowej opracowano w IGiK cały szereg urządzeń pomocniczych, które umożliwiają rozszerzanie zakresu stosowania tak nowych, jak i klasycznych przyrządów geodezyjnych bądź też umożliwiają zwiększenie dokładności pomiarów. Należą do nich części i zespoły stabilizacyjne, centrujące, sygnały celownicze itp.

Dla spopularyzowania tej aparatury opracowano i wydano „Katalog znaków i urządzeń pomiarowo-kontrolnych do pomiarów przemieszczeń i odkształceń budowli” (zeszyt A w 1973 r. i zeszyt B w 1974 r.). Jednym z podstawowych założeń przy opracowywaniu tych katalogów było wprowadzenie normalizacji zwłaszcza elementów współpracujących z różnymi zespołami lub przyrządami pomiarowymi. Katalog ten oddaje cenne usługi zwłaszcza przy wykorzystywaniu i instalowaniu urządzeń pomiarowych i pomocniczych.

W miarę zdobywania doświadczenia konstrukcyjnego podejmowano nowe zadania. W latach 1962—1964 opracowano i wykonano zestaw przyrządów do pomiaru przemieszczeń i odkształceń podstawowych zespołów urządzenia przeznaczonego do ciągłego odlewania stali. Zestaw tych przyrządów, opracowanych i wykonanych przy współudziale przedstawicieli Politechniki Śląskiej, został zastosowany w Hucie Jed-

ność w Siemianowicach Śląskich. Wykonane przyrządy musiały być dostosowane do szczególnie trudnych warunków środowiskowych, bowiem w czasie całego cyklu odlewniczego płynna stal jest w sposób ciągły nalewana do pionowej, kwadratowej i intensywnie chłodzonej od zewnątrz rury miedzianej zwanej krystalizatorem. Stal częściowo ochłodzona w krystalizatorze, a następnie doprowadzona do stanu plastycznego wysuwa się ku dołowi w postaci kwadratowego pręta prowadzonego dalej za pomocą rolkowych transporterów. Odcinane na niższych kondygnacjach kawałki prętów odlanej stali przenoszone są na teren odpowiedniego składowiska. W czasie takiego cyklu odlewniczego nagrzewa się nie tylko krystalizator ale również transportery i cała konstrukcja nośna. W stanie częściowego nagrzania pozostają one również w okresie pomiędzy kolejnymi cyklami odlewniczymi, kiedy wykonuje się pomiary kontrolne. Pomiarami objęte są: stopień zużycia (ścierania) wewnętrznych powierzchni krystalizatora, jego kształt, położenie krystalizatora względem transporterów oraz pionowość i prostolinijność tych transporterów.

Poza budową przyrządów przeznaczonych do pomiarów statycznych podjęto próbę zbudowania urządzenia do pomiaru w warunkach dynamicznych przemieszczeń i odkształceń torów nośnych suwnic. W drugiej połowie lat sześćdziesiątych zbudowano pierwsze takie urządzenie przeznaczone do pomiaru i graficznej rejestracji zmiany rozstawu torów podsuwnicowych i ich deformacji. Wielkości deformacji rejestrowane były w skali 1:1 natomiast długość torów tych suwnic w skali pomniejszonej. Urządzenie wypróbowane w Hucie Warszawa było stosowane z powodzeniem przy kontroli suwnic w różnych zakładach przemysłowych. Problem pomiaru różnych torów jest nadal aktualny. W 1979 roku, z inicjatywy Ministerstwa Komunikacji, Instytut Geodezji i Kartografii podjął się zaprojektowania i wykonania urządzenia do pomiaru w planie i w profilu deformacji torów kolejowych. W 1980 roku wypróbowano, na istniejącym strzałkomierzu, działanie optoelektronicznego czujnika pomiarowego, który wielkości pomierzone z dokładnością 0,01 mm przedstawiał w postaci cyfrowej. Od 1983 r. rozpoczęto projektowanie i budowę urządzenia mechaniczno-elektronicznego, które pozwoli automatycznie pomierzyć i zarejestrować w ruchu długości torów oraz w planie strzałki krzywizn opartych na cięciwach stałej długości, a w profilu zmiany nachylenia poszczególnych szyn (niwelety) w odstępach co 1,25 m.

Przy omawianiu osiągnięć Instytutu Geodezji i Kartografii w zakresie budowy przyrządów do pomiaru przemieszczeń i odkształceń trzeba wspomnieć o współpracy, w latach 1972—1976, Instytutu z Okręgowym Przedsiębiorstwem Geodezyjno-Kartograficznym w Katowicach, w którym opracowano wiele oryginalnych metod i urządzeń pomiarowych. Do najciekawszych przedsięwzięć należy niewątpliwie opracowanie optycznej metody i urządzeń do osiowania elementów i zespołów wirujących, a w szczególności układów osiowych turbo-generatorów dużej mocy. Metoda ta została rozpowszechniona i przynosi duże korzyści gospodarce narodowej. Opracowano również wiele innych urządzeń pomiarowych, w tym do pomiaru równoległości geometrycznych osi wytoczeń w korpusach silników okrętowych i równoległości powierzchni nośnych dużych pras hydraulicznych.

