

Mgr inż. Krzysztof Capek, email: Krzysztof.Capek@gmail.com
Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn, Politechnika Śląska

Dr inż. Marek Wyleżół, email: marek.wylezol@polsl.pl
Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn, Politechnika Śląska

STUDIUM WIELOZADANIOWEJ PLATFORMY PŁYWAJĄCEJ

Streszczenie: W artykule przedstawiono model wirtualny wielozadaniowej platformy pływającej. Wykonany model stanowi próbę połączenia możliwości jezdnych popularnych quadów oraz możliwości pływających skuterów wodnych. Wszystkie prace modelowe wykonano z użyciem inżynierskiego systemu klasy CAx – CATIA v5.

STUDY OF MULTITASKING FLOATING PLATFORM

Abstract: This paper presents a virtual model of a multitasking floating platform. Performed model is an attempt to integrate the capabilities of popular mobile quads and water scooters. All work was performed using an engineering CAx system - CATIA v5.

1. WPROWADZENIE

Powódź w Polsce na przełomie maja i lipca 2010 roku ukazała, jak niezmodernizowanym sprzętem dysponują polscy ratownicy. Akcje ewakuacyjne z zatopionych terenów przeprowadzane były przy pomocy dmuchanych pontonów, bądź pojedynczych łodzi ratowniczych, gdzie terenami zalewowymi były dzielnice miast i liczby ewakuowanych sięgały 1000 osób. W przypadku, kiedy często występowała konieczność przemieszczania się ratowników pomiędzy lądem a wodą - zwykle wykorzystywano pojazdy typu amfibia - wojskowe transportery *PTS-M* [2]. Koszty ich eksploatacji były często niewspółmierne do efektywności. Przykładem może być dowożenie pojedynczym mieszkańcom drobne i lekkie artykuły spożywcze do pojedynczych odciętych gospodarstw domowych.

Dlatego też zaobserwowano potrzebę skonstruowania lekkiej platformy o niewielkich rozmiarach, zdolnej do transportu dwóch osób (kierowca i pasażer) i niewielkich ładunków w warunkach kryzysowych, gdzie występuje naprzemienna konieczność przemieszczania się w terenie i po wodzie. Stanowiłaby ona alternatywne rozwiązanie dla obecnie stosowanych i wykorzystywanych urządzeń, spowodowała obniżenie kosztów eksploatacji, poprawiła jakość i wydajność pracy służb ratunkowych.

2. KONCEPCJA PLATFORMY

W celu realizacji projektu jeżdżąco-pływającej platformy przyjęto następujące założenia:

- pojazd musi posiadać zdolność szybkiego transportu dwojga ludzi (kierowca i pasażer),
- pojazd musi posiadać zdolność przewozu ładunku o masie do 50 kg na lądzie i wodzie,
- podwozie pojazdu musi umożliwić sprawną jazdę po terenie charakterystycznym dla obszarów powodziowych (duże nierówności, błotniste podłoże),
- konstrukcja podwozia pojazdu musi umożliwić szybkie schowanie kół jezdnych w obrębie kadłuba celem umożliwienia poruszania się na wodzie,
- napęd do płynięcia powinien być możliwie odporny na szkodliwe działanie typowych zanieczyszczeń pojawiających się w płytkiej wodzie zalewowej.

Według przyjętych założeń koncepcyjnych powstał wstępny model bryłowy pojazdu,

stanowiący swego rodzaju trójwymiarowy szkic koncepcyjny. Dzięki temu można było wstępnie określić położenie poszczególnych podzespołów w przestrzeni pojazdu (rys. 1).

