

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 و کیل آبادی، عبدالرضا باباخانی، مصطفی ربیعی، مصطفی زنگنه، جلیل

محمولی اسدآبادیان، محمدرضا نخعی امرودی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)

ارسلان اقدامی، کریم اکبری و کیل آبادی، عبدالرضا باباخانی، مصطفی زنگنه، جلیل محمولی اسدآبادیان،

محمدرضا نخعی امرودی، (اعضای گروه تألیف)

مدیریت آماده‌سازی هنری: اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

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

نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)

تلفن: ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب سایت: www.chap.sch.ir

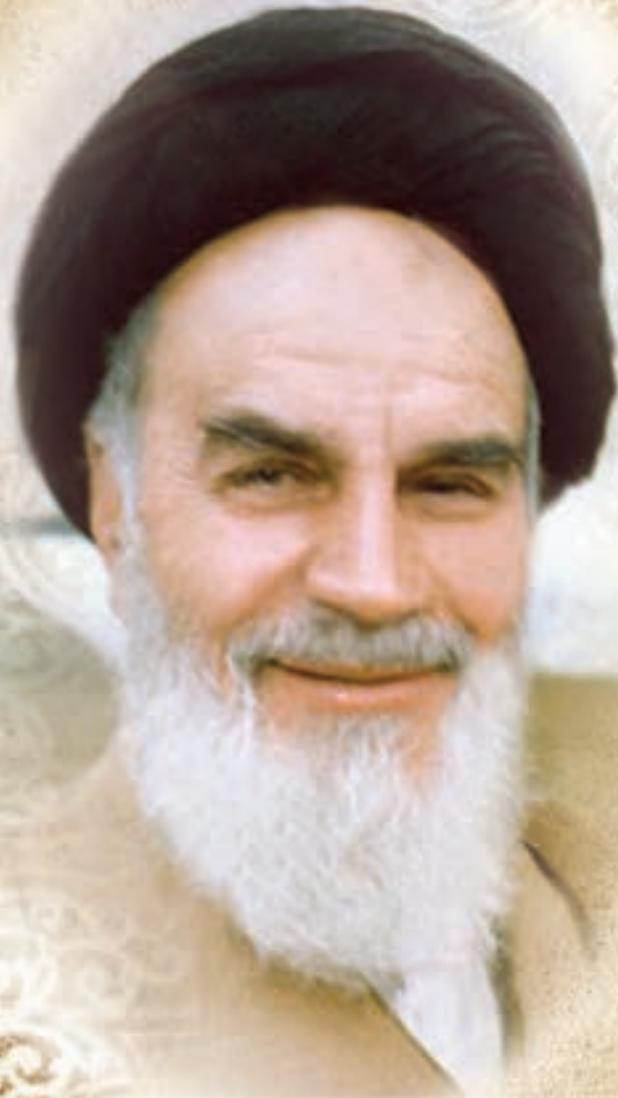
ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران-کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج-خیابان ۶۱ (دارو پخش)

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 اول ۱۳۹۷

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، عکس برداری، 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 (قدّس 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 هر یک از پودمان‌ها است. از ویژگی‌های دیگر این کتاب طراحی فعالیت‌های یادگیری ساخت یافته در ارتباط با شایستگی‌های فنی و غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای و مباحث زیست محیطی 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، نرم افزار 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، بودجه بندی 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

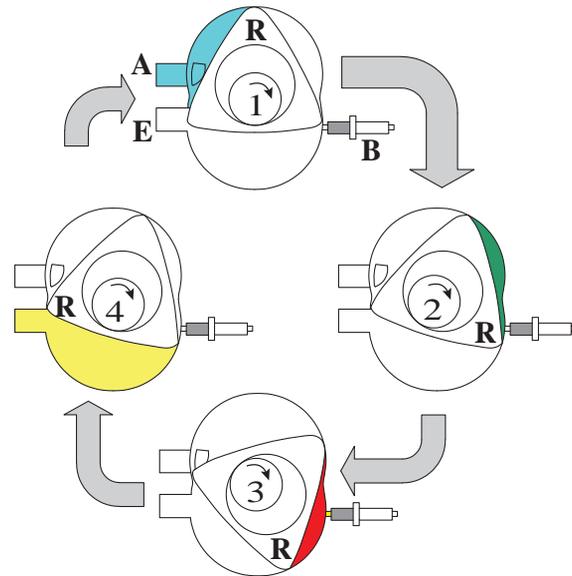
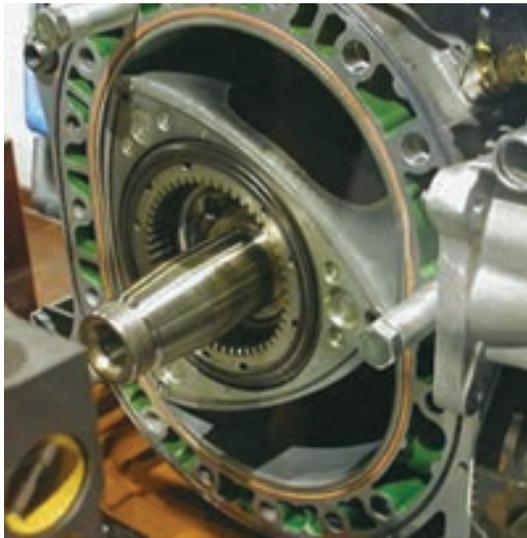
- موتورهای دیزلی چگونه کار می‌کنند؟
- موتورهای دیزلی از چه قطعاتی تشکیل می‌شوند؟
- موتورهای دیزلی دارای چه سامانه‌هایی هستند؟

### 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.



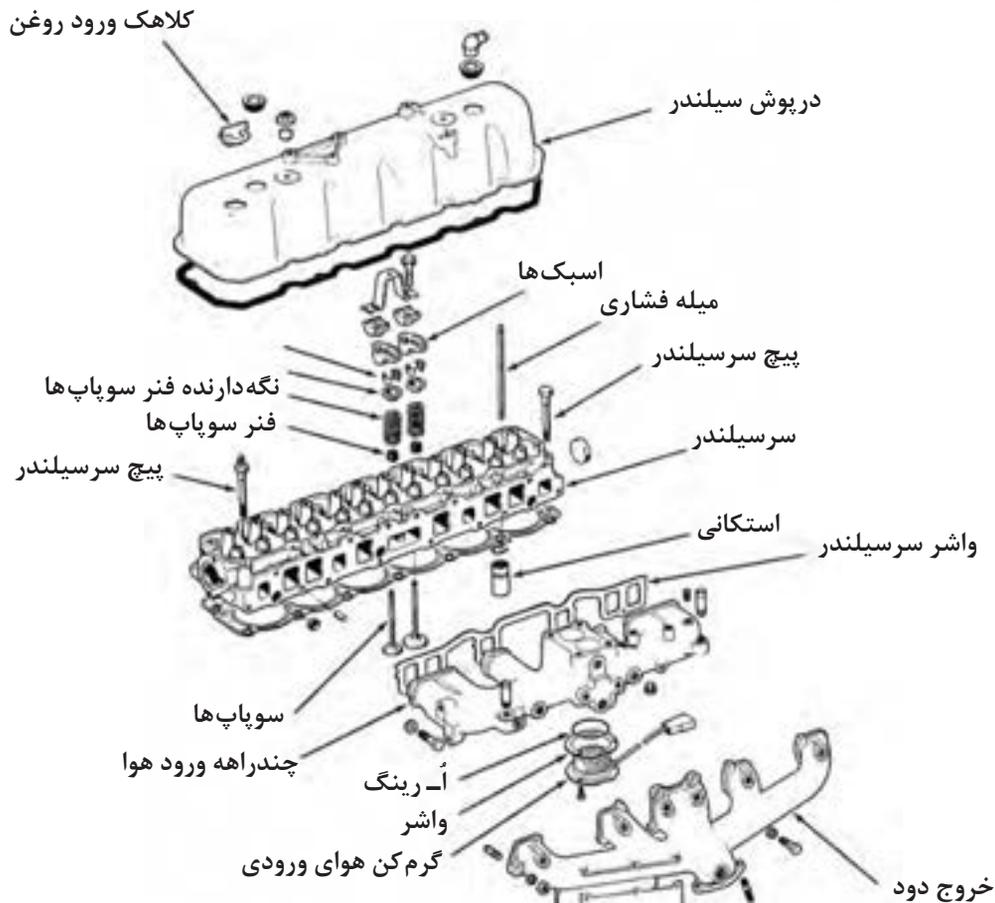
شکل ۳- الف) بوش سیلندر



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 روان‌کار تعبیه شده است. همچنین سر سیلندر این امکان را می‌دهد که بر روی آن قطعات دیگری نیز مانند اسپک‌ها 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)