Drugą co do wielkości grupę przyrządów zbudowanych w Instytucie stanowią urządzenia przeznaczone do opracowywania map techniką warstworytu. Budowę tych urządzeń rozpoczęto w latach 1955—1957 od zaprojektowania i wykonania wirówki do nakładania warstw rytowniczych na płytach szklanych. Wirówka ta była wykorzystywana do prac badawczych nad nowymi warstwami rytowniczymi opracowanymi w Instytucie. Wraz z wprowadzeniem na szerszą skalę techniki rytowniczej do opracowań kartograficznych należało podjąć produkcję narzędzi i przyrządów rytowniczych. W latach 1960—1966 powstała najliczniejsza grupa tych narzędzi i przyrządów, z których jedne są przeznaczone do rytowania znaków liniowych, a drugie do rytowania kropek i kółek. Przy projektowaniu narzędzi rytowniczych przyjęto zasadę, że do każdego rodzaju znaku liniowego lub kołowego zastosowano oddzielny rylec, którego kształt nie ulega zmianie podczas jego eksploatacji. Każdy rylec musi jednak być okresowo ostrzony, a dodatkowo, w zależności od tego do jakiego podłoża jest przeznaczony, odpowiednio profilowany. Do kształtowania i ostrzenia wszystkich rodzajów rylców zbudowano specjalną ostrzarkę. Opracowane w Instytucie przyrządy przeznaczone do rytowania znaków liniowych były i są nadal wykonywane w dwóch wersjach: pierścień do rytowania oburącz i tzw. „koziołek” do rytowania jedną ręką. Wiele uwagi poświęcono konstrukcji zerowników, czyli przyrządów do rytowania kropek i kółek. Zerownik z napędem elektrycznym, wyposażony ostatnio w oryginalny celownik do precyzyjnego lokalizowania rytowanych znaków, znalazł powszechne zastosowanie. Opracowano też kilka wersji pantografów przeznaczonych do rytowania znaków umownych. W ostatnich latach podjęto prace nad modernizacją, wcześniej opracowanych, i budową nowych narzędzi i przyrządów rytowniczych.

W Dziale Mechaniczno-Konstrukcyjnym, przy współpracy z Zakładem Kartografii, opracowano kopiarkę przenośną dla formatu A4 oraz dwa typy wywoływaczek dyfuzyjnych dla formatu A4 i formatu A1. Ta ostatnia była produkowana przez Spółdzielnię Pracy „Skala”.

Dużym osiągnięciem interdyscyplinarnego zespołu, powiększonego o pracowników spoza Instytutu, było opracowanie i wykonanie w połowie lat sześćdziesiątych koordynatografu automatycznego KART2. Do budowy tego urządzenia wykorzystano klasyczny koordynatograf, wyposażając go w zespół napędowy i elektroniczny system sterujący. Warto podkreślić, że przy tej okazji opracowano i wykonano serię silników krokowych dużej mocy, które zastosowano również do budowy innych urządzeń.

Od 1974 r. rozpoczęto prace związane z budową nowych przyrządów optyczno-mechaniczno-elektronicznych do pomiaru wielkości liniowych i kątowych. Pierwszymi opracowanymi przyrządami były przetworniki, z których kątowy przewidywany był do zastosowania w nowoczesnym teodolicie cyfrowym, a liniowy do budowy urządzeń przeznaczonych do pomiaru względnych przemieszczeń. Główny wysiłek skierowano na budowę optoelektronicznego przetwornika liniowego o stosunkowo dużym zakresie pomiarowym i wysokiej dokładności. W urządzeniu tym zastosowano wzorzec w postaci optycznej podziałki impulsowej opracowanej w Instytucie Geodezji i Kartografii. Do wykonania tej podziałki zastosowano metodę fotochemiczną oraz nowoczesną aparaturę sterowaną nu-

merycznie i kontrolowaną automatycznie urządzeniem interferencyjnym. Podjęto również próbę uzyskania podobnych podziałek na drodze rejestrowania prążków interferencyjnych powstałych w wyniku przecięcia się dwóch wiązek światła spójnego. Aczkolwiek nie uzyskano, przy stosowaniu tej drugiej technologii, zadawalających wyników, to jednak zdobyte doświadczenia wykorzystano przy innych tego rodzaju pracach badawczych.

