بسم الله الرحمن الرحیم

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰی مُحَمَّدٍ وَ آلِ مُحَمَّدٍ وَ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ

نگهداری و تعمیر سامانه رانشی کشتی

رشتهٔ مکانیک موتورهای دریایی

گروه تعمیر و نگهداری ماشین‌آلات

شاخه فنی و حرفه‌ای

پایهٔ دوازدهم دورهٔ دوم متوسطه

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: نگهداری و تعمیر سامانه رانشی کشتی ـ ۲۱۲۲۲۵

پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای وکاردانش

شناسه افزوده برنامه‌ریزی وتألیف: ارسلان اقدامی، کریم اکبری وکیل‌آبادی، عبدالرضا باباخانی، مصطفی ربیعی، مصطفی زنگنه، جلیل محمولی اسدآبادیان، محمدرضا نخعی امرودی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
ارسلان اقدامی، کریم اکبری وکیل‌آبادی، عبدالرضا باباخانی، مصطفی زنگنه، جلیل محمولی اسدآبادیان، محمدرضا نخعی امرودی (اعضای گروه تألیف)

مدیریت آماده‌سازی هنری: ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

شناسه افزوده آماده‌سازی: مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری) ـ پرویز معزز (صفحه‌آرا) ـ مریم کیوان (طراح جلد)

نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)

تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، **دورنگار:** ۸۸۳۰۹۲۶۶، **کد پستی:** ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب سایت: www.chap.sch.ir

ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (دارو پخش)

تلفن : ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، **دورنگار:** ۴۴۹۸۵۱۶۰/ **صندوق پستی:** ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵

چاپخانه: شرکت چاپ ونشر کتاب های درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ ششم ۱۴۰۲

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هر گونه استفاده از کتاب و اجزای آن به صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

شابک ۹- ۳۰۸۴ - ۰۵ - ۹۶۴ - ۹۷۸ **ISBN 978 - 964 - 05 - 3084-9**

ملت شریف ما اگر در این انقلاب بخواهد پیروز شود باید دست از آستین برآرد و به کار بپردازد. از متن دانشگاه‌ها تا بازارها و کارخانه‌ها و مزارع و باغستان‌ها تا آنجا که خودکفا شود و روی پای خود بایستد.

امام خمینی «قُدِّسَ سِرُّهُ»

فهرست

پودمان ۱: کاربری موتورهای دیزل ۱

واحد یادگیری ۱: کاربری موتورهای دیزل ۲

پودمان ۲: نگهداری و تعمیر موتور بنزینی دریایی ۳۹

واحد یادگیری ۲: نگهداری و تعمیر موتور بنزینی دریایی ۴۰

پودمان ۳: نگهداری و تعمیر توربین بخار و گاز ۷۵

واحد یادگیری ۳: نگهداری و تعمیر توربین بخار و گاز ۷۶

پودمان ۴: نگهداری و تعمیر سامانه‌های انتقال قدرت ۹۹

واحد یادگیری ۴: نگهداری و تعمیر سامانه‌های انتقال قدرت ۱۰۰

پودمان ۵: نگهداری و تعمیر سامانه‌های پیش‌برنده ۱۳۱

واحد یادگیری ۵: نگهداری و تعمیر سامانه‌های پیش‌برنده ۱۳۲

منابع ۱۵۸

سخنی با هنرجویان عزیز

شرایط در حال تغییر دنیای کار در مشاغل گوناگون، توسعه فناوری‌ها و تحقق توسعهٔ پایدار، ما را بر آن داشت تا برنامه‌های درسی و محتوای کتاب‌های درسی را در ادامه تغییرات پایه‌های قبلی براساس نیاز کشور و مطابق با رویکرد سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران در نظام جدید آموزشی بازطراحی و تألیف کنیم. مهم‌ترین تغییر در کتاب‌ها، آموزش و ارزشیابی مبتنی بر شایستگی است. شایستگی، توانایی انجام کار واقعی به‌طور استاندارد و درست تعریف شده است. توانایی شامل دانش، مهارت و نگرش می‌شود. در رشتهٔ تحصیلی ـ حرفه‌ای شما، چهار دسته شایستگی در نظر گرفته شده است:

۱ـ شایستگی‌های فنی برای جذب در بازار کار مانند توانایی نگهداری و تعمیر سامانه رانشی کشتی

۲ـ شایستگی‌های غیرفنی برای پیشرفت و موفقیت در آینده مانند نوآوری و مصرف بهینه

۳ـ شایستگی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات مانند کار با نرم‌افزارها

۴ـ شایستگی‌های مربوط به یادگیری مادام‌العمر مانند کسب اطلاعات از منابع دیگر

بر این اساس دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش مبتنی بر اسناد بالادستی و با مشارکت متخصصان برنامه‌ریزی درسی فنی‌وحرفه‌ای و خبرگان دنیای کار مجموعه اسناد برنامه درسی رشته‌های شاخه فنی‌وحرفه‌ای را تدوین نموده‌اند که مرجع اصلی و راهنمای تألیف کتاب‌های درسی هر رشته است.

این درس، ششمین درس شایستگی‌های فنی و کارگاهی است که ویژهٔ رشته مکانیک موتورهای دریایی در پایه ۱۲ تألیف شده است. کسب شایستگی‌های این کتاب برای موفقیت آیندهٔ شغلی و حرفه‌ای شما بسیار ضروری است. هنرجویان عزیز سعی نمایید تمام شایستگی‌های آموزش داده شده در این کتاب را کسب و در فرایند ارزشیابی به اثبات رسانید.

کتاب درسی نگهداری و تعمیر سامانه رانشی کشتی شامل پنج پودمان است و هر پودمان دارای یک یا چند واحد یادگیری است و هر واحد یادگیری از چند مرحله‌کاری تشکیل شده است. شما هنرجویان عزیز پس از یادگیری هر پودمان می‌توانید شایستگی‌های مربوط به آن را کسب نمایید. هنرآموز محترم شما، برای هر پودمان یک نمره در سامانه

ثبت نمرات منظور می‌نماید و نمرهٔ قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می‌باشد. در صورت احراز نشدن شایستگی پس از ارزشیابی اول، فرصت جبران و ارزشیابی مجدد تا آخر سال تحصیلی وجود دارد. کارنامه شما در این درس شامل ۵ پودمان و از دو بخش نمره مستمر و نمره شایستگی برای هر پودمان خواهد بود و اگر دریکی از پودمان‌ها نمره قبولی را کسب نکردید، تنها در همان پودمان لازم است مورد ارزشیابی قرار گیرید و پودمان‌های قبول شده در مرحلهٔ اول ارزشیابی مورد تأیید و لازم به ارزشیابی مجدد نمی‌باشد. همچنین این درس دارای ضریب ۸ است و در معدل کل شما بسیار تأثیرگذار است.

همچنین علاوه بر کتاب درسی شما امکان استفاده از سایر اجزای بستهٔ آموزشی که برای شما طراحی و تألیف شده است، وجود دارد. یکی از این اجزای بستهٔ آموزشی کتاب همراه هنرجو می‌باشد که برای انجام فعالیت‌های موجود در کتاب درسی باید استفاده نمایید. کتاب همراه خود را می‌توانید هنگام آزمون و فرایند ارزشیابی نیز همراه داشته باشید.

سایر اجزای بستهٔ آموزشی دیگری نیز برای شما در نظر گرفته شده است که با مراجعه به وبگاه رشته خود با نشانی www.tvoccd.medu.ir می‌توانید از عناوین آن مطلع شوید.

فعالیت‌های یادگیری در ارتباط با شایستگی‌های غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای، حفاظت از محیط‌زیست و شایستگی‌های یادگیری مادام‌العمر و فناوری اطلاعات و ارتباطات همراه با شایستگی‌های فنی طراحی و در کتاب درسی و بستهٔ آموزشی ارائه شده است. شما هنرجویان عزیز کوشش نمایید این شایستگی‌ها را در کنار شایستگی‌های فنی آموزش ببینید، تجربه کنید و آنها را در انجام فعالیت‌های یادگیری به کار گیرید.

رعایت نکات ایمنی، بهداشتی و حفاظتی از اصول انجام کار است لذا توصیه‌های هنرآموز محترمتان را در خصوص رعایت مواردی که در کتاب آمده است، در انجام کارها جدی بگیرید. امیدواریم با تلاش و کوشش شما هنرجویان عزیز و هدایت هنرآموزان گرامی، گام‌های مؤثری در جهت سربلندی و استقلال کشور و پیشرفت اجتماعی و اقتصادی و تربیت شایسته جوانان برومند میهن اسلامی برداشته شود.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

سخنی با هنرآموزان گرامی

در راستای تحقق اهداف سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران و نیازهای متغیر دنیای کار و مشاغل، برنامه درسی رشتهٔ مکانیک موتورهای دریایی طراحی و بر اساس آن محتوای آموزشی نیز تألیف گردید. کتاب حاضر از مجموعه کتاب‌های کارگاهی می‌باشد که برای سال دهم تدوین و تألیف گردیده است. این کتاب دارای ۵ پودمان است که هر پودمان از یک یا چند واحد یادگیری تشکیل شده است. همچنین ارزشیابی مبتنی بر شایستگی از ویژگی‌های این کتاب می‌باشد که در پایان هر پودمان شیوه ارزشیابی آورده شده است. هنرآموزان گرامی باید برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات برای هر هنرجو ثبت کنند. نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می‌باشد و نمره هر پودمان از دو بخش تشکیل می‌گردد که شامل ارزشیابی پایانی در هر پودمان و ارزشیابی مستمر برای هریک از پودمان‌ها است. از ویژگی‌های دیگر این کتاب طراحی فعالیت‌های یادگیری ساخت‌یافته در ارتباط با شایستگی‌های فنی و غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای و مباحث زیست‌محیطی است. این کتاب جزئی از بستهٔ آموزشی تدارک دیده شده برای هنرجویان است که لازم است از سایر اجزای بستهٔ آموزشی مانند کتاب همراه هنرجو، نرم‌افزار و فیلم آموزشی در فرایند یادگیری استفاده شود. کتاب همراه هنرجو در هنگام یادگیری، ارزشیابی و انجام کار واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شما می‌توانید برای آشنایی بیشتر با اجزای بستهٔ یادگیری، روش‌های تدریس کتاب، شیوه ارزشیابی مبتنی بر شایستگی، مشکلات رایج در یادگیری محتوای کتاب، بودجه‌بندی زمانی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیرفنی، آموزش ایمنی و بهداشت و دریافت راهنما و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها به کتاب راهنمای هنرآموز این درس مراجعه کنید. لازم به یادآوری است، کارنامهٔ صادر شده در سال تحصیلی قبل بر اساس نمره ۵ پودمان بوده است و در هنگام آموزش و سنجش و ارزشیابی پودمان‌ها و شایستگی‌ها، باید به استاندارد ارزشیابی پیشرفت تحصیلی منتشر شده توسط سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی مراجعه گردد. رعایت ایمنی و بهداشت، شایستگی‌های غیرفنی و مراحل کلیدی بر اساس استاندارد از ملزومات کسب شایستگی می‌باشند. همچنین برای هنرجویان تبیین شود که این درس با ضریب ۸ در معدل کل محاسبه می‌شود و دارای تأثیر زیادی است.

کتاب شامل پودمان‌های زیر است:

پودمان اول: با عنوان «کاربری موتورهای دیزل» است که در آن انواع موتورهای دیزل مورد استفاده در کشتی تشریح شده و به فرایند نگهداری و تعمیر آنها پرداخته شده است.

پودمان دوم: عنوان «نگهداری و تعمیر موتور بنزینی دریایی» دارد، که در آن انواع موتورهای بنزینی مورد استفاده در قایق‌های تندرو و دیگر کشتی‌ها توضیح داده شده و به فرایند نگهداری و تعمیر آنها پرداخته شده است.

پودمان سوم: با عنوان «نگهداری و تعمیر توربین بخار و گاز» است که در آن سامانه محرکه بخار و توربین گاز تشریح شده است و کلیه تجهیزات مورد استفاده در این سامانه‌ها و به فرایند نگهداری و تعمیر آنها پرداخته شده است.

پودمان چهارم: «نگهداری و تعمیر سامانه‌های انتقال قدرت» نام دارد. در این پودمان ابتدا گیربکس و شافت و انواع یاتاقان‌های مورد استفاده در سامانه قدرت کشتی تشریح شده و سپس به فرایند نگهداری و تعمیر آن نیز اشاره شده است.

پودمان پنجم: با عنوان «نگهداری و تعمیر سامانه‌های پیش‌برنده» می‌باشد که در آن انواع سامانه‌های پیش‌برنده و ملاحظات نگهداری و تعمیر آنها تشریح شده است.

امید است که با تلاش و کوشش شما همکاران گرامی اهداف پیش‌بینی شده برای این درس محقق گردد.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

پودمان ۱

کاربری موتورهای دیزل

واحد یادگیری ۱
کاربری موتورهای دیزل

آیا تاکنون پی برده‌اید

- موتورهای دیزلی چگونه کار می‌کنند؟
- موتورهای دیزلی از چه قطعاتی تشکیل می‌شوند؟
- موتورهای دیزلی دارای چه سامانه‌هایی هستند؟

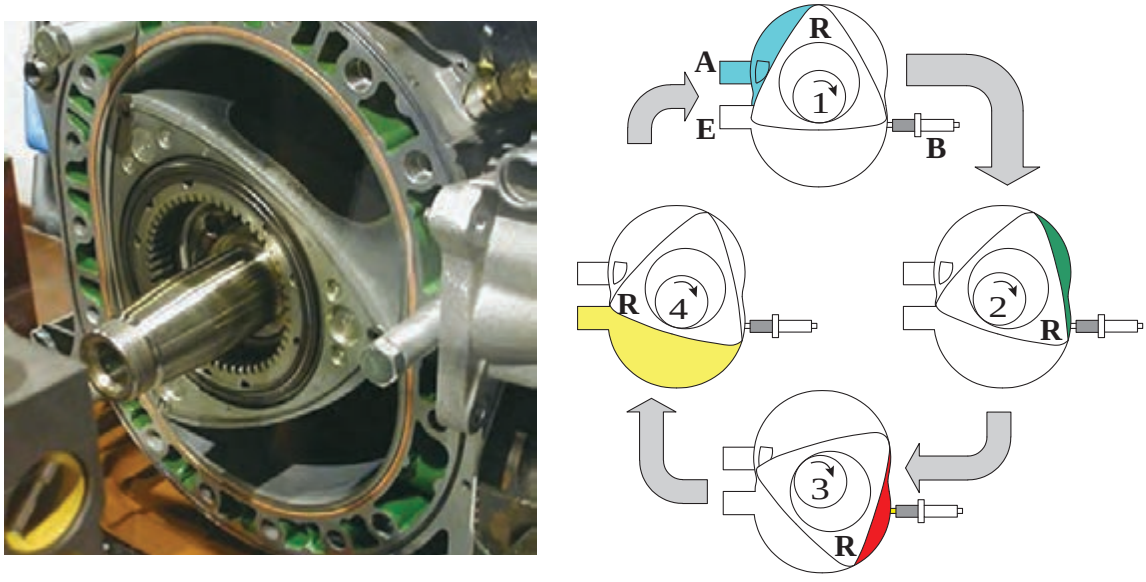
استاندارد عملکرد

هنرجو در پایان این پودمان بتواند قطعات متفاوت موتورهای دیزل دریایی را بررسی کند و طرز کار سامانه‌های موتورهای دیزلی را بداند.

موتورهای درون‌سوز

تقریباً یک قرن پس از اختراع موتور بخار موتورهایی به جهان معرفی شدند که در آنها عمل احتراق سوخت از بیرون قابل‌مشاهده نبود و درون یک محفظه بسته انجام می‌گرفت این موتورها که امروزه در دو نوع «دوار» و «پیستونی رفت و برگشتی» ساخته می‌شوند موتورهای احتراق داخلی نام گرفتند.

موتورهای احتراق داخلی دوار مانند موتور جت و موتور وانکل (شکل ۱) دارای کاربرد کمتری در صنایع دریایی هستند اما موتورهای احتراق داخلی نوع پیستونی رفت و برگشتی به‌عنوان مولدهای نیروی الکتریسیته و یا موتور رانش اصلی شناورها کاربرد گسترده‌ای در دریا دارند. این موتورها که به‌طور خلاصه «موتورهای پیستونی» هم نامیده می‌شوند ـ با توجه به نوع سوخت و روش سوزاندن آن ـ به دودسته موتورهای دیزلی و بنزینی تقسیم‌بندی می‌شوند.



شکل ۱ـ موتور وانکل

بهتر است بدانیم

کشور عزیزمان ایران یکی از سازندگان موتورهای وانکل در جهان است و هم اکنون پهپادهای نیروهای مسلح با استفاده از این نوع موتورها توانایی دستیابی به مداومت پروازی بیش از بیست و چهار ساعت را دارند.

موتورهای دیزلی

موتورهای دیزلی که به‌افتخار مخترع آلمانی خود «رودولف دیزل» به این نام خوانده می‌شوند نسبت به موتورهای بنزینی مزایایی دارند که باعث استفاده خیلی بیشتر آنها در دریا شده است. ازجمله این مزایا می‌توان موارد زیر را عنوان کرد:

- موتورهای دیزلی توانایی سوزاندن سوخت‌هایی با کیفیت پایین را دارند که این به معنی هزینه عملیاتی کمتر آنها است.
- موتورهای دیزلی دارای بازده و طول عمر بیشتری از موتورهای بنزینی هستند.
- نسبت به موتورهای بنزینی در دوره‌ای کم گشتاور بیشتری را تولید می‌کنند.
- نگهداری و ذخیره سوخت‌های دیزلی بسیار کم‌خطرتر از بنزین است که این مطلب ازنظر ایمنی در دریا حائز اهمیت است.

قطعه‌شناسی موتورهای دیزلی

قطعات اصلی تشکیل‌دهنده این موتورها شامل موارد زیر است:

پیستون (piston)

پیستون قطعه‌ای است استوانه‌ای شکل که در بدنه خارجی خود دارای شیارهایی است که محل قرار گرفتن «رینگ پیستون‌ها» هستند و همچنین سوراخی در آن ایجاد شده که محل وصل قطعه دیگری به نام «شاتون» است. شاتون توسط یک پین به نام «گژن‌پین» (gudgeon pin) به پیستون متصل می‌گردد. (شکل ۲)

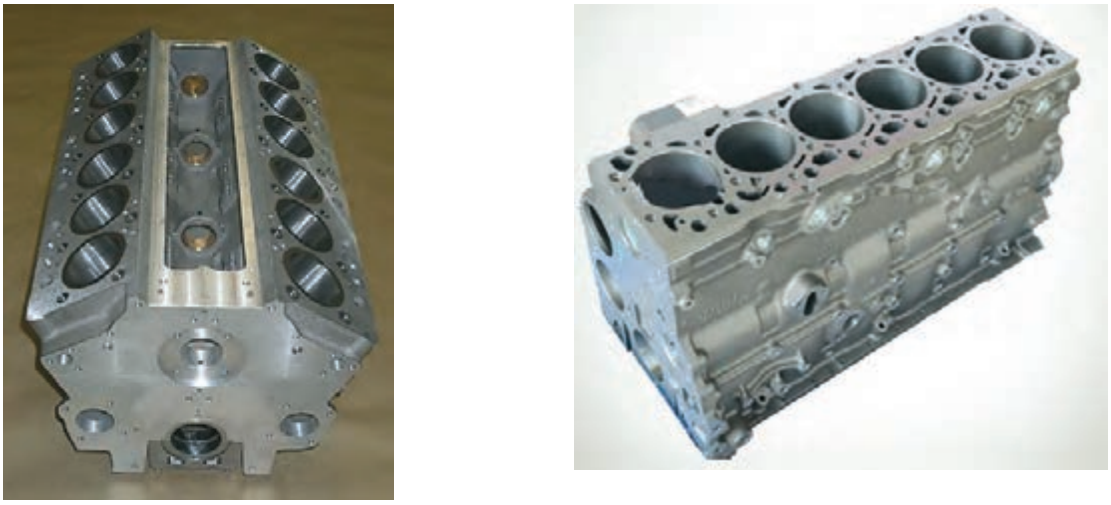
شکل ۲ـ پیستون و قطعات همراه آن

جنس پیستون‌ها بسته به‌اندازه موتور و فشاری که به آنها وارد می‌شود متفاوت است اما فولادهای آلیاژی پرکاربردترین ماده برای ساخت پیستون‌ها است.

سیلندر (cylinder)

سیلندر استوانه‌ای است توخالی که پیستون می‌تواند در درون آن به‌صورت رفت‌وبرگشتی حرکت کند، سیلندرها توسط آب، خنک می‌شوند تا از گرم شدن بیش‌ازحد و آسیب رسیدن به آنها جلوگیری شود. اگرچند عدد سیلندر به‌صورت یک قطعه واحد و یکپارچه ساخته شود به آن «بلوک سیلندر» (cylinder block) و اگر به‌صورت تکی ساخته شوند «بوش سیلندر» (cylinder liner) می‌گویند. (شکل ۳ الف و ب)

جداره داخلی سیلندر همواره با رینگ‌های پیستون در تماس بوده و ساییدگی در آنها اتفاق می‌افتد برای کاهش اصطکاک مابین این دو قطعه جداره سیلندر به‌صورت متخلخل ساخته می‌شود تا مقدار کمی روغن را در خود نگه‌داشته و طول عمر مناسبی را پیدا کند.

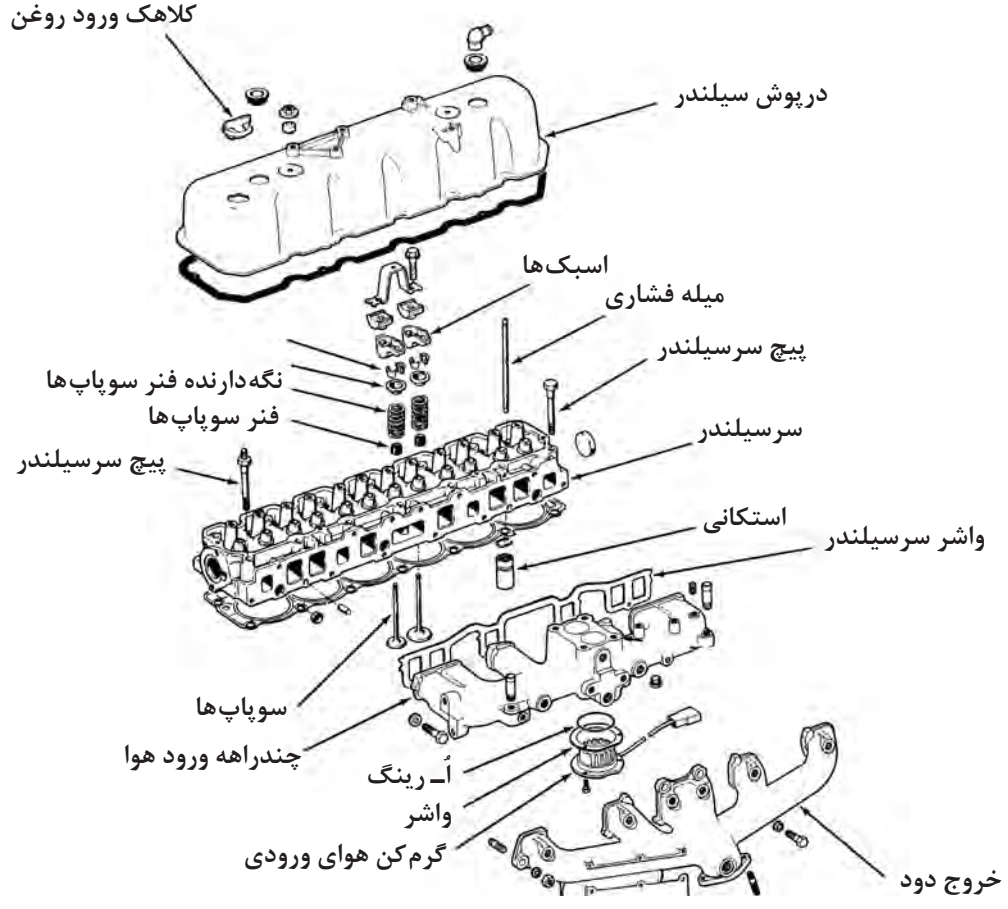


شکل ۳ـ الف) بوش سیلندر

شکل ۳ـ ب) بلوک سیلندر

سر سیلندر (cylinder head)

استوانه سیلندر ازیک‌طرف توسط پیستون و از طرف دیگر به‌وسیله قطعه‌ای به نام سرسیلندر بسته می‌شود. فضای مسدود مابین این قطعات محل سوختن سوخت و تولید نیرو است. سر سیلندر دارای پیچیدگی‌هایی در شکل ظاهری است و سوراخ‌هایی در آن جهت ورود هوا و خروج دود همچنین عبور سیالات خنک‌کننده و روان کار تعبیه‌شده است. همچنین سر سیلندر این امکان را می‌دهد که بر روی آن قطعات دیگری نیز مانند اسبک‌ها و سوپاپ‌های ورود هوا و خروج دود بسته شوند. (شکل ۴)



شکل ۴ـ سرسیلندر

جنس مناسب در سیلندر موتورهای دیزلی چدن داکتیل چدن با خواص مناسب یا چدن با گرافیت کروی است.

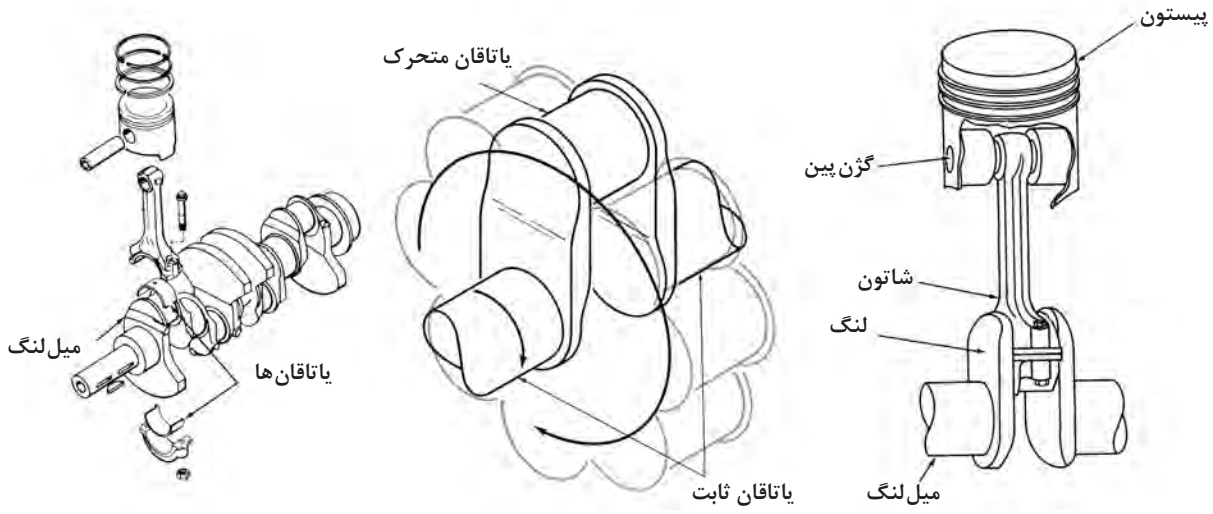
واشر سر سیلندر (cylinder head gasket)

به‌منظور جلوگیری از فرار گازهای پرفشار درون سیلندر فاصله مابین سر سیلندر و سیلندر توسط قطعه‌ای به نام «واشر سر سیلندر» پر می‌شود که وظیفه درزبندی بین قطعات گفته‌شده را دارد در موتورها واشرهای دیگری نیز استفاده می‌شود که همگی آنها وظیفه جلوگیری از نشت سیالات را دارند. اما شرایط کاری واشر سر سیلندر به دلیل فشار و دمای زیاد از همه سخت‌تر و قیمت آن نیز بیشتر است. (شکل ۵)

شکل ۵ـ واشر سرسیلندر

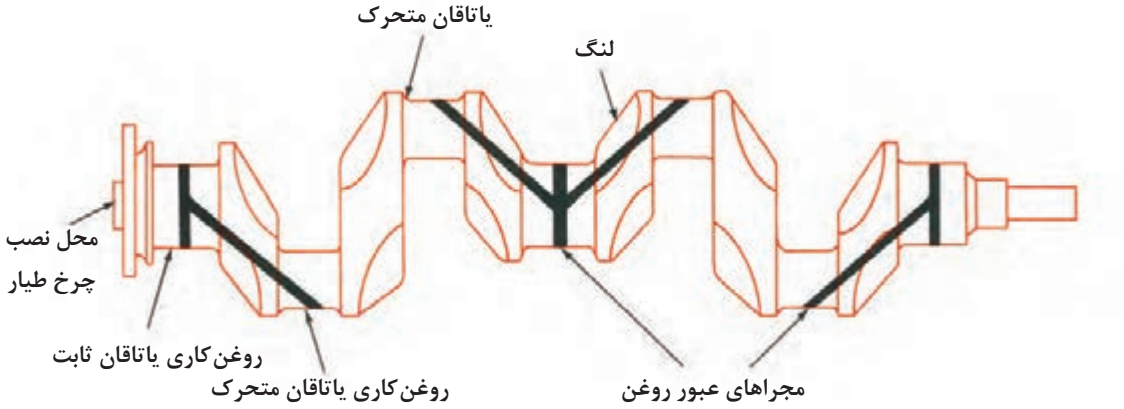
میل‌لنگ (crankshaft)

پیستون‌ها توسط شاتون به «میل‌لنگ» متصل می‌شوند. این قطعات وظیفه تبدیل حرکت رفت‌وبرگشتی پیستون به حرکت دورانی را به عهده‌دارند. میل‌لنگ دریافت‌کننده و منتقل‌کننده تمامی نیروهای ایجادشده موتور است و متحمل تنش‌های مکانیکی شدیدی است به همین دلیل ماده استفاده‌شده در ساخت آن باید استحکام کافی برای تحمل نیروها و تنش‌های وارده را داشته باشد. برای این منظور فولادهای آلیاژی کم‌کربن گزینه مناسبی می‌توانند باشند. (شکل ۶)



شکل ۶ـ میل‌لنگ و پیوندش با سایر قطعات

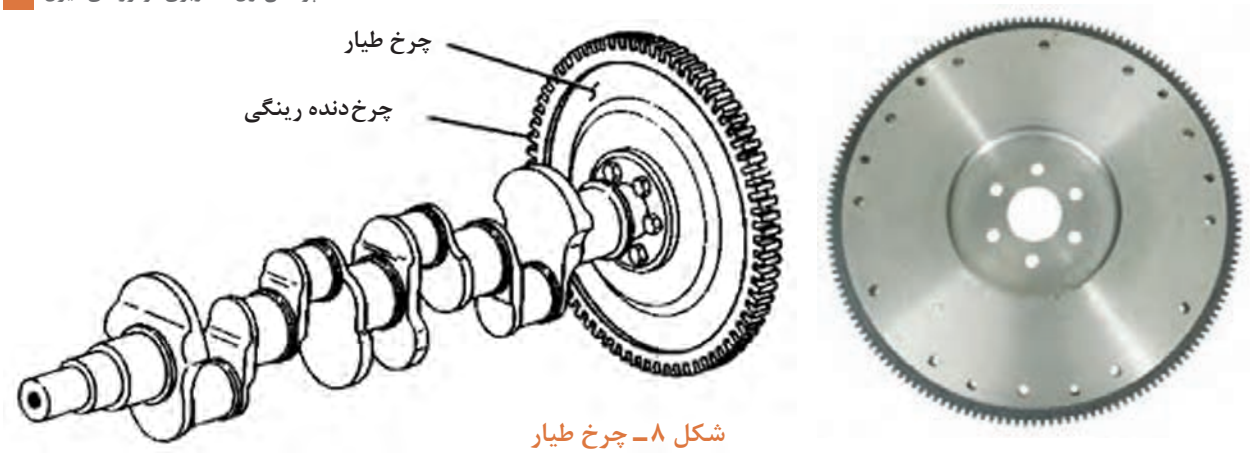
درون میل‌لنگ مجراهایی جهت عبور روغن و رسیدن آن به یاتاقان‌ها به‌منظور روان‌کاری و خنک‌کاری آنها وجود دارد. (شکل ۷)



شکل ۷ـ مجراهای عبور روغن در میل لنگ

چرخ طیار (fly wheel)

در انتهای میل‌لنگ یک چرخ نسبتاً بزرگ به نام چرخ طیار یا فلای ویل وصل می‌شود که در پیرامون آن دندانه‌هایی برای به گردش درآوردن موتور در زمان خاموش بودن آن ایجادشده است. این چرخ به دلیل وزن نسبتاً زیاد خود (در مقایسه با سایر قطعات متحرک موتور) با تغییرات سرعت دورانی موتور مخالفت می‌کند و باعث کاهش ارتعاشات آن می‌گردد و ضمناً اگر موتور به کلاچ مجهز شده باشد محل قرارگیری آن بر روی چرخ طیار است. (شکل ۸)

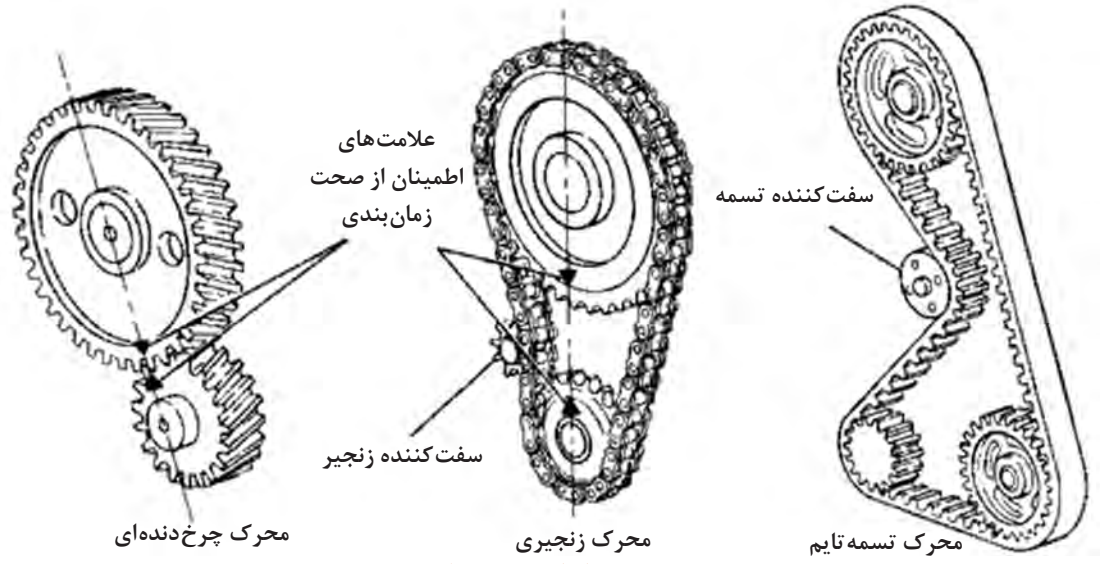


شکل ۸ـ چرخ طیار

میل بادامک (camshaft)

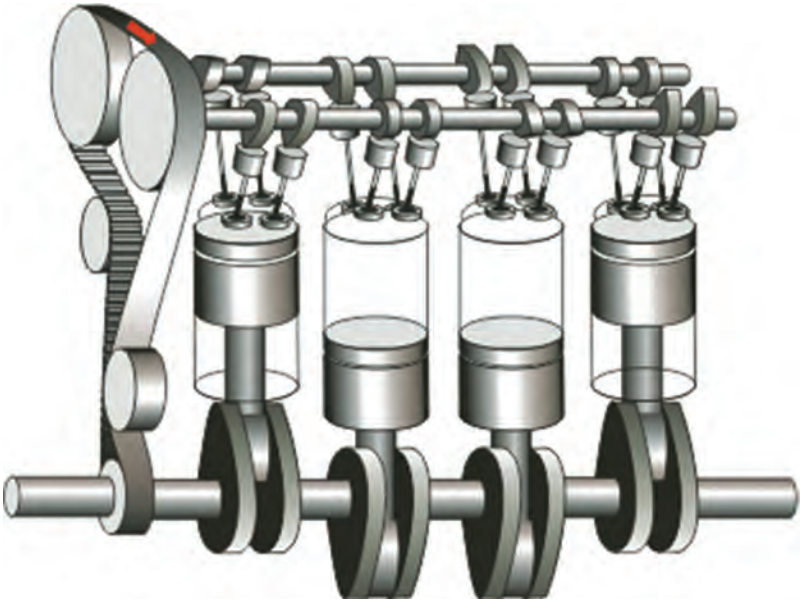
این قطعه میله‌ای است که بر روی خود برجستگی‌هایی به‌صورت خارج از مرکز دارد که اصطلاحاً بادامک نامیده می‌شوند میل بادامک (شکل ۹) به‌صورت دورانی حرکت می‌کند و این گردش را از میل‌لنگ می‌گیرد. واسط بین این دو قطعه چرخ‌دنده و یا زنجیر است، در برخی موتورها برای این منظور از تسمه استفاده می‌شود که در اصطلاح به آن «تسمه تایم» می‌گویند. عمر کاری تسمه تایم محدود است و باید نسبت به تعویض آن در فواصل زمانی مشخص اقدام شود. (شکل ۱۰)

شکل ۹ـ میل بادامک



شکل ۱۰ـ انواع محرک‌ها

میل بادامک بخشی از مکانیزم باز و بسته کردن سوپاپ‌های ورود هوا و خروج دود است، همچنین در برخی موتورها زمان‌بندی ورود سوخت به داخل محفظه احتراق هم توسط میل بادامک انجام می‌پذیرد.
با توجه به‌ضرورت زمان‌بندی صحیح در انجام اعمال گفته‌شده حرکت نسبی میل بادامک و میل‌لنگ باید بدون کوچک‌ترین لغزشی صورت بگیرد و الا امکان برخورد سوپاپ‌ها با پیستون و آسیب جدی به موتور وجود دارد. (این اتفاقی است که در هنگام بریدن تسمه تایم می‌افتد) برای اطمینان از زمان‌بندی صحیح بر روی محور هر دو قطعه علاماتی حک شده که در هنگام نصب نسبت به اتصال صحیح آنها اطمینان حاصل شود. (شکل ۱۱)



شکل ۱۱ـ تسمه تایم

یاتاقان (bearing)

یاتاقان‌ها اجزای مکانیکی هستند که امکان حرکت نسبی بین دو و یا چند قطعه را می‌دهند به نحوی که اصطکاک مابین آنها تا حد قابل قبولی از نظر طراحی پایین باشد، جنس یاتاقان‌ها طوری انتخاب می‌شود که خوردگی در آنها اتفاق بیفتد و نه در قطعات گران‌تر موتور و در صورت خرابی نهایتاً فقط یاتاقان تعویض گردد.
یاتاقان‌های متصل به میل‌لنگ و میل بادامک به‌صورت صاف (plain bearing) و دوتکه ساخته می‌شوند تا قابل‌نصب بر روی این قطعات مدور باشند. (شکل ۱۲)

شکل ۱۲ـ یاتاقان صاف

اما یاتاقان‌هایی از نوع غلتشی (anti friction bearing) مانند بلبرینگ‌ها (ball bearing) نیز در بخش‌های دیگری از موتورها به‌کاربرده می‌شوند. (شکل ۱۳)

شکل ۱۳ـ بلبرینگ

رینگ پیستون (piston ring)

همان‌گونه که گفته شد رینگ پیستون‌ها در درون شیارهای پیستون قرار می‌گیرند. وظیفه رینگ‌های بالایی که به آنها «رینگ فشار» (compression rings) می‌گویند جلوگیری از فرار گازهای پرفشار درون سیلندر به پایین است و در پایین پیستون یک یا دو «رینگ روغن» (oil scrubber rings) قرار می‌گیرند که وظیفه آنها تراشیدن روغن اضافی و باقی گذاشتن مقدار کمی روغن برای تسهیل حرکت رینگ‌های کمپرس است. رینگ‌های پیستون باید خاصیت کشسانی و مقاومت در مقابل سایش داشته باشند و این خواص را در فشار و دمای بالای کاری همچنان حفظ کنند. آلیاژهای کروم، مولیبدنیوم، تیتانیوم، نیکل و مس به همراه چدن خاکستری و یا چدن گرافیتی برای ساخت انواع متفاوت رینگ پیستون‌ها استفاده می‌شوند. (شکل ۱۴)

شکل ۱۴ـ رینگ پیستون

چند راهه ورود هوا و خروج دود (intake manifold , exhaust manifold)

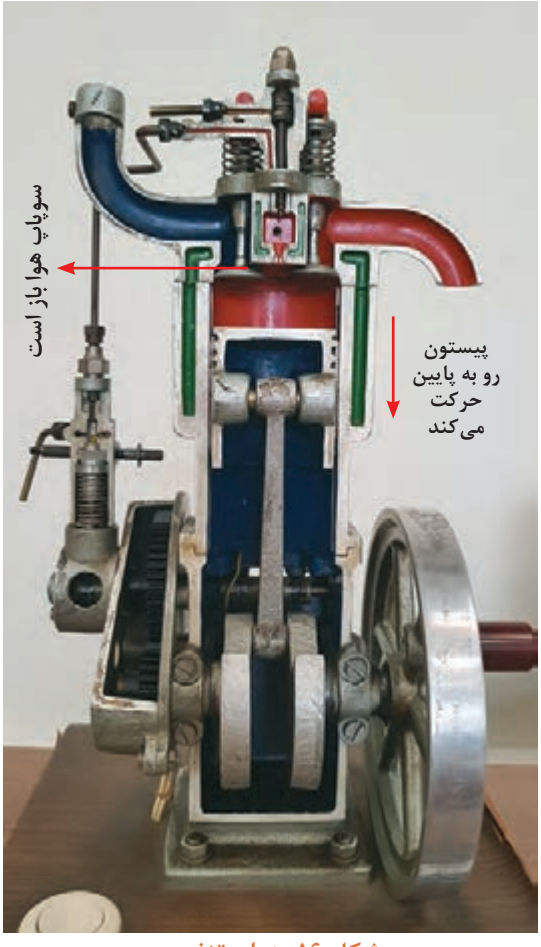
راه ورود هوا به درون سیلندر از طریق یک «چند راهه هوا» (intake manifold) است و خروج دود نیز از طریق «چند راهه دود» (exhaust manifold) به انباره اگزوز ـ که وظیفه کاهش سروصدای موتور را دارد ـ وصل می‌شود. (شکل ۱۵)

شکل ۱۵ـ چند راهه ورود هوا

طرز کار موتورهای دیزل چهارزمانه

حالتی را در نظر بگیرید که موتور خاموش است و پیستون شماره ۱ در بالاترین حد حرکتی خود قرار دارد. این نقطه جایی است که پیستون برای یک لحظه از حرکت بازمی‌ایستد و سپس جهت حرکت خود را عوض می‌کند به همین علت آن را «نقطه مرگ بالا» می‌نامند (top dead center TDC)

■ موتور توسط استارتر که به‌وسیله نیروی برق و یا هوای فشرده کار می‌کند به گردش درمی‌آید. در این زمان پیستون از بالا به پایین حرکت کرده و در محفظه بالای آن کاهش فشار به وجود می‌آید. هم‌زمان سوپاپ ورود هوا توسط سامانه باز و بسته کردن سوپاپ‌ها بازشده و هوای بیرون به داخل سیلندر کشیده می‌شود. این عمل تا رسیدن پیستون به پایین‌ترین حد حرکتی خود «نقطه مرگ پایین» (bottom dead center BDC) ادامه پیدا می‌کنند. به این مرحله از کار موتور «زمان تنفس» می‌گویند. (شکل ۱۶)
در این هنگام میل‌لنگ موتور به‌اندازه ۱۸۰ درجه چرخیده است.

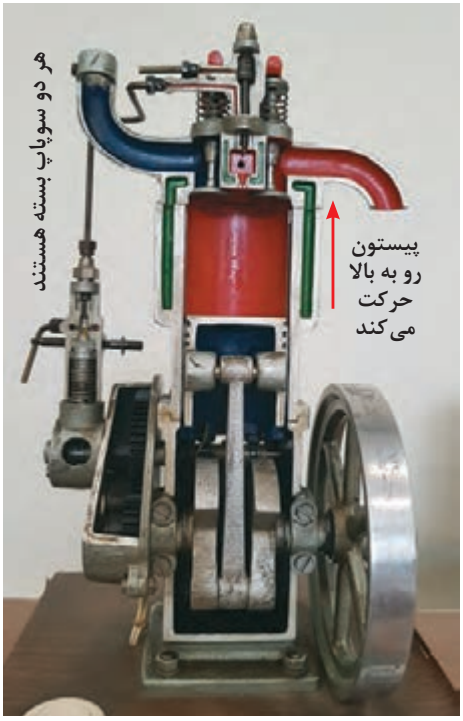


شکل ۱۶ـ زمان تنفس

نکته

زوایای گردش میل‌لنگ بر روی چرخ طیار حک‌شده و مبدأ اندازه‌گیری آن، جایی است که پیستون سیلندر یک، در نقطه مرگ بالا و در ابتدای زمان تنفس قرار دارد.

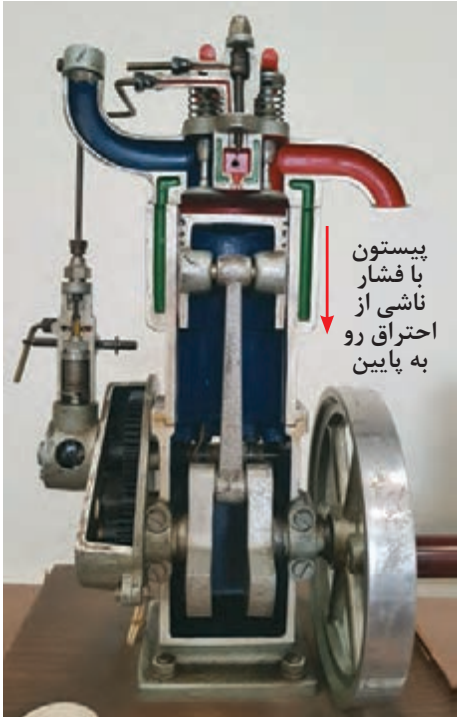
با ادامه گردش موتور توسط سامانه استارت، پیستون رو به بالا حرکت می‌کند. در این زمان سامانه باز و بسته کردن سوپاپ‌ها هر دو سوپاپ هوا و دود را می‌بندد در نتیجه هوایی که در بالای پیستون گیر افتاده شروع به فشرده شدن کرده و داغ می‌شود. عمل تراکم هوا تا رسیدن پیستون به نقطه مرگ بالا ادامه پیدا می‌کند. این مرحله «زمان تراکم» نام دارد.(شکل ۱۷)



شکل ۱۷ـ زمان تراکم

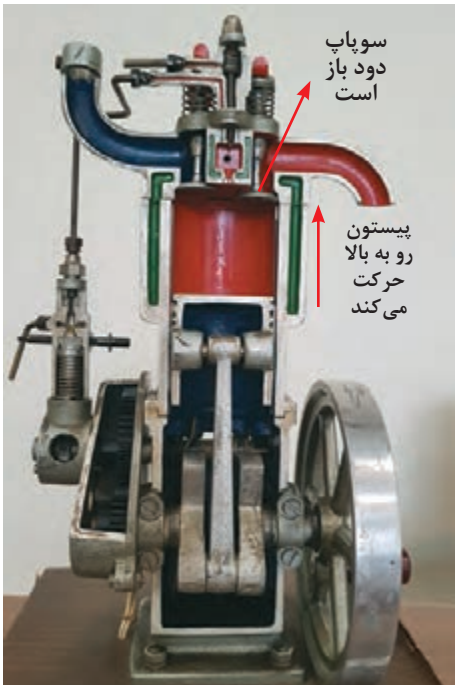
حال سامانه پاشش سوخت وارد عمل شده و سوخت را با فشار زیاد از طریق سوراخ‌های ریز انژکتور به درون محفظه احتراق می‌پاشد، سوخت که پس از پاشیده شدن به‌صورت پودر درآمده (اتمایزه شده) در اثر سرعت خود و اصطکاک با هوای فشرده داغ شروع به سوختن می‌کند این امر باعث افزایش شدید فشار گازهای درون سیلندر می‌گردد و باعث می‌شود پیستون با نیروی زیادی رو به پایین حرکت کند. (شکل ۱۸)

به این زمانی است که در موتور نیرو تولید می‌شود، «زمان احتراق» و یا «زمان قدرت» می‌گویند.



شکل ۱۸ـ زمان قدرت

تا اینجا موتور ۱/۵ دور چرخیده است.
در حرکت آخر پیستون از نقطه مرگ پایین‌رو به بالا حرکت کرده و سوپاپ خروجی دود، توسط سامانه مربوطه بازشده و گازهای داغ ناشی از احتراق سوخت به بیرون از سیلندر و ازآنجا توسط چند راه دود به انباره اگزوز فرستاده می‌شود. این مرحله «زمان تخلیه» نام دارد. (شکل ۱۹)

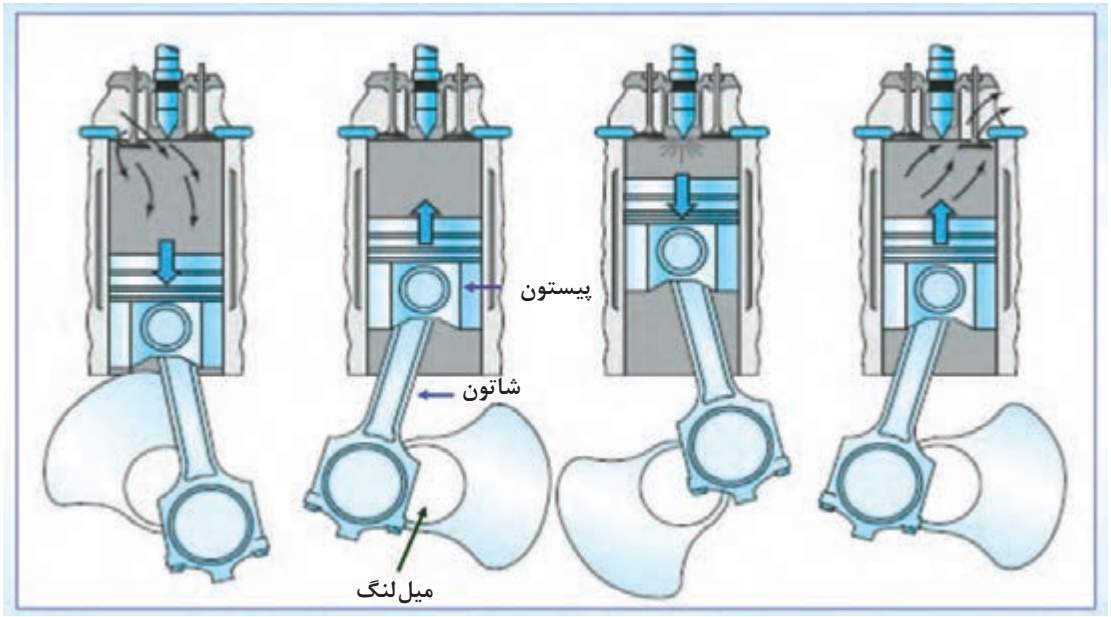


شکل ۱۹ـ زمان تخلیه

نکته

موتورهایی که چهار عمل تنفس، تراکم، احتراق و تخلیه را در دو دور میل‌لنگ یا چهار کورس پیستون (۷۲۰ درجه گردش میل لنگ) انجام می‌دهند موتورهای چهارزمانه نامیده می‌شوند.

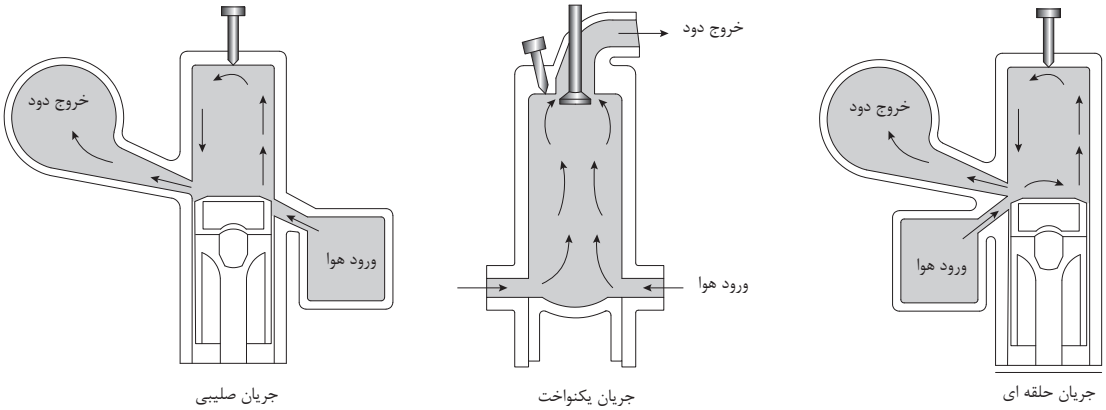
عمل احتراق در سیلندر شماره یک نیروی کافی را برای گردش موتور و حرکت سایر پیستون‌ها در سیلندر خود ایجاد می‌کند و از اینجا به بعد با انجام مراحل گفته‌شده توسط سایر پیستون‌ها موتور روشن‌شده و به دوران خود ادامه می‌دهد. (شکل ۲۰)



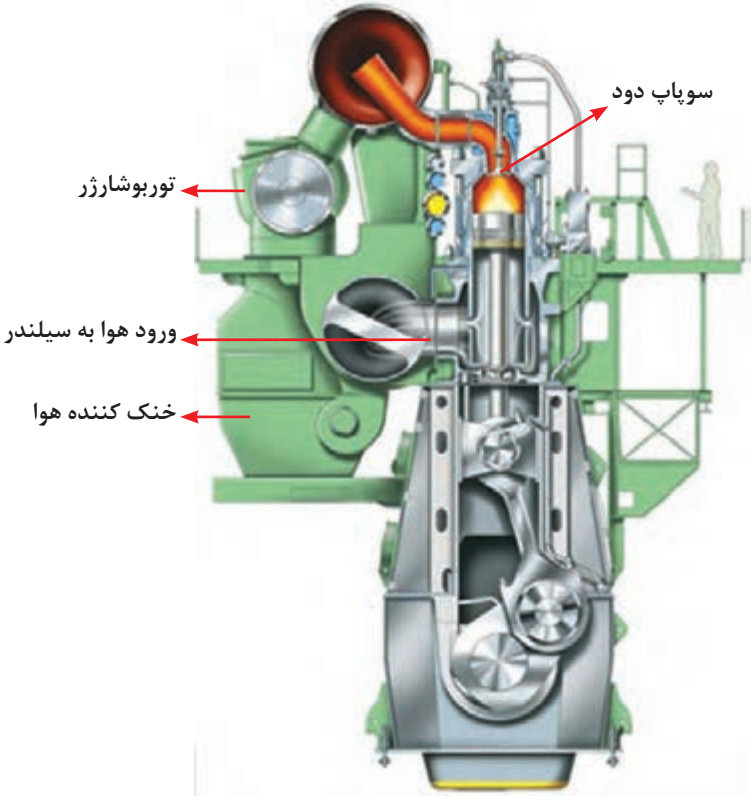
شکل۲۰ـ چرخه کار موتور دیزل

موتور دیزل دو زمانه

موتورهایی که چهار عمل گفته‌شده در قبل را در یک دور میل‌لنگ یا دو کورس پیستون (۳۶۰ درجه گردش میل‌لنگ) انجام می‌دهند موتور دو زمانه نامیده می‌شوند.
این‌گونه موتورها یا فاقد سامانه سوپاپ هستند و یا حداکثر فقط سوپاپ دود در آنها وجود دارد.
به‌جای آن از سوراخ‌هایی بر روی سیلندر خود برای ورود و خروج هوا و دود استفاده می‌کنند.
شکل (۲۱) چند روش هوارسانی موتورهای دو زمانه را نشان می‌دهد.



