Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
POLITECHNIKA GDAŃSKA

przemysł Jachtowy

www.przemysljachtowy.pl ISSN 2299-212X Nr 1/2014

ISSN 2299-212X 01>
9 772299 212402
cena: 8,50 zł (w tym 8% vat)

Wizytówka polskiego przemysłu jachtowego GALEON 780 Cristal.

Jesteśmy wyłącznym przedstawicielem na terenie Polski producentów znanych na całym świecie.

milar
A member of the Biesterfeld Group

HUNTSMAN
Enriching lives through innovation

ThermHex
Thermoplastic Honeycomb Cores

SAERTEX
Reinforcing Your Ideas!

AIREX BALTEK

JOST CHEMICALS
release agents

HEXCEL

AIRTECH

TohoTenax

POLYPROCESS

TT TECHNICAL TEXTILES

MILAR Sp z o.o., Grodzisk Mazowiecki, tel. 22 755 85 21, www.milar.pl

Jeśli na morze, to tylko jachtem mieczowym - nowe spojrzenie na jachty i ich właściwości.

Część 1.

Co skłoniło mnie do napisania niniejszego opracowania?
Przez ponad 40 lat kompletowałem swoje doświadczenia i starałem się nadążyć z uzupełnianiem wiedzy aby zrozumieć dobrze sytuacje, które mnie spotkały na wodzie. Teraz, w swoim „rozumieniu jachtów" dotarłem do punktu gdzie po wielokrotnym sprawdzeniu „czy to wszystko się broni" ciągle otrzymuję ten sam pozytywny wynik. Bardzo pomocne były prelekcje na polskich wystawach. Zadawane pytania przez uczestników tych spotkań i ich aktywność pomogły mi uzupełniać wiedzę w brakujących obszarach. Bez nich nie uporządkowałbym wielu informacji na tyle aby podjąć próbę wytłumaczenia zjawisk zachodzących w czasie ruchu jachtu. Od jakiegoś czasu nabieram przekonania, że byłoby dobrze „zebrać te rozmowy razem" i napisać coś co byłoby łącznikiem pomiędzy wspaniałą teorią i zwykła praktyką. Z jak najmniejszym możliwym udziałem wzorów matematycznych czy skomplikowanych funkcji. Tyle tylko ile jest absolutnie niezbędne aby prawidłowo wytłumaczyć.

Najpierw chciałem latać na szybowcach. Mieszkałem w centrum polskiego szybownictwa - w Lesznie. Niestety, gdy miałem 10 lat (1967 rok) okazało się, że wada wzroku uniemożliwiła mi realizację tego marzenia. Biegając po Domu Kultury (bardzo popularna w Polsce w czasach komunistycznych poza szkolna forma zajęć rozwijająca talenty dzieci i młodzieży) natknąłem się na Kółko modelarsko-szkutnicze. Znalazłem wiele wspólnych elementów z lotnictwem. Spodobało mi się i zacząłem brać aktywny udział w życiu kółka. Budowaliśmy drewniane kajaki, na których następnie spędzaliśmy wakacje. Prowadzący zajęcia instruktor, Pan Żgliński, dał nam doskonały przykład jak budować kajaki oraz jak organizować turystykę wodną i działanie w grupie.
Gdy miałem 12 lat zacząłem marzyć o własnym kajaku. Jedyną dostępną dla mnie drogą do osiągnięcia tego celu było zaprojektowanie i zbudowanie go samemu. I tak powstał kajak o długości 4 m z masztem, fokiem i grotem (typu Gunter), mieczami bocznymi oraz sterem.
Po ukończeniu szkoły podstawowej, w 1972 roku, wyjechałem do Gdańska – zostałem uczniem w zawodzie szkutnik. Praktykę odbywałem w stoczni jachtowej Stogi (która zmieniła później nazwą na Conrad).
Po tygodniu od przyjazdu zostałem członkiem Jachtklubu Stoczni Gdańskiej i żeglowałem na jachtach balastowych. Na początku głównie jako załoga manewrowa dla szkolących się na wyższe stopnie żeglarskie. W maju 1973 roku zdałem egzaminy na stopień żeglarza. W trakcie szkolenia na jednym z wykładów instruktor powiedział - „gdy w czasie żeglugi Omegą (popularny w Polsce jacht z lekkim mieczem) na wiatr opuścimy miecz, jacht przestanie dryfować i wyprostuje się". Zaprotestowałem. Zostałem poproszony o wyjaśnienie. Na tablicy rozrysowałem siły działające na żagle i na miecz, instruktor uznał, że miałem rację gdy powiedziałem, że „jacht po opuszczeniu miecza zwiększy przechył".
Pewnie zapomniałbym o tym zdarzeniu, ale ciągle spotykałem się ze stwierdzeniami z którymi się nie zgadzałem albo ich nie rozumiałem. Przez kilka lat dużo żeglowałem na bardzo różnych jachtach, od małych mieczówek do dużych krążowniczych jachtów oceanicznych. Zdobywałem kolejne stopnie żeglarskie. Po skończeniu nauki zawodu zostałem szkutnikiem i pracowałem w Stoczni Jachtowej Stogi. Równolegle uczyłem się wieczorowo w Technikum Budowy Okrętów, a następnie studiowałem na Politechnice Gdańskiej, na kierunku Budowa Okrętów. Ten kierunek studiów - o statkach, a nie o jachtach - bardzo ułatwił mi później zrozumienie „paradoksów" stateczności.
O wiele większy nacisk położony był na nich na teorię okrętu niż ma to miejsce na kierunkach studiów związanych z jachtami.