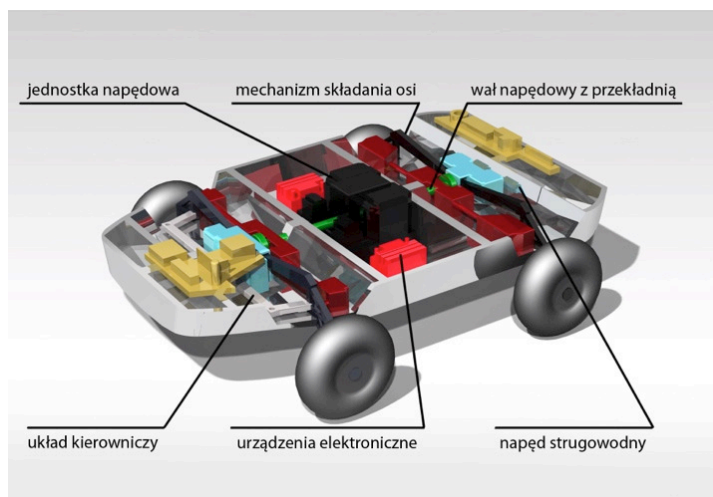
Stosownie do przyjętej koncepcji rozwiązania postawionego problemu, konstrukcja pojazdu została podzielona na dwa główne podzespoły. Pierwszy z nich to kadłub (część dennej). Będzie on stanowił ostoję dla pozostałych układów, szczególnie dla zawieszenia i napędu. Ponadto, w momencie, kiedy pojazd będzie znajdował się w wodzie dzięki swej wyporności utrzyma go na powierzchni, a dzięki odpowiedniemu ukształtowaniu dna pozwoli na pływanie w ślizu (szczególnie po płytkiej wodzie).

Poszycie pojazdu (karoseria), jako drugi z głównych elementów zapobiegać będzie dostawaniu się wody do wnętrza, zapewni też ochronę przed czynnikami zewnętrznymi. Odpowiednie ukształtowanie kokpitu będzie umożliwiało wygodny transport dwóch pasażerów wraz z ładunkiem.

Centralną jednostką napędową pojazdu będzie silnik spalinowy. Przy pomocy odpowiednio zaprojektowanych przekładni napęd będzie przekazywany do pędnika strugowodnego i na tylną oś w momencie jazdy w terenie.

Do kierowania pojazdem posłużą drążki kierownicze współpracujące ze skrętną przednią osią i dyszami kierującymi strugą wody.

W pojeździe przewidziano również symetryczny mechanizm realizujący składanie kół do poruszania się na wodzie (celem ograniczenia oporów hydrodynamicznych). Został on oparty na układzie cięgien, których ruch będzie wywoływał stosowny siłownik hydrauliczny.



Rys. 1 Elementy składowe modelu koncepcyjnego [1]

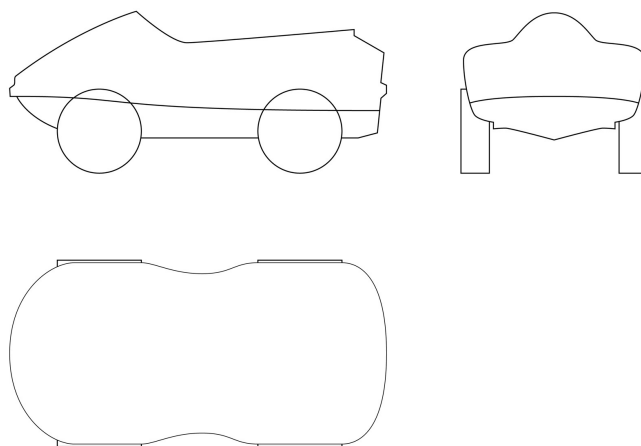
3. KONSTRUKCJA PLATFORMY

Proces konstruowania pojazdu został w całości wykonany z użyciem modułów systemu *CATIA v5*. W dalszej części rozdziału omówiono skrótowo poszczególne podukłady. W kontekście modelowania kadłuba i karoserii zwrócono również uwagę na zastosowaną metodykę ich modelowania.

