

Dr hab. inż. Krzysztof Parczewski, prof. UBB  
Uniwersytet Bielsko-Bialski  
Wydział Budowy Maszyn i Informatyki  
Katedra Silników Spalinowych i Pojazdów  
ul. Willowa 2  
43-309 Bielsko-Biała

Bielsko Biała 30.12.2024

## **Recenzja pracy doktorskiej**

**mgr inż. Tomasza Wróbla**

### **Nowe rozwiązanie innowacyjnego wielofunkcyjnego fotela chroniącego członków załogi pojazdu specjalnego przed oddziaływaniem krótkotrwałych pionowych obciążeń dynamicznych**

**wykonanej na Wydziale Mechanicznym Politechniki Warszawskiej  
promotor prof. dr hab. inż. Stanisław Radkowski**

**Dyscyplina naukowa – Inżynieria Mechaniczna**

#### **1 Przedmiot recenzji**

Przedmiotem recenzji jest praca wykonana przez mgr inż. Tomasza Wróbla dotycząca nowego rozwiązania innowacyjnego wielofunkcyjnego fotela chroniącego członków załogi pojazdu specjalnego przed oddziaływaniem krótkotrwałych pionowych obciążeń dynamicznych (doktorat wdrożeniowy). W pracy omówiono problem wpływu fali uderzeniowej podczas eksplozji ładunku wybuchowego pod pojazdem. Doktorant zajął się zagadnieniem opracowania fotela dla kierowcy, dowódcy oraz członków załogi, skutecznie chroniącego przed oddziaływaniem fali powstałej podczas detonacji ładunku wybuchowego. W początkowej części pracy opisano oddziaływanie fali uderzeniowej na pojazdy specjalne. Dokonano przeglądu rozwiązań, metod badań oraz wymagań stawianym fotelom chroniącym członków załogi tego typu pojazdów. Część konstrukcyjno-badawcza dotyczy opracowania: projektu, modelowania, wykonania fotela, oceny pracy elementów absorbujących energię i zaproponowanie metod badań. Opracowana metodyka pozwala na przeprowadzenie badań fotela bez wykorzystania ładunków wybuchowych. Wnioski z pracy pozwoliły na potwierdzenie założonej tezy pracy i w efekcie opracowania foteli dla dowódcy, kierowcy i desantu.

Praca obejmuje 6 głównych rozdziałów o łącznej objętości 154 strony, 30 tabel i 154 rysunki oraz wykaz oznaczeń i załącznik liczący 7 stron. Wykaz literatury zawiera 72 prace w większości opublikowane w recenzowanych czasopismach naukowych.

## 2 Ocena merytoryczna

### 2.1 Ocena ogólna

Badania, które podjął doktorant mają zarówno walor poznawczy jak i walor praktyczny. Celem pracy było opracowanie fotela dla kierowcy, dowódcy i członków załogi skutecznie chroniącego przed oddziaływaniem fali powstałej podczas detonacji ładunku wybuchowego pod pojazdem specjalnym. Celem użytkowym było wykonanie projektu, modelowanie, wykonania prototypowego fotela i zaproponowanie metod badawczych.

Postawiona teza pracy:

*Skutki oddziaływania impulsu powstałego w wyniku fali uderzeniowej podczas eksplozji ładunku wybuchowego pod pojazdem specjalnym może być ograniczona przez kształtowanie charakterystyki wytrzymałościowej elementów tłumiących i konstrukcyjnych foteli, co umożliwi skuteczną ochronę załogi w trakcie działań operacyjnych.*

Postawiona teza została udowodniona poprzez analizę istniejących rozwiązań foteli, opracowanie koncepcji foteli i określenie wymagań im stawianych, różnych dla żołnierzy desantu, kierowcy i dowódcy. Przedstawiono przy tym sposoby modelowania przyspieszeń działających na tułów i głowę poszczególnych żołnierzy. Kolejno analizowano konstrukcje poszczególnych elementów fotela oraz wybrano sposób pozwalający na zmniejszenie maksymalnych wartości przyspieszeń działających na osoby będące na tych fotelach. Kolejnym etapem pracy był wybór i analiza elementów absorbujących energię wybuchu oddziaływującego na fotel.

