

## **Projekt zamkniętej odpornej na sztorm kapsuły, do ewakuacji ludzi ze statku**

W pracy dyplomowej przedstawiono projekt wstępny kapsuły ratunkowej umożliwiającej ewakuację 14 osób ze statku zagrożonego nagłym zatonięciem, a także zaproponowano rozwiązanie dotyczące budowy mechanizmu odpowiadającego za odczepianie urządzenia od kadłuba statku. Na wstępie projektu dokonano analizy wcześniejszych zastosowań kapsuł ratunkowych, zarówno na morzu jak i na lądzie. Rozpatrzono również wymagania stawiane środkom ewakuacji ze statków przez przepisy międzynarodowe. Dalsze rozdziały pracy poświęcone są rozważaniom na temat spełnienia postawionych wymagań w najbardziej optymalny sposób. Pracę wieńczą obliczenia sprawdzające zaprojektowane elementy.

**Celem pracy było wykonanie projektu zamkniętej, odpornej na sztorm kapsuły służącej do ewakuacji ludzi z statku, wyposażonej w mechanizm odczepienia uruchamiany z jej wnętrza, wraz z przeanalizowaniem sposobu bocznego wodowania kapsuły bez użycia żurawików w oparciu o rozwiązanie zsunienia się jej na rolkach po odchylanych rampach na wybraną burtę.**

Na początku pracy zaprezentowano pokrótce kontekst historyczny towarzyszący środkom ratunkowym wykorzystywanym na jednostkach morskich, streszczono również wybrane wypadki statków, definiując w ten sposób niszę zastosowania projektowanego urządzenia. W rozdziale pierwszym, poświęconym analizie literatury, przytoczono międzynarodowe przepisy dotyczące środków ratunkowych, w celu późniejszego określenia wymagań dla urządzenia. Dalsza część rozdziału opisuje obecnie stosowane na statkach środki ratunkowe, czyli tratwy ratunkowe, łodzie ratunkowe oraz łodzie ratownicze. W pracy wyróżniono ich podstawowe cechy charakterystyczne, takie jak trudność obsługi, wymogi umiejscowienia na jednostce pływającej, budowa i wytrzymałość kadłuba. Dodatkowo, w przypadku łodzi ratunkowych, czyli obecnie najpopularniejszego środka ratunkowego, poruszono zaistniałe wypadki, udokumentowane w raportach organów dochodzeniowych. Następnym zagadnieniem w tekście jest analiza wcześniejszych zastosowań kapsuły, takich jak urządzenie zaprojektowane przez zespół z Politechniki Gdańskiej do ewakuacji platform wydobywczych, ratunkowy segment kiosku na łodziach podwodnych Federacji Rosyjskiej, oraz dwie propozycje komercyjne, wykorzystywane na terenach zagrożonych falami tsunami.

Rozdział drugi pracy opisuje wymagane wyposażenie kapsuły. Lista wyposażenia stanowi dla projektu kolejny warunek do spełnienia, wszystkie elementy muszą się zmieścić w urządzeniu, oraz będą stanowić dodatkową masę. Krytycznym punktem jest tu woda pitna,

której zapasy można zapewnić na wiele sposobów. W celu uproszczenia budowy projektu wybrano najpopularniejsze rozwiązanie, czyli zastosowanie wielu szczelnych opakowań na wodę.

Po analizie literatury, przeglądzie wykorzystywanych środków ratunkowych oraz określeniu wstępnych wymagań urządzenia wraz z jego wyposażeniem, rozpoczyna się projektowa część pracy poświęcona poszukiwaniu sposobu realizacji wymagań. Pierwszym rozpatrywanym zagadnieniem jest możliwość wodowania kapsuły bez użycia żurawików, wraz z cechą charakterystyczną zakładanej kapsuły, mianowicie możliwości ewakuacji bezpośrednio z nadbudówki. Biorąc pod uwagę planowane położenie urządzenia, zaproponowano podstawę w postaci stalowej szyny wyposażonej w rolki. Szyna zarówno zapewniałaby podparcie dla kapsuły, jak i możliwość jej zrzutu do wody w przypadku ewakuacji jednostki. Docelowo, projektowany postument znajdowałby się na pokładzie, przymocowanym prostopadle do ściany nadbudówki, a sama jego wysokość umożliwiałaby połączenie mechanizmu kapsuły z mechanizmem istniejącym na statku. Dalsza część opisu konstrukcji zawiera planowane elementy, oraz rysunki poglądowe.

