

Eugeniusz GINTER

HISTORIA I TRENDY ROZWOJOWE WYKORZYSTANIA HYDROFOLI W KONSTRUKCJI JACHTÓW ŻAGLOWYCH

W artykule omówiono zastosowanie hydro-skrzydeł w konstrukcjach jachtów. Zwrócono uwagę na historię rozwoju podwodnych skrzydeł zarówno w jednostkach napędzanych silnikami jak i wiatrem ze szczególnym wskazaniem problemów technicznych. Opisano główne trendy i kierunki rozwoju jednostek żaglowych, wyposażonych w systemy skrzydeł.

WSTĘP

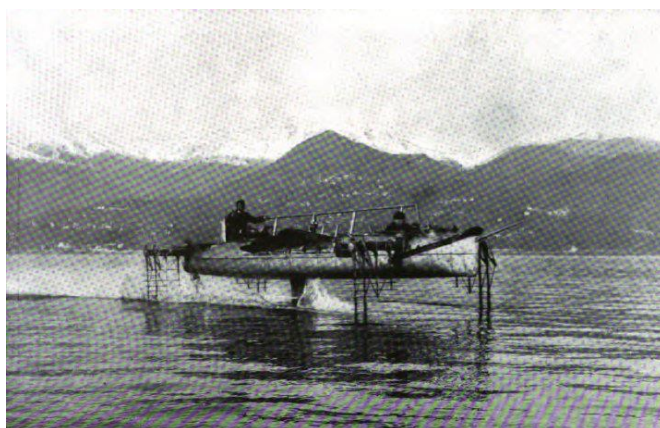
We współczesnym świecie rekreacja, turystyka i sport odgrywają ogromną rolę w organizowaniu wypoczynku całych społeczności. Dziedziny te stały się ważną branżą gospodarczą, toteż jako gałąź gospodarki podlega takim samym prawom rozwoju jak i inne. Jachting, zarówno motorowy jak i żaglowy dokładnie wpisuje się w zasady współczesnego rozwoju, ewoluując w różnorodnych i interesujących kierunkach. Jednym z ciekawszych jest coraz szersze wykorzystanie hydro skrzydeł (foils). Ostatnie lata charakteryzują się dużym przyspieszeniem w poszukiwaniu coraz to nowszych rozwiązań w konstrukcji jachtów żaglowych.

1. HISTORIA

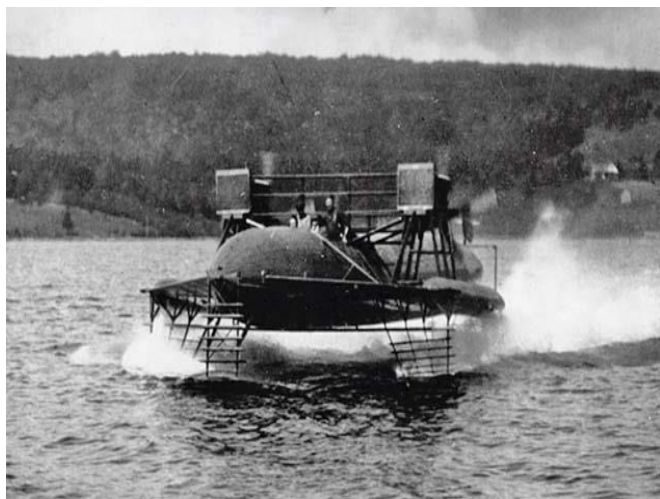
1.1. Pierwsze próby.

