

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# نگهداری و تعمیر سامانه رانشی کشتی

رشته مکانیک موتورهای دریایی  
گروه تعمیر و نگهداری ماشین آلات  
شاخه فنی و حرفه‌ای  
پایه دوازدهم دوره دوم متوسطه



وزارت آموزش و پرورش  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی



- نام کتاب: نگهداری و تعمیر سامانه رانشی کشتی - ۲۱۲۲۲۵
- پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
- مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
- شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: ارسلان اقدامی، کریم اکبری وکیل‌آبادی، عبدالرضا باباخانی، مصطفی ربیعی، مصطفی زنگنه، جلیل محمولی اسدآبادیان، محمدرضا نخعی امرودی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
- مدیریت آماده‌سازی هنری: ارسلان اقدامی، کریم اکبری وکیل‌آبادی، عبدالرضا باباخانی، مصطفی زنگنه، جلیل محمولی اسدآبادیان، محمدرضا نخعی امرودی (اعضای گروه تألیف)
- شناسه افزوده آماده‌سازی: اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
- نشانی سازمان: مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری) - پرویز معزز (صفحه‌آرا) - مریم کیوان (طراح جلد)
- تلفن: ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
- وب سایت: [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir)
- ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران-کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج-خیابان ۶۱ (دارو پخش)
- تلفن: ۵-۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰ / صندوق پستی: ۱۳۹-۳۷۵۱۵
- چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
- سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ دوم ۱۳۹۸

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.



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 (قدس سره الشریف)

۱	پودمان ۱: کاربری موتورهای دیزل
۲	واحد یادگیری ۱: کاربری موتورهای دیزل
۳۹	پودمان ۲: نگهداری و تعمیر موتور بنزینی دریایی
۴۰	واحد یادگیری ۲: نگهداری و تعمیر موتور بنزینی دریایی
۷۵	پودمان ۳: نگهداری و تعمیر توربین بخار و گاز
۷۶	واحد یادگیری ۳: نگهداری و تعمیر توربین بخار و گاز
۹۹	پودمان ۴: نگهداری و تعمیر سامانه‌های انتقال قدرت
۱۰۰	واحد یادگیری ۴: نگهداری و تعمیر سامانه‌های انتقال قدرت
۱۳۱	پودمان ۵: نگهداری و تعمیر سامانه‌های پیش‌برنده
۱۳۲	واحد یادگیری ۵: نگهداری و تعمیر سامانه‌های پیش‌برنده
۱۵۸	منابع



شرایط در حال تغییر دنیای کار در مشاغل گوناگون، توسعه فناوری‌ها و تحقق توسعه 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 رشته تحصیلی - حرفه‌ای شما، چهار دسته شایستگی در نظر گرفته است:

- ۱- شایستگی‌های فنی برای جذب در بازار کار مانند توانایی نگهداری و تعمیر سامانه رانشی کشتی
  - ۲- شایستگی‌های غیرفنی برای پیشرفت و موفقیت در آینده مانند نوآوری و مصرف بهینه
  - ۳- شایستگی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات مانند کار با نرم‌افزارها
  - ۴- شایستگی‌های مربوط به یادگیری مادام‌العمر مانند کسب اطلاعات از منابع دیگر
- بر این اساس دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش مبتنی بر اسناد بالادستی و با مشارکت متخصصان برنامه‌ریزی درسی فنی و حرفه‌ای و خبرگان دنیای کار مجموعه اسناد برنامه درسی رشته‌های شاخه فنی و حرفه‌ای را تدوین نموده‌اند که مرجع اصلی و راهنمای تألیف کتاب‌های درسی هر رشته است.
- این درس، ششمین درس شایستگی‌های فنی و کارگاهی است که ویژه رشته مکانیک موتورهای دریایی در پایه ۱۲ تألیف شده است. کسب شایستگی‌های این کتاب برای موفقیت آینده 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 مرحله کاری 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 نمره 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 در یکی از پودمان‌ها نمره قبولی را کسب نکردید، تنها در همان پودمان لازم است مورد ارزشیابی قرار گیرید و پودمان‌های قبول شده در مرحله 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 بسته آموزشی که برای شما طراحی و تألیف شده است، وجود دارد. یکی از این اجزای بسته 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 بسته آموزشی دیگری نیز برای شما در نظر گرفته شده است که با مراجعه به وبگاه رشته خود با نشانی [www.tvoccd.medu.ir](http://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 بسته 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 مؤثر شایسته جوانان برومند میهن اسلامی برداشته شود.

**دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش**

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 رشته 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 بسته آموزشی تدارک دیده شده برای هنرجویان است که لازم است از سایر اجزای بسته 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 بسته 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، کارنامه 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.



## پودمان ۱

# کاربری موتورهای دیزل



## واحد یادگیری ۱

### کاربری موتورهای دیزل

#### آیا تاکنون پی برده‌اید

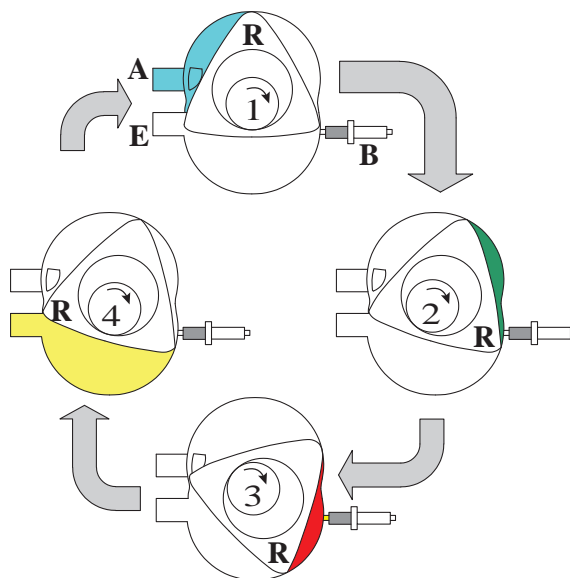
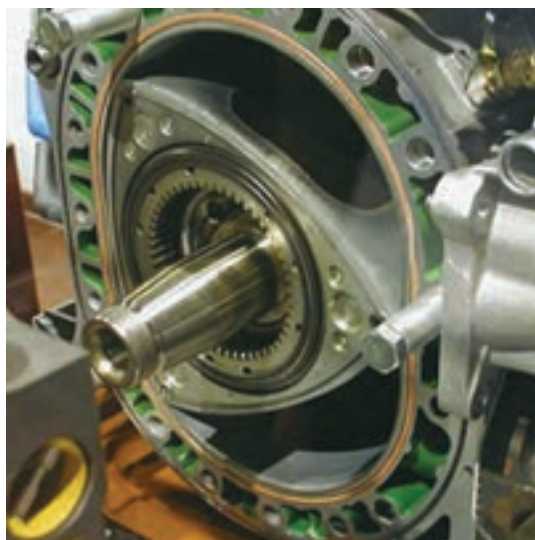
- موتورهای دیزلی چگونه کار می‌کنند؟
- موتورهای دیزلی از چه قطعاتی تشکیل می‌شوند؟
- موتورهای دیزلی دارای چه سامانه‌هایی هستند؟

#### استاندارد عملکرد

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

## موتورهای درون سوز

تقریباً یک قرن پس از اختراع موتور بخار موتورهای بی به جهان معرفی شدند که در آنها عمل احتراق سوخت از بیرون قابل مشاهده نبود و درون یک محفظه بسته انجام می گرفت این موتورها که امروزه در دو نوع «دوار» و «پیستونی رفت و برگشتی» ساخته می شوند 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 به عنوان مولدهای نیروی الکتریسیته و یا موتور رانش اصلی شناورها کاربرد گسترده ای در دریا دارند. این موتورها که به طور خلاصه «موتورهای پیستونی» هم نامیده می شوند - با توجه به نوع سوخت و روش سوزاندن آن - به دودسته موتورهای دیزلی و بنزینی تقسیم بندی می شوند.



شکل ۱- موتور وانکل

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

بهتر است  
بدانیم



## موتورهای دیزلی

موتورهای دیزلی که به افتخار 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. از جمله 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 کم‌گشتاور بیشتری را تولید می‌کنند.
- نگهداری و ذخیره سوخت‌های دیزلی بسیار کم‌خطرتر از بنزین است که این مطلب از نظر 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 «گژن پین» (gudgeon pin) به پیستون متصل می‌گردد. (شکل ۲)



شکل ۲- پیستون و قطعات همراه آن

جنس پیستون‌ها بسته به اندازه 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 به صورت رفت و برگشتی حرکت کند، سیلندرها توسط آب، خنک می‌شوند تا از گرم شدن بیش از حد و آسیب رسیدن به آنها جلوگیری شود. اگرچند عدد سیلندر به صورت یک قطعه واحد و یکپارچه ساخته شود به آن «بلوک سیلندر» (cylinder block) و اگر به صورت 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 به صورت متخلخل ساخته می‌شود تا مقدار کمی روغن را در خود نگه‌داشته و طول عمر مناسبی را پیدا کند.



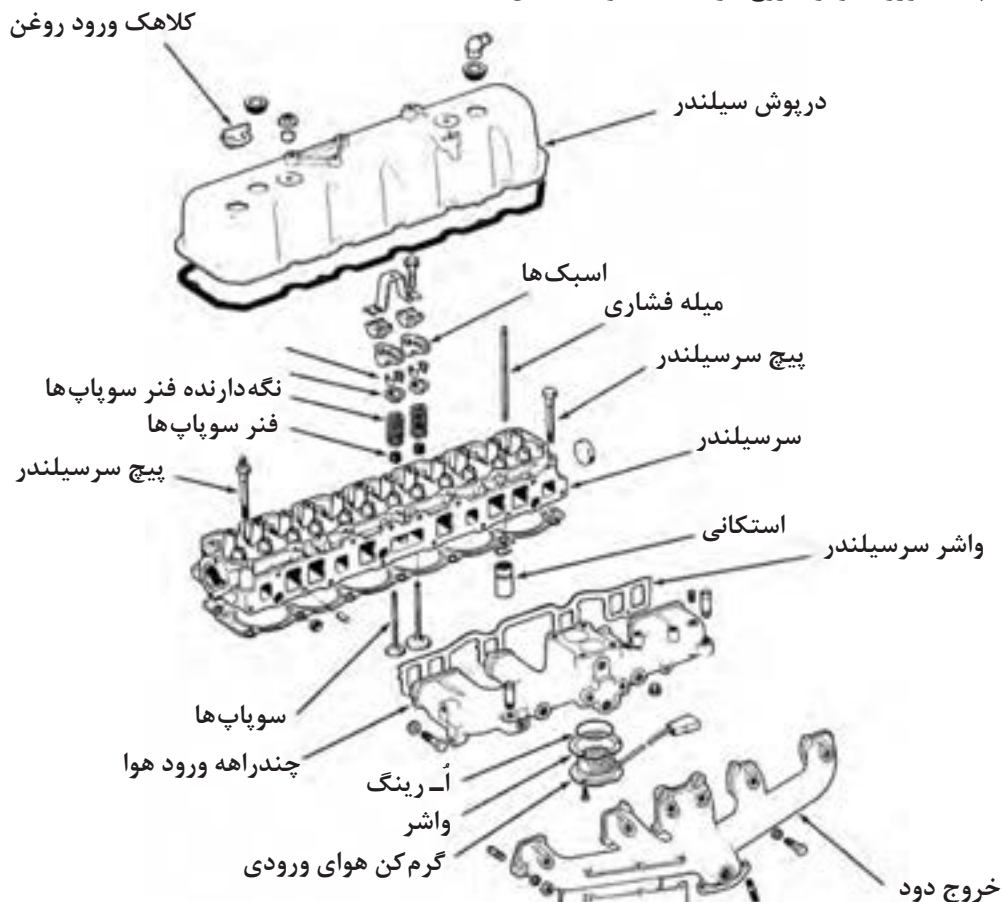
شکل ۳- الف) بوش سیلندر



شکل ۳- ب) بلوک سیلندر

### سر سیلندر (cylinder head)

استوانه سیلندر از یک طرف توسط پیستون و از طرف دیگر به وسیله 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 تعبیه شده 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)



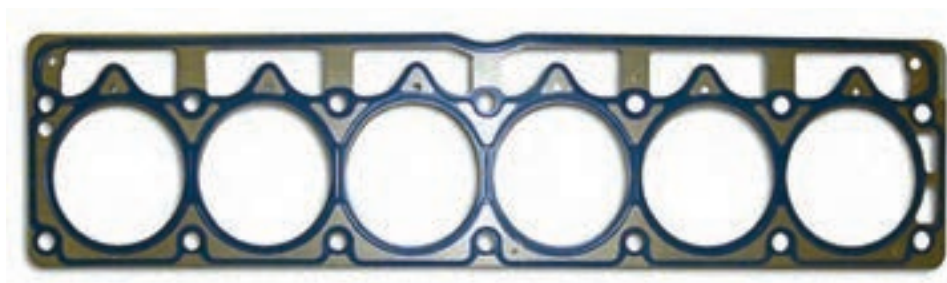
شکل ۴- سرسیلندر



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

### واشر سر سیلندر (cylinder head gasket)

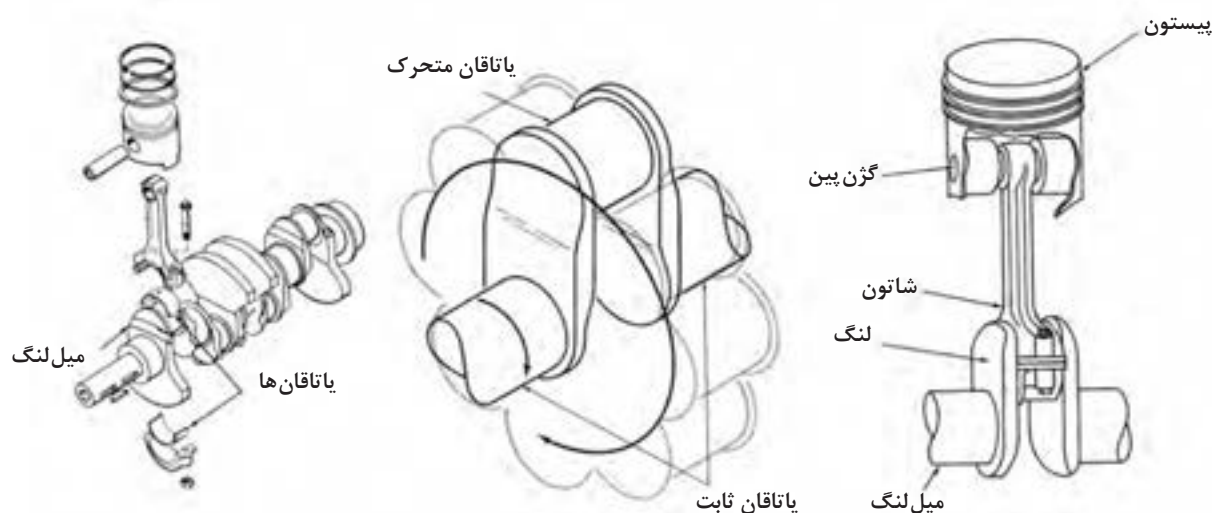
به منظور جلوگیری از فرار گازهای پرفشار درون سیلندر فاصله مابین سر سیلندر و سیلندر توسط قطعه‌ای به نام «واشر سر سیلندر» پر می‌شود که وظیفه درزبندی بین قطعات گفته‌شده را دارد در موتورهای واشرهای دیگری نیز استفاده می‌شود که همگی آنها وظیفه جلوگیری از نشت سیالات را دارند. اما شرایط کاری واشر سر سیلندر به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



شکل ۵- واشر سرسیلندر

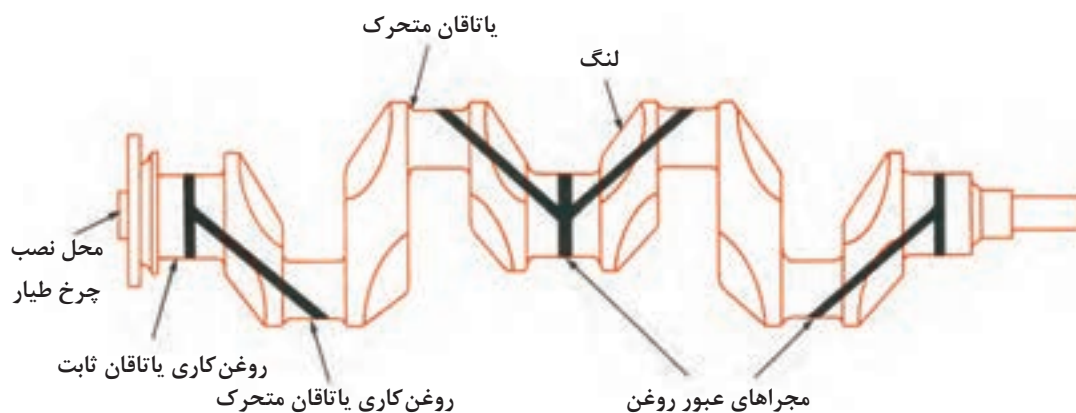
### میل لنگ (crankshaft)

پیستون‌ها توسط شاتون به «میل لنگ» متصل می‌شوند. این قطعات وظیفه تبدیل حرکت رفت و برگشتی پیستون به حرکت دورانی را به عهده دارند. میل لنگ 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 کم کربن گزینه مناسبی می‌توانند باشند. (شکل ۶)



شکل ۶- میل لنگ و پیوندش با سایر قطعات

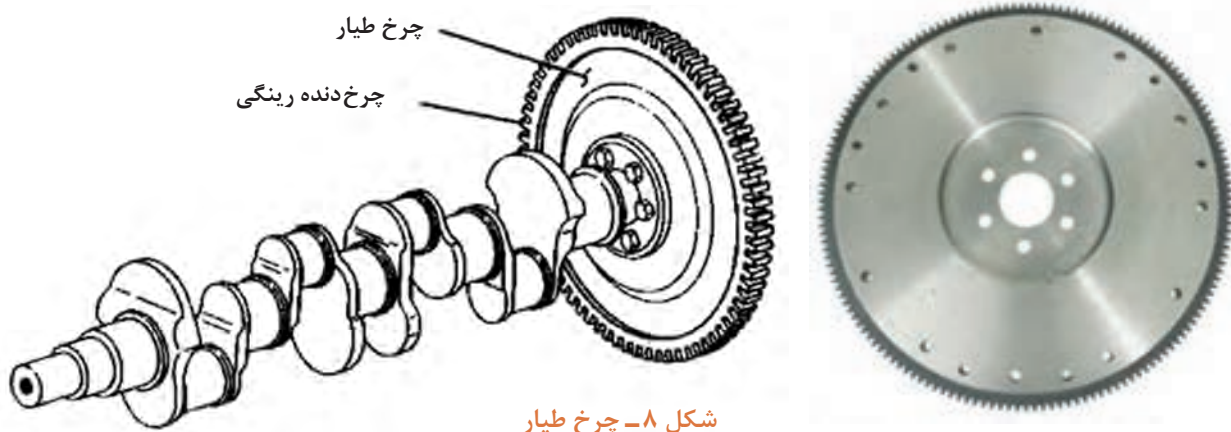
درون میل لنگ مجراهایی جهت عبور روغن و رسیدن آن به یاتاقان‌ها به منظور روان کاری و خنک کاری آنها وجود دارد. (شکل ۷)



شکل ۷- مجراهای عبور روغن در میل لنگ

### چرخ طیار (fly wheel)

در انتهای میل لنگ 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 ایجاد شده 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)



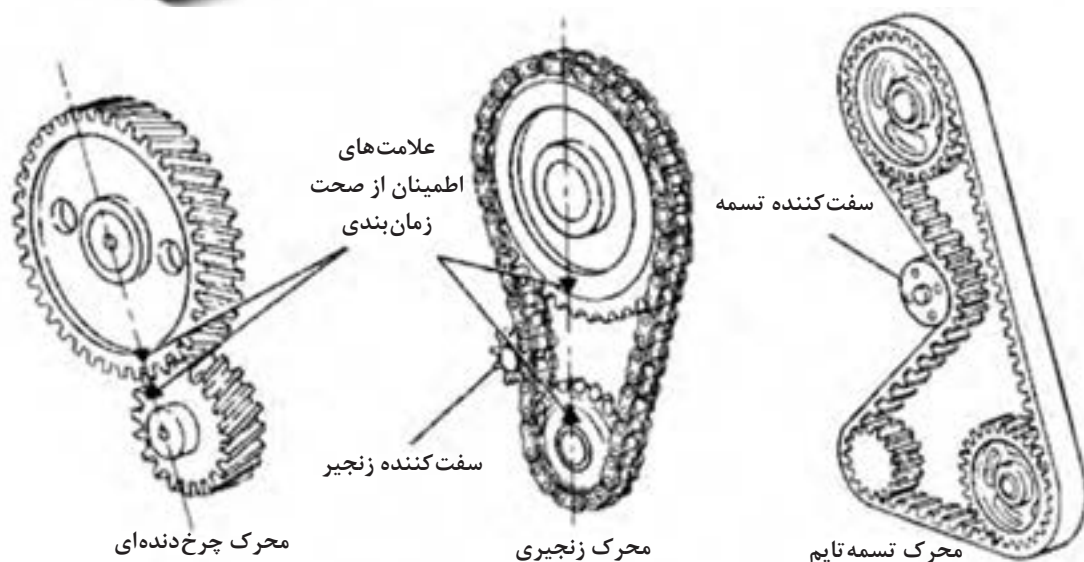
شکل ۸- چرخ طیار

### میل بادامک (camshaft)

این قطعه میله‌ای است که بر روی خود برجستگی‌هایی به صورت خارج از مرکز دارد که اصطلاحاً بادامک نامیده می‌شوند میل بادامک (شکل ۹) به صورت دورانی حرکت می‌کند و این گردش را از میل لنگ 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)

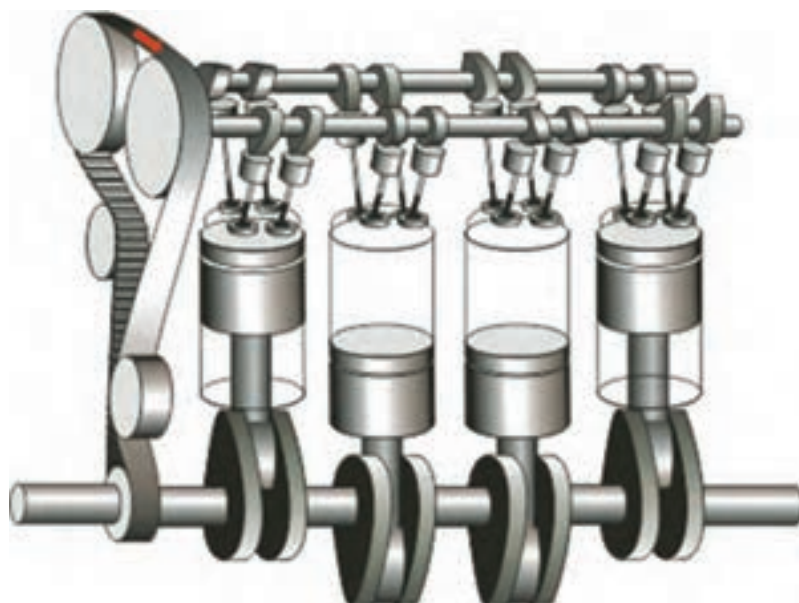


شکل ۹- میل بادامک



شکل ۱۰- انواع محرك‌ها

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 به ضرورت زمان‌بندی صحیح در انجام اعمال گفته‌شده حرکت نسبی میل بادامک و میل لنگ 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 ۱۱- 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 میل لنگ و میل بادامک به صورت صاف (plain bearing) و دوتکه ساخته می‌شوند تا قابل نصب بر روی این قطعات مدور باشند. (شکل ۱۲)



شکل ۱۲- یاتاقان صاف

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



شکل ۱۳- 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 ۱۴- رینگ پیستون



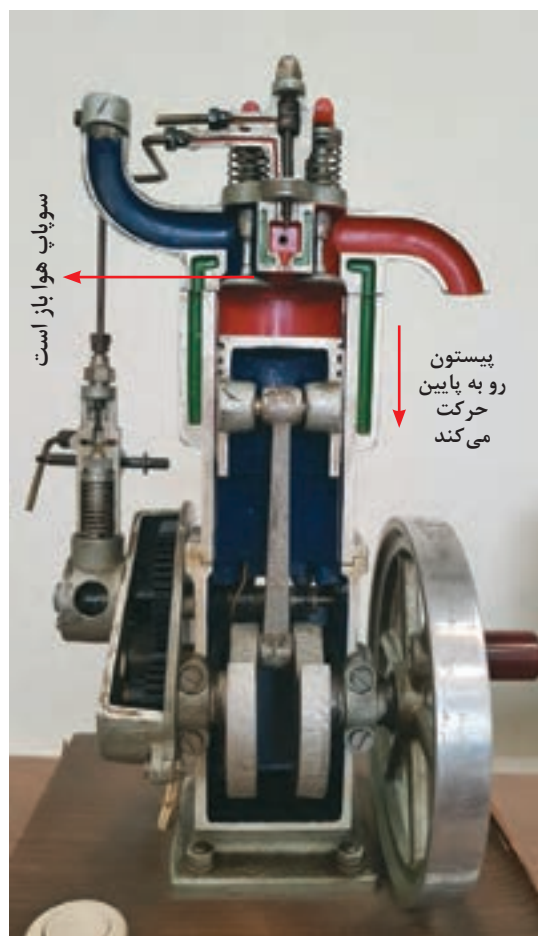
### چند راهه ورود هوا و خروج دود (intake manifold , exhaust manifold)



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 - که وظیفه کاهش سروصدای موتور را دارد - وصل می شود. (شکل ۱۵)

شکل ۱۵- چند راهه ورود هوا

### طرز کار موتورهای دیزل چهار زمانه



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 بازمی ایستد و سپس جهت حرکت خود را عوض می کند به همین علت آن را «نقطه مرگ بالا» می نامند (top dead center TDC)

■ موتور توسط استارتی که به وسیله نیروی برق و یا هوای فشرده کار می کند به گردش درمی آید. در این زمان پیستون از بالا به پایین حرکت کرده و در محفظه بالای آن کاهش فشار به وجود می آید. همزمان سوپاپ ورود هوا توسط سامانه باز و بسته کردن سوپاپها باز شده و هوای بیرون به داخل سیلندر کشیده می شود. این عمل تا رسیدن پیستون به پایین ترین حد حرکتی خود «نقطه مرگ پایین» (bottom dead center BDC) ادامه پیدا می کنند. به این مرحله از کار موتور «زمان تنفس» می گویند. (شکل ۱۶)

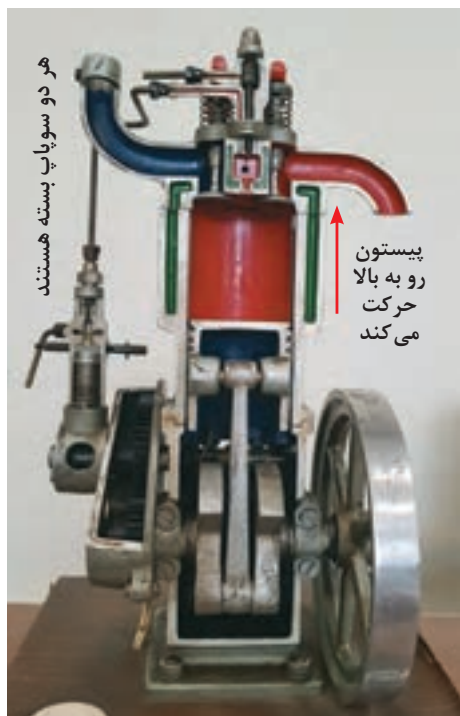
در این هنگام میل لنگ موتور به اندازه ۱۸۰ درجه چرخیده است.

شکل ۱۶- زمان تنفس





زوایای گردش میل لنگ بر روی چرخ طیار حک شده و مبدأ اندازه گیری 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 می کند. در این زمان سامانه باز و بسته کردن سوپاپ ها هر دو سوپاپ هوا و دود را می بندد در نتیجه هوایی که در بالای پیستون گیر افتاده شروع به فشرده شدن کرده و داغ می شود. عمل تراکم هوا تا رسیدن پیستون به نقطه مرگ بالا ادامه پیدا می کند. این مرحله «زمان تراکم» نام دارد. (شکل ۱۷)

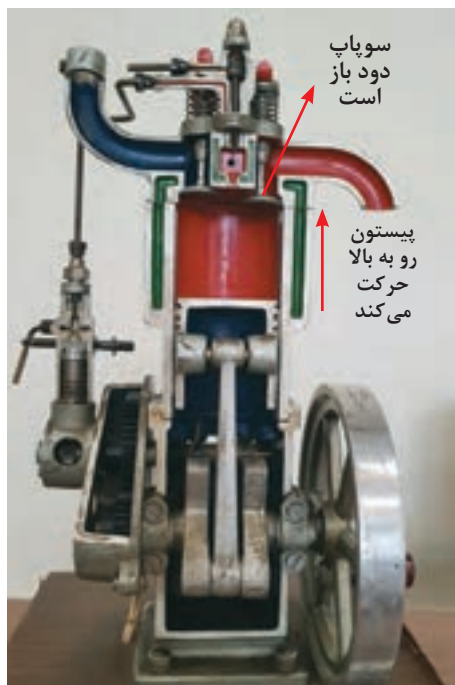
شکل ۱۷- زمان تراکم



■ حال سامانه پاشش سوخت وارد عمل شده و سوخت را با فشار زیاد از طریق سوراخ های ریز انژکتور به درون محفظه احتراق می پاشد، سوخت که پس از پاشیده شدن به صورت پودر درآمده (آتمایزه شده) در اثر سرعت خود و اصطکاک با هوای فشرده داغ شروع به سوختن می کند این امر باعث افزایش شدید فشار گازهای درون سیلندر می گردد و باعث می شود پیستون با نیروی زیادی رو به پایین حرکت کند. (شکل ۱۸)

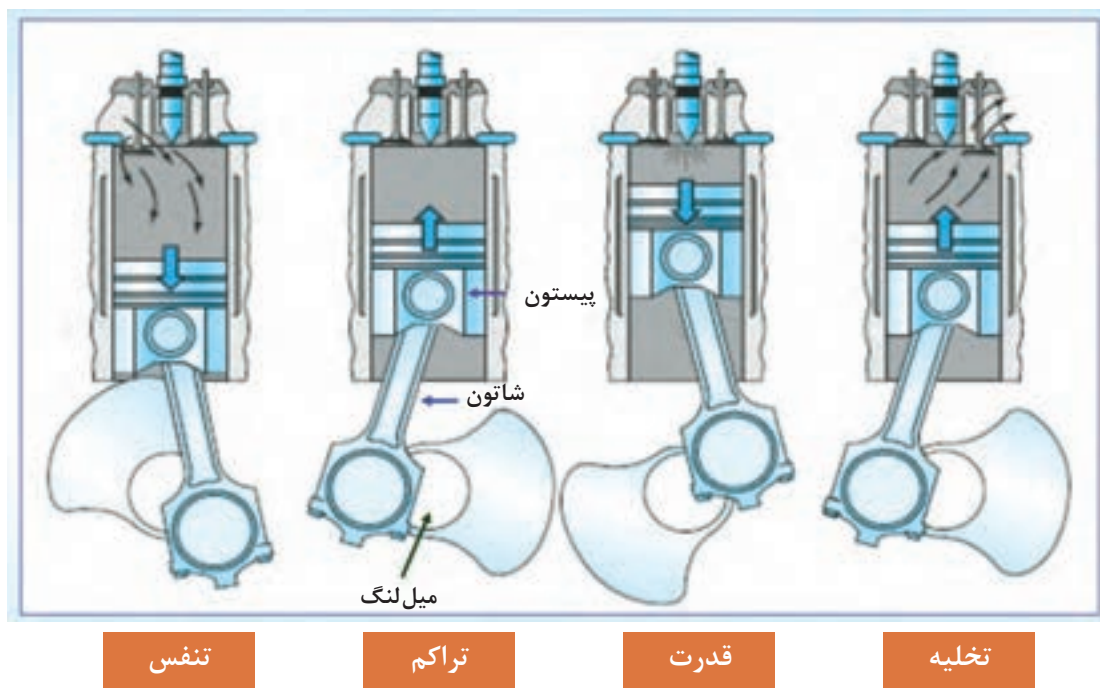
■ به این زمانی است که در موتور نیرو تولید می شود، «زمان احتراق» و یا «زمان قدرت» می گویند.

