

Materiały Szkoleniowe - Żeglarstwo Lodowe

WITOLD KURSKI

czerwiec 2008

Opracowanie na prawach rękopisu
dla instruktorów żeglarstwa lodowego.

1 WIADOMOŚCI OGÓLNE

Początki żeglarstwa lodowego.

Żeglarstwo lodowe jest znane w Holandii i Szwecji od wczesnych lat XVII wieku. Pierwsze ślizgi lodowe służyły przede wszystkim do transportu ładunków i ludzi.

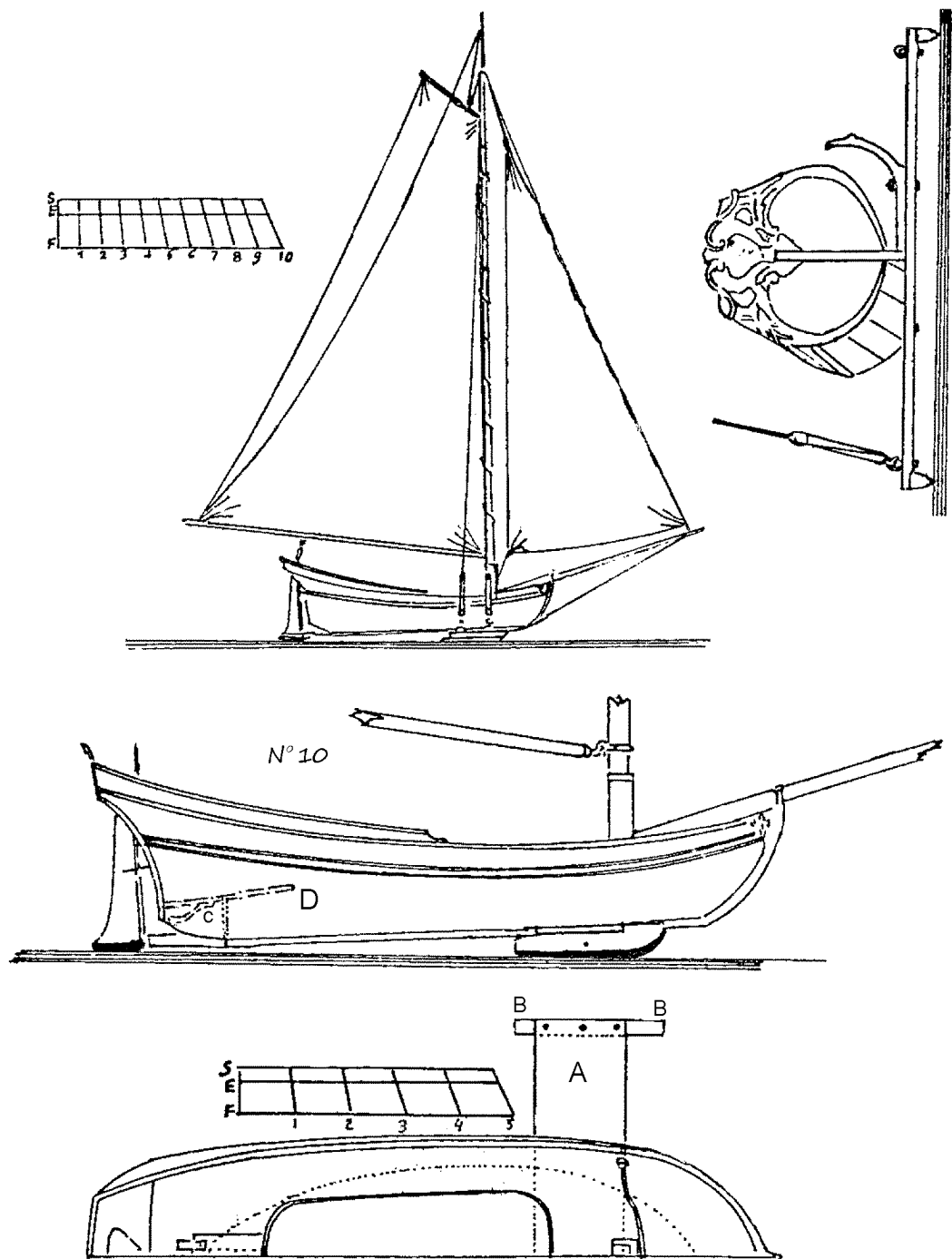
Najstarszym źródłem informacji jest holenderski miedzioryt z 1605 roku Christoffela van Siche-
ma znajdujący się w Morskim Muzeum w Rotterdamie i przedstawiający ślizg lodowy z ożaglowa-
niem rejowym i płozami pod kadłubem na którym podróżuje jedenastu ludzi.

Pod koniec XVII w (1698 r) car Piotr I po powrocie z pobytu w Holandii wprowadza w Rosji
ślizgi lodowe budowane według wzorów holenderskich.

W drugiej połowie XVIII wieku (1775 r) ślizg lodowy wraz z emigrantami holenderskimi poja-
wił się w Ameryce. Holenderska kolonia w Nowym Amsterdamie (obecnie Nowy York) nad rzeką
Hudson, rozwinęła się i stała się ośrodkiem żeglarstwa lodowego. Wyobrażenie o tym, jak wyglądały
ślizgi z końca XVII wieku daje nam rys.1 zaczerpnięty z dzieła Frederica Chapmana pt. „Architec-
tura Navalis Mercatoria” wydanego po raz pierwszy w Göteborgu w 1768 r. Rysunek przedstawia
ślizg lodowy, którego kadłub jest zbliżony do kadłuba klasycznej łodzi żaglowej. Zastosowano zasa-
dę wynoszenia płóz bocznych poza kadłub umieszczając ją na poprzecznej belce nazywanej obecnie
płozownicą. Rozwiązanie to stało się klasycznym i jest stosowane powszechnie do dzisiaj. Będzie
interesujące zauważyć, że ta zasada była również zastosowana w XX w przez konstruktorów lot-
niczych, którzy przystosowywali wodnosamoloty do lądowania na lodzie, przez stawianie kadłuba
na poprzeczną belkę z nartami. Ciekawie rozwiązano sterowanie ślizgiem mocując ostrze płozy
bezpośrednio na spodzie płetwy sterowej znajdującej się na rufie jachtu. Ślizg wyposażony był w
hamulec działający nie tylko na postoju lecz i w ruchu, co niewątpliwie było niezbędne podczas
żeglugi po zamrożniętych kanałach w których nie było miejsca na manewrowanie. Ten hamulec to
pionowy pręt przechodzący przez stępkę i w miarę potrzeby wysuwany przez sternika, który stopą
naciskał na dźwignię. W ślizgu tym zastosowano gaflowy grot oraz fok.

Zastosowania sportowe

Początkowo ślizgi były używane do transportu towarów ale informacja z 1790 roku mówi nam,
że w tym roku nad rzeką Hudson zbudowano pierwszy ślizg wyłącznie do celów sportowych. W



Informacja: 1 stopa szwedzka w 1768 roku = 0.296 metra.

Opis Chapmana N° 10 jest jachtem lodowym. A to szeroka deska, która czterema bolcami pod kadłubem jest zamocowana, pod nią są dwie płyty B B okute żelazem. D jest to dźwignia do której przymocowany jest żelazny bolec zaostroszony na zewnętrznym końcu, aby jacht do zatrzymania doprowadzić, co się dzieje przez naciskanie na dźwignię D, tak że bolec wbija się w lód. Jednak po wycofaniu nacisku bolec idzie do góry, bo sprężyna C podnosi dźwignię.

Rysunek 1: Ślizg lodowy według „Architectura Navalis Mercatoria” z 1768 r Frederica Chapmana.

roku 1865 założono pierwszy na świecie klub zrzeszający żeglarzy lodowych „Poughkeepsie Ice Yacht Club” nad rzeką Hudson.

W Europie najbardziej rozwinęło się żeglarstwo lodowe w krajach bałtyckich i w Rosji. W 1819 roku w Stoczni Admiralicji w Petersburgu zbudowano pierwszy ślizg, który znajdował się na liście okrętów floty aż do roku 1890. Mógł zabierać 12 osób i rozwijać prędkość 60 km/godz, mimo ogromnego ciężaru własnego. W 1882 r odbyły się pierwsze regaty bojerowe w ujściu Newy, na dystansie 84 km. Rok wcześniej w 1881 r amerykański klub „Orange Lake Ice Yacht Club” zorganizował pierwsze mistrzostwa świata w żeglarstwie lodowym. Amerykanie na ogół wyprzedzali Europejczyków i gdy Łotysze i Estończycy żeglowali jeszcze na swoich ciężkich i niezgrabnych jachtach lodowych to w Ameryce robiono już próby z dużymi ślizgami. Np skonstruowany przez braci Buckhout z Poughkeepsie potężny ślizg miał ponad 20 m długości i prawie 100 m.kw. żagla. Już przed pierwszą wojną światową odbyła się podjęta przez związek sportowy „Kaiserwald” z Rygi wraz ze „Stockholmer Isjektklubb” pierwsza próba zorganizowania Mistrzostw Europy, lecz pierwsza wojna światowa zastopowała sportowe kontakty.

W 1926 roku klub żeglarski w Rydze zorganizował międzynarodowy tydzień żeglarstwa lodowego. Erik von Holst z Tallina okazał się na jachcie własnej konstrukcji, nie do pokonania, gdyż na 23 km trasie wyprzedził konkurenta o 6 minut. Zajmował się on żeglarstwem lodowym jeszcze przed pierwszą wojną światową a w 1925 roku wydał pracę naukową „Die Eisjacht”. W 1928 roku została założona Europejska Unia Żeglarstwa Lodowego, do której należały Niemcy, Litwa, Łotwa i Estonia. Później dołączyła Austria, Holandia oraz za sprawą Weilandta i Polska (1935). Dzięki podjętym decyzjom został zatrzymany rozwój dużych i drogich ślizgów a zainteresowania żeglarzy skierowały się ku mniejszym ślizgom z płożą sterową na rufie na których mogłyby żeglować dwie osoby. Były to klasy 10 m.kw., 12 m.kw., 15 m.kw. oraz MONOTYP XV.

Ślizg MONOTYP XV konstrukcji Erika von Holsta z 1931 roku został szybko rozpowszechniony w okresie międzywojennym szczególnie na terenach państw bałtyckich, w Prusach Wschodnich i w Polsce. W Polsce po II wojnie był to podstawowy typ ślizgu i rozgrywano na nim regaty aż do 1974 r. Mimo, że działalność Europejskiej Unii Żeglarstwa Lodowego została przerwana przez II wojnę, to wprowadzone przez nią przepisy regatowe i prawa drogi były stosowane aż do końca lat sześćdziesiątych, gdy na kontynencie europejskim zaczął dominować pochodzący z USA ślizg DN.

Jak doszło do powstania w USA wielu klas małych ślizgów w tym ślizgu DN? Po początkowym okresie rozwoju i budowy dużych ślizgów o powierzchni żagli 60 m.kw. i więcej z grotem i sztakslami i płożą sterową na rufie zaczęto poszukiwać nowych rozwiązań przez stosowanie lżejszych konstrukcji i ożaglowania ket. Stosowano również ożaglowanie łacińskie. Ślizg „CLAREL” z 1908 r., do którego miał należeć rekord prędkości 140 mil/godz. miał właśnie ożaglowanie łacińskie. W 1901 r zbudowano w USA pierwszy ślizg z płożą sterującą na dziobie lecz okazało się, że jest to układ nieodpowiedni dla dużych ślizgów, a wywrotka dużego ślizgu zbudowanego w tym układzie jest bardzo niebezpieczna. Natomiast układ ten okazał się doskonały do niewielkich szybkich ślizgów, umożliwia bowiem takie umieszczenie załogi, że jej ciężar znacząco zwiększa stateczność poprzeczną ślizgu. Taki układ ma zalety również podczas szybkiej żeglugi gdyż ślizg zachowuje się statecznie i nie wpada w korkociąg.

Małe ślizgi wcale nie żeglują wolniej niż ślizgi duże, jednakże przy pogorszeniu warunków lodowych tracą swoje dobre właściwości, nie mogą przebić się przez zasy, podczas gdy duże ślizgi żeglują gdyż ich płozownice przechodzą ponad śniegiem. Do budowy małych ślizgów w USA przyczynił się wielki kryzys 1929 r gdyż niewielu mogło sobie pozwolić na budowę dużych ślizgów. Od 1931 roku zaczęto w USA budować masowo małe ślizgi z przednią płożą sterującą w klasach „D” i „E”, bowiem mały ślizg nietrudno było przewozić samochodem na inne akweny w poszukiwaniu

lepszich warunków lodowych, czy też celem rozegrania regat. Rozwój motoryzacji i powszechność samochodów osobowych wywołały zainteresowanie takimi ślizgami, które można by przewozić na dachu samochodu osobowego lub na małej przyczepce. Były to ślizgi „Yankee”, „Arrow”, „Skeeter”, „Renegade” oraz „DN” a w roku 1972 dołączył ślizg „Nite”.

Najmniejszym z tych ślizgów jest DN zbudowany po raz pierwszy w Detroit w 1937 roku w wyniku rozpisanej przez gazetę Detroit News w 1936 r. konkursu na stworzenie sprzętu do zabaw na lodzie. Z licznych propozycji wybrano ślizg lodowy trójki konstruktorów (Archie Aarel, Joe Lodge, Norm Gerritt) a pierwszy egzemplarz zbudował zakład Williama Sarnsa. Mimo, że istnieją oficjalne plany to ślizgu DN nie można nazwać monotypem, bowiem tolerancje wymiarów są tak duże, że dwa ślizgi zbudowane według tego samego rysunku i w zgodzie z przepisami mogą się znacznie różnić między sobą. Ślizg DN zaczął zyskiwać popularność, a po drugiej wojnie światowej trafił do Holandii i zaczął się rozpowszechniać w Europie, gdzie w 1966 roku było już 600 ślizgów DN-60. W tym też roku plany DN-a trafiły do Polski i do najbliższego sezonu zbudowano u nas 30 ślizgów co umożliwiło starty w regatach. Liczebność ślizgów DN na świecie jest możliwa do oszacowania, bowiem źródłem informacji są roczniki klasy DN które podają listy aktywnych zawodników. I tak na lata 2002 - 2004 można oszacować.

1. USA - około 500

2. **EUROPA - około 2000** w tym Niemcy 500, Holandia 400, Szwecja 250, Norwegia 220, Dania 200, Polska 150, Rosja 80, Finlandia 50, Szwajcaria 50, Węgry 40, Norwegia 35, Czechosłowacja 30, Estonia 30, Łotwa 10, Anglia 10, Włochy 10.

Wynikałoby, że liczba aktywnych zawodników jest rzędu 2.5 tysiąca, ale analiza numerów rejestracyjnych wykazuje, że zarejestrowanych ślizgów w historii klasy DN było dwukrotnie lub trzykrotnie więcej niż wynosi obecnie liczba aktywnych zawodników.

Oficjalne plany budowy i przepisy klasowe rozprowadza IDNIYRA (International DN Ice Yacht Association). Ślizg DN zmienił obraz sportu bojerowego, bowiem umożliwił rozpowszechnienie się idei obecnie uważanej za oczywistą, że zawodnik posiada własny ślizg (konstrukcja względnie tania) oraz własny środek transportu (samochód) i wozi ślizg ze sobą na zawody.

Wraz ze ślizgiem DN zmieniły się przepisy regatowe. Na miejsce obowiązujących przepisów regatowych Europejskiej Unii Żeglarstwa Lodowego wprowadzono amerykańskie przepisy regatowe.

Możliwość przewożenia ślizgu i organizacji mistrzostw w różnych krajach spowodowała, że lodo- wi żeglarze Europy zdążają tam gdzie są warunki lodowe, nierzadko zmieniając miejsce rozegrania mistrzostw dosłownie w ostatniej chwili przed regatami.

Lista krajów, których żeglarze uprawiają żeglarstwo lodowe dzięki takiej organizacji sportu znacznie się powiększyła i w mistrzostwach świata startują nawet żeglarze, którzy w swoich krajach mają nikłe możliwości uprawiania tego sportu z powodu niesprzyjających warunków klimatycznych. W USA i w Europie żegluje wiele ślizgów innych klas, ale tylko w klasie DN są rozgrywane regaty o najwyższej randze, to jest Mistrzostwa Świata i Mistrzostwa Europy (tak było aż do 2008 roku, bowiem wtedy w Szwecji po raz pierwszy rozegrano Mistrzostwa Świata Monotypów XV).

Renesans Monotypu XV Po trwającej ponad 50 lat przerwie w rozgrywaniu Mistrzostw Europy w klasie Monotyp XV zostało powołane 22 sierpnia 1992 roku w Estonii w Haapsalu Międzynarodowe Stowarzyszenie w celu rozwijania działalności sportowej na Monotypach XV tzw. IM-XVIYRA (International Monotype-XV Ice Yacht Racing Association). Zostały uprządkowane przepisy klasowe i obecnie t.j. w 2008 roku obowiązuje wersja z sierpnia 1999 r. a w zakresie prawa drogi

obowiązują od 2005 roku takie same przepisy jak dla DNa. Tradycyjnie rozgrywane są co roku Mistrzostwa Europy (European Championship), Puchar Europy (European Cup) i Puchar Bałtyku (Baltic Cup). a w roku 2008 rozegrano Mistrzostwa Świata (World Championship). Od lat startuje około 20 załóg ze Szwecji, Estonii, Łotwy, Niemiec, Rosji i Holandii a w roku 2008 po raz pierwszy wystartowali Polacy. Istnieje doskonale opracowana strona internetowa www.monotype-xv.org gdzie można znaleźć również plany Monotypu XV, oryginalne z lat trzydziestych, rosyjskie z lat pięćdziesiątych i współczesne.

Konstruktorzy

Nowoczesny ślizg łączy w sobie osiągnięcia wielu konstruktorów i budowniczych, nazwiska których ulegają zapomnieniu. Warto więc przypomnieć niektóre z nich.

1. **Erik von Landesén** – Carska Rosja - Haapsalu - obszar obecnej Estonii. Budował wielomiejscowe ślizgi lodowe: „Trilby”- 18.5 m² - 1908, „Freiheit”- 17.5 m² - 1910, „Keiserwald”- 20.0 m² - 1912, „Tarantella”- 20.0 m² -1915. Rozwijał rozwiązania konstrukcyjne płóz umożliwiające żeglowanie w warunkach śniegowych.
2. **Erik von Holst 1894 - 1962** – Estonia. Konstruktor ślizgów 20 m.kw i 15 m.kw. Przed I wojną wraz z G.Proffenem zbudował ślizg „Bumerang”- 20 m², a w 1924 ślizgi 20 m² i 15 m². Na początku lat trzydziestych wprowadził półskorupową konstrukcję kadłuba i zastosował obracany opływowy maszt, i według tej koncepcji skonstruował ślizgi „Phantom”- 20 m² i „Monotyp XV”. W 1937 roku skonstruował tańszy od XV ślizg przeznaczony do szerokiego rozpowszechnienia „Monotyp 12 m.kw”. Autor książki „Die Eisjacht”. wydanej w 1925 r. Znakomity regatowiec, czterokrotny mistrz Europy i jeden raz mistrz Niemiec i jeden raz mistrz Estonii w klasie 15 m².
3. **Hans von Schulmann** – Estonia. Konstruktor jachtu lodowego „Feuervogel”z aeropłatem o powierzchni 10 m.kw.(1938), który zbudował po zebraniu doświadczeń nad ślizgiem „Va banque” z żaglem 15 m.kw. rozpiętym na ramie (Haapsalu 1935). Autor książki „Aerodynamik und Segel” wydanej w 1925 r.
4. **Georg Tepper 1897 - 1978** – Prusy Wschodnie. Znakomity konstruktor ślizgów klas 15 m.kw. i 12 m.kw. W klasie 15 m² sześciokrotnie mistrz Niemiec i jeden raz mistrz Europy. Zastosował obracaną względem kadłuba płozownicę. Konstruktor ślizgu z aeropłatem. Po wojnie skonstruował ślizg taniej dwumiejscowej klasy o powierzchni żagla 8 m.kw.
5. **Władimir Girs** – Estonia. Znakomity konstruktor ślizgów z aeropłatami o powierzchni 12 m.kw. i 8 m.kw.. Zastosował najnowocześniejsze rozwiązania konstrukcyjne, w tym możliwość zmiany geometrii aeropłata w czasie ruchu ślizgu.
6. **Walter Beauvais** – USA konstruktor nowoczesnego Skeetera 1931 r.
7. **Tead Med** – z Chicago. W 1938 r. rozwinął konstrukcję ślizgu Skeeter. Rekord prędkości na ślizgu lodowym należy do jednej z ostatnich wersji „E-Skeetera” i wynosi 230 km/godz.
8. **Elmer Millenbach** – USA. Konstruktor ślizgu Renegade z 1947 r.
9. **Gordon Reich** – z Kanady. W roku 1940 zastosował w konstrukcji ślizgu wysięgnik, na którym mocuje się płozę sterową. Wysięgnik spełnia rolę resora i stał się rozwiązaniem powszechnie stosowanym.

10. **Archie Aarel, Joe Lodge, Norm Gerritt** – USA - konstruktorzy ślizgu DN.
11. **William B.Sarns** USA – budowniczy pierwszych ślizgów DN. Założona przez niego wytwórnia prosperuje do dzisiaj i wytwarza wzorcowe ślizgi lodowe.

Na liście tej brakuje Polaków. Wprawdzie **Otton Weiland** z Chojnic budował ślizgi, na których odbyły się pierwsze w Polsce regaty w roku 1928 (startowało 8 ślizgów), ale były to ślizgi ciężkie ożaglowane jako słup z żaglem gaflowym, a więc nie nowoczesne. Ten sam konstruktor w latach pięćdziesiątych zaprojektował jednomiejscowy ślizg **L-8** o powierzchni żagla 8 m.kw., lecz w swojej konstrukcji nie wyszedł poza klasyczne rozwiązania.

Szkolenie

Jak widać żeglarstwo w Polsce rozwijało się już w okresie międzywojennym, a w 1935 roku zorganizowano w Charzykowych pierwsze Mistrzostwa Polski na których pojawiły się ślizgi Monotyp XV oraz polska konstrukcja – ślizg szkolny o powierzchni żagla 12 m². Żagle w zimie zaczynają się pojawiać na jeziorach Augustowskich, na Drywiatach koło Brasławia, na Naroczy oraz w Pucku a to za sprawą młodzieży akademickiej. W Augustowie w 1937 roku zorganizowano pierwszy w Polsce kurs instruktorski.

Po przerwie spowodowanej wojną, poczynszy od 1946 roku zaczyna się rozwijać żeglarstwo lodowe. Organizatorem jest Urząd Wychowania Fizycznego i Przysposobienia Wojskowego, a komendantem obozu w Węgorzewie Mikołaj Osiński, autor podręcznika „Żeglarstwo Lodowe”. W 1949 roku w Giżycku w zorganizowanej przez Mikołaja Osińskiego bazie bojerowej Ligi Morskiej przeprowadzono pierwszy po wojnie kurs instruktorów żeglarstwa lodowego.

Absolwent AWF w Warszawie Stanisław Turketti, który swoją pracę magisterską poświęcił technice startu na ślizgu, w swojej pracy zawodowej w latach pięćdziesiątych zajmował się metodyką szkolenia oraz organizacją sportu żeglarstwa lodowego.

Teresa Dudzic znana zawodniczka napisała krótki podręcznik „Żeglarstwo Lodowe w LPŻ” wydany w 1954 r. Nie należy również zapominać o osiągnięciach szkoleniowych Grzęcy i Kądzeli oraz o osiągnięciach sportowych braci Gierszewskich z Charzykowych.

Zawodnicy

W roku 1951 odbyły się pierwsze Bojerowe Mistrzostwa Polski w Giżycku, a pierwszym Mistrzem Polski został Paweł Sieradzki z Chojnic. Regaty odbywały się na sprzęcie polskiej produkcji, gdyż już w 1949 r. uruchomiono w Giżycku produkcję ślizgów Monotyp XV. W latach pięćdziesiątych stocznia w Chojnicach budowała w dużych ilościach Monotypy XV oraz ślizgi L-8. Produkcja obydwu stocznia pokrywała krajowe zapotrzebowanie klubów, a kalendarz imprez lodowych w latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych był bardzo bogaty. Mistrzostwa Polski rozgrywano na Monotypach XV a na Weilandach czyli na L-8 rozgrywano mistrzostwa kobiet i juniorów.

W drugiej połowie lat sześćdziesiątych mistrzostwa w Polsce rozgrywano jeszcze na Monotypach XV, lecz w roku 1974 Monotypy XV wystartowały po raz ostatni, bowiem zainteresowania żeglarzy skierowały się ku ślizgowi DN. W 1966 roku rozpoczęła się w Polsce era ślizgu DN i szerokie kontakty międzynarodowe.

W lutym 1971 r na pierwszym Sejmiku Żeglarzy Lodowych w Giżycku zatwierdzono działalność Głównej Komisji Żeglarstwa Lodowego oraz wprowadzono oficjalnie klasę DN.

Brak znaczących osiągnięć konstrukcyjnych Polaków wyrównują osiągnięcia sportowe, a nasi

zawodnicy startują we wszystkich imprezach międzynarodowych. Od 1966 r. rozgrywane są Mistrzostwa Europy. Od 1973 r. rozgrywane są Mistrzostwa Świata **GOLD CUP WORLD DN CHAMPIONSHIP**, w latach nieparzystych na kontynencie amerykańskim, a w latach parzystych w Europie. Lista naszych mistrzów jest długa. Wymieńmy tylko nazwiska niektórych z nich:

1. Romuald Knasiecki GC76-I
2. Bogdan Kramer GC78-I, GC85-III, ME80-I, ME81-I, ME84-I
3. Piotr Burczyński GC79-I, GC83-II, GC88-II, GC95-II, GC81-III, GC98-III, ME77-I, ME89-I,
4. Władysław Stefanowicz GC90-I, ME87-I
5. Karol Jabłoński GC92-I, GC95-I, GC96-I, GC97-I, GC2000-I, GC2001-I, GC93-II, GC94-II, ME2001-I
6. Stanisław Macur GC83-III, GC87-III, ME93-I,
7. Michał Burczyński GC99-III
8. Andrzej Dalecki ME88-II, ME92-II, MMP2001-I
9. Zbigniew Stanisławski GC76-II, GC77-II, MPJ72-I, MP79-I
10. W. Marcińczyk
11. Edmund Januszewski

Pozasportowe wykorzystanie ślizgów lodowych

Ten dział jest tak ciekawy i obszerny, że można by poświęcić mu oddzielną rozprawę, bowiem ślizg lodowy znalazł nie tylko zastosowania gospodarcze jak transport i rybactwo, ale był skutecznie wykorzystywany przez rabusiów, kłusowników i przemytników oraz przez wojskowych do łączności, zwiadu, transportu, zadań saperskich a nawet bojowo.

Holandia XVII w Zimy były bardzo ciężkie, porty w Holandii zamarzały, a powstający w warunkach pływów przybrzeżny lód uniemożliwiał dopłynięcie łodzi do brzegu. Żeglarsstwo lodowe w Holandii zaczęło się od przeciągania łodzi po takim lodzie i po kanałach.

Stany Zjednoczone XIX w Jak opisuje S.C.Smith w swojej książce „Ice Boating”, konieczność dostarczania zaopatrzenia do stacji ratownictwa brzegowego przez częściowo zamarzniętą cieśninę to znaczy, przez obszary wody, lodu, znów wody spowodowała konieczność zastosowania takiej płaskodennej łodzi którą można by wyciągnąć z wody na mocny lód i ciągnąć ją dalej po lodzie. Pod dnem łodzi umocowano cztery równoległe płozy a bukszpryt tak wydłużono i wymodelowano aby w każdej sytuacji można z niego było zejść na mocny lód a łódź wciągnąć. Kolejnym krokiem było wyposażenie łodzi w żagle. Tak narodził się uniwersalny środek transportu zwany SCOOTER - nie Skeeter!, który następnie został zaadaptowany przez sportowców. Tak wygląda upiększona przez S.C.Smitha wersja powstania Scootera. Wersja nieupiękuszona mówi, że twórcami Scootera byli rabusie ograbiający rozbite u wybrzeży Long Island statki. Tak więc ludziom o niezbyt czystych sumieniach zawdzięczamy powstanie typu ślizgu lodowego Scooter używanego w Ameryce.

Zatoka Fińska W XIX w. obszar działania przemytników, którzy w zimie przesiadali się z łodzi na szybkie ślizgi lodowe. Jak opisują historycy poważną przeszkodą na zatoce była powstająca na środku potężna szczelina. Umiejętnie odcięte tafle lodu służyły przemytnikom za mosty pontonowe. W okresie II wojny część zatoki zwana Newską Gubą była obszarem działań rosyjskich wojsk broniących Leningradu. Działały dwa oddziały bojerowe - razem 32 ślizgi transportowe używane do zwiadu, przewożenia żołnierzy, wysadzania min na torach wodnych. Gdy zamarzło jezioro Ładoga

ślizgi te przeznaczono do zadań transportowych jak przewóz zaopatrzenia i ewakuacja ludzi z oblężonego miasta.

Zalewy Wiślany i Kuroński Na Zalewie Wiślanym przed I wojną jak pisze Erik von Holst żeglowało ponad 200 ślizgów lodowych z przeznaczeniem do działań gospodarczych jak, transport zboża, paszy, mąki przez Zalew oraz do zadań związanych z rybactwem, przewóz sieci i ryb. Na Zalewie Kurońskim musiało być podobnie.

W okresie II wojny światowej obydwie akweny były terenem działań wojennych. Ślizgi lodowe wykorzystywała armia niemiecka do celów łączności a w 1945 r uczestniczyły one przy ewakuacji ludności na półwyspy. Na zachowanych filmach z ewakuacji widać, że używane ślizgi wyposażone były w grot i fok i dużą platformę do przewozu towarów i że rozwijały bardzo duże szybkości.

Jezioro Pejpus zwane również Czudskim na pograniczu Estonii i Rosji jak pisze Erik von Holst było w okresie wielkiej wojny (I wojna światowa) obszarem działania oddziałów pruskich wykorzystujących ślizgi lodowe wyposażone w broń maszynową.

Kalendarium - skrót

1605 Miedzioryt Christoffela van Sichema przedstawiający ślizg lodowy z 11 pasażerami.

1614 Obraz „Zima” Adriana van de Venne przedstawiający ślizg lodowy.

1674 Włoski dyplomata Lorenzo Magalotti informuje o istnieniu w Sztokholmie żeglarstwa lodowego.

1698 Car Piotr I (1672-1725) po powrocie z pobytu w Holandii wprowadza żeglarstwo lodowe w Rosji stosując tradycyjne rozwiązania holenderskie.

1768 Frederik Henryk af Chapman zamieszcza w swojej „Architectura Navalis Mercatoria” wydanej w Sztokholmie rysunki techniczne holenderskiego ślizgu lodowego.

1775 Na rzece Hudson holenderscy emigranci wykorzystują ślizgi lodowe

1825 Początek rozwoju transportu na ślizgach lodowych w szwedzkich szkerach. Powstanie pierwszych konstrukcji w Szwecji do celów sportowych

1819 - 1890 Na liście okrętów floty w Rosji znajdują się ślizgi lodowe. Największy woział 12 ludzi i rozwijał 60 km/godz.

1830 Nadzorca rybacki Wilhelm Beerbohm z nad Zalewu Kurońskiego, skutecznie zwalcza kłusowników rybnych przy pomocy ślizgów lodowych. Tu należy szukać przyczyn rywalizacji w budowie coraz szybszych ślizgów lodowych. O Wilhelmie Beerbohmię przez ponad 100 lat śpiewano ballady żeglarskie.

1881 Orange Ice Yacht Club (USA) organizuje pierwsze mistrzostwa świata w żeglarstwie lodowym.

1881 Petersburski Rieczny Yacht Klub przeprowadza w ujściu Newy regaty bojerowe na dystansie 32 wiorst(ponad 34 km).

1888 W Rewlu (Tallin) powstaje E.S.Y.C. „Estländischen See Yacht Club”, który rozwijał działalność w żeglarstwie lodowym.

1888 Punkt w czasie, który uważa się za początek powstania żeglarstwa lodowego w Prusach. W bilansie otwarcia 12 akwenów, 29 stowarzyszeń, ponad 2000 członków i blisko 500 ślizgów.

1896/97 Pierwszy jacht lodowy na obszarze Czech.

1897 Pierwszy jacht lodowy na jeziorach mazurskich.

1923 W warsztacie Ottona Weilanda powstaje sześć ślizgów lodowych.

1929 Powstaje Europejska Unia Jachtingu Lodowego, która wprowadza przepisy i jednolity (europejski) podział na klasy ślizgów.

1931 Erik von Holst na zlecenie E.U.J.L. konstruuje ślizg MONOTYP XV.

1936 USA - Powstaje ślizg lodowy DN60, który zrewolucjonizował żeglarstwo lodowe.
 1937 USA - Organizacje żeglarstwa lodowego (Eastern Ice Yacht Association i Northwestern Ice Yacht Association) przyjmują jednolity (amerykański) podział na klasy.
 1936 Polski Związek Żeglarski członkiem Europejskiej Unii Jachtingu Lodowego (Europeische Eissegel Union).
 1938 „Stocznia Łodzi” J.Lahna w Chojnicach buduje 10 Monotypów XV dla Oficerskiego Yacht Klubu w Charzykowych.
 1938 Konstruktor lotniczy i jachtowy Tadeusz Sołtyk buduje swoje pierwsze ślizgi lodowe w tym jeden z płożą sterową na dziobie.
 1966 Początek ery ślizgu lodowego DN w Polsce.
 1967 Początek ery DN w ZSRR.
 1974 Ostatnie Mistrzostwa Polski na Monotypach XV.
 1992 Haapsalu, 22 sierpień - Powstanie IM-XVIYRA (International Monotype-XV Ice Yacht Racing Association) bez udziału Polski i wznowienie Mistrzostw Europy M-XV EC.
 2008 Pierwsze Mistrzostwa Świata M-XV WC na Monotypach XV w Szwecji i powierzenie Polsce organizacji kolejnych M-XV WC w 2009 r.
 ??? Mistrzostwa Polski na Monotypach XV.

LITERATURA POŚWIĘCONA ŻEGLARSTWU LODOWEMU

Poniżej zestawiono możliwie kompletnie literaturę poświęconą żeglarstwu lodowemu.

A. KSIĄŻKI, SKRYPTY

Wydawnictwa Krajowe:

1. Komisja Jachtingu Lodowego P.Z.Ż - praca zbiorowa.: Żeglarstwo na lodzie. Skrypt wydany z zasiłku P.U.W.F. Warszawa 1937 r.
2. Osiński M.: Żeglarstwo lodowe. wyd.GKKF 1951 r.
3. Dudzic T.: Żeglarstwo lodowe w L.P.Ż. wyd L.P.Ż. 1954 r.
4. Kurski W., Eisele K.: Biuletyn szkoleniowo metodyczny dla instruktorów żeglarstwa lodowego. wyd. G.O.Z.Ż. Gdańsk – Gdynia 1972 r.
5. Kantorysiński A., Rakowski P., Rzędzicki A.: Żeglarstwo lodowe. Skrypt wydany przez Lubelski Okręgowy Związek Żeglarski, Lublin 1974 r.
6. Kurski W.: Wybrane zagadnienia teorii żeglowania. Skrypt wydany przez Akademię Wychowania Fizycznego w Gdańsku, Gdańsk 1986 r.
7. Kurski W.: Żeglarstwo lodowe. Skrypt wydany przez Akademię Wychowania Fizycznego w Gdańsku, Gdańsk 1993 r.
8. Kuźnicki Wojciech.: Bojery. Almapress, Warszawa 1997 r.

Wydawnictwa Zagraniczne:

1. Erik von Holst.: Die Eisyacht. Verlag Klasing & CO, Berlin 1925, Der Nachdruck Februar 1984.

2. Markus Joahim Tidick: Auf rasender Kufe. Grenzlandverlag GUSTAW BOETTCHER, Pillkallen–Ostpr. 1936.
3. Markus Joahim Tidick: Schneller als der Wind. 3 Auflage wyd. Klasing Co Bielefeld Berlin 1972
4. Korowielskij D.N.: Bujernyj Sport. wyd. Fizkultura i Sport, Moskwa 1969.
5. Smith S.C.: Ice Boating. D.Van Nostrand Company, Toronto, New York, London.
6. Leola Peeter.: The Winds of Ice Fields - czterojęzyczny. Eesti Raamat, Tallin 1980.

B. ARTYKUŁY NAUKOWE

1. Kurski W.: Wybrane zagadnienia aerodynamiczne jednostek żaglowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Gdańskiej 278, Budownictwo Okrętowe XXVII 1977 r.
2. Kurski W.: Wpływ prędkości jazdy ślizgu lodowego na siły aerodynamiczne. Zeszyty Naukowe A.W.F. w Gdańsku Nr.12/1990.
3. Kurski W.: Wpływ prędkości jazdy na równowagę poprzeczną ślizgu lodowego. Zeszyty Naukowe A.W.F. w Gdańsku Nr.12/1990.
4. Kurski W.: Aspekty techniczne rekordów prędkości ślizgów lodowych. Akademia Wychowania Fizycznego w Gdańsku, Rocznik Naukowy Tom III 1994 r.
5. Kurski W.: Analiza pracy wybranych typów płozownic ślizgów lodowych. Żeglarsstwo – Interdyscyplinarny Przedmiot Badań. IV Międzynarodowe Seminarium Badania Naukowe w Żeglarsztwie. Akademia Wychowania Fizycznego, Gdańsk 1998.

C. ARTYKUŁY POPULARNE

Wydawnictwa krajowe

1. Weiland O.: 100 kilometrów na godzinę. „Regaty ” Nr.2/1957.
2. Biały Z.: Bojerowe Mistrzostwa Polski z udziałem zagranicy. „Regaty ” 3/57.
3. Sieradzki J.: Refleksje bojerowe. „Żagle” 11 – 12 / 57.
4. Turketti S.: Szybciej od wiatru. „Żagle” 2 – 3 / 61.
5. Turketti S.: Bojery. „Żagle” 5/63.
6. Łobożewicz T., Urbaniak W.: Wstępne wyniki eksperymentu nad ustaleniem tabeli doboru płóz bojerowych. „Żagle” 11/71.
7. Kurski W.: Teoria i rzeczywistość. „Żagle” 2/71.
8. Kurski W.: Oceniamy właściwości ślizgu. „Żagle” 1/72.
9. Kurski W.: Przewidujemy warunki lodowe. „Żagle” 12/72.
10. Kurski W.: Uwagi o żegludze na ślizgu lodowym. „Żagle i Jachting Motorowy” 11/78.

11. Kurski W.: Aeropłaty na ślizgach lodowych., „Żagle i Jachting Motorowy” 12/79
12. Kurski W.: Rozwój ślizgów z płozą sterową na dziobie., „Żagle i Jachting Motorowy” 2/80.
13. Kurski W.: CLAREL – Czy tylko mit?., „Żagle i Jachting Motorowy” 11 – 12/80
14. Kuźnicki W., Ulanowski J.: Tarcie w praktyce bojerowej., „Żagle i Jachting Motorowy” 2/79.
15. Kuźnicki W.: Praktyka doboru płóz w ślizgu klasy DN., „Żagle i Jachting Motorowy” 11/79.
16. Kuźnicki W.: Locja lodowa i bezpieczeństwo w żeglarstwie lodowym., „Żagle i Jachting Motorowy” 12/79.
17. Kuźnicki W.; Awarie w żeglarstwie lodowym., „Żagle i Jachting Motorowy” 3/80.

Wydawnictwa zagraniczne

1. Korowielskij D.N.: W czetyryje raza bystree wietra., „Katiera i Jachty” Nr 2 str 158.
2. Iwanow P.S.: O wybore gidrodinamiczeskowo profila žiestkich bujernih parusow., „Katiera i Jachty” Nr 3 str 123. (W artykule tym wykryto poważne błędy w zakresie teorii przy przeliczaniu właściwości aerodynamicznych aeropłata)
3. Tetsman A.W.: Konstrukcji Bujerow., „Katiera i Jachty” Nr 3 str 128.
4. Korniejenko N.N., Łobacz–Żuczenko: Bujernyj sport w Amerikie., „Katiera i Jachty” Nr 5 str 163.
5. Grigoriew N.W.: Woprosy teorii bujera s žiestkim kryłom., „Katiera i Jachty” Nr 5 str 107.
6. Łapin W.I.: Krylia na ldu., „Katiera i Jachty” Nr.7 str 130.
7. Tjuftin M.S.: 200 km w czas na bujere., „Katiera i Jachty” Nr 15 str 92.
8. Kuda idut bujernyje dorogi., „Katiera i Jachty” Nr 15 str 97.
9. Kazarin M.K.: Bujer kłasa DN – 60., „Katiera i Jachty” Nr 15 str 102.
10. Tetsman A.W.: Asy lediannyh dorog., „Katiera i Jachty” Nr 35 str 52.
11. Berlińskij M.A.: Bujer DN w sportiwnom kolektiwie., „Katiera i Jachty” Nr 42 str 52.
12. Artykuły w piśmie „Katiera i Jachty” w numerach: 45, 46, 47, 51, 57, 63, 69, 75, 81, 87.

D. NOWELE I OPOWIADANIA

Wydawnictwa krajowe

1. Głowacki W.: Narocz zimą; „Żagle 3/60.
2. Mioduszewski S.: Szybciej od wiatru. Nowelka zamieszczona w książce tegoż autora pt. Pochyły Rejs Wydawnictwo L.P.Ż. 1954 r.

E. INNE OPRACOWANIA

1. Kurski W.: Tablice pomocnicze do szkolenia na stopień sternika lodowego w zakresie teorii żeglowania i manewrowania ślizgiem. Tablice 32 sztuki.
2. Kurski W.: Wiadomości o zjawiskach lodowych. Maszynopis 31 stron.
3. Kurski W.: Uwagi o szkoleniu podstawowym w żeglarskim lodowym. Maszynopis 26 stron. Powyższe opracowania są dostępne u autora na prawach rękopisu.
4. Turketti S.: Technika prowadzenia i obsługi ślizgu oraz technika regatowa w żeglarskim lodowym. Praca magisterska wykonana w AWF Warszawa
5. Kosecki Dariusz: Dobór masztu ślizgu DN do zawodnika. Praca dyplomowa trenerska obroniona w A.W.F.i S. w Gdańsku w 2002 r.
6. Kosecki Dariusz: Kryteria doboru płozownicy ślizgu DN do warunków żeglugi i zalecenia technologiczne. Praca dyplomowa magisterska obroniona w A.W.F.i S. w Gdańsku w 2004 r.
7. DN – Przepisy Klasowe. Wydane przez G.K.Ż.L. Polskiego Związku Żeglarskiego.

F. TŁUMACZENIA

1. Gronenberg K.: Początki sportu żeglarskiego na lodzie – Otwarte pytanie. Stron 4.
2. Scharnick L.: Żeglarsko i żeglarsko lodowe. Stron 9.
3. Tidick M.J.: 170 kilometrów na godzinę. Stron 2.
4. Astratow N.: Żagle na drodze życia. Stron 4.

Powyższe tłumaczenia są dostępne w formie maszynopisu u niżej podpisanego.

G. STRONY INTERNETOWE

www.bojery.pl/
www.eissegehn.de/
www.monotype-xv.org/
www.eissegehmuseum.de/
www.landsegler.de/

Bibliografię zestawiał Witold Kurski listopad 94 r.

Uaktualniono marzec 2005 r.

Materiały Szkoleniowe — Żeglarstwo Lodowe

WITOLD KURSKI

lipiec 2006

Opracowanie na prawach rękopisu
dla instruktorów żeglarstwa lodowego.

1 POWSTAWANIE I ROZWÓJ WARUNKÓW LODOWYCH

1.1 Zamarzanie jezior

1.1.1 Zamarzanie wody

Woda przyjmuje postać lodu w szerokim zakresie ciśnień i temperatur, jednakże dla istnienia warunków lodowych znaczenie posiada jedynie zakres ciśnień około jednej atmosfery. Zjawiska zachowania się lodu pod ciśnieniem wielu atmosfer są ważne przy badaniu oddziaływania płoż ślizgu w miejscu styku z lodem.

Wraz z obniżaniem się temperatury wody słodkiej następuje jej zamarzanie przy 0°C . Zmiany gęstości wody poprzedzające jej zamarzanie przedstawiono na rysunku 1 z zaznaczeniem charakterystycznej temperatury $+4^{\circ}\text{C}$, zwanej temperaturą inwersji, przy której gęstość wody słodkiej jest największa.

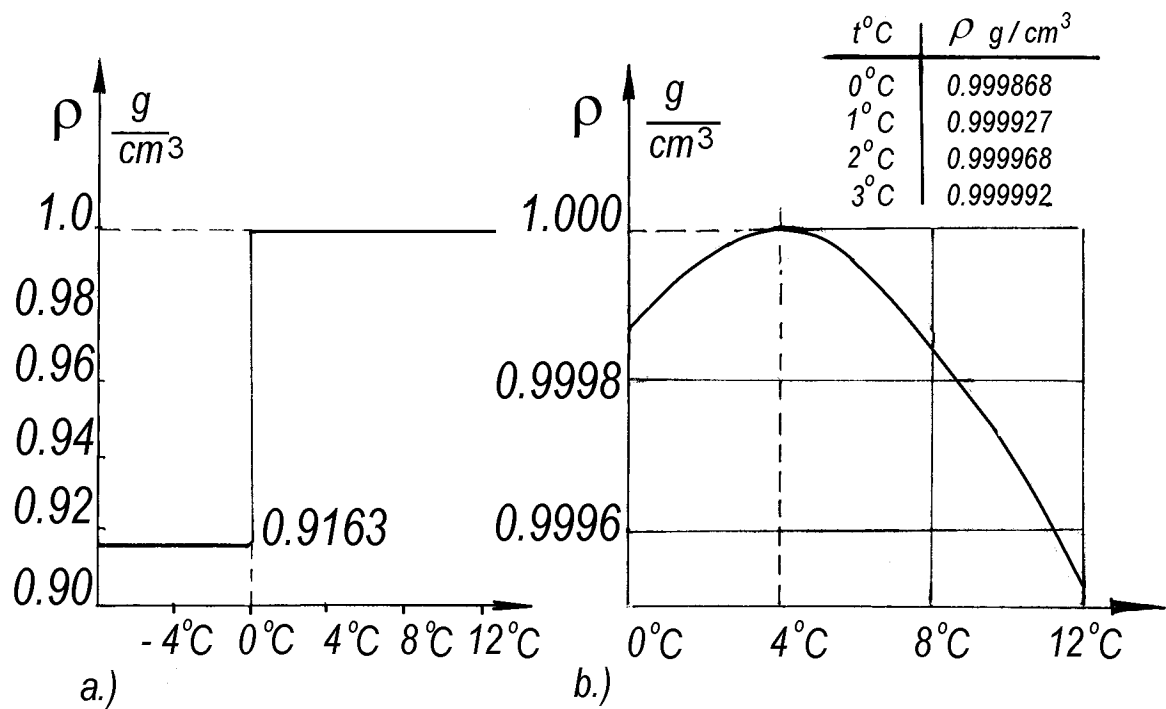
Temperatura inwersji wody słodkiej jest wyższa od temperatury zamarzania, co pozwala masom wody o zakresie temperatur od zera do czterech $^{\circ}\text{C}$, utrzymywać się bliżej powierzchni, powyżej mas o temperaturze wyższej, to jest 4°C , zalegających na dnie. Taki rozkład temperatur jest charakterystyczny dla rzek i słodkowodnych jezior.

Różne dodatki, a w szczególności sól, powodują zmiany w temperaturach inwersji i zamarzania. Ze wzrostem zasolenia temperatura inwersji maleje szybciej niż temperatura zamarzania i stają się one sobie równe przy zasoleniu 24.7‰, patrz rys.1 i literatura [8]. Oznacza to, że w wodzie morskiej o zasoleniu większym, bo wynoszącym 30‰, nie istnieje zjawisko inwersji temperatury, a więc lód powstaje tam odmiennie niż na jeziorach, bowiem chłodniejsza woda jako cięższa opada do dna, wypychając cieplejszą wodę ku powierzchni, co opóźnia zamarzanie.

1.1.2 Etapy zamarzania jeziora

Zamarzanie jezior następuje dzięki wymianie ciepła z otoczeniem i odbywa się w kilku etapach:

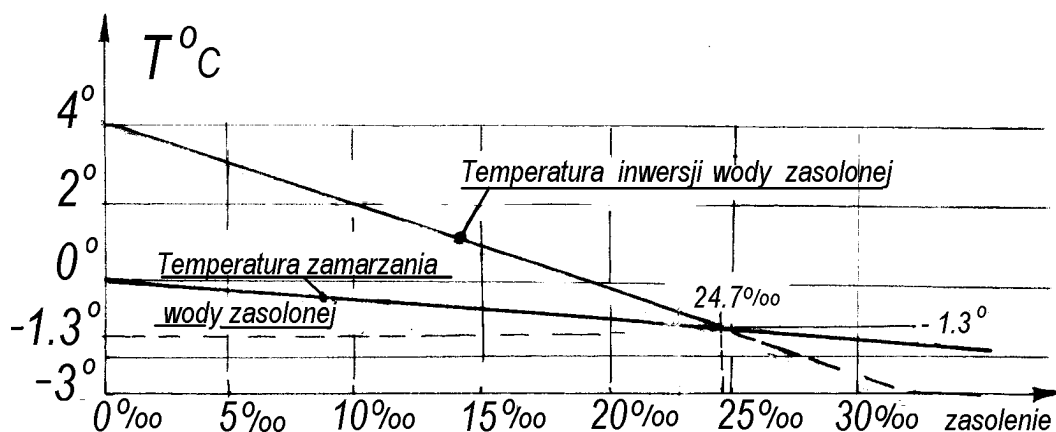
1. Wychłodzenie wody w jeziorze do $+4^{\circ}\text{C}$. Zanim to nastąpi to masy wody w jeziorze znajdują się w stanie równowagi trwałej przy zaleganiu cieplejszych mas wyżej. Ruch ciepła odbywa



Rysunek 1: Zmiany gęstości wody słodkiej wg E. Poundera

Tabela 1: Gęstość wody słodkiej w g/cm³ w otoczeniu punktu inwersji

$t^{\circ}\text{C}$	.00	.10	.20	.30	.40	.50	.60	.70	.80	.90
0	0.999868	874	881	887	893	899	905	911	916	922
1	927	932	936	941	945	950	954	957	961	965
2	968	971	974	977	980	982	985	987	989	991
3	992	994	995	996	997	998	999	999	000	000
4	1.000000	000	000	999	999	998	997	996	995	993
5	0.999992	990	988	986	984	982	979	977	974	971
6	968	965	962	958	954	951	947	943	938	934
7	929	925	920	915	910	904	899	893	888	882
8	876	870	864	857	851	844	837	830	823	815



Rysunek 2: Zamarzanie wody słonej wg E. Poundera

się przede wszystkim dzięki procesom konwekcyjnym i przez mieszanie się wody wskutek falowania wiatrowego.

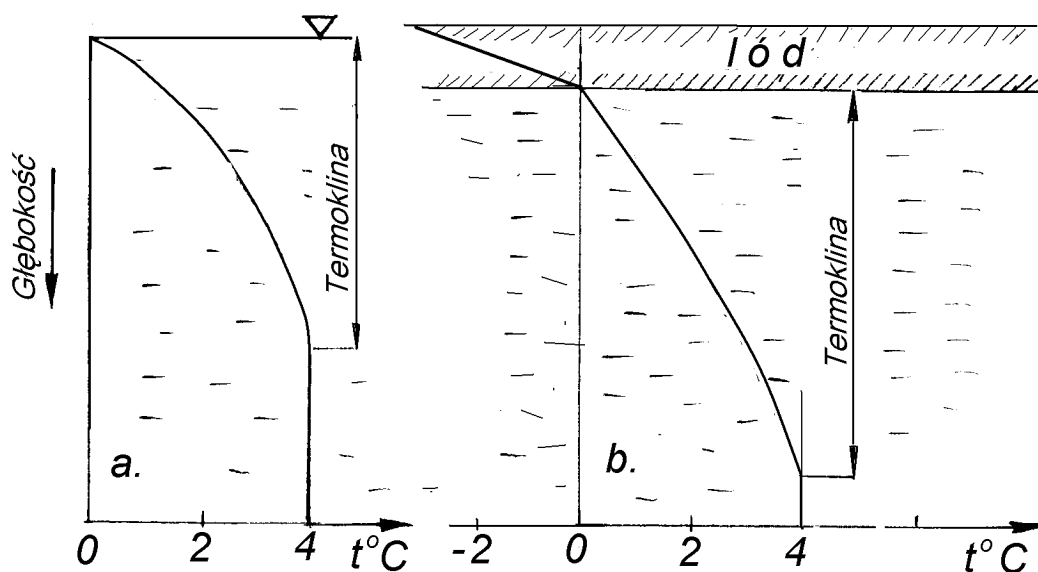
2. Gdy cała masa wody rozpatrywanego rejonu osiągnie $+4^{\circ}\text{C}$, woda przyjmuje stan równowagi obojętnej.
3. Przy dalszym ochłodzeniu jeziora powierzchniowe warstwy stają się chłodniejsze niż $+4^{\circ}\text{C}$, a więc lżejsze niż woda zalegająca niżej i jezioro osiąga ponownie równowagę stałą, ale przy zaleganiu chłodniejszych mas bliżej powierzchni. Wymiana ciepła z otoczeniem następuje pod wpływem mieszania się powierzchniowych warstw wody pod wpływem wiatru lecz bez rozwiniętych procesów konwekcji. W wymianie ciepła przewodnictwo i promieniowanie posiadają także istotne znaczenie. Górną warstwę wody, charakteryzującą się tym, że ze wzrastającą głębokością jej temperatura wzrasta, nazywamy termokliną, patrz rys.3.
4. Gdy powietrze jest dostatecznie chłodne na powierzchni wody zaczynają tworzyć się igiełki lodowe, które łącząc się przyjmują postać skórki lodowej, a potem ścisłej pokrywy lodowej, patrz rys.3.

1.2 Równowaga termiczna i grawitacyjna jeziora

O trwałości lodu i o zjawiskach lodowych decyduje grubość termokliny, która oddziela ciepłą wodę, o temperaturze $+4^{\circ}\text{C}$ (mogącą zniszczyć lód), od pokrywy lodowej. Termoklina może być naruszona przez dopływ ciepła lub też w sposób mechaniczny przez zmieszanie wody. Dla oceny trwałości warunków termicznych wprowadzono pojęcia charakteryzujące równowagę mas wody, a więc ich stabilności.

Ponieważ naruszenie równowagi może nastąpić wskutek dopływu ciepła lub też wskutek działania mechanicznego (mieszanie wody), wprowadzono dwa pojęcia stabilności [6]:

- a. STABILNOŚĆ TERMICZNA;
- b. STABILNOŚĆ GRAWITACYJNA.



Rysunek 3: Powstawanie termoklinu i zalodzenia

Stabilność termiczną mierzy się ilością ciepła, a stabilność grawitacyjną ilością pracy i odnosi do jednego metra kwadratowego akwenu. Stabilności te zależą od głębokości zbiornika, kształtu zbiornika i historii pogody.

Jeżeli przedstawimy przez Δ różnicę wysokości pomiędzy środkiem objętości wody i środkiem masy wody jeziora, patrz rys.4, to stabilność grawitacyjną S_g według [6] określamy ze wzoru:

$$S_g = \frac{M \cdot g \cdot \Delta}{F} \quad \left[\frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{m}^2} \right]$$

gdzie:

M – masa wody w jeziorze;

g – przyspieszenie ziemskie;

Δ – różnica wysokości pomiędzy środkiem masy i środkiem objętości wody jeziora;

F – powierzchnia akwenu.

W przypadku zamarzającego jeziora Δ jest spowodowane grubością termokliny. Im termoklina jest grubsza tym większa jest wartość Δ , a więc i stateczność jest większa. Na początku okresu zalodzenia termoklina jest cienka i dlatego lód nie jest bezpieczny. Zalodzeniu jeziora towarzyszy powolne lecz stałe narastanie grubości termokliny, a więc wzrasta stateczność grawitacyjna. Dla płytkich jezior oraz zalewów, wskutek małej głębokości, narastająca termoklina szybko dosięga dna i stabilność grawitacyjna jest mała, gdyż wyznacza ją głębokość zbiornika. Z kolei dla jezior głębokich termoklina może narastać bez przeszkód i może być osiągnięta duża stabilność grawitacyjna.

Inną miarą stabilności warunków lodowych jest stabilność termiczna. Dla rozpatrywanego akwenu liczy się ją jako ilość ciepła, którą należy doprowadzić, aby cała woda znalazła się w równowadze obojętnej, to znaczy aby osiągnęła temperaturę $+4^\circ\text{C}$. Tę ilość ciepła odnosi się do jednego metra kwadratowego akwenu.

$$S_t = \frac{Q}{F} \quad \left[\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2} \right]$$

gdzie:

S_t – stabilność termiczna;

Q – ilość ciepła, którą należy doprowadzić do jeziora, aby osiągnąć stan równowagi obojętnej;

F – powierzchnia akwenu.

O stabilności termicznej, po utracie której lód jest topiony od spodu, decyduje ilość ciepła jaką należy doprowadzić, aby masa wody warstwy termokliny została podgrzana do $+4^{\circ}\text{C}$.

Oczywistym jest, że dla płytkich akwenów stabilność termiczna jest mała i niewielki dopływ ciepła przez promieniowanie lub dopływ ciepłej wody w okresach topnienia śniegu może również naruszyć stabilność termiczną. Z kolei w jeziorze głębokim przy grubej warstwie termokliny ilość ciepła, którą należy doprowadzić aby jezioro znalazło się w równowadze obojętnej jest znacznie większa i dlatego jezioro głębokie charakteryzować się będzie znacznie większą stabilnością termiczną. Pojęcie stabilności termicznej można odnieść do warunków termicznych w ciągu całego roku, także w lecie, a nie tylko w porze zimowej i oblicza się ją wtedy jako ilość ciepła, którą należy odprowadzić od wody aby schłodzić jezioro do $+4^{\circ}\text{C}$.

Pochodną pojęcia stabilności termicznej jest w klasyfikacji jezior [6] pojęcie termicznej głębokości jeziora, która jest określona przez różnicę temperatur ΔT w warstwie przydennej.

$$\Delta T = T_l - T_z$$

gdzie:

T_l – jest temperaturą przydennej warstwy wody w okresie termicznej stagnacji (lato);

T_z – jest najniższą temperaturą przydennej warstwy wody w okresie istnienia pokrywy lodowej.

Zależnie od różnicy temperatur ΔT klasyfikujemy jeziora na :

1. Jeziora termicznie bardzo głębokie

$$\Delta T \cong 0^{\circ}\text{C}$$

W okresie całego roku temperatura przydennych warstw wody waha się około $+4^{\circ}\text{C}$, natomiast rzeczywiste głębokości jezior termicznie bardzo głębokich wahają się od 10 m do 50 m.

2. Jeziora termicznie głębokie, jeżeli:

$$0.5^{\circ}\text{C} < \Delta T < 5^{\circ}\text{C}$$

W jeziorach należących do tej grupy woda rozdziela się w lecie na warstwy, a temperatura przydennej warstwy wody w zimie waha się od 2°C , zaś w okresie letniej stagnacji od 4.5°C do 7°C .

3. Jeziora termicznie średnio głębokie, jeżeli:

$$5^{\circ}\text{C} < \Delta T < 15^{\circ}\text{C}$$

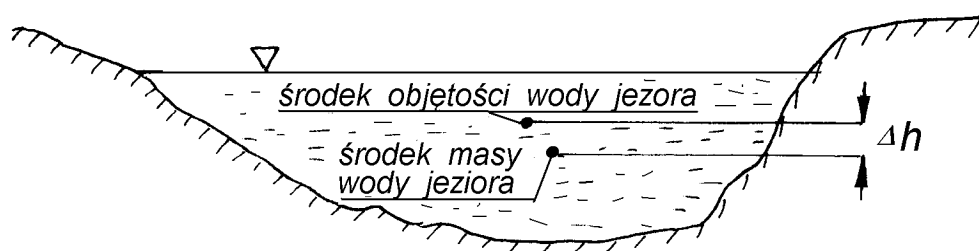
Geometryczne głębokości takich jezior mogą sięgać nawet do 30 m. Temperatura wody w warstwie przydennej w środku lata osiąga od 8°C do 17°C , zaś zimą od 1°C do 2°C .

4. Jeziora termicznie płytkie jeżeli:

$$\Delta T \cong 20^{\circ}\text{C}$$

Temperatura wody warstwy przydennej w lecie jest bliska temperatury warstwy powierzchniowej, zaś zimą obniża się poniżej $+1^{\circ}\text{C}$.

Znajomość głębokości oraz stabilności termicznej danego akwenu ułatwia przewidywanie warunków lodowych.



Rysunek 4: Do pojęcia stateczności grawitacyjnej

Tabela 2: Szybkości przyrostu lodu w [mm/h]

Grubość lodu w [cm]	-5 °C	-10 °C	-15 °C	-20 °C	-25 °C
5	2.60	5.20	7.80	10.40	13.00
10	1.30	2.60	3.90	5.20	6.50
15	0.87	1.74	2.60	3.50	4.30
20	0.65	1.30	1.95	2.60	3.25
25	0.52	1.04	1.56	2.08	2.60
30	0.43	0.86	1.30	1.73	2.16
35	0.37	0.74	1.11	1.49	1.86

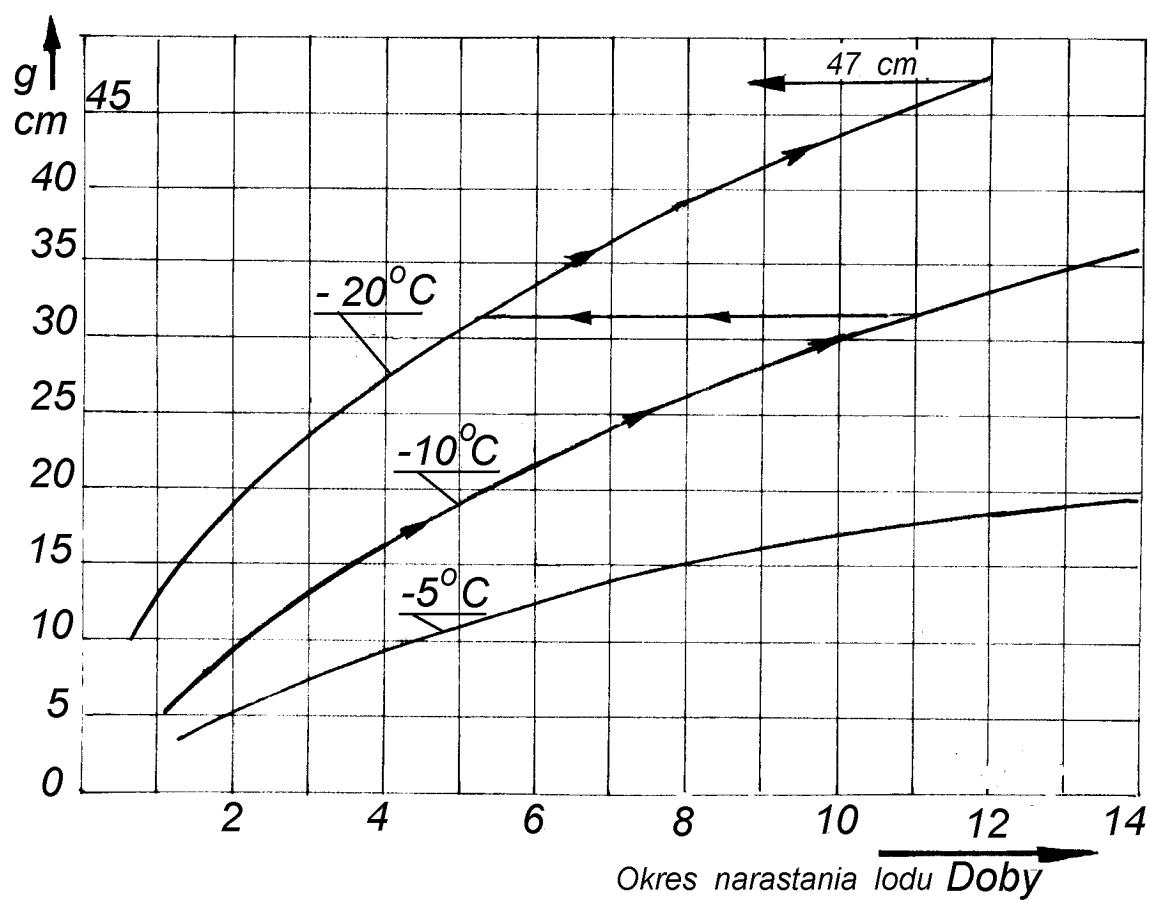
1.3 Narastanie pokrywy lodowej

Gdy panują temperatury ujemne to igiełki lodowe na powierzchni wody łączą się w małe kryształki tworzące siateczkę, a ta zasklepiając swoje oczka przekształca się w skórę lodową. Systematyczne umacnianie skórki następuje drogą narastania od dołu dalszych partii igieł. W ten sposób powstaje skorupa lodowa na wodach stojących.

Narastanie lodu przy małych jego grubościach, z początku bardzo szybkie, ulega zwolnieniu gdy lód staje się grubszy, ponieważ ciepło wędrować musi od mas wody do powietrza przez coraz grubszą warstwę lodu. W tablicy 2 podano obliczone teoretycznie szybkości narastania pokrywy lodowej w zależności od grubości tej pokrywy i temperatury na górnej powierzchni lodu. Oczywiście, temperatura powietrza kilka cm nad powierzchnią lodu będzie znacznie niższa, gdyż prawie nieruchoma warstewka powietrza stawia znaczny opór przepływowi ciepła.

Te wartości obliczone teoretycznie są zawyżone, gdyż w rzeczywistości oprócz ciepła topnienia należy jeszcze odprowadzić z samej masy lodu pewną ilość ciepła, aby wytworzyć odpowiedni rozkład temperatur, oraz dopływające do lodu od strony wody ciepło wskutek pogrubiającej się termokliny.

Na rysunku 5 można odczytać grubość warstwy lodu w zależności od temperatury powietrza bezpośrednio nad lodem i od czasu. Wykres ten wolno stosować gdy na lodzie nie znajduje się pokrywa śnieżna hamująca przepływ ciepła. Korzystając z wykresu można rozwiązywać różne zadania i określić grubość lodu, gdy znamy historię temperatury.



Rysunek 5: Narastanie pokrywy lodowej w zależności od średniej dobowej temperatury powietrza

Przykład: Znaleźć grubość warstwy lodu, jeżeli wiadomo, że w ciągu jedenastu dni od początku zalodzenia średnia dobową temperatura wynosiła -10°C , a w ciągu następnych siedmiu dni wynosiła -20°C .

ROZWIĄZANIE: Przesuwając się po linii -10°C znajdujemy po jedenastu dniach od pojawienia się lodu grubość 32 cm. Następnie przesuwamy się po linii poziomej do krzywej -20°C i dalej po krzywej -20°C o siedem dób w prawo. Wynik: 47 cm.

Polska leży w umiarkowanej strefie klimatycznej, jednakże osobliwości mikroklimatu, zróżnicowanie hydrologiczne oraz odmienne historie rozwoju warunków lodowych powodują, że w miejscowościach znajdujących się niedaleko od siebie istnieją odmienne warunki lodowe. Przykładem są tutaj Zatoka Pucka, Zalew Wiślan i jeziora na wyżynie. Łód na Zalewie Wiślanym może zniknąć w środku zimy wskutek wiatrów sztormowych a następnie ponownie pojawić się. Występują wtedy doskonałe warunki lodowe, gdy w tym czasie na jeziorach zalegający śnieg uniemożliwia żeglowanie.

Z kolei na jeziorach mazurskich objętych zatoką polarnego klimatu warunki lodowe utrzymują się nawet do końca marca, gdy łód na Zalewie Wiślanym utrzymuje się najdłużej do 20 marca. Bywały zimy na Mazurach w zeszłym stuleciu gdy łód zalegał od połowy grudnia do połowy kwietnia; ponownie, po okresie ciepłych zim, w Węgorzewie rozgrywano regaty bojerowe 8 kwietnia 2006 roku. Uczni doszukują się cykli siedmioletnich i chyba niewiele się w przyrodzie zmienia, gdyż Erik von Holst narzeka w swoich opracowaniach na słabe zimy w latach dwudziestych i trzydziestych. Z braku zalodzenia na Mazurach w sezonie 1939 r nie odbyły się żadne regaty bojerowe, a na początku lat czterdziestych mrozy sięgające -40°C utworzyły taki łód, że na bojerach żeglowano z Kłajpedy po Bałtyku w promieniu kilkudziesięciu kilometrów.

Poszukując miejsc występowania dobrych warunków lodowych należy zwrócić uwagę na trwałe i stabilne warunki lodowe mogące wystąpić w dolinach górskich przez długi okres, bo od połowy listopada do połowy kwietnia. Potwierdziły to wyprawy do Włoch naszych surfistów i kitesurfistów lodowych. Jest to spowodowane osobliwościami mikroklimatu dolin górskich i silnym wychłodzeniem podczas długich zimowych nocy, jak to ma miejsce np. w Polsce w Dolinie Nowotarskiej.

1.4 Zakłócenia w równowadze mas wody jezior

W efekcie zmniejszenia grubości lub zaniku termokliny zaczyna do lodu dochodzić ciepło od strony wody, powodując jego topnienie. Czynniki termiczne jak np. bezpośredni dopływ ciepła oraz mechaniczne powodujące ruchomość warstw wody i jej mieszanie wpływają na zmniejszenie grubości termokliny lub jej zanik.

Do zniszczenia termokliny dochodzi z reguły przy ujściach rzek, strumieni i kanałów. Przy minimalnej różnicy w gęstościach wody cieplej 1.000000 g/cm^3 i zimnej o temperaturze 0°C wynoszącej 0.999868 g/cm^3 , nawet słaby prąd wody spowoduje takie jej zmieszanie, że następuje w obrębie ujść zlikwidowanie termokliny i zniszczenie bądź pocienienie pokrywy lodowej. Rozciągłość pozioma tych zjawisk może być bardzo duża – od kilku do kilkuset metrów. Dlatego należy bardzo ostrożnie badać takie miejsca jak ujścia rzek, kanałów, strumyków, wszelkie odpływy ścieków nie tylko przemysłowych ale i gospodarczych oraz systemów odprowadzających wodę z pól i łąk. Jako potencjalnie niebezpieczne należy uważać wszelkie cieśniny i miejsca pomiędzy wyspami, gdyż może wystąpić tam ruch wody. Jako niebezpieczne dla żeglugi bojerowej należy traktować tzw. jeziora przepływowe znajdujące się na trasie cieków powierzchniowych. Zapoznanie się z nowym akwenem należy zacząć od zdobycia informacji o stosunkach wodnych.

Zmiany w grubości termokliny wynikają także z dopływu ciepła. W ogólnym bilansie ciepła dochodzącego do termokliny nie można pominąć promieniowania. Ilość ciepła dochodzącego do wody w ciągu dnia zależy od kąta padania promieni słonecznych i stanu pokrywy i może być bardzo duża zwłaszcza w okresie wiosennym. Podczas bezchmurnej nocy wypromieniowanie ciepła z powierzchni lodu jest znaczne, co powoduje umocnienie pokrywy lodowej.

Energia ciepła niesiona przez promieniowanie nie jest całkowicie pochłonięta przez podłoże, lecz znaczna jej część jest odbita. Stosunek energii odbitej do energii padającej niesionej przez promieniowanie nazywamy albedo. Wartość albedo dla świeżo spadłego śniegu w rejonie zaludnionym wynosi od 0.6 do 0.7, a w Arktyce, gdzie zanieczyszczenie pyłami jest znikome, nawet 90%.

Natomiast dla śniegu topniejącego albedo wynosi zaledwie od 30% do 50%. Oznacza to, że pozostała część ciepła pochłonięta przez lód i wodę jest znaczna i w bilansie ciepła ma istotne znaczenie.

Tak więc rozwój techniki i powstające zanieczyszczenia atmosfery mają wpływ na trwałość warunków lodowych. Katastrofalny dla trwałości pokrywy jest zrzut wód chłodzących z elektrowni ciepłych do rzek i jezior. Wskutek zbudowania elektrowni ciepłych wiele akwenów przestaje istnieć jako przydatnych dla żeglarstwa lodowego. Np. znany akwen regatowy na jeziorze Kisz, pomiędzy Rygą a Zatoką Ryską przestał zamarzać po wybudowaniu obok elektrowni ciepłej. Również wpływ elektrowni zaznaczył się u ujścia Newy w Petersburgu i tylko część zatoki koło Strelny kwalifikuje się jeszcze jako akwen regatowy żeglarstwa lodowego, ale jest on już praktycznie nie używany.

1.5 Wytrzymałość pokrywy lodowej

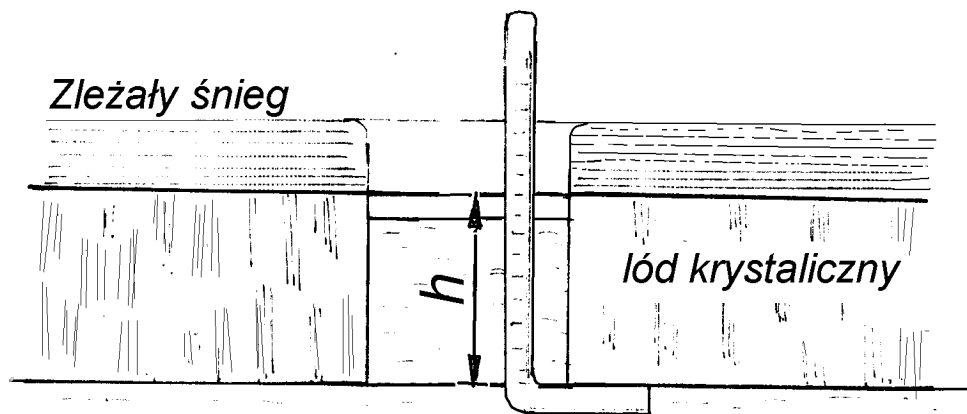
Wyniki pomiarów właściwości lodu charakteryzuje duży rozrzut i zależność od wielu czynników. Stąd nawet dla lodu słodkowodnego, zależnie od jego struktury i porowatości, wyniki pomiarów mogą się znacznie różnić. Dla temperatury nie wyższej niż -2°C dla lodu słodkowodnego piśmiennictwo [8] podaje następujące średnie wartości.

Moduł sprężystości podłużnej	$E = 10000 \text{ MPa}$
Liczba Poissona	$\nu = 0.33$
Wytrzymałość na rozciąganie	$R_m = 1.5 \text{ MPa}$
Wytrzymałość na wszechstronne ściskanie	$R_c = 3.5 \text{ MPa}$
Wytrzymałość na ścinanie	$R_s = 0.7 \text{ MPa}$
Wytrzymałość na zginanie	$R_g = 1.7 \text{ MPa}$

Pod wpływem chwilowego obciążenia statycznego lód zachowuje się jak ciało sprężyste, lecz przy dłuższej działających obciążeniach istotny wpływ na rozkład naprężeń w pokrywie lodowej mają zjawiska pełzania.

Oprócz obciążeń statycznych na lód działają obciążenia poruszające się. Przy obciążeniu statycznym działającym na lód, podpierające działanie wody można traktować jako oddziaływanie podłoża sprężystego. Jest to jednak podłoże obdarzone masą i w przypadku poruszającego się obciążenia reakcje podłoża zmieniają się na skutek wzbudzenia w pływającej warstwie lodu i w wodzie różnego rodzaju fal podobnych do tych za poruszającym się statkiem, które mogą okazać się niebezpieczne i spowodować zniszczenie lodu.

Duże rozrzuty wartości wytrzymałości lodu otrzymywane podczas badań doświadczalnych są podstawą wniosku, że w ocenie nośności pokrywy lodowej nie należy opierać się na rozważaniach teoretycznych, lecz należy korzystać z doświadczeń w warunkach naturalnych lub co najwyżej ze



Rysunek 6: Pomiar grubości lodu

wzorów półempirycznych.

Jedna z takich formułek określająca zależność pomiędzy grubością lodu a ciężarem pojazdu gąsienicowego, który może po nim przejechać z niewielką szybkością, ma postać

$$G = 0.01 \cdot h^2$$

gdzie:

G – ciężar pojazdu w tonach;

h – grubość lodu w centymetrach.

Przy przejazdach samochodów i dla ciężarów skupionych

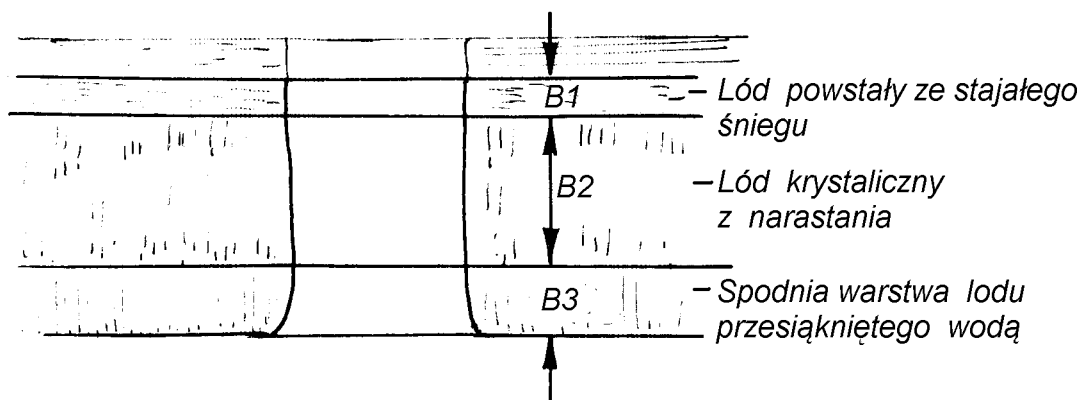
$$G = 0.0066 \cdot h^2$$

Dla ślizgu lodowego ważącego wraz z załogą 500 daN prowadzi to do wyniku $h = 8.7$ cm. Jednakże trzeba pamiętać, że ślizg lodowy nie jest pojazdem poruszającym się powoli i dlatego minimalne bezpieczne grubości lodu są większe.

Z kolei dla człowieka o ciężarze 85 kilogramów otrzymamy $h = 3.6$ cm, to jest około 4 cm. Wchodzenie jednak na tak cienki lód nie jest bezpieczne gdyż w licznych miejscach pokrywa może być cieńsza a sam lód może mieć zmienioną strukturę, co prowadzi do zarwania. Innym aspektem zagadnienia jest to, że nośność jest określona dla lodu w postaci płaszczyzny. Lód załamany, w otoczeniu przerębli ma mniejszą nośność i aby bezpiecznie stanąć w pobliżu krawędzi, jego grubość musi być znacznie większa. Wyciągnięcie ciężaru 80 kG na krawędź tak cienkiego lodu nie jest możliwe, gdyż nastąpi dalsze łamanie pokrywy lodowej. Dlatego za minimalną bezpieczną grubość uważa się w żeglarstwie lodowym 12 cm do 15 cm. Dla ślizgów lekkich wystarczą mniejsze grubości, ślizgi cięższe potrzebują grubszego lodu. S. Calhoun Smith w swojej książce ICE BOATING [9] podaje minimalną grubość lodu przydatnego do żeglugi na ślizgach od 4 do 6 cali.

W Polsce przyjęte jest uważać 12 cm jako grubość lodu bezpieczną do żeglugi na ślizgach, zaś do rozegrania regat – 15 cm na akwenach słodkowodnych. Z kolei na Zalewie Wiślanym i Zatoce Puckiej, gdzie występuje zasolenie (zresztą minimalne), za bezpieczną dla żeglugi grubość uważa się 15 cm, zaś do rozegrania regat – 20 cm.

Nie wystarczy ograniczyć się do pomiarów grubości lodu. Znacznie ważniejsza niż kilka centymetrów lodu jest pewność, że mamy do czynienia z lodem o właściwej strukturze i twardości, której powstaniu sprzyja niska temperatura. Ważne to jest dla lodu na wodach morskich, oraz na



Rysunek 7: Wielkości do określania zastępczej grubości lodu

wodach słodkich w okresie wiosennych ociepleń.

Właściwą strukturę można poznać skrobiąc lód bądź rozłupując jego kawałki, a nawet można ocenić ją po barwie i odcieniu lodu. Najpewniejszym jednak sposobem sprawdzenia nośności jest próba przebijania lodu ciężkim zaostrzonym prętem stalowym.

Oceniając właściwości lodu należy brać pod uwagę całokształt zjawisk termicznych, grubość i zasięg termoklinu oraz temperaturę powietrza. Ważny jest bowiem okres zalodzenia. W początkowym okresie zalodzenia, nawet mimo pozornie wystarczającej grubości lodu, jest on niebezpieczny, bowiem nie wytworzyła się jeszcze dostatecznie gruba termoklina. Od cieplej wody o temperaturze $+4^{\circ}\text{C}$ oddziela lód bardzo cienka warstwa termokliny, która miejscami pod wpływem lokalnych przyczyn może zostać zniszczona. Należy uznać, że w pierwszym tygodniu zalodzenia lód niezależnie od panujących temperatur jest niebezpieczny zarówno dla żeglujących na ślizgach jak i dla pieszych. Mierzac grubość lodu należy zwrócić uwagę na prawidłowość pomiaru, patrz rys.6, i nie wliczać do grubości lodu warstwy zleżalego śniegu.

Niektórzy autorzy podają empiryczne zależności na obliczenie zastępczej grubości lodu, patrz rys.7. Według D.N.Korowielskiego [2] zastępcza grubość lodu wynosi:

$$h_z = 0.5 \cdot K \cdot [2 \cdot B_2 + B_1 + B_3]$$

gdzie:

B_1 – grubość wierzchniej warstwy matowego lodu powstałego ze stopionego śniegu (nie mylić ze zmrożonym śniegiem);

B_2 – grubość wewnętrznej warstwy czystego lodu;

B_3 – dolna warstwa matowego lodu przesiąkniętego wodą;

K – współczynnik tempertatury:

dla $T < 0^{\circ}\text{C}$ $K = 1.0$

dla $T > 0^{\circ}\text{C}$ w początkowym okresie ocieplenia $K = 0.8$,

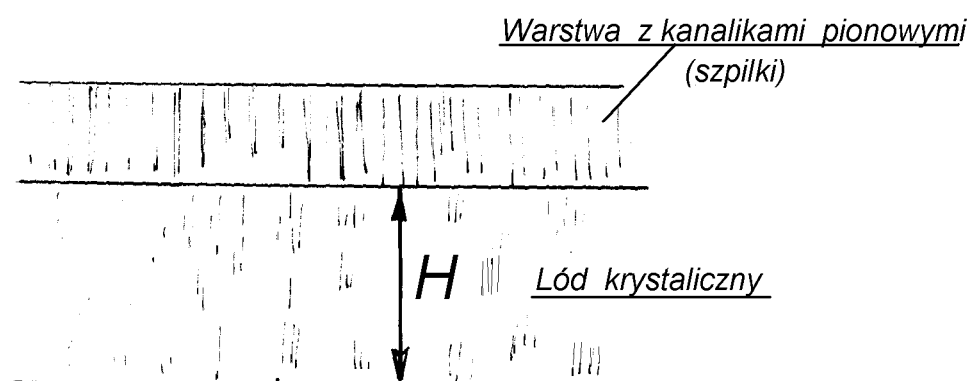
a dla lodu narażonego na topnienie $K = 0.7$

W tablicy 3 podano za D.N.Korowielskim [2] dopuszczalne obciążenie w tonach zależnie od grubości obliczeniowej lodu.

W okresie odwilży ulega topnieniu górna powierzchnia lodu i zaczyna się rozpad lodu krystalicznego. Powstaje rozpadająca się warstwa o charakterystycznej strukturze szpilek z kanalikami pionowymi, patrz rys.8. Warstwy tej nie wolno wliczać do grubości lodu nawet po obniżeniu się temperatury powietrza.

Tabela 3: Dopuszczalne obciążenie lodu.

Dopuszczalny ciężar w [T]	0.1	0.5	0.8	1.5	2.7	3.3	7.0	10.0	25.0
Obliczeniowa grubość h_z w [cm]	5	9	11	12	15	19	22	26	34



Rysunek 8: Lód wiosenny z wierzchnią warstwą w stanie rozpadu

1.6 Powstawanie lodu na wodach bieżących

Masy wody bieżącej posuwają się i wirują powodując jej ciągły ruch wymuszony na różnych poziomach koryta. Ruch ten przerywa proces utrwalania się igiełek, które ulegają niszczeniu, lecz tym silniej wyziewa toczące się wody niż to ma miejsce w wodach stojących (od -0.1 do -0.2 °C). Wreszcie woda poddaje się atakom mrozu i pozwala igiełkom zespolić się w kryształki a następnie kryształkom w małe, podobne do szybek kry.

Kry unoszone przez wodę ocierają się o siebie, otaczają przyrastającymi kryształkami, zwiększają swoją powierzchnię i grubość, wiążą się ze sobą i tarasując koryto tworzą wreszcie nieruchome pole lodowe. Pole to powstaje wzdłuż całego koryta lub tylko na jego odcinku.

W przypadku ociepleń, zwłaszcza nagłych i przychodzących nie od ujścia rzeki lecz od górnego odcinka jej biegu, następuje spływ masy lodowej, która napotkawszy na przeszkodę, zwłaszcza w postaci stojącego pola lodowego, tworzy zatory lodowe i wywołuje żywiołowe klęski powodzi.

Lód na niektórych akwenach o wodach bieżących bywa przydatny do uprawiania żeglarstwa lodowego; taką opinię możemy przeczytać w przedwojennym opracowaniu PUWF „Sport na lodzie” 1938 r., ale należy rozumieć to w ten sposób, że wykorzystywane są tereny zalewowe nieuregulowanych rzek, a takich było w Polsce do 1939 r. sporo. Generalnie lód na wodach bieżących jest nieprzydatny dla żeglarstwa lodowego bowiem zarwanie pod obciążeniem prowadzi do wciągnięcia ofiary pod lód przez płynącą wodę.

1.7 Powstawanie lodu na wodach morskich

Zasolenie Bałtyku w warstwie powierzchniowej nie przekracza 3‰, a więc temperatura inwersji jest wyższa od temperatury zamarzania i lód tworzy się według mechanizmu charakterystycznego dla lodu słodkowodnego przy wytworzeniu się termokliny sprzyjającej zamarzaniu.

Zamarzanie wód Bałtyku jest zjawiskiem częstym i w ostatnich 70 latach zdarzyło się to wielokrotnie w czasie cyklicznie powtarzających się ostrych zim w roku 1940, 1948, 1956, 1963, 1979, 1987, a w wieku dziewiętnastym były przypadki, że 90% akwenu było pokryte lodem. Oczywiście, lód wskutek powstałych przy zamarzaniu nierówności jest nieprzydatny do żeglugi na ślizgach, ale w zatokach i na obszarach szkierowych mogą powstać sprzyjające warunki.

Corocznie zamarzają Zatoki Botnicka i Fińska i obszary szkierowe południowej Szwecji, zatoki Łotwy i Estonii, Zatoka Pucka, Zalewy Szczeciński i Wiślan. Nad jedną z zatok Estonii leży miasto Haapsalu, gdzie żeglowano jeszcze przed pierwszą wojną światową (Landesen), a w okresie międzywojennym działało wielu znanych żeglarzy lodowych (von Schulmann, Erik von Holst). Stamtąd pochodzą Endel i Vaiko Vooremowie. Obecnie jest to znany i wykorzystywany akwen regatowy.

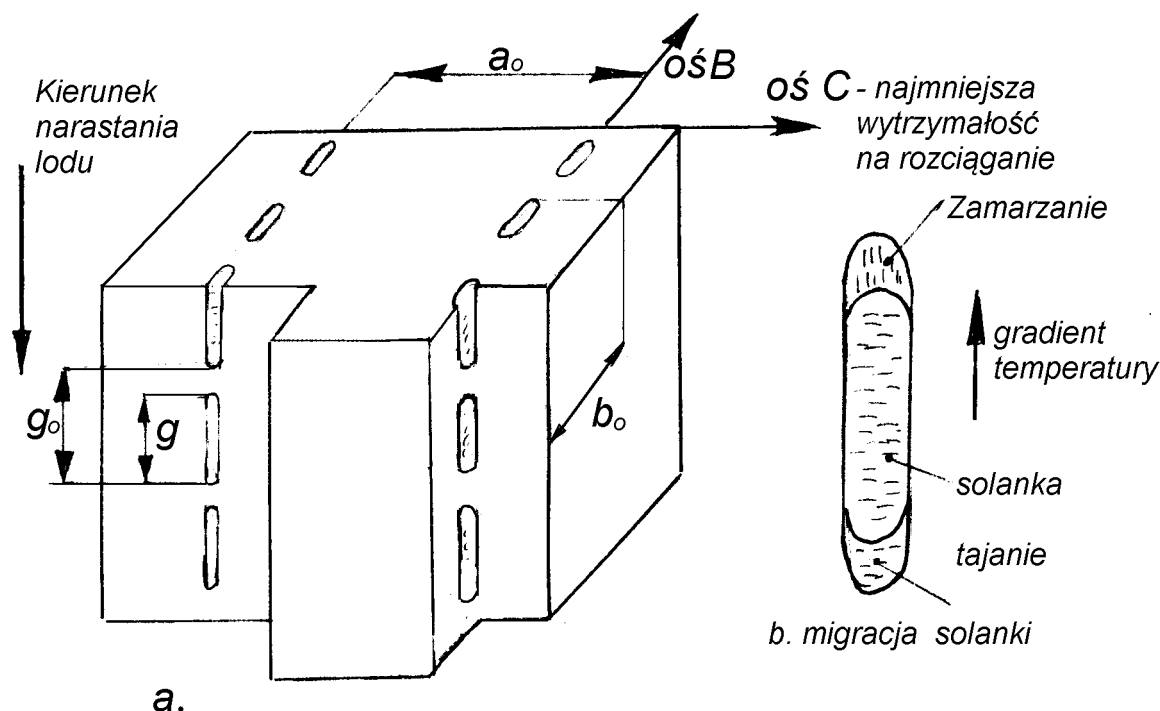
Na Zalewach Kurońskim i Wiślanym uprawiano żeglarstwo lodowe w okresie międzywojennym, a jak podaje Erik von Holst samych tylko ślizgów używanych do rybactwa i celów gospodarczych było na Zalewie Wiślanym przed pierwszą wojną ponad dwieście.

Akweny regatowe z których korzysta się od dawna pod Sztokholmem, jak STORA VARTAN czy ULLNASJÖN, znajdują się w obszarze szkierowym. Na akwenach szkierowych powstają dobre warunki do uprawiania żeglarstwa lodowego. Brak fali sprzyja powstawaniu gładkiego lodu, a duża liczba wysepek do których przymarza powłoka lodowa powoduje, że nie powstają dryfujące pola lodowe.

Wody Kattegatu i Skagerraku nie należą do zamarzających, jednak w zatokach Szwecji czy niektórych fiordach Norwegii mogą powstać doskonałe warunki lodowe. Jest to ułatwione tam, gdzie dopływają strumienie zmieniające zasolenie wód powierzchniowych w takim stopniu, że temperatura inwersji staje się wyższa niż temperatura zamarzania. Istnieją też inne mechanizmy wytwarzania się lodu na wodach morskich, a są one związane z pływami w rejonie płycizn i osuchów. Zamarzanie wody o większym zasoleniu powodującym, że temperatura inwersji obniżyła się do temperatury zamarzania jest bardzo utrudnione. Przed zamarznięciem musi nastąpić silne wychłodzenie całej masy wody co jest powodem, że głębsze zatoki nie zamarzają.

Lód wytworzony z wody morskiej posiada znacznie mniejszą wytrzymałość niż lód słodkowodny, a to z powodu niejednorodnej budowy. Część krystaliczna składa się wyłącznie z lodu słodkowodnego, zaś sól znajduje się w postaci silnie stężonego roztworu soli nigdy nie zamarzającego. Ten roztwór soli znajduje się w podłużnych komórkach, patrz rys.9, którymi naszpikowana jest część krystaliczna [8].

Ze względu na koncentrację naprężeń na granicach tych komórek lód morski charakteryzuje się znacznie mniejszą wytrzymałością niż lód słodkowodny. Komórki wypełnione solanką nie zalegają nieruchomo lecz są w ruchu przemieszczając się w kierunku wyższych temperatur, co zostało stwierdzone doświadczalnie. W warunkach naturalnych te komórki przemieszczają się w kierunku wody, a więc pozornie zgodnie z siłą ciężkości. W ten sposób średnie stężenie soli w lodzie morskim nieprzerwanie maleje, tak że w lodzie arktycznym, po upływie jednego roku od chwili jego powstania, zasolenie wynosi zaledwie 4‰, a więc zmalało prawie dziesięciokrotnie. Ze stopionego dwuletniego lub starszego lodu morskiego otrzymuje się doskonałą wodę do picia. W naszych



Rysunek 9: Struktura lodu morskiego wg A. Assura

szerokościach sezon zimowy trwa krótko, lecz proces odsolenia lodu następuje i średnie zasolenie lodu na wiosnę jest mniejsze niż w okresie zamarzania.

1.8 Klasyfikacja i rodzaje lodu

Uproszczona tabela klasyfikacji powierzchni lodowej została przedstawiona w ŻAGLACH nr 11/72 przez T. Łobożewicza i przytoczono ją za tym autorem w tablicy 4.

W artykule [4] skąd zaczerpnięto powyższą tabelę przytoczono także wyniki doświadczeń nad doбором płóz do warunków lodowych.

Dla lodu zamarzającego mokrego (poz. 5 w tablicy 4) używa się również nazwy dwojnik mokry, a popularna nazwa „przekładaniec”, tzn. warstwa lodu, warstwa wody i znów warstwa lodu, oddaje dobrze jego budowę. Jeżeli proces zamarzania dwojnika mokrego zostanie przerwany przez odpływ wody, powstaje wtedy tzw. dwojnik suchy z warstwą powietrza pomiędzy warstwami lodu.