Pierwsze doświadczenia.

Bardzo znaczące, oprócz wiedzy z teorii okrętów i kursów żeglarskich, w drodze do zrozumienia zjawisk zachodzących w czasie żeglugi na jachcie było kilka zdarzeń, w czasie żeglowania które dobrze zapamiętałem. Problemy z prowadzeniem jachtów, które wtedy wystąpiły zdeterminowały mnie do szukania rozwiązań.

„Barnim"

Pierwsze znaczące doświadczenie miało miejsce w 1976 w czasie regat „O puchar Nefryta". Nefryt był nie dużym jachtem kilowym popularnym w tym czasie w Polsce. Dużo z nich startowało w regatach w klasie „¼ tony". W czasie jednych z tych regat byłem kapitanem na jachcie „Barnim" (rok wcześniej Jerzy Rakowicz brał udział na tym jachcie w regatach AZAB - Anglia/Azory i z powrotem). Ostatni bieg miał długość 300 mil. W czasie jego trwania przez półtorej doby wiał wiatr o sile powyżej 8 B dochodząc do 11 B. Bardzo dobrze zapamiętałem jak trudno było utrzymać jacht pod sztormowym kliwrem w bejdewindzie przy załamujących się falach których wysokość dochodziła do 5 m. Aby utrzymać jacht na kursie za pomocą steru, gdy trzeba było obejść falę lub przejść przez nią, potrzebna była stosunkowo duża prędkość. To z kolei powodowało zbyt agresywną żeglugę jachtu w stosunku do charakteru fal, zmuszając załogę do ciężkiej pracy w niekomfortowych warunkach. Ewidentnie brakowało „podparcia" dziobu jachtu pod wodą.

„Kormoran"

Był to stary piękny drewniany jacht balastowy o którym w klubie mówiło się - rasowy „Rasmussen".
Żeglując na nim brałem udział w regatach na Bałtyku. To na nim pierwszy raz w życiu „zaliczyłem" ciężki broaching (wywiezienie z baksztagu do połówki). Do dziś pamiętam bezradność sternika gdy nie można już utrzymać jachtu na kursie bo ster się „zwentylował" (praktycznie stracił siłę nośną) późniejsze czekanie czym się to zakończy

i okrzyk kapitana „wszystkie ręce na pokład" gdy jacht już dryfował leżąc na burcie.

„Subisław'

Kolejny jacht klasy Nefryt który startował w regatach w klasie ¼ tony. Zadziwiająca była zmiana w zachowaniu się jachtu po zastąpieniu wolno wiszącego steru sterem ze skegiem który był częścią profilu płetwy. Na pewnych kursach, przy odpowiedniej sile wiatru i odpowiednio dobranych żaglach jacht szedł samosterownie lub niewiele trzeba było aby utrzymać go na kursie. W prowadzeniu jachtu robiło to ogromną różnicę.