شکل ۱۸- زمان قدرت



شکل ۱۹- زمان تخلیه

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)



شکل ۲۰- چرخه کار موتور دیزل

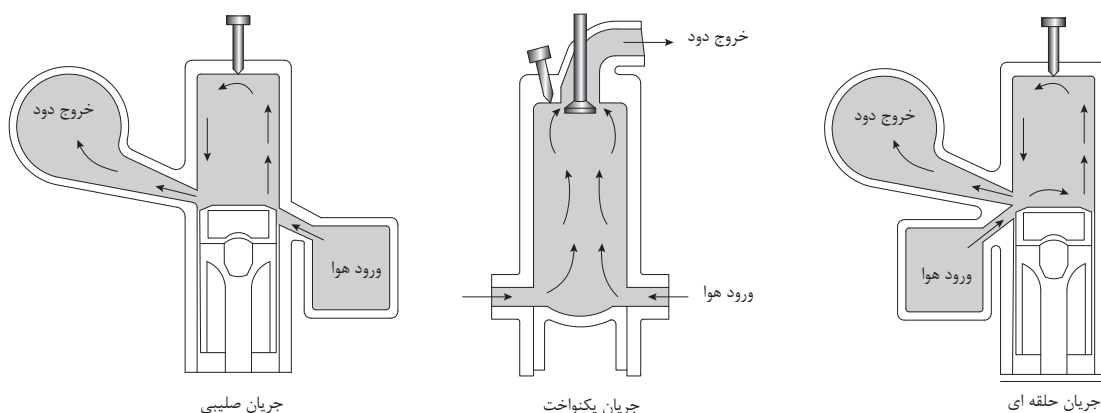
نکته



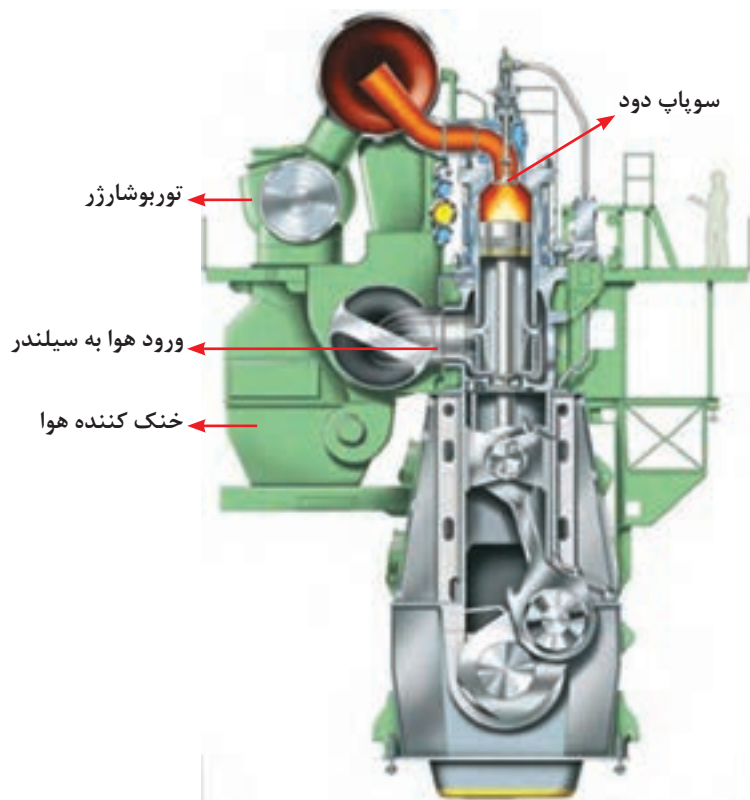
موتورهایی که چهار عمل تنفس، تراکم، احتراق و تخلیه را در دو دور میل‌لنگ یا چهار کورس پیستون (۷۲۰ درجه گردش میل لنگ) انجام می‌دهند موتورهای چهارزمانه نامیده می‌شوند.

## موتور دیزل دو زمانه

موتورهایی که چهار عمل گفته شده در قبل را در یک دور میل لنگ یا دو کورس پیستون (۳۶۰ درجه گردش میل لنگ) انجام می دهند موتور دو زمانه نامیده می شوند. این گونه موتورها یا فاقد سامانه سوپاپ هستند و یا حداکثر فقط سوپاپ دود در آنها وجود دارد. به جای آن از سوراخهایی بر روی سیلندر خود برای ورود و خروج هوا و دود استفاده می کنند. شکل (۲۱) چند روش هوارسانی موتورهای دو زمانه را نشان می دهد.



شکل ۲۰- هوارسانی موتورهای دو زمانه



شکل ۲۱- موتور بزرگ دریایی با هوارسانی جریان یکنواخت

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

جدول ۱- تفاوت‌های اصلی موتور دوزمانه و چهارزمانه

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

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

فعالیت  
کارگاهی

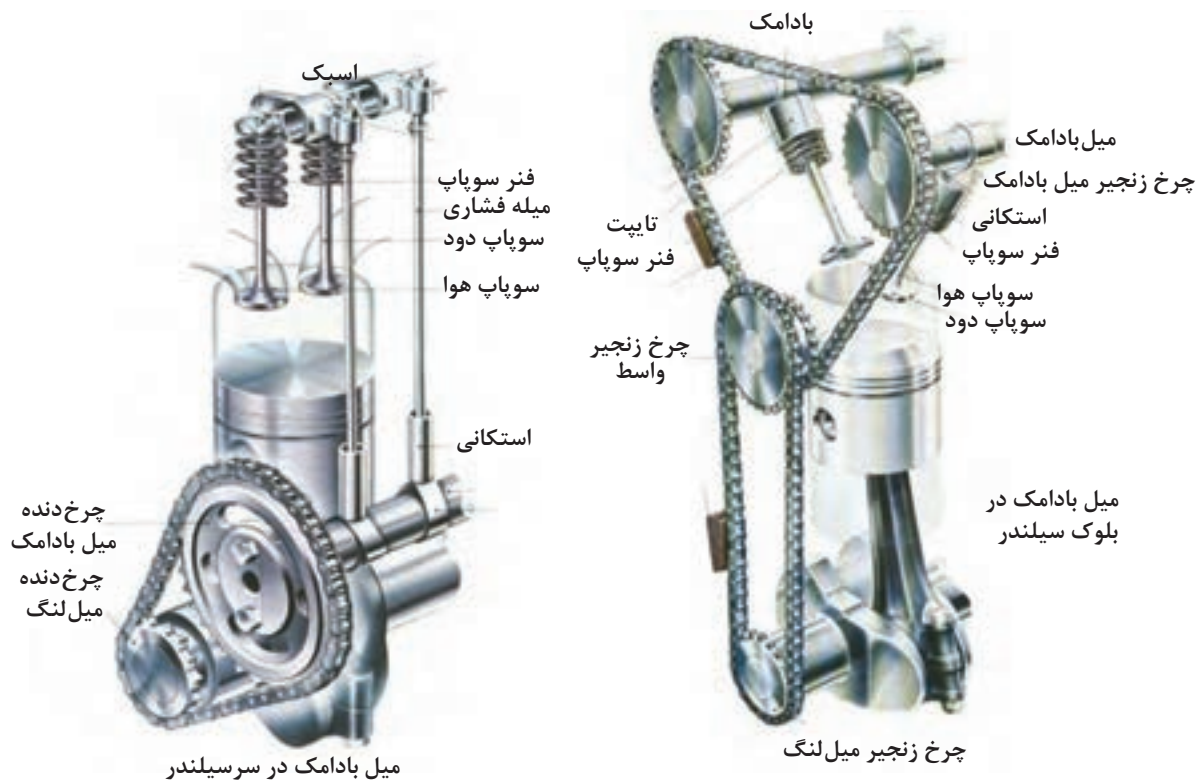


## ارزشیابی مرحله‌ای

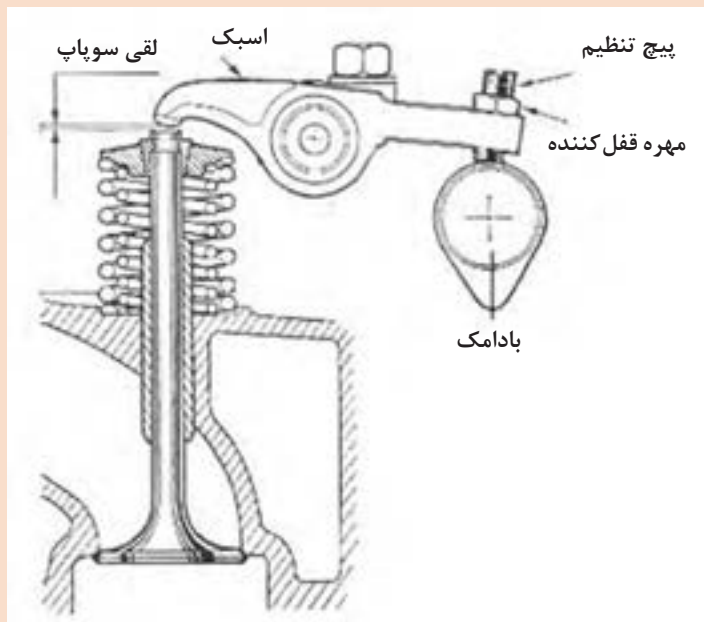
عنوان پودمان فصل	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
کاربری موتورهای دیزل	بررسی قطعات موتورهای دیزل	شناسایی عملکرد قطعات موتورهای دیزل	بالاتر از حد انتظار	۱- بررسی وظیفه قطعات موتورهای دیزل ۲- بررسی نحوه ارتباط قطعات با یکدیگر ۳- بررسی طرز کار موتورهای دیزل ● هنرجو توانایی بررسی همه شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱- بررسی وظیفه قطعات موتورهای دیزل ۲- بررسی نحوه ارتباط قطعات با یکدیگر ۳- بررسی طرز کار موتورهای دیزل ● هنرجو توانایی بررسی دو مورد شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱- بررسی وظیفه قطعات موتورهای دیزل ۲- بررسی نحوه ارتباط قطعات با یکدیگر ۳- بررسی طرز کار موتورهای دیزل ● هنرجو توانایی بررسی یک مورد شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۱
نمره مستمر از ۵					
نمره شایستگی پودمان از ۳					
نمره 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 میل لنگ 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 ۲۲- سامانه باز و بسته کردن سوپاپ‌ها



شکل ۲۳- لقی سوپاپ‌ها

تحقیق کنید

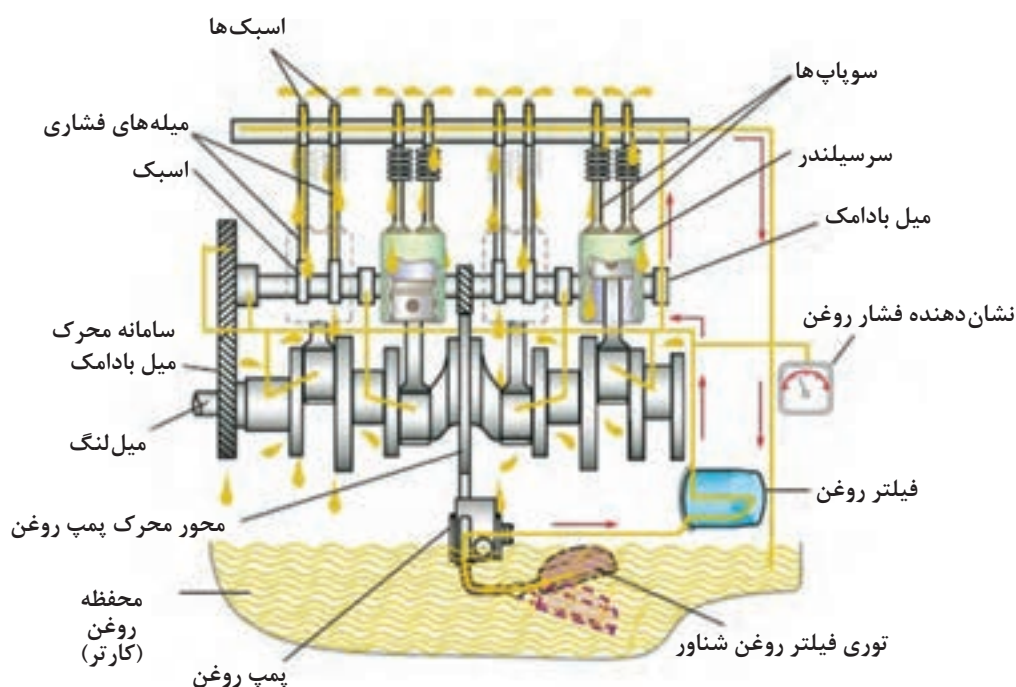


همان گونه که در شکل (۲۳) می‌بینید انتهای ساقه سوپاپ و اسبک دارای یک فاصله و یا لقی است. تحقیق کنید دلیل این لقی چیست؟ کم و یا زیاد شدن آن چه تأثیری بر موتور دارد؟



## سامانه روغن کاری

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



شکل ۲۴- سامانه روغن کاری

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

- روغن کاری 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.

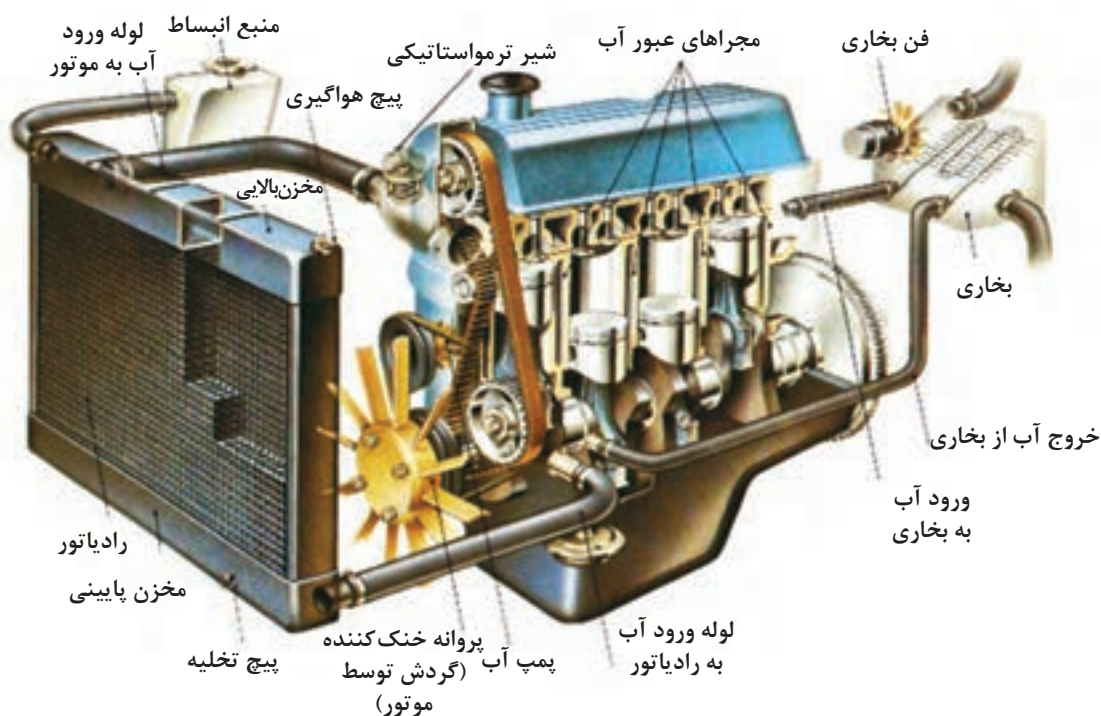
■ روغن‌ها با خاصیت شویندگی که دارند سبب تمیز کردن موتور از محصولات ناشی از احتراق و سایش قطعات شده و ضمن حمل ذرات به درون فیلتر روغن باعث حذف آنها از سامانه می‌شوند.

### 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.

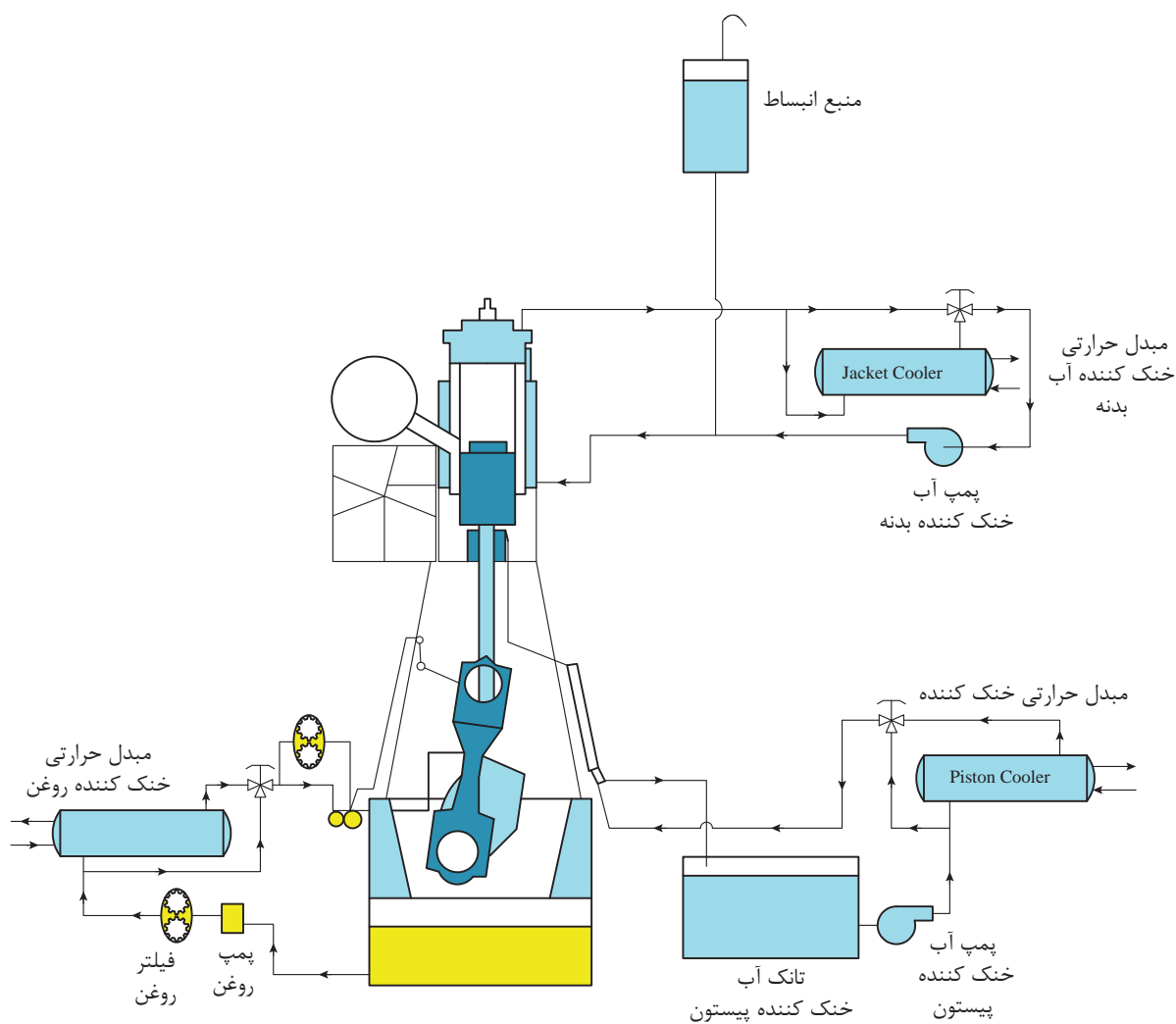
این سامانه تشکیل شده از یک پمپ آب از نوع گریز از مرکز (دینامیکی) است که آب خنک‌کننده را در درون راه‌هایی که به همین منظور در بدنه موتور و سرسیلندر ایجاد کرده‌اند به گردش در می‌آورد. آب گرم شده سپس به یک مبدل حرارتی وارد گشته و در آنجا خنک می‌شود.

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



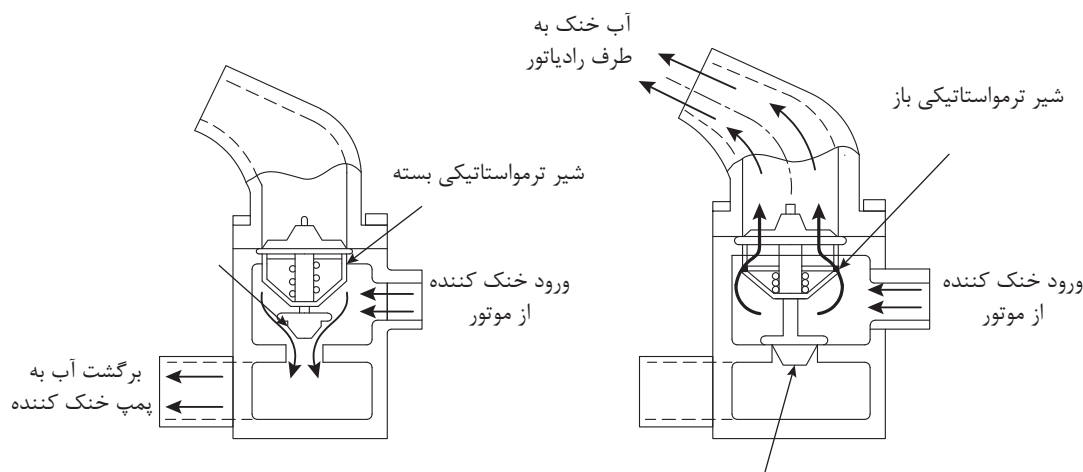
شکل ۲۵- سامانه خنک‌کاری رادیاتوری

در مبدل «هوا خنک» جریان هوا توسط یک پروانه گردان ایجاد می‌شود و در مبدل «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 ۲۶- سامانه خنک‌کاری موتور دو زمانه بزرگ دریایی

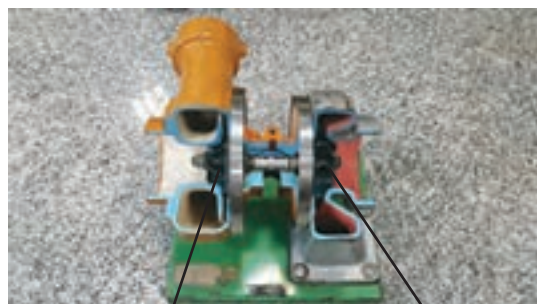
به منظور جلوگیری از کاهش دمای موتور در مواقعی مانند ابتدای استارت و یا کار در حالت کم بار از یک شیر ترمواستاتیکی برای ثابت نگه داشتن دما استفاده می‌شود. (شکل ۲۷)



شکل ۲۷- شیر ترموستاتیکی

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

کار در کلاس



پروانه دمنده

پروانه توربین

### 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 توربین



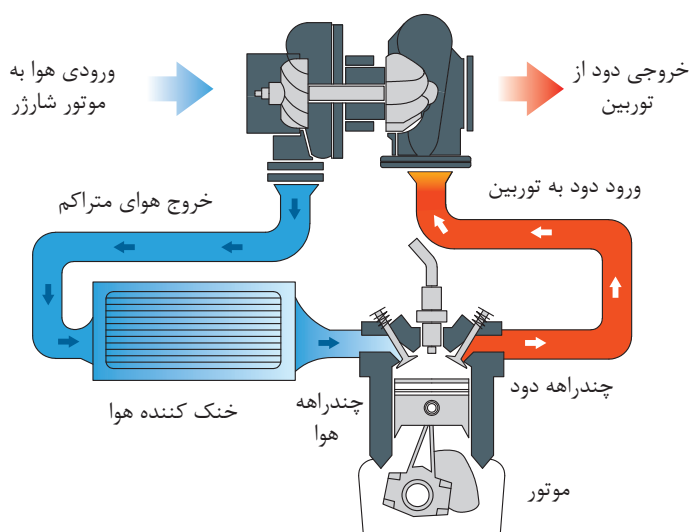
قسمت دمنده

شکل ۲۸- توربو شارژر

به دست آورد. با علم به این موضوع سازندگان از دستگاهی به نام «توربو شارژر» بر روی موتورهای استفاده می کنند 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 درمی آیند. یکی از این پروانه ها که «توربین» نامیده می شود بر سر راه دود خروجی از موتور قرار دارد و با خروج دود از موتور به گردش درمی آید. این کار باعث می شود که پروانه سمت دیگر که «دمنده» (blower) نامیده می شود 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 می شوند و این موضوع افزایش دمای احتراق را به دنبال دارد، برای جلوگیری از این پدیده نامطلوب استفاده از خنک کننده هوای ورودی به موتور ضروری است.



### خنک کننده هوا (air cooler)

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

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

نکته



کار در کلاس



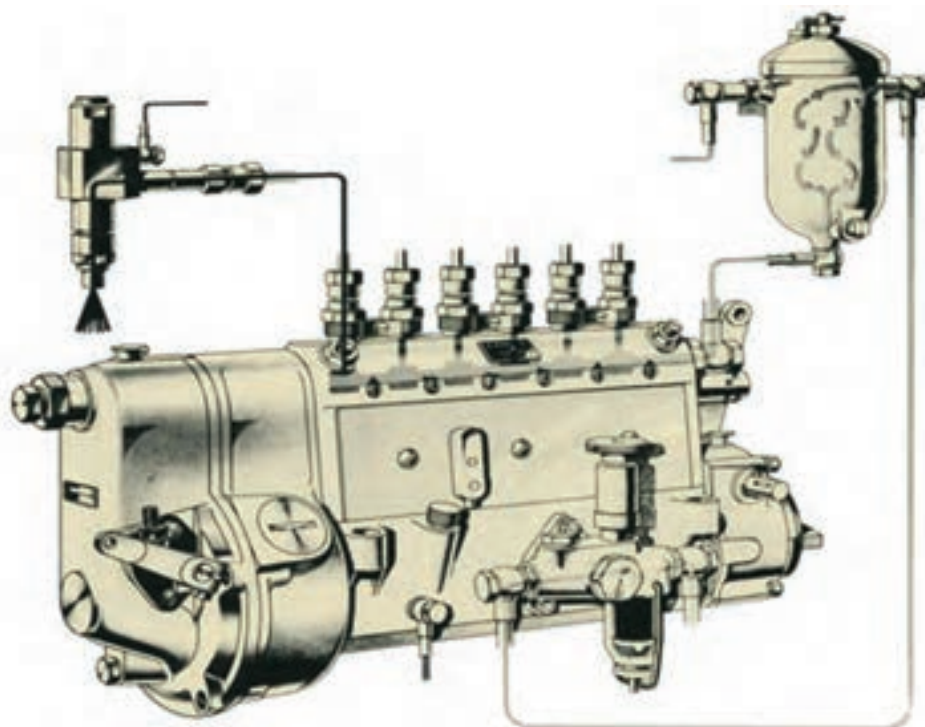
علت افزایش سطح روغن چه می تواند باشد؟  
اگر بر روی آب خنک کننده لکه های روغن مشاهده شود علت چیست؟

### سامانه سوخت رسانی

وظیفه سامانه سوخت رسانی از محل ذخیره سوخت شروع شده و تا هنگام تزریق آن به درون موتور ادامه پیدا می کند. در موتورهای کوچک و متوسط دیزل یک پمپ که نیروی حرکتی خود را از موتور می گیرد وظیفه مکش سوخت را به عهده دارد اما در موتورهای بزرگ دیزلی سامانه مهیاکننده جداگانه ای سوخت را از مخزن ذخیره کشیده و به پمپ انژکتور تحویل می دهد. (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 ۳۰- 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 شیار 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 به صورت یکپارچه ساخته شده و میل بادامک

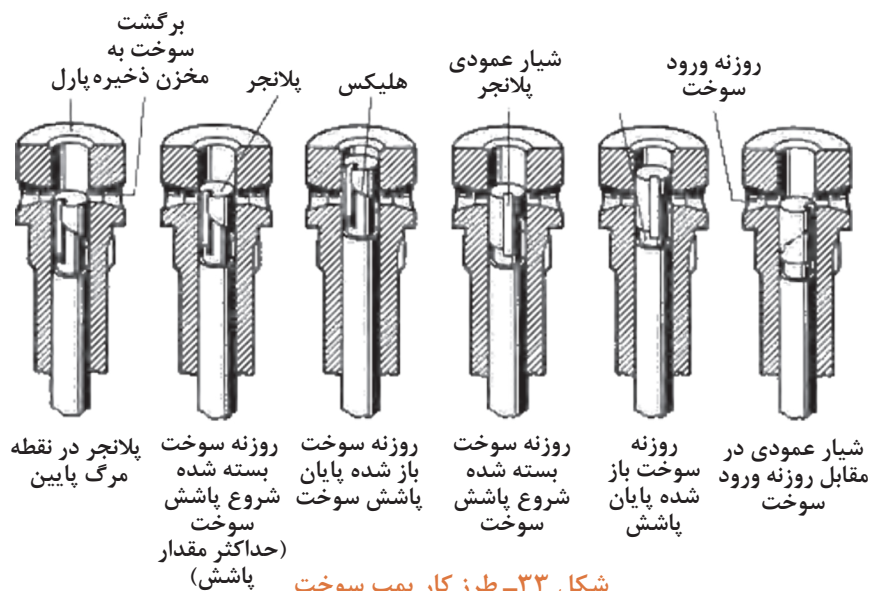




شکل ۳۱- پمپ انژکتور نوع جرک

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 می شود. (شکل ۳۲)  
 با ادامه گردش میل بادامک، بادامک به زیر پلانجر می رسد و سبب بالا رفتن آن می شود و در زمانی که دیواره پلانجر روزنه ورود سوخت را مسدود کند، سوخت درون بارل حبس گشته و فشار آن شدیداً افزایش پیدا می کند. این افزایش فشار باعث باز شدن سوپاپ یک طرفه سر بارل شده و سوخت از طریق لوله های فشار بالا به انژکتور می رسد و با غلبه بر نیروی فنر انژکتور راه خود را به درون محفظه احتراق سیلندر ادامه می دهد. در ادامه حرکت رو به بالای پلانجر شیار روی آنکه «هلیکس» نام دارد از روبه روی روزنه

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

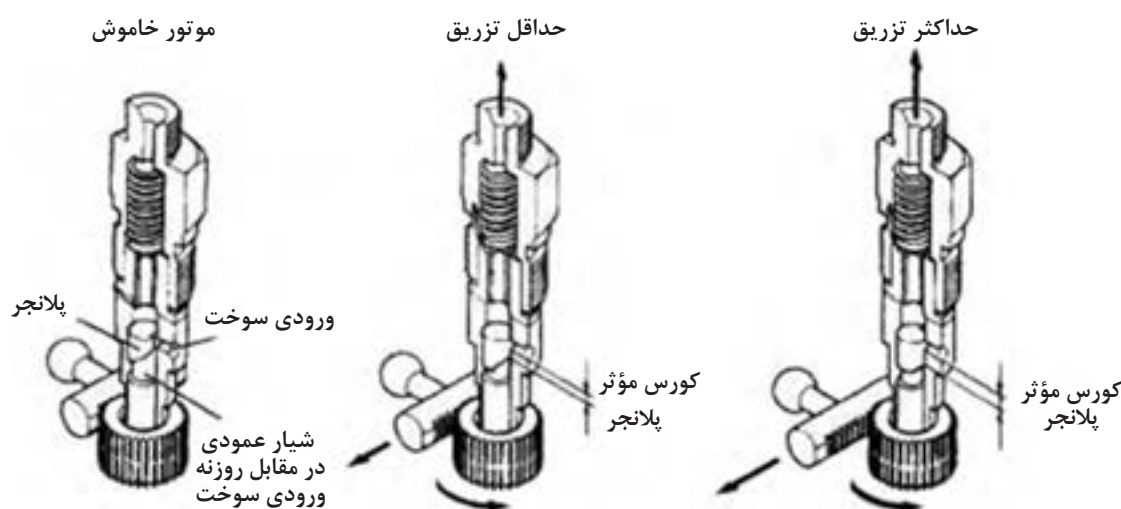


شکل ۳۳- طرز کار پمپ سوخت



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 ۳۴- کورس مؤثر پلانجر

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

نکته



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

تحقیق کنید

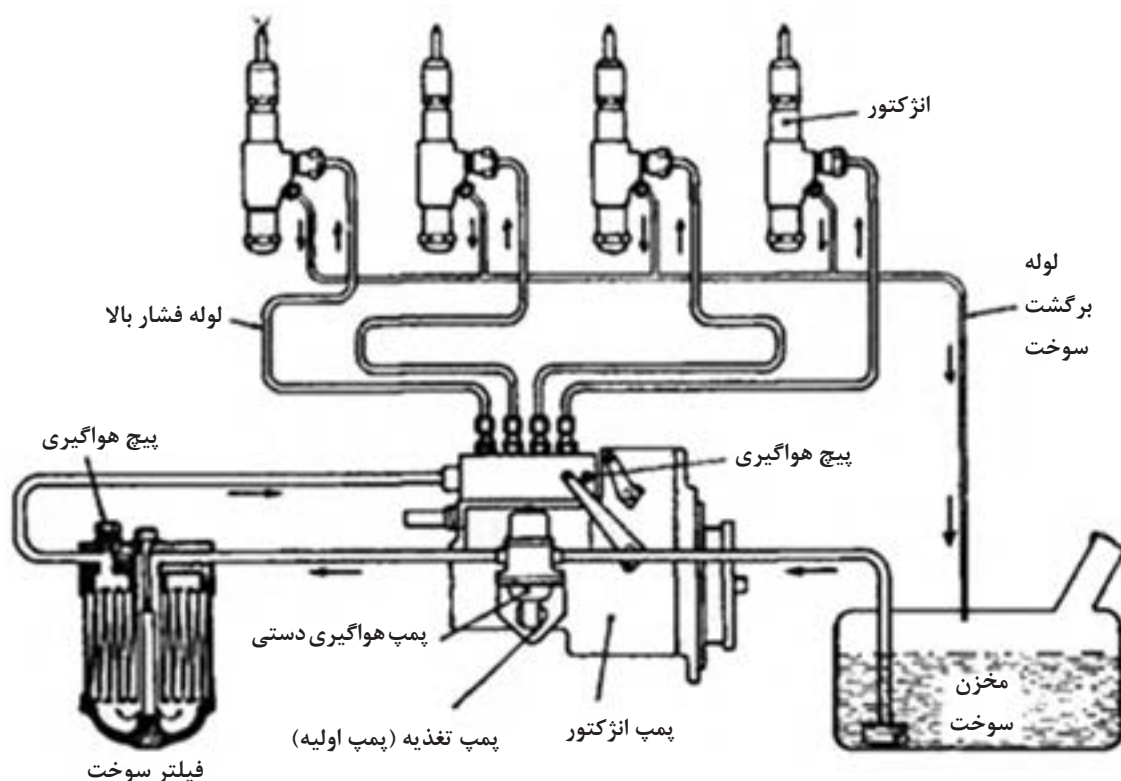


کنترل مقدار سوخت تزریق شده توسط «ناظم سوخت» یا «گاورنر» صورت می‌گیرد. گاورنر دستگاهی است مستقل که به صورت مکانیکی، الکترونیکی، یا الکترونیک هیدرولیکی مقدار سرعت موتور را تنظیم می‌کند. این دستگاه حسگرهایی دارد که دور موتور را سنجیده و سپس سرعت کنونی موتور (measured value) را با سرعتی که برای آن تعریف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

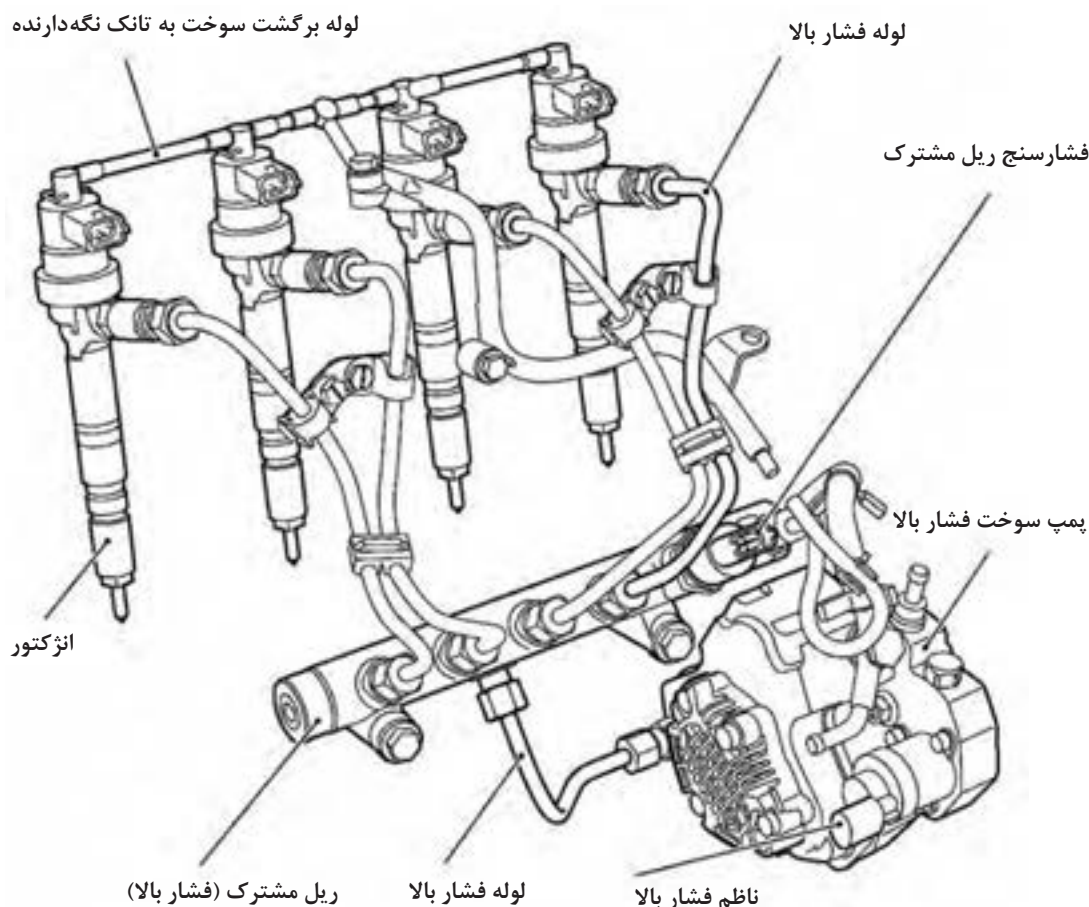


شکل ۳۵- پمپ هواگیری دستی

### 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 به طور 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 ۳۶- 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.