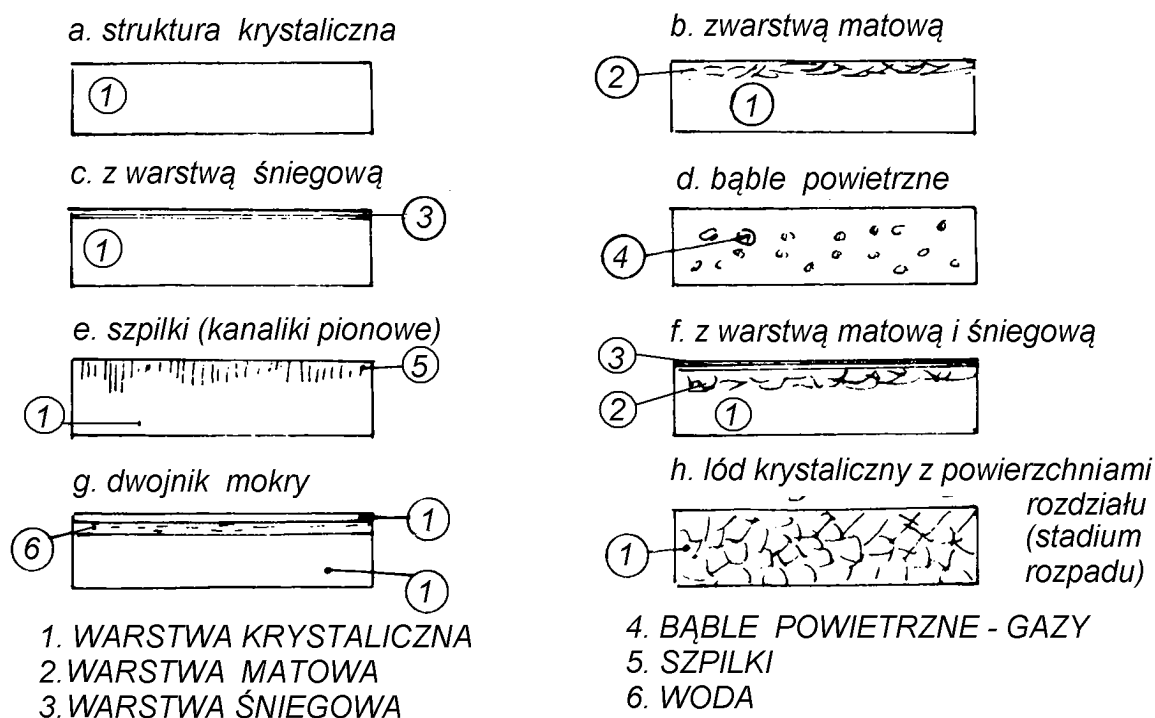
Uproszczoną klasyfikację lodu podaną w tablicy 4 uzupełnijmy informacjami o strukturze lodu częściowo zapożyczonymi z [5] a przedstawionymi na rysunku 10.

Żegluga po lodzie typu dwojnik jest bardzo nieprzyjemna lub wręcz niemożliwa, gdyż wierzchnia warstwa dwojnika pod wpływem ruchomego ciężaru ulega załamaniu. Dwojnika suchego nie należy mylić z tzw. lodem martwym. W dwojniku istnieje zawsze niżej położona mocna warstwa lodu.

Pojęcie lodu martwego odnosi się natomiast do takiej jego warstwy, która utraciła styczność z wodą, a więc przestała pływać i nie może zwiększyć swojej grubości. Zdarza się to wtedy, gdy poziom wody obniża się, a przymarznięta do brzegu powłoka zawisa [5]. Taki lód powstaje w kanałach, przy brzegach, w trzcinach, przy przystaniach, falochronach, dalbach i umocnieniach

Tabela 4:
Klasyfikacja lodu wg T. Łobżewicza

Lp.	Nazwa i gatunek	Opis uzupełniający
1.	Lód świeży świeżo wykrystalizowany	Powierzchnia lustrzana gładka bez wżerów i pęcherzy
2.	Lód starzejący się z pierwszymi pęknięciami i wgłębieniami pochodzenia solarnego	Powierzchnia nadal ogólnie gładka z meniskowymi wgłębieniami o średnicy 1 – 5 cm.
3.	Lód stary	Powierzchnia zerodowana przez sublimację i działanie słońca. Brud mineralny i organiczny
4.	Lód mokry – z warstwą wody deszczowej lub roztopowej, bez śladu śniegu	Powierzchnia gładka z warstwą wody 1 – 3 cm.
5.	Lód mokry – zamarzający. Warstwa wody wtórnie zamarzająca	Powierzchnia gładka, łamiąca się pod wpływem nacisku płóz.
6.	Lód odświeżony. Stary lód pokryty warstwą lodu świeżego twardego, powstałego w wyniku opadu (zalanía) i zamarzania.	Powierzchnia gładka. Połącze starego lodu. W lodzie świeżym pęcherze powietrzne.
7.	Śniegolód mokry pokryty cienką warstwą śniegu mokrego. Temperatura powietrza od 0 do +5 °C.	Powierzchnia pokryta papką śnieżną.
8.	Śniegolód zamarzający	Powierzchnia nierówna, chropowata, miejscami gładka.
9.	Lód z zaspami, zaspy soczewkowane o średnicy 1–5 m.	Powierzchnia nierównośliska.
10.	Lód oszroniony	Powierzchnia pokryta blaszkowatymi kryształkami szronu.
11.	Śnieg puszysty	Śnieg leżący równą warstwą w temperaturze niższej od –1 °C.
12.	Śnieg wilgotny	Leżący i padający w temperaturze 1 °C do 0 °C.
13.	Śnieg zbity, twardy, deska śnieżna	Tworzący często lokalnie zaspy w formie wydm językowych, poprzecznych fal śnieżnych, wydm podłużnych.
14.	Śnieg stary, ziarnisty, suchy	Firn (gruzełki lodowe). Śniegolód wiosenny.
15.	Śnieg stary, ziarnisty, mokry	Firn mokry



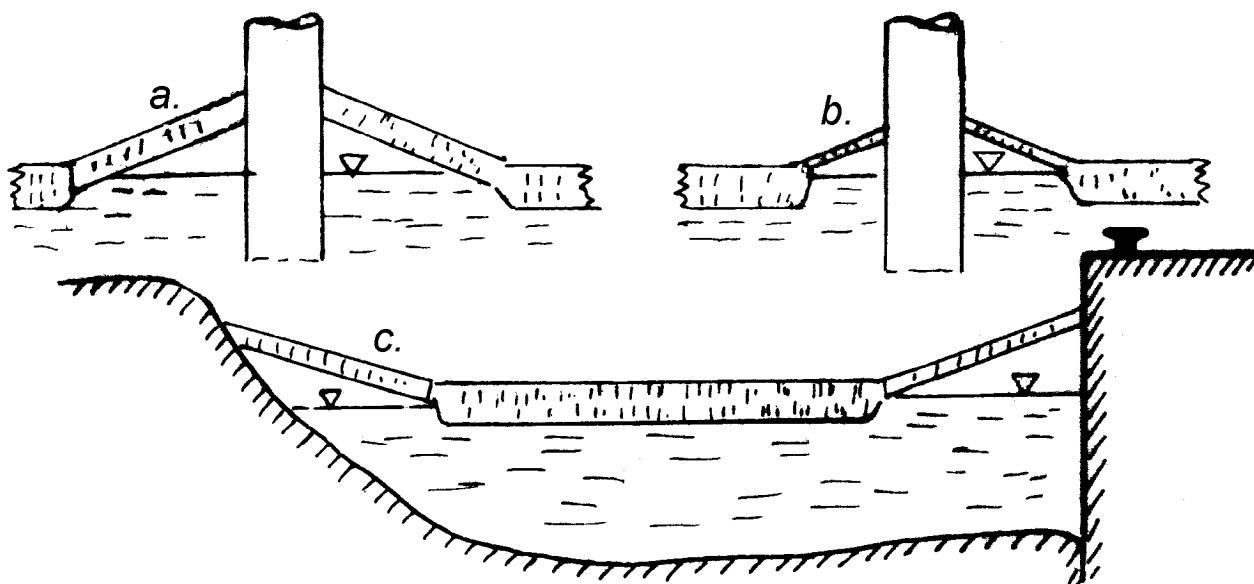
Rysunek 10: Struktura pokrywy lodowej

brzegowych, oraz w miejscach pęknięć i spiętrzeń pokrywy lodowej. Ponieważ lód utracił kontakt z wodą, to nawet w czasie największych mrozów nie może przyrosnąć jego grubość. Lód taki staje się bardzo kruchy, a obciążony łamie się łatwo, gdyż brak podpierającej reakcji wody.

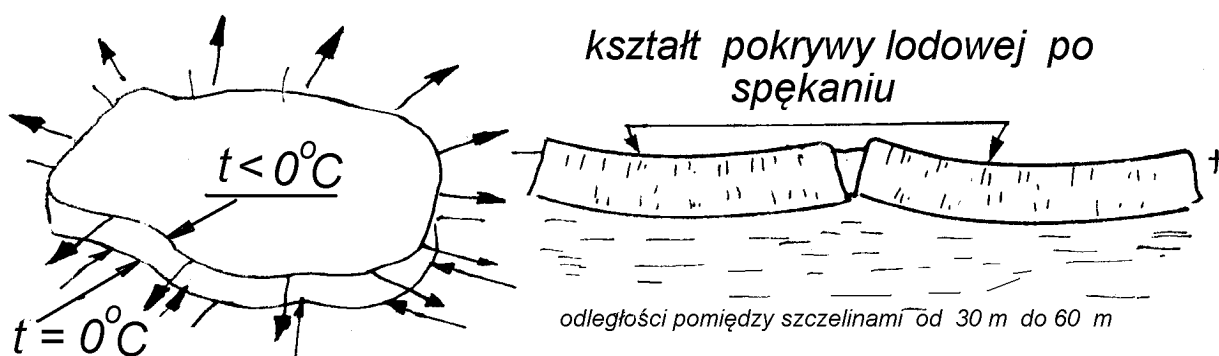
Bardzo duży procent nieszczęśliwych wypadków jest skutkiem załamania się martwego lodu. Jeżeli uświadomimy sobie, że lustro wody może znajdować się kilkadziesiąt centymetrów poniżej spodniej warstwy wiszącego lodu, łatwo zrozumieć dlaczego człowiek, który tam wpadł nie jest widoczny i bez pomocy z zewnątrz nie ma szans na uratowanie się. Dlatego należy być bardzo ostrożnym przy brzegu w pobliżu falochronów i przystani, a ścieżki dla komunikacji z lądem winny być wytyczane z dala od miejsc potencjalnie niebezpiecznych. Należy utrzymywać nawyki bezpiecznego poruszania się po lodzie, a do nich należy niezeskakiwanie z pomostów na lód. Kilka przykładów takich niebezpieczeństw pokazano na rysunku 11. Martwy lód występuje tam gdzie są wahania poziomów wody. Opadnięcie poziomu wody o tyle centymetrów ile wynosi grubość lodu jest początkiem powstawania martwego lodu. Jeziora mazurskie charakteryzują się ustabilizowanym poziomem wody, ale na Zalewie Wiślanym i Zatoce Puckiej wahania bywają znaczne. Przy opadnięciu poziomu wody należy uważać na martwy lód, a przy podniesieniu poziomu wody pomiędzy lądem a lodem powstaje pas wody i dostęp na lód staje się utrudniony.

1.9 Zjawiska lodowe

a. Pękanie lodu. Pod wpływem obniżającej się temperatury obniża się temperatura wierzchniej warstwy lodu i w pływającym lodzie powstają naprężenia termiczne. W warstwie powierzchniowej następuje rozciąganie tym większe im większa jest różnica temperatur pomiędzy wierzchnią a



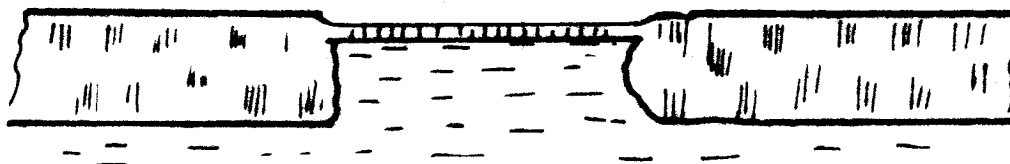
Rysunek 11: Martwy lód!!!



Rysunek 12: Naprężenia termiczne w powłoce lodowej

spodnią warstwą, patrz rys.12. Jako dodatkowe źródło obciążenia lodu w zasklepionym zbiorniku może być zjawisko grubienia skorupy, która przyrasta od spodu w postaci krystalizujących się igiełek o objętości około 8% większej niż objętość wody z której powstały. Niezależnie od tego silne przenikanie chłodu powoduje, że wzrasta objętość wody niskostopniowej (termoklina). Łączny przyrost objętościowy lodu i wody nie mieści się w zasklepionym naczyniu, co powoduje pękanie. Krawędzie popękanej części skorupy unoszą się tym bardziej im grubszy jest lód.

Już kilkustopniowy spadek temperatury wywołuje wystarczające naprężenie rozciągające, aby nastąpiło pęknięcie, które rozchodzi się z bardzo dużą szybkością, osiągając kilkusetmetrowe długości, a w głąb – zależnie od wytworzonego mechanizmu pęknięcia – na części grubości, ale bardzo często przez całą grubość pokrywy. Pękaniu towarzyszą charakterystyczne zjawiska akustyczne. W przypadku pęknięcia przez całą grubość szczelina natychmiast wypełnia się w 9/10 wysokości słupa lodu wodą, która niezwłocznie zamraża sklejając oddzielne pola lodowe. Powstałe szczeliny, które przy grubszym lodzie są głębokie, mogą stanowić niebezpieczeństwo dla płozy i spowodować jej wyłamanie.



Rysunek 13: Sytuacja lodowa zamarzającej szczeliny

Na niewielkich akwenach powstające pęknięcia nie są szerokie. Na akwenach większych przy przymarznięciu pól lodowych do brzegów powstałe szczeliny będą większe. Znacznie groźniejsza sytuacja powstaje na dużych akwenach przy ruchomości pola lodowego, gdyż jej wymiary mogą sięgać kilkudziesięciu centymetrów a nawet kilku metrów. Jeżeli taka szczelina nie jest pokryta świeżym lodem stanowi wielkie, ale widoczne niebezpieczeństwo. Gdy jednak lód zacznie narastać, to w początkowym okresie powstanie sytuacja jak na rysunku 13.

Jeżeli będzie mróz, to grubość pokrywy będzie szybko narastać. Jeżeli jednak przed dostatecznym umocnieniem się pokrywy spadnie śnieg, stanowić to będzie wielkie, lecz niewidoczne niebezpieczeństwo. Wieloletnie obserwacje różnych akwenów potwierdzają, że szczeliny w kolejnych sezonach rozwijają się podobnie, co jest cechą charakterystyczną dla danego akwenu. Np. dla Zalewu Wiślanego charakterystyczne są pęknięcia wzdłuż jego osi i ruchomość pól lodowych. Dla jeziora Kisajno charakterystyczna jest szczelina od Królewskiego Rogu w kierunku południowo zachodnim, a druga równoległa około 1.4 km od niej na południe. Również charakterystyczne są pęknięcia w przewężeniach między wyspami.

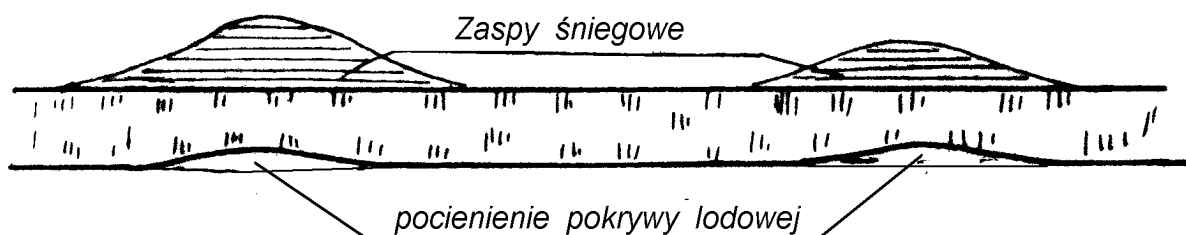
Bardzo wiele istotnych informacji można uzyskać od stałych mieszkańców, a przy zapoznawaniu się z nowym akwenem należy zwracać uwagę na miejscowe osobliwości. Takimi osobliwościami są ciekły powierzchniowe i podziemne. Dlatego za niebezpieczne dla żeglugi na ślizgach należy uznać wszystkie jeziora tzw. przepływowe, zaś najbardziej niebezpieczne miejsca to rejon wpływu i ujścia, gdzie przepływ wody nasila się.

Wystąpieniu cieków podziemnych, a więc i oparzelisk, sprzyja wysoki brzeg. Np. na Zalewie Wiślanym od strony Wyżyny Elbląskiej należy oczekiwać niebezpieczeństw, i to w dużej odległości od brzegu, w rodzaju oparzelisk wskutek naturalnych cieków od strony Wyżyny. Natomiast od strony półwyspu i w pobliżu miast niebezpieczne są rejony ujść z oczyszczalni ścieków. Ponieważ są to czynniki stałe to informacji o nich należy zasięgać od ludności miejscowej.

b. Wpływ opadów śniegu na pokrywę lodową. Śnieg jest postrachem żeglarstwa lodowego, gdyż utrudnia lub uniemożliwia żeglugę na ślizgach oraz działa osłabiająco na pokrywę lodową.

Trzeba zdać sobie sprawę, że warstwa śniegu stanowi obciążenie, pod wpływem którego lód się zanurza a nawet jego nośność może zostać przekroczona. W takim przypadku każda szczelina w lodzie, który zaczyna tonąć, spowoduje wylewanie się wody na powierzchnię lodu i pod śniegiem tworzy się wodno-śniegowa papka. Wylew wody może także powstać i podczas bardzo mroźnej pogody. Mimo izolującej warstwy śniegu dochodzi do oziębienia powłoki lodowej, jej pęknięcia i wylewania się wody w otoczeniu szczeliny. Po ataku mrozu tworzy się pod śniegiem w miejscu powstałych szczelin mieszanina wodno-śniegowa, która pod grubą warstwą śniegu powoli i nierówno zamarza.

Każdy żeglarz lodowy może przeprowadzić analizę, czy taki wylew wody może nastąpić, jeżeli



Rysunek 14: Zmiany grubości lodu w miejscach zalegania śniegu

porówna grubość lodu i grubość warstwy śniegu.

Przykład 1

Lód o grubości 10 cm, a grubość warstwy śniegu 4 cm.

Nośność 1 ara tafli lodu o grubości 10 cm wynosi:

$$10 \text{ cm} \times 100 \text{ kG} = 1000 \text{ kG}$$

Ciężar 4 cm warstwy śniegu wynosi:

$$4 \text{ cm} \times 200 \text{ kG} = 800 \text{ kG}$$

ZAPAS NOŚNOŚCI 1 ara tafli lodu

$$200 \text{ kG}$$

Jest to stan bliski zrównoważenia z poziomem wody

Uwaga:

1. Ciężar jednego metra sześciennego śniegu zależnie od jego struktury i stopnia zawilgocenia wynosi 150–200 kG.
2. Na części tafli o cieńszym lodzie będą występowały plamy wysięku wody układające się w zakola.

Przykład 2

Lód o grubości 15 cm, a grubość warstwy śniegu 8 cm.

Nośność 1 ara tafli lodu o grubości 15 cm wynosi:

$$15 \text{ cm} \times 100 \text{ kG} = 1500 \text{ kG}$$

Ciężar 8 cm warstwy śniegu wynosi:

$$8 \text{ cm} \times 200 \text{ kG} = 1600 \text{ kG}$$

BRAK ZAPASU NOŚNOŚCI

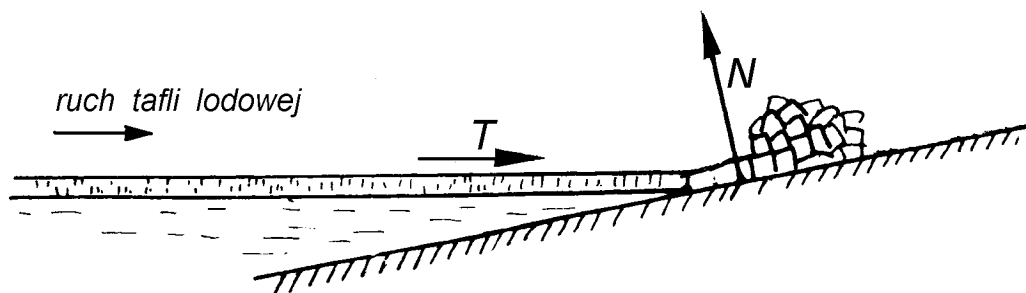
Wystąpią wysięki wody

Warstwa śniegu stanowi doskonałą izolację i mimo mroźnej pogody grubość lodu prawie nie zwiększa się, a nawet może zacząć się zmniejszać. Im mniejsza jest grubość termokliny tym intensywniejsza jest wymiana ciepła pomiędzy lodem a wodą i nadwyżka doprowadzonego ciepła nad ciepłem odprowadzonym spowoduje podtapianie pokrywy lodowej.

Śnieg pod wpływem wiatru układa się nierównomiernie, tworząc zaspy. Każda zaspą to warstwa izolacyjna i następuje topnienie lodu od spodu. Grubość lodu w miejscu gdzie kiedyś była zaspą jest zawsze mniejsza, co może stanowić zagrożenie, patrz rys.14.

c. Topnienie śniegu i opady deszczu. Topniejący intensywnie podczas odwilży śnieg oraz opady deszczu mogą wytworzyć na lodzie kilkucentymetrową a nawet kilkunastocentymetrową warstwę wody. Jeżeli nastąpi ochłodzenie to warstwa wody przemienia się w dwójnik mokry, a następnie, po całkowitym wymrożeniu, w stały lód.

Jeżeli ochłodzenie nie przychodzi, woda przez pewien czas zalega na powierzchni lodu, co dowodzi, że lód nie stracił swojej spoistości i nie ma pęknięć oraz szczelin. Z chwilą pojawienia się pęknięć i szczelin lód bardzo szybko wypływa, a woda ucieka. Pojedyncze szczeliny, przez które przepływają duże ilości wody, bardzo szybko zwiększają swoje wymiary tworząc swobodny odpływ dla wody, która szybko znika z powierzchni lodu. W ten sposób lód zostaje osuszony, ale pojawiły



Rysunek 15: Zjawisko wślizgiwania i łamania pokrywy lodowej

się na nim groźne dla żeglugi na ślizgach jak i dla pieszych otwory.

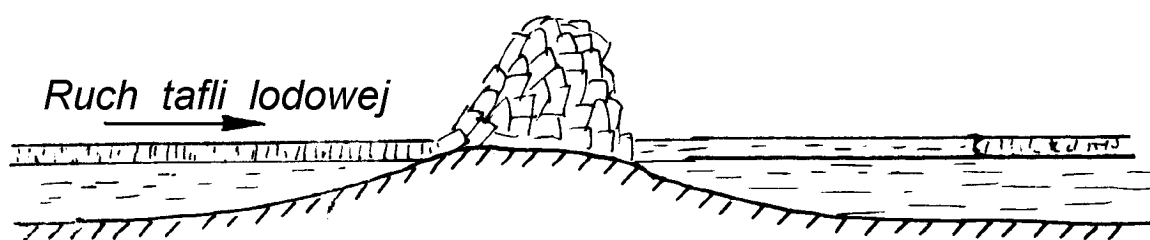
Uciekająca przez szczeliny woda narusza termoklinę, ale przy dużej stateczności termicznej nie musi nastąpić jej zniszczenie. Termoklina, wprawdzie osłabiona, pozostaje zabezpieczając lód od topnienia. Dlatego do umiejętności instruktora żeglarstwa lodowego oprócz pomiaru grubości lodu i oceny jego nośności powinien należeć pomiar temperatury wody na różnych głębokościach termokliny i określenie jej zasięgu. Do pomiaru temperatury wody na dowolnej głębokości służy specjalny termometr, tak zwany głębokowodny odwracalny. Po opuszczeniu termometru na linie na żądaną głębokość, należy go odwrócić, do czego służy urządzenie mechaniczne zwalniane dodatkową linką lub za pomocą wysłanego po linie nośnej ciężarka. Odwrócenie termometru powoduje zachowanie jego wskazań, niezależnie od późniejszych działań termicznych, do czasu odczytu. Po wyprostowaniu do położenia wyjściowego termometr jest gotów do kolejnego pomiaru.

Dopływ ciepła przez dopływ wody spoza jeziora, jak opady, ruch wód podziemnych, cieki powierzchniowe jak również promieniowanie, procesy biologiczne itd. powoduje, że grubość termokliny maleje a jezioro dochodzi do stanu równowagi obojętnej i lód będzie stykał się z wodą o temperaturze $+4^{\circ}\text{C}$ co jest dla niego katastrofalne. Rozwijają się szczeliny, a jeżeli towarzyszy temu zjawisku wiatr – następuje łamanie pokrywy lodowej. Jezioro, które było pokryte kilkudziesięciocentymetrową warstwą lodu może być w ciągu dwóch dni wolne od lodu. Jak podaje R. Pounder [8] zjawisko szybkiego znikania lodu było powodem powstania zabawnego poglądu wśród Indian amerykańskich, że lód z niewiadomo to jakich powodów staje się cięższy od wody i tonie.

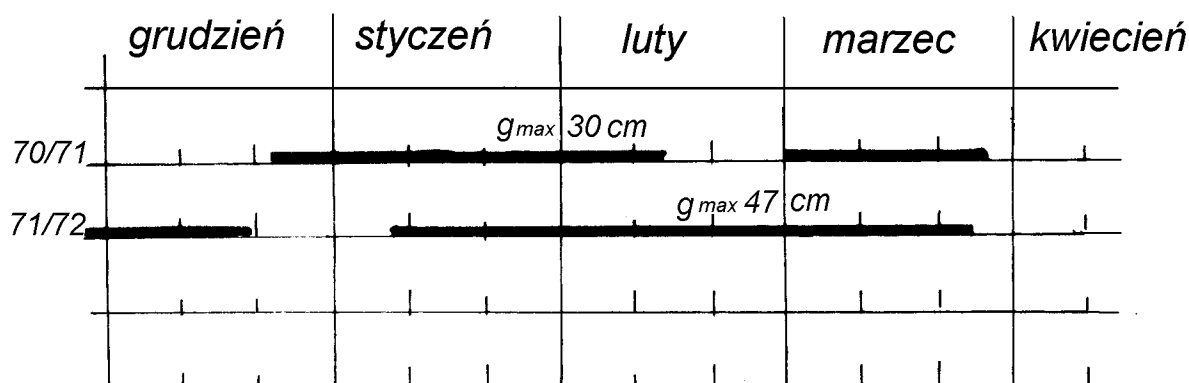
Zanim nastąpi zniszczenie pokrywy lodowej, lód przechodzi całą fazę przemian. Przy powierzchni tworzy się struktura szpilek, od spodu jest przepojony wodą, a w części krystalicznej staje się kruchy. Mimo znacznej grubości lód staje się niebezpieczny i nieprzydatny do żeglugi na ślizgach.

d. Wpływ ruchomości pokrywy lodowej. Na dużych akwenach skutkiem pęknięcia pokrywy lodowej powstają oddzielne pola lodowe ruchome względem siebie. Pod wpływem wiatru przemieszczają się one na tyle, na ile pozwalają granice akwenu. Przy silnych wiatrach siły tarcia powietrza o lód są znaczne, ale są jednak równoważone przez brzegi, o które lód się opiera. Jednakże, gdy brzeg jest łagodnie nachylony, następuje wślizgiwanie pokrywy lodowej. Następuje utrata kontaktu z wodą, a lód podpierany przez brzeg łamie się, patrz rys.15.

Przy małych nachyleniach brzegu reakcja N wielokrotnie przewyższa siły tarcia T , co powoduje łamanie się lodu, a napierające pole formuje wielometrowej wysokości pryzmy połamanego lodu. Zjawisko to obserwuje się na Zalewie Wiślanym. Przy wiatrach północnych spiętrzenia lodu występują na brzegu południowym, a przy wiatrach południowych na mierzei. Wielometrowej wysokości zwały lodu mogą powstać również w znacznym oddaleniu od brzegu przy ruchomości pola



Rysunek 16: Wypiętrzanie lodu w pryzmy przy ruchu tafli lodowej nad płycizną



Rysunek 17: Zalodzenie Zalewu Wiślanego

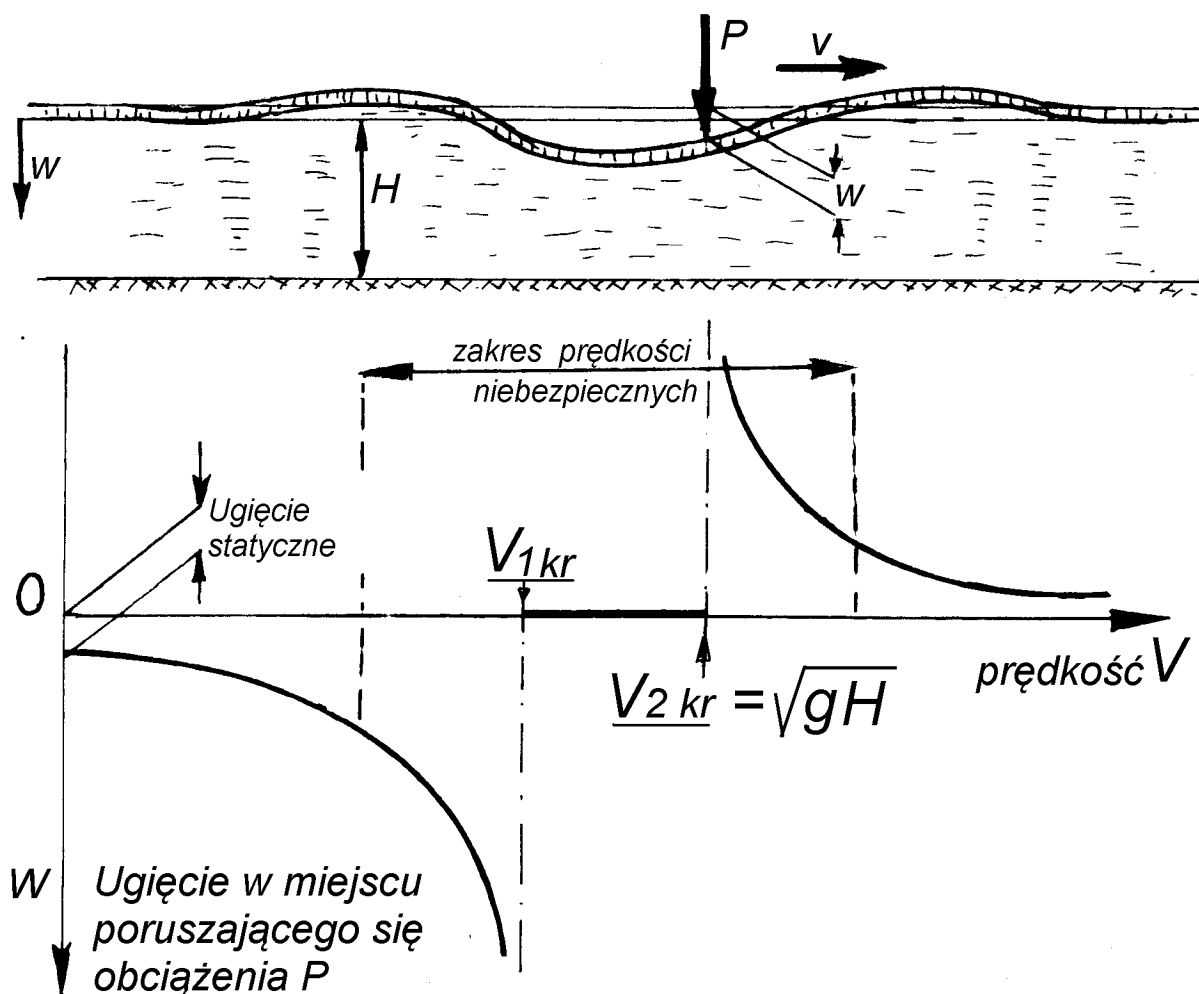
lodowego opierającego się o płyciznę, która powoduje wyłamywanie się lodu, a ruch pola spiętrza kawały lodu w wysokie pryzmy, patrz rys. 16. Takie zjawiska powstają również na dużych jeziorach w okresie ruszenia lodów.

Rozpad lodu na oddzielne pola lodowe, ich wypiętrzanie przy brzegu, silne wiatry wywołujące falowanie oraz łamanie pokrywy to czynniki prowadzące do zniszczenia zalodzenia. Charakterystyczne jest, że przy stałym lodzie na jeziorach, lód na Zalewie Wiślanym wskutek przytoczonych czynników może zniknąć w środku zimy, patrz rys.17, który został opracowany na podstawie Morskich Komunikatów Meteorologiczno-Hydrologicznych – Gdynia.

Niekiedy lód pojawia się na Zalewie Wiślanym ponownie i mogą wtedy wystąpić doskonałe warunki lodowe. Ze względu na powyższe czynniki wskazane jest korzystanie z kilku akwenów położonych niedaleko od siebie lecz o zróżnicowanych właściwościach klimatycznych i hydrologicznych.

Na dużych akwenach, z powodu rozpadu lodu, pod wpływem silnego wiatru, na oddzielne pola lodowe, warunki do żeglowania należy uważać za nietrwałe. Np. na Zatoce Gdańskiej tafla lodu o grubości 25 cm, a więc przydatnego do żeglowania, może przy wietrze odlądowym oderwać się od brzegu i odpłynąć w morze odcinając drogę powrotu na ląd dosłownie w ciągu minut. Na Zatoce Gdańskiej lód o dostatecznej grubości można tylko wtedy uważać za bezpieczny do żeglugi na ślizgach, gdy wieje wiatr dociskający taflę do brzegu.

e. Zjawiska dynamiczne w powłoce lodowej. Przy statycznych lecz krótkotrwałych obciążeniach powłoka lodowa zachowuje się jak sprężysta płyta na podłożu sprężystym. Jednakże przy dłuższej



Rysunek 18: Ugięcie pokrywy lodowej w miejscu działania poruszającego się obciążenia P

działającym obciążeniu zaczynają decydować efekty reologiczne i dlatego określenie nośności lodu na drodze teoretycznej w oparciu o model płyty na sprężystym podłożu nie prowadzi do wyników potwierdzonych doświadczalnie.

Gdy obciążenie się porusza powstają efekty dynamiczne. Pokrywa lodowa jest sprężysta ale obdarzona masą, a podłoże sprężyste to woda. Przy obciążeniu poruszającym się po lodzie, powstają w pokrywie lodowej różnego rodzaju fale sprężysto-grawitacyjne podobne do fal na wodzie za poruszającym się statkiem. Zjawiska dynamiczne powstają odmiennie na wodzie płytkiej i głębokiej. Zarówno teoria jak i doświadczenie potwierdzają, że ugięcie lodu, w miejscu gdzie działa poruszające się obciążenie, zależy od szybkości ruchu. Ograniczmy się do przypadku pokrywy lodowej spoczywającej na wodzie o niezbyt wielkiej głębokości. Gdy obciążenie nie porusza się ($V = 0 \text{ m/s}$), to w miejscu działania tego obciążenia obserwujemy ugięcie statyczne w_{st} , patrz rys.18. Gdy jednakże obciążenie się porusza, to ugięcie w miejscu działania obciążenia jest większe i wzrasta nieograniczenie przy zbliżaniu się do tzw. pierwszej szybkości krytycznej V_{1kr} . Oczywiście, wcześniej powłoka ulega zniszczeniu lub dają o sobie znać efekty tłumienia ograniczające ugięcia.

Przy dalszym wzroście szybkości V powyżej V_{1kr} następuje zmiana fazy i w miejscu działania obciążenia nie obserwujemy ugięcia, natomiast przed obciążeniem znajduje się grzbiet fali, a za

Tabela 5: Prędkości krytyczne w zależności od głębokości

Głębokość H [m]	3.00	6.00	9.00	12.00	18.00
$V_{2kr} = \sqrt{g * H}$ [m/s]	5.41	7.66	9.38	10.81	13.30
V_{2kr} [km/h]	19.50	27.60	33.80	39.00	47.90

poruszającym się obciążeniem tworzą się fale o dużej amplitudzie. Samo obciążenie przemieszcza się po nachylonym zboczu, powstaje więc składowa oporu, którą w przypadku ślizgu lodowego musi pokonywać składowa ciągu żagla, albo ślizg będzie zwalniał.

Przy szybkości $V_{2kr} = \sqrt{g \times H}$, gdzie „ g ” to przyspieszenie ziemskie zaś „ H ” jest głębokością zbiornika, następuje kolejna zmiana fazy i obciążenie znajduje się na poruszającej się wyniosłości [7]. Za poruszającym się obciążeniem rozwija się układ fal. Dla wytrzymałości lodu niebezpieczny jest ruch z szybkością bliską krytycznej $\sqrt{g \times H}$. Wartości szybkości krytycznej, w zależności od głębokości zbiornika H , podano podano w tablicy 5 i jest to prędkość ruchu fali w zbiorniku o ograniczonej głębokości.

Przy szybkościach krytycznych i większych od krytycznych amplitudy drgań pokrywy lodowej za poruszającym się obciążeniem silnie wzrastają, co może doprowadzić do zniszczenia pokrywy lodowej.

Zjawisko niszczenia pokrywy lodowej przez szybko poruszające się obciążenie było obserwowane w rzeczywistości przy przejazdach samochodów, czołgów i lądujących na lodzie samolotach. Zjawisko narastania drgań nosi nazwę rezonansu, a dla pokrywy lodowej występuje, gdy prędkość poruszania się obciążenia jest równa prędkości rozchodzenia się fali ugięcia na powierzchni pływającego lodu.

Zjawiska rezonansowe dla ślizgów praktycznie nie mają znaczenia dzięki małej masie ślizgu poruszającego się po dostatecznie grubej pokrywie lodowej, to znaczy po bezpiecznym lodzie. Ślizg poruszający się po cienkim lodzie musi oczywiście wywołać zjawiska rezonansowe. Najczęściej objawia się to zjawisko zwiększeniem oporów ruchu i niemożnością osiągnięcia większych prędkości jazdy, gdyż energia kinetyczna ślizgu przechodzi w energię drgań pokrywy lodowej.

Wyjeżdżając na lód samochodami zwłaszcza ciężarowymi trzeba zdawać sobie sprawę z istnienia zjawisk rezonansowych i niebezpieczeństw jakie one niosą ze sobą.

Zjawiskami rezonansowymi można wytłumaczyć niszczenie pokrywy lodowej pod wpływem wiatru o szybkości w granicach 10–15 m/sek, przy czym okazało się, że najbardziej niebezpieczne są średnie szybkości wiatru. Wiatr powyżej 20 m/sek nie wywołuje niebezpiecznych drgań w pokrywie lodowej, ale może być niebezpieczny, gdyż siły tarcia powietrza przemieszczają całe pola lodowe. Uważne obserwowanie i rozumienie zjawisk lodowych jest nieodzownym warunkiem zachowania bezpieczeństwa na lodzie.

Stałe śledzenie zjawisk lodowych, ich obserwacja, porównywanie różnych akwenów, pozwalają na nawiązanie bliższego kontaktu z przyrodą. U wielu osób może wywołać rozwój zainteresowań, chęć do badań i samodzielnych poszukiwań.

Sama obserwacja zjawisk lodowych dostarczyć może wielu przeżyć natury emocjonalnej i estetycznej.

1.10 Informacje o akwenach lodowych

Główne akweny wykorzystywane dla żeglarstwa lodowego w poszczególnych krajach przedstawione są w załączonym spisie:

1. **OE – Austria**
 1. Salzburg (Wallersee)
 2. Neusiedlersee
2. **D – Dania**
 - 1.
3. **CZE – Czechy**
 1. Lipno
4. **C – Estonia**
 1. Haapsalu
5. **L – Finlandia**
 - 1.
6. **H – Holandia**
 1. Brassemermeer
 2. Monnickendam
7. **O – Łotwa**
 1. Aluksne
8. **P – Polska**
 1. Charzykowy
 2. Giżycko
 3. Mikołajki
 4. Warszawa (Zegrze)
 5. Węgorzewo
 6. Siemianówka
9. **G – Niemcy**
 1. Schlei
 2. Wittensee
 3. Dumer
 4. Steinhude
 5. Worthsee
10. **NOR – Norwegia**
11. **R – Rosja**
 1. Petersburg (Razliw)
12. **S – Szwecja**
 1. Falun
 2. Stockholm (Stora Vartan, Ulnasjön)
 3. Vaxjo

13. **Z – Szwajcaria**
 1. Neuchatel
 2. Lac de Joux
14. **M – Węgry**
 1. Balaton
15. **K – Wielka Brytania**
 - 1.
16. **I – Włochy**
 - 1.

W informatorach IDNIYRA (International DN Ice Yacht Racing Association) podane są opisy poszczególnych akwenów lodowych dokonane według ustalonego schematu i zawierające informacje uporządkowane w kolejności:

1. Mapka Europy z zaznaczonymi wszystkimi znaczącymi akwenami i wyróżnionym akwenem opisywanym.
2. Mapka akwenu z zaznaczeniem pola regatowego, niebezpieczeństw, obszarów niezalodzonych, miejsc postoju na lodzie, hoteli, restauracji.
3. Stosunki lodowe w ostatnich trzech latach od listopada do kwietnia z zaznaczeniem okresu niezalodzenia, lodu regatowego i lodu regatowego ze śniegiem.
4. Opis wielkości powierzchni lodowej $a \times b \text{ km}$, i $S \text{ km}^2$.
5. Głębokości jeziora.
6. Opis strefy brzegowej, zalesienie brzegów, wzgórze, komunikacja z lodu na ląd.
7. Opisy wiatrów w okresie zimowym.
8. Niebezpieczeństwa, szczeliny, oparzeliska, strumienie.
9. Opis dostępnych środków ratunkowych.
10. Informacja o dostępnych warsztatach.
11. Nazwy klubów – liczba ślizgów regatowych.
12. Zakwaterowanie.
13. Specjalności.
14. Inne informacje np. jakie regaty rozgrywano, numery ślizgów i nazwiska zawodników.
15. Adresy kontaktowe.
16. Opis jak dojechać wraz z mapką.

Literatura

- [1] Kurski W.: Żeglarstwo lodowe. Skrypt A.W.F. Gdańsk, 1993.
- [2] Korowielskij D.N.: Bujernyj Sport. Fizkultura i Sport, Moskwa, 1969.
- [3] Kuźnicki W.: Łocja lodowa i bezpieczeństwo w żeglarstwie lodowym. „Żagle i Jachting Motorowy” 12/79.
- [4] Łobożewicz T., Urbaniak W.: Wstępne wyniki eksperymentu nad ustaleniem tabeli doboru płóz bojerowych. „Żagle” 11/71.
- [5] Szarecki J.: Lód naturalny. Wyd. Przemysłu Lekkiego i Spożywczego, Warszawa, 1965.
- [6] Homskis W.: Dynamika i termika małych ozier. Izdatielstwo MINTIS, Wilno, 1969.
- [7] Heisin.D.E.: Dynamika lediannowo pokrowa. Gidrometeorologičeskoje izd., Leningrad, 1967.
- [8] Pounder E.R.: The Physics of Ice. Pergamon Press, 1965.
- [9] Smith S.C.: Ice Boating. Van Nostrand Co.

Spis treści

1	POWSTAWANIE I ROZWÓJ WARUNKÓW LODOWYCH	1
1.1	Zamarzanie jezior	1
1.1.1	Zamarzanie wody	1
1.1.2	Etapy zamarzania jeziora	1
1.2	Równowaga termiczna i grawitacyjna jeziora	3
1.3	Narastanie pokrywy lodowej	6
1.4	Zakłócenia w równowadze mas wody jezior	8
1.5	Wytrzymałość pokrywy lodowej	9
1.6	Powstawanie lodu na wodach bieżących	12
1.7	Powstawanie lodu na wodach morskich	13
1.8	Klasyfikacja i rodzaje lodu	14
1.9	Zjawiska lodowe	16
1.10	Informacje o akwenach lodowych	24

Materiały Szkoleniowe - Żeglarstwo Lodowe

WITOLD KURSKI

wrzesień 2006

Opracowanie na prawach rękopisu
dla instruktorów żeglarstwa lodowego.

1 KONSTRUKCJA ŚLIZGÓW

1.1 Wiadomości ogólne o konstrukcji ślizgów lodowych

Jachtem lodowym lub ślizgiem lodowym nazywamy sportowy ślizg posuwający się na płozach po lodzie dzięki wykorzystaniu siły wiatru działającego na żagiel.

Aby jacht ten mógł żeglować winien być zbudowany zgodnie z zasadami mechaniki, aerodynamiki wytrzymałości materiałów, a w jego projektowaniu przydatna jest wiedza nie tylko konstruktora jachtowego lecz także samochodowego i lotniczego. Ślizg lodowy jak dotychczas jest najszybszym na świecie pojazdem nie wykorzystującym silnika do poruszania się.

Problemy stateczności ruchu są podobne do tych jakie rozwiązuje konstruktor samochodów, a problemy konstrukcji, wytrzymałości i aerodynamiki takie jak konstruktora szybowców.

Duże prędkości ślizgu oznaczają, że na jego żagle działa wiatr pozorny o dużej prędkości a rozwijane siły aerodynamiczne są porównywalne z siłą działania wiatru na żagiel w warunkach sztormowych. Siła ta niezbędna do ruchu ślizgu wywiera również działanie niekorzystne starając się przesunąć ślizg w bok i przewrócić. Stąd wynika konstrukcja płóz o nachylonych bocznych powierzchniach ostrzy mogących przeciwstawić się dryfowi.

Zachowaniu równowagi poprzecznej sprzyja większe rozstawienie płóz bocznych. Ponieważ kadłub ślizgu jest wąski, to umieszczenie płóz pod kadłubem nie zapewniłoby wystarczającej stateczności i stąd pojawiło się już w XVII wieku typowe rozwiązanie wynoszenia płóz bocznych daleko od kadłuba przez zastosowanie poprzecznej belki zwanej płozownicą. Tę zasadę wynoszenia płóz zastosowano już w pierwszych na świecie ślizgach holenderskich i stosuje się ją obecnie jako typowe rozwiązanie w nowoczesnych ślizgach.

Aby ślizg mógł pokonywać nierówności na lodzie, płozy muszą mieć możliwość obrotu w swojej płaszczyźnie. Tę możliwość obrotu zapewnia zawieszenie płozy. Możliwość wykonywania zakrętów jest uzyskana przez obrót płozy sterowej wokół osi pionowej z pomocą urządzenia sterowego.

Ślizg lodowy powinien być rozbieralny celem ułatwienia przechowywania w lecie oraz celem możliwości przewożenia na inne akweny.

Konstrukcja nowoczesnego ślizgu przedstawiona na rys.1 spełnia przedstawione wymagania.

Ślizg lodowy, aby mógł startować w regatach winien być zbudowany zgodnie z odpowiednimi przepisami klasowymi, które określają nie tylko wymiary poszczególnych elementów ślizgu i jego ożaglowania, lecz podają również sposoby pomierzenia ślizgu.

Ślizg lodowy składa się z korpusu i osprzętu, a jego części składowe są przedstawione na rys.1.

Do korpusu należą:

- | | |
|---------------------------|--------------------|
| a. kadłub | element nr.8 |
| b. płozownica | element nr 21 |
| c. wysięgnik | element nr 5 |
| d. płozy boczne i sterowa | elementy nr 19 i 1 |
| e. urządzenie sterowe | elementy 3, 4, 13 |

Osprzęt ślizgu lodowego składa się z:

- a. omasztowania
- b. ożaglowania
- c. olinowania

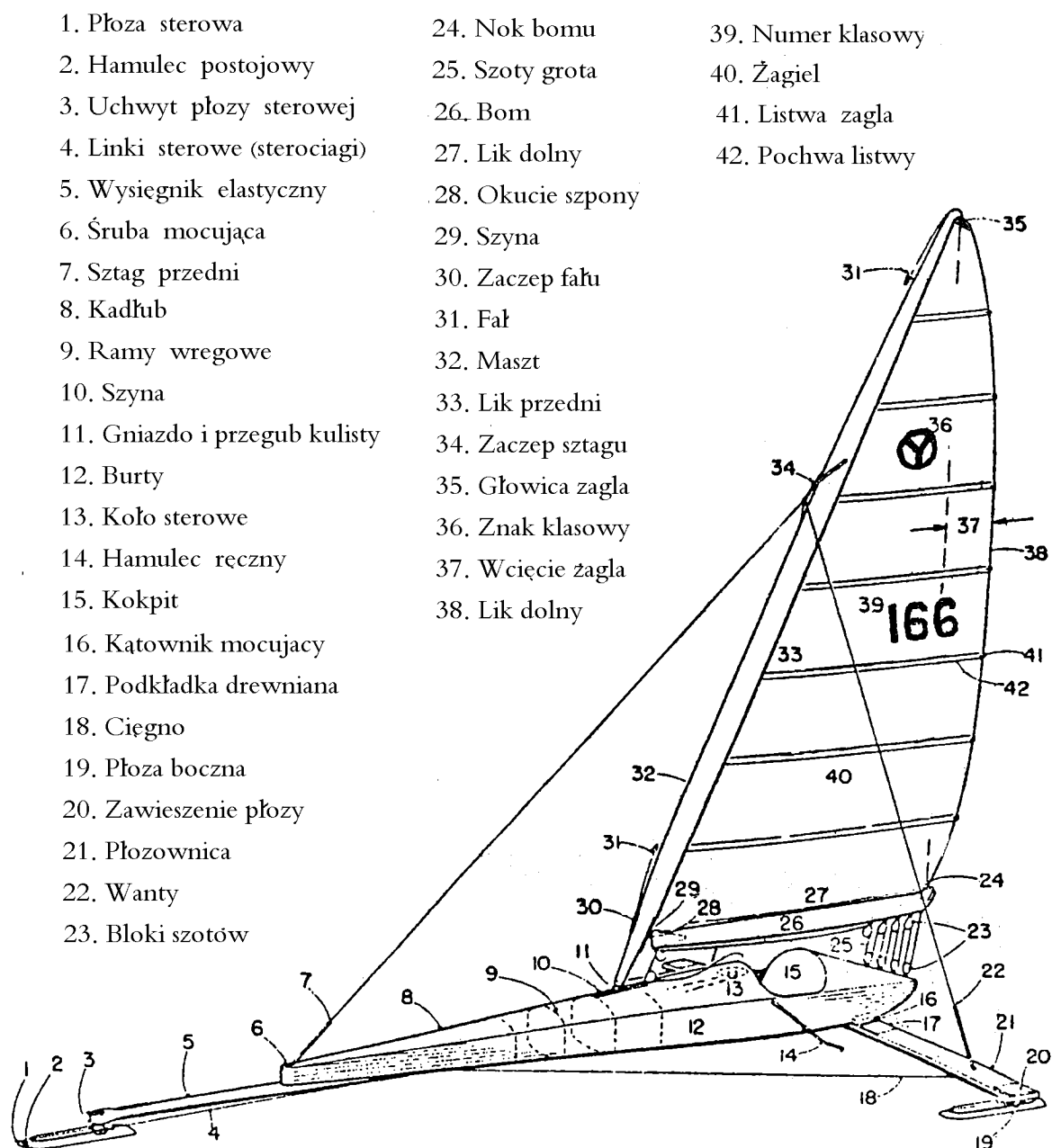
Konstrukcja wszystkich elementów ślizgu jest podporządkowana jednemu celowi, którym jest uzyskanie przez ślizg jak największych prędkości. Dlatego ślizg musi być stateczny, sterowny i dostatecznie odporny na działanie obciążeń występujących podczas ruchu. Jednakże elementy ślizgu nie mogą być zbyt ciężkie gdyż wtedy staną się nieopracowne w obsłudze i trudniejsze do transportu. Muszą być więc lekkie i wytrzymałe.

W stosunku do osiągow ślizgu stawiane są poważne wymagania jak wysoka manewrowość, łatwość kierowania i wygoda załogi. Ze wzrostem szybkości własnej ślizgu wzrastają siły aerodynamiczne i siły bezwładności mogące zachwiać jego równowagę. Szybkość ślizgu jest najczęściej ograniczona niewystarczającą statecznością poprzeczną lub kierunkową. Aby możliwe było uzyskiwanie większych prędkości trzeba budować bardziej stateczne ślizgi.

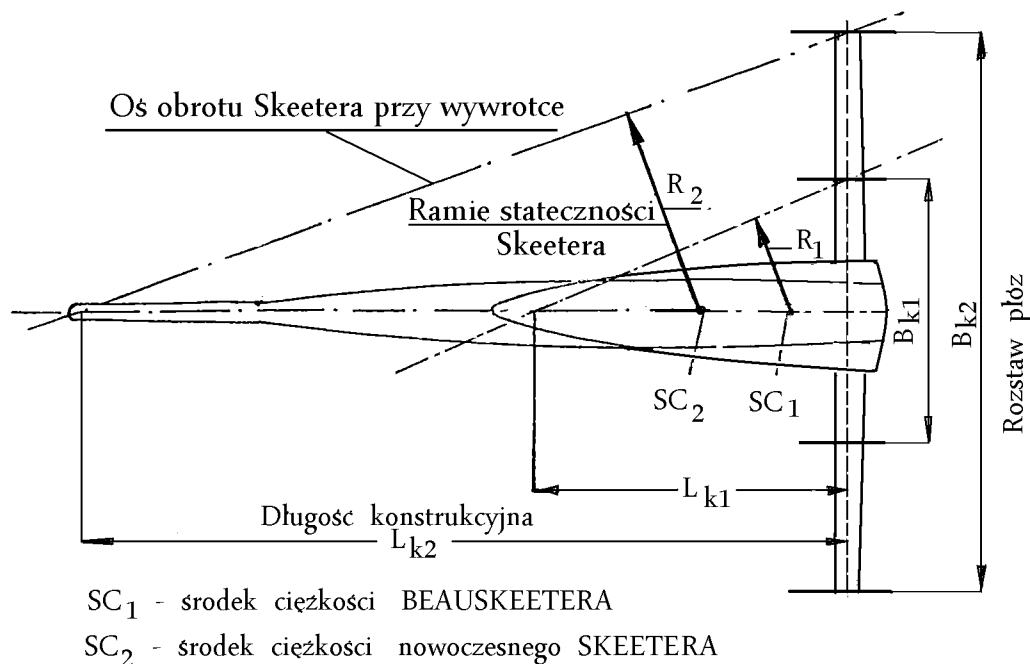
Stateczność poprzeczna ślizgu zależy od ciężaru ślizgu wraz z załogą oraz od wymiarów ślizgu. Ciężar ślizgu na ramieniu prostującym „ R ” zwanym również ramieniem stateczności rys.2 wytwarza moment przeciwstawiający się momentowi od sił działających na żagiel. Stateczność poprzeczna wzrasta wraz z długością konstrukcyjną L_k (odległość od osi trzonu sterowego do osi płozownicy) i z szerokością konstrukcyjną B_k (rozstaw płóz bocznych) bowiem wtedy ramię prostujące jest większe. Gdy na krótkim ślizgu z krótką płozownicą ustawimy taki sam żagiel jak na ślizgu, który ma dłuższy kadłub i dłuższą płozownicę, to krótki ślizg okaże się znacznie mniej statecznym od ślizgu dużego. Stąd wynika przesłanka techniczna, którą można sformułować następująco. „Aby zwiększyć stateczność, należy nie zwiększając ciężaru ślizgu i powierzchni żagla zbudować ślizg o wymiarach większych”.

Nie można jednak zwiększać bezkarnie wymiarów liniowych, a to ze względów wytrzymałościowych, bowiem w dużej konstrukcji powstają duże siły wewnętrzne i w rezultacie ta droga rozwoju prowadzi do konieczności zastosowania lepszych i droższych materiałów.

Konstrukcja nowoczesnego ślizgu



Rysunek 1: Konstrukcja nowoczesnego ślizgu



Rysunek 2: Ramie stateczności jako wynik proporcji ślizgu

Stateczność ślizgu wzrasta wraz z jego ciężarem. Przyjęcie balastu może zwiększyć stateczność. Ciężar załogi ma znaczący wpływ na wzrost stateczności tylko wtedy gdy podczas przechyłu ślizgu ten ciężar jest podnoszony wysoko. Tak więc w amerykańskich ślizgach klasy A z platformką dla załogi na rufie, ciężar załogi wogóle nie miał wpływu na stateczność ślizgu.

Natomiast w małych ślizgach z płozą sterową na dziobie wpływ ciężaru załogi na wzrost stateczności jest poważny, ponieważ załoga siedzi nad płozownicą i podczas wywrotki jest unoszona wysoko.

Tendencję rozwojową konstrukcji bojerowych widać na przykładzie historii ślizgu Skeeter rys.2. Pierwotnie powstał ślizg Beau-Skeeter, który miał niewielkie wymiary i niewielką stateczność. Współczesny Skeeter jest znacznie większy i bardziej stateczny, jednakże dalej nie można już zwiększać wymiarów liniowych tego ślizgu między innymi również ze względów wytrzymałościowych. Stateczność ślizgu Skeeter zwiększono nie tylko dzięki wydłużeniu kadłuba i płozownicy lecz także przez dołączenie elastycznego wysięgnika. Nowoczesny Skeeter posiada długość konstrukcyjną dwu i półkrotnie większą, zaś rozstaw płóz dwukrotnie większy w porównaniu z prototypowym Beau-Skeeterem.

Duży ciężar konstrukcji oznacza zwiększoną stateczność ale równocześnie i większy opór jaki stawiają płozy. Przy dobrym lodzie dodatkowe siły oporu wskutek przyjętego ciężaru są bardzo niewielkie. Ciężar konstrukcji ma poważne znaczenie dla osiągnięć ślizgu przy czym duży ciężar może być korzystny lub niekorzystny dla osiągnięć ślizgu, a zależeć to będzie od warunków lodowych i meteorologicznych.

Jesteśmy przyzwyczajeni do stereotypowego myślenia, przy czym duży ciężar kojarzymy ze źle pomyślanym rozwiązaniem i ze złym wykonaniem. Co okazuje się być

słusznym w lotnictwie wcale nie musi być słuszne w żeglarstwie lodowym. Ciężar ślizgu jest w dużym stopniu sprawą wyboru konstruktora, zależnie od wymagań stawianych konstrukcji. Zbyt lekki ślizg jest mało stateczny i wprawdzie łatwo przyspiesza, ale także łatwo wytraca szybkość w razie napotkania przeszkody. Z kolei ciężki ślizg jest bardziej stateczny i porusza się równomierniej. Przy słabych wiatrach lepszym okaże się ślizg lżejszy, zaś przy wiatrach silniejszych cięższy. Ponieważ ciężaru ślizgu już zbudowanego nie można zmniejszyć, natomiast można łatwo zwiększyć umieszczając balast dlatego rozwiązaniem optymalnym jest ślizg o lekkiej lecz bardzo wytrzymałej konstrukcji, którego ciężar można zwiększać poprzez przyjęcie balastu. Jest to rozwiązanie stosowane w szybownictwie gdy pilot przed lotem może napełnić zbiorniki balastowe szybowca blisko 300 litrami wody jeśli zapowiadają się silne warunki termiczne i wodę tę wylać przed lądowaniem lub wcześniej.

Wpływ układu konstrukcyjnego na zalety statecznościowe ślizgu jest tym bardziej istotny, im lżejszy a więc im mniejszy jest ślizg. W małym ślizgu udział ciężaru załogi w ciężarze całkowitym jest duży. Ponieważ w ślizgu z płozą sterową na dziobie załoga znajduje się nad płozownicą, więc jej ciężar zwiększa w sposób istotny stateczność małego ślizgu i układ ten jest korzystny dla małego ślizgu. Dla dużego i ciężkiego ślizgu umieszczenie ciężaru załogi nie ma istotnego wpływu na stateczność, a więc wpływ układu konstrukcyjnego na stateczność poprzeczną będzie niewielki i ślizg z płozą sterową na rufie jest równie stateczny jak ślizg z płozą sterową na dziobie. Jednakże układ z płozą sterową na rufie ma wspaniałą zaletę. W przypadku wywrotki hamujące działanie żagla zabezpiecza maszt przed silnym uderzeniem o lód i wypadki połamania masztu należą do rzadkości.

Wywrotka ślizgu z płozą sterową na dziobie jest tym bardziej niebezpieczna im większy i im cięższy jest ślizg i wskutek braku hamującego działania żagla dość częste są wypadki połamania masztu.

Tak więc racjonalne będzie stosowanie do dużych ślizgów układu z płozą sterową na rufie, natomiast do małych ślizgów należy stosować układ z płozą sterową na dziobie. Stosowanie układu z przednią płozą sterową nie jest wynikiem mody ani także poglądów, że jest to układ „nowoczesny” lecz wynikiem doboru układu konstrukcyjnego w sposób racjonalny. Wszystkie budowane ostatnio konstrukcje są to bardzo lekkie i niewielkie ślizgi lodowe w granicach 8 m² żagla.

Stosowanie innych układów konstrukcyjnych jak np. ślizg na czterech płozach, lub też płozy w układzie rombu nie dało w żeglarstwie lodowym oczekiwanych rezultatów.

Do bardzo szybkich ślizgów preferowane jest stosowanie układu z płozą sterową na dziobie gdyż przy bardzo dużych szybkościach jazdy przy podniesieniu płozy nawietrznej występują natychmiast efekty stabilizujące ruch.

W ślizgach z płozą sterową na rufie przy bardzo dużych szybkościach i przy pode-rwaniu płozy nawietrznej występują silne efekty destabilizujące prowadzące najczęściej do awarii.

1.2 Konstrukcja kadłuba

Z punktu widzenia konstrukcji, kadłub możemy traktować jako element łączący w całość płozownicę, urządzenie sterowe oraz napęd czyli omasztowanie wraz z ozaglowaniem.

Długość kadłuba jest uwarunkowana przez warunki stateczności. Im dłuższa jest płozownica tym dłuższy musi być kadłub i dlatego w nowoczesnych ślizgach przedłuża się kadłub elementem resorującym zwanym wysięgnikiem. Większy kadłub oznacza jednak większy ciężar konstrukcji bowiem większe są powstające w nim momenty zginające podobnie jak w przęsle mostowym o dużej rozpiętości. Analogia do mostu jest całkowita. Kadłub jest przęsłem, podporami dla kadłuba są płozownica i sprężyna płozy sterowej, obciążeniem ciężar załogi i siła nacisku masztu oraz reakcje zaczepów olinowania stałego i ruchomego.

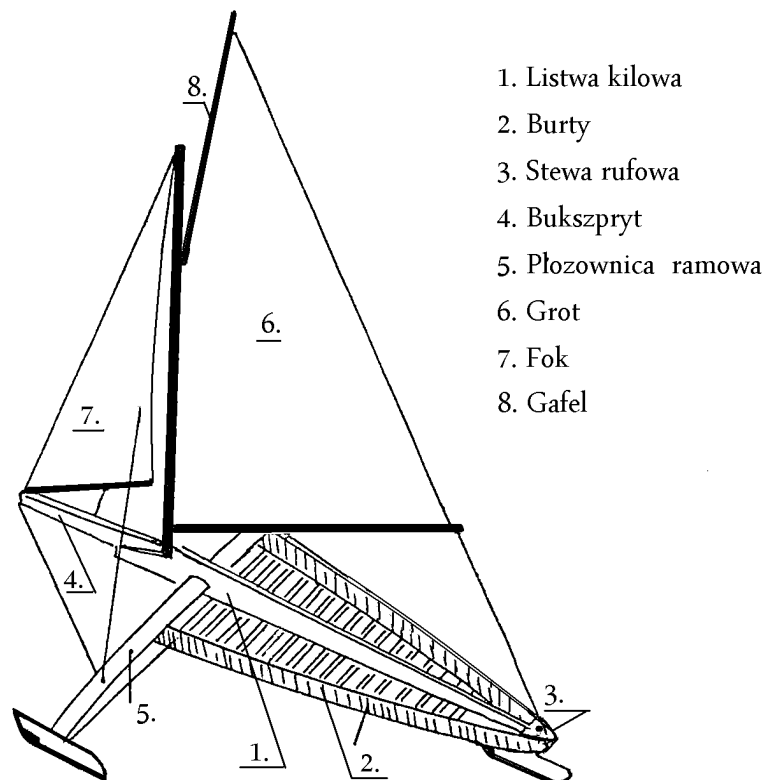
1.2.1 Technologia drewniana

Kadłuby nowoczesnych ślizgów lodowych mają również wiele cech wspólnych z drewnianą półskorupową konstrukcją lotniczą, szybowca lub samolotu. Zadaniem kadłuba jest nie tylko przenoszenie wspomnianych obciążeń oraz sił bezwładności występujących podczas manewrowania lecz również stworzenie miejsca załodze. Kadłuby dawnych ślizgów były budowane w postaci pomostu dla załogi, zaś zasadniczą rolę w przenoszeniu obciążeń miała listwa kilowa (podłużny dźwigar) i burty połączone razem na rufie w sztywnym węźle powstałym wskutek wstawienia wypełniającego kłoca – patrz rys.3. Węzeł ten nazywamy stewą rufową. Wokół stewy rufowej umocowano metalowe okucie wzmacniające połączone z nią śrubami. W samej stewie w wywierconym otworze mocuje się pionowo metalową rurę, w której porusza się trzon sterowy. Przedni koniec listwy kilowej łączy się z płozownicą przy pomocy klamer a przestrzeń między burtami i listwą kilową zakrywa drewnianą kratą. Powstały pomost jest przeznaczony dla załogi.

Przedłużeniem listwy kilowej jest bukszpryt połączony z nią za pomocą klamer. Zginaniu bukszprytu w płaszczyźnie pionowej przeciwdziała napinacz zwany watersztagiem, a w płaszczyźnie poziomej ciągną boczne. Przed płozownicą na listwie kilowej znajduje się gniazdo masztu. Zlikwidowanie listwy kilowej w takim kadłubie spowodowało, że zasadniczym elementem wytrzymałościowym stały się burty. Po przedłużeniu burt a następnie ich połączeniu w stewie dziobowej powstał kadłub ślizgu zwanego po angielsku „canoe hull” a po rosyjsku „bujer łodoczka”. Taki ślizg stanowił typ pośredni pomiędzy kadłubem pomostem a kadłubem nowoczesnego ślizgu.

Kadłub nowoczesnego ślizgu powstał po wstawieniu wręgów do kadłuba „łodoczki” i zamknięciu kadłuba od góry poszyciem ze sklejk. Zamiast kraty zastosowano też podłogę ze sklejk. W poszyciu pokładu wycięto otwory i w ten sposób powstały kokpity dla załogi. To zamknięcie kadłuba sklejkowym pokładem od góry spowodowało nie tylko wzrost wytrzymałości lecz także wzrost sztywności. Kadłub stał się sztywnym i odpornym na skręcanie.

Nowoczesny kadłub wprowadzony na początku lat trzydziestych przez Erika von Holsta był odtąd stosowany we wszystkich jego konstrukcjach jak, „Fanal” – klasa 15 m², Monotyp XV, Monotyp 12 m², „Phantom” – klasa 20 m², a następnie przez konstruktorów na całym świecie. W Monotypie XV głównym elementem wytrzymałościowym są drewniane burty, do których przymocowano cztery sosnowe lub świerkowe podłużnice. Takie podłużnice nie tylko wzmacniają kadłub lecz również ułatwiają łączenie burt z pokładem i dnem. Drewniane ramy poprzeczne tzw. wręgi oraz ścianki poprzeczne zwane grodziami utrzymują poprzeczny kształt kadłuba i zapewniają wytrzymałość poprzeczną. W kadłubach nowoczesnych ślizgów w części gdzie mocuje się gniazdo masztu znajduje się dodatkowe wzmocnienie tak zwany dźwigar podmasztowy. Może to być drewniany



Rysunek 3: Ślizg z kadłubem typu pomost

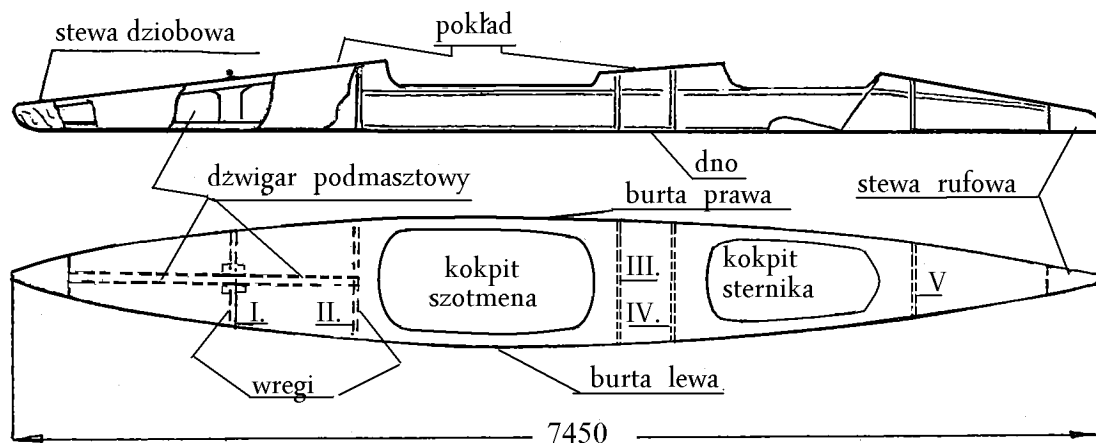
dźwigar dwupasowy jak w Monotypie XV patrz rys.4 i rys.5 lub też wykonany w postaci wzmocnionej podłużnicy jak w ślizgu Yankee patrz rys.5.

Kilka rozwiązań przedstawiono na rysunku 5. Kadłuby nowoczesnych ślizgów mogą być wykonywane także bez desek burtowych. Wtedy liczba podłużnic jest większa (pięć lub więcej) a kadłubowi można nadać dzięki odpowiednio wyciętym wręgom bardziej opływowy kształt.

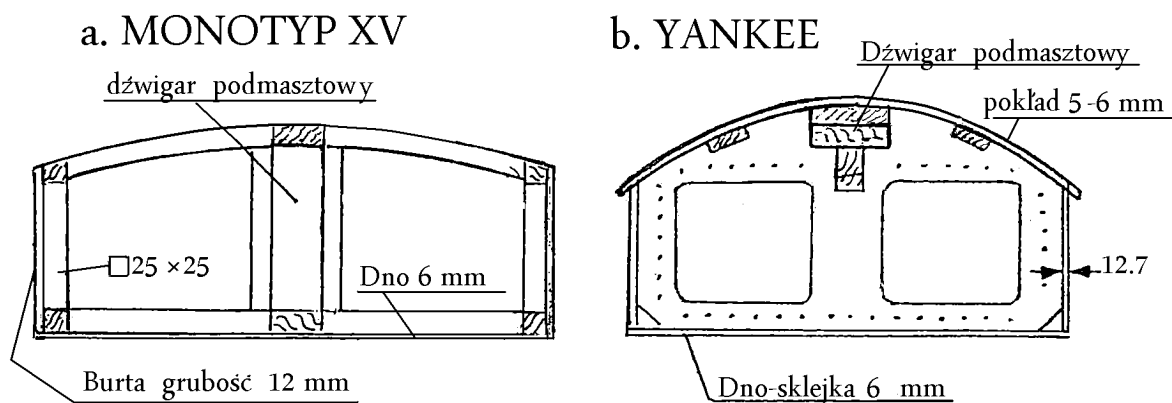
Kadłub jest pokryty sklejką liściastą o grubości od dwóch do pięciu milimetrów. Pod kokpitami mocuje się sklejkę o grubościach większych 4-5 mm, a nawet 6 mm i podkleja dodatkowymi pasami sklejki.

1.2.2 Technologia laminatowa

Na kadłuby ślizgów lodowych można użyć laminatów poliestrowo szklanych. Zmienia się technologia, łatwa jest powtarzalność wymiarów w przypadku konstrukcji seryjnej. Problemem jest budowa pierwszego egzemplarza ale sposób postępowania zależy od możliwości zakładu. Postępowanie może być różne. Np przy budowie ślizgu ARROW pierwszy egzemplarz był drewniany i przez jeden sezon dokonywano na nim wszelkich poprawek a następnie zrobiono bezbłędną formę i powielono setki egzemplarzy. Ślizg Arrow dzięki kadłubowi z laminatu i nowoczesnym rozwiązaniom waży zaledwie 91 kG. Podobnie udany jest dwumiejscowy ślizg amerykański NITE. Możliwość kształtowania dużych elementów z laminatu ułatwia znacznie technologię. Polscy konstruktorzy (A.



Rysunek 4: Kadłub ślizgu Monotyp XV



Rysunek 5: Przekroje poprzeczne kadłuba

Grodzicki) budując dwumiejscowy laminatowy ślizg DX zastosowali podział na trzy części:

- a. część zasadniczą składającą się z burty, pokładu, dziobnicy i rufy i w laminowanych usztywnień poprzecznych
- b. dna
- c. kokpitu dla dwuosobowej załogi o kształcie zbliżonym do wanny.

Część zasadnicza oraz dno zostały następnie sklejone, a kokpit połączono z całością za pomocą nitów. Osiągnięto łatwy montaż i możliwość demontażu przez usunięcie aluminiowych nitów w przypadku konieczności dostania się do wewnętrznych elementów kadłuba celem naprawy wnętrza.

1.2.3 Problemy zrównoważenia ślizgu

Omawiając konstrukcję kadłuba należy nieco uwagi poświęcić wnikliwej ocenie skutków usytuowania kokpitów i umieszczenia poszczególnych członków załogi, przy czym nie chodzi tu o sprawy towarzyskie, lecz o skutki w użytkowaniu konstrukcji i o wpływ umieszczenia członków załogi na zdolności ruchowe ślizgu.

Umieszczenie załogi wieloosobowej w ślizgu lodowym może być rozmaite. Np. w Monotypie XV kokpity znajdują się jeden za drugim to jest w układzie tandem, dzięki czemu kadłub jest stosunkowo wąski. Kokpit przedni przeznaczony jest dla szotmana a tylny dla sternika. W ślizgach Arrow, Nite, DX oraz w dwumiejscowym Yankee sternik i załogant leżą w kokpicie obok siebie. W jednej z wersji Skeetera wycięto dodatkowy kokpit w kadłubie przed piętą masztu, zaś sternik siedzi w drugim kokpicie na rufie nad płozownicą. Sposób usytuowania poszczególnych członków załogi nie jest obojętny dla żeglugi.

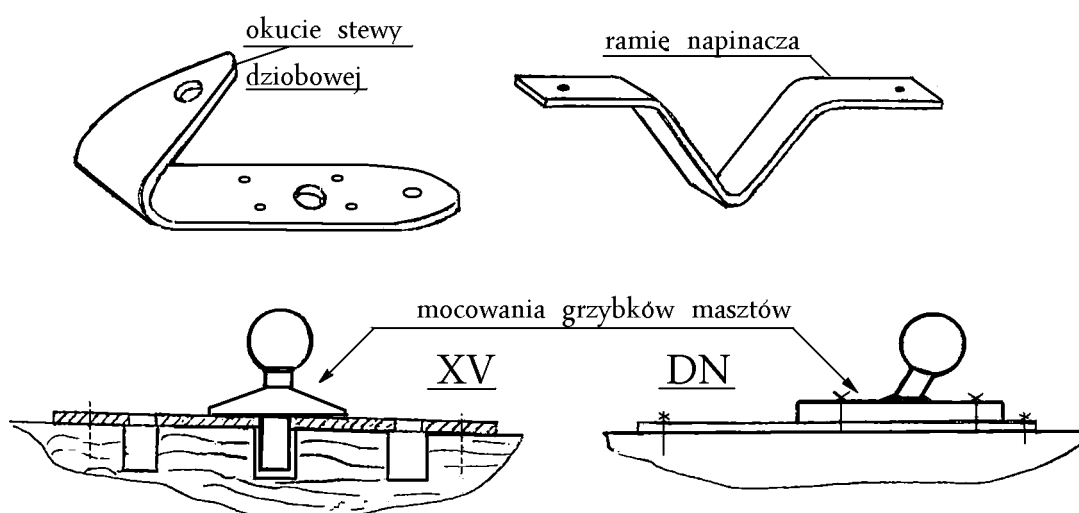
Aby nie zmieniło się wyrównoważenie ślizgu, to obecność lub nieobecność części załogi nie powinna wpływać na położenie środka ciężkości żeglującego ślizgu.

Ten warunek jest spełniony w ślizgach z płozą sterową na rufie, przy takim umieszczeniu załogi jak w Monotypie XV. Gdyby kokpit sternika umieścić z przodu a kokpit szotmena bliżej rufy spowodowałoby to duże wędrówki środka ciężkości ślizgu w razie nieobecności szotmena.

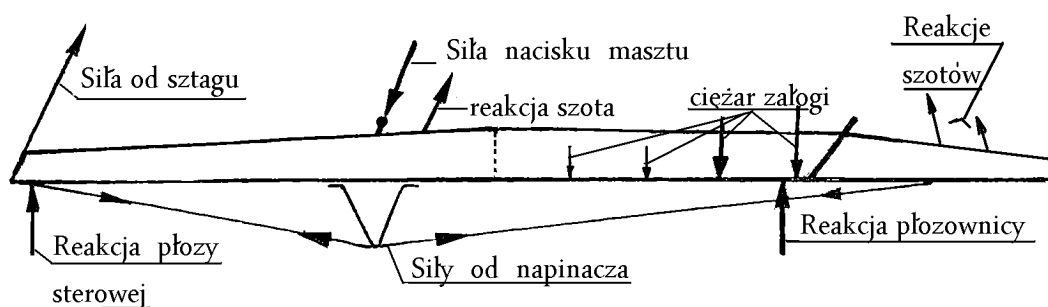
Dla ślizgów z płozą sterową na dziobie zalecany jest układ, gdy szotmen i sternik leżą obok siebie w kokpicie, gdyż w razie nieobecności szotmena nie ma wędrówki środka ciężkości albo jest ona bardzo mała. Zasadą właściwego wyrównoważenia jest takie umieszczenie ciężarów zmiennych (obecny lub nieobecny szotmen, dodatkowy balast) aby nie powodowały one wędrówki środka ciężkości. Oznacza to, że powinny one być umieszczane w środku ciężkości ślizgu wyposażonego i z siedzącym w ślizgu sternikiem.

1.2.4 Problemy wytrzymałości kadłuba

Nawet podczas żeglugi po prostej konstrukcja ślizgu jest bardzo obciążona. Kadłub jest zginany momentami gnącymi pochodzącymi od sił bezwładności przy ruchu po nierównym lodzie oraz sił wprowadzanych przez olinowanie, omasztowanie, płozownicę i zawieszenie płozy sterowej. Powstają też momenty skręcające kadłub zwłaszcza podczas



Rysunek 6: Przykłady wybranych okuć kadłuba



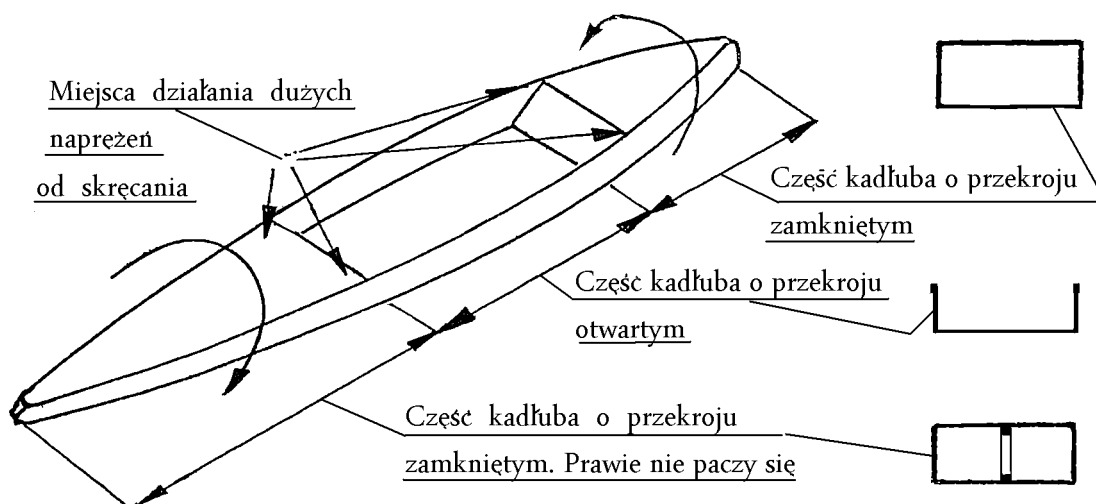
Rysunek 7: Układ sił działających na kadłub

wykonywania manewrów.

Problemy wytrzymałościowe kadłuba sprowadzają się do:

- problemów wprowadzania sił,
- problemów zgięcia ogólnego i skręcania,
- problemów wytrzymałości miejscowej.

Siły pochodzące od olinowania wprowadzane są przez odpowiednie okucia stalowe. Kilka przykładów okuć wprowadzających siły do kadłuba pokazano na rys.6. Siłę pochodzącą od pięty masztu wprowadza się na tak zwany grzybek i przez płytkę stalową na drewniany dźwigar podmasztowy, który poprzez wręgi i stewę dziobową przenosi obciążenie na burty kadłuba. Pod wpływem nacisku masztu i reakcji olinowania oraz pozostałych obciążeń, kadłub jest zginany. W małym ślizgu DN nie zastosowano podłużnic kadłuba. Brak takich podłużnic na odcinku kokpitu. Celem wzmocnienia kadłuba konstruktorzy DN wprowadzili napinacz wytwarzający poprzez ramię napinacza dodatkową reakcję odciążającą kadłub w miejscu nacisku masztu – patrz rys.7. Problem zgięcia kadłuba należy do zagadnień dających się rozwiązać w ramach elementarnej wy-



Rysunek 8: Obszary występowania dużych naprężeń podczas skręcania kadłuba

trzymałości materiałów. Nieco bardziej skomplikowany jest problem skręcania kadłuba, należący do zagadnienia skręcania skrępowanego, przy którym przekroje poprzeczne paczą się. Zostawiając specjalistom metody obliczanie takich konstrukcji, stwierdzimy jedynie, że odcinki kadłuba o przekrojach zamkniętych charakteryzują się bardzo dużą sztywnością na skręcanie i one przeciwstawiają się paczeniu środkowej części o przekroju otwartym, przy czym w narożach przekroju powstają największe naprężenia rozciągające bądź ściskające oraz styczne i to one są przyczyną uszkodzeń wielu nieprze-myślanych pod względem wytrzymałościowym konstrukcji – patrz rys.8.

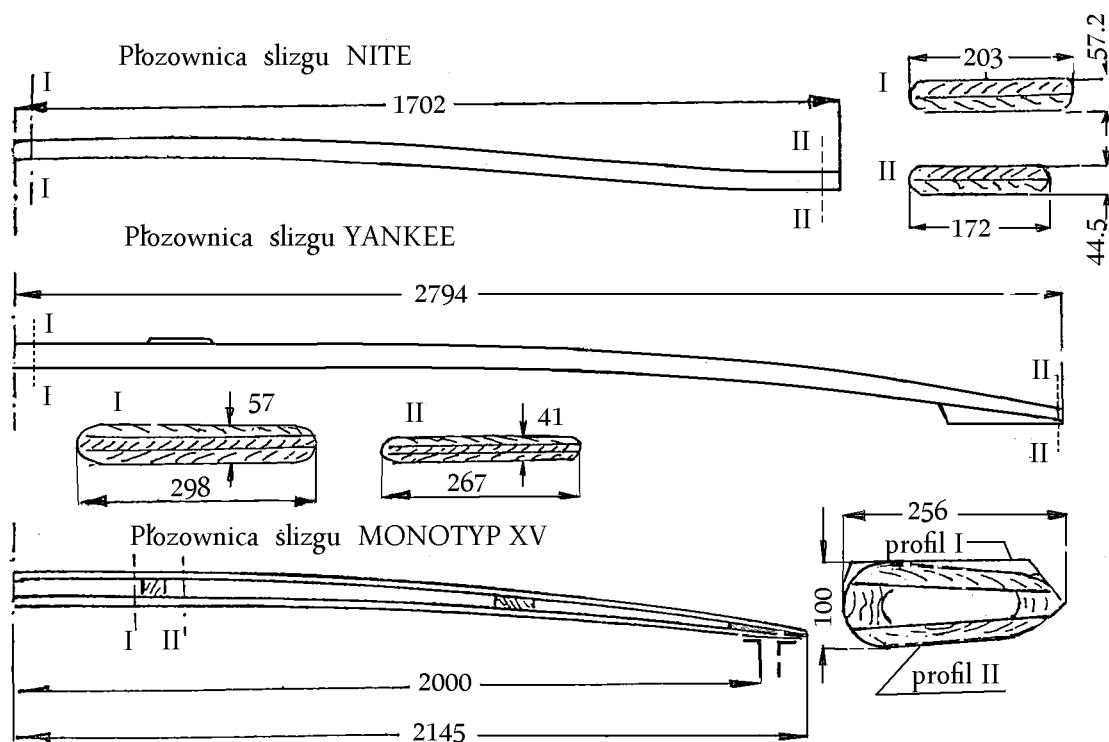
Problemy niewystarczającej wytrzymałości lokalnej (miejscowej, strefowej) rozwiązuje konstruktor przez dodanie wzmocnień. Takimi przykładami są węzłówki w kokpicie ślizgu DN zapobiegające deformacji kształtu poprzecznego kadłuba, czy też listwy łączące burty pod dnem kokpitu ślizgu Monotyp XV.

Ogromne możliwości poprawienia niedostatecznej wytrzymałości miejscowej istnieją w konstrukcjach z laminatów a to poprzez dolaminowanie dodatkowych warstw maty lub rowingu lub przez doklejenie usztywnień.

1.2.5 Przewietrzanie kadłuba i pływerność

Należy zawsze liczyć się z możliwością zamoczenia kadłuba i dostania się wody do jego wnętrza. System otworów odpływowych i wentylacyjnych powinien być taki aby nie powstawała ani jedna zamknięta dla przewietrzania objętość. Np. w Monotypie XV nawet dźwigar podmasztowy ma przewidziane przez konstruktora otworki wentylacyjne do przewietrzania i ewentualnego spływu wody. Taki system przewietrzania i otworów doceni ten, któremu zdarzyło się zamoczyć kadłub i zmuszony był do zrywania poszycia celem wysuszenia wnętrza. Ponowne pokrycie kadłuba, klejenie i lakierowanie należy już do poważnej naprawy, której możnaby uniknąć.

Konstrukcja ślizgu powinna być niezatapialna. Rozsądek nakazuje zwiększenie pły-



Rysunek 9: Przykłady konstrukcji płozownic

walności przez stworzenie zamkniętych objętości lub dodanie elementów wypornościowych, a więc wbudowanie bloków styropianu. Oczywiście przy tworzeniu zamkniętych objętości należy zapewnić możliwość przewietrzania kadłuba.

1.3 Konstrukcja płozownic i wysięgników

Płozownica i wysięgnik należą do elementów sprężystego zawieszenia ślizgu. Wysięgnik pozwala zwiększyć długość konstrukcyjną ślizgu bez zwiększania długości kadłuba. Stanowi element sprężysty i bywa coraz częściej stosowany w nowoczesnych ślizgach. Nie jest to element bezwzględnie konieczny i w wielu konstrukcjach nie jest stosowany, a rolę resorowania przejmują sprężyny.

Natomiast płozownica jest w ślizgu lodowym elementem niezbędnym. Jest to belka ustawiona prostopadłe do osi podłużnej ślizgu opierająca się swoimi końcami na płozach bocznych, a w środku umocowana do kadłuba ślizgu rys.9.

Podczas ruchu ślizgu płozownica jest obciążona nie tylko ciężarem ślizgu lecz także siłami powstałymi wewnątrz konstrukcji jako skutek aerodynamicznego działania wiatru na żagle. Te dodatkowe siły działają ze strony olinowania i są one równoważone dodatkową reakcją kadłuba. Gdy wiatr zaczyna działać na żagle to płozownica ugina się znacznie silniej niż wtedy gdy żagiel łopoce.

Ponieważ reakcje ze strony lodu są zmienne to płozownica amortyzująca wstrząsy jest bardzo ważnym elementem konstrukcji wpływającym na zmniejszenie oporów czołowych płóz. Dlatego wymagania stawiane płozownicy są duże. Winna ona mieć wy-

magana elastyczność i wysoką wytrzymałość.

Dokonując przeglądu typów płożownic używanych w ślizgach lodowych widać, że wybór konstrukcji płożownicy zależy od możliwości wykonawczych. Konstruktorzy, którzy nie mieli możliwości sklejania drewna stosowali płożownice pełne wykonywane z jednego kawałka drewna. Materiał używany na takie płożownice to jesion, jodła a także zależnie od rejonu geograficznego topola, lipa, orzech amerykański a nawet dąb. Tak wykonywane płożownice były ciężkie, zwłaszcza że ślizgi były duże. Wymiary płożownic sięgały nawet do 10 m długości, 600 mm szerokości i do 150 mm w grubości [3].

Kolejnym etapem w rozwoju płożownic było składanie ich z kilku warstw, podobnie jak wykonywane są resory piórowe. Oznaczało to oszczędność w zużyciu materiałów i możliwość poprawienia elastyczności w procesie eksploatacji przez dołożenie kolejnej warstwy lub wymianę jednej z warstw na inną o zmienionej grubości. Poważne zwiększenie wytrzymałości płożownic uzyskano stosując płożownice ramowe [1]. Charakteryzowały się one wysoką wytrzymałością i dużą sztywnością, a do zbudowania takiej płożownicy wystarczało użyć jedynie połączeń śrubowych. Płożownica taka pracuje na wytrzymałościowej zasadzie bezprzekątniowej ramy Vierendela. Płożownice ramowe nie mogą być używane we współczesnych ślizgach, gdyż rozbudowana przestrzenna konstrukcja stawia duże opory aerodynamiczne i pogarsza sprawność aerodynamiczną ślizgu. Tego typu płożownice stosowane były do dużych ślizgów z kadłubem typu platforma.

Z chwilą pojawienia się odpowiednich klejów do drewna powstały nowe możliwości zbudowania lekkiej i mocnej płożownicy. Płożownicę można było skleić z wielu desek sosnowych lub świerkowych, a także w procesie klejenia można było łatwo nadać płożownicy pożądane wygięcie wstępne. Zwrócono także uwagę na nadawanie poprzecznym przekrojom odpowiednio profili bardziej opływowych, a więc lepszych pod względem aerodynamicznym niż wyjściowy przekrój prostokątny. Przekrój poprzeczny płożownicy może być pełny i taka płożownica jest wprawdzie nieco cięższa, lecz znacznie mniej podatna na uszkodzenia od pustej wewnątrz. Nowoczesne ślizgi jak np. Yankee, Skeeter, Nite mają płożownice pełne sklejone z dwóch lub z trzech warstw. Ślizg Monotyp XV ma płożownicę wydrążoną wewnątrz celem obniżenia jej ciężaru. Jak pokazała praktyka płożownica ślizgu Monotyp XV często jednak ulega pęknięciom.

Patrząc na ślizg obciążony ciężarem załogi nie powinno odnosić się wrażenia, że płożownica wygina się ku dołowi. Wymaganie to podyktowane jest nie tylko względami estetycznymi lecz także użytkowymi. Uniesiona wyżej środkowa część płożownicy zostawia między kadłubem a lodem znacznie więcej miejsca, a więc umożliwia żeglugę przy grubszej warstwie śniegu. Dlatego przy sklejaniu płożownicy należy jej nadać pożądane przeciwne wygięcie.

Dobra płożownica winna łączyć wysoką wytrzymałość z właściwą elastycznością. Ślizg posiadający zbyt sztywną płożownicę doznaje silnych wstrząsów, gdy płoza napotyka na przeszkody i nierówności. Energia tracona na wstrząsy jest przecież czerpana z energii kinetycznej ślizgu, który przy każdym wstrząsie jest przyhamowywany. Jest jeszcze inny efekt zależny od rodzaju i twardości lodu. Sztywna płożownica przekazuje między płożami a kadłubem znacznie większe maksymalne siły. Pod wpływem chwilowych dużych nacisków płozy głębiej wcinają się w lód stawiając przez to znacznie większy opór czołowy. Przy elastycznej płożownicy płoza naciska równomierniej na lód dzięki czemu opór czołowy płoż jest mniejszy. Miękka płożownica będzie lepsza gdyż

ślizg będzie miał mniejsze opory. Jednakże ślizg posiadający zbyt miękką, to znaczy zbyt podatną płozownicę doznaje pod wpływem sił aerodynamicznych znacznych odkształceń, co może być niekorzystne jeżeli te odkształcenia będą zbyt duże. Pod obciążeniem od wiatru, poprzez zwiększony nacisk na piętę masztu oraz pod działaniem ciężaru załogi zbyt miękka płozownica poważnie się ugina, zaś kadłub może trącać o nierówności lodu lub śniegu, a maszt ulega poważnemu przechyleniu na stronę zawietrzną. Mogą też wystąpić inne efekty aerosprężyste. Chcąc uzyskać lekką i wytrzymałą płozownicę wykonuje się ją jako belkę o zmiennym przekroju. Na środkowym odcinku płozownica może być wykonana jako dźwigar skrzynkowy wewnątrz pusty. Dobierając przekroje poprzeczne w ramach dopuszczalnych tolerancji uzyskujemy pożądaną elastyczność.

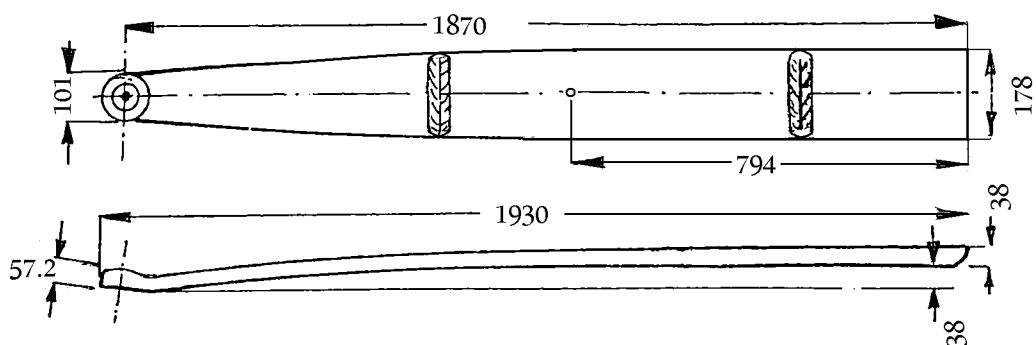
Elastyczność płozownicy która jest najwłaściwsza dla danego kadłuba zależy nie tylko od ciężaru ślizgu lecz także od warunków lodowych i meteorologicznych a walory ślizgu zależą od właściwie dobranej płozownicy. S.C.Smith podaje jak rozpoznać płozownicę o prawidłowej sztywności. Pod obciążeniem załogi ugięcie powinno się zmienić od 30 do 35 mm.

Płozownica bez obciążenia przyjmuje formę wygiętą. Wstępne wygięcie płozownicy może być równomierne lub też na końcach swych płozownica może mieć odwrotną krzywiznę aby stworzyć płaszczyznę pod właściwe zamocowanie płóz. Jednakże kształtowanie takiej płozownicy i jej budowa jest trudna. Wygodniej jest sklejać równomiernie wygiętą płozownicę, jednak wtedy na jej końcach należy dokleić od spodu odpowiednio ukształtowane nakładki. Te nakładki zapewniają odpowiednie ustawienie zamocowania płozy. Gdyby ich nie było to płozy nie byłyby ustawione prostopadłe do powierzchni lodu. Drugą parę nakładek przykleja się w środkowej części płozownicy i mają one za zadanie przekazywanie sił na burty kadłuba.