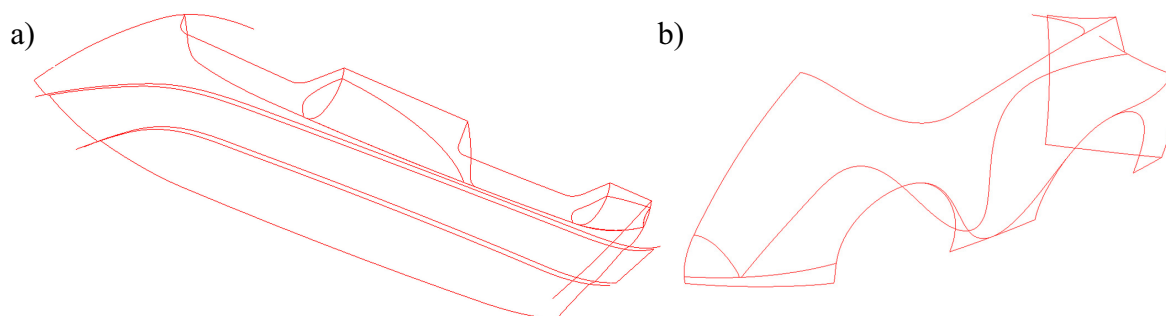
3.1. Kadłub i karoseria

Proces projektowania poszycia pojazdu rozpoczęto od naszkicowania głównych rzutów pojazdu (rys. 2). Poszczególne płaskie szkice zostały umieszczone na stosownych płaszczyznach przestrzennego układu współrzędnych.

Dzięki takiemu ich usytuowaniu możliwe było zrekonstruowanie poszczególnych krzywych stanowiących zarys postaci geometrycznej pojazdu (a dokładnie: osobno części dennej – rys. 3a – i osobno części karoseryjnej, rys. 3b).



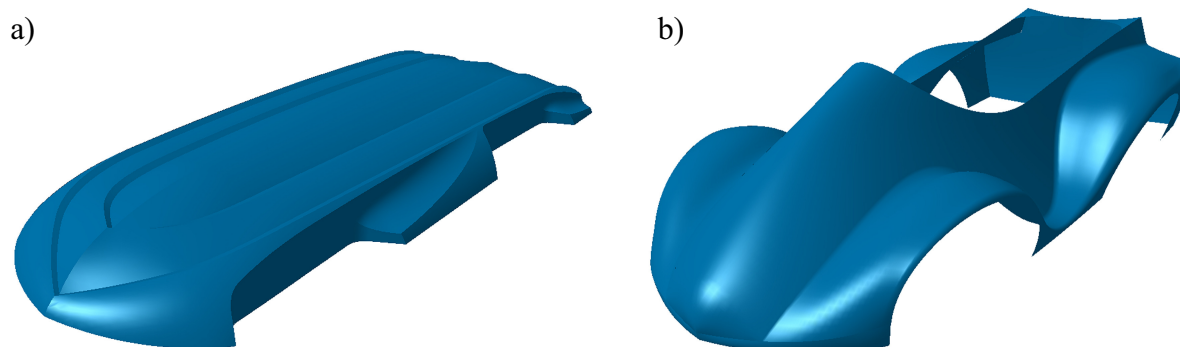
Rys. 2 Rzuty główne postaci geometrycznej pojazdu [1]



Rys. 3 Krawędziowe krzywe przestrzenne poszycia pojazdu: : a) część denna, b) karoseria [1]

Tak otrzymane krzywe przestrzenne pozwoliły na wykonanie: najpierw modelu powierzchniowego a następnie modelu bryłowego (cienkościennego) poszycia pojazdu, z podziałem na część denną (rys. 4a) oraz część górną (karoserię) - rys. 4b. Podczas modelowania kadłuba zwrócono uwagę na zapewnienie własności pływających oraz odpowiednie wzmocnienia za pomocą zespołu wręg i podłużnic. Natomiast przy modelowaniu karoserii zadbano szczególnie o sferę użytkową, jak i nowoczesnego design'u.