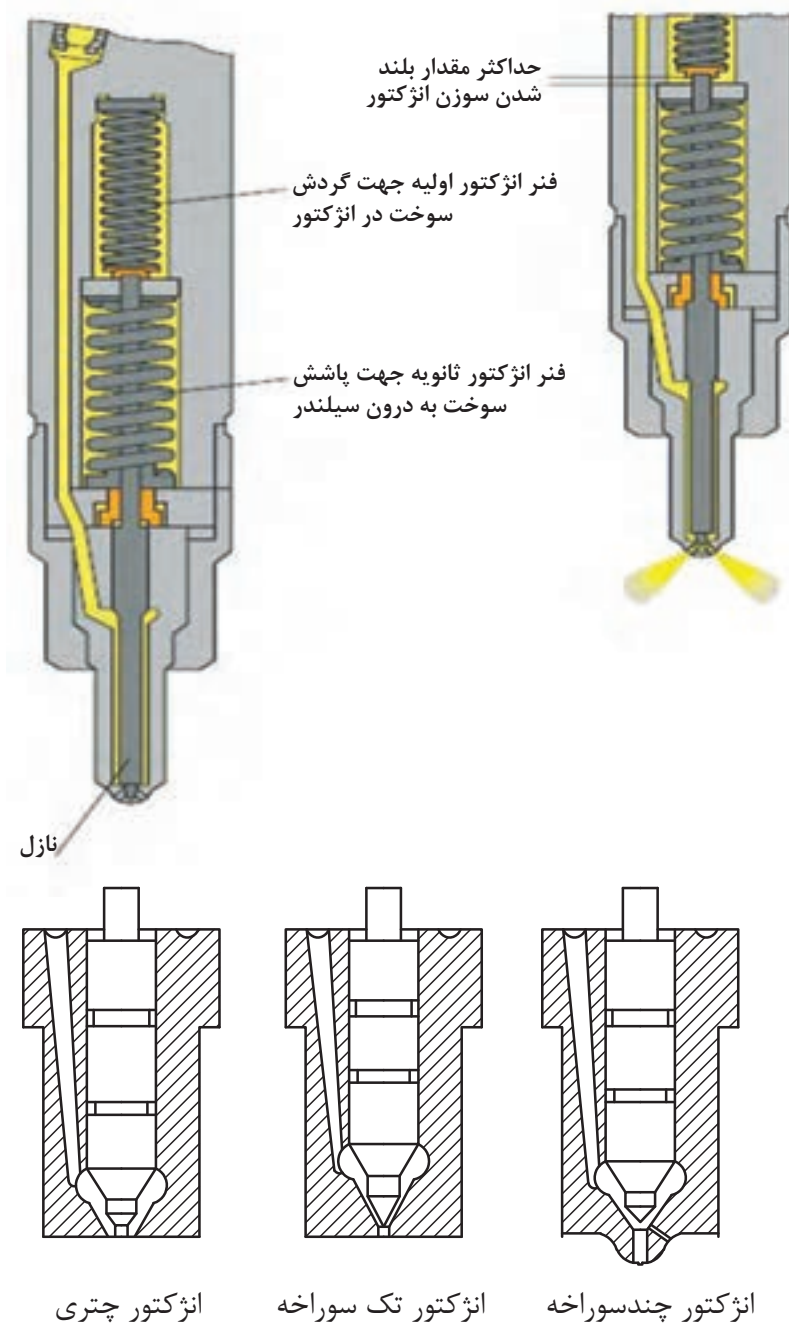
با استفاده از اینترنت تحقیق کنید مزایای استفاده از سامانه ریل مشترک چیست؟

تحقیق کنید



### انژکتور (fuel valve)

برای داشتن یک احتراق خوب سوخت، باید به خوبی پودر شده و به طور 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 ۳۷- 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

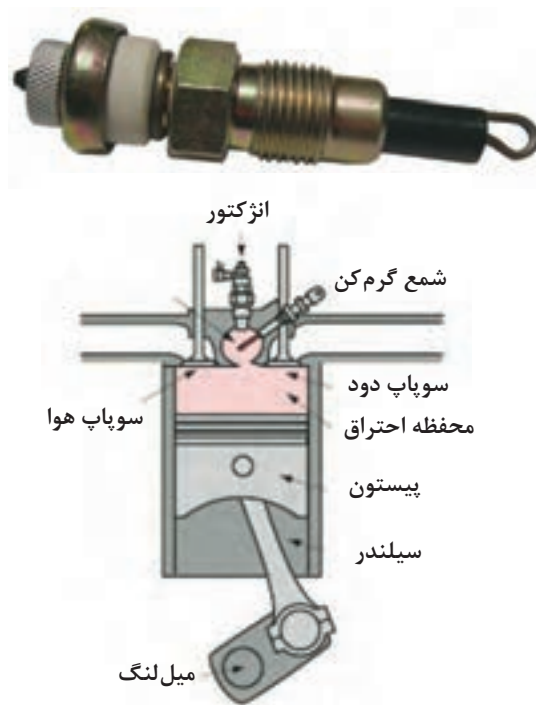


در هنگام کار بر روی انژکتور از وسایل حفاظت فردی به‌ویژه عینک محافظ استفاده نمایید. در هنگام آزمایش انژکتور هرگز دست خود را در نزدیکی نازل قرار ندهید. فشار بالای سوخت به راحتی توانایی پاره کردن بافت دست حتی با وجود پوشیدن دستکش را دارد.

#### 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.



شکل ۳۸- شمع گرم کن

#### شمع گرم کن (glow plug)

در هنگام استارت اولیه موتور مخصوصاً در هوای سرد به دلیل 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)



### سامانه استارت موتور

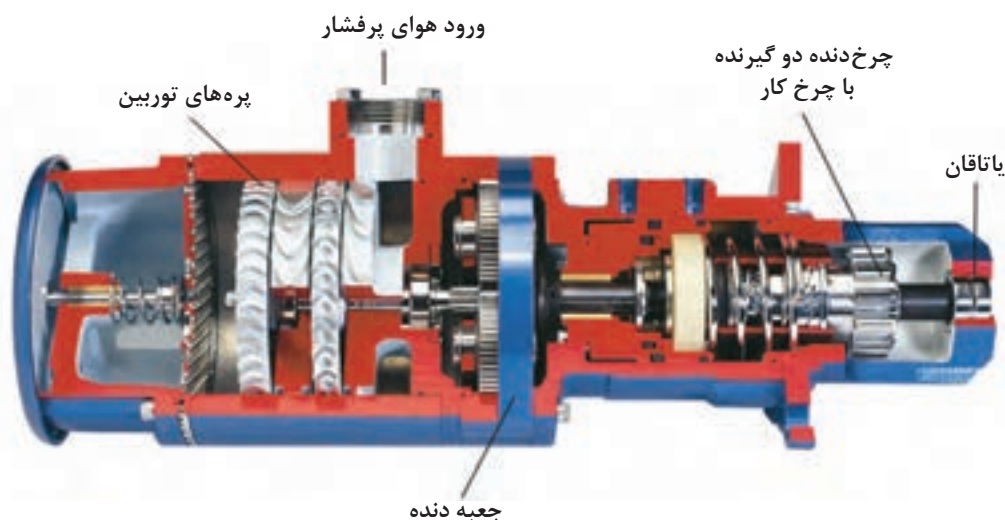
موتورهای دیزلی برای استارت اولیه خود از دو نیروی الکتریسیته و یا هوای فشرده بهره می‌برند:

**استارت الکتریکی:** استارت الکتریکی یک موتور الکتریکی کوچک اما قوی است که با جریان برق به دوران درمی‌آید. در سر محور استارت 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 استارت، چرخ‌دنده هم به عقب برگشته و از درگیری با چرخ طیار خارج می‌شود. (شکل ۳۹)



شکل ۳۹- موتور استارت الکتریکی

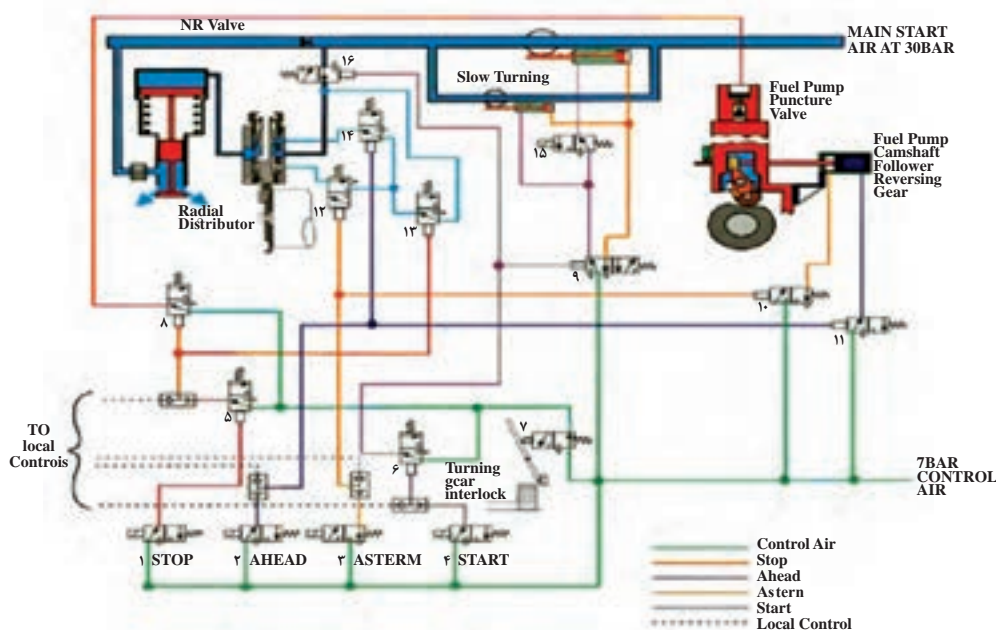
**موتور استارت هوایی:** عملکرد موتور استارت هوایی در بخشی که چرخ‌دنده به جلو و عقب حرکت می‌کند مشابه استارت الکتریکی است اما تفاوت آن در نحوه به گردش درآمدن آن است. موتور استارت هوایی نیروی دورانی خود را از یک توربین می‌گیرد که با فشار هوای فشرده به گردش درمی‌آید. (شکل ۴۰) در این طرح باید همواره مقداری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



شکل ۴۰- موتور استارت هوایی

**استارت هوایی تقسیم کننده:** 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 به طور 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 تقسیم کننده دریافت می‌کنند. تقسیم کننده 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 تقسیم کننده 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 ۴۱- 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.

در کارگاه نحوه استارت موتور دیزلی را بررسی کنید.

فعالیت  
کارگاهی





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.

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

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

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

	<p>snap ring pliers</p>	<p>خار جمع کن</p>
	<p>Piston Ring Compressor</p>	<p>رینگ جمع کن</p>
	<p>Dial gauge</p>	<p>ساعت اندازه گیری</p>
	<p>Valve Spring Compressor</p>	<p>فنر جمع کن سوپاپ</p>
	<p>expander Ring</p>	<p>رینگ باز کن</p>
	<p>Bearing scraper</p>	<p>شابر دستی</p>



### 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	۱- سامانه باز و بسته کردن سوپاپ‌ها را بررسی کند. ۲- سامانه روغن‌کاری موتور دیزل را بررسی کند. ۳- سامانه خنک‌کاری موتور دیزل را بررسی کند. ۴- سامانه سوخت‌رسانی موتورهای دیزل را بررسی کند. ● هنرجو توانایی بررسی همه شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱- سامانه باز و بسته کردن سوپاپ‌ها را بررسی کند. ۲- سامانه روغن‌کاری موتور دیزل را بررسی کند. ۳- سامانه خنک‌کاری موتور دیزل را بررسی کند. ۴- سامانه سوخت‌رسانی موتورهای دیزل را بررسی کند. ● هنرجو توانایی بررسی سه مورد شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱- سامانه باز و بسته کردن سوپاپ‌ها را بررسی کند. ۲- سامانه روغن‌کاری موتور دیزل را بررسی کند. ۳- سامانه خنک‌کاری موتور دیزل را بررسی کند. ۴- 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:

- ۱- قطعات موتورهای دیزل را شناخته و وظایف آنها را بدانند
- ۲- بررسی سامانه‌های موتورهای دیزل و طرز کار آنها
- ۳- 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 پرژکتور، کارگاه مجهز به موتورهای دیزل دریایی

### معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	بررسی قطعات موتورهای دیزل دریایی	۲	
۲	بررسی طرز کار موتورهای دیزل دریایی	۱	
۳	بررسی سامانه‌های موتورهای دیزل دریایی	۱	
<b>شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی، و...</b>			
	۱- استفاده از لباس مناسب کار در کارگاه ۲- استفاده صحیح و مناسب از ابزار و تجهیزات کارگاه ۳- رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها؛ ۴- دقت و تمرکز در اجرای کار؛ ۵- شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر؛ ۶- 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 پی برده‌اید:

- 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، دوزمانه بود اما به دلیل 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. به دلیل 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 آلاینده‌گی 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 از جمله:
- تعمیرات سخت‌تر؛
  - هزینه خرید اولیه بالا؛
  - در قدرت برابر وزن بیشتر.

### چرخه کار موتور چهارزمانه بنزینی

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

چرخه کار موتورهای چهارزمانه بنزینی با تحولات پی‌درپی زیر کامل می‌شود:

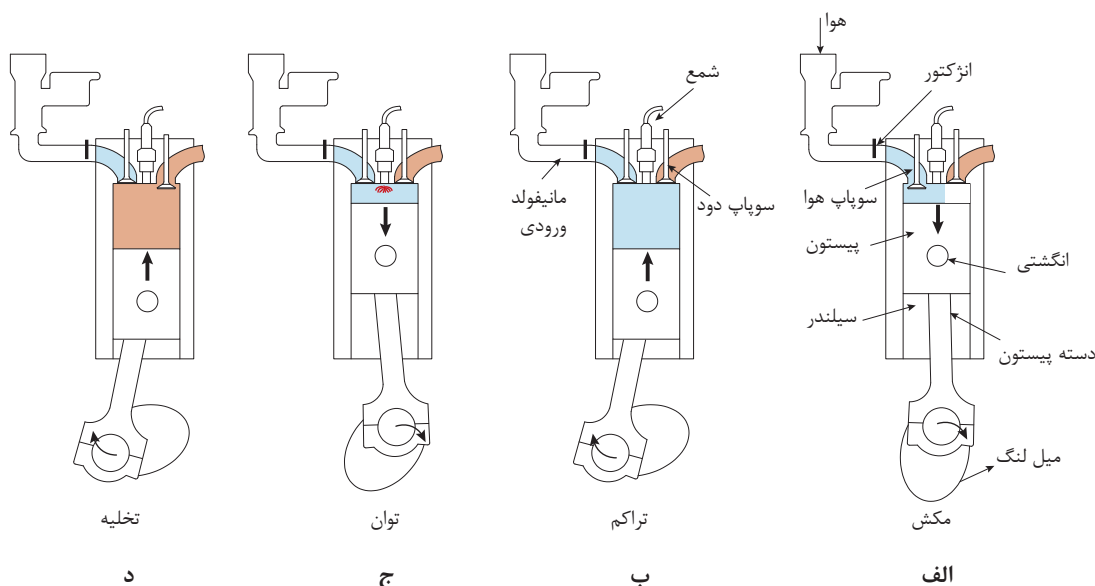
**کورس (مرحله) تنفس یا مکش:** مطابق شکل ۱ پیستون از نقطه مرگ بالا تا نقطه مرگ پایین حرکت می‌کند. به علت آب‌بندی بودن پیستون در سیلندر و سریع پایین رفتن آن و بزرگ شدن ناگهانی حجم بالای پیستون، فشار این منطقه کمتر از فشار هوای محیط می‌شود (خلاً نسبی به وجود می‌آید). با باز شدن سوپاپ گاز (دریچه ورودی)، 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 ادامه گردش میل‌لنگ، پیستون از نقطه مرگ پایین (پایین‌ترین نقطه‌ای که پیستون می‌رسد) به طرف نقطه مرگ بالا (بالا‌ترین نقطه‌ای که پیستون می‌رسد) حرکت می‌کند. در این حالت هر دو سوپاپ بسته است، در نتیجه مخلوط هوا و سوخت در محفظه احتراق فشرده‌شده و فشار درون سیلندر در پایان

زمان تراکم به ۸ تا ۱۶ اتمسفر می‌رسد. در انتهای کورس، جرقه ایجاد شده 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 کوچک شده بالای پیستون، به شدت افزایش می‌یابد و گاهی تا ۴۰ اتمسفر می‌رسد که وقتی بر سطح پیستون تأثیر کند نیروی قابل توجهی 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 به طرف بالا حرکت می‌کند و با باز شدن سوپاپ دود پس مانده‌های حاصل از احتراق، موتور را ترک می‌کنند. از نظر 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. به طوری که وقتی پیستون تغییر جهت داده و به طرف 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 بازماند تا عمل تخلیه کامل‌تر صورت پذیرد. ممکن است تصور 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، به علاوه گاز ورودی سنگین‌تر از دود است.



شکل ۱- مراحل چهار عمل اصلی موتور چهارزمانه

**چرخه کار موتور دوزمانه بنزینی:** موتورهای دوزمانه ممکن است دیزلی یا بنزینی باشند. آنچه در آنها مشترک است آن که مخلوط قابل احتراق با هوای تازه برای راندن دود باقیمانده از مرحله قبل مورد استفاده قرار می‌گیرد که به این عمل جاروب کردن 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 به صورت هم‌زمان انجام می‌گیرد.

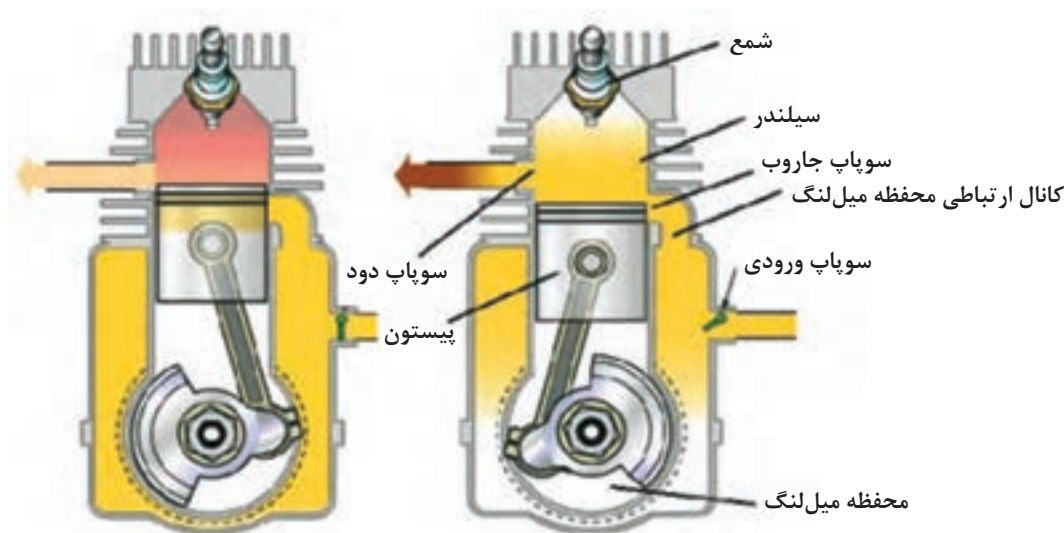


■ مرحله تراکم و مرحله انبساط یا قدرت نیز همزمان انجام می‌شود.

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

**مرحله دوم:** با ایجاد جرقه توسط شمع مخلوط متراکم شده منفجر شده و مرحله کار شروع می‌گردد. با پرتاب پیستون به سمت پایین که بر اثر 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 خارج شده و از طرفی هم مخلوط زیر پیستون متراکم می‌گردد. با گذشتن پیستون از روبه‌روی دریچه ورودی، این دریچه باز شده 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 ۲- 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.



جدول زیر را تکمیل نمایید.

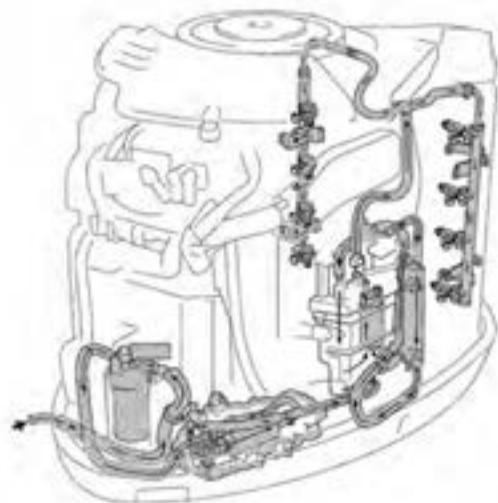
ردیف	نوع تجهیز		شرح و کاربرد	تصویر و نام
	فارسی	انگلیسی		
۱	بلوکه سیلندر	.....	به دلیل ..... جنس بلوکه سیلندر در موتورهای بنزینی دریایی از آلیاژ آلومینیم است.	 بلوکه سرسیلندر
۲	سر سیلندر چهارزمانه	.....	.....	 سرسیلندر چهارزمانه
۳	سرسیلندر دوزمانه	.....	با توجه به اینکه موتور دوزمانه فاقد سوپاپ است به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

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

### 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	۱- بررسی مزایا و معایب موتورهای دوزمانه و چهار زمانه. ۲- بررسی عملکرد موتورهای دوزمانه و چهار زمانه. ۳- بررسی قطعاتی از موتورهای بنزینی که با موتور دیزل متفاوت است. هنرجو توانایی بررسی همه شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱- بررسی مزایا و معایب موتورهای دوزمانه و چهار زمانه. ۲- بررسی عملکرد موتورهای دوزمانه و چهار زمانه. ۳- 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	۱- بررسی مزایا و معایب موتورهای دوزمانه و چهار زمانه. ۲- بررسی عملکرد موتورهای دوزمانه و چهار زمانه. ۳- بررسی قطعاتی از موتورهای بنزینی که با موتور دیزل متفاوت است. هنرجو توانایی بررسی یک مورد از شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۱
نمره مستمر از ۵					
نمره شایستگی پودمان از ۳					
نمره پودمان از ۲۰					

## سامانه‌های موتور چهارزمانه دریایی



شکل ۳- نمای سیستم سوخت‌رسانی

همه موتورهای 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 ۴- پالایه اولیه سوخت

قطعات این سیستم در موتورهای مذکور به ترتیب زیر می‌باشند:

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

— **پالایه اولیه:** وظیفه این پالایه تصفیه بنزین و گرفتن ناخالصی داخل آن است. این ناخالصی می‌تواند آب نیز باشد که در ته پالایه جمع می‌گردد.

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

نکته  
نگهداری



شکل ۵- پمپ فشار پایین

**پمپ فشار پایین:** وظیفه این پمپ، مکش بنزین از پالایه 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 ۶- پالایه ثانویه



شکل ۷- مخزن تفکیک بخار



شکل ۸- مجموعه داخل مخزن تفکیک بخار

**پالایه ثانویه:** اگر هرگونه ناخالصی موجود در بنزین (غیر از آب) به این پالایه برسد به وسیله آن جذب خواهد شد. این پالایه یک بار مصرف بوده و قابلیت شستشو را ندارد.

در صورتی که رنگ این پالایه بر اثر کثیفی تغییر کند باید آن را تعویض نمایید.

نکته  
نگهداری



### مخزن تفکیک بخار و متعلقات: وظیفه این

مخزن ذخیره بنزین برای پمپ فشارقوی و همچنین جداسازی بخار از سوخت است. قطعات داخل مخزن شامل شناور، سوزن و پمپ فشارقوی می باشند. همچنین این مخزن باعث می شود که ناخالصی های عبور کرده از پالایه های اولیه و ثانویه در ته آن جمع شده و به وسیله پیچ انتهای آن قابلیت تخلیه داشته باشند تا باعث خرابی پمپ فشارقوی و مسدود شدن انژکتورها نگردند.

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

قطعات زیر در داخل مخزن قرار دارند:

**شناور و سوزن:** در صورتی که حدود نیمی از مخزن جداکننده بخار از بنزین پر شود شناور به کمک سوزن باعث می شود تا ورود بنزین مسدود گردد.

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 ۹- پمپ فشارقوی



شکل ۱۰- رگلاتور تنظیم فشار



شکل ۱۱- کولر سوخت موتور



شکل ۱۲- انژکتور

### پمپ فشار بالا (پمپ انژکتور): وظیفه این پمپ

که از نوع توربینی بوده و در موتورهای مورد بحث 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 یک بار مصرف است. با شروع استارت موتور توسط واحد کنترل روشن شده و تا خاموش شدن مجدد موتور با دور و فشار ثابت در مدار سوخت‌رسانی وظیفه خود را انجام می‌دهد.

### 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 یک بار مصرف، از نوع دیافراگمی که در شکل ۱۰ جزئیات داخل آن به تصویر کشیده شده است.

### خنک‌کننده 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، به وسیله آبی که از داخل کولر سوخت می‌گذرد، خنک شده و دوباره وارد مخزن تفکیک می‌گردد. این قطعه همان گونه که در شکل ۱۱ مشخص است در کنار مخزن تفکیک بخار نصب می‌شود.

### انژکتور: سوختی که از رگلاتور عبور نمی‌کند به سمت

انژکتورها رفته تا به وسیله آنها در انتهای مانی فولد هوا مه‌پاش گردد. انژکتورهای این موتور برقی مکانیکی بوده و در صورت مسدود شدن منافذ آن فقط می‌توان آنها را به وسیله 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 ۱۳- کنیستر

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



شکل ۱۴- 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.

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

فعالیت  
کارگاهی



### سیستم کنترل موتور

وظیفه این واحد جمع‌آوری اطلاعات از وضعیت موتور توسط حسگرها، سپس پردازش این اطلاعات توسط واحد مدیریت کنترل و بعد از آن 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 تجزیه و تحلیل آنها و مطابق با دستوراتی که در برنامه‌ریزی آن قرار داده شده است فرمان‌های لازم را به عملگرها بدهد. دسترسی به برنامه‌های ذخیره‌شده داخل این قطعه بدون داشتن پسورد آن امکان‌پذیر نیست.



شکل ۱۵- واحد کنترل

**حسگر موقعیت میل لنگ (حسگر دور موتور):** حسگر موقعیت میل لنگ در زیر چرخ طیار 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 سیم پیچ دور آهنربا ایجاد سیگنال یا ولتاژ می شود. در موتورهای انژکتوری در زیر یا کنار چرخ طیار دندانه هایی با فاصله منظم از هم قرار دارند که در بین دو تا از دندانه ها، فاصله بیشتری تعبیه شده است.

هرگاه موتور می چرخد دندانه های فلایویل (چرخ طیار) از جلوی حسگر عبور کرده و در آن سیگنال تولید می گردد. ولی وقتی که قسمت خالی دودندانه به جلوی حسگر می رسد دامنه پالس (ضربان) تغییر کرده و سیگنال تولیدی دچار افت می شود، با دریافت دامنه ضربان های ارسال شده از حسگر، واحد کنترل، دور و وضعیت پیستون های موتور را تشخیص می دهد. معمولاً در موتورهای انژکتوری، حسگر موقعیت میل لنگ از حسگرهای حیاتی است و با سوختن آن موتور از کار می افتد، اما در موتورهای دریایی به دلیل بالا رفتن امنیت سرنشینان، در صورت از کارافتادن این حسگر، واحد کنترل از اطلاعات حسگر میل بادامک استفاده می کند و موتور خاموش نمی شود، ولی موتور، کارکرد بهینه و نرمال خود را از دست خواهد داد.



شکل ۱۶- حسگر موقعیت میل لنگ

**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 میل سوپاپ قرار می‌گیرد، فرقی نمی‌کند که کدام میل سوپاپ باشد اما در موتورهایی که از سیستم میل بادامک ورودی متغیر (CVT) استفاده می‌کنند، بر روی میل سوپاپ دود قرار می‌گیرد. عملکرد آن شبیه حسگر موقعیت میل لنگ است.

تحقیق کنید



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



شکل ۱۷- حسگر موقعیت میل بادامک دود

در صورت خرابی این حسگر، واحد کنترل از اطلاعات حسگر موقعیت میل لنگ 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 ۱۹- حسگر فشار هوای ورودی



شکل ۱۸- حسگر دمای هوای ورودی

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

تحقیق کنید





شکل ۲۰- حسگر دمای بلوکه



شکل ۲۱- حسگر فشار روغن



شکل ۲۲- حسگر ناک

### 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 جرکه 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.

### 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 بر اثر 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.

### حسگر ضربه (خودسوزی): هنگامی که فشار داخل

محفظه احتراق بر اثر تراکم و اشتعال بخشی از بنزین بالا می‌رود، مولکول‌های بنزین که در اطراف محفظه 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 جرکه از خودسوزی جلوگیری نماید. این حسگر را تا حد ممکن نزدیک محفظه احتراق قرار می‌دهند.

دلایل ایجاد ناک را بررسی نمایید.

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

بحث کلاسی



فعالیت  
کارگاهی





### سیستم جرقه

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

با چرخش چرخ طیار، واحد کنترل به وسیله 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:



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.

