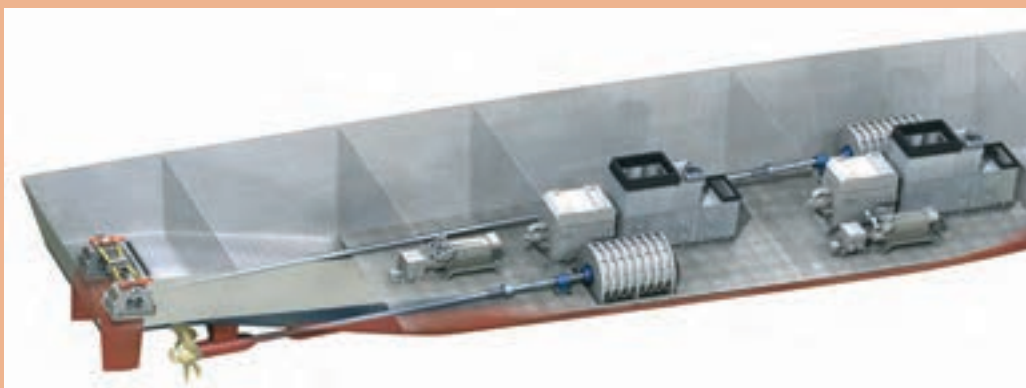


پودمان ۵

نگهداری و تعمیر سامانه های پیش برنده



واحد یادگیری ۵

نگهداری و تعمیر سامانه های پیش برنده

آیا تاکنون پی برده اید:

- منظور از پیش برنده کشتی چیست؟
- انواع پیش برنده ها در کشتی ها کدامند؟
- میزان افت راندمان در پیشرانه کشتی به چه میزان است؟
- متداول ترین پیش برنده در کشتی های تجاری چیست؟
- نوع پیش برنده چه تأثیری بر روی ساختمان پاشنه کشتی دارد؟

استاندارد عملکرد

یک هنرجو د باید در ابتدا اصول اولیه به کارگیری سامانه پیش برنده بر روی کشتی را دانسته و سپس انواع پیش برنده هایی که در کشتی های مختلف تجاری و نظامی بکار گرفته می شود را بشناسد و تفاوت بین آنها را بداند. سپس بتواند مبانی ساده تئوری حاکم بر پیش برنده را دانسته و روش های استخراج راندمان سامانه رانش را بداند. از طرفی با توجه به عمومیت داشتن پیش برنده پروانه ای، هنرجو آشنایی کامل با هندسه پروانه را پیدا نموده و فرایند انتخاب پروانه را بشناسد.

انواع دستگاه‌های پیش برنده در کشتی‌ها

بطور کلی برای غلبه بر مقاومت اعمالی بر کشتی و رسیدن به یک سرعت دلخواه نیاز است که توسط سامانه رانش در کشتی یک نیروی پیشران (تراست) تولید شود. پیش برنده‌ها توان گرفته‌شده از محرکه اصلی (Prime Mover) را به نیروی پیشران تبدیل می‌کنند. در طول سالیان متمادی انواع سامانه‌های پیش‌ران به کار گرفته شده است. ارشمیدس و لئوناردو داوینچی اولین کسانی بودند که مفهوم پروانه را ارائه کردند. نوع پره پروانه‌های ابتدایی با پروانه‌های امروزی تفاوت بسیار زیادی داشت. ظهور و افول انواع سیستم رانش بر اساس معیارهای اصلی زیر انجام شده است:

- ۱ **بازدهی بیشتر:** به گونه‌ای که بتوان با صرف کمترین انرژی ممکن به بیشترین نیروی پیشران دست یافت.
- ۲ **سهولت ساخت و نگهداری و تعمیر:** به گونه‌ای باشد که بتوان با فناوری در دسترس، نسبت به ساخت آن اقدام نمود و فرایند نگهداری و تعمیر آن به سادگی قابل انجام باشد.
- ۳ **سهولت جانمایی در کشتی:** متناسب با مشخصات شناور، بتوان سامانه پیش برنده را در آن جانمایی نمود.
- ۴ **سروصدا و ارتعاش کم:** یکی از منابع ایجاد لرزش و سروصدا و ارتعاش در کشتی می‌تواند سامانه پیش برنده باشد؛ بنابراین بایستی مبتنی بر الزامات ایمنی و آسایش حداقل سروصدا و ارتعاش را داشته باشد.

الف) سامانه پیشران چرخ پدالی (Paddle Wheel)

پس از نصب توربین بخار بر روی کشتی‌ها از سامانه پیشران چرخ پدالی بهره گرفته شد. همان‌طور که در شکل ۱ مشخص است در یک سمت کشتی از یک چرخ پدالی بزرگ استفاده شده است. امروزه با توجه به محدودیت‌هایی که برای این سامانه از قبیل بازدهی کم و وزن زیاد وجود دارد مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.



شکل ۱- سامانه پیشران چرخ پدالی

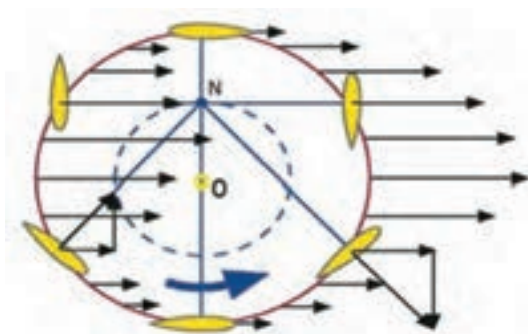
ب) پروانه محور عمودی (Cycloidal Propeller)

در سال ۱۹۲۰ این سامانه در یدک‌کش‌ها و مسافربری‌ها مورد استفاده قرار گرفت و استفاده از آن قابلیت مانور کشتی را افزایش می‌داد. تعداد تیغه‌ها در این سامانه بین ۶ تا ۱۰ عدد است و به صورت عمودی نصب شده و حول یک محور عمودی دوران می‌نمایند. با زاویه گرفتن این تیغه‌ها، می‌توان نیروی پیش رانش را به هر سمت دلخواهی تولید نمود. به صورت کلی دو نمونه از این سامانه وجود دارد:

۱ کریستین - بوئینگ (kirsten boeing)

۲ وویس اشنايدر (Voith Schneider)

در شکل ۲ یک نمونه از این سامانه نشان داده شده است.

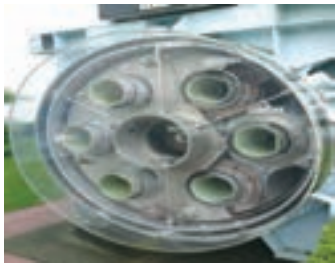


شکل ۲- سامانه پیش برنده وویس اشنايدر

پ) سامانه رانش الکترومغناطیسی (Electro-Magnetic Propulsor)

سیستم پیش رانش الکترومغناطیسی همواره به عنوان یک سیستم رانش عاری از صدا و ارتعاش مورد توجه محققان بوده است. با وجود معرفی این سیستم رانش از اوایل دهه شصت میلادی، تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه بهبود کارایی و بهینه‌سازی هندسه پیشران انجام شده است. مطالعات گسترده‌ای در اوایل دهه نود بر روی امکان‌سنجی به‌کارگیری از این فناوری در سیستم رانش کشتی انجام شده و امکان استفاده از الکترومغناطیس‌های ابررسانا بر روی سیستم رانش کشتی را تأیید نموده‌اند. در مورد به‌کارگیری سیستم رانش رسانشی مغناطیسی، دو روش مختلف وجود دارد. روش اول، پیش‌رانش خارجی است که نیروهای الکترومغناطیسی به صورت مستقیم

به جریان اطراف بدنه کشتی اعمال می‌شوند. در حالت پیش‌رانش داخلی، میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی درون یک پیشران اعمال شده و پیش‌رانش به صورت عکس‌العملی انجام می‌شود. با بهره‌گیری از ابررساناهای با دمای بالا، وزن و حجم تجهیزات خنک کننده کاهش می‌یابد. به کارگیری از آلیاژهای مخصوص در ساختار پیشران نیز باعث بهبود کارایی سیستم می‌گردد. به عبارت دیگر بهبود بازدهی به صورت مستقیم با وزن پروانه و انتخاب مواد ابررسانا در ارتباط است. در این سیستم عضو متحرکی به نام پروانه وجود ندارد و در آن از ارتباط بین جریان الکتریکی و میدان مغناطیسی، برای تولید نیروی رانش یا پیش‌رانش (تراست) استفاده می‌شود. با توجه به تجربه موفق استفاده از این نوع سیستم در زیردریایی‌ها و با توجه به ملاحظات و مزایایی که این سیستم دارد، امروزه به عنوان یکی از انواع سیستم رانش برای زیردریایی‌ها به شمار می‌آید. شکل ۳، کشتی یاماموتو یک نمونه عملی در دنیا است.



