

Badanie wpływu zmian parametrów drgań niwelatorów precyzyjnych na dokładność pomiaru przemieszczeń pionowych obiektów budowlanych

mgr. inż. Marek Kurnatowski

STRESZCZENIE

Głównym celem rozprawy doktorskiej było zbadanie wpływu drgań występujących w otoczeniu na dokładności i wiarygodności uzyskiwane podczas pomiaru przemieszczeń pionowych metodą niwelacji precyzyjnej. Teza rozprawy zakłada, że nie wszystkie parametry drgań uniemożliwiają wykonanie pomiarów z wymaganą dokładnością, a podatność niwelatorów na wibracje jest zmienna w zależności od rodzaju niwelatora oraz parametrów drgań wpływających na pomiar. Ponadto nie ma możliwości sformułowania związku funkcyjnego pomiędzy parametrami drgań a dokładnością wyznaczonych przemieszczeń. Dla realizacji badań zaplanowanych i przedstawionych w rozprawie założono sieć reperów kontrolowanych, stabilizowanych znakami posiadającymi możliwość nadania przemieszczeń symulowanych, które zostały przyjęte jako wartości prawdziwe mierzonych przemieszczeń. Sieć została wielokrotnie pomierzona trzema modelami niwelatorów w zmiennych warunkach drgań w zakresie częstotliwości 0 – 44 Hz i zmiennej amplitudzie. Drgania zostały narzucone bezpośrednio na statyw poprzez generator drgań. Obserwacje zostały wyrównane metodą ścisłą w oparciu o zidentyfikowaną bazę punktów odniesienia. Ocenie poddano wartości błędów średnich oszacowanych przemieszczeń, błędy pojedynczych spostrzeżeń oraz zgodność otrzymanych wartości przemieszczeń z wartościami symulowanymi. Na podstawie wniosków z badań opracowano propozycje wytycznych do prac w warunkach drgań. Badane niwelatory wykazały zmienną podatność na drgania, które w większości przypadków z badanych zakresów parametrów nie obniżają dokładności pomiarów poniżej standardów niwelacji precyzyjnej. W przebadanych zakresach istnieją jednak warunki niepozwalające na wykonywanie precyzyjnych pomiarów niwelacyjnych. Oszacowane wartości przemieszczeń zmierzone w takich warunkach są niewiarygodne z uwagi zarówno na wysokie wartości błędów średnich tych przemieszczeń, jak i znaczące odchyłki w stosunku do przemieszczeń symulowanych. Sytuacja ta dotyczy przede wszystkim niwelatora cyfrowego, który dla większości parametrów drgań jest jednak najkorzystniejszym wyborem.

Marek Kurnatowski

2023. 04. 23

Investigating the influence of changes in the vibration parameters of precise levellers on the accuracy of vertical displacements measurements for construction objects

M.Sc. Eng. Marek Kurnatowski

ABSTRACT

The main objective of the doctoral dissertation was to investigate the influence of ambient vibrations on the accuracy and precision obtained when measuring vertical displacements using the precise levelling method. The thesis assumes that not all vibration parameters make such measurements impossible, and that the sensitivity of levellers to vibration is variable depending on the type of leveller and the vibration parameters affecting the measurement. Furthermore, formulating a functional relationship between the vibration parameters and the accuracy of the determined displacements is impossible. A network of controlled benchmarks was established and stabilised by bench marks with an ability to set simulated displacements, which were taken as the true values of the measured displacements. The network was repeatedly measured with three leveller models under variable vibration conditions in the frequency range 0 - 44 Hz and variable amplitude. The vibrations were imposed directly on the tripod with a vibration generator. The observations were adjusted using a rigorous method based on a preidentified reference base. The values of the mean errors of the estimated displacements, the standard errors of a single observation and the correspondence of the obtained displacement values with the simulated values were evaluated. Based on the conclusions of the study, proposed guidelines for surveys under vibration were developed. The examined levellers showed a variable susceptibility to vibrations, which in most of the examined parameter ranges do not reduce the accuracy of the measurements below the standards of precise levelling. In the tested ranges, however, there are conditions that do not allow precise levelling. The estimated values of displacements measured under such conditions are neither precise nor accurate due to high values of the mean errors of these displacements and the significant deviations in relation to simulated displacements. This situation concerns particularly the digital leveller, which is nevertheless the most favourable choice for most vibration parameters.

Marek Kurnatowski
2023.04.23



Warszawa, 7 lipca 2023 r.

Dr hab. inż. Janina Zaczek-Peplinska, prof. uczelni

Politechnika Warszawska
Wydział Geodezji i Kartografii
Zakład Geodezji Inżynieryjnej i Systemów Pomiarowych
Pl. Politechniki 1,
00-661 Warszawa

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Marka Kurnatowskiego
pt.: „Badanie wpływu zmian parametrów drgań niwelatorów precyzyjnych na dokładność pomiaru
przemieszczeń pionowych obiektów budowlanych”

1. PODSTAWA OPRACOWANIA RECENZJI

Podstawę opracowania niniejszej recenzji stanowi zgodnie z ustawą z dnia 27 lipca 2005 roku Prawo o szkolnictwie wyższym z późniejszymi zmianami i art. 179 ustawy z dnia 3 lipca 2018 roku Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. poz. 1669), art. 14 ust.1 pkt 1, ust. 2 pkt2 ustawy z dnia 14.03.2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.), Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 roku w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. poz. 261) oraz uchwała Senatu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu w Szczecinie z dnia 15 maja 2023 roku i pismo o nr Prorektora ds. Nauki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie prof. dr hab. inż. Jacka Przepiórskiego z dnia 17.05.2023 r.

Recenzja dotyczy dysertacji podsumowującej przewod doktorski kandydata mgr inż. Marka Kurnatowskiego zatytułowanej „Badanie wpływu zmian parametrów drgań niwelatorów precyzyjnych na dokładność pomiaru przemieszczeń pionowych obiektów budowlanych”. Promotorem w przewodzie jest dr hab. inż. Maria Mrówczyńska, prof. uczelni UZ. Praca została przygotowana w Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska.

Postępowanie prowadzone jest w dyscyplinie naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport.

2. PRZEDMIOT, TREŚĆ I UKŁAD REDAKCYJNY ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Recenzowana rozprawa doktorska liczy 222 strony właściwego tekstu rozprawy oraz oddzielny tom zawierający 22 obszerne załączniki i liczący 130 stron.