شکل ۲۰ـ هوارسانی موتورهای دو زمانه



شکل ۲۱ـ موتور بزرگ دریایی با هوارسانی جریان یکنواخت

در جدول شماره ۱ـ تفاوت‌های اصلی موتور دو زمانه و چهار زمانه را می‌بینید.

جدول ۱ـ تفاوت‌های اصلی موتور دوزمانه و چهارزمانه

	موتور دوزمانه	موتور چهارزمانه
۱	در هر دور میل‌لنگ یک زمان قدرت وجود دارد	در هر دو دور میل‌لنگ یک زمان قدرت وجود دارد
۲	طراحی ساده‌تر	طراحی پیچیده‌تر
۳	نیاز به چرخ طیار کوچک‌تر به دلیل نیروی یکنواخت بر روی میل‌لنگ	نیاز به چرخ طیار بزرگ‌تر به دلیل نیروی غیر یکنواخت بر روی میل‌لنگ
۴	ایجاد گشتاور بیشتر	نسبت قدرت به وزن بالاتر
۵	امکان حذف سوپاپ دود و هوا در طراحی	نیاز هم‌زمان به سوپاپ دود و هوا
۶	قیمت اولیه به نسبت زیاد	قیمت اولیه به نسبت کم
۷	توانایی سوزانیدن سوخت با کیفیت پایین	هزینه سوخت و تعمیرات بالاتر
۸	مصرف روغن بالاتر	مصرف روغن پایین‌تر
۹	نیاز به فضای بزرگ‌تر جهت نصب موتور	نیاز به فضای کمتر جهت نصب موتور
۱۰	کارکرد موتور در دورهٔ پایین	کارکرد موتور در دوره‌ای متوسط و بالا
۱۱	نسبت کورس پیستون به قطر سیلندر بالا	نسبت کورس پیستون به قطر سیلندر پایین
۱۲	قابلیت نصب به موتور اصلی کشتی‌ها به‌صورت کوپل مستقیم	نیاز به جعبه دنده در صورت استفاده برای رانش اصلی کشتی‌ها

فعالیت کارگاهی

در کارگاه ضمن باز کردن یک موتور دیزل قطعات آن را بررسی کنید.

ارزشیابی مرحله‌ای

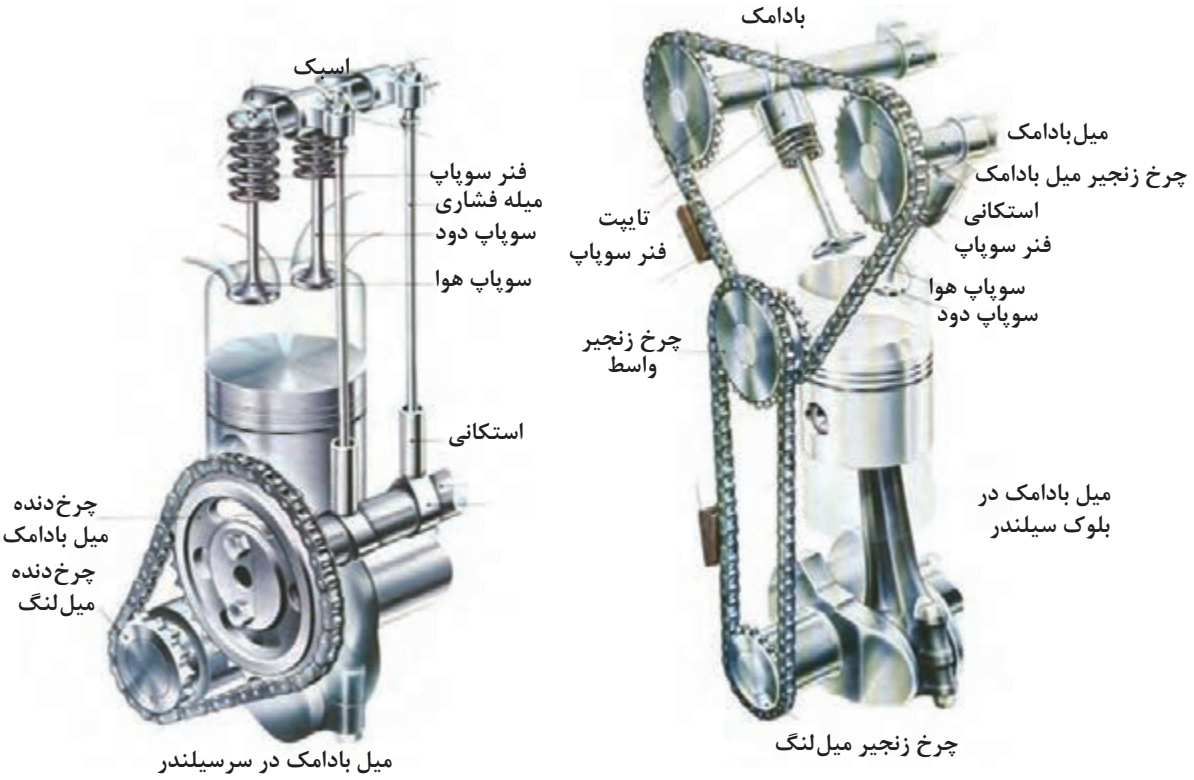
عنوان پودمان فصل	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
کاربری موتورهای دیزل	بررسی قطعات موتورهای دیزل	شناسایی عملکرد قطعات موتورهای دیزل	بالاتر از حد انتظار	۱ـ بررسی وظیفه قطعات موتورهای دیزل ۲ـ بررسی نحوه ارتباط قطعات با یکدیگر ۳ـ بررسی طرز کار موتورهای دیزل ● هنرجو توانایی بررسی همه شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱ـ بررسی وظیفه قطعات موتورهای دیزل ۲ـ بررسی نحوه ارتباط قطعات با یکدیگر ۳ـ بررسی طرز کار موتورهای دیزل ● هنرجو توانایی بررسی دو مورد شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱ـ بررسی وظیفه قطعات موتورهای دیزل ۲ـ بررسی نحوه ارتباط قطعات با یکدیگر ۳ـ بررسی طرز کار موتورهای دیزل ● هنرجو توانایی بررسی یک مورد شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۱
نمرهٔ مستمر از ۵					
نمرهٔ شایستگی پودمان از ۳					
نمرهٔ پودمان از ۲۰					

سامانه باز و بسته کردن سوپاپ‌ها

همان‌گونه که در شکل ۲۲ می‌بینید این سامانه تشکیل شده از یک میل بادامک (camshaft) استکانی یا تپت (tappet) میله فشاری یا میله تپت (pushrod) سوپاپ (valve) فنر سوپاپ و خار و نگهدارنده فنر سوپاپ و اسبک (rocker arm)

میل بادامک که با واسطه توسط میل‌لنگ به حرکت درمی‌آید باعث بالا رفتن استکانی و متعاقب آن میله فشاری هم بالا می‌رود، در ادامه قطعه الاکلنگی (اسبک) ضمن جمع کردن فنر سوپاپ باعث باز شدن سوپاپ می‌گردد.

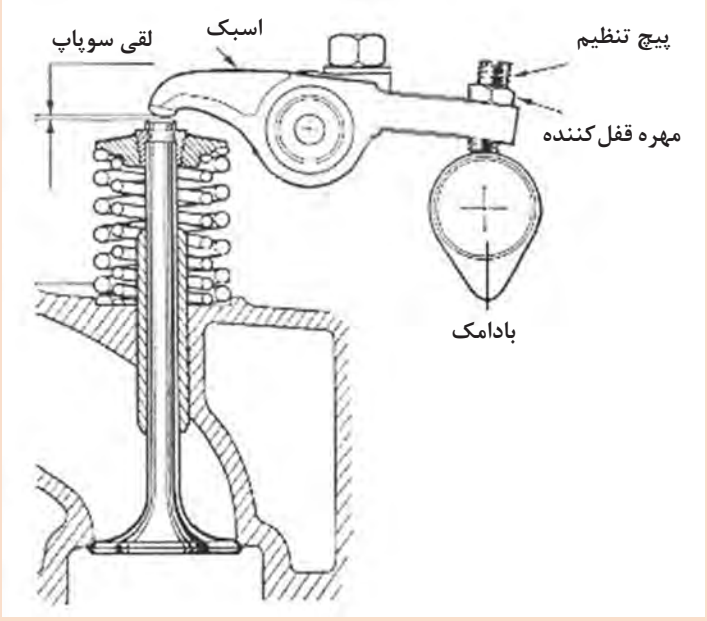
در نوع دیگری از طراحی میل بادامک به جای قرار گرفتن در بلوک سیلندر، در سرسیلندر جای دارد (شکل ۲۲). بدین ترتیب با حذف «میله فشاری» و «اسبک‌ها» وزن موتور و قطعات متحرک آن کاهش می‌یابد.



شکل ۲۲ـ سامانه باز و بسته کردن سوپاپ‌ها

تحقیق کنید

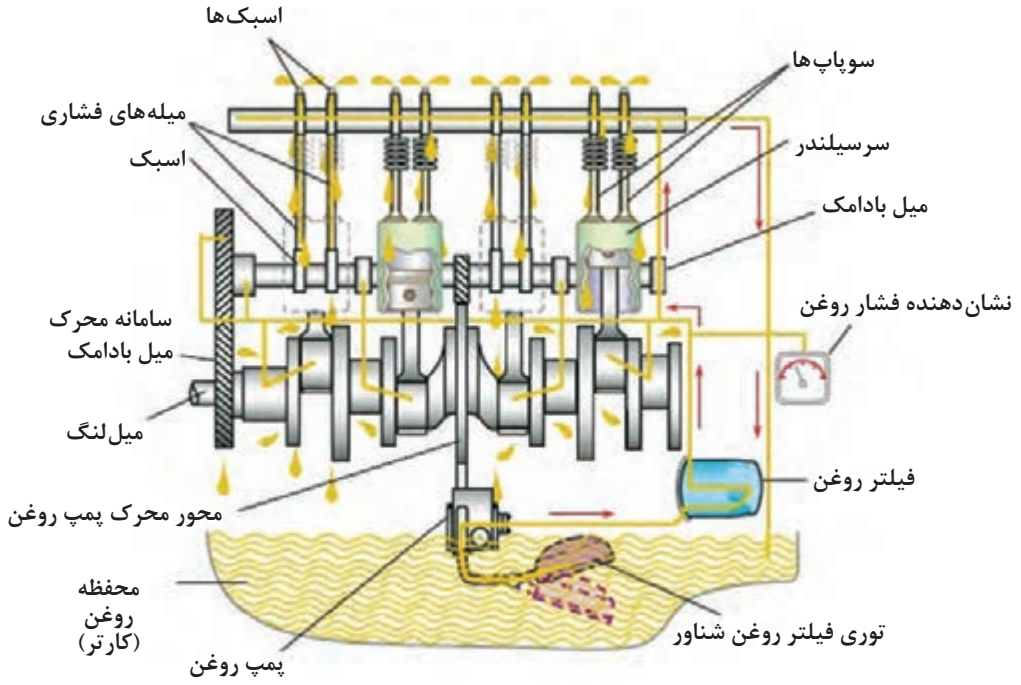
همان‌گونه که در شکل (۲۳) می‌بینید انتهای ساقه سوپاپ و اسبک دارای یک فاصله و یا لقی است. تحقیق کنید دلیل این لقی چیست؟
کم و یا زیاد شدن آن چه تأثیری بر موتور دارد؟



شکل ۲۳ـ لقی سوپاپ‌ها

سامانه روغن‌کاری

یک پمپ روغن که از نوع جابه‌جایی مثبت می‌باشد روغن را از محل ذخیره روغن (oil pan ـ sump) کشیده و پس از عبور دادن از فیلتر روغن به قطعات متحرک می‌رساند. روغن با عبور از راه گذرهای درون بلوک سیلندر و میل‌لنگ به یا تاقان‌های میل‌لنگ رفته و ضمن روغن‌کاری آنها مقداری از آن با گذر از شاتون، پیستون و دیواره سیلندر را روغن‌کاری می‌کند.
بخش دیگری از این روغن تحت فشار، سامانه محرک سوپاپ‌ها را روغن‌کاری کرده و سپس به محفظه ذخیره روغن که «کارتر» نامیده می‌شود باز می‌گردد. (شکل ۲۴)



شکل ۲۴ـ سامانه روغن‌کاری

روغن وظایف متعددی را به عهده دارد که شامل موارد زیر است:

- روغن‌کاری قطعات متحرک برای کاهش اصطکاک و خوردگی آنها.
- روغن سبب روان‌تر حرکت کردن قطعات متحرک موتور می‌شود با این کار جذب نیرو توسط این قطعات کاهش پیدا کرده و بازده موتور افزایش می‌یابد.
- روغن ضمن حرکت خود، درون موتور مقداری گرما جذب کرده و باعث خنک‌تر شدن قطعات می‌گردد به همین دلیل در برخی موتورها از مبدل‌های حرارتی جهت خنک کردن روغن استفاده می‌شود.
- فاصله بین میل‌لنگ و یاتاقان‌های آن توسط لایه نازکی از روغن (oil film) پر می‌شود. این لایه در هنگام وارد آمدن فشار به عنوان ضربه‌گیر عمل کرده و خوردگی یاتاقان‌ها را کم می‌کند.

■ روغن به گازبندی بین دیواره سیلندر و رینگ پیستون‌ها کمک کرده و از عبور گازهای پرفشار (blow pass) جلوگیری می‌کند.

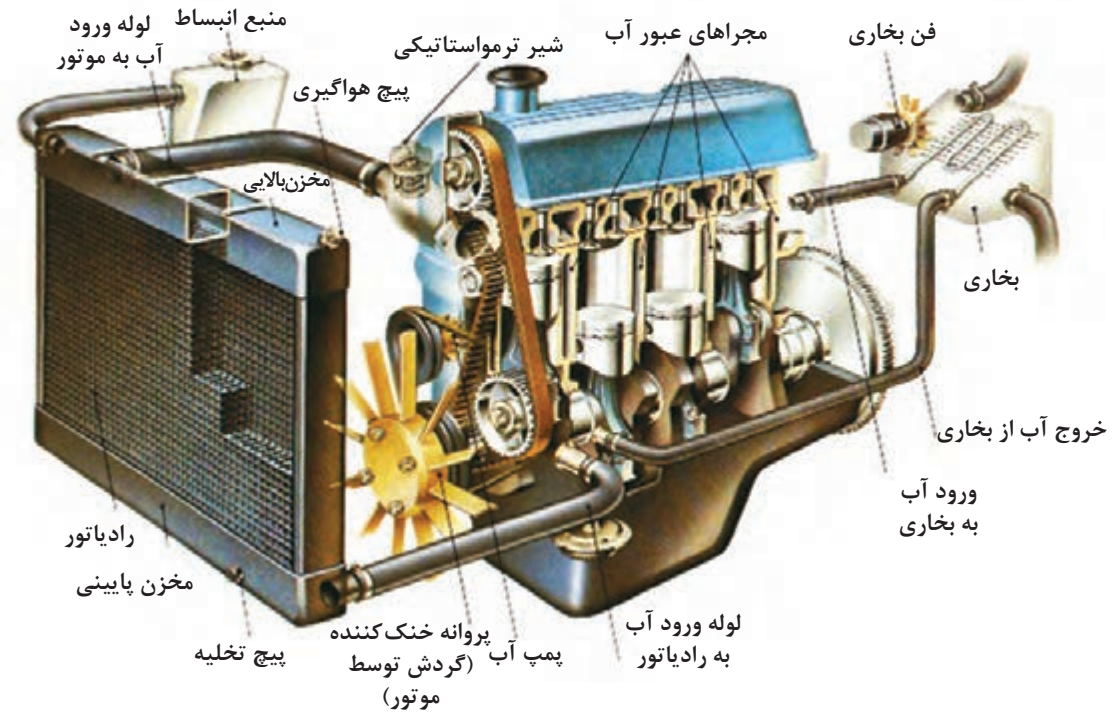
■ روغن‌ها با خاصیت شویندگی که دارند سبب تمیز کردن موتور از محصولات ناشی از احتراق و سایش قطعات شده و ضمن حمل ذرات به درون فیلتر روغن باعث حذف آنها از سامانه می‌شوند.

سامانه خنک‌کاری

منظور از سامانه خنک‌کاری نگه داشتن دمای قطعات در بهترین درجه حرارت ممکن با توجه به شرایط متفاوت کار موتور است. این سامانه گرمای اضافی جذب شده توسط اجزای موتور را گرفته و باعث می‌شود تغییرات فیزیکی آنها در محدوده موردنظر طراحی باقی بماند.

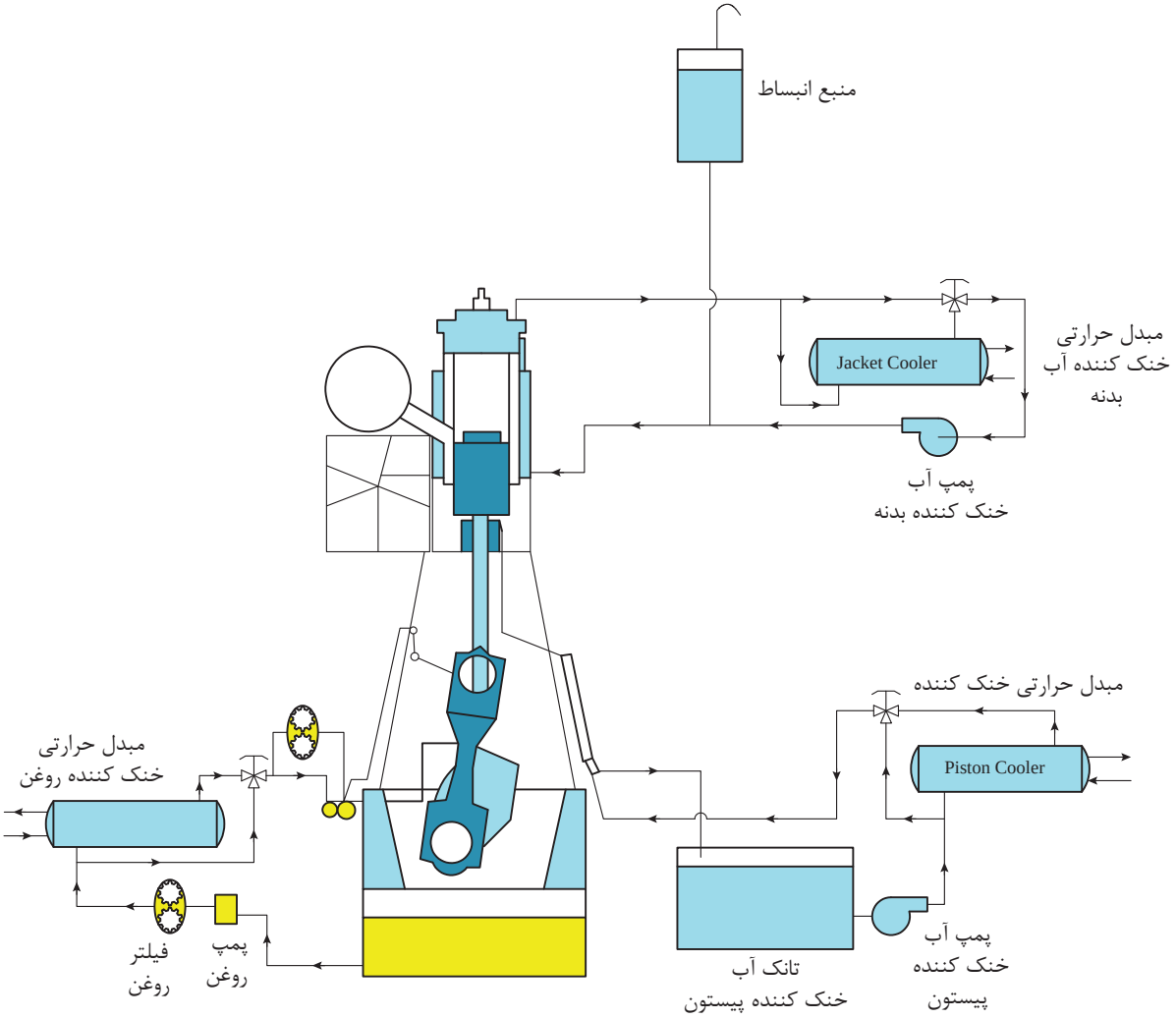
این سامانه تشکیل شده از یک پمپ آب از نوع گریز از مرکز (دینامیکی) است که آب خنک‌کننده را در درون راه‌هایی که به همین منظور در بدنه موتور و سرسیلندر ایجاد کرده‌اند به گردش در می‌آورد. آب گرم شده سپس به یک مبدل حرارتی وارد گشته و در آنجا خنک می‌شود.

آب درون مبدل حرارتی یا توسط جریان هوا خنک می‌شود (رادیاتور) (شکل ۲۵) و یا توسط جریان آب. (Jacket cooler)



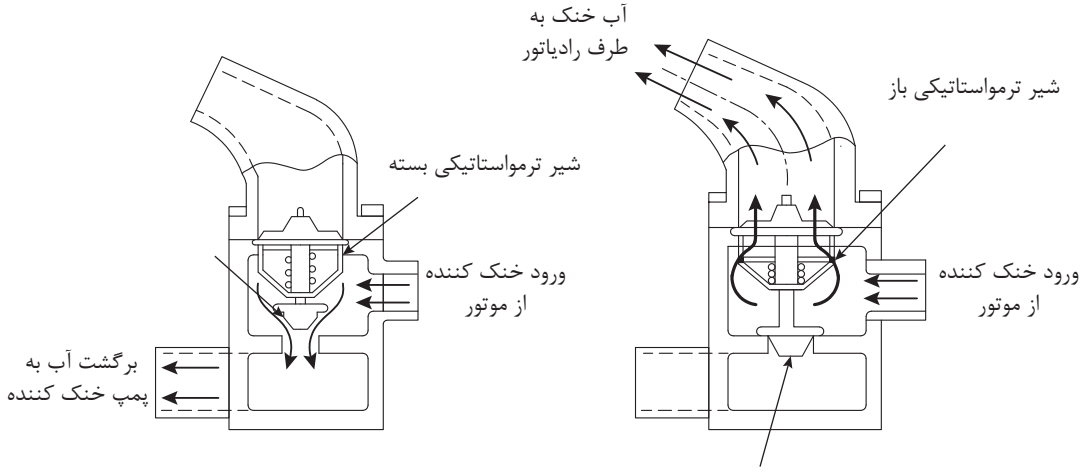
شکل ۲۵ـ سامانه خنک‌کاری رادیاتوری

در مبدل «هوا خنک» جریان هوا توسط یک پروانه گردان ایجاد می‌شود و درمبدل «آب خنک» پمپ جداگانه‌ای یا آب دریا و یا آب شیرین را توسط سامانه‌ای جدا از سامانه خنک‌کننده موتور تأمین و در اختیار آن قرار می‌دهد. (شکل ۲۶)



شکل ۲۶ـ سامانه خنک‌کاری موتور دو زمانه بزرگ دریایی

به منظور جلوگیری از کاهش دمای موتور در مواقعی مانند ابتدای استارت و یا کار در حالت کم بار از یک شیر ترموستاتیکی برای ثابت نگه داشتن دما استفاده می‌شود. (شکل ۲۷)



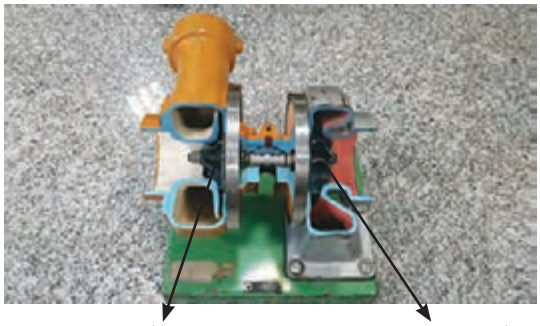
شکل ۲۷ـ شیر ترموستاتیکی

کار در کلاس

برداشتن شیر ترموستاتیکی از روی موتور چه تأثیری بر عمر آن می‌گذارد؟ پاسخ خود را شرح دهید.

توربو شارژر

به دلیل سرعت حرکت پیستون، زمان تخلیه دود از درون سیلندر و پر شدن مجدد آن با هوای تازه بسیار محدود است. در نتیجه مقدار هوای وارد شده همواره کمتر از حجم کل سیلندر است و به ۷۰ تا ۸۰ درصد این حجم محدود می‌شود. اگر به روشی بتوان مقدار هوای بیشتری را به درون سیلندر فرستاد آنگاه بدون افزایش اندازه موتور می‌توان قدرت بیشتری از آن



قسمت دمنده

قسمت توربین

شکل ۲۸ـ توربو شارژر

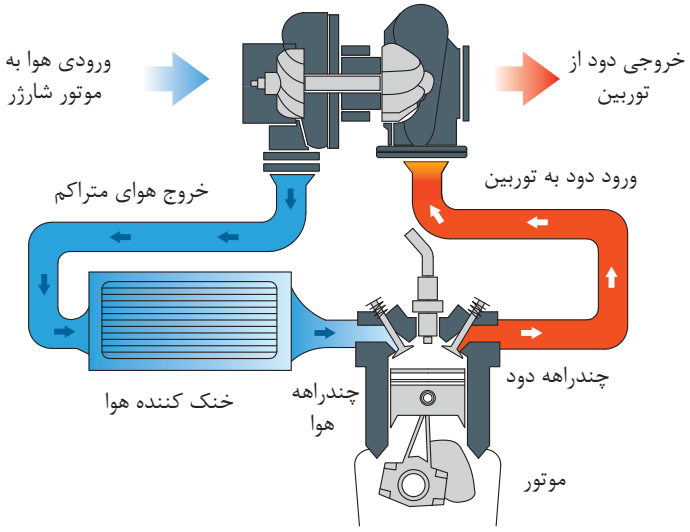
به‌دست آورد. با علم به این موضوع سازندگان از دستگاهی به نام «توربو شارژر» بر روی موتورها استفاده می‌کنند که وظیفه آن افزایش فشار هوای ورودی به موتور است.

ساختمان توربو شارژر به این شکل است که بر روی یک محور دو عدد پروانه به نحوی کار گذاشته شده است که با گردش محور هر دوی آنها آزادانه به دوران درمی‌آیند. یکی از این پروانه‌ها که «توربین» نامیده می‌شود بر سر راه دود خروجی از موتور قرار دارد و با خروج دود از موتور به گردش درمی‌آید. این کار باعث می‌شود که پروانه سمت دیگر که «دمنده» (blower) نامیده می‌شود هوا را از محیط کشیده و ضمن افزایش فشار آن را به چند راهه هوای ورودی به موتور بفرستد. (شکل ۲۸)

توربو شارژرها باعث افزایش دمای هوای ورودی به موتور می‌شوند و این موضوع افزایش دمای احتراق را به دنبال دارد، برای جلوگیری از این پدیده نامطلوب استفاده از خنک‌کننده هوای ورودی به موتور ضروری است.

خنک‌کننده هوا (air cooler)

در بسیاری از موتورهای امروزی دمای هوایی که جهت احتراق سوخت به موتور وارد می‌شود را توسط یک مبدل حرارتی«آب خنک»، در حدود ۴۰ درجه سانتی‌گراد ثابت نگه می‌دارند. در موتورهای دیزلی کوچک و متوسط وظیفه تأمین آب این مبدل حرارتی هم به عهده سامانه خنک‌کننده اصلی موتور است. (شکل ۲۹)



نکته

سطح آب خنک‌کننده و روغن موتور همواره باید پایش شده و هرگونه کاهش و یا افزایش آن مورد بررسی قرار گیرد.

کار در کلاس

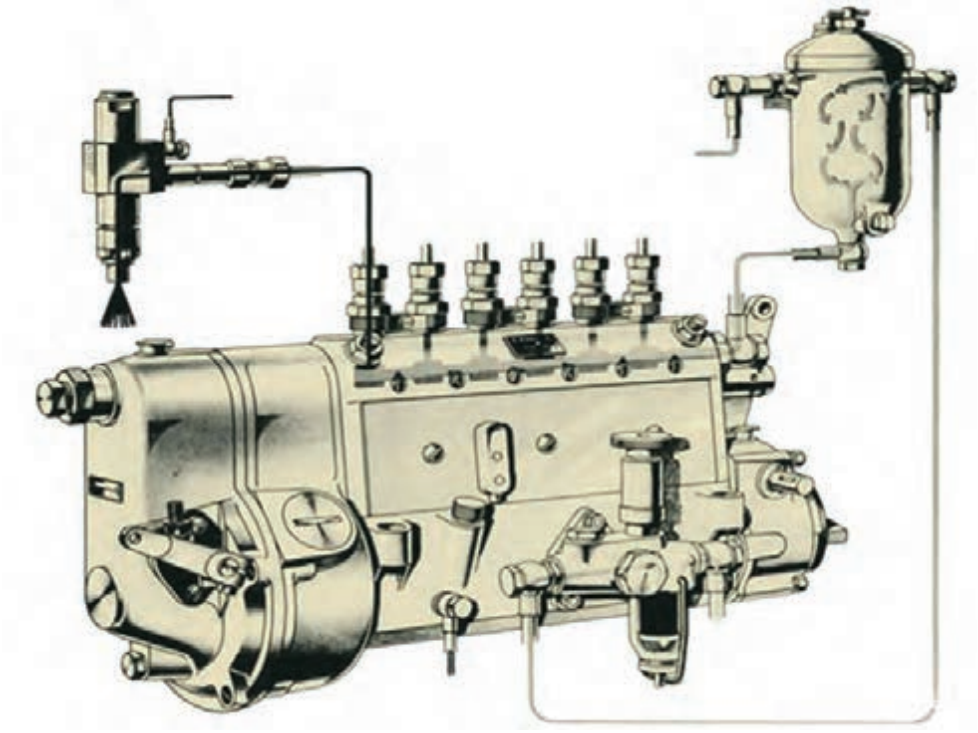
علت افزایش سطح روغن چه می‌تواند باشد؟

اگر بر روی آب خنک‌کننده لکه‌های روغن مشاهده شود علت چیست؟

سامانه سوخت‌رسانی

وظیفه سامانه سوخت‌رسانی از محل ذخیره سوخت شروع شده و تا هنگام تزریق آن به درون موتور ادامه پیدا می‌کند. در موتورهای کوچک و متوسط دیزل یک پمپ که نیروی حرکتی خود را از موتور می‌گیرد وظیفه مکش سوخت را به عهده دارد اما در موتورهای بزرگ دیزلی سامانه مهیاکننده جداگانه‌ای سوخت را از مخزن ذخیره کشیده و به پمپ انژکتور تحویل می‌دهد. (Fuel supply unit)

در موتورهای کوچک و متوسط روش کار به این ترتیب است که یک پمپ به نام پمپ تغذیه (feed pump) (یا پمپ اولیه) توسط خط لوله انتقال، سوخت را از مخزن ذخیره آن مکش کرده و سپس به یک فیلتر می‌فرستد تا در آنجا ذرات معلق آن گرفته شود. در برخی از فیلترهای سوخت قابلیت جداسازی آب نیز وجود دارد. سپس ماده سوختنی در اختیار پمپ سوخت (پمپ انژکتور) قرار می‌گیرد. پمپ انژکتور با توجه به سرعت موتور و مقدار بار آن میزان مناسب سوخت را تعیین و برای تزریق به درون محفظه احتراق به انژکتورها ارسال می‌کند. این پمپ باید زمان‌بندی دقیقی را هم اعمال کند تا سوخت در زمان مناسب پاشیده شود. (شکل ۳۰)



شکل ۳۰ـ پمپ انژکتور به همراه پمپ اولیه

پمپ انژکتور (fuel pump)

تنوع پمپ‌های انژکتور از نظر ساختار و طرز کار زیاد نبوده به چند نوع محدود می‌گردد اما در این میان به دو نوع که بیشترین کاربرد را در جهان دارد اشاره می‌شود.

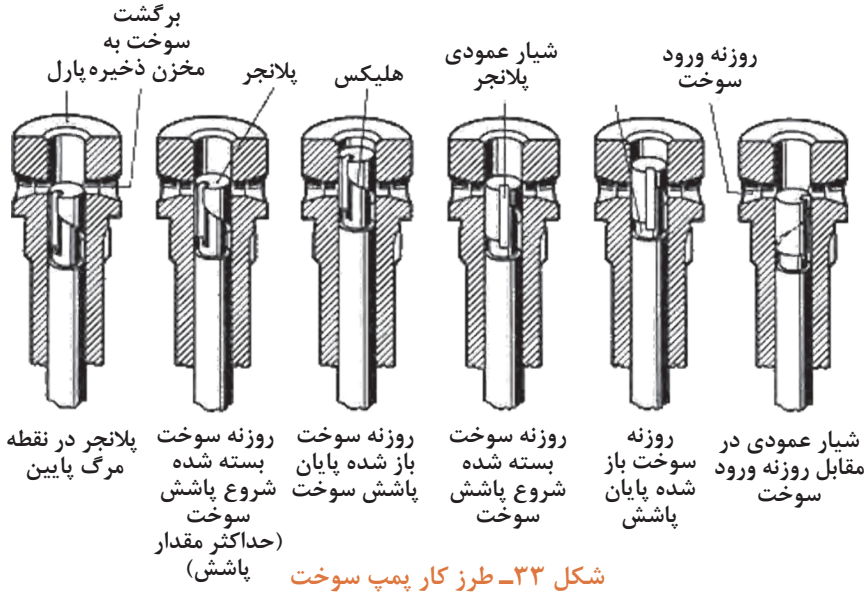
پمپ انژکتور نوع جرک (jerk type fuel pump)

این نوع پمپ که در بین فعالان صنعت موتورهای دیزلی ایران به «پمپ فارسونگا» یا «پمپ بوش» معروف است به ازای هر سیلندر موتور دارای یک واحد پمپ است. هر واحد تشکیل شده از یک استوانه توخالی به نام بارل (barrel) و یک پیستون با شیاری بر روی آن به نام پلانجر (plunger) است. در این روش به ازای هر سیلندر موتور یک واحد بارل و پلانجر به همراه یک شیر یک طرفه و لوله فشار قوی انتقال سوخت وجود دارد که سوخت پرفشار را به انژکتور نصب شده بر روی سیلندر می‌رساند. پلانجر توسط یک فنر به پایین بر روی میل بادامک فشرده می‌شود. در موتورهای بزرگ میل بادامک محرک سوپاپ‌ها وظیفه راه‌اندازی پمپ انژکتور را به عهده دارد ولی در موتورهای کوچک پمپ انژکتور به‌صورت یکپارچه ساخته شده و میل بادامک

مخصوص به خود را دارد. (شکل ۳۱)
با عبور بادامک از زیر پلانجر و پایین رفتن پلانجر یک روزنه که بر روی بارل قرار گرفته باز شده و سوخت که از قبل توسط پمپ تغذیه (پمپ اولیه) با فشار مناسب در ورودی روزنه آماده شده وارد محفظه بالای پلانجر می‌شود. (شکل ۳۲)
با ادامه گردش میل بادامک، بادامک به زیر پلانجر می‌رسد و سبب بالا رفتن آن می‌شود و در زمانی که دیواره پلانجر روزنه ورود سوخت را مسدود کند، سوخت درون بارل حبس گشته و فشار آن شدیداً افزایش پیدا می‌کند. این افزایش فشار باعث باز شدن سوپاپ یک‌طرفه سر بارل شده و سوخت از طریق لوله‌های فشار بالا به انژکتور می‌رسد و با غلبه بر نیروی فنر انژکتور راه خود را به درون محفظه احتراق سیلندر ادامه می‌دهد.
در ادامه حرکت رو به بالای پلانجر شیار روی آنکه «هلیکس» نام دارد از روبه‌روی روزنه

شکل ۳۱ـ پمپ انژکتور نوع جرک

ورود سوخت عبور کرده و باعث باز شدن آن می‌شود. در این هنگام محفظه بالای پلانجر به روزنه کناری بارل راه پیدا کرده و فشار سوخت به‌طور ناگهانی افت می‌کند و این به معنی پایان پاشش سوخت است. شکل (۳۳) مراحل گفته شده را نشان می‌دهد.

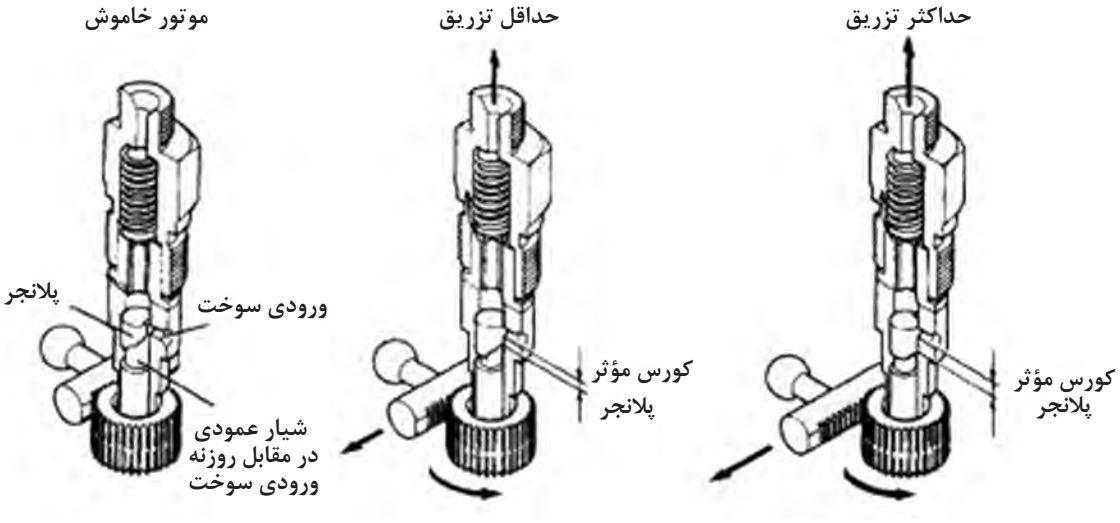


شکل ۳۳ـ طرز کار پمپ سوخت

کار در کلاس

با دقت در شکل‌ها پاسخ دهید که چگونه موتور خاموش می‌گردد؟

همان‌طور که در شکل (۳۴) مشاهده می‌کنید طول کورس حرکتی پلانجر ثابت است ولی طول مدت زمان پاشش سوخت تغییر می‌کند. این عمل توسط «شانه سوخت» و چرخ‌دنده‌ای که به دور پلانجر قرار داده شده صورت می‌پذیرد با عقب و جلو رفتن شانه سوخت پلانجر می‌چرخد و این باعث تغییر زمان اتمام پاشش سوخت می‌شود.



شکل ۳۴ـ کورس مؤثر پلانجر

نکته

در این روش شروع پاشش سوخت همواره ثابت است ولی خاتمه پاشش بسته به گردش پلانجر متغیر است.

تحقیق کنید

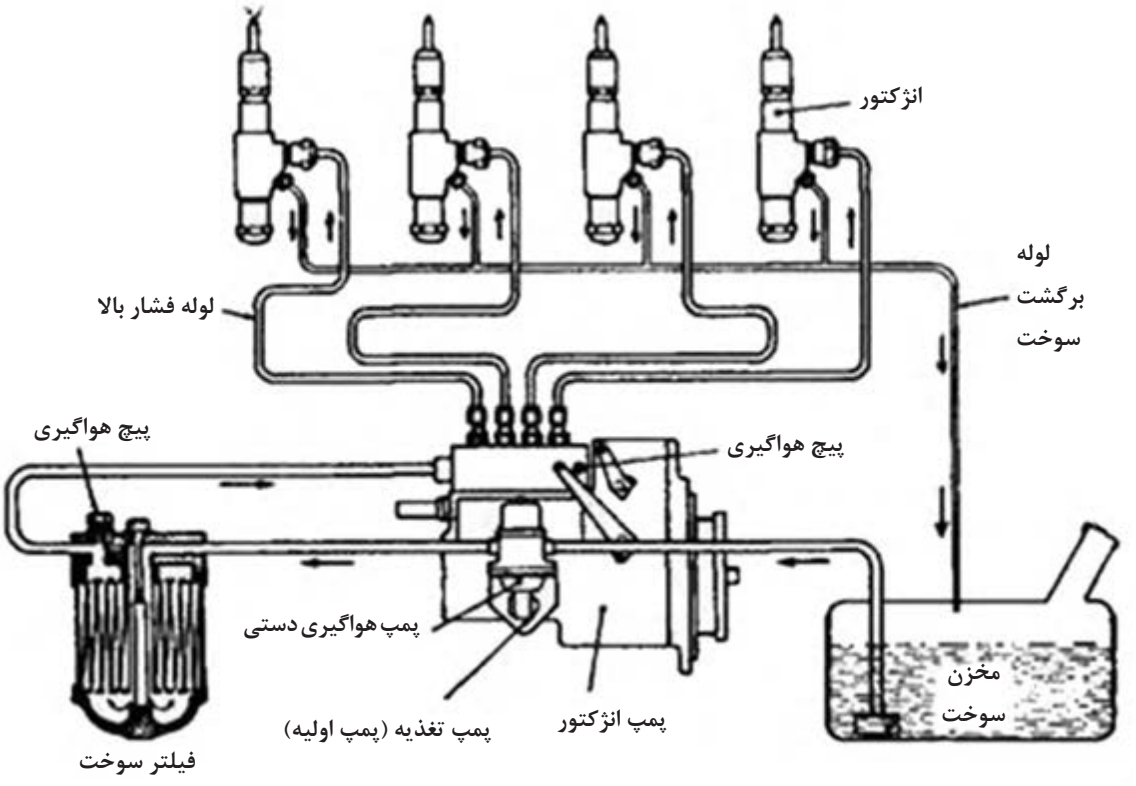
آیا در صورت تغییر دور موتور نیازی به تغییر شروع پاشش سوخت وجود دارد؟ پاسخ خود را توضیح دهید.

کنترل مقدار سوخت تزریق شده توسط «ناظم سوخت» یا «گاورنر» صورت می‌گیرد. گاورنر دستگاهی است مستقل که به‌صورت مکانیکی، الکترونیکی، یا الکترونیک هیدرولیکی مقدار سرعت موتور را تنظیم می‌کند. این دستگاه حسگرهایی دارد که دور موتور را سنجیده و سپس سرعت کنونی موتور (measured value) را با سرعتی که برای آن تعریف شده (set value) مقایسه می‌کند و در صورتی که این دو با یکدیگر یکی

نباشند اقدام به تغییر سرعت موتور و اصلاح آن می‌کند. برای روشن‌تر شدن مطلب به مثال زیر توجه کنید: یک کشتی را در نظر بگیرید که از طرف پل فرماندهی مقدار سرعت ۸۰ دور بر دقیقه برای موتور اصلی آن تقاضا شده است، حال اهرم تنظیم ناظم سوخت (گاورنر) بر روی مقدار ۸۰ rpm قرار می‌گیرد. در اینجا وظیفه ناظم سوخت (گاورنر) رساندن مقدار دور موتور به ۸۰ دور در دقیقه و ثابت نگه داشتن آن است و اگر هرگونه تغییری در دور موتور صورت بگیرد گاورنر توسط حسگرهای خود مقدار خطا (off set) را احساس کرده و دوباره با فرمان جدیدی که صادر می‌کند دور موتور را به مقدار مورد تقاضای ۸۰ rpm برمی‌گرداند.

پمپ هواگیری دستی

در سامانه سوخت‌رسانی یک پمپ وجود دارد که به‌صورت دستی به‌کار می‌افتد و پس از تعمیرات یا هنگام خالی شدن مخزن سوخت توسط کاربر موتور به کار گرفته می‌شود تا سوخت را از مخزن آن کشیده و سیستم را هواگیری کند. (شکل ۳۵)

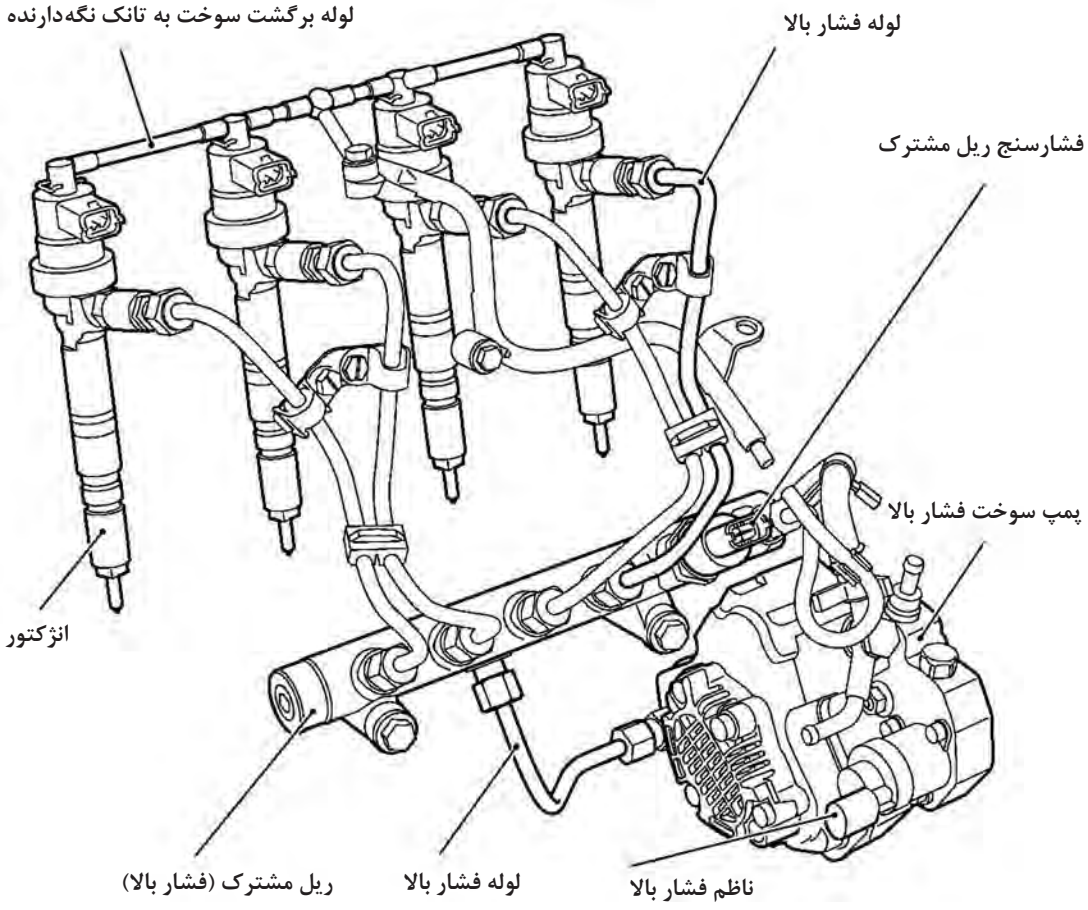


شکل ۳۵ـ پمپ هواگیری دستی

سامانه پاشش سوخت ریل مشترک (common rail)

طرح دیگری که در برخی موتورهای دیزلی امروزی برای پاشش سوخت مورد استفاده قرار می‌گیرد روش ریل مشترک است. در این طرح یک پمپ که می‌تواند نیروی حرکتی خود را از موتور دریافت کند و یا به‌طور مستقل توسط الکتروموتور به گردش درآید فشار سوخت را افزایش داده و به میزانی بیش از نیاز انژکتورها

می‌رساند. این پمپ که از نوع جابه‌جایی مثبت است می‌تواند پیستونی، چرخ‌دنده‌ای و حتی جرک (بارل و پلانجر) باشد و نیاز به زمان‌بندی ندارد فقط فشار آن کنترل می‌شود.
سوخت پرفشار توسط این پمپ به یک محفظه مشترک (common rail) فرستاده می‌شود. هر انژکتور نیز به واسطه یک لوله و شیر برقی به این محفظه متصل است. با باز شدن شیر برقی که فرمان آن توسط گاورنر ارسال می‌گردد. سوخت پرفشار به انژکتور وارد شده و سبب باز شدن آن و تزریق می‌شود، خاتمه پاشش سوخت هم با فرمان گاورنر به شیر برقی انژکتورها و بسته شدن آنها است. (شکل ۳۶)



شکل ۳۶ـ سامانه پاشش سوخت ریل مشترک

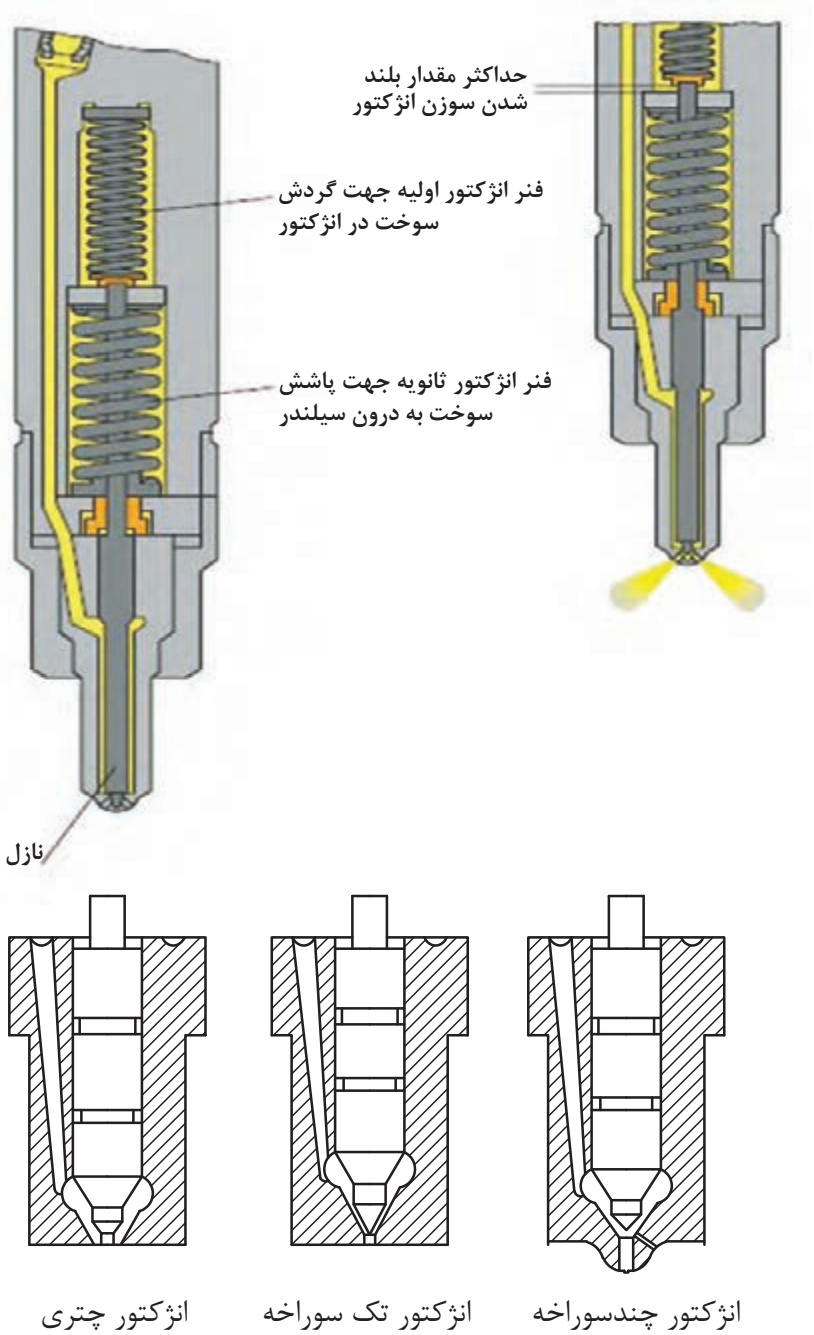
به دلیل مزایایی که روش ریل مشترک نسبت به سایر سامانه‌های پاشش سوخت دارد تمایل به استفاده از آن توسط سازندگان موتورهای دیزلی بسیار افزایش پیدا کرده است.

تحقیق کنید

با استفاده از اینترنت تحقیق کنید مزایای استفاده از سامانه ریل مشترک چیست؟

انژکتور (fuel valve)

برای داشتن یک احتراق خوب سوخت، باید به خوبی پودر شده و به‌طور یکنواختی درون محفظه احتراق پخش گردد، انجام این عمل وظیفه انژکتورها است. بیشتر انژکتورهای استفاده شده در موتورهای دیزل دریایی از نوع هیدرولیکی است یعنی باز و بسته شدن آن به وسیله فشار سوختی است که توسط پمپ سوخت ارسال شده. (شکل ۳۷).



شکل ۳۷ـ انژکتور

هنگامی که فشار سوخت وارد شده به انژکتور به حدی رسید که به نیروی فنر آن غلبه کند سوزن انژکتور به بالا حرکت کرده و سوخت با سرعت از سوراخ‌های ریز نازل عبور می‌کند و به درون محفظه احتراق پاشیده می‌شود.