W następnym rozdziale poruszono temat budowy kapsuły, zarówno kadłuba jak i mechanizmów mocujących urządzenie. Na początku przedstawiono założoną charakterystykę konstrukcji, między innymi brak napędu, zdolność odłączenia kapsuły z jej wnętrza, oraz pojemność 14 osób. Jako kadłub założono walec, z pojedynczym pokładem wspartym na wzdłużnie umiejscowionym arkuszu usztywnienia. Po przedstawieniu wstępnej koncepcji kadłuba, w pracy zaprezentowano 3 propozycje budowy mechanizmu odczepiającego kapsułę od ściany nadbudówki statku, każdą z nich uzupełniając rysunkami.

Pierwsze rozwiązanie stanowi zestaw pierścieni z zaczepami wraz z przekładnią zębatą aktywowaną ręcznie. W środku kapsuły umieszczono by ręczną korbę osadzoną na wale przechodzącym przez dennicę. Ruch korby obracałby kołem zębatym, które przenosiłoby swój ruch na pierścień zębaty z zaczepami, spawanymi do powierzchni koła zębatego i do ściany nadbudówki statku. Zależnie od kierunku obrotu korby, zaczepy blokowałyby się lub rozłączały z tymi na ścianie statku. Zestaw pierścieni powodowałby uniezależnienie ruchu kapsuły od ruchu koła zębatego.

Drugie rozwiązanie zakłada wykorzystanie takiego samego mechanizmu jak w sposobie pierwszym, z wyjątkiem zastosowania napędu elektrycznego do obracania wałem. Napęd elektryczny zapewnia szybsze i pewniejsze działanie urządzenia. Wadami tego rozwiązania jest konieczność zapewnienia zasilania dla silnika elektrycznego

oraz konieczność zastosowania przekładni redukcyjnej, zajmującej dodatkowe miejsce. Do tego rozwiązania dołączono poglądowy schemat elektryczny.

Trzecie rozwiązanie wykorzystywałoby stałe haki ustalające, świadomie niszczone w momencie uwolnienia kapsuły. Zniszczenie haków odbywałoby się na skutek działania określonej siły odpychającej kapsułę od kadłuba statku, generowanej przez siłownik wbudowany w dennicę środka ratunkowego.

W dalszej części rozdziału przedstawiono proces doboru materiału, opierający się na gęstości i własnościach trzech popularnych materiałów, stali, laminatu poliestrowo-szklanego, oraz stopu aluminium. Finalnie, bazując na różnicach parametrów, wybrano stop aluminium EN AW – 5083. Po wybraniu materiału obliczono minimalne grubości wybranych elementów, opierając się na przepisach Polskiego Rejestru statków. Wraz z naddatkiem bezpieczeństwa, oraz wzięciu pod uwagę standardowe grubości dostępnych arkuszy stopu aluminium, przyjęto wartość grubości poszycia kapsuły równą 5mm. Po zastosowaniu zbliżonego procesu, minimalna grubość pokładu również wyniosła 5mm. Jako zamknięcie kadłuba, zaproponowano dwie dennice, o kształtach zgodnych z normą DIN 28011. Zgodność z tą normą oznacza, że wyroby nadają się do wyrobu zbiorników ciśnieniowych, jak i pozostałych urządzeń przemysłowych, a co za tym idzie, spełniają wymagania wytrzymałościowe dla środka ratunkowego. Pierwsza dennica, wykonana ze stali, charakteryzuje się płaskim dnem i stanowiłaby zamknięcie kapsuły od jej dziobu, czyli od strony mocowania do ściany nadbudówki. Założono zastosowanie kołnierzy z otworami na końcu głównej części kadłuba, oraz na krawędzi dennicy, dzięki czemu elementy można by łączyć śrubami. Dzięki temu, produkcja, remont, czy uzupełnianie zapasów w kapsule zostałyby znacznie ułatwione. Między dennicę, a główną część kadłuba przewidziano wykorzystanie uszczelki gumowej. Druga dennica, wykonana z tego samego stopu aluminium co kadłub, miałaby kształt tarczy sklepieniowej i byłaby bezpośrednio spawana do rufowego krańca głównej części kadłuba. Zakończeniem tej części pracy jest wybór najbardziej optymalnego mechanizmu odczepiającego, których przykłady podano wcześniej. Wyboru dokonano opierając się na metodzie średniej ważonej, uprzednio prezentując w tabeli rozkład ocen, wybranych aspektów, wraz z ich wagą. Rezultatem przeprowadzonej analizy rozwiązań była przewaga mechanizmu numer 1. Największy wpływ na wysoki wynik oceny rozwiązania numer 1 miały niezależność od źródeł zasilania oraz niezawodność.