شکل ۲۳- استاتور



شکل ۲۴- کویل

**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.

**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.



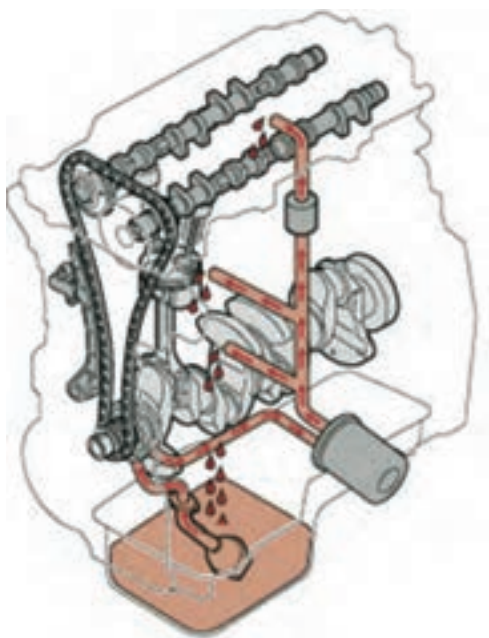
شکل ۲۵- شمع

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

تحقیق کنید







شکل ۲۶- مسیر روغن کاری

### سیستم روان کاری

برای روان کاری قطعات مکانیکی در حال حرکت موتور، نیاز به مایع روان کننده‌ای مثل روغن موتور است. به سامانه‌ای که وظیفه روان کاری قطعات متحرک را به عهده دارند سیستم روان کاری می‌گویند. روغن موتور چند نقش اساسی بر عهده دارد، از جمله 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.

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



شکل ۲۷- صافی 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 اوایل پمپ متصل است وظیفه دارد ناخالصی‌های درشت احتمالی که وارد کارتر شده است را بگیرد تا باعث آسیب دیدن پمپ روغن نگردد.

**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 روغن کاری پمپ می‌کند پمپ روغن است. پمپ روغن وسیله‌ای است که روغن موجود در موتور را به مدار روغن کاری 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 روغن کاری 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 انرژی را از میل‌لنگ موتور می‌گیرد.

**پالایه روغن:** پالایه روغن برای حذف آلاینده‌ها از روغن موتور به کار می‌رود.

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

نکته  
نگهداری





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



شکل ۲۹- پیچ تخلیه روغن

### سیستم خنک کننده

سیستم خنک کننده موتورهای احتراق داخلی، دمای موتور را در مقدار مطلوب نگهداری می کند. 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 خنک کننده:** دو روش کلی برای سیستم خنک کننده مورد استفاده قرار می گیرد:

- ۱ سیستم خنک کننده باز ۲ سیستم خنک کننده بسته

در مورد سیستم خنک کاری باز و بسته بحث نمایید.

بحث کلاسی



### صافی ورودی



شکل ۳۰- ورودی های آب خنک کننده موتور

وظیفه این قطعه همان گونه که از نامش پیداست جلوگیری از ورود ناخالصی های درشت به داخل موتور است ولی ذراتی مثل ماسه که در مواقع نزدیک شدن قایق به ساحل، توسط پروانه با آب مخلوط می شود می توانند از منافذ آن عبور کرده و وارد موتور شده و برای سیستم خنک کننده و موتور اشکال ایجاد نمایند. به این دلیل از صافی ریزتر و یا پالایه استفاده نشده است که دبی ورودی آب کاهش پیدا کند. به دلیل جلوگیری از ایراد ذکر شده کاربر موتور در هنگام نزدیک شدن قایق به ساحل، باید مراقبت لازم را انجام دهد.

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

تحقیق کنید





شکل ۳۱ - مجموعه پمپ آب شور

### پمپ آب شور

وظیفه پمپ آب شور، مکش آب از دریا و ارسال به داخل موتور است. پره این پمپ از جنس لاستیک بوده و به وسیله خار با شفت گیربکس درگیر می شود.

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

فعالیت  
کارگاهی



شکل ۳۲ - ترموستات

### ترموستات

ترموستات وسیله ای است برای تنظیم درجه حرارت موتور که به طور خودکار گرمای موتور را در حد ایدئال که حدود ۸۵ درجه است نگه می دارد. لازم به توضیح است که برای عملکرد درست موتور، دمای آن باید در محدوده معینی نگه داشته شود.



شکل ۳۳ - ترموسوییچ موتور

### ترمسوییچ

این سویچ از نوع فلزهای غیر هم جنس است. بر اثر گرما تغییر طول آنها فرق می کند که باعث می شود 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 درمی آید.

### شستشوی سیستم خنک کاری

برای شستشوی موتور بعد از دریانوردی و خارج کردن آب شور 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 می دهیم.

نکته  
نگهداری





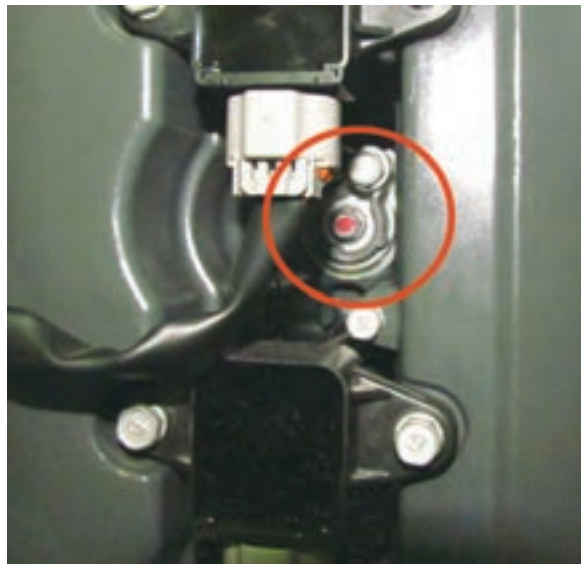
شکل ۳۴- محل ورودی آب شیرین به مسیر شستشوی موتور

### 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.

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

نکته  
نگهداری



شکل ۳۵- یک نمونه از آند فدا شونده

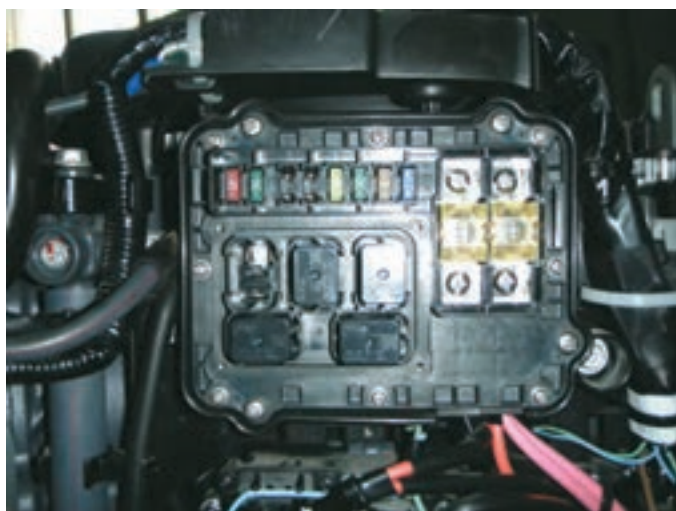
با حضور در کارگاه، سیستم جرقه، روغن کاری و خنک کاری موتور موجود را بررسی نمایید.

فعالیت  
کارگاهی



### – 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 عهده دارند. 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 ۳۶- مجموعه فیوز و رله

### – سامانه جک هیدرولیکی

این مجموعه که وظیفه خارج کردن گیر بکس از آب را به عهده دارد درواقع تبدیل کننده 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 ۳۷- 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	۱- بررسی سامانه سوخت رسانی ۲- بررسی سامانه کنترل موتور ۳- بررسی سامانه‌های جرقه،روان کاری و خنک کاری هنر جو توانایی بررسی همه شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱- بررسی سامانه سوخت رسانی ۲- بررسی سامانه کنترل موتور ۳- بررسی سامانه‌های جرقه، روان کاری و خنک کاری هنر جو توانایی بررسی دو مورد از شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۲
			پایین تر از حد انتظار	۱- بررسی سامانه سوخت رسانی ۲- بررسی سامانه کنترل موتور ۳- بررسی سامانه‌های جرقه، روان کاری و خنک کاری 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					



### سامانه‌های موتور دوزمانه

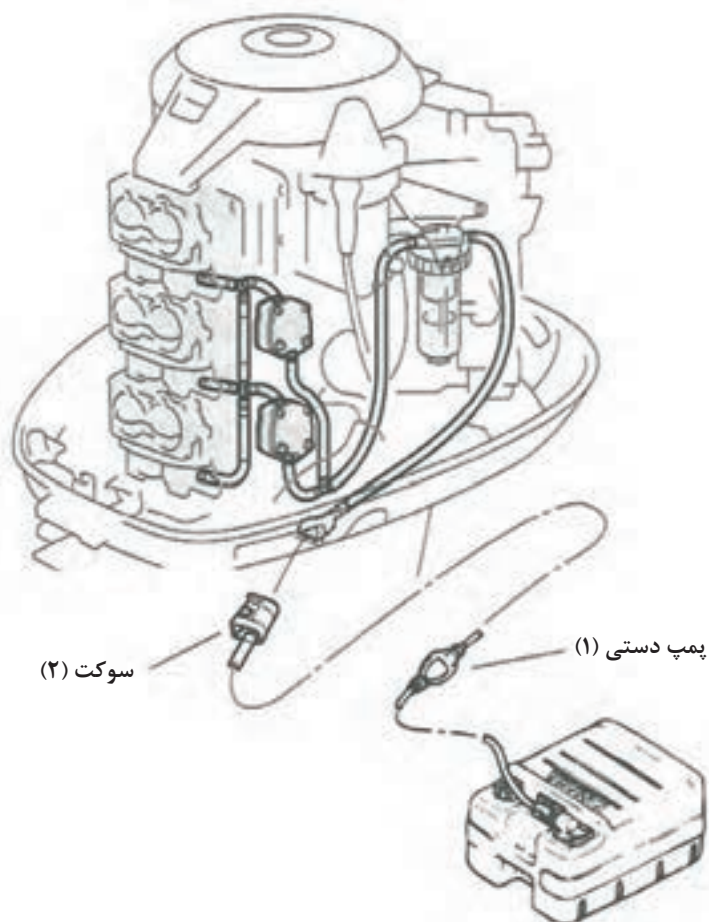
سامانه‌های سوخت رسانی و روان کاری موتورهای دوزمانه با موتورهای چهارزمانه فرق دارد که در ادامه آنها را بررسی می‌کنیم. لازم به ذکر است که موتور دوزمانه فاقد سیستم کنترل الکترونیکی است و سیستم خنک کاری و جرقه در این موتورها نیز با موتورهای چهارزمانه مشابه است.

**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 به راحتی 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 متصل شده باشند.



شکل ۳۸- مسیر سوخت‌رسانی موتور دوزمانه



شکل ۳۹- صافی بنزین

۳ پمپ دستی (۱) را در کف دست قرار داده و به وسیله 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 سوخت رسانی را از لحاظ نشتی سوخت مورد بازدید قرار دهید.

### صافی بنزین

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

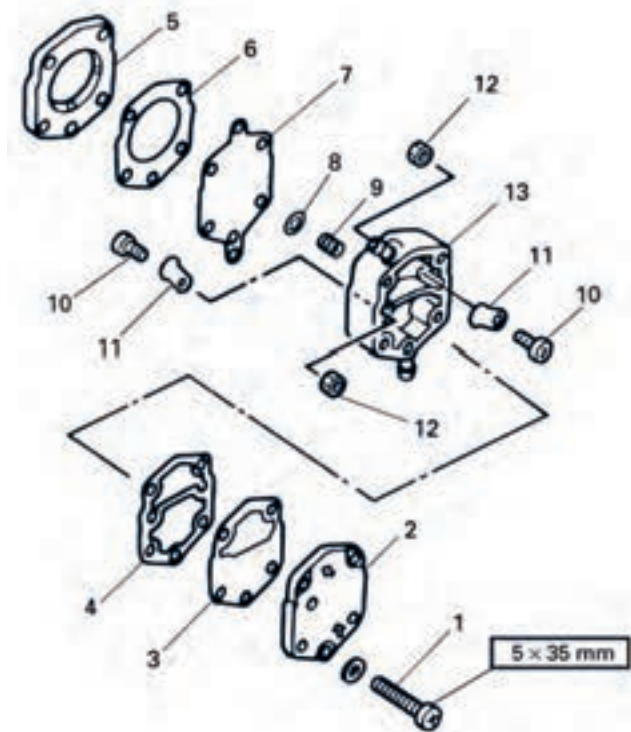
نکته  
نگهداری



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 ۴۱- اجزای تشکیل دهنده پمپ سوخت



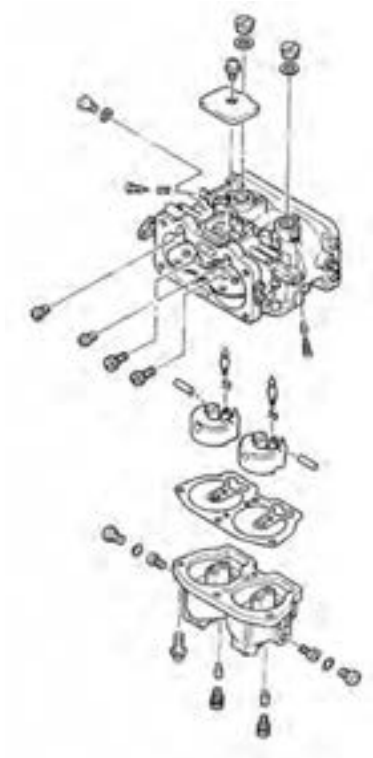
شکل ۴۰- پمپ‌های سوخت



در صورت کج شدن سوپاپ‌های فنری ۱۱ و پاره شدن دیافراگم ۷، باید آن‌ها را تعویض کرد.

### کاربراتور

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



شکل ۴۳- اجزای تشکیل‌دهنده کاربراتور



شکل ۴۲- کاربراتور

### سوپاپ‌های زبانه‌ای (شانه بنزین)

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



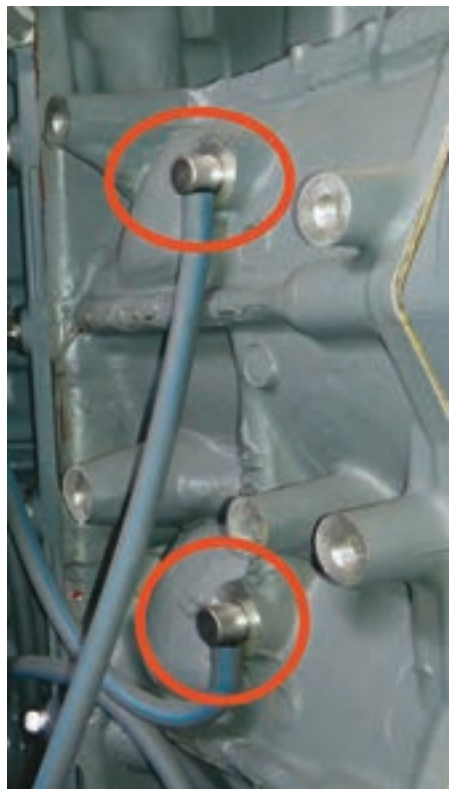
شکل ۴۴- سوپاپ‌های یک‌طرفه



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



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



### سیستم روغن کاری

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

**سوپاپ‌های یک‌طرفه روغن:** با توجه به این که 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 روغن کاری موتور کامل شود. حرکت پیستون به سمت پایین (میل‌لنگ) عامل ایجاد جریان روغن از قسمت سوپاپ‌های زبانه‌ای به داخل سیلندر است.

شکل ۴۵- سوپاپ‌های یک‌طرفه روغن

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



نکته  
نگهداری



- 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، دآوری، نمره دهی)	نمره
۱	بررسی سامانه‌های موتور دو زمانه	موتور دو زمانه موجود در کارگاه	بالاتر از حد انتظار	۱- بررسی سامانه سوخت‌رسانی ۲- بررسی سامانه روان کاری ۳- بررسی سامانه‌های جرقه و خنک کاری هنر جو توانایی بررسی همه شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱- بررسی سامانه سوخت رسانی ۲- بررسی سامانه روان کاری ۳- بررسی سامانه‌های جرقه و خنک کاری هنرجو توانایی بررسی دو مورد از شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۲
			پایین تر از حد انتظار	۱- بررسی سامانه سوخت‌رسانی ۲- بررسی سامانه روان کاری ۳- بررسی سامانه‌های جرقه و خنک کاری 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 خلیج فارس 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 سوپر استندارد 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 خلیج فارس 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 خلیج فارس، حملات نظامی خود را علیه جمهوری اسلامی ایران آغاز کردند.

ابتکار ایران در مقابله با تجهیزات پیشرفته ناام کردن خلیج فارس 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 مربع در بدنه آن ایجاد گردید. در نهایت 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، پله‌های آلومینیمی سبک، تاشو و قابل حمل بود.

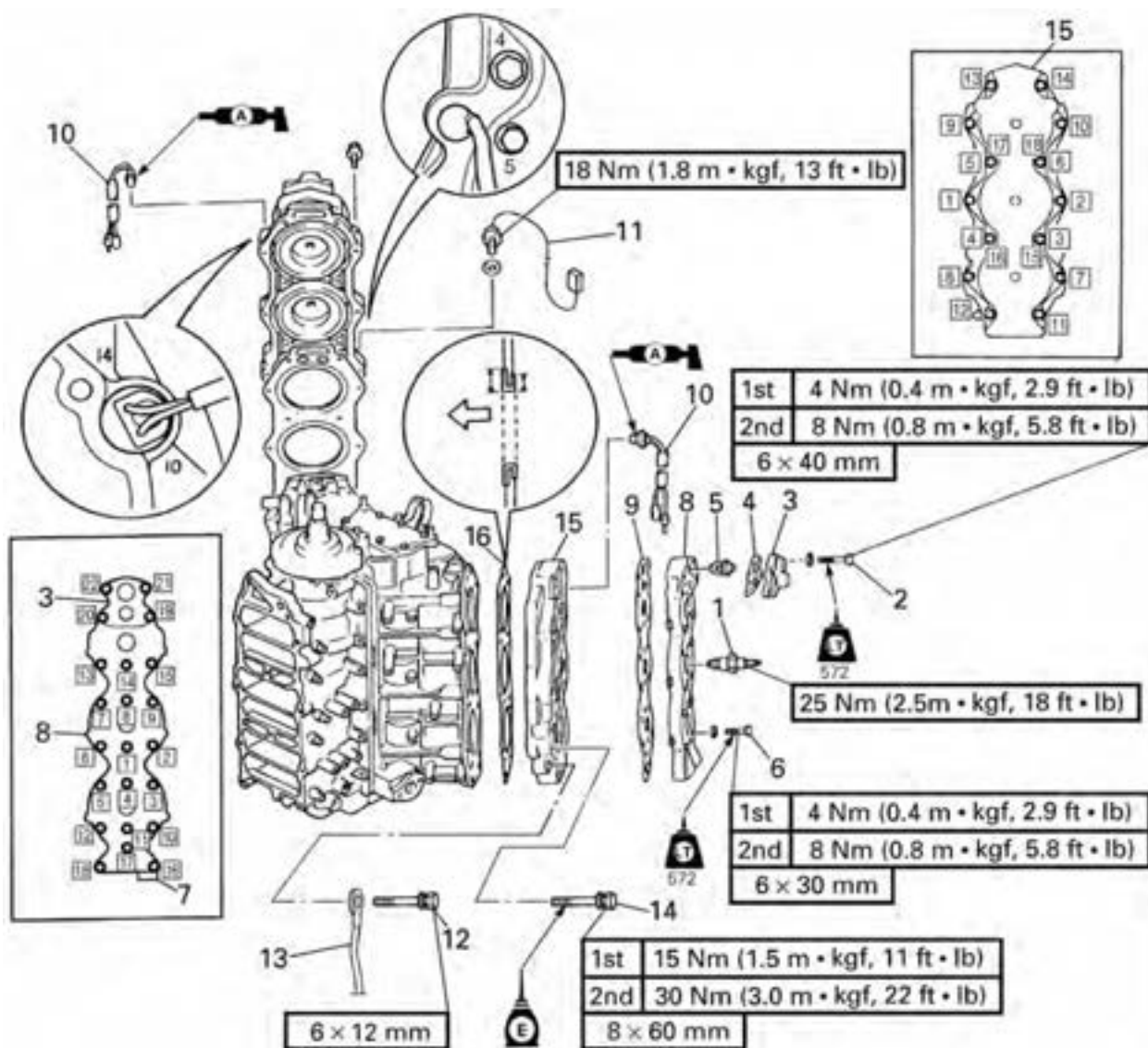
بعد از این وقایع سیاست‌های بومی‌سازی ساخت تسلیحات دریایی نیز پیگیری شد؛ زیردریایی‌های کلاس نهنگ و غدیر، شناورهای تندرو موشک‌انداز، اژدر فوق سریع حوت، ناوشکن کلاس جماران و ناو محافظ کلاس موج از جمله مواردی هستند که حاصل تلاش متخصصان کشورمان در عرصه تولید تسلیحات دریایی است.



## باز و بست موتورهای دوزمانه

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.

فعالیت  
کارگاهی

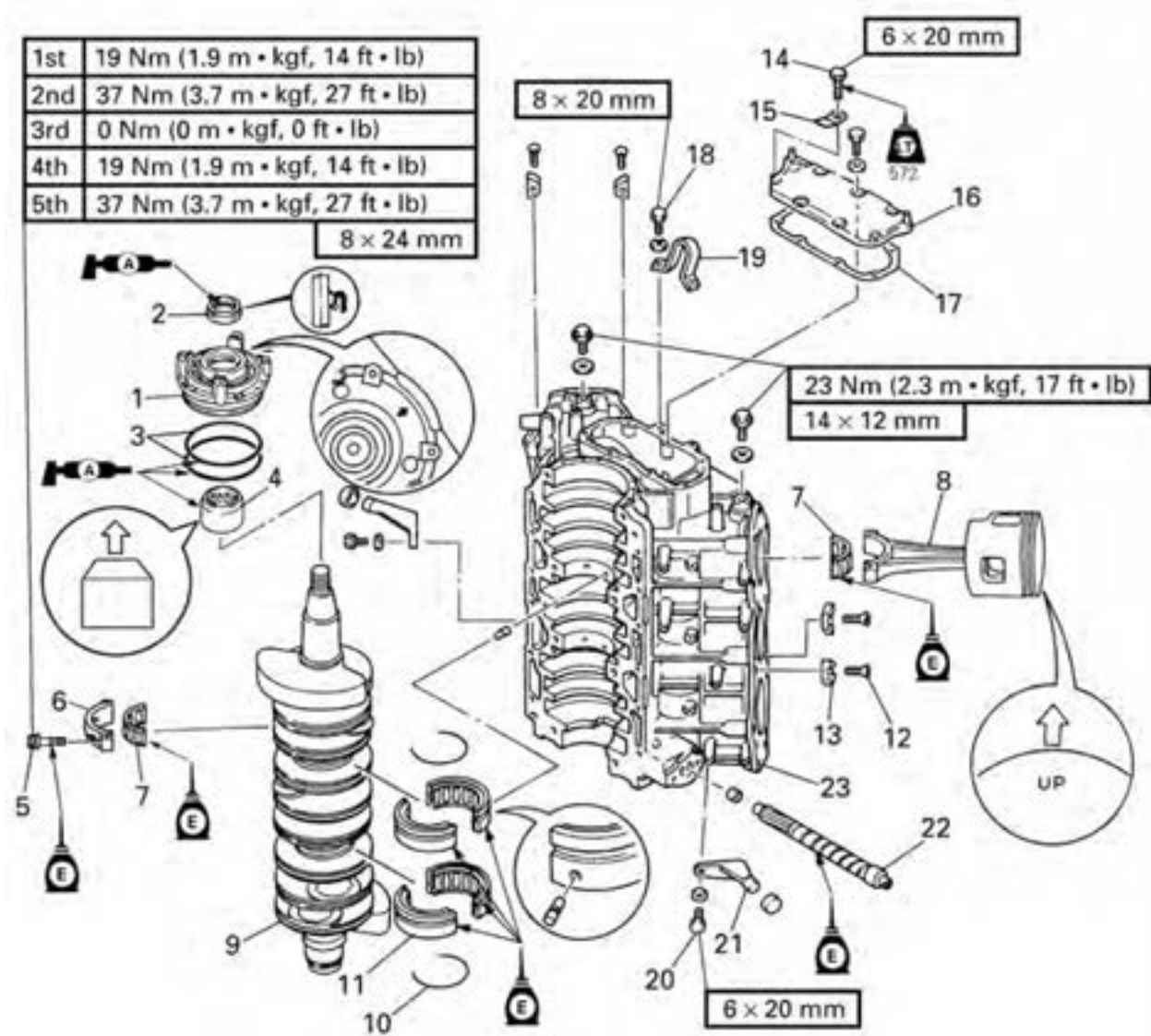


شکل ۴۶- روش باز کردن پیچ‌های سر سیلندر



با توجه به شکل ۴۶ جدول زیر را کامل کنید.

ردیف	انگلیسی	تعداد	فارسی
	<b>Spark plug cap</b>		
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 ۴۷- تصویر باز شده میل لنگ و متعلقات



با توجه به شکل ۴۷ جدول زیر را کامل کنید.

ردیف	انگلیسی	تعداد	فارسی
	<b>Cylinder heads</b>		
	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	

**عیب یابی:** 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.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- موتور حالت دنده است.</li> <li>- کلید مخفی متصل نشده است.</li> <li>- دور موتور کافی نیست (باتری شارژ ندارد، شل بودن اتصالات باتری، ضعیف شدن استارت‌ر، خرابی رله استارت‌ر)</li> <li>- خرابی پمپ سوخت فشار بالا.</li> <li>- خرابی حسگر دمای موتور.</li> <li>- خرابی حسگر فشار روغن.</li> <li>- خرابی واحد کنترل.</li> </ul>
موتور پس از چند دقیقه خاموش می‌شود.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- سوختن فیوز اصلی و یا فیوز قطعات</li> <li>- گرفتگی مسیر سوخت</li> <li>- خرابی پمپ فشار بالا</li> </ul>
بدکار کردن موتور.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ایراد در برخی از واحدهای جرعه</li> <li>- ایراد در برخی از انژکتورها</li> <li>- خرابی حسگر میل بادامک</li> <li>- اشکال در حسگر موقعیت میل‌لنگ</li> <li>- خرابی واحد کنترل</li> </ul>
بالا بودن غیرطبیعی دور موتور.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- باز بودن بیش‌ازحد دریچه گاز</li> <li>- نشستی مانی فولد هوا</li> <li>- خرابی حسگر دمای موتور</li> <li>- خرابی پتانسیومتر</li> <li>- خرابی کابل گاز</li> </ul>
بالا نرفتن دور موتور.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- خرابی پمپ فشار بالا</li> <li>- خرابی رگلاتور فشار</li> <li>- خرابی دریچه گاز</li> <li>- خرابی پتانسیومتر</li> <li>- خرابی حسگر فشار روغن</li> <li>- افت فشار روغن</li> <li>- خرابی حسگر دمای موتور</li> <li>- داغ شدن موتور</li> <li>- خرابی حسگر دور موتور</li> <li>- خرابی سیستم CVVT</li> <li>- ضعیف شدن رینگ‌ها</li> </ul>
خاموش شدن موتور.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- سوختن فیوز اصلی یا برخی از فیوزهای قطعات</li> <li>- قطع سوخت</li> <li>- خرابی حسگر دور موتور</li> <li>- خرابی حسگر فشار روغن</li> <li>- افت فشار روغن</li> </ul>

ریپ زدن موتور:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- گرفتگی مسیر سوخت‌رسانی یا نشت سوخت</li> <li>- خرابی پمپ فشار پایین</li> </ul>
داغ کردن موتور.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ایراد در سیستم خنک کاری</li> <li>- ایجاد ناک</li> <li>- خرابی رینگ‌ها یا سیلندر</li> <li>- خرابی واشر سر سیلندر</li> </ul>
افزایش مصرف سوخت.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- خرابی تعدادی از انژکتورها</li> <li>- خرابی حسگر میل بادامک</li> <li>- خرابی حسگرهای دما و فشار هوای ورودی و موقعیت دریچه گاز</li> <li>- خرابی رگلاتور فشار</li> </ul>
افزایش مقدار روغن.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- خرابی در سیستم جرقه (کوئل یا شمع)</li> <li>- خرابی تعدادی از انژکتورها</li> </ul>

### عیب‌یابی موتورهای دوزمانه

نوع عیب	دلایل
موتور استارت نمی‌خورد یا استارت با چرخ طیار درگیر نمی‌شود و یا موتور با استارت کردن به آرامی دور می‌زند.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- سوختن فیوز اصلی</li> <li>- باطری شارژ خالی کرده</li> <li>- ایراد در کابل‌های باطری و یا اتصالات</li> <li>- خرابی رله استارت</li> <li>- سوختن استارت</li> <li>- خرابی سویچ</li> <li>- پیستون و سیلندر را مورد بررسی قرار دهید.</li> </ul>
موتور دور می‌زند ولی روشن نمی‌شود.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- متصل نبودن کلید مخفی</li> <li>- درگیر بودن دنده</li> <li>- هواگیری نشدن سیستم سوخت</li> <li>- خفه کردن موتور</li> <li>- شکستگی خار چرخ طیار</li> </ul>
موتور خاموش می‌شود.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- گرفتگی مسیر سوخت‌رسانی</li> <li>- خرابی پمپ سوخت</li> <li>- گرفتگی در کاربراتور</li> </ul>
لرزش موتور.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- شل بودن پیچ‌های موتور به بدنه</li> <li>- خرابی تعدادی از شمع و یا کوئل‌ها</li> <li>- خرابی کاربراتور</li> <li>- خرابی پروانه</li> </ul>
خروج بنزین از کاربراتور.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ایراد در شناور و سوزن کاربراتور مربوطه</li> </ul>



بالا نرفتن دور موتور.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- سنگین بودن بیش از حد شناور</li> <li>- خزه داشتن زیر شناور</li> <li>- گرفتگی مسیر سوخت رسانی</li> <li>- خرابی پمپ سوخت</li> <li>- گرفتگی کاربراتور</li> <li>- تنظیم نبودن سیستم جرقه</li> <li>- ضعیف شدن رینگ و سیلندر</li> <li>- ضعیف شدن سوپاپ‌های یک طرفه</li> </ul>
کم‌وزیاد شدن دور موتور (ریپ زدن).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- گرفتگی مسیر سوخت رسانی</li> <li>- خرابی پمپ سوخت</li> <li>- ایراد در کاربراتور</li> </ul>
دور موتور بالا می‌رود اما شناور به حالت اسکی (روان در آب) نمی‌رود.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- سنگین بودن یا خزه داشتن شناور</li> <li>- خرابی بوش پروانه</li> </ul>
موتور داغ می‌کند.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- گرفتگی مسیر خنک کاری</li> <li>- خرابی پروانه پمپ آب‌شور</li> </ul>

### 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	۱- توانایی باز و بست موتور دوزمانه ۲- بررسی عیوب موتورهای چهار زمانه ۳- بررسی عیوب موتورهای دو زمانه هنرجو توانایی بررسی همه شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱- توانایی باز و بست موتور دوزمانه ۲- بررسی عیوب موتورهای چهار زمانه ۳- بررسی عیوب موتورهای دو زمانه هنرجو توانایی بررسی دو مورد از شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۲
			پایین تر از حد انتظار	۱- توانایی باز و بست موتور دوزمانه ۲- بررسی عیوب موتورهای چهار زمانه ۳- بررسی عیوب موتورهای دو زمانه هنر جو توانایی بررسی یک مورد از شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۱
نمره مستمر از ۵					
نمره شایستگی پودمان از ۳					
نمره پودمان از ۲۰					

## ارزشیابی نگهداری و تعمیر موتور بنزینی دریایی

### ۱- شرح کار:

نگهداری و تعمیر موتورهای بنزینی

### ۲- استاندارد عملکرد:

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

#### شاخص ها:

- شناسایی قطعات موتور
- نگهداری، قطعه شناسی، عیب یابی و تعمیرات موتور

### ۳- شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: کارگاه موتور

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

### ۴- معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	شناسایی قطعات موتورهای بنزینی	۲	
۲	نگهداری صحیح موتورهای بنزینی	۲	
۳	عیب یابی موتورهای بنزینی	۱	
۴	تعمیرات (باز و بست) موتورهای بنزینی	۱	
<b>شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی، و...</b>			
۱- استفاده از لباس مناسب کار در کارگاه ۲- استفاده صحیح و مناسب از ابزار و تجهیزات کارگاه ۳- رعایت نکات ایمنی دستگاه ها، ۴- دقت و تمرکز در اجرای کار، ۵- شایستگی تفکر و یاد گیری مادام العمر، ۶- رعایت اصول و مبانی اخلاق حرفه ای،			
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 به همین 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 محفظه‌ی 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 جنگی 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؛

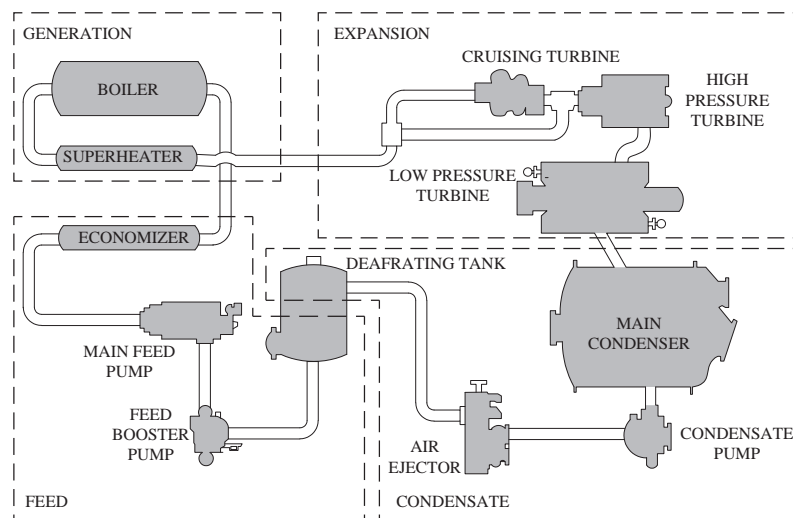
۲ مرحله انبساط؛

۳ مرحله تقطیر (انقباض)؛

۴ مرحله تغذیه.