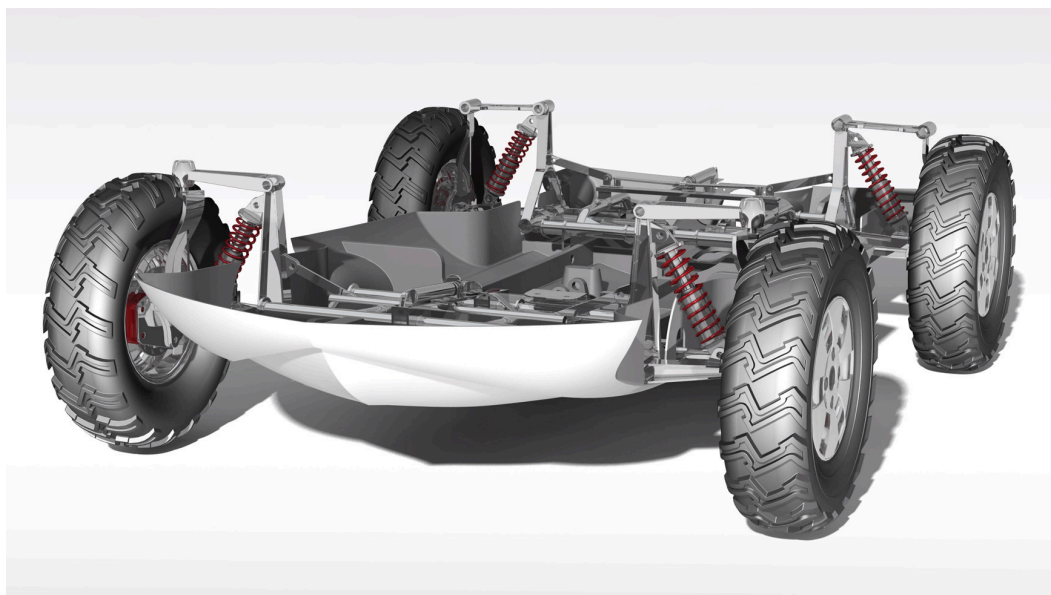
Proces modelowania krzywych i płatów powierzchni wykonano z użyciem modułu *Generative Shape Design* systemu *CATIA v5* [4,6]. Modele bryłowe wykonano z użyciem modułu *Part Design* [3,5].



Rys. 4 Modele cienkościenne poszycia pojazdu: a) część denna, b) karoseria [1]

3.2. Układ zawieszenia

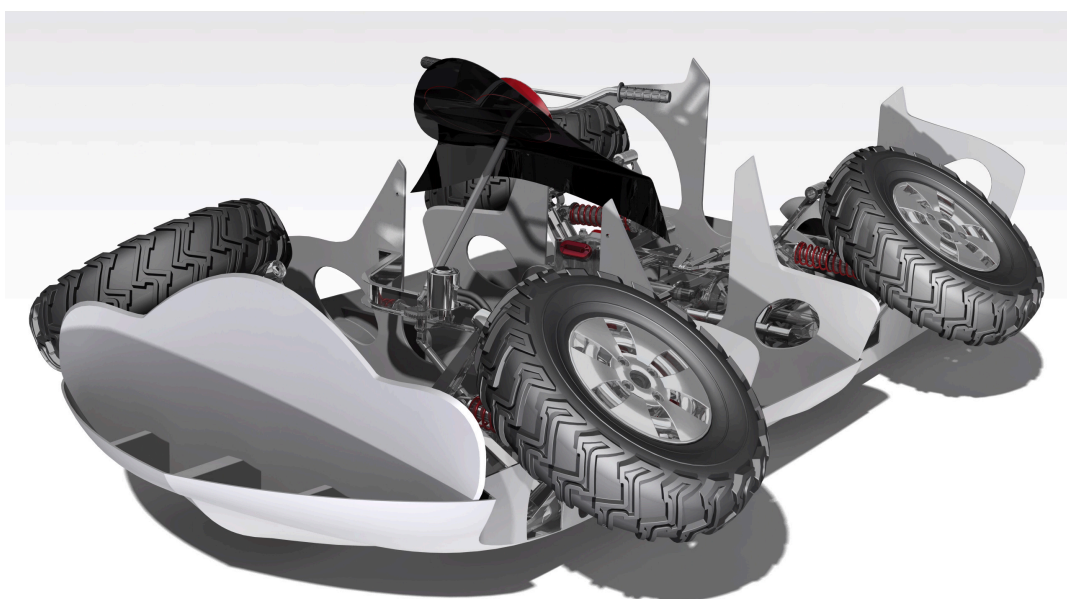
Jedną z najważniejszych cech eksploatacyjnych proponowanego pojazdu jest jego uniwersalna mobilność – sprawne poruszanie się po lądzie oraz wodzie. Przyjęcie takiego założenia spowodowało znaczne skomplikowanie postaci konstrukcyjnej układu podwozia pojazdu (rys. 5).