Praca zawiera bogato ilustrowany tekst, na początku pracy zawarto szczegółowy spis treści. Bardzo krótkie, w mojej opinii nie oddające zakresu treści pracy streszczenia w języku polskim i angielskim zostały umieszczone na końcu rozprawy.

Na końcu pracy zestawiono wykaz wykorzystanej i cytowanej literatury, wykaz ten liczy 81 pozycji: publikacji zagranicznych oraz krajowych. Większość pozycji (45) to pozycje krajowe. Część bibliografii to pozycje archiwalne lub podręczniki wydane przed rokiem 2000. Publikacje wydane w ostatnich 5 latach to 19 pozycji, z tej liczby 2 to publikacje samodzielne Doktoranta. Wszystkie pozycje cytowanej literatury zostały uporządkowane w kolejności alfabetycznej, sposób zapisu poszczególnych danych w wykazie pozwala na odnalezienie oryginalnych artykułów, wykaz zawiera dostępne numery DOI. Biorąc pod uwagę tematykę rozprawy doktorskiej – jedną z podstawowych technik geodezyjnych pomiarów precyzyjnych: niwelacja precyzyjna i podniesienie jej dokładności i niezawodności uważam, że przeprowadzone przez Doktoranta badania literaturowe mogłyby być bardziej wnikliwe.

W pracy zawarto 72 rysunki i 47 tabel. Wszystkie rysunki zostały oznaczone jak opracowanie lub fotografia własna, a ewentualną bazę opracowania podano w formie cytowań. Należy podkreślić, dużą staranność doboru sposobu graficznej prezentacji wyników – wszystkie rysunki i wykresy zarówno w głównym tekście rozprawy jak i załącznikach są czytelne i dobrze ilustrują omawiane w danej części pracy zagadnienie.

Praca składa się z 9 rozdziałów, bibliografii oraz obszernego tomu załączników. Pierwszy z rozdziałów – wstęp – określa zarys problematyki i przybliża motywacje Autora do podjęcia tematu, w rozdziale drugim zostały określone: cel, tezy i zakres rozprawy, ostatni rozdział zawiera podsumowanie i wnioski, potwierdzające sformułowane na początku tezy:

„1. Ze względu na różną charakterystykę drgań wpływającą na zmieniające się warunki pomiarowe nie ma możliwości określenia związku funkcyjnego między zmiennością parametrów drgań działających na niwelator a zmianą dokładności i wiarygodności pomiarów przemieszczeń.
2. Niwelatory różnych typów wykazują zmienną podatność na drgania w różnych zakresach częstotliwości, przy czym każdy z typów niwelatorów jest najbardziej odporny na wibracje w innych warunkach drgań.
3. Istnieje możliwość wykorzystania niwelatorów samopoziomujących do wykonania pomiarów precyzyjnych w pewnych zakresach częstotliwości i amplitudy [drgań (uzup. Recenzenta)] bez utraty dokładności i wiarygodności wyznaczenia przemieszczeń pionowych, jednocześnie w niektórych warunkach ani błędy średnie wyznaczonych przemieszczeń ani zgodność uzyskanych wyników z prawdziwymi ich wartościami nie kwalifikują pomiarów do zakwalifikowania ich jako precyzyjnych pomiarów niwelacyjnych.”

Niestety trzecia teza nie jest prawidłowo sformułowana pod względem gramatycznym co znacznie utrudnia zrozumienie zamierzeń Autora, w mojej opinii teza ta powinna mieć znacznie uproszczony zapis np.: Wykonywanie pomiarów niwelacyjnych na obszarze objętym drganiami o pewnych zakresach częstotliwości i amplitudy może stanowić o wynikowej dokładności pomiaru niższej o przyjętej dokładności niwelacji precyzyjnej. W przyjętym przez Autora brzmieniu tezy jest zaprzeczenie: można wyznaczać przemieszczenia pionowe bez utraty dokładności ale nie są to pomiary precyzyjne - co stanowi dla mnie pewnego rodzaju zagadkę badawczą. Po zapoznaniu się z pełnym tekstem rozprawy uważam, że sformułowanie tej części tezy rozprawy jest niefortunne jednak nie ma wpływu na moją pozytywną ocenę pracy.

Pozostałe rozdziały można podzielić na cztery grupy:

- rozdział 3 – opis badań literaturowych,
- podrozdziały 4.1 - 4.2 - podstawy teoretyczne i analiza wpływu drgań na dokładność pomiarów niwelacyjnych,
- rozdziały 4.3 - 4.6, 5, 6, 7 – część doświadczalna pracy zawierająca szczegółowe opisy wybranych do badań niwelatorów: Zeiss Ni 002, Zeiss Ni 004, Trimble DiNi03, metodologii prac pomiarowych i obliczeniowych oraz ocenę odporności testowanych instrumentów na drgania,
- rozdziały 8 i 9 zawierające propozycje wytycznych prowadzenia prac niwelacyjnych w miejscu występowania drgań podłoża oraz podsumowanie i wniosku.

Układ redakcyjny rozprawy nie jest odpowiednio przemyślany, w mojej opinii część rozdziału 4 (podrozdziały 4.1 i 4.2) powinny stanowić część rozdziału 3 i nosić wspólny tytuł - podstawy teoretyczne.

Poziom szczegółowości opisów w pracy został dobrany odpowiednio. W części „doświadczalnej” nie zastosowano nadmiernych skrótów w opisie przeprowadzonych pomiarów symulowanych, aczkolwiek uważam, że w części doświadczalnej pracy brak realizacji i opisu wyników pomiaru w warunkach rzeczywistych np. na pomoście mostu lub wiaduktu w czasie ruchu pojazdów lub na koronie zapory wodnej z wbudowaną w korpus elektrownią w czasie pracy generatorów – taki przykład pozwoliłby też na praktyczną weryfikację opracowanych przez Doktoranta wytycznych do realizacji prac niwelacyjnych w warunkach drgań.

3. UWAGI OGÓLNE DOTYCZĄCE TEMATYKI PRACY

Analizując tezę i cele nakreślone we wstępie pracy stwierdzam, że w badaniach wstępnych przeanalizowane zostały zagadnienia i czynniki, których wpływ uznano za istotny w kontekście przedmiotu pracy. Istotą przeprowadzonych badań było określenie wpływu zmiennych parametrów drgań, takich jak amplituda i częstotliwość na dokładność wyznaczania przemieszczeń pionowych mierzonych metodą niwelacji precyzyjnej. Dla realizacji badań zaplanowanych i przedstawionych w rozprawie założono sieć reperów kontrolowanych, stabilizowanych znakami posiadającymi możliwość symulacji różnych wartości przemieszczeń, które zostały przyjęte jako wartości prawdziwe mierzonych przemieszczeń.