„Karolinka" – mój pierwszy jacht kabinowy z mieczem (długość 5,75 m) o bardzo małym zanurzeniu. Jacht nie miał balastu wewnętrznego i nie wstawał z przechyłu większego niż 72°.
Z tym jachtem łączą się dwa zdarzenia.
Pierwsze miało miejsce kiedy po sklejeniu drewnianego masztu do tej łódki, nocą, postanowiłem przejść się parę kilometrów plażą z Górek Zachodnich do plaży Stogi. Północny wiatr o sile ok. 8 B tworzył jednocześnie piękną i groźną scenerię fal atakujących plażę. W pewnym momencie zauważyłem że w oddali fale wyrzucają i zabierają z plaży jakiś spory przedmiot. Gdy podszedłem bliżej okazało się że jest to stalowy ponton z drewnianym pokładem – urwał się prawdopodobnie przy budowie Portu Północnego. Obserwowałem jak fala całkiem łagodnie „sadza" ponton na piasku a po chwili zabiera go i „wyciąga" aż do strefy przyboju. Powtarzało się to cyklicznie zawsze z tym samym wynikiem. Wskoczyłem na ponton i kilka razy odbyłem tę marszrutę. Najbardziej niespodziewane było to w jak łagodny sposób ponton lądował na plaży. Przemknęło mi wtedy przez myśl: ponton nie ma wystającego kilu którym zahaczałby o dno powodując że przed osiągnięciem plaży tłukłby „miękkim" obłem kadłuba o twardy piasek.
Drugie zdarzenie miało miejsce w 1984 roku gdy wracałem „Karolinką" z wakacyjnego rejsu z jeziora Jeziorak do Gdańska. Przez poprzedni tydzień żeglowaliśmy w warunkach typowych dla śródlądowego pływania – bardzo zmienne wiatry z szybko zmieniających się kierunków.
Bardzo przyjemne pływanie, po tygodniu jednak zatęskniłem za otwartą wodą i czystym wiatrem. Postanowiliśmy popłynąć przez Zalew Wiślany (na wschód od Gdańska). Płynąłem w baksztagu z ujścia rzeki Elbląg do wejścia na rzekę Nogat. Wiatr wzrósł dość szybko z 3 do 7B.
Fala zaczynała „wozić". Żegluga stawała się coraz cięższa, podniosłem miecz prawie całkowicie. Mimo to trudno było utrzymać jacht na baksztagu.
Sytuacja stawała się niebezpieczna - musiałem zmniejszyć powierzchnię żagli. Wyostrzenie i zrzucenie grota nie wchodziło w grę – groziło to wywrotką. Jedyne, co mogłem zrobić to zrzucić foka. Załogant nie miał doświadczenia żeglarskiego. Wytłumaczyłem i pokazałem, o co chodzi w sterowaniu, chwilę poobserwowałem jak to wychodzi i odważyłem się wyjść z kokpitu. Jeszcze szybciej do niego wróciłem ratując w ostatniej chwili jacht przed zwrotem przez rufę. Znowu krótkie szkolenie i ponowna próba. Za 4-tym razem się udało – fok na dole – żyjemy.
Po tym pływaniu miałem głębokie przekonanie że w tej sytuacji pomogłaby dodatkowa płetwa pod dnem całkiem na rufie. Najlepiej gdyby można było ją podnosić – czyli miecz rufowy.

Następne doświadczenia.

Wspomnienie przeżytych sytuacji i zagrożeń nie dawało mi spokoju. Zacząłem się zastanawiać nad bezpiecznym jachtem o małym zanurzeniu, którym można byłoby pływać jednego dnia po wodach śródlądowych a następnego ruszyć na Bałtyk i dalej. Istotny w tym wszystkim czynnikiem był fakt, że Polska w tym czasie była krajem komunistycznym o bardzo ograniczonej swobodzie poruszania się jej obywateli. Posiadanie jachtu o dużym zanurzeniu ograniczało jego używanie praktycznie do wód zatokowych. Niewielu „prywatnym" żeglarzom udało się wypłynąć z Polski na własnym jachcie. Jednak konieczność posiadania swojego jachtu była niezbywalna.
Biorąc to wszystko pod uwagę zacząłem „eksperymentować" z jachtami mieczowymi z balastem wewnętrznym. Pierwszym tego owocem był zmodernizowany jacht typu „Zośka". Okazało się, że po zastosowaniu odpowiedniej wagi balastu wewnętrznego można uzyskać na jachcie o małym zanurzeniu stateczność spełniającą wymagania w zakresie stawiane przezTowarzystwo Klasyfikacyjne np.PRS. Oznacza to, że jacht jest, pod tym względem, uznany za bezpieczny.
„Zośka" była mieczowym jachtem kabinowym i jako pierwszy mój jacht posiadała balast wewnętrzny. Po doświadczeniach na „Karolince" wyposażyłem ją w miecz rufowy. Zanim ją zwodowałem mój kolega Zbyszek Gołębiewski podpatrzył to rozwiązanie u mnie i zastosował na swoim jachcie, mieczowo-balastowy „Chochlik" Następnie w czasie żeglugi z Gdańska do Niemiec w baksztagowym wietrze dochodzącym do pełnych 8 B sprawdził jak to działa.

Z pracy miecza rufowego był bardzo zadowolony, wysoko ocenił jego przydatność. Z jego relacji wynikało, że użycie miecza spowodowało kilkukrotne zmniejszenie wysiłku sternika w kontrolowaniu kursu.

Absolwent 900.

Akurat wtedy (1994 r.) kończyłem projektowanie i budowę 9-cio metrowego oceanicznego jachtu mieczowego z drewna – Absolwent 900. Po entuzjastycznych informacjach od Zbyszka „przypomniałem"

Artykuły BHP dla Twojej Firmy

P.H.U. REMUS DARIUSZ LIPECKI
82-200 Malbork
ul. Mikołajczyka 25
NIP PL579-001-11-98
biurobhp.pl
www.importbhp.pl
kom: 507 172 750
tel: 55 272 60 67
tel: 55 261 31 07
fax: 55 272 60 67
remusBHP.pl

sobie o stateczności kursowej. Z uwagi na to, że na tym jachcie nie mogłem dać centralnego miecza rufowego, zastosowałem inne rozwianie – dwa mieczyki stabilizujące zamocowane na pawęży. Opuszczane były do wody ruchem obrotowym za pomocą linek. W czasie prób na Zatoce Gdańskiej rezultat przeszedł moje najśmielsze oczekiwania. Wiał północno-wschodni wiatr, fala wchodząca z Bałtyku na płytsze wody Zatoki Gdańskiej wybudowywała się mocno.