شکل ۳- کشتی رانش مغناطیسی یاماموتو (Yamato)

ت) سامانه رانش بادبانی (Wind propulsion)

در گذشته، کشتی‌ها با بادبان‌ها و به کمک نیروی باد حرکت می‌کردند. در اواسط قرن ۱۵ میلادی استفاده از بادبان‌ها برای تأمین نیروی محرکه کشتی‌ها گسترش یافت به طوری که کشتی‌های بادبانی به صورت خطوط منظم سفرهای خود را در دریاها و اقیانوس‌ها اجرا می‌کردند. استفاده از بادبان‌ها در کشتی‌های تجاری و نظامی یک فناوری استراتژیک منظور می‌گردید و اهمیت آن تا سال ۱۸۶۰ ادامه داشت، اما با کشف موتور بخار و قابلیت‌های زیاد آن سیستم رانش بادبانی جای خود را به سیستم رانش بخار داد؛ اما با توجه به افزایش قیمت سوخت و همچنین تصویب قوانینی برای جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای از سوی سازمان‌های جهانی، سازندگان کشتی‌ها به فکر استفاده از انرژی‌های پاک افتادند. به دو دلیل مهمی که بیان شد امروزه صنعت کشتی‌سازی در حال انقلابی مجدد در نحوه رانش کشتی‌ها است. اکثر کشورهای اروپایی و ژاپن از چندین سال قبل به فکر استفاده از انرژی باد در صنعت کشتی‌سازی افتاده‌اند. یک نمونه از این نوع کشتی‌ها در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴- استفاده از انرژی باد در حرکت کشتی‌ها

ث) سامانه رانش جت آب (Water Jet)

واترجت سامانه‌ای است که نیروی محرکه در آن جریان آب است (شکل ۵). در این سیستم سکان و پروانه حذف می‌شود. نیروی پیش رانش (تراست) واترجت از عکس‌العمل نیرویی که آب به طرف عقب وارد می‌کند به وجود می‌آید. این همان قانون سوم حرکت نیوتن است که هر عملی عکس‌العملی برابر ولی در جهت مخالف دارد. به همین سادگی هنگامی که آب با سرعت زیاد از جت بیرون می‌زند نیرویی در جهت خلاف به بدنه جت وارد می‌کند و این نیرو به بدنه شناور منتقل می‌شود و شناور را به جلو حرکت می‌دهد. در بدنه شناور، جت در داخل بدنه و در قسمت پاشنه شناور سوار می‌شود. جت، آب را از کف شناور گرفته و به سمت عقب پرتاب می‌کند. تغییر جهت نیز به کمک تغییر جهت جریان آب خروجی صورت می‌گیرد. همچنین برای حرکت به سمت عقب شناور یک تیغه جلو نازل قرار می‌گیرد که باعث می‌شود جهت جریان تغییر کرده و شناور به سمت عقب حرکت کند. این سیستم در شناورهای تندرو و جنگی و شناورهایی که در نقاط کم‌عمق تردد دارند استفاده می‌شود. امروزه شناورهایی که از سیستم رانش واترجت استفاده می‌کنند دارای شتاب بیشتر، سرعت بالاتر، قابلیت آب‌خوری کمتر، قدرت مانور و نرم بودن بی‌همتا و کارکرد آرام و بدون سروصدا هستند. به‌علاوه این‌ها دارای هزینه تعمیر و نگهداری پایین‌تر، عمر موتور طولانی‌تر، نصب آسان‌تر، ارتعاش کمتر، بارگذاری بیشتر موتور و استعداد صدمه کمتر نسبت به پروانه معمولی است.

سیستم رانش واترجت مزایای زیادی نسبت به دیگر سیستم رانش‌های معمول دارد. این مزایا عبارت هستند از:

■ قدرت مانور بالا

■ کنترل دقیق هدایت شناور در همه سرعت‌ها



- سرعت صفر با فراهم شدن ۳۶۰ درجه پیش رانش (تراست) برای داکینگ و ساکن شدن شناور
- امکان حرکت عرضی به کمک جت‌های متعدد
- بازده بالا در حرکت به سمت عقب و همراه با توانایی قطع توان در حرکت
- هزینه تعمیر و نگهداری کم
- آرام و بدون سروصدا



شکل ۵- سامانه رانش واترجت

مباحث مربوط به نصب، نگهداری و تعمیر سامانه واترجت در شناورها بسیار حائز اهمیت می باشد. پس از نصب واترجت بر روی شناورها بایستی موارد زیر مورد توجه قرار گیرد:

کلیه بخش‌های هیدرولیکی چک شود که هیچ‌گونه براده و یا ذرات فایبرگلاس و ... بر روی آن وجود ندارد. کلیه کاورهای بازدید چک شود که کاملاً بسته می باشند. میزان روغن در هوزینگ (Housing) یاتاقان‌ها (منافذ و مجاری) را با استفاده از ساندینگ (لوله‌های اندازه‌گیری) مربوطه چک شود.

از طرفی بعد از به آب‌اندازی شناور و قبل از روشن کردن موتور بایستی موارد زیر بررسی شود:

- ۱ بایستی چک شود که هیچ‌گونه نشستی آب در کاسه نمد ها وجود ندارد.
- ۲ چک شود که سطح روغن در هوزینگ یاتاقان در سطح مناسبی می باشد.
- ۳ چک شود که ارتفاع آب‌خور شناور حداقل تاراستای محور شافت قرار داشته باشد تا برای عملکرد پمپ به‌مشکلی برخورد.

ج) سامانه رانش پروانه‌ای

انواع سامانه‌های رانش پروانه‌ای را می‌توان عموماً به‌صورت زیر دسته‌بندی نمود:

Fixed Pitch Propeller

Controllable Pitch Propeller

Contra Rotating Propeller

Twin Screw System

Ducted Propeller

(Azipod) (Azimuthing Podded Drive)

Surface Piercing Propeller

■ پروانه‌های گام ثابت

■ پروانه‌های گام متغیر

■ پروانه‌های عکس چرخنده

■ سیستم دو پروانه‌ای

■ پروانه‌های دارای غلاف

■ سیستم رانش آزیپاد

■ سیستم پروانه نافذ سطحی (نیمه مغروق)



پروانه‌های گام ثابت: رایج‌ترین نوع پروانه در شناورها است. زاویه گام در این پروانه‌ها ثابت است و تغییر نمی‌کنند. تعداد پره‌های پروانه بین ۲ تا ۱۲ پره است.



شکل ۶- پروانه گام ثابت

پروانه‌های گام متغیر (گام قابل کنترل CPP)، پروانه‌هایی با قابلیت تغییر زاویه گام بوده و از یک مکانیزم تحریک پره به صورت مکانیکی و یا هیدرولیکی برای تغییر گام پروانه استفاده می‌شود. ویژگی‌های مهم این پروانه‌ها به صورت زیر است و در شکل ۷ نشان داده شده است.

■ دارای ۳، ۴ یا ۵ پره می‌باشند

■ بالا بودن راندمان شناور با مدیریت بهینه انرژی

■ قابلیت توقف سریع شناور بدون نیاز به سیستم کلاچ و ترمز

■ موتور اصلی احتیاج به کار در جهت عکس ندارد

■ تأمین سرعت‌های مختلف پیشروی با یک دور ثابت

البته دقت ساخت و استفاده از تویی بزرگ در این پروانه‌ها از معایب آن به شمار می‌رود.



شکل ۷- پروانه گام متغیر



شکل ۸- پروانه های عکس چرخنده



شکل ۹- سیستم دو پروانه ای

پروانه های عکس چرخنده: دارای محور تودرتو و پیچیده است و در کشتی های بزرگ با محور طویل کاربرد ندارد. در این پروانه ها زاویه گام پره ها عکس یکدیگر می باشند در نتیجه نیروی پیش رانش (تراست) هردو روه جلو است. قطر پروانه دوم معمولاً کوچک تر از پروانه اول است. دور پروانه ها ممکن است متفاوت باشد، ولی اغلب موارد دور آنها یکسان است. در این سیستم گشتاورهای ناشی از سیستم رانش خنثی می شود و به همین علت در اژدرها کاربرد دارد.

سیستم دو پروانه ای: بیشتر در شناورهایی که نیازمند سرعت بالا هستند یا برای حرکت به پیش رانش (تراست) بسیار زیادی نیاز دارند استفاده می شود. در شناورهای نظامی و مسافری معمولاً از دو پروانه ای استفاده می شود. این سیستم قابلیت مانور شناور را بالا برده و جهت چرخش پروانه ها عکس یکدیگر است.