Nie sposób snuć rozważania o zastosowaniu hydro foili (hydro skrzydeł) w konstrukcji jachtów żaglowych bez krótkiego obrazującego rysu historycznego. Pierwsze próby z użyciem wiedzy na temat foili pojawiły się w XIX wieku, kiedy to Francuz Emmanuel Denis zastosował podwodne skrzydła w łodzi wiosłowej. Zostało to odnotowane w urzędzie patentowym w roku 1869. Nie ma pewności, że tylko Emmanuel Denis pracował nad pomysłem lecz historycznie jest pierwszym, udokumentowanym faktem powstania tego typu konstrukcji. Ciekawą postacią był konstruktor śmigłowców (helikopterów, jak się wówczas mawiało) Enrico Forlanini. W roku 1906 Zastosował skrzydła o konstrukcji lamelowej, która to idea pozwalała automatycznie redukować powierzchnię czynną płatów wraz ze wzrostem prędkości jednostki. Przy zastosowaniu silnika o mocy 60KM osiągnął zawrotną, jak na ówczesne czasy prędkość 68km/h (18,9m/s). Forlanini prowadził badania z różnymi napędami, włącznie z napędem parowym, jednakże efekty nie były wystarczająco zadowalające. Testy wykonywane były również z mniejszymi silnikami spalinowymi, celem obniżenia masy jednostki, jednakże osiągnięć nie udało się poprawić.

Spektakularny sukces odniósł projekt Alexandra Grahama Bella i Casey'a Baldwina, zwodowany w roku 1918, nazwany HD-4. Osiągnął prędkość 96km/h. Jednostka ważyła pięć ton i napędzana była dwoma niezależnymi silnikami lotniczymi, każdy o mocy 350KM. Rekord ten został poprawiony i HD-4 ustanowił kolejny rekord, który wyniósł 114km/h(31,7m/s). Laboratorium Bella mieściło się w Baddeck w Nova Scotia od 1885 do 1928 roku.



Rys. 1. Pierwsza łódź motorowa Enrico Forlaniniego podczas prób na jeziorze Maggioreunk[6]



Rys. 2. HD-4 Alexandra Grahama Bella i Casey'a Baldwina podczas prób [6]

1.2. Jachty żaglowe

W 1938 roku pojawiła się pierwsza jednostka z napędem żaglowym jako konstrukcja na hydro-skrzydłach. Została wybudowana przez Amerykanów R. Gilrutha and Bill Carla Withina. Niestety efekt nie był imponujący nawet w tamtych latach, ponieważ konstrukcja osiągała zaledwie prędkość rzędu pięciu węzłów (9.26km/h(2,6m/s)). Znacznie lepsze rezultaty osiągnięto dopiero w 1955 roku gdy Gordon Baker, przy współfinansowaniu projektu przez US Navy skonstruował swój jacht na hydro-skrzydłach, który otrzy-

mał nazwę Monitor. Jednostka była wielokrotnie testowana i opisana między innymi w kultowej pozycji „Teoria Żeglowania” II wydania Czesława Marchaja rok 1970. Pierwsze rezultaty to 25węzłów (46.3km/h(12,86m/s)). Optymalizacja jednostki i modyfikacje pozwoliły w 1956roku osiągnąć prędkość około 40węzłów (74km/h(20,6m/s)). Firma Baker Manufacturing Company miała siedzibę w Evansville, Wisconsin a współpraca z US Navy zaowocowała znakomitymi rezultatami. Hydro-skrzydła nadal miały konstrukcję lamelową, przypominającą charakterem drabinki, jednakże znacznie bardziej były dopracowane pod kątem hydrodynamicznym niż np. konstrukcje Bella.



Rys. 3. Monitor Bakera [6]

Warty odnotowania jest fakt zastosowania w 1970 roku hydro skrzydeł w jednostce turystycznej pod nazwą Williwaw, na której Dawid Kelper przepłynął Południowy Ocean Spokojny pokonując około 20000 mil morskich. Lata 70-te charakteryzowały się biciem kolejnych rekordów na jednostkach wielokadłubowych, wyposażonych w różne systemy hydro skrzydeł, które bardziej przypominały skrzydła samolotów w różnej konfiguracji niż pierwotne konstrukcje drabinkowe.