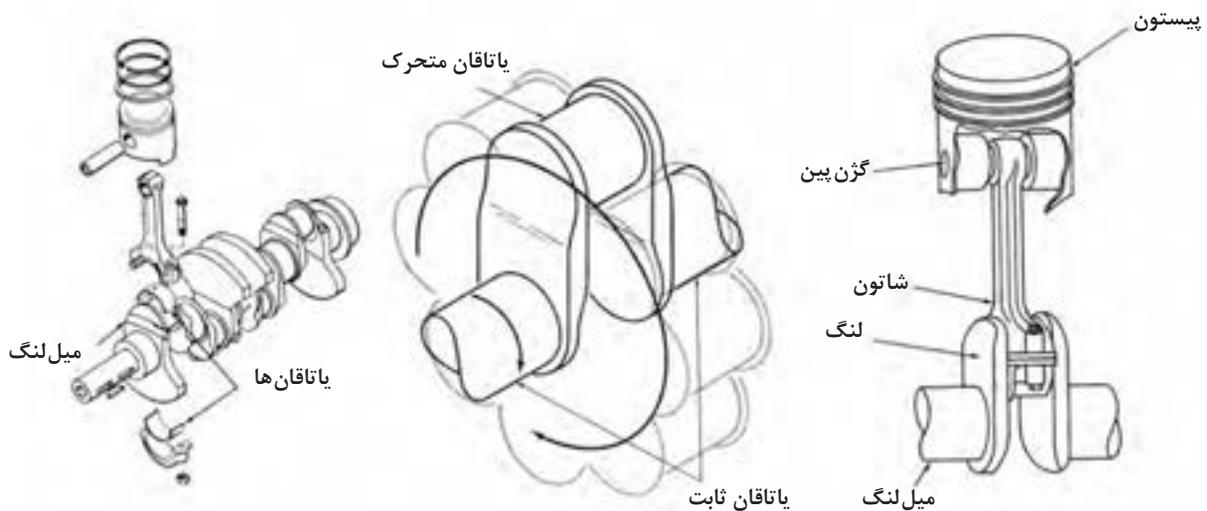
به منظور جلوگیری از فرار گازهای پرفشار درون سیلندر فاصله مابین سر سیلندر و سیلندر توسط قطعه‌ای به نام «واشر سر سیلندر» پر می‌شود که وظیفه درزبندی بین قطعات گفته شده را دارد در موتورهای واشرهای دیگری نیز استفاده می‌شود که همگی آنها وظیفه جلوگیری از نشت سیالات را دارند. اما شرایط کاری واشر سر سیلندر به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



شکل ۵- واشر سر سیلندر

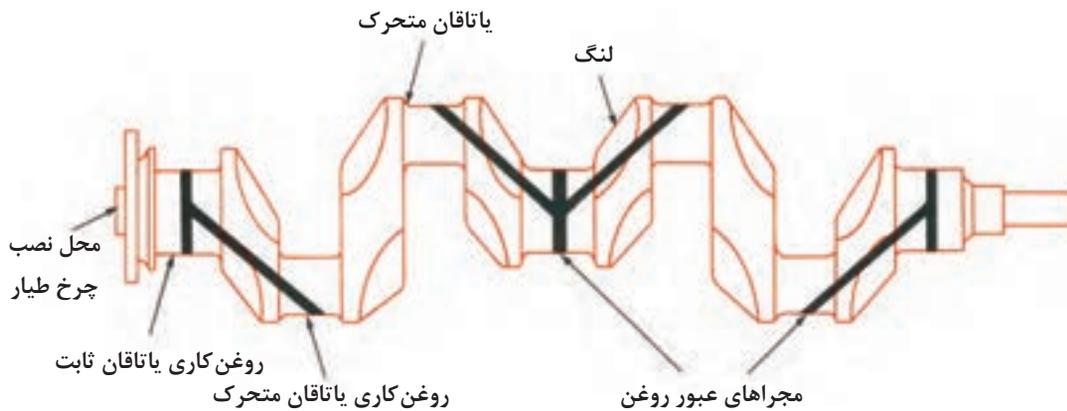
### میل لنگ (crankshaft)

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 دریافت کننده و منتقل کننده تمامی نیروهای ایجاد شده موتور است و متحمل تنش‌های مکانیکی شدیدی است به همین دلیل ماده استفاده شده 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

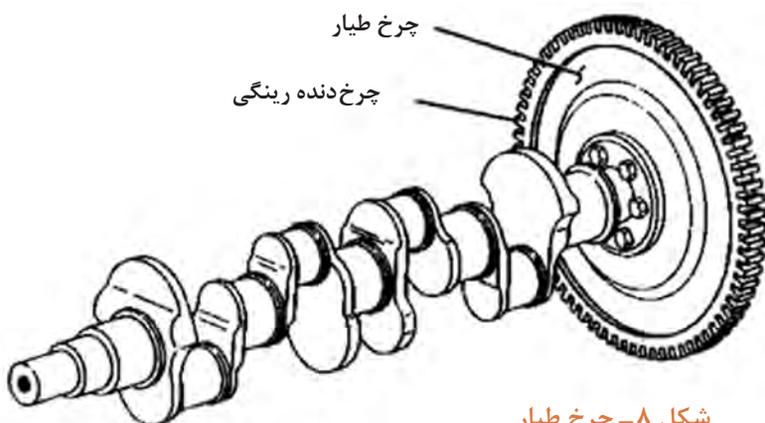
درون میل لنگ مجراهایی جهت عبور روغن و رسیدن آن به یاتاقان‌ها به منظور روان کاری و خنک کاری آنها وجود دارد. (شکل ۷)



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)



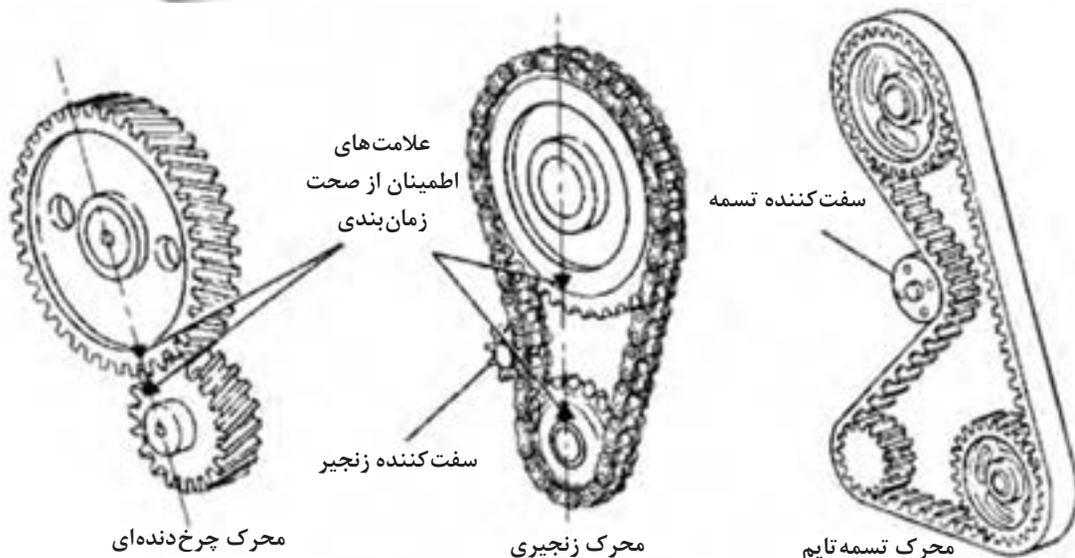
شکل ۸- چرخ طیار

**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)

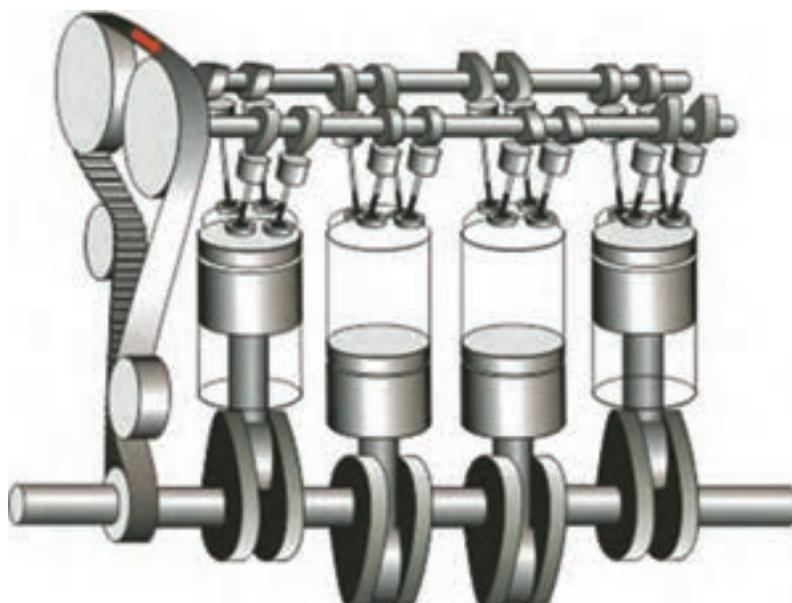


شکل ۹- میل بادامک



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 میل‌لنگ باید بدون کوچک‌ترین لغزشی صورت بگیرد و الا امکان برخورد سوپاپ‌ها با پیستون و آسیب جدی به موتور وجود دارد. (این اتفاقی است که در هنگام بریدن تسمه تایم می‌افتد) برای اطمینان از زمان‌بندی صحیح بر روی محور هر دو قطعه علاماتی حک شده که در هنگام نصب نسبت به اتصال صحیح آنها اطمینان حاصل شود. (شکل ۱۱)