پروانه‌های دارای غلاف: در این حالت پروانه داخل یک نازل (Duct - Nozzle) قرار می‌گیرد که این نازل خود به ایجاد یک نیروی پیش رانش (تراست) اضافی کمک می‌کند؛ بنابراین باعث افزایش بازده پروانه می‌گردد. یکی از موارد استفاده از نازل برای پروانه‌هایی است که محدودیت قطر دارند؛ یعنی این پروانه‌ها با وجود داشتن قطر کمتر کارایی خوبی پیدا می‌کنند. برای این‌گونه پروانه‌ها از دو نوع نازل استفاده می‌شود:

۱ غلاف‌های افزایشنده (Accelerating Duct)

۲ غلاف‌های کاهشنده (Decelerating Duct)



شکل ۱۰- پروانه غلاف دار

پیش رانش (تراست) ناشی از غلاف می‌تواند تا ۳۰ درصد افزایش یابد؛ و این مورد برای شناورهای کندرو و سرعت‌های پایین و شرایط سنگین بسیار بااهمیت است. سیستم رانش **آزپاد:** یکی از سامانه‌هایی است که امروزه در شناورها استفاده می‌شود. این سیستم در سال ۱۹۵۰ توسط شرکت حمل‌ونقل Z-drive اختراع شد. نخستین تجهیزات در دهه ۱۹۶۰ تحت برند Schottel تولید شد. نوع پروانه‌های مورد استفاده می‌تواند به صورت گام ثابت و یا گام متغیر مورد استفاده قرار گیرد. این سیستم دارای دو نوع مکانیکی و الکتریکی در کشتی‌ها مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد که هر دو نوع در شکل ۱۱ نشان داده شده است.

انتقال مکانیکی (Mechanical transmission): در این نوع از سیستم آزیموت، یک موتور در داخل کشتی قرار دارد که توسط دنده به غلاف متصل شده است. موتور می‌تواند دیزلی یا الکتریکی باشد. بسته به چیدمان شافت، سیستم انتقال مکانیکی آزیموت به بخش‌های L-drive و Z-drive تقسیم می‌شود. قسمت

L-drive یک شافت ورودی عمودی و یک شافت خروجی افقی با یک چرخدنده زاویه قائم دارد. بخش Z-drive دارای یک شافت ورودی افقی، شافت عمودی چرخان و شافت افقی خروجی با دو چرخدنده عمود بر هم است. همان طور که مشخص است انتقال قدرت و چرخش پروانهها به صورت مکانیکی انجام می شوند.

انتقال قدرت الکتریکی (Electrical transmission): در این وضعیت، یک موتور الکتریکی مستقل در کنار پروانه قرار می گیرد و به طور مستقیم و بدون واسطه با پروانه درگیر است. برق مورد نیاز این موتور معمولاً توسط توربین گاز یا موتور دیزل کشتی تأمین می شود.



شکل ۱۱- رانش آزیباد

سیستم رانش سطحی - SPPها: بانام پروانه های نیمه مغروق شناخته می شوند. این نوع پروانه نوع خاصی از پروانه سوپر کاویتاسیونی است که در شرایط نیمه مغروق کار می کند. پروانه های سوپر کاویتاسیونی اغلب به عنوان سیستم رانشی با بالاترین راندمان برای شناورهای تندرو مطرح می شوند. مشخصه ویژه آنها ضخامت زیاد سطح مقطع پره ها در لبه دنباله (trailing edge) است. سیستم رانش سطحی مانند سیستم رانش معمولی ولی با پروانه ای متفاوت کار می کند. این سیستم در پشت شناور نصب می شود و هر پروانه



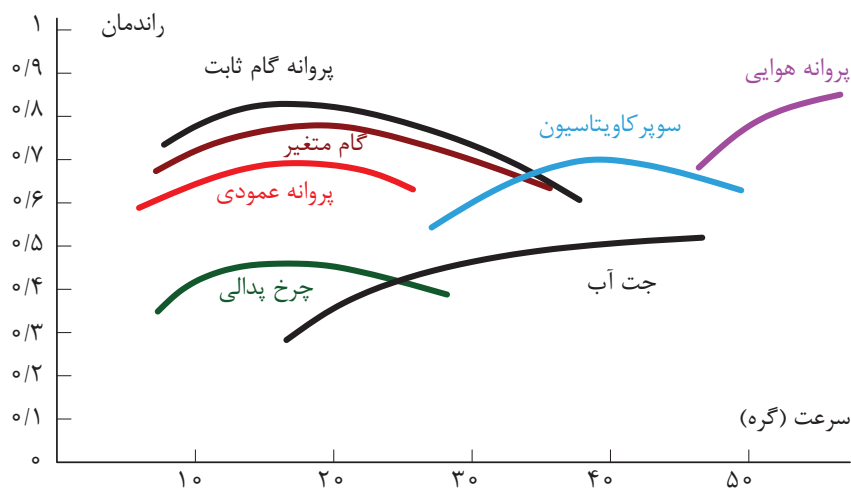
قسمتی از یک دور را بیرون آب است. از این رو آن را پروانه نافذ سطحی SPP می‌گوییم. در این سیستم امکان استفاده از پروانه‌های بزرگ‌تر وجود دارد چون در آن‌ها محدودیت فاصله نوک پره تا بدنه یا بیشینه آب‌خور وجود ندارد. از این سیستم برای شناورهای تندرو استفاده می‌شود و یک نمونه از آن در شکل ۱۲ نمایش داده شده است.

شکل ۱۲- سیستم رانش نیمه مغروق

پروانه‌های دریایی به صورت کلی بایستی از موادی ساخته شوند که بتوانند در مقابل آب شور مقاومت به خوردگی مناسبی داشته باشند. به صورت معمول از جنس آلیاژ برنز و فولاد ضد زنگ استفاده می‌شود. در طول عمر سرویس شناور به علت وجود خزه بر روی سطح پروانه نیاز است که به صورت دوره‌ای نسبت به خزه زدایی و تعمیر خوردگی‌های ایجاد شده بر روی سطح پره اقدام لازم صورت پذیرد. جهت بررسی سلامت پروانه بعد از خزه زدایی و انجام تعمیرات لازم نیاز است که بازرسی‌های رده‌بندی به صورت مخرب و یا غیر مخرب (از قبیل بازرسی چشمی و یا رادیوگرافی و یا آلتراسونیک و ...) بر روی آن انجام پذیرد.

مقایسه انواع سامانه‌های رانش

چنانچه بخواهیم به صورت ساده یک معیار انتخاب سامانه پیش برنده را برای شناور دلخواه مورد بررسی قرار بدهیم می‌توان از نمودار زیر بهره گرفت. در این نمودار محور افقی سرعت حرکت کشتی و محور عمودی، بازدهی سیستم رانش است.



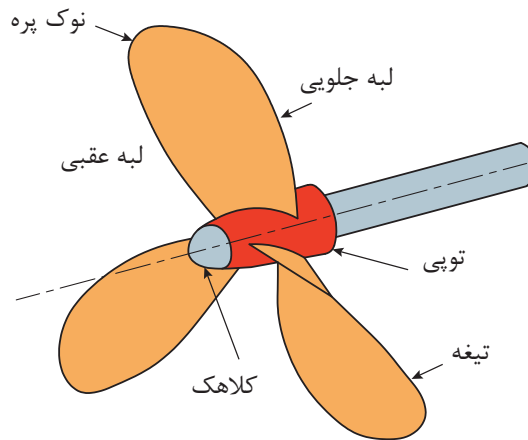
شکل ۱۳- انتخاب نوع سیستم رانش مورد نیاز بر حسب سرعت شناور

کار در کلاس: با کمک هنرآموز خود، چگونگی استفاده از سامانه‌های رانش در شکل ۱۳ را مورد بررسی دقیق قرار دهید.

سامانه رانش پروانه‌ای: از بین سامانه‌های رانش، سیستم رانش پروانه‌ای بسیار رایج است که از بین سامانه‌های پروانه‌ای نیز یک معیار مناسب جهت انتخاب وجود دارد. در حال حاضر از پروانه‌های تا حدود قطر ۱۰ متر و حدود وزنی ۱۰۰ تن در کشتی‌های تجاری بهره گرفته می‌شود.

هندسه پروانه‌های دریایی: اجزاء و قسمت‌های مختلف یک پروانه دریایی را می‌توان به صورت شکل ۱۴ نشان داد.

ترجمه فارسی	نام انگلیسی	ردیف
پره	Blade	۱
محور پروانه	Propeller Axis	۲
رخ پره	face	۳
پشت پره	back	۴
لبه حمله	leading edge	۵
لبه دنباله	trailing edge	۶
توپی پروانه	hub-Boss	۷
ریشه پره	Root	۸
نوک پره	Tip	۹



شکل ۱۴- تعاریف هندسی یک پروانه دریایی

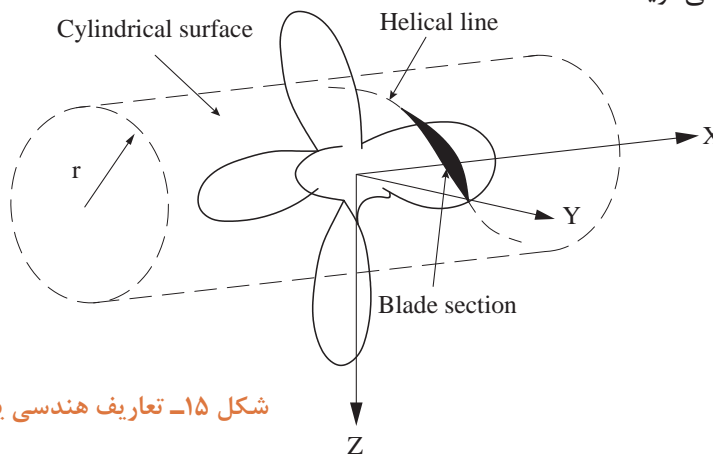
زاویه‌های تعریف شده در پروانه:

۱ زاویه گام Pitch Angle

۲ زاویه کجی Rack Angle

۳ زاویه شلاقی Skew Angle

زاویه گام: پره‌ها به صورت زاویه‌دار به هاب پروانه متصل می‌شوند و زاویه گام موجب پیشروی پروانه در هر دور می‌شود. مقدار پیشروی افقی پروانه در یک دور را گام پروانه گویند و آن را حرف اختصاری (P) نشان می‌دهند. هر مقطع از پره پروانه مطابق شکل ۱۵ یک مسیر منحنی شکل را می‌پیماید که به آن منحنی هلیکا (Helix) می‌گویند.