فعالیت کارگاهی

با راهنمایی هنرآموز خود، انژکتور موتور دیزل موجود در کارگاه را باز نموده و ترتیب قرارگیری قطعات آن را بررسی کنید.
به وسیله تستر انژکتور موجود در کارگاه میزان فشار باز شدن انژکتور را تنظیم کنید.
آیا انژکتور مورد مطالعه دارای شکل پاشش مناسبی می‌باشد؟
نشتی انژکتور را بررسی کنید.

نکته ایمنی

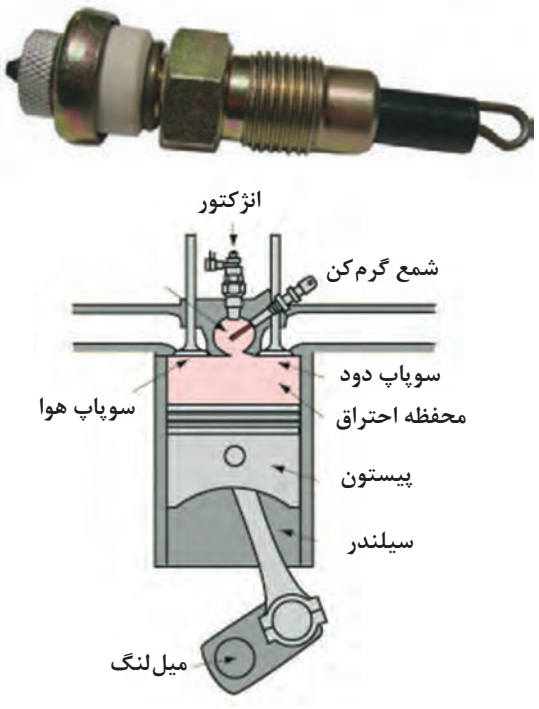
در هنگام کار بر روی انژکتور از وسایل حفاظت فردی به‌ویژه عینک محافظ استفاده نمایید. در هنگام آزمایش انژکتور هرگز دست خود را در نزدیکی نازل قرار ندهید. فشار بالای سوخت به‌راحتی توانایی پاره کردن بافت دست حتی با وجود پوشیدن دستکش را دارد.

نکته

در هنگام کار بر روی سامانه سوخت‌رسانی تمیزی و رعایت نظم حائز اهمیت است. به دلیل لقی بسیار کم مابین بارل و پلانجر و همچنین سوزن انژکتور و نازل هرگونه ذرات جامد حتی پرز پارچه‌های تمیزکننده می‌تواند باعث ایجاد اشکال شود.

شمع گرم‌کن (glow plug)

در هنگام استارت اولیه موتور مخصوصاً در هوای سرد به‌دلیل سرد بودن پیستون، سیلندر و سرسیلندر هوای متراکم شده در پایان مرحله تراکم دارای درجه حرارت کافی برای شروع احتراق نمی‌باشد (حداقل ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد) به همین علت در برخی موتورها از قطعه‌ای به نام شمع گرم‌کن برای استارت آسان‌تر موتور استفاده شده است. این قطعه بر روی سرسیلندر بسته شده و سر آن در درون محفظه احتراق قرار دارد. در زمان استارت اولیه موتور با زدن یک کلید (گاهی همان کلید استارت موتور) جریان الکتریسیته به شمع گرم‌کن رفته باعث داغ شدن آن می‌شود و به این ترتیب سوخت راحت‌تر محترق و موتور روشن می‌گردد. (شکل ۳۸)



شکل ۳۸ـ شمع گرم‌کن

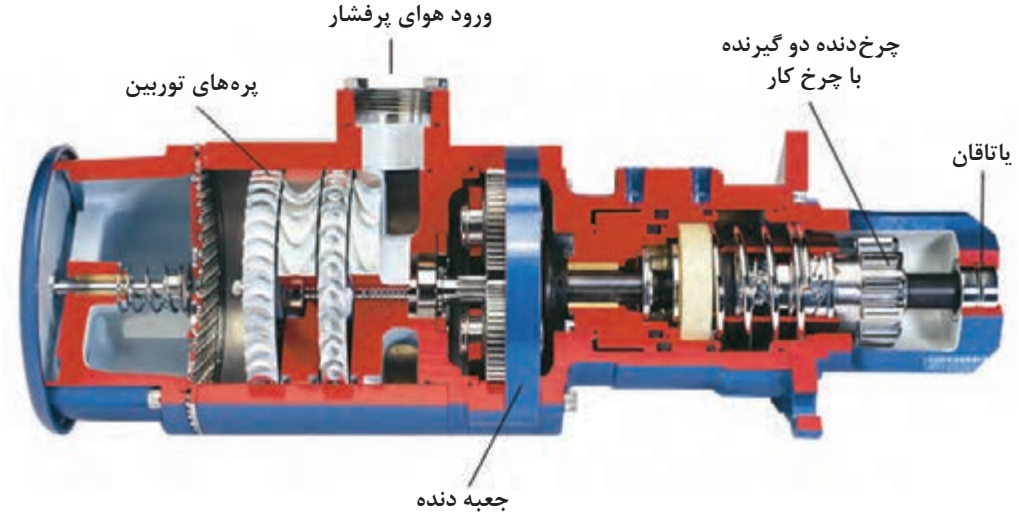
سامانه استارت موتور

موتورهای دیزلی برای استارت اولیه خود از دو نیروی الکتریسیته و یا هوای فشرده بهره می‌برند:

استارتر الکتریکی: استارتر الکتریکی یک موتور الکتریکی کوچک اما قوی است که با جریان برق به دوران درمی‌آید. در سر محور استارتر یک چرخ‌دنده قرار دارد که توسط مکانیزمی برقی به جلو و عقب حرکت می‌کند. در لحظه اولیه استارت ابتدا این چرخ‌دنده به جلو رفته و با چرخ‌دنده چرخ طیار درگیر می‌شود سپس به گردش درآمده و موتور را می‌چرخاند. با روشن شدن موتور و قطع جریان برق استارتر، چرخ‌دنده هم به عقب برگشته و از درگیری با چرخ طیار خارج می‌شود. (شکل ۳۹)

شکل ۳۹ـ موتور استارتر الکتریکی

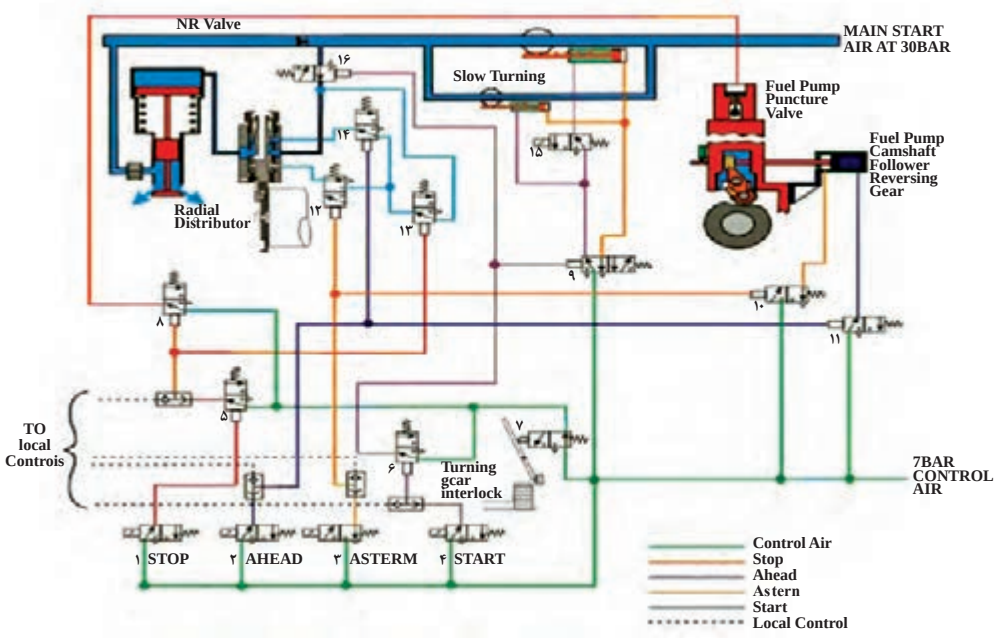
موتور استارتر هوایی: عملکرد موتور استارتر هوایی در بخشی که چرخ‌دنده به جلو و عقب حرکت می‌کرد مشابه استارتر الکتریکی است اما تفاوت آن در نحوه به گردش درآمدن آن است. موتور استارتر هوایی نیروی دورانی خود را از یک توربین می‌گیرد که با فشار هوای فشرده به گردش درمی‌آید. (شکل ۴۰) در این طرح باید همواره مقداری هوای فشرده با فشار مناسب در مخزن هوا موجود باشد.



شکل ۴۰ـ موتور استارتر هوایی

استارتر هوایی تقسیم‌کننده: روش کار در این طرح به این ترتیب است که یک دورسنج دوران موتور را پایش کرده و اگر تعداد آن کمتر از حدود ۲۰ دور بر دقیقه بود اجازه پاشش سوخت را نمی‌دهد. هر یک از سیلندرها به‌طور جداگانه به یک شیر (starting air valve) مجهز شده‌اند که با باز شدن آن هوای استارت با وجود فشار حدود ۳۰ بار می‌تواند وارد سیلندر شود. این شیرها دستور باز و بسته شدن خود را از یک تقسیم‌کننده دریافت می‌کنند. تقسیم‌کننده فقط وقتی اجازه ورود هوای استاد به داخل سیلندر را می‌دهد که پیستون در کمی بعد از نقطه مرگ بالا قرار گرفته و هر دو سوپاپ هوا و دود بسته باشند (زمان احتراق). بدین ترتیب با ورود هوای فشرده به آن سیلندر پیستون به پایین رانده می‌شود.

ورود هوا تا هنگامی که پیستون به حدود نقطه مرگ پایین برسد ادامه پیدا می‌کند سپس شیر هوای استارت توسط تقسیم‌کننده برای این سیلندر بسته شده و هوای استارت به سیلندر دیگری که به مرحله احتراق رسیده باز می‌شود. بدین ترتیب موتور به جای تزریق سوخت با فشار هوای استارت شروع به گردش می‌کند. در هنگامی که دور موتور از ۲۰ دور بر دقیقه بیشتر شود ورود هوای استارت قطع و سوخت به درون سیلندر پاشیده می‌شود. بدین ترتیب موتور روشن شده و به چرخش خود ادامه می‌دهد. (شکل ۴۱)



شکل ۴۱ـ سامانه استارت موتور دیزل بزرگ دریایی

با توجه به هزینه‌های اولیه برای نصب کمپرسور و مخازن هوا و تعمیر و نگهداری از آنها و همچنین قدرت زیاد این روش استارت، استفاده از آن مختص موتورهای دیزلی بزرگ و سنگین است و در واحدهای کوچک کمتر کاربرد دارد.

فعالیت کارگاهی

در کارگاه نحوه استارت موتور دیزلی را بررسی کنید.

بازدید

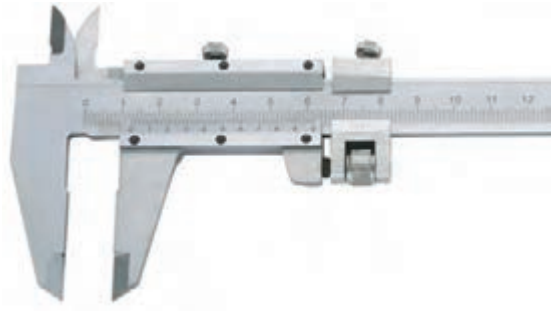
در بازدید خود از یک کشتی نحوه استارت موتور ژنراتورها و موتور رانش اصلی آن را بررسی کنید.

ابزار کار

در جدول شماره ۲ برخی از ابزار مورد استفاده برای کارهای تعمیراتی نشان داده شده است.

نام ابزار	نام انگلیسی	شکل
آچار تخت	Flat spanner	
آچار رینگی	Ring spanner	
ترک متر	wrench Torque	
پولی کش	Puller	

	Thickness gauge	فیلر گیج
	Allen key	آچار آلن
	Plastic hammer	چکش پلاستیکی
	Lead hammer	چکش سربی
	Adjustable wrench	آچار فرانسه

	Grip pliers	انبر قفلی
	Socket spanner	آچار بکس
	Caliper Vernier	کولیس
	Inside micrometer	میکرومتر داخلی
	Outside micrometer	میکرومتر خارجی

	snap ring pliers	خار جمع کن
	Piston Ring Compressor	رینگ جمع‌کن
	Dial gauge	ساعت اندازه‌گیری
	Valve Spring Compressor	فنر جمع‌کن سوپاپ
	expander Ring	رینگ بازکن
	Bearing scraper	شابر دستی

ارزشیابی مرحله‌ای

عنوان پودمان فصل	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
کاربری موتورهای دیزل	بررسی سامانه‌های موتورهای دیزل	شناسایی سامانه‌های موتورهای دیزل	بالاتر از حد انتظار	۱ـ سامانه باز و بسته کردن سوپاپ‌ها را بررسی کند. ۲ـ سامانه روغن‌کاری موتور دیزل را بررسی کند. ۳ـ سامانه خنک‌کاری موتور دیزل را بررسی کند. ۴ـ سامانه سوخت‌رسانی موتورهای دیزل را بررسی کند. ● هنرجو توانایی بررسی همه شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱ـ سامانه باز و بسته کردن سوپاپ‌ها را بررسی کند. ۲ـ سامانه روغن‌کاری موتور دیزل را بررسی کند. ۳ـ سامانه خنک‌کاری موتور دیزل را بررسی کند. ۴ـ سامانه سوخت‌رسانی موتورهای دیزل را بررسی کند. ● هنرجو توانایی بررسی سه مورد شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱ـ سامانه باز و بسته کردن سوپاپ‌ها را بررسی کند. ۲ـ سامانه روغن‌کاری موتور دیزل را بررسی کند. ۳ـ سامانه خنک‌کاری موتور دیزل را بررسی کند. ۴ـ سامانه سوخت‌رسانی موتورهای دیزل را بررسی کند. ● هنرجو توانایی بررسی دو مورد شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۱
نمرهٔ مستمر از ۵					
نمرهٔ شایستگی پودمان از ۳					
نمرهٔ پودمان از ۲۰					

ارزشیابی کاربری موتورهای دیزل

شرح کار:
۱ـ قطعات موتورهای دیزل را شناخته و وظایف آنها را بداند
۲ـ بررسی سامانه‌های موتورهای دیزل و طرز کار آنها
۳ـ بررسی طرز کار موتورهای دیزلی چهار زمانه

استاندارد عملکرد:
بررسی قطعات و سامانه‌ها و طرز کار موتورهای دیزل دریایی

شاخص‌ها:
بررسی موتورهای دیزل دریایی

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 به موتورهای دیزل دریایی

معیارشایستگی:

ردیف	مرحلهٔ کار	حداقل نمرهٔ قبولی از ۳	نمرهٔ هنرجو
۱	بررسی قطعات موتورهای دیزل دریایی	۲	
۲	بررسی طرز کار موتورهای دیزل دریایی	۱	
۳	بررسی سامانه‌های موتورهای دیزل دریایی	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی، و... ۱ـ استفاده از لباس مناسب کار در کارگاه ۲ـ استفاده صحیح و مناسب از ابزار و تجهیزات کارگاه ۳ـ رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها؛ ۴ـ دقت و تمرکز در اجرای کار؛ ۵ـ شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر؛ ۶ـ رعایت اصول و مبانی اخلاق حرفه‌ای	۲	
	میانگین نمرات		*

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

پودمان ۲

نگهداری و تعمیر موتور بنزینی دریایی

واحد یادگیری ۲

نگهداری و تعمیر موتور بنزینی دریایی

آیا تا کنون پی‌برده‌اید:

- نیروی محرکه قایق‌های کوچک چه نوع موتوری است؟
- عملکرد موتورهای بنزینی چگونه است؟
- اصول نگهداری از موتورهای بنزینی دریایی چیست؟
- روش تعمیر موتورهای بنزینی دریایی چگونه است؟

استاندارد عملکرد

کاربر موتورهای بنزینی دریایی باید بتواند از موتورهای شناور به‌درستی استفاده کرده و عملکرد قطعات آن را به‌صورت کامل بداند تا در مواقع لازم موتور را عیب‌یابی نموده و توانایی باز و بست و تعمیر موتور در تعمیرگاه را نیز داشته باشد.

موتورهای بنزینی دریایی

موتورهای بنزینی که در شناورها استفاده می‌شوند، شامل موتورهای چهارزمانه و دوزمانه است که جزء موتورهای احتراق داخلی پیستونی محسوب می‌شوند. حدود ۱۰ سال پیش، بیشتر موتورهای بنزینی موجود در دریا، دو زمانه بود اما به‌دلیل معایب انکارناپذیر این موتورها تولید آنها تقریباً متوقف شده است و تا چند سال دیگر استفاده از آنها در دریا، همانند حمل و نقل زمینی کاملاً منسوخ خواهد شد. به‌دلیل اهمیت و پیچیدگی موتورهای چهارزمانه، در این پودمان تأکید بیشتر بر این نوع از موتورها خواهد بود.

مزایا و معایب موتورهای دو زمانه و چهارزمانه

موتورهای چهارزمانه مزایای بیشتری نسبت به موتورهای دوزمانه دارند از جمله:

- مصرف سوخت کمتر؛
- آلودگی صوتی و آلایندگی کمتر هوا؛
- هزینه نگهداری کمتر؛
- خرابی کمتر (در صورت رعایت اصول درست نگهداری).

عکس مزایای بالا معایب موتورهای دوزمانه محسوب می‌شوند؛ اما موتورهای چهارزمانه معایبی هم دارند که عکس آنها جزء مزایای موتورهای دوزمانه محسوب می‌شوند ازجمله:

- تعمیرات سخت‌تر؛
- هزینه خرید اولیه بالا؛
- در قدرت برابر وزن بیشتر.

چرخهٔ کار موتور چهارزمانهٔ بنزینی

برای تبدیل انرژی نهفتهٔ سوخت به انرژی مکانیکی، مخلوطی از سوخت و هوا در داخل سیلندر احتراق انجام می‌دهند، گازهای حاصله با فشار زیاد پیستون را می‌راند و میل‌لنگ به چرخش درمی‌آید. سپس گازها به خارج تخلیه می‌شوند. این تحولات در چهار مرحلهٔ تنفس، تراکم، انبساط و تخلیه انجام می‌شود. تحولات پشت سرهمی که در داخل هر سیلندر به وقوع می‌پیوندد به چرخهٔ کار موتور موسوم است.

چرخهٔ کار موتورهای چهارزمانهٔ بنزینی با تحولات پی‌درپی زیر کامل می‌شود:

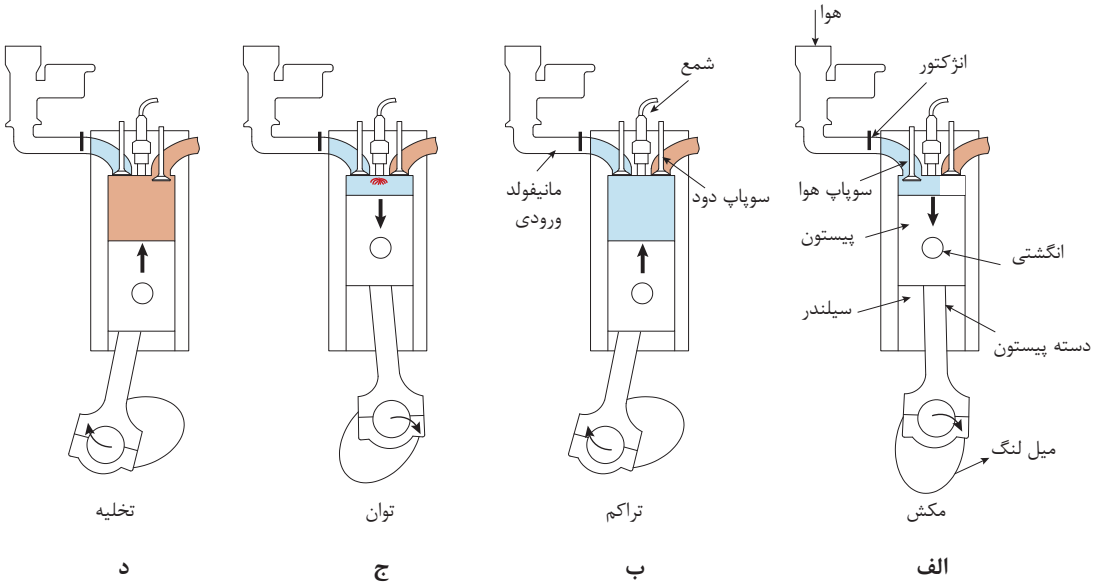
کورس (مرحله) تنفس یا مکش: مطابق شکل ۱ پیستون از نقطه مرگ بالا تا نقطه مرگ پایین حرکت می‌کند. به علت آب‌بندی بودن پیستون در سیلندر و سریع پایین رفتن آن و بزرگ شدن ناگهانی حجم بالای پیستون، فشار این منطقه کمتر از فشار هوای محیط می‌شود (خلأ نسبی به وجود می‌آید). با باز شدن سوپاپ گاز (دریچه ورودی)، مخلوطی از سوخت و هوا وارد سیلندر می‌شود و فضای خالی پیستون را پر می‌کند. در موتورهای کاربراتوری هنگام عبور هوا از کاربراتور بنزین مکش شده با هوا مخلوط شده و تبخیر می‌گردد. در موتورهای انژکتوری با پاشش سوخت در انتهای چند راهه ورودی هوا، بنزین و هوا مخلوط شده و وارد سیلندر می‌گردد.

کورس تراکم: ضمن ادامهٔ گردش میل‌لنگ، پیستون از نقطه مرگ پایین (پایین‌ترین نقطه‌ای که پیستون می‌رسد) به‌طرف نقطه مرگ بالا (بالاترین نقطه‌ای که پیستون می‌رسد) حرکت می‌کند. در این حالت هر دو سوپاپ بسته است، درنتیجه مخلوط هوا و سوخت در محفظهٔ احتراق فشرده‌شده و فشار درون سیلندر در پایان

زمان تراکم به ۸ تا ۱۶ اتمسفر می‌رسد. در انتهای کورس، جرقهٔ ایجادشده توسط شمع باعث احتراق گازهای مخلوط می‌گردد. گرمای حاصل از احتراق باعث افزایش ناگهانی فشار و دمای داخل سیلندر می‌گردد.

کورس انبساط: پس از انفجار سوخت، با افزایش حجم گاز، فشار در فضای کوچک‌شده بالای پیستون، به‌شدت افزایش می‌یابد و گاهی تا ۴۰ اتمسفر می‌رسد که وقتی بر سطح پیستون تأثیر کند نیروی قابل توجّهی را به پیستون وارد می‌کند که باعث تولید انرژی مکانیکی خواهد شد. اشتعال سوخت دفعتاً نیست و عمل سوختن ۳ هزارم ثانیه طول می‌کشد.

کورس تخلیه: پیستون از پایین‌ترین نقطه به‌طرف بالا حرکت می‌کند و با باز شدن سوپاپ دود پس‌مانده‌های حاصل از احتراق، موتور را ترک می‌کنند. ازنظر عملی سوپاپ دود کمی قبل از رسیدن پیستون به نقطه مرگ پایین، شروع به باز شدن می‌کند (در زمان قدرت) تا عمل تخلیه در فرصت بیشتری انجام شود. به‌طوری‌که وقتی پیستون تغییر جهت داده و به‌طرف بالا حرکت می‌کند مقدار دود خروجی به حداکثر می‌رسد. همچنین زمان بسته شدن سوپاپ دود را طوری طراحی می‌کنند که پس از کورس تخلیه کمی بازبماند تا عمل تخلیه کامل‌تر صورت پذیرد. ممکن است تصوّر شود که با باز بودن سوپاپ دود و پایین رفتن پیستون در زمان مکش، دود به داخل سیلندر کشیده می‌شود. ولی چنین نیست؛ زیرا دود از مدتی قبل حرکت کرده و در اثر ازدیاد فشار داخل سیلندر نسبت به خارج، سرعت و اینرسی بالایی یافته است، به‌علاوه گاز ورودی سنگین‌تر از دود است.



شکل ۱ــ مراحل چهار عمل اصلی موتور چهارزمانه

چرخهٔ کار موتور دوزمانه بنزینی: موتورهای دوزمانه ممکن است دیزلی یا بنزینی باشند. آنچه در آنها مشترک است آن که مخلوط قابل‌احتراق با هوای تازه برای راندن دود باقیمانده از مرحله قبل مورداستفاده قرار می‌گیرد که به این عمل جاروب‌کردن می‌گویند.

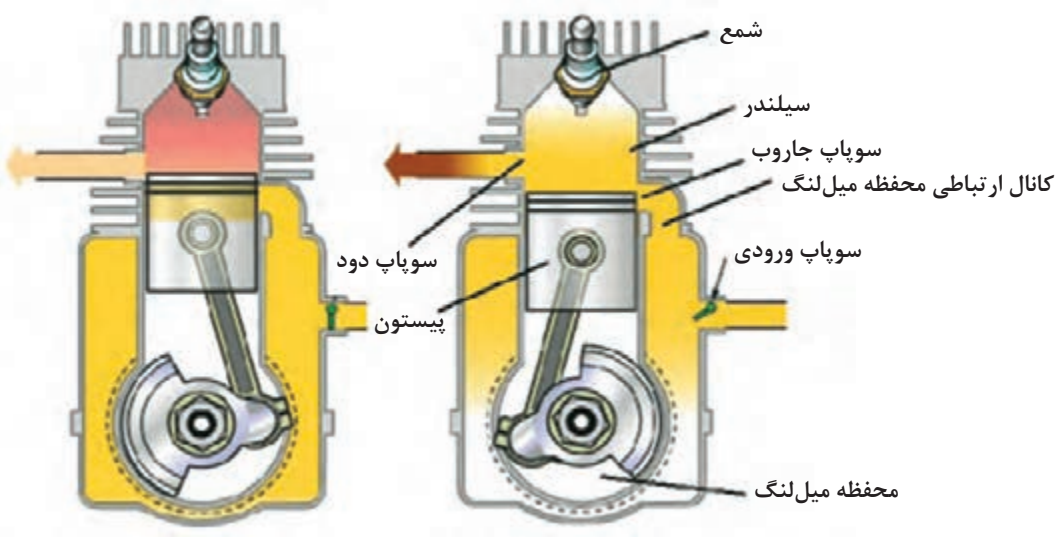
- در چرخه دوزمانه به ازای هر یک دور چرخش میل‌لنگ، یک مرحله انجام کار (قدرت) وجود دارد.
- در موتورهای دوزمانه مرحله مکش و مرحله تخلیه به‌صورت هم‌زمان انجام می‌گیرد.

■ مرحله تراکم و مرحله انبساط یا قدرت نیز هم‌زمان انجام می‌شود.

مرحله اول: پیستون از پایین به سمت بالای سیلندر حرکت می‌کند و با بستن دریچه خروجی دود، مخلوط قابل‌احتراق را که قبلاً وارد سیلندر شده متراکم می‌کند. در همین حال در انتهای سیلندر به دلیل خلأ ایجادشده، مواد سوختنی با باز شدن ورودی، براثر مکش ایجادشده وارد فضای زیر سیلندر می‌شود.

مرحله دوم: با ایجاد جرقه توسط شمع مخلوط متراکم شده منفجرشده و مرحله کار شروع می‌گردد. با پرتاب پیستون به سمت پایین که براثر فشار حاصل از انفجار انجام می‌شود و عبور آن از روبه‌روی دریچه خروجی و ایجاد ارتباط بین فضای سیلندر و بیرون، دود حاصل از احتراق خارج‌شده و از طرفی هم مخلوط زیر پیستون متراکم می‌گردد. با گذشتن پیستون از روبه‌روی دریچه ورودی، این دریچه بازشده و مخلوط به بالای سیلندر هدایت می‌شود و کمک می‌کند دود به‌صورت کامل‌تر از سیلندر تخلیه گردد.

البته این وضعیت (باز بودن هم‌زمان ورودی و خروجی) باعث اتلاف بخشی از سوخت نیز می‌گردد که از نقاط ضعف عمده موتورهای دوزمانه است.



شکل ۲ـ چرخه دوزمانه

قطعه شناسی: در این فصل قطعات مختلف موتورهای بنزینی مورد بررسی قرار می‌گیرند. قطعات مشابه موتورها، فرق عمده‌ای باهم ندارند ولی نوع چرخه موتور، روش خنک‌کاری و نوع سیال خنک‌کننده در شکل ظاهری قطعات موتور و جنس آنها تأثیر به‌سزایی دارد. شکل قطعات بیشتر تابع تصمیم مهندسان طراح قطعه است و اختلاف بین آنها برای افزایش راندمان و عمر قطعات است.

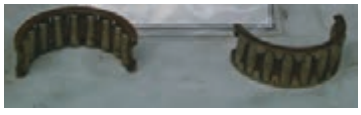
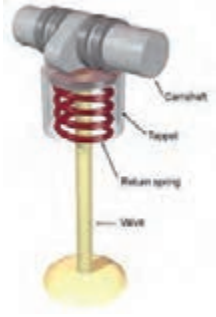
قسمت‌های مختلف موتورهای بنزینی دریایی

با توجه به اینکه در پودمان موتورهای دیزل با قطعات بلوکه سیلندر آشنا شدید و کلیات این قطعات در موتورهای دیزلی و بنزینی فرق چندانی ندارند به همین دلیل در جدول زیر تنها با شکل و خصوصیات خاص قطعات موتورهای بنزینی آشنا می‌شویم. در این پودمان، از تصاویر قطعات موتور چهارزمانه و دوزمانه یاماها به‌عنوان نمونه‌ای از موتورهای پرکاربرد در کشور، استفاده شده است.

کار در کلاس

جدول زیر را تکمیل نمایید.

ردیف	نوع تجهیز		شرح و کاربرد	تصویر و نام
	فارسی	انگلیسی		
۱	بلوکه سیلندر	.....	به‌دلیل ..... جنس بلوکه سیلندر در موتورهای بنزینی دریایی از آلیاژ آلومینیم است.	بلوکه سرسیلندر
۲	سر سیلندر چهارزمانه	.....	.....	سرسیلندر چهارزمانه
۳	سرسیلندر دوزمانه	.....	با توجه به اینکه موتور دوزمانه فاقد سوپاپ است به همین دلیل سر سیلندر دوزمانه ساده‌تر است و فقط محل نصب شمع و عبور آب در داخل آن طراحی می‌گردد.	سرسیلندر دوزمانه
۴	واشر سر سیلندر	Cylinder gasket head	.....	واشر سرسیلندر

۵	چند راهه ورودی هوای چهار زمانه	.....	.....	**چندراهه ورودی هوای چهارزمانه**
۶	چند راهه ورودی هوای دوزمانه	.....	محل نصب کاربراتور بر روی ورودی مانی فولد است.	**چندراهه ورودی هوای دوزمانه**
۷	پیستون	.....	موتورهای بنزینی دریایی دارای دورهای بسیار بالایی می‌باشند به همین دلیل پیستون بسیار سبک طراحی شده و از آلیاژ آلومینیوم با مقاومت بالا ساخته می‌شوند.	**پیستون**
۸	یاتاقان دوزمانه	.....	یاتاقان موتور چهارزمانه بنزینی با یاتاقان موتورهای دیزلی فرقی نمی‌کنند ولی یاتاقان موتورهای دوزمانه از نوع غلطشی است.	 **یاتاقان دوزمانه**
۹	مجموعه سوپاپ	.....	در موتورهای چهارزمانه جدید میل بادامک بر روی سر سیلندر نصب می‌شوند.	 **مجموعه سوپاپ**

ارزشیابی مرحله‌ای

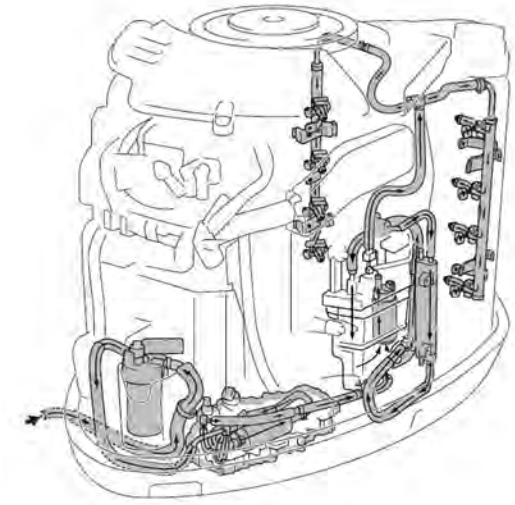
عنوان پودمان فصل	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
نگهداری و تعمیر موتور بنزینی دریایی	بررسی موتورهای دو زمانه و چهار زمانه	توانایی بررسی موتورهای دو زمانه و چهار زمانه	بالاتر از حد انتظار	۱ـ بررسی مزایا و معایب موتورهای دوزمانه و چهار زمانه. ۲ـ بررسی عملکرد موتورهای دوزمانه و چهارزمانه. ۳ـ بررسی قطعاتی از موتورهای بنزینی که با موتور دیزل متفاوت است. هنرجو توانایی بررسی همهٔ شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱ـ بررسی مزایا و معایب موتورهای دوزمانه و چهار زمانه. ۲ـ بررسی عملکرد موتورهای دوزمانه و چهارزمانه. ۳ـ بررسی قطعاتی از موتورهای بنزینی که با موتور دیزل متفاوت است. هنر جو توانایی بررسی دو مورد از شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱ـ بررسی مزایا و معایب موتورهای دوزمانه و چهار زمانه. ۲ـ بررسی عملکرد موتورهای دوزمانه و چهارزمانه. ۳ـ بررسی قطعاتی از موتورهای بنزینی که با موتور دیزل متفاوت است. هنرجو توانایی بررسی یک مورد از شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۱
نمرهٔ مستمر از ۵					
نمرهٔ شایستگی پودمان از ۳					
نمرهٔ پودمان از ۲۰					

سامانه‌های موتور چهارزمانه دریایی

همه موتورها برای اینکه بتوانند انرژی شیمیایی را به انرژی مکانیکی تبدیل کنند باید دارای سامانه‌هایی باشند که در ادامه آنها را بررسی می‌کنیم.

سیستم سوخت‌رسانی

بسیاری از موتورهای چهارزمانه امروزی از سیستم سوخت‌رسانی انژکتوری استفاده می‌کنند. در اواخر سال ۱۹۵۰ و اوایل سال ۱۹۶۰ میلادی کارخانه شورولت و پونتیاک اولین طرح سوخت‌رسانی انژکتوری مکانیکی نوع تزریق دایم را عرضه نمودند.



شکل ۳ـ نمای سیستم سوخت‌رسانی

قطعات این سیستم در موتورهای مذکور به ترتیب زیر می‌باشند:

۱ پالایهٔ اولیه ۲ پمپ فشار پایین ۳ پالایهٔ ثانویه ۴ مخزن جداکننده بخار ۵ شناور و سوزن ۶ پمپ فشارقوی ۷ انژکتورها

ـ پالایهٔ اولیه: وظیفهٔ این پالایه تصفیهٔ بنزین و گرفتن ناخالصی داخل آن است. این ناخالصی می‌تواند آب نیز باشد که در ته پالایه جمع می‌گردد.

شکل ۴ـ پالایهٔ اولیه سوخت

نکته نگه‌داری

در صورت ورود آب به‌داخل پالایه آژیر اخطار به صدا در می‌آید که باید پالایه را تمیز نمایید.

پمپ فشار پایین: وظیفهٔ این پمپ، مکش بنزین از پالایهٔ اولیه و ارسال به مخزن جداکننده بخار است. این پمپ برقی و از نوع پره‌ای (توربینی) بوده و در صورت رسیدن بنزین تا پالایه، می‌تواند آن را با فشار حدود ۱ اتمسفر به‌داخل مخزن تفکیک بخار ارسال کند. این پمپ یک‌بار مصرف بوده و در صورت خراب شدن باید تعویض گردد.

شکل ۵ـ پمپ فشار پایین

شکل ۶ــ پالایهٔ ثانویه

پالایهٔ ثانویه: اگر هرگونه ناخالصی موجود در بنزین (غیر از آب) به این پالایه برسد به‌وسیله آن جذب خواهد شد. این پالایه یک‌بارمصرف بوده و قابلیت شستشو را ندارد.

نکته نگه‌داری

درصورتی‌که رنگ این پالایه براثر کثیفی تغییر کند باید آن را تعویض نمایید.

شکل ۷ــ مخزن تفکیک بخار

مخزن تفکیک بخار و متعلقات: وظیفهٔ این مخزن ذخیره بنزین برای پمپ فشارقوی و همچنین جداسازی بخار از سوخت است. قطعات داخل مخزن شامل شناور، سوزن و پمپ فشارقوی می‌باشند. همچنین این مخزن باعث می‌شود که ناخالصی‌های عبورکرده از پالایه‌های اولیه و ثانویه در ته آن جمع شده و به‌وسیله پیچ انتهای آن قابلیت تخلیه داشته باشند تا باعث خرابی پمپ فشارقوی و مسدود شدن انژکتورها نگردند.

عیب‌یابی: برای هواگیری مخزن جداکننده بخار، با استفاده از سوزن بالای آن، می‌توان هوا را از مخزن خارج نمود. همچنین برای چک کردن خرابی شناور و سوزن داخل مخزن می‌توان سوییچ موتور را در حالت ON قرار داده و سوزن هواگیری را فشار داده که در صورت خارج شدن بنزین، نشانهٔ خرابی شناور و یا سوزن است.

قطعات زیر در داخل مخزن قرار دارند:

شناور و سوزن: درصورتی‌که حدود نیمی از مخزن جداکننده بخار از بنزین پر شود شناور به کمک سوزن باعث می‌شود تا ورود بنزین مسدود گردد.

شکل ۸ــ مجموعه داخل مخزن تفکیک بخار

نکته نگه‌داری

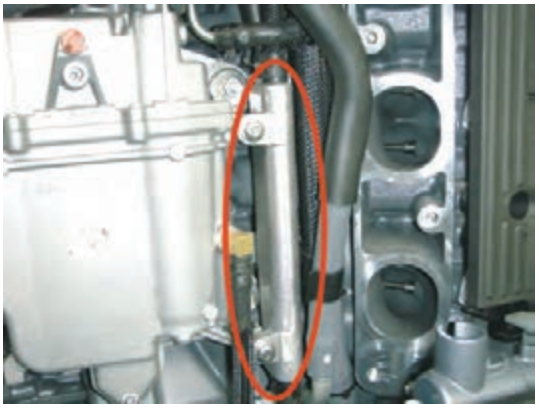
برای آزمودن سلامت شناور و سوزن داخل مخزن، زمانی که سوییچ موتور باز است سوزن هواگیری را فشار دهید در صورت خروج بنزین، نشانه خرابی آنها است که باید مورد بررسی قرار گیرند.

شکل ۹ـ پمپ فشارقوی

پمپ فشار بالا (پمپ انژکتور): وظیفهٔ این پمپ که از نوع توربینی بوده و در موتورهای موردبحث در داخل مخزن تفکیک بخار قرار می‌گیرد ارسال بنزین با فشار حدود ۶ بار از مخزن جداکننده بخار به سمت رگلاتور فشار است. همانند پمپ فشار پایین، برقی بوده و یک‌بارمصرف است. با شروع استارت موتور توسط واحد کنترل روشن‌شده و تا خاموش شدن مجدد موتور با دور و فشار ثابت در مدار سوخت‌رسانی وظیفه خود را انجام می‌دهد.

شکل ۱۰ـ رگلاتور تنظیم فشار

رگلاتور فشار سوخت: این قطعه در مسیر سوخت‌رسانی بعد از پمپ فشارقوی قرار می‌گیرد و وظیفه آن کاهش فشار سوخت با توجه به دور موتور است (بین ۲/۵ تا ۳/۲ بار). قطعه‌ای با عمر طولانی ولی یک‌بارمصرف، از نوع دیافراگمی که در شکل ۱۰ جزییات داخل آن به تصویر کشیده شده است.



شکل ۱۱ـ کولر سوخت موتور

خنک‌کنندهٔ سوخت (کولر سوخت): سوختی که از داخل رگلاتور عبور می‌کند، چون گرمای پمپ‌های سوخت و بدنه موتور بر روی آن تأثیر گذاشته و آن را گرم کرده است، برای کاهش تبخیر و جلوگیری از خودسوزی در موتور، به‌وسیله آبی که از داخل کولر سوخت می‌گذرد، خنک شده و دوباره وارد مخزن تفکیک می‌گردد. این قطعه همان‌گونه که در شکل ۱۱ مشخص است در کنار مخزن تفکیک بخار نصب می‌شود.

شکل ۱۲ـ انژکتور

انژکتور: سوختی که از رگلاتور عبور نمی‌کند به سمت انژکتورها رفته تا به‌وسیله آنها در انتهای مانی‌فولد هوا مه‌پاش گردد. انژکتورهای این موتور برقی مکانیکی بوده و در صورت مسدود شدن منافذ آن فقط می‌توان آنها را به‌وسیله دستگاه انژکتور شور، شستشو داد و قابلیت باز شدن و تعمیر را ندارند.
انژکتورها بر روی ریل سوخت نصب می‌شوند و فشار پشت آنها همیشه بین ۲/۵ تا ۳/۲ بار است.

شکل ۱۳ـ کنیستر

کنیستر: این مخزن از ذرات زغال (کربن فعال) تشکیل شده است که وظیفهٔ جمع‌کردن بخارات سوخت را به عهده دارد تا با دستور واحد کنترل (در دور آرام یا هنگام شتاب‌گیری موتور) مورد استفاده قرارگیرند.

شکل ۱۴ـ شیر برقی کنیستر

شیر برقی کنیستر: این شیر در مسیر بخارات از کنیستر به مانی‌فولد هوا قرار دارد تا در موقع مناسب، توسط دستور واحد کنترل باز شده و بخارات را به داخل مانی‌فولد هوا هدایت نماید و وارد محفظه احتراق شده و بسوزند.

فعالیت کارگاهی

با حضور در کارگاه، سیستم سوخت‌رسانی موتور چهارزمانه موجود را مورد بررسی قرار داده و برخی از قطعات آن را باز نمایید.

سیستم کنترل موتور

وظیفه این واحد جمع‌آوری اطلاعات از وضعیت موتور توسط حسگرها، سپس پردازش این اطلاعات توسط واحد مدیریت کنترل و بعدازآن ارسال دستورات لازم به عملگرها (قطعات الکتریکی) برای کارکرد بهتر موتور است.

این سیستم از قطعات زیر تشکیل شده است:

۱ واحد کنترل ۲ حسگر موقعیت میل‌لنگ ۳ حسگر موقعیت میل‌سوپاپ دود ۴ حسگر فشار هوای ورودی ۵ حسگر دمای هوای ورودی ۶ حسگر دمای موتور ۷ حسگر فشار روغن ۸ حسگر موقعیت میل‌سوپاپ هوا

واحد کنترل (ECM): واحد کنترل یک سیستم میکرو واپایشگری است که از قبل برای اطلاعاتی که حسگرها به آن ارسال می‌کنند برنامه‌نویسی شده است تا بر اساس اطلاعات دریافتی و پس از تجزیه‌وتحلیل آنها و مطابق با دستوراتی که در برنامه‌ریزی آن قرار داده‌شده است فرمان‌های لازم را به عملگرها بدهد. دسترسی به برنامه‌های ذخیره‌شده داخل این قطعه بدون داشتن پسورد آن امکان‌پذیر نیست.

شکل ۱۵ـ واحد کنترل

حسگر موقعیت میل‌لنگ (حسگر دور موتور): حسگر موقعیت میل‌لنگ در زیر چرخ طیاری است که خودش در بالای بلوکه سیلندر قرار دارد و وظایف زیر را به عهده دارد:

- تشخیص نقطه مرگ بالا یا زمان جرقه سیلندر؛
- تعیین دور موتور؛
- تنظیم زمان پاشش سوخت؛
- تنظیم دور آرام موتور.

کار این حسگر با استفاده از قانون القای مغناطیسی است. به این صورت که هرگاه آهن را به یک آهنربا دور و نزدیک کنیم در سیم‌پیچ دور آهنربا ایجاد سیگنال یا ولتاژ می‌شود. در موتورهای انژکتوری در زیر یا کنار چرخ طیار دندانه‌هایی با فاصله منظم از هم قرار دارند که در بین دو تا از دندانه‌ها، فاصلهٔ بیشتری تعبیه شده است.

شکل ۱۶ـ حسگر موقعیت میل‌لنگ

هرگاه موتور می‌چرخد دندانه‌های فلایویل (چرخ طیار) از جلوی حسگر عبور کرده و در آن سیگنال تولید می‌گردد. ولی وقتی‌که قسمت خالی دودندانه به جلوی حسگر می‌رسد دامنه پالس (ضربان) تغییر کرده و سیگنال تولیدی دچار افت می‌شود، با دریافت دامنه ضربان های ارسال شده از حسگر، واحد کنترل، دور و وضعیت پیستون‌های موتور را تشخیص می‌دهد. معمولاً در موتورهای انژکتوری، حسگر موقعیت میل‌لنگ از حسگرهای حیاتی است و با سوختن آن موتور از کار می‌افتد، اما در موتورهای دریایی به دلیل بالا رفتن امنیت سرنشینان، در صورت از کارافتادن این حسگر، واحد کنترل از اطلاعات حسگر میل‌بادامک استفاده می‌کند و موتور خاموش نمی‌شود، ولی موتور، کارکرد بهینه و نرمال خود را از دست خواهد داد.

حسگر موقعیت میل بادامک: واحد کنترل با استفاده از اطلاعات دریافتی از این حسگر موارد زیر را کنترل می‌کند:

الف) تشخیص زمان دقیق موقعیت سیلندر ۱ در نقطه مرگ بالا؛

ب) کنترل کوئل و انژکتور تا به ترتیب عمل کنند.؛

ج) کاهش آوانس جرقه برای از بین بردن کوبش (ناک)؛

د) تشخیص زمان جرقه‌زنی سیلندرها.

این حسگر در نزدیکی میل‌سوپاپ قرار می‌گیرد، فرقی نمی‌کند که کدام میل‌سوپاپ باشد اما در موتورهایی که از سیستم میل بادامک ورودی متغیر(cvvt) استفاده می‌کنند، بر روی میل‌سوپاپ دود قرار می‌گیرد. عملکرد آن شبیه حسگر موقعیت میل‌لنگ است.

تحقیق کنید

سیستم میل بادامک متغیر چیست و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

شکل ۱۷ــ حسگر موقعیت میل بادامک دود

در صورت خرابی این حسگر، واحد کنترل از اطلاعات حسگر موقعیت میل‌لنگ بهره‌برداری می‌کند.

حسگرهای فشار و دمای هوای ورودی: واحد کنترل به کمک اطلاعات ارسالی از این دو حسگر و میزان باز بودن دریچه گاز، میزان چگالی هوا را که نشانه میزان اکسیژن در هوا است محاسبه کرده و به همان میزان سوخت انژکتورها را تنظیم می‌کند.

شکل ۱۸ــ حسگر دمای هوای ورودی

شکل ۱۹ــ حسگر فشار هوای ورودی

تحقیق کنید

چه ارتباطی بین دما و فشار هوا با اکسیژن موجود در آن وجود دارد و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

حسگر دمای موتور (بلوکه): وظیفه این حسگر ارسال میزان دمای موتور به واحد کنترل، برای موارد زیر است:

ایجاد حالت ساسات در حالت سرد بودن موتور؛

- تنظیم زمان پاشش و آوانس جرقه در موقع گرم شدن موتور؛
- با بالا رفتن دمای موتور و گرم شدن تا ۱۲۰ درجه، دور موتور کاهش می‌یابد تا به دور نرمال برسد.

شکل ۲۰ـ حسگر دمای بلوکه

حسگر فشار روغن: این حسگر از حسگرهای حفاظتی موتور است و مستقیماً در عملکرد موتور تأثیر ندارد بلکه واحد کنترل با کمک اطلاعات این حسگر که شامل فشار روغن است از موتور حفاظت کرده و از آسیب رسیدن به موتور براثر افت فشار روغن یا نبود روغن جلوگیری می‌کند. واحد کنترل با توجه به میزان کاهش فشار روغن، دور موتور را کاهش داده و یا آن را خاموش می‌کند.

شکل ۲۱ـ حسگر فشار روغن

حسگر ضربه (خودسوزی): هنگامی‌که فشار داخل محفظه احتراق براثر تراکم و اشتعال بخشی از بنزین بالا می‌رود، مولکول‌های بنزین که در اطراف محفظهٔ احتراق قرار دارند منتظر رسیدن شعله احتراق نمانده و خودبه‌خود منفجر می‌شوند که باعث ایجاد ضربه‌ای غیر از ضربه احتراق می‌شود که به آن ناک می‌گویند. این ضربات باعث آسیب رسیدن به پیستون‌ها می‌گردد. وظیفه حسگر ناک تبدیل این ضربات به سیگنال و ارسال به واحد کنترل است تا این واحد با ریتارد (تنظیم) کردن جرقه از خودسوزی جلوگیری نماید. این حسگر را تا حد ممکن نزدیک محفظه احتراق قرار می‌دهند.

شکل ۲۲ـ حسگر ناک

بحث کلاسی

دلایل ایجاد ناک را بررسی نمایید.

فعالیت کارگاهی

با حضور در کارگاه، سیستم کنترل موتور چهارزمانه موجود را بررسی نمایید.

سیستم جرقه

وظیفه این سیستم، تولید، افزایش و ارسال برق به محفظه احتراق در زمان معیّن برای ایجاد جرقه جهت احتراق است.

عملکرد

با چرخش چرخ طیار، واحد کنترل به‌وسیله ضربان‌های تولیدشده در حسگر موقعیت میل‌لنگ و به کمک حسگر موقعیت میل بادامک دود زمان جرقه‌زنی شمع‌ها را تشخیص و با ارسال برق به کویل مربوطه و افزایش ولتاژ در آن، در محفظه احتراق توسط شمع ایجاد جرقه می‌کند.

این سیستم شامل قطعات زیر است:

شکل ۲۳ـ استاتور

۱ مگنت تولید برق (استاتور) ۲ کوئل ۳ شمع

- سیم‌پیچ تولید برق (استاتور)

این قطعه که تولید برق در موتور را به عهده دارد دارای تعدادی سیم‌پیچ است که برق تولیدی در آنها برای مصارف مختلف به کار می‌روند. بخشی از آنها برای تولید جرقه، بخشی برای شارژ باطری و بخشی برای دیگر مصارف کاربرد دارند.

کویل: کویل قطعه‌ای برای تبدیل ولتاژ پایین به ولتاژ بالا است که از دو سیم‌پیچ اولیه و ثانویه با تعداد دورهای مختلف تشکیل شده است.

شکل ۲۴ـ کویل

شمع: ابزاری الکتریکی که با تخلیه ولتاژ زیاد بین دو الکترود جرقه لازم برای شروع احتراق در موتورهای اشتعال جرقه‌ای را فراهم می‌کند. از فلز ساخته شده‌اند که با عایق سرامیکی احاطه شده است. در برخی موتورهای مدرن، شمع‌ها دارای حسگر فشار هستند که به سیستم کنترل موتور متصل است.

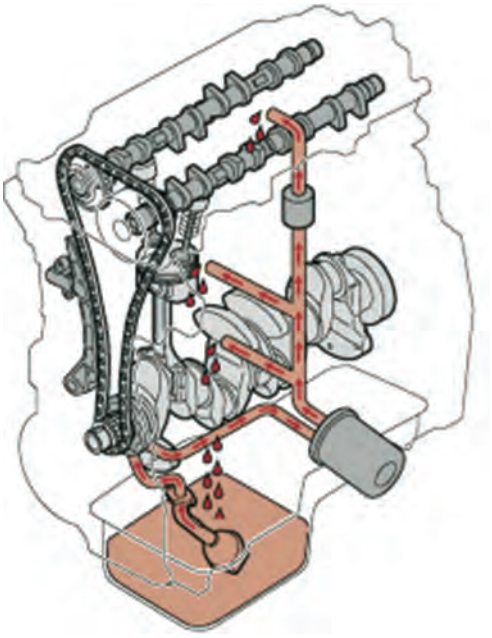
شکل ۲۵ـ شمع

تحقیق کنید

دسته‌بندی شمع‌ها را بررسی نموده و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

سیستم روان کاری

برای روان کاری قطعات مکانیکی در حال حرکت موتور، نیاز به مایع روان کننده‌ای مثل روغن‌موتور است. به سامانه‌ای که وظیفه روان کاری قطعات متحرک را به عهده دارند سیستم روان کاری می‌گویند. روغن‌موتور چند نقش اساسی بر عهده دارد، ازجمله روان کاری قطعات داخلی، خنک کردن موتور با انتقال گرما، آب‌بندی سطح رینگ پیستون و سیلندر، جذب آلاینده‌ها، تعلیق ذرات حاصل از سایش و تعلیق دوده حاصل از احتراق که روش‌های مختلف روان کاری، با توجه به نوع موتور مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۲۶ـ مسیر روغن‌کاری

سیستم روغن‌کاری از قطعات زیر تشکیل شده است:
۱ـ کارتر ۲ـ صافی روغن ۳ـ پمپ روغن ۴ـ پالایه روغن

کارتر: این قطعه محل ذخیره روغن روان کاری در موتور است. در بعضی از موتورها کارتر در پایین واحد قدرت در زیر قاب قرار می‌گیرد.

صافی روغن: این توری فلزی که به اویل پمپ متصل است وظیفه دارد ناخالصی‌های درشت احتمالی که وارد کارتر شده است را بگیرد تا باعث آسیب دیدن پمپ روغن نگردد.

شکل ۲۷ـ صافی روغن

پمپ روغن: اگر به مسیر روغن نگاه کنیم، می‌بینیم که روغن تقریباً تمام موتور را دور زده و پس از مسیری مشخص و پالایه شدن دوباره، به کارتر روغن باز می‌گردد. عاملی که روغن را در مدار روغن‌کاری پمپ می‌کند پمپ روغن است. پمپ روغن وسیله‌ای است که روغن موجود در موتور را به مدار روغن‌کاری پمپ کرده تا روان‌سازی قطعات موتور انجام گردد. این وسیله معمولاً در داخل بلوک سیلندر قرار دارد. بعضی از انواع پمپ روغن به بدنه خارجی موتور بسته شده و در صورت نیاز می‌توان بدون باز کردن کارتر آن را پیاده نمود. این وسیله، روغن را به مدار روغن‌کاری پمپ می‌کند. درواقع پمپ روغن مثل قلب کار می‌کند که اگر لحظه‌ای وظیفه‌اش را انجام ندهد، سیستم وابسته به آن سریع از کار می‌افتد. پمپ روغن انرژیش را از میل‌لنگ موتور می‌گیرد.