Analiza pracy poszczególnych absorberów pozwoliła na wybór jednego z rozwiązań o najkorzystniejszych parametrach. Opracowano rozwiązania konstrukcyjne foteli z zastosowaniem wybranej wersji absorbera. Zaproponowane konstrukcje przeanalizowano z wykorzystaniem systemów ADAMS i MES co pozwoliło na sprawdzenie poprawności konstrukcji. Ze względu na brak norm dotyczących wymagań foteli pojazdów specjalnych określono wymagania jakie muszą być przez nie spełnione i zaproponowano metodykę badań.

Kolejnym etapem przedstawionym w pracy było wykonanie foteli i poddanie ich badaniom w warunkach stacjonarnych bez użycia ładunków wybuchowych. Uzyskane wyniki badań zostały potwierdzone podczas badań poligonowych, co pozwoliło na przyjęcie zaproponowanej metodyki badań stanowiskowych jako wystarczającej do weryfikacji konstrukcji foteli pod kątem ich wytrzymałości oraz wymagań homologacyjnych. Efektem tych prac było przygotowanie rozwiązań foteli do ich wdrożenia do produkcji wraz z metodyką badań.

Podjęty przez doktoranta temat jest ważny ze względu na bezpieczeństwo, życie i zdrowie żołnierzy poruszających się w pojazdach. Opracowanie foteli wpływających na zmniejszenie przyspieszeń działających podczas wybuchu pod pojazdem pozwala na zwiększenie szans ich przeżycia w takich warunkach. Jednocześnie praca pozwala na

wdrożenie do produkcji tego typu foteli i umożliwiała ich stosowanie w pojazdach nowych i modernizowanych.

## **2.2 Ocena szczegółowa**

Rozprawa ma układ pracy badawczej, wdrożeniowej obejmuje 6 podstawowych części: „Wykaz podstawowych definicji i oznaczeń stosowanych w pracy” (1), „Wprowadzenie” (2), „Analiza stanu zagadnienia” (3), „Cel i teza pracy” (4), „Przegląd foteli chroniących członków załogi pojazdu specjalnego” (5), „Badania wielofunkcyjnego fotela chroniącego członków załogi pojazdu” (6), „Wnioski końcowe” (7), spisy tabel oraz rysunków i załącznik 1. Ponadto praca zawiera streszczenia w języku polskim i angielskim.

### **Wprowadzenie (2)**

We wstępie przedstawiono problem ochrony żołnierzy przed skutkami wybuchów min ładowych i improwizowanych urządzeń wybuchowych. Minimalizowanie skutków działania impulsu siły jest realizowane na wielu płaszczyznach, począwszy od konstrukcji pojazdów, stosowania materiałów pochłaniających energię wybuchu i foteli absorbujących energię. Pojazdy wojskowe powinny spełniać wymagania zgodnie z przyjętymi normami. Istnieją polskie i NATOwskie zalecenia dotyczące ochrony balistycznej pojazdów. Przywołane normy stanowią kryterium uwzględniane przy budowie tego typu pojazdów.

Istnieje zapotrzebowanie na fotele absorbujące energię fali uderzeniowej do nowo projektowanych i modernizowanych pojazdów oraz do pojazdów importowanych. Konstruowanie tego typu foteli wymaga opracowania zaleceń projektowych oraz metodyki badań.

W rozdziale przedstawiono zakres pracy obejmujący zawartość poszczególnych rozdziałów.

### **Analiza stanu zagadnienia (3)**

W tym rozdziale przedstawiono przegląd dostępnej literatury technicznej, norm i patentów odnoszących się do konstrukcji foteli wykorzystywanych w pojazdach specjalnych. Przegląd podzielono na podrozdziały, z których pierwszy opisuje rozwiązania systemów foteli stosowanych z absorberami energii przeznaczonych do użytkowania w pojazdach specjalnych. Kolejny podrozdział zawiera opis wymagań i metod badań foteli stosowanych w pojazdach specjalnych. W końcowej części rozdziału zawarto opis metod badań i kryteria oceny dla foteli stosowanych w pojazdach wojskowych grupy N.11. W kolejnym podrozdziale przedstawiono opis metod modelowania i analizy wyników badań układu człowiek-fotel-kadłub podczas detonacji ładunków wybuchowych.

W końcowej części rozdziału stwierdzono, że doktorat ma dotyczyć zaprojektowania i wdrożenia krajowego systemu foteli dedykowanych do pojazdów specjalnych oraz przedstawiać opracowaną metodykę badań tych foteli.

