دانش و فنّاوری

موتور

پایه گاز

زیر نظر سید مصطفی میرسلیم
مرکز تحقیقات موتور ایران خودرو

IPCO

دانش و فناوری
موتور ملی
پایه گاز

بسم الله الرحمن الرحيم

دانش و فناوری
موتور ملی
پایه گاز

زیر نظر سید مصطفی میرسلیم
مرکز تحقیقات موتور ایران خودرو

سال ۱۳۸۹

سرشناسه : میرسلیم، مصطفی، ۱۳۲۶
عنوان و نام پدیدآور : دانش و فناوری موتور ملی پایه گاز / زیر نظر سید مصطفی میرسلیم.
مشخصات نشر : تهران: شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران خودرو (ایپکو)، ۱۳۸۹.
مشخصات ظاهری : ٤٠٤ ص.: مصور (بخشی رنگی) ؛ جدول ، نمودار.؛ ۱۹×۲۷ س‌م.
شابک : ۹۷۸-۹٦٤-٠٤-٦۳۱٤-۷ ۱۵۰۰۰ ریال
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
یادداشت : واژه‌نامه .
یادداشت : کتابنامه .
موضوع : اتومبیل‌های گازسوز- ایران.
موضوع : اتومبیل‌های گازسوز
شناسه افزوده : شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران خودرو (ایپکو)
رده بندی کنگره : ۱۳۸۹ ۴T۱۲۲۹/۲۰۹م
رده بندی دیویی : ۲۲۹/۲۵٤
شماره کتابشناسی ملی : ۲۱۵۳۰۸۲

دانش و فناوری
موتور ملی پایه گاز

زیر نظر سید مصطفی میرسلیم
مرکز تحقیقات موتور ایران خودرو
ویراستار: حسین ایزانلو

چاپ نخست ۱۳۸۹
شمارگان ۲۰۰ نسخه

حروفچینی و آماده سازی : علی عابدی
مدیر هنری : حجت جان‌بابایی
طراحی جلد: حجت جان‌بابایی
لیتوگرافی و چاپ: سازمان چاپ و انتشارات ارشاد

حق چاپ محفوظ است

کیلومتر ٦ جاده مخصوص کرج، شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران خودرو
کدپستی ۱۳۹۸۸۱۳۷۱۱ تلفن: ٤٤٥۲۰۸۸۲-٤ نمابر: ٤٤٥۲۰۸۸۰

گروه نویسندگان

عنـاویـن فصـلهـا	نـویسنـدگـــان
دیباچه – مرکز تحقیقات موتور؛ آنچه بود، آنچه شد ...	محمد زالی
فصل اول – شناسایی، توسعه و مدیریت نیازمندیها	حسین ایزانلو
فصل دوم – توسعهٔ احتراق	حسین ایزانلو/ مجید کرباس‌فروشها
فصل سوم – شبیه سازی در فرآیند طراحی و توسعهٔ محصول	مهدی احمدی/ مجید کرباس‌فروشها
فصل چهارم – طراحی	مهدی مقصودی/ محمد کاظم خسروی نجاد/ محمدرضا افراز حبیبی/ سید محمد افقهی/ مهدی رجبعلی
فصل پنجم – جانمائی و تطابق قوای محرکه روی خودروی سمند	مسعودفروغی اصفهانی
فصل ششم – نگاشت و تنظیم رایانهٔ موتور	محمدغفوری‌کوهساره
فصل هفتم – فرآیند انتخاب سازندگان و تأمین قطعات	بابک سلک
فصل هشتم – استانده سازی	امیرفرزاد محسنیان راد/ حسین شاهدی
فصل نهم – تصدیق و صحه گذاری	پیمان شرقی
فصل دهم – تولید موتور	محسن کرمی
فصل یازدهم – تولید خودرو	محمد طباطبائی نیکخواه
فصل دوازدهم – بهبود مستمر کیفیت	علیرضا اصلانی/ مهران اوسطی
فصل سیزدهم – خدمات پس از فروش	امیر ابراهیم نژاد/ مجید سیامکی
فصل چهاردهم – جذب، آموزش منابع انسانی و انتقال دانش فنی	هادی طزری/ نادر طاهری
فصل پانزدهم – بودجه بندی و قیمت تمام شده طرح موتور ملی	علی مشیری موحد

گروه ویراستاری

سید مصطفی میرسلیم/ حسین ایزانلو/ علی روحانی/ احسان نعیمی نوقابی/ مصطفی اسدزاده/ آرش چنانی