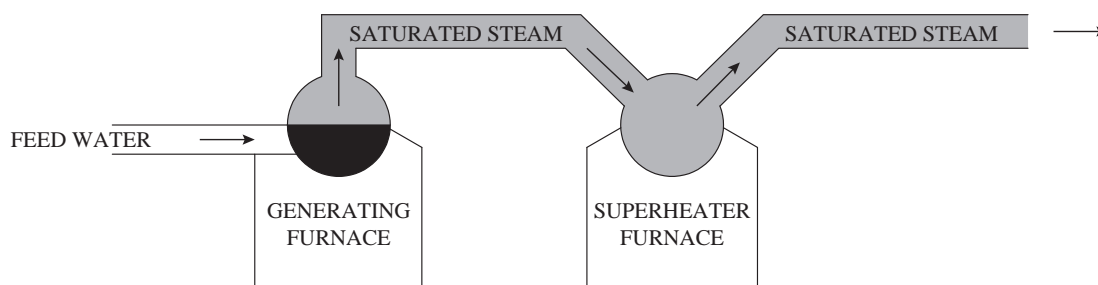
### مرحله تولید بخار (steam generation)

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).



شکل ۱- 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. بخار تر در مصارف عمومی کشتی جهت استفاده دستگاه‌های فرعی مورد استعمال قرار می‌گیرد و همچنین در انواع آبگرمکن‌های بخاری از قبیل گرم‌کننده سوخت، روغن استفاده می‌گردد. مادامی که 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 به ظرف دیگری منتقل کرد و به وسیله گرما، دمای آن را افزایش داد (شکل ۲). 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 ۲- 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 بخار تر می‌باشند. استفاده از بخار خشک (superheated steam) سبب کاهش خوردگی و پوسیدگی سیستم لوله کشی و ماشین آلات 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 در پی 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 لوله کشی 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.





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.

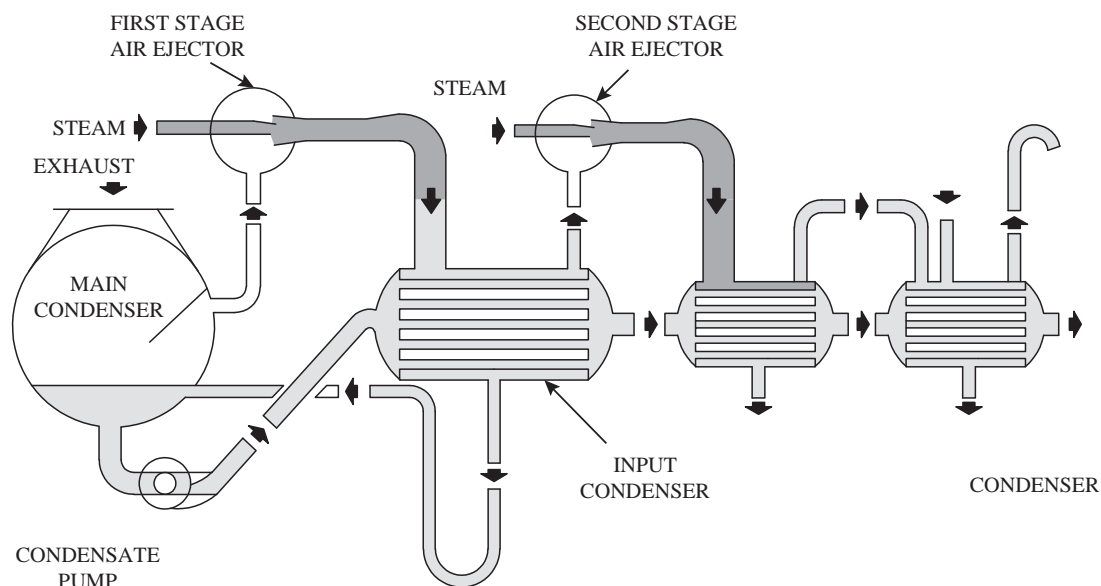
توربین‌های اصلی شامل توربین بخار فشار بالا (High Pressure)، توربین بخار فشار کم (Low Pressure) و توربین بخار از نوع گشت زنی (Crussing) می‌باشند. جریان بخار خشک ممکن است پس از گذر از توربین گشت زنی وارد توربین فشار قوی و بعد از آن وارد توربین فشار کم صورت پذیرد و یا بدون عبور از توربین گشت زنی مستقیماً 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 حد امکان دارای راندمان مطلوبی باشد، استفاده مجدد آب تغذیه بگونه 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 کندانسر تغییر 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 فشار کم عبارت‌اند از :

۱ کندانسر اصلی ۲ پمپ کندانسیت ۳ دستگاه اجکتور هوا



شکل ۳- 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 در نظر 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 به عنوان 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 به عهده دارد.

پس از ورود آب کندانسیت به مخزن هوا زدا، آب به وسیله افشانک‌های نصب شده به صورت 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 در حال حاضر فاقد هرگونه اکسیژن و هوا می‌باشد تحت تأثیر نیروی ثقل به قسمت تحتانی مخزن ریزش می‌نماید و هم‌زمان 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. به طور مثال فشار خروجی پمپ تغذیه به دیگ بخاری که دارای ۶۰۰ psi فشار کارکرد می‌باشد، معمولاً حدود ۷۵۰ psi می‌باشد. جهت کنترل آب ورودی به استوانه بخار می‌توان از شیرهای قطع آب و شیر یک طرفه و یا توسط شیر تنظیم‌کننده سطح آب تغذیه دیگ بخار که به صورت اتوماتیک کار می‌کند استفاده نمود.

دستگاه اکونومایز بر روی دیگ بخار سوار شده است، وظیفه آن گرم کردن آب تغذیه قبل از ورود به استوانه بخار دیگ بخار می‌باشد (شکل ۱). 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 ۱۰۰°F 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 سوپرهیت مستقیماً وارد سیکل بخار فرعی می‌گردد. پس می‌توان گفت که بخار فرعی همان بخار اشباع یا تر می‌باشد که در آن خطوط لوله اصلی بخار فرعی را حمل می‌نماید و به دستگاه‌های فرعی انتقال می‌دهد. این خط اصلی دارای انشعابات 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 کمی است، بخار یا فشار و حرارت زیاد تأمین کند. از اوایل قرن نوزدهم تاکنون دیگ‌های بخار برای تحرک کشتی‌ها به کار برده شده‌اند. 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 به نحوی 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 استوانه بخار جدا شده و سپس به سوپرهیتر می‌رسد.

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.

توجه

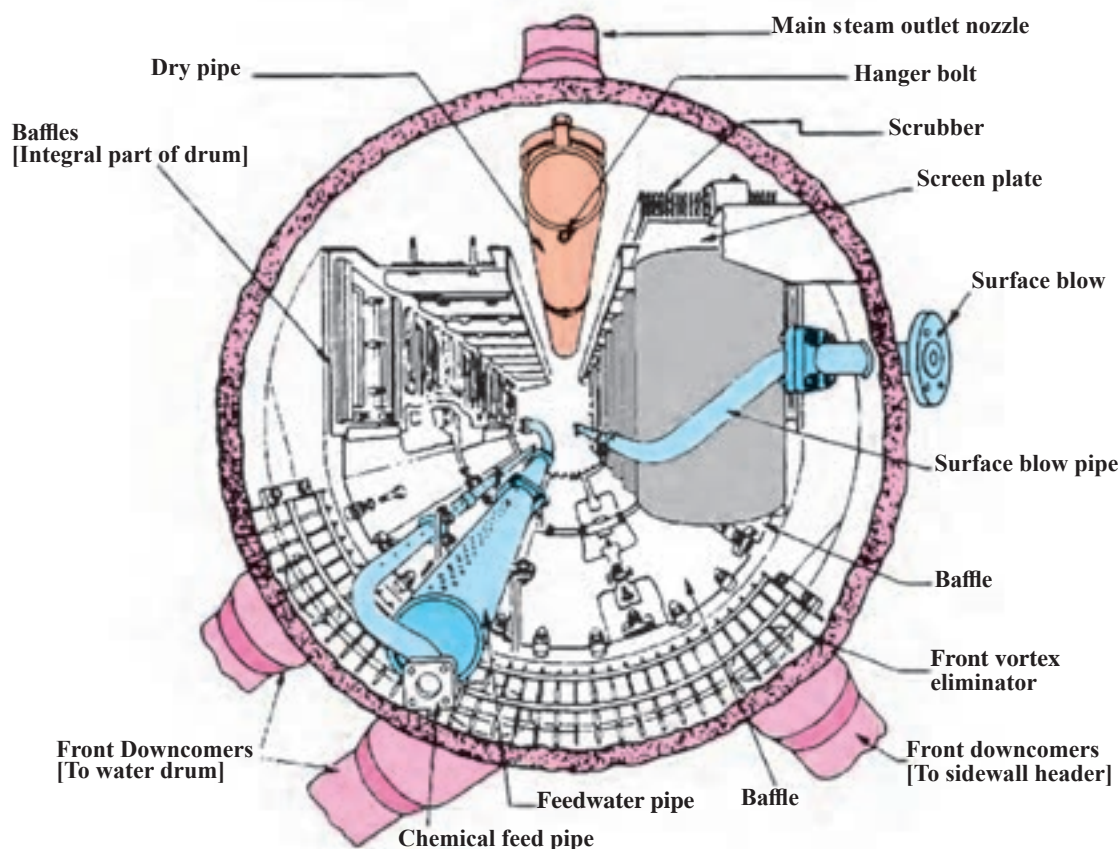


استفاده از بخار خشک در چرخاندن توربین‌های اصلی این مزیت را دارد که رطوبت در قسمت‌های فشار کم توربین‌ها کاهش می‌یابد. این مزیت موجب افزایش عمر تجهیزات توربین می‌شود، زیرا رطوبت موجود در بخار باعث بروز خوردگی شیمیایی و خوردگی مکانیکی توربین می‌شود. در هر کشتی بخاری بخشی از بخار برای مصارف فرعی به کار می‌رود. 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 درام آب دارند. البته همین دیگ‌ها ممکن است دارای یک یا چند هدر 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 هدر باشد.**

**۲ دیگ بخار از نوع هدر 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 هدر نشان داده شده است.



شکل ۴- اجزای داخل استوانه بخار

### مراقبت از دیگ‌های بخار

- ۱ دیگ‌های بخار اعم از اینکه تغذیه سوخت آن‌ها به طور دستی یا خودکار باشد مادامی که 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 بهره‌برداری 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.

یک دیگ بخار طراحی کنید که بخار آب را به ظرف سر بسته فلزی دیگر انتقال دهد و در آن ظرف تبدیل به مایع شود.

فعالیت  
کارگاهی



### ارزشیابی مرحله‌ای

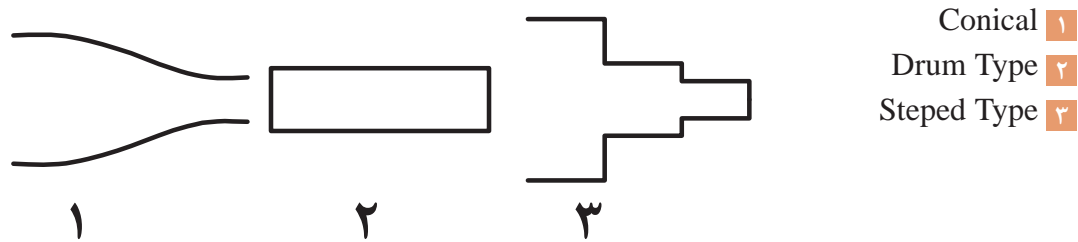
عنوان پودمان فصل	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
نگهداری و تعمیر توربین بخار و گاز	بررسی ونگهداری و تعمیر دیگ‌های بخار	نگهداری و تعمیر دیگ‌های بخار	بالاتر از حد انتظار	۱- عملکرد دیگ‌های بخار را بررسی کند. ۲- یک دیگ بخار ساده را بسازد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

## نگهداری و تعمیر توربین‌های بخار دریایی

توربین‌های بخار برای راندن کشتی‌ها و به حرکت درانداختن ماشین‌آلات کمکی مربوط به سیستم محرکه نظیر پمپ‌های روغن، پمپ‌های تقطیر، پمپ‌های سوخت، دمنده‌های فشار قوی و توربو ژنراتورهای کشتی‌ها به کار می‌روند. در این فصل درباره توربین‌های اصلی و کمکی از نظر اصول کار و جزئیات اصلی طرح آنها به تفصیل بحث خواهیم کرد. به علاوه 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 - تنش بالا کار می‌کنند. این شرایط باعث می‌گردد که مکانیزم‌های تخریب مختلفی در حین بهره‌برداری فعال شده و روتور به مرور دچار زوال و افت خواص شود. به همین دلیل حساسیت بالای روتورها اطلاع از وضعیت متالورژیکی و عمر باقیمانده آنها - به ویژه برای روتورهایی که ۱۰۰/۰۰۰ ساعت از عمر کاری آنها سپری شده است - 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:



شکل ۵- انواع مختلف روتورها

**استاتور (Stator):** استاتور یا پوسته روتور را بر روی 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 هستند که در این نوع توربین‌ها نیاز است پوسته عایق کاری شود. نوع دیگر پوسته‌ها دو جداره می‌باشند که در این نوع بخشی از بخار همیشه در بین دو جداره جریان دارد و به عنوان یک عایق مناسب از اتلاف حرارتی جلوگیری می‌نماید.



شکل ۶- نمونه ای از یک ریشه از نوع درخت صنوبری معکوس

### 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





شکل ۷- محل اتصال پره‌ها با چرخ

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



شکل ۸- میله‌های عبور کننده از داخل پره‌ها

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

**Wire lacing**: یک سری میله‌هایی هستند که از داخل blade ها رد می‌شوند و در توربین‌های خیلی بزرگ استفاده می‌شوند که از تمامی پره‌ها عبور می‌کنند و باعث انسجام پره‌ها و نیز محکم شدن اتصال یکپارچه آنها می‌شود.



شکل ۹- چرخ‌های حامل پره‌ها

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

**نازل‌ها:** نازل‌ها به دو صورت وجود دارند:

الف) همگرا

ب) همگرا-واگرا

### طبقه بندی توربین‌های بخار :

انواع توربین‌ها اعم از توربین‌هایی که به عنوان محرک اصلی کشتی‌ها به کار می‌روند و یا توربین‌هایی که ماشین‌های کمکی را به حرکت درمی‌آورند به پنج روش زیر طبقه بندی می‌شوند :

۱ طبقه بندی از لحاظ روشی که بخار روتور توربین را می‌گرداند. (ضربه ای یا عکس‌العملی)

۲ طبقه بندی از روی نوع طبقه و ترکیب سرعت و فشار بخار

۳ طبقه بندی از روی تقسیم جریان بخار

۴ طبقه بندی از روی جهت جریان بخار

۵ تکرار جریان بخار

تحقیق کنید



انواع توربین‌ها و طبقه بندی 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 انحناء، 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 فیلمی که 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 بخار دریایی	نگهداری و تعمیر توربین‌های بخار دریایی	بالاتر از حد انتظار	۱- عملکرد توربین‌ها را بررسی کند. ۲- یک توربین بخار ساده را بسازد و راه‌اندازی کند. ۳- نکات زیست محیطی در رابطه با نگهداری و تعمیر توربین‌ها را رعایت کند. *هنرجو توانایی انجام همه شاخص‌ها را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱- عملکرد توربین گاز را بررسی کند. ۲- یک توربین گاز ساده را بسازد و راه‌اندازی کند. ۳- 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	۱- عملکرد توربین گاز را بررسی کند. ۲- یک توربین گاز ساده را بسازد و راه‌اندازی کند. ۳- نکات زیست محیطی در رابطه با نگهداری و تعمیر توربین گاز رعایت کند. *هنرجو توانایی انجام یک مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۱
نمره مستمر از ۵					
نمره شایستگی پودمان از ۳					
نمره پودمان از ۲۰					

## نگهداری و تعمیر توربین گاز



شکل ۱۰-۱ 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 گرفته‌اند، 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

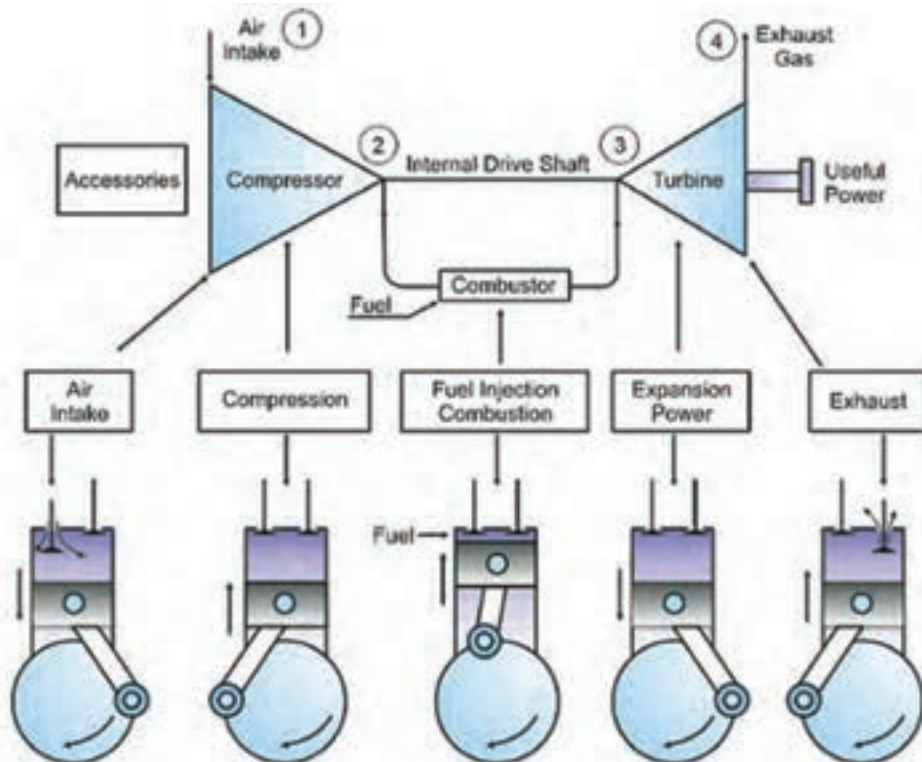
طبق تعریف، کار مکانیکی عبارت است از حاصل ضرب نیروی مقاوم در جابه‌جایی. برای استخراج کار مکانیکی از انرژی ذخیره شده در گاز، باید به نحوی آن را منبسط کرد، اما این انبساط تنها در شرایط خاصی می‌تواند تولیدکار نماید. فرض کنید به گاز داخل یک سیلندر، که در فشار اتمسفر قرار دارد، گرما دهیم؛ در اثر گرم شدن، گاز 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 می‌توانیم 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 به سیلندر تعریف کرد. به عبارت 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، مجرای به بیرون باز می‌کنیم و پره‌ای را در مقابل مسیر خروج گازها قرار می‌دهیم. با باز شدن شیر، جریانی از گاز تحت فشار به بیرون از سیلندر جریان می‌یابد. در حین خروج گاز از شیر، سرعت آن افزایش یافته و پس از برخورد با پره، سبب چرخش آن می‌شود. به عبارت 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. به مرور زمان و با خروج گاز، پیستون پایین می‌آید تا جایی که همه

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. به همین 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 به سیلندر 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 شده 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 ۱۱- مقایسه بین موتورهای پیستونی و موتورهای جت

توربین گاز قدرت را از طریق به کار بردن انرژی گازهای سوخته و هوا که دما و فشار زیادی دارند، تولید می کند. سیکل ساده توربین گاز شامل موارد زیر می باشد:

۱ کمپرسور

۲ محفظه احتراق

۳ توربین

برای تولید قدرت بیشتر، به جریان زیادی از سیال و سرعت زیاد آن احتیاج می باشد که با استفاده از کمپرسور گریز از مرکز یا کمپرسور جریان محوری، سیال عامل کار متراکم شده و با سرعت و فشار مناسب به محفظه احتراق هدایت می گردد. کمپرسور توسط توربین به حرکت درمی آید و روی همین اصل، محور آنها به هم متصل می باشد. 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 به دست می آید و در نتیجه کار خالص صفر خواهد بود. ولی کار تولیدی توربین را می توان 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 می توان با بالا بردن دمای سیال عامل کار، پس از متراکم ساختن آن، به کار 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.

توربین های گاز براساس فرایند احتراق به انواع زیر طبقه بندی می شوند:

۱ احتراق پیوسته یا نوع فشار ثابت: این نوع سیکل را سیکل ژول یا سیکل برایتون می نامند.

۲ انفجاری یا نوع حجم ثابت: این نوع سیکل را سیکل اتکینسون می نامند.

در روش دیگری از طبقه بندی، توربین ها را از روی عمل انبساط گازها تقسیم بندی می کنند که عبارت اند از:

۱ توربین های ضربه ای

۲ توربین های ضربه ای - عکس العملی

توربین های گاز را از روی مسیر سیال عامل کار نیز طبقه بندی می کنند که عبارت اند از :

۱ توربین گاز با سیکل باز (سیال عامل کار از هوای بیرون موتور وارد می شود و به داخل هوای محیط تخلیه می گردد).

۲ توربین گاز با سیکل بسته (سیال عامل کار در داخل دستگاه گردش می کند).

۳ توربین گاز با سیکل نیمه بسته (مقداری از سیال عامل کار در داخل دستگاه گردش می کند و مقدار دیگر به داخل هوای محیط تخلیه می گردد).

فیلم نحوه عملکرد توربین های گاز را نمایش دهید.

نمایش فیلم



## مزایای توربین گاز

۱ توربین های گازی به خاطر کوچک و ساده بودن نصب، خیلی سریع نصب می شود.

۲ توربین های گازی بعد از استارت، در عرض چند دقیقه (معمولاً کمتر از ده دقیقه) به مرحله بازدهی می رسند که در این زمان کوتاه، توربین های 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  $\frac{1}{3}$  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.

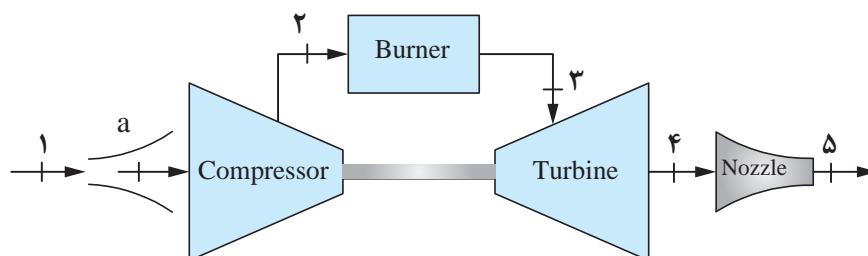
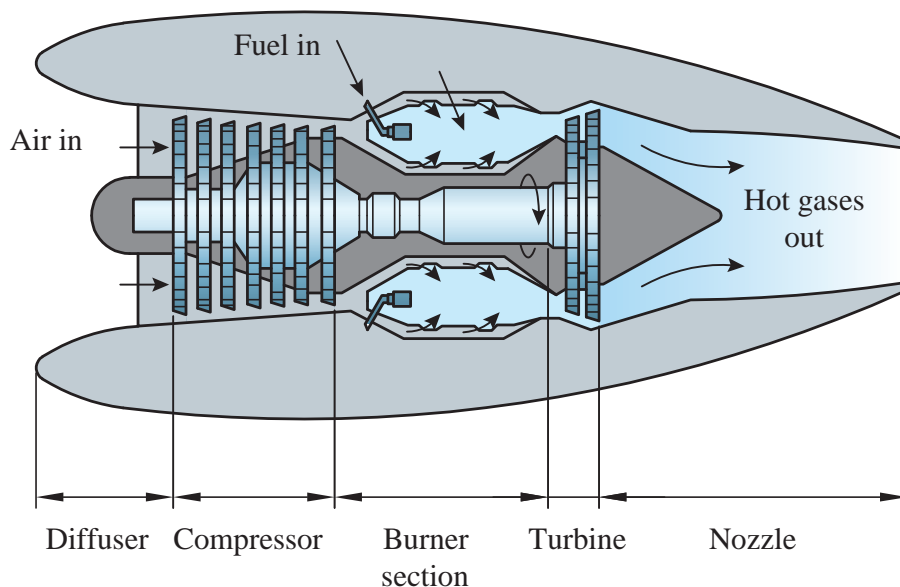
### معایب توربین گازی

۱ مصرف سوخت زیادی دارند

۲ هزینه اولیه بالایی دارند

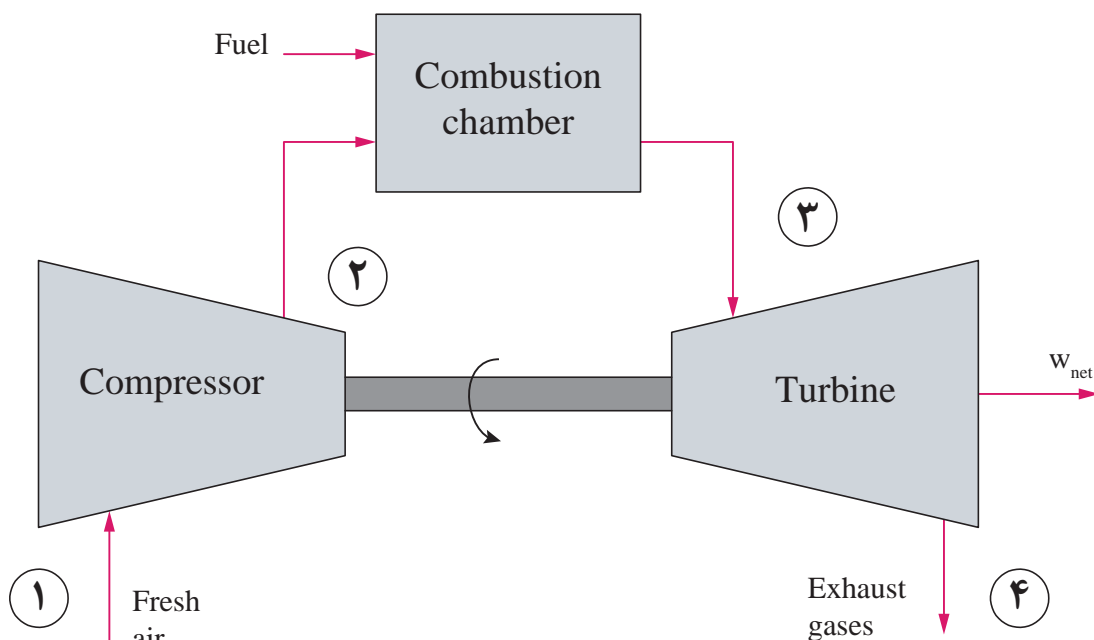
### سیکل ساده توربین گاز

سیکل ایدئال برای یک توربین گاز ساده، سیکل ژول یا سیکل برایتون می‌باشد. در شکل ۱۲ و ۱۳ طرح ساده توربین گاز ساده نشان داده شده است.



شکل ۱۲- توربین گاز با سیکل ساده مدار باز

هوای محیط در داخل کمپرسور از فشار  $P_1$  تا  $P_2$  متراکم می‌گردد و سپس به محفظه احتراق فرستاده می‌شود. هوای متراکم در محفظه احتراق با سوخت پاشیده شده ترکیب و محترق می‌گردد. فرایند احتراق به طور 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 محفظه 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 به وسیله کمپرسور.



شکل ۱۳- 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 بازایی حرارتی
- ۲ اصلاح قدرت خروجی واحد توربین
- ۳ کاستن از قدرت مصرفی کمپرسور
- ۴ تزریق آب

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

تحقیق کنید



### توربین گاز با سیکل باز

مولد قدرت توربین گاز با سیکل باز بدون بازیاب، خنک کن میانی و گرم کن مجدد (بدون اصلاح بازده) به صورت گسترده در همه زمینه‌ها کاربرد داشته است. از آن جمله در صنعت هوایی به عنوان اصلی ترین محرکه به کار گرفته شده است. در زمینه دریایی نیز به عنوان محرکه‌های اصلی دستگاه‌های فرعی استفاده شده است. همچنین در خشکی نیز توانسته است به عنوان یک مولد قدرت سودمند در کلیه قسمت‌ها به کار 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 به صورت 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، به طور 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.

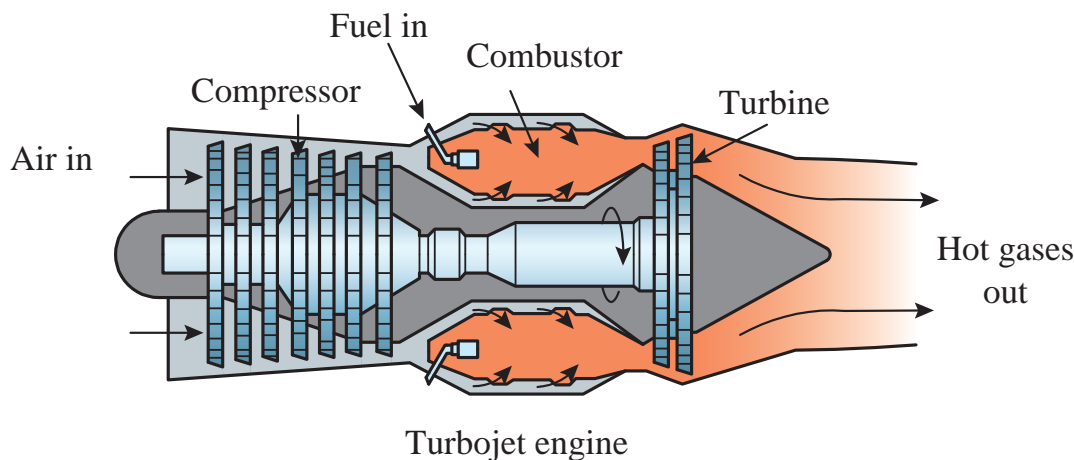
### توربین گاز با سیکل نیمه بسته

در سیکل مدار نیمه بسته، مقداری از سیال عامل کار در داخل توربین گردش کرده و مقداری از آن نیز به داخل هوای محیط تخلیه می‌شود. این سیکل را از نقطه نظر محاسن و معایب، می‌توان بین سیکل باز و بسته دانست. این دستگاه، به طور کلی 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 گرم کن هوای آن نسبت به مدار بسته کوچک تر 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 خنک کن 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 گرم کن هوا به دو قسمت تقسیم می‌شود. یک قسمت آن که توربین قدرت را به کار می‌اندازد برای احتراق داخل گرم کن 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 در صورت 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 محدوده 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 به کار 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 به مصرف‌کننده دارد (که در حال تغییر است)، تولید می‌کند. این نوع توربین‌ها در تولید قدرت رانش شناورهای دریایی به صورت گسترده استفاده می‌گردند. نقطه ضعف این واحدها در هنگام باربرداری اتفاق می‌افتد. در این صورت سرعت محور از حد عادی بالاتر می‌رود. برای جلوگیری از بروز چنین شرایطی، سیستم کنترل مناسبی طراحی و به کار برده می‌شود.