Sieć testowa została wielokrotnie pomierzona z wykorzystaniem trzech modeli niwelatorów (optycznych: Zeiss Ni 002, Zeiss Ni 004 i cyfrowym Trimble DiNi03) w zmiennych warunkach drgań w zakresie częstotliwości 0 – 44 Hz i zmiennej amplitudzie. Drgania zostały narzucone bezpośrednio na statyw poprzez opracowany i skonstruowany specjalnie w celu realizacji pracy generator drgań mocowany na statywie instrumentu. Obserwacje zostały wyrównane metodą ścisłą w oparciu o zidentyfikowaną bazę punktów odniesienia. Ocenie poddano wartości błędów średnich oszacowanych przemieszczeń, błędy pojedynczych spostrzeżeń oraz zgodność otrzymanych wartości przemieszczeń z wartościami symulowanymi.

Wartościową część pracy stanowi rozdział 8 w którym zawarto propozycje wytycznych do prac w warunkach drgań opracowane na podstawie prac literaturowych oraz wyników prac doświadczalnych wykonanych przez Doktoranta.

W rozdziale 4 przedstawiając założenia koncepcyjne rozprawy Autor stwierdza iż uwzględnienie wszystkich możliwych czynników wpływających na badany problem skutkowałoby znacznym rozszerzeniem zakresu pracy i zdaniem Autora wszystkie wynikające z tak szerokiego zakresu zagadnienia nie byłyby możliwe do zbadania i opisanie. W związku z tym zostały przyjęte następujące ograniczenia:

1. Przeprowadzenie analizy parametrów drgań w wybranych zakresach częstotliwości 0-44 Hz ze skokiem co 2 Hz,
2. Do badań wybrano trzy niwelatory o zróżnicowanych właściwościach: analogowy niwelator libelowy i analogowy niwelator samopoziomujący oraz niwelator cyfrowy. W mojej ocenie wybór niwelatorów do doświadczeń jest odpowiedni, chociaż większy nacisk powinien zostać położony na nowoczesne obecnie stosowane instrumenty cyfrowe, interesujące byłoby by też włączenie do próby tachimetru precyzyjnego ze względu na coraz częstsze wykorzystywanie niwelacji trygonometrycznej w pracach inżynierskich oraz wprowadzanie na zakłady przemysłowe automatycznych systemów pomiarowych pozwalających na wykonywanie prac pomiarowych bez udziału obserwatora, systemy automatyczne bazują na pomiarach kątowno-liniowych, ze względu na niemożliwą automatyzację pomiaru niwelacyjnego.
3. Eliminacja czynników zewnętrznych wpływających na wyniki pomiarów tj. refrakcja, nierównomierne osiadanie stanowisk niwelatora i łąt, różnice długości celowych, różnica zera łąt, wprowadzenie/zaniedbanie poprawek ze względu na różnice temperatur, ustawienie instrumentu, parcie wiatru na łąty oraz nierównomierne oświetlenie łąt. Eliminacja ww. czynników została wykonana przez lokalizację pomiarów doświadczalnych w warunkach izolowanych w hali, niestety bez próby oceny stosowania zaleceń (sformułowanych przez Doktoranta) w warunkach rzeczywistych w mojej ocenie praca jest niepełna.
4. Generowanie drgań na instrumencie – stwierdzenie to jest nadużyciem, zgodnie z opisem przedstawionym w podrozdziale 4.6 (rys. 4.7, 4.8, 4.9) drgania były generowane na statywie instrumentu i przenoszone zamocowany na głowicy statywu instrument. Rozumiem opisane w pracy ograniczenia związane z bezpieczeństwem prowadzonych badań i niemożliwość generowania zmian podłoża, jednak takie podejście bez rozszerzenia prac doświadczalnych o prace w warunkach drgań podłoża np. pomiary w hali maszyn w czasie ich pracy nie jest wystarczające i skutkuje kolejnym następującym założeniem/uproszczeniem:
5. Pominięcie wpływu drgań sygnałów i łąt na wyniki pomiarów – sytuacja taka w czasie pomiarów inżynierskich jest bardzo rzadka, zazwyczaj szuka się odwrotnych warunków pomiaru lokalizując instrument w strefie gdzie drgania są ograniczone a bada się zmiany elementów konstrukcyjnych obiektu będącego pod wpływem drgań.

Pozostałe opisane w pracy założenia koncepcyjne badań takie jak np. wykonywanie pomiarów przez jednego obserwatora i pomiary wielokrotne wynikają z zasad stosowanych dla osiągnięcia wysokiej dokładności niwelacji precyzyjnej i są w pełni uzasadnione.

4. OCENA MERYTORYCZNA ROZPRAWY

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska obejmuje opis teoretyczny zagadnień związanych z wpływem drgań podłoża na wyniki pomiarów przemieszczeń oraz część eksperymentalną. Należy uznać, że w kontekście potrzeb geodezji inżynieryjno-przemysłowej, a w szczególności potrzeb analizy ryzyka awarii obiektów zlokalizowanych na terenie objętym wpływem drgań oraz obiektów drgających pod wpływem warunków zewnętrznych jak np. wiatr, ruch samochodowy, praca urządzeń pojedynczych (generatory w elektrowniach) i w ciągach technologicznych (obrabianie i wykrawanie ciężkie) a nawet w prostych przypadkach jak utwardzanie nawierzchni drogowej tematyka rozprawy jest istotna i aktualna. (W mojej ocenie w pracy np. we wstępie zabrakło wskazania praktycznego zastosowania jej wyników, Autor pozostawił to domysłom inteligentnego czytelnika, jednak nie każdy ma tak bogate doświadczenie z zakresie geodezji inżynieryjnej aby mógł wprost ocenić niewątpliwie duże praktyczne znaczenie recenzowanej pracy).

W pracy Doktorant dokonał przeglądu i oceny obecnego stanu wiedzy w przedmiocie badań oraz przeprowadził serie symulowanych badań eksperymentalnych wykorzystując wybrane typy niwelatorów oraz zadając warunki pomiarów (np. częstotliwość drgań) w sposób uzasadniony i przemyślany. W mojej opinii w pracy jednak zabrakło odniesienia do przykładów praktycznych, kiedy nie uwzględnienie w zastosowanej metodyce pomiarów przemieszczeń drgań podłoża lub samej konstrukcji doprowadziło do błędnej oceny ryzyka.