Wiatr miał początkowo siłę 4 – 5B i bardzo szybko wzrósł do 8 – 9B, fala miała od 3 do 5m wysokości, kurs baksztag. Jacht niósł foka marszowego i zarefowanego na pierwszy ref płaskiego grota.

Po opuszczeniu obu mieczyków na pawęży do wody i podniesieniu miecza głównego jacht szedł samosterownie z prędkością nieco powyżej 8 węzłów.

Płynęliśmy tak przez dwie godziny – bez dotykania rumpla, ster „chodził" sobie swobodnie. Wiatr wiał na tyle mocno, że w czasie cumowania w porcie jachtowym w Gdyni, w celu dociągnięcia się od dalby do pomostu, musieliśmy użyć kabestanu. Na pokładzie „Absolwenta 900" byli Tadeusz Świst, Stefan Ekner, Wojciech Kuczkowski, Józef Głębocki, Grzegorz Szczepański, Wiesław Teska i ja.

Następnego dnia w czasie powrotu do Górek Zachodnich, ok. 1 mili przed wejściem, przywiało tak że jacht położył się mocniej w przechyle i zaczął silnie ostrzyć. Po opuszczeniu zawietrznego mieczyka do wody przechył trochę wzrósł, ale tendencja do ostrzenia zniknęła całkowicie. Nie trzeba było refować grota.

Stateczność: stateczność statyczna i stateczność dynamiczna.

W rozmowach żeglarzy bardzo często poruszany jest problem stateczności jachtów. Żeglarze, którzy żeglowali w cięższych warunkach, często dyskutowali o tym jak duży kąt przechyłu jacht zaliczył w czasie wywrotki i jak dużo dzieliło go od kąta zerowej stateczności (np. książka „Żeglarski maraton" – Zdzisław Pieńkawa, Wydawn. Morskie 1976r. str. 116). W tej samej książce (str. 243) stwierdzenie „Zakres dodatnich momentów prostujących zależy tylko od położenia środka ciężkości", daje wyobrażenie o poziomie niezrozumienia, przez żeglarzy, podstawowych zasad rządzących statecznością.

Bardzo ciekawa i obrazowa jest historia najdokładniej opisanej wywrotki o jakiej czytałem – obrotu do końca dodatniego zakresu ramion prostujących i cofnięcia się tuż przed przekroczeniem „kąta bez powrotu". (Tomasz Cichocki „Zew oceanu. 312 dni samotnego rejsu dookoła świata" wyd. Carta Blanca, 2013r., str. 142-146).

Jerzy Rakowicz opisał ciężki broaching (wywiozło go z baksztagu do połówki i częściowo zrolowało) na jachcie „Barnim" koło Bornholmu w czasie drogi powrotnej z Anglii („Barnim nie zawiódł" Wyd. Morskie 1977 r. str. 62). Wiało około 9 B, jacht „przechodził" z dużej głębokości na płytka wodę. Trochę szkoda, że opis jest tak skromny – więcej szczegółów znam z przekazu bezpośredniego.

Wielu żeglarzy uważa, że takie sytuacje mogą zdarzyć się tylko na morzu bo tam powstają duże fale. W 2007 roku okazało się że ciężkie sytuacje mogą zdarzyć się również na jeziorach – na Mazurach w ciągu godziny 48 jachtów przewróciło się do góry stępką i 12 osób zginęło.

Podobnych opowieści można znaleźć wiele. Najbardziej ciekawe dla mnie były próby określenia przyczyn zachowania się jachtów i teorie które wyjaśniałyby, dlaczego tak się dzieje. Nurtowało mnie, czy jest możliwe uniknięcie lub istotne ograniczenie poziomu zagrożenia? Te teorie, z którymi się spotkałem, nie wystarczały do pełnej analizy zdarzeń. Jeśli tłumaczyły dobrze jedno zdarzenie to w drugiej sytuacji były nieprzydatne.

W dyskusjach ciągle powracał podstawowy „problem" jachtów o małym zanurzeniu – zapewnienie bezpiecznej stateczności. (Jak się później okaże problem ten dotyczy również jachtów balastowych – tylko jakby z „innej strony" niż zwykle żeglarze się spodziewają).

Cały czas spotykałem się z niedowierzaniem żeglarzy, że jacht mieczowy może być bezpieczny w żegludze w ciężkich warunkach.

Z pozoru sprawa wydawała się „przegrana" – przecież olbrzymia większość żeglarzy jest przekonana (wręcz wierzy), że największe możliwe bezpieczeństwo na morzu zapewnia tylko jacht z balastem zewnętrznym. Z reguły żeglarze klasyfikują jachty w bardzo uproszczony sposób, dzieląc je na balastowe - bezpieczne i mieczowe - niebezpieczne.

Mówią o stateczności ciężaru i o stateczności kształtu jako o odrębnych rodzajach stateczności.

Tak nas zresztą uczą na kursach żeglarskich, tak piszą w podręcznikach i poradnikach dla żeglarzy.