شکل ۱۴ - توربین گاز ساده

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

فعالیت  
کارگاهی



## انواع موتورهای جت توربینی

امروزه به دلیل گستردگی استفاده از موتورهای جت توربینی برای مقاصد مختلف نیاز به طراحی موتورهای جت توربینی با کاربرد متفاوت می‌باشد. در حال حاضر چهار نوع موتور جت توربینی در صنعت استفاده می‌شود که عبارت‌اند از:

۱ توربو جت

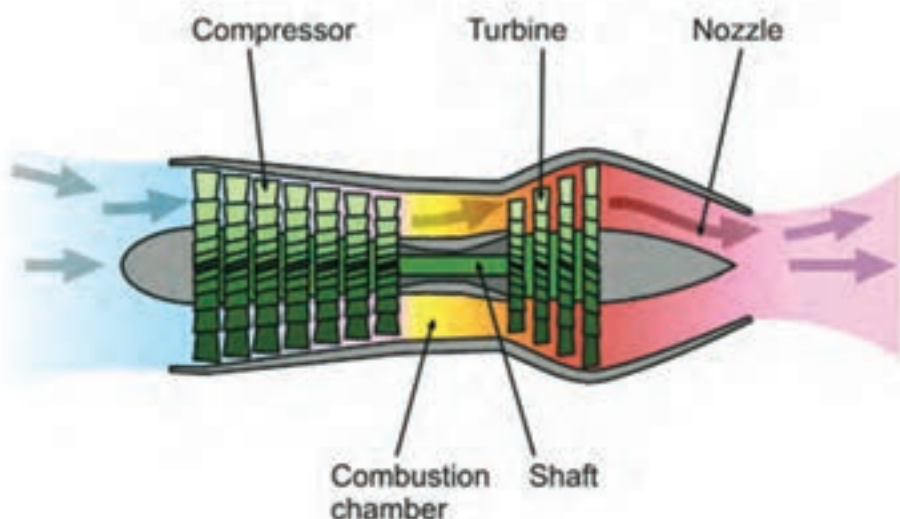
۲ توربوفن

۳ توربوپراپ

۴ توربو شفت

### توربو جت

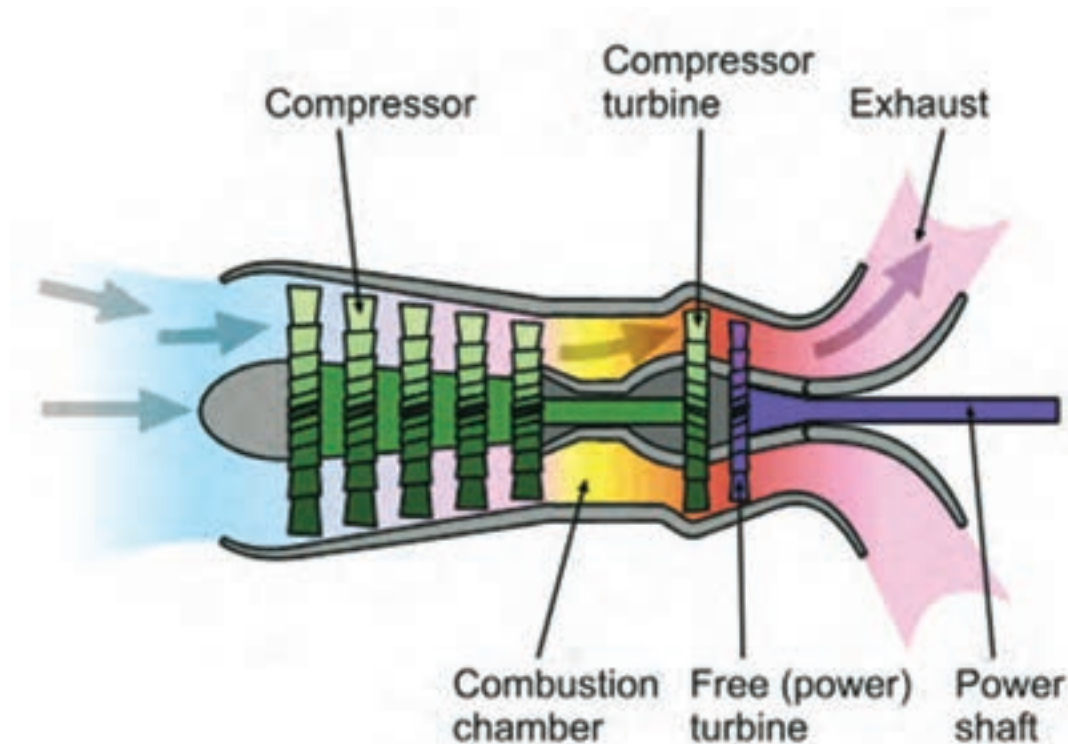
توربو جت اولین و ساده‌ترین شکل از یک موتور جت جهت تولید تراست است. همان‌طوری که در شکل ۱۵ دیده می‌شود دارای کمپرسور، محفظه احتراق، توربین و سایر قسمت‌های استاندارد یک موتور توربین گازی می‌باشد. تفاوت بارزی که بین یک توربو جت و یک موتور توربین گازی ساده وجود دارد در کمپرسور توربو جت است که دارای ضریب تراکم بسیار بالاتری نسبت به یک توربین گاز ساده است. تفاوت اساسی دیگر در توربین آن است که در توربو جت توربین تنها به کمپرسور متصل است و تنها میزان بسیار کمی از قدرت همان توربین جهت سایر موارد فرعی مانند پمپ‌ها استفاده می‌شود و در توربو جت پراورژی بودن گازهای خروجی یک موضوع بسیار مهم و قابل توجه است، در حالی که در یک موتور توربین گازی به غیر از توربینی که به کمپرسور متصل است توربین دیگری نیز جدا از آن در قسمت خروجی محفظه احتراق قرار دارد که در واقع به شفت خروجی موتور متصل است و جهت استفاده در مواردی از قبیل تولید برق و سایر موارد مشابه مورد استفاده قرار می‌گیرد. نکته قابل توجهی که در مورد موتورهای توربین گازی وجود دارد این است که از گازهای خروجی آنها هیچ استفاده‌ای نمی‌شود به همین جهت سعی می‌شود که تمام حرارت و انرژی قابل استفاده گازهای محترق قبل از خروج جهت بازدهی بیشتر گرفته شود.



شکل ۱۵- نمونه یک توربو جت

## توربوشفت

توربوشفت 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 به کمپرسور 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 به جعبه دنده جهت تغییر به گشتاور 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 و خاک، ماسه و دیگر آشغال‌های ریز به راحتی می‌توانند به داخل موتور مکیده شوند، کار می‌کنند. جهت برطرف کردن این مشکل، بیشتر موتورهای توربوشفت به یک دستگاه تجزیه ذره‌ها که جریان ورودی را صاف کرده و قبل از رسیدن آن به کمپرسور، گرد و خاک را بیرون می‌ریزد، مجهز هستند. (شکل ۱۶)



شکل ۱۶- نمونه یک توربوشفت

توسط یک کیف فلزی و مشعل برشکاری با استفاده از دانش علمی توربین‌های گاز، توربین دست‌ساز خود را به حرکت درآورد.

فعالیت  
کارگاهی





### 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	۳ ۱- عملکرد توربین گاز را بررسی کند. ۲- یک توربین گاز ساده را بسازد و راه‌اندازی کند. ۳- نکات زیست محیطی در رابطه با نگهداری و تعمیر توربین گاز را رعایت کند. *هنرجو توانایی انجام همه شاخص‌ها را داشته باشد.	
			در حد انتظار	۲ ۱- عملکرد توربین گاز را بررسی کند. ۲- یک توربین گاز ساده را بسازد و راه‌اندازی کند. ۳- نکات زیست محیطی در رابطه با نگهداری و تعمیر توربین گاز را رعایت کند. *هنرجو توانایی انجام دو مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	
			پایین‌تر از حد انتظار	۱ ۱- عملکرد توربین گاز را بررسی کند. ۲- یک توربین گاز ساده را بسازد و راه‌اندازی کند. ۳- نکات زیست محیطی در رابطه با نگهداری و تعمیر توربین گاز را رعایت کند. *هنرجو توانایی انجام یک مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	
نمره مستمر از ۵					
نمره شایستگی پودمان از ۳					
نمره 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:

- عملکرد دیگ‌های بخار را بررسی کند.
- عملکرد توربین‌های بخار دریایی را بررسی کند.
- عملکرد توربین گاز را بررسی کند.
- 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 تهویه مناسب و نور کافی.  
**ابزار و تجهیزات:** رایانه، ویدئو پرژکتور، قیچی ورق بر، مشعل برش.

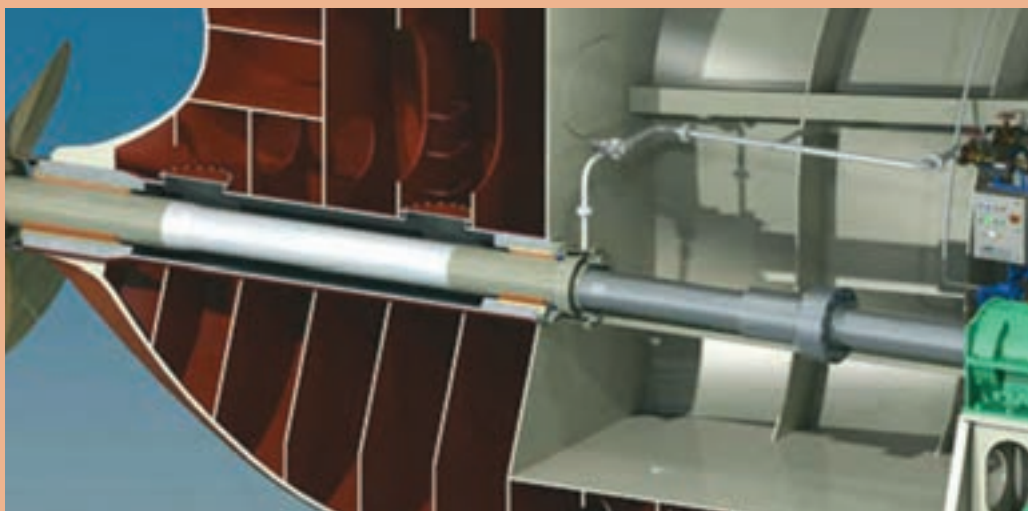
### معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنجار
۱	نگهداری و تعمیر دیگ‌های بخار.	۲	
۲	نگهداری و تعمیر توربین‌های بخار دریایی.	۱	
۳	نگهداری و تعمیر توربین گاز.	۱	
<b>شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی، و...</b>			
	۱- استفاده از لباس مناسب کار در کارگاه ۲- استفاده صحیح و مناسب از ابزار و تجهیزات کارگاه ۳- رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها، ۴- دقت و تمرکز در اجرای کار، ۵- شایستگی تفکر و یادگیری مادام العمر، ۶- رعایت اصول و مبانی اخلاق حرفه‌ای،	۲	
<b>میانگین نمرات</b>			*

\* حداقل میانگین نمرات هنجار 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 عیب‌یابی 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.

## سامانه انتقال قدرت

سامانه انتقال قدرت در شناورها، پس از موتور، به عنوان مهم ترین قسمت سامانه رانشی شناور به حساب می آید. چرا که وظیفه آن، همان گونه 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 می گیرد و به دلیل اهمیت و موقعیت آن، دارای قسمت های مختلفی است. بسته به اینکه 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.



داخلی



خارجی

شکل ۱- انواع سامانه های رانشی. داخلی (سمت چپ) و خارجی (سمت راست)

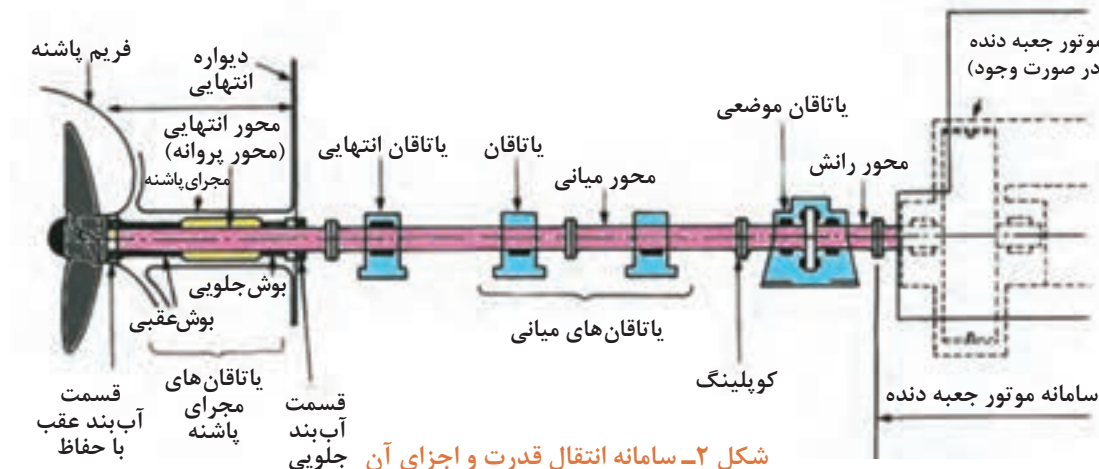
برای سامانه خارجی، معمولاً موتور و سامانه انتقال قدرت و پروانه با هم یک سامانه یکپارچه را تشکیل می دهند. ولی برای سامانه رانشی داخلی، معمولاً این قسمت ها به صورت مجزا روی شناور نصب می گردند.

بررسی نمایید چه زمانی از سامانه رانشی داخلی و چه زمانی از سامانه خارجی استفاده می شود.

تحقیق کنید



با توجه به اینکه اکثر شناورهای بزرگ و کوچک از سامانه رانشی داخلی استفاده می نمایند، بهتر است که این نوع سامانه رانشی را بررسی نماییم. معمولاً سامانه انتقال قدرت از قسمت های متعددی تشکیل گردیده که در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- سامانه انتقال قدرت و اجزای آن



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

با کمک هنرآموز، اصطلاحات لاتین شکل ۲ را بباید.

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، به دلیل 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 پایین



انتقال قدرت بالا

### شکل ۳- دو نمونه جعبه دنده مورد استفاده در شناورها

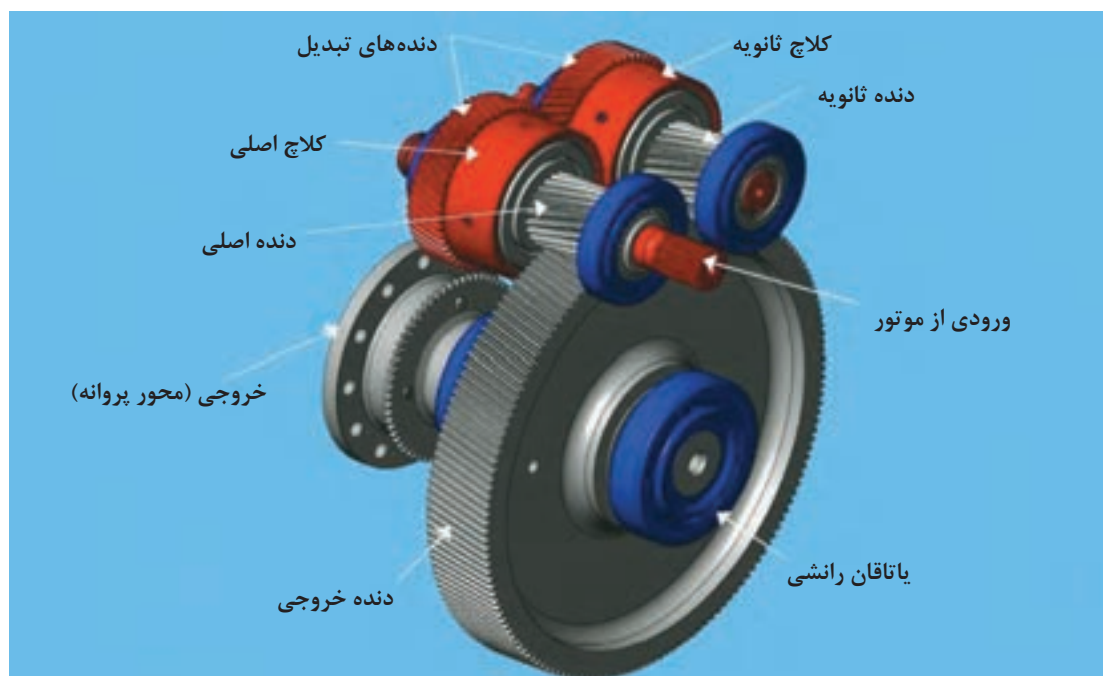
معمولاً در موتورهای کوچک، جعبه دنده به خود موتور متصل است. ولی در موتورهای بزرگ که روی شناورهای بزرگ نصب می‌شود (در صورت وجود) جعبه دنده به شکل مجزا روی بدنه شناور و به موتور متصل می‌گردد. شکل ۴ یک جعبه دنده بزرگ را که در حال نصب روی یک شناور است نشان می‌دهد. وظیفه این جعبه دنده، انتقال انرژی از دو عدد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





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

ساختمان داخلی جعبه دنده نیز در شکل ۵ نشان داده شده است



شکل ۵- ساختمان داخلی جعبه دنده

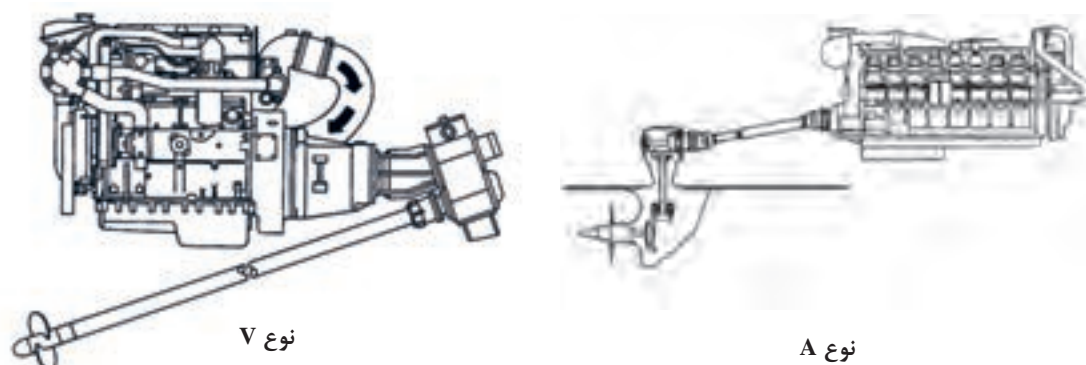
در شکل ۵، همان‌گونه که مشاهده می‌گردد، دنده متصل به موتور، قطر کم و دنده متصل به محور پروانه به انتقال قدرت، قطر زیادی دارد و این بدان معناست که دور موتور در محور پروانه چند برابر کاهش می‌یابد. اگر قرار باشد نسبت دور موتور به دور پروانه چند تغییر داشته باشد، از یک یا چند کلاچ ثانویه استفاده می‌نماییم.



با کمک هنرآموز، اصطلاحات لاتین شکل ۵ را بیابید.

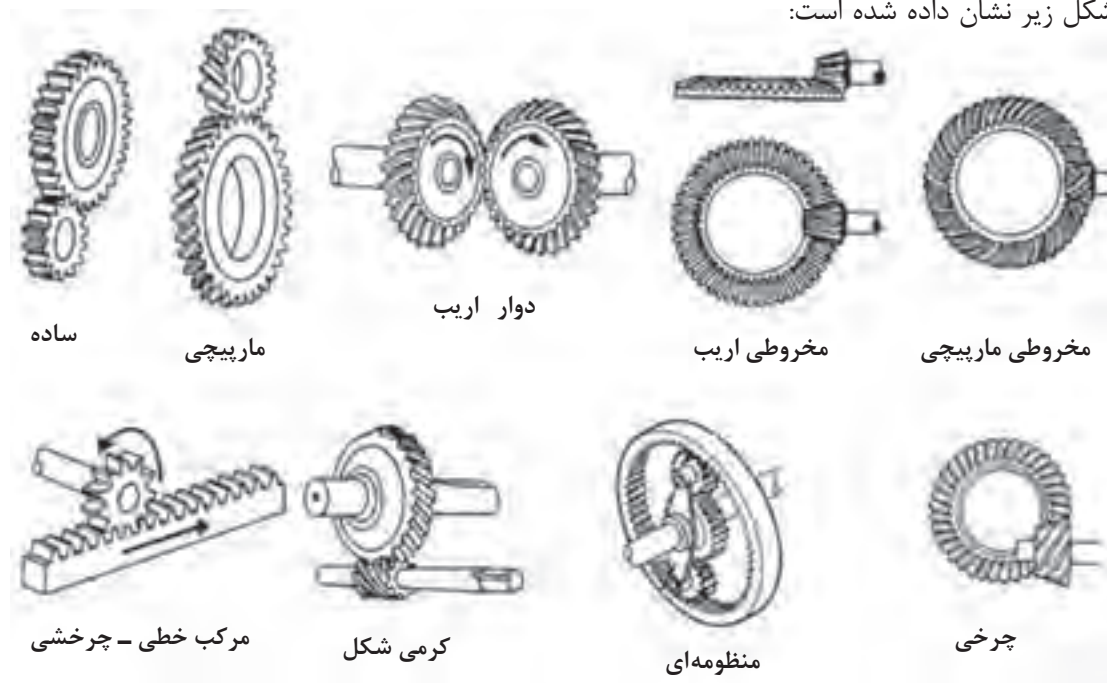
### انواع جعبه دنده:

جعبه دنده‌ها، با پیشرفت تکنولوژی و تنوع مختلف شناورها، در نمونه‌های مختلف، رشد و توسعه زیادی یافته‌اند. به همین 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 ۶- 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 ۷- ساختار داخلی انواع جعبه دنده و چرخنده‌های موجود



اصطلاح لاتین عبارات مذکور در شکل ۷ را بیابید.

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 نشستی روغن، اقدامات لازم انجام گیرد. استفاده از روغن مناسب طبق دستورالعمل سازنده برای جعبه دنده و تعویض به موقع 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 چرخنده‌ها:** کلیه چرخنده‌ها یا گیربکس‌ها دارای عیوب مشابه هستند که در جدول ۱، این عیوب و روش رفع عیب آن بیان گردیده است.

### جدول ۱- عیوب معمول در جعبه دنده و چرخنده‌ها

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

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



## Nameplate چیست؟ Lubrication plate چیست؟

**ملاحظات ایمنی جعبه دنده:** جعبه دنده‌ها همان گونه 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:

- 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.

- 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 آسیب دیدگی شدید به جعبه دنده و یا کاربرها گردد.

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



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

**محاسبات هندسی جعبه دنده:** همان گونه 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. به همان نسبت ضریب دنده، دور پروانه نیز تغییر می‌کند. در حقیقت می‌توان رابطه زیر را برای این مقوله در نظر داشت:

$$N_1 R_1 = N_2 R_2$$

که در آن،  $N_1$  و  $N_2$  به ترتیب سرعت دورانی چرخنده کوچک و بزرگ بوده و  $R_1$  و  $R_2$  نیز به ترتیب شعاع چرخنده کوچک و شعاع چرخنده بزرگ می‌باشند. در حقیقت ضریب دنده برای یک چرخنده به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

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



شکل ۸- ارتباط چرخنده کوچک و بزرگ

به عنوان مثال در صورتی که دور موتور ۶۰۰ دور بر دقیقه 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 می توان رابطه زیر را نوشت:

$$P=TN$$

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

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

### ارزشیابی مرحله ای

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



### محور پروانه:

بسته به اینکه 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، به نام محورهای میانی مشهورند (به شکل ۲ مراجعه کنید). محور متصل به پروانه را نیز، به عنوان محور انتهایی پاشنه می‌شناسند. محورها به دلیل اینکه وزن زیادی دارند، خود بر روی یاتاقان‌های مخصوص تکیه کرده‌اند که یاتاقان‌های تونلی نامیده می‌شوند. مبحث یاتاقان‌ها در ادامه می‌آید. شکل ۹ و ۱۰ دو نمونه محور پروانه را نشان می‌دهد که در شناورهای بزرگ مورد استفاده قرار می‌گیرند و در حال ماشین‌کاری در کارگاه هستند.

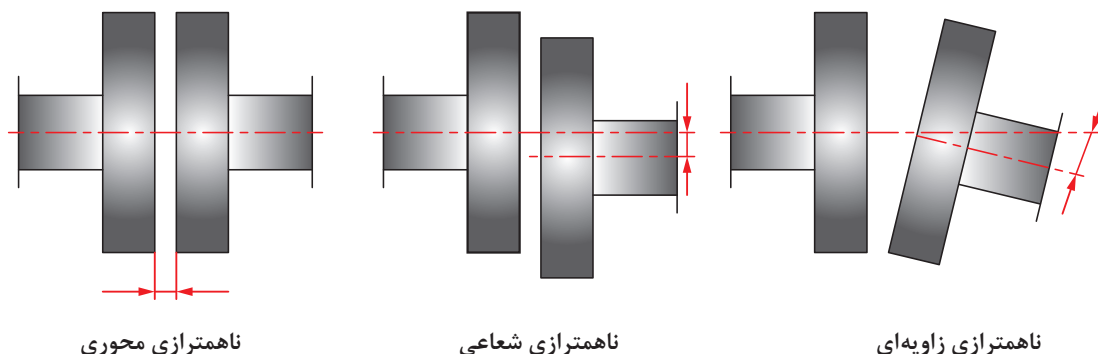


شکل ۱۰- یک نمونه محور پروانه مورد استفاده در شناورهای بزرگ



شکل ۹- محور پروانه در کارگاه جهت ماشین‌کاری

**عیوب ایجاد شده در محور پروانه:** مهم‌ترین عیبی که در محور پروانه ایجاد می‌شود، ناهمترازی 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)

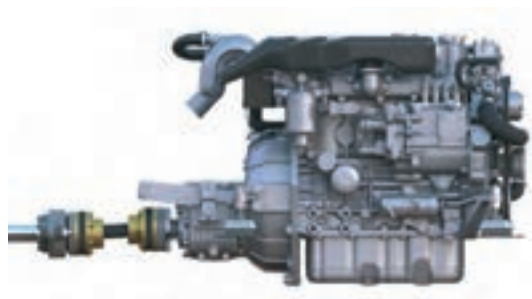


#### شکل ۱۱- انواع ناهمترازی در محل اتصال محورهای پروانه

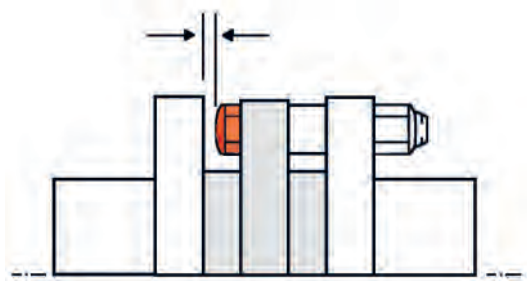
از جمله مهم‌ترین عوامل ناهمترازی در محورهای پروانه را می‌توان موارد زیر برشمرد:

- 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 به خصوص 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.

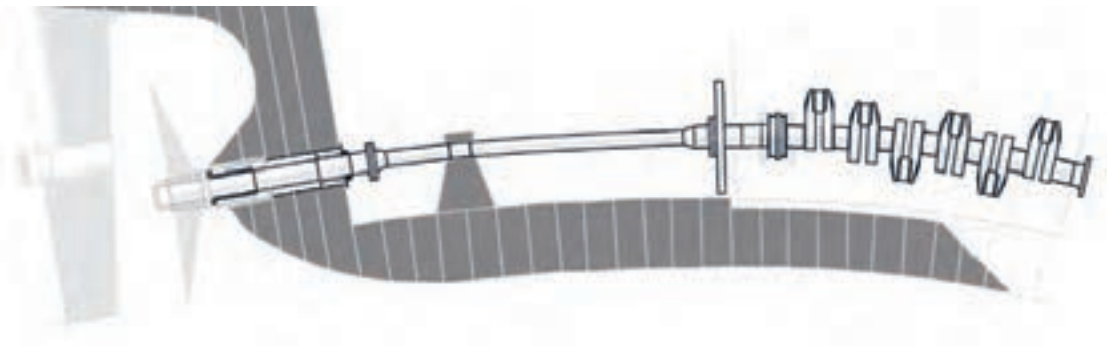


شکل ۱۳- استفاده از کوپلینگ انعطاف‌پذیر جهت اتصال جعبه دنده به محور رانش



شکل ۱۲- ساختار کوپلینگ انعطاف‌پذیر

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 به وجود می‌آید ولی نباید از حدود استاندارد فراتر رود. (شکل ۱۴)


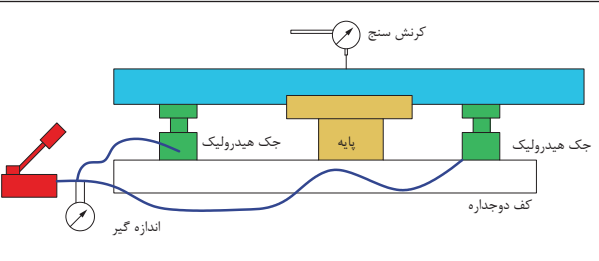


شکل ۱۴- خمش محور در اثر بارهای بیرونی که جهت درک بهتر به شکل اغراق آمیز نشان داده شده است

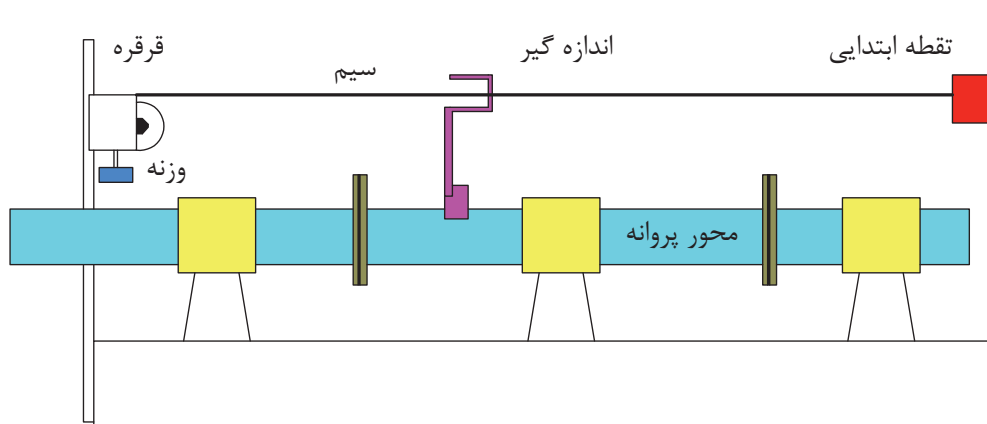
**روش‌های اندازه‌گیری ناهمترازی محور پروانه:** روش‌های مختلفی جهت اندازه‌گیری ناهمترازی محور پروانه وجود دارد. آنچه که در همترازی محور پروانه مدنظر قرار می‌گیرد این است که این محور، از مرکز تویی پروانه تا مرکز خروجی جعبه دنده دقیقاً در یک خط مستقیم قرار بگیرد. هر چند این کار در عمل به صورت ۱۰۰٪ غیر ممکن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

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

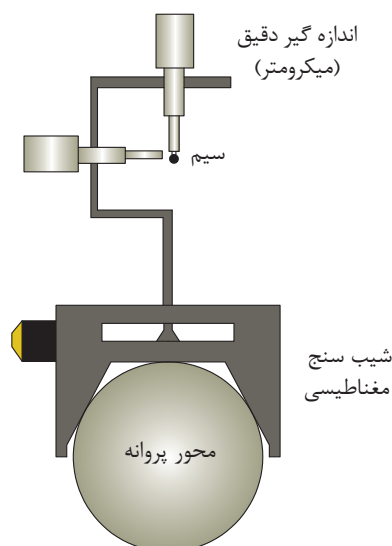
ردیف	نوع روش	نمای کلی
۱	استفاده از بند Rope method	
۲	اندازه‌گیری اعوجاجات در کوپلینگ Sag and gap method	

	<p>روش نوری (لیزر)</p> <p>Optical method</p>	<p>۳</p>
		

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 معین 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 به این 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 به صورت طبیعی در راستای افقی دارد اندازه‌گیری نمود و در محاسبات، این انحرافات را در نظر گرفت. (شکل ۱۶)



شکل ۱۶- حسگر الکترونیک دقیق



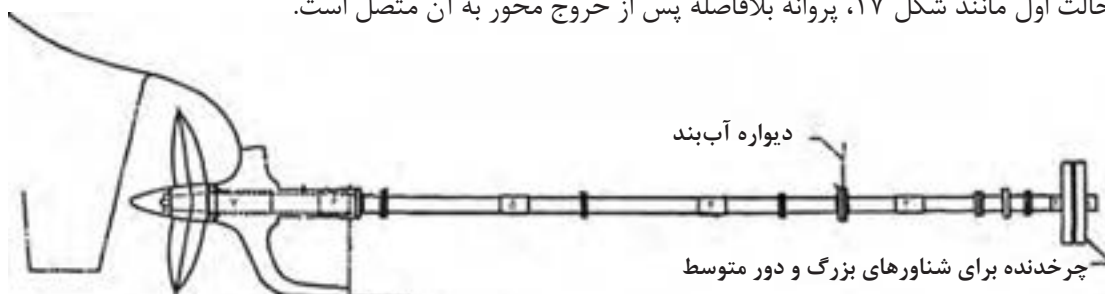
شکل ۱۵- ابزار اندازه گیری روش طناب

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

تحقیق کنید

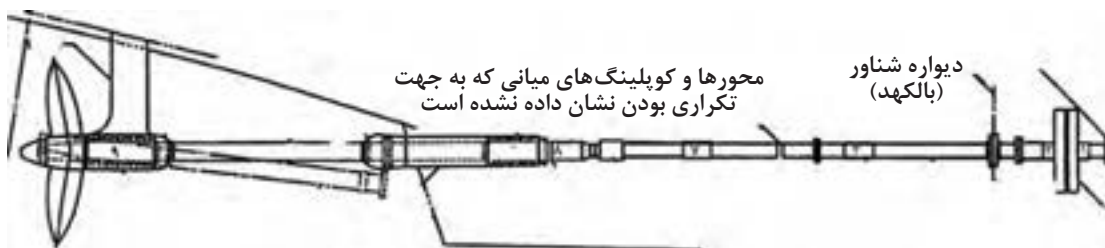


**روش‌های خارج‌سازی محور پروانه از بدنه شناور:** در حالت کلی دو نوع محور پروانه مستقیم وجود دارد. حالت اول مانند شکل ۱۷، پروانه بلافاصله پس از خروج محور به آن متصل است.