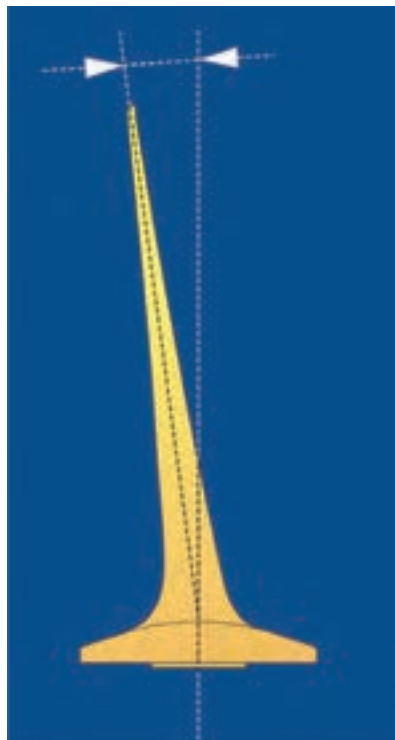


شکل ۱۵- تعاریف هندسی یک پروانه دریایی

اگر مسیر هلیکا طی شده در یک دور پروانه به صورت یک خط صاف نمایش داده شود زاویه تشکیل شده را زاویه گام گویند.

تحقیق کنید

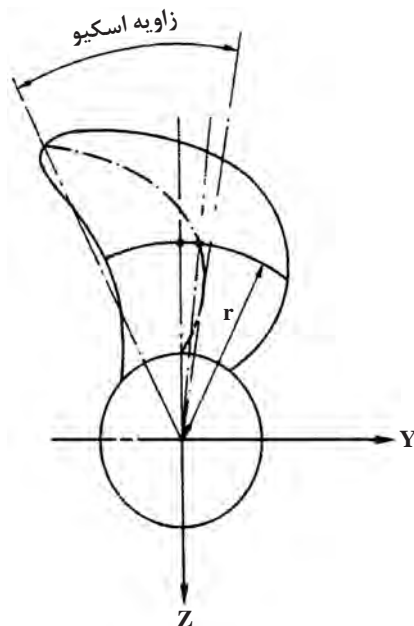
تعریف انواع مختلف گام شامل: ۱- گام دماغه - دنباله ۲- گام رخ ۳- گام مؤثر ۴- گام هیدرودینامیکی، با کمک هنرآموز خود تحقیق نمایید.



قابل ذکر است که گام دماغه - دنباله به عنوان مرجع اصلی اکثر سازندگان پروانه، برای تعریف مقطع پره به کار می‌رود.

زاویه کجی (ریک): زاویه نصب پره‌های پروانه به صورت زاویه دار روبه جلو یا عقب را زاویه ریک و یا کجی می‌نامند. چنانچه کجی پره به سمت عقب شناور باشد زاویه ریک مثبت و چنانچه به سمت جلو کجی باشد زاویه ریک منفی است. در برخی از پروانه‌ها نیز زاویه ریک صفر (زاویه ریک خنثی) است. زاویه ریک مثبت سبب می‌شود که بتوان از پروانه با قطر بزرگ‌تر استفاده نمود و در نتیجه آن نیروی پیش رانش (تراست) بیشتری حاصل می‌شود. از طرفی زاویه ریک منفی از نظر استحکام سازه‌ای پره شرایط بهتری دارد.

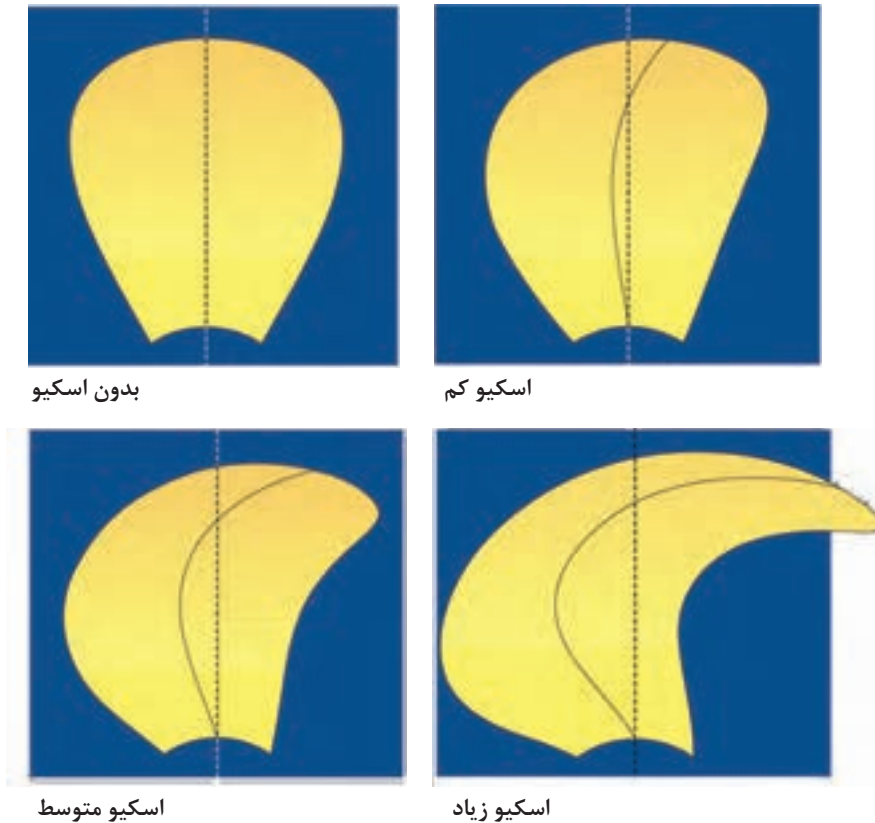
شکل ۱۶- زاویه ریک پروانه



زاویه شلاقی (اسکیو): زاویه میان خط مماس بر خط میانی پره با خط واصل میان مرکز تویی با نوک پره را زاویه شلاقی گویند. این زاویه ورود تدریجی بار بر روی پره و ایجاد یکنواختی در نیروی پیش رانش (تراست) و جلوگیری از وارد آمدن بار ناگهانی بر روی پره که منجر به کاهش کاپیتاسیون می‌شود و در نتیجه باعث سروصدا به دلیل کاهش کاپیتاسیون می‌شود. به همین دلیل در زیردریایی‌ها از پروانه‌های با زاویه اسکيو زیاد استفاده می‌شود. افزایش زاویه شلاقی و افزایش تعداد پره‌ها موجب کاهش ارتعاش پروانه می‌شود.

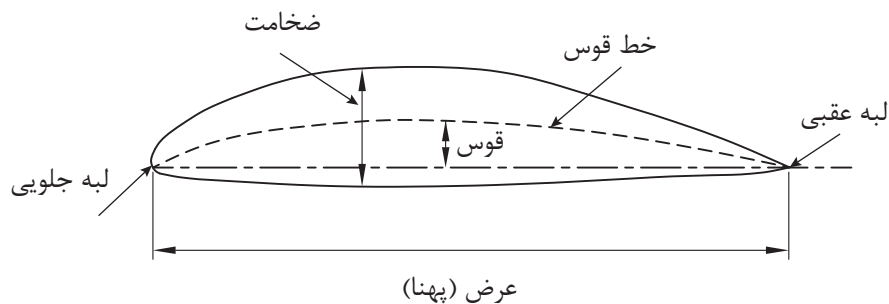
شکل ۱۷- زاویه شلاقی

در شکل زیر پروانه بدون اسکيو (Non Skew) و اسکيوهای کم (Low Skew)، متوسط (Medium Skew) و زیاد (High Skew) نشان داده شده است.