Rys. 5 Widok modelu zawieszenia (położenie kół do jazdy po terenie) [1]

Cechą charakterystyczną podwozia jest możliwość jego synchronicznego składania do poruszania się po wodzie. Aby to było możliwe, skonstruowano specjalny układ podnoszonych wahaczy. Wahacze są podnoszone za pomocą specjalnie dobranych siłowników hydraulicznych. Koła wraz z układem wahaczy chowają się częściowo w objętości kadłuba pojazdu (rys. 6).

Należy tu dodać, że objętość opon dodatkowo wpływa na zwiększenie wyporności platformy pływającej, a co za tym idzie – umożliwia spełnienie założeń projektowych, co do wymaganej nośności podczas pływnięcia.



Rys. 6 Widok modelu zawieszenia (położenie kół do pływnięcia) [1]

3.3. Układ kierowniczy

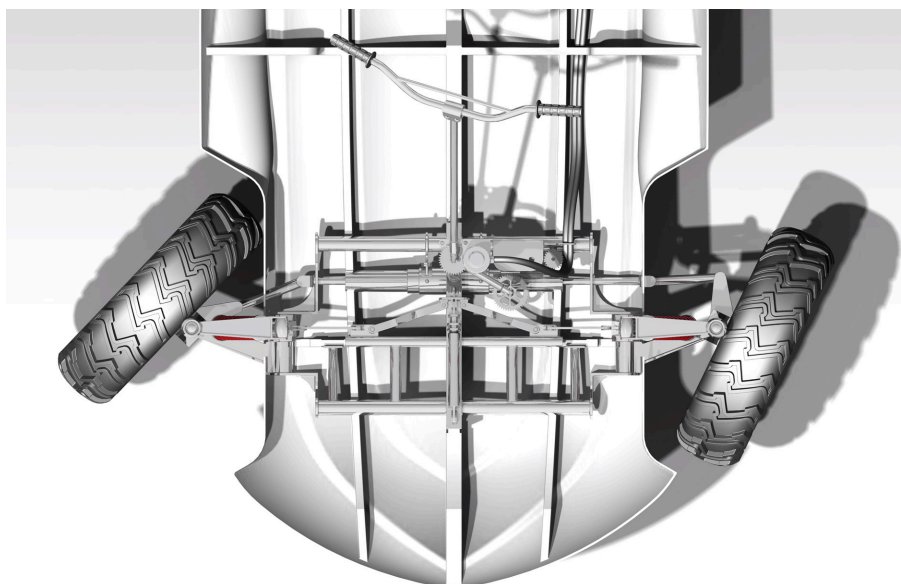
Ze względu na fakt, że przewiduje się użytkowanie pojazdu jako transportu na wodzie i lądzie - układ kierowniczy musiał być zaprojektowany w taki sposób, by umożliwić proste i skuteczne sterowanie pojazdem w obydwu tych sytuacjach. Chodzi tu o kierowanie zespołem przednich kół skrętnych, jak i sterowanie dyszą napędu strugowodnego.

