

Spis treści

Streszczenie	7
Abstract	10
1. Wprowadzenie	13
2. Komparator pionowy AGH i jego zastosowanie do kalibracji precyzyjnych łąt niwelacyjnych	14
2.1. Budowa komparatora i jego modernizacja	14
2.2. Procedury kompleksowego badania łąt niwelacyjnych z wykorzystaniem interferometru laserowego	19
2.2.1. Wprowadzenie	19
2.2.2. Sprawdzenie siły naciągu wstęgi	20
2.2.3. Wyznaczenie współczynnika liniowej rozszerzalności termicznej (WLRT) wstęgi inwarowej	20
2.2.4. Badanie prostoliniowości obudowy wstęgi inwarowej łąty	20
2.2.5. Badanie prostoliniowości wstęgi inwarowej łąty	22
2.2.6. Badanie powierzchni stopki łąty	23
2.2.7. Procedura wyznaczenia poprawek i współczynnika skali podziału łąt ...	23
2.2.8. Wyznaczanie poprawki zera łąty	28
2.3. Modyfikacja algorytmu obliczeń wyników kalibracji łąt kodowych wykonywanej z wykorzystaniem interferometru laserowego HP 5529A	30
2.3.1. Wprowadzenie	30
2.3.2. Model matematyczny równania poprawek podziału łąty	31
2.3.3. Zastosowanie zmodyfikowanego modelu matematycznego do opracowania wyników kalibracji łąt firm Zeiss/Nedo oraz Leica/Nedo	33
2.4. Wyniki i weryfikacja badań związanych z kalibracją łąt	36
2.4.1 Wprowadzenie	36
2.4.2. Przykłady wyników kalibracji łąt	37
2.4.3. Ocena poprawności użytkowania łąt na podstawie wyników kalibracji ...	38
2.4.4. Kalibracja łąt fiberglasowych	42

2.5. Modyfikacja metody kalibracji na komparatorze pionowym z wykorzystaniem interferometru laserowego HP 5529A	43
2.6. Świadectwo komparacji	45
3. Wyznaczanie współczynnika liniowej rozszerzalności termicznej wstęgi inwarowej precyzyjnych łąt niwelacyjnych	47
3.1. Modyfikacja komory do wyznaczania współczynnika liniowej rozszerzalności termicznej wstęgi inwarowej precyzyjnych łąt niwelacyjnych	47
3.1.1. Wprowadzenie	47
3.1.2. Założenia projektowe komory	47
3.1.2.1. Metoda wyznaczania zmian długości wstęgi inwarowej łąty ...	47
3.1.2.2. Sposób określania zmian temperatur	48
3.1.2.3. Ułożenie łąty w czasie wyznaczania WLRT	48
3.1.2.4. Wstępna analiza dokładności wyznaczenia WLRT	49
3.1.3. Opis stanowiska do wyznaczania WLRT	50
3.1.3.1. Wprowadzenie	50
3.1.3.2. Układ regulacji temperatury	50
3.1.3.3. Układ kontroli temperatury	52
3.1.3.4. Układ odczytowy	53
3.1.3.5. Układ rejestracji danych	53
3.1.4. Analiza modernizacji komory	53
3.1.4.1. Wzorcowanie czujników temperatury	53
3.1.4.2. Zakres temperatur osiąganých w komorze	55
3.1.4.3. Badanie izolacyjności układu	56
3.2. Procedura prowadzenia pomiarów związanych z wyznaczaniem WLRT	57
3.2.1. Ustalenie interwału zmian temperatury w komorze termicznej	57
3.2.2. Wykonywanie pomiarów	59
3.3. Procedura obliczeniowa wyznaczania współczynnika α	61
3.3.1. Model funkcjonalny	61
3.3.2. Ocena modelu	62
3.3.3. Przykład oceny modelu	64
3.3.4. Efekt końcowy badań	65
3.4. Analiza wyników badań	67
3.4.1. Anomalie termiczne inwaru	67
3.4.2. Zjawisko nieliniowego charakteru zmian długości	69
3.4.3. Porównanie wyników wyznaczenia WLRT w GLM AGH i Finlandzkim Instytucie Geodezji	71
3.4.4. Wnioski z badań związanych z wyznaczaniem WLRT	73
4. Badanie niwelatorów kompensacyjnych i precyzyjnych łąt niwelacyjnych	75
4.1. Zasady działania niwelatorów kompensacyjnych	75
4.2. Błędy systematyczne kompensatora	77
4.2.1. Błędy wynikające z pochylenia lunety w czasie pomiaru	77

4.2.2	Błędy spowodowane zmianą parametrów w równaniu kompensacji pochylenia niwelatora	78
4.2.3	Błędy kompensacji spowodowane błędami wykonania i justowania kompensatora	80
4.2.4	Inne czynniki powodujące powstanie błędów systematycznych kompensatora	82
4.3.	Modernizacja stanowisk do badania niwelatorów	82
4.4.	Procedura sprawdzania niwelatorów i precyzyjnych łąt do niwelacji	84
4.4.1.	Wprowadzenie	84
4.4.2.	Zakres badań	84
4.4.3.	Wyznaczanie symetryczności klina kresek względem kreski poziomej siatki celowniczej lunety	85
4.4.4.	Wyznaczanie zmian położenia osi celowej na skutek ogniskowania	88
4.4.5.	Wpływ temperatury na zmianę położenia osi celowej lunety niwelatora ...	95
4.4.6.	Wyznaczanie zakresu działania kompensatora	96
4.4.7.	Wyznaczanie wypadkowego błędu systematycznego odczytów z łąty niwelacyjnej w przypadku pochylonej lunety niwelatora kompensacyjnego	98
5.	Procedury badań związanych z określeniem klasy dokładnościowej niwelatorów i łąt	103
5.1.	Określenie klas niwelatorów	103
5.2.	Określenie klas łąt niwelacyjnych	105
5.2.1.	Wprowadzenie	105
5.2.2.	Wymogi techniczne i dokładnościowe łąt III i IV klasy	105
5.2.3.	Wymogi techniczne i dokładnościowe precyzyjnych łąt niwelacyjnych	106
6.	Podsumowanie wykonania projektu badawczego	107
	Literatura	109