Jest to bardzo zakorzeniony i jednocześnie nieprawdziwy pogląd – w tworzeniu stateczności bierze udział kształt i ciężar. Są ze sobą nierozerwalnie związane – nie istnieje przecież konstrukcja która ma ciężar, a nie ma kształtu lub która ma objętość, ale nic nie waży.

Będąc o tym przekonani, żeglarze akceptują wszystkie ograniczenia jachtów (na przykład duże zanurzenie) i zagrożenia

Maszyny do produkcji kompozytów ...

Urządzenia do natrysku żelkotu
Aplikatory RTM do wtrysku żywicy
Agregaty do natrysku żywicy z rowingiem

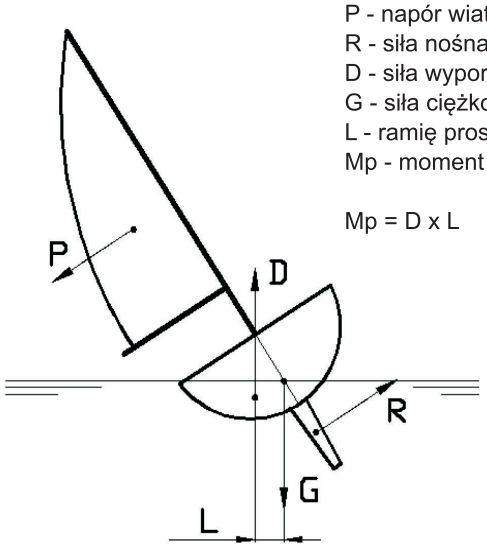
www.phoenixequipment.pl
tel. +48 695 738 945
biuro@phoenixequipment.pl

PHOENIX
EQUIPMENT POLSKA

(o których będzie mowa później) związane z balastem zewnętrznym.
Są przekonani że nie może być inaczej.
A może jednak nie jest konieczne ponoszenie aż takich poświęceń?
W dojściu do rozwiązania tego „dylematu" pomogły mi wydarzenia które były związane z rozpoczęciem produkcji HABRA 800 i późniejsze konsekwencje tej decyzji.
W 1998 roku zbudowaliśmy pierwszego HABRA 660. Jest to jacht mieczowy z wewnętrznym balastem. Na początku sami traktowaliśmy ten jacht jako jednostkę do żeglugi śródlądowej, a co najwyżej przybrzeżnej. Jednak wielu właścicieli tych jachtów odbywało nimi dość odległe podróże, również na otwartym morzu. Zachęcony, sam pływałem HABREM 660 po Bałtyku w rejonie duńskich wysp Als i Ærø, przy wietrze trochę ponad 8 B pod wiatr. Jacht sprawował się bardzo dobrze i był łatwy w prowadzeniu.
W 2005 roku zbudowaliśmy pierwszego HABRA 800. O nim pomyślałem jako o pierwszym naszym seryjnie budowanym jachcie do żeglugi pełnomorskiej. Z tego powodu zrobiliśmy pełną analizę stateczności tej jednostki.

Stateczność statyczna.

Na pierwszy rzut oka sprawa wygląda prosto, zwłaszcza w zakresie przechyłów do których dochodzi na jachcie w czasie żeglugi. Przyjmuje się że jest to kąt do 30°. Do tego kąta przechyłu żagle i płetwy zachowują przyzwoitą sprawność a sternik za pomocą steru jest w stanie kontrolować jacht.
Odporność na przechył wywołany wiatrem zapewnia działanie dwóch sił.
Jedna to siła ciężkości, której można przypisać stały punkt przyłożenia, odpowiadający środkowi ciężkości jachtu.
Drugą jest siła wyporu. Z nią sprawa ma się trochę inaczej - wraz ze zwiększaniem się przechyłu środek wyporu „wędruje". Spowodowane jest to zmianą kształtu zanurzonej części kadłuba wraz ze zmianą przechyłu.
Pozioma odległość między tymi siłami nazywa się ramieniem prostującym L.
Jest to podstawowy parametr określający poziom bezpieczeństwa jakie jest w stanie zapewnić jacht.
Z kolei ramię prostujące pomnożone przez wyporność daje nam moment prostujący Mp.= L x D. Wynika z tego że łódka cięższa, przy tym samym ramieniu prostującym będzie stateczniejsza.
Na rysunku nr 1 pokazany jest schemat działania sił powodujących przechył oraz sił prostujących. W stanie równowagi pomiędzy tymi siłami jacht będzie żeglował w stałym przechyle.