Elementem wykonawczym od strony kierowcy jest kierownica typu rowerowo-motocyklowego (charakterystyczna zarówno dla quadów, jak i skuterów wodnych).

Przenoszenie momentu skręcającego z kierownicy na zespół kół skrętnych jest realizowane za pomocą układu kół zębatych i cięgien sprzężonych z elementem ruchomym przekładni kierowniczej przy pomocy prowadnicy i wózka, których zadaniem jest transformacja ruchu obrotowego kierownicy na posuwisto-zwrotny drążków skrętnych (rys. 7).

Zadbano również o dobór odpowiednich cech geometrycznych układu sterowania. Dobrano więc:

- wartości kąta wyprzedzenia zwrotnicy koła,
- odległość osi sworznia zwrotnicy od osi koła,
- kąt pochylenia sworznia zwrotnicy,
- kąty pochylenia ramion zwrotnic (system kompensacji *Ackermana*),
- kąt zbieżności kół.

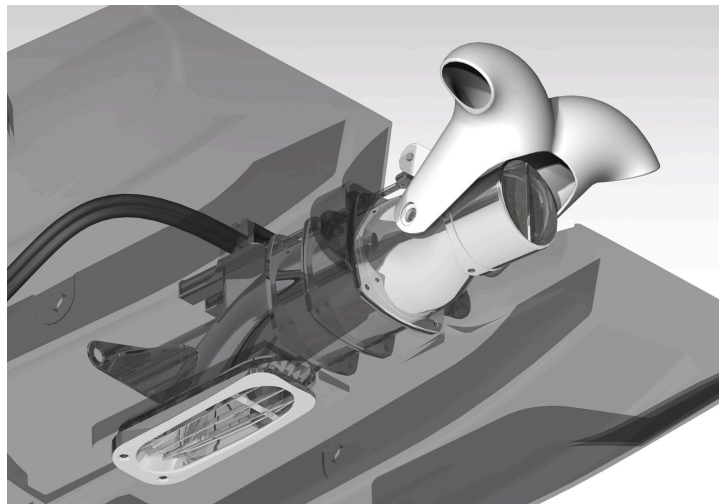


Rys. 7 Widok „od góry” układu kierowniczego [1]

Bardziej skomplikowanym konstrukcyjnie okazał się jednak układ sterowania napędem strugowodnym. W celu dobrania możliwie jak największej liczby elementów standardowych, przy doborze tego układu sterującego wzorowano się na rozwiązaniach formy *Yamaha* w zakresie skutera wodnego *Super Jet 700*. Dysza sterująca ma możliwość skrętu lewo-prawo (ruch przekazywany z kierownicy układem siłowników i cięgien).

Celem zapewnienia ruchu wstecznego, a także zwiększenia wydajności skręcania i zawracania, układ sterowania wyposażono w dysze systemu *HJ Designs*. Dzięki zastosowaniu symetrycznych dysz energia strugi może być w całości lub w części wykorzystywana do zmiany kierunku ruchu jednostki (rys. 8).

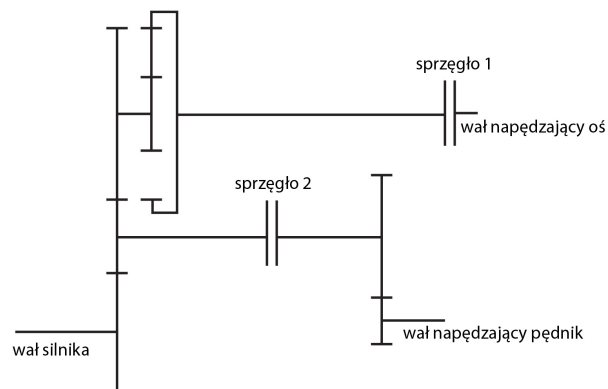
Do zmiany położenia kąтового dysz sterujących przewidziano parę siłowników hydraulicznych zamocowanych do korpusu jednego z pierścieni, przez które zasysana jest woda. Ich ruch wywołuje zmiana ciśnienia medium generowana w zaadoptowanym urządzeniu firmy *Vetus* sprzężonym z wałem kolumny kierowniczej.