Recenzowana rozprawa ma charakter doświadczalno-analityczny, przeprowadzone doświadczenia i obliczenia zostały wykonane i opisane w sposób profesjonalny, wskazujący na odpowiedni poziom wiedzy i umiejętności Doktoranta w zakresie tematyki rozprawy. Można mieć nadzieję, że badania będą kontynuowane przez Autora w zakresie wskazanym w podsumowaniu pracy, a w przyszłości zakres doświadczeń terenowych zostanie poszerzony o testy na obiektach rzeczywistych co podniesie rangę opracowanych wytycznych i zachęci do ich stosowania.

Podsumowując ocenę merytoryczną stwierdzam, że Doktorant mgr inż. Marek Kurnatowski:

- prawidłowo dobrał temat rozprawy doktorskiej, postawił naukową tezę (z zastrzeżeniem opisanym w punkcie drugim recenzji) oraz przedstawił jej dowód na wielu przykładach symulowanych doświadczeń pomiarowych z wykorzystaniem wybranych typów niwelatorów, przy zadaniu różnych warunków (zakresy częstotliwości drgań),
- wykazał się dostateczną wiedzą w zakresie problematyki wyznaczania przemieszczeń techniką niwelacji precyzyjnej,
- nabył odpowiednie doświadczenie w wykonywaniu pomiarów i opracowaniu danych pomiarowych, w tym także w szczególnych warunkach,
- zastosował odpowiednie narzędzia badawcze, obliczeniowe i analityczne oraz zastosował naukowe metody obliczeń i analiz numerycznych.

5. UWAGI EDYTORSKIE

Poziom edytorski pracy jest bardzo dobry - w pracy znajdują się nieliczne błędy interpunkcyjne i literówki. Wszystkie schematy, fotografie, rysunki i wykresy są bardzo starannie dobrane i

opisane. Opisy schematów i wykresów są czytelne i sformułowane w sposób zrozumiały dla czytelnika.

W pracy zamiennie zastosowano określenia „oszacowanie przemieszczeń” (pierwsze wystąpienie str. 28), „pomiar przemieszczeń” (tytuł rozprawy str. 32), „wyznaczenie przemieszczenia” (str. 75) a przecież nie są to pojęcia toż same. To samo dotyczy sformułowań „dokładność oszacowania”, „dokładność pomiaru” i „dokładność wyznaczenia”.

Oszacowanie to przybliżone określanie wartości jakiejś wielkości przy posiadaniu niepełnych danych, występowania zakłóceń lub stosowaniu uproszczonego modelu opisującego parametry, cechy lub charakter tej wielkości (lub zjawiska wpływające na jej zachowanie) a wyznaczenie to wynik działań obejmujących analizę pełnych danych o zachodzącym zjawisku. Przyjmuje się, że w geodezji realizujemy pomiary przemieszczeń a nie wykonujemy oszacowania przemieszczeń.

Określenie występujące w rozprawie „drżania na instrumencie” budzi moją wątpliwość – w rzeczywistości drżania były zadawane na statywie przez przymocowany do niego generator w wyniku czego pomiar odbywał się w warunkach drgań instrumentu.

6. NAJWAŻNIEJSZE OSIĄGNIĘCIA W PRACY

Dobór tematyki rozprawy doktorskiej jest aktualny, o trendzie rozwojowym, z wyraźnymi elementami oryginalnymi.

W pracy zaprezentowano rozwiązanie podjętego problemu naukowo-badawczego, na które złożyły się: badania literaturowe, projekt i przygotowanie doświadczeń, testy wstępne i szczegółowe uwzględniające warunki i ograniczenia prowadzenia pomiarów niwelacyjnych, opis metodologii obliczeń, staranna analiza zbioru licznych danych, wnikliwe wnioski.

Główne cele rozprawy doktorskiej dotyczące badania wpływu drgań na dokładności pomiarów przemieszczeń pionowych, oceny wpływu drgań w zależności od ich częstotliwości i amplitudy oraz analizy wpływu struktury sieci pomiarowo-kontrolnej na możliwość wyznaczenia przemieszczeń pionowych punktów kontrolowanych znajdujących się w strefie wpływu drgań zostały zrealizowane. Przeprowadzone zostały badania w zaprojektowanej sieci pomiarowo-kontrolnej, wykonana została teoretyczna i empiryczna analiza uzyskanych wyników pomiarów oraz analiza przemieszczeń pionowych wyznaczonych na podstawie pozyskanych zbiorów obserwacji geodezyjnych. W wyniku tych prac zostały potwierdzone tezy postawione na wstępie rozprawy opiniowanej rozprawy.

W mojej ocenie najważniejszym osiągnięciem Doktoranta są wytyczne do prowadzenia prac niwelacyjnych sformułowane na podstawie przeprowadzonych badań zawarte w rozdziale 8 pracy. Doktorant słusznie zwraca uwagę iż, prace niwelacyjne w warunkach drgań o parametrach przebadanych w recenzowanej rozprawie będą wykonywane przede wszystkim z wykorzystaniem niwelatorów cyfrowych. Większość przedsiębiorstw geodezyjnych – wykonawców prac nie posiada już na wyposażeniu niwelatorów analogowych, a wyceny kosztów i czasu realizacji prac opierają się na założeniu, że pomiary są realizowane szybkimi, nowoczesnymi technikami, czyli niwelatorami cyfrowymi. Na rynku jest niewielka podaż niwelatorów analogowych, a inwestowanie w sprzęt tego typu tylko dla realizacji jednego zadania jest ekonomicznie

nieuzasadnione. Dlatego wytyczne sformułowane w rozprawie doktorskiej mgr inż. Marka Kurnatowskiego mają niewątpliwie znaczenie praktyczne.

W podsumowaniu pracy Doktorant wskazuje na potrzebę prowadzenia dalszych prac w tym zakresie oraz propozycje kolejnych zagadnień szczegółowych do analizy oraz eksperymentów uwzględniających m.in. zwiększenie zakresów badanych częstotliwości, dostosowanie parametrów symulowanych drgań czy też rozpatrzenie wpływu zjawiska interferencji pochodzących z wielu źródeł drgań na dokładność wyników pomiaru niwelacyjnego.