Ślizgi niektórych klas mogą używać płozownic drewnianych wzmocnionych przez oblaminiowanie tkaniną szklaną. Jednakże płozownice wykonane wyłącznie jako drewniane są wciąż używane i niezastąpione, gdyż drewno dobrze tłumi drgania.

Omawiając konstrukcje płozownic należy wspomnieć o wynalazku Georga Teppera w postaci obracanej płozownicy. Kadłub z płozownicą jest połączony za pomocą jednego sworznia, dzięki czemu z pomocą systemu linek można ustawiać płozownicę pod różnymi kątami w stosunku do kadłuba. Czynność tę wykonuje sternik pokręcając drugim kołem na osi koła sterowego. Celem takiego ustawienia kadłuba jest aby stawiał on mniejszy opór oraz dawał siłę ciągu podobnie jak żagiel. Kadłub musi mieć jednak odpowiednią konstrukcję aby zmniejszyć szczelinę pomiędzy żaglem a kadłubem. Przy pomiarach klasowych takich konstrukcji z ustawianą w czasie ruchu płozownicą, wymiary kadłuba przelicza się otrzymując pewną powierzchnię, która jest zaliczana do powierzchni żagla.

Drugim elementem amortyzującym wstrząsy jest wysięgnik. Jest to wynalazek kanadyjczyka Gordona Reicha z 1940 roku. W przedniej części wysięgnika znajduje się łożysko z osią trzonu sterowego. Ze względu na polepszenie sterowności podczas zakręcania ślizgu celowym jest pochylenie ku rufie osi trzonu sterowego o 12° do 15° – patrz rys.10. Wysięgnik jest sklejać podobnie jak płozownica z dwóch lub z trzech warstw drewna. Zalecane jest przy sklejaniu z trzech warstw nie zmieniać grubości zewnętrznych warstw a ścieniać warstwę środkową.



Rysunek 10: Wysięgnik ślizgu NITE

1.4 Konstrukcja płóz

Płozy to jeden z elementów ślizgu lodowego, który doznał wielu zmian konstrukcyjnych i pozostaje jednym z bardziej kontrowersyjnych problemów żeglarstwa lodowego. Wciąż nie ma ostatecznych odpowiedzi na wiele pytań w rodzaju: jaki kształt ostrza?, jaki materiał ostrza?, jakie kąty zaostrenia?, jakie płozy do warunków lodowych i temperatury?, polerować czy nie polerować powierzchnie ostrzy płóz?

Tak jest dlatego ponieważ, mimo ogromnej wiedzy w zakresie fizyki lodu, nie rozwiązano do chwili obecnej problemu teoretycznego ślizgania się płozy i wielu problemów towarzyszących. Instytuty naukowe nie są nastawione na prowadzenie prac dla żeglarstwa, a omawiane problemy wymagają poważnych badań celem ich rozwiązania.

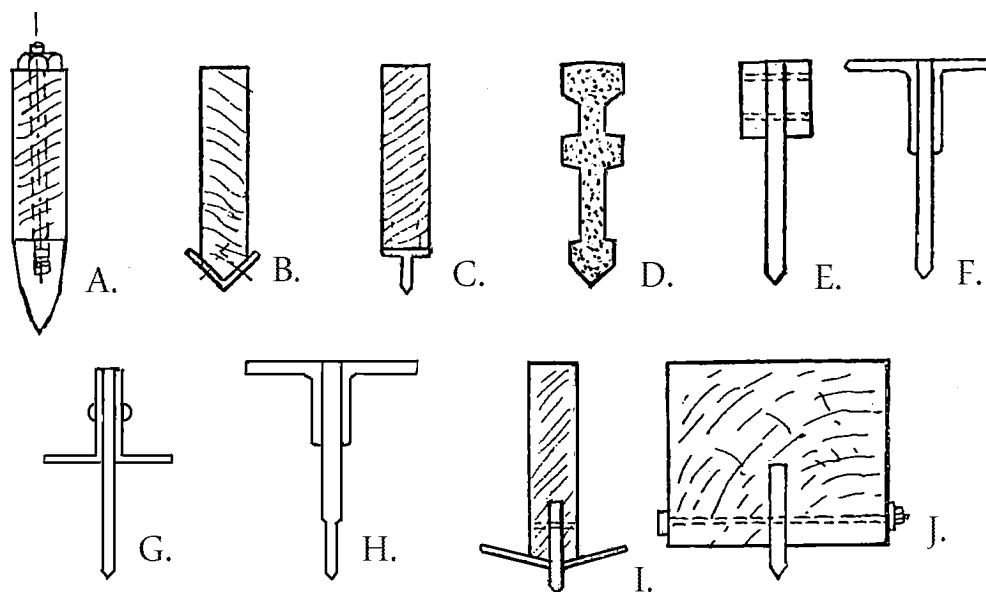
Jeżeli gładkie, lśniące dno jachtu obrosnie muszelkami to jacht straci walory regatowe, podobnie szybka łódź motorowa z powodu źle dobranej śruby napędowej nie może wejść w ślizg, to najlepszy na świecie ślizg lodowy stanie się niezdolnym do szybkiej żeglugi z powodu źle dobranych lub źle ustawionych płóz. Dlatego przygotowaniu płozy poświęcimy więcej uwagi.

W odróżnieniu od łyżwy, ostrze płozy ślizgu lodowego jest zaostrene w kształcie litery „V”, tak aby mogło ono wciskając się w lód stworzyć nachyloną do poziomu lodu powierzchnię. Dzięki temu mogą wytworzyć się duże składowe poziome siły reakcji ze strony lodu potrzebne nie tylko do przeciwstawienia się sile dryfu pochodzącej od żagla lecz także do wykonania manewrów zakręcania ślizgu.

Zależenie od konstrukcji płozy stosowane w ślizgach lodowych można było zaliczyć do jednej z trzech grup.

- Do grupy pierwszej zaliczamy płozы zbudowane z drewna i metalu. Mogą być wzmacniane przez ob laminowanie.
- Drugą grupę stanowią płozы metalowe wykonane w całości jako odlewy metalowe.
- Do grupy trzeciej należą płozы wykonane z płyt stalowych rys.11. Obecnie ten podział jest nieco sztuczny bowiem rozwinęła się technologia.

Najczęściej stosowanym połączeniem drewna i metalu w płozach grupy pierwszej był był dębowy korpus płozy i fosforobrazowy odlew często ze stalową wkładką, która nie ulega szybkiemu stępieniu i dobrze zachowuje się na twardym lodzie. Tak właśnie są skonstruowane oryginalne płozы Monotypu XV. Połączenie fosforobrazowego odlewu z



A - Klasyczna płoza z dębowym korpusem i stalowym ostrzem.

B - Drewniany korpus i kątownik stalowy.

C - Drewniany korpus i stalowy ceownik.

D - Odlew staliwny.

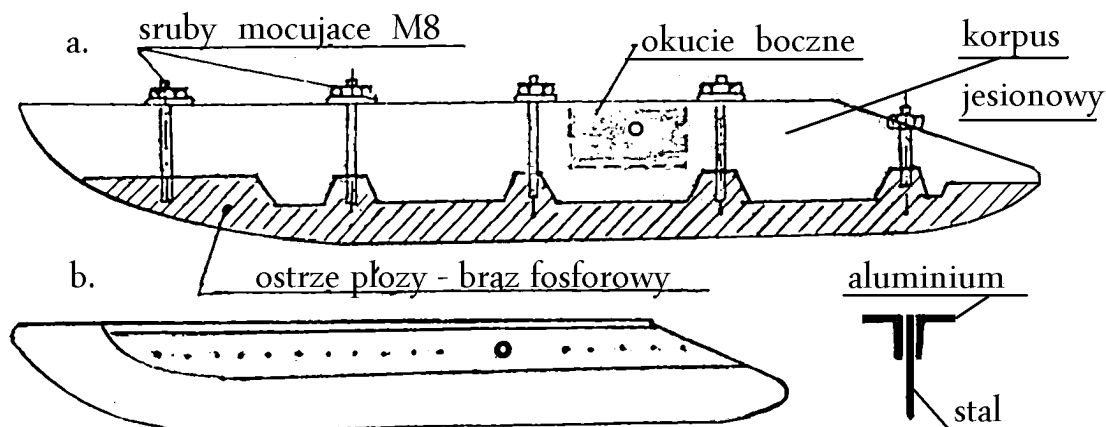
E - Ostrze stalowa płyta i nakładki aluminium.

F,G - Ostrze stalowa płyta, usztywnienia - aluminiowe kątowniki.

H - Stalowe specjalnie obrobione ostrze, aluminiowy kątownik.

I,J - Płozy o dużej zdolności przechodzenia zasp. Wczesny okres rozwoju żeglarstwa lodowego.

Rysunek 11: Przegląd konstrukcji płoź



Rysunek 12: Typy płóz używanych w ślizgu Monotyp XV i w Yankee

drewnianym korpusie płózy Monotypu XV zapewnia pięć stalowych śrub rys.12. Przykręcone z boku metalowe nakładki boczne chronią korpus płózy przed ocierającymi je kątownikami stalowymi, które są prowadnicami dla płózy i są na stałe skręcone z płozownicą.

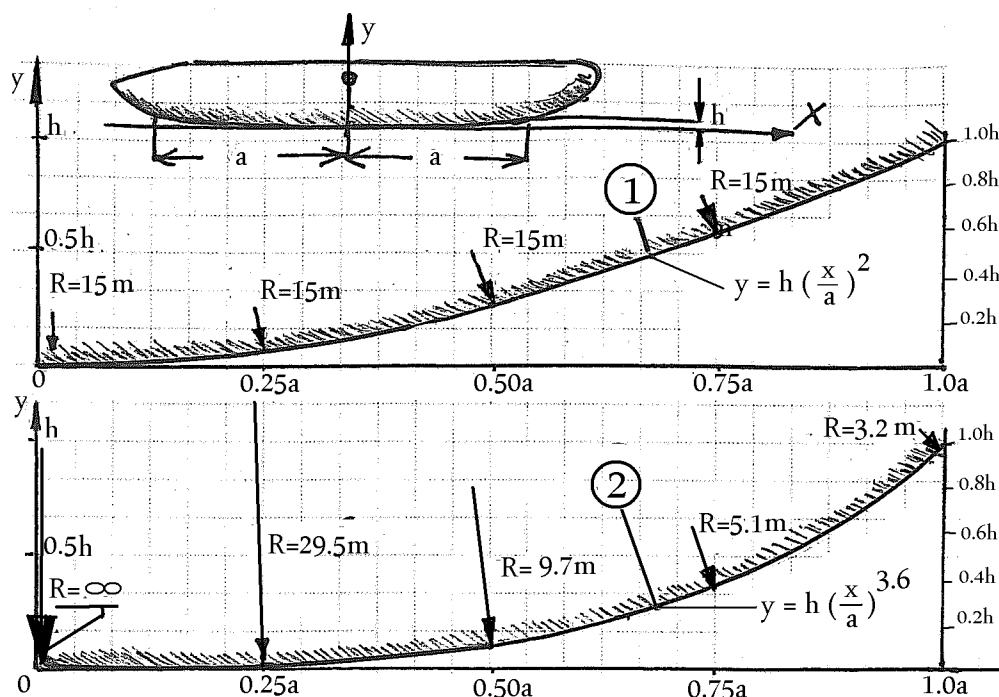
W metalowych nakładkach i korpusie płózy przewiercono otwór, przez który przechodzi stalowy sworzeń, na którym płoza jest zawieszona. Innym przykładem połączenia drewna i metalu jest przykręcenie profili walcowanych do drewnianego korpusu co przedstawiono na rys.11. Na ostrza wykorzystywane są walcowane profile o przekroju kwadratowym, kątowniki i teowniki, a na drewniane korpusy można użyć jesionu lub brzozy.

Odlewane płózy stalowe lub żeliwne rozpowszechnione były w USA we wcześniejszym okresie rozwoju żeglarstwa lodowego. Stosowane były chętnie gdyż żeliwo dawało się dobrze polerować.

Obecnie coraz częściej używane są płózy z płyt stalowych czego przykładem są ślizgi DN, ARROW, YANKEE, NITE, SKEETER używające takich płóz. W mniejszych ślizgach wystarcza płyta o grubości 6 mm z zamocownymi aluminiumowymi nakładkami o grubości po 10 mm. W większych ślizgach płyta stalowa musi być grubsza. Spotykane są konstrukcje płóz gdzie stalowa płyta jest wzmocniona przynitowanymi lub przykręconymi aluminiumowymi kątownikami (Yankee).

W dużych ślizgach płoza sterowa bywa krótsza niż płózy boczne, co ma ułatwić sterowanie ślizgiem. Natomiast w małych ślizgach nie jest to potrzebne i długości wszystkich płóz mogą być jednakowe (DN, ARROW, NITE). Mimo jednakowych wymiarów płóz nie można dowolnie przestawiać, bowiem płozie sterowej nadaje się odmienny profil ostrza i inne kąty zaostrenia niż płozom bocznym. Inna jest również konstrukcja obsady płózy bocznej, a poza tym płoza sterowa winna być wyposażona w hamulec postojowy.

Kąt zaostrenia płóz jest ciągle problemem nie rozwiązany. Praktyka pokazuje, że powinien się on zawierać pomiędzy 70° a 100° przy zalecanych 85° – 90° . Ostrzejsze kąty są zalecane dla płóz na lód twardy natomiast kąty rozwarte są zalecane dla płóz na lód miękki. Dobrze jest posiadać kilka kompletów płóz na różne warunki lodowe. Odpada wtedy konieczność ciągłego ostrzenia i dostosowywania ostrza do warunków lodowych.



Uwaga: Krzywe na rysunku są zniekształcone z powodu użycia różnych skal w pionie i poziomie. W rzeczywistości wymiar „a” to 300 mm zaś wymiar „h” to 3 mm.

Rysunek 13: Profile ostrzy płóz ślizgów lodowych

Ponadto ciągle zmiany kątów zaostrenia prowadzą do szybkiego zużycia płozy. Ostrze płozy wykonane z metalu o małej twardości szybko ulega stępieniu. Dlatego niektórzy sternicy wolą płozy wykonane z twardej stali wymagającej szlifierskiej obróbki. Płozę taką trudniej jest naostrzyć, ale trwałość ostrza jest duża.

Jeżeli płozę oprzemy ostrzem na płaszczyźnie np. na płycie traserskiej, to powinna ona stykać się z płytą tylko swoją środkową częścią. Patrząc na płozę z boku powinniśmy widzieć szczeliny pomiędzy ostrzem a płytą zwiększające się stopniowo w kierunku przodu płozy jak i w kierunku tyłu płozy. Ta krzywizna ostrza jest bardzo niewielka a szczelina powinna być rzędu 1 mm - 2 mm - (3 mm) przy końcach zanim ostrze przechodzi w konstrukcyjne zaokrąglenia na dziobie płozy i w tyle płozy.

Na rysunku rys.13 pokazano kilka profili ostrzy płóz. Zalecany powszechnie łuk paraboli stopnia drugiego, „krzywa 1” opisana równaniem

$$y = h \cdot \left(\frac{x}{a}\right)^2$$

daje stały promień krzywizny R .

$$R = \frac{a^2}{2 \cdot h}$$

Np: $a = 30 \text{ cm}$, $h = 3 \text{ mm}$, $R = 15 \text{ m}$

Przy twardym lodzie gdy zagłębienie ostrza wynosi mniej niż 20%h, to pracująca część ostrza jest bardzo krótka a więc może być przekroczona wytrzymałość lodu i płoza zacznie dryfować.

Jeżeli łuk dobierzemy według krzywej postaci

$$y = h \cdot \left(\frac{x}{a}\right)^m$$

gdzie $m > 2$, jest wykładnikiem to uzyskujemy profil ostrza „krzywa 2”. Promień krzywizny zmienia się płynnie od nieskończonego w przekroju $x = 0$ do $R(x)$ w dowolnym miejscu.

$$R(x) = \frac{a^2}{2 \cdot h} \cdot \frac{2}{m \cdot (m-1)} \cdot \left(\frac{a}{x}\right)^{m-2}$$

Pokazany na rys.13 profil ostrza z zaznaczonymi promieniami krzywizny wykreślono dla $a = 30$ cm, $h = 3$ mm i $m = 3.6$.

Przy twardym lodzie i przy podobnym zagłębieniu ostrza np 20%h pracująca część ostrza jest znacznie dłuższa niż przy profilu parabolicznym. Przy profilu ostrza dobranym przy $m > 2$ na pewno opory ruchu będą mniejsze, a długość stykającej się z lodem części płozy dłuższa, co daje mniejsze naciski na lód.

Dokonane w 2006 r pomiary profili ostrzy płóz ostrzonych przez czołowych polskich trenerów wykazały że wartość m wahała się pomiędzy 2.5 i 4.4. przy czym z pomiarów wyszły pewne prawidłowości:

1. Wartości m niskie - dla płozy sterowej.
2. Wartości m wysokie - dla płóz bocznych.
3. Na gładki lód - wartości m wysokie, a na nierówny lód wartości m - niskie.

Dzięki tak dobranym profilom ostrza, w chwili gdy przód płozy wspina się na nierówności lodu to łuk tylnej części płozy pozostaje w styku z lodem i łagodnie ślizga się przy czym przenoszona jest siła dryfu a opory ruchu wzrastają nieznacznie.

Trenerzy i zawodnicy do problemu długości części ostrza stykającej się z lodem podeszli praktycznie i wprowadzili szereg pojęć i prostych sposobów kontroli [4] – patrz rys.14.

KORONA – Jest to część ostrza o rzędnych poniżej 0.2 mm. Długość korony mierzy się na płycie traserskiej z użyciem twardych płytek 0.2 mm. Długa korona ma 600 mm, a krótka korona ma 300 mm długości.

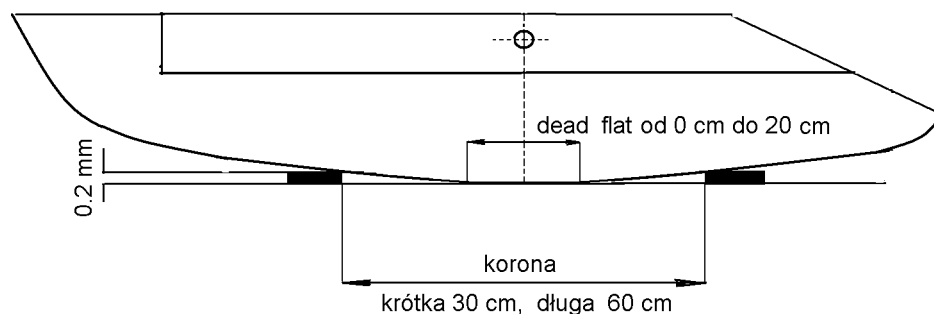
DEAD FLAT – Jest to część korony ściśle stykająca się z przymiarem stalowym. Długie Dead Flat wynosi 200 mm, krótkie 0 mm (np. przy sterówce), a średni wymiar od 80 mm do 100 mm.

STREFA SZARA – Jest to strefa przejściowa pomiędzy Dead Flat a strefą korony z widoczną szczeliną. Długość szarej strefy wynosi około 2 cm. Wielu wątpi czy istnieje i czy nie jest to tylko związane z niedoskonałością naszych oczu.

Konstrukcyjne zaokrąglenie przodu płozy umożliwia pokonywanie przeszkód nawet kilkucentymetrowej wysokości. Natomiast konstrukcyjne zaokrąglenie tyłu płozy umożliwia cofanie ślizgu gdy chcemy na przykład ustawić go na postoju.

W przedniej części płozy sterowej montuje się niekiedy hamulec postojowy, na który składają się dwa płaskowniki i dwie śruby. Przepisy niektórych klas wymagają obowiązkowego wyposażenia w taki hamulec (DN). Ostatnio zawodnicy montują hamulec postojowy w tylnej części płozy sterowej.

Gdy zaczyna padać śnieg to żeglarzy lodowych ogarnia zaniepokojenie. Śnieg jest postrachem żeglarstwa lodowego. Pięć centymetrów śniegu nie stanowi jeszcze przeszkody



Krótką koronę w ślizgu DN ma długość 300 mm

Długą koronę w ślizgu DN ma długość 600 mm

Rysunek 14: Określenie pojęcia korony i DEAD FLAT

lecz większa grubość już utrudnia żeglugę. Całkowicie uniemożliwia żeglugę częściowo stopiony i ponownie zmrożony śnieg. Aby móc żeglować gdy zalega warstwa śniegu należy zastosować płozy z płyt stalowych. Inne płozy o grubszym ostrzu nie nadają się, gdyż ubijając śnieg stawiają zbyt duży opór. Płozy stalowe zastosowane do Monotypu XV winny być z blachy o grubości 10 mm, są krótsze od fosforobrazowych i umożliwiają żeglugę przy warstwie śniegu do 18 cm. gdyż ostrze dochodzi do lodu a płozownica przechodzi nad śniegiem.

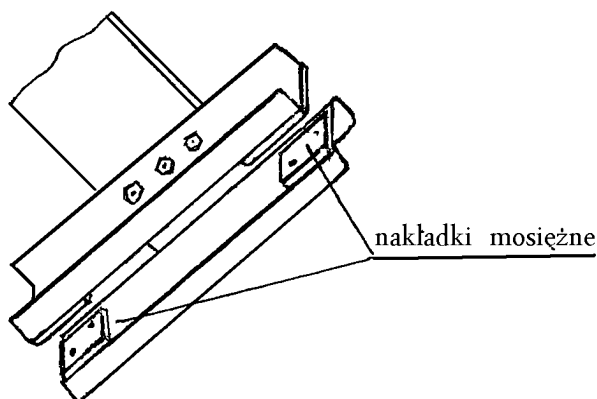
Inna koncepcja płóz-nart, a więc nie opierających się bezpośrednio o lód, lecz mających ślizgać się po śniegu nie spełniła w praktyce oczekiwań. Próby zastosowania takich płóz potwierdziły, że ślizg może żeglować tylko przy bardzo silnym wietrze lecz halsować na wiatr nie może.

Erik Landesen przed I wojną światową rozwijał dwie koncepcje płóz umożliwiające żeglugę przy dużej grubości śniegu. Pierwsza koncepcja to płozo-narta ugniatająca śnieg. Można krótko podsumować te osiągnięcia. Stworzył płozę o dużej zdolności przechodzenia po zaspach ale z żeglugą na wiatr było gorzej. Druga koncepcja to płozy płytowe o wysokości do 0.25 metra rozsuwające śnieg na boki. Obydwie koncepcje szczegółowo opisał Erik von Holst w „Die Eisjacht” [2].

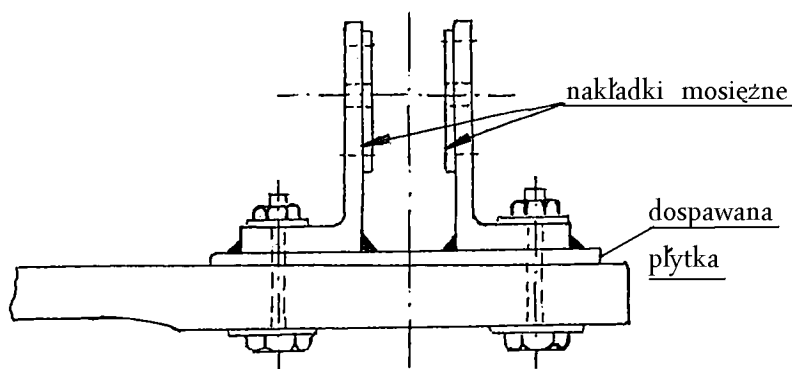
1.4.1 Mocowanie płóz

Aby opory ślizgu poruszającego się po lodzie były niewielkie to jego boczne płozy zamocowane na końcu płozownicy muszą być do siebie równoległe, a w stosunku do powierzchni lodu prostopadłe. Równocześnie płoza winna mieć możliwość obrotu dookoła osi poziomej, to jest na sworzniu. Ta swoboda obrotu jest potrzebna przy przechodzeniu nierówności.

Zrealizowane zawieszenia płozy spełniają przedstawione warunki, zaś sposób budowy i działania urządzeń mocujących płozy jest przedstawiony na rysunkach. Mocowanie płóz winno więc zapewniać regulację równoległości i dlatego w najprostszym urządzeniu mocującym użyto dwóch niezależnych kątowników i każdy jest niezależnie przykręcany do płozownicy trzema śrubami. rys.15.



Rysunek 15: Rozwiązanie z dokręcanymi nakładkami

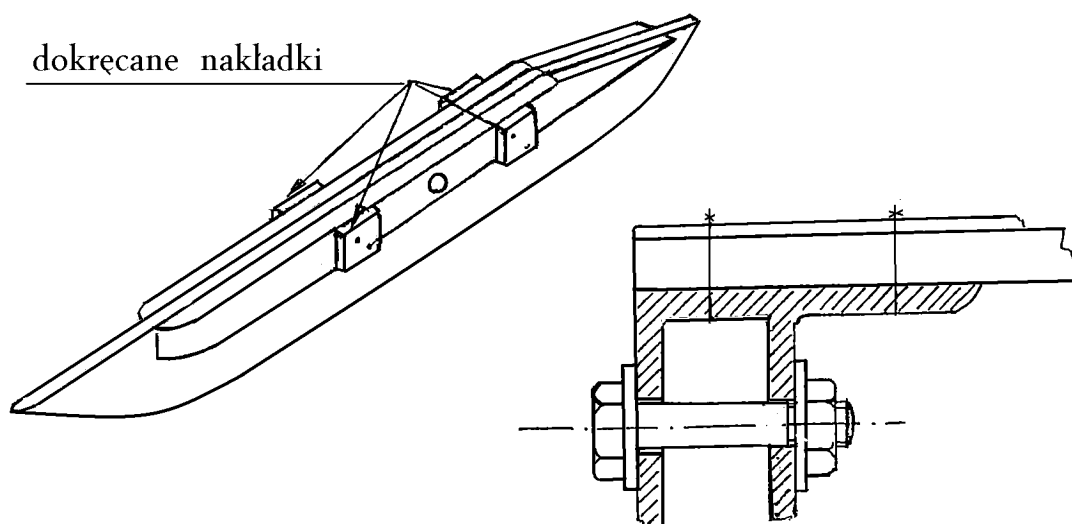


Rysunek 16: Rozwiązanie z dospawaną płytką

Elementy mocujące płozy są wykonywane nie tylko z profili walcowanych. Na przykład w amerykańskich ślizgach urządzenia te wykonywano jako odlewane z żeliwa lub ze stopów lekkich. Praktyczne okazały się jednak tylko elementy mocujące wykonane ze stopów lekkich i są one używane w amerykańskich ślizgach do chwili obecnej. Rozpowszechnione są również konstrukcje z aluminiowych profili wyciskanych.

Zawieszenie płozy, w którym wyeliminowano poprzeczne luzy pomiędzy płozą a zawieszeniem jest elementem, który decyduje o stateczności kierunkowej ślizgu. Dlatego w eksploatacji należy zwrócić uwagę na zlikwidowanie zbędnych luzów. W niektórych rozwiązaniach przewidziano na wewnętrznej stronie elementów mocujących dokręcane płytki z brązu lub z mosiądzu. Podkładając cienkie blaszki pod te płytki można zlikwidować zbędne luzy, natomiast obracając całość urządzenia mocującego można uzyskać równoległość płóz.

W rozwiązaniu przedstawionym na rysunku 16 zrezygnowano z ruchomości kątowników względem siebie, zespawano je do jednej płytki, która jest na stałe zamocowana do płozownicy. Ustawienia równoległości płóz i regulacji luzów dokonuje się wyłącznie przez zmianę podkładek pod mosiężnymi płytkami. Jest to dobre rozwiązanie i praktyka pokazała, że po starannym zamocowaniu nie musi być ono w czasie eksploatacji



Rysunek 17: Rozwiązanie z nakładkami na bocznych powierzchniach płóz

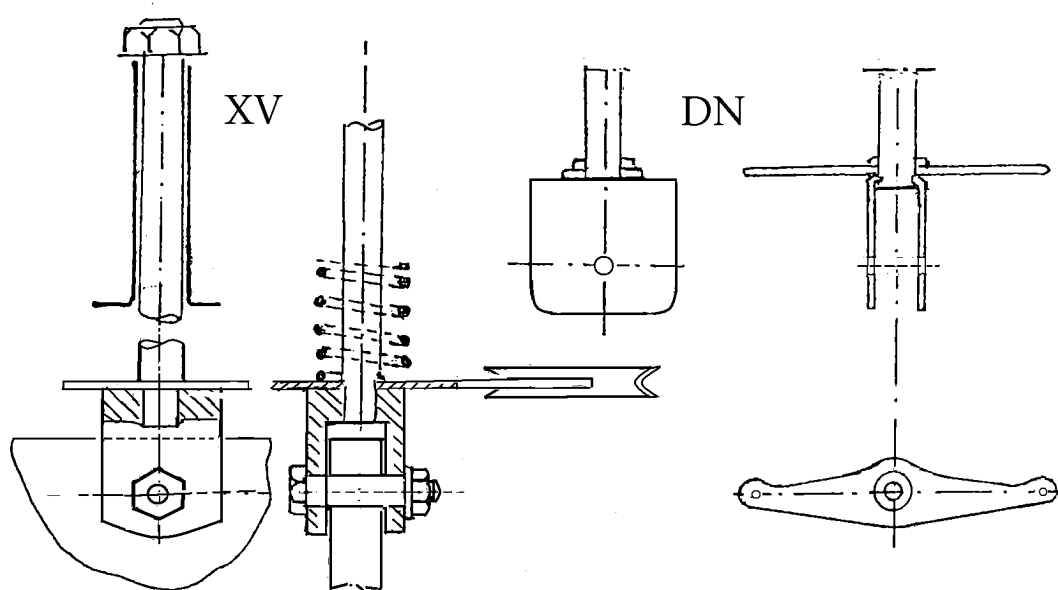
rozkręcane, a więc takie zawieszenie jest pewne w eksploatacji. Ma jednak wadę jaką jest trudny dostęp do śrub mocujących podkładki. Dlatego obecnie prawie powszechnie stosuje się mocowanie płóz mające wszystkie zalety opisanego rozwiązania, to jest sztywne obsady płóz lecz bez dokręconych nakładek. Nakładki przeniesiono na boczne powierzchnie płóz. Po wymontowaniu płoży dostęp do nakładek jest bardzo łatwy, a więc bardzo łatwa jest regulacja luzów i zbieżności rys.17.

Pomiędzy płożą a jej mocowaniem działają podczas ruchu duże naciski wskutek działania sił dryfu i sił bezwładności. Stały ruch płoży w umocowaniu powoduje straty energii na pokonanie oporów tarcia wskutek czego ślizg zwalnia. Im lżej obraca się płoża w swoim zawieszeniu tym mniejsze opory ruchu działają na ślizg. Stąd wynika konieczność starannego smarowania zawieszenia. W nowoczesnych rozwiązaniach zawieszenia płoży rezygnuje się z powierzchni ślizgowych a wprowadza łożyska toczne. W ślugu Yankee w jednym z wariantów zawieszenia użyto właśnie łożysk tocznych. Takie zawieszenie jest nieco trudniejsze do wykonania amatorskiego ma jednak poważne zalety.

Odmienne niż płoży boczne mocuje się płożę sterową, która winna się obracać dookoła osi pionowej co pozwoli na zakręcanie ślizgu. Płożę sterową zawiesza się na sworzniu przechodzącym przez obsady płoży. Oś sworznia i oś trzonu sterowego winny się przecinać, ale w bardziej zaawansowanych rozwiązaniach stosuje się przekoszenie. Do trzonu sterowego lub obsad dołączone są ramiona dźwigni do których mocuje się linki sterowe lub popychacze.

1.4.2 Urządzenia sterowe

W komplet urządzenia sterowego wchodzi płoża sterowa, która wraz z elementami mocującymi i trzonem sterowym ma możliwość obrotu wokół jego osi. Oś trzonu sterowego może być prostopadła do powierzchni lodu lub nachylona do tyłu ($12^\circ - 15^\circ$) co jest korzystne w ślizgach z przednią płożą sterową, lecz wymaga zastosowania mechanizmów sterujących o odpowiedniej kinematyce na co mogą nie zezwalać przepisy klasowe.

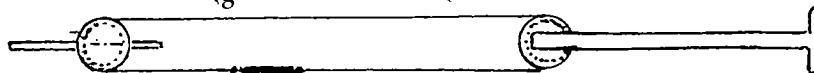


Rysunek 18: Rozwiązanie trzonu sterowego w ślizgu Monotyp XV i DN

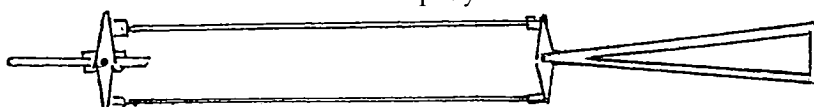
Trzon sterowy zależnie od rozwiązania napędów może być połączony z tzw. sektorem lub też z dźwigniami – patrz rys.18 i rys.19. Sternik steruje za pomocą koła sterowego lub sterownicy a napęd płozы sterowej jest przenoszony przez system linek lub popychaczy. W nowoczesnych małych ślizgach zrealizowano sterowanie nożne stopami opartymi o pedały lub orczyk podobnie jak w samolocie. Z reguły jest to sterowanie dodatkowe. Prowadzenie linek do kokpitu ma na celu nie tylko zmianę kierunku ruchu linki i uzyskanie pożądaney zmiany kierunku bez konieczności krzyżowania linek, lecz ma umożliwić sterowanie ślizgiem, gdy sternik znajduje się poza kokpitem i rozpędza ślizg. Sternik może wtedy bez trudności dosięgnąć napędów i ręcznie sterować ślizgiem. Istnieją też kombinacje połączenia napędów i i sternik może kierować nogami bądź kołem sterowym. Układ napędowy powinien charakteryzować się sztywnością i brakiem luzów. Sztywność można zwiększyć stosując zamiast linek pręty nazywane popychaczami. Są również stosowane układy z pojedynczym popychaczem (patrz aktualne plany DN).

Celem regulacji układu i właściwego napięcia linek sterowych stosuje się ściągacze, a w przypadku popychaczy wkręcane końcówki. W niektórych typach ślizgów celem ułatwienia sternikowi wsiadania, oś koła sterowego może być zawieszona wahliwie co umożliwia jej odchyłanie. Tak jest rozwiązane koło sterowe w ślizgu MONOTYP XV. Oglądając fotografie nowoczesnych ślizgów z aeropłatem można zauważyć, że na tej samej osi koła sterowego znajduje się jeszcze jedno. To drugie koło służy po prostu sternikowi do wybierania szotów, a więc do ustawiania aeropłata. W przypadku przestawialnej płozownicy jej ustawienie względem kadłuba może być zrealizowane za pomocą podobnego koła i napędu linkami stalowymi.

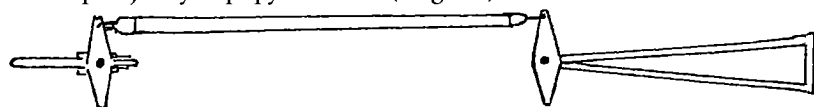
a. Sterownica i ciągna lub łańcuch i zębaki



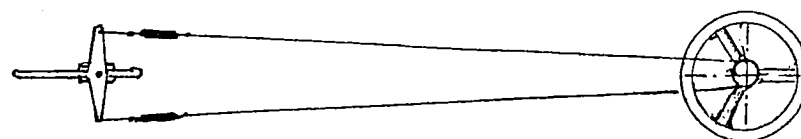
b. Sterownica i dwie linki lub dwa pręty



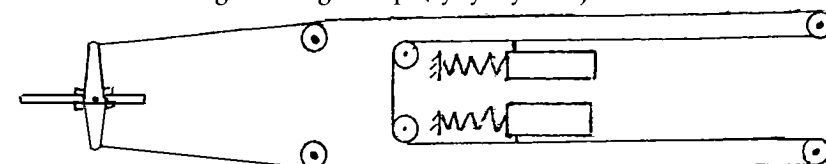
c. Napęd jednym popychaczem (ciągłem)



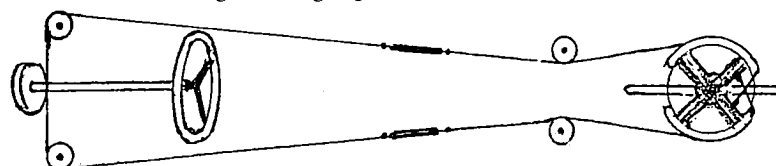
d. Ciągna i bębenek na kole sterowym



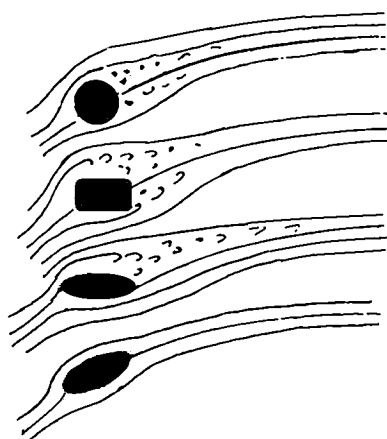
e. Sterowanie nogami, ciągna i sprężyny wyważające



f. Koło sterowe i ciągna. Slizg z płożą sterową na rufie



Rysunek 19: Mechanizmy napędów płozy sterowej



- A. Maszt o przekroju kołowym
- B. Maszt o przekroju prostokątnym
- C. Maszt opływowy nieobrotowy
- D. Maszt opływowy obrotowy

Rysunek 20: Opływy wokół różnych profili

1.5 Omasztowanie

Do omasztowania zaliczamy wszystkie drzewca, na których rozpięte są żagle, a mianowicie:

a) maszt

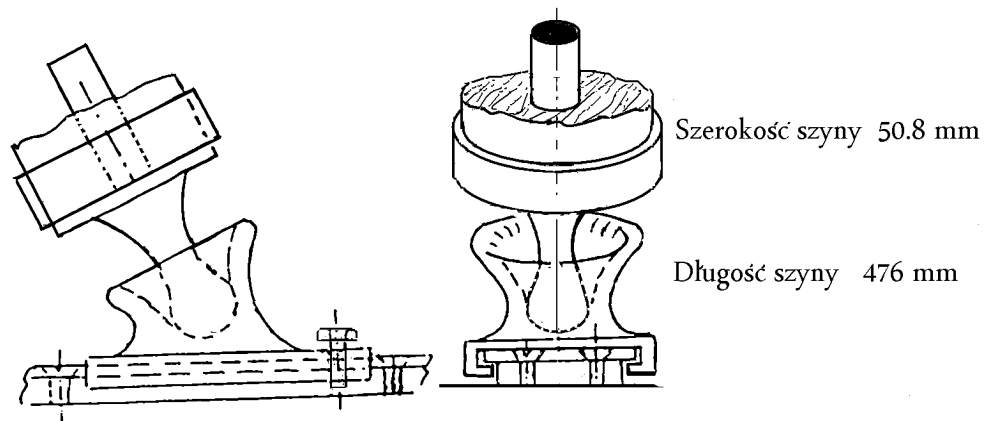
b) bom, a w dawnych ślizgach także gafel.

Praktyka wykazała, że w ślizgach lodowych na maszty najlepsze są kształty opływowe. Unikane są przekroje okrągłe i prostokątne. Jednakże samo zastosowanie opływowych profili nie wystarcza i maszt powinien mieć jeszcze swobodę obrotu dookoła swej osi, tak aby mógł ustawiać się do napływających strug powietrza, co spowoduje mniejsze zawirowania i zapewni większą siłę ciągu – patrz rys.20

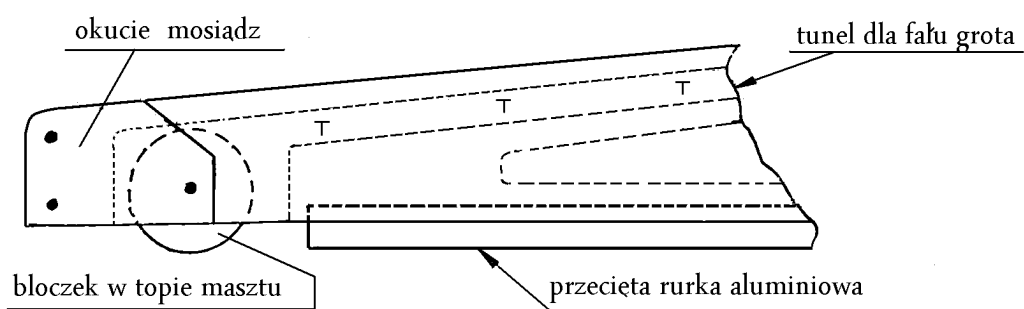
Obrót masztu jest możliwy dzięki zastosowaniu kulistego sworznia i gniazda. W ślizgu Monotyp XV sworzeń jest wstawiony do kadłuba i opiera się o metalowe okucie dźwigara podmasztowego, natomiast gniazdo znajduje się w pięcie masztu – patrz rys.6. Dla odmiany w ślizgu Yankee sworzeń kulisty jest umocowany w pięcie masztu wzmocnionej metalowym pierścieniem, zaś gniazdo może przesuwac się po szynie umocowanej na dźwigarze podmasztowym – patrz rys.21. Umożliwia to w dużych granicach (400 mm) przesuwanie stopy masztu a więc i łatwe wyrównowanie ślizgu w zależności od warunków lodowych, przez przesunięcie środka ożaglowania. Drewniane maszty bywają wewnątrz drażone celem zmniejszenia ciężaru. W małych ślizgach stosuje się maszty pełne. Niekiedy tak klei się maszty, aby wewnątrz stworzyć tunel, przez który będzie można przepuścić fał grota rys.22. Fał grota w ślizgu Yankee jest przepuszczony przez taki tunel w przedniej części masztu. Patrząc na przekrój poprzeczny masztu ślizgu Yankee wydaje się, że jest jeszcze drugi tunel. Nie można jednak go wykorzystać ponieważ w miejscach gdzie umocowane są zaczepy sztagu wklejono drewniane wypełnienia rys.23.

W tylnej części masztu znajduje się likszpara. Oprócz rozwiązania klasycznego jak w DN60 czy też Monotypie XV spotyka się rozwiązania likszpery w postaci dokręconej do masztu i przeciętej aluminiowej rurki (ślizgi amerykańskie).

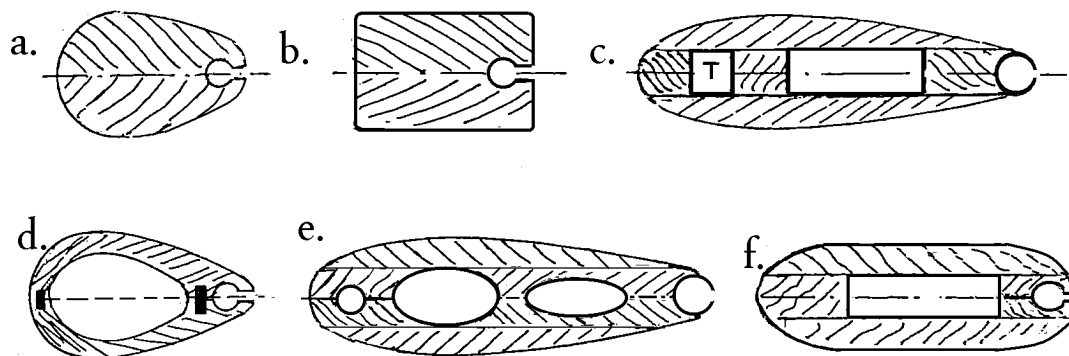
Maszty ślizgów obecnie coraz częściej są metalowe lub laminatowe. W tym kierunku



Rysunek 21: Pięta masztu ślizgu YANKEE



Rysunek 22: Top masztu ślizgu YANKEE



a. DN60 - Dwie warstwy 31 mm.

b. SLIZG WEILANDA L-8 - Dwie warstwy 30 mm.

c. YANKEE - Trzy warstwy. Środkowa 25.4 mm, zewnętrzne 19 mm, dokręcana i przecięta rurka aluminiowa spełnia rolę likszpery. Wewnątrz masztu tunel fału T.

d. MONOTYP XV - Dwie warstwy. Likszipara klasyczna.

e. RENEGADE - Cztery warstwy 14.3 mm każda. Tunel wewnątrz masztu. Z tyłu dokręcona i przecięta rurka aluminiowa.

f. NITE - Trzy warstwy po 19 mm

Rysunek 23: Typowe przekroje masztów drewnianych

poszły przepisy wielu klas.

Ślizg ARROW ma omasztowanie z aluminium.

Ślizg DN może mieć maszty laminatowe, które w czasie jazdy bardzo się wyginają co zmieniło technikę jazdy. Sztywność masztu winna być dobrana do ciężaru zawodnika. Aby rozszerzyć zakres zastosowania masztu laminatowego w DN dozwolono celem zmiany sztywności giętej masztu na użycie wsuwanej do wewnątrz masztu wymiennej wkładki.

Bomy są podobne konstrukcyjnie do masztu a na rysunku 25 przedstawiono rozwiązanie bomu w ślizgu YANKEE.

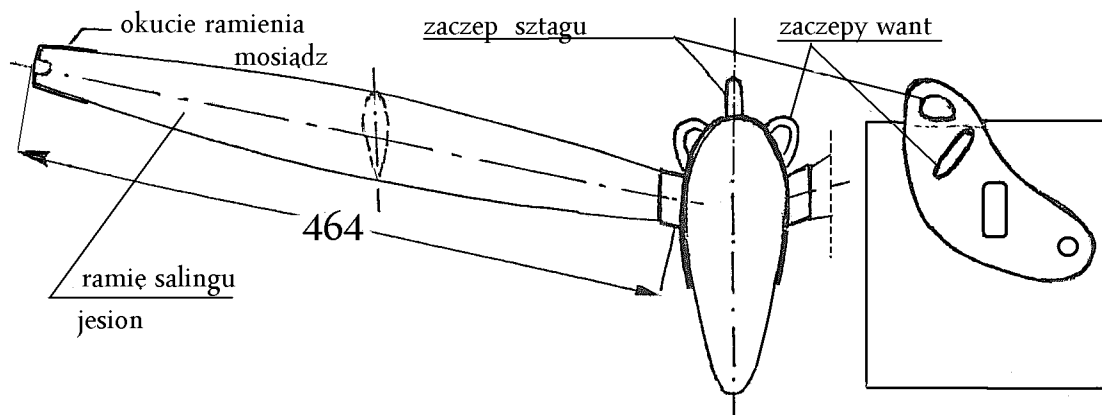
1.6 Olinowanie

Do olinowania stałego zaliczamy olinowanie podtrzymujące maszt oraz łączące płozownicę z kadłubem.

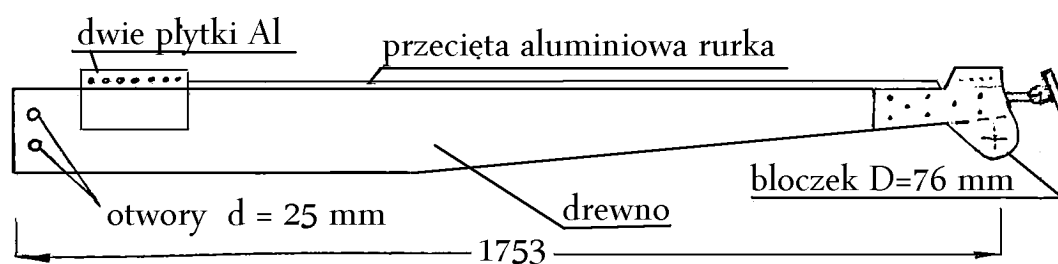
Od dziobu maszt jest podtrzymywany za pomocą sztagu umocowanego jednym końcem do okucia dziobowego (sztagownik), a drugim końcem do okucia salingowego, rys.26. Jeżeli nie ma salingu rys.24, to montuje się specjalne okucie pod zaczep sztagu rys.27.

W kierunku poprzecznym maszt jest podtrzymywany parą want. Jeden koniec każdej wanty jest zaczepiony do płozownicy, a górny koniec do tego samego okucia do którego zaczepiono sztag patrz rys.28. Sam maszt w wyniku zastosowania kształtu opływowego ma niewielką sztywność zginania w kierunku poprzecznym. Dlatego maszt musi być zabezpieczony przed zginaniem i wyboczeniem.

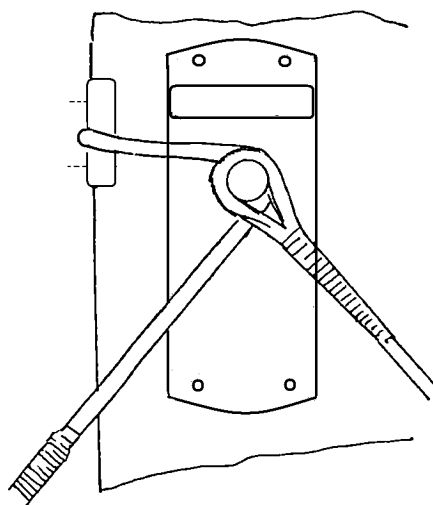
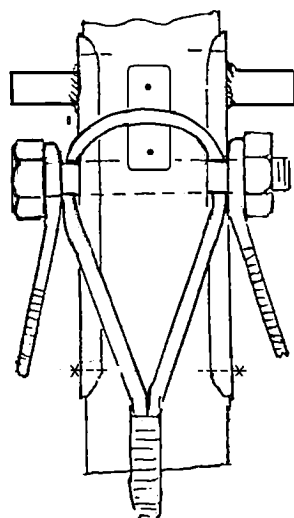
Naciąg powłoki żagla, nacisk bomu, naciąg olinowania i reakcja na piętę masztu powodują obrót masztu i w efekcie maszt nie jest pod obciążeniami aerodynamicznymi zginany w kierunku poprzecznym. Brak swobody obrotu masztu albo gorzej, obrócenie



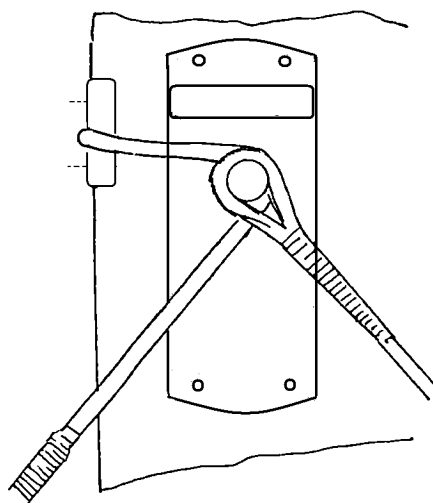
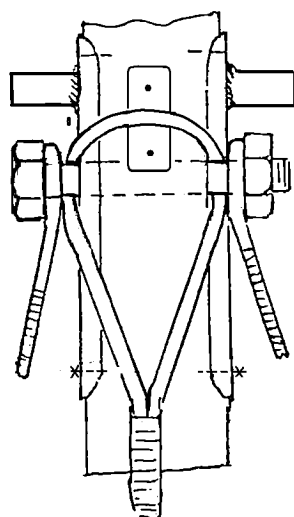
Rysunek 24: Ramię górnego salingu ślizgu MONOTYP XV



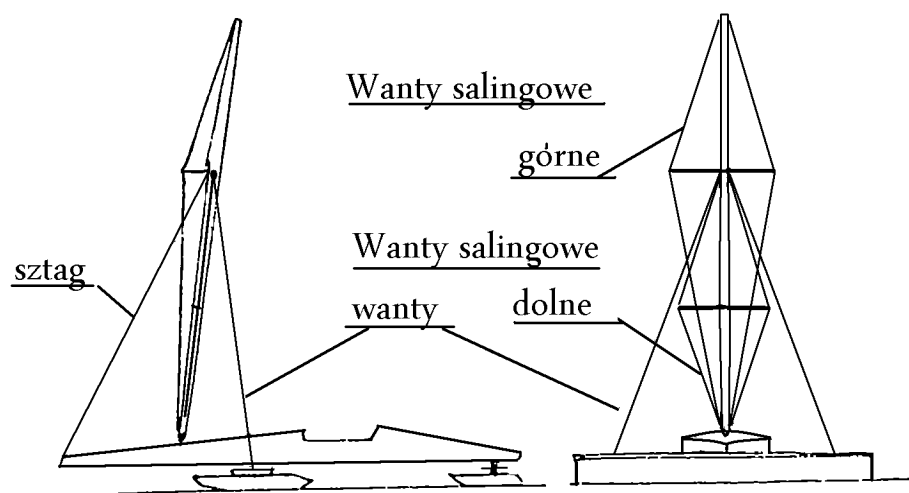
Rysunek 25: Bom ślizgu YANKEE



Rysunek 26: Uprozczone rozwiązanie okuć na maszcie wg. G.Teppera



Rysunek 27: Zaczep sztagu nowoczesnego ślizgu

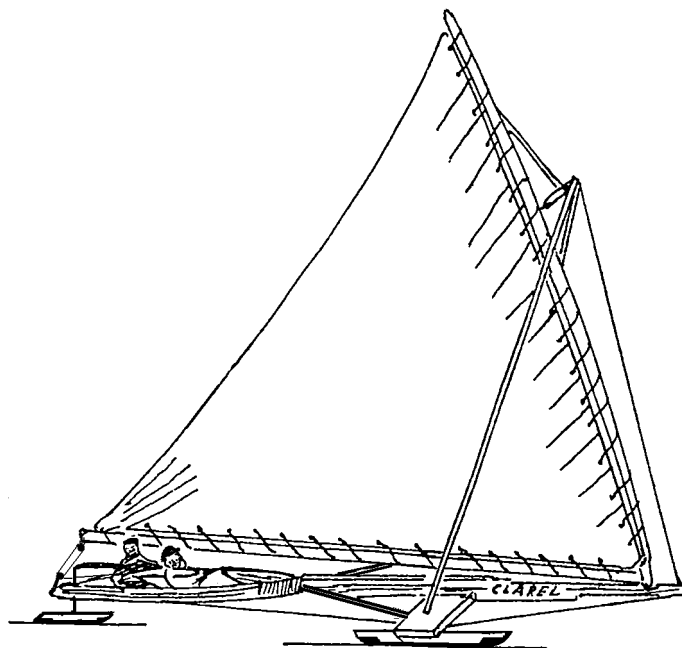


Rysunek 28: Olinowanie stałe - wanty

się nadmierne masztu, co czasem występuje gdy bom zbyt mocno naciska na maszt, może doprowadzić do złamania masztu nawet przy zupełnie słabym wietrze, bowiem wtedy siła ciągnąca od żagla działa w poprzek masztu. Maszt ślizgu lodowego posiada małą wytrzymałość przy zgięciu w kierunku w poprzek co wynika z kształtu jego przekroju poprzecznego. Swoboda ustawiania się masztu pod wpływem naciągu sztagu i powłoki żagla stanowi podczas żeglugi zabezpieczenie przed zginaniem w kierunku poprzecznym. Środkiem konstrukcyjnym zapobiegającym zginaniu i wyboczeniu masztu jest zastosowanie jednej lub kilku par want opartych o salingi. Maszt Monotypu XV jest zabezpieczony przed wyboczeniem za pomocą dwóch par want opartych o salingi. Górne wanty zaczepia się za okucie na topie masztu i opierają się one o górną parę salingów. Dolne wanty zaczepia się o okucie górnego salingu i opierają się one o dolną parę drzewc salingowych. Dolne końce wszystkich czterech want salingowych są wyposażone w ściągacze i zaczepione do okucia piąty masztu. W małych śligach wystarcza jedna para want salingowych (ślizgi 12 m.kw. i L-8), a nawet maszt może się obyć bez nich. (Yankee, Nite, Arrow, DN). Zastosowanie want salingowych jest skutecznym środkiem zapobiegającym złamaniu masztu w warunkach obciążeń ekstremalnych, występujących przy uderzeniu o lód podczas wywrotki. Z tego też względu stosuje się salingi mimo, że taka konieczność nie wynika z analizy obciążeń aerodynamicznych występujących podczas żeglugi.

Warto wspomnieć o ustalaniu masztu na ślizgu za pomocą dwóch zastrzałów użytych zamiast want – patrz ślizg „CLAREL” z ożaglowaniem łacińskim na rys.29. Ten sposób ustalania masztu można zastosować nie tylko do ożaglowania łacińskiego, a zaletą jest możliwość skrócenia kadłuba. Układ taki ma poważne zalety jak brak sztagu czyli możliwość skrócenia kadłuba i odciążenie kadłuba od nacisku masztu, ale nadmierna sztywność konstrukcji i złożoność węzłów łączących zastrzały są cechami niekorzystnymi.

Korpus ślizgu i płozownica są łączone za pomocą cięgien, to jest linek stalowych naprężonych dzięki pracy ściągaczy. W klasycznym rozwiązaniu stosuje się cztery cięgna, rys.30. Rozróżniamy cięgna prawe - z prawej burty i lewe z lewej burty oraz przednie biegnące do dziobu i tylne biegnące do rufy (XV). W niektórych typach ślizgów liczba

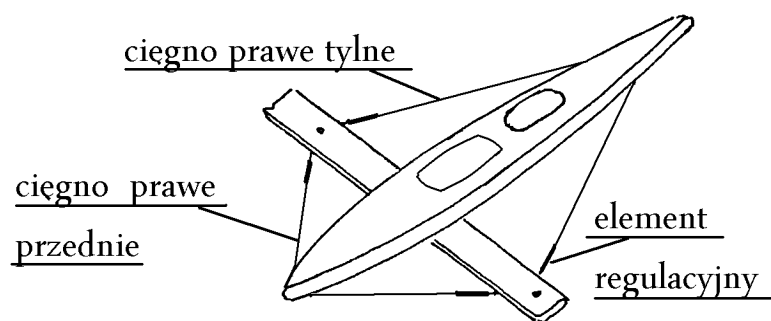


Rysunek 29: CLAREL 1908 r. Ślizg z ożaglowaniem łacińskim

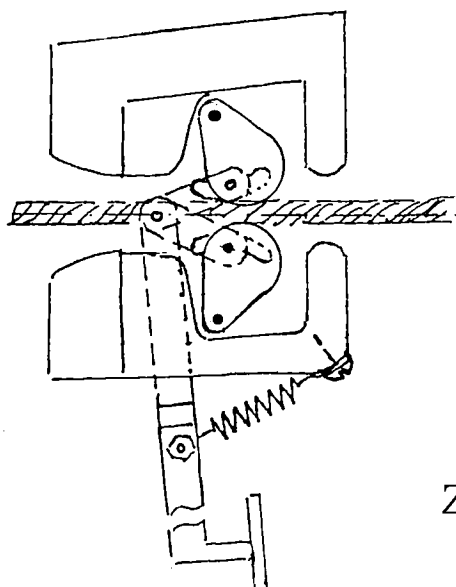
ciągów jest ograniczona do jednej pary cięgów przednich (L-8, Yankee). W bardzo małych ślizgach jak np. DN rezygnuje się z tych cięgów, zaś obciążenia starające się obrócić płozownicę są przeniesione na węzły umocowania z kadłubem.

Cięgna i wanty zaliczamy do olinowania stałego. Po zmontowaniu i zabezpieczeniu łączników nie dokonuje się zabiegów zmieniających ich długość, za wyjątkiem regulacji, która może być potrzebna po zmianie warunków lodowych.

W odróżnieniu od olinowania stałego, olinowanie ruchome do którego zaliczamy fały i szoty jest w czasie przygotowania ślizgu i żeglugi przeciągane przez bloczki i napinane. Fał grota wykonuje się z linki stalowej, która przechodzi przez bloczek w topie masztu. W małym ślizgu DN zamiast bloczka na topie używa się zagiętej i przykręcanej tam mosiężnej rurki. Część fału, która nie musi przechodzić przez bloczek w topie masztu wykonuje się z linki włókiennej. Gdy grot jest postawiony, miękką część umieszcza się



Rysunek 30: Olinowanie stałe - cięgna



Automatyczny zacisk szotów.

Naciąg szota w lewo spowodowany pracą żagla powoduje zaciśnięcie.

Celem zwolnienia szota należy stopą nacisnąć na dźwignię.

Dźwignia przez łączniki odsunie zaciski i szot uwolni się.

Zacisk szotów MONOTYPU XV

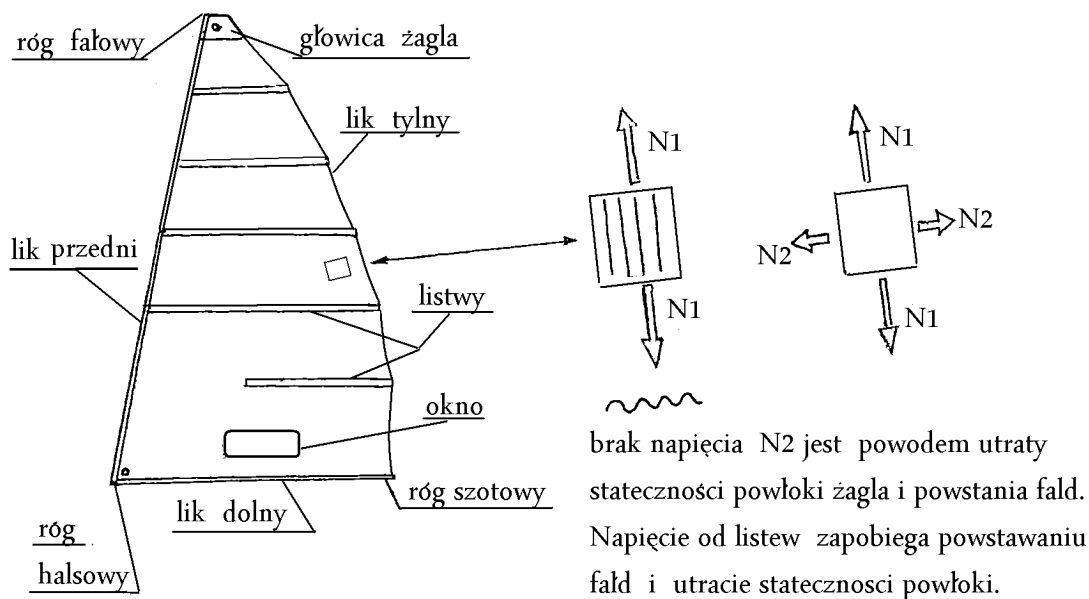
Rysunek 31: Zasada działania zacisku szotów w ślizgu MONOTYP XV

wewnątrz kadłuba (XV) wsuwając linkę przez otwór w pokładzie przewidziany w tym celu. Miękką część fału można też odczepić i przewozić schowaną w bagażniku. Szoty grota wykonuje się z miękkich lin o średnicy 10 mm lub 12 mm. Przepisy poszczególnych klas przewidują sposoby prowadzenia szotów i określają liczbę użytych bloczków oraz ich rodzaj i średnice. Np. w ślizgu Monotyp XV wolno użyć nie więcej niż sześciu bloków, przy czym dwa winny znajdować się za kokpitem sternika. Jeden koniec jest prowadzony przez zacisk szota do kokpitu sternika, drugi koniec przez drugi zacisk do kokpitu szotmena. Taki system pozwala na niezależne obsługiwanie szotów przez szotmena i sternika. Zaciski uwalniają ręce od stałego naciągu. Konstrukcję zacisku ślizgu XV pokazano na rys.31. W ślizgu DN szot winien przechodzić przez sześć bloczków. Cztery bloczki winny być umieszczone poza tylną krawędzią kokpitu, dwa na bomie i dwa na kadłubie. Z pozostałych dwóch jeden bloczek musi być umocowany do bomu w odległości max 304 mm od masztu, a drugi na głowicy kolumny sterowej. Szot musi być zamocowany jednym końcem do bomu i przeprowadzony przez bloczki zgodnie z planami. Wolno stosować tylko bloczki pojedyncze i nie mogą one zmieniać swego położenia w czasie wyścigu. Jeden z bloczków musi być samohamowny i spełniać rolę jak kabestan na jachcie.

Na ślizgach z aeropłatem olinowanie służące do ustawiania płata, nazywane tradycyjnie szotami, jest wykonane z linki stalowej i nawijane na bębenek obracany kołem sterowym podobnym do koła sterowego i umieszczanym z nim na wspólnej osi. Praktyka pokazała, że od częstego przeginania linka stalowa szybko ulega niszczeniu.

1.7 Ożaglowanie

Najbardziej racjonalnym w ślizgach lodowych okazało się stosowanie ożaglowania typu ket. Stosowanie sztaksli, które były bardzo pożyteczne w dużych ślizgach, gdyż nie tyl-

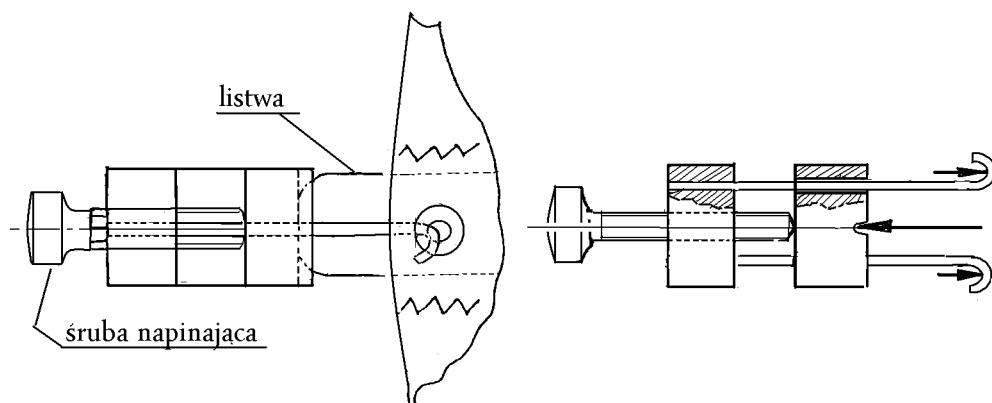


Rysunek 32: Żagiel ślizgu lodowego

ko zwiększały siłę ciągu lecz przy ich pomocy można było łatwo wyrównoważyć ślizg, zostało zarzucone w nowoczesnych konstrukcjach. Sztaksle na ślizgu są niewygodne w obsłudze i chociaż przy ich pomocy można uzyskać większą siłę ciągu, to doskonałość aerodynamiczna zespołu żagli jest gorsza niż pojedynczego grota. Dlatego w nowoczesnym wysokosprawnym ślizgu nie jest celowym używanie sztaksli.

Do historii należy także w żeglarstwie lodowym żagiel gaflowy o małej doskonałości aerodynamicznej. Żagiel ślizgu szyje się zgodnie z tymi samymi zasadami co i żagiel jachtu wodnego, lecz nieco bardziej płaski rys.32. Wybrzuszenie żagla ślizgu lodowego wynosi 5 % do 8 % jego lokalnej cięciwy. Na cięższe warunki lodowe i na słabe wiatry bardziej pożądanym jest żagiel głębszy dający większą siłę ciągu niż żagiel płaski. Na wiatry silne lepszy będzie żagiel płaski. Odpowiedni profil żagla uzyskuje się przy szyciu odpowiednim krojem brytów oraz przez nadanie krzywizn na liku przednim i dolnym. Brzegi żagla przedni i dolny obszywa się liną tak zwaną likliną. Gdy likliny zostaną wprowadzone w proste likszpary masztu i bomu, to żagiel ułoży się tak, że powstanie pożądane wybrzuszenie.

Żagiel jest powłoką o podwójnej krzywiznie w której pod działaniem ciśnień powstają napięcia. Napięcia w kierunkach równoległych do tylnego liku, powstałe pod wpływem naciągu bomu i masztu są bardzo duże, natomiast w kierunku prostopadłym do tylnego liku są bardzo małe albo nawet mogą zniknąć, czemu towarzyszy pofałdowanie powierzchni żagla. Celem zapobieżenia utracie stateczności powłoki żagla, a więc powstaniu fałd należy sztucznie wytworzyć w tkaninie napięcia rozciągające wsuwając listwy w naszyte na żagiel kieszenie (pochwy listew) i naciągając tkaninę za pomocą specjalnych napinaczy rys.33. Listwy mogą usztywniać jedynie tylną część żagla lub biec przez całą jego szerokość. Gdy żagiel nie jest używany należy listwy poluzować, a najlepiej wyjąć aby niepotrzebnie nie rozciągały tkaniny. Szczególnie niekorzystne jest pozostawienie listew gdy żagiel jest mokry.



Rysunek 33: Napinacz do listew

Przedni róg każdego żagla nazywamy rogiem halsowym, tylny gdzie mocowane są szoty - rogiem szotowym i górny, gdzie zaczepiamy fał - rogiem fałowym. Materiały używane na żagle ślizgów lodowych to obecnie tylko dakron. Przepisy poszczególnych klas mogą żądać spełnienia dodatkowych wymagań w konstrukcji żagla. Takimi wymaganiami dla żagla ślizgu DN są:

1. Zaszyta za przednim likiem linka stalowa, która ma zapobiec nadmiernemu wyciągnięciu przedniego liku.
2. Okno zapewniające sternikowi widoczność.

1.8 Ślizg lodowy z aeropłatem

Dążenie do polepszenia doskonałości ślizgu skłoniło konstruktorów do zastosowania w miejsce mało sprawnego żagla, aeropłata z profilami lotniczymi. Do prób wykorzystywano początkowo kadłuby istniejących ślizgów, później budowano już specjalnie skonstruowane kadłuby. Symetria ślizgu i warunek jednakowego uprzywilejowania obydwu halsów narzuca konieczność zastosowania profilu symetrycznego. Stosowano profile o grubościach od 8 % do 16 %. Nie opłaca się stosować profili laminarnych, gdyż symetryczny profil laminarny pracuje dobrze tylko w wąskim zakresie kątów natarcia, a poza tym zakresem jest gorszy od zwykłego profilu. Opłaca się zatem użyć profilu normalnego i to o większej grubości względnej, gdyż taki profil ma większy krytyczny kąt natarcia niż profil cienki.

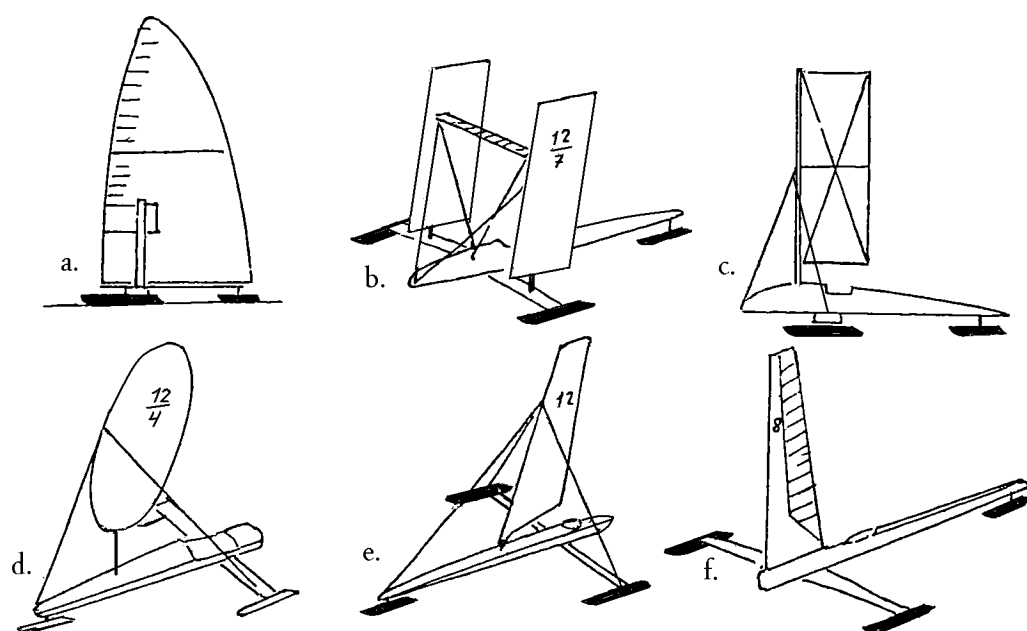
Ślizgi z aeropłatami przed II wojną budowano w Estonii, Niemczech, na Łotwie i w USA rys.34

Duże doświadczenie w budowie ślizgów z aeropłatami mieli konstruktorzy radzieccy ponieważ po II wojnie tylko oni rozwijali te ślizgi w klasach 12 m.kw-aeropłat i 8 m.kw-aeropłat.

Konstrukcja aeropłata

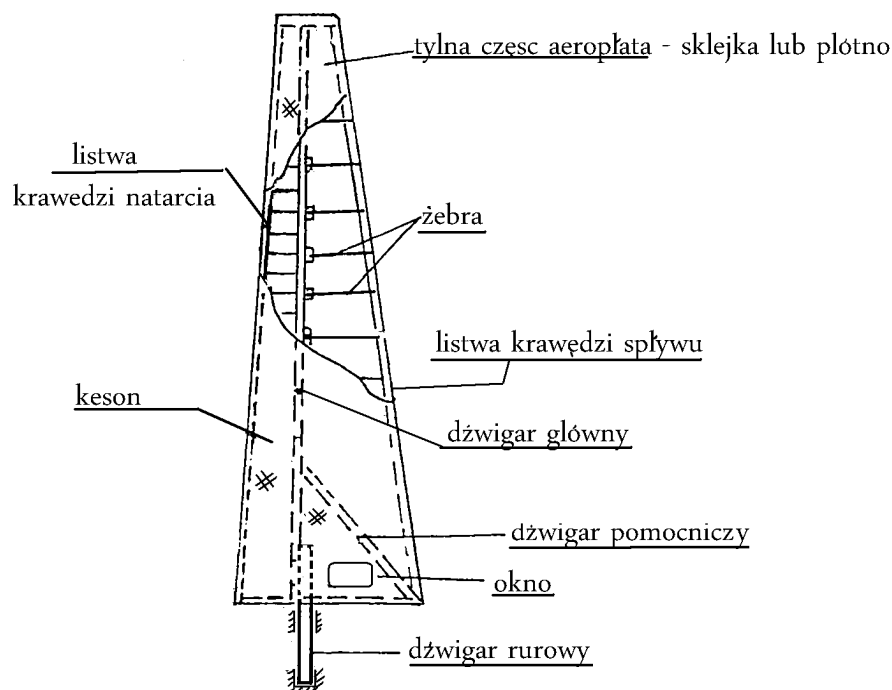
Stosowane są obrysy: prostokątny, trapezowy, prostokątno-trapezowy, prostokątno-eliptyczny, a nawet eliptyczny.

Pierwsza konstrukcja Schulmana - Estonia miała aeropłat o kształcie prostoką-



- a. Ślizg Finch "VECTOR" 1940 r. USA
b. Ślizg Ermakowa — Dwupłat usztywniony stojką. ZSRR
c d e . Ślizgi Witta . ZSRR
f. Ślizg Włodzimierza Girsy — Układ wolnonośny. Estonia

Rysunek 34: Układy aeropłatów na ślizgach lodowych



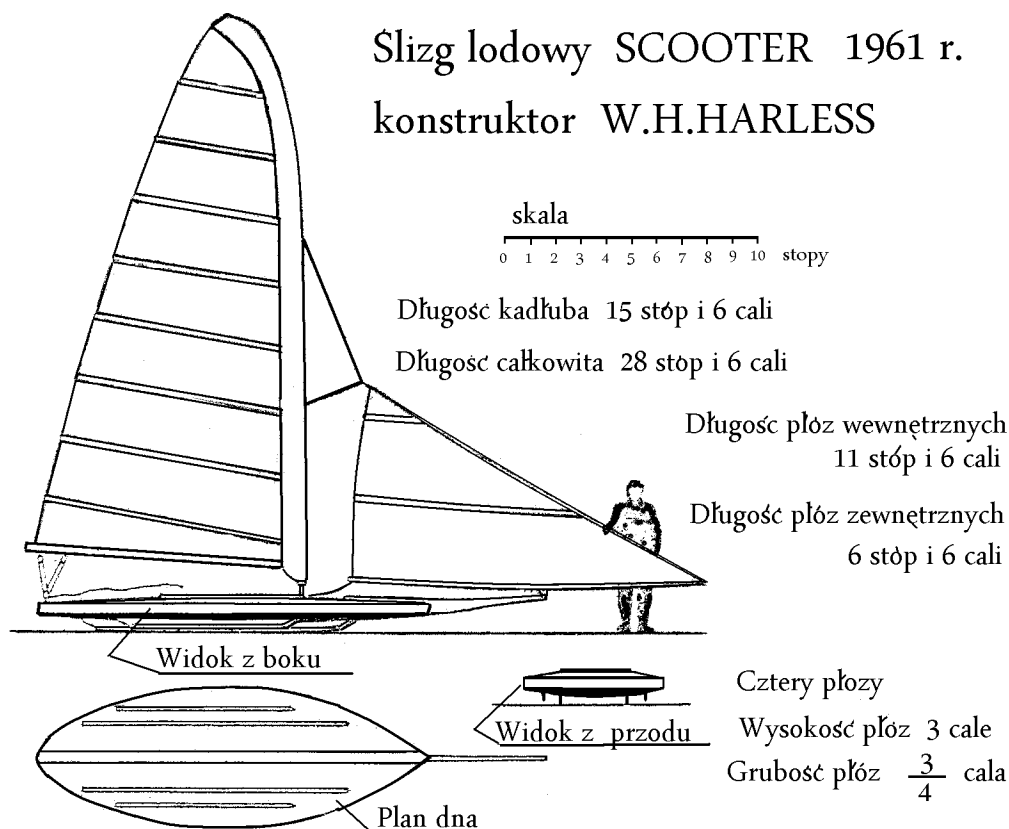
Rysunek 35: Konstrukcja aeropłata

ta, o powierzchni 15 m.kw. - ślizg „Va Banque”. Podobny aeropłat ale o powierzchni 12 m.kw. postaci ramy z napiętym pokryciem miała konstrukcja S.Witta. Inna konstrukcja S.Witta miała płat eliptyczny o powierzchni 8 m.kw. i przednią płozę sterującą. W mocowaniu tego płata wykorzystano sztag i wanty. Inny konstruktor N.Ermakow z Leningradu zbudował ślizg dwupłat. Płaty były ustawione na płozownicy, a powierzchnia obrysu każdego z nich wynosiła 6 m.kw.. Usztywnione były zewnętrznie stójkami i cięgnami rys.34.

Dążenie do stworzenia czystego aerodynamicznie płata skłoniło konstruktorów do stosowania układów wolnonośnych. Do początku lat siedemdziesiątych najbardziej rozpowszechnione były płaty wolnonośne o powierzchni 12 m.kw.. W niektórych konstrukcjach płaty wykonywano jako dzielone dwuczęściowe, a górną część w razie zbyt silnego wiatru można było odłączyć lub ustawiać w łopot.

Budowane aeropłaty w latach siedemdziesiątych były konstrukcji drewnianej. Stosowano z reguły drewniany dźwigar, keson jednoobwodowy (keson - przednia część płata pokryta sklejką stanowiący element przenoszący skręcanie), żebra drewniane, drewniana krawędź spływu, a tylna część płata najczęściej jest kryta tkaniną. Tak więc płat ślizgu lodowego jest wykonany podobnie jak skrzydło szybowca lub samolotu. Nie ma jednak lotek, hamulców aerodynamicznych, klap, profil jest symetryczny, a wewnątrz nie znajdują się napędy mechanizmów sterowania – patrz rys.35.

Drewniane wolnonośne skrzydło szybowca lub samolotu jest z reguły zakończone okuciami aby można było wprowadzić siły skupione. Jednakże użyte w aeropłacie okucia muszą być odmienne od użytych w skrzydle szybowca ponieważ płat musi dać się obracać dookoła osi pionowej. Najbardziej rozpowszechnione jest łączenie dźwigara dREW-



Rysunek 36: Ślizg SCOOTER

nianego w dolnej części płata na odcinku 1000 - 1200 mm z rurą metalową o średnicy 100 - 150 mm. Tak więc w części wystającej poza płat, dźwigar drewniany jest przedłużony metalowym dźwigarem rurowym, który stanowi czop łożyska zamocowanego we wzmocnionej ramie w przedniej części kadłuba. Łożysko to przenosi ciężar płata, siły bezwładności podczas manewrów oraz siły powstałe wskutek działania aerodynamicznego na płat. Płat może się obracać dookoła osi pionowej i jest ustawiany przez sternika za pomocą mechanizmu w postaci drugiego koła na osi koła sterowego i napędu linkowego. Linki te tradycyjnie nazywane są szotami, mimo że są to linki stalowe. Linki te są najczęściej zaczepione do wzmocnionego zebra lub do dźwigni skróconej z dźwigarami.

Ponieważ płat przenosi duże siły w kierunku poprzecznym to niektórzy konstruktorzy odstępują od schematu skrzydła wolnonośnego i dają dodatkowe usztywnienia prętowe lub linkowe pomiędzy płozownicą a płatem.

1.9 Ślizg SCOOTER

Opisy konstrukcji ślizgów lodowych nie byłyby kompletne gdyby nie zawierały opisu Scootera. Tak Scooter!, a nie Skeeter!

Stworzony pierwotnie do żeglugi po lodzie i do pokonywania przeszkód wodnych ma uniwersalne sterowanie aerodynamiczne. Steruje się za pomocą daleko do przodu wysuniętego fok. Pod względem aerodynamicznym zachodzi tu analogia do samolotów w

układzie kaczka.

Zanim ten pojazd wodno – lodowy wyposażono w żagiel, były to właściwie sanie mogące pływać i poruszające się najczęściej po roztopiającym się śniegu lub po bardzo miękkim lodzie powstającym w czasie odwilży. Dlatego pierwotnie płozy Scootera nie miały ostrza lecz były podobne do używanych w saniach i takie też używano po wprowadzeniu żagla. Ale nawet takie płozy mogły przenosić siłę dryfu. Płozy Scootera nabierały takiej zdolności po przechyleniu kadłuba i oparciu o zewnętrzną płożę. Obecnie w Scooterach odstąpiono od stosowania takich płóz i wypracowano klasyczne rozwiązania. Są to szerokie płozy drewniane o bardzo silnie zaznaczonym łuku okute kątownikiem. Dwie wewnętrzne dłuższe płozy zwane głównymi mają przeciętnie 11,5 stopy i znajdują się w odległości od siebie 28,5 cala a zewnętrzne zwane obłowymi mają długość 6.5 stopy. Wszystkie płozy są wysokości 3 cale i okute kątownikiem stalowym o ramionach 3/4 cala.

Ostrza płóz obłowych znajdują się wyżej niż ostrza płóz głównych. Gdy Scooter stoi to nie jest przechylony lecz gdy żegluje to opiera się zawsze na jednej płoży głównej i na jednej obłowej zawietrznej. Płozy Scootera są mocowane na sztywno z kadłubem i nie mają możliwości obrotu. Długość kadłuba typowego Scootera wynosi 15.5 stóp, szerokość 5.5 stóp zaś bukszpryt ma długość 4.5 stóp.

Literatura

- [1] Kurski Witold: Analiza pracy wybranych typów płozownic ślizgów lodowych. Żeglarstwo – Interdyscyplinarny Przedmiot Badań. IV Międzynarodowe Seminarium Badań Naukowe w Żeglarstwie. Akademia Wychowania Fizycznego, Gdańsk 1998.
- [2] Erik von Holst: Die Eisyacht. Verlag Klasing & CO, Berlin 1925, Der Nachdruck Februar 1984.
- [3] Smith S.C.: Ice Boating. D.Van Nostrand Company, Toronto, New York, London.
- [4] Uwe Dieckman G-600: Ustawienie DN – Propozycje jednolitych metod pomiarowych, strona www.bojery.pl

Spis treści

1 KONSTRUKCJA ŚLIZGÓW	1
1.1 Wiadomości ogólne o konstrukcji ślizgów lodowych	1
1.2 Konstrukcja kadłuba	5
1.2.1 Technologia drewniana	6
1.2.2 Technologia laminatowa	7
1.2.3 Problemy zrównoważenia ślizgu	9
1.2.4 Problemy wytrzymałości kadłuba	9
1.2.5 Przewietrzanie kadłuba i pływalność	11

1.3	Konstrukcja płozownic i wysięgników	12
1.4	Konstrukcja płóz	15
1.4.1	Mocowanie płóz	20
1.4.2	Urządzenia sterowe	22
1.5	Omasztowanie	25
1.6	Olinowanie	27
1.7	Ożaglowanie	32
1.8	Ślizg lodowy z aeropłatem	34
1.9	Ślizg SCOOTER	37

Materiały Szkoleniowe - Żeglarstwo Lodowe

WITOLD KURSKI

listopad 2008

Opracowanie na prawach rękopisu
dla instruktorów żeglarstwa lodowego.

1 CHARAKTERYSTYKA KLAS

1.1 Wprowadzenie

Żeglarz lodowy na swoim ślizgu chce żeglować nie tylko szybko, lecz także chce startować w regatach. Chciałby aby jego ślizg nie był drogi, aby był trwały i mocny, a także aby nie sprawiał mu zbyt wielu kłopotów przy transporcie i konserwacji. Chce także aby jego ślizg mógł żeglować nie tylko w idealnych warunkach lodowych, lecz także gdy warunki ulegają pogorszeniu. Te wymagania trudno jest zrealizować w jednej konstrukcji i dlatego powstało wiele typów ślizgów, które posiadają odpowiednio zróżnicowane właściwości.

Ślizg duży czy mały?

Aby móc pokonać przeszkody znajdujące się na lodzie jak śnieg, zaspy, ślizg dysponować musi odpowiednio dużą energią kinetyczną. Małe masy i niewysoko zawieszony kadłub lekkiego ślizgu powodują, że taki ślizg może utknąć w zaspie znacznie łatwiej niż ślizg duży, który łatwiej jest tak skonstruować aby miał dobre właściwości pokonywania przeszkód. Jednakże budowa dużego ślizgu pociąga za sobą większe koszty, a trudności transportowe skłaniają do korzystania tylko z jednego akwenu. Nie zawsze jednak na danym akwenu panują dobre warunki lodowe, a ponadto przewiezienie dużego ślizgu na inne akweny, np. na regaty jest kłopotliwe, gdyż wymaga użycia przyczepki lub samochodu ciężarowego, a do demontażu i ponownego montażu ślizgu trzeba zaangażować ekipę kilkusobową.

Wyjście z trudności znaleziono stosunkowo dawno kierując się ku budowie małych niedrogich ślizgów. Pomysł jest bardzo prosty. Jeżeli ślizg jest niedrogi to każdego żeglarza stać na posiadaniu takiego ślizgu. Żeglarz lodowy posiada więc własną jednostkę oraz własny środek transportu i wozi ślizg ze sobą. Musi to być więc ślizg dający się przewozić na samochodzie osobowym. Takim małym ślizgiem jest właśnie DN-60 rys.1. Nie ma on co prawda rewelacyjnych właściwości gdyż rekord prędkości uzyskany na nim w Polsce wynosi 97.3 km/godz, ale jest względnie tani, można go samemu zbudować i przewozić na dachu samochodu osobowego. Ślizg DN-60 rozpowszechnił się w USA i w Europie dzięki tym zaletom.

Posiadając ślizg i środek lokomocji należy jedynie czekać na warunki lodowe. Jednak do dyspozycji stoi nie jeden akwen a wiele będących w zasięgu podróży samochodem. Przy elastycznym planowaniu imprez lodowych na rozegranie regat wystarczy jeden lub dwa dni, zaś decyzje co do akwenu można podjąć już po ustaleniu się warunków lodowych. Również w przypadku załamania się warunków na jednym akwencie, możliwym staje się przeniesienie regat na akwen nawet znajdujący się w innym kraju, byle tylko w zasięgu sensownej podróży samochodem. Takie zdarzenia miały już wielokrotnie miejsce.

Podane czynniki wyznaczają kierunek rozwoju konstrukcji ślizgów lodowych i gdyby zrobić przegląd za okres minionego stulecia, to obserwujemy stały spadek wielkości budowanych konstrukcji. W żeglarstwie lodowym używano kiedyś nawet ślizgów o powierzchni ożaglowania 100 m.kw. i więcej z grotem i sztakslami, zaś ślizg o powierzchni żagla 20 m.kw. uważany był za ślizg mały. Takich ślizgów się już nie buduje i należą one do historii, natomiast ślizgi o powierzchni żagla 20 m.kw. podobnie jak i Monotyp XV są zaliczane do dużych.

Powierzchnia żagla obecnie budowanych konstrukcji oscyluje w granicach 8 m.kw. żagla, zaś ślizg DN do tego stopnia zdominował sport bojerowy, że tylko w tej klasie rozgrywane są Mistrzostwa Europy i Mistrzostwa Świata. Na ślizgu DN bynajmniej nie zaczęło się żeglarstwo lodowe i nie jest to ostateczna konstrukcja, dlatego pouczającym będzie dokonanie przeglądu używanych typów ślizgów z podziałem na kraje i kontynenty sięgając aż do okresu międzywojennego.

Europejska Unia Jachtu Lodowego, której działalność przypadła na okres międzywojenny kierując się współczesnymi im poglądami na rozwój konstrukcji, ustanowiła w swoich przepisach regatowych § 17 podział na klasy. Podział ten posiada obecnie znaczenie historyczne. Wprowadzono podział na osiem uznanych klas.

- Klasa 10 m.kw. oznaczenie 10
- Klasa 12 m.kw. oznaczenie 12
- Klasa 15 m.kw. oznaczenie 15
- Klasa 20 m.kw. oznaczenie 20
- Klasa 25 m.kw. oznaczenie 25
- Klasa nieograniczona oznaczenie ∞
- MONOTYP XV oznaczenie XV
- EKSTRAKLASA oznaczenie Δ

Monotyp jest konstrukcją we wszystkich elementach dokładnie ustaloną, a wszystkie ślizgi buduje się według tych samych planów. Ma to na celu dostarczenie jednakowego sprzętu wszystkim zawodnikom.

Klasa ograniczona. Do tych klas należą ślizgi o powierzchni 10, 12, 15, 20 i 25 m.kw. żagla, a przepisy przewidują wiele dowolności w wymiarach, materiale i wyposażeniu co ułatwia i potania budowę oraz daje możliwości konstruowania i wprowadzania nowych rozwiązań, oczywiście przy zachowaniu nakazanych ograniczeń.

Klasa nieograniczona. – Nie ma żadnych ograniczeń.

Ekstraklasa. – Chcąc podkreślić odrębność konstrukcji ślizgu z aeropłatem lub innym rozwiązaniem niż żagiel z tkaniny, postanowiono do ekstraklasy zaliczać ślizgi ze sztywnym lub półsztywnym płatem. Podobnie jak w klasie nieograniczonej nie krępowano konstruktora żadnymi ograniczeniami. Klasy ślizgów, które nie są monotypami

nazywano klasami konstrukcyjnymi. Używano także nazwy klasa swobodna lub wolna rozumiejąc przez to dowolność rozwiązań konstrukcyjnych. Praktyka bardzo szybko pokazała, że klasy 25 m² i 20 m² nie rozwinęły się a przeciwnie straciły na znaczeniu, ponieważ przekonano się, że tak duże ślizgi są drogie i ciężkie, a wcale nie żeglują szybciej niż ślizgi mniejsze.

Bezpośrednio przed drugą wojną światową zainteresowania sportowców mających ambicje konstrukcyjne skupiły się na klasie 15 m², która się dobrze rozwijała a pozostali zajmowali się Monotypami XV i ślizgami 12 m²..

Działalność Europejskiej Unii Jachtingu Lodowego nie została już po II wojnie wznowiona, gdyż na przeszkodzie stanęły przyczyny polityczne. Jednakże w poszczególnych krajach Europy zaczęło się odnawiać żeglarstwo lodowe i zapotrzebowanie na nowy sprzęt wzrastało, lecz przepisy EUJL okazały się przestarzałe po upływie kilkunastu lat od ich ustanowienia. Żeglarze lodowi poszczególnych krajów Europy zaczęli poszukiwać nowych form rozwoju sportu lodowego, czy to przez utworzenie narodowych klas w ZSRR, NRD, Polsce lub też przez przystąpienie do międzynarodowych związków nowo wprowadzonych klas. Losy sportu lodowego potoczyły się różnymi drogami.

Polska Po drugiej wojnie światowej najpopularniejszym ślizgiem był MONOTYP XV rys.2, którego produkcję podjęły stocznie w Giżycku i Chojnicach i na którym rozgrywano mistrzostwa aż do 1974 r. W klubach używano również nielicznych dwumiejscowych ślizgów o powierzchni żagla 12 m² podobnych konstrukcyjnie do Monotypu lecz mniejszych.

W pierwszej połowie lat pięćdziesiątych OTTON WEILAND z Chojnic skonstruował ślizg lodowy o powierzchni żagla 8 m². Ten jednomiejscowy „ślizg ludowy 8 m²” przezwany w gwarze żeglarskiej „Weilandem” był produkowany przez Stocznnię w Chojnicach. Na ślizgu L – 8 rozgrywano Mistrzostwa Polski juniorów i kobiet. Projekty przekształcenia ślizgu L – 8 w dwumiejscowy bojer młodzieżowy nie doczekały się realizacji. W 1966 roku w Polsce po raz pierwszy wystartowały ślizgi DN rys.1 i jest to najpopularniejszy ślizg, a ich liczba przekracza 600.

ZSRR Po drugiej wojnie światowej używano Monotypów XV (około 200 jednostek), a z klas narodowych ślizgów dwumiejscowych o powierzchni żagla 20m² i jednomiejscowych o powierzchni 12 m². Ślizgi jednomiejscowe mogły zabierać balast. W klasie 12 m² zezwolono również na starty ślizgów wyposażonych a w aeropłaty, a ponieważ to one wykazywać zaczęły przewagę nad ślizgami z klasycznym żaglem to klasę dwunastek podzielono na klasę „12A” z miękkim żaglem i na klasę „12b” z aeropłatem.

Z chwilą wprowadzenia w ZSRR w 1967 roku ślizgu DN, na którym można było występować na arenie międzynarodowej bardzo szybko upadły klasy narodowe dwudziestek i dwunastek. W ich miejsce próbowano wprowadzić zresztą bez większego powodzenia nowe ślizgi klas narodowych. Były to ślizgi jednomiejscowe o powierzchni ośmiu metrów kwadratowych 8 – A-miękki żagiel i 8 – b-aeropłat. W 1985 r wprowadzono również jednomiejscową konstrukcję monotypową o powierzchni żagla 7 m² ale ta z braku jakiegokolwiek zainteresowania nie przyjęła się.

Obecnie lodowi żeglarze z Rosji startują w regatach międzynarodowych jedynie na ślizgach DN oraz na Monotypach XV, bowiem ta klasa zaczyna się powolutku odradzać.

Niemcy Po drugiej wojnie światowej Niemcy straciły swoje tereny w Prusach Wschodnich gdzie uprawiano żeglarstwo lodowe t.j Mazury i Zalew Kuroński oraz sprzęt tam

pozostały. Okazało się że na obszarze NRD i RFN najliczniej zachowały się ślizgi klasy 12 m² i monotypy XV. Ślizgi klas 12 m² dzięki względnej taniości w porównaniu z Monotypem XV cieszyły się dużym zainteresowaniem i dlatego mistrzostwa RFN postanowiono w latach pięćdziesiątych rozgrywać na ślizgach 12 m², nie rezygnując ze startów w regatach międzynarodowych na XV. Bardzo udaną konstrukcją w klasie 12 m² był ślizg Erika von Holsta, a drugą równie dobrą była dwunastka Georga Teppera.