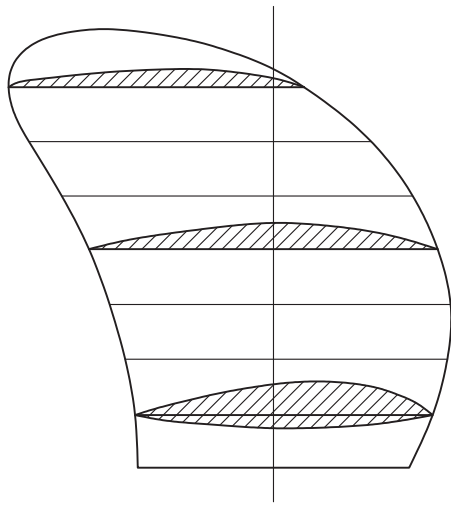


شکل ۱۸- انواع زوایای شلاقی

چنانچه پره پروانه در راستای شعاع پروانه برش زده شود، سطح مقطع پره از یک شکل خاص که به آن مقطع فویل گویند، تشکیل شده است. به مقطع هر جسمی که در جریان آب قرار می گیرد، هیدروفویل گویند. مقطع پره استاندارد گذاری های مختلفی دارد. یکی از معروف ترین استانداردها مربوط به هیدروفویل هایی موسوم به ناکا (National Advisory Committee for Aeronautics – NACA) است. مقاطع فویل می تواند به صورت متقارن و نامتقارن مورد استفاده قرار گیرد. یک فویل NACA نامتقارن در شکل ۱۹ نشان داده شده است.



شکل ۱۹- مقطع فویل در پروانه



شکل ۲۰- مقاطع مختلف پره در شعاع‌های مختلف

ضخامت فویل پره مطابق شکل در نزدیکی تویی پروانه بیشترین مقدار است و با افزایش شعاع، این ضخامت کاهش می‌یابد.

برای نیروی پیش رانش (تراست) توسط پروانه، پره نسبت به سیال دارای یک زاویه است که پره با آن زاویه در حین چرخش به سیال برخورد می‌نماید. جریان سیال ورودی به پروانه دارای دو مؤلفه محوری و شعاعی است که نتیجه این دو مؤلفه یک بردار سرعت برآیند به پروانه خواهد شد. مطابق شکل روبه‌رو، زاویه بین خط کورد مبنا (Base Chord) و سرعت برآیند (Resultant Velocity) را زاویه حمله گویند.

انواع مقطعی که در پره پروانه‌های دریایی استفاده می‌شود با کمک هنرآموز خود تحقیق نمایید.

تحقیق کنید



کار در کلاس



با کمک هنرآموز خود، اصطلاحات انگلیسی جدول زیر را به فارسی ترجمه نمایید:

ترجمه فارسی	نام انگلیسی	ردیف
	Chord Length	۱
	Camber Line	۲
	Camber	۳
	Thickness	۴
	Nose-Tail Pitch	۵
	Face Pitch	۶
	Effective or Zero Lift pitch	۷
	Hydrodynamic Pitch	۸
	Thrust Force	۹
	Attack Angle	۱۰
	No Skew	۱۱
	High Skew	۱۲
	Medium Skew	۱۳
	Low Skew	۱۴

تعاریف سطوح پروانه

در بررسی مشخصات هندسی پروانه، یک سری مساحت‌ها به‌عنوان مشخصه پروانه تعریف می‌گردد. به‌صورت کلی هر یک از این تعاریف و علامت اختصاری آن‌ها در زیر ارائه شده است.

- سطح دیسک پروانه (A_0) (disk area)
- سطح تصویر شده (AP) (projected area)
- سطح توسعه یافته (AD) (developed area)
- سطح گسترش یافته (AE) (expanded area)

انواع سطوح تعریف شده برای پروانه را به کمک ترسیم شکل با کمک هنرآموز خود تحقیق نمایید.

تحقیق کنید



تئوری حاکم بر طراحی پروانه‌های دریایی

همان‌طوری که قبلاً به آن اشاره گردید، برای تأمین نیروی پیش رانش (تراست) جهت غلبه بر نیروی مقاومت نیاز به یک پیش برنده جهت تولید نیروی پیش رانش (تراست) است. برای این منظور از پیش برنده جهت افزایش انرژی جنبشی سیال بهره گرفته می‌شود. مطابق قانون دوم؛ شتاب یک جسم برابر است با مجموع نیروهای وارده بر جسم تقسیم بر جرم آن. فرمولی که از این قانون برمی‌آید $F=ma$ بوده و به معادله بنیادین مکانیک کلاسیک معروف است. اصول این معادله به این است که شتاب جسمی که تحت تأثیر نیرویی ایجاد شده، متناسب و در جهت حرکت آن است. نیروی پیش‌رانش را با $F=T$ و رابطه بالا را می‌توان به شکل زیر بازنویسی نمود:

$$F = (m/\Delta T) \Delta V \rightarrow T = \rho Q \Delta V$$

برای تولید نیروی پیش رانش (تراست) معین با چگالی (ρ) ثابت می‌توان اختلاف سرعت (ΔV) بزرگ و دبی حجمی کوچک (Q) و بالعکس در نظر گرفت.

چگونگی ارتباط بزرگی سامانه رانش با ΔV و Q را با کمک هنرآموز خود تحقیق نمایید.

تحقیق کنید



در راستای تحلیل پروانه جهت بررسی عملکرد آن از چهار تئوری مهم استفاده می‌شود که به‌صورت زیر تعریف می‌شوند.

- ۱ تئوری مومنتوم بدون چرخش سیال
- ۲ تئوری مومنتوم با چرخش سیال
- ۳ تئوری المان پره
- ۴ تئوری چرخش

نتیجه حاصل از تحلیل پروانه به استخراج ضرایب هیدرودینامیکی پروانه منجر می‌شود که شامل ضریب تراست، ضریب گشتاور و راندمان است.

مبانی تئوری چهار روش تحلیل پروانه را با کمک هنرآموز خود تحقیق نمایید.

تحقیق کنید





ده فاکتوری که برای طراحی یک پروانه کشتی کارآمد باید در نظر داشت؟ طی سال‌ها تحقیق و توسعه قابل توجهی در زمینه طراحی پروانه برای حصول اطمینان از ایمنی محموله‌ها، مسافری و کارکنان شناور انجام شده است. در این حین با افزایش راندمان در هزینه‌های زیادی نیز صرفه‌جویی شده است. سامانه‌های پیشران‌ش شناورهای سطحی و همین‌طور وسایل زیرسطحی طی سال‌های زیادی از مکانیزم پیشران‌ه استاندارد پیروی کرده‌اند. پروانه‌ها بایستی به گونه‌ای طراحی شوند که نویز و ارتعاشات کاهش یافته و نهایتاً پایین‌ترین سطح کویتاسیون ممکن را برای دستیابی به راندمان پروانه داشته باشند. تغییراتی که در اساس هندسه پروانه صورت می‌گیرد هیچ تغییری در شیوه‌ای که ما عملکرد پروانه را مشخص و تحلیل می‌کنیم ایجاد نمی‌کند. اساساً، یک طراحی پروانه طبق یکی از دو روش زیر انجام می‌پذیرد: اول، بر اساس نتایج حاصله از آزمایش‌های آب - باز که بر روی یک سری از پروانه‌های مدل انجام می‌گیرد. پروانه‌های مختلف آزمایش شده پارامترهای متنوعی مانند تعداد تیغه، مساحت تیغه، نسبت گام و غیره داشتند. بر اساس این نتایج و نیازمندی‌های شناور، پارامترها می‌توانند برای به دست آوردن یک طرح مناسب انتخاب شوند.

روش دوم هم شامل انجام همان روش و اصول اول می‌شود که اشاره شد. این روش شامل یافتن طول کورد، شکل مقطع، گام و غیره و سپس پیدا کردن گشتاور، پیش رانش (تراست) یا جلو برندگی و کارآمدی می‌شود. این روش برای پروانه‌هایی اعمال می‌شود که مشخصه‌هایی غیر از پروانه‌هایی که به‌طور معمول طراحی می‌شوند را طلب می‌کنند مانند پروانه‌هایی که باید در مسیر دنباله (Wake Pattern) غیر یکنواخت کار کنند یا آن‌هایی که در معرض کویتاسیون قرار می‌گیرند.



معیارهای طراحی برای طراحی پروانه بسان شرایط مرزی عمل می‌کند. برای طراحی یک پروانه بسیار کارآمد بایستی فاکتورهای گوناگونی را طی طراحی آن مدنظر قرارداد. فاکتورهای زیر مواردی هستند که برای بهبود کارآمدی پروانه به ما کمک می‌کنند:

۱ قطر پروانه: مشاهده شده است که سرعت شفت و قطر پروانه رابطه بسیار نزدیکی با یکدیگر دارند. یک شفت سرعت پایین، با یک قطر مشخص، از دیدگاه کارآمدی بسیار سودمند نشان داده شده است. از طرف دیگر باعث می‌شود که گشتاور شفت زیاد و نتیجتاً، شفت و جعبه‌دنده بزرگی را طلب کند؛ بنابراین، برای حصول اطمینان از صحت عملکرد بایستی نقطه تعادلی در حین طراحی پروانه یافت شود. به‌طور کلی، راندمان پیش برندگی با نصب پروانه‌های با قطر زیاد می‌تواند افزایش یابد. از طرفی، این قطر

در پاشنه شناور توسط آبخور شناور محدود می‌شود. می‌بینیم که برای به دست آمدن این بالانس، یک بهینه‌سازی مناسبی در طراحی پروانه‌ها نیاز است.