شکل 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 میل‌لنگ 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

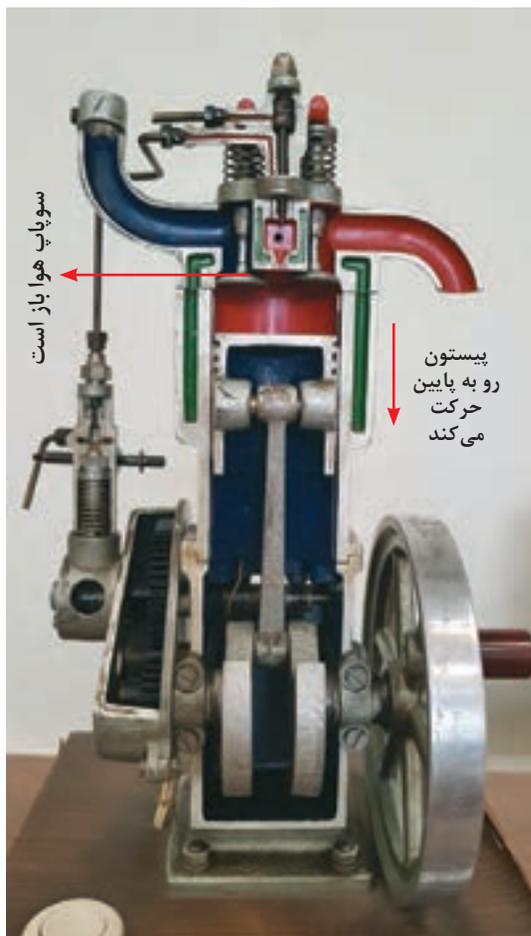
### چند راهه ورود هوا و خروج دود (intake manifold , exhaust manifold)



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 باز می 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 استارتر 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 سوپاپها 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)

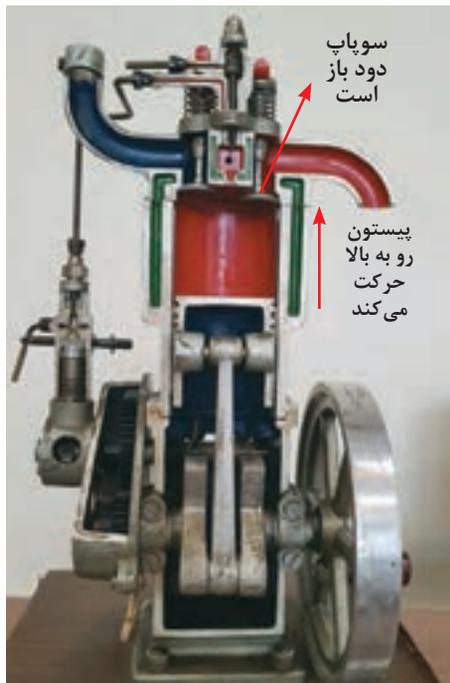
شکل ۱۷- زمان تراکم



حال سامانه پاشش سوخت وارد عمل شده و سوخت را با فشار زیاد از طریق سوراخهای ریز انژکتور به درون محفظه احتراق می پاشد، سوخت که پس از پاشیده شدن به صورت پودر درآمده (اتمیزه 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)

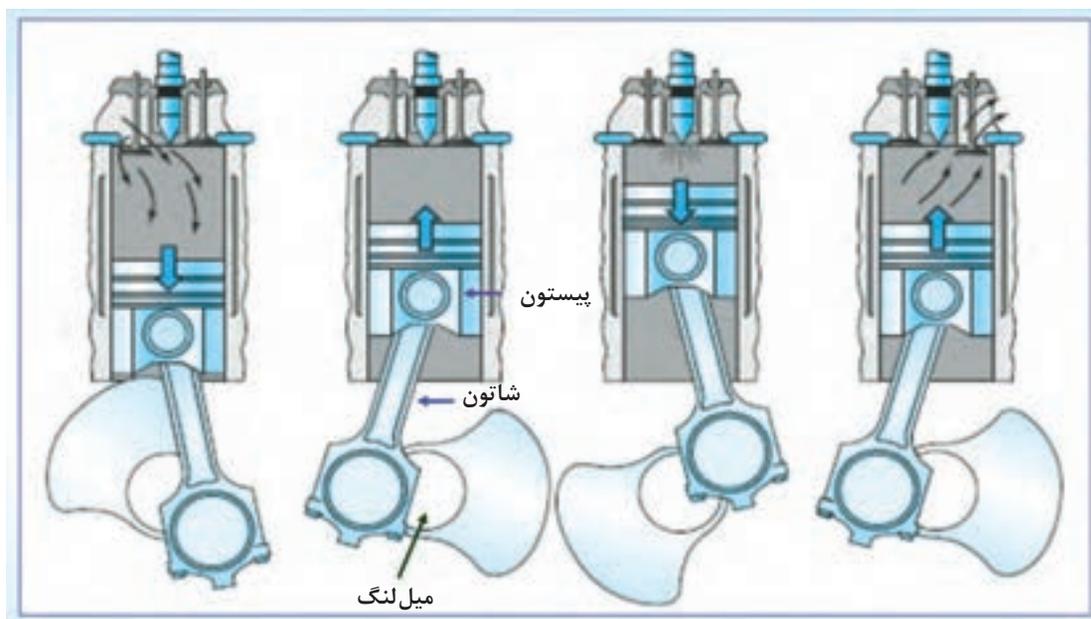
به این زمانی است که در موتور نیرو تولید می شود، «زمان احتراق» و یا «زمان قدرت» می گویند.

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 روشن شده و به دوران خود ادامه می‌دهد. (شکل ۲۰)



تنفس

تراکم

قدرت

تخلیه

شکل ۲۰- چرخه کار موتور دیزل

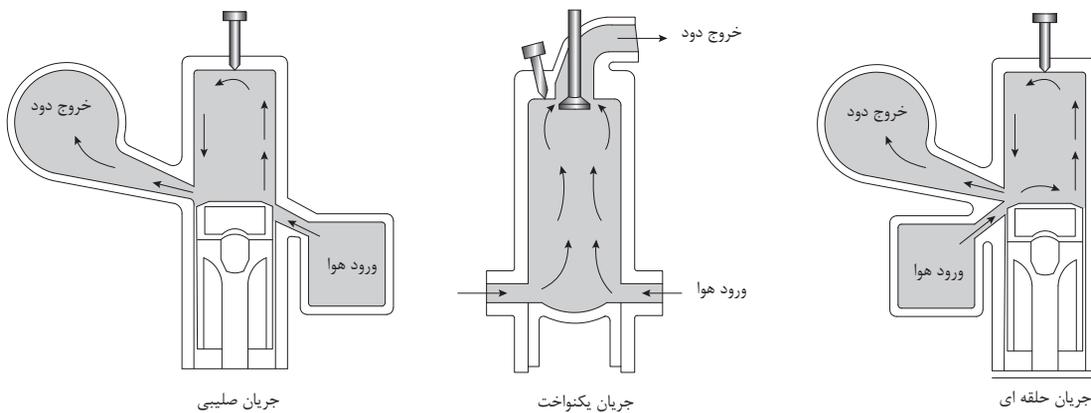
نکته



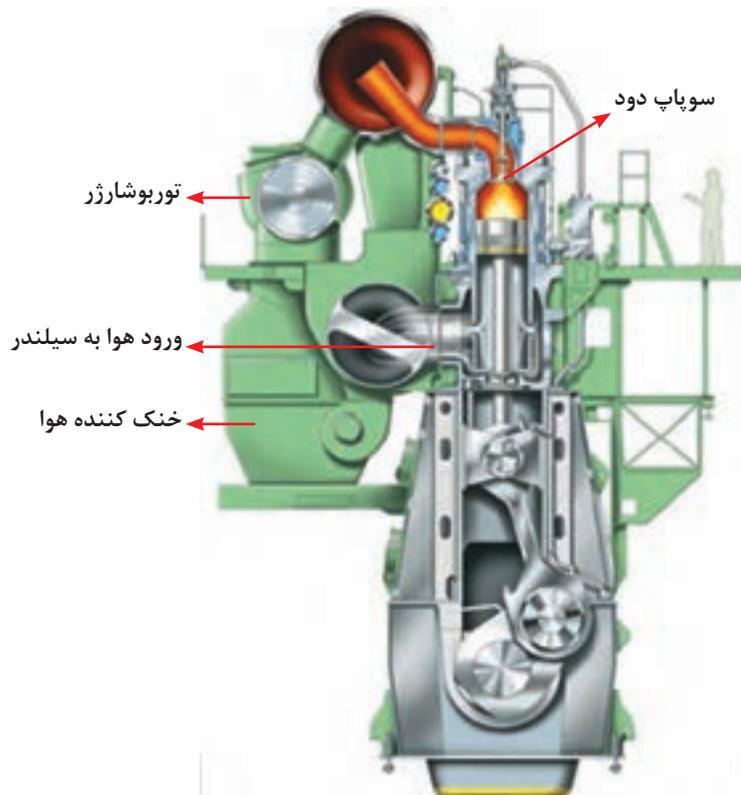
موتورهایی که چهار عمل تنفس، تراکم، احتراق و تخلیه را در دو دور میل‌لنگ یا چهار کورس پیستون (۷۲۰ درجه گردش میل لنگ) انجام می‌دهند موتورهای چهارزمانه نامیده می‌شوند.