Nowością było wprowadzenie w 1963 roku dwumiejscowego ślizgu taniej klasy 8 m² z płozą sterową na rufie o bardzo uproszczonej konstrukcji, lansowanej przez żeglarzy starszego pokolenia. Aby ułatwić rozpowszechnienie tego ślizgu używa się jako żagla grota od bardzo rozpowszechnionej łodzi klasy Pirat a mówiąc ściślej wymiary żagla są identyczne, ale dla bojera trzeba żagiel skroić bardziej płaski. Nie był to ślizg zbyt udany a pomysł był nieco spóźniony, bowiem z związku z wprowadzeniem ślizgu DN większość aktywnych żeglarzy lodowych zaczęła je budować i żeglować wyłącznie na tym ślizgu. Od połowy lat sześćdziesiątych regaty są rozgrywane wyłącznie w klasie DN. W Niemczech żeglują również pojedyncze ślizgi importowane jak Yankee, Skeeter i Nite.

USA. Jako prototyp współczesnego amerykańskiego ślizgu regatowego można uważać konstrukcję DN-60 zbudowaną w Detroit w 1937 r. Całkowita długość ślizgu - 4.32 m, długość kadłuba - 3.66 m, długość płozownicy - 2.42 m, ożaglowanie ket, wysokość masztu - 4.88 m, całkowita powierzchnia żagla wynosi 6.25 m.kw.. Ślizg jest jednomiejscowy i zbudowano go ze sklejki i z kanadyjskiej sosny. Obecnie używa się żagli dakronowych. Na okucia zastosowano stal nierdzewną, stopy lekkie i mosiądze. Masa ślizgu wynosi 68 kg. Ślizg DN bardzo szybko się rozpowszechniał i tylko w 1938 r. zbudowano 42 ślizgi. Liczebność DN w USA przekroczyła w 1961 r. 700 jednostek. Obecnie to jest ponad 40 lat później wnioskując po numerach rejestracyjnych zarejestrowanych ślizgów DN w USA musiało być ponad sześć tysięcy.

W USA od 1937 roku istnieje jednolity podział na klasy przyjęty przez organizacje żeglarstwa lodowego (Eastern Ice Yacht Association i Northwestern Ice Yacht Association). Ślizg zalicza się do danej klasy zależnie od powierzchni pomiarowej S_Δ.

- klasa A 250 - 350 stóp kw. (23.2 - 32.4 m.kw.)
- klasa B 175 - 200 stóp kw. (16.2 - 18.5 m.kw.)
- klasa C 125 - 175 stóp kw. (11.6 - 16.2 m.kw.)
- klasa D 75 - 125 stóp kw. (6.9 - 11.6 m.kw.)
- klasa E poniżej 75 stóp kw. (poniżej 6.9 m.kw.)

Ślizgi klas A, B i C były budowane z płozą sterową na rufie. W klasie D obok ślizgów z płozą sterową na rufie spotyka się ślizgi z płozą sterową na dziobie. Natomiast w klasie E spotyka się tylko ślizgi z płozą sterową na dziobie. Dla ślizgów o powierzchni S od 200 - 250 stóp kw. stworzono początkowo klasę X, która została zarzucona z powodu braku zainteresowania.

Do chwili obecnej spotyka się jeszcze w USA ślizgi klasy A o powierzchni grota 30 m.kw. i foka 5 m.kw.. Długość kadłuba 11.9 m, długość płozownicy 7.6 m, ciężar pustego ślizgu wynosi około 500 kG. Używane w USA ślizgi klasy Skeeter są znacznie mniejsze. Jednak pomimo tego, że powierzchnia żagli jest u nich czterokrotnie mniejsza niż w ślizgach klasy A, Skeetery często je pokonują, są szybsze, ale ustępują pierwszeństwa ślizgom większym w gorszych warunkach lodowych, zwłaszcza gdy na lodzie zalega warstwa śniegu. U ślizgów większych płozy są wyższe i płozownica przechodzi nad

Tabela 1: Parametry ślizgów

Typ ślizgu	Załoga	Masa	$S [m^2]$	$S_{\Delta} [m^2]$	$B_k [m]$
XV	2	205 kg	15.00	—	4.05
DN-60	1	68 kg	6.25	5.60	2.42
SKEETER	2-1	227 kg	8.10	6.90	5.48
YANKEE	2-1	204 kg	8.10	6.80	5.18/4.88
ARROW	2	91 kg	—	7.44	3.69
NITE	2	127 kg	—	5.97	3.40
RENEGADE	1	136 kg	—	6.30	4.88

S - całkowita powierzchnia żagla

S_{Δ} - powierzchnia pomiarowa. Jest to powierzchnia trójkąta ograniczonego górną powierzchnią bomu - tylną powierzchnią masztu oraz linią łączącą wewnętrzne krawędzie znaków pomiarowych na maszcie i bomie.

B_k - Rozstaw ostrzy płóz.

śniegiem. Dużą szybkość Skeetera tłumaczy się zastosowaniem doskonale opływowego kadłuba typu lotniczego i wysoką statecznością poprzeczną.

W okresie od 1947 r do 1960 r pojawiły się ślizgi „RENEGADE” i „YANKEE”. Renegade jest trochę większy od DN-60 lecz mniejszy od Skeetera. Powierzchnia żagla wynosi 7 m.kw.. Yankee rys.4 to ślizg zbudowany po raz pierwszy w 1948 roku. Jest to ślizg dwumiejscowy, co pozwoliło go wykorzystać do nauki żeglowania. Ślizgi Yankee cieszą się w USA wielką popularnością.

Po ślizgach Renegade i Yankee konstrukcji drewnianej pojawiły się dwumiejscowe ślizgi z laminatów to jest „ARROW” i „NITE”. W obydwu ślizgach usytuowanie załogi obok siebie. Dzięki wykorzystaniu włókna szklanego i żywicy do budowy kadłuba ślizgu Arrow, zaś aluminium na jego omasztowanie, uzyskano bardzo lekki ślizg o dużych walorach użytkowych. Masa tego ślizgu wynosi 91 kg.

Omasztowanie ślizgu Nite jest drewniane i jest on cięższy od Arrow, bowiem jego masa wynosi 127 kg.

Najmniejszymi używanymi w USA ślizgami są składane mini ślizgi o wyraźnym przeznaczeniu rekreacyjnym, proste w budowie i niekłopotliwe w transporcie. Przedstawicielem takiego ślizgu jest „ICE BIRD”, który po złożeniu mieści się w bagażniku samochodu. Jest to konstrukcja monotypowa. Długość kadłuba i płozownicy po 1.52 m, składany maszt ze stopu lekkiego, kadłub zaś jest zbudowany ze świerku. Okucia są z lekkich stopów i ze stali nierdzewnej. Ślizg przy średnim wietrze osiąga 70 km/godz. Sterowanie ślizgu przypomina sterowanie samolotem. Pedaly obracają płozę sterową zaś drążek służy do ustawiania żagla. W tablicy 1 zestawiono charakterystyczne parametry dla niektórych ślizgów.

W ostatnim dziesięcioleciu obserwuje się powstanie szeregu nowych klas ślizgów charakteryzujących się lepszymi walorami użytkowymi lub niższymi cenami w porównaniu do klas już istniejących. Mimo, że większość tych nowych klas jest produkowana seryjnie, to w wyniku rozproszenia zainteresowań nabywców, żadna z tych klas nie została wyprodukowana w liczbie większej niż sto egzemplarzy, podczas gdy tylko w Stanach Zjednoczonych flota DN liczy kilka tysięcy ślizgów, a floty Arrow i Renegade

ponad 500 sztuk każda. Ponadto zwłaszcza w Europie pojawiła się mnogość konstrukcji metalowych lub laminatowych budowanych w niewielkiej liczbie egzemplarzy, bądź też adaptowanych z jachtów kołowych, często z wykorzystaniem żagli od windsurferów, a przeznaczenie tych ślizgów jest wyraźnie rekreacyjne lub zabawowe. Takie tendencje w budowie ślizgów się pojawiły i być może któraś z konstrukcji rozwinię się bardziej niż inne i będzie dominować podobnie jak to stało się ze ślizgiem DN. W opracowaniu Dave Powlisona zamieszczonym w SAILING WORLD z lutego 1998 r. dokonano opisu tych ślizgów. Są to „Gambit”, „Jacobs 14” i „Melges 80”. Dane techniczne tych ślizgów zostaną przytoczone w tym rozdziale.

1.2 Opisy i dane techniczne ślizgów

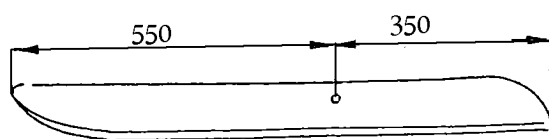
Przy opisie ślizgów wybrano na początek dwie konstrukcje, a to ze względu na ich znaczenie dla żeglarstwa lodowego. Są to **DN-60** i **Monotyp XV**. Pozostałe ślizgi opisano stosując podział według krajów ich powstania.

1.2.1 Ślizg DN - 60

Wzrost popularności żeglarstwa lodowego spowodował zainteresowanie małymi ślizgami. W wyniku rozpisanej przez gazetę Detroit News w 1936 r. konkursu, na stworzenie sprzętu do zabaw na lodzie, z licznych propozycji wybrano ślizg lodowy trójki konstruktorów (Archie Aarel, Joe Lodge, Norm Gerritt) a pierwszy egzemplarz zbudował zakład Williama B. Sarnsa w 1937 roku. Mimo, że istnieją oficjalne plany to ślizgu DN nie można nazwać monotypem a to z powodu dużych tolerancji wymiarów. Od pierwszych liter tytułu gazety i powierzchni pomiarowej S_{Δ} wyrażonej w stopach kwadratowych pochodzi nazwa ślizgu „DN-60”.

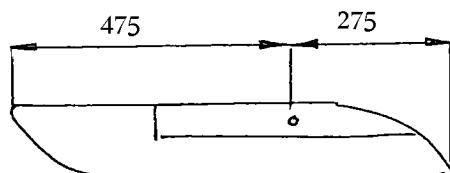
Kadłub - konstrukcji drewnianej o długości całkowitej 3660 mm i o szerokości 500 mm, jest pokryty sklejką o grubości 3 - 6 mm. Burty świerkowe o grubości 19 mm (od 16 mm do 25 mm). W celu wzmocnienia można stosować oblaminiowanie tkaniną szklaną. Aby kadłub nie był przeciążony obciążeniami pochodzącymi od nacisku masztu, pod kadłubem znajduje się napinacz w postaci linki stalowej opartej na ramieniu napinacza. Na burtach można montować listwy o maksymalnych wymiarach 25×25 mm służące do chwytania i nie wchodzą one w wymiary kadłuba. Kadłub od spodu poza kokpitem może być pokryty sklejką. W przedniej części kadłuba w stewie dziobowej jest zamontowany trzon sterowy z płozą sterową. Sterowania dokonuje się za pomocą sterownicy, z której ruch poprzez kolumnę sterową i popychacz przenosi się na płozę sterową.

Płozownica - długości 2420 mm wykonana jest z drewna iglastego. Dozwolone jest wzmocnienie włóknem szklanym. Płozownicę dobiera się pod względem jej sztywności i początkowego kształtu w zależności od warunków lodowych to jest grubości zalegającego śniegu, ciężaru zawodnika i elastyczności masztu. Obecnie płozownicę można wykonywać z kilku warstw różnych gatunków drewna i wzmacniać przez oblaminiowanie tkaniną szklaną. Ogólną wskazówką co do doboru sztywności płozownicy jest aby w czasie ruchu ślizgu płozownica nie trącała o śnieg.



Płoz drewniana

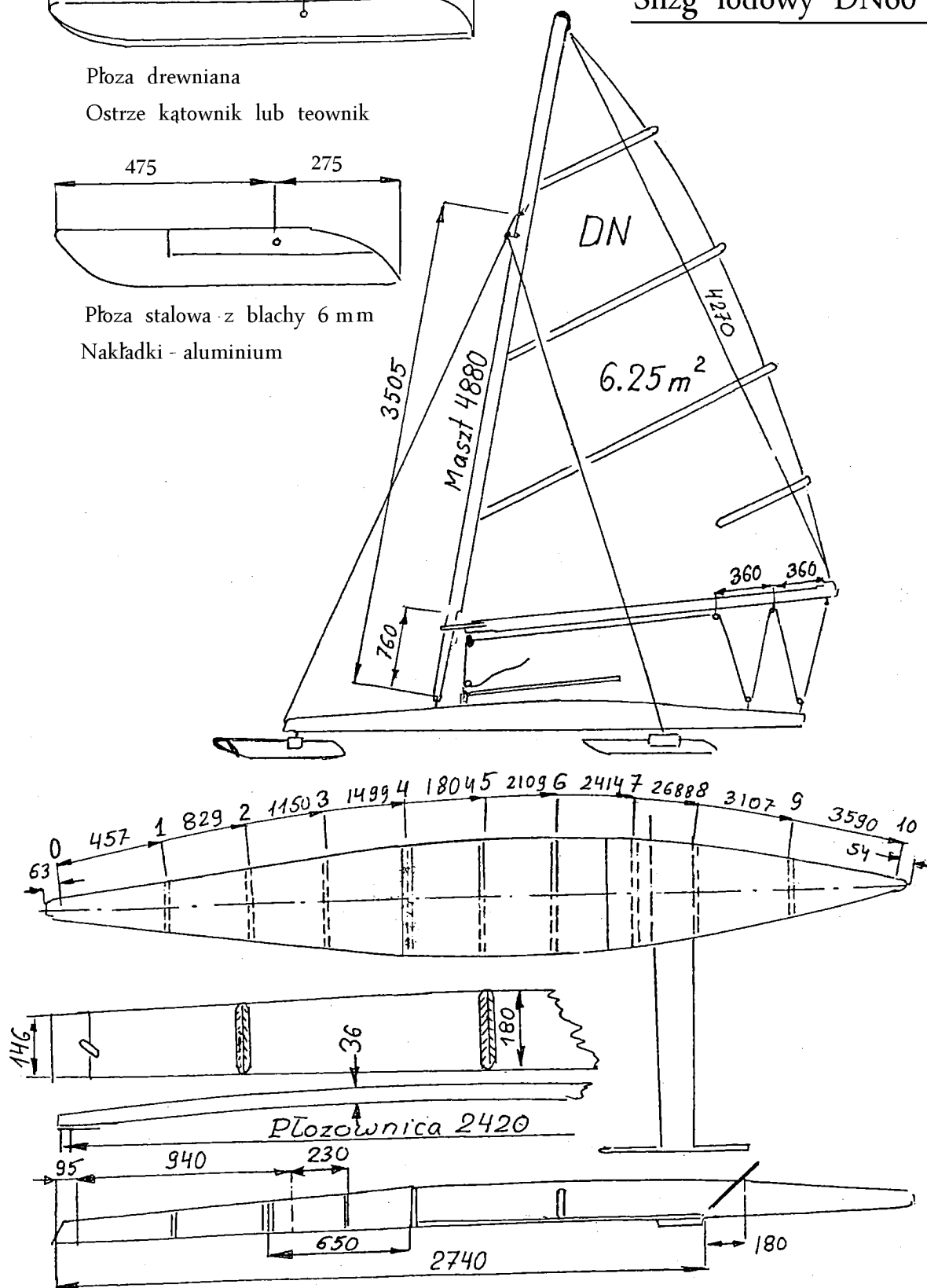
Ostrze kątownik lub teownik



Płoz stalowa z blachy 6 mm

Nakładki - aluminium

Ślizg lodowy DN60



Rysunek 1: Ślizg lodowy DN60 według pierwotnych rysunków

Płozy i ich obsady - Płozy boczne mocowane są w obsadach wykonanych z 6 mm grubości blachy stalowej. Istnieje dowolność rozwiązań dla obsad przy spełnieniu wymagań wymiarowych. Obecnie rozpowszechnione są obsady ze specjalnie produkowanych wyciskanych profili aluminiowych, które choć są bardzo kosztowne to sprawdzają się doskonale.

W ślizgu DN można używać różnych rodzajów płóz zależnie od rodzaju lodu. Najczęściej są stosowane płozy z blachy stalowej o grubości 6 mm. W pierwotnych planach znajdują się płozy z korpusem drewnianym i ostrzem z kątownika lub teownika. W wyniku doświadczeń regatowych buduje się obecnie płozy o maksymalnej długości, możliwie lekkie i o małym momencie bezwładności z drewna oblaminiowanego tkaniną szklaną i z ostrzem z płaskownika stalowego. Płozą sterowa musi być wyposażona w hamulec postojowy.

Omasztowanie - Maszt o długości 4880 mm może być obecnie wykonany z drewna, aluminium bądź z laminatu z włókien szklanych lub węglowych. Ponieważ sztywność masztu dobiera się do ciężaru zawodnika więc aby rozszerzyć zakres zastosowania, dozwolono zmieniać sztywność masztu przez użycie wymiennych wkładek do środka masztu. Sztywność masztu powinna być tak dobrana aby przy wybranych szotach gdy na żagiel zadziała nadmierna siła mogąca wywrócić ślizg, maszt się uginał nie dopuszczając do wywrotki.

Bom o długości 2740 mm może być wykonany jedynie z drewna lub aluminium, a laminat szklany może być dodany jedynie jako wzmocnienie. Zarówno maszt jak i bom powinny posiadać konstrukcyjną lüksparę i niedozwolone jest stosowanie przeciętej rurki lub szyny.

Ożaglowanie - Obecnie żagiel może być wykonany jedynie z dakronu o gramaturze 280 gram/m.kw. przy odpowiedniej liczbie nitek osnowy i wątku 250 × 410 lub odpowiedniku amerykańskim 6.5 oz przy liczbie nitek 220 × 440. Żagiel musi posiadać cztery pochwy na listwy ustawione pod kątem 90° do tylnego liku z tolerancją 5°. Wymagane jest okno na żaglu dowolnego kształtu, może być ich kilka. Powierzchnia okien winna być nie mniejsza niż 645 cm.kw. i nie większa niż 6452 cm.kw.. Wewnątrz żagla przy przednim liku musi być zamocowana linka stalowa o średnicy nie mniejszej niż 1.2 mm i długości nie większej niż 4267 mm pod obciążeniem 4.6 kG. Ta linka biegnąca od głowicy żagla zakończona pętlą u dołu łączącą się z okuciem rogu halsowego zapobiega nadmiernemu wyciągnięciu przedniego liku. Na obydwu stronach żagla muszą być naszyte litery DN oraz nadany numer.

Takielunek. - Olinowanie stałe wykonuje się z linek stalowych o grubości minimalnej 3 mm. Fał nie może mieć grubości mniejszej niż 2.4 mm. Naciąg kadłuba winien biec od stewy dziobowej do przedniej krawędzi płozownicy lub do stewy rufowej i winien spoczywać na wsporniku o wysokości minimalnej 76 mm. Dozwolone są wszelkie okucia i ściągacze umożliwiające regulację długości olinowania i położenia pięty masztu. Szot winien przechodzić przez sześć bloków. Cztery bloki winny być zamocowane poza tylną krawędzią kokpitu, z tego dwa na bomie. Jeden bloczek musi być umocowany do bomu w odległości max 304 mm od masztu a ostatni bloczek musi być umieszczony na głowicy kolumny sterowej. Wolno stosować jedynie bloki pojedyncze.

Drogi rozwojowe konstrukcji DNa - To, że DN nie jest w ścisłym znaczeniu tego słowa monotypem, umożliwiło wprowadzanie do jego konstrukcji licznych zmian i ulepszeń przez co ślizg ten stał się pod względem poziomu technicznego wprowadzanych rozwiązań bardzo zaawansowaną konstrukcją. Jest to efekt działania tysięcy posiadaczy DNa i rozważnego postępowania Komitetu Technicznego IDNIYRA. Wypracowano nowe kształty kadłuba, wprowadzono dakronowy żagiel, pochylenie masztu ku rufie co skutkowało koniecznością wprowadzenia okien w żaglu, elastyczne maszty a więc i możliwość ich konstruowania z laminatów i włókien węglowych. Za elastycznym masztem poszła konieczność wprowadzenia bardziej elastycznej płozownicy o odmiennym początkowym kształcie niż w pierwotnych planach. Wprowadzono nowe rozwiązania licznych okuć oraz napędu steru. W tym krótkim opracowaniu nie przytoczono aktualnych rysunków konstrukcyjnych DNa bowiem każdy żeglarz może zaopatrzyć się w aktualne wydania przepisów powielanych przez PZZ. Są one również dostępne w Internecie.

1.2.2 Ślizg M O N O T Y P X V

Monotyp XV to konstrukcja okresu międzywojennego zaprojektowana przez Erika von Holsta mieszkającego w Haapsalu w Estonii. Z miasteczka tego pochodzi wielu znanych żeglarzy lodowych. W roku 1931 Erik von Holst zaprojektował na zlecenie Europejskiej Unii Jachtingu Lodowego, nowoczesny dwumiejscowy ślizg z płożą sterową na rufie i z ożaglowaniem ket i powierzchnią żagla 15 m^2 . W ślizgu tym wprowadzono nowoczesne rozwiązania, znacznie odbiegające od rozwiązań według obowiązujących wówczas kanonów. Rozwiązania te stały się klasycznymi. Były to:

1. Zastosowanie układu ket.
2. Zastosowanie zamkniętego przekroju kadłuba z kokpitami dla załogi zamiast stosowanego dotychczas odkrytego kadłuba w postaci pomostu. Celem było polepszenie właściwości aerodynamicznych ślizgu i zwiększenie sztywności konstrukcji.
3. Zastosowanie płozownicy w postaci dźwigara dwupasowego (pustej wewnątrz).
4. Zastosowanie obrotowego (samonastawnego) i opływowego masztu.

W sprzyjających warunkach ślizg ten rozwija szybkość 80 - 90 km/godz., a po odpowiednim przygotowaniu ponad 100 km/godz. Ustanowiony przez Stanisława Turkettiego polski rekord prędkości 109.7 km/godz został później poprawiony zaledwie do 111 km/godz. Przed wojną rozegrano pięć razy Mistrzostwa Europy na Monotypach XV ostatnie w 1938 roku i pięć razy pod rząd mistrzem Europy został E. Gahlnbäck z Tallina.

Kadłub - o konstrukcji obecnie uznawanej za klasyczną jest zbudowany na szkielecie z drewna iglastego. Szkielet ten składa się z czterech podłużnic i pięciu ram wręgowych oraz z wbudowanego dźwigara podmasztowego. Boki kadłuba są pokryte deskami burtowymi o grubości 12 mm połączonymi z podłużnicami. Na burty można użyć również sklejki. Pokład i dno wykonuje się ze sklejki. W przedniej części kadłuba w płaszczyźnie symetrii ślizgu znajduje się dźwigar podmasztowy. W pokładzie między ramami wręgowymi wycięto otwory i w ten sposób powstały dwa kokpity. W tylnym kokpicie umieszczono fotel i jest on przeznaczony dla sternika. Konstruktor tak rozplanował ślizg aby

środek przedniego kokpitu znajdował się w środku ciężkości ślizgu. Obecność lub nieobecność załoganta nie wpływa w takim układzie na zrównoważenie ślizgu. Pokład jest wykonany ze sklejk o grubości 3 mm, a przy kokpitach 5 mm. Elementy szkieletu i poszycia są łączone pomiędzy sobą za pomocą kleju wodoodpornego i ocynkowych lub miedzianych gwoździ.

Płozownica XV Płozownica w postaci dźwigara dwupasowego jest wykonana ze świerku lub sosny. W celu zmniejszenia oporów aerodynamicznych nadano przekrojom poprzecznym opływowe profile, o zmiennej cięciwie i wysokości. Płozownica jest pusta wewnątrz. Taka konstrukcja jest nadzwyczaj trudna do wykonania, a wieloletnia obserwacja ślizgów Monotyp XV wskazuje, że płozownica zbudowana według wzorcowych planów jest jednym z najsłabszych elementów konstrukcji. Płozownica winna charakteryzować się wysoką wytrzymałością i elastycznością. Panują poglądy, że skonstruowana przez E.Holsta płozownica XV jest zbyt sztywna, co naraża ją na złamanie lub pękanie gdy uniesiona płoza nawietrzna opada na lód.

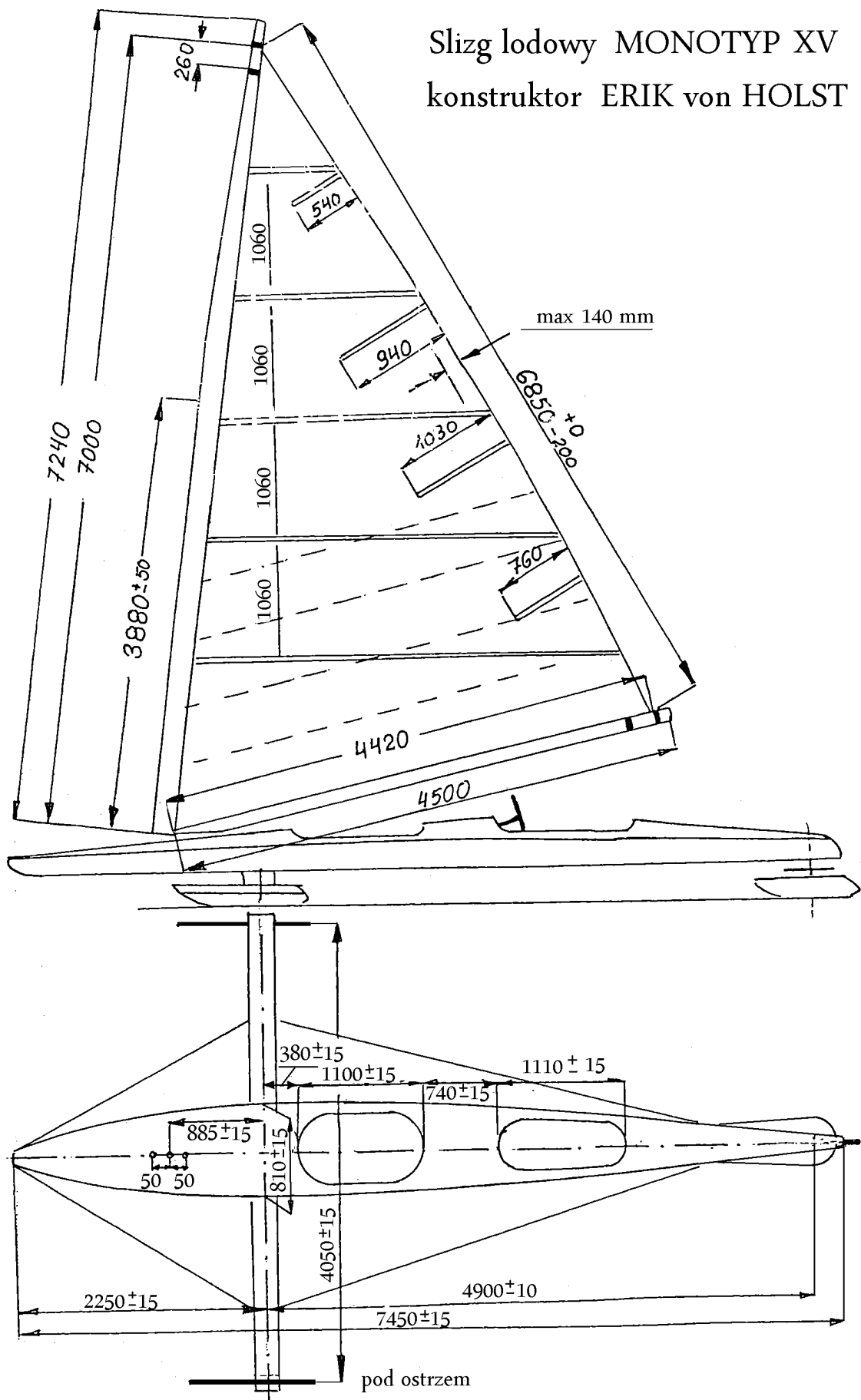
Płozownicę można montować do kadłuba w sposób dowolny np. przy pomocy kątowników lub listew ustalających. Mocowanie jest ważnym elementem w zachowaniu bezpieczeństwa podczas wywrotki ślizgu. Przy niewłaściwym zamocowaniu i luźnych wantach jak to jest praktykowane w XV kadłub może odłączyć się od płozownicy i upaść na lód przygniatając załogę. Mocowanie musi być skuteczne podczas wywrotki a śruby mocujące nie mogą przechodzić przez płozownicę. Płozownica jest dodatkowo ustalana czterema stalowymi linkami o grubości 3 - 4 mm zakończonymi ściągaczami. Linki te, zwane ciągnami, nie tylko wzmacniają konstrukcję, lecz pozwalają na precyzyjne ustalenie prostopadłości płozownicy w stosunku do płaszczyzny symetrii kadłuba. Z lewej burty rozróżniamy ciągną przednią lewą i tylną lewą, z prawej przednią prawą i tylną prawą. Przestrzeń wewnątrz płozownicy, w miejscach gdzie działają siły skupione jest wypełniona dopasowanymi klockami. Wypełnienia te znajdują się w przekrojach pod burtami kadłuba i w miejscu zamocowania zaczepów want.

Maszt i bom - Drzewca te wykonuje się z sosny lub ze świerku i mają one przekroje kropłowe lub owalne. Dla zmniejszenia ciężaru wykonuje się je puste wewnątrz. W celu poprawienia pracy żagla maszt ma swobodę obrotu dookoła swej osi dzięki temu, że opiera się stopą masztu na czopie wstawionym w kadłub.

Dla wzmocnienia i usztywnienia masztu Monotypu XV użyto dwóch par salingów, przez które przechodzą cienkie, o średnicy 3 mm linki stalowe, zwane wantami salingowymi. Długości want reguluje się za pomocą ściągaczy. Przednia część bomu (szpona) posiada okucie, które pozwala na obrót bomu względem masztu.

Płozy - Komplet płóz składa się z dwóch płóz bocznych i jednej sterowej. Obecnie w Monotypie XV można używać nie tylko płóz fosforobrazowych lecz także z blachy stalowej o grubości 10 mm. Cienkie stalowe płozy stawiają mniejszy opór w porównaniu z fosforobrazowymi, gdy muszą przebijać się przez śnieg, zwłaszcza gdy wierzchnia warstwa pokryta jest skorupką lodową. Również wąskie ostrze nie ubija śniegu, lecz opiera się o lód, podczas gdy szerokie ostrze fosforobrazowej płozy ubija śnieg zwłaszcza gdy jest on zmrożony. Nawet przy niewielkiej grubości zmrożonego śniegu ostrze płozy fos-

Ślizg lodowy MONOTYP XV
konstruktor ERIK von HOLST



forobrazowej nie dochodzi do lodu wskutek czego opór płozy jest bardzo duży. Płozą stalową wykazuje wtedy swą wyższość.

Klasyczna płoza monotypu XV składa się z:

- a) korpusu wykonanego jesionu, dębu lub brzozy,
- b) ostrza wykonanego z brązu fosforowego, charakteryzującego się doskonałym poślizgiem. Ostrze w postaci odlewu z brązu jest połączone z korpusem drewnianym za pomocą pięciu stalowych śrub M-8.

Płozy boczne są zawieszone na sworzniu stalowym o średnicy 16 mm w obsadach płóz bocznych i mają możliwość obrotu w płaszczyźnie pionowej. Płozą sterową umieszczoną jest pod rufą ślizgu i służy jako ster obracany za pomocą koła sterowego i systemu linek sterowych. Amortyzowanie rufy realizowane jest przy pomocy sprężyny.

Ożaglowanie - Zastosowano ożaglowanie ket zapewniające wysoką sprawność aerodynamiczną. Jako elementy usztywniające powłokę żagla użyto pięciu listew jesionowych, wpuszczanych w naszyte na żagiel kieszenie. Listwy te mogą iść przez całą szerokość żagla. Łatwo jest stwierdzić czy żagiel odpowiada przepisom klasowym ponieważ na drzewcach maluje się opaski kontrolne wyznaczające tolerancje dla położenia rogów fałowego i szotowego.

Pomiary ślizgu Monotyp XV - Na poważnych regatach wszystkie ślizgi podlegają pomiarowi i dlatego każdy sternik winien znać przepisy pomiarowe i umieć przygotować ślizg do pomiaru.

Na kadłubie należy nanieść znaki do oznaczenia długości konstrukcyjnej L_K - to jest odległości od osi trzonu sterowego do osi płozownicy. Odległość ta powinna wynosić 4900 mm. Aby oznaczyć dokładnie miejsce położenia płozownicy, należy na burtach kadłuba namalować trójkąty prostokątne o bokach 40 mm. skierowane wierzchołkami ku dołowi. Druga para znaków winna być namalowana na górnej części płozownicy w jej osi i skierowana wierzchołkami do kadłuba. Płozownica winna być tak ustawiona aby wierzchołki trójkątów namalowanych na kadłubie i na płozownicy dotykały do siebie.

Na drzewcach maluje się znaki w postaci opasek o szerokości 15 mm. Na topie masztu w odległości 700 cm od górnej powierzchni pokładu maluje się jedną opaskę a drugą 26 cm niżej. Na bomie jedną opaskę maluje się w odległości 442 cm od przedłużenia tylnej krawędzi masztu, a drugą 18 cm bliżej masztu. Pomiedzy tymi opaskami winien znajdować się róg fałowy żagla, a na bomie róg szotowy żagla. Jednakże sprawdzenie żagla na tym się nie kończy. Kiedy żagiel jest postawiony i szoty silnie wybrane należy dokonać pomiaru odległości pomiędzy rogiem fałowym i szotowym oraz pomiaru strzałki wygięcia tylnego liku. Do wykonania tego pomiaru należy przewrócić ślizg. Wykonać to należy ostrożnie najlepiej w grupie pięciu osób. Maszt i rufę należy położyć na przygotowane uprzednio koziołki. Po sprawdzeniu naciągu szotów należy zmierzyć odległości od dolnej krawędzi górnej opaski na maszcie do przedniej krawędzi tylnej opaski na bomie. Odległość ta powinna wynosić 665–685 cm. Strzałka wygięcia tylnego liku liczona od linii prostej łączącej zewnętrzne opaski nie powinna być większa niż 140 mm. Szerokość głowicy żagla nie powinna być większa niż 120 mm. Należy sprawdzić wymiary płóz, gdyż częste są przypadki, że stare płozy okazują się za niskie. Wymiary, które podlegają sprawdzeniu przez mierniczego podane są na rysunku. Sprawdza się również masę ślizgu, która dla pustego ślizgu nie może być mniejsza niż 205 kg. Pomierzony ślizg, który

spełnia wymiary klasowe otrzymuje świadectwo, zaś pomierzony żagiel o właściwych wymiarach pieczęć mierniczego w rogu halsowym.

Po upływie ponad 50 lat od przzerwania działalności EUJL zostało powołane w 1992 roku International Monotype–XV Ice Yacht Racing Association. Zostały uprządkowane przepisy klasowe i obecnie t.j. w 2008 roku obowiązuje wersja z sierpnia 1999 r. Istnieje doskonale opracowana strona www.monotype-xv.org gdzie można znaleźć rysunki konstrukcyjne, obowiązujące przepisy pomiarowe i sposoby pomiaru. Można stwierdzić, że jeśli ślizg spełniał dotychczas obowiązujące przepisy, to i spełnia nowe aktualne, ale sposoby pomiaru są łatwiejsze. Np. nie ma potrzeby przewracania ślizgu celem pomiaru ożaglowania.

1.2.3 Ślizgi amerykańskie

W tym rozdziale zostaną opisane ślizgi aktualnie używanych w USA klas.

Ślizg A R R O W klasa D - USA

Ślizg Arrow został skonstruowany w 1959 roku przez Boston Yacht Sail Co. z kadłubem drewnianym lecz w roku 1960 został wprowadzony kadłub laminatowy. Ślizg Arrow jest wyposażony w aluminiowy maszt i bom oraz w dakronowe żagle. Jest to nowoczesny ślizg lodowy. Szeroki otwarty kokpit zawiera dwa miejsca obok siebie. Powierzchnia pomiarowa żagla S_{Δ} wynosi 80 stóp kw. ($7.44 m^2$). Dzięki szczęśliwie dobranym parametrom konstrukcyjnym, ślizg Arrow łączy wszystkie korzystne cechy ślizgu treningowego, regatowego i rekreacyjnego. Jak na ślizg dwumiejscowy jego konstrukcja jest nadzwyczaj lekka. Przy bardzo słabym wietrze ślizg ten żegluje, podczas gdy inne ślizgi nie dają się uruchomić. Przy każdym wietrze ślizg Arrow jest szybszy od DNa i daje sobie radę nawet z dużymi ślizgami. W ślizgu Arrow wiele części metalowych włączając w to płozy jest podobnych a nawet identycznych z wypróbowanymi elementami używanymi w ślizgach DN. Do wykonania kadłuba ślizgu Arrow trzeba użyć oryginalnych form.

Dane techniczne

Długość całkowita	- 5280 mm (17 stóp 4 cale)
Długość kadłuba	- 4800 mm (16 stóp)
Długość płozownicy	- 3660 mm (12 stóp)
Długość masztu	- 5490 mm (18 stóp)
Powierzchnia pomiarowa	- 7.44 m.kw. (80 stóp kw.)
Kadłub	- laminat poliestrowo szklany
Omasztowanie	- aluminium
Płozownica	- drewniana, świerk
Płozy	- płyta stalowa, nakładki Aluminium (Płozy DNa)
Żagiel	- dakron
Okucia	- aluminium, stal nierdzewna
Masa	- około 90 kg. (200 funtów)

Ślizg N I T E klasa E - USA

Dwuosobowy monotyp Nite, rys.3 został skonstruowany w 1979 r. przez Dicka Slatessa. Kadłub ślizgu z laminatów poliestrowo szklanych może być wykonywany jedynie przez uprawnionych budowniczych przy wykorzystaniu oryginalnych form. Minimalna

masa ślizgu została określona w 1976 roku na 118 kg (260 funtów). Kokpit ślizgu mieści dwa miejsca obok siebie. Elementem resorującym przód kadłuba jest drewniany wysięgnik. Stosunkowo mała powierzchnia żagla powoduje, że ślizg ten żegluje najlepiej przy silnych wiatrach.

Sterowanie ślizgiem może być zrealizowane za pośrednictwem koła o średnicy nie mniejszej niż 330 mm, zamocowanego poziomo pod pokładem i połączonego linkami z ramionami urządzenia sterowego. Może być dodane sterowanie za pomocą stóp. Płozownica winna być drewniana, minimalna liczba warstw dwie, maksymalna trzy i musi być pełna. Drewniany wysięgnik winien być zbudowany z dwóch jednakowych warstw. Dozwolone są wzmocnienia włóknem szklanym. Maszt winien być wykonany z drewna z maksimum trzech warstw i musi być wewnątrz pusty dla przepuszczenia wewnątrz fału. Może być zastosowana metalowa albo plastikowa likszpara. Natomiast bom winien być wykonany z drewna i nie może być drażony.

Dane techniczne

Długość konstrukcyjna - 4394 mm (173 cale)

Długość płozownicy - 3403 mm (11 stóp 2 cale)

Długość wysięgnika - 1930 mm (76 cali)

Długość masztu - 5486 mm

Powierzchnia pomiarowa - 5.27 m.kw.

Kadłub - laminat poliestrowo szklany

Omasztowanie - drewniane

Płozownica, wysięgnik - drewniana, świerk

Płozy - płyta stalowa 6.4 mm (1/4 cala - Płozy DNa)

Żagiel - dakron

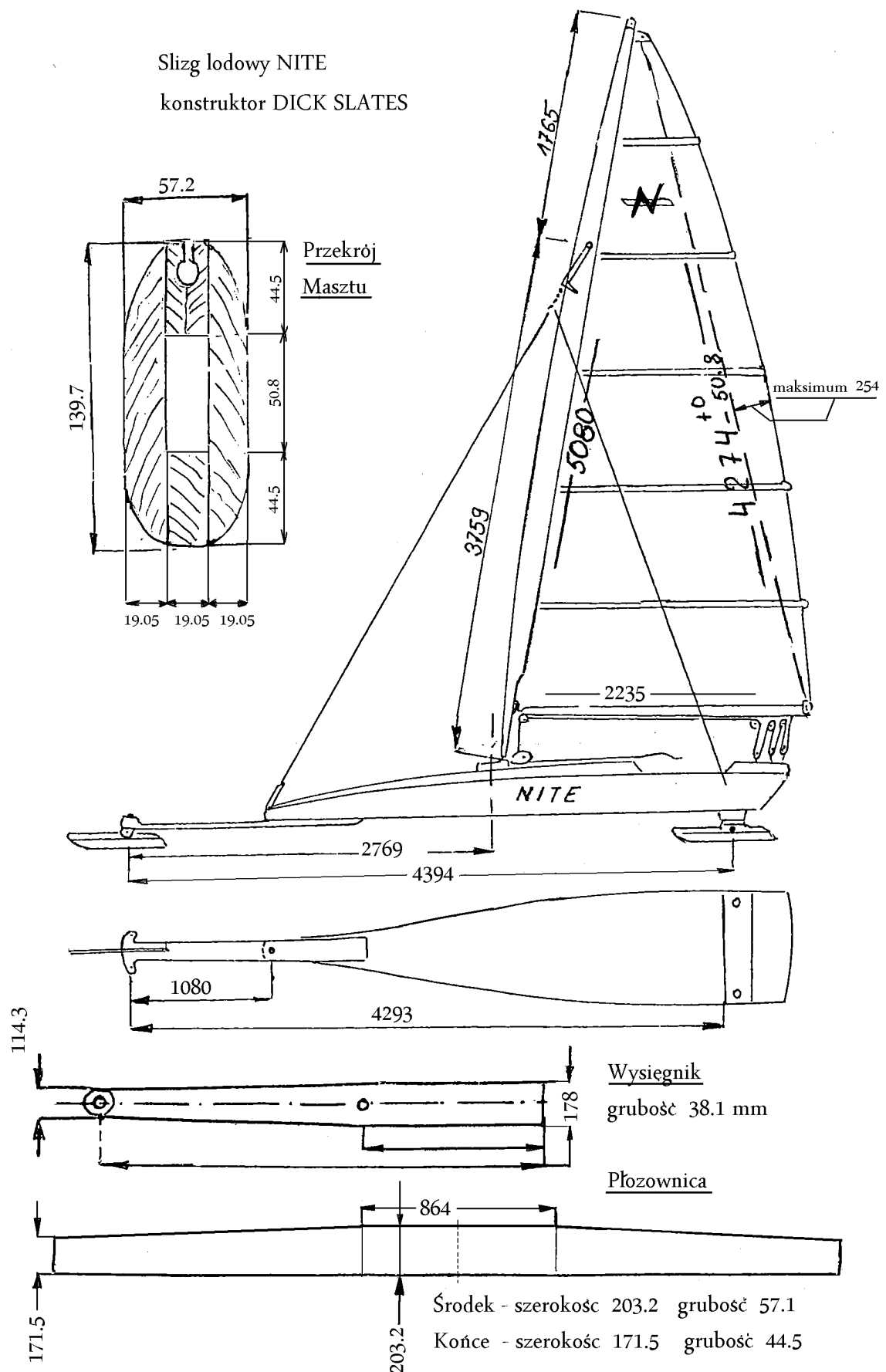
Masa - minimalna 118 kg. (260 funtów)

Ślizg Y A N K E E klasa E - USA

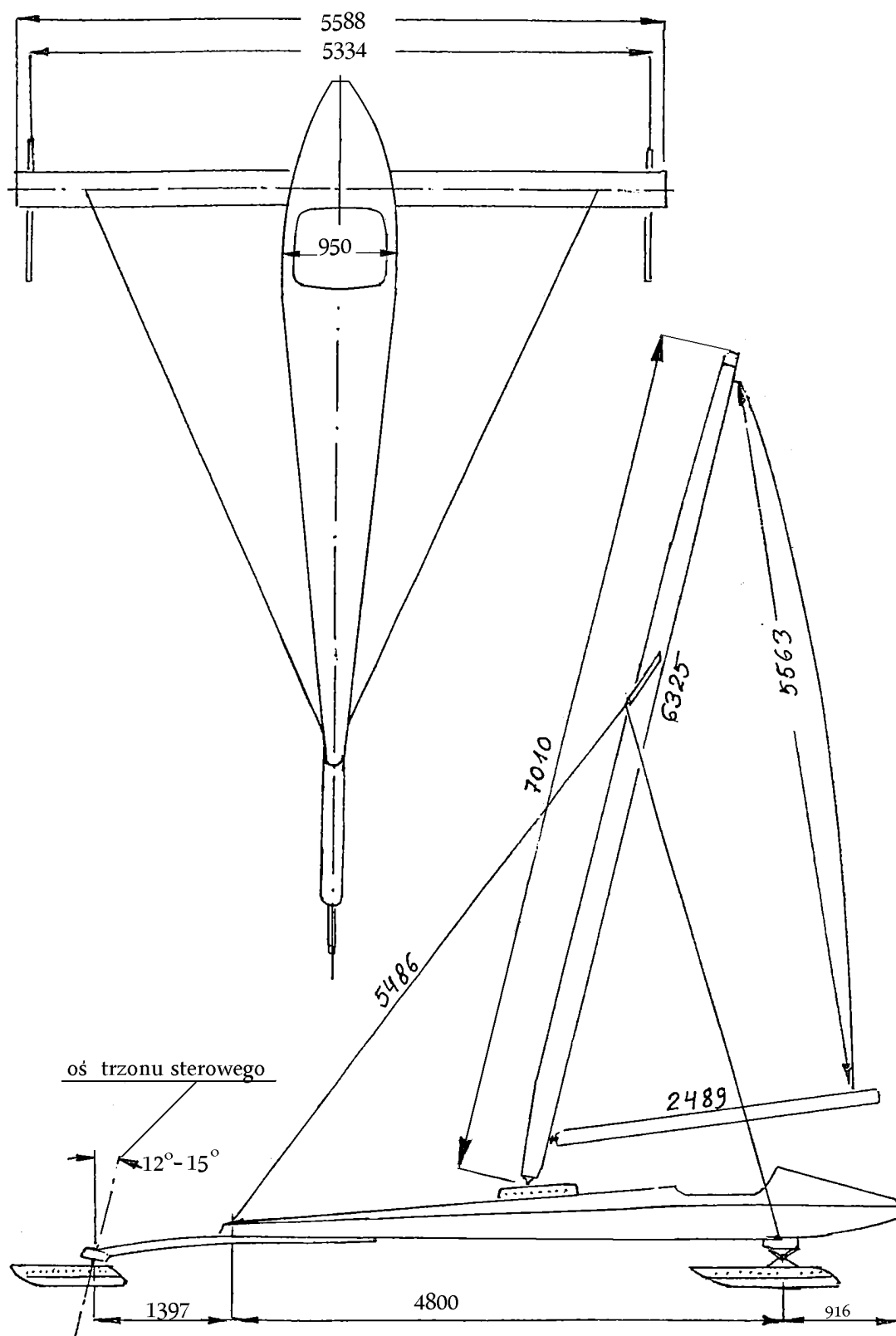
Jednomiejscowy ślizg „Yankee” łączy najlepsze właściwości jachtu wyczynowego, treningowego i rekreacyjnego. Nowoczesny opływowy kształt kadłuba i udoskonalenia jak obrotowy maszt, klejony wysięgnik i klejona pełna płozownica to cechy tego jachtu. Yankee startują w regatach w swojej klasie a także mogą startować razem ze Skeeterami i innymi ślizgami klasy E.

W 1948 roku zbudowano pierwszy ślizg Yankee i została założona organizacja - Yankee Yacht Association. Pierwotnie był to dwumiejscowy ślizg z miejscami obok siebie o wszechstronnym zastosowaniu. Ślizg ten może być używany do szkolenia nowych żeglarzy lodowych i do żeglowania rekreacyjnego z rodziną lub przyjaciółmi. Jest pełnowartościowy jako jacht regatowy. Yankee używa żagli od Skeetera o powierzchni $S_{\Delta} = 6.9 \text{ m}^2$ (75 stóp kw.). Jest to powierzchnia trójkąta zaś całkowita powierzchnia żagla wynosi 8.1 m^2 . Budowane później Yankee są ślizgami jednomiejscowymi. Entuzjaści żagla wyposażyli ślizg Yankee w koła, który stał się jachtem lądowym i żeglował po stepach Kalifornii.

Slizg lodowy NITE
konstruktor DICK SLATES



Rysunek 3: Slizg lodowy NITE



Rysunek 4: Ślizg lodowy Yankee

Dane techniczne

Długość całkowita	- 7600 mm (25 stóp)
Długość kadłuba	- 5749 mm (18 stóp 10 cali)
Długość konstrukcyjna	- 6200 mm (20 stóp 4 cale)
Długość płozownicy	- 4880 mm (16 stóp) jednomiejscówka
Długość płozownicy	- 5588 mm (18 stóp 4cale) dwumiejscówka
Długość masztu	- 7010 mm
Powierzchnia pomiarowa	- 6.9 m ² (75 stóp kw.)
wa	- drewno
Kadłub, omasztowanie	- drewno
Płozownica, wysięgnik	- płyta stalowa, kątowniki aluminiowe
Płozy	- dakron
Żagiel	- 204 kg (450 funtów)
Masa	

Ślizg R E N E G A D E klasa E - USA

Jednomiejscówka Renegade konstrukcji Elmera Millenbacha, pierwotnie konkurent Skeetera, to ślizg o czystych liniach. Wszystkie atrakcyjne właściwości ślizgu Skeeter są zawarte w znacznie mniejszej jednostce jaką jest Renegade. Posiadacze ślizgów Renegade twierdzą, że jest to jeden z najpiękniejszych ślizgów i najlepsza konstrukcja jaka kiedykolwiek znalazła się na lodzie. Ślizg Renegade jest mniejszy niż Skeeter, a nieco większy niż DN. Powierzchnia pomiarowa żagla S_{Δ} wynosi 6.32 m² (68 stóp) co pozwala na starty w regatach wraz ze ślizgami Skeeter, chociaż istnieje oddzielna klasa i regaty wyłącznie ślizgów Renegade. Istnieje też organizacja The Renegade Ice Yacht Association. O zaletach ślizgu Renegade niech świadczy fakt, że pod sterem Millenbacha wygrywał mistrzostwa klasy Skeeter regularnie w okresie od 1947 r. do 1954 r. Także w regatach ślizgów wszystkich klas włączając w to klasę A zajmował pierwsze miejsce.

Dane techniczne

Długość całkowita	- 7264 mm (23 stóp 10 cali)
Długość kadłuba	- 5334 mm (17 stóp 6 cali)
Długość płozownicy	- 4877 mm (16 stóp)
Długość masztu	- 5563 mm (18 stóp 3 cale)
Powierzchnia pomiarowa	- 6.32 m ²
wa	- drewno
Kadłub, omasztowanie	- drewno
Płozownica, wysięgnik	- płyta stalowa, kątowniki aluminiowe
Płozy	- stal nierdzewna, aluminium
Okucia	- dakron
Żagiel	- 136 kg (około 300 funtów)
Masa	

Ślizg S K E E T E R klasa E - USA

Walter Beauvais z Wilams Bay wraz z braćmi Joyce pracował w latach trzydziestych nad stworzeniem ślizgu lodowego o nowej konstrukcji. Zbudował on dwumiejscowy ślizg z miejscami obok siebie o powierzchni żagla zaledwie 6.90 m². Kadłub miał 3960 mm długości a płozownica zaledwie 2740 mm, zaś konstrukcja była podobna do stosowanej w drewnianych samolotach. Został on przezwany BEAUSKEETER, ponieważ nazwa Skeeter była niegdyś używana ogólnie do oznaczania klasy ślizgu o powierzchni 6.90 m² (75

stóp kw.). Ten mały ślizg z przednią płozą sterującą okazał się bardzo szybki, bardzo sterowny i szybko zdobył popularność. Chociaż ślizg ten nie wpadał w korkociągi, to przy wywrotce sternik wypadał z dużej wysokości. Jednak sternicy szybko nauczyli się bezpiecznie wypadać z wysokości 1.5 m. Palmer Boat Co. wprowadziło w Beauskeeterze zmiany w wymiarach i dopracowało szereg elementów. Kadłub został wydłużony do 5486 mm (18 stóp) a płozownica do 3658 mm (12 stóp). W dalszym rozwoju tego ślizgu dobrze zapisał się Ted Mead z Chicago, którego wszechstronność może wzbudzić podziw. Zajmował się on jeszcze szybowcami, małymi samolotami i łodziami. To on jako jeden z pierwszych wprowadził na rynek amerykański plany i zestawy konstrukcyjne do samodzielnej budowy szybowców, lekkich samolotów, łodzi i sani motorowych. Tuż przed drugą wojną światową wydłużył kadłub do 6100 mm (20 stóp), a płozownicę początkowo do 4270 mm (14 stóp), a potem do 4880 mm (16 stóp). Powierzchnia żagla pozostała bez zmiany $S_{\Delta} = 6.90 \text{ m}^2$, lecz nowa konstrukcja była szybsza od poprzedniej.

Mimo oporów, na które napotyka każda nowość, nowy Skeeter zdobywał popularność i liczba tych ślizgów wzrastała. W 1939 roku zostało utworzone International Skeeter Association (ISA), a liczba członków w 1960 roku przekroczyła 200. W tym okresie został wprowadzony nowy podział na klasy.

Skeeter należy do klasy E (S_{Δ} do 6.9 m.kw. - 75 stóp.kw.), która została podzielona na grupę A - ślizgów jednomiejscowych i grupę B - ślizgów dwumiejscowych.

Przy niezmienniej powierzchni żagla nowoczesny Skeeter ma wymiary zbliżone do ślizgu klasy A i jest znacznie szybszy od ślizgów tej klasy, mimo że niosą one czterokrotnie więcej żagla (klasa A 23.2 - 32.4 m.kw. - 250 do 350 stóp kwadratowych). Tylko gdy śnieg jest głęboki Skeeter ustępuje ślizgom klasy A gdyż ich płozownica znajduje się wyżej i swobodnie przechodzi nad warstwą śniegu. Budowniczości Skeetera wykorzystują najnowsze udoskonalenia jak opływowy i obracany silnie pochylony do tyłu maszt oraz elastyczny wysięgnik tworzący wraz z płozownicą o dużej rozpiętości doskonałe zawieszenie. Przy budowie kadłuba zastosowano zapożyczone z drewnianych konstrukcji szybowców rozwiązania. Skeeter ma drewniane burty, wręgi, sklejkowy pokład i dno. Można stosować dla wzmocnienia oblaminiowanie tkaniną szklaną.

Dane techniczne

współczesnego Skeete-

ra	- 8992 mm (29 stóp 6 cali)
Długość całkowita	- 6706 mm (22 stopy)
Długość kadłuba	- 5486 mm (18 stóp)
Długość płozownicy	- 6706 - 7315 mm (22 - 24 stóp)
Długość masztu	- 75 stóp kwadratowych
Powierzchnia pomiarowa	- drewno
wa	- drewno
Kadłub, omasztowanie	- płyta stalowa, kątowniki aluminiowe
Płozownica, wysięgnik	- dakron
Płozy	- stal nierdzewna
Żagiel	- 136 kg (około 300 funtów)
Okucia	
Masa	

Nowoczesne ślizgi Skeeter budowane są jako jednomiejscowe - Skeeter Class A, ale istnieją też wersje dwumiejscowe - Skeeter Class B.

Ślizg G A M B I T

Ślizg GAMBIT został skonstruowany na początku lat osiemdziesiątych przez Lloyda Robertsa i właściwie konstruktor traktuje go jako dwumiejscowego "Super DN-a". Cechą charakterystyczną jest umieszczenie załogi w pozycji pólleżącej obok siebie ale w zgodzie z zasadami ergonomii. Miejsce załoganta jest przesunięte nieco do przodu w stosunku do miejsca sternika i z założenia jest przeznaczone dla osoby niższej. Tak więc stopy sternika i załoganta opierają się o tę samą poprzeczną belkę lub gródź. Konstruktor wydłużył nieco maszt i powiększył powierzchnię żagla w porównaniu ze ślizgiem DN. Przybliżona liczba tych ślizgów w 1998 r wynosiła 70.

Ślizg ten powstał z potrzeby żeglowania we dwie osoby przy wykorzystaniu konstrukcji zbliżonej do DN-a. Jest więc doskonałym rozwiązaniem dla ludzi, którzy nie chcą korzystać ze ślizgu Arrow lub innych bardziej zaawansowanych konstrukcji.

Długość – 15 stóp (4572 mm)
Szerokość – 10 stóp (3048 mm)
Materiał kadłuba – drewno
Ciężar kadłuba – 75 funtów (34 kG)
Ciężar całkowity – 170 funtów (77 kG)
Powierzchnia żagla – 76 stóp kw. (7.06 m.kw.)
Liczba załogi – dwie osoby

Ślizg J A C O B S

Ślizg Jacobs 14 został skonstruowany w pierwszej połowie lat dziewięćdziesiątych przez Jacka Jacobsa. Wprawdzie całkowita długość ślizgu wynosi 18 stóp ale nazwano ten ślizg J-14 bowiem burty można wyciąć z jednego kawałka sklejk o długości 14 stóp. Według opinii jego konstruktora ślizg J-14 został specjalnie skonstruowany do rekreacji i to odróżnia go od wielu innych ślizgów. Ma on wyściełany kokpit i miękki zagłówek, o który można oprzeć głowę i jest bardzo stateczny. Konstruktor mówi: "Poszukiwałem czegoś co byłoby bardzo bezpieczne i zrobiłem to. Ślizg posiada otwarty kokpit z którego można się wyslizgnąć na żagiel gdyby się przydarzyła wywrotka. Przybliżona liczba ślizgów Jacobs 14 wynosi 35.

Długość – 18 stóp (5486 mm)
Szerokość – 10 stóp (3048 mm)
Materiał kadłuba – drewno
Ciężar całkowity – 200 funtów (91 kG)
Powierzchnia żagla – 69 stóp kw. (6.41 m.kw.)
Liczba załogi – jednomiejscowy.

Ślizg M E L G E S 80

Melges 80 wygląda jak pomniejszony E-Skeeter a to z powodów, że "wyścigi w klasie Skeeter stały się zbyt elitarne, a większości z nas nie stać aby tam się utrzymać, nie mamy dosyć czasu i energii" twierdzi jego współkonstruktor Harry Melges, który zbudował ślizg wraz z Billem Mattisonem. "I tak w 1995 roku zbudowaliśmy ślizg klasy Skeeter dostatecznie mały i dostępny dla większości ludzi". Jest to konstrukcja monotypowa, mniejsza o około 20 procent od Skeetera niosąca wysoki maszt z włókna węglowego i mająca w odróżnieniu od wielu innych ślizgów lodowych wysięgnik i płozownicę z laminatu. To uczyniło ślizg nie tylko lżejszym ale spowodowało, że wszystkie elementy są

bardziej zwarte niż z drewna.

Długość – 24 stopy (7315 mm)

Szerokość – 16 stóp (4877 mm)

Materiał kadłuba – laminat-włókno szklane

Ciężar kadłuba – 195 funtów (88.5 kG)

Ciężar całkowity – 300 funtów (136.2 kG)

Powierzchnia żagla – 80 stóp kw. (7.43 m.kw.)

Liczba załogi – jednoosobowy

Przybliżona liczba ślizgów – 15

Cena – 14000 dolarów.

Ślizg S C O O T E R

Podział na klasy jest u Scooterów prosty. Poniżej 150 stóp kw. całkowitej powierzchni żagla to jedna klasa i powyżej 150 stóp kw. to druga klasa. Scootery regatowe mające wysokie ożaglowanie zatraciły wspaniałą zdolność pierwszych scooterów jaką była możliwość żeglowania po otwartych przestrzeniach wodnych. Odnośnie liczebności załogi to może żeglować od dwóch do pięciu osób.

1.2.4 Ślizgi niemieckie

Opisy należałoby zacząć od klasy 20 m² jako największej konstrukcji budowanej w okresie międzywojennym. Niestety nie są osiągalne przepisy tej klasy. Najbardziej udaną konstrukcją w tej klasie był „Phantom” Erika von Holsta.

Ślizgi klasy 15 m. kw. W tej klasie walka o mistrzostwo rozgrywała się wyłącznie pomiędzy Erikiem Von Holstem - pięć razy Mistrzostwo Europy i Georgiem Tepperem - jeden raz Mistrzostwo Europy. Holst był niedościgniony na swoim „Fanalu”, a Georg Tepper ulepszał stale swoje konstrukcje i wprowadzał coraz to nowe rozwiązania jak aerodynamiczne kadłuby i obracane względem kadłuba płozownice.

Ślizgi klasy 12 m. kw. Przepisy tej klas stanowią:

Długość całkowita	700 - 725 cm.	W
Długość konstrukcyjna	460 - 475 cm.	
Burty kadłuba	deska 9-11 mm lub sklejka min 6mm	
Wzmocnienia burt	sklejka max 3 mm.	
Najmniej 4 grodzie	sklejka 4 - 6 mm	
Wysokość kadłuba maksymalna	35 cm wraz z dnem i pokładem	
Wzdłużniki	min 23 × 28 mm, max 26 × 32 mm	
Dno - sklejka	środek min 6 mm, dziób i rufa min 3 mm.	
Pokład - sklejka	min 4 mm	
Rozstaw płóz	355 cm - 380 cm	
Płozownica wys. max.	80 - 100 mm	
Płozownica szerokość max.	220 - 250 mm	
Płozy boczne	Lmax 155 cm, Hmax 17 cm	
Płoza sterowa	Lmax 110 cm, Hmax 15 cm	

części dziobowej wolno wbudować środkowy dźwigar lub kłoc podmasztowy i dodatkową gródź poprzeczną.

Stosuje się nietypowy sposób pomiaru żagla. Lik przedni nie dłuższy niż 6.30 m. Powierzchnia trójkąta pomiarowego max 11.1 m.kw. strzałka wygięcia tylnego liku max 15 cm.

Najbardziej udaną konstrukcją w klasie 12 m² był ślizg skonstruowany przez Erika von Holsta w 1937. Była to konstrukcja monotypowa. Nie mniej udaną konstrukcją był ślizg zaprojektowany przez G.Teppera.

Ślizgi k l a s y 10 m. kw. Przed II wojną zbudowano pewną liczbę ślizgów tej klasy, ale w sensie sportowym nie zdążyła ta klasa zaistnieć.

Ślizgi E K S T R A K L A S Y Liczne konstrukcje w pojedynczych egzemplarzach były budowane od Prus Wschodnich poprzez Pomorze aż do Dolnej Saksonii i Szlezewiku-Holsztyna. Do czasów obecnych zachowały się nieliczne fotografie, opisy w artykułach oraz jeden ślizg w Eissege Museum - Rangsdorf koło Berlina.

Z ciekawszych rozwiązań wymienić należy:

- a. Wspomniny już „Feuervogel” o powierzchni aeropłata 10 m.kw. Uległ katastrofie w Angerburgu przy próbie bicia rekordu szybkości.
- b. Ślizg „Götz von Berlichingen” z ciekawym trójdzielnym płatem. Każdy element płata można było ustawiać względem wiatru niezależnie.
- c. Ślizg o podobnie skonstruowanym płacie żeglujący na jeziorach w Charzykowie w 1942 r. Sternik zajmował pozycję leżącą na brzuchu z głową skierowaną w kierunku jazdy.
- d. Ślizg dwupłat z płatami ustawionymi na kadłubie, jeden za drugim - w tandemie.

1.2.5 Ślizgi klas narodowych dawnego ZSRR

Do końca lat sześćdziesiątych mistrzostwa w ZSRR rozgrywano w klasie Monotyp XV oraz w klasach narodowych 20 m.kw., 12 m.kw.-A, 12 m.kw.-B. Z chwilą wprowadzenia ślizgu DN w 1967 roku, wszystkie te klasy natychmiast upadły, gdyż tylko DN umożliwiał kontakty międzynarodowe. Próbuąc zatrzymać upadek sportu bojerowego poza klasą DN wprowadzono w 1975 r nowe klasy 8 m²-A i 8 m²-B a w roku 1985 konstrukcję monotypową 7 m². Mimo wysokiego poziomu technicznego tych konstrukcji z prób zawrócenia biegu historii nic nie wyszło, bowiem nie usunięto przyczyn takiego stanu spraw. Aby uchronić te rozwiązania konstrukcyjne od całkowitego zapomnienia przytoczono dane techniczne konstrukcji Władimira Girsy (Tallin) i Eugeniusza Kańskiego (Ryga) do których udało się dotrzeć osobiście. Lista znamienitych rosyjskich konstruktorów ślizgów z aeropłatami liczy ponad kilkadziesiąt nazwisk, wśród nich są konstruktorzy okrętów i profesorowie wyższych uczelni. Szkoda, że po wojnie tylko Rosjanie rozwijali tę klasę ślizgów z aeropłatami, które w konstrukcji były znakomite i biły wszelkie rekordy.

Ślizg 8 m.kw.-A dawny ZSRR W 1975 roku wprowadzono narodową klasę ślizgów lodowych o powierzchni żagla 8 m.kw.. Jest to klasa swobodna, przy czym muszą być spełnione następujące wymagania:

Długość konstrukcyjna - poniżej 5600 mm
 Szerokość konstrukcyjna - poniżej 3700 mm
 Powierzchnia pomiarowa - poniżej 8 m.kw.
 Największa szerokość masztu - poniżej 180 mm
 Odległość pomiędzy wewnętrznymi krawędziami opasek na maszcie - poniżej 6400 mm
 Liczba listew pięć, o szerokości poniżej 60 mm.
 Płozy boczne - długość poniżej 1240 mm, wysokość poniżej 175 mm.
 Płoz sterowa - długość poniżej 910 mm.
 Masa ślizgu przygotowanego do regat nie mniej niż 100 kg.
 Załoga - 1 osoba.

Ślizg 8 m.kw.-B-aeropłat dawny ZSRR Równolegle z klasą 8 m² – A (miękki żagiel) zostały wprowadzone ślizgi o powierzchni 8 m² z aeropłatem. Rozwiązania w klasie 8 m.kw. są dowolne, obowiązuje jedynie ograniczenie na powierzchnię obrysu płata to jest 8 m.kw.. Na rysunkach 5 i 6 pokazano dwa ślizgi należące do tej klasy zbudowane przez w.Girsa z Tallina i M.Kańskiego z Rygi. Mimo możliwości jakie stwarza aeropłat, klasa ta nie rozwinęła się. Na przeszkodzie stanęły nie tylko wysokie koszty budowy lecz i brak perspektyw w kontaktach międzynarodowych.

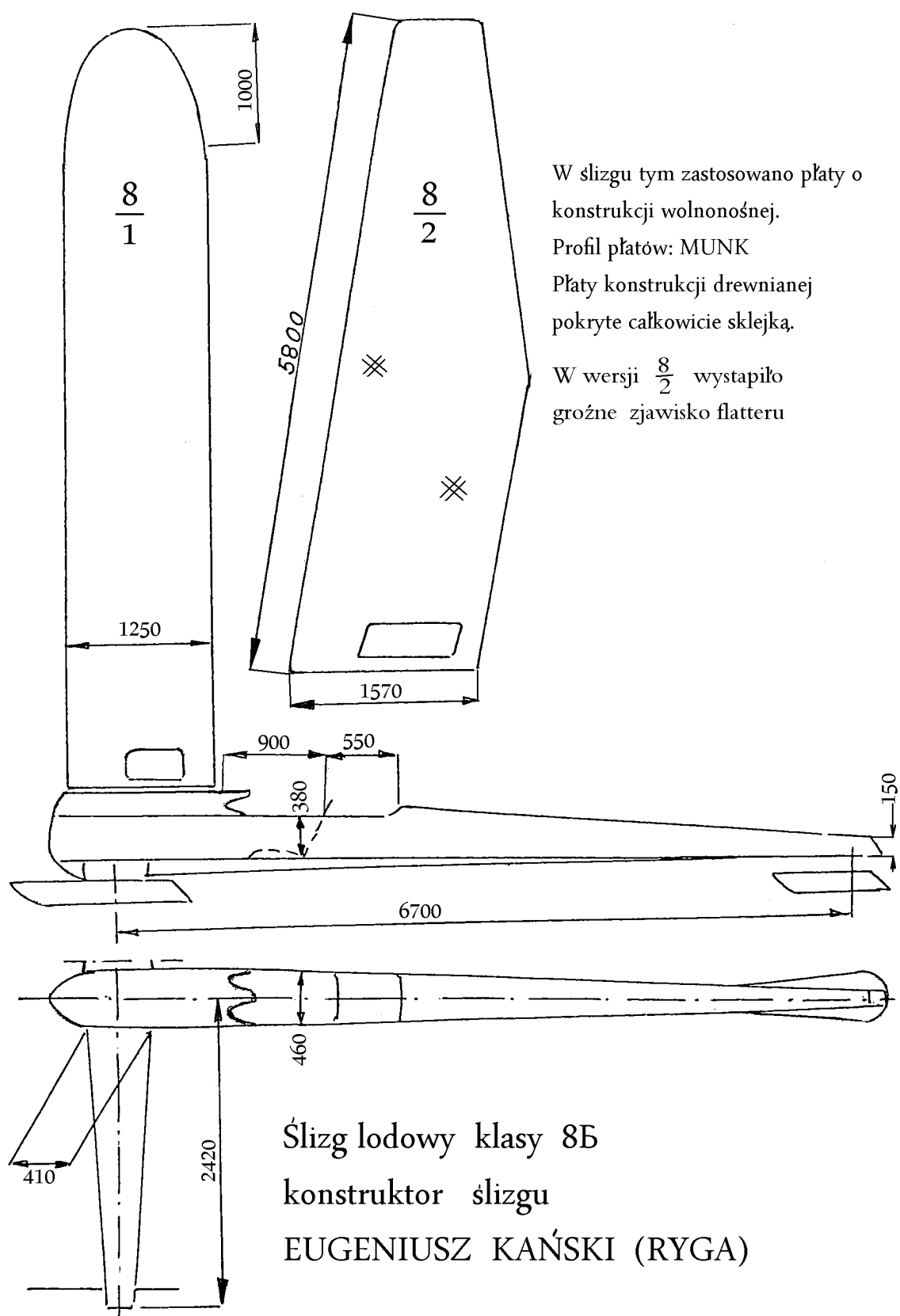
Ślizg M O N O T Y P 7 m.kw. dawny ZSRR W 1985 roku wprowadzono w ZSRR nową klasę MONOTYP 7, z płozą sterową na rufie. Jest to ślizg jednoosobowy z kadłubem z laminatów poliestrowo szklanych patrz rys.7.

Dane techniczne

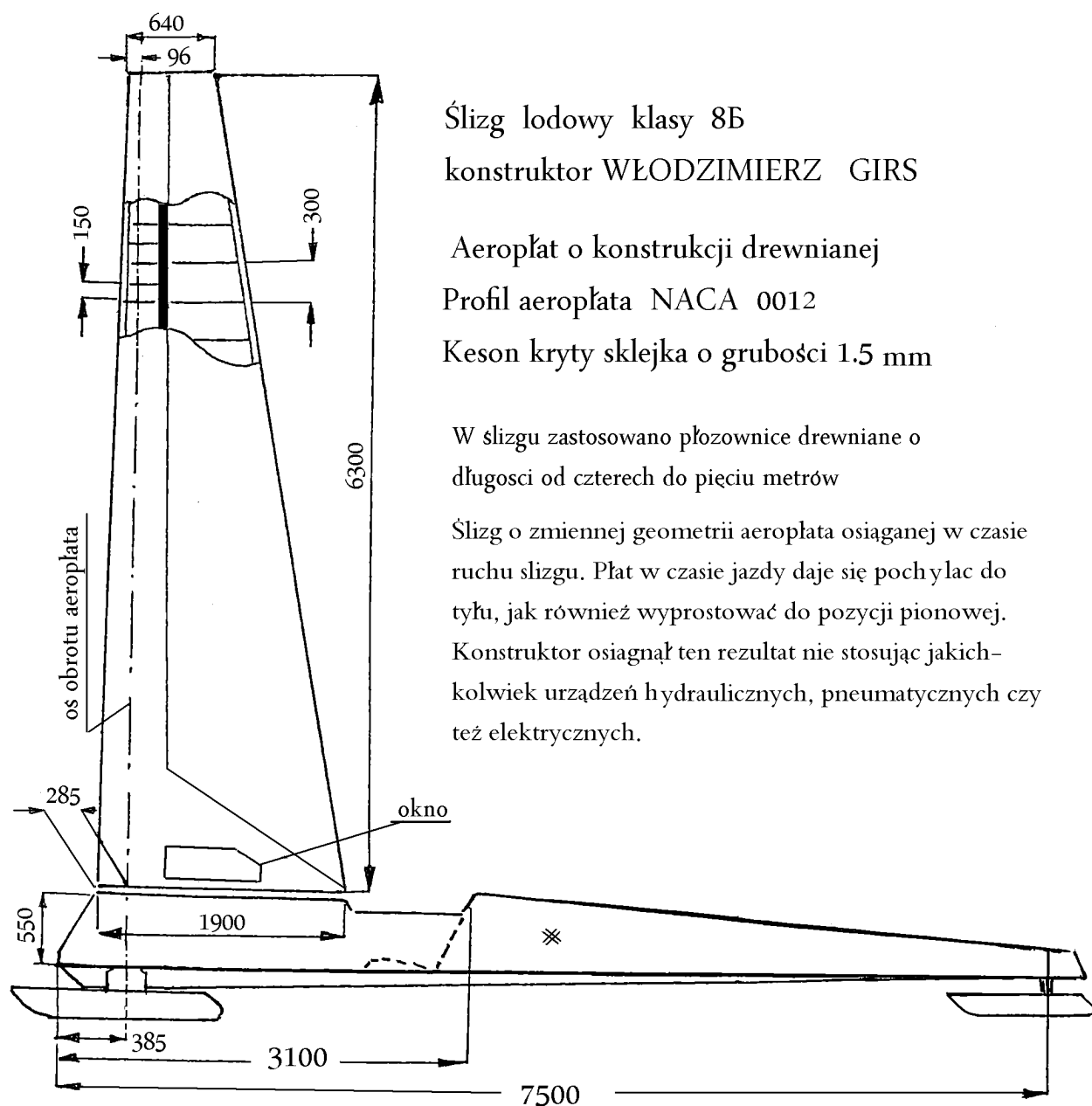
Długość całkowita	- 7400 mm
Długość konstrukcyjna	- 5600 mm
Szerokość całkowita	- 3780 mm
Szerokość konstrukcyj-	- 3600 mm
na	- aluminium
Maszt, bom	- 7 m.kw.
Powierzchnia żagla	- dakron usztywniony siedmioma listwami
Żagiel	- 130 kg w stanie gotowym do regat
Masa	

1.3 Mierzenie ślizgów klas wolnych

Osobliwością pomiarów ślizgów klas wolnych jest to, że wymiary kadłuba po odpowiednim przeliczeniu wchodzi jako część powierzchni żagla, jeżeli płozownica jest obracana względem kadłuba lub gdy płozy boczne są zamocowane obrotowo. Jeżeli tak nie jest to wymiary kadłuba zapisuje się jedynie w świadectwie pomiarowym lecz żaden składnik nie wchodzi do powierzchni żagla. Zasadniczą uwagę należy zwrócić na określenie powierzchni ożaglowania, do której również wlicza się powierzchnię masztu i bomu. Na maszcie maluje się dwie opaski. Jedną maluje się przy topie i powyżej jej dolnej krawędzi nie może być podnoszony żagiel. Drugą opaskę maluje się u podstawy masztu, tak aby górna krawędź dolnej opaski znajdowała się na przedłużeniu górnej krawędzi bomu rys.8. Wewnętrzna krawędź opaski na noku bomu ogranicza położenie rogu szotowego żagla. Szerokość opasek 15 mm. Jeżeli drzewca nie mają przekrojów kołowych to ich



Rysunek 5: Ślizg lodowy z aeropłatem Eugeniusza Kańskiego (Ryga)



Ślizg lodowy klasy 8B

konstruktor WŁODZIMIERZ GIRS

Aeropłat o konstrukcji drewnianej

Profil aeropłata NACA 0012

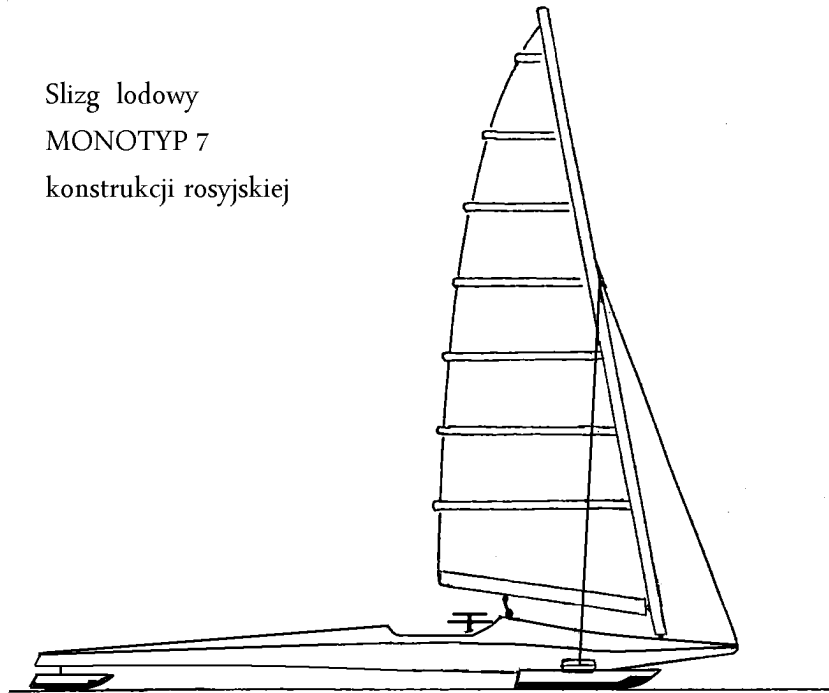
Keson kryty sklejką o grubości 1.5 mm

W ślizgu zastosowano płozownice drewniane o długości od czterech do pięciu metrów

Ślizg o zmiennej geometrii aeropłata osiąganey w czasie ruchu ślizgu. Płat w czasie jazdy daje się pochylać do tyłu, jak również wyprostować do pozycji pionowej. Konstruktor osiągnął ten rezultat nie stosując jakichkolwiek urządzeń hydraulicznych, pneumatycznych czy też elektrycznych.

Rysunek 6: Ślizg lodowy z aeropłatem Władimira Girsy (Tallin)

Ślizg lodowy
MONOTYP 7
konstrukcji rosyjskiej

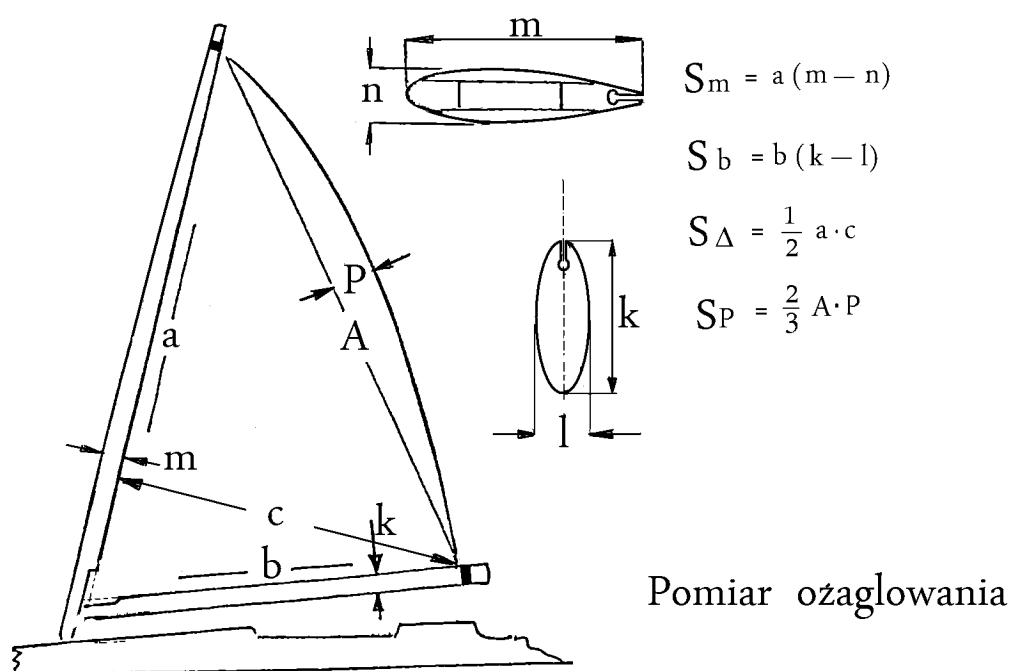


Rysunek 7: Ślizg lodowy Monotyp 7

wymiary podlegają przeliczeniu, a obliczona powierzchnia wchodzi do powierzchni żagla. Maszt mierzy się w najszerszym miejscu - wymiar „**m**”. Od pomierzonej wartości „**m**” odejmuje się grubość masztu „**n**” zaś różnicę mnoży się przez „**a**”, gdzie „**a**” jest odległością pomiędzy wewnętrznymi krawędziami opasek na maszcie. Powierzchnię bomu oblicza się w podobny sposób. Od największej szerokości bomu „**k**” odejmuje się grubość „**l**” a różnicę mnoży przez odległość od tylnej krawędzi masztu (lub jej przedłużenia jeżeli jest podcięta) do wewnętrznej krawędzi opaski na bomie. Dla sprawdzenia powierzchni żagla należy go postawić, wybrać szoty ze wskazanym naciągami i przewrócić ślizg.

Następnie mierzymy następujące odcinki:

1. odległość między wewnętrznymi krawędziami opasek na maszcie wymiar **a**.
2. odległość od tylnej krawędzi masztu (w przypadku wcięcia w maszcie od prostej przedłużającej tylną krawędź masztu) do przedniej krawędzi opaski na bomie - wymiar **b**.
3. odległość **A** pomiędzy wewnętrznymi krawędziami opasek na maszcie i bomie.
4. wielkość strzałki wygięcia tylnego liku **P** mierzona od linii łączącej opaski na maszcie i bomie.
5. odcinek prostopadłej do tylnej krawędzi masztu, przechodzącej przez wewnętrzną krawędź opaski na bomie, wymiar **c**.



Rysunek 8: Pomiar ożagłowania ślizgów klas wolnych

Całkowitą powierzchnię ożagłowania oblicza się ze wzoru:

$$S = \frac{a \cdot c}{2} + \frac{2}{3} \cdot A \cdot P + (m - n) \cdot a + (k - l) \cdot b$$

Sprawdzenie powierzchni aeropłata polega na obliczeniu powierzchni obrysu płata, a więc powierzchni rzutu na płaszczyznę symetrii płata. Na płacie żadnych znaków pomiarowych ani opasek nie maluje się.

Spis treści

1	CHARAKTERYSTYKA KLAS	1
1.1	Wprowadzenie	1
1.2	Opisy i dane techniczne ślizgów	6
1.2.1	Ślizg D N - 6 0	6
1.2.2	Ślizg M O N O T Y P X V	9
1.2.3	Ślizgi amerykańskie	13
1.2.4	Ślizgi niemieckie	20
1.2.5	Ślizgi klas narodowych dawnego ZSRR	21
1.3	Mierzenie ślizgów klas wolnych	22

Materiały Szkoleniowe - Żeglarstwo Lodowe

WITOLD KURSKI

grudzień 2008

Opracowanie na prawach rękopisu
dla instruktorów żeglarstwa lodowego.

1 TEORIA ŻEGLOWANIA

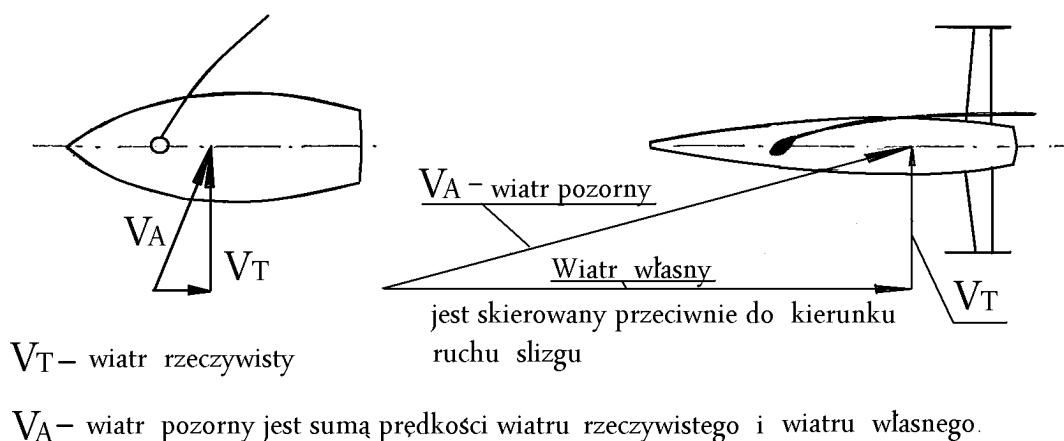
1.1 Wiatr rzeczywisty i pozorny

Dzięki niewielkiemu tarcia płóz o lód, ślizg lodowy może rozwijać znaczne szybkości, kilkakrotnie przekraczające prędkość aktualnie wiejącego wiatru, a do podtrzymania ruchu rozpędzonego ślizgu potrzeba niewielkiej siły napędowej. Odpowiednio wyostrzone płozy wyznaczają kierunek ruchu i nie pozwalają na przemieszczanie ślizgu w bok. Dryf ślizgu jest więc minimalny.

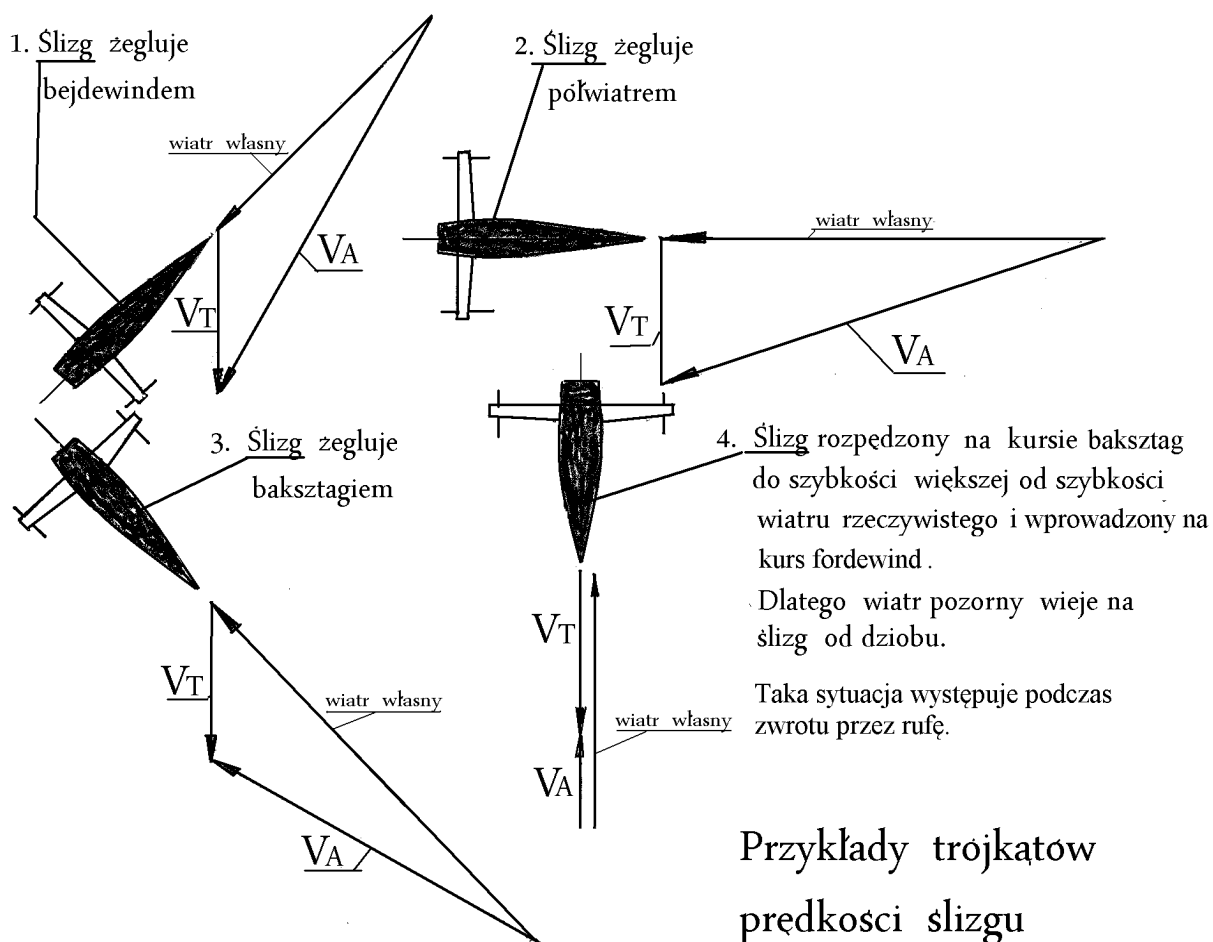
Gdy ślizg lodowy porusza się do przodu, to na niego działa strumień powietrza napływający od dziobu. Ten strumień powietrza nazywamy wiatrem własnym i jest on związany z ruchem ślizgu. Im większa jest szybkość własna ślizgu, tym silniejszy wiatr własny działa na ślizg, patrz rysunek 1 na którym przedstawiono jacht wodny oraz szybko żeglujący ślizg lodowy.

Gdy wieje wiatr rzeczywisty to na poruszający się ślizg działa wiatr wypadkowy będący sumą wiatru rzeczywistego i wiatru własnego. Tę sumę geometryczną nazywamy wiatrem pozornym V_A (ang: Apparent Wind). Wiadomo, że żagle ustawia się względem strug wiatru pozornego, a nie względem wiatru rzeczywistego. W jachcie wodnym wiatr pozorny jest nieznacznie odchylony od kierunku wiatru rzeczywistego. Natomiast ślizg lodowy rozwija dużą szybkość własną V_S i wiatr pozorny V_A jest znacznie odchylony od kierunku wiatru rzeczywistego V_T . Te zależności najlepiej jest przedstawiać za pomocą trójkąta prędkości. Kilka przykładów trójkąta prędkości przedstawiono na rysunku 2 dla ślizgu żeglującego kursem bejdewind, półwiatr i baksztag. W ten sposób przedstawia się trójkąt prędkości początkującym żeglarzom na kursach żeglarskich.

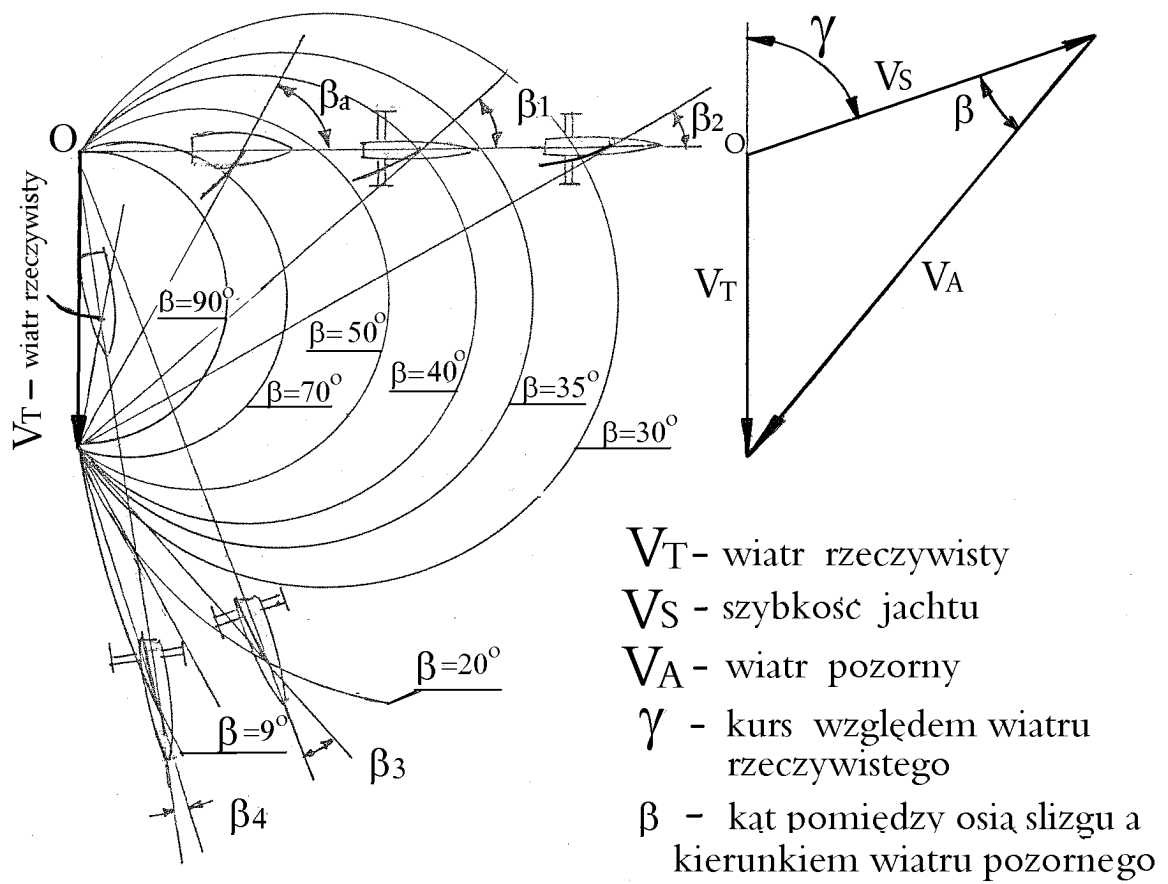
Nie jest to jedyny sposób przedstawiania trójkąta prędkości i zostanie on podany w sposób bardziej zaawansowany. Zamiast wiatru własnego wprowadzamy szybkość ślizgu V_S a więc na boku przedstawiającym wiatr własny przenosimy grocik na przeciwną stronę. Wtedy trójkąt prędkości będzie wyglądał tak jak to przedstawiono na rysunku 3. Na tak przedstawionym trójkącie szybkości widać dokąd porusza się ślizg i dlatego ten sposób rysowania trójkątów prędkości jest przyjęty przy budowie wykresów szybkości ślizgu. W żeglarstwie wodnym odchylenie wiatru pozornego od wiatru rzeczywistego



Rysunek 1: Wiatr pozorny w jachcie wodnym i w ślizgu lodowym



Rysunek 2: Przykłady trójkątów prędkości ślizgu



Rysunek 3: Wpływ prędkości jazdy na kierunek wiatru pozornego

pod względem kierunku i prędkości jest niewielkie. Dla ślizgu, który żegluguje szybko, wiatr pozorny zmienia się bardzo znacznie na wszystkich kursach względem wiatru rzeczywistego zarówno co do szybkości jak i kierunku. W miarę wzrostu szybkości własnej ślizgu wiatr pozorny wieje coraz ostrzej i coraz szybciej.