پالایهٔ روغن: پالایهٔ روغن برای حذف آلاینده‌ها از روغن موتور به‌کار می‌رود.

نکته نگه‌داری

نوع، مقدار و مدت استفاده از روغن را برای هر موتور، شرکت سازنده آن تعیین می‌کند.

شکل ۲۸ـ برچسب نوع و مقدار روغن همچنین محل شارژ آن

شکل ۲۹ـ پیچ تخلیه روغن

سیستم خنک‌کننده

سیستم خنک‌کننده موتورهای احتراق داخلی، دمای موتور را در مقدار مطلوب نگهداری می‌کند. برای حفظ این دمای مناسب، لازم است گرمای حاصل از احتراق سوخت، اصطکاک قطعات داخلی موتور و گرمای حاصل از تراکم گازها به خارج از موتور انتقال یابد که این وظیفه به عهده سیستم خنک کاری است.

انواع سیستم خنک‌کننده: دو روش کلی برای سیستم خنک‌کننده مورد استفاده قرار می‌گیرد:

۱ سیستم خنک‌کننده باز ۲ سیستم خنک‌کننده بسته

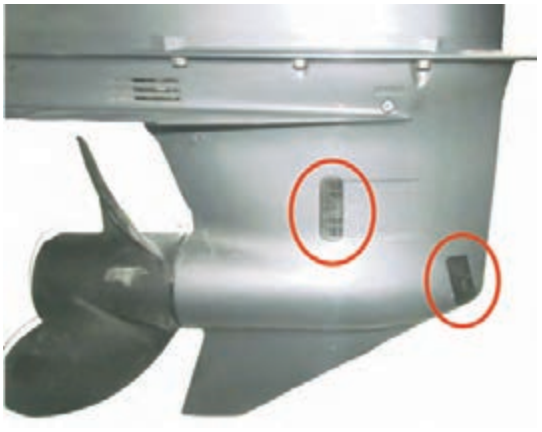
بحث کلاسی

در مورد سیستم خنک کاری باز و بسته بحث نمایید.

صافی ورودی

وظیفه این قطعه همان‌گونه که از نامش پیداست جلوگیری از ورود ناخالصی‌های درشت به داخل موتور است ولی ذراتی مثل ماسه که در مواقع نزدیک شدن قایق به ساحل، توسط پروانه با آب مخلوط می‌شود می‌توانند از منافذ آن عبور کرده و وارد موتور شده و برای سیستم خنک‌کننده و موتور اشکال ایجاد نمایند. به این دلیل از صافی ریزتر و یا پالایه استفاده نشده است که دبی ورودی آب کاهش پیدا کند.

به‌دلیل جلوگیری از ایراد ذکرشده کاربر موتور در هنگام نزدیک شدن قایق به ساحل، باید مراقبت لازم را انجام دهد.



شکل ۳۰ـ ورودی‌های آب خنک‌کننده موتور

تحقیق کنید

مراقبت‌های لازم از موتور در هنگام نزدیک شدن به ساحل چیست و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

پمپ آب‌شور

وظیفه پمپ آب‌شور، مکش آب از دریا و ارسال به داخل موتور است. پره این پمپ از جنس لاستیک بوده و به‌وسیله خار با شفت گیربکس درگیر می‌شود.

شکل ۳۱ ـ مجموعه پمپ آب‌شور

فعالیت کارگاهی

با حضور در کارگاه، مجموعه پمپ آب‌شور موتور را باز کرده و مورد بررسی قرار دهید.

ترموستات

ترموستات وسیله‌ای است برای تنظیم درجه حرارت موتور که به‌طور خودکار گرمای موتور را در حد ایدئال که حدود ۸۵ درجه است نگه می‌دارد. لازم به توضیح است که برای عملکرد درست موتور، دمای آن باید در محدوده معینی نگه داشته شود.

شکل ۳۲ـ ترموستات

ترموسوییچ

این سوییچ از نوع فلزهای غیر هم‌جنس است. براثر گرما تغییر طول آنها فرق می‌کند که باعث می‌شود هنگام داغ شدن موتور، اتصال بین آنها برقرار شده و با عبور جریان برق، آژیر خطر که در دسته ریموت نصب شده است به صدا درمی‌آید.

شکل ۳۳ـ ترموسوئیچ موتور

نکته نگه‌داری

شستشوی سیستم خنک کاری

برای شستشوی موتور بعد از دریانوردی و خارج کردن آب‌شور دریا از داخل موتور جهت جلوگیری از خوردگی آن، شیلنگ آب شیرین را به محل مربوطه که در تصویر زیر مشخص شده است وصل کرده و موتور را شستشو می‌دهیم.

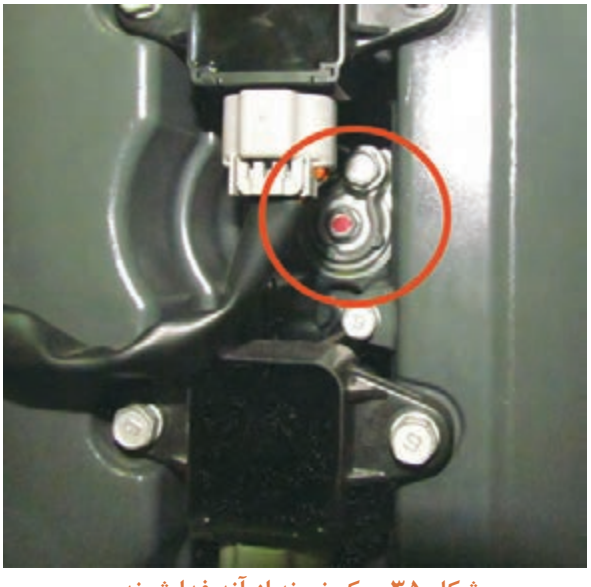
شکل ۳۴ـ محل ورودی آب شیرین به مسیر شستشوی موتور

آندهای فدا شونده

این قطعات از جنس فلز روی می‌باشند که تمایل بیشتری نسبت به بقیه فلزات برای دادن الکترون منفی به اکسیژن مثبت داخل آب دارد تا با فدا کردن خود، مانع خوردگی بلوکه موتور گردد.

نکته نگه‌داری

چندین عدد از این آندها در قسمت‌های مختلف موتور (محل‌هایی که با آب در تماس است) قرارگرفته‌اند که بعد از هر شش ماه از آنها بازدید شده و در صورت نیاز تمیز یا تعویض می‌گردند.



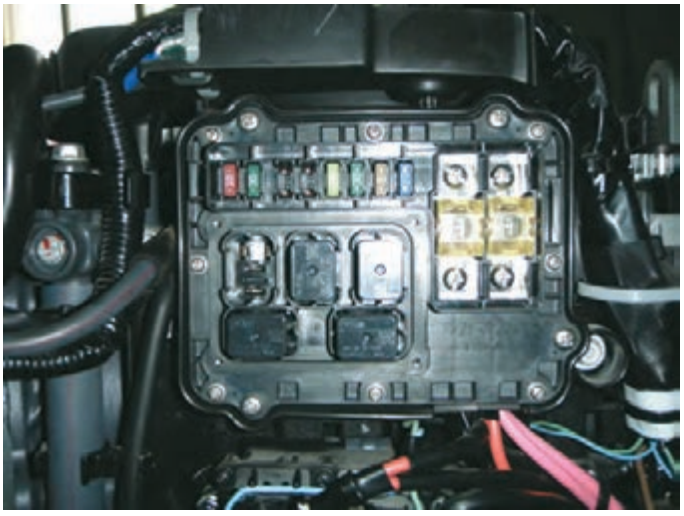
شکل ۳۵ـ یک نمونه از آند فدا شونده

فعالیت کارگاهی

با حضور در کارگاه، سیستم جرقه، روغن‌کاری و خنک کاری موتور موجود را بررسی نمایید.

ـ مجموعه فیوزها و رله‌های قطعات برقی

برای تمام قطعات برقی یک فیوز قرار داده شده است تا در صورت بروز اشکال، با قطع جریان، مانع سوختن قطعه اصلی گردد. ظرفیت هر فیوز به ظرفیت قطعه مربوطه بستگی دارد. برای برق کلی موتور هم فیوزی در نظر گرفته شده است. قطعات برقی مثل پمپ‌های سوخت دارای رله‌هایی می‌باشند که در این مجموعه قرار می‌گیرند. رله‌ها وظیفه روشن و خاموش کردن قطعات برقی را به عهده‌دارند. درواقع، واحد کنترل از طریق این رله‌ها اقدام به روشن و خاموش کردن قطعات می‌کند تا نیاز نباشد برق با آمپر بالا از واحد کنترل عبور نماید.



شکل ۳۶ـ مجموعه فیوز و رله

ـ سامانه جک هیدرولیکی

این مجموعه که وظیفه خارج کردن گیر بکس از آب را به‌عهده دارد درواقع تبدیل‌کننده جریان الکتریکی به فشار هیدرولیکی است، قسمت اصلی این سیستم در پایین موتور قرار می‌گیرد. در این سامانه، یک پمپ هیدرولیکی با ارسال روغن هیدرولیک به سمت جک‌ها، باعث بالا آمدن موتور و خارج شدن گیربکس از آب می‌شود.

شکل ۳۷ـ سامانه جک هیدرولیکی

ارزشیابی مرحله‌ای

عنوان پودمان فصل	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
نگهداری و تعمیر موتور بنزینی دریایی	بررسی سامانه‌های موتور چهار زمانه	توانایی بررسی سامانه‌های موتور چهار زمانه	بالاتر از حد انتظار	۱ـ بررسی سامانه سوخت رسانی ۲ـ بررسی سامانه کنترل موتور ۳ـ بررسی سامانه‌های جرقه،روان کاری و خنک کاری هنر جو توانایی بررسی همه شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱ـ بررسی سامانه سوخت رسانی ۲ـ بررسی سامانه کنترل موتور ۳ـ بررسی سامانه‌های جرقه، روان‌کاری و خنک کاری هنرجو توانایی بررسی دو مورد از شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱ـ بررسی سامانه سوخت رسانی ۲ـ بررسی سامانه کنترل موتور ۳ـ بررسی سامانه‌های جرقه، روان‌کاری و خنک کاری هنرجو توانایی بررسی یک مورد از شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۱
نمرهٔ مستمر از ۵					
نمرهٔ شایستگی پودمان از ۳					
نمرهٔ پودمان از ۲۰					

سامانه‌های موتور دوزمانه

سامانه‌های سوخت رسانی و روان کاری موتورهای دوزمانه با موتورهای چهارزمانه فرق دارد که در ادامه آنها را بررسی می کنیم. لازم به ذکر است که موتور دوزمانه فاقد سیستم کنترل الکترونیکی است و سیستم خنک کاری و جرقه در این موتورها نیز با موتورهای چهارزمانه مشابه است.

سیستم سوخت‌رسانی: در موتور دوزمانه این سیستم شامل پمپ اولیه سوخت، صافی سوخت، پمپ سوخت، کاربراتور و سوپاپ‌های یک‌طرفه است (شکل ۳۸).

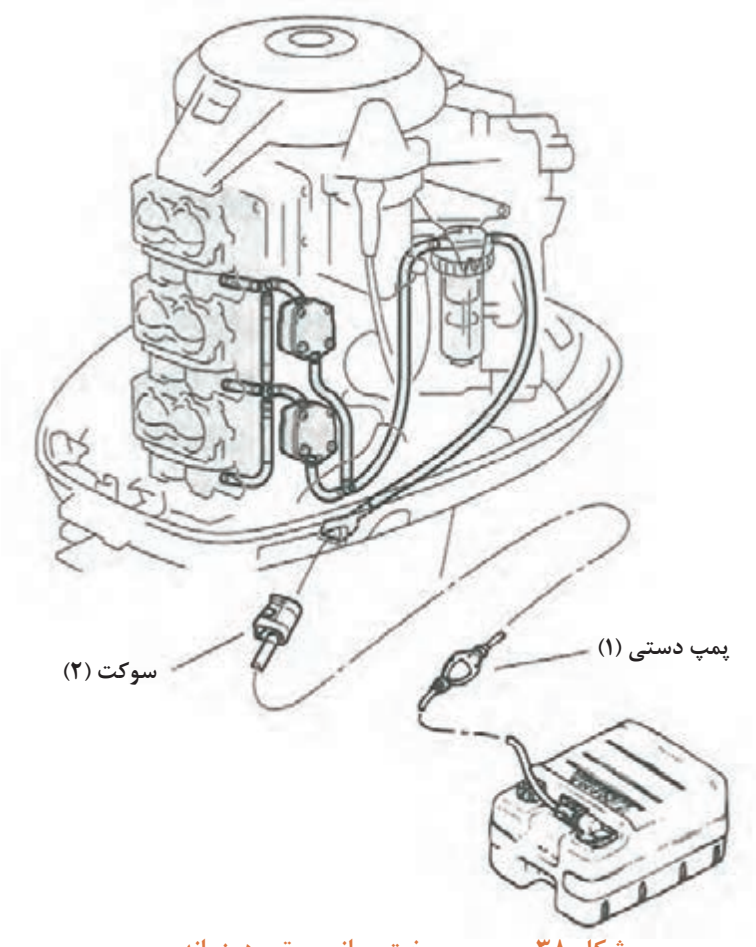
پمپ اولیه سوخت: این قطعه وظیفه هواگیری سیستم سوخت‌رسانی، برای راحت‌تر روشن شدن موتور را به عهده دارد.

هواگیری سیستم سوخت: برای اینکه موتور هنگام استارت به‌راحتی روشن شود، نیاز به هواگیری سیستم سوخت است.

برای هواگیری سیستم سوخت‌رسانی مراحل زیر را به ترتیب دنبال کنید:

۱ از وجود بنزین در باک مطمئن شوید.

۲ اتصالات سوخت، مخصوصاً سوکت‌های بنزین (۲) را کاملاً چک نمایید تا درست و صحیح متّصل شده باشند.



شکل ۳۸ـ مسیر سوخت‌رسانی موتور دوزمانه

۳ پمپ دستی (۱) را در کف دست قرار داده و به‌وسیله انگشتان، آنها را جمع کرده و رها سازید.

۴ عمل پمپ کردن را تا زمانی که پمپ دستی سفت شود ادامه دهید.

۵ بهتر است در این مرحله مسیر سوخت‌رسانی را ازلحاظ نشتی سوخت مورد بازدید قرار دهید.

شکل ۳۹ـ صافی بنزین

صافی بنزین

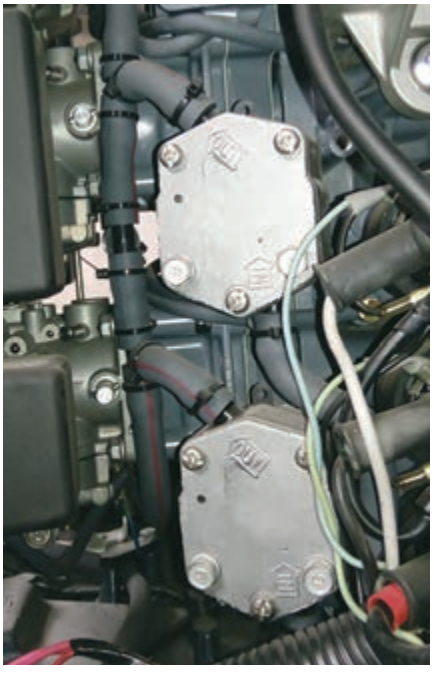
جداسازی آب و آشغال از بنزین به عهده این قطعه است.

نکته نگه‌داری

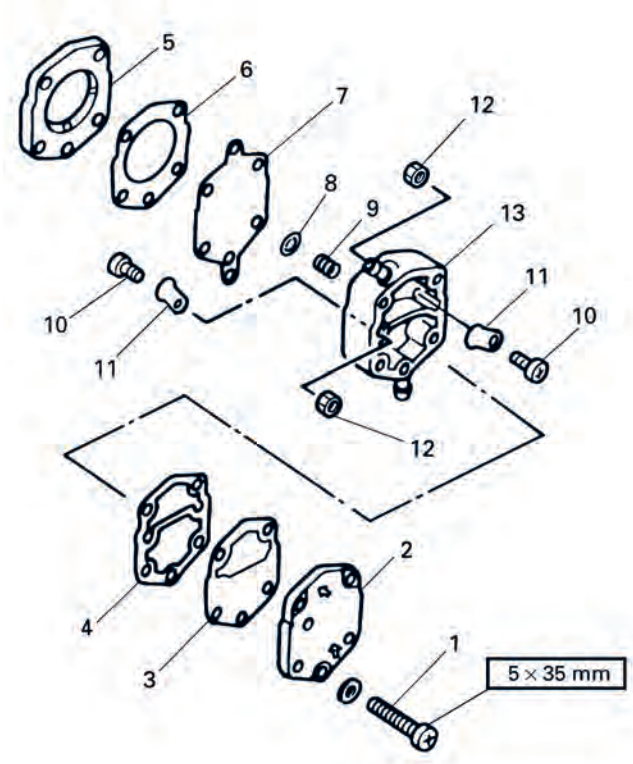
قبل از هر دریانوردی صافی را بررسی نمایید و در صورت کثیف بودن آن را تمیز کنید.

پمپ سوخت

این پمپ از نوع پمپ‌های حجم متغیر یا دیافراگمی است که با فشار زیر پیستون عمل کرده و وظیفه دارد تا سوخت را از باک مکش و به کاربراتور ارسال نماید. تعداد این پمپ‌ها برای موتورهای با قدرت پایین یک عدد و برای موتورهای با توان بالاتر دو عدد است.



شکل ۴۰ـ پمپ‌های سوخت



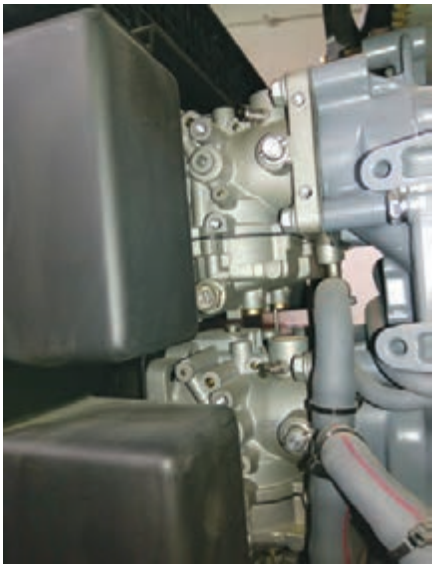
شکل ۴۱ـ اجزای تشکیل‌دهنده پمپ سوخت

نکته نگه‌داری

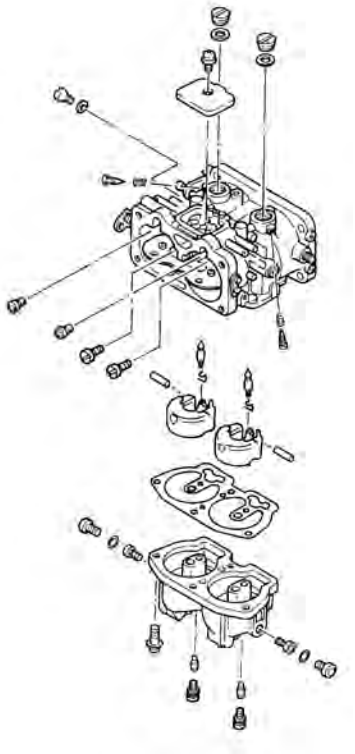
درصورت کج شدن سوپاپ‌های فنری ۱۱ و پاره شدن دیافراگم ۷ ، باید آن ها را تعویض کرد.

کاربراتور

وظیفه کاربراتور اختلاط سوخت و هوا به نسبت ۱ به ۱۵است.
در موتورهای دریایی، با سیلندر V شکل به ازای هر دو سیلندر یک کاربراتور قرار دارد.



شکل ۴۲ـ کاربراتور



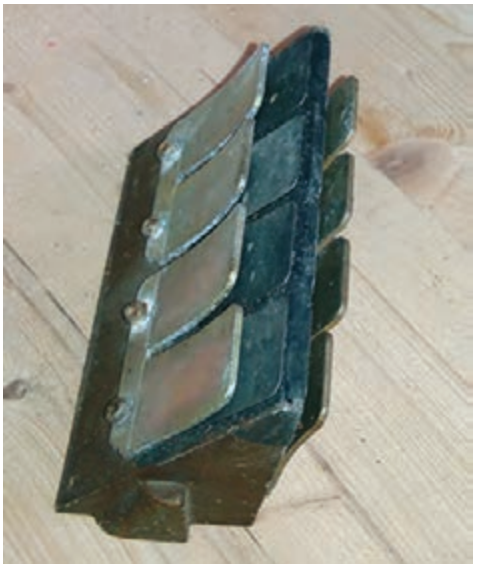
شکل ۴۳ـ اجزای تشکیل‌دهنده کاربراتور

سوپاپ‌های زبانه‌ای (شانه بنزین)

این قطعه که بعد از کاربراتور و در ابتدای مانی‌فولد هوا قرار می‌گیرد وظیفه دارد تا مانع از خروج سوخت از فضای میل‌لنگ شود.

نکته تعمیراتی

درصورتی‌که سوپاپ‌ها در اثر کارکرد بیش از ۲ میلی‌متر کج شوند، باید تعویض گردند.



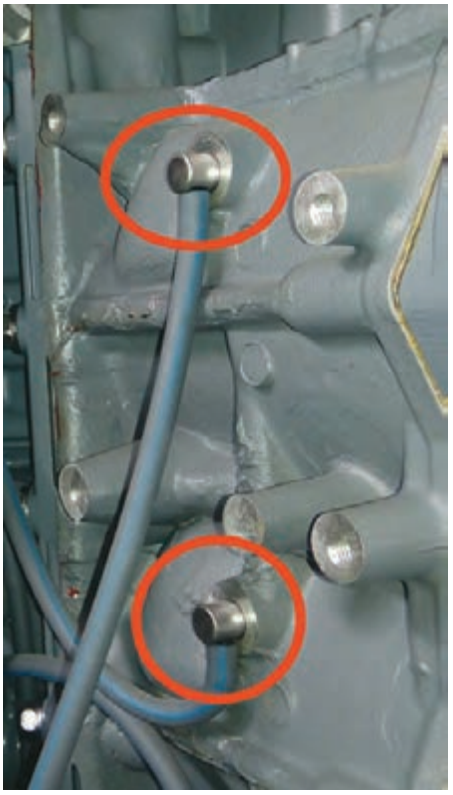
شکل ۴۴ـ سوپاپ‌های یک‌طرفه

فعالیت کارگاهی

با حضور در کارگاه، سیستم سوخت‌رسانی موتور دوزمانه را مورد بررسی قرار داده و قطعات آن را باز نمایید.

سیستم روغن‌کاری

در موتورهای دوزمانه برای روغن‌کاری قطعات با توجه به سوراخ بودن دیواره سیلندر نمی‌توان از سیستم روغن‌کاری بسته مثل موتورهای چهارزمانه استفاده کرد، به همین دلیل روغن و سوخت به نسبت مناسب باهم مخلوط می‌شوند. در بعضی از موتورها اختلاط سوخت و روغن، خودکار و در برخی دیگر از موتورها به‌صورت دستی انجام می‌گیرد.



شکل ۴۵ـ سوپاپ‌های یک‌طرفه روغن

سوپاپ‌های یک‌طرفه روغن: با توجه به این‌که مقداری از روغن عبوری، به سوپاپ‌های زبانه‌ای می‌چسبد، به همین خاطر برای انتقال این مقدار از روغن به داخل سیلندر از سوپاپ‌های یک‌طرفه روغن استفاده می‌شود تا روغن‌کاری موتور کامل شود. حرکت پیستون به سمت پایین (میل‌لنگ) عامل ایجاد جریان روغن از قسمت سوپاپ‌های زبانه‌ای به داخل سیلندر است.

نکته نگه‌داری

قبل از هر دریانوردی، سوپاپ‌های روغن را به کمک فشار هوا آزمایش نمایید تا در صورت خرابی تعویض گردند. (مسیر به سمت سوپاپ بسته و به سمت بیرون باز است که با هوای داخل ریه می‌توان آزمایش را انجام داد).

نکته نگه‌داری

ـ مقدار اختلاط بنزین با روغن

در زمان آب‌بندی: ۲۵ لیتر بنزین با ۱ لیتر روغن دوزمانه دریایی

در زمان عادی: ۵۰ لیتر بنزین با ۱ لیتر روغن دوزمانه دریایی

ارزشیابی مرحله‌ای

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
۱	بررسی سامانه‌های موتور دو زمانه	موتور دو زمانه موجود در کارگاه	بالاتر از حد انتظار	۱ـ بررسی سامانه سوخت‌رسانی ۲ـ بررسی سامانه روان‌کاری ۳ـ بررسی سامانه‌های جرقه و خنک‌کاری هنر جو توانایی بررسی همه شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱ـ بررسی سامانه سوخت رسانی ۲ـ بررسی سامانه روان‌کاری ۳ـ بررسی سامانه‌های جرقه و خنک‌کاری هنرجو توانایی بررسی دو مورد از شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱ـ بررسی سامانه سوخت‌رسانی ۲ـ بررسی سامانه روان‌کاری ۳ـ بررسی سامانه‌های جرقه و خنک‌کاری هنرجو توانایی بررسی یک مورد از شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۱

ابتکار مین دریایی راه‌حل جنگ نفت‌کش‌ها

عراق در حدود ۳ سال بعد از عملیات مروارید تقریباً هیچ تحرک نظامی در صحنه خلیج‌فارس نداشت. ارتش عراق با پذیرش ضعف خود و برای فرار از این بن‌بست به وجود آمده با کمک ابرقدرت‌ها تغییر تاکتیک داد و اقدام به دریافت هواپیماهای سوپراستاندارد و بالگردهای سوپرفرلون مجهز به موشک اگزوست از فرانسه و همچنین دریافت موشک‌های ساحل به دریای کرم ابریشم از چین نمود تا توسط آنها راه‌های دریایی ایران را با خطر مواجه سازد.

حملات عراق به تأسیسات نفتی و نفت‌کش‌هایی که حتی ملیت ایرانی نداشتند موجب کاهش صادرات نفت ایران شده بود. این حملات هزینه تولید و صدور نفت ایران را نیز افزایش داده بود، حتی به دلیل ناامنی‌های خلیج‌فارس ایران مجبور به فروش نفت به زیر قیمت بود.

شهید نادر مهدوی

از طرفی، نیروهای آمریکایی به بهانه‌های مختلف و با انجام تبلیغات فریبنده و مستمسک قرار دادن حفظ امنیت دریایی در منطقه خلیج‌فارس، حملات نظامی خود را علیه جمهوری اسلامی ایران آغاز کردند.

ابتکار ایران در مقابله با تجهیزات پیشرفته ناامن کردن خلیج‌فارس برای متحدان عراق با استفاده از قایق‌های تندرو، مین‌ریزی و موشک‌های ساحل به دریا در کنار توان کلاسیک نیروی دریایی ارتش و البته هوانیروز بود.

آمریکا برای اطمینان دادن به صدام و کمپانی‌های طرف قرارداد نفت عراق، با تبلیغات گسترده همپایی تانکرهای حامل نفت عراق را بر عهده گرفت. ایران با طرحی دقیق با استفاده از مین‌های شناور و قایق‌های تندرو در مقابل چشمان جهانیان قدرت همپایی آمریکا را به سخره گرفت و ضربه سختی به نفت‌کش «بریجتون» وارد کرد، به‌طوری‌که حفره ۴۳ متر مربّع در بدنه آن ایجاد گردید. درنهایت سه ناو آمریکایی برای در امان ماندن از آسیب، پشت نفت‌کش مذکور تغییر آرایش دادند.

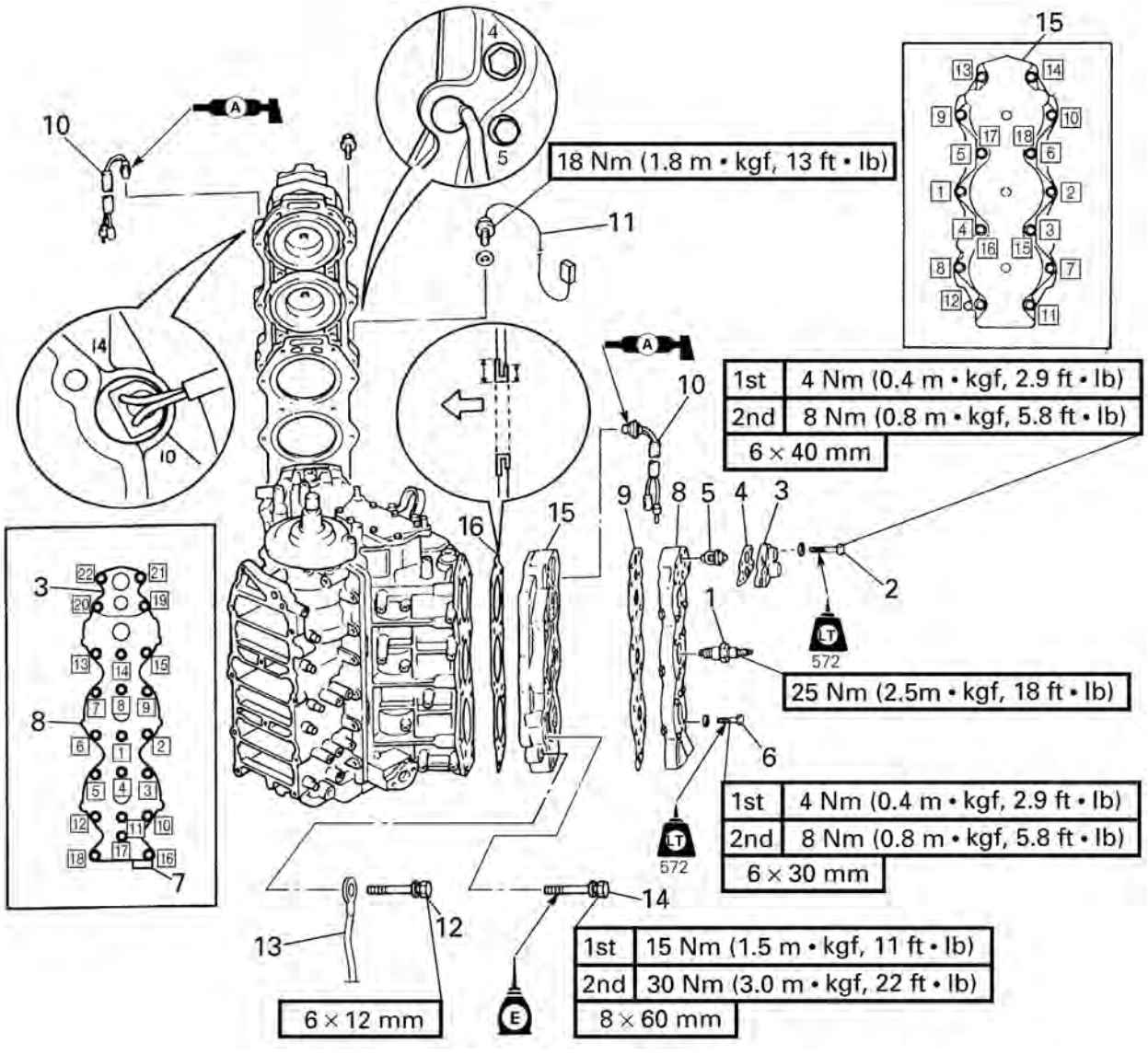
شهید نادر مهدوی یکی از شهدای مقابله مستقیم دریایی ایران و آمریکا است. یکی از طرحهای ابتکارات ایشان جهت بالا رفتن سریع از سکوها، پلّه‌های آلومینیمیِ سبک، تاشو و قابل‌حمل بود.

بعدازاین وقایع سیاست‌های بومی‌سازی ساخت تسلیحات دریایی نیز پیگیری شد؛ زیردریایی‌های کلاس نهنگ و غدیر، شناورهای تندرو موشک‌انداز، اژدر فوق‌سریع حوت، ناوشکن کلاس جماران و ناو محافظ کلاس موج ازجمله مواردی هستند که حاصل تلاش متخصصان کشورمان در عرصه تولید تسلیحات دریایی است.

باز و بست موتورهای دوزمانه

فعالیت کارگاهی

با حضور در کارگاه و به کمک فیلم باز و بست موتور و تصاویری که در ادامه می‌آید موتور دوزمانه موجود را باز و پس از شستشو و اندازه‌گیری قطعات، مجدداً ببندید.

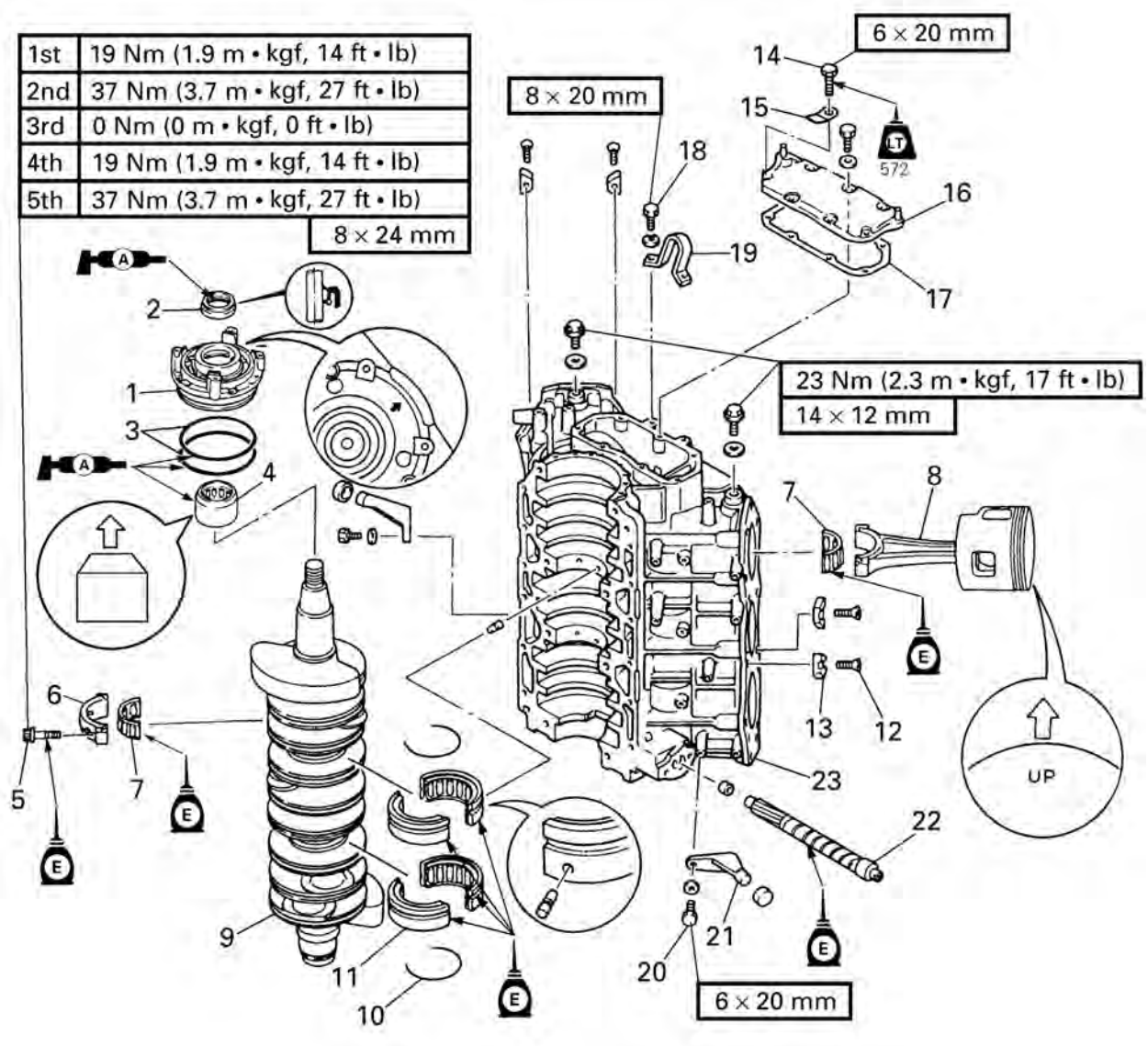


شکل ۴۶ـ روش باز کردن پیچ‌های سر سیلندر

بحث‌کلاسی

با توجه به شکل ۴۶ جدول زیر را کامل کنید.

ردیف	انگلیسی	تعداد	فارسی
	Spark plug cap		
۱	Spark plug	۶	
۲	Bolt	۸	
۳	Thermostat Cover	۲	
۴	Gasket	۲	
۵	Thermostat	۲	
۶	Bolt	۳۶	
۷	Clamp	۱	
۸	Cylinder head cover	۲	
۹	Gasket	۲	
۱۰	Thermo switch	۲	
۱۱	Engine cooling water temperature sensor	۱	
۱۲	Ground lead	۲	
۱۳	Bolt	۲۸	
۱۴	Cylinder head	۲	
۱۵	Gasket	۲	



شکل ۴۷ــ تصویر بازشده میل‌لنگ و متعلقات

بحث کلاسی

با توجه به شکل ۴۷ جدول زیر را کامل کنید.

ردیف	انگلیسی	تعداد	فارسی
	Clinder heads		
	Crankcase		
۱	Upper bearing housing	۱	
۲	Oil seal	۱	
۳	O-ring	۲	
۴	Needle bearing	۱	
۵	Connecting rod bolt	۱۲	
۶	Connecting rod cap	۶	
۷	Big-end bearing	۶	
۸	Piston/connecting rod assembly	۶	
۹	Crankshaft assembly	۱	
۱۰	Clip	۲	
۱۱	Main journal bearing	۲	
۱۲	Screw	۸	
۱۳	Anode	۸	
۱۴	Bolt	۷	
۱۵	Lead Holder	۱	
۱۶	Cylinder cover	۱	
۱۷	Gasket	۱	
۱۸	Bolt	۲	
۱۹	Engine hanger	۱	
۲۰	Bolt	۴	
۲۱	Damper bracket	۲	
۲۲	Oil pump driven gear	۱	
۲۳	Cylinder body	۱	

عیب‌یابی: در این بخش، سعی شده است تمام عیوب متداول موتورهای چهارزمانه و دوزمانه به همراه مراحل برطرف کردن آنها ذکر گردد. در صورت نامفهوم بودن هر عیب یا هر یک از دلایل آن، از هنرآموز بخواهید تا برایتان شرح دهد.

عیب‌یابی موتورهای چهارزمانه

نوع عیب	دلایل
موتور با استارت کردن روشن نمی‌شود.	ـ موتور حالت دنده است. ـ کلید مخفی متصل نشده است. ـ دور موتور کافی نیست (باطری شارژ ندارد، شل بودن اتصالات باطری، ضعیف شدن استارتر، خرابی رله استارتر) ـ خرابی پمپ سوخت فشار بالا. ـ خرابی حسگر دمای موتور. ـ خرابی حسگر فشار روغن. ـ خرابی واحد کنترل.
موتور پس از چند دقیقه خاموش می‌شود.	ـ سوختن فیوز اصلی و یا فیوز قطعات ـ گرفتگی مسیر سوخت ـ خرابی پمپ فشار بالا
بدکار کردن موتور.	ـ ایراد در برخی از واحدهای جرقه ـ ایراد در برخی از انژکتورها ـ خرابی حسگر میل بادامک ـ اشکال در حسگر موقعیت میل‌لنگ ـ خرابی واحد کنترل
بالا بودن غیرطبیعی دور موتور.	ـ باز بودن بیش‌ازحد دریچه گاز ـ نشتی مانی فولد هوا ـ خرابی حسگر دمای موتور ـ خرابی پتانسیومتر ـ خرابی کابل گاز
بالا نرفتن دور موتور.	ـ خرابی پمپ فشار بالا ـ خرابی رگلاتور فشار ـ خرابی دریچه گاز ـ خرابی پتانسیومتر ـ خرابی حسگر فشار روغن ـ افت فشار روغن خرابی حس‌گـر دمای موتور ـ داغ شدن موتور ـ خرابی حسگر دور موتور ـ خرابی سیستم CVVT ـ ضعیف شدن رینگ‌ها
خاموش شدن موتور.	سوختن فیوز اصلی یا برخی از فیوزهای قطعات ـ قطع سوخت ـ خرابی حسگر دور موتور ـ خرابی حسگر فشار روغن ـ افت فشار روغن

ریپ زدن موتور:	ـ گرفتگی مسیر سوخت‌رسانی یا نشت سوخت ـ خرابی پمپ فشار پایین
داغ کردن موتور.	ـ ایراد در سیستم خنک کاری ـ ایجاد ناک ـ خرابی رینگ‌ها یا سیلندر ـ خرابی واشر سر سیلندر
افزایش مصرف سوخت.	ـ خرابی تعدادی از انژکتورها ـ خرابی حسگر میل بادامک ـ خرابی حسگرهای دما و فشار هوای ورودی و موقعیت دریچه گاز ـ خرابی رگلاتور فشار
افزایش مقدار روغن.	ـ خرابی در سیستم جرقه (کویل یا شمع) ـ خرابی تعدادی از انژکتورها

عیب‌یابی موتورهای دوزمانه

نوع عیب	دلایل
موتور استارت نمی‌خورد یا استارتر با چرخ طیار درگیر نمی‌شود و یا موتور با استارت کردن به‌آرامی دور می‌زند.	ـ سوختن فیوز اصلی ـ باطری شارژ خالی کرده ـ ایراد در کابل‌های باطری و یا اتصالات ـ خرابی رله استارتر ـ سوختن استارتر ـ خرابی سوییچ ـ پیستون و سیلندر را مورد بررسی قرار دهید.
موتور دور می‌زند ولی روشن نمی‌شود.	ـ متصل نبودن کلید مخفی ـ درگیر بودن دنده ـ هواگیری نشدن سیستم سوخت ـ خفه کردن موتور ـ شکستگی خار چرخ طیار
موتور خاموش می‌شود.	ـ گرفتگی مسیر سوخت‌رسانی ـ خرابی پمپ سوخت ـ گرفتگی در کاربراتور
لرزش موتور.	ـ شل بودن پیچ‌های موتور به بدنه ـ خرابی تعدادی از شمع و یا کوئل‌ها ـ خرابی کاربراتور ـ خرابی پروانه
خروج بنزین از کاربراتور.	ـ ایراد در شناور و سوزن کاربراتور مربوطه

بالا نرفتن دور موتور.	ـ سنگین بودن بیش‌ازحد شناور ـ خزه داشتن زیر شناور ـ گرفتگی مسیر سوخت‌رسانی ـ خرابی پمپ سوخت ـ گرفتگی کاربراتور ـ تنظیم نبودن سیستم جرقه ـ ضعیف شدن رینگ و سیلندر ـ ضعیف شدن سوپاپ‌های یک‌طرفه
کم‌وزیاد شدن دور موتور (ریپ زدن).	ـ گرفتگی مسیر سوخت‌رسانی ـ خرابی پمپ سوخت ـ ایراد در کاربراتور
دور موتور بالا می‌رود اما شناور به حالت اسکی(روان در آب) نمی‌رود.	ـ سنگین بودن یا خزه داشتن شناور ـ خرابی بوش پروانه
موتور داغ می‌کند.	ـ گرفتگی مسیر خنک کاری ـ خرابی پروانه پمپ آب‌شور

ارزشیابی مرحله‌ای

عنوان پودمان فصل	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
نگهداری و تعمیر موتور بنزینی دریایی	بررسی سامانه‌های موتور دو و چهار زمانه	توانایی بررسی سامانه‌های موتور دو و چهار زمانه	بالاتر از حد انتظار	۱ـ توانایی باز و بست موتور دوزمانه ۲ـ بررسی عیوب موتورهای چهار زمانه ۳ـ بررسی عیوب موتورهای دو زمانه هنرجو توانایی بررسی همه شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱ـ توانایی باز و بست موتور دوزمانه ۲ـ بررسی عیوب موتورهای چهار زمانه ۳ـ بررسی عیوب موتورهای دو زمانه هنرجو توانایی بررسی دو مورد از شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱ـ توانایی باز و بست موتور دوزمانه ۲ـ بررسی عیوب موتورهای چهار زمانه ۳ـ بررسی عیوب موتورهای دو زمانه هنر جو توانایی بررسی یک مورد از شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۱
نمرهٔ مستمر از ۵					
نمرهٔ شایستگی پودمان از ۳					
نمرهٔ پودمان از ۲۰					

۱ـ شرح کار:

نگهداری و تعمیر موتورهای بنزینی

۲ـ استاندارد عملکرد:

هنرجویان باید نگهداری صحیح از موتور را انجام داده ، قطعات موتور را بشناسند همچنین در مواقع لازم موتور را عیب‌یابی نموده و بتوانند تعمیرات لازم را انجام دهند.

شاخص‌ها:

ـ شناسایی قطعات موتور

ـ نگهداری، قطعه شناسی، عیب‌یابی و تعمیرات موتور

۳ـ شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: کارگاه موتور

ابزار و تجهیزات: ابزار عمومی و تخصصی تعمیرات و تجهیزات ایمنی

۴ـ معیار شایستگی:

ردیف	مرحلهٔ کار	حداقل نمرهٔ قبولی از ۳	نمرهٔ هنرجو
۱	شناسایی قطعات موتورهای بنزینی	۲	
۲	نگهداری صحیح موتورهای بنزینی	۲	
۳	عیب‌یابی موتورهای بنزینی	۱	
۴	تعمیرات (باز و بست) موتورهای بنزینی	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی، و... ۱ـ استفاده از لباس مناسب کار در کارگاه ۲ـ استفاده صحیح و مناسب از ابزار و تجهیزات کارگاه ۳ـ رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها، ۴ـ دقت و تمرکز در اجرای کار، ۵ـ شایستگی تفکر و یاد گیری مادام العمر، ۶ـ رعایت اصول و مبانی اخلاق حرفه‌ای،	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۳ است.

پودمان ۳

نگهداری و تعمیر توربین بخار و گاز

واحد یادگیری ۳

نگهداری و تعمیر توربین بخار و گاز

آیا تاکنون پی برده‌اید:

- مراحل کار توربین بخار چیست؟
- چگونه سوخت و روغن مورد استفاده در صنایع دریایی از مواد نامطلوب پاک‌سازی می‌شوند؟
- در کشتی‌ها می‌توان از توربین گاز به‌عنوان نیروی محرکه استفاده کرد؟
- مراحل کار توربین گاز پیوسته می‌باشد؟

استاندارد عملکرد

هنرجو باید بتواند عملکرد دیگ بخار، عملکرد توربین بخار دریایی و توربین گاز را بررسی نماید.

نگه‌داری و تعمیر دیگ‌های بخار

در عصر جدید کاهش هزینه سیستم‌هایی که راندمان بالایی دارند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد سیستم‌های مولد بخار از جمله دستگاه‌هایی هستند که دارای راندمان بالایی بوده و به‌همین جهت بسیار مورد استفاده واقع شده‌اند. سیستم‌های محرک شناورها، نیروگاه‌های برق و پالایشگاه‌ها از عمده مصرف‌کنندگان این حوزه می‌باشند.

مولد بخار یا دیگ بخار به دستگاه یا محفظهٔ بسته‌ای اطلاق می‌شود که در آن بخار آب با فشار بیشتر از فشار هوای خارج تولید می‌گردد. این بخار می‌تواند برای چرخاندن توربین یا گرم کردن برخی کوره‌ها استفاده شود.

سیکل بخار

استفاده از بخار برای نیروی محرکه کشتی بسیار مناسب و قابل اطمینان است؛ به طوری که هنوز بهترین روش برای حرکت کشتی‌های جنگیِ بزرگ و زیردریایی‌های سنگین است. برخی از کشتی‌های بازرگانی نیز از نیروی محرکه بخار استفاده می‌کنند. شبکه‌ای که از بخار برای تأمین تحرک کشتی استفاده می‌کند، به مدار بخار اصلی معروف است. این مدار دارای چهار مرحله است :

۱ مرحله تولید؛

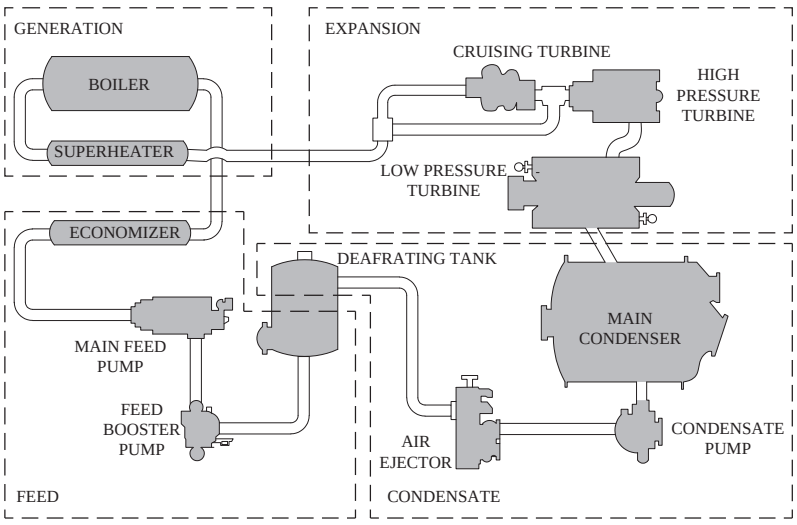
۲ مرحله انبساط؛

۳ مرحله تقطیر(انقباض)؛

۴ مرحله تغذیه.

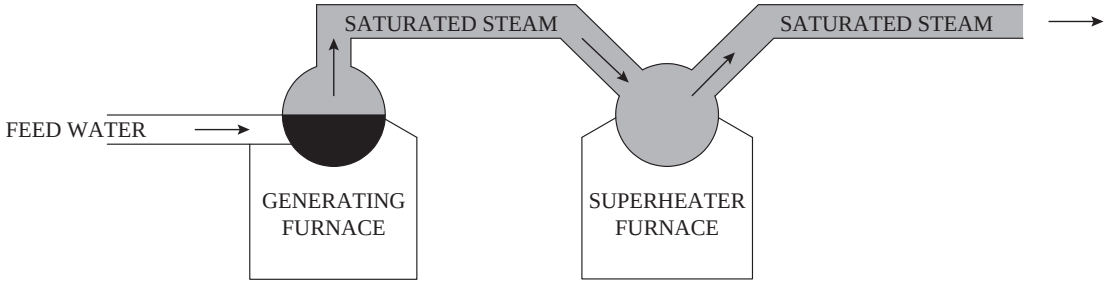
مرحله تولید بخار (steam generation)

جهت تولید بخار در مرحله اول نیاز به گرم کردن آب تا نقطه جوش آن می‌باشد و سپس با اضافه نمودن گرمای کافی تغییر فاز صورت می‌گیرد (آب جوش به بخار تبدیل می‌گردد). مقدار گرمای مورد نیاز جهت تبدیل آب جوش به بخار (در دمای معین و فشار ثابت) را اصطلاحاً گرمای نهان تبخیر می‌نامند. در مواقعی که بخار در اثر فرایند تقطیر از فاز بخار به فاز مایع تبدیل می‌گردد مقداری گرما از دست می‌دهد که این میزان گرما با مقدار گرمای نهان تبخیر برابر می‌باشد و به این مقدار گرما، اصطلاحاً گرمای نهان تقطیر گفته می‌شود. (در شکل ۱، نواحی مختلف به وسیله نقطه چین مشخص گردیده است).



شکل۱ـ سیکل بخار اصلی

در دیگ‌های بخار ظرف بسته‌ای به شکل استوانه (steam drum) می‌باشد که به آن استوانه بخار می‌گویند. در این ظرف بسته که در قسمت فوقانی دیگ بخار استقرار دارد آب و بخار اشباع در آن موجود می‌باشد. بخار موجود در استوانه بخار به بخار تر یا اشباع (saturated- steam) معروف است.
بخارِ تر در مصارف عمومی‌کشتی جهت استفاده دستگاه‌های فرعی مورد استعمال قرار می‌گیرد و همچنین در انواعَ آبگرمکن‌های بخاری از قبیل گرم‌کننده سوخت، روغن استفاده می‌گردد.
مادامی‌که بخار در مجاورت آب جوش در استوانه باشد امکان افزایش دمای بخار میسر نمی‌باشد. ولی در شرایطی می‌توان دمای بخار تر را افزایش داد. روش انجام آن در صورتی امکان پذیر است که بخار منشعب از استوانه بخار را به‌ظرف دیگری منتقل کرد و به‌وسیله گرما، دمای آن را افزایش داد (شکل۲). به بخار تولید شده از این روش، بخار خشک (superheated steam) می‌گویند. (در فشار ثابت، بخاری که دمای بخار اشباع مربوط به همان فشار باشد به آن، بخار خشک می‌گویند.)



شکل ۲ـ دیگ بخار اشباع و کوره خشک (روش تولید بخار خشک)

برخی از کشتی‌های جنگی که دارای تحرک از نوع بخاری هستند، از بخار خشک بهره می‌برند. استفاده از بخار خشک در سیستم‌های متحرک دارای مزایای متعددی در مقایسه با استعمال بخارتر می‌باشند. استفاده از بخار خشک (superheated steam) سبب کاهش خوردگی و پوسیدگی سیستم لوله‌کشی و ماشین‌آلات موجود در کشتی گردیده و همچنین با توجه به اینکه انتقال حرارت از طریق بخار خشک به جداره لوله‌ها کاهش می‌پذیرد، در نتیجه اتلاف گرمایی کمتری حادث می‌گردد. به طور کلی استفاده از بخار خشک (superheated) در افزایش راندمان کلی سیکل نقش بسزایی دارا می‌باشد و با توجه به افزایش راندمان، کاهش مصرف سوخت، فضا و همچنین وزن تجهیزات را درپی خواهد داشت. از آنجا که اغلب دستگاه‌های فرعی در کشتی از بخار اشباع استفاده می‌نمایند، لزوم وجود بخار اشباع و همچنین بخار خشک امری اجتناب ناپذیر است و لازم است که دیگ‌های بخار موجود در کشتی همزمان بخار خشک و بخار تر را تولید نمایند.
مرحله انبساط (Expansion): بخش انبساط در سیکل اصلی بخار قسمتی از سیکل می‌باشد که بخار خشک منشعب از دیگ بخار توسط سیستم لوله‌کشی به توربین‌های اصلی منتقل و پس از گذر از توربین‌های محرکه اصلی به کندانسر اصلی تخلیه می‌گردد و در طول این فرایند بخشی از انرژی حرارتی ذخیره شده در بخار خشک پس از عبور از توربین‌های محرکه اصلی به انرژی مکانیکی جهت چرخش روتور توربین تبدیل می‌گردد.