P - napór wiatru
R - siła nośna przeciwdziałająca dryfowi
D - siła wyporu
G - siła ciężkości
L - ramię prostujące
Mp - moment prostujący

Mp = D x L

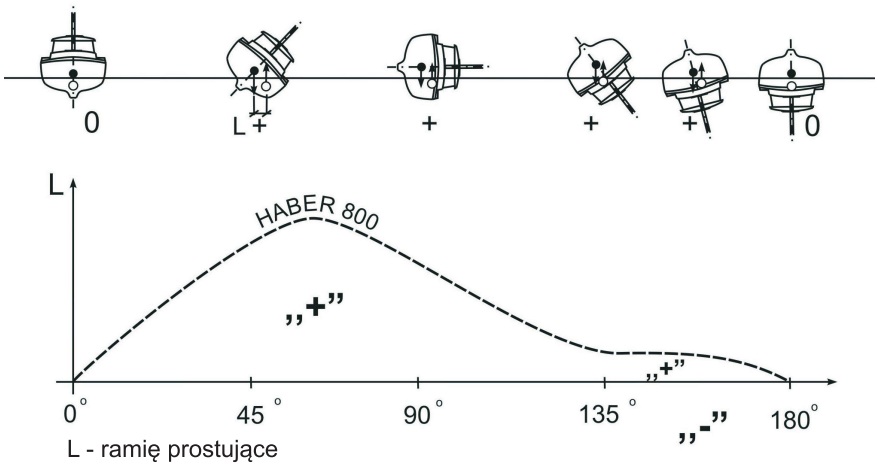
Rys. nr 1. Ramię prostujące L - podstawowy parametr stateczności.

Dla małych kątów przechyłu (do 30°) zazwyczaj prawidłowo oceniamy zmiany ramienia prostującego a tym samym zmiany stateczności jachtu.
Aby ocenić charakter stateczności jachtu należy dokonać analizy wartości ramienia prostującego dla pełnego zakresu kątów w jakich może znaleźć się jacht, czyli od 0° do 180°.

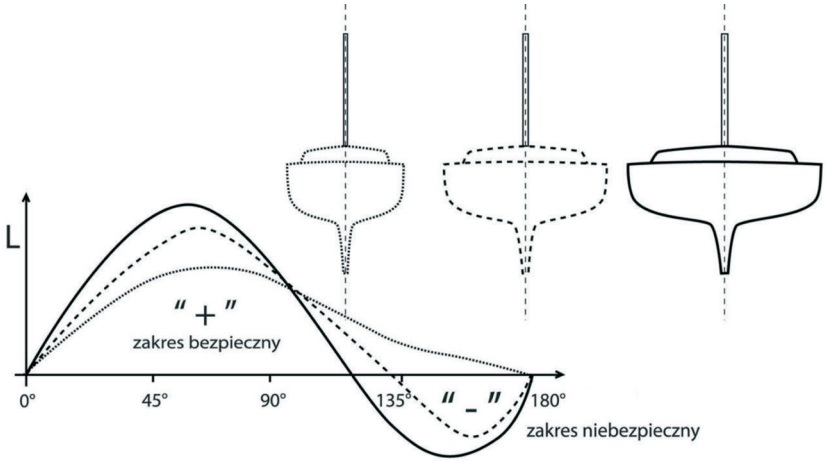
Powyżej kąta przechyłu 90° nasza „żeglarska intuicja" zazwyczaj zawodzi.
Z tego powodu warto prześledzić dalszy tok rozumowania, aby upewnić się, że prawidłowo to interpretujemy lub skorygować swoje wyobrażenie i zbudować nowe „nawyki" oraz wykreować w tym zakresie na nowo swoją „intuicję żeglarską".

Wykorzystując wyniki testów stateczności polegających na przechylaniu jachtu ciągnąc (talią z dynamometrem) za top masztu określiliśmy wysokość położenia środka ciężkości jachtu.
Po dokonaniu dalszej analizy, uwzględniającej kształt kadłuba, okazało się że HABER 800 ma bardzo ciekawą charakterystykę stateczności - niespotykaną dotychczas wśród jachtów żaglowych.
Sprawdziliśmy stateczność HABRA 660 – wyszło jeszcze lepiej. Wszystkie badania wykonaliśmy z podniesionym mieczem i sterem. Jak układają się relacje pomiędzy środkiem ciężkości i środkiem wyporu, czyli jakie wartości przyjmuje ramię prostujące L, widać na rysunku nr 2.

HABER 800

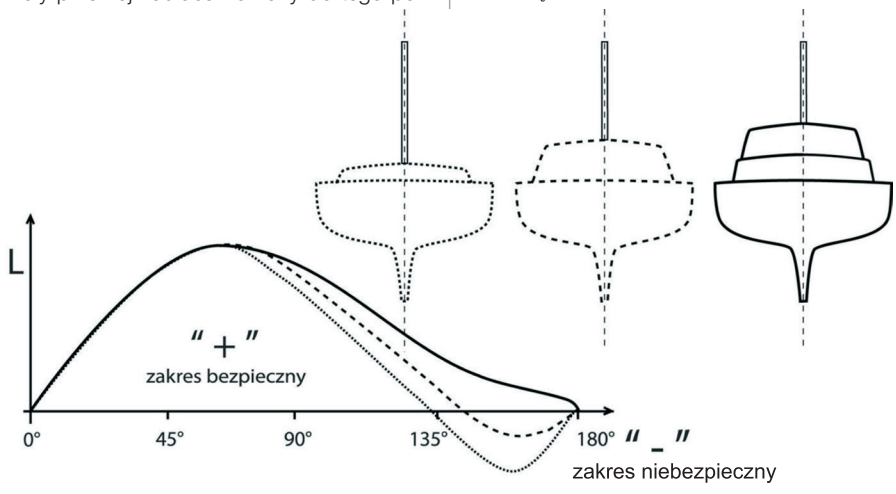


Rys. nr 2. Charakter krzywej ramion prostujących - HABER 800.