Do przeprowadzenia analizy wpływu prędkości własnej ślizgu V_S na kierunek wiatru pozornego bardzo przydatne jest twierdzenie geometryczne o stałej wartości kąta wpisanego w okrąg patrz rysunek 3. Na rysunku 3 narysowano okręgi o wspólnej cięciwie V_T przedstawiającej prędkość wiatru rzeczywistego. Koniec wektora prędkości własnej ślizgu V_S wskazuje okrąg, dla którego kąt β pomiędzy osią ślizgu a kierunkiem wiatru pozornego ma wartość stałą. Oznacza to, że okręgi wskazują prędkości ślizgu, przy których żagiel ma być jednakowo ustawiony, gdyż żagiel ustawiamy względem strug wiatru pozornego. Na jachcie wodnym przy odpadaniu do fordewindu luzujemy grota, bowiem kąt β_b jest większy od β_a . W żeglarstwie lodowym przy manewrze zwrotu przez rufę podczas odpadania do fordewindu musimy wybierać grota, aby zachować korzystne działanie wiatru na żagiel, dzięki czemu maleją opory aerodynamiczne. Dzięki swej bezwładności ślizg zachowuje swoją szybkość własną i kąt $\beta_4 < \beta_3 < \beta_2$. Jeżeli ślizg porusza się na wybranym kursie np. na półwiatrze i zwiększa swoją prędkość własną należy dociągnąć grota, bowiem $\beta_2 < \beta_1$, to znaczy kąt β maleje. Natomiast przy zmniejszeniu prędkości np. przy napotkaniu zwiększonych oporów czołowych, gorszy lód lub zaspy, należy poluzować grota, bowiem $\beta_1 > \beta_2$.

1.2 Siły działające na ślizg w ruchu

Jeżeli przyjmiemy, że ślizg porusza się ruchem jednostajnym i prostoliniowym kursem β względem wiatru pozornego, wówczas na ślizg działają następujące siły patrz rys 4. G - siła ciężkości jachtu wraz z załogą zaczepiona w środku ciężkości SC.

R_N, R_Z, R_S - reakcje pionowe na płozach.

Q_N, Q_Z, Q_S - siły poziome reakcji na płozach i ich wypadkow Q działająca w punkcie L na linii działania siły aerodynamicznej P .

P - siła aerodynamiczna rozkłada się na:

P_N - składową napędową.

P_B - składową boczną wywołującą dryf i przerwracającą ślizg.

Q - opór lodowy rozkłada się na:

Q_{cz} - opór czołowy płóz.

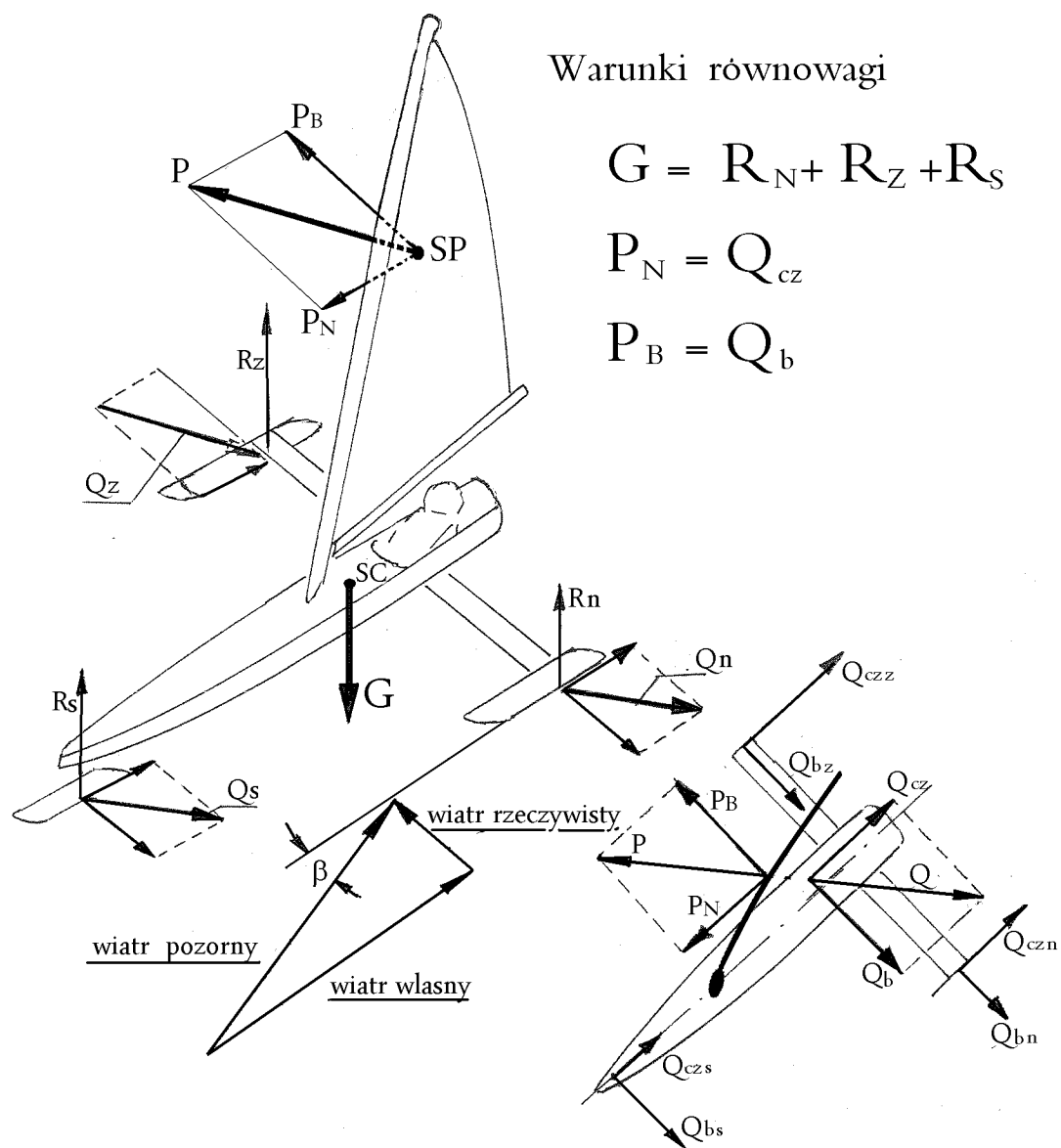
Q_b - opór boczny płóz.

Gdy zmienia się siła aerodynamiczna, natychmiast zmieniają się wszystkie reakcje tak, aby uzyskać równowagę sił. Jeżeli istnieje nadwyżka siły aerodynamicznej P_N nad oporami płóz Q_{cz} to ślizg będzie przyspieszał i odwrotnie, gdy opór Q_{cz} będzie przeważał nad siłą P_N to ślizg będzie zwalniał. Gdy ślizg wykonuje ruch krzywoliniowy, a więc zakręca, to powstająca na płozach siła Q_b musi być dostatecznie duża, aby wywołać przyspieszenie dośrodkowe. Oczywiście w warunkach ruchu jednostajnego zachodzić muszą następujące warunki równowagi:

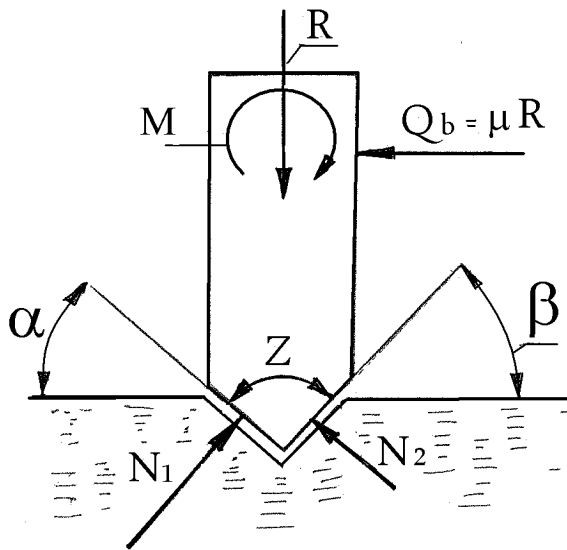
$$G = R_N + R_Z + R_S$$

$$P_N = Q_{cz}$$

$$P_B = Q_b$$



Rysunek 4: Siły działające na ślizg w ruchu



Siły R i Q_b
oraz moment M są
wprowadzane na płożę
przez obsady płóz

Z - kąt zaostrenia

$$Z = 180^\circ - (\alpha + \beta)$$

Rysunek 5: Praca płoży ślizgu lodowego

1.3 Praca płoży w ślizgu lodowym

Pod wpływem pionowego nacisku ostrze płoży ulega zagłębieniu w lód wytwarzając przy tym dwie powierzchnie współpracujące z płożą. Siły oddziaływania na tych powierzchniach są prawie do nich prostopadłe i równoważą siły działające ze strony płoży na lód. Wiadomo, że siły te powstają wskutek oddziaływania aerodynamicznego na ślizg, jego ciężaru oraz rozwijanych sił bezwładności podczas wykonywania manewrów. Rozpatrzmy pracę płoży o kątach nachylenia bocznych powierzchni odpowiednio $\alpha = \alpha_z$ i $\beta = \alpha_w$ patrz rys.5. Oczywiście przy symetrycznym ostrzeniu kąt $\alpha_z = \alpha_w$.

Siły N_1 i N_2 prawie prostopadłe do nachylonych powierzchni równoważą działającą siłę R oraz wytwarzają siłę boczną o wartości $\mu \cdot R = Q_b$.

Z warunków równowagi:

$$N_1 \cdot \cos \alpha_z + N_2 \cdot \cos \alpha_w = R$$

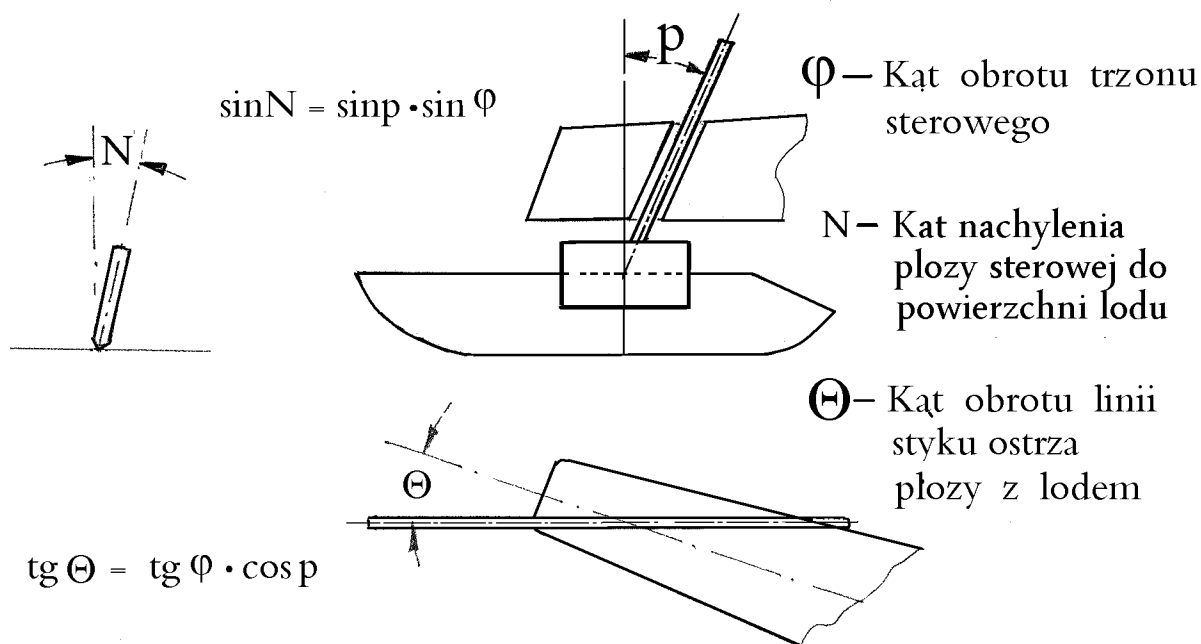
$$N_1 \cdot \sin \alpha_z - N_2 \cdot \sin \alpha_w = Q_b$$

Im większa jest składowa boczna Q_b tym bardziej wzrasta siła N_1 a maleje N_2 . Przy nieostrożnym manewrze, gdy dopuścimy do zbyt dużej wartości siły Q_b siła N_2 zmaleje do zera i płoża wyskoczy z wytworzonego w lodzie rowka, a ślizg może utracić równowagę kierunkową. Gdy do warunków równowagi podstawimy $N_2 = 0$ to możemy wyliczyć, że płoża wyskakuje z rowka gdy

$$\frac{Q_b}{R} = \tan \alpha_z$$

Aby więc płoża mogła przenosić duże siły boczne to kąt α_z nie może być zbyt mały. Jednakże im większe są kąty α_z i α_w a więc im bardziej jest zaostrena płoża tym większe muszą działać siły N_1 i N_2 aby zrównoważyć nacisk płoży R .

Można więc oczekiwać, że bardziej ostra płoża będzie się charakteryzować większymi oporami, a mniej ostra płoża powinna mieć mniejsze opory ruchu. Najlepiej jest ostrzyć płoży symetrycznie, to znaczy, że kąty



Rysunek 6: Efekty kinematyczne przy pochylonym trzonie sterowym

$$\alpha_z = \alpha_W = \alpha$$

Pozwala to na zamianę płóz z lewej strony na prawą co jest wielką zaletą i obecnie płozy boczne są ostrzone wyłącznie symetrycznie. Idea niesymetrycznego nachylania powierzchni bocznych płóz była rozpowszechniona we wczesnym okresie rozwoju żeglarstwa lodowego, który był okresem poszukiwań. Konstruktor Erik von Landesen stosował w swoich ślizgach tak ostrzone płozy. Płozą sterową jest zawsze ostrzona symetrycznie. Zalecane kąty zaostrenia Z wynoszą dla ślizgu DN osiemdziesiąt stopni z tolerancją $\pm 10^\circ$. Większe kąty Z stosuje się na miękki lód.

Aby polepszyć zdolność symetrycznie zaostnionej płozy sterowej do wytwarzania dużej siły bocznej, a równocześnie nie zwiększać oporów ruchu przez dobór zbyt małego kąta Z , konstruktor może zdecydować się na nachylenie osi trzonu sterowego patrz rys.6. Nachylenie osi trzonu sterowego stosuje się w ślizgach Yankee, Nite i jest dozwolone w ślizgu DN.

Pochylenie trzonu sterowego o kąt p powoduje, że przy jego obrocie o kąt ϕ następuje zmiana nachylenia płozy w stosunku do powierzchni lodu o kąt N . Kąt N można wyliczyć ze związków podawanych przez trygonometrię sferyczną.

$$\sin N = \sin p \cdot \sin \phi$$

gdzie:

N – zmiana nachylenia płaszczyzny bocznej płozy od pionu.

p – pochylenie ku rufie osi trzonu sterowego.

ϕ – Kąt obrotu trzonu sterowego.

Np: $p = 20^\circ$, $\phi = 20^\circ$, W wyniku otrzymujemy kąt $N = 7^\circ$.

Obrót linii styku ostrza płozy z lodem oznaczony przez θ jest nieco mniejszy niż

kąt ϕ i zgodnie ze wzorami trygonometrii sferycznej obowiązuje relacja:

$$\operatorname{tg} \theta = \operatorname{tg} \phi \cdot \cos p$$

Stosowane w ślizgach lodowych kąty pochylenia trzonu sterowego wynoszą średnio 12 do 15 stopni i nie przekraczają 25 stopni, ale w jachtach plażowych wynoszą około 60 stopni, a więc powyższe zależności mają fundamentalne znaczenie.

W ślizgu z płożą sterową na rufie występują efekty odwrotne i aby uzyskać korzystny efekt wzrostu siły bocznej w zakręcie, oś trzonu sterowego należałoby pochylić w kierunku jazdy. Gdyby powiększać zdolność płoży sterowej do przenoszenia siły bocznej tylko poprzez zaostrenie płoży a nie przez pochylenie płoży to kąt Z należałoby zmniejszyć o $2 \times 7^\circ = 14^\circ$. Takie zostrzenie płoży spowodowałoby pogorszenie osiągow w ruchu po prostej wskutek wzrostu oporów. Kąty pochylenia p w ślizgach Yankee i Nite wynoszą po dwanaście stopni. Zawodnik Niemiecki Hans Molter zastosował w swoim ślizgu DN kąt pochylenia p dwadzieścia pięć stopni, ale zmuszony był wprowadzić specjalne rozwiązanie napędu sterowego aby zapewnić swobodny ruch trzonu sterowego wzdłuż jego osi bez szkodliwych zjawisk kinematycznych.

Należy zwrócić uwagę, że kąt α nie może być zbyt duży, bowiem wtedy rozwijane siły boczne mogą stać się zbyt duże i doprowadzić do uszkodzenia ślizgu. Oczywiście lepiej jest narazić się na dryfowanie płoży i utratę równowagi kierunkowej niż na uszkodzenie ślizgu lub też wyrzucenie sternika za burtę. Dlatego kąty zaostrenia Z wynoszące osiemdziesiąt stopni wydają się być optymalne, gdyż zapewniają wystarczającą zdolność do przenoszenia siły bocznej i nie powodują narażania ślizgu na przeciążenia.

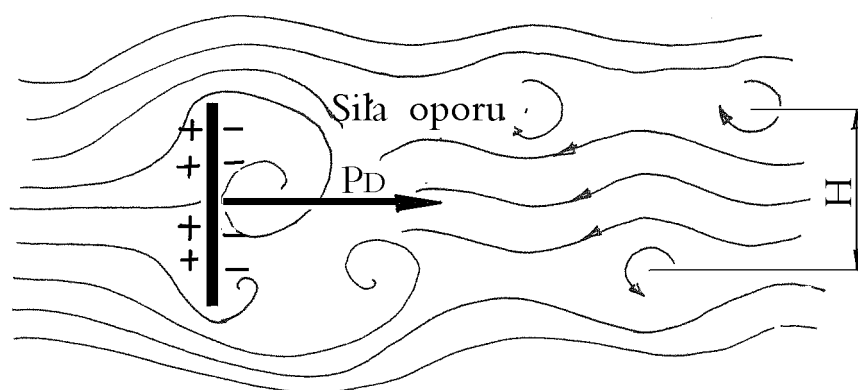
1.4 Powstawanie sił aerodynamicznych

Jeżeli strugi wiatru opływają jakiś przedmiot wówczas powstaje na nim siła aerodynamiczna. Kształt przedmiotu decyduje o rodzaju opływu strug, zaś rodzaj opływu o wielkości siły aerodynamicznej.

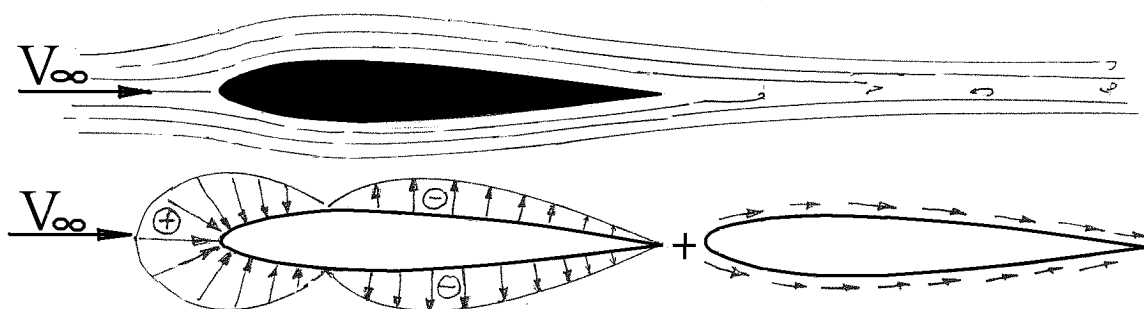
Płytką ustawioną prostopadłe do strug wiatru patrz rys.7 powoduje powstanie za nią silnych zawirowań. Wiry w śladzie wirowym za płytką spływają okresowo i są rozsunięte na dużą odległość H od siebie. Powietrze pomiędzy wirami jest pociągane w kierunku płytki. Duże ilości powietrza pociągane przez płytkę są wynikiem nieopływowego kształtu płytki. Zgodnie z prawem Newtona na płytkę działa duża siła oporu.

Jeżeli zamiast płytki w strugach wiatru ustawimy profil kropłowy wówczas opór aerodynamiczny zmniejsza się wielokrotnie. Przyczyną zmniejszenia się oporu jest bardziej idealny profil nie pozwalający na szkodliwy zakłócony opływ. Wiry w śladzie wirowym są rozsunięte na niewielką odległość mają poza tym małą intensywność. Dzięki temu masa powietrza pociągana przez profil opływowy jest mała i na profil działa mała siła oporu patrz rys.8. Przy zachowaniu stałego przekroju poprzecznego i przy tej samej prędkości wiatru uzyskujemy dla różnych kształtów przedstawionych na rysunku 9 różne wartości sił oporu, lecz najmniejszy opór uzyskujemy przy profilu kropłowym.

Powstająca siła oporu jest skutkiem oddziaływania sił normalnych do profilu, a więc oporu ciśnienia oraz elementarnych sił działających stycznie, a więc oporu tarcia patrz rys.8. O oporze tarcia decyduje przede wszystkim charakter przepływu w warstwie powietrza bezpośrednio przylegającej do opływającego ciała, a więc w tak zwanej warstwie

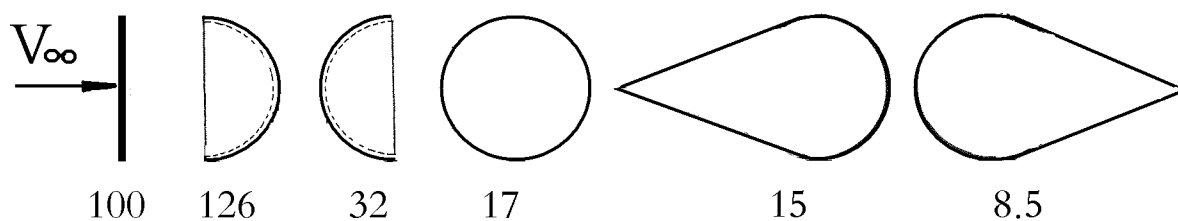


Rysunek 7: Opływ płytki ustawionej prostopadle do strug wiatru



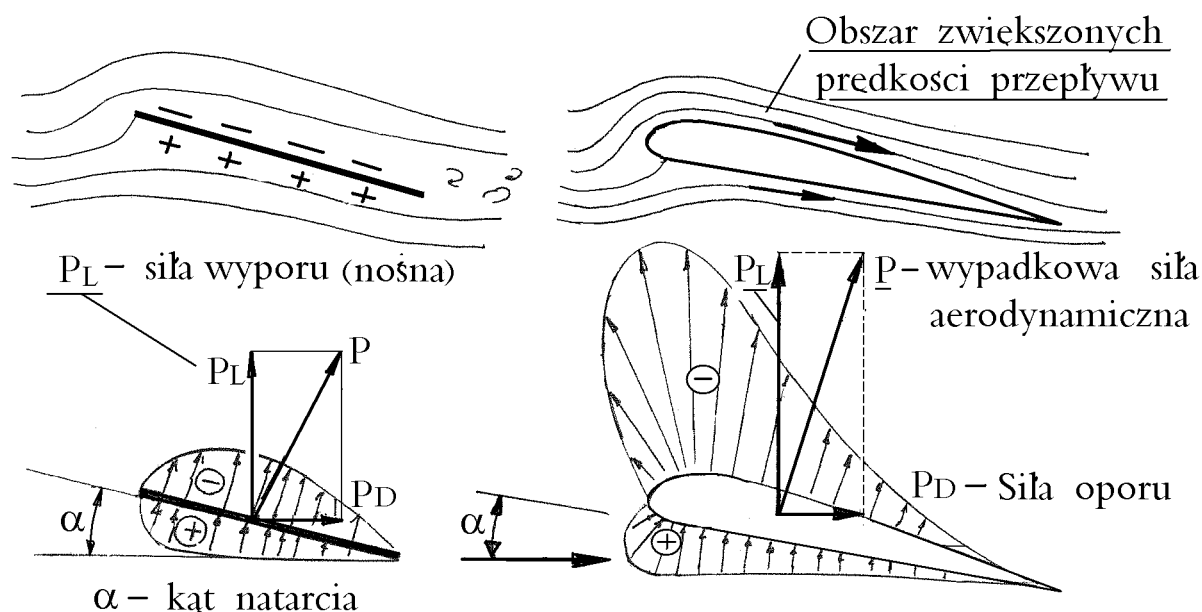
Elementarne siły ciśnienia + Elementarne siły tarcia
tworzą OPÓR PROFILOWY

Rysunek 8: Opływ dookoła profilu lotniczego



Siły oporu opływanych ciał są podane w procentach w stosunku do siły oporu kołowej płytki o tej samej średnicy

Rysunek 9: Zależność oporu od kształtu ciała



Rysunek 10: Optywy wokół płaskiej płytki i profilu lotniczego

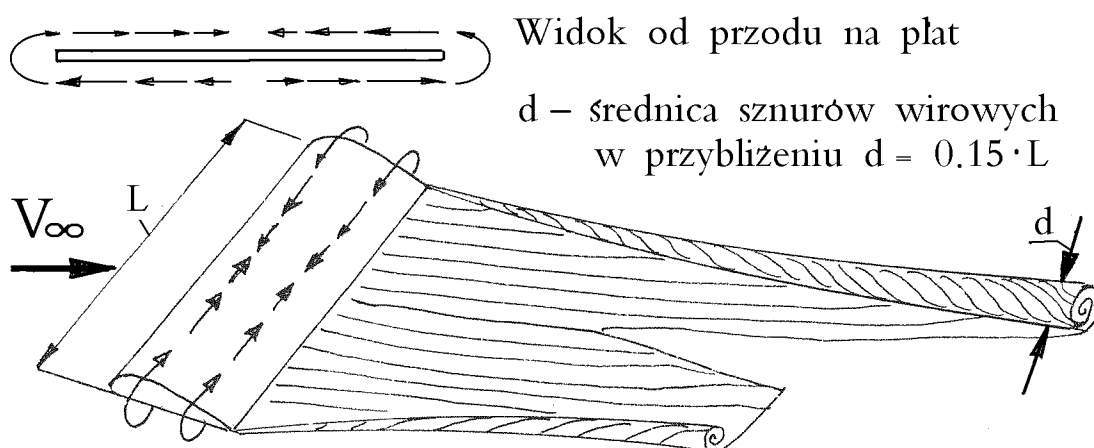
przyściennej. Przy przepływie laminarnym opór tarcia jest mniejszy niż przy przepływie turbulentnym. Niestety, przepływ laminarny niesie za sobą dodatkowo szereg niekorzystnych efektów wpływających na zwiększenie oporu. Jednym z nich jest przedwczesne oderwanie strug powietrza. Bardzo ważną gałąź aerodynamiki jest poświęcona badaniu zagadnienia jak zachować przepływ laminarny a więc i małe opory tarcia i nie dopuścić do niekorzystnych dodatkowych zjawisk. Ta gałąź aerodynamiki zajmuje się profilami laminarnymi, które charakteryzują się małym współczynnikiem oporu profilowego, i bez których nie byłoby możliwe istnienie współczesnego lotnictwa.

Jeżeli płytkę ustawimy pochyło, spowoduje to zupełnie inny opływ strug powietrza. Strugi powietrza rozdzielają się na krawędzi płytki, biegnące po stronie nawietrznej wywierają działanie ciśnące, zaś strugi biegnące po stronie zawietrznej wywierają działanie ssące. Sumaryczne działanie ciśnień i podciśnień wywiera na płytkę stosunkowo niewielką siłę P skierowaną prawie prostopadłe do powierzchni płytki. Za płytką ciągną się bardzo znaczne szkodliwe zawirowania.

Jeżeli jednak w tym samym strumieniu wiatru zamiast płytki umieścimy profil lotniczy, to okaże się, że oderwania strug oraz szkodliwe zawirowania będą bardzo małe, a sfery nadciśnień i podciśnień będą zależnie od profilu parokrotnie większe, szczególnie sfera podciśnienia patrz rys.10. Jednocześnie profil lotniczy najwydajniej pracuje na małych kątach natarcia. Podobnie efektywnie pracuje wysklepiony profil żagla.

1.4.1 Wpływ na opór ograniczonych wymiarów płata

Pod działaniem różnicy ciśnień powietrze stara się przepłynąć z obszaru o większym ciśnieniu (spód płata) do obszaru o mniejszym ciśnieniu. Powstaje więc dodatkowy ruch



Rysunek 11: Powstawanie sznurów wirowych

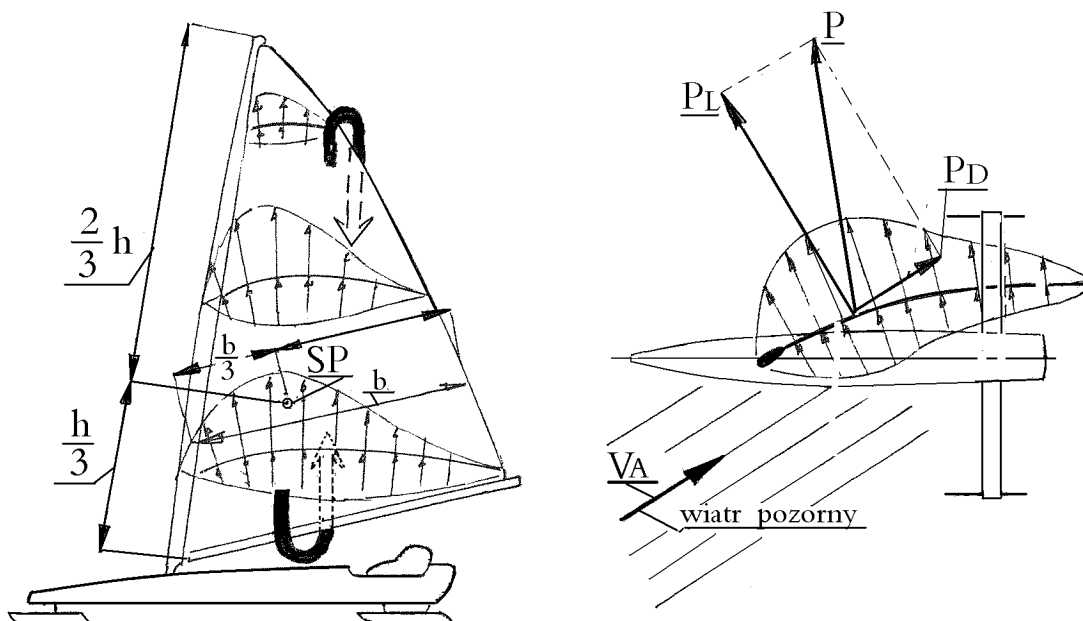
powietrza pod płatem ku końcom płata, ruch okrężający końcówkę płata i ruch powrotny po górnej części płata. Przepływające powietrze nabywa więc ruchu obrotowego w postaci szeregu wirów o osiach w kierunku przepływu. Wiry te zwijają się tworząc tak zwane sznury wirowe patrz rys.11. Oczywiście na ruch w tych wirach jest tracona energia skutkiem większego oporu jaki teraz stawia płat. Ten dodatkowy opór związany z wytworzeniem się sznurów wirowych nazywamy oporem indukowanym.

Opór indukowany zależy od intensywności sznurów wirowych. Intensywność ta wzrasta, a więc wzrasta i opór tym bardziej im większa jest siła wyporu oraz im mniejsze wydłużenie ma płat. Wąski, lecz o dużej rozpiętości płat będzie stawiał mniejszy opór indukowany niż płat o tej samej powierzchni, lecz o mniejszej rozpiętości. W celu oceny ilościowej tych sił trzeba sięgnąć do odpowiednich podęczników z aerodynamiki.

Wyobraźmy sobie, że z jachtu lodowego wyodrębnimy żagiel i poddajemy go działaniu strug wiatru pozornego. Pod wpływem strug wiatru na części nawietrznej żagla powstaje obszar nadciśnień, zaś na stronie zawietrznej obszar podciśnień patrz rys.12. Efekt działania podciśnienia jest około trzykrotnie większy od działania nadciśnienia o czym decyduje odpowiednie wybrzuszenie żagla. Ciśnienia, na krańcach żagla wzdłuż bomu i od rogu fałowego po tylnym liku, doznają wyrównania (co przedstawiają półkoliste strzałki), wskutek czego powstają zawirowania, najsilniejsze wzdłuż bomu i w pobliżu topu masztu. Zawirowania te ciągną się zawsze daleko za żaglem. Są one związane z oporem indukowanym, który zwiększa opór całkowity żagla.

Wielkość siły aerodynamicznej jest sumą podciśnień i nadciśnień działających na każdy centymetr powierzchni żagla, zaś jej punkt przyłożenia wypada mniej więcej na jednej czwartej szerokości żagla (dla żagla o małym wydłużeniu na jednej trzeciej) i na jednej trzeciej wysokości żagla od dołu, przy tym ulega on odchyleniom w zależności od kąta ustawienia żagla.

Siłę aerodynamiczną P wyodrębnionego żagla rozłożyć można na składowe, na siłę oporu P_D równoległą do strug wiatru pozornego oraz prostopadłą do niej siłę wyporu P_L (w lotnictwie nazywaną siłą nośną). Te dwie składowe są mierzone i badane w tunelach



Rysunek 12: Rozkład ciśnień aerodynamicznych na żaglu

aerodynamicznych.

1.5 Biegunowa aerodynamiczna żagla i ślizgu

Zmieniając ustawienie żagla, a więc zmieniając kąt natarcia względem strug wiatru pozornego wywołujemy zmianę w opływie i w układzie sfer ciśnień na żaglu. Zmienność tę charakteryzuje najlepiej zmiana jej składowych oporu czołowego P_D oraz siły wyporu P_L w zależności od kąta natarcia α . Zmianę tę dla żagla w zależności od kątów natarcia można przedstawić na wykresie rys.13. Na osiach współrzędnych odkładamy wartości współczynników C_D i C_L , które proporcjonalnie odpowiadają wartościom sił P_D i P_L .

$$P_D = \frac{\rho \cdot V_A^2}{2} \cdot S \cdot C_D$$

$$P_L = \frac{\rho \cdot V_A^2}{2} \cdot S \cdot C_L$$

gdzie:

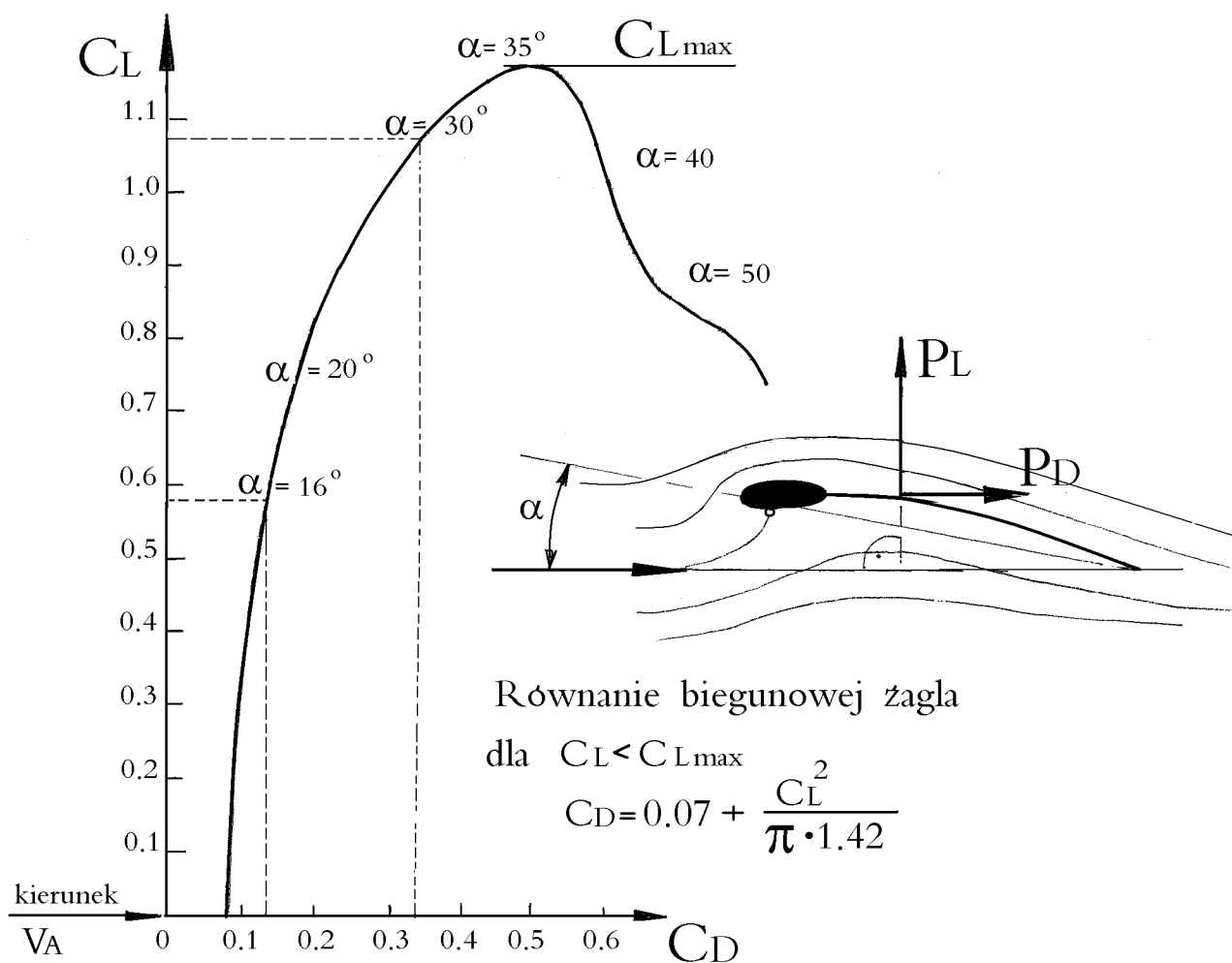
S – jest powierzchnią żagla w metrach kwadratowych.

V_A – jest prędkością wiatru pozornego w m/sek.

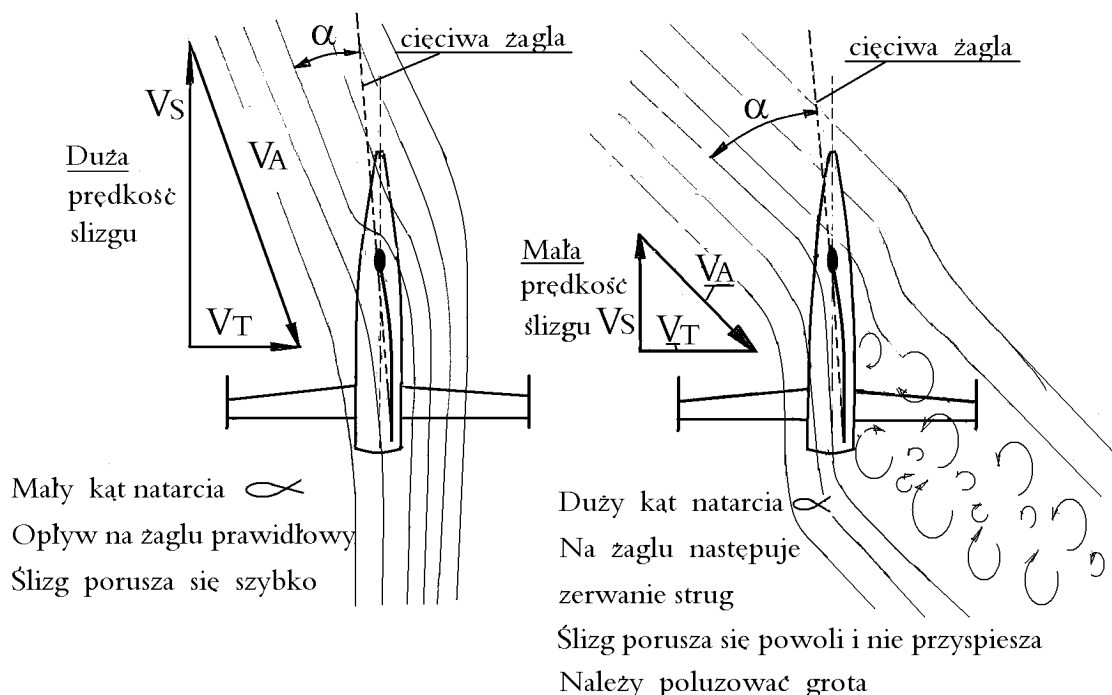
ρ – jest gęstością powietrza.

Na osi rzędnych odkładamy wielkości C_L a na osi odciętych C_D dla każdego ustawienia żagla. Na przecięciu się linii odkładanych wielkości znaczymy punkt i piszemy kąt natarcia żagla. Dane do wykonania wykresu otrzymuje się z pomiarów sił na wagach tuneli aerodynamicznych.

Np. dla kąta natarcia $\alpha = 16^\circ$ $C_L = 0.58$ $C_D = 0.145$



Rysunek 13: Zmienność siły aerodynamicznej zależnie od kąta natarcia żagla



Rysunek 14: Wpływ szybkości ślizgu na opływ żagla

dla kąta natarcia $\alpha = 30^\circ$ $C_L = 1.08$ $C_D = 0.331$

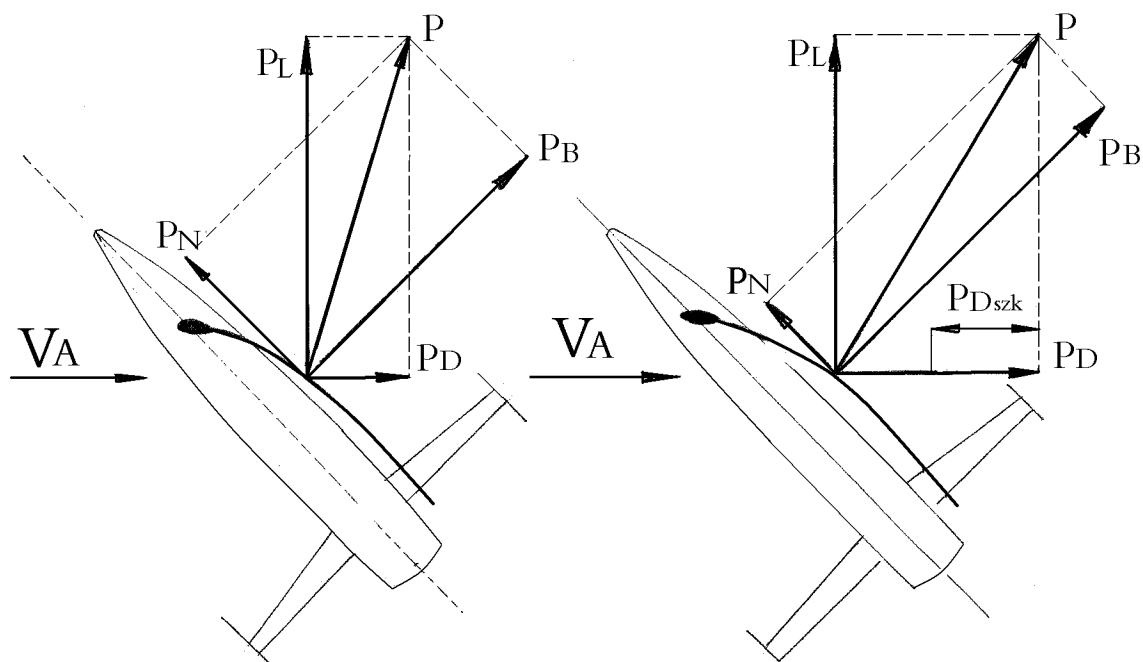
Podobnie analizuje się inne punkty biegunowej żagla.

Definicje i uwagi

Kąt natarcia α – jest to kąt zawarty pomiędzy cięciwą profilu a kierunkiem niezaburzonych strug powietrza. Takich niezaburzonych strug powietrza należy szukać daleko przed płatem.

Krytyczny kąt natarcia α_{kr} – jest to kąt natarcia po przekroczeniu którego następuje zaburzenie w przepływie i na ssącej powierzchni płata odrywają się strugi. Temu zjawisku towarzyszy spadek siły nośnej i wzrost oporu. Zerwanie strug na skrzydle samolotu lub szybowca powoduje przepadnięcie samolotu lub przejście w niesterowany stan lotu zwany korkociągiem. Zerwanie strug na żaglu ślizgu lodowego (żagiel przebrany) prowadzi do zmniejszenia szybkości a nawet do zatrzymania ślizgu. Bardzo łatwo jest doprowadzić do zerwania strug na żaglu zwłaszcza przy słabym wietrze, gdy ślizg stoi lub żegluje powoli np. półwiatrem lub baksztagiem przy zbyt mocno wybranych szotach żagli.

Przykład: Rozpatrzmy dwa ślizgi, które żeglują tym samym kursem względem wiatru rzeczywistego lecz z różnymi prędkościami własnymi. Żagle w obydwu ślizgach są tak samo ustawione względem kadłuba ślizgu, patrz rys.14. Ślizg żeglujący szybko ma mały kąt natarcia strug wiatru pozornego względem żagla. Opływ jest prawidłowy. Natomiast w ślizgu poruszającym się powoli żagiel pracuje na kątach natarcia większych od krytycznych i rozwija małą siłę napędową. Ślizg nie przyspiesza. Poluzowanie szotów grota przywróci prawidłowy opływ i ślizg przyspieszy.



Wskutek oporu szkodliwego P_{Dszk} wzrasta siła dryfu P_B
maleje zaś składowa napędowa P_N

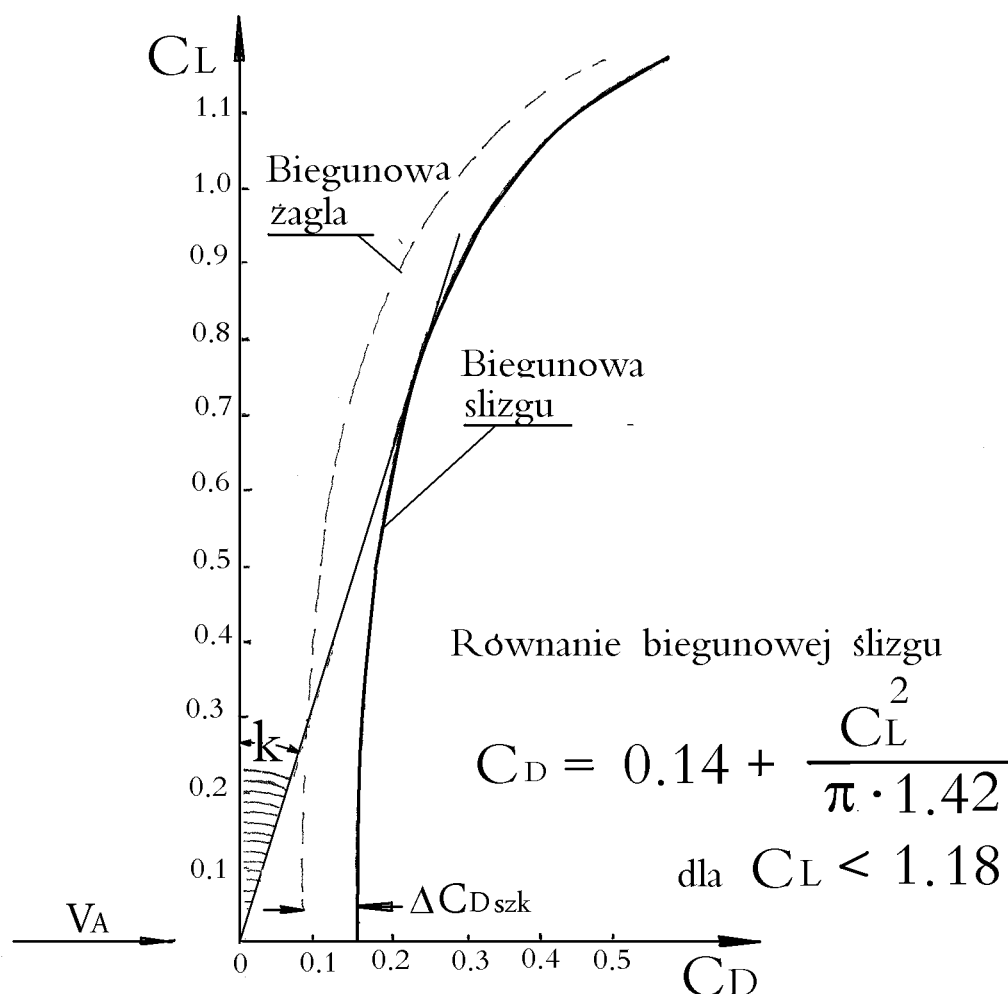
Rysunek 15: Wpływ na siłę napędową szkodliwych oporów aerodynamicznych

1.5.1 Aerodynamiczne opory szkodliwe w pracy jachtu

Żagiel jest główną powierzchnią pracującą napędowo, lecz aerodynamicznemu działaniu wiatru pozornego poddane są również pozostałe części jachtu jak kadłub, płozownica, płozy, olinowanie oraz załoga. Powstałe za tymi częściami zawirowania strug wiatru stwarzają cząstkowe siły oporu aerodynamicznego. Działania ich są skierowane wzdłuż linii strug wiatru. Suma tych sił stanowi tak zwany aerodynamiczny opór szkodliwy jachtu oznaczony P_{Dszk} i ślizg uzyskuje mniejszą siłę napędową patrz rys.15, a więc za tym idzie zmniejszenie szybkości własnej. Wskutek wzrostu siły oporu P_{Dszk} ślizg nie może tak ostro żeglować w stosunku do wiatru pozornego jakby pozwalało na to działanie samego żagla.

Jacht lodowy przy wszystkich kierunkach wiatru rzeczywistego uzyskuje zawsze bej-dewind wiatru pozornego, co wynika z dużych wartości prędkości własnej V_S . Dlatego przy określaniu biegunowej aerodynamicznej całego ślizgu możemy przyjąć uproszczenie, że wielkość współczynnika oporu szkodliwego ΔC_{Dszk} jest prawie niezależna od kursu. Jeżeli do wartości współczynnika oporu dla żagla dodamy wartość współczynnika oporu szkodliwego ΔC_{Dszk} to otrzymamy wtedy BIEGUNOWĄ AERODYNAMICZNĄ ŚLIZGU patrz rys.16. Wartość współczynnika dodatkowego oporu szkodliwego ΔC_{Dszk} możemy obliczyć ze wzoru przybliżonego:

$$\Delta C_{Dszk} = \frac{1}{S} \cdot \sum_{j=1}^N C_{Dj} \cdot S_j$$



Rysunek 16: Biegunowa ślizgu lodowego

Gdzie:

S - Powierzchnia odniesienia (żagla).

S_j - Charakterystyczna dla elementu szkodliwego "j" powierzchnia odniesienia.

C_{Dj} - współczynnik oporu szkodliwego elementu "j".

Podany wzór określa przyrost współczynnika oporu ΔC_{Dszk} jedynie w sposób przybliżony, gdyż w rzeczywistości wszystkie części ślizgu znajdują się w opływie zakłóconym obecnością żagla, co jest przyczyną wzrostu oporu. Tylko badania doświadczalne pozwalają ustalić rzeczywisty kształt biegunowej aerodynamicznej ślizgu.

W żeglarstwie lodowym odmiennie niż w szybownictwie, jest przyjęte określanie największej doskonałości aerodynamicznej ślizgu przez podawanie kąta pomiędzy osią z a prostą wyprowadzoną z początku układu współrzędnych i styczną do biegunowej. Kąt ten nazywany jest stałą aerodynamiczną ślizgu lub krócej „stałą ślizgu”. Oznaczono go na rysunku 16 literką k . Im większe będą opory szkodliwe, tym większą wartość będzie miała stała „ k ”. Dla ślizgu MONOTYP XV stała „ k ” wynosi jak stwierdzono na podsta-

wie badań Stanisława Turkettiego, około 16 stopni. Obserwacje żeglugi ślizgów DN pozwalają wyciągnąć wniosek, że przy odpowiednim przygotowaniu ślizgu i zawodnika stała DN-a jest mniejsza i określa się wartością około 12 stopni.

1.5.2 Źródła oporów aerodynamicznych i metody ich zmniejszenia

Jak wiadomo, na opór profilu składa się opór tarcia i opór ciśnienia. Opór żagla jest jednak większy od sumy oporów profilowych ponieważ na skutek ograniczonej wysokości masztu, na żaglu tworzy się ruch cząsteczek w kierunku pionowym i w efekcie następuje powstawanie sznurów wirowych ciągnących się daleko za żaglem oraz odgięcie strug rysunek 11. To właśnie jest powodem powstania tak zwanego oporu indukowanego.

$$\text{OPÓR ŻAGLA} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Opór profilowy} \left\{ \begin{array}{l} \text{Opór tarcia} \\ \text{Opór ciśnienia} \end{array} \right. \\ \text{Opór indukowany} \end{array} \right.$$

Dodając opór żagla do oporu szkodliwego kadłuba i osprzętu otrzymujemy opór całego ślizgu.

$$\text{OPÓR AERODYNAMICZNY ŚLIZGU} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Opór żagla} \\ \text{Opór szkodliwy kadłuba i osprzętu} \end{array} \right.$$

Ponieważ żagiel i kadłub znajdują się w bezpośredniej bliskości więc oddziałują aerodynamicznie na siebie. Na skutek zbliżenia żagla i kadłuba następują zmiany w opływie powietrza i powstaje dodatkowy opór, tak zwany opór interferencyjny. Opór aerodynamiczny całego ślizgu można więc obliczyć jako sumę następujących składników:

1. Oporu żagla odizolowanego od kadłuba,
2. Oporu korpusu odizolowanego od żagla,
3. Oporu interferencyjnego.

1.5.3 Jak poprawić doskonałość aerodynamiczną ślizgu

Doskonałość aerodynamiczną ślizgu można poprawić na drodze zmniejszenia oporów.

Opór profilowy żagla można zmniejszyć przez zmniejszenie oporu tarcia i oporu ciśnienia. Możliwości tutaj otwierają się przez zastosowanie w miejsce żagla aeropłatów z profilami lotniczymi. Z warunku symetrii konstrukcji ślizgu wynika, że należy zastosować profil symetryczny.

A) Czy profil laminarny? Symetryczne profile laminarne zapewniają laminarny opływ tylko przy wąskim zakresie kątów natarcia [1] Zastosowanie tych profili do żeglarstwa lodowego, wobec złej ich pracy przy dużych kątach natarcia, gdy ślizg trzeba rozpędzać, nie jest celowe.

B) Profil gruby czy cienki? Profile cienkie mają trochę mniejszy opór profilowy niż profile grube. Mają jednak zasadniczą wadę. Oderwanie strug i szybki wzrost oporu następuje u nich przy kątach natarcia znacznie mniejszych niż u profili grubszych. Dlatego lepszym będzie profil grubszy ponieważ można przy jego pomocy uzyskać większą siłę napędową. Powszechnie używane profile w aeropłatach ślizgów lodowych mają grubość dwanaście procent ich cięciwy (np. NACA 0012).

Opór indukowany żagla można zmniejszyć zwiększając wydłużenie żagla (żagiel wyższy lecz węższy), jednakże stosowanie takich żagli pociąga za sobą szereg niekorzystnych efektów. Są to:

A) Pogorszenie stateczności poprzecznej ślizgu w wyniku wysoko umieszczonego środka parcia.

B) Zwiększenie siły naciągu w szotach, zwiększone siły rozciągające w sztagu oraz większa siła ściskająca maszt, a więc droższy i cięższy maszt.

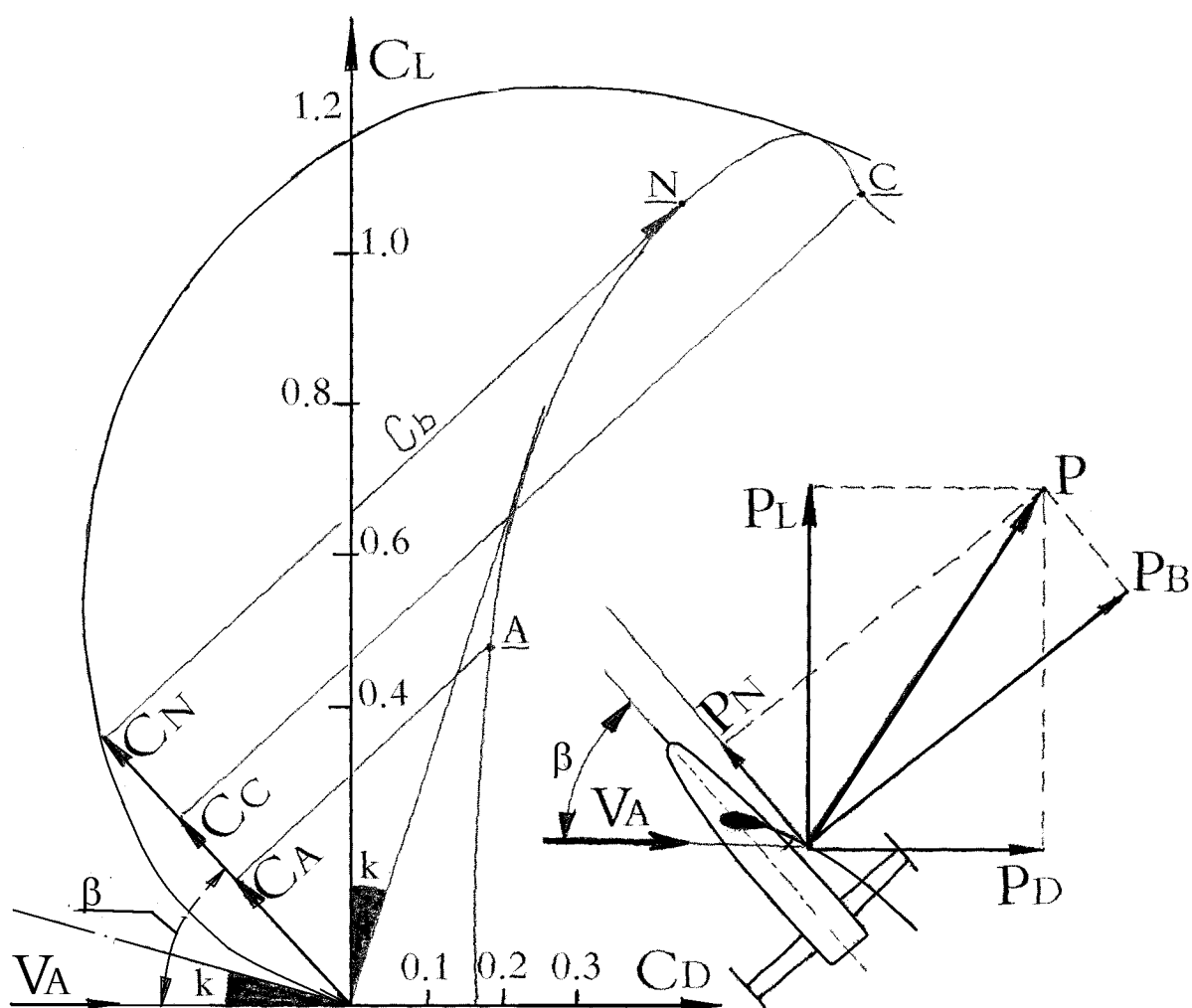
C) Większa czułość na ustawienie żagla co jest związane z większymi przyrostami siły aerodynamicznej przy zmianie kąta natarcia niż jest to w żaglu o małym wydłużeniu. Trudniejsza jest żegluga na ślizgu z żaglem o większym wydłużeniu, bowiem małe błędy w ustawieniu żagla prowadzą do trudności przy rozruchu ślizgu a w czasie ruchu do zatrzymania ślizgu.

Również aeropłat o większym wydłużeniu, zastosowany do napędu ślizgów, jest cięższy i kosztowniejszy w budowie. Konstruktor musi się więc decydować na kompromisy w doborze wydłużenia. W konstrukcjach lotniczych w celu zwiększenia efektywnego wydłużenia płatów, stosuje się niekiedy płyty brzegowe na końcach płata. Próby zmniejszenia oporu indukowanego przez zastosowanie takich płyt brzegowych do aeropłatów ślizgów lodowych nie zostały uwieńczone powodzeniem a konstruktorzy, którzy je zastosowali mieli kłopoty, ponieważ nie mogli przemieszczać środka parcia aeropłata przez jego pochylanie ku dziobowi lub rufie, bowiem płyta brzegowa aby nie stawiała dodatkowego oporu musi pozostawać równoległe do powierzchni lodu.

Opory żagli uszytych z tkanin można zmniejszyć przez powszechne stosowanie nowoczesnych tkanin z materiałów syntetycznych, co obecnie jest standartem. Używane tkaniny żaglowe są nie tylko gładkie lecz i nieprzepuszczalne dla powietrza. Pozostaje tak skroić tkaninę i zeszyć powstałe bryty, aby pod ciśnieniem wiatru utworzył się samobudujący profil o pożądanym kształcie. Żagle ślizgów lodowych są szyte jako bardzo płaskie i należy zwracać uwagę nie tylko na wybrzuszone żagla lecz i na nieprawidłowości profilu. Ślizg lodowy jest szczególnie czuły na błędy w uszyciu żagla, gdyż takie żagle mają nie tylko większy opór lecz także mniejszą siłę wyporu.

Opór omasztowania może być zmniejszony dzięki zastosowaniu masztów o przekroju opływowym, samoczynnie ustawiających się w pożądanym położeniu do strug wiatru pozornego, pod wpływem napięć od żagla i nacisku bomu. Dzięki temu maszt pracuje jak żagiel wytwarzając siłę ciągu i przy pomiarach żagla w klasach wolnych wymiary masztu po przeliczeniu zalicza się do powierzchni ożaglowania.

Opory szkodliwe. Olinowanie na jachcie jest źródłem zwiększonych oporów i winno być dostatecznie silnie naciągnięte, gdyż drgające olinowanie stawia wiekszy opór. Kadłub znajdujący się w skośnym opływie powoduje również zwiększenie oporu. Duży wpływ na opór skośnie opływanego kadłuba mają kształty przekrojów poprzecznych lecz tutaj wymagania aerodynamiki trudno pogodzić z problemami technologii budowy. Stosując opływowe kształty, obłe przekroje bez ostrych załamań, oprofilowane kokpity załogi, profilowaną płozownicę, opracowując przejścia między kadłubem i płozownicą, likwidując lub zmniejszając szczeliny można osiągnąć zmniejszenie szkodliwych oporów aerodynamicznych a tym samym uzyskać większą siłę ciągu i zmniejszyć siłę dryfu.



Rysunek 17: Wykres sił napędowych i bocznych (Wykres Crossecka).

1.6 Wykres sił napędowych i bocznych

Rzutuując na kierunek ruchu wektor siły aerodynamicznej P otrzymujemy siłę napędową P_N . Podobne działania możemy wykonać na biegunowej ślizgu otrzymując współczynnik siły napędowej C_N patrz rys.17.

Zależnie od kąta ustawienia żagla uzyskujemy różne wartości składowej napędowej dla ślizgu żeglującego na wyznaczonym kursie β względem strug wiatru pozornego.

A. Punkt A biegunowej ślizgu pokazuje, że żagiel jest niedostatecznie wybrany. Rozwijany jest współczynnik siły napędowej C_A .

B. Punkt N biegunowej pokazuje, że żagiel jest właściwie ustawiony względem strug wiatru pozornego, bowiem uzyskujemy największą możliwą do osiągnięcia na danym kursie β wartość współczynnika siły ciągu C_N . Wektor prostopadły wyprowadzony z

końca wektora C_N i dochodzący do punktu N wskazuje aktualną wartość współczynnika siły dryfu C_B .

C. Punkt C biegunowej pokazuje, że żagiel jest nadmiernie wybrany, a uzyskana wartość współczynnika siły ciągu C_C jest mniejsza niż C_N . Równocześnie rozwijana jest duża siła boczna.

Łącząc następnie wyznaczone na różnych kursach względem wiatru pozornego, punkty wskazujące największe wartości współczynnika siły napędowej C_N otrzymujemy wykres współczynników sił napędowych (Wykres CROSSECKA).

Siłę napędową P_N liczymy ze wzoru.

$$P_N = \frac{\rho \cdot V_A^2}{2} \cdot S \cdot C_N$$

Siła napędowa zmienia się z kwadratem prędkości wiatru pozornego i zależy od rozwijanej wartości współczynnika siły napędowej. Oczywiście błędy w ustawieniu żagla, to jest jego przebranie lub niedobranie, powodują, że nie uzyskujemy tej siły napędowej jaką możnaby osiągnąć przy prawidłowym ustawieniu. Również, jeżeli żagiel będzie łopotał to nie uzyska się siły napędowej.

Dla każdego typu ślizgu wykresy przedstawiające zmienność współczynnika siły napędowej są odmienne i mogą nawet różnić się dla poszczególnych ślizgów tej samej klasy wskutek odmiennego przygotowania ślizgu i doboru innego żagla.

W żeglarskim lodowym żagiel dobiera się nie tylko do siły wiatru, lecz również do warunków lodowych i na cięższe warunki lodowe dobieramy żagiel głębszy. Dane z wykresu rys.17 odczytujemy w sposób następujący:

Od kierunku wiatru pozornego V_A odmierzymy w prawo kąt β jaki tworzy oś ślizgu z wiatrem pozornym i kreślimy prostą l . Odcinek od punktu O (początek układu współrzędnych) do punktu wyznaczonego przez przecięcie się prostej l z wykresem współczynnika siły napędowej przedstawia wartość osiąganego współczynnika C_N .

Na przykład przy kursie względem wiatru pozornego $\beta = 48^\circ$ odczytujemy $C_N = 0.48$, a przy kącie $\beta = 90^\circ$ odczytujemy $C_N = 1.15$. Następnie liczymy siłę napędową dla konkretnych danych:

Prędkość wiatru pozornego $V_A = 10 \text{ m/sek}$,

kurs $\beta = 48^\circ$,

Powierzchnia żagla $S = 10 \text{ m}^2$,

gęstość powietrza $\rho = 1.250 \text{ kg/m}^3$

$$P_N = \frac{\rho}{2} \cdot V_A^2 \cdot S \cdot C_N = 0.625 \cdot 100 \cdot 10 \cdot 0.48 = 300 \text{ N}$$

Analizując wykres zmienności współczynnika siły napędowej łatwo stwierdzić, że im wiatr pozorny wieje bardziej od dziobu czyli ostrzej to współczynnik siły napędowej C_N jest coraz mniejszy, aż przy pewnym kącie rzędu 15° przyjmuje wartość równą zero. Gdyby ślizg poruszał się jeszcze ostrzej do wiatru pozornego, to mimo wybranego żagla nie uzyskamy siły napędowej. Wielkość tego granicznego kąta jako pojęcie, jest już nam znana i jest to stała aerodynamiczna ślizgu i oznaczamy ją literką „k”. Używa się również nazwy „doskonałość aerodynamiczna ślizgu”, mimo iż jest ona wyrażona przez kąt a nie jako liczba bezwymiarowa jak to jest przyjęte dla szybowców. Pojęcie doskonałości aerodynamicznej ślizgu jest ważne przy budowie wykresów szybkości ślizgu.

Gdy jacht lodowy przyśpiesza to wiatr pozorny wyostrza i maleje siła napędowa. Przy bardzo dobrych warunkach lodowych opór czołowy płóz jest znikomo mały i siła napędowa potrzebna do podtrzymania ruchu jest też znikomo mała, a więc ślizg przyśpiesza dopóki istnieje nadwyżka siły ciągu, czyli dopóty, dopóki kąt pomiędzy osią ślizgu a kierunkiem wiatru pozornego jest większy od stałej „ k ”. Przy granicznej szybkości ślizgu żeglującego w bardzo dobrych warunkach lodowych gdy możemy zaniedbać czołowy opór tarcia płóz, kąt β pomiędzy płaszczyzną symetrii ślizgu a kierunkiem wiatru pozornego jest zawsze równy stałej ślizgu k .

Jeżeli z punktu O patrz rys.18 wykreślimy pęk prostych odpowiadających różnym kursom względem wiatru rzeczywistego i na tych prostych odłożymy wektory tak wyznaczonych prędkości granicznych, to końce wektorów prędkości ślizgu zawsze układają się na okręgu koła, które nazywa się okręgiem Hereshoffa.

Dla każdego kursu γ względem wiatru rzeczywistego możemy odszukać trójkąt prędkości składający się z prędkości wiatru rzeczywistego V_T , prędkości własnej ślizgu V_S oraz prędkości wiatru pozornego V_A . Łatwo jest też odszukać stałą ślizgu „ k ” jako kąt pomiędzy bokiem przedstawiającym wiatr pozorny a kierunkiem ruchu ślizgu. Wykres Hereshoffa jest dlatego okręgiem, ponieważ z końca każdego wektora prędkości „widać” odcinek V_T pod tym samym kątem k , a jest to właściwość kąta wpisanego w okrąg i opartego na danym łuku. Wykres ten pokazuje nam w przybliżeniu zmienność szybkości własnej ślizgu „ V_S ” zależnie od kursu względem wiatru rzeczywistego. Są to odcinki O-C, O-D, O-E, O-F, O-G. Wielkość i kierunki wiatru pozornego przedstawiają odcinki D-B, E-B, F-B, G-B.

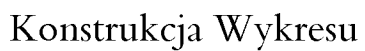
1.6.1 Konstrukcja wykresu Hereshoffa

Rysujemy odcinek O-B przedstawiający w skali prędkość i kierunek wiatru rzeczywistego V_T . Ze środka wektora O-B wystawiamy prostopadłą „m-n”. Przez punkt O prowadzimy prostą „s-s” pod kątem równym stałej ślizgu k do odcinka O-B. Prostopadła do prostej „s-s” wystawiona w punkcie O przecina się z prostą „m-n” w punkcie „A”, który jest środkiem okręgu o promieniu A-O. Z punktu O kreślimy następnie charakterystyczne kursy O-D, O-E, O-F, O-G patrz rys.18.

1.6.2 Wnioski z wykresu Hereshoffa

Omawiany poniżej wykres Hereshoffa został wykreślony dla stałej $k = 20^\circ$. Charakterystyczne kursy patrz rys.18.

1. Na wszystkich kursach ślizg lodowy żegluje zawsze pod kątem ostrym do wiatru pozornego i równym stałej ślizgu „ k ”, która wynosi 20° .
2. Ślizg żeglujący trasą D (kurs $45^\circ + 0.5 \cdot k = 55^\circ$) wysuwa się w stosunku do innych jachtów w tym samym czasie najbardziej w kierunku na wiatr, chociaż nie żeglował tak ostro na wiatr rzeczywisty jak ślizg z trasy C . Żegluga na wiatr jest najkorzystniejsza przy kursie bejdewind 55° względem wiatru rzeczywistego, a ściślej 45° plus połowa stałej ślizgu.



Ze środka wektora OB wystawiamy prostopadłą m-n.
Przez punkt O prowadzimy prostą s-s pod kątem
równym stałej ślizgu "k" do wektora OB.

Rysunek 18: Wykres szybkości Hereshoffa dla ślizgu o stałej „k”= 20 stopni

3. Podobnie w tym samym czasie ślizg na kursie baksztag na trasie G żegluje najdalej w kierunku z wiatrem, chociaż ślizg z trasy B żegluje prosto z wiatrem. Żegluga z wiatrem jest najkorzystniejsza przy kursie baksztag około 145° względem wiatru rzeczywistego, a ściślej 135° plus połowa stałej ślizgu.
4. Największą możliwą szybkość własną ślizg osiąga na kursie F to jest na baksztagu 110° do wiatru rzeczywistego a dokładniej na kursie 90° plus stała ślizgu. Szybkość własna ślizgu jest przy tym prawie trzykrotnie większa od szybkości wiatru rzeczywistego.
5. Najsilniejszy wiatr pozorny działa na ślizg żeglujący trasą E a więc na kursie półwiatr.

Wykres Hereshoffa przedstawiony na rys.18 odnosi się do ślizgu ze stałą aerodynamiczną 20° a więc jest to ślizg o słabych właściwościach aerodynamicznych. Jednak nawet i na takim ślizgu można przegonić wiatr w zupełnie dosłownym znaczeniu tego słowa, a ta właściwość ślizgu wydaje się być zupełnie niewiarygodną. Załóżmy, że żeglujemy kursem 145° do wiatru rzeczywistego przez jedną minutę, a następnie zmieniamy hals i żeglujemy kursem 145° jeszcze jedną minutę. Traktując wektory szybkości jako drogi przebyte przez ślizg w ciągu jednej minuty, widzimy, że po upływie dwóch minut cząsteczki powietrza przemieściły się z wiatrem od punktu O do punktu B' natomiast ślizg znalazł się w punkcie G' .

Im mniejsza jest stała ślizgu tym większą szybkość własną może osiągnąć jacht lodowy i gdybyśmy żeglowali na ślizgu o innej stałej, na przykład $k = 12^\circ$ to szybkość maksymalna ślizgu byłaby prawie pięciokrotnie większa od szybkości wiatru rzeczywistego.

Pamiętać należy, że największą szybkość uzyskuje się tylko przy prawidłowym ustawieniu żagli. Gdy ślizg przyśpiesza to wiatr pozorny wyostrza i żagiel należy wybierać. Największe błędy w ustawieniu żagla to zbyt słabe wybranie szotów przy dużych szybkościach jazdy i zbytne przebranie żagla przy małych szybkościach. Jeżeli żagiel jest za mocno wybrany, to pracuje na zbyt dużych kątach natarcia, strugi opływające żagiel ulegają oderwaniu, maleje siła aerodynamiczna i ślizg nie przyśpiesza.

1.7 Ograniczenia w ruchu ślizgu lodowego

Składowa napędowa siły aerodynamicznej działającej na ślizg pokonuje tylko opór czołowy płóz oraz siły bezwładności przy przyśpieszaniu ślizgu. Bezwładność jachtu jest pokonywana tylko w fazie rozruchu, z chwilą ustalenia się szybkości pozostaje do pokonywania opór tarcia płóz, który może być bardzo nieznaczny na gładkim lodzie i bardzo duży, gdy zalega śnieg, tak, że nawet nie udaje się uruchomić ślizgu.

Na temat oporów tarcia płóz brak jest systematycznych wyników badań. Nie wiadomo nawet jak wygląda strona fizyczna tego zagadnienia i badacze nawet nie podali jeszcze warunków podobieństwa. Hipoteza, że jest to zagadnienie smarowania hydrodynamicznego wzbudza wątpliwości, ponieważ objętość wytworzonej wody przy nacisku płozy jest mniejsza od objętości stopionego lodu a więc jak mają się wytworzyć potrzebne ciśnienia do uniesienia ostrza. E.R.Pounder w swojej książce „The Physics of Ice” [6]

podaje co najmniej sześć mechanizmów odpowiedzialnych za małe tarcie części metalowych po lodzie, wskazując, że najbardziej prawdopodobnym jest, że małe tarcie części metalowych o lód to wynik wytwarzania się pęcherzyków pary. Czyżby więc ślizganie płozy po lodzie byłoby jej unoszeniem się na poduszce gazowej?

Tarcie płóz o lód jest niewątpliwie problemem z pogranicza zagadnień termicznych, hydrodynamicznych i przemian molekularnych. Dopóki jednak badacze nie wypowiedzą się ostatecznie, pozostaje opieranie się na prostych doświadczeniach, najlepiej przeprowadzanych w warunkach naturalnych a to z braku znajomości warunków podobieństwa. Jak podano w książce D.Korowielskiego [7] współczynniki tarcia płóz o lód wynoszą:

- a. Dla czystego lodu $m = 0.02 - 0.025$
- b. Dla równego lodu podczas odwilży $m = 0.03 - 0.04$
- c. Dla lodu wiosennego i zmrożonego śniegu $m = 0.05 - 0.06$

Np. dla ślizgu Monotyp XV ważącego wraz z załogą $G = 370 \text{ daN}$ można obliczyć, że na czystym lodzie ($m = 0.025$) siła oporu wynosi:

$$Q_{cz} = m \times G = 0.025 \times 370 = 9.3 \text{ daN}$$

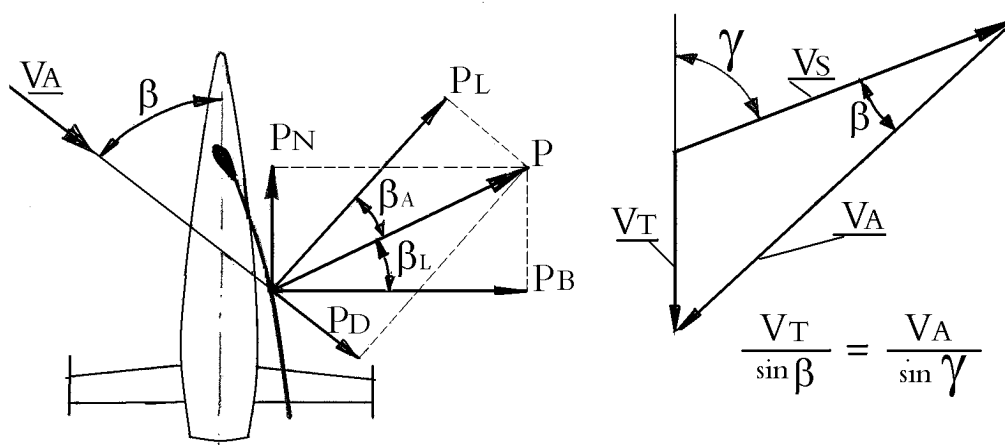
a przy zaśnieżonej pokrywie lodowej $Q_{cz} = 0.06 \times 370 = 22 \text{ daN}$

Opór czołowy płóz zależy nie tylko od rodzaju lodu lecz także od materiału płozy, kątów zaostrenia, profilu ostrza i od dokładności w równoległym ustawieniu płóz. Dobór płóz do warunków lodowych winien być przeprowadzony ostrożnie. Naprzykład podczas odwilży zwłaszcza w początkowej fazie może się zdarzyć, że lód jest jeszcze twardy. Płozy zaś należy dobierać do twardości lodu. Zasadą jest, że im twardszy lód tym bardziej ostre winny być płozy.

Wskutek oporu czołowego płóz, ślizg osiąga prędkości mniejsze niż by to wynikało z wykresu Hereshoffa. Zmieniają się więc szybkości i charakterystyczne kursy, a wiatr pozorny wieje do osi ślizgu pod kątem większym niż stała ślizgu, gdyż tylko wtedy uzyskuje się potrzebną siłę napędową. To dodatkowe odchylenie wiatru pozornego nie będzie takie same na wszystkich kursach względem wiatru rzeczywistego i wykresy szybkości przestają być okręgami. Przy pomocy odpowiednich obliczeń można znaleźć prędkość własną ślizgu V_s na każdym kursie względem wiatru rzeczywistego w zależności parametrów konstrukcyjnych ślizgu, od jego oporów czołowych i od prędkości wiatru. Jak wykonuje się takie obliczenia podano w następnym rozdziale. Jest to sprawdzenie tylko jednego ograniczenia i choć z wyników obliczeń może okazać się, że ślizg uzyskuje wystarczającą siłę ciągu P_N aby móc poruszać się, jednakże zrealizowanie takiego ruchu może okazać się niemożliwe jeśli wystąpią inne ograniczenia. Może to być niewystarczająca stateczność poprzeczna lub kierunkowa, co oznacza, że ślizg może się przewrócić albo płozy zaczną dryfować i wystąpi tak zwany korkociąg. Na drodze obliczeń można uwzględnić wpływ tych ograniczeń, i sprawdzić na zbiorczym wykresie, czy te ograniczenia interweniują. Wszystkie te ograniczenia będą omawiane w kolejnych rozdziałach.

1.8 Wpływ oporów płóz na żeglugę

Przedstawiona na rys.17 biegunowa aerodynamiczna ślizgu lodowego oraz wykres sił bocznych pozwalają obliczyć składową napędową P_N siły aerodynamicznej, jeżeli znana



Rysunek 19: Zależności w trójkącie szybkości

jest prędkość wiatru pozornego.

$$P_N = \frac{\rho \cdot V_A^2}{2} \cdot S \cdot C_N$$

Zależność siły P_N od prędkości wiatru pozornego V_A sprawia poważną trudność przy obliczeniach bowiem przy niezmienionej szybkości wiatru rzeczywistego V_T na każdym kursie względem wiatru rzeczywistego na ślizg działa wiatr pozorny V_A o odmiennej prędkości i kierunku. Tę trudność daje się jednakże ominąć i uzależnić siłę P_N od prędkości wiatru rzeczywistego V_T jeżeli wykorzystamy związek zachodzący w trójkącie szybkości pomiędzy prędkościami V_T, V_A oraz kątami γ i β patrz rys.19.

$$V_T \cdot \sin \gamma = V_A \cdot \sin \beta$$

Dzięki tej zależności wzór na siłę P_N przyjmie postać:

$$P_N = \frac{\rho \cdot V_T^2}{2} \cdot S \cdot C_N \cdot \frac{\sin^2 \gamma}{\sin^2 \beta}$$

Oznaczając:

$$k_N = C_N \cdot \frac{\sin^2 \gamma}{\sin^2 \beta}$$

Otrzymujemy zwarty wzór na siłę ciągu w którym występuje ciśnienie prędkości wiatru rzeczywistego i nowy współczynnik siły ciągu k_N .

$$P_N = \frac{\rho \cdot V_T^2}{2} \cdot S \cdot k_N$$

Oczywiście współczynnik k_N jest zależny od kątów β i γ a te zależą od rozwijanej przez ślizg prędkości V_S . Dlatego wygodnie jest przedstawiać wykres współczynnika k_N w zależności od kursu γ względem wiatru rzeczywistego. Taki wykres przedstawiono

na rys.19 a wartość współczynnika k_N odczytujemy w sposób następujący. Z punktu „O” kreślimy prostą pod kątem γ względem wiatru rzeczywistego i odmierzamy na niej odcinek V_S przedstawiający prędkość ślizgu. Koniec wektora V_S wskazuje linię $k_N = const$. Odczytaną wartość k_N podstawiamy do wzoru na siłę ciągu P_N .

Biegunowe wykresy współczynnika siły ciągu k_N można traktować od razu jako wykresy szybkości własnej ślizgu. Wystarczy przyrównać siłę ciągu P_N do oporu czołowego płóz Q_{cz}

$$P_N = Q_{cz}$$

więc ślizg żegluje przy wartości k_N :

$$k_N = \frac{2 \cdot Q_{cz}}{\rho \cdot V_T^2 \cdot S}$$

Linia $k_N = const$ jest wykresem szybkości ślizgu żeglującego w konkretnych warunkach lodowych i meteorologicznych określonych przez opór czołowy płóz Q_{cz} i prędkość wiatru rzeczywistego V_T . Z wykresów $k_N = const$ korzysta się podobnie jak i z okręgu Hereshoffa.

Jeżeli siłę oporu czołowego płóz Q_{cz} wyrazimy w daN , powierzchnię żagli S w m^2 , to dla gęstości powietrza przy temperaturze $0^\circ C$ otrzymamy dla k_N wzór:

$$k_N = \frac{15 \cdot Q_{cz}}{V_T^2 \cdot S}$$

Opór tarcia płóz można ocenić holując, za pomocą dynamometru, ślizg obciążony ciężarem załogi. Aby uniknąć wpływu wiejącego wiatru na wynik pomiaru należy ślizg bez żagli ustawić osią podłużną w poprzek do strug wiejącego wiatru i następnie ciągnąć ślizg. Taka ocena oporu tarcia płóz jest przybliżona ponieważ na pewno w czasie ruchu ten opór się zmienia i zależy od szybkości ślizgu jak i od bocznych sił, które działają na płozy.

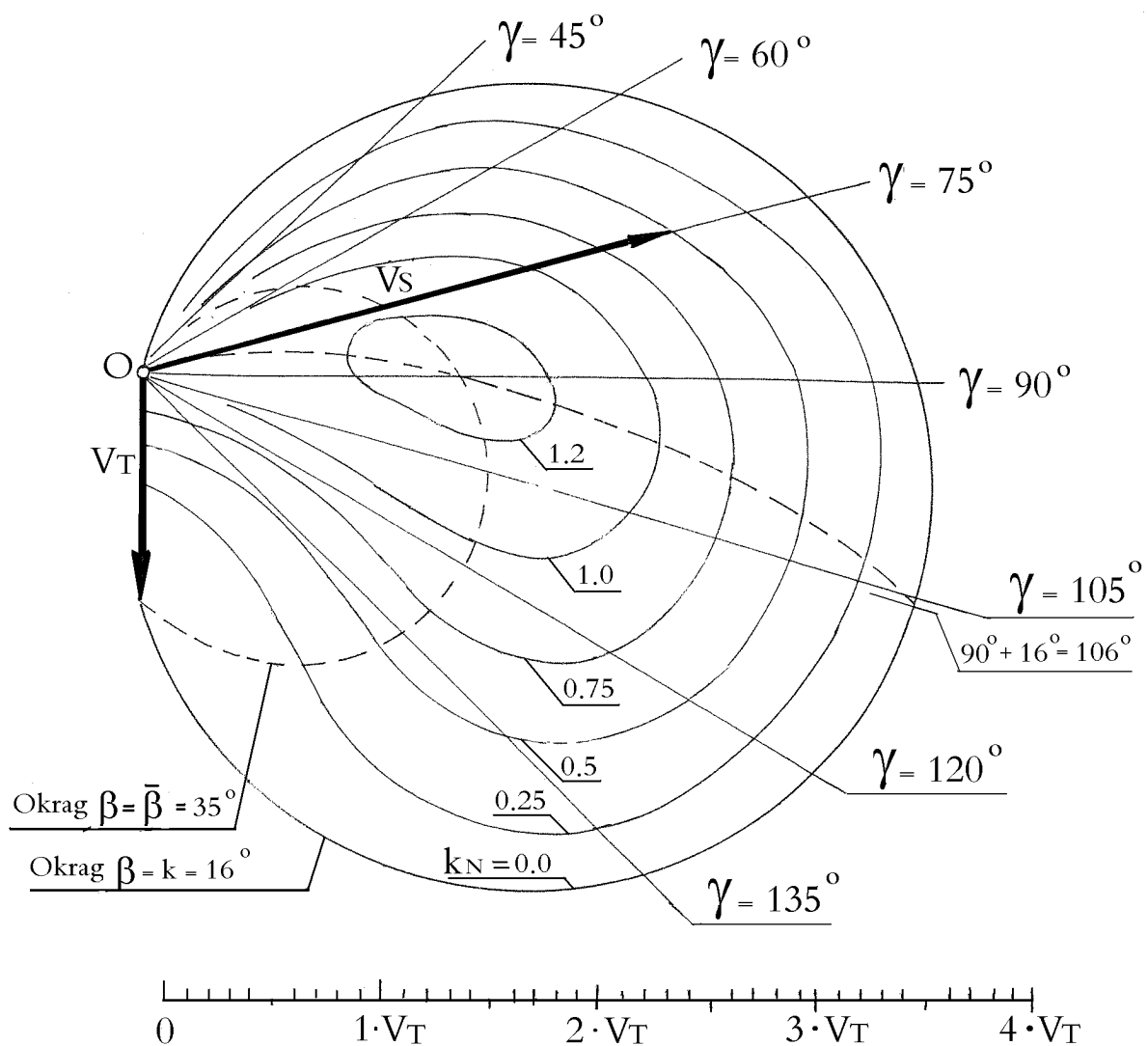
Do tej pory niestety brak jest wyników doświadczeń nad oporami płóz i nie wiadomo, czy ktokolwiek takie badania systematycznie przeprowadzał. Dlatego należy przyjąć wyniki otrzymane z powyższego doświadczenia. Szybkość wiatru rzeczywistego najlepiej jest zmierzyć za pomocą anemometru na wysokości środka ożaglowania.

Przykład: Przy pomocy dynamometru zmierzono opór czołowy płóz, który wynosi $Q_{cz} = 50 daN$, a za pomocą anemometru stwierdzono szybkość wiatru rzeczywistego $V_T = 6,5 m/sec$. Powierzchnia żagli ślizgu wynosi $15 m^2$.

$$k_N = \frac{15 \cdot 50}{42,3 \cdot 15} = 1,2$$

Jeżeli wiatr stężeje do $10 m/sec$ to wartość k_N zmaleje do $0,5$. Analiza wykresów szybkości z uwzględnieniem wpływu oporu czołowego płóz pozwala wyciągnąć następujące wnioski:

Dla dobrych warunków lodowych i dla ślizgów u nas używanych wartość współczynnika k_N , przy której żeglują ślizgi nie jest większa od $0,5$ i wtedy wykres szybkości ślizgu w zakresie kursów od pełnego bejdedwindu do baksztagu bardzo niewiele różni się od wykresu Hereshoffa. W takich wypadkach do kalkulacji korzystnych kursów i analizy szybkości wystarczą dane z tego wykresu. Gdy jednak warunki żegluga pogarszają się,

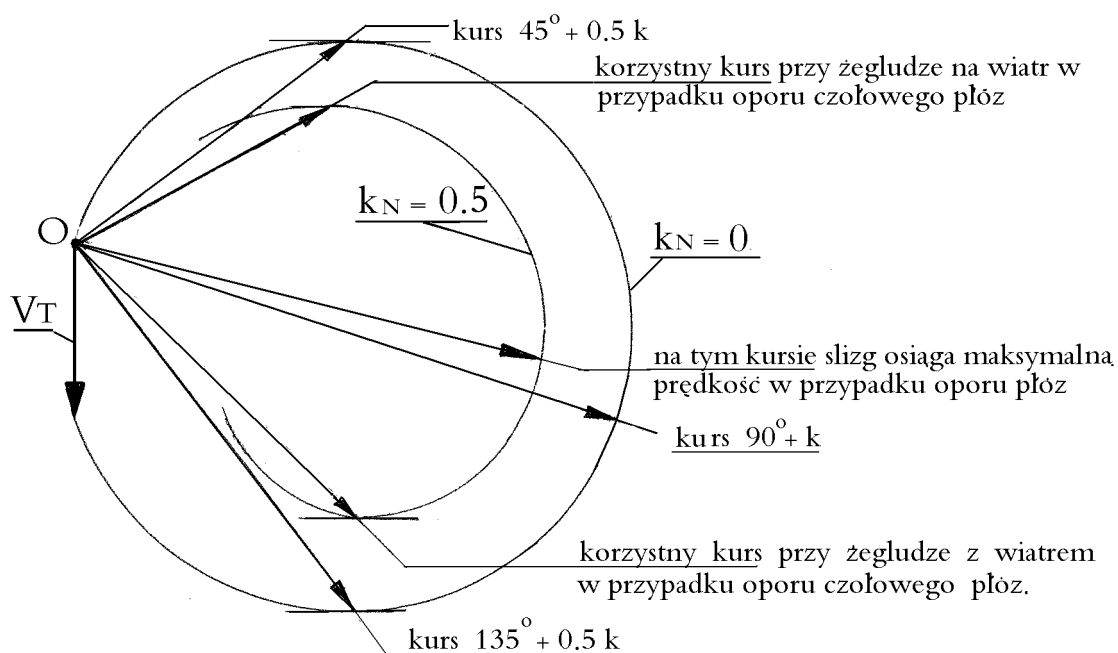


Rysunek 20: Biegunowy wykres współczynnika siły napędowej k_N dla ślizgu z żaglem z tkaniny i stałej ślizgu $k = 16^\circ$.

a więc gdy słabnie wiatr rzeczywisty lub gdy wzrasta opór czołowy płóz, wykres szybkości różni się poważnie od wykresu Hereshoffa. Ślizg porusza się wolniej, zmieniają się też charakterystyczne kursy rys.21. Na podstawie przedstawionych wykresów szybkości wyciągamy następujące wnioski o zachowaniu się ślizgów w ciężkich warunkach lodowych:

1. Najkorzystniej żegluje się na wiatr na kursach nieco pełniejszych niż te, które podaje wykres Hereshoffa.
2. Najkorzystniej żegluje się z wiatrem halsując na kursach baksztąg, przy czym są to kursy nieco ostrzejsze względem wiatru rzeczywistego niż te, które podaje wykres Hereshoffa.
3. Największą szybkość przy istnieniu oporu czołowego płóz ślizg osiąga na kursach baksztągowych lecz ostrzejszych w stosunku do kursu z wykresu Hereshoffa. Im cięższe warunki, tym odchylenie jest większe.
4. Przy pogarszających się warunkach żeglugi, a więc przy słabnącym wietrze lub wzrastającym oporze płóz, martwy kąt przy żegludze na wiatr wzrasta, patrz rys.22. Oprócz tego występuje zjawisko nieznane w żegludze jachtem wodnym, a polegające na pojawieniu się martwego kąta w zakresie kursów od fordewindu do pełnego baksztągu. Ze wzrostem oporu czołowego płóz, ten martwy kąt powiększa się. W obszarze martwych kątów ślizgu nie daje się uruchomić, a poruszający się ślizg tam wprowadzony zwalnia, a następnie zatrzymuje się. Dla żeglarza wodnego jest to zjawisko nowe i dlatego częste są przypadki zatrzymania ślizgu na kursach baksztągowych, najczęściej gdy ślizg napotka przeszkodę. Ślizg żeglujący baksztągiem na równym lodzie, gdy napotka zasy może zwolnić i zatrzymać się, ponieważ przy zwiększonym oporze czołowym ślizg znalazł się w zakresie martwych kątów. Aby w takim przypadku utrzymać szybkość ślizgu należy żeglując kursem baksztągowym nieco wyostrzyć a po minięciu przeszkody, można odpaść na poprzedni kurs.
5. Przy bardzo dużym oporze płóz lub słabym wietrze martwe kąty tak się zwiększają, że ślizg można uruchomić jedynie w wąskim zakresie kursów w otoczeniu półwiatru, a przy dalszym pogorszeniu warunków lodowych już nie daje się ślizgu uruchomić. Jeżeli nie udaje się rozpędzić ślizgu na półwietrze wiatru rzeczywistego, to na pewno nie uda się go rozpędzić i na innych kursach. Łatwo obliczyć, że jeżeli siła oporu czołowego ślizgu DN przekroczy 16 daN, to przy szybkości wiatru rzeczywistego 6 m/sec ślizgu nie da się już uruchomić.

Jak pokazuje praktyka regatowa wskutek odmiennego przygotowania ślizgów nawet tej samej klasy pomiędzy ich charakterystykami istnieją znaczne różnice na skutek niejednakowego oporu płóz i różnych właściwości aerodynamicznych. Mniejszy opór czołowy płóz oznacza mniejszą wartość k_N , przy której można już żeglować, zaś lepsze właściwości aerodynamiczne pozwalają na osiągnięcie w żegludze dużych sił ciągu, co wyraża się możliwością osiągania dużych wartości k_N . Np. ślizg z miękkim żaglem charakteryzuje się maksymalnymi wartościami k_N nie przekraczającymi 1.2, a dla ślizgu z aeropłatem największe wartości k_N przekraczają 2.0. Maksymalne wartości k_N zależą od kroju żagla i w ślizgu lodowym żagiel dobiera się nie tylko do siły wiatru lecz także do warunków lodowych. Na cięższe warunki lodowe dobieramy żagiel głębszy, a na dobre warunki lodowe bardziej płaski.