توجه

باید در نظر داشت که بخار خشک با فشار و دمای بالا پس از گذر از توربین‌های اصلی با از دست دادن انرژی حرارتی در توربین‌ها تبدیل به بخار خروجی می‌گردد، که دارای فشار و حرارت پایین می‌باشد.

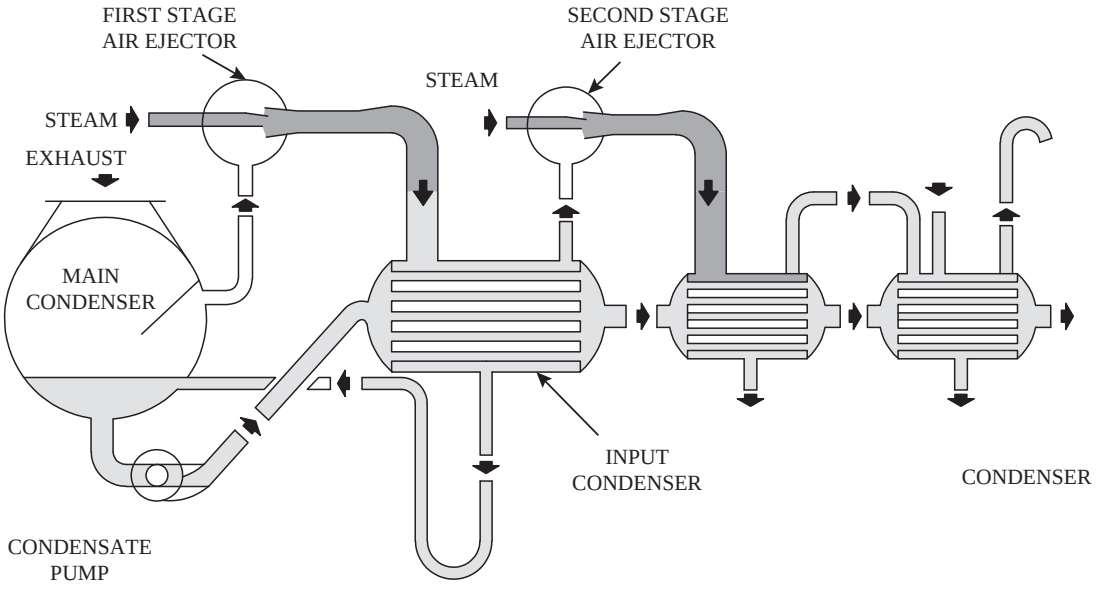
توربین‌های اصلی شامل توربین بخار فشار بالا (High Pressure)، توربین بخار فشار کم (Low Pressure) و توربین بخار از نوع گشت زنی (Crussing) می‌باشند. جریان بخار خشک ممکن است پس از گذر از توربین گشت زنی وارد توربین فشار قوی و بعد از آن وارد توربین فشار کم صورت پذیرد و یا بدون عبور از توربین گشت زنی مستقیماً وارد توربین اصلی (فشار زیاد) گردد و از آنجا به توربین فشار کم جریان یابد. بعضی از سیستم‌های متحرک بخاری ممکن است فاقد توربین گشت‌زنی باشند.

مرحله تقطیر (Condensation) : نظر به اینکه هر کشتی که دارای تحرک از نوع سیستم رانش بخاری می‌باشد بایستی به میزان کافی آب تغذیه برای مصارف دیگ‌های بخار تولید نماید و با عنایت به اینکه سیستم رانش بایستی تا حدامکان دارای راندمان مطلوبی باشد، استفاده مجدد آب تغذیه بگونهٔ متوالی و مداوم بایستی در طراحی سیکل تحرک دیده شود. زمانی که بخار از خروجی توربین بخار فشار کم خارج می‌گردد وارد ظرفی به نام کندانسر (چگالنده) می‌گردد.

سیستم تغذیه بخشی از سیکل بخار اصلی می‌باشد، بخار خروجی توربین فشار کم پس از ورود به دستگاه کندانسرتغییر فاز داده و به آب تغذیه تبدیل می‌گردد و از آنجا پس از طی مراحل آماده‌سازی به آب تغذیه تبدیل می‌گردد و راهی دیگ بخار می‌گردد.

تجهیزات متعدد سیستم کندانسیت به ترتیب متوالی پس از توربین بخار فشارکم عبارت‌اند از :

۱ کندانسر اصلی ۲ پمپ کندانسیت ۳ دستگاه اجکتور هوا



شکل ۳ـ جریان بخار هوای کندانسیت در مجموعه دستگاه اجکتور هوا.

مرحله تغذیه (Feed) : مخزن هوا زدا در بعضی از مواقع بین سیستم کندانسیت و آب تغذیه درنظر گرفته می‌شود. وظایف اصلی این مخزن عبارت‌اند از :

۱ آزادسازی اکسیژن محلول و هوا از آب کندانسیت

۲ گرم کردن آب به اندازه مورد نیاز

۳ عمل نمودن به‌عنوان منبع ذخیره‌سازی آب برای مواقعی که نیاز شدید و فوری به آب تغذیه می‌باشد. (در مواقعی که سرعت کشتی ناگهانی افزایش می‌یابد) و یا نقش جذب‌کننده در شرایط افزایش ناگهانی سطح و یا کاهش آب کندانسیت را به‌عهده دارد.

پس از ورود آب کندانسیت به مخزن هوا زدا، آب به وسیله افشانک‌های نصب شده به‌صورت مه پاش درآمده و به داخل بخش مخروطی (Dome) مخزن تحت تأثیر نیروی ثقل فرو می‌ریزد. از طرفی از طریق مسیر لوله کشی دیگر بخار خروجی وارد مخزن می‌گردد و پس از برخورد با مولکول‌های ریز آب کار جداسازی اکسیژن و هوا صورت می‌پذیرد و آب کندانسیت که درحال حاضر فاقد هرگونه اکسیژن و هوا می‌باشد تحت تأثیر نیروی ثقل به قسمت تحتانی مخزن ریزش می‌نماید و هم زمان اکسیژن و هوا از طریق لوله متصل در قسمت فوقانی مخزن تخلیه می‌گردد.

پمپ بوستر از طریق لوله مکش از تانک مزبور، آب تغذیه را با فشار ثابت به قسمت ورودی پمپ تغذیه ارسال می‌کند و سپس پمپ تغذیه آب تغذیه را با فشار بالا به سیستم لوله کشی آب تغذیه ارسال می‌نماید. ناحیه (D) در شکل (۱) مسیر آب از مخزن هوازدا تا اکونومایزر را نمایش می‌دهد.

معمولاً فشار خروجی آب تغذیه ۱۵۰ psi بیشتر از فشار کاری دیگ بخار می‌باشد. به‌طور مثال فشار خروجی پمپ تغذیه به‌دیگ بخاری که دارای ۶۰۰ psi فشار کارکرد می‌باشد، معمولاً حدود ۷۵۰ psi می‌باشد. جهت کنترل آب ورودی به‌استوانهٔ بخار می‌توان از شیرهای قطع آب و شیر یک طرفه و یا توسط شیر تنظیم‌کننده سطح آب تغذیه دیگ بخار که به‌صورت اتوماتیک کار می‌کند استفاده نمود.

دستگاه اکونومایز برروی دیگ بخار سوار شده است، وظیفهٔ آن گرم کردن آب تغذیه قبل از ورود به استوانه بخار دیگ بخار می‌باشد (شکل۱). گازهای منشعب از محصول احتراق پس از طی مسیر از کوره در تماس با بخش خارجی لوله‌های اکونومایز قرار گرفته و بخشی از گرمای خود را جهت افزایش دمای آب تغذیه قبل از ورود به دیگ بخار، از دست می‌دهد. معمولاً دمای آب خروجی از اکونومایز در حدود ۱۰۰F فارنهایت بیشتر از آب ورودی بر این دستگاه می‌باشد.

سیکل فرعی بخار (Aux. steam. cycle)

همان‌طور که قبلاً به آن اشاره شد به غیر از بخار خشک (بخار سوپرهیت) بعضی از دستگاه‌های فرعی موجود در شناور نیاز به بخار تر (اشباع) دارند. بخش تولید سیکل بخار فرعی همانند سیکل بخار اصلی می‌باشد. تنها فرق موجود پس از تولید بخار تر توسط دیگ بخار، بخشی از بخار تر بدون گذر از دستگاه سوپرهیتر مستقیماً وارد سیکل بخار فرعی می‌گردد. پس می‌توان گفت که بخار فرعی همان بخار اشباع یا تر می‌باشدکه در آن خطوط لوله اصلی بخار فرعی را حمل می‌نماید و به دستگاه‌های فرعی انتقال می‌دهد.این خط اصلی دارای انشعاباتی است از قبیل خط انتقال بخار تر به دستگاه‌هایی از جمله پمپ‌های تغذیه، پمپ‌های بوستر، پمپهای کندانسیت، پمپهای روغن کاری و شیرهای کاهنده فشار بخار در شبکه بخار فرعی.

دیگ‌های بخار دریایی

کاربرد دیگ‌های بخار دریایی: دیگ بخار منبع گرما در مدار بخار نیروی محرکه بخار معمولی است. دیگ بخار باید از آب تغذیه که دارای انرژی کمی‌است، بخار یا فشار و حرارت زیاد تأمین کند. از اوایل قرن نوزدهم تاکنون دیگ‌های بخار برای تحرک کشتی‌ها به کار برده شده اند. دیگ‌های بخار طوری طراحی می‌شوند که از عهده انجام سه کار اساسی زیر برآیند :

۱ **احتراق:** سوزاندن سوخت حاوی ترکیبات هیدروژن و کربن با هوا، طوری که انرژی شیمیایی به انرژی گرمایی تبدیل شود.

۲ **انتقال گرما:** انتقال انرژی گرمایی از گازهای احتراق به آب تغذیه و بخار.

۳ **چرخش:** چرخش آب تغذیه و بخار در داخل لوله‌ها و ظروف دیگ بخار، طوری که انتقال گرما به‌نحوی مؤثر انجام شده و همزمان ایمنی دیگ نیز حفظ شود.

هرسه عمل یاد شده در مرحله تولید در دیگ بخار اصلی نیروی محرکه بخار انجام می‌شود. دیگ‌های بخار برای تولید نیروی بخار دو نوع بخار تأمین می‌کنند:

۱ بخار داغ یا بخار خشک.

۲ بخاری دی سوپرهیت

بخار دی سوپرهیت برای رانش برخی از پمپ‌ها و مصارف دیگر کشتی لازم است. بخار دی سوپرهیت دمایی کمتر از بخار خشک دارد و درجه آن تقریباً برابر با درجه حرارت بخار آب اشباع در همان فشار می‌باشد.

دیگ بخار دارای شبکه‌های متعددی از لوله‌های مختلف است.در لوله‌های تولید که باریک تر از سایر لوله‌ها است، آنقدر گرما به آب تغذیه منتقل می‌شود تا آب تبدیل به بخار شود. این بخار و آب مجاور آن دارای شرایط اشباع هستند. بخار تولید شده از آب در داخل استوانهٔ بخار جدا شده و سپس به سوپرهیتر می‌رسد.

توجه

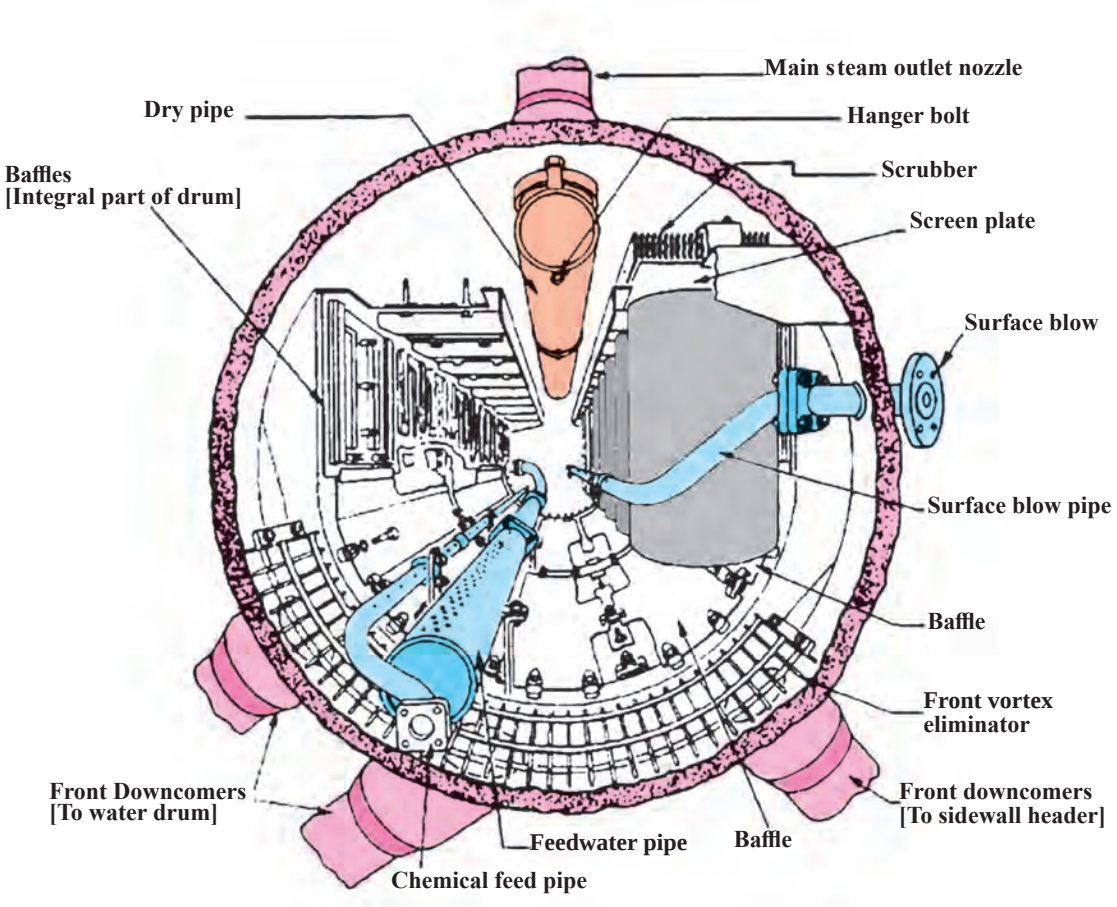
آب در حالت گاز به بخار یا بخار آب معروف است. مقادیر فشار و درجه حرارت در هنگام تبدیل آب به بخار، شرایط اشباع نام دارد.

استفاده از بخار خشک در چرخاندن توربین‌های اصلی این مزیت را دارد که رطوبت در قسمت‌های فشار کم توربین‌ها کاهش می‌یابد. این مزیت موجب افزایش عمر تجهیزات توربین می‌شود، زیرا رطوبت موجود در بخار باعث بروز خوردگی شیمیایی و خوردگی مکانیکی توربین می‌شود. در هر کشتی بخاری بخشی از بخار برای مصارف فرعی به‌کار می‌رود. درجه حرارت بخار فرعی کمتر از درجه حرارت بخار خشک است. نحوه تأمین بخار فرعی بدین صورت می‌باشد که بخشی از بخار خشک از یک مبدل حرارتی که دی سوپرهیتر نام دارد، عبور داده می‌شود. در دی سوپرهیتر مقداری از گرمای بخار جذب آب درون درام می‌شود. طوری که شرایط آن را شبیه بخار اشباع می‌کند. بخار فرعی نام دیگر بخار دی سوپرهیتر است. در کشتی بخاری، بخار فرعی (یا بخار دی سوپرهیتر) دارای شبکه لوله کشی مستقل از شبکه بخار اصلی است.

برخی از دیگ‌های بخار، یک یا چند درام‌آب دارند. البته همین دیگ‌ها ممکن است دارای یک یا چند هِدر هم باشند. به این نوع دیگ، دیگ بخار از نوع درام گفته می‌شود. بدین ترتیب نتیجه می‌گیریم که:

۱ دیگ بخار از نوع درام بایستی دارای یک یا چند هِدر باشد.

۲ دیگ بخار از نوع هِدر دارای درام آب نیست، اما بجای درام چند هدر دارد. در شکل(۴) تصاویری از دیگ‌های بخار از نوع درام و دیگ‌های بخار از نوع هِدر نشان داده شده است.



شکل ۴ـ اجزای داخل استوانه بخار

مراقبت از دیگ‌های بخار

۱ دیگ‌های بخار اعم از اینکه تغذیه سوخت آن‌ها به طور دستی یا خودکار باشد مادامی‌که در جریان بهره‌برداری هستند باید همواره تحت نظارت صحیح و مناسب قرار داشته باشند.

۲ کارکنان و متصدیان بهره‌برداری و مراقبت دیگ‌های بخار بایستی داری صلاحیت کافی و صاحب تجارب و معلومات فنی باشند.

۳ فقط کارکنان مأمور رسیدگی و تعمیر دیگ و کسانی که مستقیماً با قسمت تولید نیرو ارتباط دارند و اشخاصی که افراد مجاز و صلاحیت‌دار هستند حق ورود به دیگ خانه را دارند.

عوامل خطر آفرین در دیگ‌های بخار: بروز انفجار در دیگ‌های بخار به دلایل زیر است:

۱ عدم رسیدگی منظم به عملکرد صحیح سیستم‌های خودکار و کنترل دیگ‌های بخار، هر چند مطابق آیین نامه‌ها و استانداردهای بهره برداری از دیگ باشند. لازم است که سیستم‌های خودکار و کنترل، روی دیگ نصب گردند، گرچه این عمل نیاز به نظارت را به حداقل می‌رساند، مع الوصف امکان دارد به دلایل مختلف سیستم‌های کنترل فشار، سطح آب و... صحیح عمل نکنند.

۲ دستکاری کردن سیستم‌های فرمان مشعل، پمپ و... و تنظیم آن‌ها از طرف افرادی که تخصص لازم برای این کار را ندارند و آموزش‌های ویژه در این زمینه را ندیده اند.

۳ ریزش سوخت مایع و یا جمع شدن گاز در ناحیه کوره و محفظه برگشت و احتراق ناگهانی.
۴ کوتاهی و عدم دقت در آزمایش شیرهای اطمینان و کنترل کننده سطح آب.
۵ تشکیل رسوب روی کوره و سطوح حرارتی.
۶ خوردگی در ناحیه پوسته و سطوح حرارتی و عدم بازرسی دوره ای و ضخامت سنجی قسمت‌های تحت فشار.
۷ عدم استفاده از وسایل تصفیه و کنترل خوردگی آب.

فعالیت کارگاهی

یک دیگ بخار طراحی کنید که بخار آب را به‌ظرف سربستهٔ فلزی دیگر انتقال دهدو در آن ظرف تبدیل به مایع شود.

ارزشیابی مرحله‌ای

عنوان پودمان فصل	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
نگه‌داری و تعمیر توربین بخار و گاز	بررسی ونگه‌داری و تعمیر دیگ‌های بخار	نگه‌داری و تعمیر دیگ‌های بخار	بالاتر از حد انتظار	۱ـ عملکرد دیگ‌های بخار را بررسی کند. ۲ـ یک دیگ بخار ساده را بسازد و راه‌اندازی کند. ۳ـ نکات زیست محیطی در رابطه با نگهداری و تعمیر دیگ بخار را رعایت کند. *هنرجو توانایی انجام همهٔ شاخص‌ها را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱ـ عملکرد دیگ‌های بخار را بررسی کند. ۲ـ یک دیگ بخار ساده را بسازد و راه اندازی کند. ۳ـ نکات زیست‌محیطی در رابطه با نگهداری و تعمیر دیگ بخار را رعایت کند. *هنرجو توانایی انجام دو مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱ـ عملکرد دیگ‌های بخار را بررسی کند. ۲ـیک دیگ بخار ساده را بسازد و راه‌اندازی کند. ۳ـ نکات زیست محیطی در رابطه با نگهداری و تعمیر دیگ بخار را رعایت کند. *هنرجو توانایی انجام یک مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۱
نمرهٔ مستمر از ۵					
نمرهٔ شایستگی پودمان از ۳					
نمرهٔ پودمان از ۲۰					

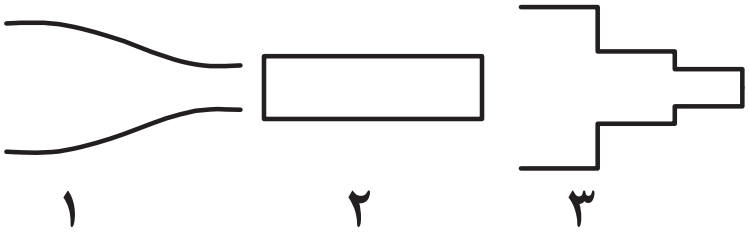
نگهداری و تعمیر توربین‌های بخاردریایی

توربین‌های بخار برای راندن کشتی‌ها و به‌حرکت درانداختن ماشین‌آلات کمکی مربوط به‌سیستم محرکه نظیر پمپ‌های روغن، پمپ‌های تقطیر، پمپ‌های سوخت، دمنده‌های فشار قوی و توربو ژنراتورهای کشتی‌ها به‌کار می‌روند. در این فصل درباره توربین‌های اصلی و کمکی از نظر اصول کار و جزییات اصلی طرح آنها به تفصیل بحث خواهیم کرد. به‌علاوه به واحدهای مختلف یا قطعات تشکیل دهنده، سیستم‌های کنترل و لوازم فرعی توربین‌ها مختصر اشاره‌ای خواهیم کرد.

ساختمان اصلی توربین‌های بخار

روتور(Rotor): محور اصلی توربین می‌باشد که چرخ‌ها و پره‌ها بر روی آن نصب می‌شوند. روتورهای توربین بخار تحت شرایط دما بالا ـ تنش بالا کار می‌کنند. این شرایط باعث می‌گردد کـه مکانیزم‌هـای تخریب مختلفی درحین بهره‌برداری فعال شده و روتور به‌مرور دچار زوال و افت خواص شود. به همین دلیل حساسیت بالای روتورها اطلاع از وضعیت متالورژیکی و عمر باقیمانده آنها ـ به ویژه برای روتورهایی که ۱۰۰/۰۰۰ ساعت از عمر کاری آن‌ها سپری شده است ـ اهمیت بسزایی دارد. در این راستا برای جلوگیری از توقف‌های غیر مترقبه و کاهش هزینه تعمیرات از تکنولوژی برآورد عمر باقیمانده استفاده می‌گردد. روتورها انواع مختلفی دارند که برخی از این روتورها به شرح ذیل می‌باشد:

۱. Conical
۲. Drum Type
۳. Steped Type



شکل۵ـ انواع مختلف روتورها

استاتور(Stator): استاتور یا پوسته روتور را برروی خود نگه می‌دارد در ضمن پره‌های ثابت نیز بر روی استاتور قرار می‌گیرند. در شکل زیر نحوه نصب پره‌های ثابت را ملاحظه می‌نمایید. پوسته‌ها به دو شکل وجود دارند یا تک جداره هستد که در این نوع توربین‌ها نیاز است پوسته عایق کاری شود.

نوع دیگر پوسته‌ها دو جداره می‌باشند که دراین نوع بخشی از بخار همیشه دربین دو جداره جریان دارد و به‌عنوان یک عایق مناسب از اتلاف حرارتی جلوگیری می‌نماید.

پره(Blade): پره‌ها انواع مختلفی دارند و بر روی مقر خود یا همان چرخ نصب می‌شوند. برخی از انواع پره‌ها به شرح ذیل است:

- ریشه دم چلچله ای
- ریشه درخت صنوبری
- ریشه ته گرد
- ریشه سه راهی یا T
- ریشه سه راهی معکوس
- ریشه درخت صنوبری معکوس

شکل۶ـ نمونه ای از یک ریشه از نوع درخت صنوبری معکوس

شکل ۷ـ محل اتصال پره‌ها با چرخ

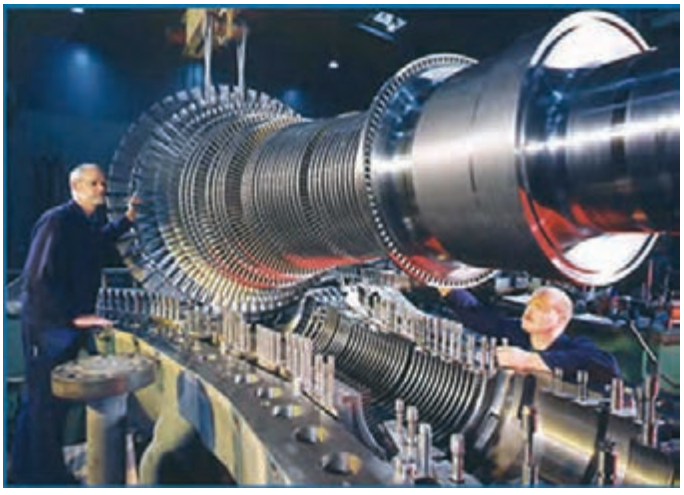
shrouding rings : این رینگ در انتهای پره قرارگرفته و میزان فاصله بین نوک پره و پوسته را تنظیم می‌کند.

Caulking piece : زائده هایی هستند که در قسمت پایینی blade قرار گرفته و باعث اتصال پره‌ها با چرخ می‌شوند.

Wire lacing : یک سری میله‌هایی هستند که از داخل bladeها رد می‌شوند و در توربین‌های خیلی بزرگ استفاده می شوند که از تمامی پره ها عبور می کنند و باعث انسجام پره ها و نیز محکم شدن اتصال یکپارچه آنها می‌شود.

شکل ۸ـ میله‌های عبور کننده از داخل پره‌ها

چرخ(Wheel): این چرخ‌ها بر روی روتور نصب شده و حامل پره‌ها می‌باشند. به‌عبارتی دیگر مقر پره‌ها روی چرخ‌ها قرار گرفته است. در میان این چرخ‌ها سوراخ‌هایی بنام Equalizing hole تعبیه شده که تعدل فشار را در قسمت‌های مختلف ایجاد می‌نمایند.



شکل ۹ـ چرخ‌های حامل پره‌ها

نازل‌ها: نازل‌ها به دو صورت وجود دارند:
الف) همگرا
ب) همگرا- واگرا

طبقه بندی توربین‌های بخار :

انواع توربین‌ها اعم از توربین‌هایی که به‌عنوان محرک اصلی کشتی‌ها به‌کار می‌روند و یا توربین‌هایی که ماشین‌های کمکی را به‌حرکت درمی‌آورند به پنج روش زیر طبقه‌بندی می‌شوند :

۱ طبقه‌بندی از لحاظ روشی که بخار روتور توربین را می‌گرداند. (ضربه‌ای یا عکس‌العملی)
۲ طبقه‌بندی از روی نوع طبقه و ترکیب سرعت و فشار بخار
۳ طبقه‌بندی از روی تقسیم جریان بخار
۴ طبقه‌بندی از روی جهت جریان بخار
۵ تکرار جریان بخار

تحقیق کنید

انواع توربین‌ها و طبقه‌بندی آنها را بررسی نمایید.

اجزا و وسایل توربین بخار :

اجزا و وسایل توربین محرک عبارت‌اند از : پایه‌ها، محفظه نازل‌ها (یا تیغه‌های ثابت معادل آن‌ها) دیافراگم‌های نازل، روتور، تیغه‌ها، یاتاقان‌ها، گلندهای شافت، سیل‌های گلند، رینگ‌های آب بندی با پیستون‌های دامی (DUMMY) و سیلندرها (در برخی از توربین‌های عکس‌العملی)، کوپلینگ‌های قابل انحنا، چرخ دنده‌های کاهنده سیستم‌های روان‌ساز و چرخ دنده‌های گرداننده.

تحقیق کنید

بررسی کنید هریک از اجزای توربین بخار چه ویژگی و کاربردی دارند.

فعالیت کارگاهی

مانند فیلمی‌که در کارگاه نمایش داده می‌شود یک توربین ساده بخار را بسازید و آن را راه اندازی کنید.

نمایش فیلم

نمایش فیلم نحوه عملکرد توربین‌های بخار

ارزشیابی مرحله‌ای

عنوان پودمان فصل	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
نگه‌داری و تعمیر توربین بخار و گاز	نگه‌داری و تعمیر توربین‌های بخاردریایی	نگه‌داری و تعمیر توربین‌های بخار دریایی	بالاتر از حد انتظار	۱ـ عملکرد توربین‌ها را بررسی کند. ۲ـ یک توربین بخار ساده را بسازد و راه‌اندازی کند. ۳ـ نکات زیست محیطی در رابطه با نگهداری و تعمیر توربین‌ها را رعایت کند. *هنرجو توانایی انجام همهٔ شاخص‌ها را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱ـ عملکرد توربین گاز را بررسی کند. ۲ـ یک توربین گاز ساده را بسازد و راه‌اندازی کند. ۳ـ نکات زیست محیطی در رابطه با نگهداری و تعمیر توربین گاز رعایت کند. *هنرجو توانایی انجام دو مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱ـ عملکرد توربین گاز را بررسی کند. ۲ـ یک توربین گاز ساده را بسازد و راه‌اندازی کند. ۳ـ نکات زیست محیطی در رابطه با نگهداری و تعمیر توربین گاز رعایت کند. *هنرجو توانایی انجام یک مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۱
نمرهٔ مستمر از ۵					
نمرهٔ شایستگی پودمان از ۳					
نمرهٔ پودمان از ۲۰					

نگهداری و تعمیر توربین گاز

شکل ۱۰ـ ماشین هیرو

کشف نیروی عکس‌العمل جت را به شخصی به نام هیرو از اهالی اسکندریه مصر نسبت می‌دهند. او که یک ریاضیدان و مخترع بود، یک فرفره اسباب بازی اختراع نمود که با بخار کار می‌کرد. مطابق شکل (۱۰) این اولین ماشینی بود که از اصل عکس‌العمل استفاده می‌کرد.

از حدود ۷۰ سال قبل توربین‌های گازی جهت تولید برق مورد استفاده قرار گرفته اند، اما در بیست سال اخیر تولید این نوع توربین‌ها بیست برابر افزایش یافته است. اولین طرح توربین گازی مشابه توربین‌های گازی امروزی در سال ۱۷۹۱ به‌وسیله جان پایر پایه‌گذاری شد که پس از مطالعات زیادی بالاخره در اوایل قرن بیستم اولین توربین گازی که از یک توربین چند مرحله عکس‌العملی و یک کمپرسور محوری چندمرحله تشکیل شده بود، تولید گردید.

اساس کارکرد توربین گازی

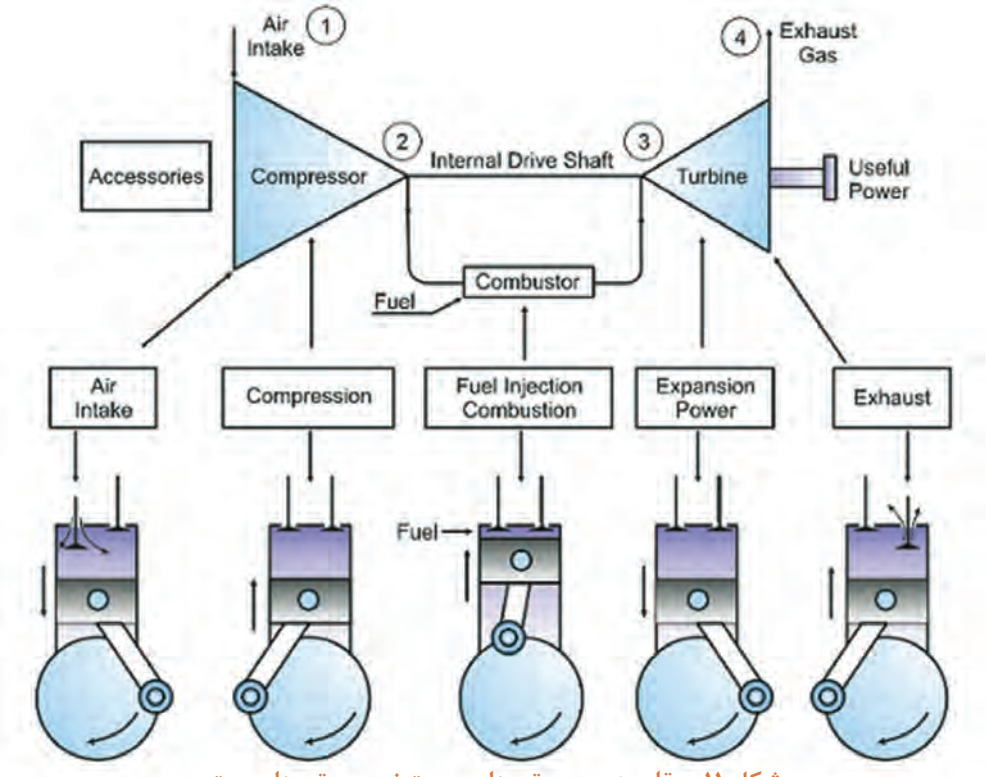
طبق تعریف، کار مکانیکی عبارت است از حاصل‌ضرب نیروی مقاوم در جابه‌جایی. برای استخراج کار مکانیکی از انرژی ذخیره شده در گاز، باید به نحوی آن را منبسط کرد، اما این انبساط تنها در شرایط خاصی می‌تواند تولیدکار نماید. فرض کنید به گاز داخل یک سیلندر، که در فشار اتمسفر قرار دارد، گرما دهیم؛ در اثر گرم شدن، گاز منبسط می‌شود و بخشی از آن سیلندر را ترک می‌نماید، بدین ترتیب چون هیچ نیروی مقاومی در برابر این انبساط وجود ندارد تا جابه‌جا گردد، کاری هم تولید نمی‌شود. به عبارت دیگر، برای اینکه بتوان از این انبساط حجم، کاری به‌دست آورد، باید یک نیروی مقاوم در برابر انبساط گاز وجود داشته باشد. برای ایجاد این نیروی مقاوم می توانیم با یک پیستون، گاز را محبوس کرده و وزنه‌ای روی پیستون قرار دهیم. با این کار، گاز در داخل سیلندر فشرده می‌شود. چنانچه در زیر این سیلندر شعله‌ای قرار گیرد، در اثر بالا رفتن دمای سیلندر، گاز شروع به انبساط می‌کند، ولی سنگینی وزنه برخلاف نیروی انبساط گاز، فشار وارد می‌کند. با حرارت‌دهی بیشتر، نیروی حاصل از انبساط گاز، بر سنگینی وزنه غلبه کرده و وزنه را بالا می‌برد. در نهایت بر اثر انبساط گاز، جابه‌جایی به‌وجود می‌آید که به مفهوم انجام کار می‌باشد. مقدار این کار، برابر است با میزان نیروی مقاوم وزنه در مقدار جابه‌جایی آن. این مقدار کار را می‌توان از طریق پارامترهای مربوط به‌سیلندر تعریف کرد. به‌عبارت دیگر کار انجام شده برابر است با حاصل ضرب فشار در تغییر حجم سیلندر. اگر از اتلاف انرژی در این سیستم صرف‌نظر نماییم، با خاموش شدن شعله زیر سیلندر، دیگر وزنه بالاتر نرفته و در ارتفاعی ساکن می‌ماند. در این حالت فشار درون سیلندر برابر با P می‌ماند.

حال از پایین این سیلندر را و به‌وسیله یک شیر، مجرایی به بیرون باز می‌کنیم و پره‌ای را در مقابل مسیر خروج گازها قرار می‌دهیم. با بازشدن شیر، جریانی از گاز تحت فشار به بیرون از سیلندر جریان می‌یابد. درحین خروج گاز از شیر، سرعت آن افزایش یافته و پس از برخورد با پره، سبب چرخش آن می‌شود. به‌عبارت دیگر با حرکت پره، انرژی جنبشی گاز به کار مکانیکی تبدیل می‌گردد. با فرض ثابت بودن سرعت حرکت پیستون، فشار داخل سیلندر تقریباً ثابت می‌ماند. به‌مرور زمان و با خروج گاز، پیستون پایین می‌آید تا جایی که همهٔ

گاز درون سیلندر تخلیه گردد و دیگر گازی، برای خارج شدن باقی نماند. در این زمان فشار درون نیز برابر فشار محیط می‌شود. با صفر شدن اختلاف فشار محیط و درون سیلندر، دیگر جریان هوایی با انرژی جنبشی بالا برای چرخاندن پره وجود نخواهد داشت و لذا پره از حرکت باز می‌ماند.

برای آنکه بتوانیم در پره حرکت مستمر داشته باشیم، باید مقدار انرژی جنبشی مورد نیاز را در مقداری خاص حفظ نماییم. به عبارت دیگر اختلاف فشار هوای درون و بیرون سیلندر باید ثابت باشد. فشار محیط برابر اتمسفر و ثابت است، در نتیجه فشار درون سیلندر نیز باید حفظ شود تا اختلاف فشار ثابت بماند. به‌همین دلیل با خارج شدن هوا از داخل سیلندر، باید به شکلی آن را جبران نمود. برای حصول این مقصود، از نقطه‌ای دیگر در سیلندر، مقدار هوای معادل با هوای خارج شده، وارد می‌گردد. برای اینکه بتوانیم دائماً به‌سیلندر هوای جایگزین وارد نماییم، باید هوای ورودی دارای فشاری بالاتر از فشار سیلندر باشد. لذا باید انرژی صرف شود تا هوایی با فشار بالاتر تولید و درون سیلندر تزریق شود. این انرژی را می‌توان از کار تولید شده در پره‌ها تأمین نمود. همان‌گونه که گفته شد، با گرم کردن هوای فشرده شدهٔ درون سیلندر، حجم آن افزایش یافته و انرژی پتانسیل آن نیز افزایش می‌یابد. این انرژی افزوده شده، با گرداندن پره به انرژی مکانیکی قابل استحصال تبدیل می‌شود. در نتیجه برای استمرار کارکرد پایدار سیستم باید به‌طور مداوم انرژی گرمایی به هوای فشرده شده، تزریق شود.

توربین گاز اساساً یک موتور حرارتی بوده و با استفاده از هوا به‌عنوان سیال عامل کار، تولید نیرو می‌کند. مراحل کاری موتورهای توربین گاز شبیه موتورهای پیستونی چهار زمانه است. با این تفاوت که در موتورهای توربین گاز عمل احتراق در فشار ثابت بوده ولی در موتورهای رفت و برگشتی در حجم ثابت انجام می‌شود. هر دو موتور شامل مراحل مکش، تراکم، احتراق و تخلیه است که در موتورهای پیستونی این مراحل به‌طور نوبتی انجام شده اما در موتورهای توربین گاز به‌طور دائم و پیوسته اتفاق می‌افتد. (شکل ۱۱)



شکل ۱۱ـ مقایسه بین موتورهای پیستونی و موتورهای جت

توربین گاز قدرت را از طریق به‌کار بردن انرژی گازهای سوخته و هوا که دما و فشار زیادی دارند، تولید می‌کند.
سیکل ساده توربین گاز شامل موارد زیر می‌باشد:

۱ کمپرسور
۲ محفظهٔ احتراق
۳ توربین

برای تولید قدرت بیشتر، به جریان زیادی از سیال و سرعت زیاد آن احتیاج می‌باشد که با استفاده از کمپرسور گریز از مرکز یا کمپرسور جریان محوری، سیال عامل کار متراکم شده و با سرعت و فشار مناسب به محفظهٔ احتراق هدایت می‌گردد. کمپرسور توسط توربین به‌حرکت درمی‌آید و روی همین اصل، محور آنها به‌هم متصل می‌باشد. اگر پس از عمل تراکم روی سیال عامل کار، سیال فوق در توربین منبسط گردد. با فرض نبودن تلفات در کمپرسور و توربین، همان مقدار کار که صرف تراکم شده است، توسط توربین به‌دست می‌آید و درنتیجه کار خالص صفر خواهد بود. ولی کار تولیدی توربین را می‌توان با اضافه کردن حجم سیال عامل کار در فشار ثابت، یا افزایش فشار آن در حجم ثابت، افزایش داد. هریک از دو روش فوق را می‌توان با بالا بردن دمای سیال عامل کار، پس از متراکم ساختن آن، به‌کار برد. برای بالا بردن دمای سیال عامل کار، یک احتراق لازم است که در آن هوا و سوخت محترق گردند تا موجب افزایش سیال عامل کار بشود.

توربین‌های گاز براساس فرایند احتراق به انواع زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

۱ احتراق پیوسته یا نوع فشار ثابت: این نوع سیکل را سیکل ژول یا سیکل برایتون می‌نامند.
۲ انفجاری یا نوع حجم ثابت: این نوع سیکل را سیکل آتکیسون می‌نامند.

در روش دیگری از طبقه بندی، توربین‌ها را از روی عمل انبساط گازها تقسیم‌بندی می‌کنند که عبارت‌اند از:

۱ توربین‌های ضربه‌ای
۲ توربین‌های ضربه ای ـ عکس العملی

توربین‌های گاز را از روی مسیر سیال عامل کار نیز طبقه‌بندی می‌کنند که عبارت‌اند از :

۱ توربین گاز با سیکل باز (سیال عامل کار از هوای بیرون موتور وارد می‌شود و به داخل هوای محیط تخلیه می‌گردد).
۲ توربین گاز با سیکل بسته (سیال عامل کار در داخل دستگاه گردش می‌کند).
۳ توربین گاز با سیکل نیمه بسته (مقداری از سیال عامل کار در داخل دستگاه گردش می‌کند و مقدار دیگر به داخل هوای محیط تخلیه می‌گردد).

نمایش فیلم

فیلم نحوه عملکرد توربین‌های گاز را نمایش دهید.

مزایای توربین گاز

۱ توربین‌های گازی به‌خاطرکوچک و ساده بودن نصب، خیلی سریع نصب می‌شود.
۲ توربین‌های گازی بعد از استارت، در عرض چند دقیقه (معمولاً کمتر از ده دقیقه) به مرحله بازدهی می‌رسند که در این زمان کوتاه، توربین‌های گازی را قادر ساخته است که در مواقعی که ماکزیمم مصرف برق

را در سیستم قدرت داریم یا در مواقع اضطراری مورد استفاده قرار گیرد. در ضمن تغییر بار (قدرت تولید) در این واحد، سریع صورت می‌گیرد.

۳ قیمت و هزینه نصب توربین‌های گازی پایین است. (حدود $\frac{۱}{۳}$ واحدهای بخار برای قدرت برابر)

۴ به علت سادگی ساختمان و کم بودن قسمت‌های کمکی و فرعی در توربین گاز بهره‌برداری از آن آسان می‌باشد.

۵ لرزش کم

۶ نیاز تعمیراتی آن کم است.

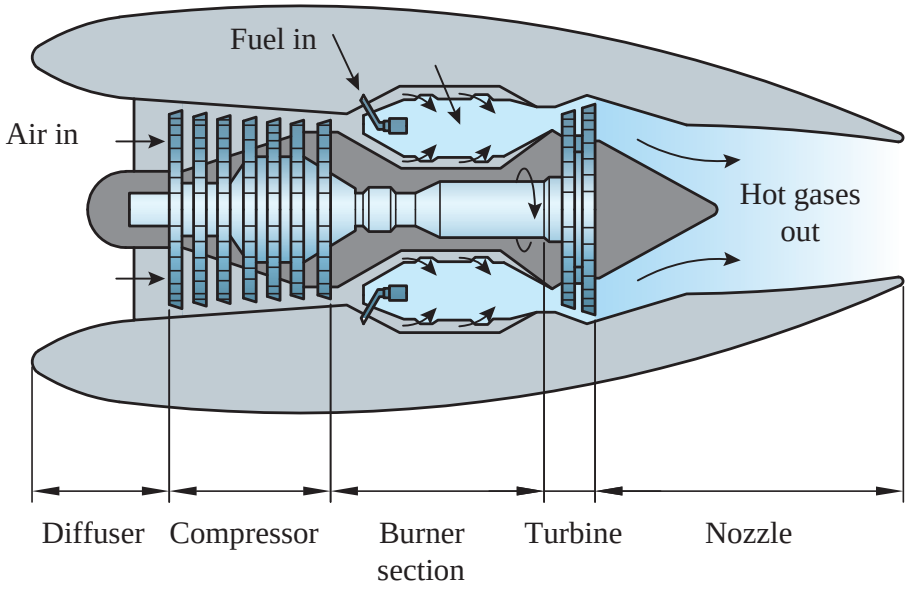
معایب توربین گازی

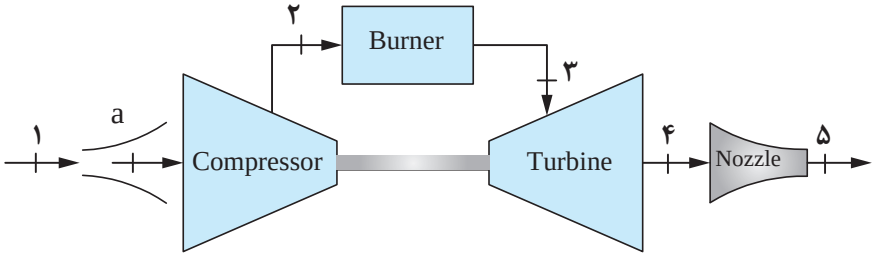
۱ مصرف سوخت زیادی دارند

۲ هزینه اولیه بالایی دارند

سیکل ساده توربین گاز

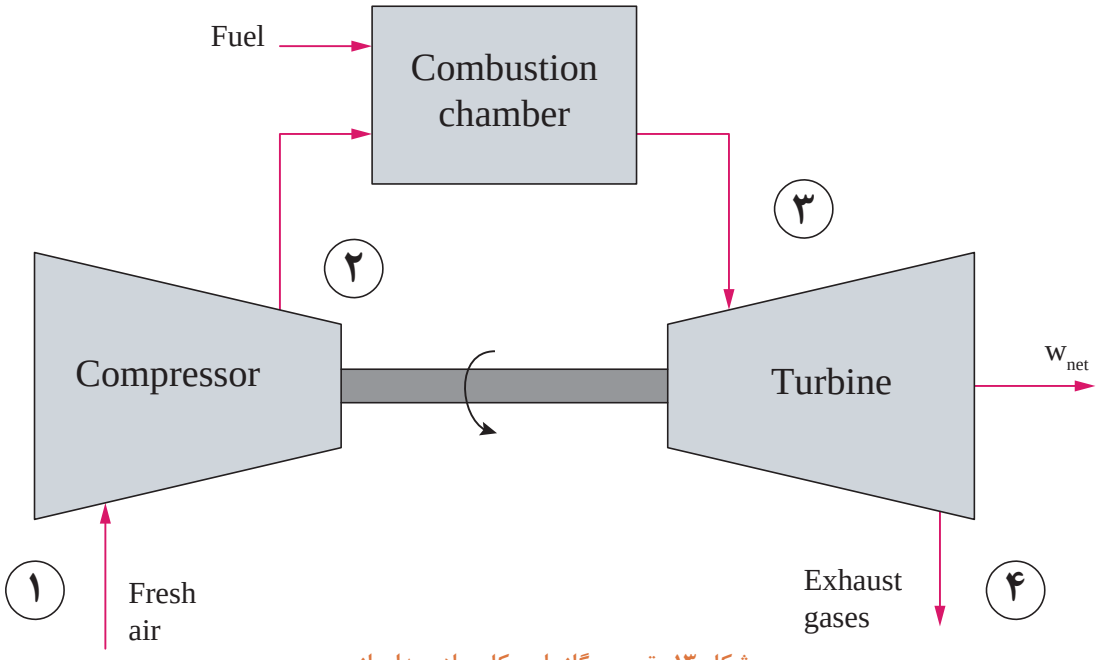
سیکل ایدئال برای یک توربین گاز ساده، سیکل ژول یا سیکل برایتون می‌باشد. در شکل ۱۲و۱۳ طرح ساده توربین گاز ساده نشان داده شده است.





شکل ۱۲ـ توربین گاز با سیکل ساده مدار باز

هوای محیط در داخل کمپرسور از فشار P_1 تا P_2 متراکم می‌گردد و سپس به محفظهٔ احتراق فرستاده می‌شود هوای متراکم در محفظهٔ احتراق با سوخت پاشیده شده ترکیب و محترق می‌گردد. فرایند احتراق به‌طور تقریبی در فشار ثابت صورت می‌گیرد (فشار P_2 تا P_3). در اثر احتراق، دمای سیال عامل کار زیاد می‌شود و از T_2 تا T_3 می‌رسد. گازها پس از خروج از محفظهٔ احتراق وارد توربین می‌شوند و در آن‌جا از فشار P_3 تا فشار جو منبسط می‌گردند و به داخل هوای محیط تخلیه می‌شوند. از آن‌جا که محور کمپرسور به توربین متصل شده است، کمپرسور مقداری از کار تولید شده توسط توربین را مصرف می‌کند و در نتیجه بازده را کاهش می‌دهد. بنابراین، کار خالص برابر است با اختلاف بین کار انجام شده توسط توربین و کار مصرف شده به‌وسیله کمپرسور.



شکل ۱۳ــ توربین گاز با سیکل ساده مدار باز

راه‌های اصلاح بازده و کار خروجی ویژه سیکل ساده

برای اصلاح کار یک توربین گاز با سیکل ساده می‌توان از روش‌های زیر استفاده نمود:

۱ بازیابی حرارتی
۲ اصلاح قدرت خروجی واحد توربین
۳ کاستن از قدرت مصرفی کمپرسور
۴ تزریق آب

تحقیق‌کنید

هر یک از روش‌های اصلاح بازده و کار خروجی سیکل ساده توربین گاز را بررسی کنید

توربین گاز با سیکل باز

مولد قدرت توربین گاز با سیکل باز بدون بازیاب، خنک‌کن میانی و گرم‌کن مجدد (بدون اصلاح بازده) به‌صورت گسترده در همه زمینه‌ها کاربرد داشته است. از آن جمله در صنعت هوایی به‌عنوان اصلی‌ترین محرکه به‌کار گرفته شده است. در زمینه دریایی نیز به‌عنوان محرکه‌های اصلی دستگاه‌های فرعی استفاده شده است. همچنین در خشکی نیز توانسته است به‌عنوان یک مولد قدرت سودمند در کلیه قسمت‌ها به‌کار گرفته شود. در هر زمینه، مزایا و معایب توربین گاز بستگی به نوع به کارگیری این مولد قدرت دارد.

توربین گاز با سیکل بسته

در توربین گاز با سیکل بسته، ماده عامل کار به‌صورت پیوسته در داخل توربین گردش می‌کند. توربین گاز با مدار بسته مانند توربین بخار می‌باشد، زیرا در توربین بخار نیز ماده عامل کار در داخل توربین محبوس می‌باشد. در توربین گاز با سیکل بسته، مشخصه کارایی، تأثیر انواع متغیرهای کارکرد و اجزای آن بر کارایی و همچنین کلیه روابط تئوری همانند توربین گاز با سیکل باز می‌باشد. نظر به این که در توربین گاز با مدار بسته، سیال عامل کار پیوسته در توربین گردش می‌کند، باید در آن از سیالی که دانسیته آن بیشتر از هوا باشد استفاده نمود. حرارت داده شده به سیال باید توسط یک مبدل حرارتی از یک منبع خارجی صورت بگیرد، و پس دادن حرارت نیز باید توسط یک مبدل حرارتی دیگر با یک ماده خنک کن که غالباً خنک کن اولیه نامیده می‌شود، انجام بگیرد. این نوع توربین‌های گازی، به‌طور معمول از دو سیکل اولیه و ثانویه استفاده می‌نمایند. در سیکل اولیه استفاده از سیالی با وزن مخصوص بالاتر ترجیح داده می‌شود تا ابعاد هندسی توربین، کمپرسور و مبدل حرارتی کاهش یابد. افزایش وزن مخصوص سیال باعث می‌شود که از سیکل اولیه، در فشار بالاتری بهره‌برداری شود.

توربین گاز با سیکل نیمه بسته

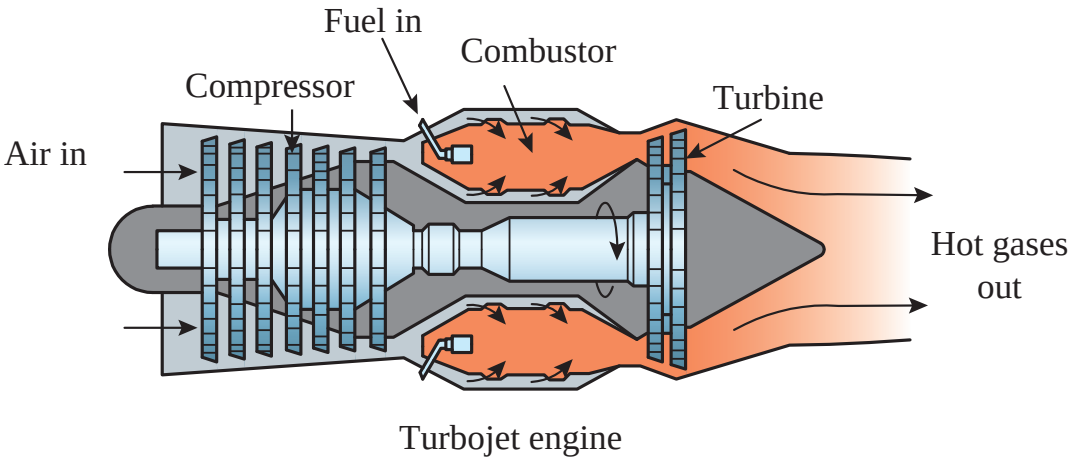
در سیکل مدار نیمه بسته، مقداری از سیال عامل کار در داخل توربین گردش کرده و مقداری از آن نیز به‌داخل هوای محیط تخلیه می‌شود. این سیکل را از نقطه نظر محاسن و معایب، می‌توان بین سیکل باز و بسته دانست. این دستگاه، به طورکلی یک دستگاه فشار قوی است و اجزای آن با قدرت خروجی مساوی، کوچکتر از اجزای دستگاه سیکل باز می‌باشد و دارای خصوصیات نیمه باز بهتری نسبت به سیکل باز است. در این سیکل گرم‌کن هوای آن نسبت به مدار بسته کوچک‌تر می‌باشد.