## Cel i teza pracy (4)

W tek części pracy Autor zamieścił cel pracy, na podstawie którego sformułował następującą tezę:

*Skutki oddziaływania impulsu powstałego w wyniku fali uderzeniowej podczas eksplozji ładunku wybuchowego pod pojazdem specjalnym mogą być ograniczone przez kształtowanie charakterystyki wytrzymałościowej elementów tłumiących i konstrukcyjnych foteli, co umożliwi skuteczną ochronę załogi w trakcie działań operacyjnych.*

Celem pracy wdrożeniowej było opracowanie wielofunkcyjnego fotela chroniącego członków załogi pojazdu specjalnego przed zagrożeniami powstałymi w wyniku działania ładunku wybuchowego przy jednoczesnym zachowaniu wymagań ergonomicznych. Cel pracy został określony prawidłowo. W tym rozdziale autor opisał kolejne kroki działania potrzebne do realizacji celu. Są to:

- wykonanie projektu systemu foteli wyposażonego w układ tłumienia,
- przeprowadzenie badań symulacyjnych,
- opracowanie metodyki badań eksperymentalnych: laboratoryjnych i poligonowych,
- budowę i przygotowanie stanowisk badawczych,
- budowę modeli elementów foteli i prototypu systemu foteli,
- wykonanie laboratoryjnych badań statycznych i dynamicznych,
- wykonanie badań dynamicznych w środowisku zbliżonym do rzeczywistego i w środowisku poligonowym.

Głównym celem użytkowym pracy było ustalenie charakterystyk wytrzymałościowych elementów składowych fotela oraz dobór elementów tłumiących. Jest to związane z koniecznością kształtowania charakterystyk wytrzymałościowych elementów mocowania fotela w zależności od jego funkcji (kierowca, dowódca, członek desantu). Ogólnym celem jest dążenie do minimalizacji wymuszeń działających na organizm człowieka, tak aby wymuszenia spowodowane wybuchem zmniejszyły do tolerowanego poziomu. Sposób mocowania fotela w zależności od jego funkcji wymusza różne podejścia do konstrukcji elementów absorbujących energię. Dysypacja części energii wybuchu będzie realizowana podczas deformacji wybranych elementów fotela.

Kryteria ochrony załóg w pojazdach specjalnych są zawarte w zaleceniach NATO – STANAG 4569.

Normy te nie precyzują wymagań do systemu foteli, z tego względu Autor przedstawił zadania jakie stawia przed badaniami symulacyjnymi wspomaganymi eksperymentem badawczym:

- określenie wytrzymałości elementów mocowania fotela w zależności od jego funkcji,

- dobór właściwości konstrukcji foteli (spełnienie wymagań norm obronnych i przepisów homologacyjnych),
- dobór elementów blokujących ruch ciała podczas uderzenia (spełnienie wymagań ergonomicznych),
- dobór elementów łączących i ruchomych.

Efektom przedstawionych prac miało być opracowanie fotela dla członków załogi pojazdu specjalnego.

### **Projekt foteli chroniących członków załogi pojazdu specjalnego (5)**

Rozdział tej części pracy Autor podzielił na etapy zgodnie z zakresem prac niezbędnych do realizacji foteli. W pierwszej części przedstawił projekt koncepcyjny z podziałem na fotele desantu, dowódcy i kierowcy pojazdu specjalnego. Podział wynikał ze sposobu mocowania fotela w pojeździe oraz wymagań ergonomicznych. Ponadto przeanalizowano możliwość wykorzystania gotowych mechanizmów do przesuwania fotela, obracania oraz pochylania siedziska i oparcia. W dalszej części zajęto się konstrukcją poszczególnych elementów fotela: stelaża, umiejscowieniem układu tłumienia dla wszystkich typów foteli oraz konstrukcji w rozbiciu na sposób ich wykorzystania (desant, dowódca, kierowca). Kolejno analizowano różne rozwiązania układu tłumienia ograniczającego skutki wybuchu: układy z tłumikiem gazowym i mechanicznym. Po analizie zebranych materiałów przedstawiono dwie koncepcje foteli: desantu i dowódcy/kierowcy. W dalszej części rozdziału zajęto się doбором elementów tłumiących i materiałów konstrukcyjnych. Na element tłumiący wybrano amortyzator gazowy KONI30 stosowany w podobnych rozwiązaniach. Jako alternatywę zaproponowano tłumik mechaniczny wykonany ze stali o granicy plastyczności  $\sim 800\text{MPa}$ . Na bezpiecznik zaproponowano element wykonany z aluminium. W celu doboru materiału na konstrukcję foteli przeanalizowano trzy typy stali: Dromex 460MC, Strenx 700MC i Hardox 450, stosowane w podobnych rozwiązaniach. Przedstawiono wyniki badań powyższych stali dla różnych prędkości odkształcenia.