Rysunek 21: Charakterystyczne kursy dla ślizgu lodowego.

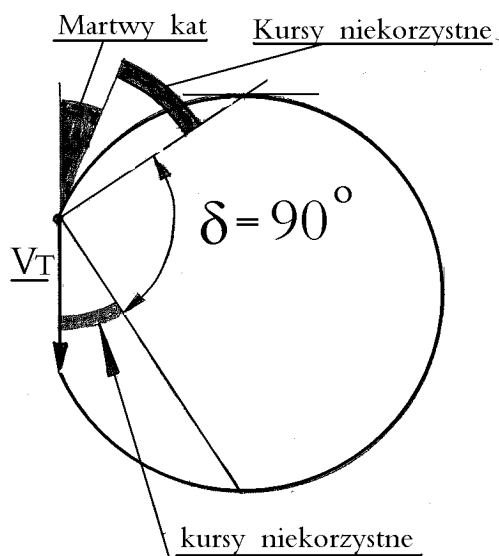
6. Jeżeli warunki środowiskowe wyznaczają żeglugę przy dużych wartościach współczynnika siły ciągu k_N to zakres kursów dogodnych do żeglugi, który na rys.22 oznaczono przez δ zmniejsza się. Ten zakres najdogodniejszych kursów jest zawarty pomiędzy optymalnym kursem w żegludze na wiatr, a optymalnym kursem w żegludze z wiatrem.

Wprawdzie można uruchomić ślizg poza zakresem dogodnych kursów jednakże jest to niecelowe, ponieważ ślizg porusza się z małymi szybkościami, a przy żegludze na wiatr zdobyta wysokość jest mniejsza niż przy żegludze kursem korzystnym. Podobnie niekorzystna jest też żegluga z wiatrem poza tym zakresem kursów.

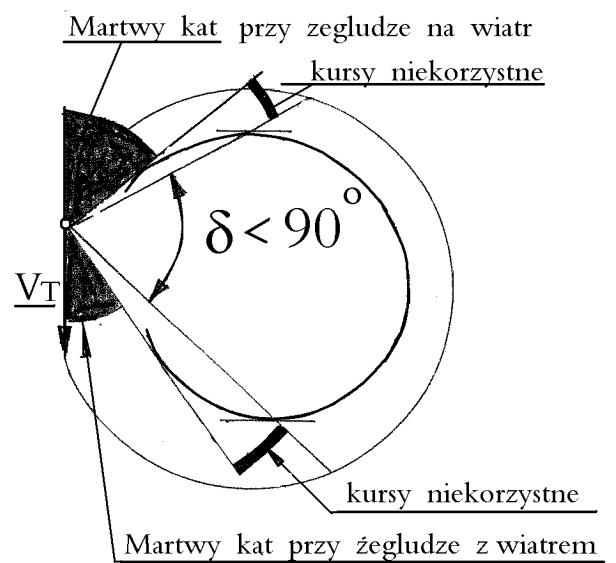
Jeżeli opór czołowy płóz jest znikomo mały, to znaczy żegluga odbywa się przy $k_N \sim 0.0$ to zakres korzystnych kursów wynosi po 90° dla każdego halsu, lecz gdy żeglować trzeba przy znacznych wartościach współczynnika siły ciągu k_N to zakres korzystnych kursów δ staje się znacznie mniejszy niż 90° , aby zniknąć zupełnie w przypadku gdy ślizgu już nie daje się uruchomić z powodu zbyt dużego oporu płóz.

7. W przypadku znikomo małego tarcia płóz wartość k_N , przy której ślizg żegluje jest równa zero i wykres szybkości przechodzi w okrąg Hereshoffa.

Wykresy szybkości pokazane na rys.20 zostały określone jedynie z warunku konieczności pokonywania oporów czołowych płóz. Jeżeli nie będą interweniowały warunki stateczności poprzecznej lub kierunkowej to osiągnięcie wskazanych prędkości zależy jedynie od załogi. O zaletach ślizgu można dopiero powiedzieć po przeanalizowaniu wszystkich czynników decydujących o szybkości. Jeśli na przykład największą prędkość określa warunek stateczności poprzecznej to można ją powiększyć poprzez dobalastowanie ślizgu. Dobalastowanie ślizgu jest celowym stosować dopóty, dopóki inny czynnik a nie stateczność zacznie decydować o maksymalnych szybkościach ślizgu. Takim czyn-



$\delta = 90^\circ$ zakres kursów korzystnych do żeglugi przy znikomym oporze czołowym płóz



δ – zakres kursów korzystnych do żeglugi w przypadku oporu czołowego płóz jest mniejszy od dziewięćdziesięciu stopni

Przypadek znikomego oporu czołowego płóz.

Przypadek znacznego oporu czołowego płóz.

Rysunek 22: Podział kursów ślizgu

nikiem może stać się na przykład ograniczona wytrzymałość kadłuba i osprzętu. Przy pomocy odpowiednich przeliczeń wszystkie te czynniki dają się ściśle liczbowo określić.

Analiza wykresów szybkości może przynieść korzyści regatowcom, a zjawiska opisane powyżej są obserwowane w rzeczywistości. Nie omawiając dalszych wniosków jakie nasuwają się z analizy wykresów szybkości poprzestaniemy jedynie na podaniu reguły jak należy wybrać trasę, aby uzyskać maksymalną szybkość ślizgu. W Polsce trasy do prób szybkości maksymalnej wybiera się na kursie 90° plus stała ślizgu. Ponieważ uważano, że stała ślizgów zarówno Monotypu XV jak i DNA wynosi około 30° to trasę ustawiano na kursie 120° względem wiatru rzeczywistego. Ponieważ stałe tych ślizgów są dwukrotnie mniejsze to stosując podaną regułę należałoby trasę ustawiać na kursie 105° .

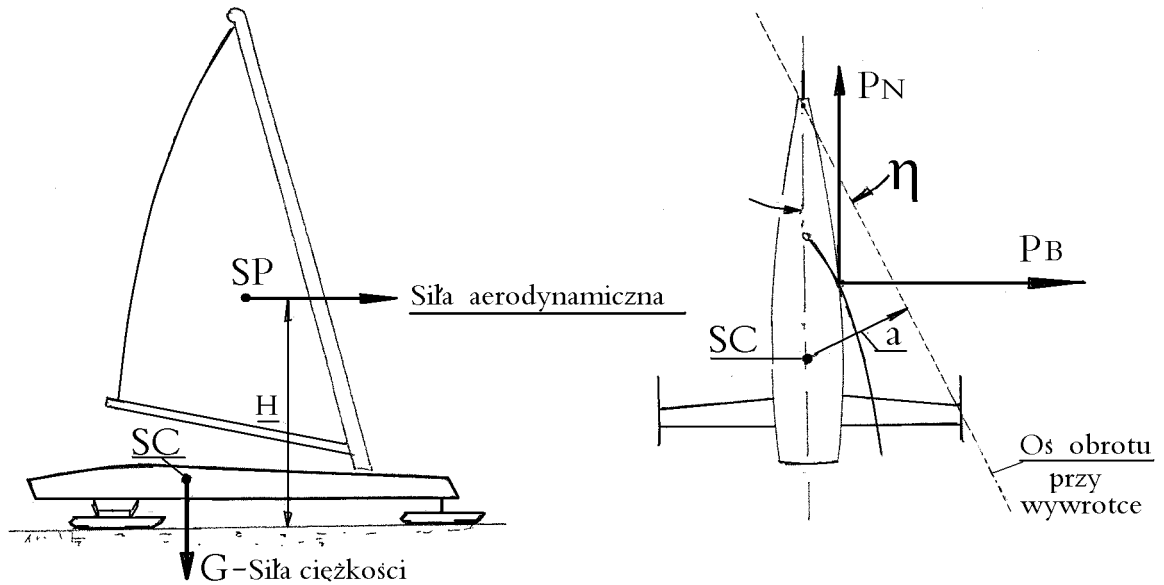
Przepisy określające sposób ustawienia trasy są odmienne w różnych krajach. Np. w dawnym ZSRR próby bicia rekordów szybkości odbywały się na trasie ustawionej prostopadle do wiejącego wiatru, a więc ślizg żeglował półwiatrem. Taki wybór trasy nie zapewniał uzyskania przez ślizg prędkości maksymalnej. Gdy o szybkości maksymalnej decyduje tylko konieczność pokonywania oporu czołowego płóz (ślizg stateczny), trasę należy ustawić na kursie nieco ostrzejszym niż 90° plus stała ślizgu. Gdyby okazało się, że na tak wybranym kursie ślizg jest niestateczny i środki zwiększające stateczność (dobalastowanie ślizgu) nie wystarczają, trasę należy zmienić, tak aby ślizg żeglował pełniejszym wiatrem. Odchylenie trasy w kierunku pełnego wiatru powinno być tylko takie, aby ślizg mógł żeglować statecznie. Jak widać wybór trasy zależy będzie od siły wiatru i właściwości ślizgu. Przy próbach szybkości maksymalnej należałoby trasę wybrać indywidualnie dla każdego ślizgu zależnie od siły wiatru. Sprawie ustalania czynników przy próbach bicia rekordów prędkości na ślizgach lodowych jest poświęcony artykuł [5], gdzie zwraca się uwagę na fakt, że porównywanie rekordów prędkości ma sens tylko wtedy gdy wszystkie t.zw. niezależne czynniki wejściowe, a jednym z nich jest kurs ślizgu, ustalone zostały na tym samym poziomie. Dlatego bardzo wysoko należy oceniać rekordy prędkości uzyskiwane w byłym ZSRR, bowiem najważniejszy czynnik wejściowy jakim jest kurs ślizgu ustalono na dziewięćdziesiąt stopni.

1.9 Równowaga poprzeczna ślizgu lodowego

Zdolność utrzymywania się wszystkimi płozami na lodzie podczas żeglugi nazywamy statecznością poprzeczną. Podczas żeglugi oprócz korzystnej siły napędowej działa na żagiel bardzo duża składowa boczna siły aerodynamicznej. Obydwie te siły działając w środku ożaglowania na wysokości H nad powierzchnią lodu starają się obrócić ślizg dookoła prostej łączącej płożę zawietrzną i sterową patrz rys.23. Płoza zawietrzna jest dociążona a nawietrzna odciążona i przy silniejszym podmuchu może unieść się w powietrze. Temu obrotowi przeciwdziała siła ciężkości G działając na ramieniu prostującym a .

Przedstawione poniżej rozważania dotyczące stateczności poprzecznej są zaczerpnięte z [2] i z [3]. Jest to najbardziej kompletna teoria dotycząca równowagi poprzecznej ślizgu lodowego. Przy pierwszym czytaniu tego rozdziału, czytelnik może opuścić poniższe wywody i ograniczyć się do rozwiązania przybliżonego przedstawionego na rysunku 26.

Siły P_N i P_B działając na wysokości środka ożaglowania wytwarzają względem osi



Rysunek 23: Charakterystyczne wymiary ślizgu lodowego

obrotu moment przewracający M_P .

$$M_P = (P_N \cdot \sin \eta + P_B \cdot \cos \eta) \cdot H$$

gdzie H jest wysokością nad powierzchnią lodu miejsca przyłożenia sił aerodynamicznych, zaś η jest określone na rys.23 jako kąt pomiędzy prostą $l-l$ a osią ślizgu. Kąt η jest dodatni dla ślizgu z płozą sterową na dziobie, a ujemny dla ślizgu z płozą sterową na rufie. Siły aerodynamiczne P_N i P_B można wyrazić przez współczynniki tych sił i ciśnienie prędkości wiatru pozornego więc:

$$M_P = \frac{\rho \cdot V_A^2}{2} \cdot S \cdot (C_N \cdot \sin \eta + C_B \cdot \cos \eta) \cdot H$$

Z kolei prędkość wiatru pozornego V_A można wyrazić przez prędkość wiatru rzeczywistego V_T i kąty γ i β patrz rys.19, a więc moment przewracający zapiszemy:

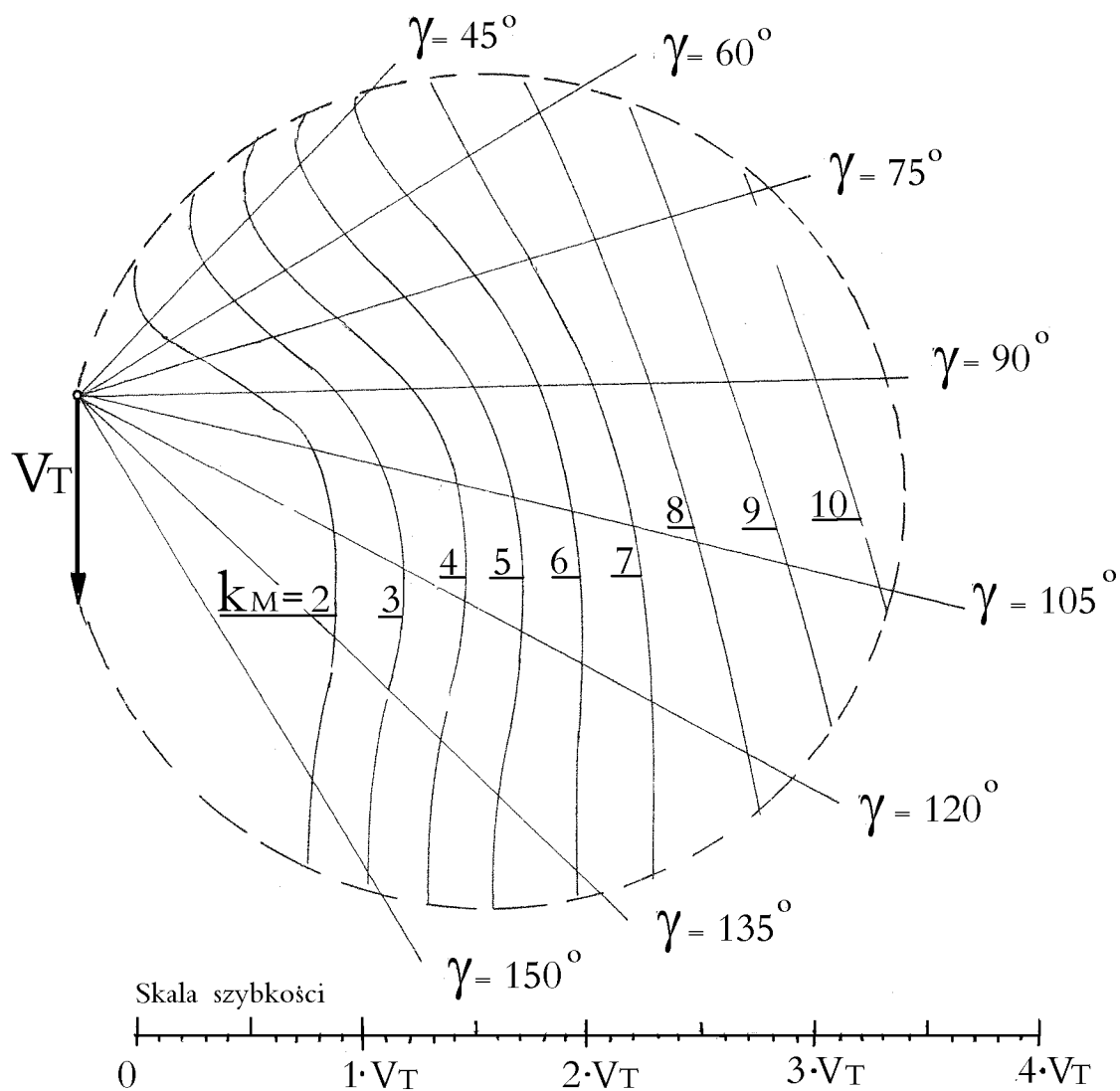
$$M_P = \frac{\rho \cdot V_A^2}{2} \cdot S \cdot H (C_N \cdot \sin \eta + C_B \cdot \cos \eta) \cdot \frac{\sin^2 \gamma}{\sin^2 \beta}$$

$$M_P = q_{VT} \cdot S \cdot H \cdot k_M$$

gdzie przez k_M oznaczono:

$$k_M = (C_N \cdot \sin \eta + C_B \cdot \cos \eta) \cdot \frac{\sin^2 \gamma}{\sin^2 \beta}$$

Na rysunku 24 przedstawiono w układzie biegunowym wykres współczynnika k_M obliczony dla tej samej biegunowej z rys.17 dla której obliczono wykres prędkości patrz rys.20. Potrzebne proporcje geometryczne przyjęto ze ślizgu DN.



Rysunek 24: Biegunowy wykres współczynnika momentu wywracającego k_M

Z wykresu współczynnika k_M rys.24 korzystamy podobnie jak z wykresów na rys.20. Koniec wektora prędkości własnej ślizgu V_S wskazuje wartość współczynnika momentu wywracającego k_M . Cechą charakterystyczną linii k_M jest, że im większa prędkość V_S tym większa wartość współczynnika momentu k_M przewracającego ślizg, co oznacza niebezpieczeństwo wywrócenia ślizgu przy dużych prędkościach jazdy. Korzystając z wykresów na rysunku 24 można wyliczyć prędkość jazdy V_S , przy której ślizg się wywróci. Podstawą jest wybranie właściwej linii $k_M = const$, którą znajdujemy po przyrównaniu momentu wywracającego do największej wartości momentu prostującego.

$$M_P = G \cdot a$$

stąd:

$$k_M = \frac{G \cdot a}{q_{VT} \cdot S \cdot H} = \frac{2 \cdot G \cdot a}{\rho \cdot V_T^2 \cdot S \cdot H}$$

Wartość k_M a więc i stateczność będzie większa jeśli większe będzie $G \cdot a$, a stąd wniosek, że ślizg cięższy będzie bardziej stateczny. Dłuższa płozownica oraz kadłub powiększony o wysięgnik oznaczają zwiększone ramie "a", a więc większą stateczność. Z kolei wysokie umieszczenie środka ożaglowania powoduje gorszą stateczność.

Stateczność można zwiększyć refując żagiel, a więc zmniejszając powierzchnię S i obniżając położenie H , bowiem wtedy wzrasta wartość k_M . Również przy słabym wietrze rzeczywistym V_T stateczność poprzeczna jest większa.

Biegunowe wykresy współczynników siły ciągu k_N oraz współczynnika momentu k_M pozwalają na wszechstronną analizę warunków równowagi. Jeżeli przy budowie wykresów k_N i k_M zastosuje się tę samą skalę dla prędkości, to nakładając te wykresy na siebie otrzymujemy dane do analizy prędkości ślizgu.

Przykład: Sprawdź warunki stateczności ślizgu:

- Ciężar ślizgu $G = 450 \text{ daN}$.
- Powierzchnia ożaglowania $S = 12 \text{ m}^2$.
- Ramię prostujące $a = 2.2 \text{ m}$.
- Wysokość środka ożaglowania $H = 3 \text{ m}$.
- Prędkość wiatru rzeczywistego $V_T = 7 \text{ m/sek}$
- Ślizg napotkał opór czołowy $Q_{cz} = 22.5 \text{ daN}$

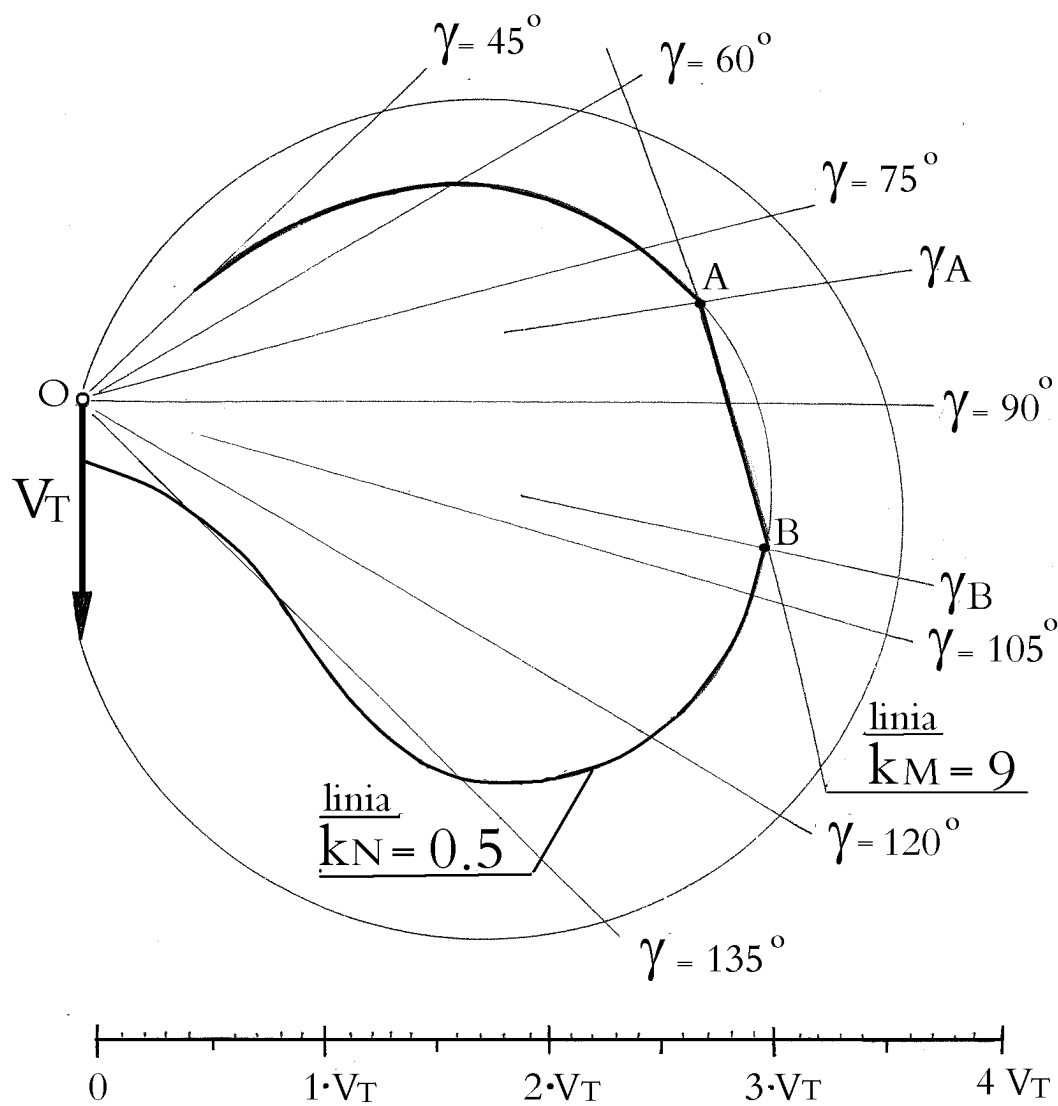
Rozwiązanie:

Obliczamy na podstawie podanych danych:

$$k_N = 0.5 \qquad k_M = 9.0$$

Z wykresu 20 wybieramy linię $k_N = 0.5$, a z wykresu 24 wybieramy linię $k_M = 9.0$ i nakładamy je na siebie patrz rys.25. Z punktu O kreślimy proste dla różnych kursów γ względem wiatru rzeczywistego. Stwierdzamy, że w zakresie kursów pomiędzy γ_A i γ_B a więc w otoczeniu półwiatru o prędkości jazdy V_S decyduje warunek stateczności poprzecznej, mimo, że ślizg dysponuje nadwyżką siły ciągu. W zakresie kursów ostrzejszych od γ_A i pełniejszych od γ_B ślizg zachowuje się statecznie, a ograniczenie prędkości V_S wynika z niemożności pokonania oporu czołowego płóz.

Nie znając dokładnych wykresów współczynnika k_M możemy posłużyć się rozwiązaniem przybliżonym patrz rys.26. To rozwiązanie przybliżone nadaje się doskonale do



Rysunek 25: Wpływ ograniczeń na szybkość ślizgu

tłumaczenia problemów stateczności na kursach żeglarskich. W rozwiązaniu przybliżonym rzeczywisty wykres współczynnika k_M jest zastąpiony łukiem koła, którym jest prędkość wiatru pozornego V_A obliczana ze wzoru przybliżonego.

$$V_A = m \cdot V_T$$

$$m = \sqrt{15 \cdot \frac{G}{S} \cdot \frac{B}{2H} \cdot \frac{1}{V_T^2}}$$

gdzie:

G – ciężar ślizgu wraz załogą w daN .

S – powierzchnia żagla w m^2 .

H – wysokość środka ożaglowania nad powierzchnią lodu, w przybliżeniu $H = 0.4 \cdot h$.

V_T – prędkość wiatru rzeczywistego w m/sek .

Przykład:

Dane: $G = 450 daN$, $S = 12 m^2$, $H = 3 m$, $V_T = 7 m/s$, $B = 4.8 m$

Wynik obliczenia: $m = 3.0$

Wbijając nóżkę cyrkla w koniec wektora wiatru rzeczywistego V_T i zakreślając łuk o promieniu $R = V_A = 3.0 \cdot V_T$ znajdujemy punkty przecięcia A i B z aktualnym wykresem szybkości. Na kursach ostrzejszych niż γ_A i pełniejszych niż γ_B ślizg zachowuje się statecznie a ograniczenie szybkości wynika z oporów płóz. W zakresie kursów od γ_A do γ_B ograniczenie szybkości wynika z niedostatecznej stateczności poprzecznej. Ślizg się wywraca.

1.10 Równowaga kierunkowa ślizgu lodowego

Zdolność ślizgu do utrzymywania się w wyznaczonym kierunku jazdy nazywamy statecznością kierunkową. Zapewniają ją odpowiednio wyostrzone płozy i właściwe zrównoważenie ślizgu lodowego. O zrównoważeniu ślizgu decyduje równowaga pomiędzy siłami aerodynamicznymi, siłami bezwładności i reakcjami ze strony lodu, a więc na wzajemne usytuowanie trzech punktów to jest środka parcia, środka bocznego oporu i środka ciężkości ślizgu są narzucone ograniczenia.

1.10.1 Zrównoważenie aerodynamiczne

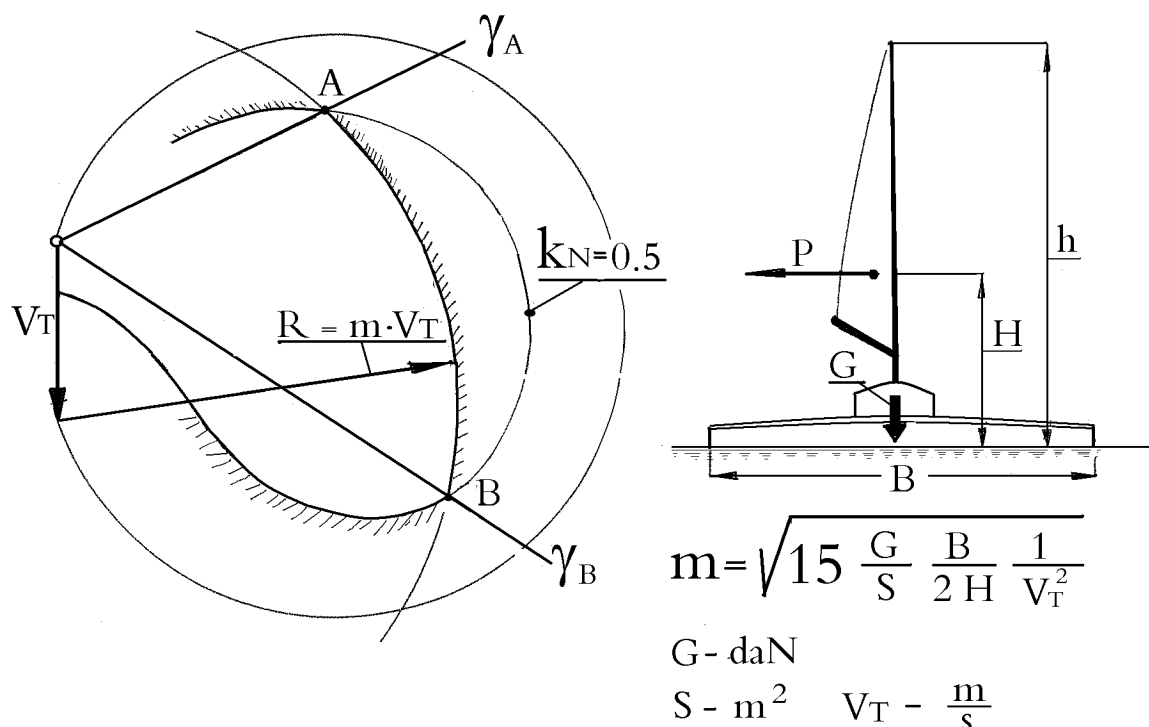
Siły aerodynamiczne, które starają się przesunąć ślizg w bok nazywamy siłami dryfu, są zrównoważone reakcjami ze strony lodu. Każda z płóz posiada jednak ograniczoną zdolność do przeniesienia siły bocznej. Te graniczne wartości sił zaznaczono dla każdej płozy jasną strzałką patrz rys.27 i oznaczono:

$\overline{Q}_{bn}$ – graniczna wartość siły dla płozy nawietrznej.

$\underline{Q}_{bz}$ – graniczna wartość siły dla płozy zawietrznej.

$\underline{Q}_{bs}$ – graniczna wartość siły dla płozy sterowej.

Te graniczne wartości sił zależą od chwilowego nacisku pionowego, naostrzenia płozy i od rodzaju lodu.



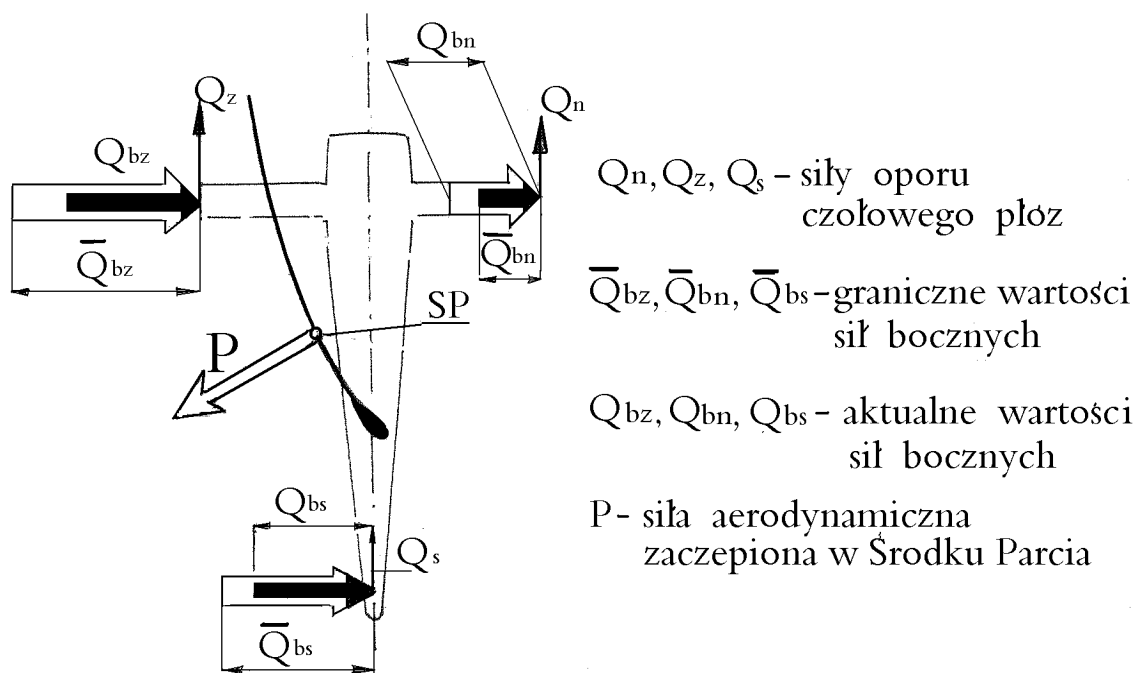
Rysunek 26: Wpływ ograniczonej stateczności poprzecznej na szybkość ślizgu

Aktualnie działające siły boczne Q_{bn} , Q_{bz} , Q_{bs} , które są zaznaczone czarnymi strzałkami wewnątrz strzałek jasnych muszą równoważyć działające na ślizg siły aerodynamiczne P oraz powstałe w ruchu po łuku siły bezwładności B .

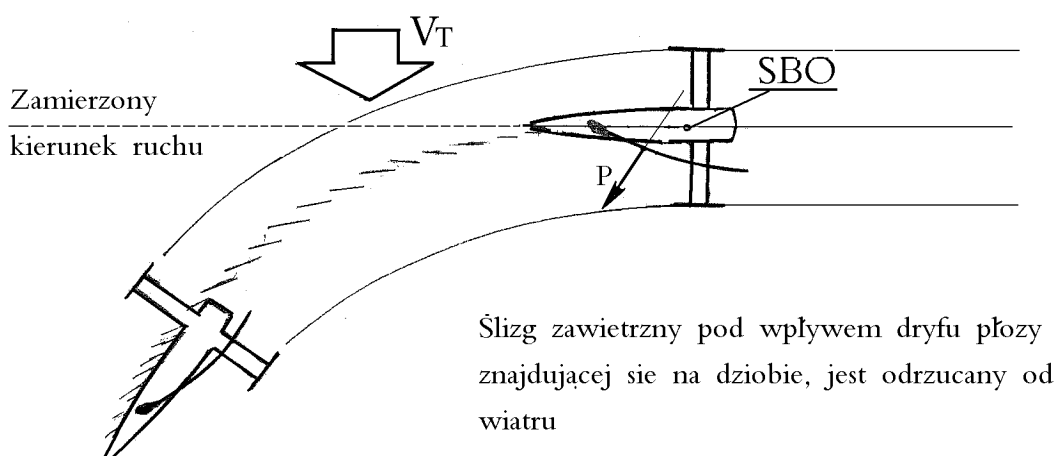
Gdy działające siły boczne zaczynają przewyższać te, do przeniesienia których jest zdolna płoza, następuje utrata równowagi kierunkowej zapoczątkowana przez boczny poślizg którejkolwiek z płóz. Wyczerpanie nośności bocznej płóz nie następuje równocześnie. Jeżeli przy wzrastających siłach aerodynamicznych wyczerpanie nośności zaczyna się od płozy znajdującej się na dziobie ślizgu, to wskutek jej dryfu ślizg zostanie odrzucony od wiatru, patrz rys.28. Mówimy, że ślizg jest zawietrzny.

Odwrotnie jest w ślizgu nawietrznym, gdyż wyczerpanie nośności następuje wpierw na płozach znajdujących się na rufie ślizgu. Pod wpływem ich dryfu ślizg zostaje zwrócony dziobem do wiatru patrz rys.29.

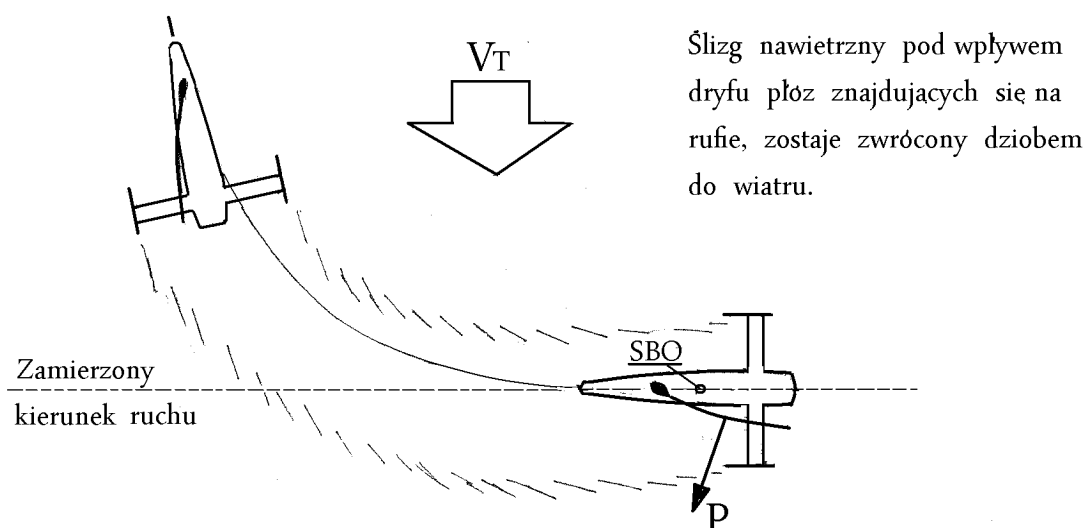
Przy złych warunkach lodowych występuje duża siła oporu na płozie zawietrznej, która stara się odrzucić ślizg od wiatru. Ślizg prawidłowo wyrównawony dla dobrych warunków lodowych stanie się zawietrzny przy złych warunkach lodowych. Aby dostosować ślizg do zmienionych warunków lodowych należy przesunąć środek parcia ku rufie np. przez pochylenie masztu ku rufie. W ślizgu dobrze wyrównawonym wyczerpanie zdolności płóz do przenoszenia siły bocznej winno następować równocześnie na wszystkich płozach.



Rysunek 27: Zrównoważenie sił aerodynamicznych



Rysunek 28: Utrata równowagi kierunkowej ślizgu zawietrznego



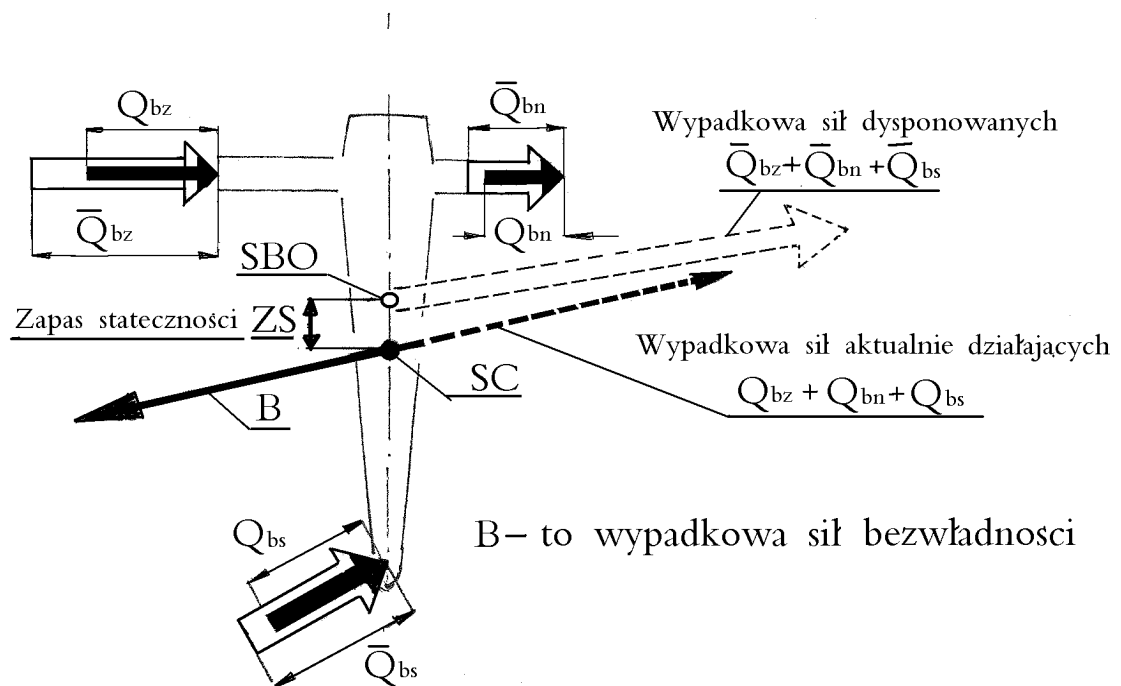
Rysunek 29: Utrata równowagi kierunkowej ślizgu nawietrznego

1.10.2 Zrównoważenie sił bezwładności

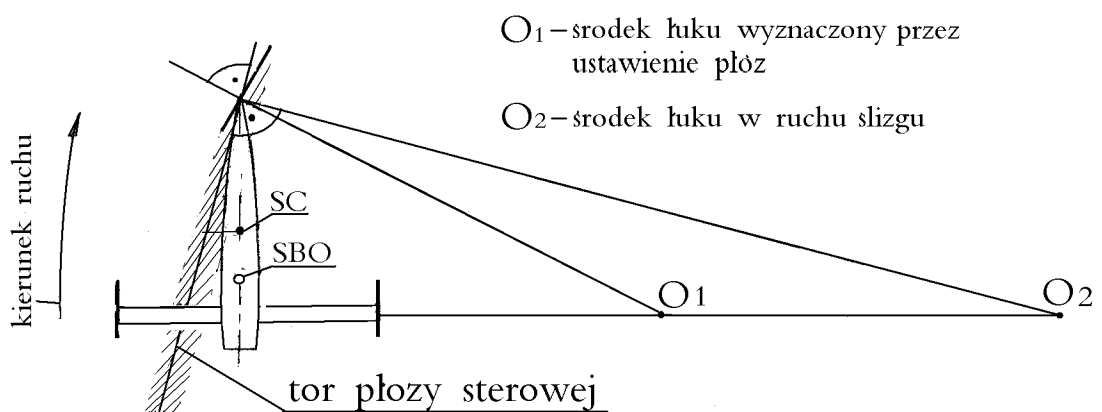
Przy wykonywaniu manewrów zmiany kursu a więc w ruchu krzywoliniowym pojawiają się siły bezwładności, których wypadkowa jest zaczepiona w środku ciężkości ślizgu. Aktualnie działające na płozy siły ze strony lodu muszą równoważyć tę siłę bezwładności (jak również omawiane wcześniej siły aerodynamiczne). Działające aktualnie na płozy siły boczne Q_s , Q_{bz} , Q_{bn} oznaczone na rysunku 30 czarnymi strzałkami, wyczerpują część siły bocznej jaką mogą zapewnić płozy $\bar{Q}_s$, $\bar{Q}_{bz}$, $\bar{Q}_{bn}$, (jasne strzałki). Znajdując wypadkową sił dysponowanych $\bar{Q}_s$, $\bar{Q}_{bz}$, $\bar{Q}_{bn}$, możemy znaleźć punkt przecięcia jej linii działania z płaszczyzną symetrii kadłuba. Punkt ten będziemy nazywać środkiem bocznego oporu „SBO”, rozumiejąc przez to miejsce przyłożenia wypadkowej sił bocznych w chwili wyczerpania nośności bocznej wszystkich płóz. Odległość pomiędzy Środkiem Bocznego Oporu SBO i środkiem ciężkości ślizgu wyposażonego wraz załogą SC (mierzoną w rzucie z góry) będziemy nazywali ZAPASEM STATECZNOŚCI KIERUNKOWEJ ślizgu lodowego. Zapas stateczności jest dodatni, jeżeli SC ślizgu znajduje się bliżej dziobu niż SBO.

Ślizg prawidłowo zrównoważony powinien mieć zawsze niewielki lecz dodatni zapas stateczności, gdyż to on decyduje o zachowaniu się ślizgu po osiągnięciu granicznych wartości siły bocznej (po wyczerpaniu zdolności skrętowej). Wyczerpanie zdolności skrętowej ślizgu z dodatnim zapasem stateczności objawia się dryfem płóz znajdujących się z przodu ślizgu i ruchem ślizgu po łuku o promieniu $O_2 - SC$ większym niż $O_1 - SC$, które wyznacza ustawienie płóz patrz rys.31. Wskutek wzrostu promienia zakrętu maleje siła odśrodkowa co pozwala na przywrócenie równowagi kierunkowej.

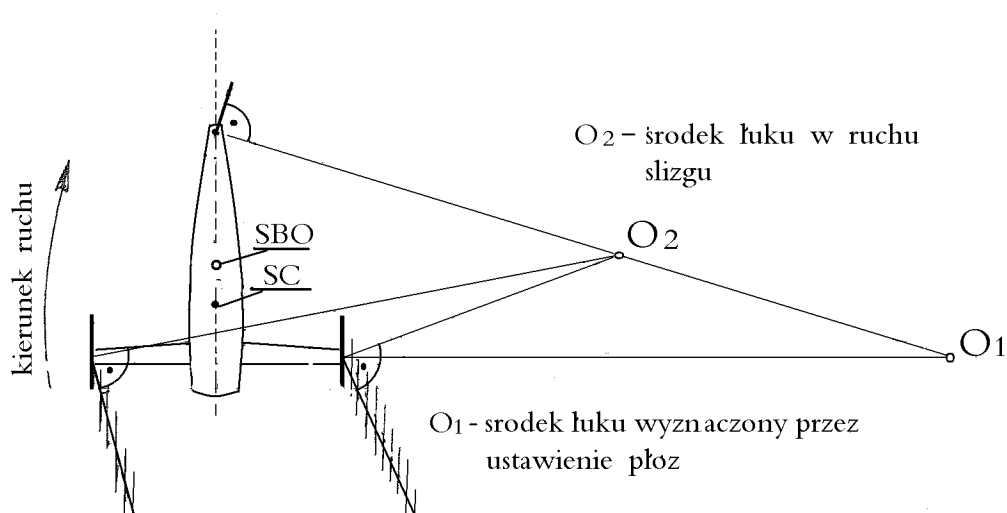
Wyczerpanie zdolności skrętowej ślizgu z ujemnym zapasem stateczności patrz rys.32 objawia się dryfem płóz znajdujących się na rufie i ruchem ślizgu po łuku o promieniu $O_2 - SC$ mniejszym niż $O_1 - SC$, które wyznacza ustawienie płóz. Wywołuje to wzrost sił odśrodkowych i w efekcie dalsze zacieśnienie zakrętu. Obrót ślizgu połączony z gwałtownym wytracaniem prędkości postępowej i utratą sterowności nazywamy korkociągiem.



Rysunek 30: Zrównoważenie sił bezwładności



Rysunek 31: Ruch ślizgu o dodatnim zapasie stateczności



Rysunek 32: Ruch ślizgu o ujemnym zapasie stateczności

Trudno jest uzyskać dodatni zapas stateczności w ślizgach z płozą sterową na rufie. W ślizgach z płozą sterową na dziobie bardzo łatwo jest uzyskać dodatni zapas stateczności co rozwiązuje sprawę korkociągów.

1.11 Zrównoważenie ślizgu lodowego

Niewłaściwe zrównoważenie ślizgu lodowego tak sił aerodynamicznych jak i sił bezwładności uniemożliwia osiągnięcie przez ślizg wysokich prędkości jazdy.

Przedwczesna utrata równowagi kierunkowej, a więc zdolności utrzymywania wyznaczonego kierunku ruchu jest najczęściej wynikiem niewłaściwej regulacji ślizgu. Trudności w regulacji powstają bardzo często, gdy przenosimy w sposób mechaniczny, doświadczenia zdobyte w żeglarstwie wodnym do żeglarstwa lodowego. Duże doświadczenie zdobyte w żeglarstwie wodnym nie zabezpiecza przed popełnieniem omyłek w żeglarstwie lodowym.

Takim pojęciem często przenoszonym mechanicznie i przez to niewłaściwie używanym to pojęcie Środka Bocznej Oporu (SBO). Utażsamianie SBO z punktem zaczepienia wypadkowej sił bocznych działających ze strony lodu na ślizg, jak to pojmują wiele osób przez analogię do żeglarstwa wodnego, nie ma sensu, ponieważ siły te równoważą działające na ślizg składowe siły aerodynamicznych i sił bezwładności. Siły te zmieniają podczas ruchu swoje wartości i miejsca zaczepienia i tak rozumiane SBO nie byłoby charakterystyczne dla konstrukcji, lecz tylko dla chwilowo działających sił.

Również utożsamianie SBO ze środkiem ciężkości odcinków ostrzy płóz także nie ma sensu, ponieważ nie uwzględnia się właściwości ostrza jak i przypadającego na nie pionowego nacisku, a przecież zmieniając nacisk na płozę lub zmieniając rodzaj ostrza zmieniamy zdolność przenoszenia sił bocznych.

Uporządkowanie definicji SBO wniósł S. Calhoun Smith w swojej książce „ICE BOATING”, który pojęcie SBO związał z przypadkiem występowania największych sił bocz-

nych jakie mogą działać ze strony lodu na płozy. Tak też właśnie został w rozdziale poprzednim określony punkt nazwany Środkiem Boczno Oporu. Idąc za S.C.Smithem postaramy się prześledzić czynniki, które wpływają na położenie Środka Boczno Oporu.

Siła boczna prostopadła do płozy przekazywana ze strony lodu na konstrukcję jest ograniczona, a wartość tej siły zależy od naostrzenia płozy i pionowego nacisku. Przy odpowiednim ostrzeniu płóz przez dobór kątów zaostreń i ustawienia ostrza można zwiększyć stosunek przenoszonej siły bocznej do pionowego nacisku, osiągając nawet wartość około 2.0. Fakt, że siła boczna może być nawet dwukrotnie większa od pionowego nacisku nie jest wynikiem tarcia płozy o lód, lecz skutkiem oddziaływania ostrza na powierzchnię wytworzonego w lodzie rowka.

Wypadkowa siła boczna działająca na ślizg i powodująca równoczesny poślizg płóz w przypadku jednakowego ich naostrzenia jest przyłożona w miejscu działania wypadkowej pionowego nacisku, a więc dla ślizgu bez żagli i unieruchomionego, pod środkiem ciężkości ślizgu. Płozy nie muszą być ostrzone jednakowo i zmiana naostrzenia którejkolwiek z płóz przesuwają Środek Boczno Oporu w jej kierunku. Punkt w którym należy zaczepić siłę boczną, aby wywołać równoczesny poślizg w bok wszystkich płóz to jest właśnie Środek Boczno Oporu. Takie doświadczenie przeprowadzić należy przy płozie sterowej nie obróconej i przy typowym obciążeniu.

Ze względu na niejednakowe naostrzenie płóz nie należy utożsamiać środka boczno oporu ze środkiem ciężkości ślizgu, aczkolwiek położenie środka ciężkości wywiera decydujący wpływ na położenie SBO. Na położenie środka boczno oporu mają wpływ następujące czynniki. Są to – naostrzenie płóz, położenie środka ciężkości, rodzaj lodu, działanie sił aerodynamicznych na ślizg, siły bezwładności wskutek ruchu ślizgu, amortyzacja ślizgu.

Wpływ naostrzenia płóz Naostrzenie płozy zwiększa jej zdolność do przenoszenia siły bocznej, a stępienie płóz zmniejsza tę zdolność. Tak więc naostrzenie płozy przesuwają SBO w jej kierunku. Ostrząc płozy boczne ślizgu DN przesuwamy SBO ku rufie, ostrząc płozę sterową przysuwamy SBO ku dziobowi.

Wpływ położenia środka ciężkości Przesuwając środek ciężkości ślizgu zmieniamy naciski pionowe płóz, a więc SBO przesuwają się w kierunku płóz bardziej obciążonych. SBO wędruje za przesuwającym się środkiem ciężkości ślizgu. Na przykład środek boczno oporu ślizgu Monotyp XV prowadzonego przez bardzo lekkiego sternika znajduje się bliżej dziobu i odwrotnie, gdy siądzie sternik bardzo ciężki SBO przesuwają się ku rufie.

Wpływ rodzaju lodu Wraz ze stwardnieniem lodu zmniejsza się zdolność przenoszenia sił bocznych przez płozę i to tym bardziej im bardziej jest ona stępiona. Twardszy lód powoduje przesuwanie SBO w kierunku bardziej naostrzonych płóz. Odwrotnie, gdy lód staje się miękki to stępienie ostrza nie ma już decydującego znaczenia dla przenoszenia sił bocznych, bowiem płoza zagłębia się bardziej w lód i efektywnie pracuje duża część powierzchni ostrza płozy. Widzimy więc, że położenie SBO zależy nie tylko od konstrukcji lecz zmienia się ze zmianą warunków lodowych.

Wpływ sił aerodynamicznych Siły aerodynamiczne zmieniają rozkład nacisków pionowych na poszczególne płozy, a więc ulega zmianie ich zdolność do przenoszenia sił bocznych.

Składowa napędowa siły aerodynamicznej powoduje odciążenie płóz tylnych i takie samo dociążenie płóz przednich, które uzyskują większą zdolność do przenoszenia sił bocznych. Tak więc składowa napędowa siły aerodynamicznej powoduje przesuwanie się SBO ku dziobowi.

Oddziaływanie składowej bocznej siły aerodynamicznej przenosi wypadkową pionowego nacisku ku płozie zawietrznej przy równoczesnym odciążeniu płozy nawietrznej. Jeśliby płoza zawietrzna miała gorsze właściwości w przenoszeniu siły bocznej niż płoza nawietrzna to SBO przenosi się ku płozie sterowej, a po zmianie halsu SBO przesunie się bliżej płozownicy. Widzimy więc, że przy różnicach w naostrzeniu płóz na położenie SBO ma także wpływ hals, którym porusza się ślizg.

Wnioski Ślizg znajdujący się w ruchu jest w każdej chwili poddany działaniu różnych sił aerodynamicznych, zmieniają się składowe napędowe i boczne siły aerodynamicznej. Ślizg może żeglować na różnych halsach i znajdować się na lodzie o bardzo zróżnicowanych właściwościach. Ponadto w czasie ruchu ślizgu płozy ulegają stępieniu, a więc zmieniają się ich charakterystyki. Wszystkie te czynniki wpływają na zdolność przenoszenia sił bocznych przez płozy i na stałe przemieszczanie się podczas żeglugi punktu zwanego Środkiem Bocznego Oporu. SBO podczas ruchu ślizgu nieprzerwanie przemieszcza się raz ku rufie a następnie ku dziobowi. Powstaje więc pytanie, w jaki sposób dokonać zrównoważenia ślizgu?

O wyrównoważeniu ślizgu i jego stateczności kierunkowej decyduje chwilowe wzajemne położenie trzech charakterystycznych punktów, to jest:

SC – środka ciężkości ślizgu wyposażonego i z załogą,

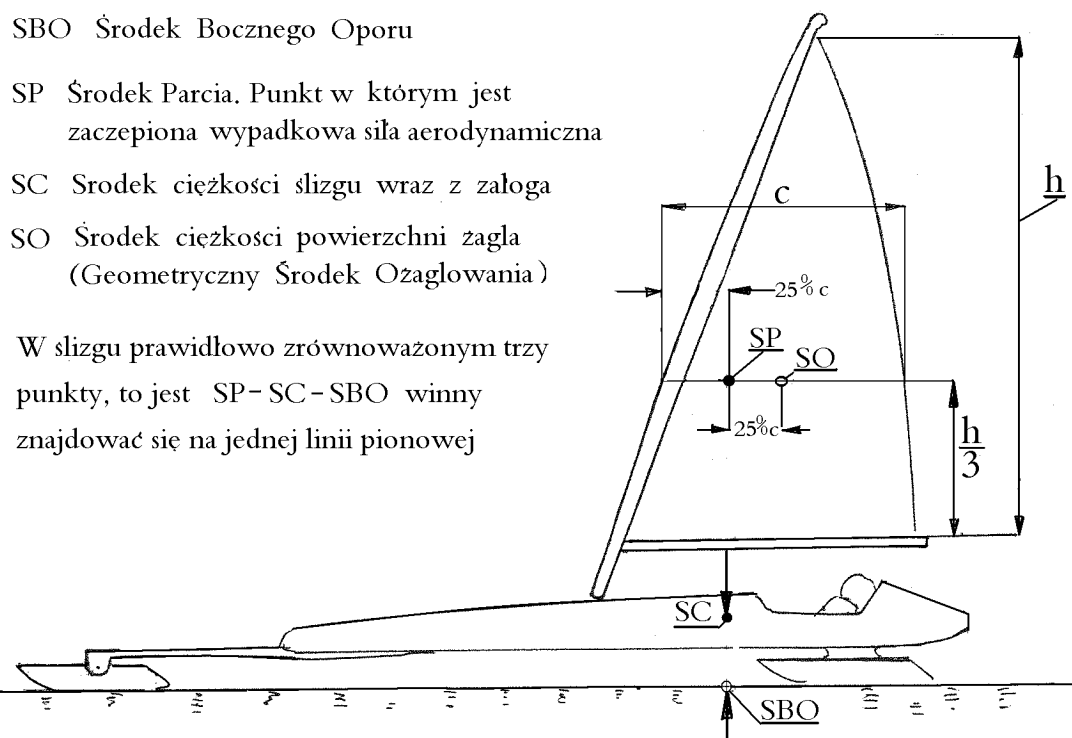
SBO – chwilowego środka bocznego oporu,

SP – środka parcia, to jest punktu, w którym zaczepiona jest wypadkowa siła aerodynamiczna.

Środek parcia nie znajduje się w środku ciężkości powierzchni żagla, lecz bliżej masztu w przybliżeniu w odległości jednej czwartej cięciwy żagla i na jednej trzeciej wysokości masztu patrz rys.33. Środek parcia wędruje po powierzchni żagla wraz ze zmianą kąta natarcia.

Dopóki siły aerodynamiczne są niewielkie, to wyrównoważenie ślizgu ma mniejsze znaczenie, lecz gdy siły te wzrastają to na wzajemne położenie SC, SBO, SP są nałożone ograniczenia. Najłatwiej jest przesuwać środek parcia, i aby zmienić położenie SP trzeba przesunąć żagiel względem kadłuba i w wielu ślizgach istnieje możliwość przestawiania lub przesuwania stopy masztu, bądź też możliwość regulacji pochylenia masztu. Ślizg idealnie zrównoważony dla danych warunków lodowych winien zachowywać się statecznie, a jeżeli siła aerodynamiczna działająca na ślizg będzie wzrastała, to utrata równowagi kierunkowej powinna nastąpić wskutek równoczesnego bocznego poślizgu wszystkich płóz. Taki przypadek równoczesnego poślizgu wszystkich płóz zdarza się bardzo rzadko i najczęściej jedna z płóz jako pierwsza ulega dryfowi.

Jeżeli wpierw ulegną dryfowi płozy z tyłu ślizgu, a trzymają się lodu płozy przednie, to ślizg pod działaniem sił aerodynamicznych i dryfu płóz zostanie zwrócony dziobem w kierunku wiatru. Taki ślizg będziemy nazywali nawietrznym. Jeżeli ślizg poruszający



Rysunek 33: Idealne zrównoważenie ślizgu z przednią płozą sterującą według S.Smitha

się pierwotnie ruchem prostoliniowym wykazuje przy wzrastającej sile wiatru skłonność do zarzucenia na wiatr, to znaczy, że niewyrównoważenie ślizgu jest zbyt duże dla danych warunków i należy wpłynąć na wzajemne położenie SP i SBO, a więc dokonać zrównoważenia ślizgu. Jeżeli zajdzie sytuacja odwrotna, to znaczy pod wpływem wzrastających sił aerodynamicznych płozy z przodu ulegają wpierw dryfowi, to taki ślizg nazywamy zawietrznym, gdyż zostanie odrzucony od wiatru.

Ten sam ślizg, zależnie od rodzaju lodu i innych podanych już czynników wpływających na przemieszczanie SBO, może zachowywać się jako nawietrzny lub zawietrzny. Dlatego można mówić jedynie o optymalnym zrównoważeniu ślizgu przewidując warunki lodowe w jakich ślizg będzie żeglował.

Stałe obserwowanie zachowania się ślizgu i jego tendencji do zarzucenia na wiatr, czy też odrzucenia od wiatru, pozwala na ocenę wyrównoważenia ślizgu. Oczywiście jest to możliwe jedynie dla ślizgu prawidłowo przygotowanego. Jeżeli ślizg będzie niewłaściwie zmontowany, gdy w układzie sterowniczym wystąpią luzy, gdy płoza sterowa jest niewłaściwie amortyzowana, a płozy są stępione, nie należy przystępować do zmian w położeniu SBO lub SP.

Przygotowanie ślizgu do regulacji należy zacząć od właściwego zmontowania, naostrzenia i ustawienia płóz, zapewnienia amortyzacji płozy sterowej i od usunięcia zbędnych luzów w układzie sterowania.

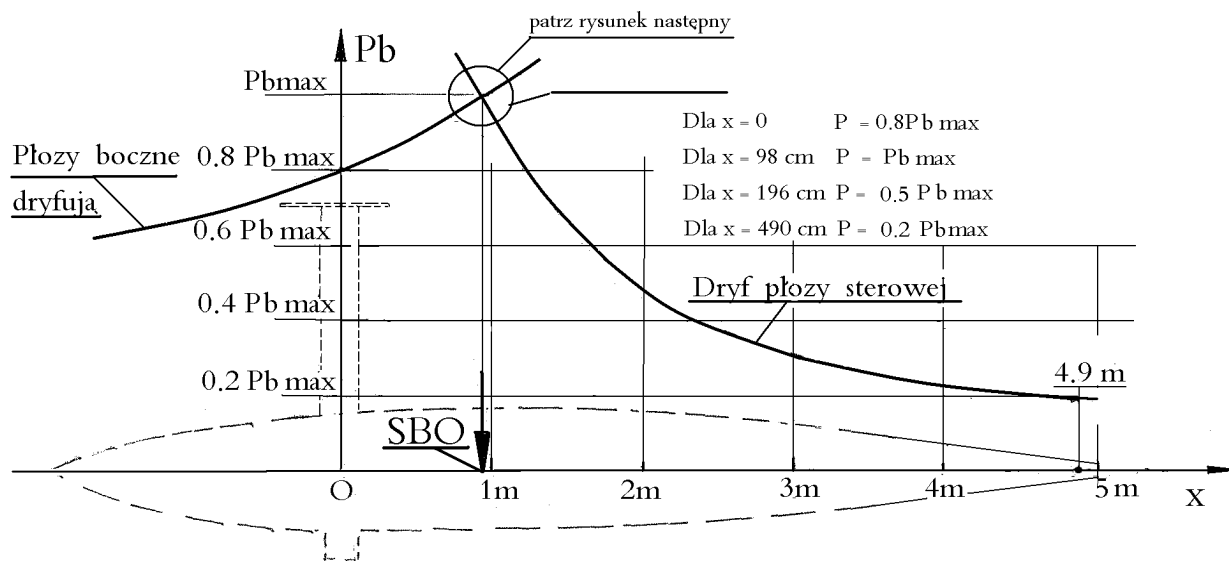
Jeżeli po takim przygotowaniu ślizg podczas żeglugi okazuje się nawietrznym, to znaczy, że zdecydowanie przeważa liczba przypadków zarzucenia na wiatr pod wpływem wzrastających sił aerodynamicznych, to należy przesunąć SP do przodu.

Jeżeli ślizg jest zawietrznym, to chcąc dokonać regulacji przesuwamy SP do tyłu. Można też dokonać regulacji przesuwając środek ciężkości SC i zwiększając obciążenie płóz przednich. Można też wykorzystać inne czynniki wpływające na położenie SBO.

Wyrównoważając ślizg należy kierować się wymaganiem aby wyrównoważenie okazało się dobrym w warunkach, które wystąpią w najbliższej przyszłości, a więc aby było dobre w pewnym zakresie warunków lodowych. Wpływ ciężkich warunków lodowych (duży opór czołowy płóz) objawia się powstaniem momentu odrzucającego ślizg od wiatru. Moment ten powstaje, ponieważ płoza zawietrzna jest bardziej dociążona niż płoza nawietrzna, a więc stawia większy opór czołowy. Wśród żeglarzy panuje pogląd poparty doświadczeniem, że w przypadku ciężkich warunków lodowych, w celu właściwego zrównoważenia ślizgu, należy przesunąć środek ożaglowania ku rufie.

Dopuszczalne niewyrównoważenie ślizgu Mówimy, że ślizg jest idealnie wyrównowany do danych warunków lodowych, jeżeli pod wpływem wzrastających sił aerodynamicznych utraci równowagę kierunkową wskutek równoczesnego poślizgu wszystkich płóz. Wydawałoby się, że odstępstwa od idealnego wyrównoważenia są niekorzystne, lecz wnikliwsza analiza pokazuje, że wcale nie opłaca się idealnie wyrównowywać ślizgu. Jest to wynikiem niejednakowego niejednakowego rozkładu ciężaru na płozy boczne i sterową. Wyobraźmy sobie, że przykładamy do kadłuba ślizgu patrz rysunek 34, siłę boczną, którą zwiększamy aż do wystąpienia poślizgu bocznego którejkolwiek z płóz lub całego ślizgu.

Jeżeli siłę tę przyłożymy w SBO będzie ona największą (P_{bmax}), gdyż ślizg zacznie dryfować wszystkimi płozami równocześnie. Przenosząc miejsce przyłożenia siły ku rufie



Wykresy przedstawiają rezultaty dla Monotypu XV

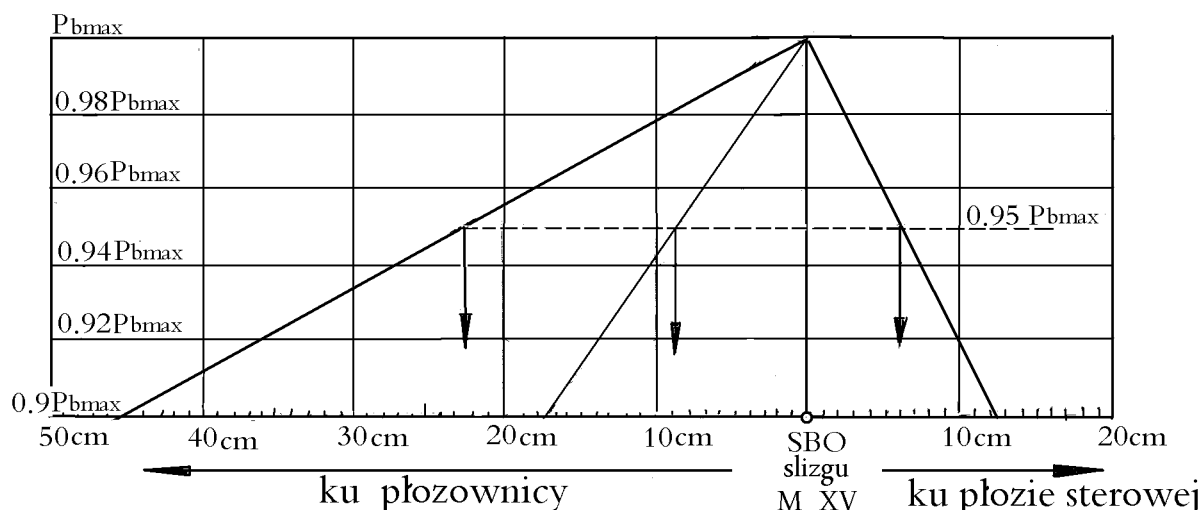
Rysunek 34: Zależność siły P_b , wywołującej dryf płóz, od miejsca jej przyłożenia.

spowodujemy poślizg płozy sterowej przy mniejszej sile niż $P_{b\max}$. Podobnie przemieszczając punkt działania siły bocznej ku dziobowi spowodujemy poślizg płóz bocznych przy mniejszej sile niż $P_{b\max}$. Łatwo jednak, analizując wykresy na rys.34 rys.35, jest zauważyć, że miejsca, w których możemy zaczepić daną siłę boczną, gdy nie występuje poślizg którejkolwiek z płóz, nie są rozłożone symetrycznie względem SBO. Np dla Monotypu XV, dla siły P_b równej 95% $P_{b\max}$ zakres ten rozciąga się na 6 cm ku rufie i na 23 cm ku dziobowi od SBO, zaś środek tego zakresu znajduje się nie w SBO lecz w odległości 9 cm bliżej płozownicy. Podobnie dla siły $P_b = 0.9 \cdot P_{b\max}$ zakres dopuszczalnych miejsc przyłożenia tej siły rozciąga się na 12 cm ku rufie od SBO i na 46 cm ku dziobowi od SBO patrz rys.35.

Dla układu z płozą sterową na rufie małe błędy polegające na przesunięciu SP ku rufie mogą spowodować utratę równowagi kierunkowej i zarzucenie ślizgu na wiatr. Dla ślizgu z płozą sterową na dziobie małe błędy w przesunięciu SP bliżej dziobu są niekorzystne ponieważ prowadzą łatwo do utraty równowagi kierunkowej i odrzucenia ślizgu od wiatru. Ślizgi niezależnie od układu są czułe na niezrównoważenie pochodzące od zbytniego przesuwania SP ku płozie sterowej, natomiast zakres bezpiecznego przemieszczania SP znajduje się dla ślizgów na odcinku od SBO do płozownicy, ponieważ na płozy boczne przypada większa część ciężaru ślizgu.

Reakcje na sterownicy Bezkrytyczne przenoszenie doświadczeń z żeglarstwa wodnego do żeglarstwa lodowego jest niebezpieczne, gdyż prowadzić może do błędnych wniosków, wskutek czego po dokonaniu regulacji zrównoważenie ślizgu nie polepsza się lecz przeciwnie ulega pogorszeniu.

Tak też jest z odczuciami sternika, który po reakcji na sterownicy chce ocenić stopień



Rysunek 35: Zależność siły P_b wywołującej dryf płóz - szczegół rysunku 34.

nawietrzności lub zawietrzności ślizgu. Nawietrzność lub zawietrzność w żeglarsztwie lodowym należy oceniać obserwując dryf płóz bocznych i sterowej, a nie należy oceniać przez reakcje na sterownicy.

W żeglarsztwie wodnym siły wywierane na rumpel są miarodajne dla oceny nawietrzności jachtu. W żeglarsztwie lodowym siły jakie musi wywierać sternik na koło sterowe zależą od sposobu naostrzenia płóz, od nachylenia osi trzonu sterowego, od gatunku lodu i nie są wogóle miarodajne dla oceny nawietrzności ślizgu.

Wyobraźmy sobie, że w ślizgu MONOTYP XV przednia część ostrza płozy sterowej jest bardzo ostra, a tylna część stępiona. Siły boczne działające na ostrze przenoszą się nierównomiernie i większa część siły przenosi się przez przednią część ostrza. Aby nie dopuścić do obrotu płozy, sternik musi trzymać mocno koło sterowe. Gdyby puścił koło sterowe to obróciłoby się ono pod wpływem napięcia linek, zaś ślizg skrzyłby od wiatru. Przenosząc doświadczenia z żeglarsztwa wodnego sternik bez wahania oceniłby, że ma do czynienia ze ślizgiem zawietrznym. Jeżeli użyjemy tego samego ślizgu w tych samych warunkach lodowych, lecz naostrzymy tylną część płozy sterowej a zaokrąglimy przednią część ostrza, to siła boczna ze strony lodu będzie wywierana na tylną część ostrza, a więc wystąpi tendencja do obrotu płozy i skręcania ślizgu na wiatr.

Trzymając koło sterowe sternik musi walczyć ze skręcaniem na wiatr, a kierując się doświadczeniem żeglarza wodnego oceniłby ten sam ślizg jako nawietrzny. Podobne rozważania można przeprowadzić dla różnych nachyleń osi trzonu sterowego.

Jeszcze raz stwierdzamy, że reakcje wywierane na koło sterowe jak również zachowanie się ślizgu z puszczonego przez sternika kołem sterowym nie są miarodajne dla oceny nawietrzności ślizgu. Sprawa reakcji wywieranych przez sternika na układ sterowy i jego subiektywne odczucia tendencji ślizgu do skręcania na wiatr czy odrzucania od wiatru, to bardzo ważne zagadnienie, które w żeglarsztwie lodowym nie doczekało się jeszcze opracowania. Zagadnienie to jest ważne ze względu na pożądane stateczne zachowanie się ślizgu z puszczonego kołem sterowym, gdy w czasie ruchu działają nie

tylko siły aerodynamiczne lecz i siły bezwładności w ruchu krzywoliniowym.

Aby kierujący jakimkolwiek pojazdem doznawał odczucia pełnej kontroli i komfortu podczas sterowania, to powinny istnieć współzależności pomiędzy siłami na sterownicy a skutkami sterowania. W przypadku ślizgu są to relacje pomiędzy siłami na sterownicy a przyspieszeniem dośrodkowym. Takie wymagania są określane w lotnictwie przez podanie wartości siły na sterownicy aby uzyskać określone przyspieszenie dośrodkowe w czasie lotu. Prawidłowa wartość tego przyrostu siły zwanego gradientem siły względem przyspieszenia, decyduje nie tylko o bezpieczeństwie lecz także sprzyja pozytywnej ocenie o właściwościach pilotażowych samolotu.

W przypadku ślizgu lodowego można wpływać na wartość gradientu siły na sterownicy względem przyspieszenia pochylając oś trzonu sterowego, bądź można zastosować jakiś element z całego arsenału środków stosowanych w lotnictwie jak np. wyważające sprężyny. Pochylenie osi trzonu sterowego do tyłu od 12° do 15° jak to jest w ślizgach Yankee, Nite lub też może być w DN sprzyja zapewnieniu prawidłowej wartości siły na sterownicy.

Reguły zrównoważenia w ślizgu lodowym Środek ciężkości ślizgu SC może chwilowo znajdować się bliżej dziobu lub też bliżej rufy niż SBO. Przyjmijmy, że środek ciężkości znajduje się bliżej rufy niż SBO, i że ślizg porusza się po łuku, a jego siły bezwładności są równoważone siłami działającymi na płozy ze strony lodu. Im większa prędkość ślizgu po torze i im mniejszy promień skrętu, tym większe są siły bezwładności (odśrodkowe) i może dojść do wyczerpania zdolności skrętowej ślizgu poprzez poślizg boczny płozy znajdującej się na rufie, ponieważ siły bezwładności są zaczepione w SC ślizgu. Na skutek bocznego poślizgu płozy rufowej ślizg zaczyna się obracać i maleje promień łuku, po którym porusza się ślizg.

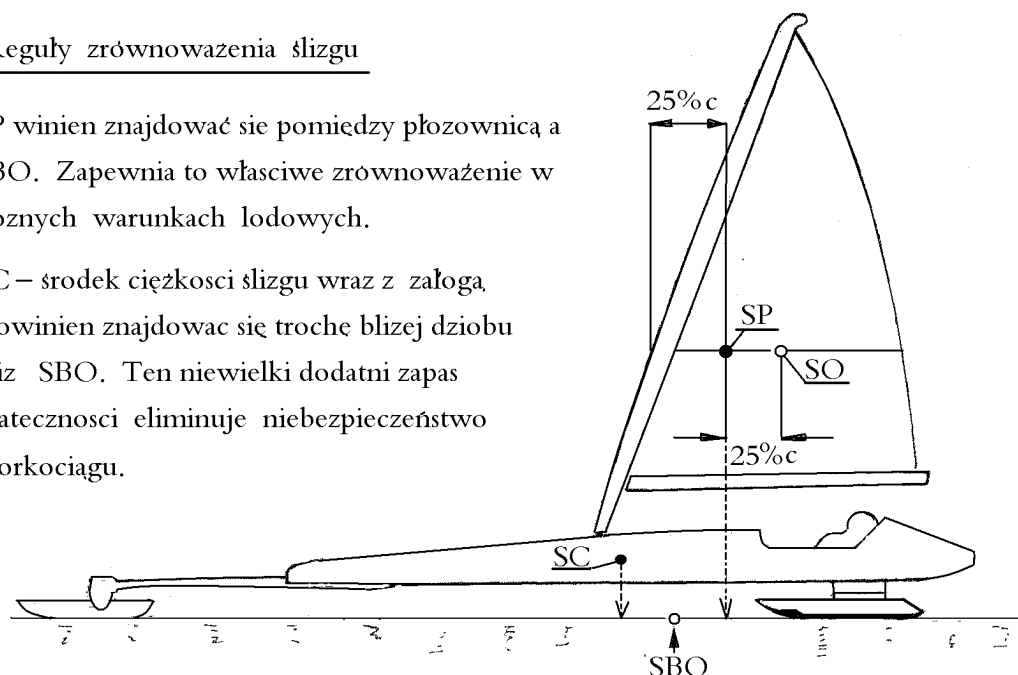
Siły bezwładności, wskutek poruszania się po łuku o mniejszym promieniu, zaczynają wzrastać, a obracanie się ślizgu przybiera na intensywności. Zjawisko to nazywamy korkociągiem, i jest ono bardzo szkodliwe dla trwałości ślizgu zaś płozy ulegają bardzo szybkiemu stępieniu.

Odwrotnie, gdy SC ślizgu będzie znajdował się bliżej dziobu niż SBO to wyczerpanie zdolności skrętowej ślizgu wskutek ruchu po łuku o zbyt małym promieniu dla danej szybkości jazdy, następuje wskutek bocznego poślizgu płóz znajdujących się bliżej dziobu przed SC ślizgu. Ten dryf płóz przednich powoduje, że promień łuku, po którym porusza się ślizg, wzrasta. Maleją więc siły bezwładności i dzięki temu płozy przednie mogą odzyskać przyczepność, jeżeli zmaleje szybkość jazdy, lub gdy sternik ustawi płożę w położeniu odpowiadającym łagodniejszemu zakrętowi.

Widzimy więc, że położenie SC ślizgu bliżej dziobu przed SBO jest korzystne, gdyż taki ślizg zachowuje się w zakręcie statecznie, a wyczerpanie zdolności skrętowej objawia się dryfem płóz przednich i ruchem ślizgu po łuku o promieniu większym niż wyznacza to ustawienie płóz. O statecznym zachowaniu się ślizgu w zakręcie decydować będzie odległość pomiędzy SC i SBO. Odległość tę nazywamy zapasem stateczności ZS i jest on dodatni jeśli SC znajduje się bliżej dziobu niż SBO. Należy tak wyregulować ślizg, aby podczas ruchu zapas stateczności był dodatni, to znaczy SC musi znajdować się bliżej dziobu niż SBO. Narzuca to konieczność starannego ostrzenia płóz znajdujących się na rufie ślizgu.

Reguły zrównoważenia ślizgu

1. SP winien znajdować się pomiędzy płozownicą a SBO. Zapewnia to właściwe zrównoważenie w różnych warunkach lodowych.
2. SC – środek ciężkości ślizgu wraz z załogą, powinien znajdować się trochę bliżej dziobu niż SBO. Ten niewielki dodatni zapas stateczności eliminuje niebezpieczeństwo korkociagu.



Rysunek 36: Charakterystyczne elementy wyrównoważenia ślizgu lodowego

Zbyt duży zapas stateczności też nie jest korzystny ponieważ oznacza to, że przednie płozy są nieodpowiednio naostrzone i manewrowość takiego ślizgu ulega pogorszeniu, zwłaszcza utrudnione są zwroty przez sztag.

Ślizg powinien mieć bardzo niewielki lecz dodatni zapas stateczności. Taki ślizg nie będzie wykazywał skłonności do korkociągów będąc przy tym w pełni sterownym.

Jak pokazuje praktyka, w ślizgach z płozą sterową na dziobie, łatwo jest uzyskać dodatni zapas stateczności i dlatego przednia płoza sterująca przedstawia rozwiązanie problemów korkociagu.

Jeżeli nie przedsięwzięto starań o specjalnie dobrane naostrzenie płóz i wyrównowanie, to z reguły podczas żeglugi w ślizgach z płozą sterową na rufie zapas stateczności jest ujemny, a w ślizgach z płozą sterową na dziobie dodatni.

Jak powinno przedstawiać się zrównoważenie ślizgu lodowego żeglującego w rzeczywistych warunkach w świetle przedstawionych uwag pokazano na rys.36.

A więc:

1. Środek Parcia SP powinien znajdować się pomiędzy płozownicą a SBO. Zapewnia to właściwe zrównoważenie ślizgu w pewnym zakresie zmienności warunków lodowych.
2. Środek ciężkości ślizgu wraz z załogą powinien znajdować się trochę bliżej dziobu niż SBO. Ten niewielki dodatni zapas stateczności eliminuje niebezpieczeństwo korkociągów.
3. Pochylenie osi trzonu sterowego zapewnia, przy wykonywaniu manewru zakręca-

nia, właściwe przyrosty siły na sterownicy, a więc sprzyja zachowaniu równowagi kierunkowej.

1.12 Ocena właściwości ślizgu

Z teorii ślizgu lodowego wiadomo, że trzy podstawowe czynniki ograniczają szybkość ślizgu. Są to:

1. konieczność pokonywania oporów czołowych płóz,
2. ograniczona stateczność poprzeczna - ślizg może się przewrócić,
3. ślizg może utracić równowagę kierunkową.

Zależnie od warunków meteorologicznych o szybkości ślizgu decydować będzie jeden z trzech czynników. Tylko w nawiązaniu do warunków meteorologicznych można porównywać właściwości różnych ślizgów. Ślizg szybszy przy dobrych warunkach lodowych może okazać się znacznie wolniejszy od ślizgu konkurencyjnego, gdy lód będzie bardziej miękki lub gdy osłabnie wiatr rzeczywisty. Potwierdzają to obserwacje zachowania się ślizgów należących do różnych klas. Wielkością charakterystyczną dla oceny właściwości ślizgu będzie stosunek ciężaru całkowitego ślizgu do powierzchni żagla, a więc liczba kilogramów, przypadająca na jeden metr kwadratowy żagla. Oczywistym jest, że ślizgi o dużym stosunku ciężaru całkowitego do powierzchni żagla, nadają się do żeglugi przy silnych wiatrach i odwrotnie ślizgi przeżaglowane żeglować będą najlepiej przy wiatrach słabych. Dane podano w tabelicy 1.

Porównując wartości G/S zestawione w kolumnie 9 stwierdzimy, że ślizgi Yankee i Skeeter charakteryzują się wysokim stosunkiem G/S, natomiast Monotyp XV oraz DN-60 należą do ślizgów o małym obciążeniu powierzchni żagla.

Wysoko obciążone ślizgi są zdolne do osiągania rekordów prędkości, ponieważ mogą żeglować przy bardzo silnych wiatrach. Gdy jednak wiatr osłabnie lub gdy warunki lodowe ulegną pogorszeniu, to ślizgi o wysokim stosunku G/S bardzo szybko tracą swe dobre właściwości, a często nie dają się wogóle uruchomić. Równocześnie żeglują takie ślizgi jak np. Monotyp XV. Czynnikiem ograniczającym uzyskiwane szybkości u ślizgów z wysokimi wartościami G/S jest ograniczona zdolność pokonywania zwiększonych oporów czołowych przez składową napędową siłę aerodynamiczną działającej na żagiel.

Wiadomo, że do całkowitej oceny właściwości ślizgu poza znajomością jego ciężarów i wymiarów niezbędna jest znajomość jego biegunowej aerodynamicznej. Najczęściej jednak zaznajamiając się z nową konstrukcją napotykamy na brak danych odnośnie właściwości aerodynamicznych i dlatego jesteśmy zmuszeni do dokonania przybliżonej analizy właściwości ślizgu jedynie w oparciu o dane ciężarowe i wymiary ślizgu. Jest to sposób oceny wystarczająco dokładny, jeżeli porównujemy ze sobą dwa ślizgi z żaglem z tkaniny. Wykorzystujemy więc dane zestawione w tabelicy 1.:

Zdolność pokonywania oporów płóz. Właściwości różnych ślizgów i ich zdolności do pokonywania przeszkód będziemy oceniali porównując stosunek G/S. Im mniejsza jest ta wartość, tym łatwiej daje sobie radę ślizg z przeszkodami oraz przy słabszym wietrze będzie mógł żeglować.

Tabela 1: Parametry techniczne ślizgów

TYP	Za ł o g a	G_P kG	G kG	S m^2	h m	B_k m	d m	G/S kG/m^2	B_k/h –	P_B/S kG/m^2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
XV	2	205	355	15	7.0	4.05	1.87	23.5	0.578	13.6
XV	1	205	280	15	7.0	4.05	1.87	18.4	0.578	10.7
XVref	2	205	355	10.1	5.9	4.05	1.87	34.8	0.686	24.7
ARROW	2	91	241	8.5	5.5	3.66		28.4	0.665	18.8
ARROW	1	91	164	8.5	5.5	3.66		19.2	0.665	12.8
SKEETER	1	227	302	8.1	7.0	5.48	2.49	37.3	0.78	29.4
SKEETER	2	227	377	8.1	7.0	5.48	2.49	46.5	0.78	36.4
YANKEE	1	205	280	8.1	7.0	4.88	2.25	29.0	0.880	25.4
YANKEE	2	205	355	8.1	7.0	5.18	2.37	43.7	0.740	32.3
NITE	1	118	193	7.0	5.52	3.4		27.6	0.615	17.0
NITE	2	118	268	7.0	5.52	3.4		38.3	0.615	23.6
RENEGADE	1	136	211	7.3	5.55	4.88	2.25	29.0	0.880	25.4
DN-60	1	68	143	6.25	4.88	2.42	1.07	22.9	0.497	11.3

kolumna 2 - liczba załogi osób

G_P [kG] - ciężar konstrukcji

G - [kG] - ciężar całkowity podczas żeglugi

S - [m.kw] - całkowita powierzchnia żagla

B_k - [m] - rozstaw płóz

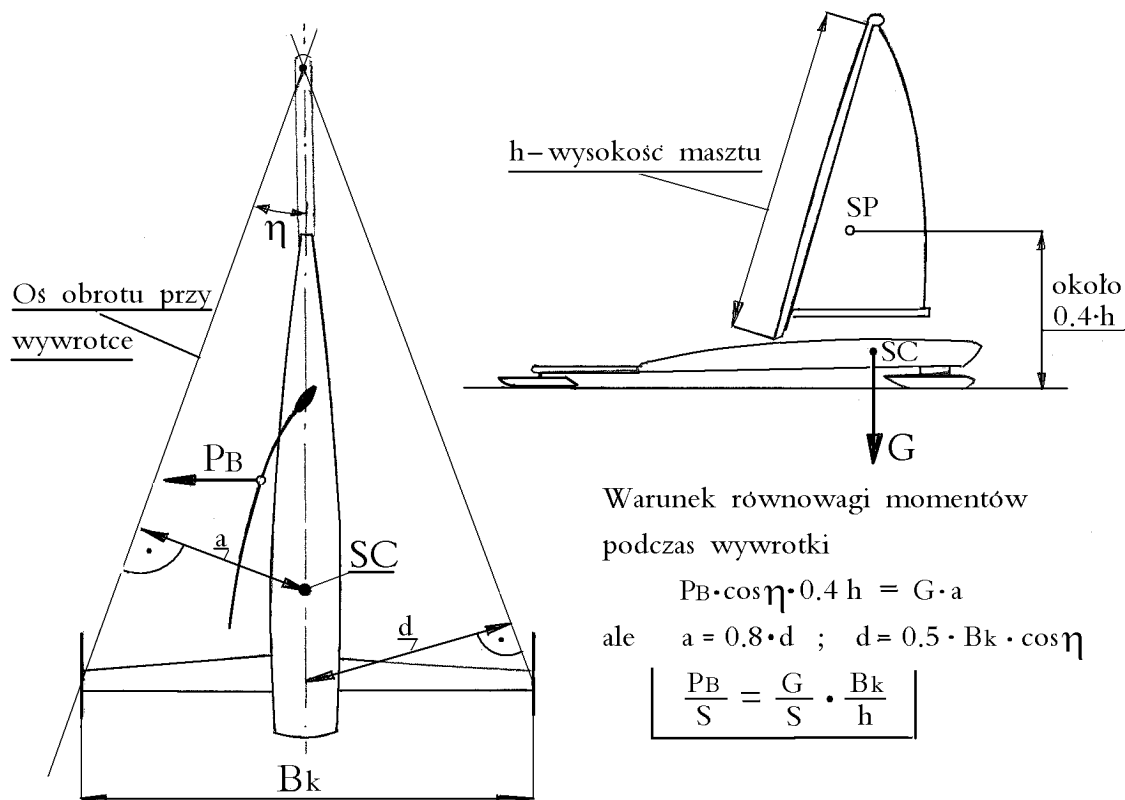
h - [m] - wysokość masztu, a dla zarefowanego żagla długość części masztu.

d - [m] - charakterystyczny dla ślizgu wymiar patrz rys.37

B_k/h - stosunek rozstawu płóz do wysokości masztu

P_B/S -[kG/m.kw] - średnia wartość ciśnienia na żaglu podczas wywrotki

P_B/G - stosunek siły bocznej do ciężaru w chwili wywrotki.

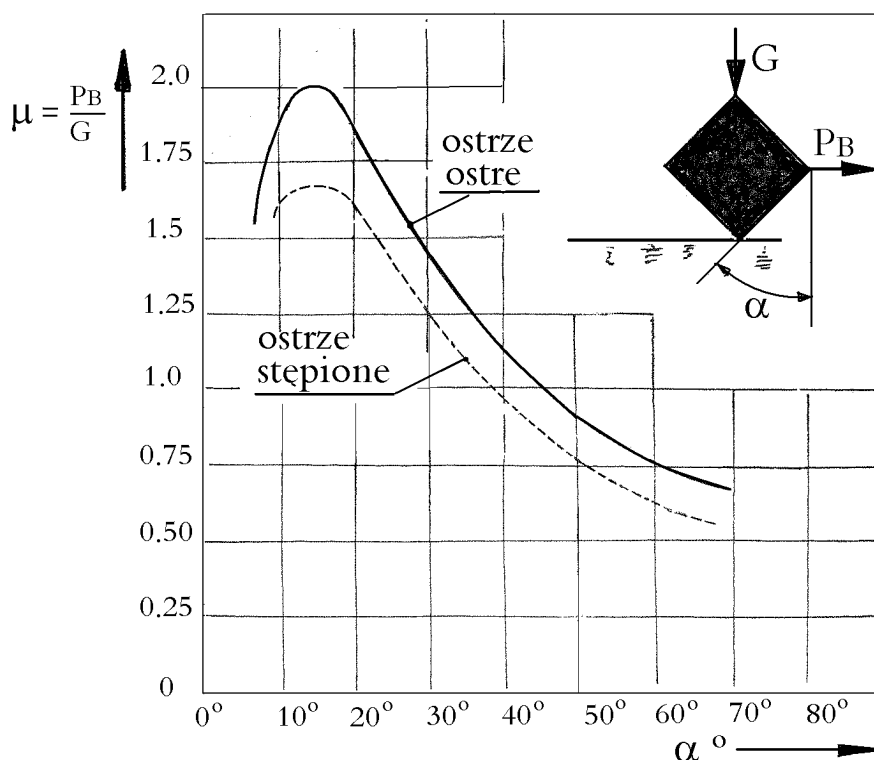


Rysunek 37: Do warunków utraty równowagi poprzecznej

Ograniczenia ze strony stateczności poprzecznej Chcąc porównać właściwości statecznościowe ślizgów, musimy zbadać, przy jakim ciśnieniu wiatru działającego na żagiel ślizg się przewraca. Obliczenie jest bardzo proste, jeżeli założyć, że ślizg przewraca się jedynie pod działaniem siły bocznej zaczepionej w środku parcia, który u większości ślizgów można umiejscowić w przybliżeniu na wysokości $0.4 \cdot h$ nad powierzchnią lodu, gdzie „ h ” jest wysokością masztu. Gdy ślizg się przewraca, to następuje jego obrót dookoła prostej łączącej płozę boczną i sterową. Przewracaniu się przeciwdziałają ciężar ślizgu i załogi działające na ramieniu stateczności „ a ” patrz rys.37. Nie znając dokładnego położenia środka ciężkości przyjmujemy dla wszystkich ślizgów, że ramię stateczności $a = 0.8 \cdot d$, gdzie „ d ” jest odległością od osi obrotu przy wywrotce do punktu przecięcia się płaszczyzny symetrii kadłuba z osią płozownicy. Wartość tę wyznaczają takie parametry konstrukcyjne jak długość konstrukcyjna „ L_k ” i szerokość konstrukcyjna czyli rozstaw ostrzy płóz „ B_k ” i jest ona podana w kol.8 tablicy 1.

Z warunku równowagi oblicza się siłę boczną przewracającą ślizg, a dzieląc tę siłę przez powierzchnię żagla S obliczamy średnie obciążenie od wiatru działające na żagiel w chwili utraty równowagi poprzecznej. Im większa jest wartość tego obciążenia, tym większą prędkość może osiągnąć ślizg bez obawy wywrotki. Zestawienie tych wartości przedstawiono w kolumnie 11 tablicy 1.

Porównując te wartości np. dla Monotypu XV i dla Skeetera stwierdzamy, że Skeeter przewróci się dopiero wtedy, gdy obciążenie od wiatru działające na żagiel będzie 2.13



Rysunek 38: Zdolność ostrza do przenoszenia siły bocznej

razy większe niż to, przy którym Monotyp XV już się wywrócił. Ten efekt uzyskano dzięki stosunkowo znacznemu ciężarowi własnemu Skeetera, małej powierzchni żagla i dużemu rozstawieniu płóz bocznych. Nieco gorzej w porównaniu ze Skeeterem przedstawiają się właściwości ślizgu Yankee. Natomiast dla ślizgu DN-60 zauważymy niekorzystną różnicę w obciążeniu od wiatru, które przewróci ten ślizg w porównaniu z XV. Żagiel Monotypu XV można zarefować i wtedy właściwości statecznościowe tego ślizgu wzrastają dorównując ślizgowi Yankee na skutek zmniejszenia powierzchni żagla i obniżenia się środka ożaglowania.

Ograniczenia ze strony stateczności kierunkowej Trzecim czynnikiem, który może ograniczać uzyskiwane szybkości jest możliwość utraty równowagi kierunkowej. Na ślizg żeglujący po prostej działa składowa boczna siły aerodynamicznej i jeżeli płozy nie będą w stanie przenieść tej siły to nastąpi boczny poślizg płóz. Niewyrównoważenie ślizgu powoduje, że utrata równowagi kierunkowej następuje bardzo łatwo, ponieważ jedna z płóz jest najbardziej obciążona i to ona jako pierwsza wyskakuje z wyżłobionego w łodzi rowka.

Zajmijmy się ślizgiem dobrze wyrównoważonym i oceńmy kryterium, któremu muszą sprostać płozy, aby przed przewróceniem ślizgu nie doszło do utraty równowagi kierunkowej. Na wykresie patrz rys.39 przy którego pomocy można porównywać właściwości różnych ślizgów wykreślono z początku układu współrzędnych pęk linii prostych z któ-

rych każda odpowiada ustalonej wartości μ to jest stosunkowi siły bocznej P_B do ciężaru G .

$$\mu = \frac{P_B}{G}$$

Na tle linii $\mu = const$ widać, że ślizgi o małej stateczności poprzecznej stawiają ostrzom płóz mniejsze wymagania niż ślizgi o dużej stateczności. Aby zrównoważyć siły aerodynamiczne w chwili wywrotki ślizgu DN-60 wystarczą płozy zapewniające wartość współczynnika μ równą 0.5, podczas gdy w ślizgu Skeeter trzeba użyć płóz zapewniających $\mu = 0.8$. Także zarefowanie żagla Monotypu XV zwiększa wymagania dla płóz do $\mu = 0.7$. Jeżeli płozy nie zapewniają odpowiedniej wartości μ dla całego ślizgu to możliwości ślizgu nie są wykorzystane i ograniczenie szybkości wynika na skutek dryfu ślizgu.