فهرست مطالب

دیباچه

مرکز تحقیقات موتور؛ آنچه بود، آنچه شد ... چهار

فصل اول

شناسایی، توسعه و مدیریت نیازمندی‌ها ۴

۱–۱ پیش‌درآمد ۴

۱–۲ شناسایی عوامل وابسته به طرح ۵

۱–۳ توضیح نیازمندی‌ها و الزمات کارهای مختلف ۶

۱–۴ توسعهٔ نیازمندی‌ها ۹

۱–۵ صحه گذاری نیازمندی‌ها ۱۲

۱–۶ مدیریت نیازمندی‌ها ۱۲

فصل دوم

توسعهٔ احتراق ۱۶

۲–۱ پیش‌درآمد ۱۶

۲–۲ ساخت موتور آزمایشگاهی ۱۶

۲–۳ توسعهٔ راهگاهها ۱۷

۲–۴ آماده سازی موتور و آزمون ۱۹

۲–۵ دامنهٔ فعالیت‌های توسعهٔ احتراق ۲۱

۲–۶ محدوده‌های ارزیابی موتور در آزمونهای توسعهٔ احتراق ۲۲

۲–۷ متغیرهای احتراق ۲۳

پیوست ۱-۲ تصویر قطعات موتور آزمایشگاهی ۲۴
پیوست ۲-۲ نوارهای بازده جریان و عدد گردبادهٔ موتورهای آزمایشگاهی ۲۵
پیوست ۳-۲ شرایط استاندهٔ اتاق آزمون ۲۶
پیوست ۴-۲ مشخصات و تصویر بعضی از تجهیزات مورد استفاده در آزمون‌های احتراقی ۲۷
پیوست ۵-۲ برنامهٔ آزمون‌های احتراقی موتور ملی ۳۰
پیوست ۶-۲ شرایط آزمون‌های احتراقی موتور ملی ۳۲
پیوست ۷-۲ متغیرهای مهم برای تفسیر رفتار ترمودینامیکی موتور ۳۳

فصل سوم

شبیه سازی در فرآیند طراحی و توسعهٔ محصول ۵۲

۳-۱ پیش‌درآمد ۵۲
۳-۲ فعالیت‌های شبیه سازی در مرحلهٔ طراحی مفهومی خانوادهٔ موتور ملی ۵۴
۳-۳ فعالیت‌های شبیه‌سازی در مرحلهٔ طراحی تفصیلی موتور ملی ۵۹

فصل چهارم

طراحی ۷۴

۴-۱ پیش‌درآمد ۷۴
۴-۲ قطعات پایینی موتور ۷۴
۴-۳ قطعات بالایی موتور ۹۶
۴-۴ طراحی مجموعهٔ قطعات جانبی موتور ۱۲۴

فصل پنجم

جانمایی و تطابق قوای محرکه روی خودروی سمند ۱۳۴

۵-۱ پیش‌درآمد ۱۳۴
۵-۲ جعبه دنده ۱۳۴
۵-۳ سامانهٔ خنک‌کاری ۱۳۶
۵-۴ سامانهٔ نگهدارندهٔ قوای محرکه ۱۳۸
۵-۵ سامانهٔ تعویض دنده ۱۴۱
۵-۶ سامانهٔ مجرای دود ۱۴۲
۵-۷ سامانهٔ هوای ورودی به موتور ۱۴۴
۵-۸ سامانهٔ سوخت رسانی موتور (حالت بنزینی) ۱۴۷

فصل ششم

نگاشت و تنظیم رایانهٔ موتور ۱۵۲

۶-۱ پیش‌درآمد ۱۵۲
۶-۲ سامانهٔ مدیریت موتور ۱۵۳
۶-۳ روش‌های نگاشت و تنظیم ۱۵۷
۶-۴ موارد اختصاصی نگاشت موتور پایه گازسوز ۱۷۱

فصل هفتم

فرآیند انتخاب سازندگان و تأمین قطعات ۱۷۸

۷-۱ پیش‌درآمد ۱۷۸
۷-۲ انتخاب سازندگان ۱۷۸
۷-۳ مراحل تأمین ۱۷۹
۷-۴ فرآیند تأمین قطعات ۱۸۰

فصل هشتم
استانده سازی ۱۹۰
۸–۱ پیش‌درآمد ۱۹۰
۸–۲ استانده‌های کیفی ۱۹۲
۸–۳ شماره‌گذاری و ارجاع به استانده‌ها ۱۹۴
۸– ۴ استاندۀ آزمون‌های صحه‌گذاری مجموعۀ همبندی سامانۀ گازرسانی در موتور ۱۹۵
۸–۵ استاندۀ پذیرش میل بادامک سخت کاری شده ۲۰۱

فصل نهم
تصدیق و صحه‌گذاری ۲۱۰
۹–۱ پیش‌درآمد ۲۱۰
۹–۲ نیازمندی های فرآیند صحه‌گذاری ۲۱۱
۹–۳ فهرست آزمون‌های موتور ۲۱۲
۹–۴ آزمون‌های وظیفه‌ای ۲۱۵
۹–۵ آزمون‌های دوام ۲۱۵
۹–۶ بازخورد صحه‌گذاری به طراحی ۲۱۸
پیوست ۹–۱ شیوه‌نامۀ اجرای برگه‌های اعلام خرابی ۲۲۱