در این سیکل، سیال عامل کار (هوا) در کمپرسور کمکی فشرده شده و هوای خروجی توربینی که کمپرسور را به حرکت در می‌آورد و از خنک‌کن اولیه عبور می‌کند، هر دو خروجی هوا وارد کمپرسور فشار قوی می‌شود و متراکم می‌گردد. هوای متراکم شده در کمپرسور فشار قوی، قبل از ورود به گرم‌کن هوا به دو قسمت تقسیم می‌شود. یک قسمت آن که توربین قدرت را به کار می‌اندازد برای احتراق داخل گرم‌کن هوا مورد استفاده قرار می‌گیرد و قسمت دیگر آن که با سوخت مخلوط نمی‌شود، به وسیله گرمای احتراق، گرم می‌شود. به طوری که همیشه این قسمت از هوا ممکن است در داخل دستگاه بسته گردش کند. گازهای خروجی از توربین قدرت به داخل هوای محیط تخلیه می‌شود.

سیکل باز توربین گازی تک محوری و دو محوری

توربین‌های گاز تک محوری (شکل ۱۴)، به منظور تولید توان ثابت بسیار مناسب می‌باشند. در این نوع واحدها، کارایی در حالت تولید توان پایین، کم بوده و لذا مورد توجه نیست. این نوع توربین گازی مزیت دیگری دارد و آن این که درصورت قطع بار یا باربرداری، نیروهای کششی موجود در کمپرسور، از بالا رفتن سرعت محور توربین جلوگیری می‌کنند.

نوع دیگر، توربین گاز دو محوری است که در آن، از محورها با سرعت متفاوتی بهره‌برداری می‌شود. هریک از این محورها، توربینی با توان متفاوت دارند و برای شرایطی که محدودهٔ وسیعی از توان مورد نیاز است، از آن استفاده می‌شود. این نوع واحدها به طور گسترده در حمل و نقل زمینی و دریایی مانند شناورهای دریایی و راه آهن به‌کار گرفته می‌شود. این نوع توربین دارای یک توربین گازی فشار بالا و یک توربین گاز فشار ضعیف است. توان حاصل از توربین گازی فشار بالا، صرف چرخاندن کمپرسور می‌شود. توربین قسمت فشار ضعیف، انرژی لازم برای مصرف را که توان آن ثابت نبوده و بستگی به‌مصرف‌کننده دارد (که درحال تغییر است)، تولید می‌کند. این نوع توربین‌ها در تولید قدرت رانش شناورهای دریایی به‌صورت گسترده استفاده می‌گردند. نقطه ضعف این واحدها در هنگام باربرداری اتفاق می‌افتد. در این‌صورت سرعت محور از حد عادی بالاتر می‌رود. برای جلوگیری از بروز چنین شرایطی، سیستم کنترل مناسبی طراحی و به‌کار برده می‌شود.



شکل ۱۴ ـ توربین گاز ساده

فعالیت کارگاهی

از یک نیروگاه گازی بازدید کنید و ویژگی‌ها و سیکل توربین گاز آن را بررسی کنید.

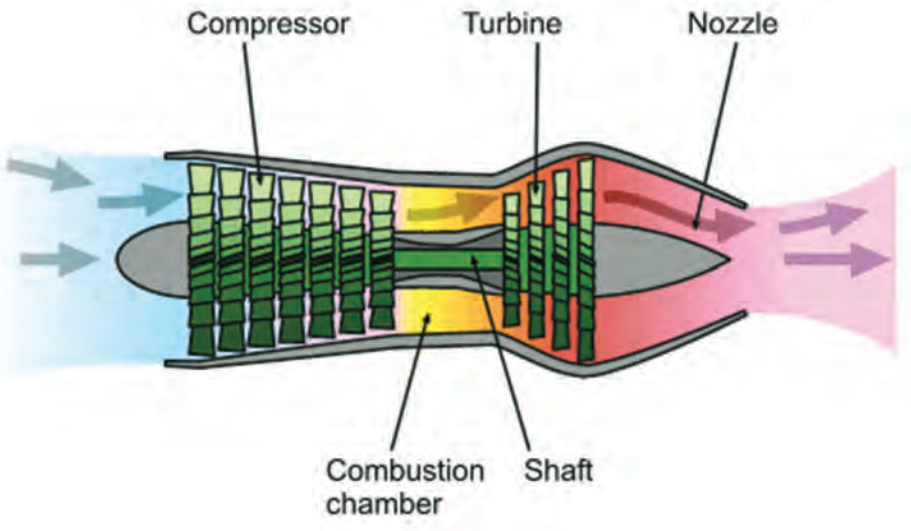
انواع موتورهای جت توربینی

امروزه به‌دلیل گستردگی استفاده از موتورهای جت توربینی برای مقاصد مختلف نیاز به‌طراحی موتورهای جت توربینی با کاربرد متفاوت می‌باشد. درحال حاضر چهار نوع موتور جت توربینی در صنعت استفاده می‌شود که عبارت‌اند از:

۱ توربو جت
۲ توربوفن
۳ توربوپراپ
۴ توربو شفت

توربوجت

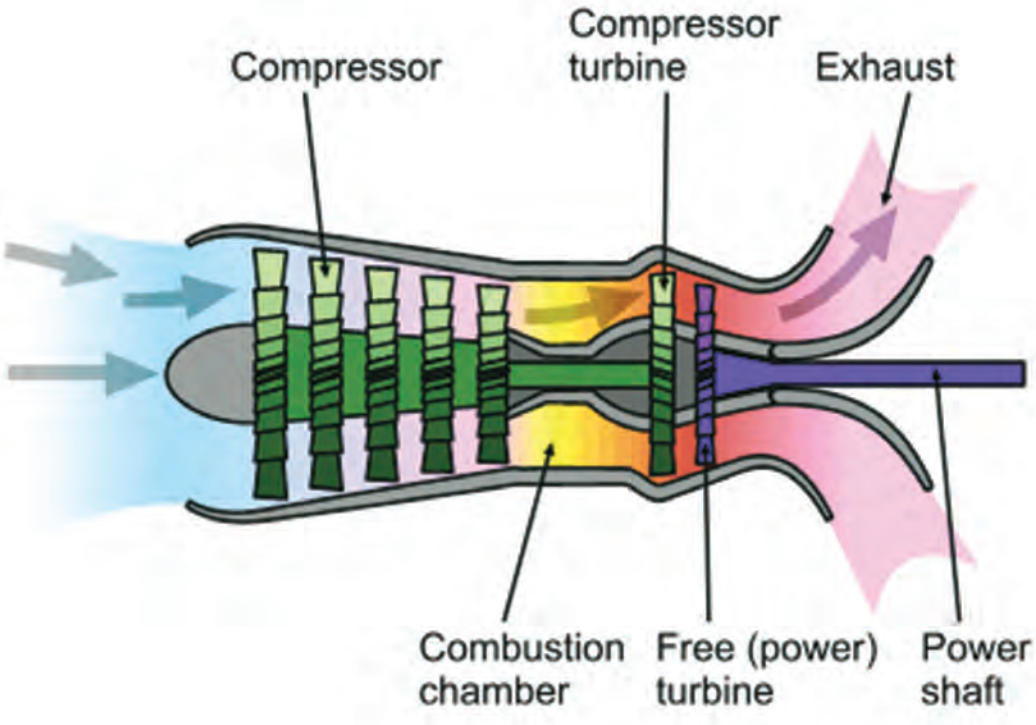
توربوجت اولین و ساده‌ترین شکل از یک موتور جت جهت تولید تراست است. همان‌طوری که در شکل۱۵ دیده می‌شود دارای کمپرسور، محفظهٔ احتراق، توربین و سایر قسمت‌های استاندارد یک موتور توربین گازی می‌باشد. تفاوت بارزی که بین یک توربوجت و یک موتور توربین گازی ساده وجود دارد در کمپرسور توربوجت است که دارای ضریب تراکم بسیار بالاتری نسبت به یک توربین گاز ساده است. تفاوت اساسی دیگر در توربین آن است که در توربوجت توربین تنها به‌کمپرسور متصل است و تنها میزان بسیارکمی از قدرت همان توربین جهت سایر موارد فرعی مانند پمپ‌ها استفاده می‌شود و در توربوجت پرانرژی بودن گازهای خروجی یک موضوع بسیار مهم و قابل توجه است، درحالی که دریک موتور توربین گازی به غیراز توربینی که به کمپرسور متصل است توربین دیگری نیز جدا از آن در قسمت خروجی محفظهٔ احتراق قرار دارد که درواقع به شفت خروجی موتور متصل است و جهت استفاده در مواردی از قبیل تولید برق و سایر موارد مشابه مورد استفاده قرار می‌گیرد. نکتهٔ قابل توجهی که درمورد موتورهای توربین گازی وجود دارد این است که از گازهای خروجی آنها هیچ استفاده‌ای نمی‌شود به‌همین جهت سعی می‌شود که تمام حرارت و انرژی قابل استفاده گازهای محترق قبل از خروج جهت بازدهی بیشتر گرفته شود.



شکل ۱۵ـ نمونه یک توربوجت

توربوشفت

توبوشفت گونه‌ای از موتورهای جت است که تقریباً تمام بالگردها و کشتی‌هایی که امروزه ساخته می‌شوند، از آن نیرو می‌گیرند. همان‌طور که در شکل ۱۶ مشاهده می‌شود توربوشفت از بسیاری قسمت‌های توربوجت استفاده می‌کند. یک تفاوت اساسی بین توربوشفت و سایر موتورهایی که در بالا معرفی شدند این است که توربین تنها به‌کمپرسور متصل نیست. البته همانند توربوپراپ در اکثر موتورهای توربوشفت چند مرحله از توربین‌های مجزا از کمپرسور، وجود دارند که انرژی آنها از طریق شفتی مجزا به‌جعبه دنده جهت تغییر به‌گشتاور مناسب انتقال می‌یابد و بعد مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌طور نمونه تیغه‌های روتور بالگرد را می‌چرخاند. از طرفی بالگردها در ارتفاعی بسیار پایین‌تر از هواپیماها جایی که گرد وخاک، ماسه و دیگر آشغال‌های ریز به‌راحتی می‌توانند به داخل موتور مکیده شوند، کار می‌کنند. جهت برطرف کردن این مشکل، بیشتر موتورهای توربوشفت به‌یک دستگاه تجزیهٔ ذره‌ها که جریان ورودی را صاف کرده و قبل از رسیدن آن به کمپرسور، گردوخاک را بیرون می‌ریزد، مجهز هستند. (شکل ۱۶)



شکل ۱۶ـ نمونه یک توربوشفت

فعالیت کارگاهی

توسط یک قیف فلزی و مشعل برشکاری با استفاده از دانش علمی توربین‌های گاز، توربین دست‌ساز خود را به‌حرکت درآورید.

ارزشیابی مرحله‌ای

عنوان پودمان	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
نگهداری و تعمیر توربین بخار و گاز	نگه‌داری و تعمیر توربین گاز	نگهداری و تعمیر توربین گاز	بالاتر از حد انتظار	۱ـ عملکرد توربین گاز را بررسی کند. ۲ـ یک توربین گاز ساده را بسازد و راه‌اندازی کند. ۳ـ نکات زیست محیطی در رابطه با نگهداری و تعمیر توربین گاز را رعایت کند. *هنرجو توانایی انجام همهٔ شاخص‌ها را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱ـ عملکرد توربین گاز را بررسی کند. ۲ـ یک توربین گاز ساده را بسازد و راه اندازی کند. ۳ـ نکات زیست محیطی در رابطه با نگهداری و تعمیر توربین گاز را رعایت کند. *هنرجو توانایی انجام دو مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱ـ عملکرد توربین گاز را بررسی کند. ۲ـ یک توربین گاز ساده را بسازد و راه اندازی کند. ۳ـ نکات زیست محیطی در رابطه با نگهداری و تعمیر توربین گاز را رعایت کند. *هنرجو توانایی انجام یک مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۱
نمرهٔ مستمر از ۵					
نمرهٔ شایستگی پودمان از ۳					
نمرهٔ پودمان از ۲۰					

ارزشیابی شایستگی نگهداری و تعمیر توربین بخار و گاز

شرح کار:
نگهداری و تعمیر دیگ‌های بخار؛
نگهداری و تعمیر توربین‌های بخار دریایی ؛
نگهداری و تعمیر توربین گاز.

استاندارد عملکرد:
باید بتواند عملکرد دیگ بخار، عملکرد توربین بخار دریایی و توربین گاز را بررسی نماید.

شاخص‌ها:
ـ عملکرد دیگ‌های بخار رابررسی کند.
ـ عملکرد توربین‌های بخار دریایی رابررسی کند.
ـ عملکرد توربین گاز رابررسی کند.
ـ ساخت و راه اندازی توربین دیگ بخار ساده،توربین بخار ساده و توربین گاز ساده.

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:
شرایط: کارگاه مکانیک موتورهای دریایی با شرایط تهویهٔ مناسب و نور کافی.
ابزار و تجهیزات: رایانه، ویدئو پرژکتور، قیچی ورق بر،مشعل برش.

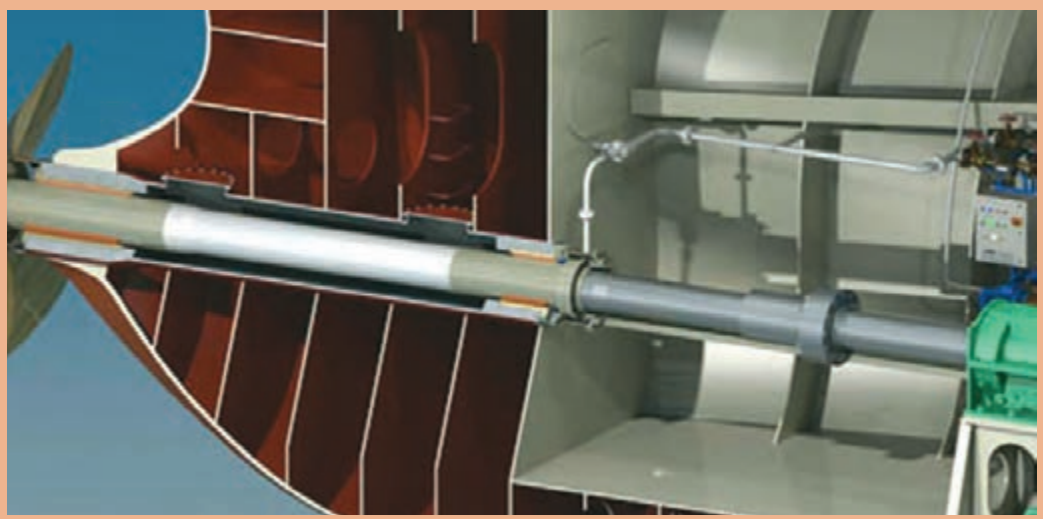
معیارشایستگی:

ردیف	مرحلهٔ کار	حداقل نمرهٔ قبولی از ۳	نمرهٔ هنرجو
۱	نگهداری و تعمیر دیگ‌های بخار.	۲	
۲	نگهداری و تعمیر توربین‌های بخار دریایی.	۱	
۳	نگهداری و تعمیر توربین گاز.	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی، و... ۱ـ استفاده از لباس مناسب کار در کارگاه ۲ـ استفاده صحیح و مناسب از ابزار و تجهیزات کارگاه ۳ـ رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها، ۴ـ دقت و تمرکز در اجرای کار، ۵ـ شایستگی تفکر و یاد گیری مادام العمر، ۶ـ رعایت اصول و مبانی اخلاق حرفه‌ای،	۲	
	میانگین نمرات		*

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

پودمان ۴

نگهداری و تعمیر سامانه‌های انتقال قدرت



واحد یادگیری ۴

نگهداری و تعمیر سامانه‌های انتقال قدرت

آیا تاکنون پی برده‌اید

- نحوه عملکرد سامانه انتقال قدرت چگونه است؟
- سامانه انتقال قدرت چه وظیفه‌ای را بر عهده دارد؟
- سامانه‌های انتقال قدرت از چه بخش‌هایی تشکیل شده است؟
- روش‌های نصب، تعمیر و نگهداری سامانه‌های انتقال قدرت چگونه است؟
- روش‌های عیب یابی و رفع عیب در سامانه‌های انتقال قدرت چگونه است؟

استاندارد عملکرد

در پایان این پودمان هنرجو باید عملکرد سامانه‌های انتقال قدرت را بداند و نیز بتواند روش‌های نصب آنها را آموخته و نیز در زمانی که این سامانه‌ها دارای مشکل و ایراد می‌شوند، آنها را یافته و برطرف نماید. همچنین با روش‌های اتصال موتور به محور و نیز قسمت‌های اصلی آن مانند گیربکس، محور انتقال قدرت، یاتاقان‌ها، مجرای پاشنه و اتصالات آن آشنایی کافی داشته باشد.

سامانهٔ انتقال قدرت

سامانهٔ انتقال قدرت در شناورها، پس از موتور، به‌عنوان مهم‌ترین قسمت سامانه رانشی شناور به‌حساب می‌آید. چرا که وظیفه آن، همان‌گونه که از نامش پیداست، انتقال قدرت و انرژی از موتور به پروانه جهت رانش شناور است. این بخش از سامانه، از جعبه دنده تا قبل از پروانه را در بر می‌گیرد و به‌دلیل اهمیت و موقعیت آن، دارای قسمت‌های مختلفی است. بسته به‌اینکه سامانه رانشی شناور از نوع داخلی و یا خارجی باشد، نوع آن متفاوت است. در شکل ۱ دو نوع سامانه رانشی داخلی و خارجی نشان داده شده است.

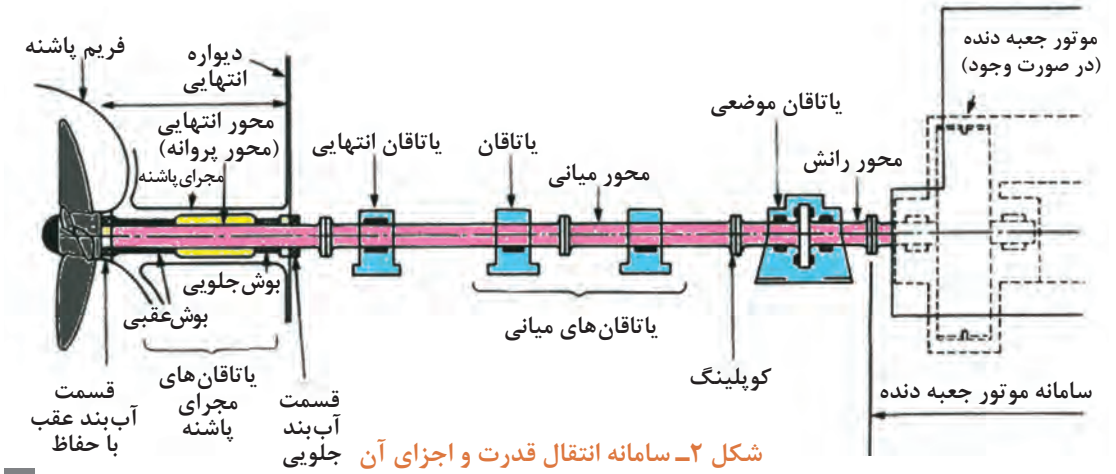
شکل ۱ـ انواع سامانه‌های رانشی. داخلی(سمت چپ) و خارجی(سمت راست)

برای سامانه خارجی، معمولاً موتور و سامانه انتقال قدرت و پروانه با هم یک سامانه یکپارچه را تشکیل می‌دهند. ولی برای سامانه رانشی داخلی، معمولاً این قسمت‌ها به‌صورت مجزا روی شناور نصب می‌گردند.

تحقیق کنید

بررسی نمایید چه زمان‌هایی از سامانه رانشی داخلی و چه زمانهایی از سامانه خارجی استفاده می‌شود.

با توجه به‌اینکه اکثر شناورهای بزرگ و کوچک از سامانه رانشی داخلی استفاده می‌نمایند، بهتر است که این نوع سامانه رانشی را بررسی نماییم. معمولاً سامانه انتقال قدرت از قسمت‌های متعددی تشکیل گردیده که در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲ـ سامانه انتقال قدرت و اجزای آن

تحقیق کنید

چند نمونه سامانه انتقال قدرت را در شناورهای کوچک، متوسط و بزرگ بیابید و با اجزای آنها آشنا شوید.

کار در کلاس

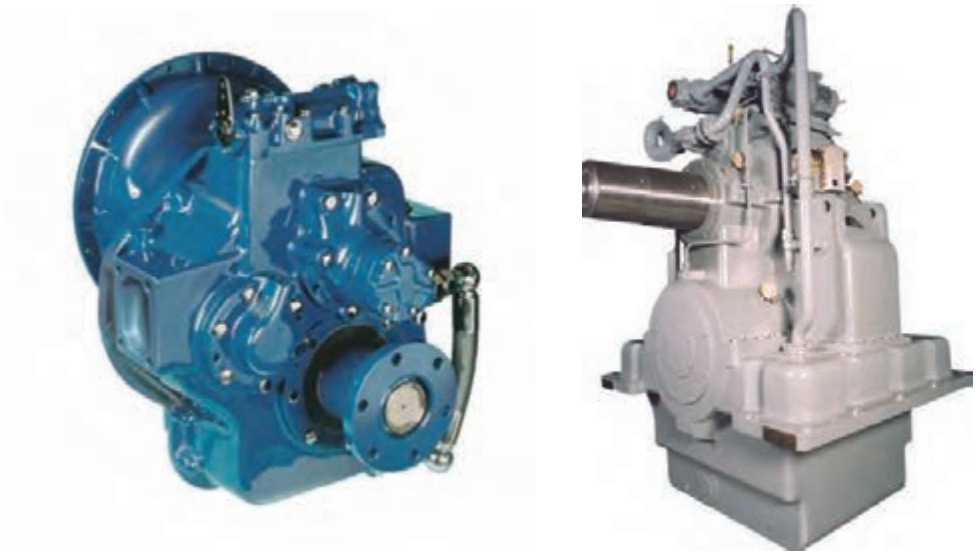
با کمک هنرآموز، اصطلاحات لاتین شکل ۲ را بیابید.

سامانه انتقال قدرت در شناورها معمولاً از سه قسمت اصلی تشکیل شده است: سامانه تبدیل دور یا جعبه دنده، محور پروانه یا محور انتقال قدرت و مجرای پاشنه که در ادامه توضیح داده می‌شود.

جعبه دنده (گیربکس):

مهم‌ترین وظایف جعبه دنده، علاوه بر انتقال انرژی به محور پروانه، تغییر جهت و کنترل دور نیز می‌باشد. معمولاً در موتورهای دور متوسط و دور بالا، جعبه دنده حتماً استفاده می‌گردد. ولی در موتورهای دور پایین، به‌دلیل اینکه راندمان رانشی شناور افزایش یافته و دور موتور پایین است، محور رانش مستقیم به خروجی موتور متصل می‌گردد و جعبه دنده نخواهیم داشت.

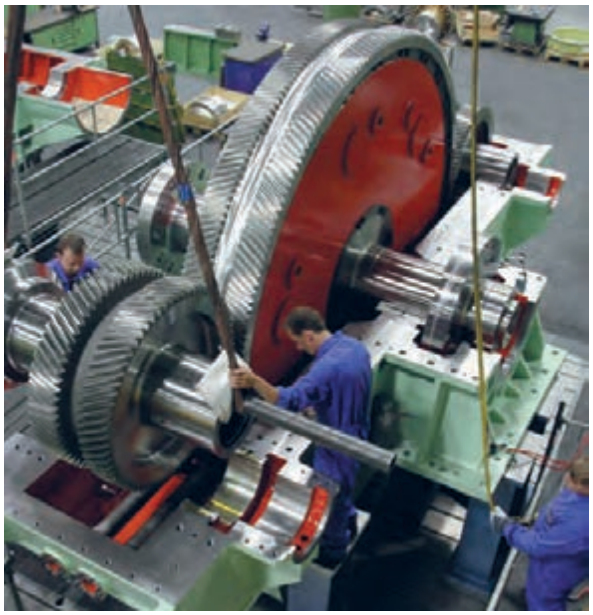
در شکل ۲، دو نمونه جعبه دنده نشان داده شده است.



انتقال قدرت بالا　　انتقال قدرت پایین

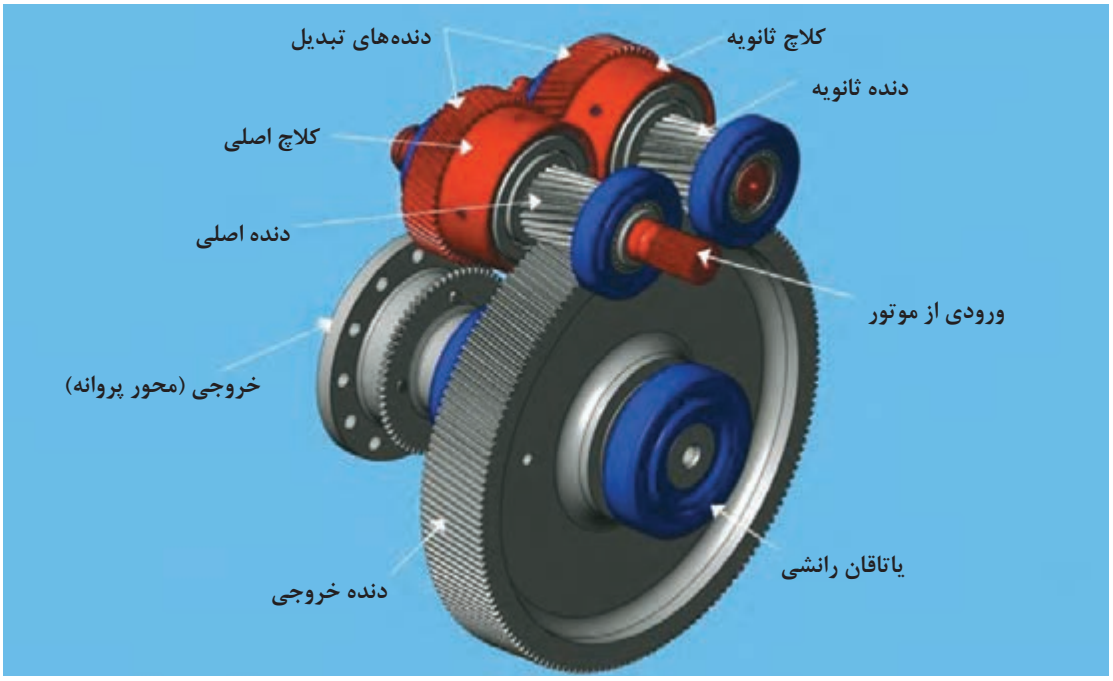
شکل ۳ــ دو نمونه جعبه دنده مورد استفاده در شناورها

معمولاً در موتورهای کوچک، جعبه دنده به خود موتور متصل است. ولی در موتورهای بزرگ که روی شناورهای بزرگ نصب می‌شود (در صورت وجود) جعبه دنده به‌شکل مجزا روی بدنه شناور و به موتور متصل می‌گردد. شکل ۴ یک جعبه دنده بزرگ را که در حال نصب روی یک شناور است نشان می‌دهد. وظیفه‌این جعبه دنده، انتقال انرژی از دو عدد توربین به یک پروانه است.



شکل ۴ـ یک نوع جعبه دنده بزرگ برای انتقال قدرت توربین‌های بخار کشتی به پروانه کشتی

ساختمان داخلی جعبه دنده نیز در شکل۵ نشان داده شده است



شکل ۵ـ ساختمان داخلی جعبه دنده

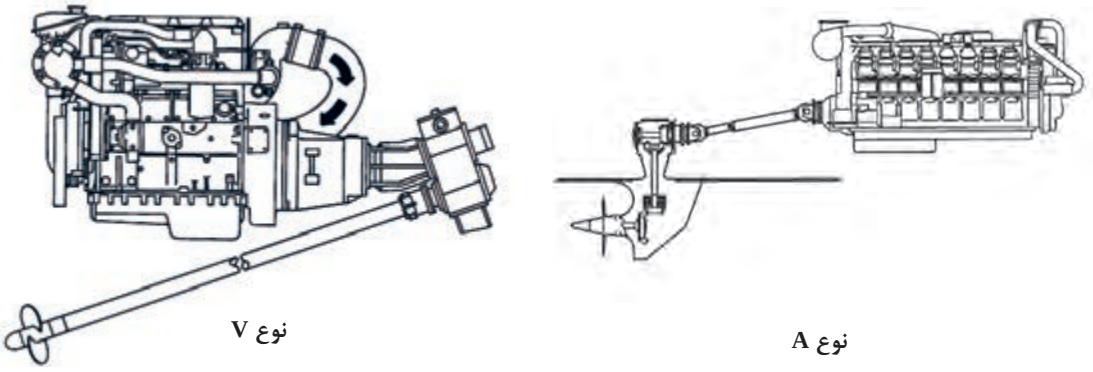
در شکل ۵، همان‌گونه که مشاهده می‌گردد، دنده متصل به موتور، قطر کم و دنده متصل به محور پروانه یا انتقال قدرت، قطر زیادی دارد و این بدان معناست که دور موتور در محور پروانه چند برابر کاهش می‌یابد. اگر قرار باشد نسبت دور موتور به دور پروانه چند تغییر داشته باشد، از یک یا چند کلاچ ثانویه استفاده می‌نماییم.

کار در کلاس

با کمک هنرآموز، اصطلاحات لاتین شکل ۵ را بیابید.

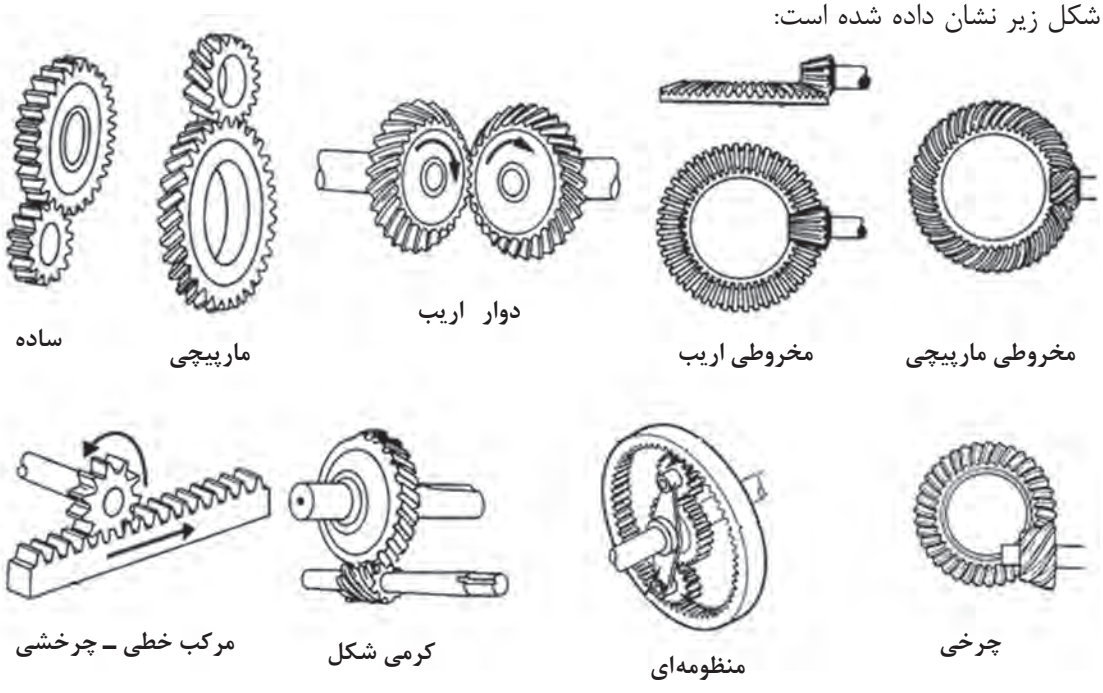
انواع جعبه دنده:

جعبه دنده‌ها، با پیشرفت تکنولوژی و تنوع مختلف شناورها، در نمونه‌های مختلف، رشد و توسعه زیادی یافته‌اند. به‌همین دلیل ذکر همه آنها در این بخش غیر ممکن است، لیکن در حالت هندسی سه نوع جعبه دنده وجود دارد که عبارت‌اند از: نوع A، نوع V و نوع J. شکل ۶ نمونه‌های V و A را در موتورهای دریایی نشان می‌دهد:



شکل ۶ـ جعبه دنده‌های نوع A (سمت راست)و نوع V(سمت چپ)

ساختمان داخلی جعبه دنده‌ها، با توجه به نوع کاربرد از جعبه دنده‌های مختلفی تشکیل شده است که در شکل زیر نشان داده شده است:



شکل ۷ـ ساختار داخلی انواع جعبه دنده و چرخدنده‌های موجود

کار در کلاس

اصطلاح لاتین عبارات مذکور در شکل ۷ را بیابید.

تحقیق کنید

در مورد انواع جعبه دنده‌های نشان داده شده در شکل ۷ تحقیق نموده و کاربرد آنها را در سامانه‌های رانشی شناور بیابید.

در متحرک‌های دریایی از نظر توزیع قدرت نیز می‌توان نمونه‌های یک به یک یا دو به یک را نام برد. شکل ۳ نوع یک به یک (یک موتور به یک پروانه) و شکل ۴ نوع دو به یک (دو توربین به یک پروانه) را نشان می‌دهد. اما نحوه انتخاب جعبه دنده به عواملی همچون قدرت موتور، دور موتور و دور پروانه (نسبت کاهش) بستگی دارد. معمولاً شرکت‌های سازنده جداولی را مشخص می‌نمایند که با توجه به دور موتور، قدرت موتور و دور پروانه می‌توان جعبه دنده مورد نظر را انتخاب نمود.

روش‌های تعمیر و نگهداری جعبه دنده:

جعبه دنده را هر روز چک و بازبینی نمایید و در صورت نشتی روغن، اقدامات لازم انجام گیرد. استفاده از روغن مناسب طبق دستورالعمل سازنده برای جعبه دنده و تعویض به‌موقع آن باعث افزایش عمر جعبه دنده می‌گردد.
اتصالات الکتریکی را چک نموده و در صورت اکسیداسیون، پارگی و... اقدام به تعویض یا تعمیر نمایید.
اتصالات و چفت و بست‌ها را چک نموده و در صورت خرابی، آنها را تعویض نمایید.
در زمان تعمیرات دوره‌ای، یاتاقان‌های جعبه دنده را باز نموده و در صورت نیاز اقدام به تعمیر و یا تعویض قطعات نمایید.

عیب‌یابی و رفع عیب در چرخدنده‌ها: کلیه چرخدنده‌ها یا گیربکس‌ها دارای عیوب مشابه هستند که در جدول ۱، این عیوب و روش رفع عیب آن بیان گردیده است.

جدول ۱ـ عیوب معمول در جعبه دنده و چرخدنده‌ها

نوع عیب	علت عیب	راهکارهای رفع عیب
لرزش و ارتعاش	۱ـ شل بودن پیچ‌ها ۲ـ شل بودن یا خرابی اتصالات ورودی ۳ـ خرابی خار، جای خار یا اندازه نبودن جای خار ۴ـ وجود جرم خارجی در جعبه دنده ۵ـ آسیب‌دیدگی و خرابی یاتاقان‌ها ۶ـ آسیب‌دیدگی و خرابی چرخ دنده‌ها	۱ـ کلیه پیچ‌ها را محکم کنید. ۲ـ اتصالات ورودی را محکم یا در صورت نیاز تعویض کنید. ۳ـ خار را تعویض کنید، خار باید کاملاً بدون لقی و کاملاً به اندازه باشد. از خار استاندارد استفاده کنید. در صورت آسیب دیدگی یا گشاد شدن جای خار باید تعویض شود. ۴ـ روغن را تخلیه و محفظه گیربکس را پس از شست‌وشو مجدداً پر کنید. ۵ـ یاتاقان باید تعویض شود. ۶ـ چرخ دنده‌ها باید تعویض شود.

نشت روغن	۱ـ نادرست بودن وضعیت نصب: نامناسب بودن جای درپوش‌ها برای آن. وضعیت نصب گیربکس. ۲ـ شل بودن در پوش‌های روغن. ۳ـ زیاد بودن سطح روغن. ۴ـ خرابی درپوش‌های روغن. ۵ـ خرابی کاسه نمدها. ۶ـ خرابی واشرها	۱ـ محل درپوش روغن را کنترل و در صورت نیاز اصلاح کنید. ۲ـ در پوش روغن را محکم کنید. ۳ـ سطح روغن را کمتر کنید، محفظه گیربکس باید تقریباً تا نیمه، درون روغن باشد. ۴ـ درپوش‌های روغن را تعویض کنید. ۵ـ کاسه نمدها باید تعویض شوند. ۶ـ واشرها باید تعویض شوند.
دمای زیاد جعبه دنده	۱ـ بار بیش از حد (ضریب کار به‌درستی در نظر گرفته نشده است یا محاسبات توان گشتاور اشتباه است یا قطعات ماشین تحت فشار می‌باشند). ۲ـ مقدار روانکار کم یا زیاد است. ۳ـ روانکار مناسب استفاده نشده است. ۴ـ دمای محیطی زیاد.	۱ـ ضریب کار را با توجه به کاتالوگ کنترل کنید. از روان بودن حرکت قطعات ماشین اطمینان حاصل کنید. در صورت نیاز گیربکس بزرگ‌تری را جایگزین کنید. ۲ـ مقدار روغن را تنظیم کنید. ۳ـ از روغن مناسب که در کاتالوگ محصول قید شده استفاده کنید. ۴ـ از روغن مناسب مخصوص دمای بالاتر استفاده کنید، در صورت نیاز گیربکس بزرگ‌تری را جایگزین کنید.
دمای زیاد در محل یاتاقان‌ها	۱ـ بار شعاعی زیاد است. ۲ـ مقدار روانکار کم است.	۱ـ بار شعاعی گیربکس را کم کنید، از یاتاقان‌بندی مناسب در جهت مقابل استفاده کنید، در صورت نیاز گیربکس بزرگ‌تری را جایگزین کنید. ۲ـ سطح روغن را تنظیم کنید.
سر وصدای زیاد در جعبه‌دنده	۱ـ مقدار کم روغن روانکاری ۲ـ خار و جای خار ورودی یا خروجی خراب شده ۳ـ اشکال در سیستم ماشین (انتقال صدا به گیربکس). ۴ـ وجود جرم خارجی در محفظه پوسته گیربکس. ۵ـ خرابی کوپلینگ و اتصالات ورودی و خروجی. ۶ـ شل بودن پیچ‌های نصب پایه‌ها . ۷ـ تراز نبودن سطح نصب جعبه‌دنده. ۸ـ خرابی یاتاقان‌ها . ۹ـ خرابی چرخ دنده‌ها. ۱۰ـ دمای محیطی زیاد.	۱ـ سطح روغن را تنظیم کنید. ۲ـ خار را تعویض کنید، خار باید کاملاً بدون لقی و کاملاً فیت باشد. ۳ـ اتصالات، یاتاقان‌بندی، ریل‌ها و راهنماها، بدنه و سایر اجزای ماشین را کنترل و از محکم بودن و روان بودن آنها اطمینان حاصل کنید. ۴ـ روغن را تخلیه و محفظه جعبه‌دنده را پس از شست‌وشو مجدداً پر کنید. ۵ـ خار را تعویض کنید، خار باید کاملاً بدون لقی و کاملاً فیت باشد. از خار استاندارد استفاده کنید. در صورت آسیب‌دیدگی یا گشاد شدن جای خار باید تعویض شود. ۶ـ پایه‌های نصب را محکم کنید. ۷ـ از تراز بودن سطح نصب اطمینان حاصل کنید. در صورت نیاز از تکیه‌گاه استفاده کنید. ۸ـ یاتاقان باید تعویض شوند. ۹ـ چرخ دنده‌ها باید تعویض شوند. ۱۰ـ از روغن مناسب (روغن با ویسکوزیته بالاتر در دمای بالا) استفاده کنید.

تحقیق کنید

Nameplate چیست؟
Lubrication plate چیست؟

ملاحظات ایمنی جعبه دنده: جعبه دنده‌ها همان‌گونه که ذکر گردید، دارای ساختارها و طرح‌های متفاوتی هستند. در نتیجه ملاحظات ایمنی آنها نیز می‌تواند متفاوت باشد. در کل می‌توان موارد زیر را برای ملاحظات ایمنی آنان در نظر گرفت:

ـ هرگز جعبه دنده را در زمانی که موتور و یا ژنراتور در حال کارکردن است باز نکنید. حتی در صورت خاموش بودن موتور و ژنراتور، از قطع اتصالات الکتریکی سامانه استارت موتور اطمینان حاصل نمایید چرا که در برخی شرایط موتور ممکن است روشن گردد.

ـ در صورتی که تمام موارد قبلی برقرار بود، از قفل ترمز پروانه نیز اطمینان حاصل نمایید چرا که پروانه می‌تواند در اثر شرایط غیرتعادلی طبیعی و یا جریان‌های دریایی یا امواج یا حرکت شناور چرخیده و باعث آسیب‌دیدگی شدید به جعبه دنده و یا کاربرها گردد.

ـ در صورت نیاز به جابه‌جا نمودن جعبه دنده و یا تعویض قطعات سنگین، حتماً از دستکش و ابزار مناسب استفاده نمایید.

تحقیق کنید

هر کدام از اشکال روبه‌رو بیانگر یک خطر و یا یک تهدید ایمنی هستند. در مورد آنان تحقیق نمایید و در قالب فایل وورد به هنرآموز خود ارائه دهید.

محاسبات هندسی جعبه دنده: همان‌گونه که ذکر گردید، در موتورهای دور متوسط و بالا از جعبه دنده جهت انتقال قدرت استفاده می‌گردد. دنده متصل به محور پروانه بزرگ و دنده متصل به موتور کوچک است. نسب قطر دنده بزرگ به دنده کوچک را ضریب دنده (Gear ratio) می‌نامند. به‌همان نسبت ضریب دنده، دور پروانه نیز تغییر می‌کند. در حقیقت می‌توان رابطه زیر را برای این مقوله در نظر داشت:

$$N_1R_1=N_2R_2$$

که در آن، N_1 و N_2 به‌ترتیب سرعت دورانی چرخدنده کوچک و بزرگ بوده و R_1 و R_2 نیز به‌ترتیب شعاع چرخدنده کوچک و شعاع چرخدنده بزرگ می‌باشند. در حقیقت ضریب دنده برای یک چرخدنده به‌صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{ضریب دنده} = \frac{N_1}{N_2}$$

شکل ۸ـ ارتباط چرخدنده کوچک و بزرگ

به‌عنوان مثال در صورتی که دور موتور ۶۰۰ دور بردقیقه باشد و قرار باشد پروانه با سرعت ۱۵۰ دور بر دقیقه بچرخد، ضریب دنده ۴ خواهد بود.

در ضمن باید در نظر داشت که بین توان موتور و دور آن می‌توان رابطه زیر را نوشت:

$$P=TN$$

که در آن P توان، T گشتاور اعمالی به محور پروانه و N دور موتور است.

پس می‌توان دریافت که با وجود جعبه دنده و بدون درنظر گرفتن افت موجود در آن، با کاهش دور، گشتاور زیاد می‌شود و این موضوع بیشتر از نظر سازه‌ای برای ما و برای محور پروانه و خود پروانه مهم است تا در طراحی و ساخت لحاظ گردد.

ارزشیابی مرحله‌ای

عنوان پودمان	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
نگهداری و تعمیر سامانه‌های انتقال قدرت	نگهداری و تعمیر جعبه دنده.	توانایی بررسی عملکرد جعبه دنده‌ها و تعمیر و نگهداری آن.	بالاتر از حد انتظار	۱ـ توانایی بررسی جعبه دنده‌ها را از نظر ساختمان و هندسی ۲ـ تعمیر و نگهداری انواع جعبه دنده‌ها ۳ـ عیوب ایجاد شده در جعبه دنده‌ها را یافته و آنها را رفع عیب نماید. *هنرجو توانایی انجام همه شاخص‌ها را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱ـ توانایی بررسی جعبه دنده‌ها را از نظر ساختمان و هندسی ۲ـ تعمیر و نگهداری انواع جعبه دنده‌ها ۳ـ عیوب ایجاد شده در جعبه دنده‌ها را یافته و آنها را رفع عیب نماید. *هنرجو توانایی انجام دو مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱ـ توانایی بررسی جعبه دنده‌ها را از نظر ساختمان و هندسی ۲ـ تعمیر و نگهداری انواع جعبه دنده‌ها ۳ـ عیوب ایجاد شده در جعبه دنده‌ها را یافته و آنها را رفع عیب نماید. *هنرجو توانایی انجام یک مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۱
نمرهٔ مستمر از ۵					
نمرهٔ شایستگی پودمان از ۳					
نمرهٔ پودمان از ۲۰					

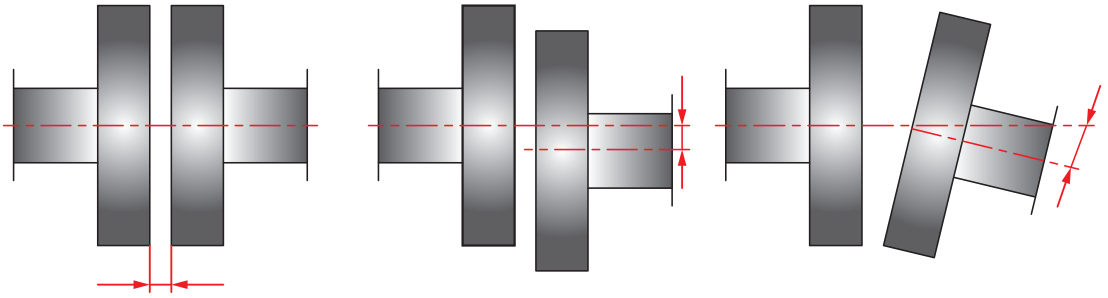
محور پروانه:

بسته به‌اینکه شناور چه اندازه بزرگ باشد و نیز فاصله موتور تا پاشنه و نیز پروانه چه اندازه باشد، محور پروانه می‌تواند یک تکه یا چند تکه باشد. برای شناورهای تجاری بزرگ، معمولاً این محور از سه تکه و یا بیشتر تشکیل می‌گردد. محور متصل به موتور یا جعبه دنده (در صورت وجود جعبه دنده) به محور رانش مشهور است. چرا که امکان دارد از جعبه دنده و یا موتور محورهای دیگری جهت اهداف دیگر (مثلاً انتقال انرژی به ژنراتور) استفاده گردد. محورهای بعدی تا قبل از محور متصل شده به پروانه، به‌نام محورهای میانی مشهورند (به شکل ۲ مراجعه کنید). محور متصل به پروانه را نیز، به‌عنوان محور انتهایی پاشنه می‌شناسند. محورها به‌دلیل اینکه وزن زیادی دارند، خود بر روی یاتاقان‌های مخصوص تکیه کرده‌اند که یاتاقان‌های تونلی نامیده می‌شوند. مبحث یاتاقان‌ها در ادامه می‌آید. شکل۹ و ۱۰ دو نمونه محور پروانه را نشان می‌دهد که در شناورهای بزرگ مورد استفاده قرار می‌گیرند و در حال ماشین‌کاری در کارگاه هستند.

شکل ۱۰ـ یک نمونه محور پروانه مورد استفاده در شناورهای بزرگ

شکل ۹ـ محور پروانه در کارگاه جهت ماشین‌کاری

عیوب ایجاد شده در محور پروانه: مهم‌ترین عیبی که در محور پروانه ایجاد می‌شود، نا همترازی است. بدین شکل که محورهایی که به هم‌دیگر کوپل می‌شوند، در یک مسیر یا یک موقعیت و یا یک زاویه (شیب) قرار نمی‌گیرند. (شکل ۱۱)

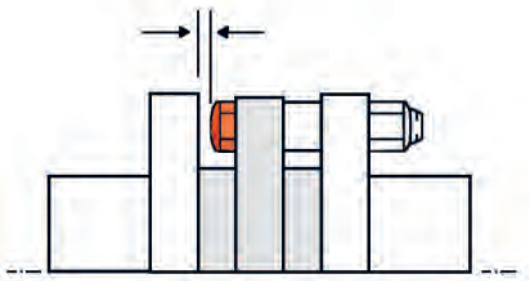


شکل ۱۱ــ انواع ناهمترازی در محل اتصال محورهای پروانه

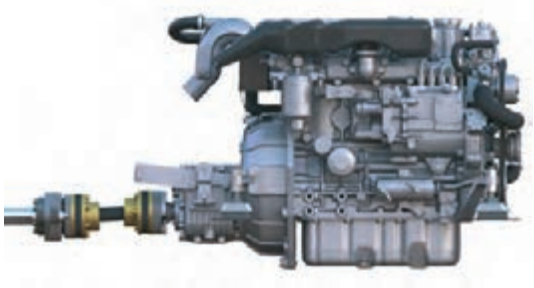
از جمله مهم‌ترین عوامل ناهمترازی در محورهای پروانه را می‌توان موارد زیر برشمرد:

۱ تغییر شکل بر اثر حرارت؛
۲ تغییر شکل در اثر فشار اجزای متصل به محور پروانه؛
۳ گشتاور شدید اعمال شده از طرف موتور هنگام شروع به کار (startup)؛
۴ تغییر موقعیت تکیه‌گاه‌ها و یاتاقان‌ها (بهر دلیل)؛
۵ خطاهای انسانی در هنگام نصب محور؛
۶ عدم دقت در هنگام ساخت قطعات سامانه انتقال قدرت؛
۷ استفاده از کوپلینگ‌های معیوب و نامناسب.

از جمله مهم‌ترین آثار ناهمترازی، سروصدا و ارتعاش، کاهش عمر قطعات، نیاز به تعمیر و نگهداری بیشتر و افزایش دمای قطعات درگیر و همچنین در برخی موارد کاهش راندمان رانش شناور به‌خصوص برای شناورهای کوچکی که دور پروانه در آنها زیاد است می‌باشد. یکی از راهکارهای غلبه بر ناهمترازی، استفاده از کوپلینگ‌های انعطاف‌پذیر است. شکل ۱۲ یک نمونه کوپلینگ انعطاف‌پذیر و شکل ۱۳ استفاده آن را در سامانه انتقال قدرت نشان می‌دهد. مبحث کوپلینگ‌ها در ادامه توضیح داده می‌شود.