شکل ۱۷- 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 ۱۸- نوع یاتاقان دار بیرونی

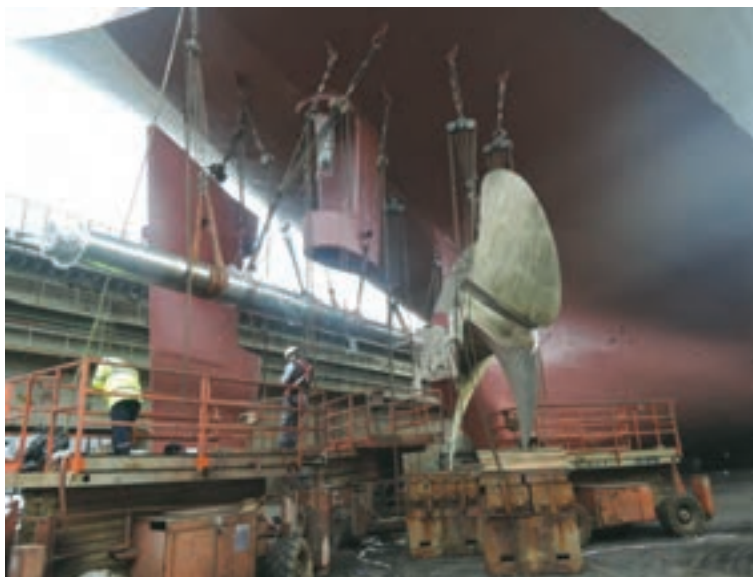
شکل ۱۹ نیز دو نمونه تصویر از این دو نوع ساختمان سامانه انتقال قدرت را نشان می‌دهد.



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

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

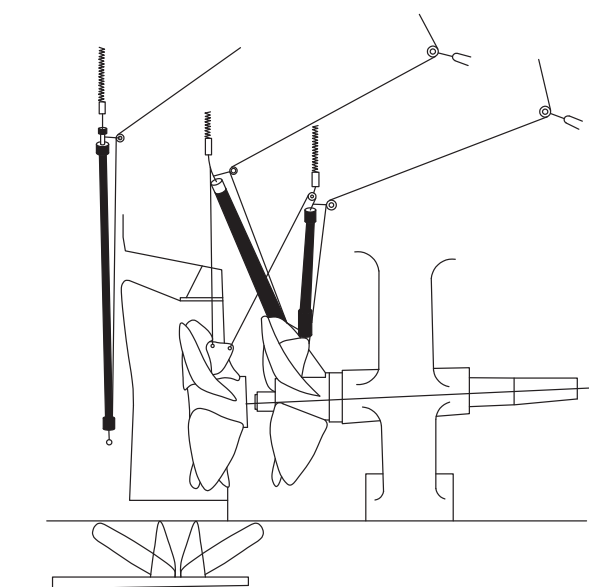
سپس محور پروانه به ترتیب شماره‌های معکوس (شکل ۱۷) خارج می‌گردد. برخی مواقع در جاهایی از کنار شناور که در حین طراحی و ساخت شناور از قبل تعیین شده است، بدنه شناور سوراخ شده و محورهای دیگر از بدنه شناور خارج می‌گردند. هنگام جداسازی محورها، باید در نظر داشت که سکان شناور باید جابه‌جا گردد تا عمل بیرون آوردن 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 به هم متصل بودند باید قبل از بیرون آمدن هر محور، به ترتیب باز گردند و محورها به‌طور کامل از هم‌دیگر جدا شوند.



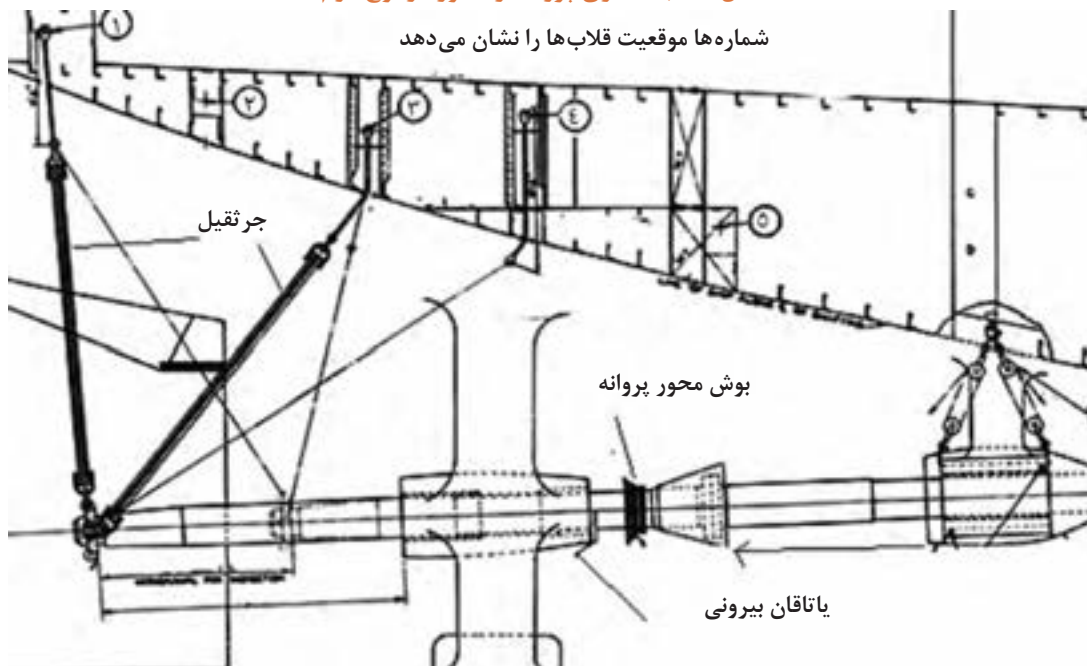
شکل ۲۰- طریقه خارج سازی محورهای پروانه در نوع معمولی



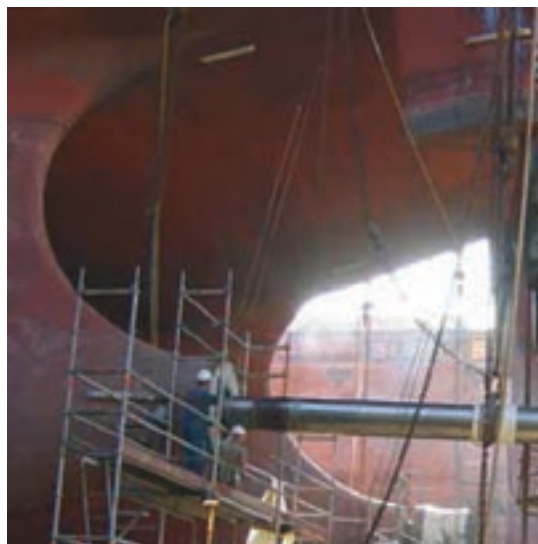
در نوع دوم، یعنی نوع یاتاقان‌دار بیرونی، به‌همین شکل ابتدا پروانه جدا می‌گردد (شکل ۲۱). سپس محور بین یاتاقان بیرونی و مجرای پاشنه توسط جرثقیل مقید می‌گردد. علت آن این است که پس از جداسازی محور بیرونی، به‌دلیل وزن زیاد این محور، روی مجرای پاشنه فشار وارد نگردد (شکل ۲۲). سپس بیرونی‌ترین محور که از یاتاقان 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.



شکل ۲۱- جداسازی پروانه از محور در نوع دوم



شکل ۲۲- نحوه جداسازی محورها در نوع دوم



باید در نظر 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 بیرون آوردن محور پروانه، از لباس، دستکش، کلاه و کفش ایمنی استفاده نمایید (شکل ۲۳)

شکل ۲۳- 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:** همان گونه که در شکل ۲۳ ملاحظه می‌گردد، جهت حفظ محور پروانه، لازم است از تکیه‌گاه‌های مناسب استفاده گردد که این تکیه‌گاه‌ها از نوع یاتاقان می‌باشند. شکل ۲۴ یک نمونه از این یاتاقان‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۲۴- 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 ۳- 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 قرار دارد. درون استوانه نیز قسمت لغزان وجود دارد.	

**اتصالات (couplings):** وظیفه 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 ۲۵- چند نمونه کوپلینگ مورد استفاده جهت اتصال محورها به یکدیگر

طریقه استفاده از کوپلینگ در اتصال محور پروانه شناور نیز در شکل ۲۶ 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 ۲۶- نحوه اتصال محور پروانه توسط کوپلینگ و پیچ



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.

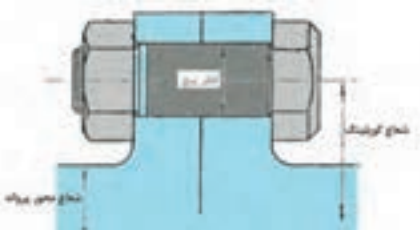
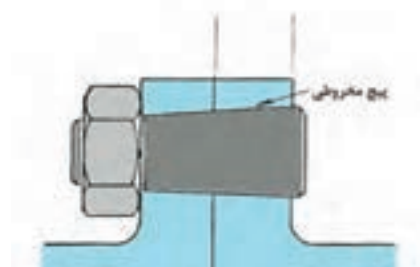
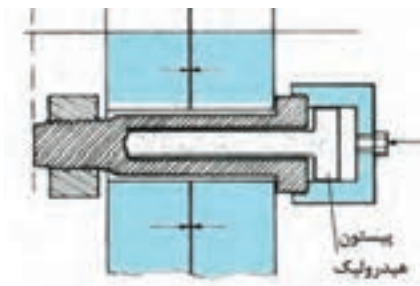
استفاده از این نوع پیچ‌ها بسته به نوع کوپلینگ و محور و اندازه آن متفاوت است و شرکت‌های سازنده معمولاً جداولی را برای انتخاب این نوع پیچ‌ها در نظر می‌گیرند که سریع‌تر انتخاب گردد. در حالت کلی سه نوع مختلف از این پیچ‌ها موجود است که در جدول ۴ نشان داده شده است.

نمادی از  
خودباوری



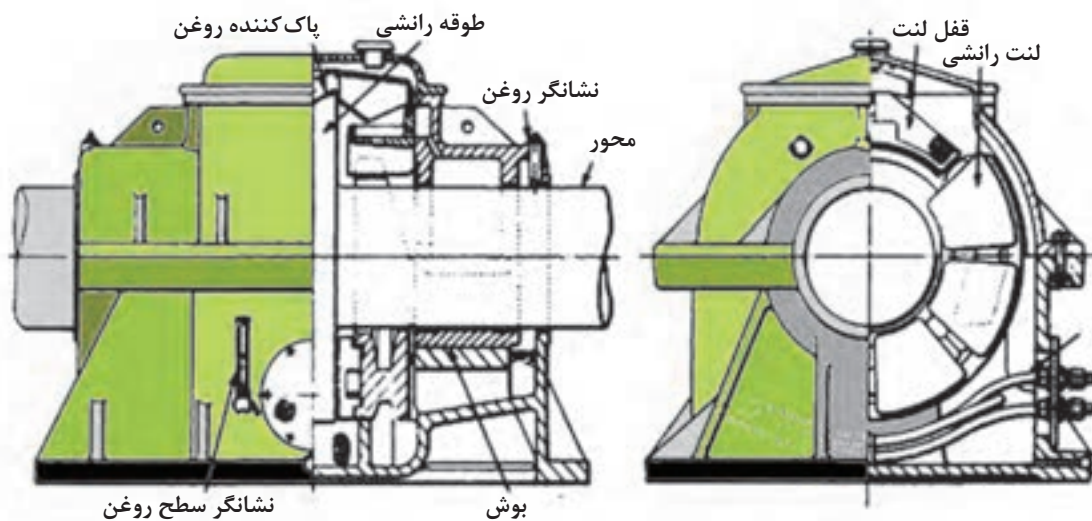


#### جدول ۴- انواع پیچ‌های مورد استفاده در کوپلینگ

ردیف	نوع	ویژگی	شکل
۱	پیچ کوپلینگ معمولی Conventional coupling bolt	فلنج‌ها را به شکل عادی به هم 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. به دلیل 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 به خوبی 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، اهمی قوی است که دارای یک یا چند یاتاقان کفشکی بوده و این یاتاقان‌ها بر روی تکیه‌گاه‌های محکم و قوی از نظر ساختمانی و سازه‌ای در بدنه شناور قرار گرفته است. در شکل ۲، یاتاقان موضعی به عنوان 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 ۲۷- تکیه گاه رانشی و اجزای تشکیل دهنده آن



شکل ۲۸- تصویر یک نمونه تکیه گاه رانشی

با کمک هنرآموز، اجزای تشکیل دهنده تکیه گاه رانشی را بررسی و تحلیل نمایید.

تحقیق کنید



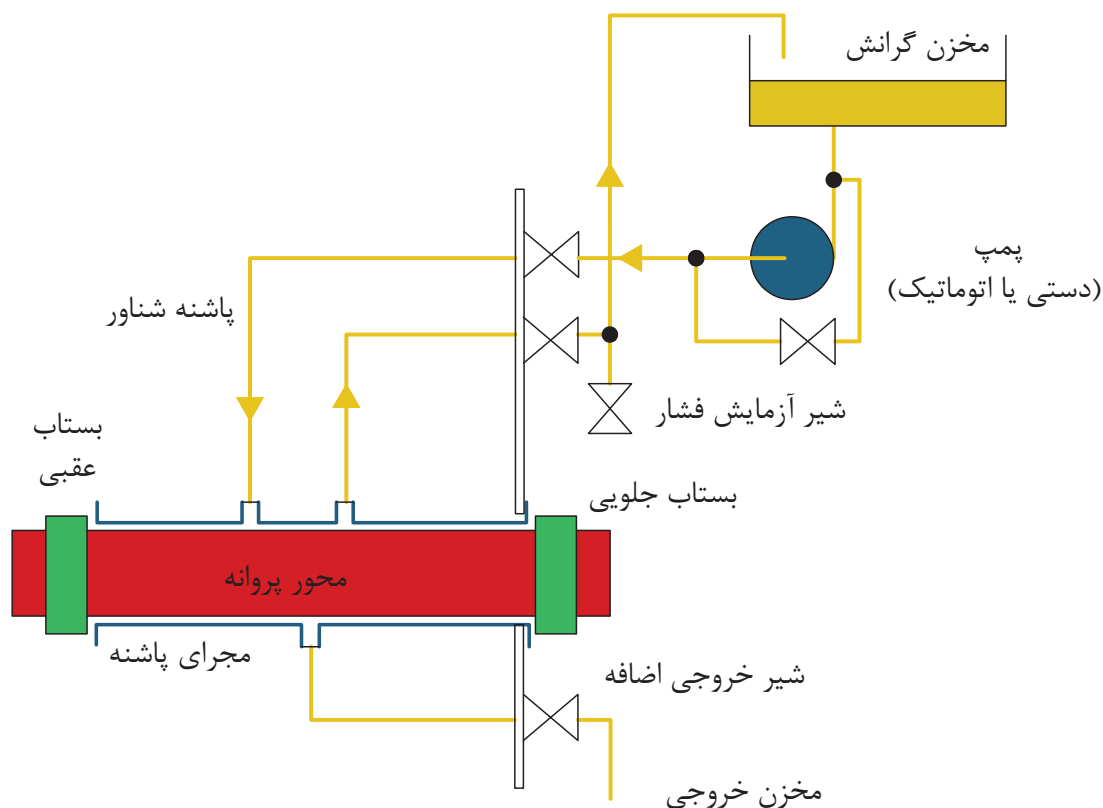


### ارزشیابی مرحله‌ای

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

## 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. به همین دلیل این قسمت را با دقت خاصی می‌سازند. در شکل ۲۹ 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 عهده این سامانه است. در حقیقت این سامانه یک سامانه هیدرولیک است.



شکل ۲۹- سامانه روانکاری مجرای پاشنه

اما از سوی دیگر، سامانه روانکاری این قسمت، به دو نوع است: این دو نوع در جدول ۵ نشان داده شده است

جدول ۵- 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	آلوده کردن آب دریا	
روانکاری با آب دریا	Sea water lubricated stern tube	هزینه کمتر، عدم آلودگی آب دریا	نشتی زیاد، احتمال جوش آمدن در دمای بالا	

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

تحقیق کنید



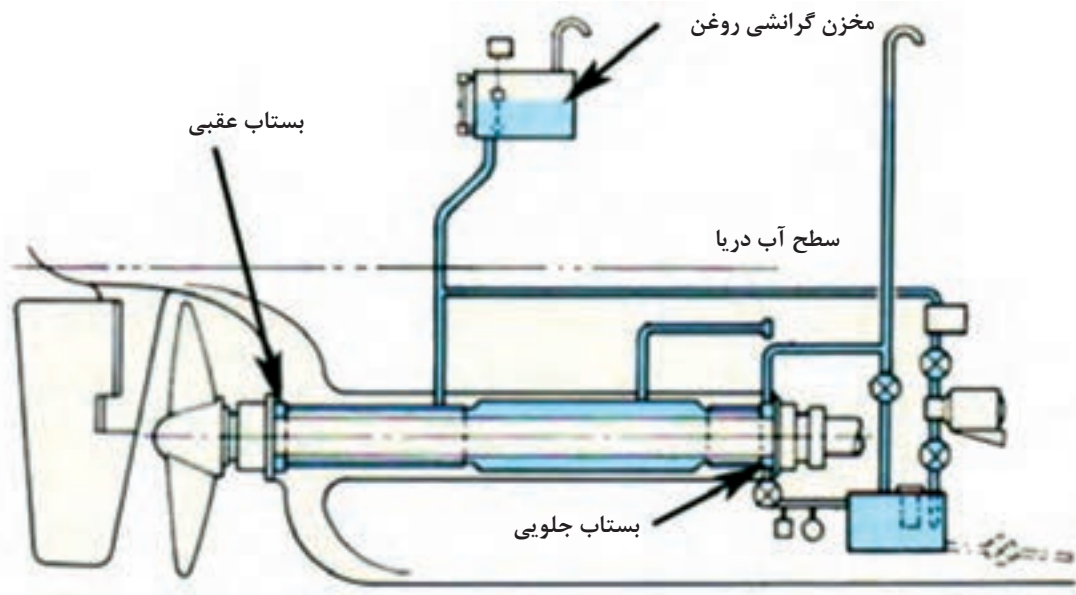
با کمک هنرآموز، مکانیزم عملکرد سامانه روانکاری را بیاموزید.

کاردر کلاس



**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 آب‌بندی، در حالت عادی از آن خارج نمی‌گردد. در صورتی که قرار باشد

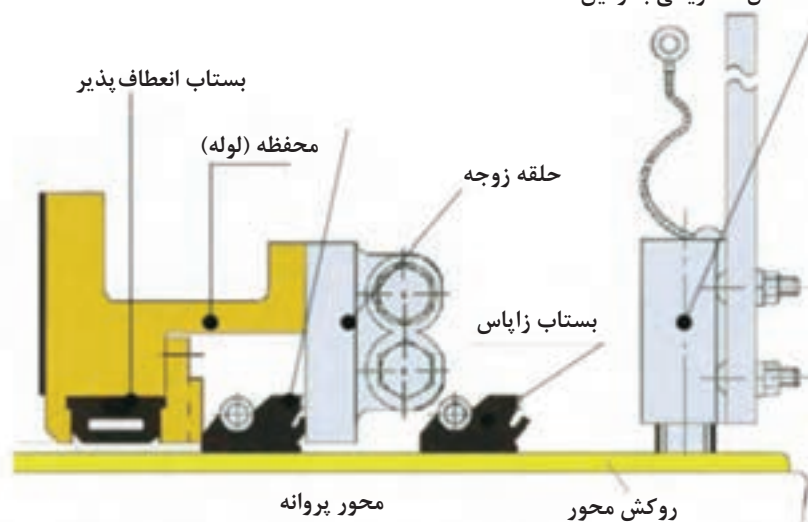
فشار روغن در این محل زیاد گردد، قبل از اینکه از اینکه از درز بین لوله، فلنچ‌ها و محور پروانه به درون ساختمان کشتی بریزد، از قسمت پایین به مخزن می‌ریزد. همچنین یک لوله تنظیم فشار در قسمت بستاب جلویی، عمل حفظ فشار را تا حد استاندارد بر عهده دارد. در سامانه مجرای پاشنه، اجزای زیادی جهت انجام مأموریت وجود 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 ۳۰- مجرای پاشنه و سامانه 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 به وجود نیاید. همچنین نما به شکل بریده شده از بغل است.

واحد اتصال الکتریکی به زمین



شکل ۳۱- اجزای مختلف مجرای پاشنه

حال به توضیح این قسمت‌ها پرداخته می‌گردد:

**۱** حلقه زوج: سطح آب‌بندی را در ناحیه‌ای ایجاد می‌نماید که حلقه آب‌بند در مواجهه با آن است. جهت سهولت در نگهداری، این حلقه از حلقه آب‌بند اصلی مجزا 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 حالی که با محور پروانه می‌چرخد، از سمت جلو به حلقه زوج چسبیده است. در نتیجه این حلقه باعث ساییدگی محور پروانه نمی‌شود.

**۳** قسمت بستاب بالشتکی از دو طرف به محفظه بستاب متصل است. زمانی که حلقه زوج 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** سامانه اتصال الکتریکی به زمین که وظیفه آن خنثی‌سازی الکتریکی است، در زمانی که 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 ۳۲- تصویری از اجزای مربوط به مجرای پاشنه



با کمک هنرآموز، اصطلاحات لاتین جدول زیر را بیابید

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

### روش های بازرسی و نگهداری مجرای پاشنه:

شرکت های سازنده این قسمت از سامانه انتقال قدرت، دستورالعمل هایی را جهت بازرسی و نگهداری مجرای پاشنه تدارک دیده اند. با این وجود، معمولاً سه نوع بازرسی برای مجرای پاشنه مدنظر قرار می گیرد: بازرسی های روزانه، بازرسی های هفتگی و بازرسی های سالانه. بازرسی های روزانه و هفتگی را به عنوان بازرسی های کوتاه مدت می شناسند. بازرسی های سالانه نیز به عنوان بازرسی های بلند مدت شناخته می شوند. از جمله مهم ترین بازرسی های کوتاه مدت در جدول ۶ آمده است.

### جدول ۶- بازرسی های کوتاه مدت

نوع بازرسی	بازه زمانی	نگهداری و تعمیر
اتصالات و قسمت های آب بند	هر روز	میزان نشستی آب یا روغن را چک نمایید. در صورت وجود جهت رفع آن اقدام نمایید.
فشار آب تغذیه، در صورتی که با پمپ کار می کند	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 سامانه روانکاری شده با آب دریا	هر هفته	در صورتی که فیلتر خیلی کثیف شده باشد تعویض گردد.
ناخالصی و گرد و خاک	هر هفته	گرد و خاک در قسمت های لغزان پاک سازی و برطرف گردد.



جدول ۷ نیز بازرسی‌های سالانه یا بلند مدت را بیان می‌کند:

جدل ۷- 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 لایه بیرونی حلقه زوجه بیش از حد سایش داشت، باید ماشین‌کاری گردد.	بازدید و بررسی وضعیت حلقه 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 سامانه 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.

جدول ۸- 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 پروانه گیر 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 آب‌بند را تعویض نمایید.
		بین حلقه آب‌بند و روکش محور هیچ نشتی وجود ندارد.	آستری (روکش محور) خراب شده است (خراشیده یا پوسیده شده).	این قسمت آستری ماشین‌کاری و صاف‌کاری گردد.
			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.
۳	فشار آب تغذیه	سامانه بسیار داغ است که نمی‌توان آن را لمس نمود.	چسب لاستیکی خراب شده است.	حلقه را با یک نمونه نو تعویض نمایید.
		نشتی بسیار زیاد آب	به ردیف ۱ رجوع شود	به ردیف ۱ رجوع شود، تمیزکاری داخل جعبه سامانه آب‌بند
۴	حلقه آب‌بند (بستاب) بالمشتکی	حلقه آب‌بند باد نمی‌شود و آب نشت می‌کند..... حلقه آب‌بند باد می‌کند ولی آب دریا نشت می‌کند.	یاتاقان محور پاشنه خراب شده است.	تعویض و یا تعمیر آن
			زمانی که محور پروانه می‌چرخد، این حلقه باد می‌کند.	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 تویی پاشنه این کار را انجام داد.
			فشار ناکافی هوا	فشار هوا افزایش یابد.
			شیر تغذیه آب اصلی باز است.	شیر را ببندید.



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 نگهداری آن	بالاتر از حد انتظار	۱- توانایی بررسی عملکرد مجرای پاشنه ۲- توانایی بررسی اجزای مجرای پاشنه و تعمیر و نگهداری آن ۳- 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	۱- توانایی بررسی عملکرد مجرای پاشنه ۲- توانایی بررسی اجزای مجرای پاشنه و تعمیر و نگهداری آن ۳- 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	۱- توانایی بررسی عملکرد مجرای پاشنه ۲- توانایی بررسی اجزای مجرای پاشنه و تعمیر و نگهداری آن ۳- 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
نمره مستمر از ۵					
نمره شایستگی پودمان از ۳					
نمره پودمان از ۲۰					

## ارزشیابی: نگهداری و تعمیر سامانه‌های انتقال قدرت

### ۱- 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

۲- **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:

- شناسایی انواع جعبه‌دنده
- شناسایی مجرای پاشنه و توانایی بازرسی آن

### ۳- شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

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

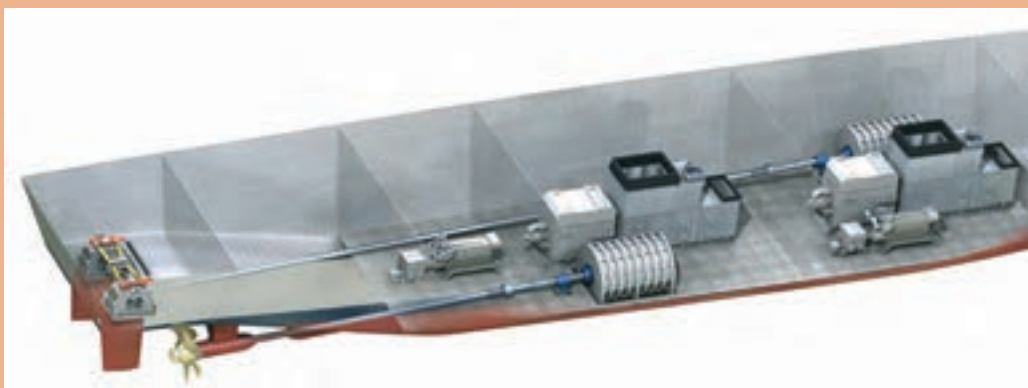
### ۴- معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره 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	
<b>شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی، و...</b>			
	۱- استفاده از لباس مناسب کار در کارگاه ۲- استفاده صحیح و مناسب از ابزار و تجهیزات کارگاه ۳- رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها، ۴- دقت و تمرکز در اجرای کار، ۵- 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 و تعمیر سامانه های پیش برنده

#### آیا تاکنون پی برده اید:

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

#### استاندارد عملکرد

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



## انواع دستگاه های پیش برنده در کشتی ها

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

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

### الف) سامانه پیشران چرخ پدالی (Paddle Wheel)

پس از نصب توربین بخار بر روی کشتی ها از سامانه پیشران چرخ پدالی بهره گرفته شد. همان طور که در شکل ۱ مشخص است در یک سمت کشتی از یک چرخ پدالی بزرگ استفاده شده است. امروزه با توجه به محدودیت هایی که برای این سامانه از قبیل بازدهی کم و وزن زیاد وجود دارد مورد استفاده قرار نمی گیرد.



شکل ۱- سامانه پیشران چرخ پدالی

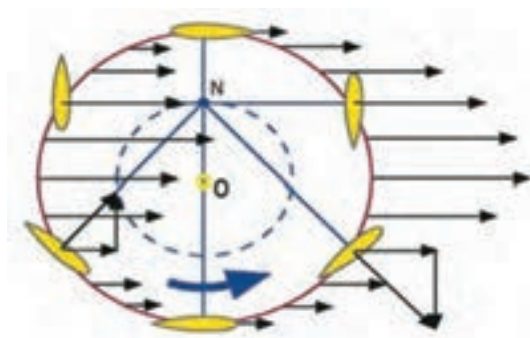
### ب) پروانه محور عمودی (Cycloidal Propeller)

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

۱ کریستین - بوئینگ (kirsten boeing)

۲ وویس اشنايدر (Voith Schneider)

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

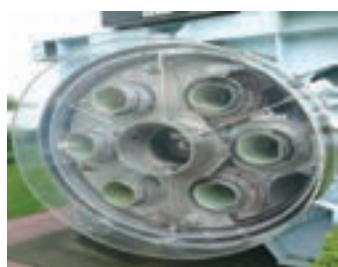


شکل ۲- سامانه پیش برنده وویس اشنايدر

### پ) سامانه رانش الکترومغناطیسی (Electro-Magnetic Propulsor)

سیستم پیش رانش الکترومغناطیسی همواره به عنوان یک سیستم رانش عاری از صدا و ارتعاش مورد توجه محققان بوده است. با وجود معرفی این سیستم رانش از اوایل دهه شصت میلادی، تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه بهبود کارایی و بهینه سازی هندسه پیشران انجام شده است. مطالعات گسترده ای در اوایل دهه نود بر روی امکان سنجی به کارگیری از این فناوری در سیستم رانش کشتی انجام شده و امکان استفاده از الکترومغناطیس های ابررسانا بر روی سیستم رانش کشتی را تأیید نموده اند. در مورد به کارگیری سیستم رانش رسانشی مغناطیسی، دو روش مختلف وجود دارد. روش اول، پیش رانش خارجی است که نیروهای الکترومغناطیسی به صورت مستقیم

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



شکل ۳- کشتی رانش مغناطیسی یاماموتو (Yamato)

### ت) سامانه رانش بادبانی (Wind propulsion)

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



شکل ۴- استفاده از انرژی باد در حرکت کشتی‌ها

### ث) سامانه رانش جت آب (Water Jet)

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

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

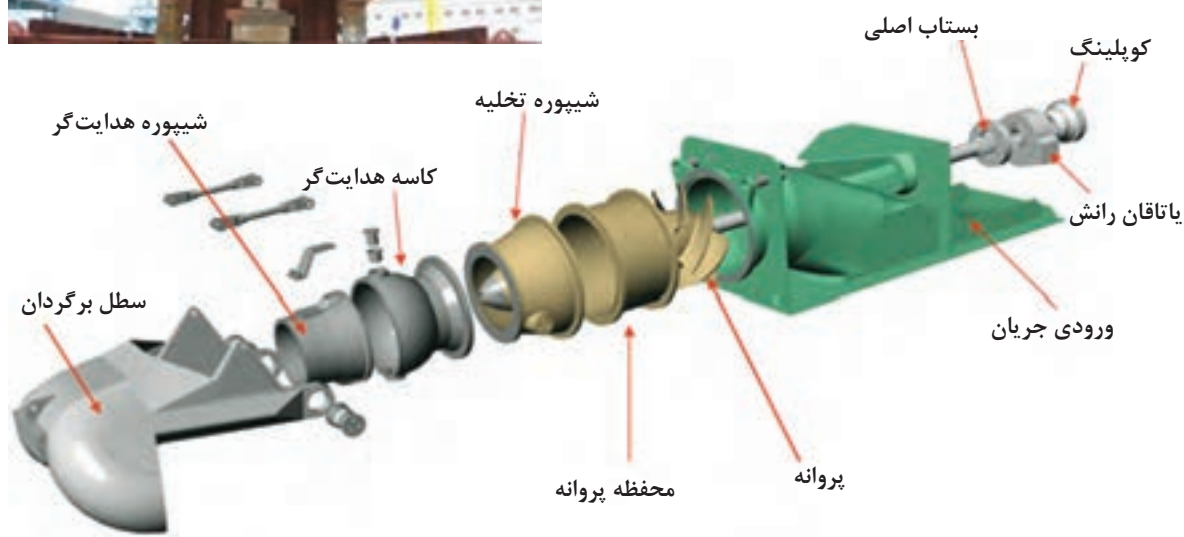
■ قدرت مانور بالا

■ 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 جت های متعدد
- بازده بالا در حرکت به سمت عقب و همراه با توانایی قطع توان در حرکت
- هزینه تعمیر و نگهداری کم
- آرام و بدون سروصدا



شکل ۵- سامانه رانش واتر جت

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

کلیه بخش های هیدرولیکی چک شود که هیچ گونه 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) یاتاقان ها (منافذ و مجاری) را با استفاده از ساندینگ (لوله های اندازه گیری) مربوطه چک شود.

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

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

### ج) سامانه رانش پروانه ای

انواع سامانه های رانش پروانه ای را می توان عموماً به صورت زیر دسته بندی نمود:

Fixed Pitch Propeller

Controllable Pitch Propeller

Contra Rotating Propeller

Twin Screw System

Ducted Propeller

(Azipod) (Azimuthing Podded Drive)

Surface Piercing Propeller

■ پروانه‌های گام ثابت

■ پروانه‌های گام متغیر

■ پروانه‌های عکس چرخنده

■ سیستم دو پروانه‌ای

■ پروانه‌های دارای غلاف

■ سیستم رانش آزیپاد

■ سیستم پروانه نافذ سطحی (نیمه مغروق)



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



شکل ۶- پروانه گام ثابت

**پروانه‌های گام متغیر** (گام قابل کنترل CPP)، پروانه‌هایی 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 داده شده است.