## 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 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 سوزاندن 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 دورهٔ 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

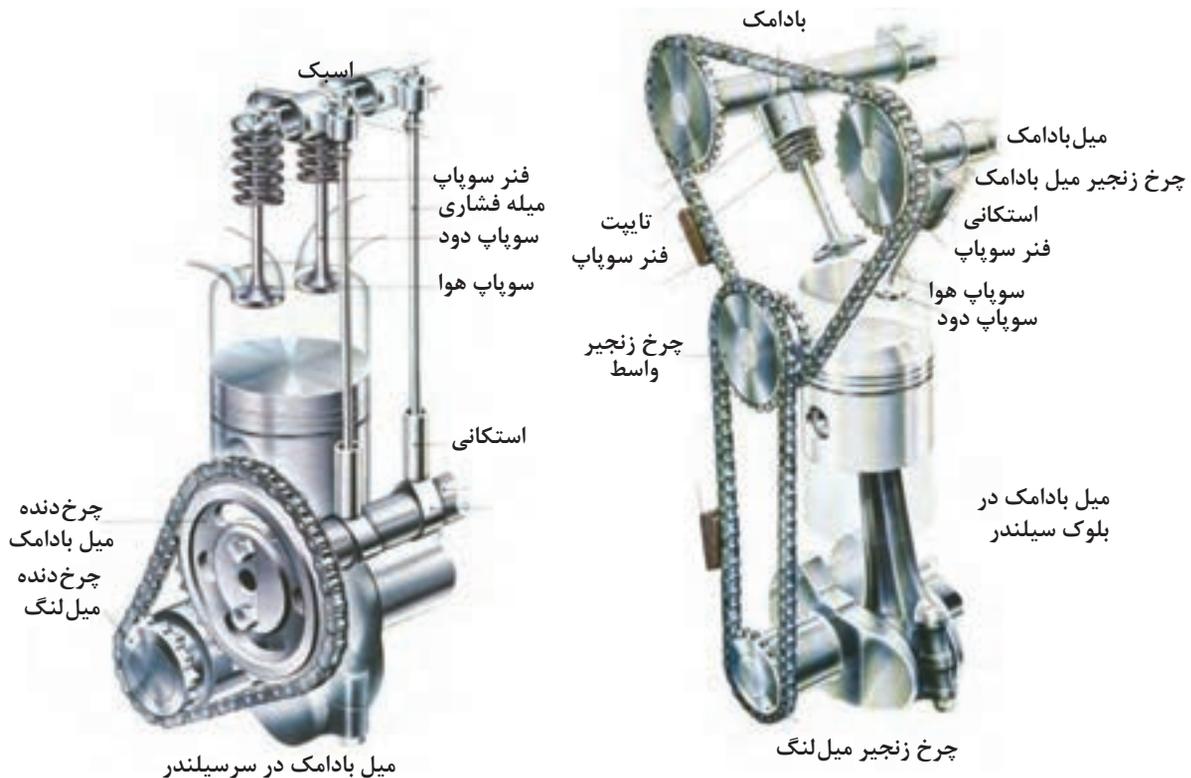


## ارزشیابی مرحله‌ای

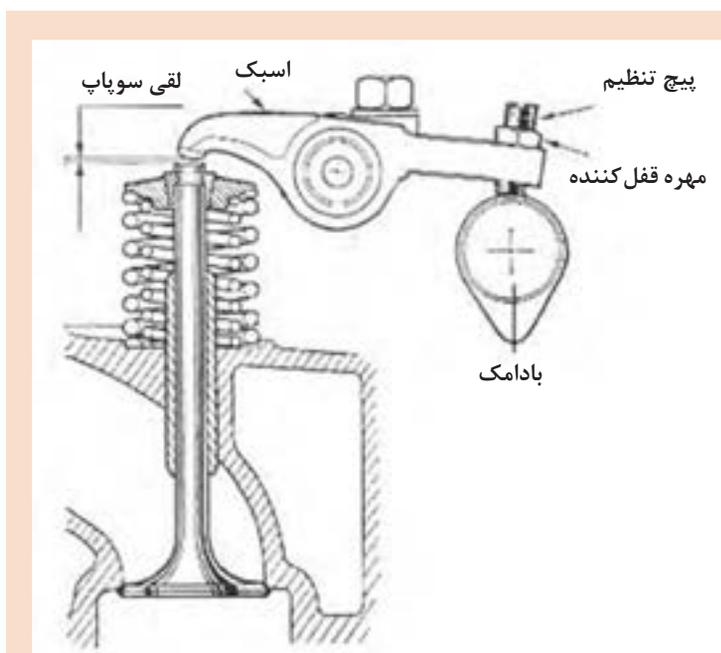
نمره	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نتایج	استاندارد عملکرد (کیفیت)	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	عنوان پودمان فصل
۳	۱- بررسی وظیفه قطعات موتورهای دیزل ۲- بررسی نحوه ارتباط قطعات با یکدیگر ۳- بررسی طرز کار موتورهای دیزل ● هنرجو توانایی بررسی همه شاخص‌های فوق را داشته باشد.	بالتر از حد انتظار	شناسایی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

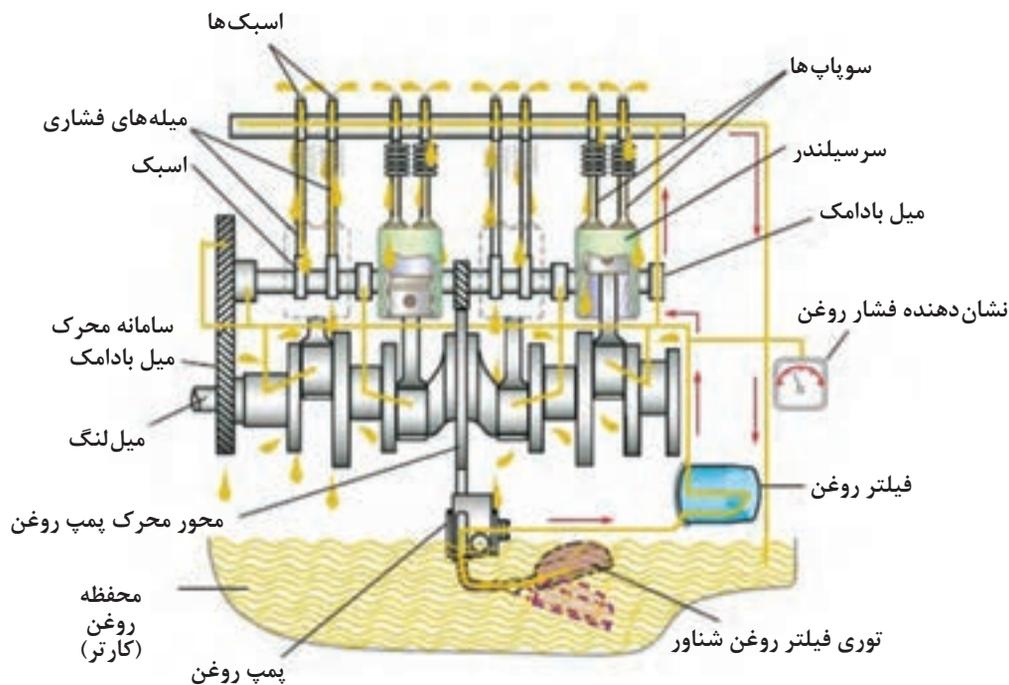
تحقیق کنید



همان گونه که در شکل (۲۳) می بینید 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 روغن‌کاری آنها مقداری از آن با گذر از شاتون، پیستون و دیواره سیلندر را روغن‌کاری می‌کند. بخش دیگری از این روغن تحت فشار، سامانه محرک سوپاپ‌ها را روغن‌کاری کرده و سپس به محفظه ذخیره روغن که «کارتر» نامیده می‌شود باز می‌گردد. (شکل ۲۴)