۲ دور پروانه (RPM): انتخاب تعداد دور مناسب برای یک شناور نقش تعیین‌کننده‌ای را در طراحی پروانه ایفا می‌کند. سرعت زاویه‌ای انتخاب‌شده برای شناور بایستی با فرکانس تشدید شافت، بدنه و دیگر ماشین‌آلات پیشراننده تفاوت داشته باشد. اغلب دیده‌شده است که طراحی با دور پایین راندمان جلو بردگی را ۱۰ تا ۱۵ درصد افزایش داده است.

۳ تعداد تیغه‌ها: تعداد تیغه‌های انتخاب‌شده بر روی نیروهای متغیر اعمال‌شده بر آن‌ها، تأثیر می‌گذارد. از نظر راندمان، راندمان آب‌باز با افزایش تعداد تیغه‌ها افزایش پیدا می‌کند.

۴ هندسه تیغه‌ها: مسلماً، هندسه تیغه نقش بسیار مهمی در کارآمدی پیش برنده ایفا می‌کند. تحقیقات و آزمایش‌ها بر روی پروانه‌ها با مساحت تیغه‌های گوناگون نشان داده است که با کاهش مساحت تیغه راندمان افزایش پیدا می‌کند. این به دلیل افزایش درگ اصطکاکی با افزایش مساحت تیغه است.

۵ زاویه حمله و ضخامت تیغه: طراحی زاویه حمله (Angle of attack) پروانه و ضخامت مربوطه به میزان نیروی مورد نیاز بستگی دارد که توسط معمار کشتی تعیین می‌گردد. اگر زاویه حمله بزرگتری در نظر گرفته شود، مقطع طرح کمتر در معرض کاویتاسیون و وجه فشار پروانه قرار گرفته و این کاویتاسیون در بخش مکش آن بیشتر می‌شود. این پدیده زمانی که زاویه حمله کم شود برعکس خواهد بود.

۶ نسبت گام به قطر: برای به دست آوردن بهترین راندمان پیشراننده برای یک پروانه مشخص، یک نسبت گام به قطر بهینه‌ای بایستی به دست آید که مجدداً به نرخ دور طرح پروانه مربوط می‌شود. جدای از تغییرات معمولی که برای به دست آوردن راندمان بالاتر در پارامترهای پروانه ایجاد می‌شود، اجزای خارجی مشخصی وجود دارند که باعث بهبود جریان در اطراف پروانه و در نتیجه بهبود راندمان پیشراننده می‌شود؛ که به‌قرار زیرند:

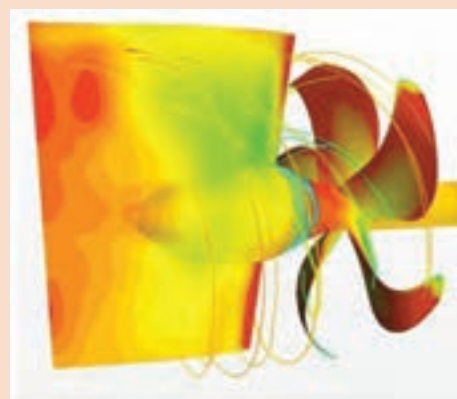
۷ تونل‌های پاشنه: این وسایل کمک می‌کنند که اثر wake peak برای کشتی‌هایی که پاشنه V شکل دارند کمتر شده و در نتیجه اثرات ارتعاشات کاهش یابد. این تونل‌ها از متعلقات افقی بدنه هستند که در بالای پروانه قرار می‌گیرند که آب را برای اطمینان از جریان یکنواخت در پروانه به سمت پروانه هدایت می‌کند.

۸ داکت های Schneekluth: این متعلقات جریان را به سمت قسمت بالایی دیسک پروانه هدایت می‌کند که باعث متعادل شدن و بهبود کارآمدی بدنه می‌شود. همچنین این داکت‌ها می‌توانند به شتاب‌دهی

جریان به وسیله مقاطع ایرفویل شکل کمک کنند که این کار با ایجاد ناحیه کم فشار در مقابل داکت صورت می گیرد که طی طراحی به دست می آید.



۹ Grouches Spoilers: کاربرد آنها جهت دهی افقی جریان به سمت پروانه است که برای جلوگیری از تشکیل گردابه های کیل در شناورهای با پاشنه U شکل و تک پروانه طراحی می شوند.



۱۰ سیستم توپی سکان: این سیستم باعث کاهش کاویتاسیون و افزایش کارآمدی کل در مجموعه پروانه می شود.

سری های انتخاب پروانه

کاربرد اصلی سری های استاندارد پروانه برای استخراج ضرائب پیش رانش (تراست) و گشتاور و بازدهی پروانه است. این سری ها به جای استفاده از روابط محاسباتی از روش آزمایش مدل استفاده می کنند و بدین ترتیب که مدل های کوچکی از پروانه مثلاً به قطر ۲۵ سانتی متر ساخته شده و در تونل کاویتاسیون آزمایش می شوند. شکل هندسی پروانه ها در هر یک از سری های استاندارد با هم متفاوت است. منظور از «استاندارد» در این سری ها، مؤسسات رده بندی نمی باشند بلکه منظور از آن، سری های شناخته شده از اطلاعات طراحی پروانه است. طراحی به کمک این سری ها دارای بیشترین دقت و ساده ترین روش است. جدول ۱ سری های پروانه گام ثابت و بدون غلاف که اطلاعات پروانه های آزمایش شده در هر سری را داده است به اختصار نشان داده شده است.

جدول ۱- سری های استاندارد پروانه

سری	تعداد پروانه ها در سری	Z	A_E/A_0	P/D	D(mm)	r_h/R	وجود کاویتاسیون
B	120	2-7	0.3-1.05	0.6-1.4	250	0.169	خیر
AU	34	4-7	0.5-1.2	0.5-1.2	250	0.18	خیر
گاوان	37	3	0.2-1.1	0.4-2	508	0.2	خیر
KCA	30	3	0.5-1.25	0.6-2	406	0.2	بلی
Ma	32	3-5	0.75-1.2	1-1.45	250	0.19	بلی
نیوتن رادر	12	3	0.5-1	1.05-2.08	254	0.167	بلی
KCD	24	3-6	0.44-0.8	1.06-1.6	406	0.2	بلی
Meridian	20	3	0.45-1.05	0.4-1.2	305	0.185	بلی

در این جدول Z تعداد پره های مختلف آزمایش شده است. مثلاً در سری های B پروانه های ۲ تا ۷ پره آزمایش شده اند. نسبت سطح گسترش یافته و P/D نسبت گام پروانه ها است. سری B جامع ترین سری در طراحی پروانه است. نتایج به دست آمده را بایستی به پروانه واقعی تعمیم داد. R_h/R نسبت شعاع تویی پروانه به شعاع پروانه است که همین نسبت در پروانه واقعی نیز وجود دارد.

کاویتاسیون چیست و انواع تونل های کاویتاسیون در کشور را با کمک هنرآموز خود تحقیق نمایید.

تحقیق کنید



بیشتر بدانید



طراحی به کمک سری پروانه های B-Wageningen

پروانه های سری B در آزمایشگاه دریایی لهستان تهیه شده که حاصل انجام آزمایشات بر روی ۱۲۰ مدل مختلف پروانه با تعداد پره ها، سطح گسترش یافته و نسبت گام های متفاوت می باشد. این آزمایشات توسط آقای Wageningen انجام شده است. شرایط انجام آزمایش در عدد رینولدز $10^6 \times 2$ بوده است که اگر

شرایط واقعی پروانه موردنظر، دارای عدد رینولدز دیگری است، نتایج باید با روابط ارائه شده، اصلاح شوند. تعداد پره‌ها و نسبت سطح گسترش یافته این ۱۲۰ مدل از قرار زیر است: تعداد پره‌ها ۲-۷ پره و هر پروانه برای $1/0.5 - 0/3 = A_E/A_O$ می‌باشد. روابط استفاده شده در این سری به صورت زیر است:

$$T = K_t \cdot \rho \cdot n^2 \cdot D^4$$

$$Q = K_q \cdot \rho \cdot n^2 \cdot D^5$$

$$\eta_o = \frac{J}{2\pi} \cdot \frac{K_t}{K_q}$$

$$J = \frac{V_A}{n \cdot D} = \frac{V_s(1-w)}{n \cdot D}$$

که کلیه پارامترهای آن قبلاً معرفی شده‌اند. ضرایب تراست و گشتاور به صورت تابعی از عوامل زیر در نظر گرفته شده‌اند:

$$K_t = f_1(J, p/D, A_E/A_O, Z, R_e, \frac{t}{c})$$

$$K_q = f_2(J, p/D, A_E/A_O, Z, R_e, \frac{t}{c})$$

که عدد رینولدز با توجه به طول کورد در شعاع $0/75R$ اندازه‌گیری شده است. نسبت ضخامت پره به

طول کورد $(\frac{t}{c})$ نیز در شعاع $0/75R$ ارائه شده است (چرا که طول کورد و ضخامت پره در شعاع‌های مختلف باهم متفاوت است).