■ دارای ۳، ۴ یا ۵ پره می‌باشند

■ بالا بودن راندمان شناور با مدیریت بهینه انرژی

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

■ موتور اصلی احتیاج به کار در جهت عکس ندارد

■ تأمین سرعت‌های مختلف پیشروی با یک دور ثابت

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





شکل ۷- پروانه گام متغیر



شکل ۸- پروانه های عکس چرخنده



شکل ۹- سیستم دو پروانه ای

### پروانه های عکس چرخنده: دارای محور تودرتو و

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

### سیستم دو پروانه ای: بیشتر در شناورهایی که

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

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

۱ غلاف‌های افزایشنده (Accelerating Duct)

۲ غلاف‌های کاهشنده (Decelerating Duct)



شکل ۱۰- پروانه غلاف دار

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

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

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

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



شکل ۱۱- رانش آزیپاد

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



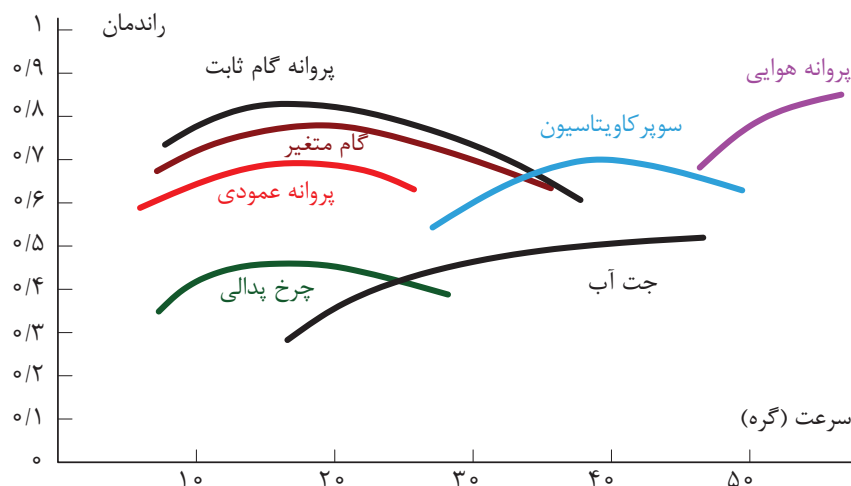
قسمتی از یک دور را بیرون آب است. از این رو آن را پروانه نافذ سطحی SPP می‌گوییم. در این سیستم امکان استفاده از پروانه‌های بزرگ‌تر وجود دارد چون در آن‌ها محدودیت فاصله نوک پره تا بدنه یا بیشینه آب‌خور وجود ندارد. از این سیستم برای شناورهای تندرو استفاده می‌شود و یک نمونه از آن در شکل ۱۲ نمایش داده شده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

شکل ۱۲- سیستم رانش نیمه مغروق

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

### مقایسه انواع سامانه‌های رانش

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



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

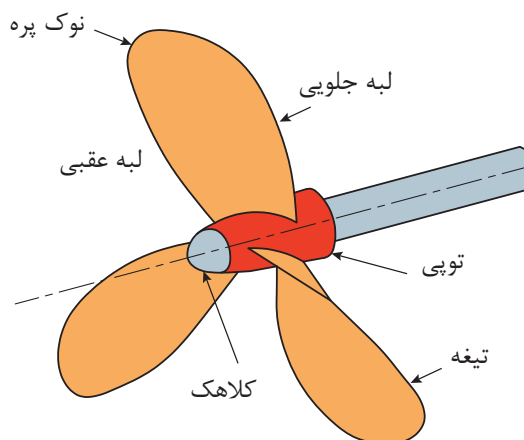
کار در کلاس: با کمک هنرآموز خود، چگونگی استفاده از سامانه‌های رانش در شکل ۱۳ را مورد بررسی دقیق قرار دهید.



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

**هندس پروانه‌های دریایی:** اجزاء و قسمت‌های مختلف یک پروانه دریایی را می‌توان به صورت 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 ۱۴- تعاریف هندسی یک پروانه دریایی

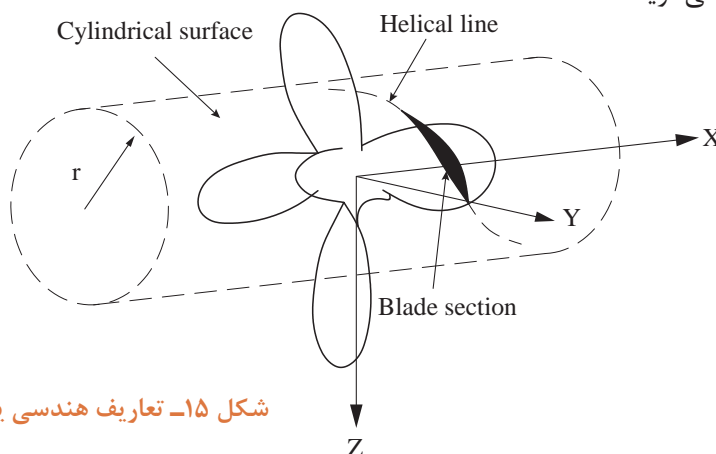
**زاویه‌های تعریف شده در پروانه:**

۱ زاویه گام Pitch Angle

۲ زاویه کجی Rack Angle

۳ زاویه شلاقی Skew Angle

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



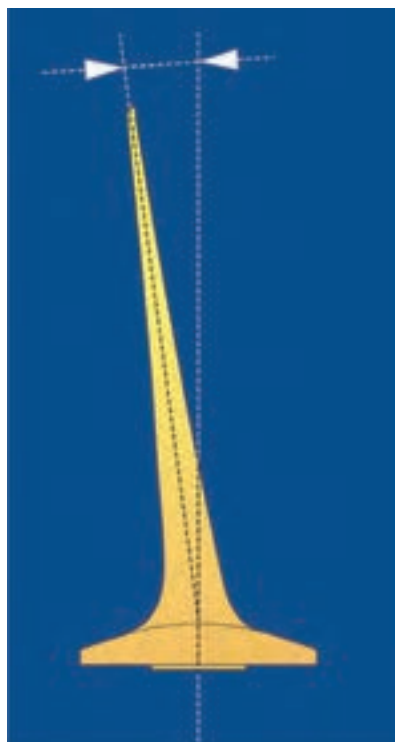
شکل ۱۵- تعاریف هندسی یک پروانه دریایی

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

تحقیق کنید



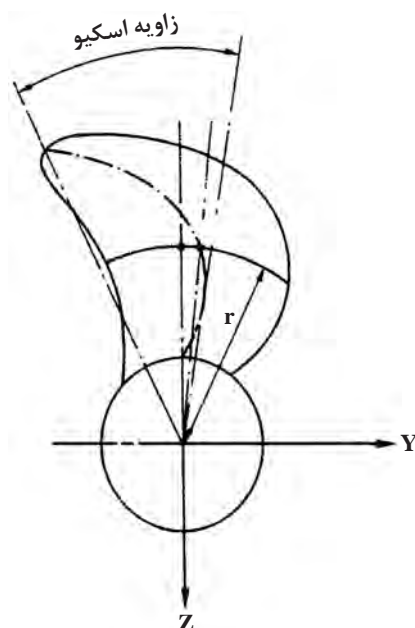
تعریف انواع مختلف گام شامل: ۱- گام دماغه - دنباله ۲- گام رخ ۳- گام مؤثر ۴- گام هیدرودینامیکی، با کمک هنرآموز خود تحقیق نمایید.



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

**زاویه کجی (ریک):** زاویه نصب پره های پروانه به صورت زاویه دار روبه جلو یا عقب را زاویه ریک و یا کجی می نامند. چنانچه کجی پره به سمت عقب شناور باشد زاویه ریک مثبت و چنانچه به سمت جلو کشتی باشد زاویه ریک منفی است. در برخی از پروانه ها نیز زاویه ریک صفر (زاویه ریک خنثی) است. زاویه ریک مثبت سبب می شود که بتوان از پروانه با قطر بزرگ تر استفاده نمود و در نتیجه آن نیروی پیش رانش (تراست) بیشتری حاصل می شود. از طرفی زاویه ریک منفی از نظر استحکام سازه ای پره شرایط بهتری دارد.

شکل ۱۶- زاویه ریک پروانه

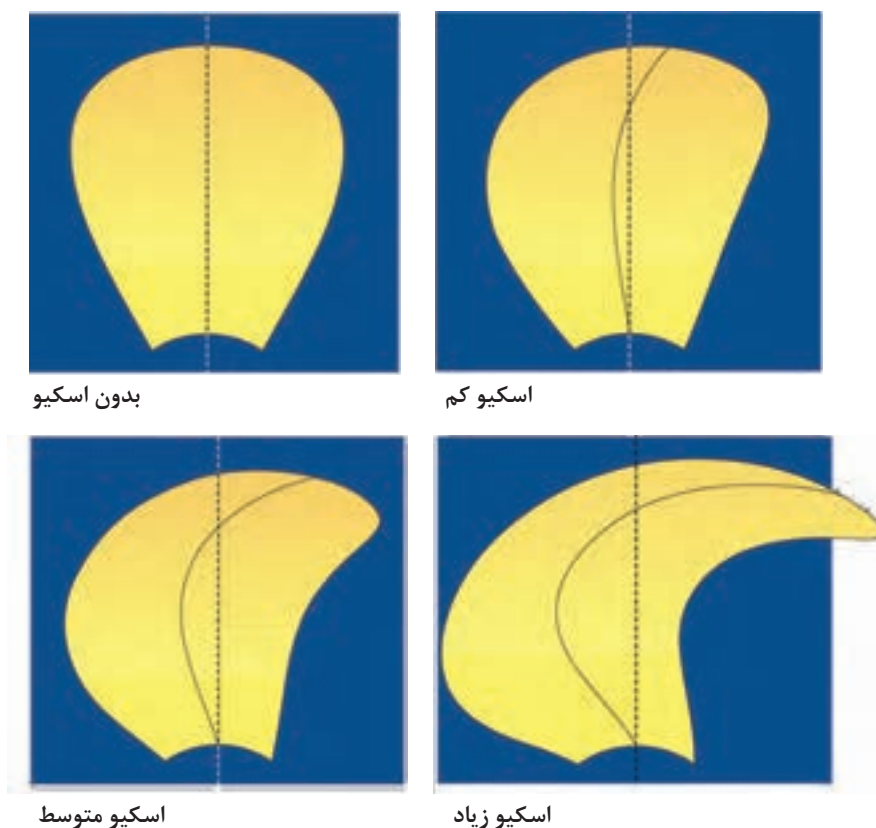


**زاویه شلاقی (اسکیو):** زاویه میان خط مماس بر خط میانی پره با خط واصل میان مرکز توپی با نوک پره را زاویه شلاقی گویند. این زاویه ورود تدریجی بار بر روی پره و ایجاد یکنواختی در نیروی پیش رانش (تراست) و جلوگیری از وارد آمدن بار ناگهانی بر روی پره که منجر به کاهش کاویتاسیون می شود و در نتیجه باعث سروصدا به دلیل کاهش کاویتاسیون می شود. به همین دلیل در زیردیی ها از پروانه های با زاویه اسکیو زیاد استفاده می شود. افزایش زاویه شلاقی و افزایش تعداد پره ها موجب کاهش ارتعاش پروانه می شود.

شکل ۱۷- زاویه شلاقی

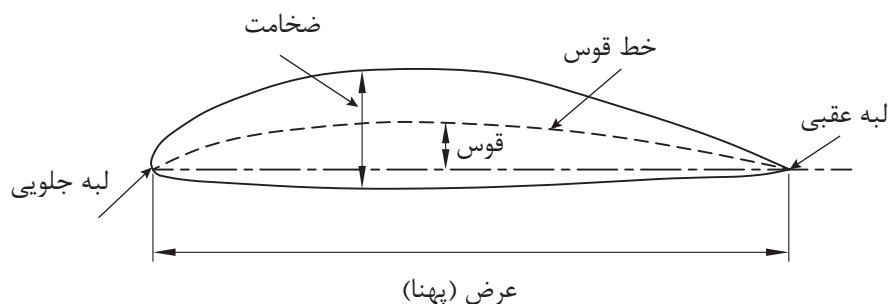


در شکل زیر پروانه بدون اسکيو (Non Skew) و اسکيوهای کم (Low Skew)، متوسط (Medium Skew) و زیاد (High Skew) نشان داده شده است.

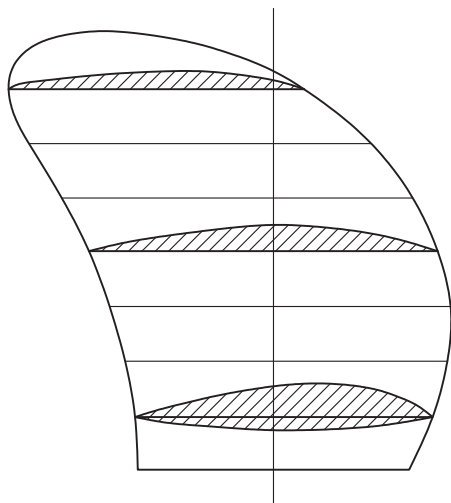


شکل ۱۸- انواع زوایای شلاقی

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



شکل ۱۹- مقطع فویل در پروانه



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

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

شکل ۲۰- مقاطع مختلف پره در شعاع‌های مختلف

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

تحقیق کنید



کار در کلاس



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

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 گسترش یافته (AE) (expanded area)

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

تحقیق کنید



## تئوری حاکم بر طراحی پروانه‌های دریایی

همان‌طوری که قبلاً به آن اشاره گردید، برای تأمین نیروی پیش رانش (تراست) جهت غلبه بر نیروی مقاومت نیاز به یک پیش برنده جهت تولید نیروی پیش رانش (تراست) است. برای این منظور از پیش برنده جهت افزایش انرژی جنبشی سیال بهره گرفته می‌شود. مطابق قانون دوم؛ شتاب یک جسم برابر است با مجموع نیروهای وارده بر جسم تقسیم بر جرم آن. فرمولی که از این قانون برمی‌آید  $F=ma$  بوده و به معادله بنیادین مکانیک کلاسیک معروف است. اصول این معادله به این است که شتاب جسمی که تحت تأثیر نیرویی 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 ( $\rho$ ) ثابت می‌توان اختلاف سرعت ( $\Delta V$ ) بزرگ و دبی حجمی کوچک ( $Q$ )، و بالعکس در نظر گرفت.

چگونگی ارتباط بزرگی سامانه رانش با  $\Delta V$  و  $Q$  را با کمک هنرآموز خود تحقیق نمایید.

تحقیق کنید



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

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

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

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

تحقیق کنید





ده فاکتوری که برای طراحی یک پروانه کشتی کارآمد باید در نظر داشت؟ طی سال‌ها تحقیق و توسعه قابل توجهی در زمینه طراحی پروانه برای حصول اطمینان از ایمنی محموله‌ها، مسافری و کارکنان شناور انجام شده است. در این حین با افزایش راندمان در هزینه‌های زیادی نیز صرفه‌جویی شده است. سامانه‌های پیش‌ران‌شن شناورهای سطحی و همین‌طور وسایل زیرسطحی طی سال‌های زیادی از مکانیزم پیش‌ران استاندارد پیروی کرده‌اند. پروانه‌ها بایستی به گونه‌ای طراحی شوند که نویز و ارتعاشات کاهش یافته 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 - باز که بر روی یک سری از پروانه‌های مدل انجام می‌گیرد. پروانه‌های مختلف آزمایش شده پارامترهای متنوعی مانند تعداد تیغه، مساحت تیغه، نسبت گام و غیره داشتند. بر اساس این نتایج و نیازمندی‌های شناور، پارامترها می‌توانند برای به دست آوردن یک طرح مناسب انتخاب شوند.

روش دوم هم شامل انجام همان روش و اصول اول می‌شود که اشاره شد. این روش شامل یافتن طول کورد، شکل مقطع، گام و غیره و سپس پیدا کردن گشتاور، پیش رانش (تراست) یا جلو برندگی و کارآمدی می‌شود. این روش برای پروانه‌هایی اعمال می‌شود که مشخصه‌هایی غیر از پروانه‌هایی که به‌طور معمول طراحی می‌شوند را طلب می‌کنند مانند پروانه‌هایی که باید در مسیر دنباله (Wake Pattern) 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:** مشاهده شده است که سرعت شفت و قطر پروانه رابطه بسیار نزدیکی با یکدیگر دارند. یک شفت سرعت پایین، با یک قطر مشخص، از دیدگاه کارآمدی بسیار سودمند نشان داده شده است. از طرف دیگر باعث می‌شود که گشتاور شفت زیاد و نتیجتاً، شفت و جعبه‌دنده بزرگی را طلب کند؛ بنابراین، برای حصول اطمینان از صحت عملکرد بایستی نقطه تعادلی در حین طراحی پروانه یافت شود. به‌طور کلی، راندمان پیش برندگی با نصب پروانه‌های با قطر زیاد می‌تواند افزایش یابد. از طرفی، این قطر

در پاشنه شناور توسط آبخور شناور محدود می شود. می بینیم که برای به دست آمدن این بالانس، یک بهینه سازی مناسبی در طراحی پروانه ها نیاز است.



**۲ دور پروانه (RPM):** انتخاب تعداد دور مناسب برای یک شناور نقش تعیین کننده ای را در طراحی پروانه ایفا می کند. سرعت زاویه ای انتخاب شده برای شناور بایستی با فرکانس تشدید شافت، بدنه و دیگر ماشین آلات پیشرانیش تفاوت داشته باشد. اغلب دیده شده است که طراحی با دور پایین راندمان جلو برندگی را ۱۰ تا ۱۵ درصد افزایش داده است.

**۳ تعداد تیغه ها:** تعداد تیغه های انتخاب شده بر روی نیروهای متغیر اعمال شده بر آن ها، تأثیر می گذارد. از نظر راندمان، راندمان آبپاز با افزایش تعداد تیغه ها افزایش پیدا می کند.

**۴ هندسه تیغه ها:** مسلماً، هندسه تیغه نقش بسیار مهمی در کارآمدی پیش برنده ایفا می کند. تحقیقات و آزمایش ها بر روی پروانه ها با مساحت تیغه های گوناگون نشان داده است که با کاهش مساحت تیغه راندمان افزایش پیدا می کند. 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 می گردد. اگر زاویه حمله بزرگتری در نظر گرفته شود، مقطع طرح کمتر در معرض کاویتاسوین وجه فشار پروانه قرار گرفته و این کاویتاسوین در بخش مکش آن بیشتر می شود. این پدیده زمانی که زاویه حمله کم شود برعکس خواهد بود.

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

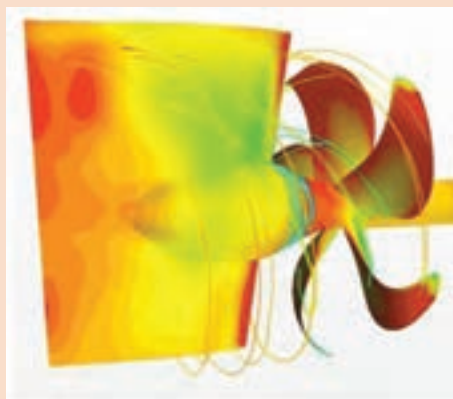
**۷ تونل های پاشنه:** این وسایل کمک می کنند که اثر wake peak برای کشتی هایی که پاشنه V شکل دارند کمتر شده و در نتیجه اثرات ارتعاشات کاهش یابد. این تونل ها از متعلقات افقی بدنه هستند که در بالای پروانه قرار می گیرند که آب را برای اطمینان از جریان یکنواخت در پروانه به سمت پروانه هدایت می کند.

**۸ داکت های Schneekluth:** این متعلقات جریان را به سمت قسمت بالایی دیسک پروانه هدایت می کند که باعث متعادل شدن و بهبود کارآمدی بدنه می شود. همچنین این داکت ها می توانند به شتاب دهی

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



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



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



### سری های انتخاب پروانه

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

جدول ۱- سری های استاندارد پروانه

سری	تعداد پروانه ها در سری	Z	$A_E/A_0$	P/D	D(mm)	$r_h/R$	وجود کاویتاسیون
B	120	2-7	0.3-1.05	0.6-1.4	250	0.169	خیر
AU	34	4-7	0.5-1.2	0.5-1.2	250	0.18	خیر
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 پره های مختلف آزمایش شده است. مثلاً در سری های B پروانه های ۲ تا ۷ پره آزمایش شده اند. نسبت سطح گسترش یافته و P/D نسبت گام پروانه ها است. سری B جامع ترین سری در طراحی پروانه است. نتایج به دست آمده را بایستی به پروانه واقعی تعمیم داد.  $R_h/R$  نسبت شعاع توپی پروانه به شعاع پروانه است که همین نسبت در پروانه واقعی نیز وجود دارد.

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

تحقیق کنید



بیشتر  
بدانید



### طراحی به کمک سری پروانه های B-Wageningen

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

شرایط واقعی پروانه موردنظر، دارای عدد رینولدز دیگری است، نتایج باید با روابط ارائه شده، اصلاح شوند. تعداد پره ها و نسبت سطح گسترش یافته این ۱۲۰ مدل از قرار زیر است: تعداد پره ها ۲-۷ پره و هر پروانه برای  $0.3 - 1.05$   $A_E/A_O$  می باشد. روابط استفاده شده در این سری به صورت زیر است:

$$T = K_t \cdot \rho \cdot n^2 \cdot D^5$$

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

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

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

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

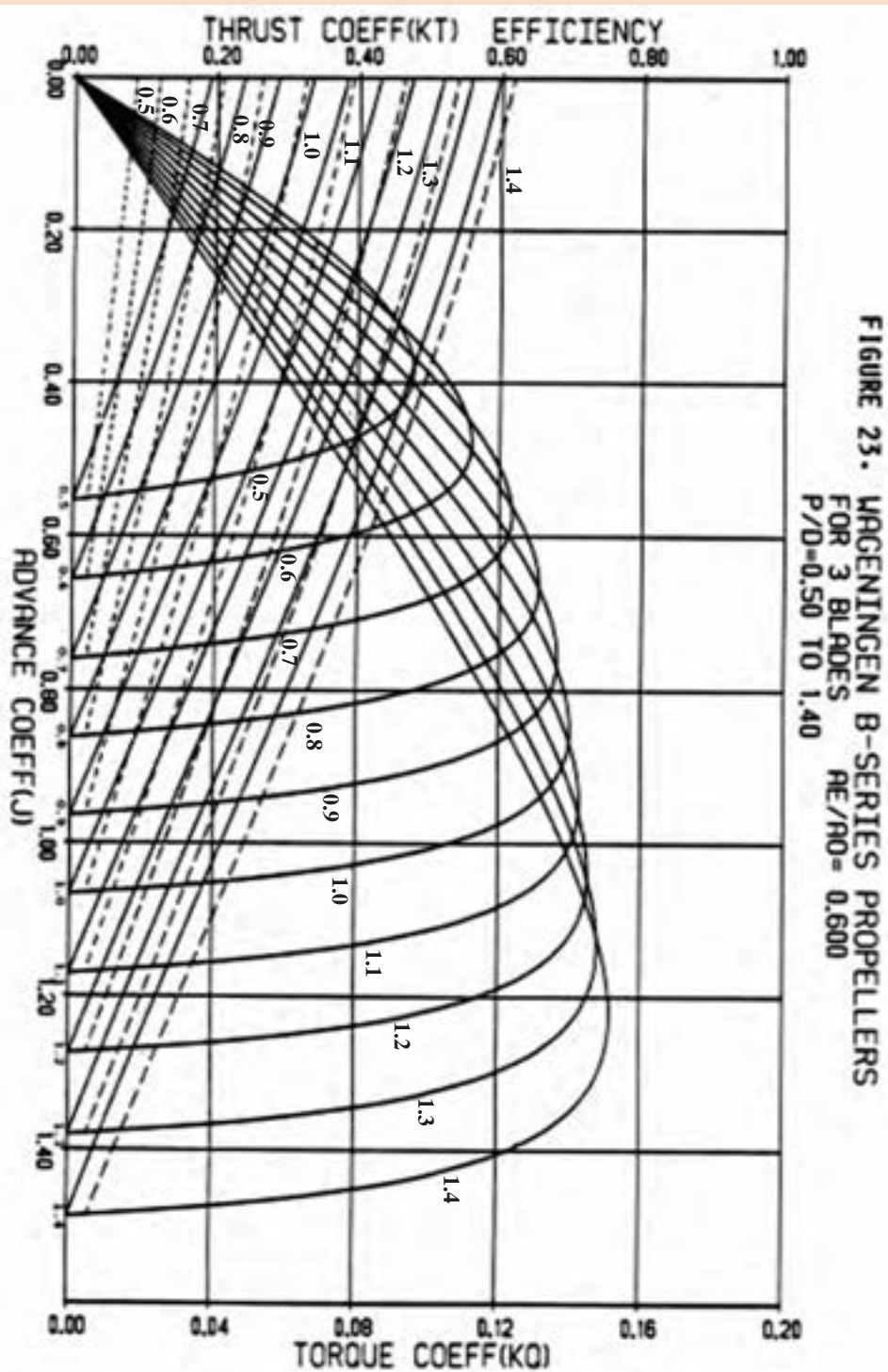
$$K_t = f_1(J, p/D, A_E/A_O, Z, R_e, \frac{t}{c})$$

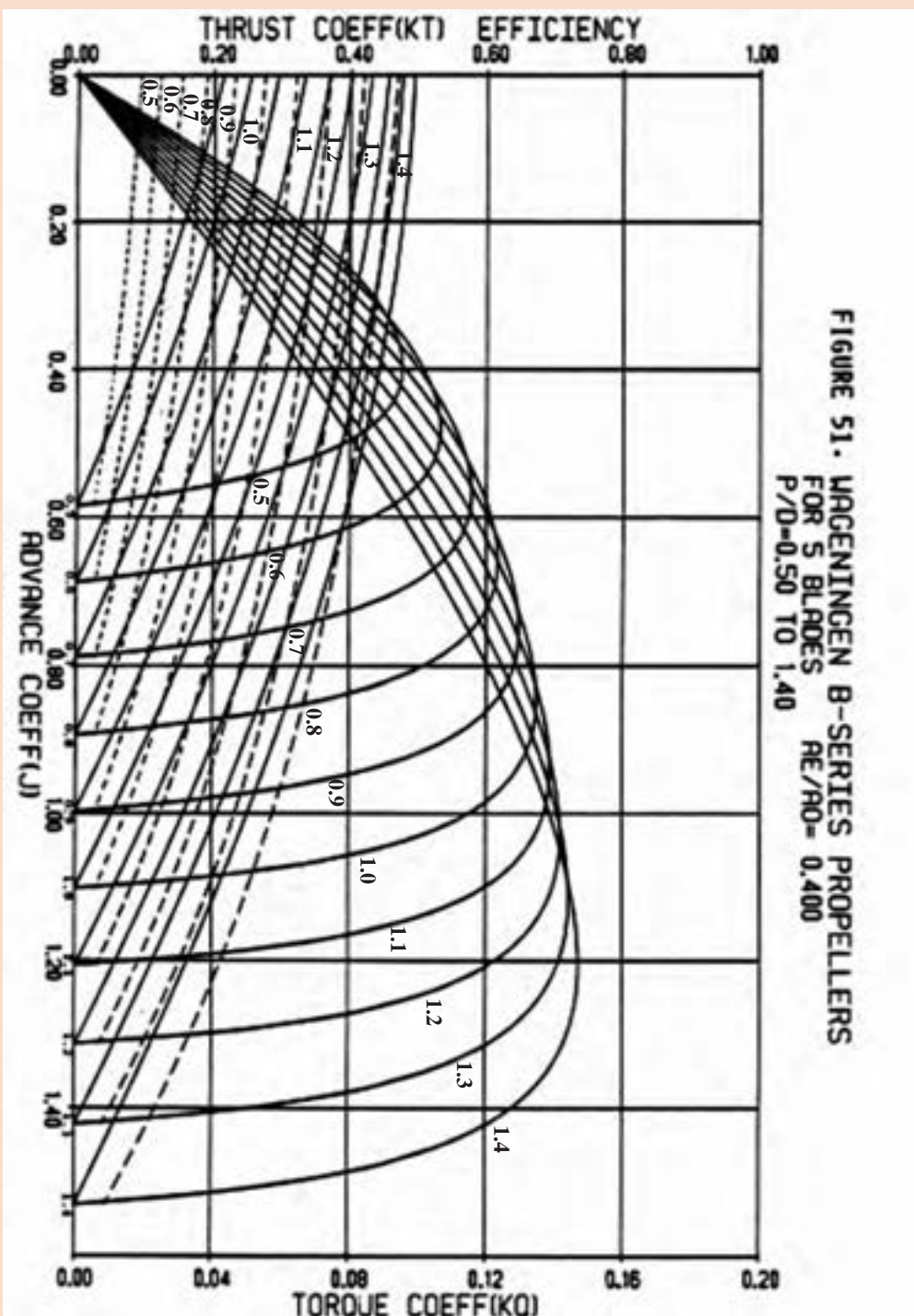
$$K_q = f_2(J, p/D, A_E/A_O, Z, R_e, \frac{t}{c})$$

که عدد رینولدز با توجه به طول کورد در شعاع  $0.75R$  اندازه گیری شده است. نسبت ضخامت پره به طول کورد  $(\frac{t}{c})$  نیز در شعاع  $0.75R$  ارائه شده است (چرا که طول کورد و ضخامت پره در شعاع های مختلف باهم متفاوت است).

## آشنایی با نمودارهای سری B

نمودارهای موجود در شکل های زیر برای  $K_t$  و  $K_q$  هستند که به صورت نموداری ارائه شده اند.





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 - B۴ یعنی نمودارهای مربوط به پروانه ۴ پره با نسبت سطح گسترش یافته ۵۵ درصد. در داخل هریک از این نمودارها، ضرایب  $K_t$  و  $K_q$  و بازدهی در آب آزاد برای  $P/D$  های مختلف = رسم شده است، یعنی برای هر  $P/D$ ، سه نمودار ( $K_t$ ،  $\eta_o$  و  $K_q$ ) موجود است.

## آزمون پروانه در آب آزاد و پشت کشتی

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

۱ عملکرد پروانه در شرایط آب آزاد Open Water

۲ عملکرد پروانه در پشت کشتی Behind of ship

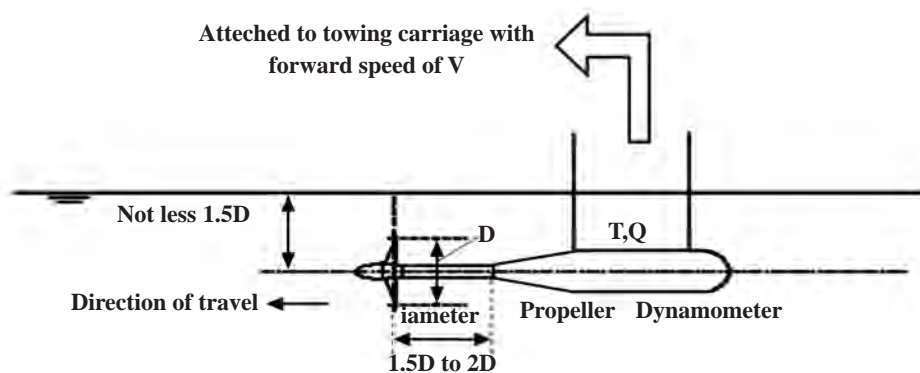
در شرایط آب آزاد می توان مدل پروانه را ساخت و در شرایط آزمایشگاهی بدون حضور بدنه کشتی آزمایش را انجام داد. در ساخت مدل پروانه از قوانین تشابه تبعیت می شود. برای ایجاد تشابه بین مدل ساخته شده و نمونه واقعی پروانه بایستی داشته باشیم:

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

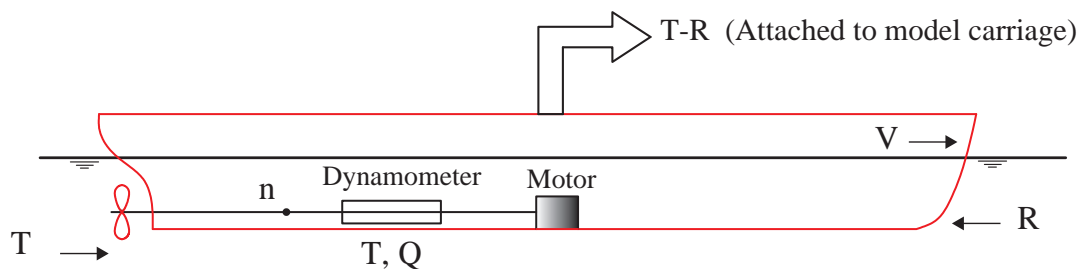
۲ تشابه سینماتیکی: بین سرعت مدل و نمونه واقعی تشابه برقرار باشد

۳ تشابه دینامیکی: بین نیروهای اعمالی تشابه برقرار باشد

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



شکل ۲۱- آزمایش آب آزاد



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

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

تحقیق کنید



### ارزشیابی مرحله‌ای

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



## ارزشیابی نگهداری و تعمیر سامانه های پیش برنده

### ۱- شرح کار:

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

### ۲- استاندارد عملکرد:

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

**شاخص ها:**

بررسی سامانه های پیش برنده

### ۳- شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

**شرایط:** کلاس سمعی و بصری و کارگاه و شناورها

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

### ۴- معیار شایستگی:

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

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

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

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

10- LLOYD'S REGISTER RULE 2017

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

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

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

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

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

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



ارگان ها و مؤسساتی که در فرایند اعتبارسنجی این کتاب مشارکت داشته اند:

- ۱ — اداره کل امور دریایی و سازمان های تخصصی بین المللی سازمان بنادر و دریانوردی
- ۲ — مؤسسه آموزشی کشتی رانی جمهوری اسلامی ایران
- ۳ — نیروی دریایی راهبردی ارتش جمهوری اسلامی ایران
- ۴ — نیروی دریایی سپاه پاسداران انقلاب اسلامی ایران
- ۵ — مرزبانی نیروی انتظامی جمهوری اسلامی ایران
- ۶ — دبیرخانه کشوری هنرستان های علوم و فنون دریایی