7. WNIOSKI KOŃCOWE

Warsztat naukowy Pana mgr inż. Marka Kurnatowskiego, kandydata ubiegającego się o nadanie stopnia doktora, charakteryzują następujące elementy:

- praca napisana jest poprawnym, specjalistycznym językiem polskim, treść jest sformułowana w sposób jasny, nie budzący wątpliwości w kontekście zrozumienia najważniejszych tez pracy oraz oceny osiągnięcia,
- praca jest udokumentowana – kandydat wybrał odpowiednie pozycje literatury przedmiotu badań zarówno z dostępnych publikacji o zasięgu międzynarodowym jak i krajowym, przeważająca część cytowanych prac została opublikowana w języku polskim i angielskim w czasopiśmie krajowych, w tym część o zasięgu międzynarodowym,
- kandydat prowadził konsekwentnie badania według założonego wcześniej planu przedstawionego w rozdziałach 1, 2 i 4,
- temat i cel pracy został poprawnie sformułowany, założona teza pracy została konsekwentnie potwierdzona w sposób teoretyczny i doświadczalny, zakres badań został objaśniony, uzasadniony i zrealizowany,
- zastosowane narzędzia pomiarowe, obliczeniowe i analizy danych zostały właściwie dobrane,
- praca charakteryzuje się odpowiednim dla rozprawy doktorskiej poziomem naukowym, stanowi też wartościowy materiał dydaktyczny, w szczególności w zakresie odpowiedniego wykorzystania i oceny dokładności pomiarów niwelacyjnych.

KONKLUZJA

Uważam, że recenzowana przeze mnie rozprawa doktorska mgr inż. Marka Kurnatowskiego zawiera oryginalne rozwiązanie istotnego problemu z zakresu dyscypliny Inżynieria lądowa, Geodezja i Transport.

Doktorant udowodnił w rozprawie, że posiada gruntowną wiedzę w zakresie tematu pracy oraz specjalności pokrewnych i potrafi ją dobrze wykorzystać w planowaniu i realizacji badań naukowych.

Uwagi krytyczne wyrażone w niniejszej recenzji nie wpływają na moją, pozytywną ocenę rezultatów przedstawionych w rozprawie doktorskiej Pana mgr inż. Marka Kurnatowskiego.

W związku z powyższym stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Marka Kurnatowskiego spełnia warunki określone: (1) w art. 187 ustawy z dnia 27 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018, poz. 1668), (2) w art. 179 ustawy z dnia 3 lipca 2018 roku Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. poz. 1669), (3) - rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 roku w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. 2018.261).

W związku z powyższym rekomenduję Radzie Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technicznego w Szczecinie dopuszczenie Pana mgr inż. Marka Kurnatowskiego do publicznej obrony przedłożonej rozprawy doktorskiej.

dr hab. inż. Janina Zaczek-Peplinska, prof. uczelni PW



Dr hab. inż. Kazimierz Ćmielewski, prof. UPWr
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
e-mail: kazimierz.cmielewski@upwr.edu.pl



RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana mgr.inż. Marka Kurnatowskiego
pt: „Badanie wpływu zmian parametrów drgań niwelatorów precyzyjnych na
dokładność pomiaru przemieszczeń pionowych obiektów budowlanych”
wykonana pod promotorstwem Pani dr. hab. inż. Marii Mrówczyńskiej, prof. uczelni

1 Podstawa formalna opracowania recenzji

Recenzję opracowano na podstawie uchwały nr 118 z dnia 15 maja 2023 r. Senatu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie oraz pisma Prorektora ds. nauki prof. dr hab. inż. Jacka Przepiórskiego z dnia 17 maja 2023 roku.

2 Podstawa prawna sporządzenia recenzji

Recenzję opracowano w dostosowaniu do obowiązujących przepisów Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. poz. 1669), art.14 ust. 1 pkt 1, ust. 2 pkt 2 ustawy z dnia 14.03.2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.) oraz Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. poz. 261).

3 Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej

Pracę doktorską zaprezentowano na 222 stronach. Obejmuje ona dziesięć rozdziałów powiązanych ze sobą tworząc logiczną całość. Praca zawiera podsumowanie i właściwie sformułowane wnioski końcowe wynikające z przeprowadzonych prac doświadczalnych i rozważań teoretycznych. Na końcu pracy podano bogatą literaturę 81 pozycji oraz spis 47 tabel, 58 rysunków i 22 załączników na 130 stronach. Ostatnie strony rozprawy zawierają streszczenie pracy w języku polskim i angielskim. Załącznik do rozprawy zawiera 130 stron, w tym dodatkowe tabele, rysunki, grafiki oraz protokoły wzorcowania precyzyjnych łąt niwelacyjnych, tachometru oraz mikrometru.

W rozdziale **1-szym** - we wstępie – przedstawiono specyfikę geodezyjnych pomiarów przemieszczeń pionowych i odkształceń elementów konstrukcji budowlanych oraz urządzeń inżynieryjno-przemysłowych. Podkreślono negatywną rolę drgań dynamicznych na niwelator precyzyjny oraz na repery, a w konsekwencji na wartości przemieszczeń. Środowisko pomiarowe z występującymi drganiami podłoża gruntowego ma decydujące znaczenie dla wiarygodności i dokładności pomiarów, stanowiących podstawę dla oceny stanu bezpieczeństwa monitorowanego obiektu metodą niwelacji precyzyjnej. Doktorant zauważył, że w dostępnej literaturze problematyka wpływu drgań na pomiary niwelacyjne opisana jest w sposób ogólny i brak głębszych analiz zwłaszcza w odniesieniu do niwelacji precyzyjnej. W związku z tym autor sformułował zakres podjętych w rozprawie prac badawczych.

W rozdziale **2-gim** na 3 stronach omówiono cel, tezy i zakres rozprawy. Poruszono problematykę oceny wpływu drgań dynamicznych dla różnych kombinacji, częstotliwości oraz amplitudy na podstawie uzyskanych błędów przemieszczeń pionowych i stopnia ich zgodności z wartościami rzeczywistymi. Autor precyzuje tezy odnośnie zmiennej podatności na drgania dla różnych częstotliwości i dla różnych modeli niwelatorów w zmiennych warunkach drgań dla 3 odpowiednio wybranych niwelatorów: analogowego, libellowego - Ni 004 (Zeiss) analogowego, samopoziomującego - Ni 002 (Zeiss) oraz cyfrowego, samopoziomującego - DiNi 03 (Trimble).