شکل ۲۴- سامانه روغن کاری

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

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

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

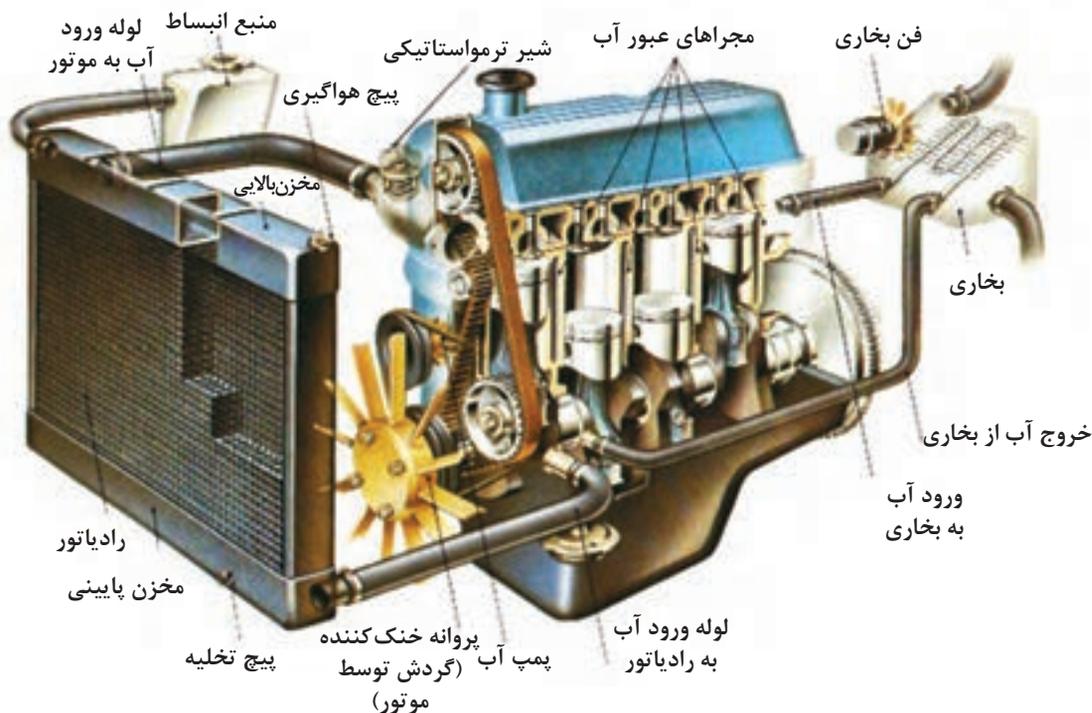
■ روغن‌ها با خاصیت شویندگی که دارند سبب تمیز کردن موتور از محصولات ناشی از احتراق و سایش قطعات شده و ضمن حمل ذرات به درون فیلتر روغن باعث حذف آنها از سامانه می‌شوند.

### سامانه خنک‌کاری

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

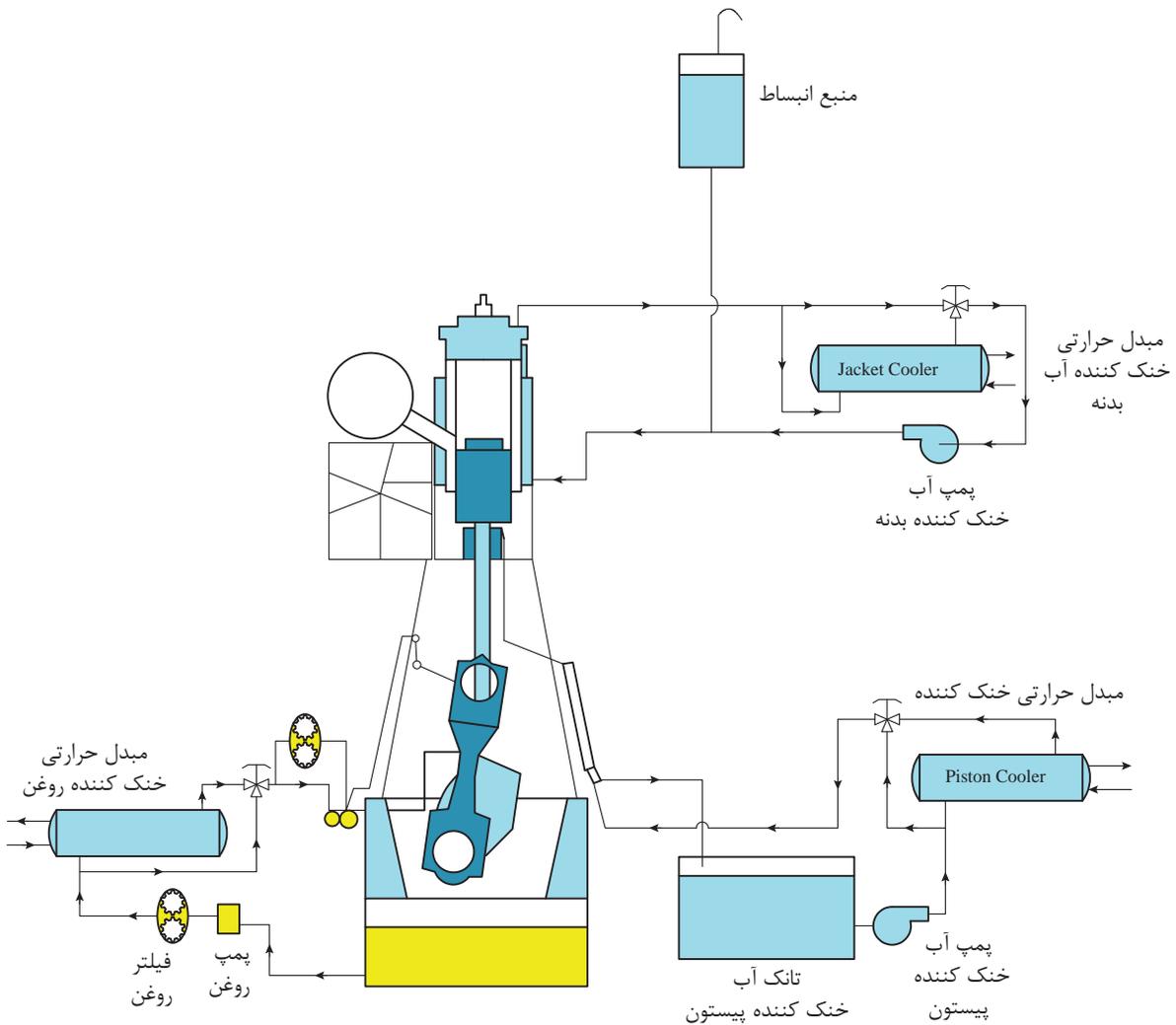
این سامانه تشکیل شده از یک پمپ آب از نوع گریز از مرکز (دینامیکی) است که آب خنک‌کننده را در درون راه‌هایی که به همین منظور در بدنه موتور و سرسیلندر ایجاد کرده‌اند به گردش در می‌آورد. آب گرم شده سپس به یک مبدل حرارتی وارد گشته و در آنجا خنک می‌شود.

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



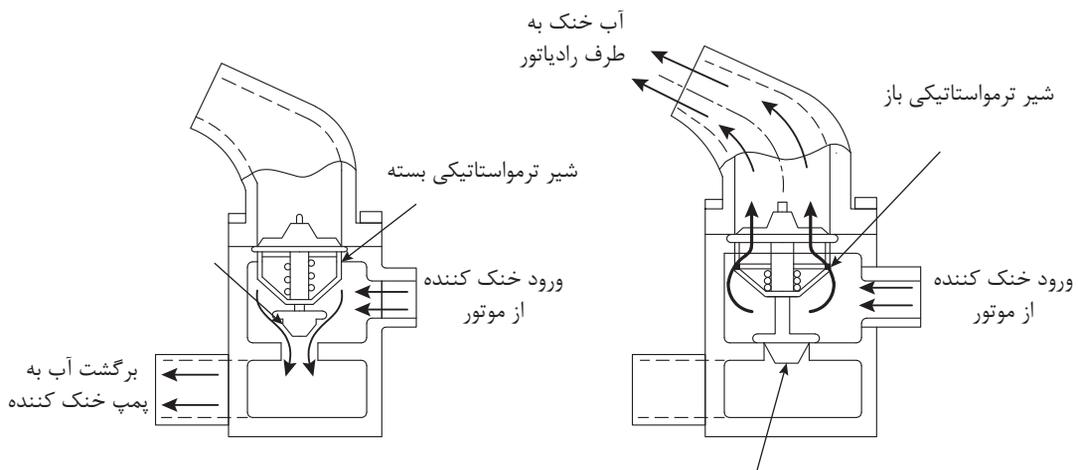
شکل ۲۵- سامانه خنک‌کاری رادیاتوری

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

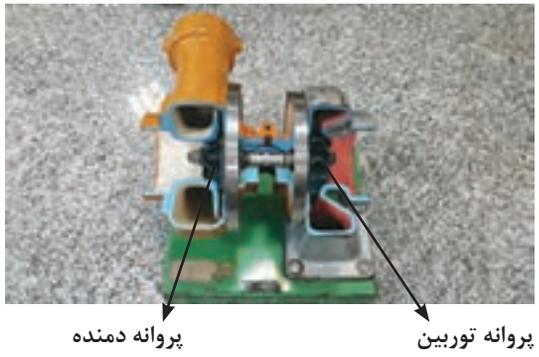
به منظور جلوگیری از کاهش دمای موتور در مواقعی مانند ابتدای استارت و یا کار در حالت کم بار از یک شیر ترمواستاتیکی برای ثابت نگه داشتن دما استفاده می‌شود. (شکل ۲۷)