آشنایی با نمودارهای سری B

نمودارهای موجود در شکل‌های زیر برای K_t و K_q هستند که به صورت نموداری ارائه شده‌اند.

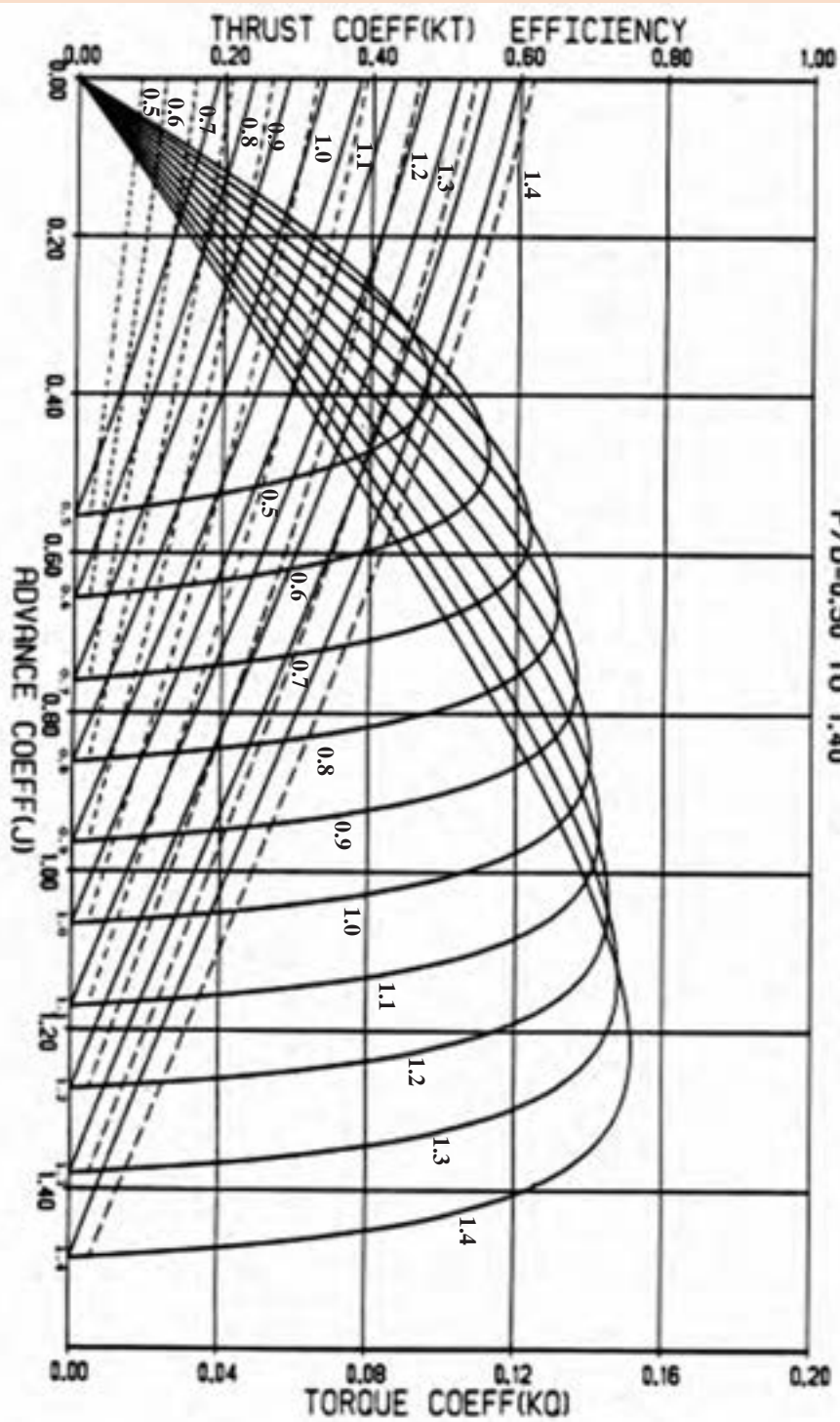


FIGURE 23. HRCINGEN B-SERIES PROPELLERS
FOR 3 BLADES
RE/RO = 0.600
P/D=0.50 TO 1.40

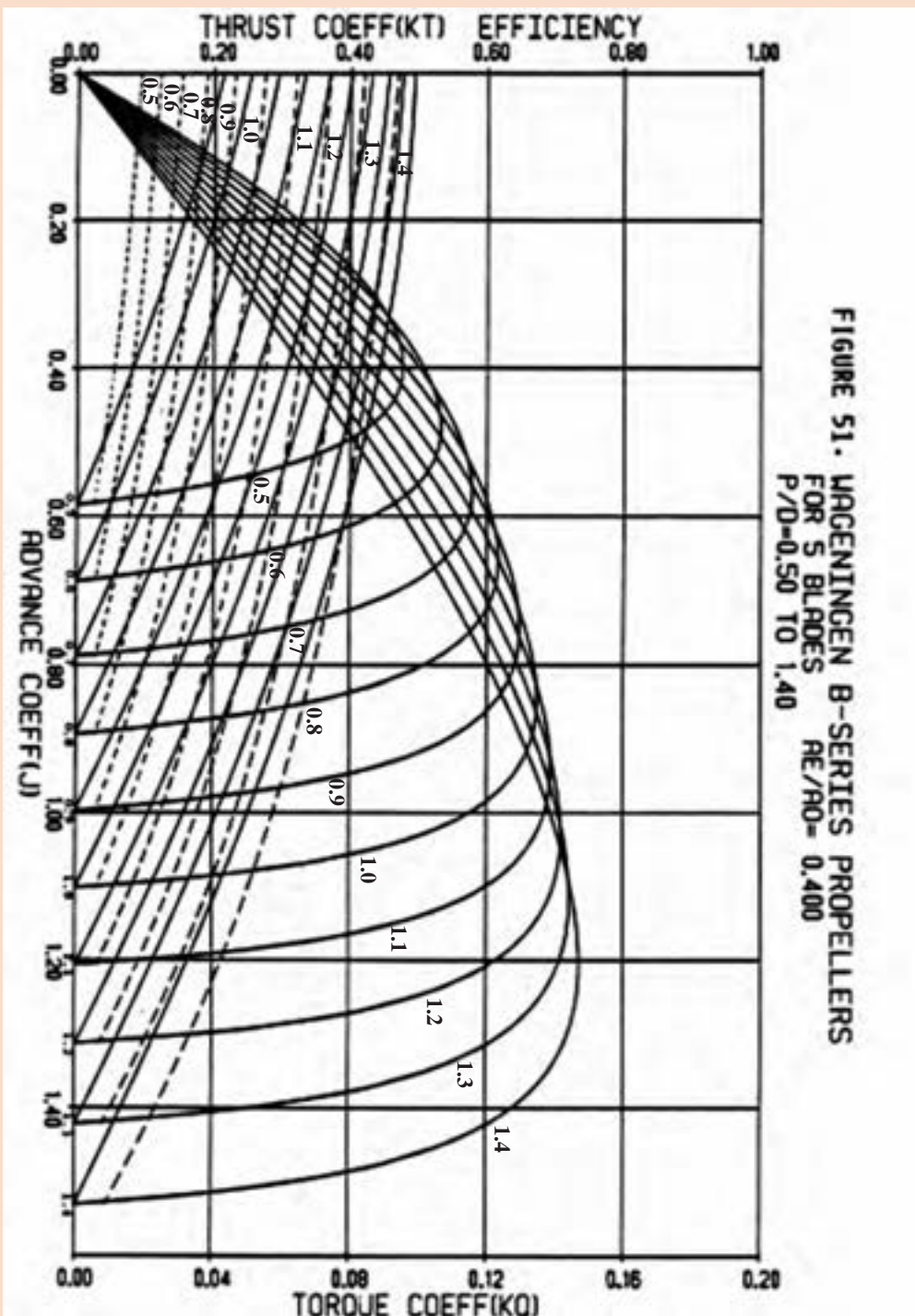


FIGURE 51. WAGENINGEN B-SERIES PROPELLERS
FOR 5 BLADES
P/D=0.50 TO 1.40
RE/RO = 0.400

سری B شامل ۹۶ مجموعه نمودار می‌باشد که هر نمودار فقط مختص به یک تعداد پره (Z) و یک نسبت سطح گسترش یافته A_E/A_0 است. هر نمودار با یک کد شناخته می‌شود که بیان کننده تعداد Z و A_E/A_0 است. مثلاً نمودار ۵۵ - B۴ یعنی نمودارهای مربوط به پروانه ۴ پره با نسبت سطح گسترش یافته ۵۵ درصد. در داخل هر یک از این نمودارها، ضرایب K_t و K_q و بازدهی در آب آزاد برای P/D های مختلف = رسم شده است، یعنی برای هر P/D، سه نمودار (K_t ، η_0 و K_q) موجود است.