W rozdziale **3-cim** na 11 stronach autor przedstawił przegląd literatury krajowej i zagranicznej związanej tematycznie z teorią drgań, wykonywaniem precyzyjnych pomiarów niwelacyjnych oraz wpływu drgań na sposób wykonania pomiarów niwelacyjnych i wyniki pomiarów. Rozdział trzeci obejmuje analizę dobrze dobranych 81 pozycji literatury w języku angielskim (38) i polskim (43). Cytowana literatura obejmuje szczegółowe zagadnienia

teoretyczne, badania eksperymentalne wpływu drgań na przemieszczenia pionowe, które mają jednak znaczenia marginalne, za wyjątkiem pozycji autorstwa Schramm [60],[61] oraz [62]. W spisie literatury doktorant podał 2 autorskie, indywidualne publikacje w języku angielskim. Bibliografia jest aktualna, głównie z ostatnich 20 lat co daje świadectwo aktualności tematyki dysertacji.

W rozdziale **4-tym** na 26 stronach opisano uwarunkowania dotyczące charakterystyki terenu oraz sieci badawczej, stanowiska badawczego, specjalnego znaku pomiarowego własnej konstrukcji, umożliwiającego weryfikację pomierzonych przemieszczeń oraz ich prognozowaną wartość symulacji. Po każdym cyklu lub epoce pomiarowej dla osnowy pomiarowej wyznaczono przemieszczenia, korzystając z wyrównania ścisłego metodą najmniejszych kwadratów. Szczegółowo opisano charakterystyki drgań, ich częstotliwości i amplitudy oraz określone zakresy rezonansów mogących wystąpić podczas procesu pomiarowego. Przedstawiono również generator drgań mocowany na jednej z nóg statywu pozwalający na ustawianie dowolnie ustalanych częstotliwości podczas obserwacji symulowanych. Mimośrodowo mocowane na osi silnika masy ciężarków wynosiły 4g, 8g i 12g.

W rozdziale **5-tym** zawierającym 27 stron przedstawiono metodykę prac pomiarowych. Na wstępie autor szczegółowo przedstawił wpływ wszystkich czynników instrumentalnych i środowiskowych na obserwacje niwelacyjne wskazując przy tym na możliwość eliminacji wpływu innych czynników niż drgania. Autor szczegółowo przedstawił zasady precyzyjnych pomiarów niwelacyjnych oraz metody eliminacji wpływów zewnętrznych i wewnętrznych czynników oddziałujących negatywnie na wyznaczone wartości przemieszczeń. Do najniebezpieczniejszych zaliczyć należy refrakcję pionową, której wartość jest wprost proporcjonalna do odległości do łąty „w przód” i „wstecz”. We wszystkich pomiarach przewyższeń uwzględniono wyznaczoną ze wzoru poprawkę na refrakcję. Dla eliminacji zjawiska nierównomiernego osiadania stanowisk łąt i niwelatora wykonywano dwukrotny pomiar w przeciwnych kierunkach oraz o różnych porach dnia. Celem minimalizacji wpływu zjawiska quasiorizontu, zmiennego w różnych warunkach otoczenia środowiska pomiarowego, ustalano czas adaptacji termicznej niwelatora. Błąd zera łąty eliminowano skutecznie przez stosowanie tylko jednej łąty precyzyjnej. Do wyników pomiarów wprowadzano zawsze bardzo istotną poprawkę termiczną do łąty. Podczas badań stosowano stałą wysokość nóg statywu i instrumentu. Z uwagi na istotny wpływ wiatru, pomiary wykonywano wyłącznie w bezwietrznych porach dnia. Szczególną uwagę poświęcono odpowiedniemu, stałemu oświetleniu łąty. Nieodpowiednie oświetlenie łąty skutkuje bowiem spadkiem dokładności pomiaru dla

niwelatora cyfrowego. Do badań testowych wpływu drgań na wyniki przewyższenia, zastosowano 3 niwelatory precyzyjne o różnych charakterystykach technicznych: analogowe Ni 002 (Zeiss), Ni 004 (Zeiss) i kodowy DiNi 03 (Trimble). Na rysunkach i zdjęciach przedstawiono szczegółowo ich konstrukcję, sposób działania i sampoziomowania.

W rozdziale **6-tym** posiadającym 22 strony ujęto sposób realizacji obliczeń w celu wyznaczenia przemieszczeń reperów kontrolowanych oraz problem stałości reperów odniesienia. Autor podkreśla, że błędy średnie pomierzonych przewyższeń nie są jedyną miarą poprawności wyników, gdyż istotne są również odchyłki prawdziwej wartości przewyższenia, które zostały wyznaczone i zestawione w tabelach. W tabelach zestawiono również zakresy częstotliwości dla których pomiar nie był możliwy. Dotyczy to w szczególności przedziału częstotliwości 18 – 22 Hz. Również zakres 24-30 Hz dla instrumentu Ni 002 powodował, że obraz łąty nie był stabilny. Graniczną częstotliwością dla wszystkich 3 niwelatorów była wartość 44 Hz. Powyżej tej częstotliwości drgań, pomiary okazały się niemożliwe. Wyniki badań – wartości błędów średnich dla rozpatrywanych przewyższeń obciążonych drganiami zestawiono w licznych tabelach dla różnych kombinacji obserwacji z różnymi obciążeniami ciężarków. Przemieszczenia pionowe wyrównywano metodą wyrównania ścisłego na podstawie dwóch epok, według opracowanych algorytmów procesu wyrównawczego.

W rozdziale **7-mym** na 95 stronach zaprezentowano szczegółowo analizy związane z obliczeniem przemieszczeń oraz ich błędów dla wykorzystywanych w pracach eksperymentalnych niwelatorów. Rozdział ten zawiera zestawienia tabelaryczne oraz wykresy ułatwiające prowadzenie analiz wyznaczonych przemieszczeń wraz z ich błędami. Kombinacje ustalonych warunków oraz rezultatów pomiarowych w wyniku badań testowych, dostarczyły bardzo dużą liczbę wyników. Zmiana parametrów drgań, skutkuje również zmianą parametrów dokładnościowych. Obliczenia i wyrównania ostatecznych przemieszczeń, wykonywano dla wszystkich 3 niwelatorów oraz epok pomiarowych. Wszystkie wyniki poszczególnych badań dla różnych kombinacji parametrów drgań przedstawiono na licznych kolorowych wykresach (ryc.7.1 do 7.9, ryc.7.10 do 7.18 oraz ryc.7.19 do 7.38). Wszystkie badane modele niwelatorów charakteryzują się podatnością na drgania dynamiczne. Doktorant stwierdza, że dokładności wyników pomiarów uzyskane jako średnia z trzech ustawień nóg statywu są znacznie wyższe niż w przypadku jakiegokolwiek ustawienia nóg i osiągają wartości w zakresie nieprzekraczającym 0,14 mm dla drgań 42 Hz oraz 0,21 mm dla 34 Hz niezależnie od epoki pomiarowej i analizowanego reperu sieci badawczej. Są to wartości przemieszczeń spełniające wymogi

praktycznych pomiarów niwelacyjnych w zadaniach inżynieryjno-pomiarowych oraz instrukcji geodezyjnych.