*Autor niedostatecznie opisał zamieszczone wyniki badań stali proponowanej na elementy konstrukcji nośnej. Opisy na rysunkach małą czcionką - trudno czytelne.*

### **Badania wielofunkcyjnego fotela chroniącego członków załogi pojazdu (6)**

W tym rozdziale pracy Autor zawarł zarówno opis badań symulacyjnych poszczególnych rozwiązań jak i opis prototypów foteli oraz przedstawił ich badania eksperymentalne. W końcowej części rozdziału Autor zamieścił podsumowanie wyników badań. Rozdział bardzo obszerny. Prace projektowe podzielono na badania symulacyjne, z których wyniki posłużyły do zaprojektowania konstrukcji, budowę foteli prototypowych oraz ich badania. Na podstawie wyników badań prototypowych foteli opracowano docelowe rozwiązania konstrukcyjne.

Badania symulacyjne wykonano w systemie ADAMS/View z wykorzystaniem metody elementów skończonych. Model dynamiczny składał się z 3 mas: ramy fotela (podłogi), siedziska z korpusem osoby i górnej części tułowia osoby znajdującej się na fotelu. Masy te są połączone elementami sprężystymi i tłumiącymi. Wymuszenie działa na korpus – pancierz pojazdu, który jest połączony za pomocą elementu sprężystego i tłumiącego z ramą fotela. Dla tego modelu utworzono układ równań. Na podstawie obliczeń ustalono amplitudy drgań oraz przyspieszenia działające na osobę siedzącą na fotelu. Wyniki symulacji wykorzystano podczas analizy konstrukcji fotela z wykorzystaniem metody elementów skończonych. Przeprowadzone obliczenia numeryczne pozwalają na określenie kolejności odkształcania poszczególnych elementów fotela.

*Podczas analizy numerycznej zasygnalizowano problem określenia parametrów pracy fotela takich jak współczynnik tarcia elementów prowadnicy, czy też umieszczenie odbojnika w końcowej fazie ruchu tłumika. Brak jasnej informacji dotyczącej czy rozważano analizy zgłoszone problemy i jakie wyciągnięto wnioski.*

*Pomimo, że nastąpiła częściowa destrukcja poszczególnych elementów fotela, wyniki analiz są bardzo obiecujące, ponieważ najistotniejsze są wielkości przyspieszenia działające na osobę siedzącą na fotelu. Uszkodzenie, czy też wyrwanie połączeń pasów bezpieczeństwa z fotela jest dopuszczalne, po określonym czasie od wybuchu (np. 0,1 sekundy).*

W dalszej części rozdziału analizowane jest działanie tłumika mechanicznego. Porównano wyniki badań numerycznych i laboratoryjnych. Uzyskano dużą zgodność wyników.

Na podstawie przeprowadzonych badań symulacyjnych i laboratoryjnych ustalono rozwiązania konstrukcyjne i dobrano materiały do budowy foteli. Zaproponowano rozwiązania konstrukcyjne fotela desantu, dowódcy i kierowcy.

Kolejna część rozdziału zawiera opis badań eksperymentalnych odporności foteli na udary mechaniczne. Badanie to pozwala na ocenę rozwiązań konstrukcyjnych foteli na zgodność z wymaganiami zawartymi w normie obronnej. Po przeprowadzeniu badań sprawdzana jest poprawność działania obiektu i oględziny pod kątem ewentualnych uszkodzeń. Badania przeprowadzono dla wariantu z tłumikiem gazowym i amortyzatorem pasywnym.

*W podrozdziale przedstawiono wyniki pomiarów zestawione w tabelach 7 i 8 oraz na rysunku 113. Brak komentarza do tabel, nie podano wartości kryterialnych dla poszczególnych wskaźników. Rysunek 113 – brak opisu osi i komentarza do rysunku. Rysunek 114 opis osi nieczytelny.*

*Tabela 11 – brak opisu do tabeli oraz wyjaśnienia powiązania rysunków 117 z tabelą. Rysunki 118, 119, 120 i 121 – brak opisu osi i komentarza do rysunków.*

Do badania obciążenia kręgosłupa w warunkach przyspieszenia jednokrotnego 75g wykorzystano wieżę spadową. Badania przeprowadzono dla wybranych dwóch wariantów tłumika, które charakteryzowały się najlepszymi parametrami tłumiącymi w poprzednim teście. Uzyskane wyniki są mniejsze niż dopuszczalne wartości kryterialne według normy STANAG 4569.