آزمون پروانه در آب آزاد و پشت کشتی

عملکرد پروانه در دو حالت زیر مورد بررسی قرار می گیرد:

۱ عملکرد پروانه در شرایط آب آزاد Open Water

۲ عملکرد پروانه در پشت کشتی Behind of ship

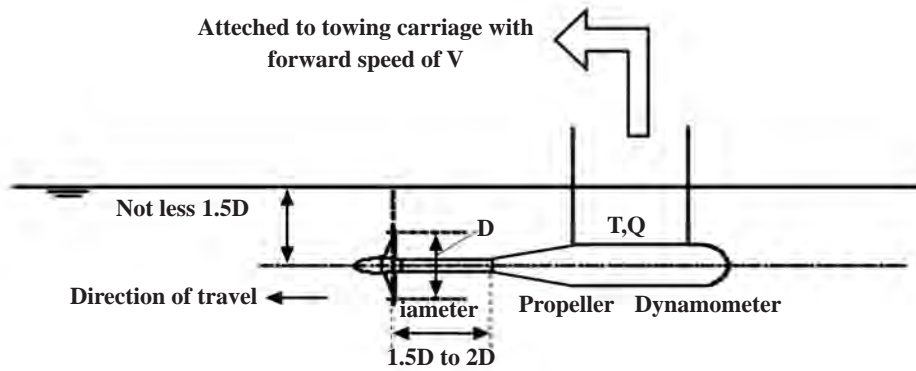
در شرایط آب آزاد می توان مدل پروانه را ساخت و در شرایط آزمایشگاهی بدون حضور بدنه کشتی آزمایش را انجام داد. در ساخت مدل پروانه از قوانین تشابه تبعیت می شود. برای ایجاد تشابه بین مدل ساخته شده و نمونه واقعی پروانه بایستی داشته باشیم:

۱ تشابه هندسی: باید از نظر قطر، سطح و حجم تشابه برقرار باشد

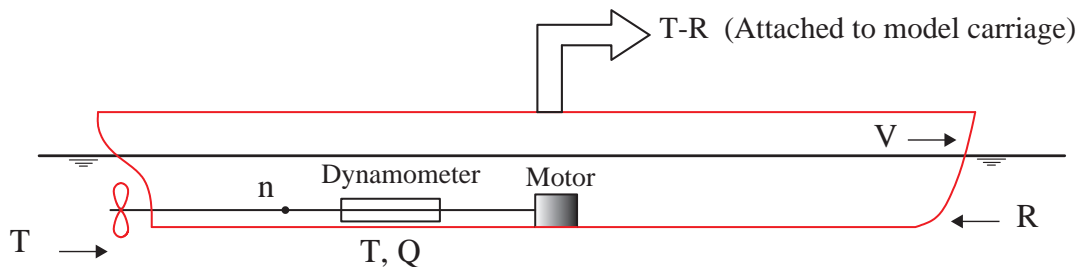
۲ تشابه سینماتیکی: بین سرعت مدل و نمونه واقعی تشابه برقرار باشد

۳ تشابه دینامیکی: بین نیروهای اعمالی تشابه برقرار باشد

در شرایط پشت کشتی، تأثیر حضور بدنه کشتی بر روی عملکرد پروانه مورد بررسی قرار می گیرد. در این حالت آزمایش خودرانش مدل انجام می گیرد. در شکل ۲۱ و ۲۲ یک نمونه آزمایش آب آزاد و خودرانش به ترتیب نشان داده شده است.



شکل ۲۱- آزمایش آب آزاد



شکل ۲۲- آزمایش خودرانش (آزمایش پروانه پشته بدنه)

با کمک هنرآموز خود کلیه اصطلاحات انگلیسی در شکل ۲۱ و ۲۲ را ترجمه کنید.

تحقیق کنید



ارزشیابی مرحله‌ای

نمره	استاندارد (شاخص‌ها، دآوری، نمره دهی)	نتایج	استاندارد عملکرد (کیفیت)	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	عنوان پودمان
۳	۱-انواع سامانه پیش برنده را بشناسد. ۲- هندسه پروانه را کامل بشناسد. ۳-تفاوت انواع پروانه‌ها را بداند. هنرجو توانایی بررسی همه شاخص‌های فوق را داشته باشد.	بالاتر از حد انتظار	شناسایی انواع سامانه پیش برنده، شناسایی کلیه مشخصات هندسی پروانه، شناسایی تفاوت بین انواع پروانه‌ها	بررسی سامانه‌های پیش برنده	نگهداری و تعمیر سامانه‌های پیش برنده
۲	۱-انواع سامانه پیش برنده را بشناسد. ۲- هندسه پروانه را کامل بشناسد. ۳-تفاوت انواع پروانه‌ها را بداند. هنرجو توانایی بررسی دو مورد از شاخص‌های فوق را داشته باشد.	در حد انتظار			
۱	۱-انواع سامانه پیش برنده را بشناسد. ۲- هندسه پروانه را کامل بشناسد. ۳-تفاوت انواع پروانه‌ها را بداند. هنرجو توانایی بررسی یک مورد از شاخص‌های فوق را داشته باشد.	پایین‌تر از حد انتظار			
					نمره مستمر از ۵
					نمره شایستگی پودمان از ۳
					نمره پودمان از ۲۰

ارزشیابی نگهداری و تعمیر سامانه های پیش برنده

۱- شرح کار:

- ۱- انواع سامانه پیش برنده را بررسی کند.
- ۲- هندسه پروانه را کامل بررسی کند.
- ۳- تفاوت انواع پروانه ها را بررسی کند.

۲- استاندارد عملکرد:

انواع پیش برنده هایی که در کشتی های مختلف تجاری و نظامی به کار گرفته می شود را بررسی کند.

شاخص ها:
بررسی سامانه های پیش برنده

۳- شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: کلاس سمعی و بصری و کارگاه و شناورها

ابزار و تجهیزات: رایانه و اینترنت، ویدیو پروژکتور، کارگاه مجهز پیش برنده

۴- معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	انواع سامانه پیش برنده را بررسی کند.	۲	
۲	هندسه پروانه را کامل بررسی کند.	۱	
۳	تفاوت انواع پروانه ها را بررسی کند.	۱	
	شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی، ...	۲	
	۱- استفاده از لباس مناسب کار در کارگاه ۲- استفاده صحیح و مناسب از ابزار و تجهیزات کارگاه		
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ است.

- ۱- برنامه درسی رشته مکانیک موتورهای دریایی. (۱۳۹۳). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.
- ۲- استاندارد شایستگی حرفه رشته مکانیک موتورهای دریایی. (۱۳۹۲). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.
- ۳- استاندارد ارزشیابی حرفه رشته مکانیک موتورهای دریایی. (۱۳۹۲). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.
- ۴- راهنمای عمل طراحی و تألیف بسته تربیت و یادگیری رشته‌های فنی و حرفه‌ای. (۱۳۹۳). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.
- ۵- کتاب توربین گاز دریایی، عباس فاضلی‌نیا، انتشارات دانشگاه دریایی امام خمینی (ره)
- ۶- کتاب توربین بخار دریایی، عباس فاضلی‌نیا، انتشارات دانشگاه دریایی امام خمینی (ره)
- ۷- کتاب جامع مهندسی معماری دریایی، محمد مونسان، انتشارات پژوهش، ۱۳۹۱.
- ۸- کتاب تعادل کشتی، محمود سالاری، انتشارات مرکز برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی سپاه.

9-Basic Ship Propulsion, J.P Ghose, Allied Publisher, 2004

10- LLOYD'S REGISTER RULE 2017

11- Principles of Naval Architecture" E.V.Lewis" 1988, VolIII, SNAME

12- Methodical Experiments with models of Single Screw Merchant Ships", F.H.Todd," 1963

13- Marine propellers and propulsion", J.S. Carlton,"2007, Elsevier publications

14- ENGLISH FOR SEAFARERS " , NIBET-KUTZ-LOGIE P",UBLISHED BY MARLINS

15- Engineering Mechanics Statics, 7th edition, J. L. Meriam, John Wiley & Sons, Inc.2011.

16- Engineering Mechanics Dynamics, 6th edition, J. L. Meriam, John Wiley & Sons, 2010.



- ارگان ها و مؤسساتی که در فرایند اعتبارسنجی این کتاب مشارکت داشته اند:
- ۱ — اداره کل امور دریایی و سازمان های تخصصی بین المللی سازمان بنادر و دریانوردی
 - ۲ — مؤسسه آموزشی کشتی رانی جمهوری اسلامی ایران
 - ۳ — نیروی دریایی راهبردی ارتش جمهوری اسلامی ایران
 - ۴ — نیروی دریایی سپاه پاسداران انقلاب اسلامی ایران
 - ۵ — مرزبانی نیروی انتظامی جمهوری اسلامی ایران
 - ۶ — دبیرخانه کشوری هنرستان های علوم و فنون دریایی