Rys. nr 3. Wpływ zmiany kształtu przekroju poprzecznego kadłuba na charakterystykę stateczności jachtu.

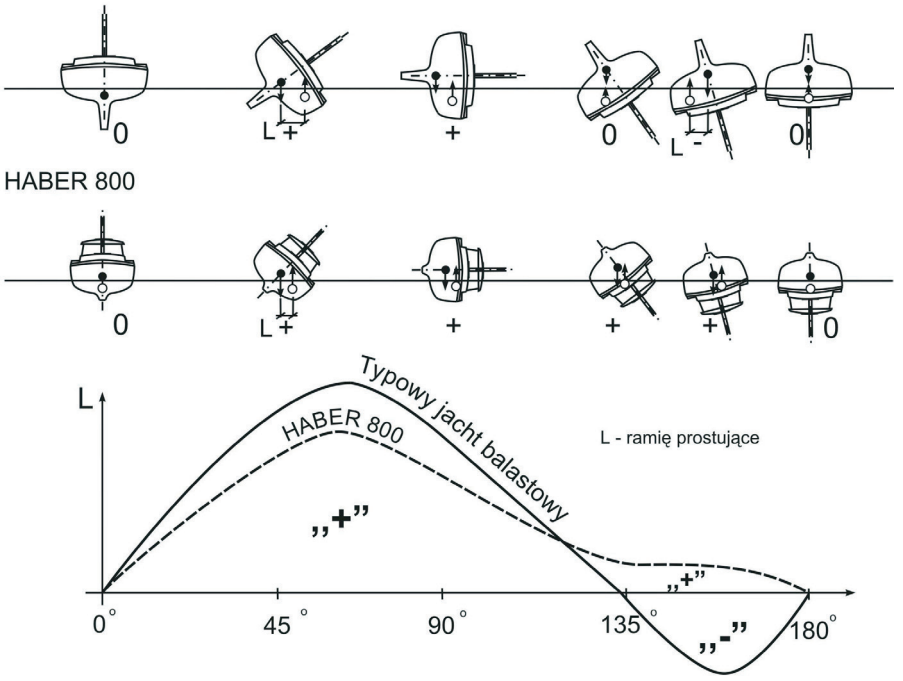
W całym zakresie kątów przechyłu, od 0° do 180°, ramiona prostujące mają wartości dodatnie. Oznacza to że jacht jest samowstający – wraca sam z każdego przechyłu.
Dla uzyskania takiego efektu, oprócz kształtu kadłuba i nadbudówek, istotną rzeczą jest odpowiednie dobranie wagi i rozmieszczenie balastu wewnętrznego. Jeżeli damy go odpowiednio dużo, uzyskamy obniżenie środka ciężkości i sztywność jachtu taką samą lub bardzo zbliżoną jak ma to miejsce w przypadku jachtu z balastem zewnętrznym.
Okazało się, że jest możliwe, aby jacht o małym zanurzeniu miał bardzo dobrą, wręcz rewelacyjną charakterystykę stateczności.
Taką statecznością charakteryzują się łodzie ratownicze typu SAR oraz zakrytopokładowe łodzie ratunkowe.
Po głębszej analizie doszedłem do wniosku, że na taki charakter stateczności największy wpływ mają dwa czynniki.
Jednym z nich jest szerokość kadłuba. W jakim kierunku zmienia się charakter stateczności wraz ze zmianą szerokości jachtu, widać na rysunku nr 3.
Jachty budowane na początku ubiegłego stulecia, na przykład typowo angielskie jachty z tego okresu nazywane „planka na kant” (oryginalne wyrażenie „Plank on edge”), miały przekrój kadłuba zbliżony do tego po lewej stronie rysunku nr 3 i posiadały bardzo duży zakres dodatnich ramion prostujących. Taką charakterystykę stateczności zapewniał im bardzo wąski kadłub. „Ceną” była mała pojemność wnętrza a więc nie zapewniały one dużego komfortu.
No i pływały standardowo w dużych przechyłach, już przy średnim wietrze.
Prawdopodobnie z tego okresu pochodzi bezkrytyczne przekonanie że jacht balastowy (z balastem zewnętrznym podwieszonym pod kadłubem) jest jachtem w pełni bezpiecznym, powracającym z każdego przechyłu. W przypadku tamtych konstrukcji było to prawdą.
Można z całą pewnością powiedzieć, że im szersza jednostka, tym szybciej osiąga kąt zerowej stateczności a ramię prostujące uzyska większe maksymalne wartości ujemne.
Z punktu widzenia bezpieczeństwa jest to tendencja niekorzystna.
Drugim istotnym czynnikiem jest objętość i położenie środka wyporu nadbudówek. Rysunek nr 4 pokazuje, jaka jest tendencja zmian charakteru stateczności wraz ze zmianą kształtu nadbudówek.