Kolejno przeprowadzono badania poligonowe z wykorzystaniem wahadła balistycznego. W tym przypadku również badano fotele wyposażone w wybrane dwa warianty tłumika, podobnie jak poprzednio. Badania wykonano z użyciem materiału wybuchowego. Badania powtórzono na pełnowymiarowym modelu pojazdu z wykorzystaniem wybranego do testów absorbera energii. Wyniki badań potwierdziły spełnienie kryteriów norm przy znacznym obniżeniu występujących wartości przyspieszeń.

Następnym etapem było sprawdzenie zgodności foteli z Regulaminami EKG ONZ. Podczas badań wyznaczono maksymalne wartości opóźnień pionowych. Badanie przeprowadzono na stanowisku badawczym w Laboratorium Bezpieczeństwa Sieci Łukasiewicz – Przemysłowy Instytut Motoryzacji. Wózek badawczy rozpędzono do prędkości ponad 50 km/h. W takich warunkach opóźnienie badawcze wynosiło podczas testu ~20, 30 lub 40g. Opóźnienia działały w zależności od ustawienia wózka, co symulowało ustawienie fotela przodem, tyłem lub bokiem do kierunku jazdy. Na tej podstawie wyznaczono przemieszczenia poszczególnych części ciała manekina oraz przyspieszenia działające na głowę, szyję, kręgosłup i miednicę. Dodatkowo analizowano wydłużenie absorbera fotela.

*Opis przebiegu badań niejasny. Brak komentarza do opóźnienia działającego na głowę osoby siedzącej na fotelu dowódcy.*

Podsumowując wyniki badań poszczególnych foteli można stwierdzić, że uzyskane wartości z pomiarów nie przekraczają wartości kryterialnych a w wielu przypadkach są od nich znacząco niższe.

*Większe wartości przyspieszeń i wskaźników uszkodzenia ciała uzyskano dla fotela dowódcy, co jak określa Autor, wynika głównie z deformacji i obrotu fotela oraz naciągania się pasów bezpieczeństwa.*

## **Wnioski końcowe (7)**

W ostatnim rozdziale stwierdzono, że cel pracy został osiągnięty – opracowano wielofunkcyjny fotel chroniący członków załogi pojazdu specjalnego przed udarem, powstałym w wyniku działania ładunku wybuchowego przy jednoczesnym zachowaniu wymagań ergonomicznych. Teza pracy została udowodniona, a by ją osiągnąć wykonano projekt foteli, przeprowadzono badania symulacyjne, wykonano prototypy oraz opracowano metodykę badań stanowiskowych. Wyniki pracy zweryfikowano poddając prototypowe fotele badaniom laboratoryjnym i poligonowym. Efektem użytecznym było opracowanie systemu

foteli chroniących członków załogi przed skutkami działania fali uderzeniowej powstałej podczas wybuchu ładunków wybuchowych pod pojazdem. Dodatkowym efektem pracy była opracowana metodyka badań foteli skierowana na stanowiskowe badania laboratoryjne na stole udarowym, wieży spadowej i torach do testów dynamicznych.

Wnioski dotyczące przyszłych prac dotyczą rozwijania metodyk badań foteli i innych systemów specjalnych w oparciu o laboratoryjne stanowiska badawcze, bez użycia ładunków wybuchowych.

### 3 Ocena końcowa

Stwierdzam, że założony cel pracy wykonanej przez mgr inż. Tomasza Wróbla dotycząca nowego rozwiązania innowacyjnego wielofunkcyjnego fotela chroniącego członków załogi pojazdu specjalnego przed oddziaływaniem krótkotrwałych pionowych obciążeń dynamicznych, został osiągnięty. Jest to praca doktorska wdrożeniowa.