W rozdziale **8-ym** który zawiera 10 stron autor zawarł propozycję praktycznych wytycznych do prac niwelacyjnych które wynikają bezpośrednio z przeprowadzonych prac doświadczalnych i analiz otrzymanych wyników pomiarów. Przedmiotem analiz jest wskazanie wpływu źródła drgań na pomiary niwelacyjne oraz wskazanie możliwości eliminacji wpływu drgań na mierzone przewyższenia przez zastosowanie dwóch mimośrodowych stanowisk niwelatora. Podano również kilka przykładów (3) redukcji wpływu kierunkowości drgań na pomiar przewyższenia. Ponadto autor zaproponował dobór odpowiedniego instrumentu w zależności od częstotliwości drgań oraz zastosowanie sprzętu tłumiącego drgania (podkładki pod nogi statywu, wysokość statywu). W rozdziale ósmym przedstawiono propozycje wytycznych dla prac niwelacyjnych w kontekście uzyskanych rezultatów badań dotyczących głównie niwelatora cyfrowego. Badania wykazały, że częstotliwości drgań 0-16 Hz oraz 24-32 Hz są stosunkowo bezpieczne dla precyzyjnych pomiarów niwelacyjnych i nie jest konieczne stosowanie redukcji wpływu drgań na wyniki obserwacji. Na rysunkach 8.5 i 8.6 przedstawiono przejrzyste przykłady redukcji wpływu kierunkowości drgań na wartości wyznaczanych przewyższeń. Autor proponuje podział sieci badawczej na 2 rzędy, gdzie repery 1-go rzędu pomierzone będą w strefie wolnej od drgań, natomiast sieć 2-go rzędu z reperami wykazującymi drgania wyrównywana będzie osobno i zostanie dowiązana do sieci 1-go rzędu.

W rozdziale **9-tym** – w podsumowaniu autor sformułował osiem poprawnych wniosków wynikających z przeprowadzonych prac. Dotyczą one podatności modeli niwelatorów na drgania które mają wpływ na średni błąd wyznaczenia przemieszczenia pojedynczego reperu. Zarówno wartość amplitudy jak i częstotliwość drgań mają wpływ na dokładność pomiarów niwelacyjnych. Autor zauważył również, że kierunek drgań względem położenia osi celowej ma istotne znaczenie w kontekście wpływu drgań na wyniki pomiarów. Na końcu rozdziału przedstawiono propozycje przyszłych badań, gdyż dysertacja pomimo swojej obszerności oraz wielokierunkowego spektrum wykonanych pomiarów testowych wpływu drgań na podłoże gruntowe i niwelator, zarówno w strefie zewnętrznej na stałość łąt, jak również wewnętrznej na sam instrument i statyw, nie wyczerpuje istotnego problemu negatywnego wpływu ośrodka pomiarowego na wyniki geodezyjnych pomiarów przemieszczeń urządzeń inżynieryjno-przemysłowych oraz obiektów budowlanych.

4 Ocena samodzielności rozwiązań problemu naukowego

Na podstawie wielostronnej oceny teoretycznych i doświadczalnych rezultatów badań przedstawionych w rozprawie pana mgr inż. Marka Kurnatowskiego wyrażam opinię, że doktorant rozwiązał w pełnym zakresie postawione w tezach pracy aktualne zagadnienie naukowo-badawcze obejmujące wpływ drgań lub/oraz wibracji na wyniki precyzyjnych pomiarów niwelacyjnych wykonywanych w różnych warunkach lokalnego środowiska pomiarowego, narażonych na negatywne oddziaływania statyczne i dynamiczne. W każdym razie, nie ma wątpliwości, że zrealizowane badania, wpisują się w jeden z ważniejszych nurtów metodyki badań wpływu ośrodka pomiarowego na szeroko rozumiane pomiary niwelacyjne. W ocenie recenzenta doktorant rozwiązał samodzielnie sformułowany na wstępie oraz w tytule pracy, aktualny i interdyscyplinarny problem badawczy w oparciu o gruntowną wiedzę teoretyczną i specjalistyczną z dziedzin instrumentoznawstwa geodezyjnego, metodyki pomiarów, teorii drgań dynamicznych, rachunku wyrównawczego i innych zagadnień technicznych. Na podstawie wyselekcjonowanej zagranicznej i krajowej literatury przedmiotu, opracował nowatorskie, oryginalne koncepcje i metody badawcze dla ustalenia wpływu drgań dynamicznych, jak również ich eliminowania w trakcie procesu pomiarowego. Realizując wszystkie postawione cele i zadania badawcze, doktorant uzyskał potwierdzenie tez naukowych dysertacji. Jego osiągnięcia badawcze stanowią istotny wkład do rozpatrywanej dziedziny nauki. Istotnym elementem warsztatu naukowego doktoranta, z perspektywy organizacji i planów badawczych omawianej pracy, okazała się wysoka wiedza interdyscyplinarna oraz umiejętność korzystania z technik obliczeniowo-wyrównawczych i ocen statystycznych. Zakres pracy, dotyczący badań teoretycznych, testowych oraz doświadczalnych odpowiada z nadmiarem wymaganiom stawianym formalnie i zwyczajowo rozprawom doktorskim w dyscyplinie nauk technicznych. Badania eksperymentalne wykonane zostały rzetelnie i solidnie, a uzyskane rezultaty udokumentowane zostały w każdym przypadku wyczerpująco. Klarowne i wyczerpujące opisy badań oraz graficzna prezentacja rezultatów pomiarów, wpływały w każdym przypadku na przejrzystość treści poszczególnych rozdziałów rozprawy. Umiejętność wszechstronnej analizy rezultatów badań i ich krytycznej oceny, logicznego i trafnego wnioskowania, świadczą o wysokim poziomie naukowym i warsztacie badawczym doktoranta. Na podkreślenie zasługuje przejrzysty sposób opisu metod i toku prowadzenia eksperymentów zgodnie z ustalonym planem badań oraz prezentacji wyników obserwacji grafik i rysunków.