شکل ۲۷- شیر ترموستاتیکی

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

کار در کلاس



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

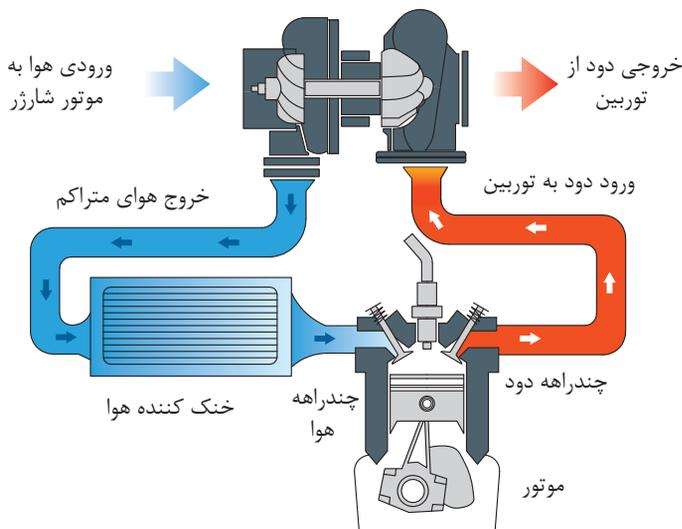


شکل ۲۸- توربو شارژر

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

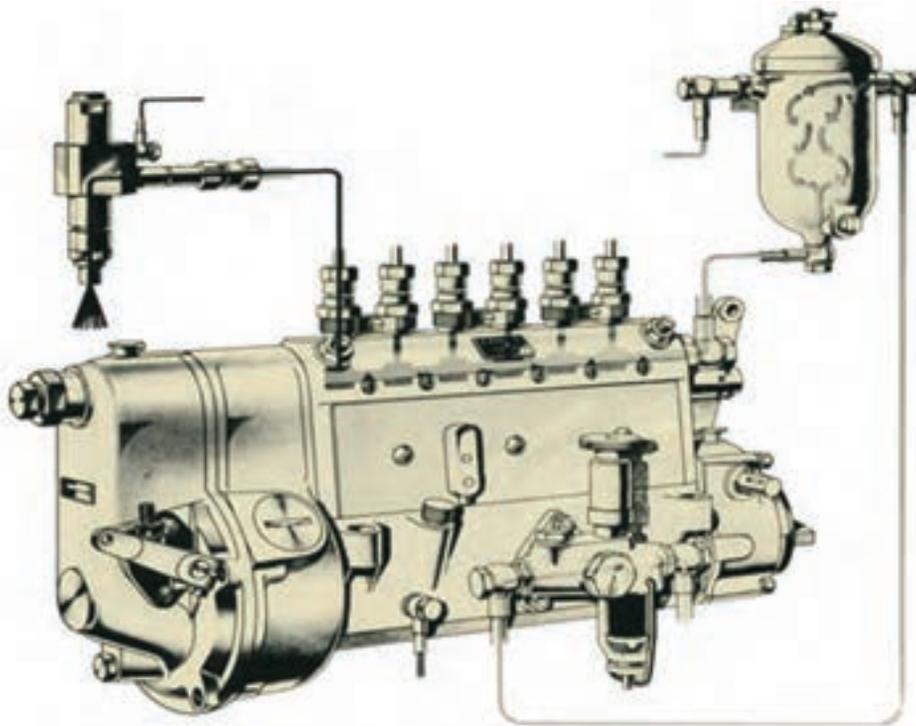


علت افزایش سطح روغن چه می تواند باشد؟  
اگر بر روی آب خنک کننده لکه های روغن مشاهده شود علت چیست؟

### 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 می فرستد 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 می گیرد. 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 می کند. این پمپ باید زمان بندی 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 شیاری بر روی آن به نام پلانجر (plunger) است. در این روش به ازای هر سیلندر موتور یک واحد بارل و پلانجر به همراه یک شیر یک طرفه و لوله فشار قوی انتقال سوخت وجود دارد که سوخت پرفشار را به انژکتور نصب شده بر روی سیلندر می‌رساند. پلانجر توسط یک فنر به پایین بر روی میل بادامک فشرده می‌شود. در موتورهای بزرگ میل بادامک محرک سوپاپ‌ها وظیفه راه‌اندازی پمپ انژکتور را به عهده دارد ولی در موتورهای کوچک پمپ انژکتور به صورت یکپارچه ساخته شده و میل بادامک

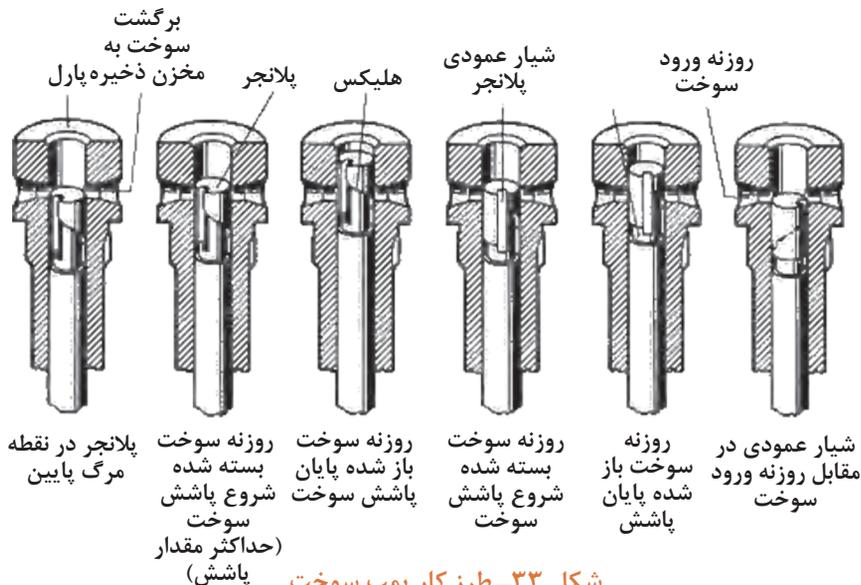


شکل ۳۱- پمپ انژکتور نوع جرک

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.