Po wielu próbach zbudowano w 1979 roku pierwszy model przetwornika liniowego o zakresie pomiarowym 100 mm i dokładności 0,01 mm. Model ten stanowił nie tylko podsumowanie wieloletniej pracy konstrukcyjnej i laboratoryjnej, ale stał się punktem wyjścia do budowy pomiarowych urządzeń funkcjonalnych. Wkrótce potem przystąpiono do zaprojektowania urządzenia przeznaczonego do pomiaru przemieszczeń liniowych w układzie współrzędnych XYZ. Dwa takie urządzenia, wykonane w latach 1980—1982, zainstalowano w elektrowni szczytowo-pompowej Żarnowiec pomiędzy głównym budynkiem elektrowni i przyległym do niego podziemnym budynkiem kompensatorów, gdzie zbiegają się wszystkie rury łączące siłownię elektrowni z górnym zbiornikiem wody. Sterowanie urządzeniem pomiarowym oraz odczytywanie i rejestracja wyników pomiaru odbywa się zdalnie z nastawni usytuowanej w bezpiecznym miejscu. Potrzeba wykonywania zdalnych i częstych pomiarów wzajemnych przemieszczeń newralgicznych fragmentów elektrowni, zwłaszcza w czasie jej rozruchu i w początkowym okresie eksploatacji, podyktowana była względami bezpieczeństwa. W Żarnowcu zwiększona ostrożność była całkowicie uzasadniona bowiem budynek elektrowni posadowiony jest na stosunkowo miękkim podłożu, a siła oddziaływania wody na wszystkie turbiny równa jest sile parcia Wisły na wysokości Warszawy. Zakładano też, że bardzo częste pomiary opisanych przemieszczeń mogą stanowić cenny materiał pomocny przy projektowaniu podobnych obiektów energetycznych. Urządzenia zainstalowane w Żarnowcu są nadal wykorzystywane.

Doświadczenia zdobyte przy konstruowaniu układów optoelektronicznych zostały wykorzystane w 1983 r. do budowy przyrządu przeznaczonego do zliczania prążków interferencyjnych. Urządzenie to, wykonane na zlecenie Polskiego Komitetu Normalizacji, Miar i Jakości, stanowi ostatni człon interferometru laserowego wykorzystywanego do pomiaru małych kątów z dokładnością 0,1".

Prace nad budową przetworników kątowych rozpoczęto w 1975 r. W pierwszej kolejności opracowano koncepcję przetwornika pojemnościowego dostosowanego do teodlitu cyfrowego projektowanego w Instytucie Geodezji i Kartografii na zamówienie Polskich Zakładów Optycznych. Wstępny projekt takiego teodolitu przekazano zlecającemu w 1978 r.

Odmiana optoelektronicznego przetwornika kątowego została zastosowana do budowy specjalnego stanowiska przeznaczonego do wyznaczania kątów wzorcowych. W projekcie tego przetwornika wykorzystano oryginalną i ciekawą zasadę jednoczesnego oświetlania całej podziałki radialnej i uśredniania wartości elementarnej kąta ze wszystkich podziałek na całym obwodzie kręgu. Urządzenie do precyzyjnego wyznaczania kątów wzorcowych jest budowane w Instytucie Geodezji i Kartografii na zlecenie Polskiego Komitetu Normalizacji, Miar i Jakości.

W latach 1975—1978, z inicjatywy Warszawskiego Przedsiębiorstwa Geodezyjnego, zaprojektowano i wykonano prototyp pantografu optycznego przeznaczonego do opracowań kartograficznych w różnych skalach. Pantograf produkowany w Przedsiębiorstwie Produkcji Sprzętu Budownictwa Komunalnego „PROKOM” stanowi wyposażenie niektórych małych pracowni geodezyjnych.

Równoległe z opracowaniami konstrukcyjnymi prowadzono różne prace laboratoryjne, które nie ograniczały się tylko do modelowania i badania optyczno-mechaniczno-elektronicznych układów, ale obejmowały również próby użycia nowych technik do procesów technologicznych stosowanych w geodezji i kartografii. Przeprowadzono szereg badań wykorzystujących promieniowanie laserowe w interferometrii holograficznej, do mikroholograficznego gromadzenia informacji i do przetwarzania obrazów techniką filtracji. Problematyka przetwarzania informacji zawartych w zdjęciach lotniczych i satelitarnych jest nadal kontynuowana, a wyniki badań w najbliższym czasie mogą znaleźć praktyczne zastosowanie. Dzięki już uzyskanym wynikom opracowano i wykonano, wspólnie z Centralnym Laboratorium Optyki, model urządzenia, w którym zdjęcia lotnicze oświetlane wiązką laserową podlegają specjalistycznej analizie przy wykorzystaniu optycznej transformacji Fouriera.

Jak wynika z powyższego omówienia działalność Instytutu Geodezji i Kartografii w zakresie budowy aparatury obejmowała głównie projektowanie, wykonywanie modeli i prototypów oraz produkcję jednostkową. W tym zakresie uzyskano niewątpliwie dobre wyniki. Znacznie skromniej przedstawia się dorobek Instytutu w zakresie seryjnej produkcji sprzętu geodezyjnego. Aczkolwiek w niektórych okresach minionego czterdziestolecia podejmowano próby uruchomienia produkcji aparatury opracowanej w Instytucie, to jednak wytwarzane ilości nie zaspakały potrzeb krajowych, a produkcja realizowana była zazwyczaj kosztem budowy nowych prototypów.