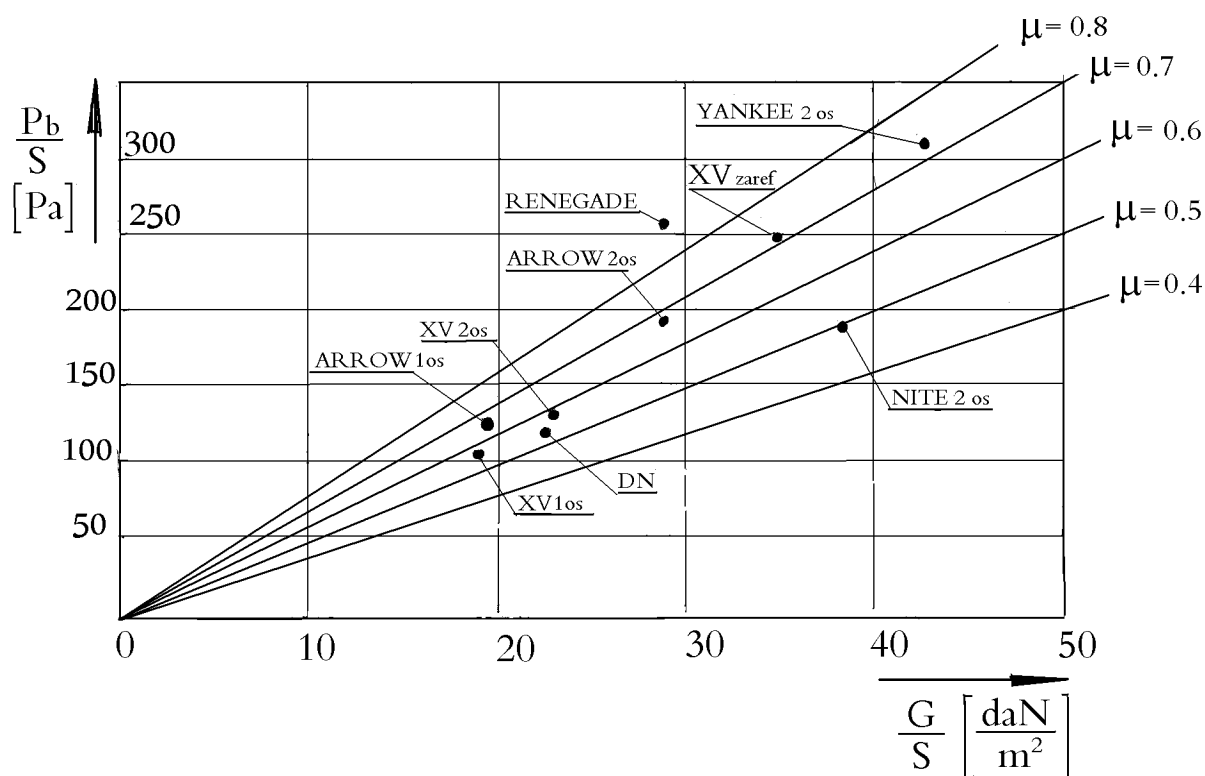
Wartość współczynnika μ jaką może zapewnić pojedyncza płoza o kącie zaostrenia $Z = 90^\circ$, przy różnym jej ustawieniu do powierzchni lodu przedstawia rys.38. Wartość $\mu = P_B/G$ może przekraczać nawet 2.0. Tak duża wartość tego stosunku sił nie jest wynikiem tarcia płozy o lód lecz skutkiem oddziaływania płozy na powierzchnię wyłobionego w lodzie rowka. W praktyce na skutek nieuchronnego stępienia ostrza, luzów w zawieszeniu ślizgu, współczynnik ten jest niższy, a dla całego ślizgu wynika z oddziaływania wszystkich płóz i wskutek nie zrównoważenia aerodynamicznego ślizgu jego wartość może być bardzo mała.

Płozy winny zapewnić nie tylko potrzebną wartość współczynnika μ aby ślizg mógł zeglować po prostej i wykorzystywać swoje możliwości w zakresie stateczności, lecz także musi istnieć pewna nadwyżka siły bocznej, którą muszą przenieść płozy aby ślizg mógł wykonywać zakręty, w których trzeba pokonać znaczną siłę odśrodkową. Są to siły znaczne, gdyż np. przyspieszenie dośrodkowe w zakręcie o promieniu 100 m przy szybkości ślizgu 90 km/godz. wynosi 0.63 przyspieszenia ziemskiego, a więc płozy muszą zapewnić całemu ślizgowi nadwyżkę współczynnika μ równą 0.63. W przeciwnym wypadku dojdzie do wyczerpania zdolności skrętowej i utraty stateczności kierunkowej podczas zakręcania.

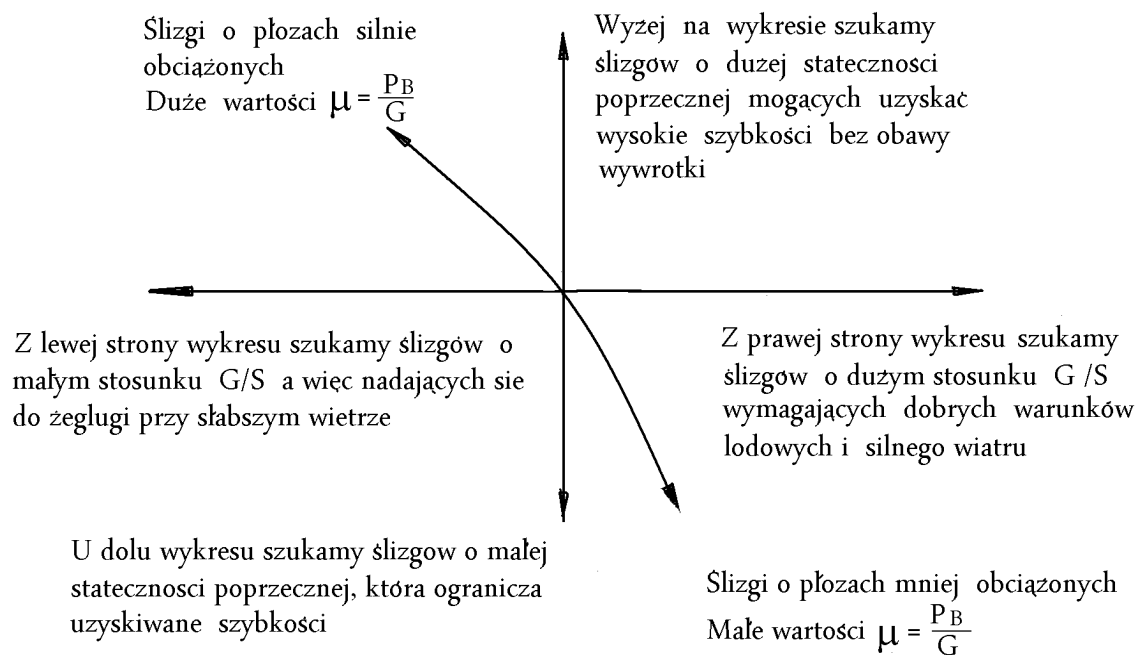
Wykres porównawczy Przy pomocy wykresu porównawczego patrz rys.39 możemy porównywać właściwości ślizgów. Im wyżej na wykresie znajduje się punkt reprezentujący ślizg, tym większe ciśnienie może działać na żagle i ślizg się nie wywraca, a więc może osiągnąć większą szybkość bez obawy wywrotki. Ślizgów szybkich szukamy w górnej połowie wykresu a ślizgów wolnych w dolnej połowie. Do analizy pomocny jest klucz rys.40.

Dla oceny możliwości żeglugi w ciężkich warunkach lodowych i przy słabym wietrze charakterystycznym jest parametr G/S gdzie „G” jest ciężarem ślizgu wraz załogą. Ślizgów na słabe wiatry szukamy z lewej strony wykresu, a ślizgów na silne wiatry i wymagających dobrych warunków lodowych szukamy z prawej strony wykresu. Ślizg typu Skeeter wymagać będzie gładkiego, twardego niezaśnieżonego lodu i silniejszych wiatrów.

Przy pomocy linii $\mu = const$ możemy stwierdzić jaką wartość współczynnika μ muszą zapewnić płozy, aby stateczność poprzeczna mogła być rzeczywiście wykorzystana. Znaleziona wartość μ daje wskazówkę odnośnie doboru płozy i naostrzenia ostrza. Na przykład płozy, które doskonale nadają się w konkretnych warunkach dla XV nie będą



Rysunek 39: Wykres porównawczy



Rysunek 40: Klucz do wykresu porównawczego

nadawały się dla ślizgu o parametrach Skeetera przy tych samych warunkach lodowych, a gdyby je zastosować to walory ślizgu nie byłyby wykorzystane.

Bardzo cenną właściwością ślizgu jest, jeżeli dają się zmieniać w pewnych granicach jego charakterystyczne parametry, gdyż wtedy ślizg może dobrze żeglować w różnych warunkach lodowych i meteorologicznych. Dobalastowanie ślizgu, zmiana powierzchni ożaglowania, zmiana liczebności załogi są to środki pozwalające rozszerzyć możliwości ślizgu.

Wpływ wielkości ślizgu Można zbudować dwa ślizgi, jeden duży a drugi mały, w tym samym układzie konstrukcyjnym, mającym takie same parametry jak stosunek ciężaru całkowitego do powierzchni żagla oraz to samo ciśnienie wiatru, które działając na żagiel przewraca ślizg.

Dążenie do obniżenia kosztów wytwarzania ślizgu, zmniejszenia robocizny i zużycia materiałów, jak również łatwość transportu powoduje zwiększone zainteresowanie coraz mniejszymi jednostkami. Istnieje jednak granica, do której jest celowe zmniejszenie wielkości budowanych ślizgów, a wyznaczają ją prawa podobieństwa zjawisk fizycznych i biologia. Nie możemy przecież zmniejszyć człowieka.

Otóż ze zmniejszeniem wielkości i ciężaru budowanych ślizgów opory czołowe płóz wcale nie maleją proporcjonalnie. Ma to miejsce w szczególności dla przypadku, gdy na lodzie zalega warstwa śniegu. Podobnie niekorzystny jest wpływ nierówności lodu, które trzeba odnosić do wielkości ślizgu. Zaśnieżenie pokrywy lodowej wpływa silniej na ślizg mały niż na ślizg duży. Wkutek niskiego położenia kadłuba nad lodem mały ślizg ma mniejszą zdolność pokonywania zasp, zaś mała bezwładność ślizgu może nie wystarczyć do przebiccia się przez taką zaspę, która dla dużego ślizgu nie stanowi większej przeszkody. Gdy warunki lodowe są dobre, to żeglują nawet mini ślizgi jak np. „ICE BIRD” o powierzchni żagla 3.5 m.kw., lecz gdy warunki lodowe ulegają pogorszeniu, niekorzystnie to wpierw wpływa na małe ślizgi. Tak więc zaletą dużych ślizgów nie jest szybka żegluga, gdyż małe ślizgi żeglują równie szybko lecz zachowanie zdolności do żeglugi przy pogarszających się warunkach lodowych. Tylko w zależności od warunków lodowych, które należy rozpatrywać w przekroju wieloletnim można ocenić korzystną wielkość małego ślizgu. Ślizg, który może być używany przez większą część sezonu np. na jeziorach amerykańskich może nie nadawać się do żeglugi w naszych warunkach. Podstawą do oceny przydatności danego typu ślizgu powinny być analizy statystyczne warunków lodowych na naszych akwenach.

Z przesłanki uzyskania jak najlepszych walorów statecznościowych wynika tendencja budowy ślizgów o niezmiennym ciężarze i o niezminionej powierzchni żagla, ale o wymiarach większych. Tak rozwija się ślizg Skeeter, a wzrost jego wymiarów geometrycznych był podyktowany żądaniem zwiększonej stateczności. Ten kierunek rozwoju ślizgów, prowadzący do tworzenia maszyn regatowych, chociaż technicznie uzasadniony, jest tłumiony przez przeciwstawne wymagania jak pożądaný niski koszt budowy i łatwość transportu.

Jeżeli zwiększamy wymiary ślizgu nie zmieniając jego ciężaru musimy użyć znacznie wytrzymalszych i droższych materiałów oraz zastosować trudniejszą technologię wykonania, a więc za tym idą większe koszty budowy.

Do bardzo szybkich należy także ślizg RENEGADE, o wymiarach liniowych więk-

szych niż Skeetera, ale mający mniejszą powierzchnię żagla. Konstruktorowi ślizgu Renegade udało się zbudować jacht lodowy o doskonałych technicznych parametrach i bardzo dobrych walorach użytkowych. Renegade jest tak szybki jak Skeeter zaś jego ładowanie, transport i montaż może przeprowadzić jedna osoba, podobnie jak i ślizgu DN.

Literatura

- [1] Kurski Witold: Wybrane zagadnienia teorii żeglowania. Skrypt A.W.F. Gdańsk 1986 r.
- [2] Kurski Witold: Żeglarstwo lodowe. Skrypt A.W.F. Gdańsk 1993 r.
- [3] Kurski Witold: Wpływ prędkości jazdy ślizgu lodowego na siły aerodynamiczne. Zeszyty Naukowe AWF, Gdańsk 12/1990.
- [4] Kurski Witold: Wpływ prędkości jazdy na równowagę poprzeczną ślizgu lodowego. Zeszyty Naukowe AWF, Gdańsk 12/1990.
- [5] Kurski Witold: Aspekty techniczne rekordów prędkości ślizgów lodowych. Akademia Wychowania Fizycznego w Gdańsku, Rocznik Naukowy Tom III 1994 r.
- [6] Pounder E.R.: The Physics of Ice.
- [7] Korowielskij D.N.: Bujernyj Sport,

Spis treści

1	TEORIA ŻEGLOWANIA	1
1.1	Wiatr rzeczywisty i pozorny	1
1.2	Siły działające na ślizg w ruchu	4
1.3	Praca płozy w ślizgu lodowym	6
1.4	Powstawanie sił aerodynamicznych	8
1.4.1	Wpływ na opór ograniczonych wymiarów płata	10
1.5	Biegunowa aerodynamiczna żagla i ślizgu	12
1.5.1	Aerodynamiczne opory szkodliwe w pracy jachtu	15
1.5.2	Źródła oporów aerodynamicznych i metody ich zmniejszenia . . .	17
1.5.3	Jak poprawić doskonałość aerodynamiczną ślizgu	17
1.6	Wykres sił napędowych i bocznych	19
1.6.1	Konstrukcja wykresu Hereshoffa	21
1.6.2	Wnioski z wykresu Hereshoffa	21
1.7	Ograniczenia w ruchu ślizgu lodowego	23
1.8	Wpływ oporów płóz na żeglugę	24
1.9	Równowaga poprzeczna ślizgu lodowego	31
1.10	Równowaga kierunkowa ślizgu lodowego	36
1.10.1	Zrównoważenie aerodynamiczne	36
1.10.2	Zrównoważenie sił bezwładności	39
1.11	Zrównoważenie ślizgu lodowego	41

1.12 Ocena właściwości ślizgu	50
---	----

Materiały Szkoleniowe - Żeglarstwo Lodowe

WITOLD KURSKI

listopad 2008

Opracowanie na prawach rękopisu
dla instruktorów żeglarstwa lodowego.

1 PRAKTYKA BOJEROWA

1.1 Warunki bezpieczeństwa w żeglarstwie lodowym

Nie jest prawdziwym twierdzenie, że żeglarstwo lodowe jest sportem niebezpiecznym. Natomiast jest to sport potencjalnie niosący zagrożenie w przypadku nieuwagi lub nieostrożności. Zagrożenia idą nie tylko ze strony rozwijanych dużych szybkości lecz również ze strony środowiska jakim jest powłoka lodowa i mroźne powietrze.

Bezpieczeństwo na lodzie jest zawsze związane z osobistą wygodą i komfortem cieplnym. Być zmarzniętym na lodzie, daleko od domu, to pożalowania godne. Energia szybko się wyczerpuje, maleje koncentracja uwagi i zmniejsza się zdolność do rozsądnego i efektywnego działania. Prowadzenie w takich warunkach ślizgu lodowego łatwo może doprowadzić do przekroczenia granic bezpieczeństwa. Tak więc należy się ubrać ciepło od stóp do głowy.

1.1.1 Ubranie i wyposażenie bojerowca

Na szczęście w obecnych czasach posiadamy szerokie możliwości wyboru ubrań ocieplających od przydatnych w wyprawach arktycznych, poprzez wyposażenie myśliwych, aż do najbardziej modnych kombinezonów narciarskich czy motocyklowych. Oczywiście inaczej w tych samych warunkach, ubierze się zawodnik, inaczej sędzia regatowy a jeszcze inaczej osoba towarzysząca w charakterze widza. Z kolei zawodnik inaczej musi się ubrać podczas mroźnej pogody, a inaczej gdy lód jest pokryty warstwą wody. Inne założy rękawice do startu, a inne, gdy musi przy ślizgu wykonać prace montażowe. Zewnętrzna warstwa ubioru powinna być nieprzewiewna. Wewnętrzne warstwy to ocieplające podkoszulki, kalesony i wełniane swetry. Grube skarpety pojedyncze lub podwójne. Obuwie gumowe lub inne ocieplone od wewnątrz. Raki do dochodzenia po gładkim lodzie lub gdy ślizg należy rozpętać przy starcie, są bardzo pożądane.

Rekawice winny być nieprzewiewne i umożliwiające trzymanie szotów. Bardzo dobre są podczas żeglugi rękawice z jednym palcem, dwuwarstwowe z warstwą wewnętrzną

welnianą. Można zaadaptować rękawice robocze i nakładać dwie pary. Również rękawice narciarskie są dobre w łagodniejszych warunkach. Do pracy przy ślizgu trzeba mieć zapasowe lekkie rękawice, pozwalające na pracę palcami podczas regulacji i prac montażowych.

Ochronę głowy zapewni kask ochronny oraz okulary ochronne, najlepiej narciarskie. Obecnie jest szeroki wybór kasków motocyklowych z opuszczanymi osłonami zastępującymi okulary ochronne. Okulary, gogle lub opuszczane szybki są bezwzględnie konieczne celem ochrony gałek ocznych przed zimnem i okrucami lodu ulatującymi spod płóz.

Stosowanie kasków i gogli ogranicza pole widzenia. Dlatego ważnym jest oglądanie się na boki, zwłaszcza gdy zamierzamy wykonać zakręt. Będąc właściwie ubranym można już upewnić się czy lód nadaje się do żeglugi. Należy pamiętać, że zarówno wczesny lód w początkowym okresie zalodzenia jak i lód wiosenny może być niebezpieczny, mimo, że jego grubość jest pozornie wystarczająca. Zanim zaczniesz żeglować należy przeprowadzić rozpoznanie lodowe. To zajęcie nie może być wykonane w pojedynkę, a przed rozpoznanie należy poinformować pozostających na brzegu o zamierzonych działaniach. Aby sprawdzić grubość lodu należy wziąć świder rybacki do przewiercania otworów, ewentualnie siekierę lub łom, pręt i taśmę pomiarową. Przed żeglowaniem zasięgnij informacji od żeglujących tu wcześniej i od stałych mieszkańców. Ważne to jest, gdy przybywasz na akwen ci nieznany, daleki od twego miejsca zamieszkania. Niektóre ślizgi lodowe mają pływalność inne nie, ale warto rozważyć jakie zastosować środki, aby zapewnić dodatkową pływalność, na wypadek załamania się lodu. Rozsądne jest wozić linkę bezpieczeństwa o długości 15-25 m najlepiej pływającą, zakończoną rzutką. Takie rzutki ratownicze są obecnie łatwo dostępne w sprzedaży. W czasie jazdy należy ją mieć pod ręką. Może być przydatna gdy nam jest potrzebna pomoc, lub gdy tej pomocy udzielamy innym. Można również rozważyć osobiste środki bezpieczeństwa jak np. nadmuchiwane kamizelki ratunkowe używane przez pilotów, komandosów lub nurków, których cechą wspólną jest, że nie krępują ruchów, a niektóre mogą stanowić zewnętrzne okrycie. Te kamizelki mogą być trudne do nabycia. Natomiast bez trudu można wykonać we własnym zakresie zaczepy zwane pazurami lodowymi, pozwalające na samodzielne wydostanie się na powierzchnię lodu, pływającego w przeręblu człowieka. Te zaczepy winny być nietonące, co najłatwiej uzyskać jest stosując drewniane uchwyty. Para tych zaczepów winna być połączona linką o długości od 120 do 150 cm. Takie pazury lodowe można obecnie bez trudu nabyć w sklepach dla wędkarzy.

1.1.2 Zasady zachowania bezpieczeństwa

Sprawdzenia warunków lodowych dokonujemy po zaznajomieniu się z akwenem i po dokonaniu ogólnej oceny historii sytuacji termicznej. Podstawy teoretyczne zjawisk lodowych zostały omówione w rozdziale „Powstawanie i Rozwój Warunków Lodowych” i przy ocenie warunków należy z nich skorzystać. Teraz ograniczymy się jedynie do wypunktowania zasad bezpieczeństwa:

1. Sprawdzenie warunków lodowych winno odbywać się co najmniej dwoma ślizgami, nigdy pojedynczo.
2. Każdy ślizg należy wyposażyć w linkę ratowniczą.
3. Należy wozić środki, które pozwolą na samodzielny ratunek.

4. Jeżeli ślizg znalazł się w wodzie a ma pływalność, pozostań na nim. Jeśli jakiegokolwiek jego części opierają się o pokrywę lodową, nie dopuść aby się ześlizgnęły do wody. Opierające się o lód części to droga komunikacji z ratownikami lub droga ewakuacji.
5. Jeżeli znalazłeś się w wodzie poza ślizgiem ułóż ciało poziomo, aby uniknąć wciągnięcia pod lód. Uruchom środki indywidualne zwiększające twoją pływalność. Nie rzucaj się. Nie próbuj skakać. Próbuj wtoczyć się na powierzchnię lodu przy ciele ułożonym poziomo. Jeśli to zawodzi, pozostań bez ruchu i czekaj na pomoc. Każdy ruch wypłukuje ciepłą warstewkę wody znajdującą się na twoim ciele.
6. Podczas żeglugi zbliżając się do przeszkody lub niebezpieczeństwa wyostrej i poluzuj żagiel celem zmniejszenia szybkości. Odpadanie może zwiększyć szybkość.
7. Sygnałem do zwrócenia uwagi w przypadku kłopotów jest powolne wahanie wyciągniętych rąk w górę i w dół. Nie zwlekaj. Sternicy przejeżdżających obok ślizgów, z powodu kasków na głowie i szumu wiatru nie mogą usłyszeć krzyku.
8. Zatrzymaj się i zaproponuj natychmiastową pomoc, jeżeli inny ślizg jest unieruchomiony i przyzywa pomocy.
9. Nie żegluj wzdłuż starych, głębokich śladów. Wyjście z nich jest trudne i przeciąża ślizg. Świeże niegłębokie ślady nie są tak groźne i nie są przeszkodą.
10. Unikaj żeglowania ponad szerokimi szczelinami lub przerębiami, jeśli to tylko możliwe. Zatrzymaj się i przepchnij ślizg ponad takimi przeszkodami.
11. Podczas regat, jeżeli nie jesteś ich uczestnikiem, trzymaj się z dala od trasy regatowej.
12. Rada dla widzów i łyżwiarzy. Zatrzymaj się, kiedy zbliża się ślizg lodowy. Sternik może wtedy zakręcić i ominąć ciebie. Jeżeli próbujesz biec lub odskakiwać, sternik ślizgu może zostać zdezorientowany i nie być zdolnym do szybkiego manewru aby ciebie ominąć. Obserwuj otoczenie oglądając się dookoła.

1.2 Montaż i regulacja ślizgu

Konstrukcja ślizgu jest rozbieralna, a więc część połączeń musi być rozłączalna. Rozłączanie tych połączeń narusza dotychczasowe ustawienie części ślizgu i dlatego po ponownym zmontowaniu należy dokonać kontrolnych pomiarów i niezbędnych poprawek.

Zdemontowanie ślizgu po sezonie pozwala na bardzo szczegółowy przegląd wszystkich jego części oraz dokonanie inwentaryzacji uszkodzeń i napraw. Najlepszy okres do remontu ślizgów to lato, gdy temperatury są wysokie, wilgotność niewielka, a w hangarach jest dużo miejsca, gdyż jednostki pływające są na wodzie. Wykonywanie napraw należy połączyć z dokonaniem ulepszeń w ślizgu, do czego należy się przygotować notując zamierzenia i nowe rozwiązania, najlepiej w specjalnym zeszycie oraz dokonując zawniczu niezbędnych zakupów materiałów i narzędzi.

Najważniejsze prace dotyczą robót stolarskich kadłuba, płozownicy, masztu i boma. Po zakończeniu prac stolarskich należy sprzęt przygotować do malowania przez

szpachlowanie powierzchni i jej szlifowanie, a następnie polakierować.

Osobną grupę stanowią okucia, olinowanie stałe, układ sterowania i płozy. Tutaj dominują naprawy ślusarskie. Do ostatniej grupy należy naprawa żagli i olinowaniem ruchomego. Po dokonaniu wszystkich napraw, przystępujemy do kontrolnego montażu ślizgu i jego elementów, co pozwoli na dokonanie wstępnej regulacji ślizgu. Do takich czynności należy ustawienie obsad płóz zapewniających równoległość płóz podczas żeglugi, ustawienie płozownicy oraz regulacja układu sterowania.

1.2.1 Ustawienie płozownicy

Polega na uzyskaniu właściwego umiejscowienia płozownicy wzdłuż kadłuba oraz uzyskania prostopadłości względem płaszczyzny symetrii kadłuba, przy wykorzystaniu elementów ustalających. W większych ślizgach elementami ustalającymi są ciężna boczne, których może być cztery lub dwa, a w małych ślizgach np. DN wystarczą listwy pod kadłubem ustalające płozownicę.

Dla kontroli położenia płozownicy można namalować trójkątne znaki na płozownicy i kadłubie. Jeżeli wierzchołki trójkątów namalowanych na kadłubie i płozownicy będą dotykały do siebie, to środek płozownicy znajduje się we właściwym miejscu. Pozostaje sprawdzenie prostopadłości płozownicy w stosunku do kadłuba.

Dokonujemy tego pomierzając, z punktu znajdującego się w płaszczyźnie symetrii ślizgu na stewie dziobowej, dwie odległości do punktów na końcach płozownicy. W ślizgach z płożą sterową na rufie wygodnie jest odmierzać odległości do osi trzonu sterowego. Jeżeli odległości nie są jednakowe, to należy dokonać korekty zmieniając długości ciężien za pomocą ściągaczy lub wstawiając podkładki na listwy ustalające pod kadłubem.

1.2.2 Ustawienie równoległości płóz

Nierównoległość ostrzy płóz podczas żeglugi powoduje, że wzrastają opory, a ślizg żegluje gorzej. Nierównoległość ostrzy rozpoznamy oglądając ślady płóz, ta mniej obciążona a więc nawietrzna zostawi nierówny ślad, gdyż ostrze co kilka metrów będzie wyskakiwać z rowka i przesuwac się prostopadle do kadłuba. Objawem nierównoległego ustawienia płóz jest w czasie jazdy silne hamowanie ślizgu nawet na gładkim lodzie gdy słabnie wiatr, i nietypowe przyspieszanie przy podmuchu gdy płoża nawietrzna jest odciążana.

Znikanie zwiększonych oporów pochodzących od nierównoległości płóz, wtedy gdy płoża nawietrzna się odciąża, było powodem powstania w swoim czasie zabawnego poglądu, że ślizgi o małym rozstawieniu płóz a więc o małej stateczności poprzecznej mają mniejsze opory w żegludze na wiatr [1]. Takie ślizgi praktycznie stale żeglują z odciążoną płożą nawietrzną, a więc nawet przy nienajlepszej równoległości płóz opory są takie jak i przy idealnej równoległości płóz i to było powodem powstania tego poglądu.

Celem uzyskania równoległości ostrzy należy poluzować śruby mocujące obsady, ustawić ostrza równolegle i ponownie dokręcić śruby. Reguły są proste a w praktyce, jest trochę kłopotów. Z reguły żeglarz ma kilka kompletów płóz i dobre ustawienie obsad dla jednego kompletu, będzie niedobre dla pozostałych. Zacząć więc należy od przygotowania kompletów płóz i bocznych płytek na płozach aby to one nie wprowadzały nierównoległości.

Należy starać się aby bez potrzeby nie naruszać umocowania obsad. Typujemy jedną obsadę np. lewą, którą mocujemy bardzo dokładnie i mocno i nie powinna być ona odkręcana. Wszelkich regulacji dokonujemy na obsadzie przeciwnej.

Regulacji równoległości należy dokonywać na płozownicy obciążonej i ostrzach w styku z płaszczyzną lodu. Eliminujemy w ten sposób błędy, które mogą powstać wskutek niedokładności wykonania płozownicy i efektów związanych z geometrią układu. Zmiana położenia kadłuba w stosunku do lodu zmienia zbieżność płóz.

Istnieje wiele sposobów sprawdzenia równoległości ostrzy. Należy zdać sobie sprawę, że żądana dokładność ustawienia ostrzy jest co najmniej kilkadziesiąt razy większa niż przy ustawianiu zbieżności kół samochodu. Klasycznym sposobem pomiaru równoległości jest wykorzystanie miarki stalowej lub listwy od żagla. Na jednym z końców listwy wycinamy rowek, a listwę wsuwamy pod ostrze przedniej części płozy. Pomocnik przy drugiej płozie zaznacza położenie ostrza. Następnie przenosi się listwę pod tylne części ostrzy i sprawdza się odległości. Jeżeli odległości są jednakowe to i płozy będą równoległe. Jest to sposób klasyczny i najpewniejszy.

Z innych sposobów sprawdzania równoległości, wspomnieć należy o:

1. Namiarach na odległy punkt znajdujący się w odległości nie mniejszej niż 2 km, celem unknienia błędu paralaksy.
2. Wykorzystanie lusterek mocowanych na płozach i obserwację dwukrotnie odbitego obrazu.

1.2.3 Ostrzenie płóz

Ustawienie równoległości płóz to trudne zajęcie, ale ostrzenie płóz należy do najcięższych zajęć w przygotowaniu ślizgu do żeglugi. Bez właściwie naostrzonych i ustawionych płóz nie można liczyć na sukces. Płozy tępią się nie tylko przez żeglugę z dryfem. Znajdujące się na lodzie porzucone kawałki szkła, druty, śruby i nakrętki nawet przy jednorazowym przejeździe mogą stępić ostrza. Niebezpieczne są kawałki cegieł lub kamiki, którymi lubi bawić się młodzież i porzucać na lodzie. Nierzadko na lodzie można znaleźć zapomniane narzędzia. Przy bezśnieżnych zimach wiatr zwiewa z pól ziemię i piasek, który działa na ostrze jak pasta szlifierska. To wszystko powoduje, że ostrzenie płóz jest czynnością, którą trzeba często ponawiać.

Jedynym urządzeniem, które bezbłędnie sprawdza się przy ostrzeniu płóz, to szlifierka taśmowa. Musi ona spełniać pewne warunki:

1. Wystarczająco długa część płaska, aby umożliwić ostrzenie najdłuższych płóz.
2. Mieć możliwość regulacji nachylenia płozy celem osiągnięcia pożądanych kątów zostrzenia.

Ostrzemy płozy używając kolejno taśm o coraz wyższych numerach, a końcowe wygładzanie przeprowadzamy używając taśmy z tkaniny szklanej.

1.2.4 Ustawienie masztu

Położenie środka ożaglowania regulujemy przesuwaniem pięty masztu. Konieczność przemieszczania środka ożaglowania wynika ze zmieniających się warunków lodowych.

Ślizg dobrze wyrównoważony w jednym dniu może już w dniu następnym okaza się silnie nawietrzny, gdy warunki lodowe ulegną polepszeniu. Przesuwanie piąty masztu jest możliwe dzięki temu, że kulowy sworzeń lub też gniazdo można przestawiać lub przesuwając wzdłuż dźwigara podmasztowego.

Ślizgi z przednią płożą sterującą wymagają celem właściwego zrównoważenia, przesuwania masztu w znacznie większych granicach niż jest to w ślizgach z płożą sterową na rufie. Np. w Monotypie XV piąty masztu można przestawić w granicach 100 mm, wybierając jedno z trzech położenia dla kulowego sworznia. Natomiast w ślizgu Yankee piąty masztu można ustalić w dowolnym punkcie na odcinku aż 400 mm dzięki temu, że gniazdo masztu można przesuwając po szynie długości 476 mm umocowanej na dźwigarze podmasztowym.

Gdy przesuwamy piąty masztu do tyłu, to w tym samym kierunku wędruje środek ożaglowania.

Maszt możemy pochylać ku rufie zwiększając długość sztagu. Równocześnie należy podregulować długości want. Pochylenie masztu ku rufie powoduje przesunięcie SO również ku rufie. Przy regulacji długości sztagów i want pamiętać należy o bezpieczeństwie, aby niezabezpieczony maszt nie przewrócił się. Najlepiej ubezpieczać maszt od przewrócenia za pomocą odciągniętego fału.

Podczas żeglugi maszt pod wpływem naciągu powłoki żagla, sił w olinowaniu oraz nacisku bomu winien się tak obrócić, aby nie stwarzał dodatkowych zawirowań. Zbyt mały obrót masztu lub zbyt duży obrót masztu powoduje zwiększenie oporów aerodynamicznych. Zbyt duży obrót masztu może stać się powodem jego złamania bo obciążenie od żagla ciągnie wtedy w kierunku w którym przekrój masztu nie ma wytrzymałości.

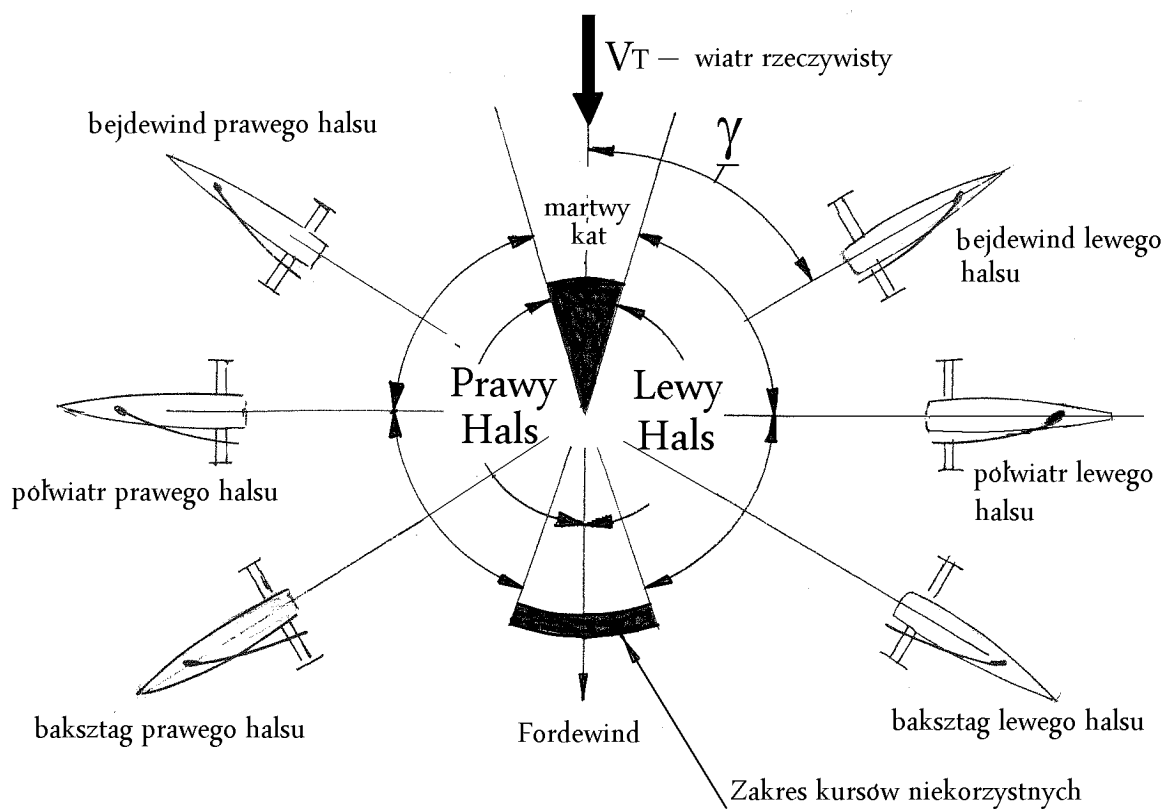
Aby uzyskać właściwy obrót uważnie obserwujemy zachowanie się masztu podczas żeglugi a następnie korzystamy z następujących środków wpływających na jego ustawienie:

- a) nacisk bomu, który zmieniamy przez zmianę położenia bloczków na bomie i kadłubie,
- b) przesunięcie osi obrotu masztu na co możemy wpłynąć jeśli gniazdo w maszcie jest przesuwne.

1.3 Przewożenie ślizgu

Przewiezenie ślizgu na akwen gdzie ma być używany wymaga specjalnego wyposażenia. Pojedynczy DN waży około 60 kG i może być z łatwością przewieziony na bagażniku umocowanym na dachu samochodu osobowego. Plany ślizgu DN zawierają również rysunek wygodnej konstrukcji mocowanej na dachu samochodu do transportu dwóch ślizgów. Również większe ślizgi mogą być przewożone na dachach samochodów, jednakże bardziej preferowane jest użycie przyczep samochodowych, których wybór w ostatnich latach jest bardzo duży.

Do transportu ślizgu winien być zdemontowany. Do ochrony przed błotem i solą należy użyć pokrowców, oddzielnego na kadłub i na drzewca. Przewożenie żagla sprawia nieco kłopotu, gdyż sztywnego dakronu nie można składać. Żagiel winien być nawinięty ale nie zaleca się pozostawiać go na bomie. Przy mocowaniu drzewca na bagażniku należy je tak podeprzeć aby uniknąć zginania i drgań. Komplet płóz DN przed transportem najlepiej zdemontować i przewozić w specjalnych skrzynkach.



Rysunek 1: Podział kursów ślizgu

1.4 Kursy względem wiatru

W żeglarstwie lodowym kurs określamy względem wiatru rzeczywistego. Kurs jest to kąt zawarty pomiędzy kierunkiem wiatru rzeczywistego, a kierunkiem ruchu ślizgu. Kierunek wiatru rzeczywistego jest wyznaczony przez odcinek pomiędzy miejscem skąd wiatr wieje a miejscem gdzie znajduje się ślizg. Natomiast kierunek ruchu ślizgu wyznacza odcinek od miejsca, gdzie znajduje się ślizg do miejsca, do którego porusza się ślizg.

Ślizg ustawiony dziobem pod wiatr nie ruszy z miejsca, ponieważ nie uzyskuje siły ciągu. Aby móc żeglować należy wypchnąć ślizg poza martwy kąt działania wiatru i wybrać odpowiedni kurs.

W zależności od kąta γ , który tworzy kierunek jazdy z kierunkiem wiatru rzeczywistego rozróżniamy następujące kursy patrz rys.1.

1. Kurs od 30° do 90° nazywamy bejdewind.

Jeżeli żeglujemy ostro na wiatr kursami od 30° do 45° to mówimy, że żeglujemy ostrym bejdewindem. Żeglując kursami od 60° do 90° , żeglujemy pełnym bejdewindem. Na kursach bejdewind ślizg żegluje wolno, ale działa na niego nieproporcjonalnie silniejszy wiatr pozorny.

2. Kurs $\gamma = 90^\circ$ to półwiatr.

Na kursie tym oddziałuje na ślizg duży wiatr pozorny.

3. Kurs od 90° do 150° nazywamy baksztag.

Na kursach baksztag ślizg rozwija duże prędkości własne, ale wiatr pozorny jest nieproporcjonalnie słabszy a więc żagiel może rozwinąć niewielką siłę napędową. Kursami pełniejszymi to znaczy w zakresie od 150° do 180° na ślizgu lodowym nie opłaca się żeglować.

Dlatego kursem $\gamma = 180^\circ$ to jest fordewindem na ślizgu lodowym nie żegluje się.

Wiatr rzeczywisty działa na ślizg pod kątem takim, jaki mamy kurs γ a więc i wiatry działające na ślizg mają te same nazwy. Zależnie od tego z której burty wieje wiatr rozróżniamy:

- a. PRAWY HALS–wiatr wieje od strony prawej burty,
- b. LEWY HALS–wiatr wieje od strony lewej burty.

1.4.1 Odpadanie - ostrzenie

Jeżeli ślizg zmienia swój kurs tak, że kąt pomiędzy kierunkiem wiatru rzeczywistego a osią ślizgu wzrasta, to mówimy, że ślizg odpada. Na przykład ślizg odpada, gdy przechodzi z bejdewindu do półwiatru lub z półwiatru do baksztagu.

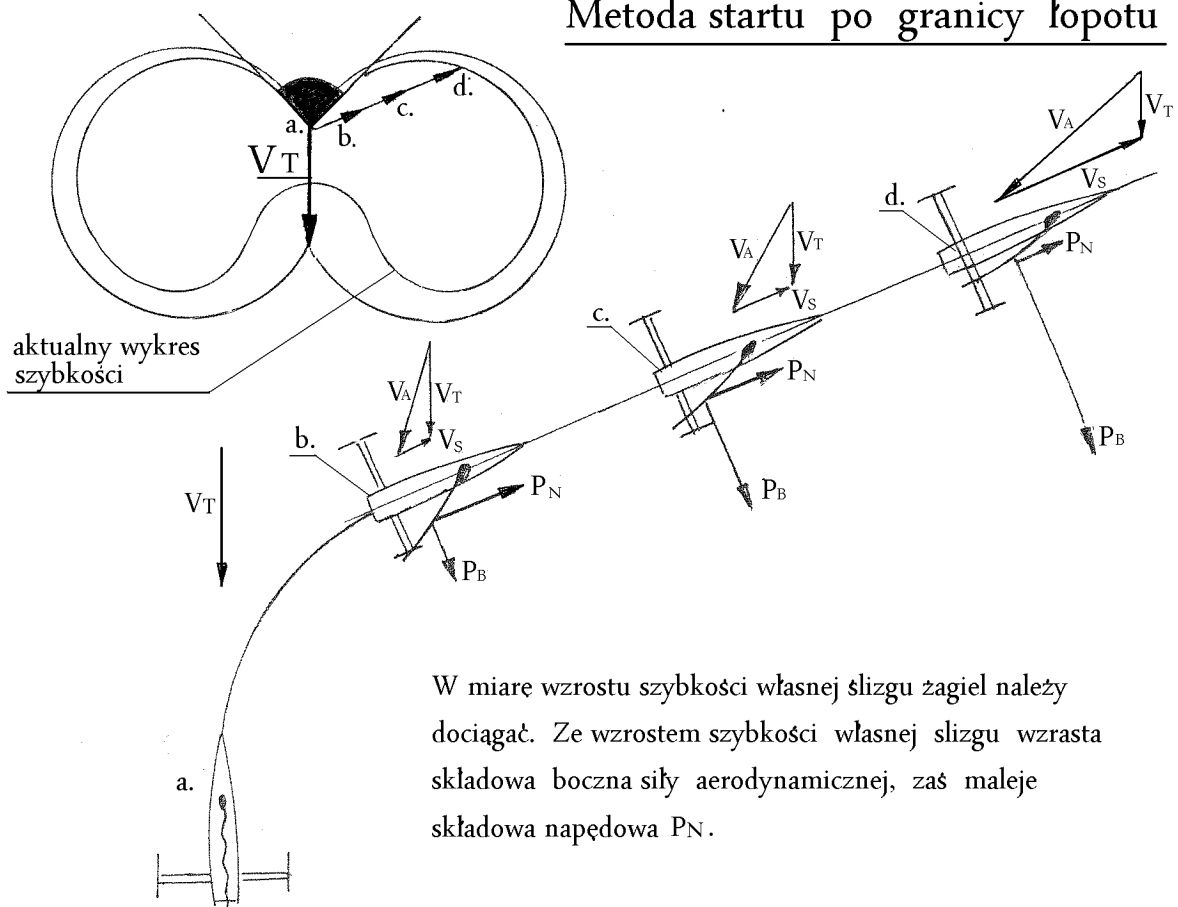
Ślizg ostrzy, gdy podczas manewrowania kąt pomiędzy kierunkiem wiatru rzeczywistego a osią ślizgu maleje. Na przykład ślizg ostrzy, gdy przechodzi z kursu baksztag do półwiatru. Ślizg również ostrzy, gdy przechodzi z bejdewindu do łopotu dziobem do wiatru.

1.5 Ruszenie i zatrzymanie jachtu

Jacht lodowy z podniesionym żaglem ustawiony pod wiatr nie ruszy z miejsca, przy czym martwy kąt wynosi, zależnie od warunków lodowych i meteorologicznych od 20° do 40° w prawo i w lewo od linii wiatru. Aby uzyskać nadwyżkę składowej napędowej siły aerodynamicznej nad oporem czołowym płóz, należy wypchnąć ślizg poza martwy kąt. Przy odpowiednim ustawieniu żagla ślizg uzyskuje nadwyżkę składowej napędowej siły aerodynamicznej nad oporem czołowym płóz, dzięki czemu ślizg przyśpiesza uzyskując na utrzymanym kursie prędkość V_{sb} a następnie V_{sc} i pozycje „b”, „c”.

W miarę wzrostu szybkości własnej ślizgu odchyła się również wiatr pozorny, który wieje coraz ostrzej do osi jachtu. Dlatego w miarę odchyłania się wiatru pozornego wybieramy żagiel, aby utrzymać prawidłowy opływ. W efekcie dalszego przyśpieszania wiatr pozorny wyostriera coraz bardziej, co jest przyczyną spadku składowej napędowej siły aerodynamicznej. Jacht poruszając się po utrzymanym kursie osiąga swoją szybkość graniczną V_{sd} , przy której składowa napędowa równoważy się z siłą oporu czołowego i ślizg przestaje przyśpieszać patrz rys.2.

Metoda startu po granicy łopotu



W miarę wzrostu szybkości własnej ślizgu żagiel należy dociągać. Ze wzrostem szybkości własnej ślizgu wzrasta składowa boczna siły aerodynamicznej, zaś maleje składowa napędowa P_N .

Rysunek 2: Rozruch ślizgu łodowego – Metoda po granicy łopotu

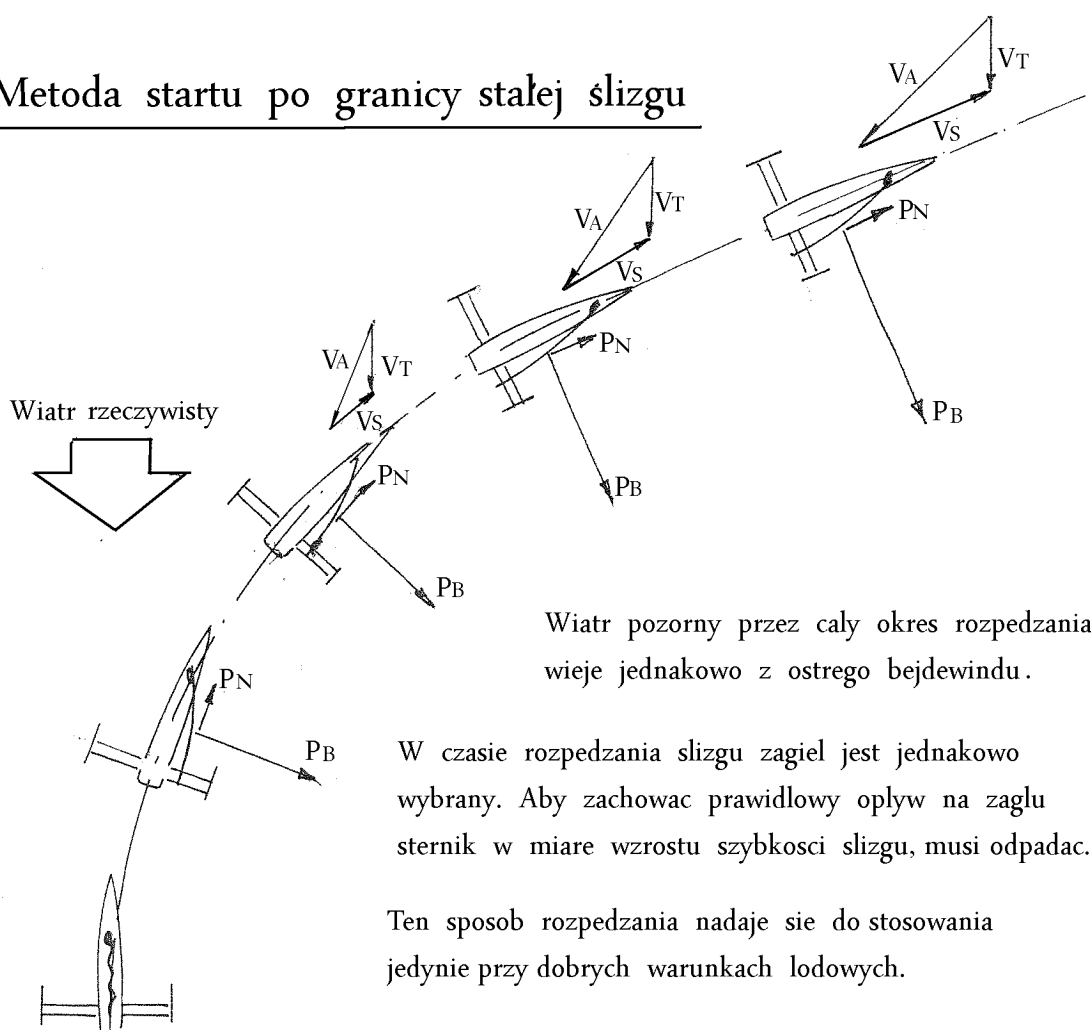
1.5.1 Błędy podczas rozpędzania

Jeżeli przy wybieraniu szotów szybkość nie wzrasta, to należy przerwać ich wybieranie, a nawet je poluzować. Niekiedy też może się zdarzyć, że przy dociągniętym szocie ślizg nie przyspiesza lecz zwalnia. Jest to wynikiem „przebrania” żagla, który pracuje na zbyt dużych kątach natarcia przy niekorzystnym opływie dookoła żagla. Należy poluzować żagla aby przywrócić prawidłowy opływ i ślizg zacznie przyspieszać. Gdy ślizg zacznie wyraźnie ponownie przyspieszać należy wybierać szoty grota. Gdy natomiast ślizg zatrzyma się, to należy ponownie przeprowadzić rozruch. Przebranie żagla zdarza się najczęściej przy małych szybkościach ślizgu, a więc przy niezbyt energicznym rozpędzaniu, a także gdy zbyt szybko są wybierane szoty żagla.

Przedstawiony sposób rozpędzania Stanisław Turketti nazwał rozpędzaniem po granicy łopotu, albowiem ślizg jest od razu wprowadzony na właściwy kurs a ustawienie żagla jest w każdej chwili dostosowywane do warunków opływu wynikających z kierunku wiatru pozornego patrz rys.2

Nazwa „rozpędzanie po granicy łopotu” pochodzi stąd, że najefektywniej żagiel pracuje na małych kątach natarcia, a więc niewielkie poluzowanie szotów spowodowałoby łopotanie żagla. Inny sposób rozpędzania ślizgu Stanisław Turketti nazwał „po granicy stałej ślizgu” i polega na takim wybraniu szotów grota jakie odpowiada ustawieniu żagla, gdy ślizg osiąga szybkość graniczną patrz rys.3. Oznacza to, że żagiel już w po-

Metoda startu po granicy stałej ślizgu



Rysunek 3: Rozruch ślizgu lodowego – Metoda po granicy stałej ślizgu

czątkowej chwili rozruchu jest wybrany.

Zasadnicza rola przy tym sposobie rozpędzania spoczywa na sterniku, który po wypchnięciu ślizgu poza martwy kąt musi odpadać, aby zachować właściwy opływ na żaglu. Ślizg przy stopniowym odpadaniu będzie przyspieszał i osiągał taką szybkość, jaka jest właściwa na chwilowym kursie ślizgu. Po odpadnięciu na właściwy kurs ślizg żegluje już ze swoją szybkością graniczną. Gdyby sternik zbyt szybko odpadł na wybrany uprzednio kurs, to ślizg nie zdążyłby osiągnąć właściwej szybkości i nastąpiłoby zerwanie strug na wybranym żaglu, a ślizg natychmiast by zwolnił. Ten sposób rozpędzania stosowany jest na regatach. Zaletą tego sposobu jest, że uwalnia od operowania szotami przy rozbiegu, a ślizg rozpędzając się na ostrym bejdewindzie zdobywa wysokość. Wadą zaś, że siły aerodynamiczne przyspieszające ślizg są mniejsze niż przy innych sposobach rozpędzania.

Przedstawione dwa sposoby rozpędzania to przypadki skrajne. Można wybrać sposób pośredni i jest bardzo wiele sposobów realizacji rozpędzania ślizgu przez stopniowe

odpadanie na właściwy kurs. Na łodzi gładkim przy starcie regatowym lepszym będzie sposób po „granicy stałej ślizgu” lecz na łodzi pokrytym śniegiem na pewno lepszym będzie sposób „po granicy łopotu”. Dla danej załogi i danego ślizgu ten sposób rozruchu jest najlepszy, który pozwoli w najkrótszym czasie rozwinąć przez ślizg największą prędkość i wysunąć się najdalej na wiatr.

W warunkach regatowych załoga rozpędzająca swój ślizg jest uzależniona w sposobie rozpędzania przez sąsiadów z prawej i z lewej i o szybkości decyduje przede wszystkim kondycja fizyczna.

Halsowanie z wiatrem podczas regat wymaga szczególnej uwagi, zwłaszcza przy słabym wietrze. Zdarza się, że ślizg zatrzyma się na kursie baksztag, a załoga zmuszona jest ponownie rozpędzić ślizg. Wysiłki zmierzające do rozpędzenia ślizgu na kursie baksztag, na którym przecież się zatrzymał, skazane są na niepowodzenie, a poza tym mogą być przyczyną dyskwalifikacji.

Aby uruchomić ślizg trzeba wyostrzyć zależnie od okoliczności do półwiatru lub bejdedwindu i rozpędzić ślizg na tych kursach, a następnie odpaść i ostrożnie kontynuować żeglugę.

1.5.2 Zatrzymanie ślizgu

Ślizg nie posiada hamulców działających w ruchu, a więc można go zatrzymać jedynie wtedy gdy składowa napędowa siły aerodynamicznej jest mniejsza od oporów czołowych płóz, a więc gdy żagle przestają pracować.

Aby zmniejszyć składową napędową siły aerodynamicznej wprowadzamy ślizg w martwy kąt działania wiatru. Szot trzymamy luzowany tak, aby żagiel nie pracował. Podczas silniejszych wiatrów i na gładkim łodzi wystarczy 30 m - 60 m dla zatrzymania jachtu patrz rys.4. Przez poluzowanie żagla zmniejszamy składową napędową siły aerodynamicznej i przy wiatrach słabszych jacht można zatrzymać już na bejdedwindzie luzując żagiel do łopotu.

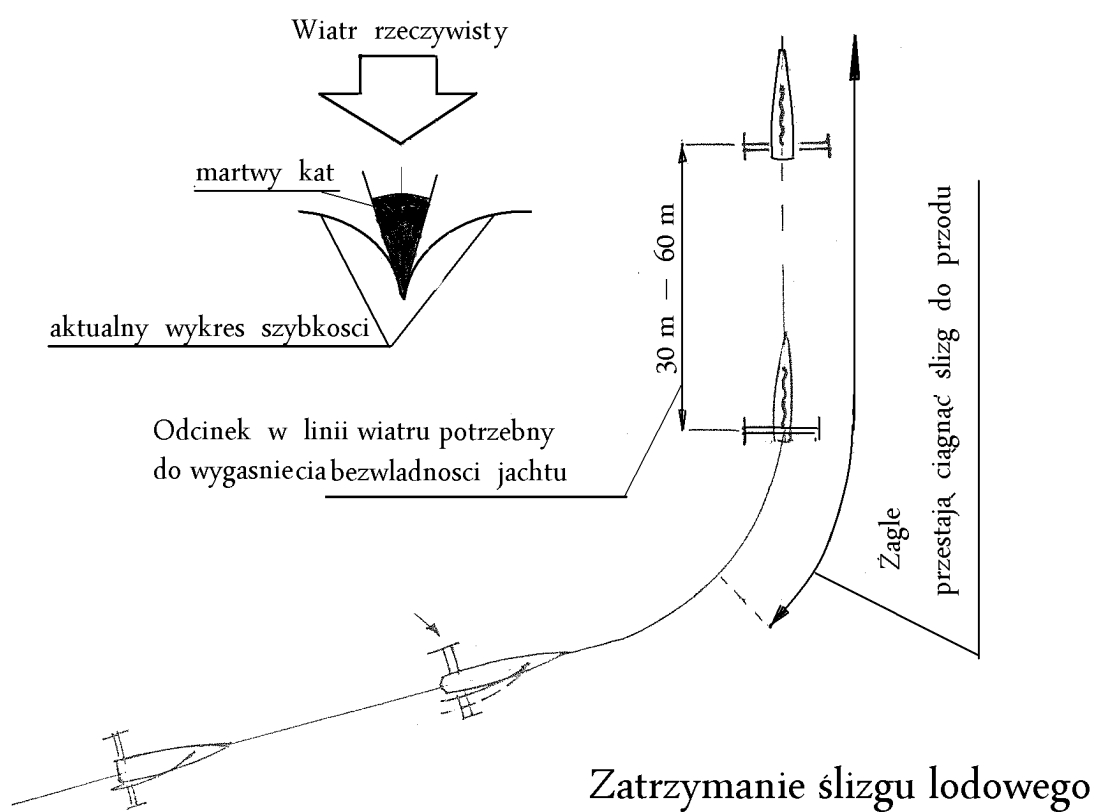
Ślizg wprowadzony na kursy zbliżone do fordewindu też ulegnie zatrzymaniu przy gorszych warunkach lodowych. Chcąc jednak pozostawić ślizg na postoju należy ustawić go dziobem pod wiatr, a więc należy zatrzymać ślizg ostrząc do wiatru. Odchodząc od ślizgu należy go zostawić ustawionym pod wiatr, szoty winny być maksymalnie poluzowane a płoza sterowa oparta na hamulcu postojowym (lub maksymalnie skręcona).

1.5.3 Zatrzymanie ślizgu na wyznaczonym miejscu

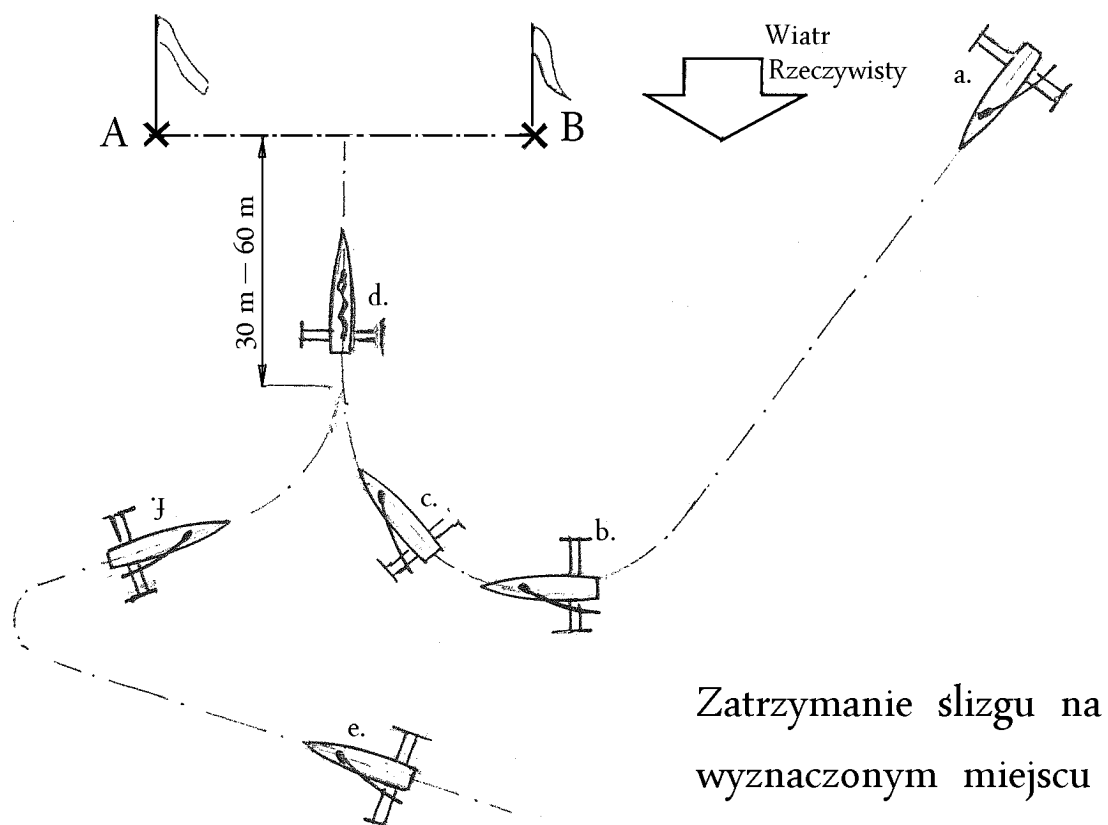
Zadanie:

Ślizg ma się zatrzymać na linii A - B dziobem do wiatru patrz rys.5.

Do linii tej należy podejść od strony zawietrznej. Jeżeli jesteśmy po stronie nawietrznej (poz.„a”) to musimy przejść na stronę zawietrzną oddalając się od odcinka A-B dostatecznie daleko aby starczyło miejsca na wytracenie szybkości. Następnie przechodzimy do półwiatru (poz.„b”) a następnie do bejdedwindu (poz.„c”) i zbliżając się do linii wiatru luzujemy żagiel aż do łopotu. Ostatnie 30 m-60 m idziemy w linii wiatru(poz.„d”), przy czym żagle są w łopocie a szot trzymamy wyluzowany.



Rysunek 4: Zatrzymanie ślizgu lodowego



Rysunek 5: Zatrzymanie ślizgu na wyznaczonym miejscu

Jeżeli jesteśmy daleko od linii A - B po stronie zawietrznej (poz., „e”) to musimy się zbliżyć do niej halsami, a na ostatnim halsie wykonać manewr opisany wyżej.

1.6 Zwrot przez sztag

Zwrot przez sztag jest to manewr wykonany ślizgiem, kiedy przechodzimy linię wiatru dziobem, zmieniamy przy tym hals i kurs jachtu. Zwrot przez sztag wykonujemy z kursu ostry bejdewind. Aby móc wykonać zwrot z innego kursu, należy wpierw wyostrzyć do ostrego bejdewindu.

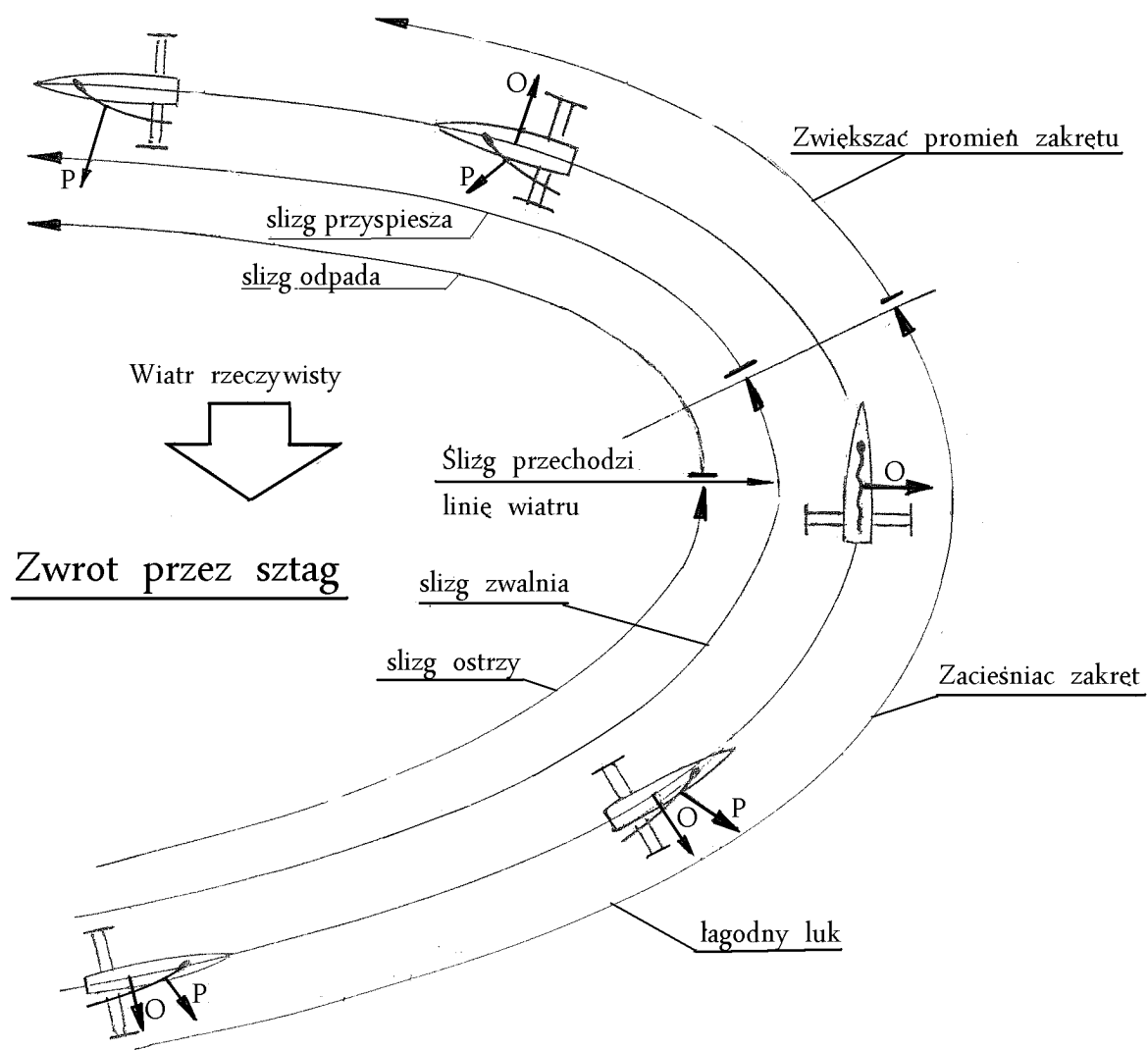
Podczas zwrotu żagle przestają ciągnąć ślizg do przodu, a więc zwrot można wykonać jedynie wtedy jeżeli ślizg posiada wystarczającą prędkość, co pozwoli na ruch ślizgu po łuku do chwili gdy żagiel zacznie pracować na nowym halsie rys.6. Przy wprowadzaniu w zakręt początkowy promień łuku po którym porusza się ślizg jest duży, lecz gdy szybkość spadnie zakręt trzeba zacieśniać, co pozwoli na szybsze wykonanie zwrotu. Gdy żagiel zacznie ponownie pracować na nowym halsie, szybkość wzrasta i promień zakrętu należy stopniowo zwiększać.

Operowanie szotami Żagla: Podczas ostrzenia do linii wiatru, wiatr pozorny wyostrza, a więc chcąc utrzymać korzystny opływ na żaglu należałoby dociągnąć szoty żagla. Jest to wykonalne na małym ślizgu i przy wiatrach słabszych. Przy wiatrach silniejszych nie należy przy ostrzeniu dociągać szotów żagli, gdyż można łatwo wyczerpać zdolność skrętową ślizgu i wpaść w korkociąg. Przy ostrzeniu bowiem siła aerodynamiczna „P” i siła odśrodkowa „O” działają w kierunku na zewnątrz zakrętu. W takich przypadkach (zwłaszcza na Monotypie XV) należy przy ostrzeniu w miarę potrzeby luzować grota. Po zwrocie żagiel należy ustawić tak, jak to wynika z warunków opływu, zależnie od kursu i chwilowej prędkości ślizgu.

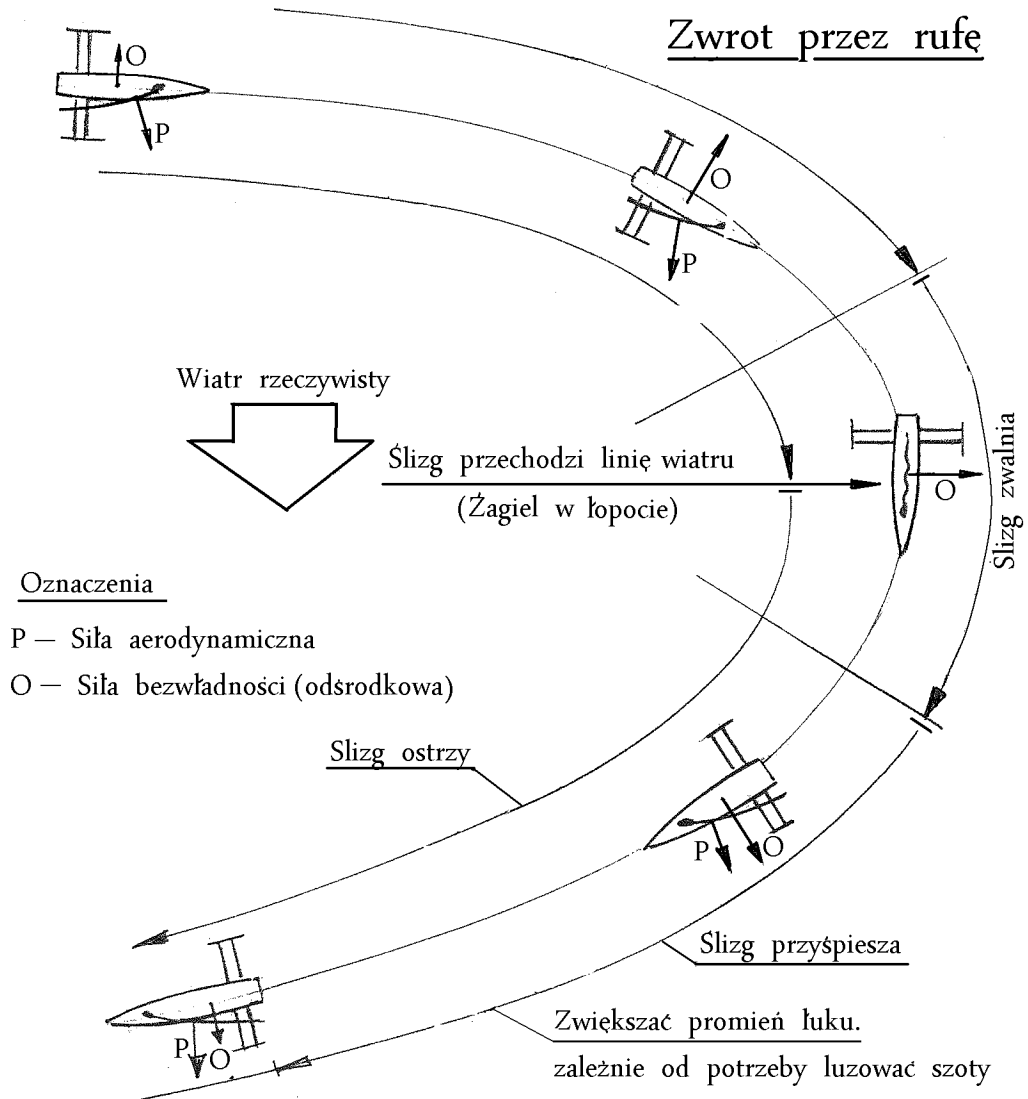
Opisanego zwrotu przez sztag nie uda się wykonać w podany modelowy sposób na ślizgu DN, z powodu kolizji nisko leżącego bomu z ciałem sternika. Aby bom mógł ominąć sylwetkę sternika konieczne jest poluzowanie szotów grota i przeniesienie bomu ręką nad głowę sternika.

1.7 Zwrot przez rufę

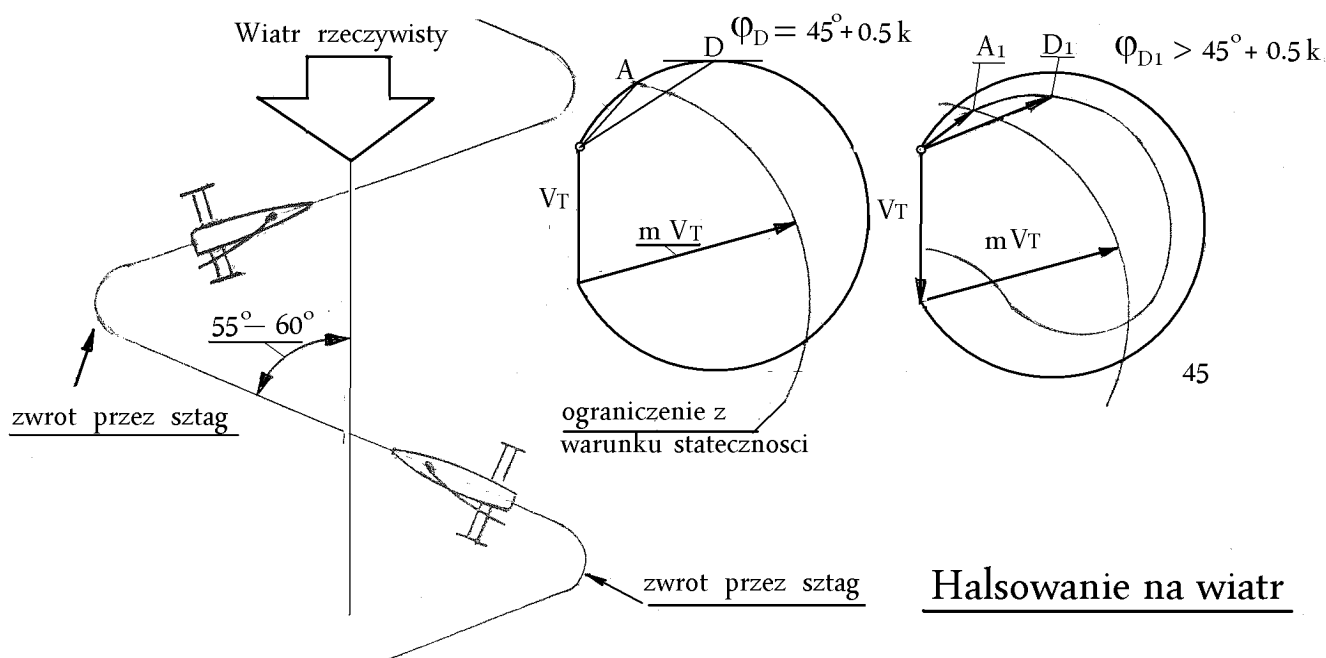
Zwrot przez rufę, jest to manewr wykonany ślizgiem, kiedy przechodzimy linię wiatru rufą, zmienia się przy tym hals i kurs jachtu rys.7. Zwrot przez rufę możemy wykonać z każdego kursu, należy jedynie doprowadzić jacht do kursu pełny baksztag, a następnie do linii wiatru. Podczas przechodzenia linii wiatru, gdy ślizg żegluje z dużą prędkością, żagle odmiennie niż w jachtingu wodnym, znajdują się w łopocie i nie pracują. Gdyby ślizg żeglował wolniej od wiatru rzeczywistego, to żagle trzeba obsługiwać tak jak w jachtingu wodnym. Odpadając do linii wiatru przy wykonywaniu zwrotu na ślizgu lodowym nie trzeba luzować grota, wprost przeciwnie, z warunku opływu na żaglu wynika, że żagiel należy dociągnąć. Można to zrobić bez obawy utraty równowagi kierunkowej gdyż siła aerodynamiczna „P” działa do środka zakrętu, a więc przeciwnie do siły odśrodkowej. Po przejściu linii wiatru żagiel należy ustawić tak jak to wynika z warunków opływu, zależnie od kursu i chwilowej prędkości ślizgu. Pamiętać jednak należy, że teraz siła aerodynamiczna „P” działa na zewnątrz zakrętu, tak jak i siła odśrodkowa „O”, co może doprowadzić do utraty zdolności skrętowej. Unikamy tego zmniejszając si-



Rysunek 6: Zwrot przez sztag



Rysunek 7: Zwrot przez rufę



Rysunek 8: Halsowanie na wiatr

łę „O”, poprzez zwiększanie promienia łuku po którym porusza się ślizg oraz zależnie od potrzeby luzując żagiel (XV), celem zmniejszenia siły „P” i zachowania równowagi kierunkowej.

Uwaga: Na wykonanie zwrotu przez rufę potrzeba z reguły więcej miejsca niż na zwrot przez sztag, a więc należy zapewnić sobie dostatecznie dużo miejsca na tafli lodowej do wykonania zwrotu. Można również wykonać zwrot przez rufę na małym obszarze nawet przy silnym wietrze. Należy tylko nie dopuścić do wzrostu szybkości przez szybkie odpadnięcie do linii wiatru, nawet luzując przy tym żagiel. Następnie trzeba wytracić szybkość na fordewindzie, a następnie szybko wyostrzyć do bejdewindu pozostając jak najkrócej na baksztaku. Oczywiście taka technika żeglowania jest nie do przyjęcia w regatach, ale trzeba ją poznać ponieważ pozwala na kierowanie ślizgiem w najróżniejszych warunkach w otoczeniu przeszkód.

1.8 Halsowanie na wiatr

Aby dostać się do jakiegoś punktu, od którego wieje ku nam wiatr, musimy na ślizgu lodowym podchodzić zakosami, żeglując raz lewym, drugi raz prawym halsem itd, rys.8 Halsując na wiatr robimy zawsze zwroty przez sztag. Ślizg lodowy może posuwać się pod wiatr rzeczywisty na kursie bejdewind począwszy już od kąta γ równego stałej ślizgu k . Lecz jak to już wiemy z wykresów szybkości, najkorzystniejszymi kursami w żegludze na wiatr są:

1. W przypadku znikomo małego oporu czołowego płóz kurs $\gamma_D = 45^\circ + 0.5 \cdot k$ co wynika z wykresu Herreshoffa. Gdyby na kursie γ_D ślizg okazał się niestatecznym, należy

wybrać kurs ostrzejszy tak, aby ślizg żeglował statecznie.

2. W przypadku cięższych warunków żeglugi należy wybrać kurs pełniejszy $\gamma_{D1} > 45^\circ + 0.5 \cdot k$, co wynika zawsze z aktualnego wykresu szybkości. Żeglować należy kursami pełniejszymi niż by to wynikało z wykresu Hereshoffa. Gdyby ślizg na kursie γ_{D1} okazał się niestatecznym, należy wybrać kurs ostrzejszy tak, aby ślizg mógł żeglować statecznie.

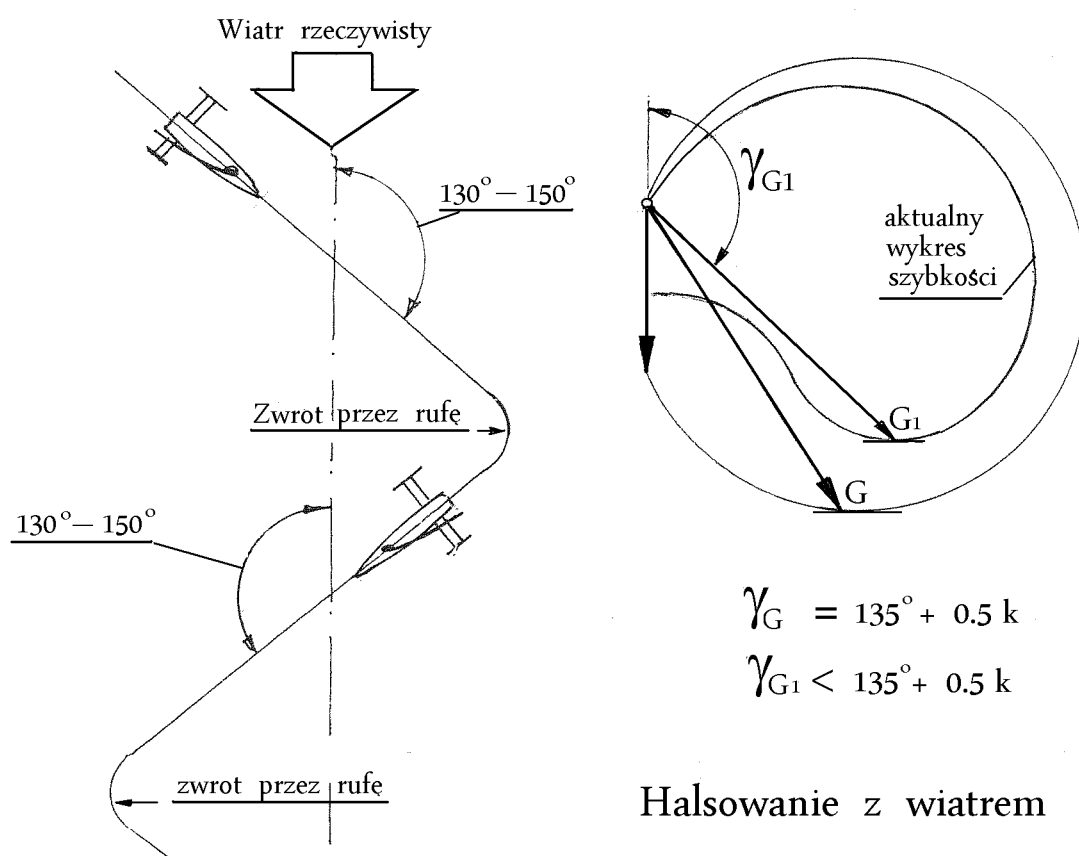
Podsumowując stwierdzamy, że żegluga kursami innymi niż wskazane jako optymalne jest zawsze związana ze stratami. Jeżeli będziemy żeglowali ostrzej do wiatru rzeczywistego to ślizg traci na szybkości własnej, czego nie równoważą korzyści wynikające z krótszej drogi. Żeglując kursami pełniejszymi ślizg wprowadzie będzie rozwijał większą prędkość własną, ale będzie zdobywał mniejszą wysokość w kierunku na wiatr, niż żeglując kursem optymalnym. Jeżeli ślizg żeglujący na wiatr napotka na przeszkodę w postaci zwiększonych oporów czołowych płóz, to jacht powinien trochę odpaść, aby nie utracić szybkości. Z chwilą minięcia przeszkody ślizg wraca na poprzedni kurs.

1.9 Halsowanie z wiatrem

Chcąc osiągnąć cel znajdujący się tam dokąd wieje wiatr, ślizg lodowy, w odróżnieniu od jachtu wodnego, musi podchodzić zakosami żeglując raz lewym a raz prawym halsem. Żeglując z wiatrem robimy zawsze zwroty przez rufę. Ślizg lodowy wysuwa się najdalej z wiatrem, jeżeli żegluje baksztagiem w zakresie kursów względem wiatru rzeczywistego $130^\circ - 150^\circ$ zależnie od warunków lodowych.

1. Przy idealnych warunkach lodowych ślizg wysuwa się najdalej z wiatrem jeżeli będzie żeglować w stosunku do wiatru rzeczywistego kursem 135° plus połowa stałej ślizgu, co wynika z wykresu szybkości Hereshoffa - kurs „G”.
2. Przy istnieniu oporu czołowego płóz, ślizg lodowy wysunie się najdalej z wiatrem jeżeli będzie żeglować kursem „ G_1 ”, który jest ostrzejszy niż $135^\circ + 0.5 \cdot k$. Im słabszy jest wiatr rzeczywisty oraz im cięższe są warunki lodowe tym więcej kurs „ G_1 ” różni się od $135^\circ + 0.5 \cdot k$. Gdy lód jest gładki trzeba żeglować pełnymi baksztagami (nawet odpadając okresowo do fordewindu), lecz gdy napotkamy przeszkodę jak gorszy lód czy zasy, należy wyostrzyć, aby nie utracić szybkości.
3. Gdy na tak wybranych kursach ślizg okazuje się niestateczny należy odpaść na pełniejszy baksztag i ostrożnie kontynuować żeglugę.

Podsumowując stwierdzamy, że żegluga kursami pełniejszymi lub ostrzejszymi niż kursy optymalne jest zawsze związana ze stratami. Ślizg żeglujący pełniej żeglować będzie z nieproporcjonalnie mniejszą szybkością własną, czego nie mogą zrównoważyć korzyści wynikające z krótszej drogi. Żeglując zaś ostrzej, mimo rozwijania przez ślizg większej szybkości, nie wysunie się on tak daleko z wiatrem jak na kursie optymalnym, ponieważ droga do celu znacznie się wydłuży. W przypadku napotkania przeszkody w postaci zwiększonych oporów czołowych, sternik ślizgu żeglującego baksztagiem powinien wyostrzyć, a po minięciu przeszkody wrócić na poprzedni kurs. Jak pamiętamy w żegludze na wiatr reakcja sternika przy pokonywaniu przeszkody była odmienna, gdyż ślizg musiał odpaść, to jest przejść na kurs bliższy półwiatrowi. Na kursie półwiatr względem



Rysunek 9: Halsowanie z wiatrem

wiatru rzeczywistego, ślizg posiada największą zdolność pokonywania oporów płóz i traci ją, jeżeli żegluje kursami ostrzejszymi lub pełniejszymi.

1.10 Żegluga przy osiągnięciu granicznych możliwości ślizgu lub załogi

Z konstrukcji ślizgu oraz zasad dobrej praktyki i warunków bezpieczeństwa wynikają warunki eksploatacyjne ślizgu uznawane za dopuszczalne. Z całej listy warunków wymienimy tylko warunki równowagi poprzecznej lub kierunkowej oraz żeglugę gdy osiąga się graniczne możliwości ślizgu lub załogi (np. ograniczenia wytrzymałości konstrukcji).

1.10.1 Utrata równowagi poprzecznej

Przy poderwaniu płozy nawietrznej należy poluzować szoty grota i ślizg opadnie. Podczas żeglugi unikamy poderwania płozy nawietrznej przez wyluzowanie w porę żagla. Samo uniesienie płozy nie stwarza zagrożenia dla trwałości ślizgu. Znacznie groźniejszy jest powrót do równowagi, który może być zbyt gwałtowny. Nadwyręża się wtedy konstrukcja, a nawet może złamać się płozownica. Jeżeli ślizg się wywraca to silne uderzenie masztem o lód grozi jego połamaniem. Przed nadmiernym uniesieniem płozy ochroni w porę wyluzowany żagiel, a na małym ślizgu dodatkowy manewr sterownicą i wprowadzenie ślizgu w ruch krzywoliniowy. Pojawiają się wtedy siły bezwładności, które ustateczniają ślizg [4]. Innym środkiem pozwalającym na zapobiegnięcie utracie równowagi kierunkowej jest wcześniejsze zarefowanie żagla, skutkiem czego jest odsunięcie niebezpiecznych warunków żeglugi do większych prędkości wiatru rzeczywistego [3] i [4].

1.10.2 Utrata równowagi kierunkowej

Gdy wypadkowe sił aerodynamicznych i bezwładności działające na ślizg są zbyt duże może dojść do wyczerpania zdolności skrętowej i utraty równowagi kierunkowej, gdy jedna z płóz nieproporcjonalnie bardziej obciążona siłą boczną niż pozostałe wyskakuje z utworzonego w łodzi rowka. Ślizg zaczyna się obracać i zmieniać kierunek ruchu pozostając jednak cały czas w styczności z lodem. Obrót ślizgu połączony z gwałtownym wytracaniem prędkości postępowej i utratą sterowności nazywamy korkociągiem. Taki wirujący ślizg stanowi poważne niebezpieczeństwo dla innych zwłaszcza podczas regat. Inne ślizgi mogą nie mieć możliwości ominięcia i zderzenie zawsze poważne w skutkach jest nieuniknione. Przed utratą równowagi kierunkowej zabezpieczamy się dokonując prawidłowego naostrzenia płóz i wyrównoważenia ślizgu, oraz nie dopuszczając do nadmiernego wzrostu sił aerodynamicznych przez poluzowanie żagla, a w czasie zakręcania dostosowując promień zakrętu do szybkości, a więc zwiększając jego wartość przy zwiększonej prędkości ślizgu. Gdy już doszło do utraty równowagi należy zmniejszyć obciążenie boczne płóz przez poluzowanie żagla.

Podsumowując stwierdzamy, że korkociąg mogą wywołać trzy zasadnicze przyczyny:

1. błędy w technice kierowania ślizgiem,

2. niesprawność techniczna ślizgu,
3. przeszkody na lodzie - szczeliny, nierówności.

W czasie żeglugi nie należy dopuszczać do przekroczenia zdolności skrętowej ślizgu, a więc ostrząc do wiatru można poluzować grota aby zmniejszyć siłę aerodynamiczną. Przy odpadaniu nie trzeba luzować grota.

Błędy przygotowania ślizgu, niewłaściwe zrównoważenie i niewłaściwe do danych warunków lodowych naostrzenie płóz to częste przyczyny korkociągu. Także duże luzy w układzie kierowniczym i zbyt duże luzy na trzonie sterowym są przyczynami korkociągów. Zbyt mały luz też może mieć ujemny skutek, ponieważ już przy pokonywaniu małych nierówności zbyt duże opory tarcia nie pozwalają na swobodne poruszanie się trzonu sterowego i płoza sterowa odrywa się od lodu. Ostra płoza sterowa i dobra jej amortyzacja to warunki zachowania stateczności kierunkowej.

Przeszkody na lodzie jak szczeliny, ślady płóz pozostałe z okresu odwilży, zaspy śniegu i wszelkie małe nierówności mogą spowodować, że płoza sterowa choć na chwilę oderwie się od lodu. Ta krótka chwila wystarczy aby ślizg rozpoczął kręcić korkociąg. Większa szybkość sprzyja korkociągom, mniejsza jest możliwość dostrzeżenia przeszkód, a przy wykonywaniu manewrów powstają większe siły odśrodkowe. Doświadczenie załogi i staranne przygotowanie ślizgu zabezpieczają przed przekroczeniem zdolności skrętowej ślizgu i wpadnięciem w korkociąg. Czym bardziej jest doświadczona załoga tym mniej jest przypadków korkociągów.

1.10.3 Nieoczekiwana przeszkoda

Często podczas żeglugi sternik jest zmuszony do podjęcia błyskawicznej decyzji ominięcia nieoczekiwanej przeszkody. Dlatego musi sobie zdawać sprawę z możliwości technicznych ślizgu.

Szybki manewr ominięcia przeszkody jest uwarunkowany zdolnością skrętową płóz, która przy ostrzeniu szybko ulega wyczerpaniu, ponieważ siła aerodynamiczna działa na zewnątrz zamierzonego zakrętu, a więc tak jak i siła odśrodkowa. Odwrotnie przy odpadaniu ślizgu siła aerodynamiczna pomaga wykonać zakręt, gdyż działa przeciwnie do siły odśrodkowej. Dlatego ślizg może wykonać znacznie ciaśniejszy zakręt połączony z odpadaniem w porównaniu z zakrętem połączonym z ostrzeniem, a więc w razie nieoczekiwanej przeszkody ślizg i sternik dysponują większymi możliwościami jej ominięcia, jeżeli zaczną odpadać od wiatru. Ślizg, który odpadł do fordewindu zachowuje się statecznie, a szybkość jego ulega zmniejszeniu.

1.10.4 Działania zmieniające ograniczenia

Refowaniem – nazywamy zmniejszenie powierzchni żagla, a celem refowania jest uzyskanie przez ślizg większych prędkości jazdy. Jak wiemy o szybkości maksymalnej ślizgu decydują trzy czynniki:

1. konieczność pokonywania oporów czołowych płóz,
2. ograniczona stateczność poprzeczna,

3. ograniczona stateczność kierunkowa.

Dopóki ślizg zachowuje się statecznie, nie ma sensu i potrzeby refowania żagla. Gdy jednak ślizg się przewraca lub dryfuje czy też wpada w korkociąg, to znaczy, że o szybkości decydują już nie opory płóz a stateczność. Zachodzi to gdy siła wiatru wzrasta. Aby zwiększyć stateczność zmniejszamy powierzchnię żagla. Maleją siły aerodynamiczne, wzrasta więc stateczność poprzeczna i kierunkowa. Przy refowaniu żagla obniża się środek ożaglowania, a więc stateczność poprzeczna wzrasta szybciej niż stateczność kierunkowa i przy zarefowanym żaglu niebezpieczeństwo przewrócenia się ślizgu znacznie maleje.

Szybkość ślizgu będzie ograniczać stateczność kierunkowa i zdolność płóz przeciwdziałania dryfowi a nie stateczność poprzeczna. Jeżeli bardziej jeszcze zmniejszymy powierzchnię żagla, to ślizg nie osiągnie największych prędkości, ponieważ żagiel nie rozwinie dostatecznej siły napędowej.

Odwrotnie, jeżeli powierzchnia żagla będzie zbyt duża to ślizg znowu nie osiągnie maksymalnej prędkości, gdyż po prostu przewróci się lub wpadnie w korkociąg. Ze wzrostem siły wiatru, tym wcześniej należy refować żagle, im gładszy jest lód. Im cięższe są warunki lodowe tym dłużej przy silniejszym wietrze ślizg może nieść pełne ożaglowanie. Ślizgi osiągające rekordowe prędkości mają szanse na ich uzyskanie tylko przy bardzo silnym wietrze i dobrych warunkach lodowych, gdy o szybkości decydować będzie stateczność. Stąd wniosek, że rekordowe ślizgi charakteryzować się będą stosunkowo małą powierzchnią żagla w porównaniu do innych ślizgów o podobnej wielkości i ciężarze.

Podczas żeglugi ze zrefowanym żaglem trzeba bacznie obserwować płozy, aby nie dopuścić do żeglugi z dryfem, co jest najczęściej wynikiem zbyt dużych sił aerodynamicznych wskutek przebrania żagla. Żagiel zarefowany bardzo łatwo jest wybrać za mocno, co nie daje korzyści w szybkości, a zwiększa obciążenie boczne płóz. Nie we wszystkich typach ślizgów można zarefować żagiel i przy silniejszym wietrze na żeglowanie mogą sobie pozwolić tylko doświadczone załogi. Początkujący, aby uniknąć dodatkowych trudności powinni poczekać na bardziej sprzyjające warunki. Niektórzy sternicy argumentują, że można żeglować przy silnym wietrze nie uciekając się do refowania żagla, a w razie niebezpieczeństwa utraty równowagi wystarczy poluzowanie żagla. Istotnie poluzowanie żagla prowadzi do zwiększenia stateczności, lecz nie uzyskamy wtedy takich prędkości jak z żaglem zarefowanym i prawidłowo wybranym. Żagle refuje się przed wyjściem z portu lub na czasowym postoju.

Balastowaniem – nazywamy zwiększenie ciężaru całkowitego ślizgu przez przyjęcie dodatkowego ciężaru (balastu) a celem balastowania jest uzyskanie większych prędkości jazdy. Balastowanie jest jednym ze środków zwiększających stateczność ślizgu. Balastowanie stosujemy wtedy, gdy o szybkości nie decydują już opory płóz lecz stateczność. Widzimy więc, że balastowanie ma ten sam cel co i zarefowanie żagla ślizgu. Balastujemy ślizg tylko do pewnej granicy. Wskutek przyjętego balastu wzrastają opory czołowe płóz i może okazać się, że stateczność już jest wystarczająca, lecz ślizg nie może pokonać zwiększonych oporów. Dlatego należy przyjąć tylko taką ilość balastu, aby uzyskać potrzebny wzrost stateczności.