فصل دهم
تولید موتور ۲۲۴
۱۰–۱ پیش‌درآمد ۲۲۴
۱۰–۲ خط همبندی موتور ملی ۲۲۵
۱۰–۳ خطوط ماشین‌کاری بدنه و بستار موتور ملی ۲۳۲

فصل یازدهم
تولید خودرو ۲۳۸
۱۱–۱ پیش‌درآمد ۲۳۸
۱۱–۲ فرآیند طراحی و پیاده سازی سامانۀ جامع تولید ۲۳۸
۱۱–۳ پایش تدارکات ۲۴۳

فصل دوازدهم
بهبود مستمر کیفیت ۲۵۰
۱۲–۱ پیش‌درآمد ۲۵۰
۱۲–۲ فرآیند تأیید قطعات تولیدی ۲۵۱
۱۲–۳ شاخص طرح کیفیت ۲۵۴
۱۲–۴ تعیین صلاحیت فرآیند در طرح موتور ملی ۲۶۰
پیوست ۱۲–۱ طرح کیفیت تولید موتور ملی ۲۶۴
پیوست ۱۲–۲ فهرست وارسی ۵۴ بندی موتور ملی ۲۶۹

فصل سیزدهم
خدمات پس از فروش ۲۷۶
۱۳–۱ پیش‌درآمد ۲۷۶
۱۳–۲ مدارک و مستندات خدمات پس از فروش ۲۷۶
۱۳–۳ تدارک و تأمین قطعات یدکی در طرح موتور ملی ۲۸۳
۱۳–۴ آموزش شبکۀ نمایندگان ۲۸۴
۱۳–۵ ابزارهای مخصوص به کار رفته در موتور ملی ۲۸۵
۱۳–۶ عیب یابی به کمک نرم افزار ۲۸۵

فصل چهاردهم
جذب، آموزش منابع انسانی و انتقال دانش فنی ۲۹۴
۱-۱۴ پیش‌درآمد ۲۹۴
۲-۱۴ جذب منابع ۲۹۵
۳-۱۴ آموزش و توسعهٔ منابع انسانی ۲۹۹
فصل پانزدهم
بودجه بندی و قیمت تمام شدهٔ طرح موتور ملی ۳۱۰
۱-۱۵ پیش‌درآمد ۳۱۰
۲-۱۵ معرفی طرح و ارائهٔ دامنهٔ کاربرد آن ۳۱۰
۳-۱۵ اهداف و دلایل اجرای طرح ۳۱۳
۴-۱۵ آخرین وضعیت بودجه بندی طرح موتور ملی ۳۱۳
۵-۱۵ بررسی مالی و اقتصادی طرح ۳۱۷

فهرست راهنما (فارسی) I
فهرست راهنما (انگلیسی) XIII

واژه نامه (فارسی) XVIII
واژه نامه (انگلیسی) XXII

بسم الله الرحمن الرحیم

دانش و فنّاوری موتور را می‌توان به صورت نظری در دانشگاه کسب‌کرد؛ به مناسبت طراحی موتور ملی پایه گاز، عملاً کمبودهای این دانش و فنّاوری را مهندسان درگیرِ طرح، در حین پیشبرد طراحی و سپس در هنگام آزمون‌های توسعهٔ موتور، از مشاور به‌دست‌آوردند و بعدها برای طرح‌های دیگر به کار بستند: انتقال دانش فنی، به شیوه‌ای با بهره‌وری بسیار خوب، انجام گرفت.

این سرمایه باید حفظ می‌شد و فایدهٔ آن در محیط‌های علمی و تخصصی گسترش می‌یافت. بدان منظور دو اقدام ضروری می‌نمود:

۱- مستندسازی حرفه‌ای مجموعهٔ مدارک و گزارش‌ها برای تکرار و توسعه در طراحی موتورهای آینده و مورد نیاز

۲- تدوین کتاب مرجع طراحی موتور پایه گاز

اثری که پیش روی شماست، نمایانگر نتیجهٔ اقدام دوم است که می‌تواند مستقیماً در اختیار متخصصان موتور، استادان و دانشجویان این رشته در کشور قرار گیرد.