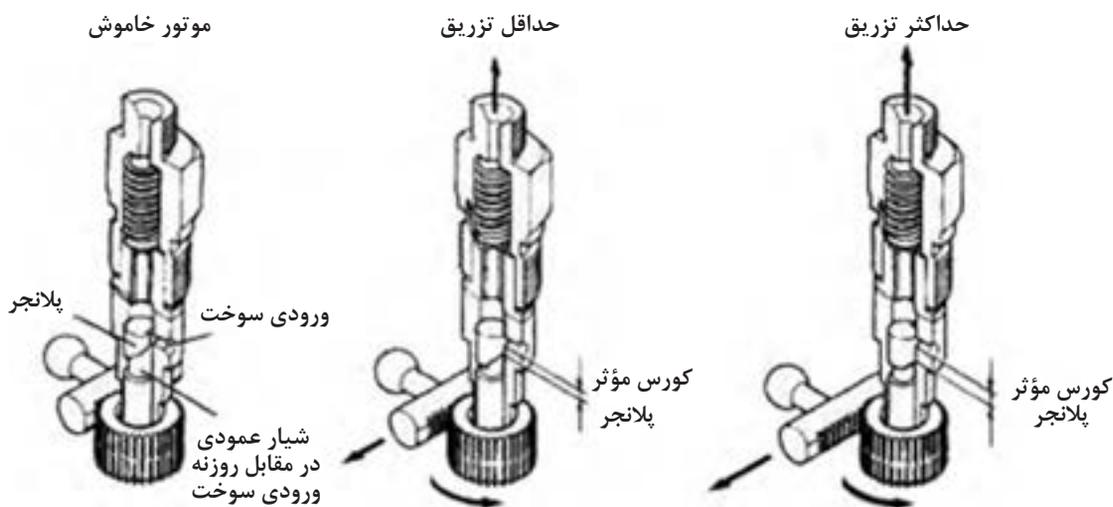


شکل ۳۳- طرز کار پمپ سوخت



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

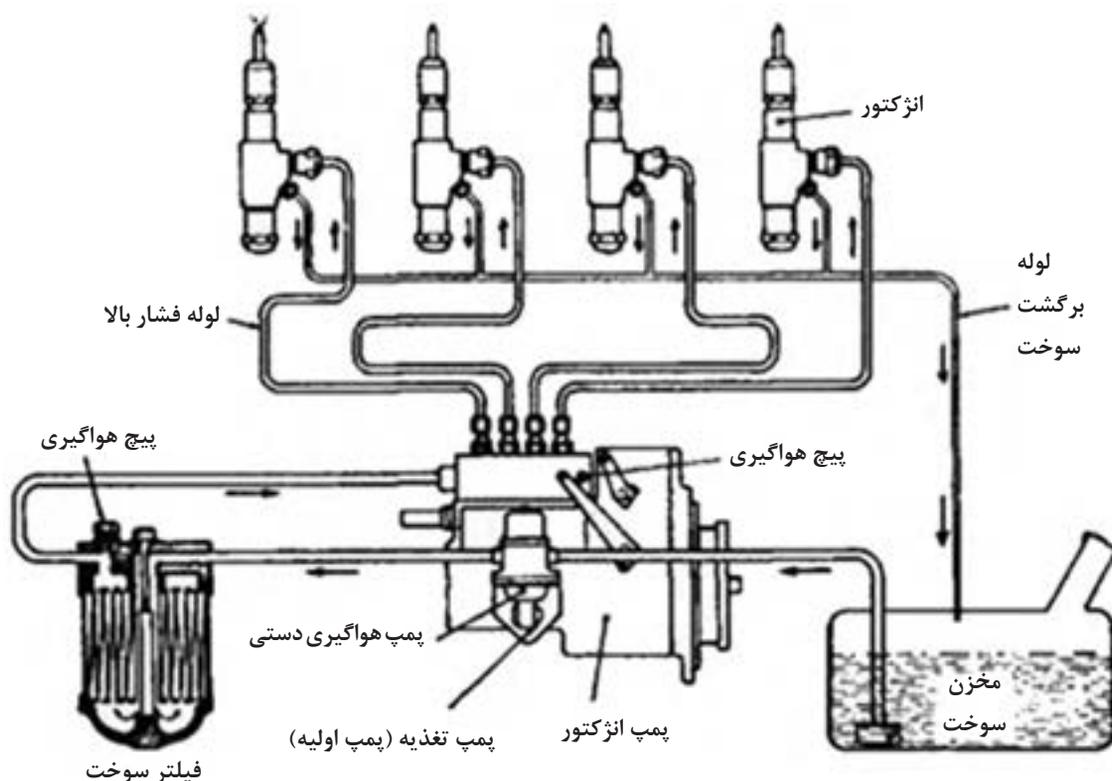


کنترل مقدار سوخت تزریق شده توسط «ناظم سوخت» یا «گاورنر» صورت می‌گیرد. گاورنر دستگاهی است مستقل که به صورت مکانیکی، الکترونیکی، یا الکترونیک هیدرولیکی مقدار سرعت موتور را تنظیم می‌کند. این دستگاه حسگرهایی دارد که دور موتور را سنجیده و سپس سرعت کنونی موتور (measured value) را با سرعتی که برای آن تعریف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

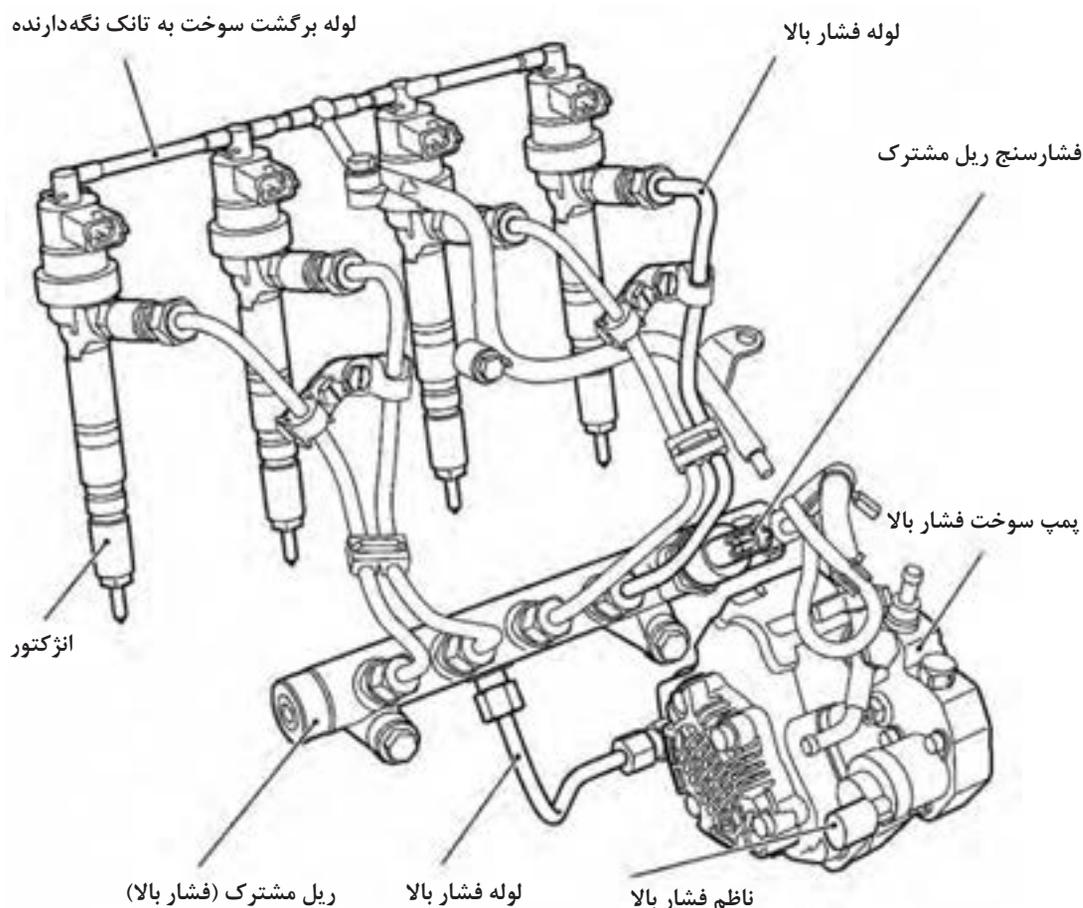


شکل ۳۵- پمپ هواگیری دستی

### 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.

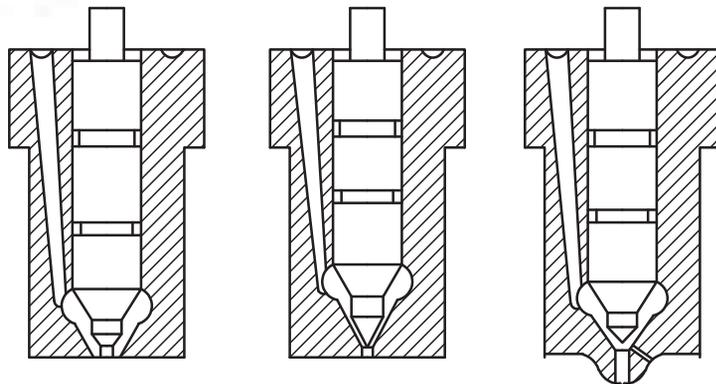
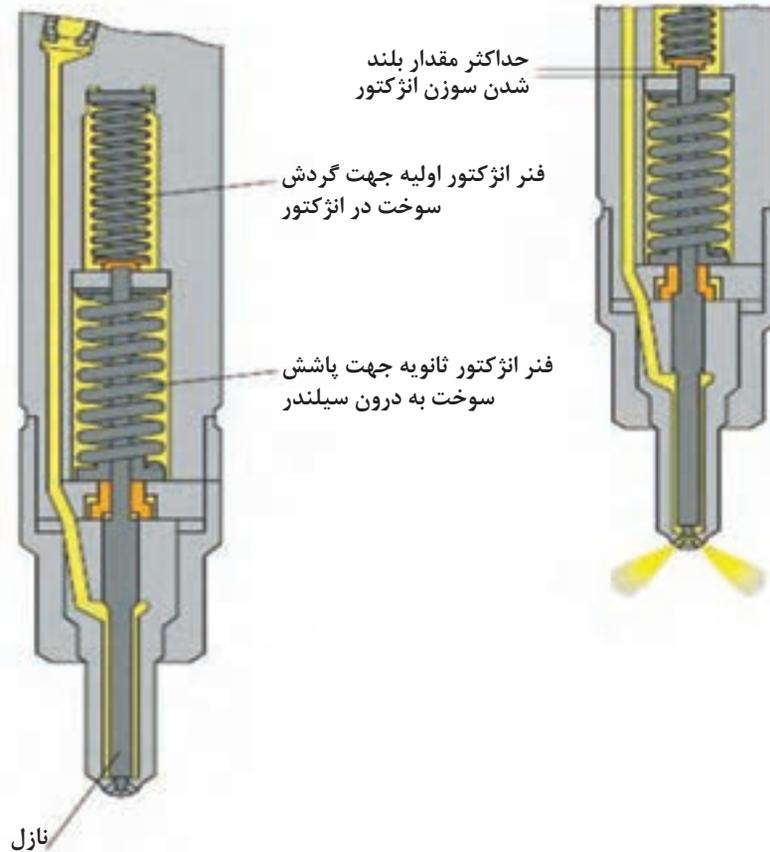
با استفاده از اینترنت تحقیق کنید مزایای استفاده از سامانه ریل مشترک چیست؟

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).