Rok 1980 był rokiem przełomowym w podejściu do roli jakie mają spełnić hydro-skrzydła. Do tej pory foile miały za zadanie wynieść kadłub jednostki z wody, tym samym zredukować opory jakie generuje zanurzony w wodzie kadłub łodzi. Powstał projekt jachtu oceanicznego Paul Ricard, zbudowany przez francuską Marynarkę Wojenną dla utytułowanego żeglarza i oficera, Erica Tabarlego. Ideą foili było nie tyle spowodowanie wyniesienia kadłuba nad wodę, co w warunkach oceanicznych nie jest sytuacją zbyt bezpieczną, lecz uzyskanie dodatkowej stateczności, umożliwiającej postawienie większej ilości żagli. Eric Tabarly tym jachtem pobił kilka nieosiągalnych rekordów lecz spektakularnym wydarzeniem było pobicie nienaruszalnego od 75lat rekordu przepłynięcia Oceanu Spokojnego na trasie z zachodu na wschód i poprawieniu go o ponad dwa dni. Paul Ricard to jednostka wielokadłubowa (trimaran), przypominająca bardziej ślizg lodowy niż jacht.



Rys. 4. Paul Ricard z E.Tabarly podczas wyścigu [http://www.voilesetvoiler.com/popup/media_id=34746]

2. TRENDY

2.1. Kierunki rozwoju.

Od tej chwili do dnia dzisiejszego rozwój koncepcji zastosowania hydro skrzydeł radykalnie przyspieszył i wyraźnie zarysowały się dwa trendy:

1. Wyniesienie kadłuba (kadłubów) nad powierzchnię wody za pomocą sił hydrodynamicznych, generowanych przez podwodne skrzydła.
2. Wygenerowanie dodatkowej stateczności przez podwodne skrzydła, umożliwiającej zwiększenie użytkowej powierzchni żagli.

Oba trendy za cel mają jedno: zwiększenie prędkości podróży jednostki. O ile pierwszy burliwie rozwija się na jachtach, żeglujących przeważnie na akwenach zamkniętych o tyle drugi, jako bezpieczniejszy stosowany jest w jachtach, żeglujących na wodach otwartych. Nie oznacza to, że podział ten jest ostateczny, gdyż ciągle pojawiają się konstrukcje, przeznaczone do podróżowania po morzu, które całkowicie windowane są nad powierzchnię wody. Pod znakiem zapytania jest jednak bezpieczeństwo żeglugi, zwłaszcza że odnotowano kilka poważnych wypadków wywrócenia się jachtów i ich zniszczenia. Problemem ciągle jest opracowanie bezpiecznego systemu regulacji nośności skrzydeł, chociażby takiego jaki zastosowano w małej łodzi klasy Moth (Ćma).

Hydro skrzydła jako element nośny.

Pierwsze próby z zastosowaniem hydro skrzydeł ukazały cały wachlarz problemów technicznych, związanych z systemem stabilizacji lotu łodzi nad wodą. Zmienność warunków, panujących na wodzie wymusiły na konstruktorach opracowanie automatycznych systemów stabilizacji, opartych na jak najbardziej prostych systemach mechanicznych. Takie rozwiązanie użyto w łodzi, wspomnianej wcześniej typu Moth. Zastosowano ruchomy element wahliwy, który pod wpływem zmiany wysokości lotu nad wodą zmienia kąt natarcia skrzydła nośnego za pomocą cięgien. System ten znakomicie spełnia swoje zadanie, toteż został przeniesiony na inne konstrukcje i stał się pewnego rodzaju rozwiązaniem klasycznym, o ile takie określenie można tu zastosować



Rys. 5. Łódź klasy Moth z widocznym na dziobie elementem regulującym [5]



Rys. 6. Łódź klasy Moth w innym ujęciu [7]

Ten typ regulacji stosowany jest również w innych małych łodziach i katamaranach, lecz jest to możliwe tam gdzie siły i obciążenia systemu są stosunkowo niewielkie. Problem pojawia się na łodziach większych. Trudno jest tu stosować samoczynną regulację, toteż zastosowano manualny sposób na sterowanie stabilizacją np. w łodzi typu Nacra20



Rys. 7. Łódź typu Nacra F20
{www.catsailingnews.com/2014/05/nacra-f20-fcs-vs-flying-phantom.html}

Inaczej wyglądają obciążenia na jachtach morskich. Przykładem jest tu trimaran o nazwie Hydroptere, który zasłynął biciem kolejnych rekordów, jednakże odnotował również niebezpieczną wywrotkę, ulegając poważnemu uszkodzeniu.