5 Ocena merytoryczna rozprawy, tezy naukowej i jej oryginalności

Doktorant podjął ambitny, ale zarazem trudny interdyscyplinarny temat rozprawy doktorskiej z zakresu wpływu ośrodka pomiarowego na dokładność wyznaczania przemieszczeń reperów osnowy i punktów badawczych sieci niwelacyjnej, którego kampania pomiarowa trwała 3 lata. Na pomiary niwelacyjne wykonywane na obszarach przemysłowych, zurbanizowanych oraz wzdłuż tras komunikacyjnych oddziałuje wpływ drgań podłoża gruntowego, przy czym dotyczy to albo łaty, albo instrumentu lub łączne - łaty i niwelatora. Problematyka ta, za wyjątkiem sporadycznych publikacji i jednej rozprawy doktorskiej, nie doczekała się satysfakcjonującego rozwiązania. Ta właśnie tematyka, obejmująca kompleksowe badanie naukowe, stanowi temat rozprawy doktorskiej mgr inż. Marka Kurnatowskiego. Doktorant dla udowodnienia jasno postawionych tez dysertacji, opracował logiczny plan teoretycznego i doświadczalnego badania wpływu generowanych wibracji i drgań niwelatora na dokładność wyznaczania przemieszczeń pionowych, dla różnych kombinacji częstotliwości i amplitudy dla danej konfiguracji usytuowania reperów badawczych oraz stwierdzenia możliwości wyznaczania przemieszczeń w warunkach występowania drgań. Na podkreślenie zasługuje optymalny dobór metod pomiarowych, aparatu wyrównawczego oraz narzędzi statystycznych dla oceny i analizy danych pomiarowych. W efekcie uzyskuje najprawdopodobniejsze wartości przemieszczeń spełniające wymagania norm geodezyjnych. W zakończeniu dysertacji autor formułuje wytyczne do precyzyjnych pomiarów niwelacyjnych na podstawie szeroko rozumianych wyników badań doświadczalnych, dotyczących w szczególności zastosowania niwelatorów cyfrowych. Na szczegółowych rysunkach przedstawiono autorską metodykę eliminacji wpływu błędu nachylenia quasihoryzontu na pojedyncze wyznaczenia przewyższenia, eliminację wpływu drgań na przewyższenia za pomocą zastosowania dwóch mimośrodowych stanowisk instrumentu oraz redukcję wpływu kierunkowości rozchodzących się drgań na pomiary przewyższenia. Recenzent pragnie podkreślić, że niewłaściwy wybór stanowiska niwelatora lub łaty w lokalnej strefie oddziaływania drgań podczas kolejnych epok pomiarowych, ma fundamentalne znaczenie w zagadnieniach badań deformacji podłoża gruntowego oraz budowli. Wybór optymalnego stanowiska instrumentu i łaty należy każdorazowo weryfikować w zależności od lokalizacji aktualnie występujących drgań o różnych, a zmieniających się w czasie i przestrzeni parametrach. Wysoce jednorodna tematyka badawcza obejmuje niezwykle ważną poznawczo i aplikacyjnie problematykę identyfikacji, ocenę efektów oraz możliwości eliminacji negatywnego oddziaływania środowiska pomiarowego na wyniki pomiarów niwelacyjnych. W opinii recenzenta, zastosowanie w praktyce geodezyjnej uwag i propozycji płynących z wniosków

końcowych, przyczyni się niewątpliwie do eliminacji zjawiska drgań podłoża gruntowego na pomiary oraz podniesienia dokładności precyzyjnych obserwacji przemieszczeń. Nie mam wątpliwości, że rozprawa zasługuje na wysoką ocenę merytoryczną i edytorską.

6 Uwagi krytyczne do tekstu rozprawy

Pomimo poprawnego układu i struktury pracy można w niej dostrzec nieliczne błędy natury redakcyjnej, np. są to pojedyncze błędy stylistyczne. Nie mają one jednak żadnego wpływu na ogólną pozytywną ocenę rozprawy.

Pytania do doktoranta

6.1 Czy doktorant rozważał możliwość minimalizacji zjawiska drgań instrumentu przez nałożenie na głowicę niwelatora samopoziomującego odpowiednio dobranego ciężarka tłumiącego?

6.2 Czy wzór na wpływ refrakcji pionowej [5.1. – strona 49] jest uniwersalny, zarówno dla pomiarów niwelacyjnych w pomieszczeniach zamkniętych, jak również dla otwartej przestrzeni ośrodka pomiarowego?

6.3 Czy doktorant rozważał wpływ rodzaju materiału z jakiego wykonano statyw na przenoszenie drgań podczas wykonywanych obserwacji instrumentem niwelacyjnym?

7 Wniosek końcowy

Reasumując szczegółowe oceny pracy doktorskiej stwierdzam, że przedmiotowa rozprawa Pana mgr inż. Marka Kurnatowskiego pt.: *Badanie wpływu zmian parametrów drgań niwelatorów precyzyjnych na dokładność pomiaru przemieszczeń pionowych obiektów budowlanych*”, stanowi oryginalne rozwiązanie zagadnienia naukowego oraz spełnia wszystkie wymogi w rozumieniu art. 13 ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. nr 65, poz. 595, z późn. zm.).

Przedkładam Wysokiemu Senatowi Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie niniejszą recenzję z wnioskiem o przyjęcie pracy jako rozprawy doktorskiej oraz dopuszczenie do publicznej obrony.

Równocześnie proponuję rozważenie wyróżnienia dysertacji.

Wrocław, 21lipiec 2023 r.


Kazimierz Ćmielewski

UCHWAŁA NR 9
Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport
Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie
z dnia 18 października 2023 r.

w sprawie nadania mgr. inż. Markowi Kurnatowskiemu stopnia doktora

Na podstawie § 17b ust. 1 pkt 2 Statutu ZUT (uchwała nr 75 Senatu ZUT z dnia 28 czerwca 2019 r., z późn. zm.) w związku z art. 179 ust. 1 i 3 pkt 2b ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. poz. 1669, z późn. zm.) w związku z art. 14 ust. 2 pkt 5 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jedn. Dz. U. z 2017 r. poz. 1789, z późn. zm.) oraz § 16 ust. 3 i 19 uchwały nr 130 Senatu ZUT z dnia 29 maja 2023 r. (z późn. zm.) w sprawie określenia sposobu postępowania w sprawie nadania stopnia doktora przez Rady Dyscyplin Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie uchwała się co następuje:

§ 1.

Rada Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport nadaje mgr. inż. Markowi Kurnatowskiemu stopień doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie *inżynieria lądowa, geodezja i transport*.

§ 2.

Uchwała wchodzi w życie z dniem podjęcia.

Przewodnicząca Rady Dyscypliny
Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport

dr hab. inż. Teresa Rucińska, prof. ZUT