Rys. nr 4. Wpływ kształtu nadbudówki na charakterystykę stateczności jachtu.

Wysoka nadbudówka w dużych kątach przechyłu (powyżej 80°) „wchodzi" do wody i przesuwa środek wyporu zwiększając dodatni zakres ramion prostujących.
Wysoka nadbudówka, oprócz poprawy stateczności w dużych kątach przechyłu, spełnia kilka dodatkowych bardzo przydatnych funkcji. Chociażby takich, jak ochrona przed wiatrem i bryzgami (bardzo przydatne przede wszystkim w ciężkiej pogodzie), pełnienie funkcji „decksaloon" czy też umożliwienie bezpiecznego uchwytu i oparcia w czasie przechodzenia na dziób.
Z kolei jachty o niskich nadbudówkach (lub przy ich braku) i szerokich kadłubach, szybko osiągają punkt zerowej stateczności, jak również duże wartości ujemnych ramion prostujących.
Z porównania wykresów stateczności typowego współczesnego jachtu żaglowego z zewnętrznym balastem z wykresem stateczności mieczowego HABRA 800 z balastem wewnętrznym, rysunek nr 5, można wyciągnąć wiele interesujących wniosków.

Typowy współczesny jacht balastowy



Rys. nr 5. Porównanie charakterystyk stateczności - wykresy krzywych ramion prostujących

Szeroki jacht, z balastem zewnętrznym i płaskim pokładem z niewielką nadbudówką, w kącie przechyłu zbliżonym do 135° osiąga moment zerowej stateczności. Wtedy ramię prostujące osiąga wartość równą zeru. W przechyle powyżej kąta zerowej stateczności ramię prostujące przyjmuje wartości ujemne. W okolicach połowy kąta przechyłu pomiędzy kątem zerowej stateczności a kątem 180° osiąga swoją największą wartość ujemną. W takiej pozycji jacht posiada ujemną stateczność, a tym samym ujemny moment prostujący. Dla większości jednostek tego typu maksymalna wartość ujemnego ramienia prostującego osiąga nawet połowę wartości maksymalnego ramienia dodatniego.
Paradoks stateczności?
Jeśli przechył wejdzie w strefę stateczności ujemnej, czyli przekroczy kąt zerowej stateczności, to jacht może zakończyć obrót w pozycji odwróconej – balastem do góry. Jeśli zatrzyma się w tej pozycji to samodzielnie nie powróci do pozycji kilem w dół, ponieważ musiałby przejść przez zakres stateczności ujemnej. Każde wychylenie od pozycji odwróconej powoduje powstanie i wzrost ujemnego ramienia (ujemnego momentu prostującego) co spowoduje powrót jednostki do pozycji kilem do góry. Przejście do pozycji normalnej jest możliwe tylko przy zadziałaniu odpowiednio dużej siły zewnętrznej, np. uderzenie dużej fali.
Z punktu widzenia bezpieczeństwa, zasadnicze znaczenie ma, przy jakim kącie przechyłu jacht osiąga punkt zerowej stateczności oraz jaka jest maksymalna wartość ujemnego ramienia prostującego.
Można z całą pewnością stwierdzić, że im szersza jest jednostka i im mniejszą i niższą ma nadbudówkę tym szybciej osiągnie punkt zerowej stateczności i tym większa będzie wartość ujemnego ramienia prostującego. Ta sama duża szerokość jednocześnie da tej jednostce większą sztywność przy małych kątach przechyłu, będzie ona mogła nieść więcej żagla i osiągać większe prędkości. Ale ceną za to będzie znacznie wyższy poziom zagrożenia i trudniej będzie takiej jednostce powrócić z pozycji odwróconej do pozycji normalnej.
Jest to zrozumiałe i akceptowalne w przypadku jachtów regatowych – w tym przypadku najważniejsza jest prędkość. Załoga powinna być przygotowana do mogących wystąpić zagrożeń i być świadomą podejmowanego ryzyka. Regaty mają swoich organizatorów, którzy współpracują ze służbami ratowniczymi. Czysta adrenalina.
Natomiast jest to wysoce niepożądana cecha w przypadku jachtów turystycznych.
Jak stosunkowo łatwo może znaleźć się jacht ze stałym zewnętrznym balastem (następny paradoks stateczności?) lub mieczowy z opuszczonym mieczem, w pozycji odwróconej opisane będzie w następnej części opracowania o stateczności dynamicznej.

Powyżej omówiliśmy najbardziej znaczące aspekty związane ze statecznością statyczną.
W następnym odcinku spojrzymy na stateczność przez pryzmat stateczności dynamicznej oraz zaczniemy rozmawiać o stateczności kursowej.

Już w maju zaprezentujemy na stronie www.haber-yachts.com opracowanie „Jeśli na morze, to tylko jachtem mieczowym - nowe spojrzenie na jachty i ich właściwości" wraz z animacjami obrazującymi opisane powyżej procesy.

Janusz Konkol