Rys. 8. Hydroptere, żeglujący ponad 112km/h(31m/s)[<http://yachtpals.com/hydroptere-4037>]



Rys. 9. Hydroptere wywrócony po próbie bicia nowego rekordu.[8]

Jak złożone jest zagadnienie stabilizacji lotu jednostki niech świadczy fakt zaimplementowania automatyki stabilizacyjnej od Boeinga do katamarana Oracle, wygrywającego regaty o Puchar Ameryki. Coraz bardziej popularne i stosowane są foile w popularnej klasie jachtów Mini650, gdzie pierwotnie chodziło tylko o optymalizację stateczności a obecnie coraz więcej jachtów wywindowanych jest z wody.

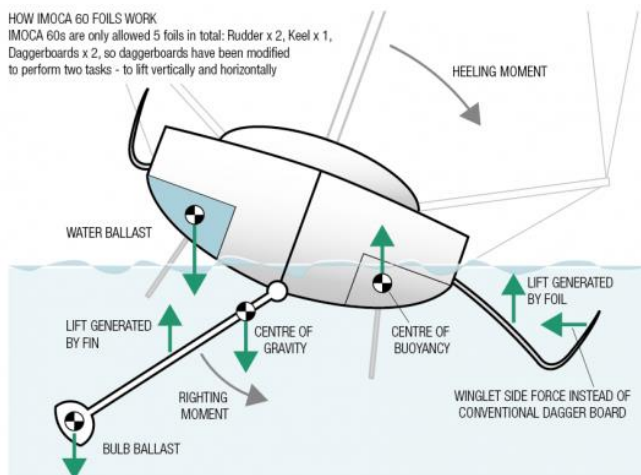
Hydro skrzydła jako element zwiększający stateczność.

Pomimo licznych badań i prób nadal dużą trudność sprawia wybudowanie jachtu bezpiecznego, żeglującego po morzu na foilach. Równolegle z rozwojem wiedzy na powyższy temat trwają prace nad hydrodynamicznym powiększeniem stateczności, przeciwdziałającej siłom, wygenerowanym przez pracujące żagle. Opracowano między innymi system DSS (Dynamic Stability System). W związku z faktem, że jachty te nie żeglują tak jak poprzednie ponad powierzchnią wody a jedynie zwiększa się ich stateczność i tylko w pewnym stopniu liftuje się je do góry, zapewniają większe bezpieczeństwo na morzu. Problematyczne są zagadnienia związane z komfortem żeglugi. Wynika to z radykalnego przyspieszenia jachtów a co za tym idzie zwiększeniu energii uderzenia o fale.



Rys.10. Jacht typu IMOCA, biorący udział w regatach oceanicznych. [https://hammen.se/images/stories/bloggare/adrenaline/imoca_60_foiling/Foiling_imoca_artikel.jpg]

Działanie foili w połączeniu z uchylnym balastem i balastem wodnym obrazuje Rys. 11., przedstawiający rozkład sił i obciążeń na pływający jacht. Moment przechylający jacht (heeling moment), spowodowany działaniem wiatru na żagle zredukowany jest przez moment prostujący (righting moment) wywołany poprzez działanie sił: od ciężaru balastu, balastu wodnego, wagi łodzi, siły wyporu, siły generowanej przez foile zredukowane o siły liftujące od płetwy kila. Oczywiście poszczególne konstrukcje różnią się od siebie, jednak idea jest taka sama dla wszystkich przypadków.



Rys.11. Schemat rozkładu sił i ich momentów na jacht stosujący foile.[9].