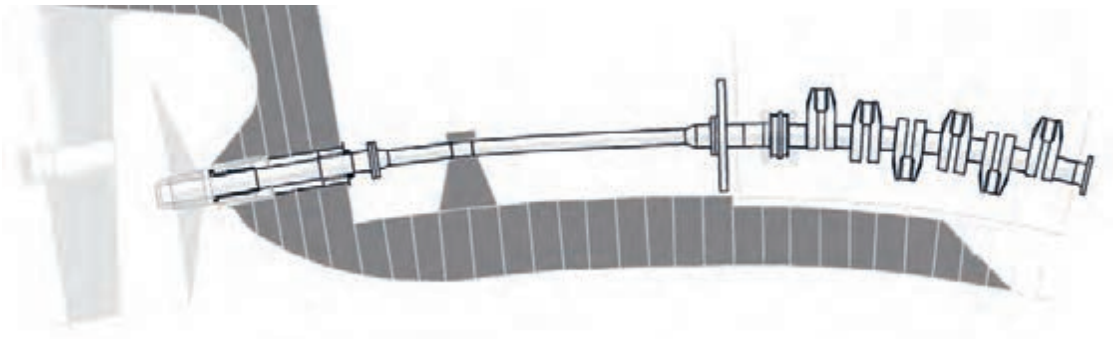


شکل ۱۲ــ ساختار کوپلینگ انعطاف‌پذیر



شکل ۱۳ــ استفاده از کوپلینگ انعطاف‌پذیر جهت اتصال جعبه دنده به محور رانش

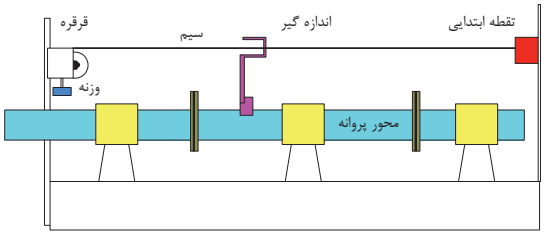
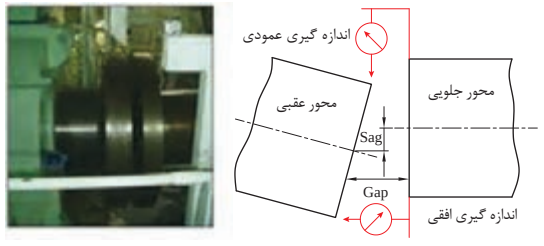
یک عیب دیگری که در محور پروانه (محورهای طولانی) رخ می‌دهد، خمش آن محور در نتیجه بارهای بیرونی بر روی شناور مانند hogging و sagging و نیز بر اثر چینش نامتعادل بار در انبارها و مخازن پیش می‌آید. هر چند این میزان خمش همواره به‌وجود می‌آید ولی نباید از حدود استاندارد فراتر رود. (شکل ۱۴)

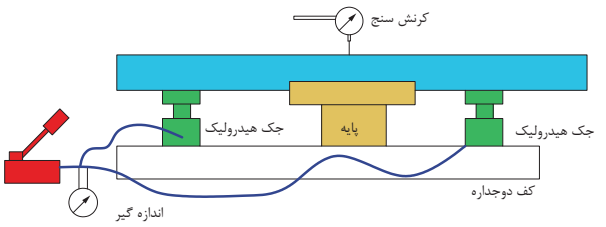


شکل ۱۴ـ خمش محور در اثر بارهای بیرونی که جهت درک بهتر به‌شکل اغراق آمیز نشان داده شده است

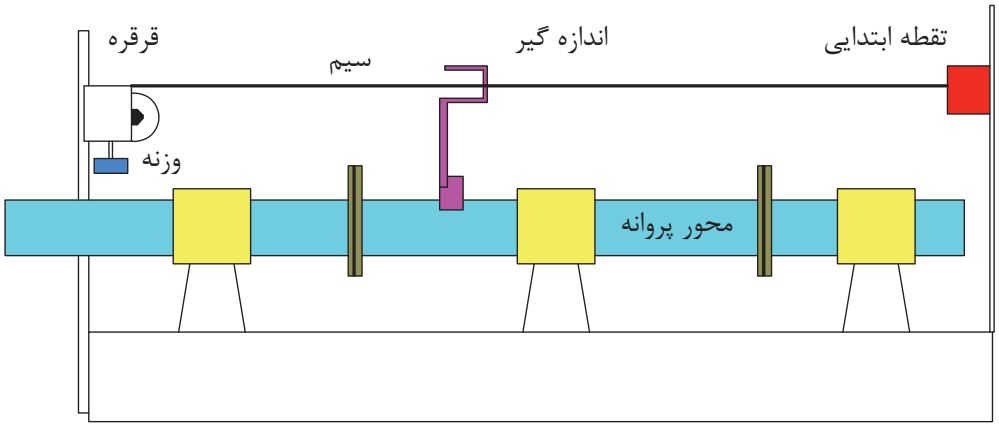
روش‌های اندازه گیری ناهمترازی محور پروانه: روش‌های مختلفی جهت اندازه‌گیری ناهمترازی محور پروانه وجود دارد. آنچه که در همترازی محور پروانه مدنظر قرار می‌گیرد این است که‌این محور، از مرکز توپی پروانه تا مرکز محور خروجی جعبه دنده دقیقاً در یک خط مستقیم قرار بگیرد. هر چند این کار در عمل به‌صورت ۱۰۰٪ غیر ممکن است، ولی روش‌هایی برای افزایش دقت در هنگام نصب این قطعات وجود دارد. چند روش مهم جهت این همترازسازی وجود دارد که موارد ذکر شده در جدول ۱ از جمله مهم‌ترین روش‌ها هستند:

جدول ۱ـ روش‌های اندازه‌گیری ناهمترازی در محور پروانه و میزان‌سازی آن

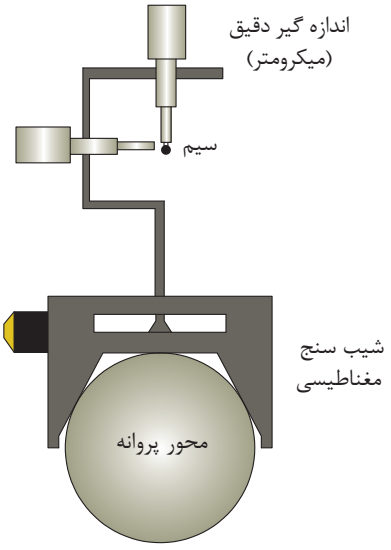
ردیف	نوع روش	نمای کلی
۱	استفاده از بند Rope method	
۲	اندازه‌گیری اعوجاجات در کوپلینگ Sag and gap method	

۳	روش نوری (لیزر) Optical method	
۴	اندازه گیری کرنش با ابزار مناسب Strain gauge method (jacking method)	

از بین روش‌های مذکور در جدول بالا، روش اول یا همترازسازی با استفاده از طناب (بند) توضیح داده می‌شود: این روش شامل یک سیم فلزی است که از یک سو و با فاصله معیّن از ابتدای محور پروانه به یک محل مقید گردیده و از سمت انتهایی توسط یک وزنه و از طریق یک پولی (قرقره) سفت و کشیده شده است (شکل ۱۵). یک قلاب کوچک که کف آن به سطح بالایی محور پروانه وصل است، از قسمت بالایی دارای یک حسگر الکترونیک است که به محض اینکه این حسگر به‌این سیم اتصال پیدا نمود، شروع به آژیرو یا ایجاد نور می‌نماید. با این کار می‌توان تغییر فاصله بین محور پروانه و نیز این نخ سفت شده و موازی در راستای افق را اندازه گرفت و با میزان انحرافات استاندارد مقایسه نمود که این انحراف چه میزان است. همچنین در زمان این اندازه‌گیری، یک شیب سنج نیز وجود دارد تا بتواند میزان انحرافی را که شناور یا محور پروانه به‌صورت طبیعی در راستای افقی دارد اندازه‌گیری نمود و در محاسبات، این انحرافات را در نظر گرفت. (شکل۱۶)



شکل ۱۶ـ حسگر الکترونیک دقیق

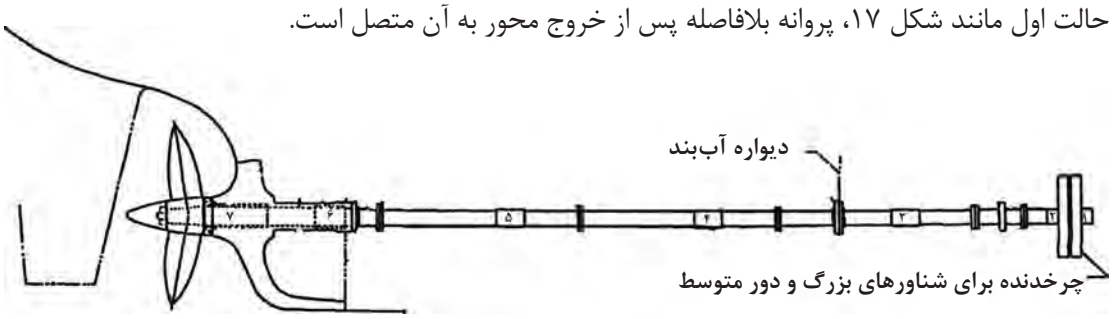


شکل ۱۵ـ ابزار اندازه گیری روش طناب

تحقیق کنید

سایر روش‌های میزان‌سازی محور پروانه که در جدول ۱ ذکر شده است را پیدا نمایید.

روش‌های خارج‌سازی محور پروانه از بدنه شناور: در حالت کلی دو نوع محور پروانه مستقیم وجود دارد.
حالت اول مانند شکل ۱۷، پروانه بلافاصله پس از خروج محور به آن متصل است.

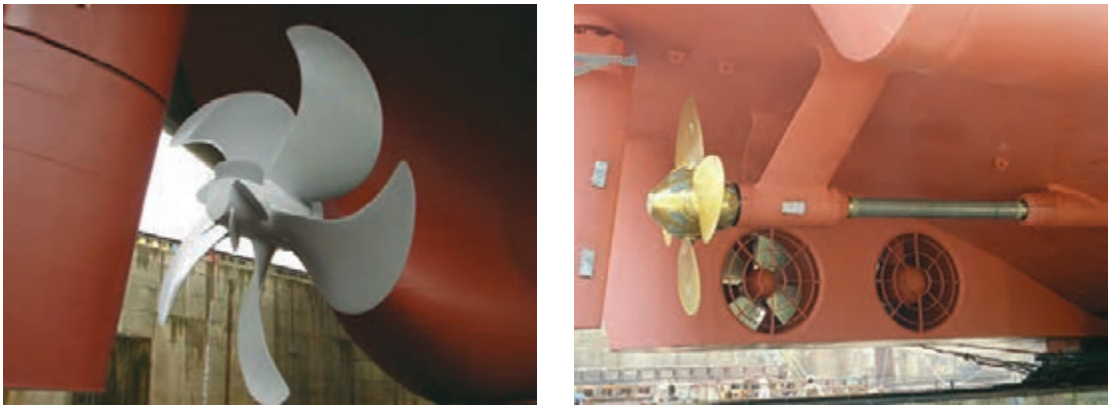


شکل ۱۷ـ نوع معمولی

حالت دوم مانند شکل ۱۸، ابتدا محور به اندازه کافی از بدنه شناور بیرون آمده، از یک یاتاقان تکیه گاهی دیگر عبور نموده و سپس پروانه به آن متصل می‌شود.
به نوع اول، نوع معمولی و به نوع دوم نوع یاتاقان دار بیرونی (strut bearing arrangement) گفته می‌شود.

شکل ۱۸ـ نوع یاتاقان‌دار بیرونی

شکل ۱۹ نیز دو نمونه تصویر از این دو نوع ساختمان سامانه انتقال قدرت را نشان می‌دهد.



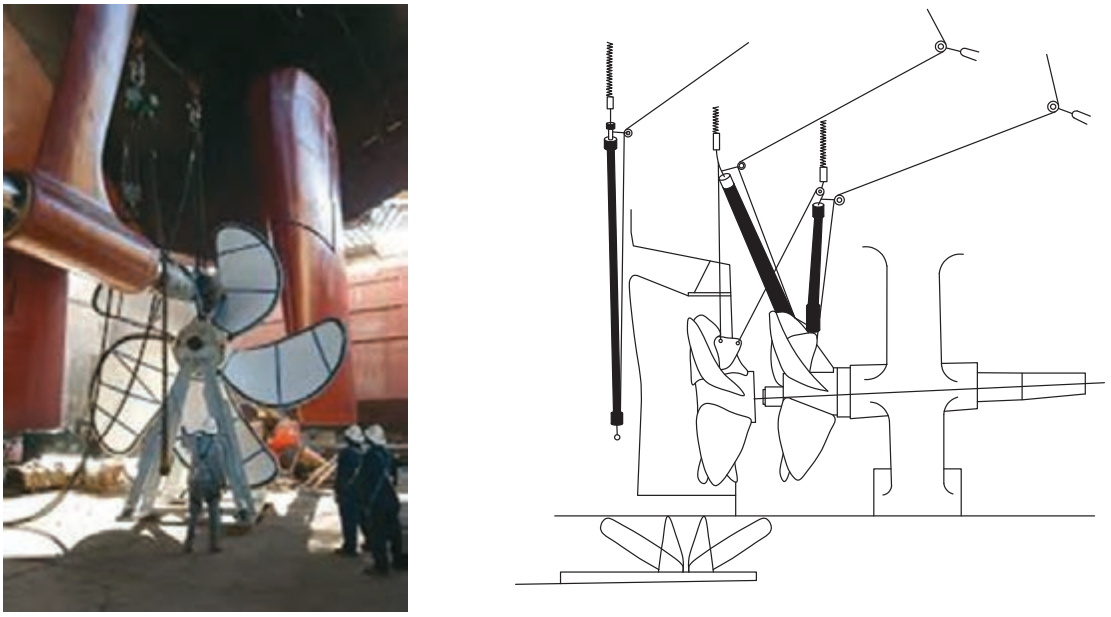
شکل ۱۹ــ دو نمونه از ساختار متفاوت پاشنه شناور و اتصال پروانه به محور

در نوع اول یا معمولی، ابتدا مهرهٔ پروانه باز شده و پروانه از محور جدا می‌شود. البته پروانه باید توسط یک جرثقیل نگهداری گردد.

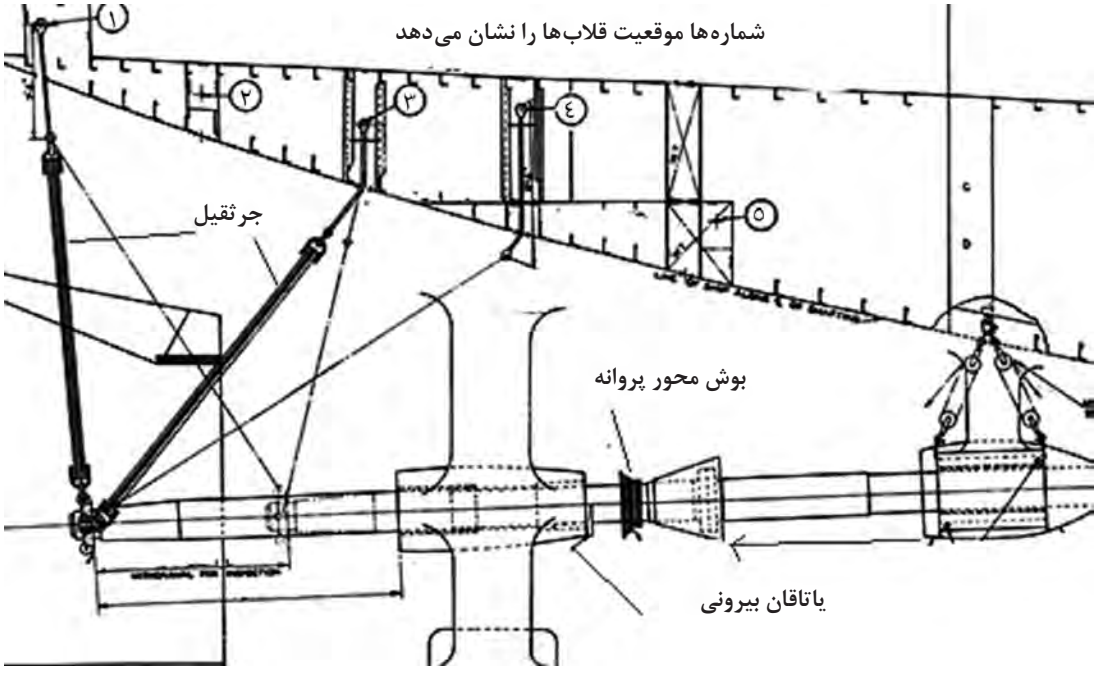
سپس محور پروانه به‌ترتیب شماره‌های معکوس (شکل ۱۷) خارج می‌گردد. برخی مواقع در جاهایی از کنار شناور که در حین طراحی و ساخت شناور از قبل تعیین شده است، بدنه شناور سوراخ شده و محورهای دیگر از بدنه شناور خارج می‌گردند. هنگام جداسازی محورها، باید در نظر داشت که سکان شناور باید جابه‌جا گردد تا عمل بیرون آوردن محور(ها) به سهولت صورت پذیرد (شکل ۲۰). پروانه و محورها هنگام جداسازی از بدنه، از جرثقیل آویزان هستند. جرثقیل‌ها باید از قلاب‌هایی از بدنه شناور آویزان گردند که از قبل روی بدنه شناور نصب شده و برای این منظور تعیین شده اند. این نقاط در شکل ۲۰ نشان داده شده‌اند. همچنین کلیه چسب‌ها و کوپلینگ‌هایی که جهت اتصال محورها به‌هم متصل بودند باید قبل از بیرون آمدن هر محور، به‌ترتیب باز گردند و محورها به‌طور کامل از هم‌دیگر جدا شوند.

شکل ۲۰ــ طریقه خارج‌سازی محورهای پروانه در نوع معمولی

در نوع دوم، یعنی نوع یاتاقان‌دار بیرونی، به‌همین شکل ابتدا پروانه جدا می‌گردد (شکل ۲۱). سپس محور بین یاتاقان بیرونی و مجرای پاشنه توسط جرثقیل مقید می‌گردد. علت آن این است که پس از جداسازی محور بیرونی، به‌دلیل وزن زیاد این محور، روی مجرای پاشنه فشار وارد نگردد (شکل ۲۲). سپس بیرونی ترین محور که از یاتاقان بیرونی عبور کرده است، جدا می‌گردد. باید دقت داشت که کوپلینگ‌ها و اتصالات مانند نوع اول جدا گردند. همچنین جرثقیل‌ها دقیق در جاهای تعیین شده نصب گردند. پس از این کار، بترتیب شماره‌های معکوس (شکل ۱۷) سایر محورها به‌کمک جرثقیل خارج گردند.



شکل۲۱ـ جداسازی پروانه از محور در نوع دوم



شکل۲۲ـ نحوه جداسازی محورها در نوع دوم

باید درنظر داشت که در هر دو حالت، باید سامانه هیدرولیک روغن مجرای پاشنه و در صورت وجود یاتاقان‌ها را خاموش و غیر فعال نموده و در صورت ریختن روغن، محیط را تمیز نمود.

نکات ایمنی در زمان جداسازی محورها:

- در هنگام بیرون‌آوردن محور پروانه، از لباس، دستکش. کلاه و کفش ایمنی استفاده نمایید (شکل ۲۳)

شکل۲۳ـ استفاده از ابزار ایمنی در زمان جداسازی محور پروانه

- هرگز در زیر سکان و پروانه و محور جدا شده و آویزان از بدنه شناور یا جرثقیل قرار نگیرید.
- در هنگام بلند نمودن ابزار سنگین، دقت نمایید که جرثقیل‌ها برای این کار ساخته شده‌اند و توان بالا بردن بار را دارند. همچنین جرثقیل‌ها را فقط در آن نقاطی از شناور نصب نمایید که در هنگام طراحی و ساخت شناور و روی نقشه ساخت تعیین گشته است.

یاتاقان‌های محور پروانه: همان‌گونه که در شکل۲۳ ملاحظه می‌گردد، جهت حفظ محور پروانه، لازم است از تکیه‌گاه‌های مناسب استفاده گردد که‌این تکیه‌گاه‌ها از نوع یاتاقان می‌باشند. شکل۲۴ یک نمونه از این یاتاقان‌ها را نشان می‌دهد.

شکل ۲۴ـ یاتاقان‌های مورد استفاده جهت تکیه‌گاه محور پروانه

یاتاقان‌های مورد استفاده در سامانه انتقال قدرت، انواع مختلفی دارند که مهم‌ترین نمونه‌های آنها در جدول ۳ نشان داده شده است.
باید در نظر داشت که یاتاقان‌های مذکور در جدول ۳ خود در یک محفظه و یک تکیه‌گاه قرار می‌گیرند.

جدول ۳ـ انواع یاتاقان‌های مورد استفاده در سامانه انتقال قدرت

ردیف	نوع یاتاقان	خصوصیات	شکل
۱	یاتاقان‌های مسطح Plain bearing	بین قسمت گردان و قسمت ثابت آن، یک لایه نازک روغن قرار دارد که باعث لغزش قسمت گردان می‌شود.	
۲	یاتاقان‌های ساچمه‌ای (غلتکی) Roller bearing	همان‌گونه که از نامش پیداست، دارای ساچمه‌هایی است که بین قسمت لغزان و قسمت ثابت قرار دارد.	
۳	یاتاقان‌های کفشکی Tilting pad bearing	برای یاتاقان تکیه‌گاه رانشی استفاده می‌شود. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، ساچمه و قسمت گردان آن روی یک طرف آن قراردارد. درون استوانه نیز قسمت لغزان وجود دارد.	

اتصالات (couplings): وظیفهٔ اصلی اتصالات، همان‌گونه که از نامش پیداست، اتصال قسمت‌های مختلف مکانیکی به یکدیگر است. مهم‌ترین استفاده از کوپلینگ در قسمت رانش شناورها، اتصال محورهای پروانه به یکدیگر است. در شکل ۲۵، چند نمونه کوپلینگ نشان داده شده است.

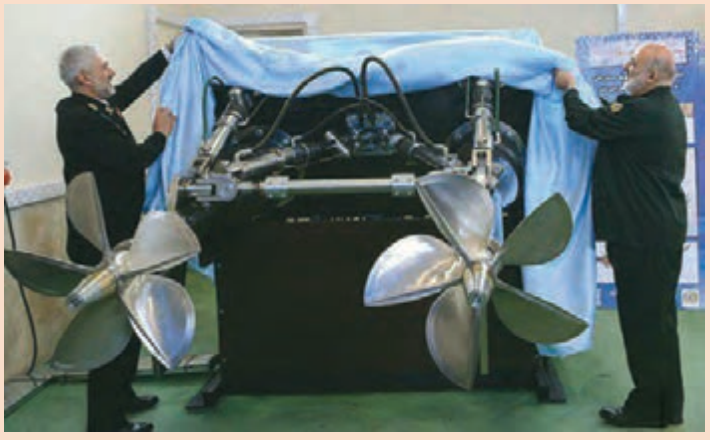
شکل ۲۵ـ چند نمونه کوپلینگ مورد استفاده جهت اتصال محورها به یکدیگر

طریقهٔ استفاده از کوپلینگ در اتصال محور پروانه شناور نیز در شکل۲۶ نشان داده شده است

پیچ‌های اتصالات: زمانی که با استفاده از کوپلینگ‌ها، محورهای پروانه بهم متصل می‌گردند، از پیچ مخصوص به خود استفاده می‌نماییم. در شکل ۲۶ این نوع استفاده نشان داده شده است.

شکل ۲۶ـ نحوه اتصال محور پروانه توسط کوپلینگ و پیچ

نمادی از خودباوری

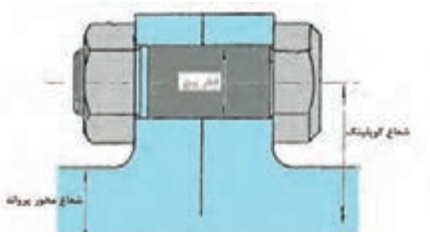
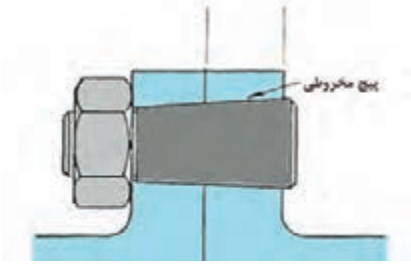
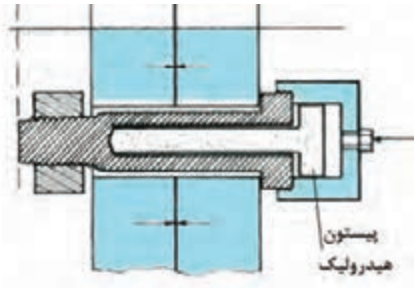


ساخت پروانه نیمه مغروق توسط متخصصان و کارکنان وزارت دفاع، متخصصان وزارت دفاع موفق شده‌اند این نوع سامانه را که جزو سامانه‌های مدرن جهت رانش شناور است طراحی و تولید نمایند. پروانه نیمه مغروق، نوعی پروانه است که هنگام عملکرد شناور، بخشی از آن در بالای سطح آب قرار می‌گیرد. از جمله مهم‌ترین ویژگی این سامانه، کاهش مقاومت شناور به میزان ۵۰٪ می‌باشد که خود باعث تحولی عظیم در رانش شناورها گشته است.

بیشترین استفاده از این شناورها، در شناورهای تندرو می‌باشد که در حال حاضر این سامانه بر روی شناورهای تندرو سازمان صنایع دفاع و نیروی دریایی ارتش جمهوری اسلامی و سپاه پاسداران انقلاب اسلامی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

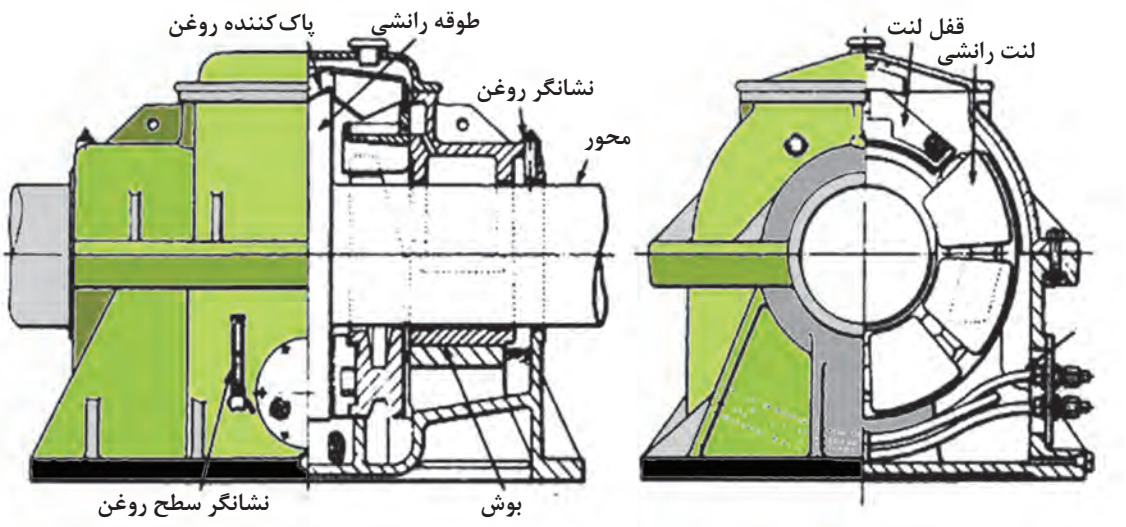
استفاده از این نوع پیچ‌ها بسته به نوع کوپلینگ و محور و اندازهٔ آن متفاوت است و شرکت‌های سازنده معمولاً جداولی را برای انتخاب این نوع پیچ‌ها در نظر می‌گیرند که سریع‌تر انتخاب گردد. در حالت کلی سه نوع مختلف از این پیچ‌ها موجود است که در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴ـ انواع پیچ‌های مورد استفاده در کوپلینگ

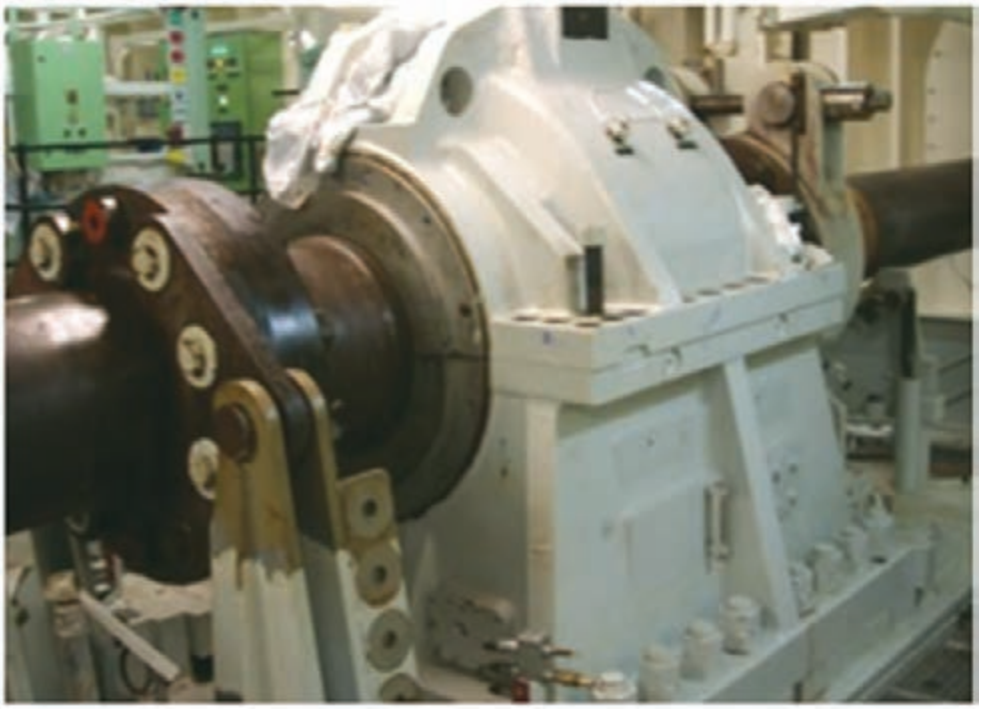
ردیف	نوع	ویژگی	شکل
۱	پیچ کوپلینگ معمولی Conventional coupling bolt	فلنج‌ها را به شکل عادی به‌هم متصل می‌نمایند. دارای استحکام معمولی هستند. بر اثر سایش در طول زمان خراب می‌شوند.	
۲	پیچ کوپلینگ مخروطی Tapered coupling bolt	باعث اتصال قوی‌تر می‌شوند و استحکام بیشتری دارند. به‌دلیل مخروطی بودن بار بیشتری تحمل می‌کنند.	
۳	پیچ کوپلینگ زوار دار هیدرولیک Pilgrim type hydraulic coupling bolt	قطر آنها با فشار روغن هیدرولیک درونشان کم و زیاد می‌شود و به‌خوبی با حفره‌های فلنج‌ها تنظیم می‌گردند. باعث استحکام بیشتر اتصال شده و باز و بسته کردنشان ساده‌تر می‌گردد.	

تکیه‌گاه رانشی (thrust block):

تکیه‌گاه رانشی، تکیه‌گاهی است که نیروی پیشرانش ناشی از پروانه را به بدنه شناور منتقل نموده و باعث پیشروی شناور می‌شود. از نام و وظیفه آن پیداست که این تکیه‌گاه، اهرمی قوی است که دارای یک یا چند یاتاقان کفشکی بوده و این یاتاقان‌ها بر روی تکیه گاه‌های محکم و قوی از نظر ساختمانی و سازه‌ای در بدنه شناور قرار گرفته است. در شکل ۲، یاتاقان موضعی به‌عنوان تکیه‌گاه رانشی عمل می‌نماید. شکل ۲۷ و ۲۸ نمایانگر تکیه‌گاه رانشی که یکی ساختمان آن و دیگری تصویر یک نمونه از آن است را نشان می‌دهد.



شکل ۲۷ـ تکیه‌گاه رانشی و اجزای تشکیل‌دهنده آن



شکل ۲۸ـ تصویر یک نمونه تکیه‌گاه رانشی

تحقیق کنید

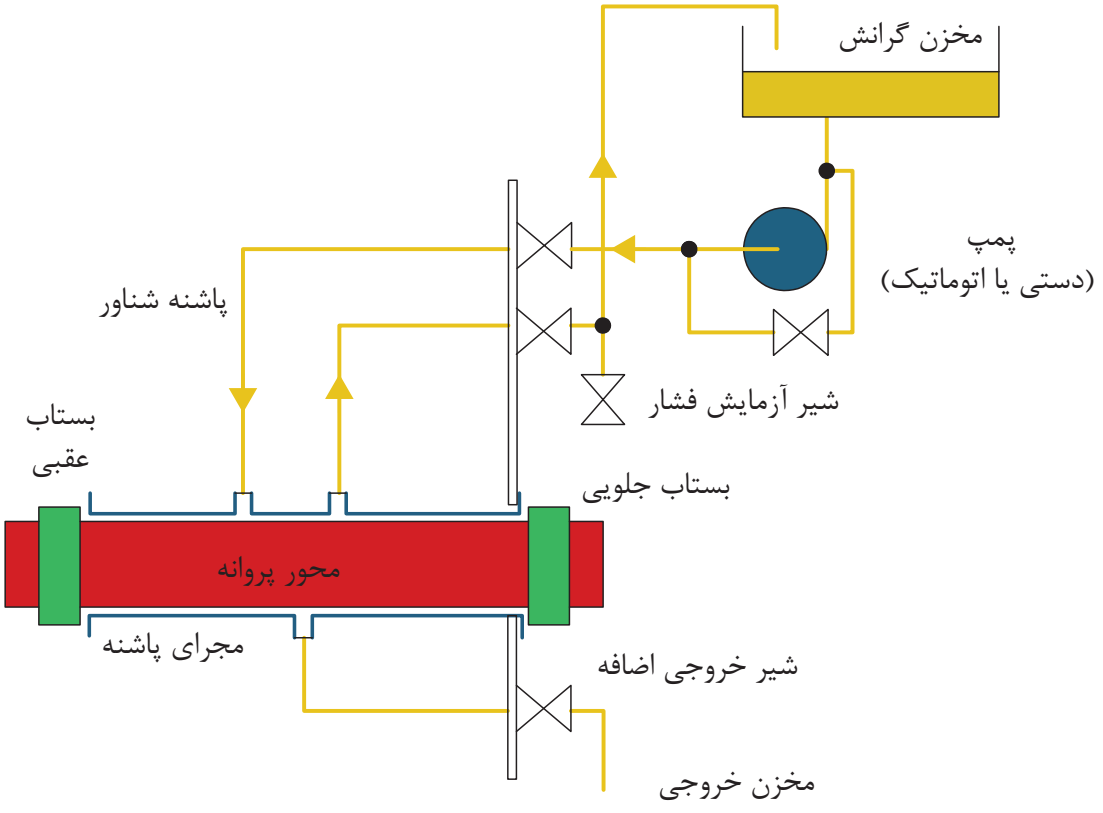
با کمک هنرآموز، اجزای تشکیل‌دهنده تکیه‌گاه رانشی را بررسی و تحلیل نمایید.

ارزشیابی مرحله‌ای

عنوان پودمان	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
نگهداری و تعمیر سامانه‌های انتقال قدرت	نگهداری و تعمیر محور پروانه، یاتاقان‌ها و اتصالات	توانایی بررسی عملکرد محور پروانه، یاتاقان‌ها و اتصالات	بالاتر از حد انتظار	۱ـ توانایی بررسی محور پروانه و نحوه عملکرد آن. ۲ـ توانایی بررسی عیوب ایجاد شده در محور پروانه و رفع آن. ۳ـ توانایی بررسی نحوه عملکرد انواع یاتاقان‌ها و اتصالات. *هنرجو توانایی انجام همه شاخص‌ها را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱ـ توانایی بررسی محور پروانه و نحوه عملکرد آن. ۲ـ توانایی بررسی عیوب ایجاد شده در محور پروانه و رفع آن. ۳ـ توانایی بررسی نحوه عملکرد انواع یاتاقان‌ها و اتصالات. *هنرجو توانایی انجام دو مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱ـ توانایی بررسی محور پروانه و نحوه عملکرد آن. ۲ـ توانایی بررسی عیوب ایجاد شده در محور پروانه و رفع آن. ۳ـ توانایی بررسی نحوه عملکرد انواع یاتاقان‌ها و اتصالات. *هنرجو توانایی انجام یک مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۱

مجرای پاشنه

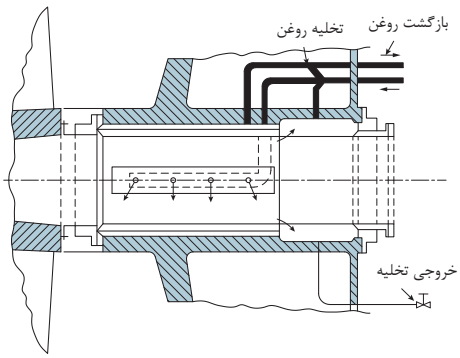
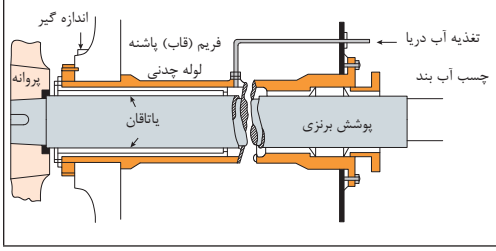
مجرای پاشنه، وظیفه آن عبور دادن محور پروانه از گیربکس به بیرون جهت اتصال به پروانه است. مجرای پاشنه نیز علاوه بر این کار، وظیفه حفظ و نگهداری یاتاقان بیرونی را بر عهده دارد. به دلیل اینکه در این محل، محور خارج می‌گردد، احتمال نفوذ آب به بدنه کشتی از این طریق زیاد است. در نتیجه مجرای پاشنه را به گونه خاصی درست می‌کنند که آب از بیرون به بدنه نفوذ نکند. امروزه این قسمت از سامانه انتقال قدرت، به نمونه‌های مختلفی ساخته می‌شود و شرکت‌های سازنده، معمولاً طرح‌ها و تکنولوژی‌های متفاوتی را ارایه می‌نمایند. باید در نظر داشت که به دلیل اینکه قسمت پاشنه شناور و پس از خروج محور، معمولاً پروانه نصب می‌گردد، مجرای پاشنه؛ بار بسیار زیادی را تحمل می‌نماید. عدم طراحی و ساخت صحیح این بخش از سامانه انتقال قدرت، می‌تواند موجب خرابی مجرای پاشنه و حتی قسمت پاشنه شناور گردد. به‌همین دلیل این قسمت را با دقت خاصی می‌سازند. در شکل ۲ نیز، موقعیت مجرای پاشنه و قسمت‌های مختلف آن نشان داده شده است. این قسمت‌ها در ادامه توضیح داده خواهد شد. یکی از مهم‌ترین قسمت‌های مجرای پاشنه، سامانه روانکاری آن است که در شکل ۲۹ نشان داده شده است. هدف از استفاده از سامانه روانکاری، نه تنها کمک به لغزش و چرخش بهتر محور پروانه است، بلکه وظیفه آب بندی نیز بر عهده‌این سامانه است. در حقیقت این سامانه یک سامانه هیدرولیک است.



شکل ۲۹ـ سامانه روانکاری مجرای پاشنه

اما از سوی دیگر، سامانه روانکاری این قسمت، به دو نوع است: این دو نوع در جدول۵ نشان داده شده است

جدول ۵ـ انواع سامانه‌های روانکاری مجرای پاشنه

ردیف	اصطلاح لاتین	ویژگی مثبت	ویژگی منفی	شکل
روانکاری با روغن	Oil lubricated stern tube	آب‌بندی کامل، ایجاد فشار بیشتر	آلوده‌کردن آب دریا	
روانکاری با آب دریا	Sea water lubricated stern tube	هزینه کمتر، عدم آلودگی آب دریا	نشتی زیاد، احتمال جوش‌آمدن در دمای بالا	

تحقیق کنید

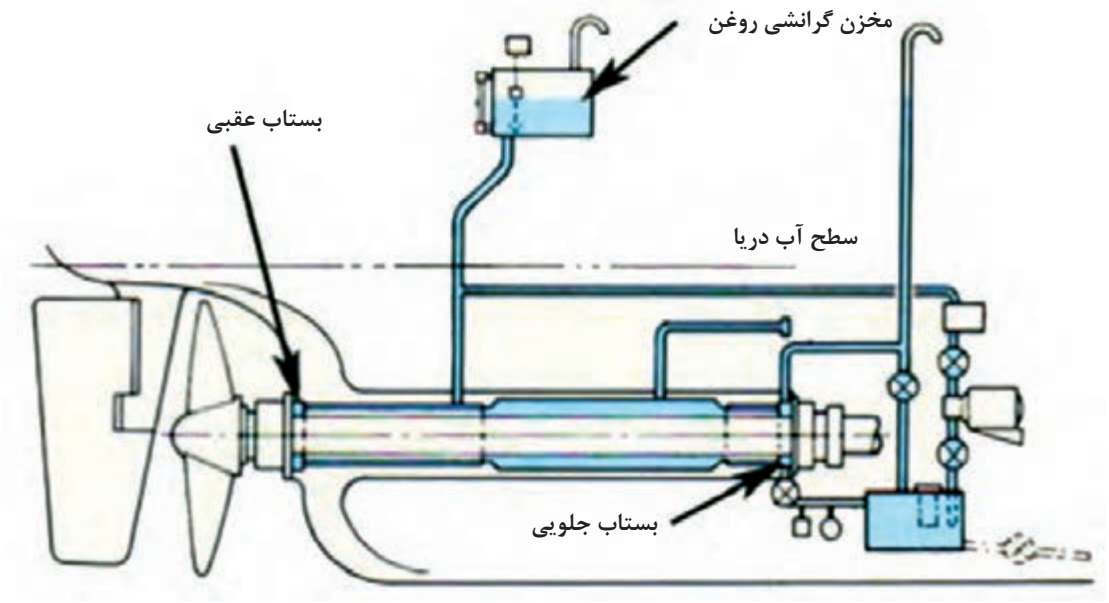
چه نوع ملاحظات زیست‌محیطی در زمینه طراحی و ساخت مجرای پاشنه در نظر گرفته می‌شود؟

کار در کلاس

با کمک هنرآموز، مکانیزم عملکرد سامانه روانکاری را بیاموزید.

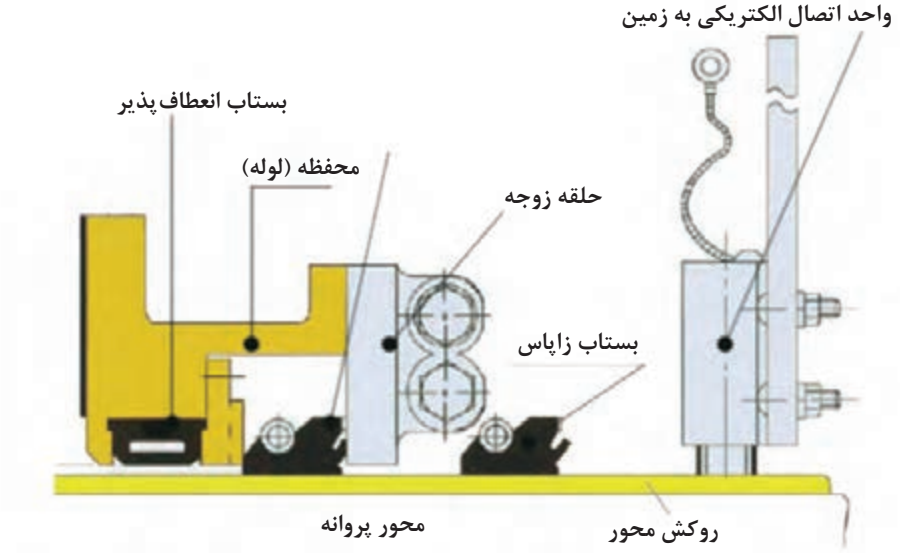
ساختمان مجرای پاشنه: همان‌گونه که در شکل ۲۹ و ۳۰ ملاحظه می‌گردد، مجرای پاشنه شامل دو قسمت آب‌بند (جلویی و عقبی) برای جلوگیری از نفوذ آب دریا به شناور و نیز نشت روغن یا آب می‌باشد. مخزن بستاب روغن در مکانی با ارتفاع بالاتر از سطح دریا قرار می‌گیرد تا فشار آن در قسمت محور پاشنه بیشتر از فشار آب دریا گردد و مانع از نفوذ آب دریا به داخل شناور گردد. البته فشار روغن می‌تواند با استفاده از تجهیزات و ضمایمی تنظیم گردد که در شکل می‌بینید. قسمت بستاب جلویی نیز دارای یک سری بخش‌ها، واشرها و فلنج‌هایی است که روغن آب بندی، در حالت عادی از آن خارج نمی‌گردد. در صورتی که قرار باشد

فشار روغن در این محل زیاد گردد، قبل از اینکه از درز بین لوله، فلنج‌ها و محور پروانه به درون ساختمان کشتی بریزد، از قسمت پایین به مخزن می‌ریزد. همچنین یک لوله تنظیم فشار در قسمت بستاب جلویی، عمل حفظ فشار را تا حد استاندارد بر عهده دارد. در سامانهٔ مجرای پاشنه، اجزای زیادی جهت انجام مأموریت وجود دارند که در شکل ۳۱ دیده می‌شود. باید در نظر داشت که هنگام چرخش پروانه، روغن روانکاری که عمل بستاب را نیز تکمیل می‌نماید، با پمپ‌های اتوماتیک، شروع به جریان یافتن در محفظه مجرای پاشنه می‌کند. این کار باعث روانکاری و پویا ماندن سامانه آب‌بندی می‌گردد.



شکل ۳۰ـ مجرای پاشنه و سامانهٔ روانکاری

اجزای مختلف مجرای پاشنه: در شکل ۳۱ اجزای مختلف یک نمونه مجرای پاشنه نشان داده شده است. جهت درک بهتر، سامانه روانکاری برداشته شده است تا پیچیدگی تصویری به‌وجود نیاید. همچنین نما به‌شکل بریده شده از بغل است.



شکل ۳۱ـ اجزای مختلف مجرای پاشنه

حال به توضیح این قسمت‌ها پرداخته می‌گردد:

۱ حلقه زوجه: سطح آب‌بندی را در ناحیه‌ای ایجاد می‌نماید که حلقهٔ آب‌بند در مواجهه با آن است. جهت سهولت در نگهداری، این حلقه از حلقهٔ آب‌بند اصلی مجز ا است تا بتوان آن را در صورت لزوم تعویض نمود و حلقه اصلی را بدون نیاز به تعویض ماشین‌کاری نمود.

۲ حلقه بستاب (آب‌بند اصلی) از نوعی لاستیک ساخته شده که در برابر سایش مقاومت زیادی دارد. این حلقه با فنر به محور پروانه چسبیده است. این حلقه در حالی‌که با محور پروانه می‌چرخد، از سمت جلو به حلقه زوجه چسبیده است. در نتیجه‌این حلقه باعث ساییدگی محور پروانه نمی‌شود.

۳ قسمت بستاب بالشتکی از دو طرف به محفظه بستاب متصل است. زمانی‌که حلقه زوجه باز می‌شود، این قسمت آب‌بند با هوا باد شده و مانع نفوذ آب دریا به بدنه کشتی می‌شود. این قسمت زمانی استفاده می‌گردد که بخواهیم حلقه اصلی را تعویض نماییم. لازم به ذکر است که این قسمت بستاب در زمانی که محور پروانه در حال کار کردن است، هیچ‌گاه مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

۴ سامانهٔ اتصال الکتریکی به زمین که وظیفه آن خنثی‌سازی الکتریکی است، در زمانی‌که بار الکتریکی بشکل ناخواسته اتصال می‌نماید.

شکل ۳۲ نیز یک تصویر کلی از قسمت داخلی مجرای پاشنه نشان داده شده است که شامل قسمت‌های مربوط به خود است و شامل اجزای نشان داده شده در شکل ۳۲ است.

شکل ۳۲ـ تصویری از اجزای مربوط به مجرای پاشنه

کار در کلاس

با کمک هنرآموز، اصطلاحات لاتین جدول زیر را بیابید

ردیف	اصطلاح فارسی	اصطلاح لاتین
۱	بستاب (حلقه آب‌بند) زاپاس (یدکی)	
۲	حلقه زوجه	
۳	حلقه بستاب (آب‌بند)	
۴	محفظه (لوله)	
۵	بستاب انعطاف‌پذیر (بالشتکی)	
۶	واحد اتصال الکتریکی به زمین	
۷	محفظه آب‌بند	

روش‌های بازرسی و نگهداری مجرای پاشنه:

شرکت‌های سازنده این قسمت از سامانهٔ انتقال قدرت، دستورالعمل‌هایی را جهت بازرسی و نگهداری مجرای پاشنه تدارک دیده اند. با این وجود، معمولاًسه نوع بازرسی برای مجرای پاشنه مدنظر قرار می‌گیرد: بازرسی‌های روزانه، بازرسی‌های هفتگی و بازرسی‌های سالانه. بازرسی‌های روزانه و هفتگی را به‌عنوان بازرسی‌های کوتاه مدت می‌شناسند. بازرسی‌های سالانه نیز به‌عنوان بازرسی‌های بلند مدت شناخته می‌شوند. از جمله مهم‌ترین بازرسی‌های کوتاه مدت در جدول ۶ آمده است.

جدول ۶ـ بازرسی‌های کوتاه مدت

نوع بازرسی	بازه زمانی	نگهداری و تعمیر
اتصالات و قسمت‌های آب بند	هر روز	میزان نشتی آب یا روغن را چک نمایید. در صورت وجود جهت رفع آن اقدام نمایید.
فشار آب تغذیه، در صورتی که با پمپ کار می‌کند	هر روز	میزان فشار استاندارد چک گردد. معمولاً این فشار ۲ تا ۶ psi بیشتر از فشار آب در مرکز محور است.
فیلتر آب دریا، برای سامانهٔ روانکاری شده با آب دریا	هر هفته	در صورتی که فیلتر خیلی کثیف شده باشد تعویض گردد.
ناخالصی و گرد و خاک	هرهفته	گرد و خاک در قسمت‌های لغزان پاک‌سازی و برطرف گردد.

جدول۷ نیز بازرسی‌های سالانه یا بلند مدت را بیان می‌کند:

جدل۷ـ بازرسی‌های بلندمدت

وضعیت بازرسی	نوع بازرسی
وضعیت تغییر شکل و نیز میزان سایش آن بررسی شود	بازرسی حلقه‌های بستاب در زمان اورهال
آشغال‌های موجود در شیارها می‌توانند حین کارکرد محور پروانه و زمان سرویس‌دهی شناور باعث ایجاد حرارت و نیز سایش گردند.	بازرسی شیارهای بستاب و فنرهای بیرونی حلقه‌ها (در صورت وجود) همچنین پشت این اجزا نیز چک شود تا از نبود آشغال مطمئن شد.
در صورتیکه لایهٔ بیرونی حلقه زوجه بیش از حد سایش داشت، باید ماشین‌کاری گردد.	بازدید و بررسی وضعیت حلقهٔ زوجه
در صورتی که سطح بیرونی رنگ‌آمیزی شده باشد، باید مجدداً آن را رنگ نمود.	بررسی وضعیت سطح بیرونی محور پروانه در آن موقعیت

عیب‌یابی و رفع عیب در مجرای پاشنه: مجرای پاشنه نیز مانند هر قسمت دیگری از سامانهٔ انتقال قدرت مثل جعبه دنده یا محور پروانه، نیاز به عیب‌یابی دارد. مهم‌ترین علایمی که می‌توان عیب سامانه را پی برد، در جدول ۸ آمده است.

جدول۸ـ عیب‌یابی و رفع عیب در مجرای پاشنه

ردیف	موضوع	نوع عیب	علت	روش رفع
۱	درجه حرارت مدار(Liner)	بسیار داغ می‌شود، حین تماس با دست می‌سوزد، بوی سوختن لاستیک می‌آید	فشار بسیار بالای مایع (آب یا روغن)	تنظیم فشار با شیرهای فشارشکن و...
			حلقه بادکنکی بستاب ورم کرده است.	حلقه را از هوا خالی کنید.
			طناب یا بند ماهی‌گیری در پروانه‌گیر کرده است.	طناب یا بند از پروانه جدا شود.
			حلقه‌های آب‌بند صحیح نصب نشده‌اند.	شبکه را باز نموده، قسمتی که حلقه قرار می‌گیرد را گریس‌کاری نمایید و مجدداً شبکه را ببندید

۲	میزان آب نشتی	نشتی آب بسیار زیاد است (بیش از ۱۰ گالن در روز)	چیزی بین حلقه آب‌بند و شبکه (liner) گیر کرده است.	سامانه را باز نموده و عمل تمیزکاری و پاکسازی صورت گیرد.
			حلقه آب‌بند اعوجاج پیدا کرده است.	آب گرم روی حلقه ریخته شود.
			حلقه آب‌بند خراب شده است	حلقه آب بند را تعویض نمایید.
			آستری (روکش محور) خراب شده است (خراشیده یا پوسیده شده).	این قسمت آستری ماشین‌کاری و صاف‌کاری گردد.
		بین حلقه آب‌بند و روکش محور هیچ نشتی وجود ندارد.	حلقه آب‌بند در اثر دمای پایین سفت شده است.	آب گرم روی حلقه بریزید.
			بین حلقه آب‌بند و محور چیزی گیر کرده است.	سامانه را باز نموده، حلقه را درآورده و عمل پاک‌سازی صورت گیرد.
			چسب لاستیکی خراب شده است.	حلقه را با یک نمونه نو تعویض نمایید.
۳	فشار آب تغذیه	سامانه بسیار داغ است که نمی‌توان آن را لمس نمود.	به ردیف ۱ رجوع شود	به ردیف ۱ رجوع شود، تمیزکاری داخل جعبه سامانه آب‌بند
		نشتی بسیار زیاد آب	یاتاقان محور پاشنه خراب شده است.	تعویض و یا تعمیر آن
۴	حلقهٔ آب‌بند (بستاب) بالشتکی	حلقهٔ آب‌بند باد نمی‌شود و آب نشت می‌کند..... حلقه آب‌بند باد می‌کند ولی آب دریا نشت می‌کند.	زمانی که محور پروانه می‌چرخد، این حلقه باد می کند .	در سریع‌ترین زمان ممکن، حلقه تعویض گردد. بشکل عملی، این کار در زمان تعمیر شناور در خشکی انجام می‌گیرد. ولی در صورت اضطراری بودن باید با باز نمودن توپی پاشنه این کار را انجام داد.
			فشار ناکافی هوا	فشار هوا افزایش یابد.
			شیر تغذیه آب اصلی باز است .	شیر را ببندید.

تحقیق کنید

در مورد سامانه‌های انتقال قدرت در کشتی، آیا شرکت‌های داخلی موجود هستند که به امر تولید تمام یا بخش‌هایی از اجزای این سامانه‌ها بپردازند؟

ارزشیابی مرحله‌ای

عنوان پودمان	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
نگهداری و تعمیر سامانه‌های انتقال قدرت	تعمیر و نگهداری مجرای پاشنه و شناسایی اجزای آن	توانایی بررسی عملکرد مجرای پاشنه، شناسایی اجزا و تعمیر و نگهداری آن	بالاتر از حد انتظار	۱ـ توانایی بررسی عملکرد مجرای پاشنه ۲ـ توانایی بررسی اجزای مجرای پاشنه و تعمیر و نگهداری آن ۳ـ عیوب ایجاد شده در مجرای پاشنه را یافته و آنها را رفع عیب نماید. *هنرجو توانایی انجام همه شاخص‌ها را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱ـ توانایی بررسی عملکرد مجرای پاشنه ۲ـ توانایی بررسی اجزا ی مجرای پاشنه و تعمیر و نگهداری آن ۳ـ عیوب ایجاد شده در مجرای پاشنه را یافته و آنها را رفع عیب نماید. *هنرجو توانایی انجام دو مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱ـ توانایی بررسی عملکرد مجرای پاشنه ۲ـ توانایی بررسی اجزای مجرای پاشنه و تعمیر و نگهداری آن ۳ـ عیوب ایجاد شده در مجرای پاشنه را یافته و آنها را رفع عیب نماید. *هنرجو توانایی انجام یک مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۱
نمرهٔ مستمر از ۵					
نمرهٔ شایستگی پودمان از ۳					
نمرهٔ پودمان از ۲۰					

ارزشیابی: نگهداری و تعمیر سامانه‌های انتقال قدرت

۱ـ شرح کار:

- جعبه دنده، شناسایی اجزا و روش‌های تعمیر و نگهداری آن
- آشنایی با محور پروانه و اجزای آن
- مجرای پاشنه، شناسایی اجزا، تعمیر و نگهداری

۲ـ استاندارد عملکرد: هنرجو بتواند جعبه دنده را شناسایی کند. محور انتقال قدرت و یاتاقان‌ها را بررسی نماید و همچنین مجرای پاشنه را بازرسی و تعمیر و نگهداری کند.

شاخص‌ها:

ـ شناسایی انواع جعبه‌دنده

ـ شناسایی مجرای پاشنه و توانایی بازرسی آن

۳ـ شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط و ابزار و تجهیزات: کارگاه مکانیک موتورهای دریایی، و مراجعه به کارخانه‌های تعمیر و نگهداری شناور

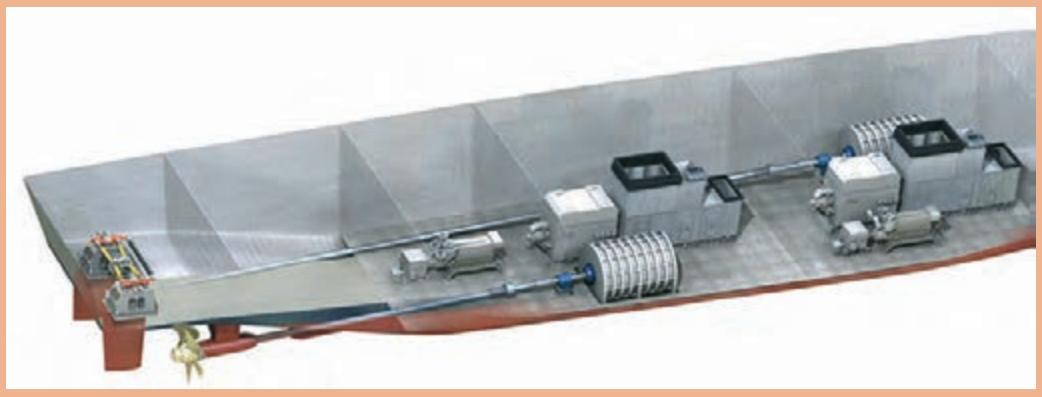
۴ـ معیار شایستگی:

ردیف	مرحلهٔ کار	حداقل نمرهٔ قبولی از ۳	نمرهٔ هنرجو
۱	جعبه دنده، شناسایی اجزا و روش‌های تعمیر و نگهداری	۲	
۲	آشنایی با محور پروانه و اجزای آن از جمله خود محور و تکیه‌گاه‌ها	۱	
۳	مجرای پاشنه، شناسایی اجزا، تعمیر و نگهداری	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی، و... ۱ـ استفاده از لباس مناسب کار در کارگاه ۲ـ استفاده صحیح و مناسب از ابزار و تجهیزات کارگاه ۳ـ رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها، ۴ـ دقت و تمرکز در اجرای کار، ۵ـ شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر،	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۳ است.