Za najważniejsze oryginalne osiągnięcia naukowe Autora uznaję:

1. analiza istniejących rozwiązań foteli do pojazdów specjalnych i sposobów ich modelowania oraz materiałów konstrukcyjnych wykorzystywanych do ich budowy,
2. opracowanie koncepcji foteli z wyszczególnieniem funkcji jego poszczególnych elementów,
3. opracowanie elementu absorbującego energię wybuchu pozwalającego na ograniczenie maksymalnych wartości przyspieszeń działających na osobę siedzącą na fotelu,
4. przeprowadzenie badań symulacyjnych i laboratoryjnych elementów absorbujących energię wybuchu oraz dobór rozwiązania,
5. opracowanie konstrukcji i budowę prototypowych foteli dla desantu, dowódcy i kierowcy,
6. opracowanie metodyki badań laboratoryjnych foteli.

Uwagi do poszczególnych rozdziałów pracy przedstawione w niniejszej opinii (zaznaczone kursywą) nie obniżają ogólnej wartości pracy, mają charakter porządkowy i dyskusyjny.

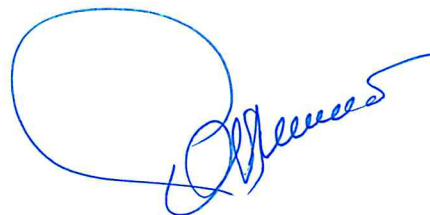
Doktorant wykazał się znajomością aktualnego stanu wiedzy w zakresie objętym tematem, opisał rozwiązania stosowane w celu poprawy ochrony zdrowia i życia załogi pojazdu specjalnego i na tej podstawie przeprowadził analizę możliwości obniżenia wielkości przyspieszeń działających na członków załogi podczas detonacji ładunku wybuchowego pod pojazdem. Określił kryteria jakie powinien spełniać fotel, przeanalizował konstrukcje poszczególnych zespołów absorbujących energię i wybrał najkorzystniejsze rozwiązanie, które zostało zaadoptowane w budowie systemu foteli. Na koniec przeprowadził badania zarówno stanowiskowe jak i poligonowe. Efektem tych działań było zaprojektowanie systemu foteli i opracowanie metodyki ich badań, bez konieczności stosowania ładunków wybuchowych.



Doktorant wykazał się umiejętnościami prowadzenia badań i analizowania wyników. Uzyskał wyniki oraz wykazał, że potrafi analizować i krytycznie oceniać uzyskane rezultaty badań i analiz oraz formułować poprawne wnioski poznawcze. Widzi również kierunki dalszych badań. Świadczy to o Jego odpowiednim przygotowaniu i predyspozycjach do samodzielnego prowadzenia prac naukowo-badawczych. Rozprawa jest napisana poprawnie z prawidłowym układem tekstu, na dobrym poziomie merytorycznym i edytorskim. Rozprawa jest opracowana na dobrym poziomie naukowym i redakcyjnym oraz wnosi w przedmiotowym zagadnieniu wkład w rozwój wiedzy w dyscyplinie „inżynieria mechaniczna”. Przedstawiona praca ma znaczenie praktyczne.

Praca spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim określonym w ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2016 r. poz. 882 z późniejszymi zmianami). oraz w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 z późniejszymi zmianami).

Po zapoznaniu się z rozprawą doktorską mgr inż. Tomasza Wróbla biorąc pod uwagę jej aktualność, innowacyjność, wysokie walory merytoryczne oraz możliwość wdrożenia rozwiązań zaproponowanych przez Autora wnioskuję o wyróżnienie pracy doktorskiej.



30.12.2024

**Uwagi szczegółowe:**

Uwagi merytoryczne i porządkowe do poszczególnych rozdziałów zostały zamieszczone przy omówieniu rozdziałów.

Ponadto do tekstu wnosi się następujące uwagi szczególne:

Uwaga ogólna – wielkości czcionki na rysunkach nie są dostosowane do formatu A5 w jakim jest drukowana praca.

Str. 57 - rysunek 53 – opisy na rysunkach nieczytelne, brak wyjaśnienia co jest przedstawione na rysunkach.

Str. 58 – rysunek 54 – brak wyjaśnienia co jest przedstawione na rysunkach.

Str. 73 – kontaktu.

Str. 106 – rysunek 114 nieczytelne opisy osi.

Str. 111 – czas trwania impulsu 0 ?.

Str. 114 – brak opisu wahadła balistycznego.

Tabele 7, 8 i 11 – brak komentarza,

Rysunki 113, 114 – nieczytelne opisy,

Rysunki 118, 119, 120, 121 – brak opisów osi