Rys.12. System DSS widziany z lotu ptaka.[10]

Po latach eksploatacji systemów stabilizacji konstrukcjami foili, już dzisiaj można rozwiązać wiele wątpliwości natury bezpieczeństwa żeglugi na takich jednostkach. Konstrukcyjnie zadbane o to, aby w wypadku jakichkolwiek awarii jachty zachowywały się tak jak tradycyjne jednostki a ewentualne szkody nie powodowały uniemożliwienia dalszej bezpiecznej podróży.

2.2. Hydro skrzydła w Polsce

Światowy rozwój nowoczesnych rozwiązań w jachtingu nie ominął również naszego kraju. Autor, po doświadczeniach przy projektowaniu, budowie i eksploatacji jachtu klasy Int14 z foilami regulowanymi na sterze, podjął współpracę z firmą, produkującą płetwy do desek z żaglem.



Rys.13. Polska łódź klasy INT14 (fot. ze zbiorów autora)

Właściciel firmy TheVIRUS doszedł do wniosku, że system foili poziomych nie tylko może służyć do wywindowania deski z żaglem nad wodę, lecz może przyczynić się do stabilizacji żeglugi wzdłużnej. Pierwsze próby wykazały pozytywne rezultaty, toteż firma obecnie ma w ofercie cały wachlarz foili



Rys.14. Pierwsze próby foili stabilizujących (fot. ze zbiorów autora)

Jest to wkład niewielki ale wnoszący nowy sposób myślenia w światowy rozwój foili.

PODSUMOWANIE

Szybki postęp technologiczny pozwala na stosowanie coraz to nowych materiałów kompozytowych. Przyczynia się to do pokonywania barier, które jeszcze nie tak dawno hamowały realizację nowych pomysłów i rozwiązań. Ludzkość od wieków zafascynowana jest osiąganiem większych prędkości, dbając jednocześnie o bezpieczeństwo, nie tylko w motoryzacji ale w wielu dziedzinach związanych z techniką. Gwałtowny rozwój hydro-skrzydeł w ostatniej dekadzie jasno ukazuje, że jest to początek drogi i z pewnością będzie kontynuowany z coraz większą determinacją.

BIBLIOGRAFIA

1. Marchaj, Cz. Teoria żeglowania, Sport i turystyka, Warszawa 1970.
2. Claughton, Wellicome & Shenoi. Sailing Yacht Design-Theory, Longman, Harlow 1998.
3. Fossati F. Aero-Hydrodynamics and The Performance of Sailing Yachts, Mc Graw Hill, Milano, 2009.
4. Bethwaite F. High Performance Sailing, Thomas Reed Publications, Wiltshire, 2001.
5. Sheahan M. The foiling phenomenon-how sailing boats got up on foils to go ever-faster, „Yachting World” 2015, July 20.
6. Sheahan M. The history of hydrofoils, „Yachting World” 2013, July 20.
7. Doane Ch. Sailing on foils: will the latest racing technology divide our sport, „Sail” 2016, June 20.
8. Martin-Raget G. Capsized! Images from the Hydroptere, „Sailing World”, 2008 Dec 22
9. Sheahan M. What will foiling do for you? Why foils will change sailing forever, „Yachting World”, 2016 February 15.
10. Schmit D. Foiling to the Future, „Sailing World” 2016 March 7

Hydrofoils in construction of sailing yachts

In the paper the usage of hydrofoils in sailing yachts is discussed. The paper draws attention to the history of development of hydrofoils both in engine and wind driven vessels, focusing specifically on technical issues. Major trends and directions of development of sailing yachts equipped with systems of hydrofoils are described.

Autor:

Eugeniusz Ginter – asystent na Wydziale Techniki Morskiej i Transportu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie
eginter@zut.edu.pl

JEL: L62 **DOI:** 10.24136/atest.2018.106

Data zgłoszenia: 2018.05.23 **Data akceptacji:** 2018.06.15