Rys. 8 Widok modelu napędu strugowodnego (dysze „biegu wstecznego” w położeniu podniesionym, dysza sterująca skierowana lekko w prawo) [1]

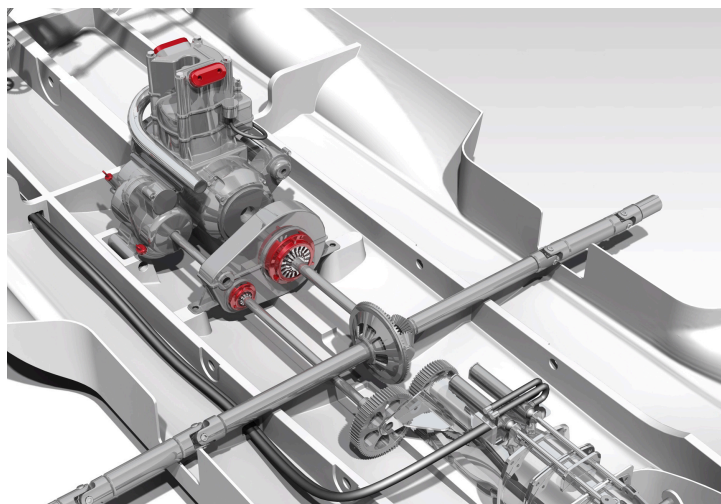
3.4. Układ napędowy

W celu doboru odpowiedniej jednostki napędowej, dokonano w pierw niezbędne obliczenia [1]. Ostatecznie zdecydowano się na wybór silnika spalinowego pojazdu *Honda TRX-680*. Silnik połączono z układem przekładni i sprzęgieł, jak na schemacie kinematycznym - rys. 9.



Rys. 9 Schemat kinematyczny układu przeniesienia napędu [1]

Model wirtualny układu napędowego przedstawiono na rys. 10.



Rys. 10 Widok modelu układu napędowego [1]

4. WERYFIKACJA KINEMATYCZNA I ERGONOMICZNA

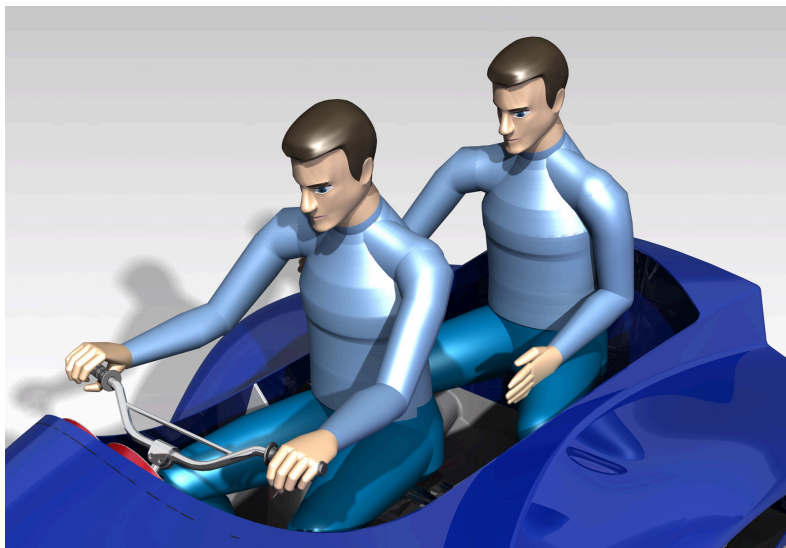
Dysponując modelami wszystkich wykonanych podzespołów platformy pływającej, dokonano również kilku wybranych (ze względu na możliwości stosowanego systemu CATIA v5) analiz inżynierskich.