پودمان ۵

نگهداری و تعمیر سامانه های پیش برنده



واحد یادگیری ۵

نگهداری وتعمیر سامانه های پیش برنده

آیا تاکنون پی برده‌اید:

- منظور از پیش برنده کشتی چیست؟
- انواع پیش برنده‌ها در کشتی‌ها کدام‌اند؟
- میزان افت راندمان در پیشرانه کشتی به چه میزان است؟
- متداول‌ترین پیش برنده در کشتی‌های تجاری چیست؟
- نوع پیش برنده چه تأثیری بر روی ساختمان پاشنه کشتی دارد؟

استاندارد عملکرد

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

انواع دستگاه‌های پیش برنده در کشتی‌ها

بطورکلی برای غلبه بر مقاومت اعمالی بر کشتی و رسیدن به یک سرعت دلخواه نیاز است که توسط سامانه رانش در کشتی یک نیروی پیشرانش (تراست) تولید شود. پیش برنده‌ها توان گرفته‌شده از محرکه اصلی (Prime Mover) را به نیروی پیشرانش تبدیل می‌کنند. در طول سالیان متمادی انواع سامانه‌های پیش‌رانش به‌کار گرفته‌شده 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 انجام‌شده است:

۱ **بازدهی بیشتر:** به‌گونه‌ای که بتوان با صرف کمترین انرژی ممکن به بیشترین نیروی پیشرانش دست‌یافت.

۲ **سهولت ساخت و نگهداری و تعمیر:** به‌گونه‌ای باشد که بتوان با فناوری در دسترس، نسبت به ساخت آن اقدام نمود و فرایند نگهداری و تعمیر آن به‌سادگی 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 پیشرانه چرخ پدالی (Paddle Wheel)

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

شکل ۱ـ سامانه پیشرانه چرخ پدالی

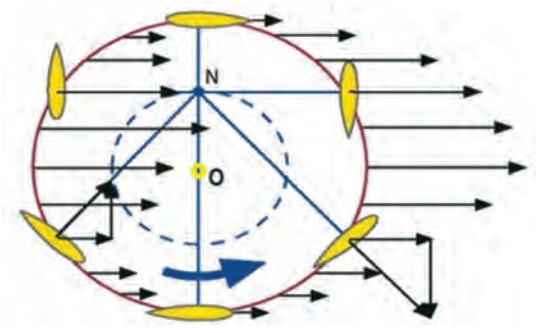
ب) پروانه محور عمودی (Cycloidal Propeller)

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

۱ کریستین ـ بوئینگ (kirsten boeing)

۲ وویس اشنایدر (Voith Schneider)

در شکل ۲ یک نمونه از این سامانه نشان داده‌شده است.

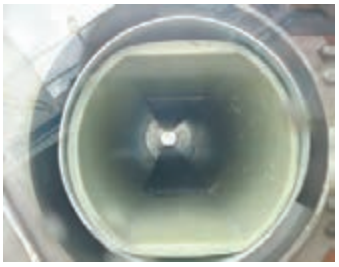


شکل ۲ـ سامانه پیش برنده وویس اشنایدر

پ) سامانه رانش الکترومغناطیس (Electro-Magnetic Propulsor)

سیستم پیش‌رانش الکترومغناطیسی همواره به‌عنوان یک سیستم رانش عاری از صدا و ارتعاش موردتوجه محققان بوده است. باوجود معرفی این سیستم رانش از اوایل دهه شصت میلادی، تاکنون تحقیقات زیادی درزمینهٔ بهبود کارایی و بهینه‌سازی هندسه پیشران انجام‌شده است. مطالعات گسترده‌ای در اوایل دهه نود برروی امکان‌سنجی به‌کارگیری از این فناوری در سیستم رانش کشتی انجام‌شده و امکان استفاده از الکترومغناطیس‌های ابررسانا بر روی سیستم رانش کشتی را تائید نموده‌اند. در مورد به‌کارگیری سیستم رانش رسانشی مغناطیسی، دو روش مختلف وجود دارد. روش اول، پیش‌رانش خارجی است که نیروهای الکترومغناطیسی به‌صورت مستقیم

به جریان اطراف بدنه کشتی اعمال می‌شوند. درحالت پیش‌رانش داخلی، میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی درون یک پیشران اعمال‌شده و پیش‌رانش به‌صورت عکس‌العملی انجام می‌شود. با بهره‌گیری از ابررساناهای با دمای بالا، وزن و حجم تجهیزات خنک کننده کاهش می‌یابد. به‌کارگیری از آلیاژهای مخصوص در ساختار پیشران نیز باعث بهبود کارایی سیستم می‌گردد. به‌عبارت‌دیگر بهبود بازدهی به‌صورت 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 پیش رانش(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 به‌عنوان یکی از انواع سیستم رانش برای زیردریایی‌ها به شمار می‌آید. شکل ۳، کشتی یاماموتو یک نمونه عملی در دنیا است.



شکل ۳ـ کشتی رانش مغناطیسی یاماموتو (Yamato)

ت) سامانه رانش بادبانی (Wind propulsion)

درگذشته، 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 به‌طوری‌که کشتی‌های بادبانی به‌صورت 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 درحال انقلابی مجدد در نحوهٔ 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 داده‌شده است.

شکل ۴ـ استفاده از انرژی باد درحرکت کشتی‌ها

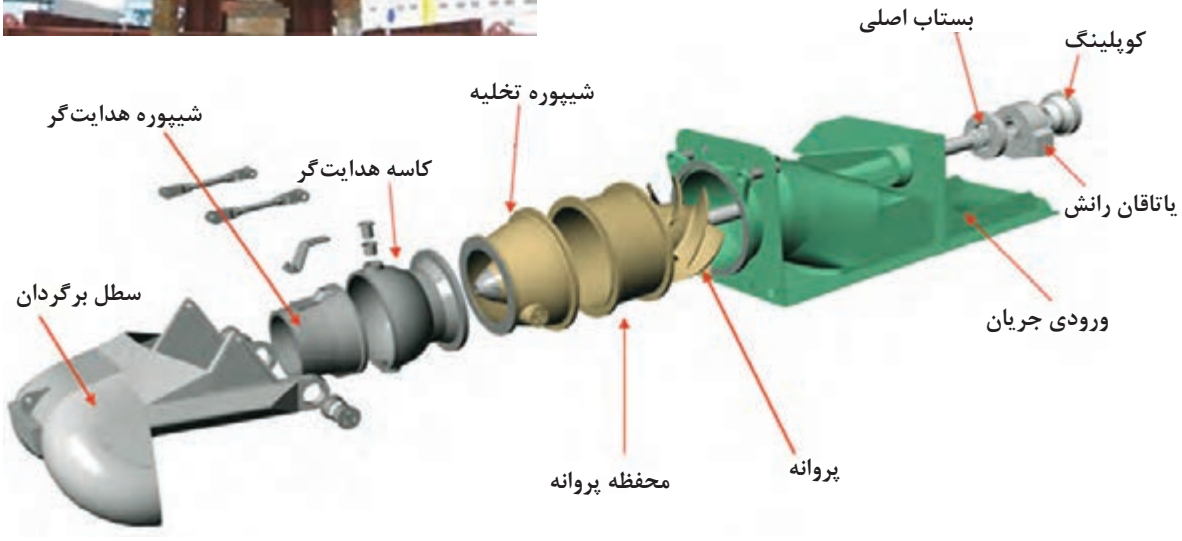
ث) سامانه رانش جت آب (Water Jet)

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 به‌طرف 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 هنگامی‌که آب با سرعت زیاد از جت بیرون می‌زند نیرویی درجهت 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 هزینهٔ تعمیر و نگهداری پایین‌تر، عمر موتور طولانی‌تر، نصب آسان‌تر، ارتعاش کمتر، بارگذاری بیشتر موتور و استعداد صدمه کمتر نسبت به پروانهٔ 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 درحرکت به سمت عقب و همراه با توانایی قطع توان درحرکت
- هزینه تعمیر و نگهداری کم
- آرام و بدون سروصدا



شکل ۵ـ سامانه رانش واترجت

مباحث مربوط به نصب، نگهداری و تعمیر سامانه واترجت در شناورها بسیار حائز اهمیت می باشد. پس از نصب واتر جت برروی 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 نشتی آب در کاسه نمد ها وجود ندارد.

۲ چک شود که سطح روغن در هوزینگ یاتاقان در سطح مناسبی می‌باشد.

۳ چک شود که ارتفاع آبخور شناور حداقل تا راستای محور شافت قرار داشته باشد تا برای عملکرد پمپ به‌مشکلی برنخورد.

ج) سامانه رانش پروانه‌ای

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

- پروانه‌های گام ثابت
- پروانه‌های گام متغیر
- پروانه‌های عکس چرخنده
- سیستم دو پروانه‌ای
- پروانه‌های دارای غلاف
- سیستم رانش آزیپاد
- سیستم پروانه نافذ سطحی (نیمه مغروق)

Fixed Pitch Propeller

Controllable Pitch Propeller

Contra Rotating Propeller

Twin Screw System

Ducted Propeller

(Azipod (Azimuthing Podded Drive

Surface Piercing Propeller

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 ۶ـ پروانه گام ثابت

پروانه‌های گام متغیر (گام قابل‌کنترل CPP)، پروانه‌هایی باقابلیت تغییر زاویه گام بوده و از یک مکانیزم تحریک پره به‌صورت مکانیکی و یا هیدرولیکی برای تغییر گام پروانه استفاده می‌شود. ویژگی‌های مهم این پروانه‌ها به‌صورت زیر است و در شکل ۷ نشان داده‌شده 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

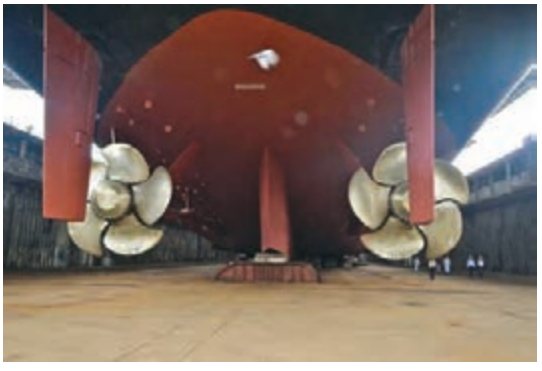
البته دقت ساخت و استفاده از توپی بزرگ در این پروانه‌ها از معایب آن به شمار می‌رود.

شکل ۷ـ پروانه گام متغیر

پروانه‌های عکس چرخنده: دارای محور تودرتو و پیچیده است و در کشتی‌های بزرگ با محور طویل کاربرد ندارد. در این پروانه‌ها زاویه گام پره‌ها عکس یکدیگر می‌باشند درنتیجه نیروی پیش رانش (تراست) هردو روبه‌جلو است. قطر پروانه دوم معمولاً کوچک‌تر از پروانه اول است. دور پروانه‌ها ممکن است متفاوت باشد، ولی اغلب موارد دور آن‌ها یکسان است. در این سیستم گشتاورهای ناشی از سیستم رانش خنثی می‌شود و به‌همین علت در اژدرها کاربرد دارد.

شکل ۸ـ پروانه‌های عکس چرخنده

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



شکل ۹ـ سیستم دو پروانه‌ای

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 باوجود داشتن قطر کمتر کارایی خوبی پیدا می‌کنند. برای این‌گونه پروانه‌ها از دو نوع نازل استفاده می‌شود:

۱ غلاف‌های افزاینده(Accelerating Duct)

۲ غلاف‌های کاهنده (Decelerating Duct)

شکل ۱۰ــ پروانه غلاف دار

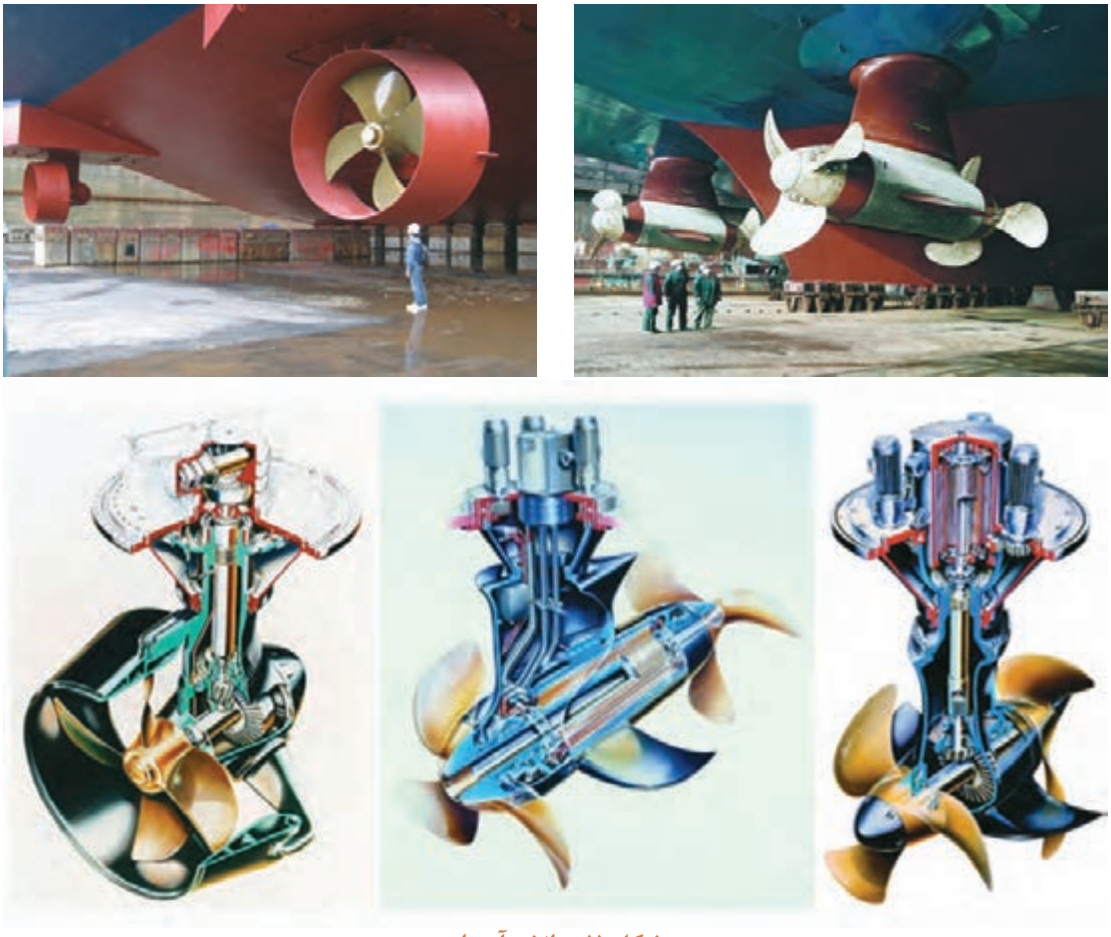
پیش رانش(تراست) ناشی از غلاف می‌تواند تا ۳۰ درصد افزایش یابد؛ و این مورد برای شناورهای کندرو و سرعت‌های پایین و شرایط سنگین بسیار بااهمیت است.

سیستم رانش آزیپاد: 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 مورداستفاده می‌تواند به‌صورت گام ثابت و یا گام متغیر مورداستفاده 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

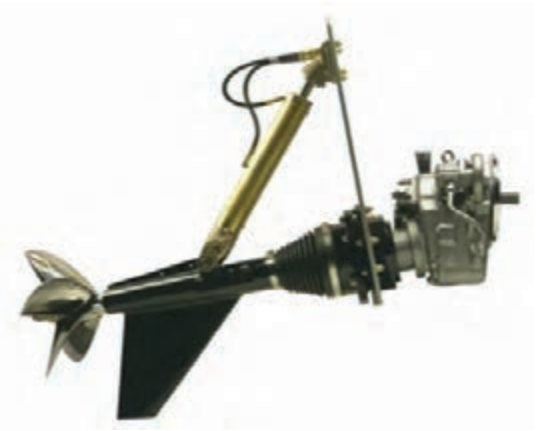
L-drive یک شافت ورودی عمودی و یک شافت خروجی افقی با یک چرخدندهٔ زاویهٔ قائم دارد. بخش Z-drive دارای یک شافت ورودی افقی، شافت عمودی چرخان و شافت افقی خروجی با دو چرخدندهٔ عمود بر هم است. همان‌طور که مشخص است انتقال قدرت و چرخش پروانه‌ها به‌صورت مکانیکی انجام می‌شوند.

انتقال قدرت الکتریکی (Electrical transmission): در این وضعیت، یک موتور الکتریکی مستقل در کنار پروانه قرار می‌گیرد و به‌طور مستقیم و بدون واسطه با پروانه درگیر است. برق موردنیاز این موتور معمولاً توسط توربین گاز یا موتور دیزل کشتی تأمین می‌شود.



شکل ۱۱ـ رانش آزیپاد

سیستم رانش سطحی - SPPها: بانام پروانه‌های نیمه مغروق شناخته می‌شوند. این نوع پروانه نوع خاصی از پروانه سوپر کاویتاسیونی است که در شرایط نیمه مغروق کار می‌کند. پروانه‌های سوپر کاویتاسیونی اغلب به‌عنوان سیستم رانشی با بالاترین راندمان برای شناورهای تندرو مطرح می‌شوند. مشخصه ویژه آن‌ها ضخامت زیاد سطح مقطع پره‌ها در لبه دنباله (trailing edge) است. سیستم رانش سطحی مانند سیستم رانش معمولی ولی با پروانه‌ای متفاوت کار می‌کند. این سیستم در پشت شناور نصب می‌شود و هر پروانه



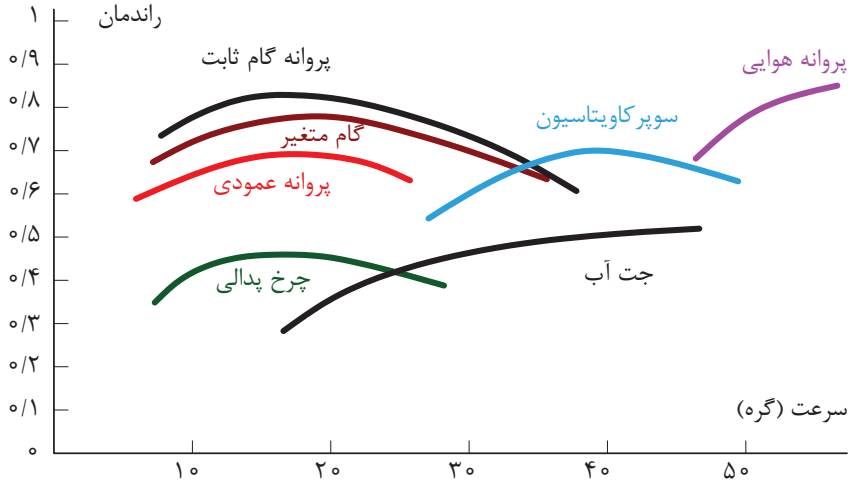
شکل ۱۲ـ سیستم رانش نیمه مغروق

قسمتی از یک دور را بیرون آب است. ازاین‌رو 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 داده‌شده است.

پروانه‌های دریایی به‌صورت کلی بایستی از موادی ساخته شوند که بتوانند در مقابل آب شور مقاومت به‌خوردگی مناسبی داشته باشند. به‌صورت معمول از جنس آلیاژ برنز و فولاد ضد زنگ استفاده می‌شود. در طول عمر سرویس شناور به‌علت وجود خزه برروی سطح پروانه نیاز است که به‌صورت دوره‌ای نسبت به‌خزه زدایی و تعمیر خوردگی‌های ایجاد شده برروی سطح پره اقدام لازم صورت پذیرد. جهت بررسی سلامت پروانه بعد از خزه‌زدایی و انجام تعمیرات لازم نیاز است که بازرسی‌های رده‌بندی به‌صورت 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 به‌صورت ساده یک معیار انتخاب سامانه پیش برنده را برای شناور دلخواه موردبررسی قرار بدهیم می‌توان از نمودار زیر بهره گرفت. در این نمودار محور افقی سرعت حرکت کشتی و محور عمودی، بازدهی سیستم رانش است.



شکل ۱۳ـ انتخاب نوع سیستم رانش موردنیاز برحسب سرعت شناور

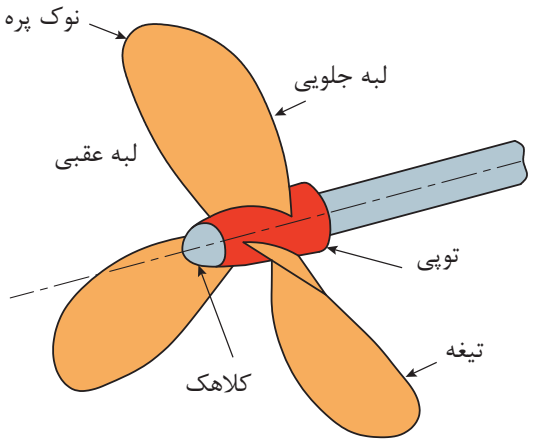
کار در کلاس

کار در کلاس: با کمک هنرآموز خود، چگونگی استفاده از سامانه‌های رانش در شکل ۱۳ را موردبررسی 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. درحال 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 به‌صورت شکل ۱۴ نشان داد.

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



شکل ۱۴ـ تعاریف هندسی یک پروانه دریایی

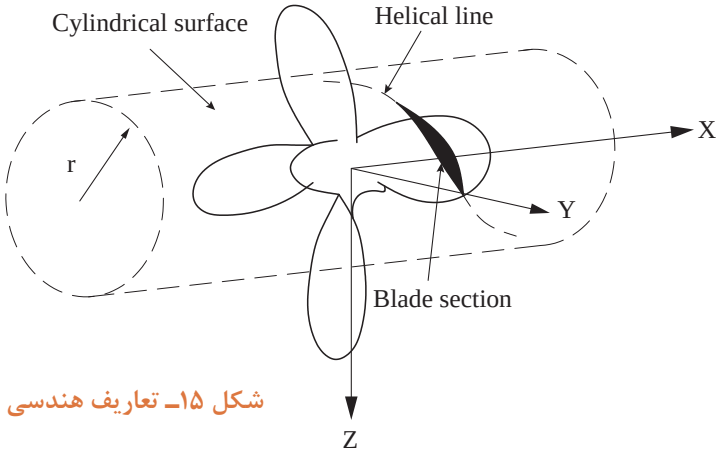
زاویه‌های تعریف‌شده در پروانه:

۱ زاویه گام Pitch Angle

۲ زاویه کجی Rack Angle

۳ زاویه شلاقی Skew Angle

زاویه گام: پره‌ها به‌صورت 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 (هلیکس Helix) می‌گویند.

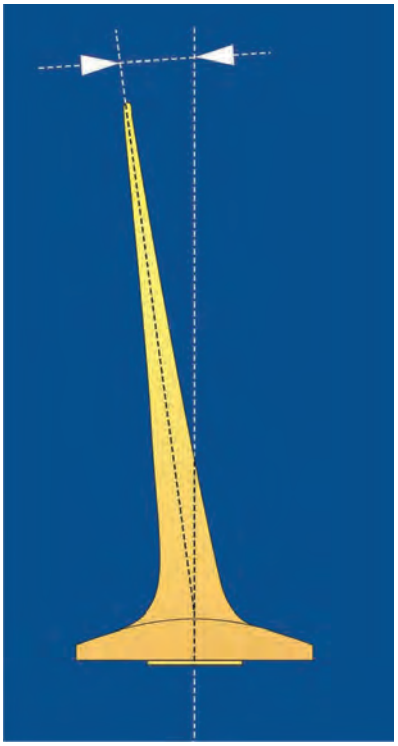


شکل ۱۵ـ تعاریف هندسی یک پروانه دریایی

اگر مسیر هلیکا طی شده در یک دور پروانه به‌صورت یک خط صاف نمایش داده شود زاویه تشکیل‌شده را زاویه گام گویند.

تحقیق کنید

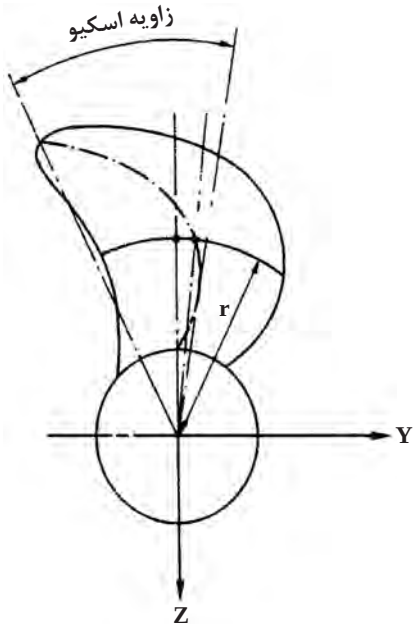
تعریف انواع مختلف گام شامل: ۱ـ گام دماغه ـ دنباله ۲ـ گام رخ ۳ـ گام مؤثر ۴ـ گام هیدرودینامیکی، با کمک هنرآموز خود تحقیق نمایید.



قابل‌ذکر است که گام دماغه ـ دنباله به‌عنوان مرجع اصلی اکثر سازندگان پروانه، برای تعریف مقطع پره به‌کار می‌رود.

زاویه کجی (ریک): زاویه نصب پره‌های پروانه به‌صورت زاویه‌دار روبه‌جلو یا عقب را زاویه ریک و یا کجی می‌نامند. چنانچه کجی پره به سمت عقب شناور باشد زاویه ریک مثبت و چنانچه به‌سمت جلو کشتی 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 درنتیجه آن نیروی پیش رانش (تراست) بیشتری حاصل می‌شود. از طرفی زاویه ریک منفی ازنظر استحکام سازه‌ای پره شرایط بهتری دارد.

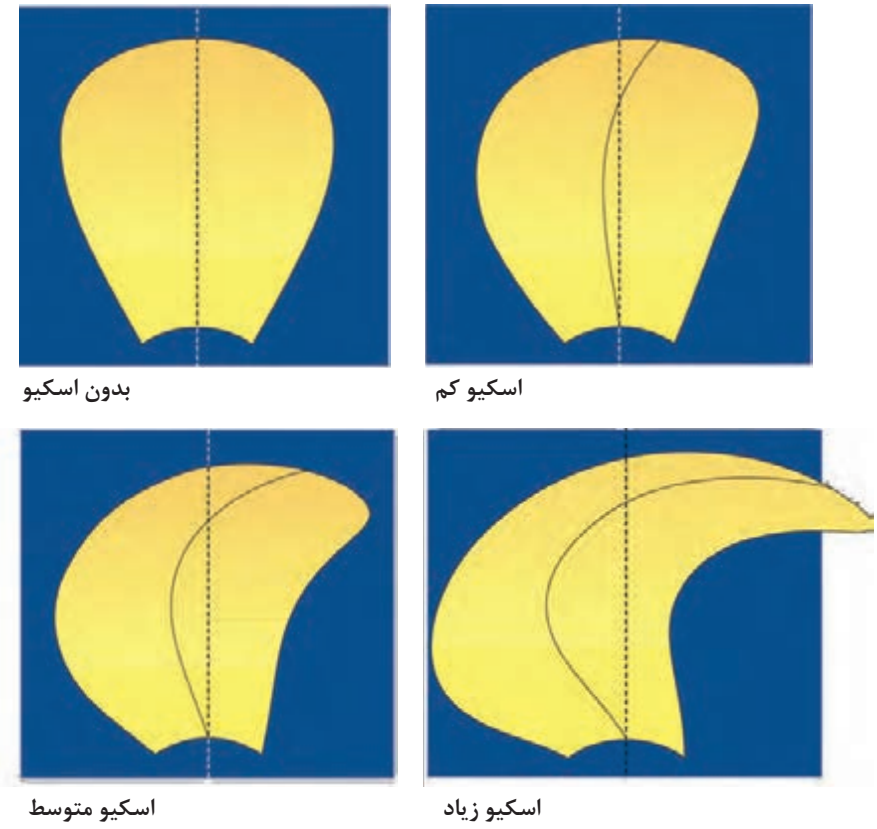
شکل ۱۶ـ زاویه ریک پروانه



زاویه شلاقی (اسکیو): زاویه میان خط مماس بر خط میانی پره با خط واصل میان مرکز توپی 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 کاویتاسیون می‌شود و درنتیجه باعث سروصدا به دلیل کاهش کاویتاسیون می‌شود. به‌همین دلیل در زیردریایی‌ها از پروانه‌های با زاویه اسکیو زیاد استفاده می‌شود. افزایش زاویه شلاقی و افزایش تعداد پره‌ها موجب کاهش ارتعاش پروانه می‌شود.

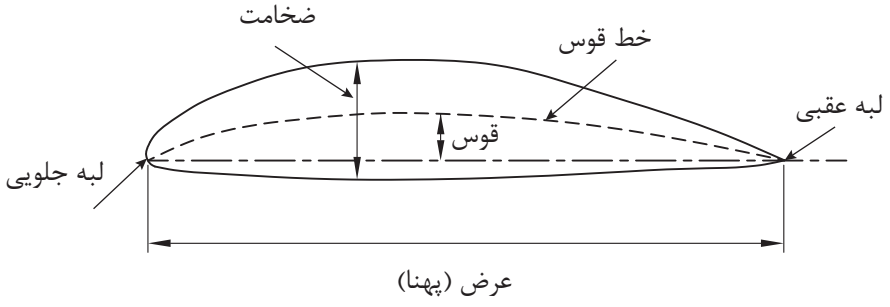
شکل ۱۷ـ زاویه شلاقی

در شکل زیر پروانه بدون اسکیو (Non Skew) و اسکیوهای کم (Low Skew)، متوسط (Medium Skew) و زیاد (High Skew) نشان داده‌شده است.



شکل ۱۸ـ انواع زوایای شلاقی

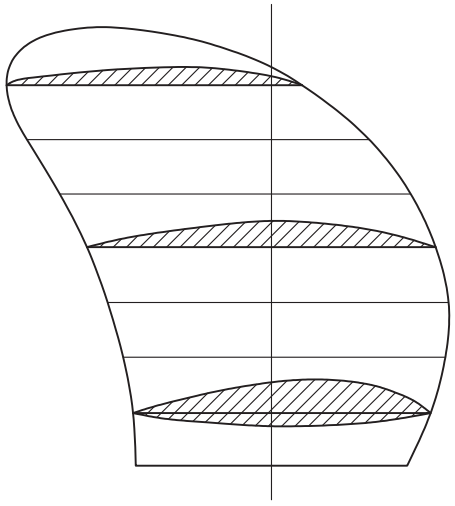
چنانچه پره پروانه در راستای شعاع پروانه برش زده شود، سطح مقطع پره از یک‌شکل خاص که به آن مقطع فویل گویند، تشکیل‌شده است. به مقطع هر جسمی که در جریان آب قرار می‌گیرد، هیدروفویل گویند. مقطع پره استاندارد گذاری‌های مختلفی دارد. یکی از معروف‌ترین استانداردها مربوط به هیدرو فویل‌هایی موسوم به ناکا (National Advisory Committee for Aeronautics – NACA) است. مقاطع فویل می‌تواند به‌صورت متقارن و نامتقارن مورداستفاده قرار گیرد. یک فویل NACA نامتقارن در شکل ۱۹ نشان داده‌شده است.



شکل ۱۹ـ مقطع فویل در پروانه

ضخامت فویل پره مطابق شکل در نزدیکی توپی 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 به‌سیال برخورد می‌نماید. جریان سیال ورودی به پروانه دارای دو مؤلفه محوری و شعاعی است که نتیجه این دو مؤلفه یک بردار سرعت برایند به پروانه خواهد شد. مطابق شکل روبه‌رو، زاویه بین خط کورد مبنا (Base Chord) و سرعت برایند (Resultant Velocity) را زاویه حمله گویند.



شکل ۲۰ـ مقاطع مختلف پره در شعاع‌های مختلف

تحقیق کنید

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

کار در کلاس

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

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

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 ارائه‌شده است.

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

تحقیق کنید

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

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 تقسیم‌بر 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 ایجادشده، 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.

تحقیق کنید

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

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.

تحقیق کنید

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

بیشتر بدانید

ده فاکتوری که برای طراحی یک پروانه کشتی کارآمد باید در نظر داشت؟

طی سال‌ها تحقیق و توسعه قابل‌توجهی در زمینهٔ طراحی پروانه برای حصول اطمینان از ایمنی محموله‌ها، مسافرین و کارکنان شناور انجام‌شده 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 استانداردی پیروی کرده‌اند. پروانه‌ها بایستی به‌گونه‌ای طراحی شوند که نویز و ارتعاشات کاهش‌یافته و نهایتاً پایین‌ترین سطح کاویتاسیون 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 ـ باز که بر روی یک سری از پروانه‌های مدل انجام می‌گیرد. پروانه‌های مختلف آزمایش‌شده 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 به‌طورمعمول طراحی می‌شوند را طلب می‌کنند مانند پروانه‌هایی که باید در مسیر دنباله (Wake Pattern) غیریکنواخت کار کنند یا آن‌هایی که در معرض کاویتاسیون 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:** مشاهده‌شده است که سرعت شفت و قطر پروانه رابطه بسیار نزدیکی با یکدیگر دارند. یک شفت سرعت‌پایین، با یک قطر مشخص، از دیدگاه کارآمدی بسیار سودمند نشان داده‌شده 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.

به‌طورکلی، 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 پیشرانش تفاوت داشته باشد. اغلب دیده‌شده است که طراحی با دور پایین راندمان جلو برندگی را ۱۰ تا ۱۵ درصد افزایش داده است.

۳ **تعداد تیغه‌ها:** تعداد تیغه‌های انتخاب‌شده بر روی نیروهای متغیر اعمال‌شده بر آن‌ها، تأثیر می‌گذارد. ازنظر 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 برروی 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 درنظر گرفته شود، مقطع طرح کمتر در معرض کاویتاسوین وجه فشار پروانه قرارگرفته و این کاویتاسوین 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 پیشرانش برای یک پروانه مشخص، یک نسبت گام به قطر بهینه‌ای بایستی به دست آید که مجدداً به نرخ دور طرح پروانه مربوط می‌شود.

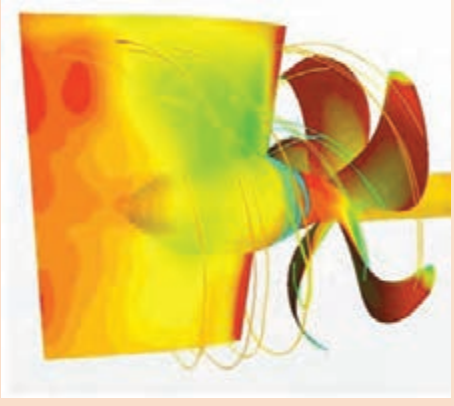
جدای از تغییرات معمولی که برای به‌دست آوردن راندمان بالاتر در پارامترهای پروانه ایجاد می‌شود، اجزای خارجی مشخصی وجود دارند که باعث بهبود جریان در اطراف پروانه و درنتیجه بهبود راندمان پیشرانش می‌شود؛ که به‌قرار زیرند:

۷ **تونل‌های پاشنه:** این وسایل کمک می‌کنند که اثر wake peak برای کشتی‌هایی که پاشنه V شکل دارند کمتر شده و درنتیجه 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 به‌سمت قسمت بالایی دیسک پروانه هدایت می‌کند که باعث متعادل شدن و بهبود کارآمدی بدنه می‌شود. همچنین این داکت‌ها می‌توانند به شتاب‌دهی

جریان به‌وسیله مقاطع ایرفویل شکل کمک کنند که این کار با ایجاد ناحیه کم‌فشار در مقابل داکت صورت می‌گیرد که طی طراحی به دست می‌آید.

۹ **Grouches Spoilers:** کاربرد آنها جهت‌دهی افقی جریان به‌سمت پروانه است که برای جلوگیری از تشکیل گردابه‌های کیل در شناورهای با پاشنه U شکل و تک پروانه طراحی می‌شوند.



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

سری‌های انتخاب پروانه

کاربرد اصلی سری‌های استاندارد پروانه برای استخراج ضرائب پیش رانش(تراست) و گشتاور و بازدهی پروانه است. این سری‌ها به‌جای استفاده از روابط محاسباتی از روش آزمایش مدل استفاده می‌کنند و بدین ترتیب که مدل‌های کوچکی از پروانه مثلاً به قطر ۲۵ سانتی‌متر ساخته شده و در تونل کاویتاسیون آزمایش می‌شوند. شکل هندسی پروانه‌ها در هریک از سری‌های استاندارد با هم متفاوت است. منظور از «استاندارد» در این سری‌ها، مؤسسات رده‌بندی نمی‌باشند بلکه منظور از آن، سری‌های شناخته‌شده از اطلاعات طراحی پروانه است. طراحی به کمک این سری‌ها دارای بیشترین دقت و ساده‌ترین روش است.

جدول ۱ سری‌های پروانه گام ثابت و بدون غلاف که اطلاعات پروانه‌های آزمایش‌شده در هر سری را داده است به‌اختصار نشان داده شده است.

جدول ۱ـ سری‌های استاندارد پروانه

سری	تعداد پروانه‌ها 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
گاون	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 پره‌های مختلف آزمایش‌شده است. مثلاً در سری‌های B پروانه‌های ۲ تا ۷ پره آزمایش‌شده‌اند. نسبت سطح گسترش‌یافته و P/D نسبت گام پروانه‌ها است. سری B جامع‌ترین سری در طراحی پروانه است. نتایج به‌دست‌آمده را بایستی به پروانه واقعی تعمیم داد. R_h/R نسبت شعاع توپی پروانه به شعاع پروانه است که همین نسبت در پروانه واقعی نیز وجود دارد.

تحقیق کنید

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

بیشتر بدانید

طراحی به کمک سری پروانه‌های B-Wageningen

پروانه‌های سری B در آزمایشگاه دریایی لهستان تهیه شده که حاصل انجام آزمایشات بر روی ۱۲۰ مدل مختلف پروانه با تعداد پره‌ها، سطح گسترش یافته و نسبت گام‌های متفاوت می‌باشد. این آزمایشات توسط آقای Wageningen انجام شده است. شرایط انجام آزمایش در عدد رینولدز ۲×۱۰^۶ 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 ۷-۲ پره و هر پروانه برای A_E/A_O = ۰/۳ - ۱/۰۵ می‌باشد.
روابط استفاده شده در این سری به‌صورت زیر است:

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

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

$$\eta_o = \frac{J}{2\pi}.\frac{K_1}{K_q}$$

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

که کلیه پارامترهای آن قبلاً معرفی شده‌اند. ضرایب تراست و گشتاور به‌صورت تابعی از عوامل زیر درنظر 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 ۰/۷۵R اندازه‌گیری شده است. نسبت ضخامت پره به طول کورد $(\frac{t}{c})$ نیز در شعاع ۰/۷۵R 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 به‌صورت نموداری ارائه شده‌اند.

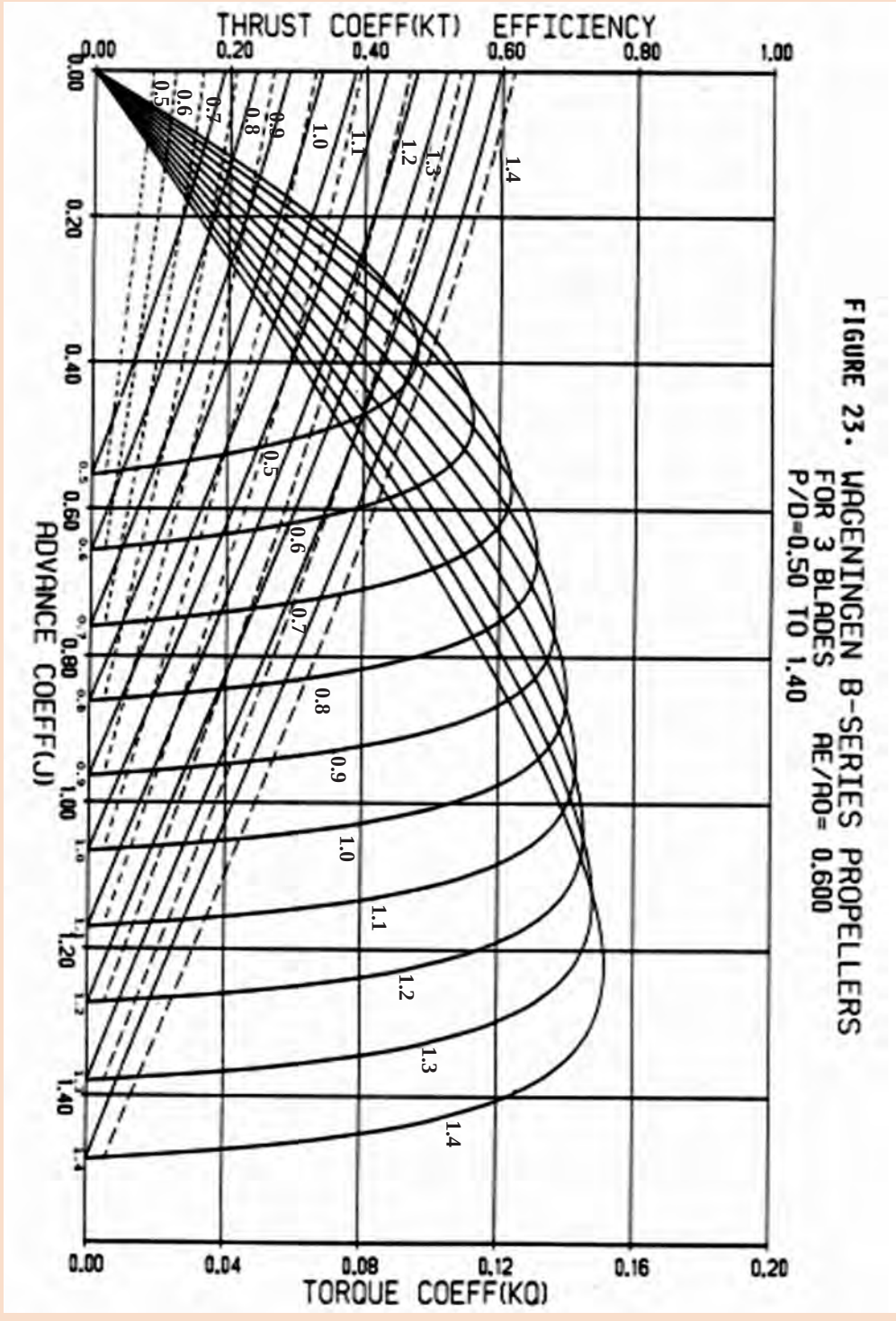
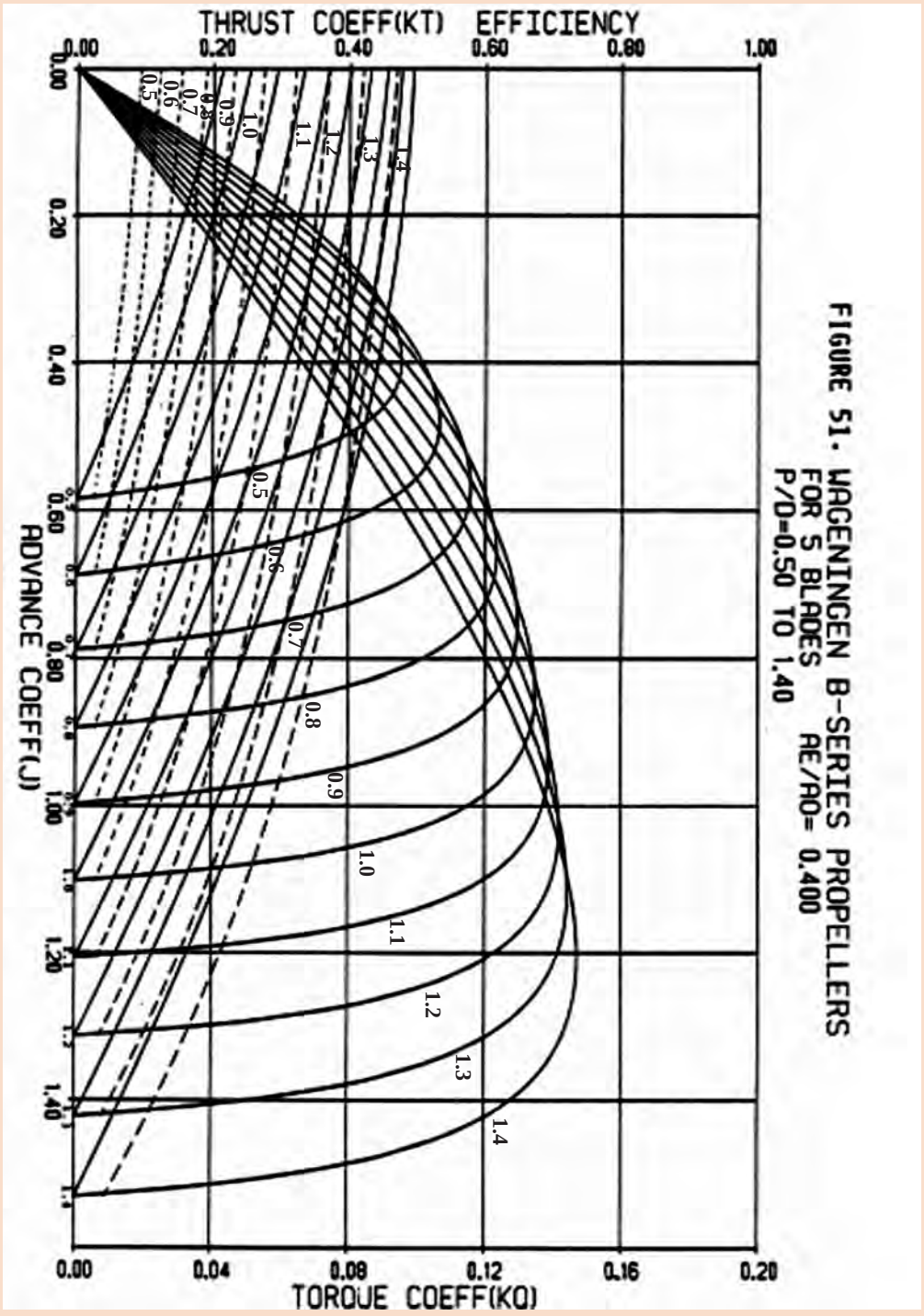


FIGURE 23. WAGENINGEN B-SERIES PROPELLERS
FOR 3 BLADES AE/AO= 0.600
P/D=0.50 TO 1.40



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_O است. هر نمودار با یک کد شناخته می‌شود که بیان کننده تعداد Z و A_E/A_O است. مثلاً نمودار ۵۵ ـ B۴ یعنی نمودارهای مربوط به پروانه ۴ پره با نسبت سطح گسترش‌یافته ۵۵ درصد. در داخل هریک از این نمودارها، ضرایب K_t و K_q و بازدهی در آب آزاد برای P/Dهای مختلف = رسم شده است، یعنی برای هر P/D، سه نمودار (K_t و η_o ، K_q) موجود است.

آزمون پروانه در آب آزاد و پشت کشتی

عملکرد پروانه در دوحالت زیر مورد بررسی قرار می‌گیرد:

۱ عملکرد پروانه در شرایط آب آزاد Open Water

۲ عملکرد پروانه در پشت کشتی Behid of ship

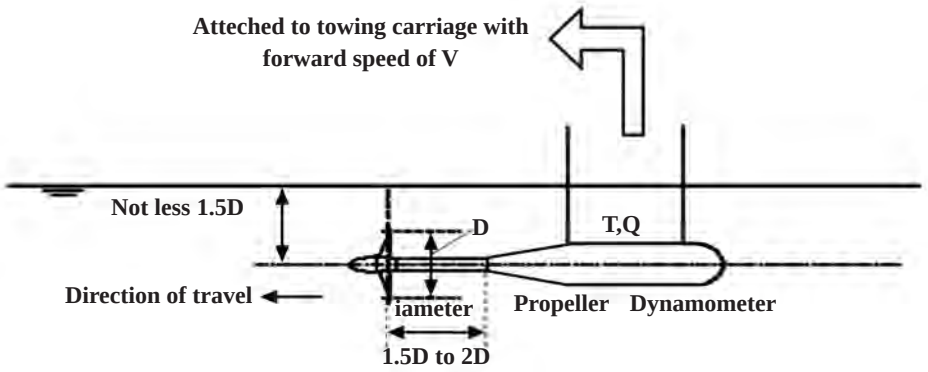
در شرایط آب آزاد می‌توان مدل پروانه را ساخت و در شرایط آزمایشگاهی بدون حضور بدنه کشتی آزمایش را انجام داد. در ساخت مدل پروانه از قوانین تشابه تبعیت می‌شود. برای ایجاد تشابه بین مدل ساخته‌شده و نمونه واقعی پروانه بایستی داشته باشیم:

۱ **تشابه هندسی:** باید ازنظر قطر، سطح و حجم تشابه برقرار باشد

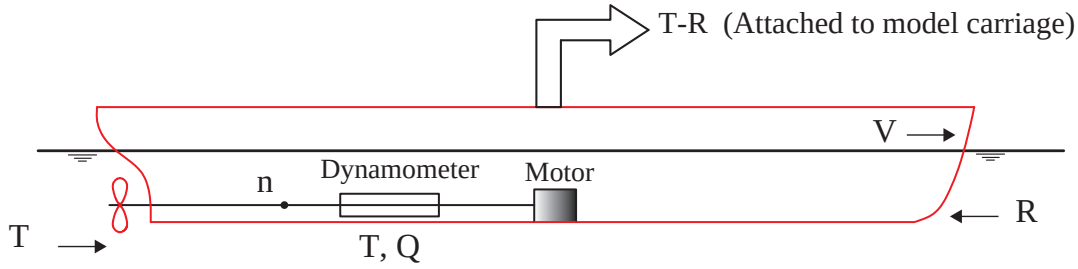
۲ **تشابه سینماتیکی:** بین سرعت مدل و نمونه واقعی تشابه برقرار باشد

۳ **تشابه دینامیکی:** بین نیروهای اعمالی تشابه برقرار باشد

در شرایط پشت کشتی، تأثیر حضور بدنه کشتی برروی عملکرد پروانه موردبررسی قرار می‌گیرد. در این حالت آزمایش خودرانش مدل انجام می‌گیرد. در شکل ۲۱ و ۲۲ یک نمونه آزمایش آب آزاد و خودرانش به ترتیب نشان داده شده است.



شکل ۲۱ـ آزمایش آب آزاد



شکل ۲۲ـ آزمایش خود رانش (آزمایش پروانه پشته بدنه)

تحقیق کنید

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

ارزشیابی مرحله‌ای

عنوان پودمان	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
نگهداری وتعمیر سامانه‌های پیش برنده	بررسی سامانه‌های پیش برنده	شناسایی انواع سامانه پیش برنده، شناسایی کلیه مشخصات هندسی پروانه، شناسایی تفاوت بین انواع پروانه‌ها	بالاتر از حد انتظار	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.	۳
			در حد انتظار	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.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	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.	۱
نمرهٔ مستمر از ۵					
نمرهٔ شایستگی پودمان از ۳					
نمرهٔ پودمان از ۲۰					

ارزشیابی نگهداری و تعمیر سامانه های پیش برنده

۱ـ شرح کار:

۱-انواع سامانه پیش برنده را بررسی کند.

۲- هندسه پروانه را کامل بررسی کند.

۳-تفاوت انواع پروانه‌ها را بررسی کند.

۲ـ استاندارد عملکرد:

انواع پیش برنده‌هایی که در کشتی‌های مختلف تجاری و نظامی به‌کار گرفته می‌شود را بررسی کند.

شاخص‌ها:

بررسی سامانه‌های پیش برنده

۳ـ 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

۴ـ معیار شایستگی:

ردیف	مرحلهٔ کار	حداقل نمرهٔ قبولی از ۳	نمرهٔ هنرجو
۱	انواع سامانه پیش‌برنده را بررسی کند.	۲	
۲	هندسه پروانه را کامل بررسی کند.	۱	
۳	تفاوت انواع پروانه‌ها را بررسی کند.	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی، و... ۱ـ استفاده از لباس مناسب کار در کارگاه ۲ـ استفاده صحیح و مناسب از ابزار و تجهیزات کارگاه		۲	
میانگین نمرات			*

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

منابع

۱ـ برنامه درسی رشته مکانیک موتورهای دریایی. (۱۳۹۳). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.

۲ـ استاندارد شایستگی حرفه رشته مکانیک موتورهای دریایی. (۱۳۹۲). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.

۳ـ استاندارد ارزشیابی حرفه رشته مکانیک موتورهای دریایی. (۱۳۹۲). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.

۴ـ 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.

۵ـ کتاب توربین گاز دریایی، عباس فاضلی‌نیا، انتشارات دانشگاه دریایی امام خمینی(ره)

۶ـ کتاب توربین بخار دریایی، عباس فاضلی نیا، انتشارات دانشگاه دریایی امام خمینی(ره)

۷ـ کتاب جامع مهندسی معماری دریایی، محمد مونسان، انتشارات پژوهش،۱۳۹۱.

۸ـ کتاب تعادل کشتی، محمود سالاری، انتشارات مرکز برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی سپاه.

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

10- LIOYD’S REGISTER RULE 2017

11- Principles of Naval Architecture” E.V.Lewis” 1988, VolII, 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.

ارگان‌ها و مؤسساتی که در فرایند اعتبارسنجی این کتاب مشارکت داشته‌اند:

۱ ــ ادارهٔ کل امور دریایی و سازمان‌های تخصصی بین‌المللی سازمان بنادر و دریانوردی
۲ ــ مؤسسه آموزشی کشتی‌رانی جمهوری اسلامی ایران
۳ ــ نیروی دریایی راهبردی ارتش جمهوری اسلامی ایران
۴ ــ نیروی دریایی سپاه پاسداران انقلاب اسلامی ایران
۵ ــ مرزبانی نیروی انتظامی جمهوری اسلامی ایران
۶ ــ دبیرخانه کشوری هنرستان‌های علوم و فنون دریایی