انژکتور چتری

انژکتور تک سوراخه

انژکتور چندسوراخه

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.

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؟  
نشستی انژکتور را بررسی کنید.

فعالیت  
کارگاهی



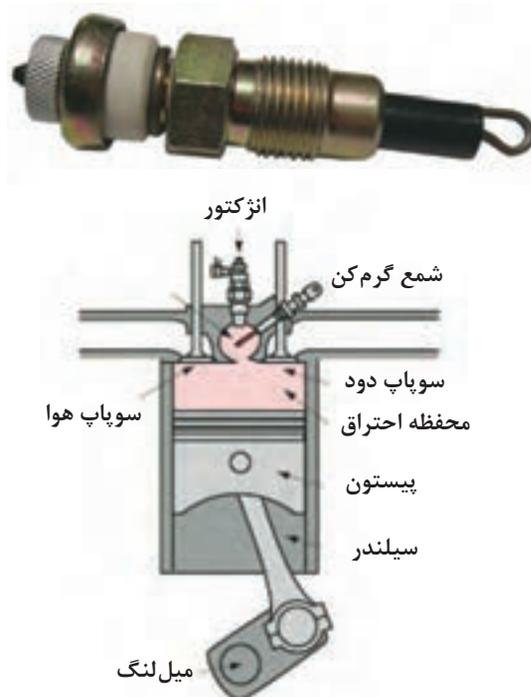
در هنگام کار بر روی انژکتور از وسایل حفاظت فردی به‌ویژه عینک محافظ استفاده نمایید. در هنگام آزمایش انژکتور هرگز دست خود را در نزدیکی نازل قرار ندهید. فشار بالای سوخت به راحتی توانایی پاره کردن بافت دست حتی با وجود پوشیدن دستکش را دارد.

نکته ایمنی



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.

نکته



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 گرم کن 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 گرم کن رفته باعث داغ شدن آن می‌شود و به این ترتیب سوخت راحت‌تر محترق و موتور روشن می‌گردد. (شکل ۳۸)

### سامانه استارت موتور

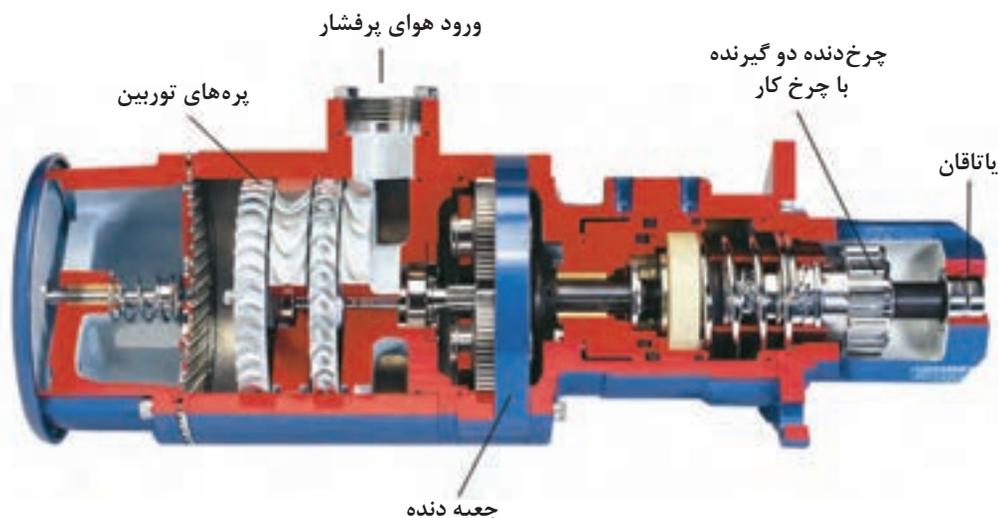
موتورهای دیزلی برای استارت اولیه خود از دو نیروی الکتریسیته و یا هوای فشرده بهره می‌برند:

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



شکل ۳۹- موتور استارتر الکتریکی

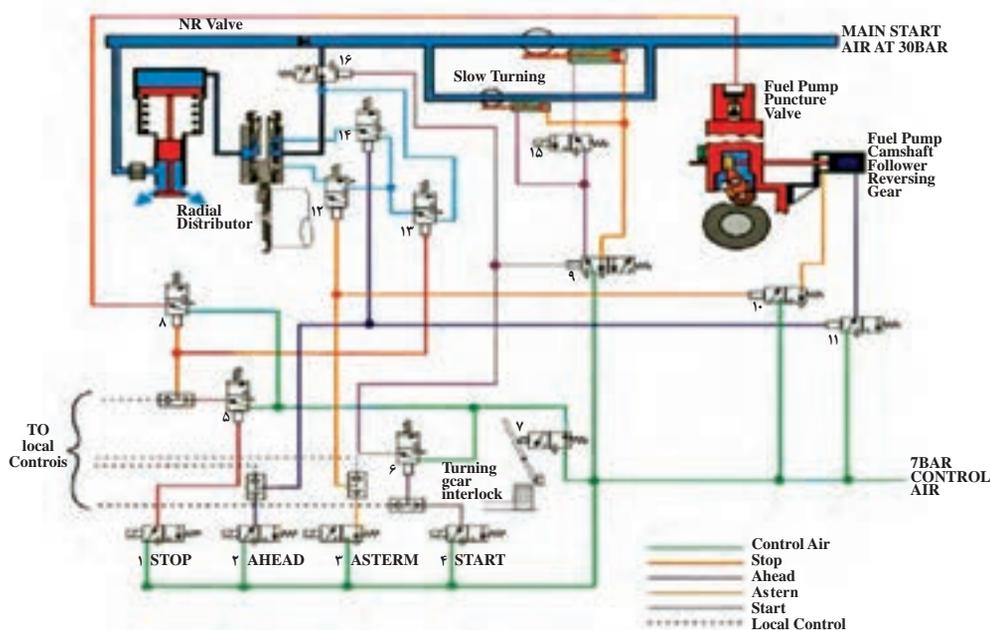
**موتور استارتر هوایی:** عملکرد موتور استارتر هوایی در بخشی که چرخ‌دنده به جلو و عقب حرکت می‌کرد مشابه استارتر الکتریکی است اما تفاوت آن در نحوه به گردش درآمدن آن است. موتور استارتر هوایی نیروی دورانی خود را از یک توربین می‌گیرد که با فشار هوای فشرده به گردش درمی‌آید. (شکل ۴۰) در این طرح باید همواره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



شکل ۴۰- موتور استارتر 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 استارت 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 بازکن</p>
	<p>Bearing scraper</p>	<p>شابر دستی</p>

### ارزشیابی مرحله‌ای

نمره	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نتایج	استاندارد عملکرد (کیفیت)	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	عنوان پودمان فصل
۳	<p>۱- سامانه باز و بسته کردن سوپاپ‌ها را بررسی کند.</p> <p>۲- سامانه روغن کاری موتور دیزل را بررسی کند.</p> <p>۳- سامانه خنک کاری موتور دیزل را بررسی کند.</p> <p>۴- سامانه سوخت‌رسانی موتورهای دیزل را بررسی کند.</p> <p>● هنرجو توانایی بررسی همه شاخص‌های فوق را داشته باشد.</p>	بالاتر از حد انتظار	شناسایی سامانه‌های موتورهای دیزل	بررسی سامانه‌های موتورهای دیزل	کاربری موتورهای دیزل
۲	<p>۱- سامانه باز و بسته کردن سوپاپ‌ها را بررسی کند.</p> <p>۲- سامانه روغن کاری موتور دیزل را بررسی کند.</p> <p>۳- سامانه خنک کاری موتور دیزل را بررسی کند.</p> <p>۴- سامانه سوخت‌رسانی موتورهای دیزل را بررسی کند.</p> <p>● هنرجو توانایی بررسی سه مورد شاخص‌های فوق را داشته باشد.</p>	در حد انتظار			
۱	<p>۱- سامانه باز و بسته کردن سوپاپ‌ها را بررسی کند.</p> <p>۲- سامانه روغن کاری موتور دیزل را بررسی کند.</p> <p>۳- سامانه خنک کاری موتور دیزل را بررسی کند.</p> <p>۴- سامانه سوخت‌رسانی موتورهای دیزل را بررسی کند.</p> <p>● هنرجو توانایی بررسی دو مورد شاخص‌های فوق را داشته باشد.</p>	پایین تر از حد انتظار			
					نمره مستمر از ۵
					نمره شایستگی پودمان از ۳
					نمره 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 زیست‌محیطی،</b> <b>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
	<b>میانگین نمرات</b>		*

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