Przede wszystkim dokonano analizy kinematycznej [7] wszystkich zamodelowanych mechanizmów pojazdu (zastosowano moduł *DMU Kinematics* systemu CATIA v5). Podczas analizy wyznaczono wszystkie wymagające sprawdzenia wartości parametrów geometrycznych wybranych mechanizmów. W szczególności skupiono się na weryfikacji układów:

- sterowania zawieszenia podwozia,
- sterowania skrętem przednich kół,
- sterowania dyszami napędu strugowodnego.

Wykryte usterki (np. kolizje modeli) wykorzystano do udoskonalenia konstrukcji poszczególnych układów. Takie podejście znacznie redukuje koszty takich zmian, które byłyby wykonywane na fizycznym prototypie.

Wykonano również (w ograniczonym stopniu) analizę ergonomiczną (zastosowano moduły z grupy *Ergonomics Design and Analysis*). Model pojazdu wzbogacono o modele jego użytkowników (kierowcy i pasażera). Efektem tej weryfikacji było odpowiednie dostosowanie m.in. kształtu i wymiarów siedziska.



Rys. 11 Widok modeli postaci ludzkich w układzie platformy pływającej [1]

5. UWAGI KOŃCOWE

- Analizując problemy z transportem ładunków i ludzi w trakcie powodzi w Polsce z ostatnich lat, dostrzeżono potrzebę istnienia urządzenia usprawniające zadania tego typu.
- Analiza rozwiązań dostępnych na rynku wykazała, iż nie istnieją ekonomiczne i szybkie pojazdy, które mogłyby być wykorzystywane w warunkach powodziowych.
- W wyniku analizy ergonomii urządzenia ustalono, iż została spełniona większość założeń sformułowanych na początku procesu projektowo-konstrukcyjnego.
- Mechanizm składania osi pojazdu został zaprojektowany poprawnie. Nie powoduje zwiększenia oporów hydrodynamicznych w momencie, kiedy pojazd porusza się po wodzie, a analiza kinematyczna wykazała, że wymiary przestrzeni pod chowające się koła są wystarczające.
- Układ kierowniczy został zaprojektowany w taki sposób, że osiągnięto mały promień skrętu: 3,15 [m], co jest satysfakcjonującym wynikiem.

- Symulacja działania układów zawieszenia i sterowania dyszami pędnika strugowodnego pozwoliła na ocenę ich skuteczności. Stwierdzono, iż zaistniała konieczność zmiany postaci geometrycznej niektórych elementów zespołów.
- Środowisko symulacyjne programów wspomagających proces projektowy umożliwia wykrycie większości wad konstrukcyjnych oraz pozwala na szybkie ich usuwanie.

6. LITERATURA

- [1] Capek K.: *Wirtualny model transportowej platformy pływającej*, Praca dyplomowa magisterska, Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn, Politechnika Śląska, Gliwice, 2011.
- [2] *Raport powodziowy*, 15.06.2011 r. (<http://commons.wikimedia.org/wiki>).
- [3] Skarka W., Mazurek A.: *CATIA V5. Podstawy modelowania i zapisu konstrukcji*, HELION, Gliwice, 2005.
- [4] Wełyczko A.: *CATIA V5. Sztuka modelowania powierzchniowego*, Helion, 2009.
- [5] Wyleżoł M.: *Modelowanie bryłowe w systemie CATIA. Przykłady i ćwiczenia*, HELION, Gliwice, 2002.
- [6] Wyleżoł M.: *CATIA. Podstawy modelowania powierzchniowego i hybrydowego*, HELION, Gliwice, 2003.
- [7] Wyleżoł M.: *CATIA V5. Modelowanie i analiza układów kinematycznych*, Helion, 2007.