Drugim czynnikiem ograniczającym wielkość przyjętego balastu jest ograniczona wytrzymałość kadłuba i osprzętu. Nie ma sensu zwiększać stateczności, jeżeli nie będzie

można jej wykorzystać. Znane są przypadki, gdy podczas prób szybkości zbyt gorliwie dobalastowane ślizgi po prostu się rozsypywały.

Zarówno balastowanie jak i refowanie daje w efekcie zwiększenie stateczności. Jednakże przy refowaniu pogarsza się sprawność aerodynamiczna ślizgu. Przy balastowaniu zaś wzrastają opory czołowe płóz, które trzeba pokonywać. Powstaje więc pytanie co jest korzystniejsze, balastowanie czy refowanie?

Odpowiedź zależy będzie od warunków lodowych i typu ślizgu. Jeżeli opory czołowe płóz są małe, to znaczy przy dobrych warunkach lodowych, dobalastowanie ślizgu powoduje niewielki wzrost oporu czołowego. Dlatego przy idealnych warunkach lodowych bardziej opłaca się dobalastować ślizg niż refować żagiel. Przy dobrych warunkach lodowych wpraw balastujemy ślizg, a dopiero następnie uciekamy się do refowania żagla.

Przy złych warunkach lodowych – lód miękki – dobalastowaniu ślizgu towarzyszy poważny wzrost oporów czołowych. Niekorzystne jest więc stosowanie balastowania jako sposobu wzrostu stateczności.

1.11 Sterowanie ślizgiem z aeropłatem

Ślizgi w których żagle zostały zastąpione aeropłatami były budowane w wielu krajach, przed drugą wojną światową, przeważnie jako pojedyncze konstrukcje. Np w USA w 1940 roku zbudowano ślizg FINCH „VECTOR”. Aeropłat tego ślizgu spełniał również rolę kadłuba. Więcej przykładów mamy z Europy zwłaszcza z Niemiec i Estonii a Europejska Unia Jachtingu Lodowego takie ślizgi zaliczała do osobnej klasy, tzw. Ekstraklasy (onaczenie na płacie Δ). Po drugiej wojnie światowej ta idea ślizgów z aeropłatami utrzymała się jedynie w Związku Radzieckim, ale prym wiodły trzy ośrodki to jest miasto Leningrad i republiki Estonii i Łotwy.

Pierwszeństwo w zbudowaniu ślizgu z aeropłatem należy bez wątpienia przypisać znanemu konstruktorowi i teoretykowi żeglarstwa Hansowi von Schulmanowi z Haapsalu, który na zbudowanym przez siebie ślizgu, nazwanym „Feuervogel”, mógł żeglować nie tylko znacznie szybciej niż klasyczne ślizgi o powierzchni 15 m.kw., lecz także w halsowaniu na wiatr okazał się nie do pokonania, mimo, że jego płat miał powierzchnię zaledwie 10 m.kw. Dokumentacja fotograficzna z okresu wojny wykazuje, że budowano takie ślizgi, w różnych układach w tym dwupłaty, na obszarze jezior mazurskich i w rejonie Charzykowa. Pierwsze aeropłaty były konstrukcji niedzielonej, ale zaczął rozwijać się typ aeropłatu konstrukcji dzielonej składającej się z dwóch lub z trzech segmentów ustawianych niezależnie. W razie zbyt silnego wiatru sternik nie zdejmował najwyższego segmentu, lecz pozwalał na swobodne ustawianie się w linii wiatru pozornego. To samo można było zrobić z dowolnym segmentem płata ustawiając go w „łopot”. Eksperymentowano również w celu zmniejszenia przekroju poprzecznego kadłuba z położeniem sternika. Np w ślizgu, który żeglował w Charzykowie sternik zajmował pozycję leżącą w oprofilowanym krytym kokpicie, trochę nietypową bo nie na wznak lecz na brzuchu głową w kierunku ruchu ślizgu. Aby taki ślizg uruchomić trzeba było korzystać z pomocy ludzi znajdujących się poza ślizgiem.

W Związku Radzieckim utworzono po drugiej wojnie klasę ślizgów aeropłat-12 m² oznaczone „12 b” a po zdobyciu doświadczeń kolejną klasę aeropłat-8 m² oznaczenie „8 b”. Obydwie klasy wspaniale się rozwijały, ale nie umożliwiały startów za granicą, nigdzie bowiem takich ślizgów poza ZSRR nie było. Z chwilą gdy w ZSRR pojawił się

DN, a zawodnicy zaczęli jeździć za granicę obydwie klasy zniknęły.

Pewne cechy aerodynamiki aeropłata powodują, że sterowanie ślizgiem nie jest sprawą prostą. Będąc ustawionym w linii wiatru aeropłat nie łopoce, a więc sternikowi brakuje informacji o jego ustawieniu.

Kolejną sprawą jest nadzwyczajna czułość aeropłata na minimalne odchyłki w kątach natarcia, nie wiadomo kiedy przekroczono krytyczne kąty.

I wreszcie niebezpieczeństwo przy manewrowaniu. Wysoko położony środek ciężkości to wyżej działające siły bezwładności podczas zakręcania.

Jeśli dodamy bardzo wysokie koszty budowy aeropłata i podatność na zniszczenie w przypadku wywrotki, to łatwo zrozumieć, dlaczego to nowoczesne i kryjące duże możliwości rozwiązanie należy obecnie traktować w kategoriach historycznych.

1.12 Wpływ układu konstrukcyjnego na sterowanie ślizgiem

Zasadniczej różnicy w kierowaniu ślizgami z przednią płozą sterującą i z płozą na rufie nie ma. Jednakże te dwa typy ślizgów w niektórych przypadkach, zwłaszcza przy wykonywaniu manewrów zachowują się odmiennie. Na przykład na kursie baksztąg, gdy ślizgi rozwijają duże szybkości własne, ślizg z przednią płozą sterującą żegluje bardzo statecznie. To samo obserwuje się przy odpadaniu z bejdewindu do baksztągu. To stateczne zachowanie się ślizgu można wytłumaczyć tym, że składowa napędowa siły aerodynamicznej zaczepiona wysoko w środku parcia dąży jakby do przewrócenia ślizgu do przodu, a więc powoduje zwiększony nacisk na płozę sterową.

Na ślizgu z płozą sterującą na rufie składowa napędowa siły aerodynamicznej powoduje zmniejszenie pionowego nacisku zwłaszcza w ciężkich warunkach lodowych, co zmusza konstruktora do dociążenia rufy, aby nie nastąpiło zarzucenie rufy i korkociąg gdy ślizg żegluje np. baksztagiem. Jednakże przy wykonywaniu zwrotu przez sztag przy przechodzeniu linii wiatru na żagle działa siła oporu, co powoduje odciążenie płozy sterowej u ślizgów z przednią płozą sterującą, a dociążenie płozy sterowej u ślizgów z płozą sterową na rufie. W ślizgu z przednią płozą sterującą sterowność przy wykonywaniu zwrotu przez sztag maleje, a w ślizgu z płozą sterową na rufie zwiększa się. Duża stateczność kierunkowa ślizgu z przednią płozą sterującą przy odpadaniu i na kursie baksztąg pozwala na bardziej odważne żeglowanie bez obawy korkociągu. Dzięki równomiernemu rozłożeniu ciężaru pomiędzy trzema płozami ślizg łatwiej żegluje w trudnych warunkach lodowych. To jest bez wątpienia zaletą ślizgów z przednią płozą sterującą.

Do wad zaliczyć należy mniejszą sterowność przy wykonywaniu zwrotu przez sztag, a także narażenie załogi na nieco większe niebezpieczeństwo przy wywrotce. Ślizgi z przednią płozą sterującą wywracają się odmiennie, niż ślizgi z rufową płozą sterową. Dzięki hamującemu działaniu żagla w ślizgach z płozą sterową na rufie uderzenie masztu o lód jest bardzo złagodzone. Brak tego aerodynamicznego działania w ślizgach z płozą sterową na dziobie powoduje, że uderzenie masztem o lód jest silniejsze i znacznie częstsze są wypadki połamania masztu. Sternikowi grozi w takim przypadku upadek pod kadłub. Jeżeli maszt się nie łamie, to sternik wypada ze znacznie większej wysokości, ponieważ siedzi on nad płozownicą. Z obserwacji wywrotek ślizgów wiadomo, że uniesienie płozy nawietrznej ślizgu z przednią płozą sterującą odbywa się znacznie energiczniej niż w ślizgu z płozą sterową rufową. Wynika to z faktu że gdy unosi się płoza nawietrzna ślizgu z płozą sterową dziobową to, w wyniku ruchu obrotowego wokół pro-

stej łączącej płożę zawietrzną i sterową, zwiększają się kąty natarcia wiatru pozornego działającego na żagiel.

Środkiem konstrukcyjnym zmniejszającym gwałtowność unoszenia płoży nawietrznej lub wręcz wyeliminowanie tego zjawiska jest przechylenie masztu na zawietrzną. W nowoczesnych ślizgach uzyskuje się to przed wywrotką dzięki współpracy elastycznej płozownicy z wybaczającym się masztem. Sztywności masztu i płozownicy muszą być precyzyjnie dobrane do masy ślizgu i zawodnika. Temu zagadnieniu poświęcono prace [7] i [8].

W chwili poderwania płoży nawietrznej sternik może ruchem sterownicy wprowadzić ślizg w ruch krzywoliniowy i wystąpią siły bezwładności stabilizujące ślizg. Ma to sens jedynie w ślizgach z płożą sterową na dziobie, a ślizg musi odpadać. Te sprawy są dokładnie opisane w [3] i [4].

1.13 Ślizg na postoju

Ślizg nie będący w ruchu winien być odpowiednio zabezpieczony przed ucieczką, porwaniem i uszkodzeniem. Postój ślizgu może mieć różnorodny charakter jak np:

- a) Postój chwilowy bez roztaklowywania ślizgu.
- b) Postój czasowy z częściowym roztaklowaniem.
- c) Postój nocny.
- d) Postój wielodniowy lub wielotygodniowy.

Zależnie od okoliczności odpowiednio zabezpieczamy ślizg.

Na postoju chwilowym zabezpieczamy ślizg od ucieczki przez ustawienie go dziobem do wiatru, szoty są maksymalnie poluzowane, a pod płożą sterową opuszczony hamulec postojowy. Jeżeli nie ma hamulca postojowego to płożę sterową skręcamy maksymalnie.

Na postoju czasowym najczęściej opuszczamy żagiel lub kładziemy maszt (DN). Małe składane podstawki pod płozownicą i kadłubem umożliwiają pracę przy ślizgu, np. wymianę płóz i odciążają ostrza płóz, co zapobiega ich wtapianiu się w lód. Jeżeli nie mamy takich podstawek, należy pod ostrza płóz położyć drewniane podkładowki, bowiem nawet podczas mrozu stalowe ostrza będą wtapiać się w lód skutkiem nacisku ostrza i ciepła dochodzącego przez promieniowanie. Odchodząc od ślizgu dobrze jest podwiązać sterownicę do masztu celem uniknięcia jej wyłamania przez nieproszonych gości.

Przygotowanie ślizgu do postoju nocnego albo na dłużej wymaga więcej czynności zabezpieczających. Po zakończeniu żeglowania i przepchnięciu ślizgu na miejsce postoju należy opuścić i zabezpieczyć żagiel, najlepiej po wyjęciu listew zdejmując go z bomu. Jeżeli nie zdejmujemy żagla z bomu należy poluzować lik dolny i zmniejszyć napięcie listew, które można pozostawić w kieszeniach, jeżeli żagiel daje się nawinać na bom bez zbędnych fałd. Następnie tak zwinięty żagiel wsunięty w specjalny nieprzemakalny pokrowiec jest gotów do przenoszenia lub przewożenia. Jeżeli ślizg ma pozostać na lodzie, pod płozownicą i kadłub wstawiamy podstawki zaś płoży odkręcamy. Płoży i drobne detale najwygodniej jest przechowywać w specjalnej skrzyneczce. Sam kadłub najlepiej będzie zabezpieczyć przed brudem, sadzą i śniegiem nakrywając go pokrowcem. Pamiętajmy również o zabezpieczeniu sterownicy przed wyłamaniem przez schowanie jej pod pokrowcem, lub przez przywiązanie do masztu, ewentualnie przez jej wymontowanie.

1.14 Awarie w żeglarsztwie lodowym

Awarii jest najlepiej unikać zawczasu. Nie oznacza to, że należy zrezygnować z żeglowania. Jednakże rozpoczynając żeglowanie należy tak przygotować ślizg i rozpoznać warunki, aby możliwość wystąpienia awarii była jak najmniejsza, a w razie gdy się już zdarzy, aby jej skutki były jak najmniej groźne dla uczestników. Dlatego załoga winna być przygotowana do likwidacji skutków awarii we własnym zakresie przez wyposażenie w niezbędne narzędzia i środki ratunkowe [9] i [10]. Załoga przed wyruszeniem na lód musi wykonać działania prewencyjne i przygotować się do działań interwencyjnych.

Uszkodzenia sprzętu to groźne awarie wskutek nieostrożnej żeglugi lub zmęczenia materiału. Najczęściej zdarza się złamanie płozownicy, masztu, złamanie lub zgięcie płóz. Należy prowizorycznie usunąć usterkę, a po powrocie do bazy dokonać naprawy. Mnogość możliwych uszkodzeń jest bardzo duża, tak, że nie jest celowym wymienianie całej ich listy. Częstość są wywrotki lub korkociągi, które mogą naruszyć trwałość konstrukcji. Dlatego po takim wydarzeniu należy sprawdzić sprzęt, bowiem korkociąg wynika nie tylko z błędów załogi, lecz może być sygnałem o niepełnej sprawności sprzętu. Do najcięższych awarii zaliczamy uszkodzenie sprzętu wskutek zderzenia lub najechania na przeszkodę oraz przypadki załamania się pokrywy lodowej.

Zderzenie z innymi ślizgami jest wynikiem nieprzestrzegania prawa drogi lub niesprawności technicznej ślizgu i z reguły jest poważne w skutkach. Energia potrzebna do złamania sztywnej konstrukcji kadłuba nie jest duża, a podczas zderzenia wyzwalamąca się energia kinetyczna jest wielokrotnie większa od energii potrzebnej do zniszczenia konstrukcji. Aby zminimalizować uszkodzenie konstrukcji należy jeśli to jest możliwe zmniejszyć przed zderzeniem względne prędkości ślizgu i starać się zetknąć częściami odległymi od środka masy ślizgu.

Do najbardziej typowych awarii w żeglarsztwie lodowym należy załamanie się lodu pod ślizgiem zwane zarwaniem. Zarwanie może być częściowe gdy tylko płoza przebiła pokrywę lodową, a ślizg osiadł na lodzie pozostałymi częściami i dalej nie zanurza się, oraz pełne gdy kadłub zaczyna pływać w wodzie.

Od momentu zatrzymania się ślizgu rozpoczyna się akcja ratownicza mająca na celu przede wszystkim uratowanie życia i zdrowia ludzi. Dopiero w następnej kolejności ratuje się sprzęt. Akcja ratownicza winna być tak prowadzona, aby ratujący nie stali się tymi, których trzeba ratować, a więc aby nie pogorszyła się sytuacja. W przypadku zarwania należy:

1. Zachować spokój – nie rzucać się, nie skakać, nie oddalać się od ślizgu.
2. Ocenić sytuację – czy istnieje szansa na samodzielny ratunek, czy też konieczna jest pomoc, czy dostrzeżono naszą awarię i czy wzywanie pomocy może być dostrzeżone.

Konieczne jest ocenienie sytuacji lodowej w najbliższym otoczeniu miejsca awarii, a w szczególności rozciągłość miejsca, w którym lód jest osłabiony. Zasadą jest, że miejsca gdzie lód jest pewny oczekujemy od strony, z której nadjechał ślizg, ale w rzeczywistości sytuacja może być odmienna.

3. Powziąć decyzję odnośnie dalszego postępowania, bowiem zależnie od sytuacji dalsze działania mogą mieć różne warianty:

a) Decyzja pozostania na ślizgu i oczekiwanie na pomoc. Jeśli ślizg nie tonie, jest pew-

nym środkiem ratunkowym. Oddalenie się od ślizgu może pogorszyć sytuację jeśli nastąpi załamanie lodu pod ciężarem człowieka oddalonego od ślizgu.

b) Oddalić się od ślizgu. Aby zmniejszyć ryzyko należy użyć linki ratunkowej, która przywiązana jednym końcem do ślizgu pozwala na przyciągnięcie się do ślizgu jeśli nastąpi dalsze łamanie lodu. Linkę tę można przedłużyć używając np. szotów. Od ślizgu oddalać się, czołgając lub turlając po powierzchni lodu.

4. W przypadku pomocy z zewnątrz najpierw ratuje się załogę. Przy pomocy wszelkich dostępnych środków jak drabiny, deski użyte celem rozłożenia nacisku na lód, należy przybliżyć się ostrożnie do miejsca zarwania. Powinna to robić jedna osoba w pozycji leżącej, ubezpieczona linką. Jeżeli dotarcie jest niemożliwe należy rzucić koło ratunkowe z uwiązaną linką, która umożliwi zaciągnięcie ratowanego na bezpieczny obszar. Jeżeli nie ma koła można wykorzystać rzutkę. Jeżeli ratowany znajduje się w wodzie, musi on wydostać się na powierzchnię lodu. Jest to trudne zadanie jeżeli nie ma pomocy z zewnątrz i znacznie ułatwione jeśli udzielający pomocy ciągną za linkę ratowniczą. Przy wyciąganiu na lód ratowany powinien położyć się możliwie poziomo, tak aby ciało mogło wsunąć się lub wtoczyć na powierzchnię lodu.

Kolejnym etapem akcji ratowniczej jest wyciągnięcie sprzętu. Jeżeli ślizg leży masztem na lodzie to sprawy mają się nieźle gdyż łatwo możemy uwolnić fał lub zaczepić linę o top, którą wykorzystamy w kolejnych etapach akcji.

Pierwszą czynnością jest wyprostowanie ślizgu, najlepiej przez ciągnięcie za linę uwiązaną do wystającej nad lodem płozownicy.

Kolejną czynnością jest wsunięcie kadłuba na mocną część lodu i uwolnienie spod lodu zanurzonej płozy, co jest bardzo ułatwione jeśli również ciągniemy za top masztu. Odciążenie zanurzonej płozy pozwala zsunąć ją i kadłub na powierzchnię mocnego lodu. Trzymanie zaś za fał zabezpiecza ślizg przed ucieczką.

Oczywiście nie zawsze udaje się tak prosto uwolnić ślizg i niekiedy należy liczyć się z koniecznością jego zdemontowania i uwolnienia spod lodu poszczególnych jego części.

Następnie przystępujemy do suszenia ślizgu i jego wnętrza.

Literatura

- [1] Komisja Jachtingu Lodowego P.Z.Ż - praca zbiorowa: Żeglarstwo na lodzie. Skrypt wydany z zasiłku P.U.W.F. Warszawa 1937 r.
- [2] Kurski Witold: Żeglarstwo lodowe. Skrypt A.W.F. Gdańsk 1993 r.
- [3] Kurski Witold: Wpływ prędkości jazdy ślizgu lodowego na siły aerodynamiczne. Zeszyty Naukowe AWF, Gdańsk 12/1990.
- [4] Kurski Witold: Wpływ prędkości jazdy na równowagę poprzeczną ślizgu lodowego. Zeszyty Naukowe AWF, Gdańsk 12/1990.
- [5] Kurski Witold: Aspekty techniczne rekordów prędkości ślizgów lodowych. Akademia Wychowania Fizycznego w Gdańsku, Rocznik Naukowy Tom III 1994 r.
- [6] Korowielskij D.N.: Bujernyj Sport. Fizkultura i Sport, Moskwa 1969.

- [7] Kosecki Dariusz: Dobór masztu ślizgu DN do zawodnika. Praca dyplomowa trener-ska obroniona w A.W.F.i S. w Gdańsku w 2002 r.
- [8] Kosecki Dariusz: Kryteria doboru płozownicy ślizgu DN do warunków żeglugi i zalecenia technologiczne. Praca dyplomowa magisterska obroniona w A.W.F.i S. w Gdańsku w 2004 r.
- [9] Kuźnicki W.: Locja lodowa i bezpieczeństwo w żeglarstwie lodowym., „Żagle i Jach-ting Motorowy” 12/79.
- [10] Kuźnicki W.; Awarie w żeglarstwie lodowym., „Żagle i Jachting Motorowy” 3/80.
- [11] Dieckman Uwe G-600.; USTAWIENIE DN - Propozycje jednolitych metod pomia-rowych. Tłumaczenie dostępne na stronie www.bojery.pl.

Spis treści

1 PRAKTYKA BOJEROWA	1
1.1 Warunki bezpieczeństwa w żeglarstwie lodowym	1
1.1.1 Ubranie i wyposażenie bojelowca	1
1.1.2 Zasady zachowania bezpieczeństwa	2
1.2 Montaż i regulacja ślizgu	3
1.2.1 Ustawienie płozownicy	4
1.2.2 Ustawienie równoległości płóz	4
1.2.3 Ostrzenie płóz	5
1.2.4 Ustawienie masztu	5
1.3 Przewożenie ślizgu	6
1.4 Kursy względem wiatru	7
1.4.1 Odpadanie - ostrzenie	8
1.5 Ruszenie i zatrzymanie jachtu	8
1.5.1 Błędy podczas rozpędzania	9
1.5.2 Zatrzymanie ślizgu	11
1.5.3 Zatrzymanie ślizgu na wyznaczonym miejscu	11
1.6 Zwrot przez sztag	14
1.7 Zwrot przez rufę	14
1.8 Halsowanie na wiatr	17
1.9 Halsowanie z wiatrem	18
1.10 Żegluga przy osiągnięciu granicznych możliwości ślizgu lub załogi	20
1.10.1 Utrata równowagi poprzecznej	20
1.10.2 Utrata równowagi kierunkowej	20

1.10.3 Nieoczekiwana przeszkoda	21
1.10.4 Działania zmieniające ograniczenia	21
1.11 Sterowanie ślizgiem z aeropłatem	23
1.12 Wpływ układu konstrukcyjnego na sterowanie ślizgiem	24
1.13 Ślizg na postoju	25
1.14 Awarie w żeglarskim lodowym	26

Materiały Szkoleniowe - Żeglarstwo Lodowe

WITOLD KURSKI

listopad 2008

Opracowanie na prawach rękopisu
dla instruktorów żeglarstwa lodowego.

1 METODYKA NAUCZANIA W ŻEGLARSTWIE LODOWYM

1.1 Uwagi o szkoleniu podstawowym

W szkoleniu w żeglarstwie lodowym mamy dobre tradycje, gdyż obowiązujący w latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku regulamin szkolenia do stopnia sternika lodowego określał łączny czas zajęć teoretycznych na 13 godzin wykładowych oraz 52 godziny na zajęcia praktyczne. W ramach szkolenia praktycznego na zaznajomienie się z budową ślizgu i jego obsługą przeznaczono cztery godziny, na manewrowanie ślizgiem lodowym 32 godziny, a na wyszkolenie regatowe 16 godzin. Oceniając ten regulamin zwracamy uwagę na niewielką ilość zajęć teoretycznych oraz znaczny czas bo aż 32 godziny przeznaczony na nauczanie manewrowania ślizgiem lodowym. Celem takiego szkolenia było przygotowanie zawodnika mogącego startować na dowolnym typie ślizgu, bowiem stopień sternika lodowego był wówczas jedynym stopniem w żeglarstwie lodowym. Stopień ten uprawniał również do prowadzenia szkolenia pod nadzorem instruktora.

Kolejno wprowadzane regulaminy stopni w żeglarstwie lodowym, poza stopniem sternika lodowego przewidywały również stopień żeglarza lodowego. Ponieważ zdobycie stopnia żeglarza lodowego przed zdobyciem stopnia sternika lodowego nie było obowiązkowe, więc stopień żeglarza lodowego traktowano jako stopień młodzieżowy. Te nowsze regulaminy stopni w żeglarstwie lodowym określały zakres materiału teoretycznego oraz minimalne wymagania praktyczne i umiejętności jakimi muszą wykazać się kandydaci do stopni żeglarstwa lodowego, nie określały natomiast sposobu przeprowadzenia zajęć teoretycznych przez podanie liczby godzin wykładowych oraz czasu trwania zajęć praktycznych.

Potem nastąpiły okresy kolejnych zmian Ustaw o Kulturze Fizycznej. W sześćdziesięcioletniej powojennej historii sportu w Polsce już dwukrotnie były takie okresy, że stopni żeglarstwa lodowego nie było, a potem je przywracano. Jak tu prowadzić szkolenie na stopień, który formalnie nie istnieje. Obecnie jesteśmy przed kolejną nowelizacją Ustawy o Kulturze Fizycznej przewidzianą na początek 2009 roku, która nie wiadomo co nam przyniesie.

W takiej sytuacji szkoleniowcy zachowują spokój i szkolą młodzież według dobrze dopracowanych dotychczasowych wzorców.

Kadra Samodzielnie prowadzić szkolenie w żeglarstwie lodowym może jedynie instruktor żeglarstwa lodowego. Pomocnik instruktora w stopniu sternika lodowego może prowadzić szkolenie jedynie pod nadzorem instruktora.

Instruktorzy żeglarstwa lodowego w szkoleniu podstawowym zajmują się praktyczną nauką wykonywania czynności w żegludze na ślizgu lodowym. Do instruktorów należy zatem nauczenie eksploatacji ślizgu z wyłączeniem poważniejszych czynności naprawczych. Instruktor powinien:

1. Umieć dokonać oceny przydatności akwenu do uprawiania żeglarstwa lodowego.
2. Umieć przygotować do jazdy sprzęt i nauczyć czynności montażowych i regulacyjnych oraz obsługi technicznej.
3. Umieć przygotować do żeglugi żeglarza i załogę.
4. Nauczyć wykonywania czynności obsługowych w przygotowaniu ślizgu do żeglugi oraz stawania na postój.
5. Nauczyć wykonywania manewrów podczas jazdy oraz właściwej obserwacji innych ślizgów i zjawisk towarzyszących żegludze.
6. Umieć zorganizować proces szkolenia i zapewnić bezpieczeństwo na lodzie, oraz być przeszkolonym w zakresie udzielania pierwszej pomocy z uwzględnieniem warunków zimowych.
7. Oddziaływać wychowawczo.

Aby właściwie sprostać tym zadaniom instruktor winien posiadać szereg umiejętności oraz cechy charakteru.

- a) Doskonale musi umieć to czego ma uczyć.
- b) Musi znać teorię na poziomie wystarczającym do wyjaśnienia zjawisk w żegludze na ślizgu lodowym.
- c) Winien być cierpliwy.
- d) Winien być naturalny w stosunkach z uczniami i lojalnym względem kadry, w skład której przecież sam wchodzi.

Poza szkoleniem podstawowym do obowiązków instruktora należy również szkolenie w zakresie spraw regatowych. Może on również podjąć się pracy trenera, a więc przygotowania zawodnika do regat. Czy wobec tego instruktor winien być aktualnie dobrym sportowcem?

Praktyka żeglarska jak i szybownictwa pokazuje, że wcale nie jest to konieczne, jednak trener winien mieć ogromne doświadczenie zawodnicze. Najlepszy układ to taki, że doświadczony zawodnik w późniejszym okresie swojej kariery przechodzi do pracy trenerskiej, wykorzystując w niej swoje dotychczasowe doświadczenie zawodnicze.

Szkoleni W żeglarsztwie lodowym szkolić można już kandydatów w wieku lat dziesięciu. Kandydaci w wieku lat 12 z reguły posiadają niezbędne predyspozycje psychiczne i fizyczne do szkolenia na ślizgu DN. Natomiast do szkolenia na ślizgach większych można dopuścić osoby o odpowiednim rozwoju fizycznym osiąganym z reguły w wieku co najmniej 16 lat. Szkoleni winni podlegać ogólnemu - sportowemu nadzorowi lekarskiemu właściwemu dla danego wieku. Pożądane jest, aby kandydaci posiadali odpowiednie cechy intelektualne i uzdolnienia jak:

- a) Sprawność intelektualną czyli łatwość kojarzenia zależności.
- b) Szeroki zakres uwagi, to jest łatwość jej przerzucania, dzielenia oraz spostrzegawczość.
- c) Uzdolnienia ruchowe, ponieważ tacy kandydaci łatwiej się szkolą. Łatwo szkolą się sportowcy gier zespołowych, żeglarze wodni, kierowcy samochodowi i piloci.
- d) Szybkość reakcji - cecha pożądana, która jednakże nie powinna być przeceniana, gdyż w dużym stopniu może być zrekomensowana przewidywaniem.
- e) Umiejętność przewidywania sytuacji.
- f) Łatwość przekształcania wrażeń w spostrzeżenia i ocenę sytuacji.
- g) Zachowanie równowagi pomiędzy procesami hamowania i pobudzania.
- h) Cechy charakterystyczne jak:
 - systematyczność, wytrwałość, staranność,
 - silna wola,
 - umiejętność koncentracji uwagi,
 - dyscyplina wewnętrzna i samokrytycyzm,
 - uczciwość, odwaga cywilna, koleżeńskość, poczucie obowiązku.

1.2 Szkolenie teoretyczne

Wprowadzenie Szkolenie teoretyczne należy zacząć od wprowadzenia, w którym zaznajamiamy kursanta z programem szkolenia i określamy cele do osiągnięcia oraz przypuszczalne terminy ich osiągnięcia, co pomaga w stworzeniu właściwej motywacji do szkolenia. W tym wprowadzeniu należy podkreślić, że w szkoleniu w żeglarsztwie lodowym mamy dobre tradycje poczynając od okresu międzywojennego. Wymieniamy szkolenia prowadzone przez Mikołaja Osińskiego dla wojskowych w Augustowie, obozy studentów warszawskiego AWF w Brańszewie nad jeziorem Drywiaty a także jeziorem Narocz, szkolenia Ottona Weilanda, Grzęcy i Kądzioły w Charzykowych. W okresie powojennym znów szkolenia Mikołaja Osińskiego ale instruktorów w Węgorzewie, szkolenia Stanisława Turkettiego oraz obozy studenckie AZS w Giżycku.

Warunki bezpieczeństwa w żeglarsztwie lodowym Po wprowadzeniu winien odbyć się pierwszy wykład na temat warunków bezpieczeństwa w żeglarsztwie lodowym, ubrania bojerowca oraz zachowania się w przypadku zagrożenia. Najlepiej byłoby przeprowadzić zajęcia teoretyczne przed rozpoczęciem szkolenia praktycznego na ślizgach. Po ukończeniu szkolenia teoretycznego dokonuje się sprawdzianu wiadomości i na podstawie ich wyniku dopuszcza do szkolenia na ślizgach. Tę selekcję warto przeprowadzać tam gdzie na obozy zwłaszcza studenckie trafiają przypadkowi ludzie o zainteresowaniach odmiennych niż sportowe. Ten sposób nauczania powinien być praktykowany gdy

zajęcia teoretyczne są przeprowadzane przed obozem czy zgrupowaniem, a wynik sprawdzianu jest podstawą zakwalifikowania do szkolenia.

W konkretnych warunkach obozu zimowego trzeba postępować nieco elastyczniej. Gdy na obozie znajdują się kandydaci bez przeszkolenia teoretycznego, a są sprzyjające warunki meteorologiczne i lodowe, to względy praktyczne nakazują ich wykorzystanie, gdy tylko jest to możliwe, do praktycznego szkolenia i nie odkładanie zajęć praktycznych. Istnieje bowiem obawa, że warunki lodowe mogą ulec pogorszeniu. Dlatego na obozach prowadzimy najczęściej szkolenie teoretyczne i praktyczne równolegle, wykorzystując godziny dzienne na zajęcia praktyczne a po zmroku prowadzimy zajęcia teoretyczne. Oczywiście w przypadku załamania się pogody zajęcia teoretyczne prowadzimy również przed południem.

Istnieje też inna możliwość. Jest nią prowadzenie zajęć z częścią kursantów na lodzie, a z pozostałymi na sali wykładowej. Ten wariant jest do przyjęcia na dużych zgrupowaniach, jednak jest dla kadry uciążliwy, wymaga bowiem przeprowadzenia dwukrotnego tych samych wykładów.

Po pierwszym wykładzie na temat bezpieczeństwa w żeglarstwie lodowym, gdy szkolenie prowadzimy metodą programowo - zadaniową, najlepiej będzie przeprowadzić rozpoznanie lodowe z kursantami zgodnie z tematem Zadanie 1. Ćwiczenie 1.

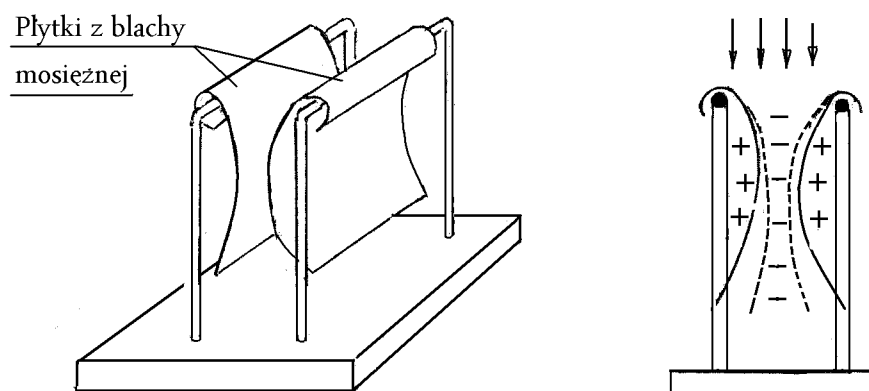
Zjawiska lodowe Kolejny wykład dotyczy zjawisk lodowych, których omówienie wiąże się z wcześniej wyłożonymi warunkami bezpieczeństwa oraz przeprowadzonym rozpoznaniem lodowym. W szkoleniu teoretycznym wykorzystujemy różne pomoce jak planse, eksponaty oraz różne przyrządy, które możemy wykonać we własnym zakresie. W przypadku zjawisk lodowych i rozpoznania lodowego potrzebne będą:

- a) prosta sonda do zmierzenia głębokości wody,
- b) przyrząd do wiercenia otworów w lodzie,
- c) przyrząd do pomiaru grubości lodu,
- d) termometry do pomiaru temperatur śniegu, lodu i wody.

Do pomiaru temperatury wody na różnych głębokościach najlepszym byłby termometr głębokowodny odwracalny. Można też użyć termometru maksymalnego lub rozwijając swoją pomysłowość w kierunku innego rozwiązania. Z rozpoznania lodowego każdy kursant powinien złożyć sprawozdanie, które należy dołączyć do dokumentacji szkoleniowej.

Budowa ślizgu Prowadząc wykład z budowy ślizgu wykorzystujemy oryginalne rysunki i plany konstrukcyjne, fotografie i wydania przepisów klasowych a jako eksponaty - elementy ślizgu przyniesione na salę wykładową, jak płozy, płozownice, maszt, bom, a w przypadku ślizgu DN nawet kadłub. Kursanci a zwłaszcza kursantki nie zdają sobie sprawy z rzeczywistych wymiarów konstrukcji i dlatego należy zwrócić uwagę, aby przy wykonywanych rysunkach były nanoszone wymiary wraz z tolerancjami.

Podczas wykładu z budowy zwracamy uwagę na cechy funkcjonalne, co wywołuje skojarzenia i ułatwia zapamiętywanie. Ślizg jest rozbieralny, połączenia winny być rozłączalne - omawiamy rodzaje połączeń i zabezpieczeń. Omawiając konstrukcję płozy zwracamy uwagę na kąty zaostrenia, profil ostrza, umiejscowienie osi obrotu i konstrukcję obsad przenoszących duże siły. Zwracamy uwagę na możliwość regulacji zbieżności i na możliwość powstających błędów i ich skutków.



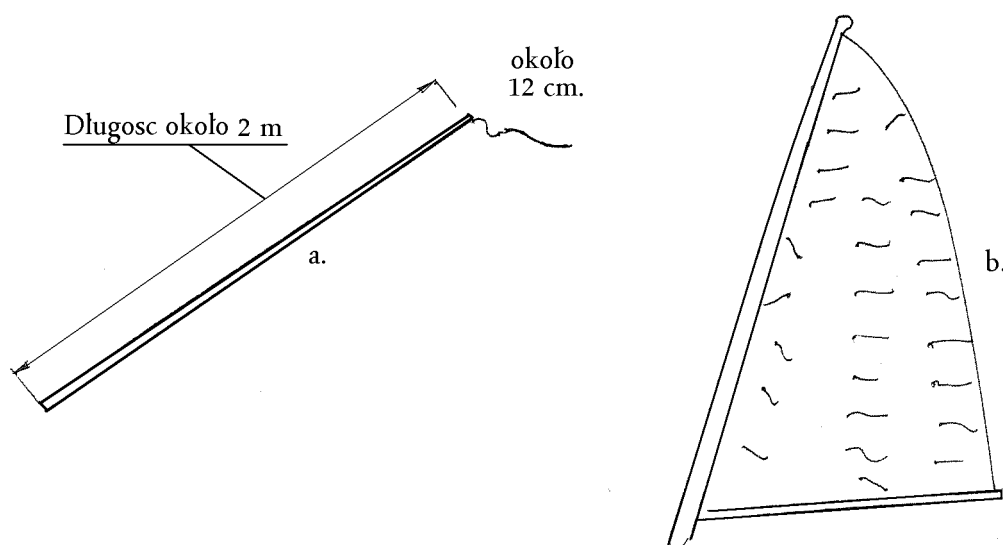
Rysunek 1: Model do demonstracji prawa Bernoulliego

Z kolei przy omawianiu płozownicy podkreślamy jej rolę jako resoru i amortyzatora nawiązując do konieczności resorowania wszelkich pojazdów. Z przyniesioną na salę wykładową płozownicą można wykonać proste doświadczenie obciążając ją znanym obciążeniem i mierząc przyrost ugięcia, czyli określić jej sztywność. Omawiamy warunki jakie co do sztywności musi spełniać płozownica, a zależne jest to od warunków lodowych i ciężaru zawodnika. Następnie omawiamy niektóre technologie budowy płozownic. Omawiając konstrukcję płozownic pustych wewnątrz pokazujemy gdzie wklejone są dodatkowe wypełnienia tzw klocki, celem zabezpieczenia miejsc, w których przyłożono obciążenia skupione od want i kadłuba.

Przy omawianiu kadłuba zwracamy uwagę na funkcjonalność i rolę wytrzymałościową poszczególnych elementów. Zamknięte przekroje poprzeczne kadłuba dają dużą odporność na skręcanie. Możliwość wprowadzenia do kadłuba sił pochodzących od pięty masztu zapewniają okucia mocowane na wzmocnieniach lub na specjalnym dźwigarze podmasztowym. To dotyczy także sił przenoszonych z olinowania stałego lub ruchomego. Wentylacje i przewietrzanie całej konstrukcji zapewniają otwory wentylacyjne. Zwracamy uwagę na sposób zapewnienia pływalności.

Po wykładzie z budowy ślizgu można przystąpić do zajęć praktycznych i przeprowadzić montaż ślizgu zgodnie z Zad. I ćw. 2 według wykazu zadań szkolenia praktycznego.

Teoria żeglowania Bardzo pomocne podczas wykładu z teorii żeglowania są proste pomoce do demonstracji prawa Bernoulliego rys.1 i do demonstracji opływu na żaglu rys.2. Do wizualizacji opływu na żaglu możemy użyć wskaźnika rys.2, a składającego się z kilku włókien lekkiej wełny o długości 10 - 15 cm zamocowanych za pomocą nitki łączącej o długości 1 - 2 cm do końca pręta wystarczająco długiego, aby można było dosięgnąć do wyższych partii żagla. Otaklowany ślizg ustawić należy na kursie bejdownie, hamulec postojowy jest opuszczony, pod płozami bocznymi ustawiamy podkładki aby ślizg nie uciekł, a sternik siedzący w kokpicie zmienia wg. poleceń ustawienie żagla. Zbliżamy wskaźnik w interesujące nas miejsca na żaglu. Są to rejony w pobliżu masztu, bomu, liku tylnego tak od strony zawietrznej jak i nawietrznej. Przez wybranie szotów uzyskujemy zmianę opływu i demonstrujemy oderwanie strug oraz wiry brzegowe. Po-



Rysunek 2: Wykorzystanie wskaźników telltales do demonstracji opływu żagla

dobne wskaźniki możemy naszyć bezpośrednio w różnych miejscach żagla. Powinny mieć długość od 8 cm do 15 cm, ale stosowane bywają i dłuższe do 20 - 25 cm w postaci różnokolorowych tasiemek. Mają one tę zaletę, że wskazują kierunek przepływu strug w ruchu ślizgu. Przy demonstracjach opływu na żaglu obserwatorzy muszą stać z boku dostatecznie daleko lub z tyłu ślizgu aby swoimi sylwetkami nie powodować zakłóceń w przepływie.

Żeglarze na ogół nie zdają sobie sprawy ze zjawiska oderwania strug na żaglu. Jacht wodny z tak pracującym żaglem płynie wolniej natomiast ślizg lodowy zatrzymuje się. Demonstracje opływu na żaglu można wykonać podczas przeprowadzania zadania I ćw.3 lub zad.I ćw.4 .

Omawiając działanie sił na żeglujący ślizg należy na początku posłużyć się rysunkiem perspektywicznym i oznaczyć wszystkie działające siły. A więc na każdej z płóz siłę pionową, siłę boczną i siłę oporu. W środku masy ślizgu rysujemy działającą siłę ciężkości, a na żaglu wypadkową siłę aerodynamiczną i jej składowe. Kolejne rysunki działających sił mogą to być układy sił rysowanych w rzucie z góry lub z boku.

Manewrowanie ślizgiem i prawo drogi Podczas tłumaczenia manewrowania ślizgiem i prawa drogi wykorzystujemy zobrazowanie sytuacji w widoku z góry. Dotyczy to rysunków rysowanych na tablicy. Wygodnie jest wykorzystywać proste modele o długości około 8 cm. Na położonej poziomo tablicy (lub na stole) obrazującej taflę lodową kładziemy strzałkę przedstawiającą kierunek wiatru rzeczywistego oraz rysujemy linie przedstawiające zarys brzegu, a także zaznaczamy przeszkody jak pomosty oraz znaki kursowe. Posługując się modelami omawiamy manewry w żeglarstwie lodowym. Modele są bardzo przydatne, zwłaszcza w nauce prawa drogi, a przeprowadzane przez kurantów ćwiczenia są nie tylko pogładowe, ale i bardzo bezpieczne będąc dalekie równocześnie od nudy suchego wykładu.

Jako typowe sytuacje wybieramy te, jakie napotka kursant przy wykonywaniu zada-

nia II ćw.2, zadania II ćw.3, zadania III ćw.1.

1.3 Szkolenie praktyczne

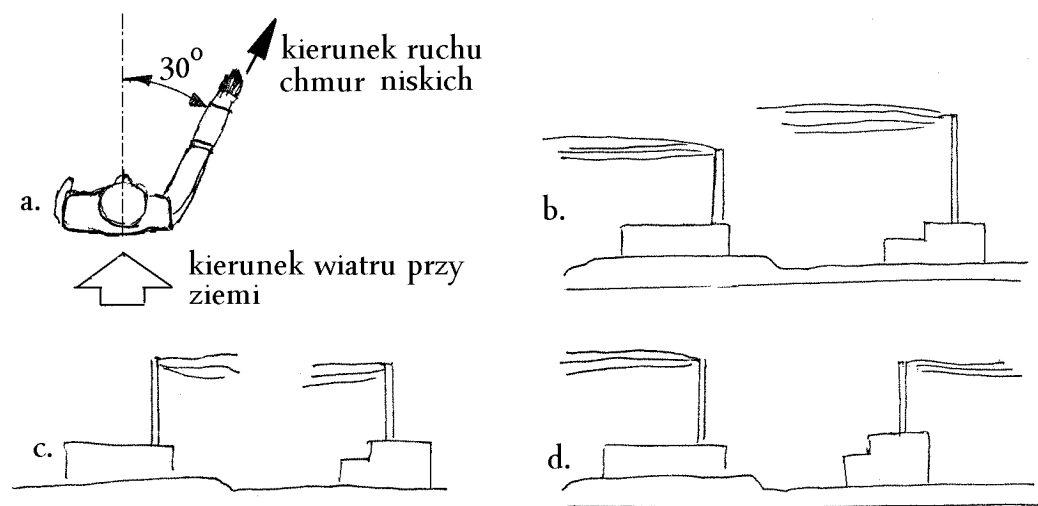
Szkolenie praktyczne obejmuje szkolenie techniczne i naukę manewrowania ślizgiem. Przed przystąpieniem do szkolenia praktycznego należy dokonać podziału na grupy. Kierownik grupy, instruktor lub pomocnik instruktora, co najmniej w stopniu sternika lodowego, prowadzi szkolenie i jest bezpośrednim opiekunem podległych mu kursantów, to znaczy odpowiada za ich bezpieczeństwo. W przypadku jego nieobecności obowiązki przejmuje zastępca. Każdy uczestnik szkolenia winien wykonywać ich polecenia.

Każdej grupie należy przydzielić sprzęt do szkolenia, którym będzie się opiekować przez cały okres szkolenia. Każdy kursant winien znać granice akwenu, których nie wolno przekraczać oraz znać sposoby postępowania w przypadku niebezpieczeństwa. Do obowiązków kierownika wyszkolenia żeglarskiego należy wyznaczenie służb ratowniczych. Zarówno wyznaczenie jak i przejęcie służby winno być utrwalone w dzienniku, zaś kursant winien wiedzieć jakie są warianty przebiegu ewentualnych akcji ratowniczych.

Określanie wiatru rzeczywistego Warunkiem szybkiego nauczania się żeglowania na ślizgu lodowym jest umiejętność określania kierunku wiatru rzeczywistego nie tylko z pozycji nieruchomego obserwatora lecz także z miejsca sternika ślizgu będącego w ruchu. Bezbłędne określanie kierunku wiatru rzeczywistego musi stać się podświadome na podstawie obserwacji wielu zjawisk, aby w przyszłości nie odwracało ono uwagi sternika.

A więc na postoju znajdując się na otwartej przestrzeni stosujemy następujące metody określania kierunku wiatru:

- a) Na chorągiewkę. Aby przeszkody na lodzie jak ludzie, ślizgi itp. nie wpływały na pomiar należy ustawić się od nich możliwie daleko a chorągiewkę podnieść wysoko.
- b) Na reakcję skóry twarzy.
- c) Na słuch, wykorzystując symetrię odbieranego dźwięku przy skierowaniu twarzy pod wiatr.
- d) Według poruszających się po lodzie śnieżynek.
- e) Według ruchu chmur niskich. Kierunek wiejącego przy ziemi wiatru różni się od kierunku ruchu chmur o około 30° , przy czym wiatr przy ziemi na półkuli północnej jest odchylony w lewo. Jeżeli wyciągniętą prawą ręką wskażemy kierunek dokąd przemieszczają się chmury, to wiatr przyziemny będzie nam wiał w plecy przypadek „a” na rys.3. Tę metodę możemy stosować nawet w zasłoniętych od wiatru miejscach, a chcemy określić kierunek wiatru w miejscu odległym na jeziorze.
- f) Według dymów wydzielających się z kominów lub ognisk. Metoda ta jest bardzo dokładna gdy stosuje ją do określania kierunku wiatru pilot samolotu znajdujący się w powietrzu. Ta metoda na lodzie będzie zawodna wskutek skróceń perspektywy, a sytuacje b,c,d przedstawione na rys.3 wcale nie należą do rzadkości.



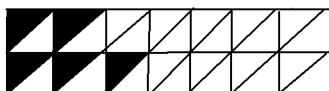
Rysunek 3: Skąd wieje wiatr?



Zakreślenie części powyżej przekątnej oznacza zaplanowanie danego elementu ćwiczenia



Zakreślenie części poniżej przekątnej oznacza wykonanie zaplanowanego elementu lub ćwiczenia. Stosując różne kolory oznaczamy ocenę. Np. czerwony - ocena bardzo dobry, niebieski - ocena dobry i.t.d.



Górny rząd kwadracików jest przeznaczony na ćwiczenia (jazdy) wykonywane z instruktorem. Dolny rząd kwadracików jest przeznaczony na ćwiczenia wykonywane samodzielnie.

Program szkolenia praktycznego Szkolenie praktyczne według programu polega na kolejnym wykonywaniu zadań i ćwiczeń. Winna być więc prowadzona merytoryczna kontrola postępów aby przechodzić do kolejnego ćwiczenia dopiero po opanowaniu wymagań poprzednich zadań i ćwiczeń. Ewidencję postępów prowadzi instruktor kierujący daną grupą. Wygodnie jest prowadzić tę ewidencję z wykorzystaniem specjalnej karty gdzie instruktor odnotowywuje wyniki szkolenia. Wzór takiej karty jest podany w załączeniu. Odwrotna strona karty postępów może być wykorzystana na szkic z rozpoznania lodowego. Taki szkic wykonuje każdy z kursantów.

Naukę manewrowania, a więc pierwsze ćwiczenia z zadania 2 można rozpocząć po wykonaniu ćwiczeń 1, 2, 3 z zadania I. Pozostałe ćwiczenia zadania I można wykonywać już w trakcie wykonywania zadania II. Na karcie kontroli postępów przypisano każdemu ćwiczeniu przypisano pewną liczbę kwadracików, które wykorzystujemy w sposób następujący: Jedna jazda nie powinna trwać krócej niż 15 - 20 minut. Następnie po jednej jeździe należy zrobić przerwę nie krótszą niż 45 minut do jednej godziny i jazdę należy powtórzyć celem utrwalenia nawyków. Należy przestrzegać zasady, że w każdej jeździe jest ćwiczony lub doskonalony jakiś element manewru, a szkolony jest tego

świadomy.

Metody nauczania prowadzenia ślizgu

Postawowe metody nauczania to:

- a) Metody analityczne
- b) Metody syntetyczne

Początkowych ćwiczeń uczymy analitycznie, później stosować możemy metodę syntetyczną. Zasadą jest, że wszystkie elementy ćwiczenia decydujące o bezpieczeństwie są uczone analitycznie. Takim manewrem decydującym o bezpieczeństwie jest zatrzymanie ślizgu, którego uczymy analitycznie.

W dalszych etapach szkolenia kandydatów mniej zdolnych uczymy z przewagą metod analitycznych a bardziej zdolnych syntetycznie.

METODA ANALITYCZNA charakteryzuje się łatwym początkiem szkolenia i trudnościami przy łączeniu w całość nauczonych elementów. Umożliwia nauczanie się złożonych elementów przez mniej zdolnych. Nie sprzyja kształceniu i automatyzacji ciągów działań.

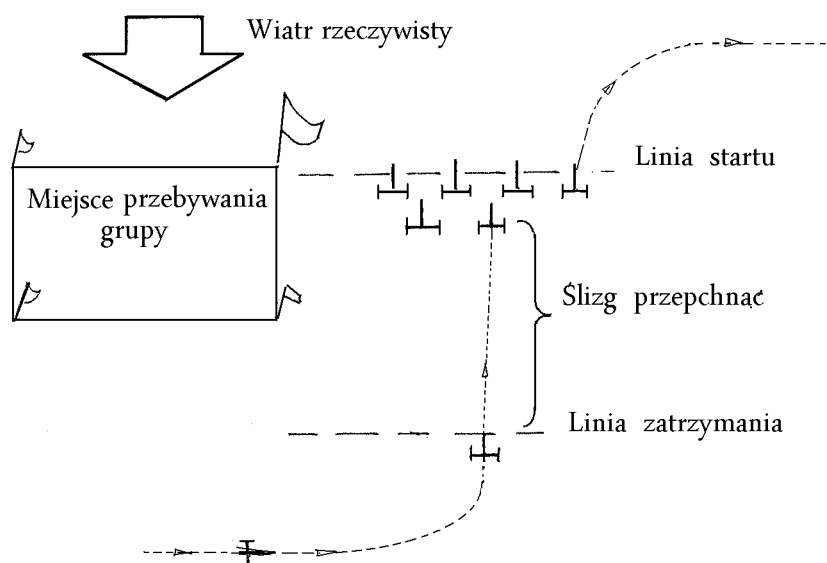
METODA SYNTETYCZNA charakteryzuje się trudnymi początkami oraz ustępowaniem trudności w miarę postępów. Piętrzenie trudności na początku nauczania wyklucza stosowanie wobec uczniów mniej zdolnych, gdyż może doprowadzić do przekroczenia progu możliwości. Sprzyja kształceniu i automatyzacji ciągów działań.

Te przeciwstawne cechy obydwu metod skłaniają do szkolenia metodą mieszaną, gdy uczymy analitycznie podstawowych ćwiczeń decydujących o bezpieczeństwie i syntetycznie pozostałych.

W pracy z kursantami o odpowiednim przygotowaniu można w zadaniu II połączyć ćwiczenia 2,3,4 ucząc je syntetycznie, natomiast niewykorzystane jazdy przenieść do zadania III, to jest zwiększyć zakres doskonalenia.

W ocenie indywidualnej kursantów należy być bardzo ostrożnym i nie ulegać ich sugestiom, bowiem wielu kursantom może się wydawać, że stawiane przez zadania wymagania są znacznie poniżej ich możliwości, co wywołuje u nich zniechęcenie. Instruktor powinien doprowadzić do tego aby wykonywane manewry były nie tylko poprawne ale i precyzyjne, a wykonanie precyzyjne manewru z pewnością nie leży poniżej możliwości nawet zdolnych kursantów, którym należy umiejętnie podnieść poprzeczkę wymagań. Osobnicy mniej zdolni powinni być uczeni analitycznie i często celem utrwalenia nawyków należy zwiększyć im liczbę jazd według oceny indywidualnej. Zajęcia praktyczne prowadzone w grupach pozwalają na szybszą naukę, gdyż kursanci dobrze wiedzą co robią koledzy i uczą się przez obserwację jazd swoich kolegów. Dochodzi jeszcze element rywalizacji. Dlatego grupa powinna przebywać w całości na lodzie w wyznaczonym prostokącie, którego naroża są zaznaczone chorągiewkami lub innymi znakami. Przedłużenie górnego boku prostokąta prostopadłe do kierunku wiatru wyznacza linię postoju ślizgów i miejsce skąd nastąpi rozruch. Równoległe do linii startowej w odległości około 40 m znajduje się linia zatrzymania. Na tej linii zatrzymują się ślizgi, które należy następnie przepchnąć na linię startu rys.4.

Omawiając postępy kursanta należy dodać, że nie ma ścisłych kryteriów stopnia opanowania manewrowania. Próby stosowania tabel ocen zależnie od popełnionych odchyłeń



Rysunek 4: Ustawienie miejsc startu i grupy ćwiczeniowej

nie zdają egzaminu. Nie tylko bowiem poprawność wykonania oddzielnych manewrów decyduje o poprawności manewrowania, lecz przede wszystkim umiejętność radzenia sobie w skomplikowanych sytuacjach wywołanych własnymi odchyleniami jak i czynnikami zewnętrznymi.

1.4 Wykazy tematów i zadań szkoleniowych

1.4.1 Wykaz tematów szkolenia teoretycznego do stopnia sternika lodowego

1. Wiadomości ogólne
 - 1.1. Historia rozwoju żeglarstwa lodowego w Europie i USA.
 - 1.2. Organizacja żeglarstwa lodowego w Polsce i za granicą.
 - 1.3. Ośrodki żeglarstwa lodowego w Polsce i warunki nawigacyjne.
2. Przepisy
 - 2.1. Regulamin stopni żeglarstwa lodowego.
 - 2.2. Warunki organizacji szkolenia w żeglarstwie lodowym.
 - 2.3. Przepisy regatowe żeglarstwa lodowego.
 - 2.4. Przepisy prawa drogi w żegludze poza regatami.
3. Wiadomości o ślizgach lodowych.
 - 3.1. Budowa ślizgu.
 - 3.2. Teoria żeglowania na ślizgu lodowym.
 - 3.3. Dane techniczne ślizgów i metody oceny właściwości sprzętu.
 - 3.4. Przygotowanie ślizgu do regat.
4. Manewrowanie ślizgiem lodowym.
 - 4.1. Wpływ warunków lodowych na żeglugę.
 - 4.2. Rozruch i zatrzymanie ślizgu.
 - 4.3. Zwroty na wiatr i z wiatrem.

- 4.4. Halsowanie na wiatr i z wiatrem. Omijanie znaków.
- 4.5. Sytuacje awaryjne.
- 5. Meteorologia i zjawiska lodowe.
 - 5.1. Zjawiska atmosferyczne i czynniki pogodotwórcze.
 - 5.2. Zjawiska lodowe.
- 6. Higiena i ratownictwo.
 - 6.1. Ubiór bojerowca i wyposażenie ratownicze.
 - 6.2. Unikanie przechłodzenia i odmrożeń.
 - 6.3. Zasady odżywiania.
 - 6.4. Udzielanie pomocy ludziom i ślizgom.

1.4.2 Wykaz zadań szkolenia praktycznego do stopnia sternika lodowego

Szkolenie praktyczne przewiduje wykonanie czterech zadań przy czym elementy szkolenia technicznego są przewidziane w Zadaniu I, PRZYGOTOWANIE. Pozostałe trzy zadania są przewidziane na naukę manewrowania.

ZAD. I. PRZYGOTOWANIE

- ćw.1 Rozpoznanie lodowe.
- ćw.2 Montaż ślizgu. Kładzenie i stawianie masztu.
- ćw.3 Przygotowanie ślizgu do żeglugi.
- ćw.4 Roztaklowanie ślizgu i pozostawienie na postój.
- ćw.5 Stawianie wywróconego ślizgu.
- ćw.6 Prace bosmańskie.
- ćw.7 Pomierzanie ślizgu.

ZAD.II. NAUKA MANEWROWANIA

- ćw.1 Ruszenie i zatrzymanie ślizgu.
- ćw.2 Nauka zwrotów przez sztag na trasie
- ćw.3 Nauka zwrotów przez rufę na trasie
- ćw.4 Nauka zwrotów na trasie

ZAD.III. DOSKONALENIE

- ćw.1 Doskonalenie elementów zadania II.
- ćw.2 Żeglowanie po nakazanej trasie.
- ćw.3 Doskonalenie manewrów startu i omijania znaków.
- ćw.4 Wycieczka.
- ćw.5 Regaty.

ZAD.IV. NOWY TYP ŚLIZGU

ZAD.V. SZKOLENIE INSTRUKTORA ŻEGLARSTWA LODOWEGO

Każde zadanie i ćwiczenie wymaga do przeprowadzenia odpowiednich środków i zabezpieczenia, na co zwrócono uwagę przy omawianiu poszczególnych ćwiczeń. Również przy wykonywaniu każdego zadania istnieje określone ryzyko dla zdrowia. Dlatego zwrócono uwagę na błędy i niebezpieczeństwa jakie mogą się zdarzyć podczas zajęć.

1.4.3 Opisy zadań szkolenia praktycznego do stopnia sternika lodowego

ZADANIE I - PRZYGOTOWANIE

ZAD.I Ćwiczenie 1. Rozpoznanie lodowe

czas 2 - 3 godziny

Należy dokonać sprawdzenia akwenu, na którym będzie się odbywała nauka żeglowania i rozpoznać niebezpieczeństwa i przeszkody. Podczas rozpoznania dokonujemy pomiaru grubości lodu w kilku miejscach oraz w rejonie niebezpieczeństw.

Na podstawie rozpoznania lodowego należy wykonać szkic. Wykonuje każdy kursant. Przy sprawdzaniu szkicu należy zwrócić uwagę czy zaznaczono:

1. Zarys linii brzegowej, kierunki geograficzne, odległości (czy jest skala), głębokości wody i grubości lodu.
2. Szczeliny w lodzie, przełomy, obszary niezalodzone, ujścia strumieni, martwy lód, oparzeliska, torosy.
3. Zalesienie brzegów, ścieżki do komunikacji z lądem.
4. Czy jest data i podpis.

Podczas rozpoznania lodowego uczymy:

1. Prawidłowego i bezpiecznego poruszania się po lodzie. Grupy powinny być zwarte, tak aby stanowiły możliwie najmniejsze utrudnienie dla poruszających się ślizgów, przy zachowaniu minimalnych odległości pomiędzy ludźmi tak, aby nie skupiali się w jednym miejscu.
2. Prawidłowego pomierzania grubości lodu.
3. Rozpoznawania siły i kierunku wiatru rzeczywistego. Zwracamy uwagę w pobliżu brzegów i przeszkód na zmiany kierunku i siły wiatru.

Wypożyczenie: sonda, przyrząd do przewiercania lodu i przyrząd do pomiaru grubości lodu. Linka asekuracyjna 20 m. Pożądane wyposażenie w busołę i krokomierz do pomiaru liczby kroków. Notatnik.

ZAD.I Ćwiczenie 2. Montaż ślizgu. Kładzenie i stawianie masztu. Regulacja ślizgu.

czas 2 godziny. Demonstracja (Szkolenie techniczne). Do ćwiczenia tego można przystąpić dopiero po wysłuchaniu wykładu na temat budowy ślizgów. W ćwiczeniu tym demonstrujemy zależnie od typu ślizgu następujące elementy:

1. Regulację prostopadłości kadłuba do płozownicy, naciąg cięgien i zabezpieczenie łączników.
2. Ustawienie płóz i kontrolę ich równoległości.
3. Stawianie i kładzenie masztu - zwrócić uwagę na bezpieczeństwo tej operacji na dużym ślizgu (XV). Maszt wolno stawiać po zamocowaniu sztagu, jednej z want i ubezpieczeniu odciągniętym fałem. Zwrócić uwagę na konieczność zabezpieczenia połączeń po postawieniu masztu.
4. Przystawianie gniazda masztu. Kładzenie masztu przy ubezpieczeniu odciągniętym fałem. Zwrócić uwagę na właściwe rozstawienie ludzi. Przetawić gniazdo i ponownie postawić maszt.
5. Regulacja długości sztagu i want bez kładzenia masztu.
6. Regulacja napięcia linek sterowych.
7. Smarowanie mechanizmów

BŁĘDY: - Ślizg po zmontowaniu wykazuje niewłaściwą geometrię.

- Nierównoległość płóz. Kontrola za pomocą przymiaru (można użyć listwy od żagla).
- Zmontowanie ślizgu z niewłaściwymi luzami.

NIEBEZPIECZEŃSTWA: Przy stawianiu masztu (XV) grozi ześlizgnięcie się pięty masztu z okucia kadłuba i możliwość zranienia osoby przytrzymującej piętę masztu. Dlatego osoba przytrzymująca piętę musi się tak ustawić aby w razie ześlizgnięcia się pięty, maszt jej nie uderzył.

Przy stawianiu i kładzeniu masztu, bezwzględnie ubezpieczać maszt od upadku za pomocą odciągniętego fału. W przypadku nie zabezpieczenia łączników po postawieniu masztu, ich rozłączenie grozi upadkiem masztu ze wszystkimi konsekwencjami.

Przy podnoszeniu płozy (XV) grozi zmiżdżenie lub ucięcie palców w razie przypadkowego ich włożenia w mechanizm zawieszenia.

Przy usuwaniu podstawek lub podkładek pod płozy, należy zwrócić uwagę na ich prawidłowe posuwanie, aby nie zmiżdżyc palców.

POMOCE: Podstawki, narzędzia, klucze, dźwignia ew entualnie podnośnik, drut do zabezpieczenia ściągaczy, miarka stalowa, listwy do pomiaru zbieżności płóz.

ZAD.I Ćwiczenie 3. Przygotowanie ślizgu do żeglugi. **czas 1 godzina - demonstracja**

Elementy:

1. Sprawdzenie stanu technicznego ślizgu i wyposażenia (najprostsze narzędzia, zapasowe łączniki, linka ratownicza).
2. Wyciągnięcie podstawek.
3. Wypchnięcie ślizgu z portu.
4. Ustawienie pod wiatr z użyciem hamulca postojowego.
5. Stawianie żagli, umocowanie szotów.

UWAGI: dopilnować dokładnego ustawienia ślizgu pod wiatr i użycia, jeśli jest, hamulca postojowego, aby po postawieniu żagla ślizg nie uciekł. Przy stawianiu żagla należy zwrócić uwagę na listwy, które mogą łatwo ulec złamaniu. Oprócz klasycznego stawiania żagla pokazać na ślizgu DN wciągnięcie żagla na położonym maszcie, a następnie stawianie masztu.

ZAD.I Ćwiczenie 4. Roztaklowanie ślizgu i pozostawienie go na postoju. **czas - 1 godzina - demonstracja**

Elementy:

1. Ustawienie ślizgu dziobem do wiatru w pobliżu portu.
2. Opuszczenie żagla.
3. Odczepienie szotów i bomu.
4. Nawinięcie żagla na bom (po ewentualnym wyciągnięciu listew).
5. Przepchnięcie ślizgu do portu, wstawienie podkładek pod płozy lub podstawek pod płozownicę oraz przegląd ślizgu.
6. Okrycie ślizgu pokrowcami.
7. Zabezpieczenie żagla i szotów.

UWAGI: popełniane błędy to:

1. nieustawienie kadłuba w linii wiatru,
2. połamanie listew podczas opuszczania żagla,
3. zostawienie luźnego fału, który ucieka,
4. niedokładne ustawienie na podkładkach tak, że stykająca się z lodem płoza przymara,
5. przy podnoszeniu ślizgu i ustawianiu na podkładkach lub podstawkach istnieje niebezpieczeństwo przygnięcia palców.

ZAD.I Ćwiczenie 5. Stawianie wywróconego ślizgu czas 1 godzina. Demonstracja

Pokazać stawianie ślizgu w następujących wariantach:

- a) stawianie lekkiego ślizgu DN,
- b) stawianie ślizgu ciężkiego (XV) bez żagli,

Wykonanie: każdy z kursantów musi pokierować postawieniem ciężkiego ślizgu.

UWAGI:

1. Ślizgi cięższe należy ubezpieczać od upadku (mogącego doprowadzić do złamania płozownicy), za pomocą odciągniętego fału.
2. Zabezpieczyć ślizg od ucieczki po jego postawieniu przez przytrzymanie za jakąkolwiek jego część i poluzowanie żagla.
3. Zwrócić kursantom uwagę, że absolutnie niedopuszczalne jest przy ślizgach cięższych przytrzymywanie za opadającą płozownicę, gdyż grozi to ciężkim uszkodzeniem ciała. Od strony opadającej płozownicy nikt nie powinien się znajdować, gdyż zagraża tu niebezpieczeństwo także ze strony cięgien. Jedynie dopuszczalne jest hamowanie opadającego ślizgu za pomocą odciągniętego fału.

ZAD.I Ćwiczenie 6. Prace bosmańskie czas 6 godzin. (Szkolenie techniczne)

Uczenie wymaganych programem umiejętności rozkładamy na godziny popołudniowe pierwszej części turnusu szkoleniowego. Od wyegzekwowania umiejętności prac bosmańskich zależy później właściwa opieka nad sprzętem

Poza klasycznymi, jak w jachtingu wodnym, robotami bosmańskimi dochodzi w żeglarskim lodowym szeregu prac związanych z przygotowaniem i ostrzeniem płóz. Należy nauczyć umiejętności posługiwania się oprzyrządowaniem, narzędziami i sprawdzianami używanymi przy ostrzeniu płóz.

Wyposażenie - warsztat skutniczy.

ZAD.I Ćwiczenie 7. Pomierzenie ślizgu (szkolenie techniczne)

Do umiejętności zawodnika należy znajomość pomierzenia ślizgu, aby zawsze umiał skontrolować zgodność z wymiarami klasowymi przed pomiarami na regatach, co zapobiegnie dyskwalifikacji z przyczyn technicznych.

Należy przygotować pomoce: przyrządy pomiarowe, drut stalowy, miarkę stalową, sztywne listwy, przepisy klasowe, notes, ołówek oraz podstawki. Ćwiczenie to rozkładamy na kilka dni, w każdym wykonujemy część pomiarów.

ZADANIE II - NAUKA MANEWRÓW

ZAD.II Ćwiczenie 1. Ruszenie i zatrzymanie ślizgu

czas: 1 - 3 jazd z instruktorem a 15 min.

Elementy.

Rozruch ślizgu.

1. Wybór sposobu rozpędzania.
2. Ustawienie załogi.
3. Rozpędzanie i zajęcie miejsca w kokpicie.
4. Żegluga wybranym kursem.

Zatrzymanie ślizgu

1. Wybór miejsca do zatrzymania.
2. Ocena kierunku wiatru i przeszkód.
3. Zaplanowanie wykonania manewru.
4. Wyostrzenie do łopotu z poluzowaniem szotów i utrzymanie ślizgu w linii wiatru aż do zatrzymania.

BŁĘDY przy rozruchu.

1. Niewłaściwe operowanie szotami.
2. Niewłaściwe odpadanie.
3. Stawanie na płozownicy przy rozruchu ślizgu XV. Grozi upadek pod ciągną.

BŁĘDY przy zatrzymaniu.

1. Niedostateczne poluzowanie szotów.
2. Nieutrzymanie ślizgu w linii wiatru w efekcie czego ślizg przyśpiesza.
3. Hamowanie ślizgu nogami i wyskakiwanie przed jego całkowitym zatrzymaniem.

Uwagi: zatrzymanie ślizgu należy uczyć analitycznie.

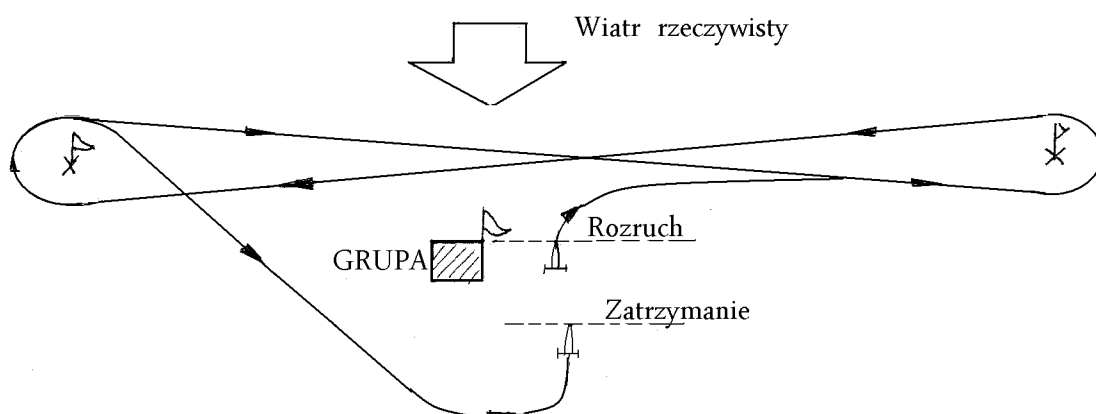
ZAD.II Ćwiczenie 2. Nauka zwrotów przez sztag

czas: 1 - 2 jazd z instruktorem a 15 min.

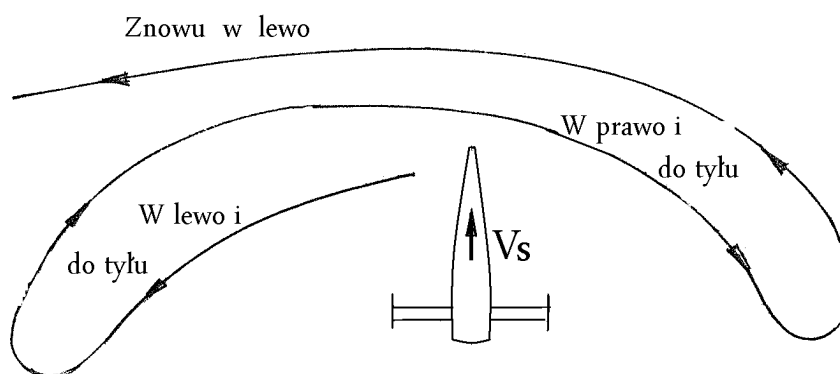
1 - 2 jazd samodzielnie

Należy ustawić trasę prostopadłą do kierunku wiatru rzeczywistego i nakazać żeglugę po linii w kształcie wydłużonej ósemki. Na wybór tego ćwiczenia jako pierwszego po nauce ruszenia i zatrzymania, ma wpływ fakt, że ślizg praktycznie żegluguje kursami niewiele odchylonymi od półwiatru i dlatego reakcje ślizgu są podobne do reakcji jachtu wodnego i zgodne z oczekiwaniem. Przy ostrzeniu do linii wiatru ślizg będzie zwalniał, a przy odpadaniu będzie przyśpieszał. Wybór trasy w kształcie ósemki rys.5, zapewnia żeglugę praktycznie półwiatrami, na których żegluga nawet przy słabych wiatrach jest najłatwiejsza, a razie konieczności interwencji instruktora, np. gdy ślizg kursanta się zatrzyma, łatwy będzie dojazd do niego. Gdybyśmy zaczęli naukę zwrotów na trasie regatowej, kursanci po kilku zwrotach znaleźliby się daleko w kierunku pod wiatr, a nie umiając halsować z wiatrem nie mogliby bez pomocy powrócić.

Przed każdą zmianą kursu lub zwrotem należy dokonać przeglądu akwenu, aby upewnić się, że nikt nam nie zagraża ani my nie stanowimy zagrożenia. Chcąc zmienić kurs w lewo, rozpoczynamy przegląd tafli, zwracając głowę w lewo, a następnie w prawo od kursu i kończymy przegląd zwracając wzrok ponownie w lewo, to jest w kierunku



Rysunek 5: Ustawienie trasy do nauki zwrotów przez sztag



Rysunek 6: Przegląd akwenu przed zamierzonym zakrętem w lewo

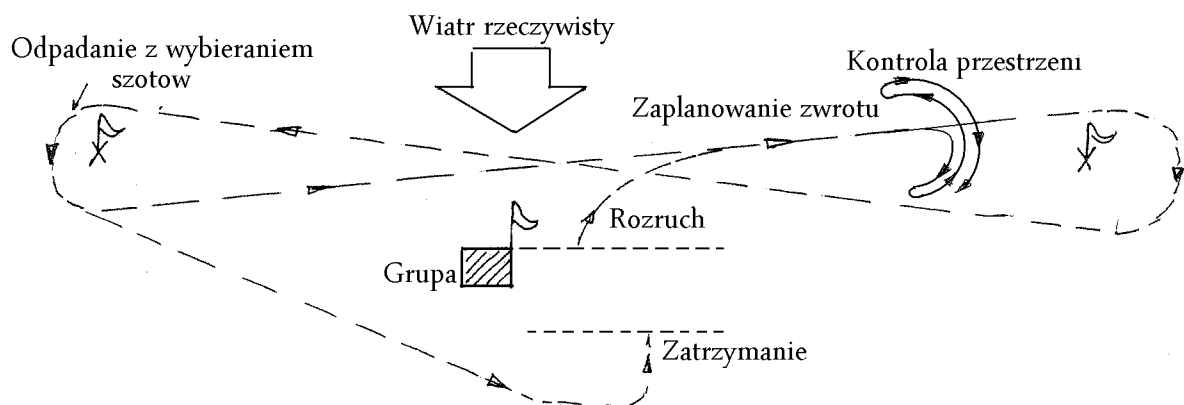
zamierzonej zmiany kursu, rys.6. Elementy zwrotu.

1. Zaplanowanie zwrotu.
2. Przegląd akwenu.
3. Wyostrenie z ewentualnym manewrem szotami.
4. Dokładna ocena kierunku wiatru rzeczywistego w chwili łopotu żagla.
5. Odpadanie na nowy kurs z ewentualnym manewrem szotami i stopniowym zwiększaniem promienia zakrętu.

BŁĘDY:

1. Najczęstszy błąd to zatrzymanie ślizgu w zakresie martwych kątów, wskutek zbyt powolnego wyostrenia.
2. Wybieranie żagla przed wyostreniem. Jest to nawyk z jachtingu wodnego. Przedwczesne wybranie żagla może spowodować utratę równowagi kierunkowej.
3. Zbyt gwałtowne operowanie sterownicą co może doprowadzić do korkociągu.

Uwagi: jazdę należy zakończyć na linii zatrzymania, dostatecznie daleko od grupy, a



Rysunek 7: Ustawienie trasy do nauki zwrotów przez rufę

następnie przepchnąć ślizg na linię startu. Wyostrzanie do zatrzymania najlepiej przeprowadzać z lewego halsu, ostrząc w lewo do linii wiatru rys.4.

ZAD.II Ćwiczenie 3. Nauka zwrotów przez rufę

czas: 1 - 2 jazd z instruktorem a 15 min.

1 - 2 jazd samodzielnie

Należy ustawić trasę w kierunku prostopadłym do wiejącego wiatru i nakazać żeglugę po trasie w kształcie wydłużonej ósemki rys.7. Przed jazdą należy uprzedzić kursanta, że przy odpadaniu z bejdewindu do baksztagu poczuje wyraźny wzrost szybkości, lecz przy dalszym odpadaniu do fordewindu szybkość ślizgu będzie malała, a przedłużanie żeglugi na fordewindzie spowoduje znaczny spadek prędkości, a w słabszych warunkach zatrzymanie.

Kursantom będącymi żeglarzami wodnymi zwracamy uwagę, że przy odpadaniu, jeśli jest to wykonalne, należy szoty wybierać (odmiennie niż w jachtingu wodnym).

Element zwrotu:

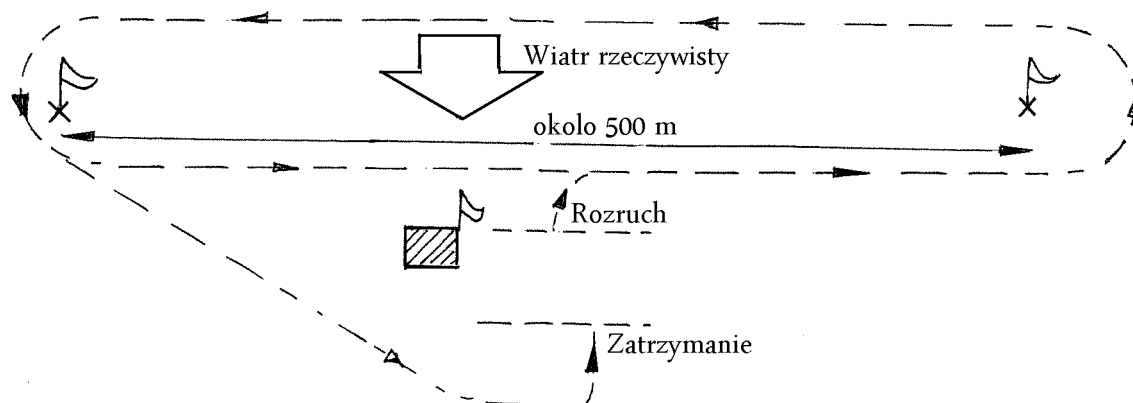
1. Zaplanowanie zwrotu.
2. Kontrola przestrzeni.
3. Odpadanie z wybieraniem szotów.
4. Dokładna ocena kierunku wiatru rzeczywistego w chwili łopotu żagla.
5. Po przejściu linii wiatru, ostrzenie z ewentualnym luzowaniem żagla i stopniowym zwiększaniem promienia zakrętu do momentu wybrania nowego kursu.

BŁĘDY:

1. Zbyt gwałtowne odpadanie, a po przejściu linii wiatru zbyt gwałtowne ostrzenie.
2. Zbyt wolna jazda, co powoduje, że żagiel trzeba obsługiwać jak w jachtingu wodnym.

UWAGA: na wykonanie zwrotu przez rufę potrzeba z reguły więcej miejsca niż na wykonanie zwrotu przez sztag, co należy wziąć pod uwagę przy planowaniu zwrotu.

ZAD.II Ćwiczenie 4. Nauka zwrotów



Rysunek 8: Ustawienie trasy do Zad.II ćw.4

czas: 1 - 2 jazd samodzielnie po 15 min.

Należy ustawić trasę w poprzek wiejącego wiatru i nakazać żeglugę po obwodzie tak, aby przy jednej boi wykonywać zwrot przez sztąg, a przy drugiej boi zwrot przez rufę rys.8. Celem ćwiczenia jest doskonalenie zwrotów i poznanie różnicy w zachowaniu się ślizgu przy zwrocie przez sztąg i przez rufę przy jednakowych warunkach atmosferycznych.

ZADANIE III – DOSKONALENIE

ZAD.III Ćwiczenie 1. Doskonalenie elementów zadania II

czas: 1 - 3 jazd samodzielnie po 15 min.

Wybór elementów zadania II należy rozszerzyć wprowadzając np. nowy rodzaj trasy. Trasę należy ustawić na kierunku $60^\circ - 120^\circ$ do wiatru rzeczywistego, rys.9.

Celem tego ćwiczenia jest:

1. Nauczenie się wykonywania zwrotów przez sztąg i przez rufę z kursu początkowego innego niż półwiatr, a więc z bejdewindu i z baksztagu.
2. Nauczenie się żeglugi kursami bejdewind i baksztąg na wskazany przedmiot i poznanie zachowania się ślizgu na różnych kursach przy jednakowych warunkach meteorologicznych.
3. Nauczenie właściwej reakcji przy utracie szybkości. Podczas żeglugi bejdewindem właściwą reakcją przy utracie prędkości jest odpadanie ślizgiem, a przy żegludze baksztągiem wyostrenie.

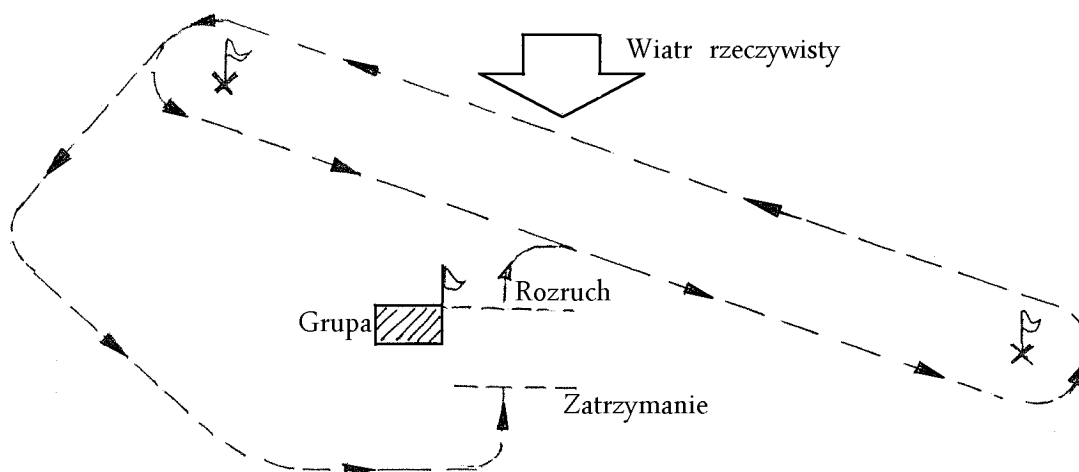
ZAD.III Ćwiczenie 2. Żeglowanie po nakazanej trasie

czas: 1 jazda z instruktorem 15 min.

1 - 4 jazd samodzielnie po 15 min.

W ćwiczeniu tym można wybrać kilka wariantów trasy.

1. Trasę regatową, rys.10a.



Rysunek 9: Ustawienie trasy do Zad. III ćw.1

2. Trasę zawierającą odcinki, rys.10b.

- a) na wiatr - konieczność halsowania
- b) z wiatrem - konieczność halsowania
- c) kurs baksztagowy - duże prędkości
- d) kurs bejdewind

W zadaniu tym doskonalimy właściwą reakcję na wypadek utraty prędkości w żegludze bejdewindem lub baksztagiem. Żegluga na odcinkach na wiatr i z wiatrem ma na celu wyćwiczenie właściwej oceny wyboru kursu, który daje optymalną żeglugę, to jest minimalny czas osiągnięcia znaku nawietrznego górnego i zawietrznego (dolnego). Ćwiczenie to można uatrakcyjnić w następujący sposób.

- a) Na kursie baksztagowym ustawić boje wyznaczające odcinek 500 m i dokonać pomiaru szybkości ślizgu.
- b) Mierząc czas żeglugi po nakazanej trasie.

ZAD.III Ćwiczenie 3. Doskonalenie startu i omijania znaków kursowych **czas: 1 jazda z instruktorem a 20 min.**

2 - 4 jazdy samodzielnie po 20 min.

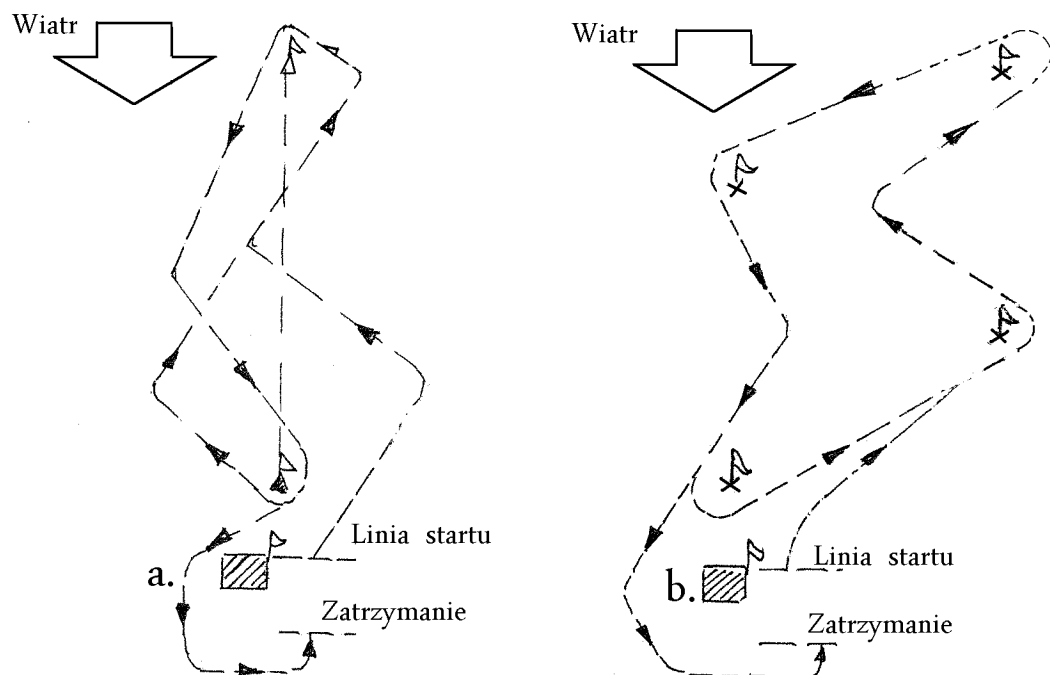
Należy w linii wiatru ustawić trasę w kształcie trasy regatowej ale o mniejszej odległości pomiędzy znakami górnym i dolnym. Omijanie znaków górnego i dolnego jest połączone ze zmianą kursu, przy znaku górnym od optymalnego w żegludze na wiatr do optymalnego w żegludze z wiatrem, a przy znaku dolnym odwrotnie.

Celem tego ćwiczenia jest doskonalenie:

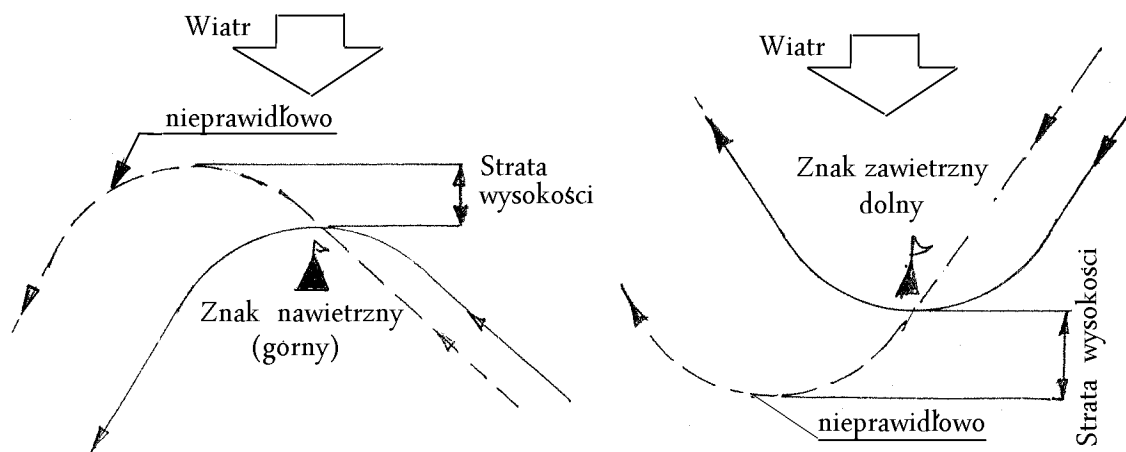
- 1. techniki optymalnego rozruchu ślizgu,
- 2. optymalnego sposobu omijania znaku.

Elementy:

- a) Wybór drogi tak, aby nie powstawały straty wysokości, rys.11a i rys.11b.
- b) Wybór właściwej krzywizny toru ślizgu. Ślizg znajduje się w ruchu nieustalonym i promień krzywizny przy omijaniu znaku winien być zmienny.



Rysunek 10: Ustawienie trasy do Zad. III ćw.2



Rysunek 11: Doskonalenie omijania znaków

Przy znaku nawietrznym przejście z bejdedwindu do baksztagu ma być takie, aby zapewnić przyrost prędkości i aby nie nastąpiła utrata równowagi poprzecznej i kierunkowej. Odpadanie nie może być więc zbyt szybkie bo nie uzyskamy dodatkowej prędkości, ani zbyt wolne bo wiąże się to ze stratą czasu. Zwrócić uwagę na pracę szotami żagla. Przy znaku dolnym (zawietrznym) ślizg przechodzi z baksztagu na bejdedwind, a więc ostrzy. Grozi więc wyczerpanie zdolności skrętowej ślizgu.

BŁĘDY.

- a) Żegluga na znak, co wiąże się ze stratą wysokości.
- b) Niewłaściwa praca szotami żagla.
- c) Utrata równowagi poprzecznej lub kierunkowej.

ZAD.III Ćwiczenie 4. Wycieczka

czas: 3 godziny.

Przeprowadzenie takiego ćwiczenia na akwenie, gdzie jest to możliwe, uatrakcyjni szkolenie. Należy wyznaczyć ślizg prowadzący i zamykający, oznaczyć je oraz zabezpieczyć w środki ratownicze. Należy ustalić tryb postępowania w razie utraty kontaktu wzrokowego. Jako obowiązkowe wyposażenie - busola, choćby najprostszego typu, bardzo przydatna w razie zmiany warunków (zamglenia, zmiana kierunku wiatru).

WYPOSAŻENIE: oznakowanie ślizgów, narzędzia, busola, środki ratunkowe, mapa. Pożądane telefon i GPS.

ZAD.III Ćwiczenie 5. Regaty

czas: 2 wyścigi

Szkolenie należy prowadzić na normalnej trasie regatowej przy ograniczonej liczbie ślizgów. Regaty mają cel wyłącznie szkoleniowy i oswojenie z sytuacjami przy znakach kursowych jak i na trasie. Przed wyścigiem należy sprawdzić znajomość przepisów regatowego prawa drogi oraz przypomnieć zasady postępowania antykolizyjnego. W regatach wolno brać udział tylko na takim typie ślizgu, na którym uczestnik został przeszkolony. Wykonanie Zad. III ćw. 5 kończy cykl szkolenia podstawowego do stopnia sternika lodowego.

ZADANIE IV - NOWY TYP ŚLIZGU

czas: jazda z instruktorem a 20 min (ślizg dwumiejscowy).

2 jazdy samodzielnie

Dopuszczamy po wykonaniu zadania I i zadania II.

ZADANIE V - SZKOLENIE INSTRUKTORA ŻEGLARSTWA LODOWEGO

Literatura

- [1] Chodnikiewicz Z.: Poradnik Kierownika Wyszkolenia Żeglarskiego. GKSz, PZŻ 1981.
- [2] Smith S.C.: Ice Boating. D.Van Nostrand Company, Toronto, New York, London.

Spis treści

1	METODYKA NAUCZANIA W ŻEGLARSTWIE LODOWYM	1
1.1	Uwagi o szkoleniu podstawowym	1
1.2	Szkolenie teoretyczne	3
1.3	Szkolenie praktyczne	7
1.4	Wykazy tematów i zadań szkoleniowych	10
1.4.1	Wykaz tematów szkolenia teoretycznego do stopnia sternika lodowego	10
1.4.2	Wykaz zadań szkolenia praktycznego do stopnia sternika lodowego	11
1.4.3	Opisy zadań szkolenia praktycznego do stopnia sternika lodowego	12

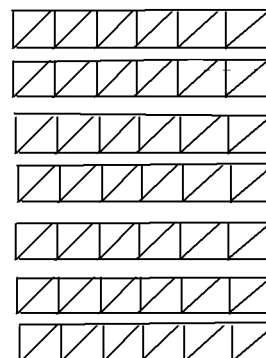
GRUPA.....

NAZWIŚKO I IMIĘ.....

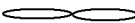
SZKOLENIE PRAKTYCZNE

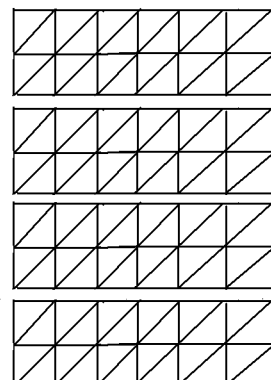
ZAD.1 PRZYGOTOWANIE

- ćw.1. Rozpoznanie lodowe
- ćw.2. Montaż ślizgu. Stawianie i kładzenie masztu.
- ćw.3. Przygotowanie ślizgu do żeglugi.
- ćw.4. Roztاکowanie ślizgu i pozostawienie na postoju.
- ćw.5. Stawianie wywróconego ślizgu.
- ćw.6. Prace bosmańskie.
- ćw.7. Pomierzenie ślizgu.



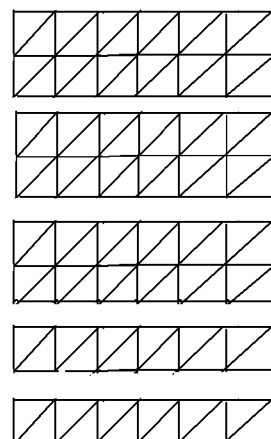
ZAD.2 NAUKA MANEWROWANIA

- ćw.1. Ruszenie i zatrzymanie ślizgu
- ćw.2. Żegluga po trasie  Zwroty przez sztag
- ćw.3. Żegluga po trasie  Zwroty przez rufę
- ćw.4. Żegluga po trasie



ZAD.3. DOSKONALENIE

- ćw.1. Doskonalenie elementów zad.2
- ćw.2. Żeglowanie po nakazanej trasie
- ćw.3. Doskonalenie manewrów startu i omijania znaków
- ćw.4. Wycieczka
- ćw.5. Regaty



ZAD.4. NOWY TYP ŚLIZGU