Po części koncepcyjnej pracy zaczyna się część obliczeniowa. Pierwszą poruszoną kwestią jest konieczność obliczenia masy i zanurzenia kapsuły, ponieważ środki ratunkowe powinny również charakteryzować się odpowiednią statecznością, wynikającą z konstrukcji

kadłuba, rozlokowania ciężaru, oraz głębokości zanurzenia. Założono że maksymalne zanurzenie kapsuły, gwarantujące funkcjonalność, powinno wynosić 800 mm, ponieważ jest to wysokość na jakiej znajduje się dolna granica wjazdu wejściowego do środka ratunkowego. Obliczenia zanurzenia rozpoczęto od sumowania wszystkich mas występujących w projekcie, aby następnie wyznaczyć objętość bryły kadłuba potrzebną do wyznaczenia zanurzenia opierając się na prawie Archimedesesa. Obliczono, że bez balastu kapsuła powinna zanurzyć się na głębokość 0,26 m, zatem załoga mogłaby otworzyć właz dostępowy bez zalania jednostki wodą. W następnej części pracy zawarte są obliczenia sprawdzające czy przekładnia zębata zastosowana w mechanizmie kapsuły i poruszana siłą ludzkiej ręki działającą na pokrętło jest w stanie odczepić lub zaczepić urządzenie. Drugim punktem rozdziału jest proces sprawdzenia śrub mocujących dennicę z warunku wytrzymałości na rozciąganie. Wyniki obliczeń potwierdziły, że elementy kapsuły zostały dobrane poprawnie. W ostatnim rozdziale zawarte są wnioski końcowe, sformułowane po skończeniu pracy. Dotyczą one możliwej praktyczności kapsuły jak i poruszają kwestie optymalizacji konstrukcji.

### **Podsumowanie**

Celem pracy inżynierskiej było zaprojektowanie kapsuły ratunkowej, jako nowego typu środka ratunkowego przeznaczonego do wykorzystania na statkach. Opracowanie zawiera wstępne propozycje dla każdego z elementów składowych urządzenia. Zaprojektowano podstawową bryłę kadłuba, wraz z dobraniem materiału wykonania, oraz określeniem rozlokowania miejsc dla ewakuowanej załogi i jej ekwipunku. Stworzono 3 koncepcje mechanizmu odczepiającego kapsułę od poszycia statku, dokonano wyboru potencjalnie najlepszej oraz zaprojektowano szynę umożliwiającą wodowanie urządzenia. Wybrane rozwiązania dają możliwość dalszej pracy rozwojowej nad urządzeniem, czego skutkiem mogłoby być wprowadzenie go jako nowego środka ratunkowego na jednostki handlowe. Wdrożenie konceptów zawartych w projekcie na statkach zniwelowałoby wady obecnie wykorzystywanych środków ratunkowych.