کاری که این کتاب آینهٔ آن است، خود دارای تاریخچهٔ ارزشمندی است که آگاهی از آن برای کسانی که علاقه‌مند و معتقد به نیل به استقلال فنی کشورند، ضروری است؛ تا معلوم شود برای نتیجه‌گیری در چنان کار سترگی بسیار پایمردی لازم است و اگر این مرحله نتواند به سلامت و کمال طی شود، اساساً دستیابی به اهداف چشم‌انداز غیرممکن است. لذا در دیباچهٔ کتاب به تشریح فرآیند کلی طرح و مراحلی که طی شد و مشکلاتی که پیش‌آمد و راه‌حل‌هایی که اتخاذ شد، پرداخته‌ایم. لحن این دیباچه، خودمانی و بی‌تکلف است و سعی شده به لحاظ اداری، بی‌پیرایه باشد و البته آنقدر طولانی نباشد که باعث ملالت خاطر خوانندگان گردد و این به مفهوم آن است که ابعاد آن مشکلات و جزئیات آن، مفصل‌تر از این است ولی کتاب بیش از این، مجال آن را ندارد.

در فصل‌های مختلف کتاب به موضوعات طراحی مفهومی و طراحی تفصیلی و آزمون‌های توسعه‌ای و نیز مدیریت طرح پرداخته‌ایم و تا آن‌جا که مالکیت معنوی طرح را به مخاطره نمی‌انداخته و جوابگوی فایده‌ای عمومی در زمینهٔ توسعهٔ دانش و فن طراحی موتور بوده است، مطالب را شرح و تفصیل داده و مدارک و اسناد لازم را ضمیمه‌کرده‌ایم.

برای این کار بیش از ۲۰۰۰۰ نفر ساعت صرف شده و مراحل پی‌درپی ویرایش علمی، فنی و صوری انجام گرفته است. با این همه، به هیچ وجه ادعا نمی‌کنیم که محصول کار بی‌نقص است. قطعاً با دریافت نظریات خردمندانه و دلسوزانهٔ خوانندگان دقیق، باریک‌بین و متعهدی که به این اثر مراجعه‌خواهند کرد، در چاپ‌های بعدی خواهیم توانست به رفع نقص و تکمیل یا بهبود آن بپردازیم.

خدای متعال را برای توفیقی که به ما عطافرمود تا بدین مرحله برسیم، شکرگزاریم و دوام توفیق را نیز از او می‌طلبیم.

بِمنِّه وَ کَرَمِه
سیدمصطفی میرسلیم
دی‌ماه ۱۳۸۹

155.5°
B
18° (3x)
C
E
0.1 B A C
Ø6.2 H12 thru
C
(114°) sensor position
C
E
R113.12
A
120° (3x)
60° (4x)
D
A
100
16

دیباچه

مرکز تحقیقات موتور؛ آنچه بود، آنچه شد ...

دیباچه

«تا آن‌گاه که آفرینشم به مشیتت از آب نطفه فرمودی و در ظلمات سه‌گانه در میان لحم و خون و پوست مسکن دادی، نه مرا از کیفیت خلقتم آگه ساختی و نه کاری در آفرینشم بـه مـن واگذار کردی تا آن‌که مرا بر آن رتبهٔ معرفت و هدایت علم ازلی با خلقت کامل و آراسـته به دنیا آوردی و در گهواره که کودکی ناتوان بودم، مرا نگهداشـتی و از شیر مادر غذایی گوارا روزیم کردی و دل‌های دایگان را به من مهربان سـاختی. مادران مهربان را برای محافظتم از آسیب جن و شیطان برگماشتی و از عیب و نقصان، خلقتم را پیراستی. به هر حال بسی بلندمرتبه خدای مهربانی پس آن‌گاه که زبانم به سخن گشودی و نعمت بی‌حدت به اعتدال رسـید، پـس حجت را بر من الزام نمودی و معرفـت خود را به قلبم الهام فرمودی و در عجایب حکمت‌های خویش چشـم عقلم را حیران‌ساختی و مرا بیدار و هشیار کردی تا در آسمان و زمین، بدایع مخلوقاتت را مشاهده کنم و مرا به یاد خود و شـکر نعمت‌های بی‌حد خویش متذکر ساختی و طاعت و عبادتت را بر من فرض نمودی و فهـم و دانـش علوم و حقایقی که پیمبرانت به وحی آوردنـد به من عطا فرمودی و در تمام این مرحمت‌ها بر من به اعانت و لطف خود منت گذاردی، سپس مرا از بهترین خاک بیافریدی و برای آسـایش من به یک نوع نعمت راضی نشـدی، بلکه به انواع نعمت‌های بی‌شمار مرا متنعم ساختی و به هرگونه طعام و لباس و اثاث زندگی برخوردار کردی و همه صرفِ لطف بی‌حد و احسـان نامتناهای تو بود و چون هرگونه نعمت را بر من تمام کردی و هرگونـه رنـج و بلا را از من برطرف نمودی، باز جهـل و بی‌باکی من تو را مانع از این لطف بزرگ نشـد که دلالتم کنی و به هر چه سـبب مقام قرب توست، موفق سازی و با همهٔ بی‌باکی و گناه باز هر وقت تو را خواندم، اجابت کردی و چون از تو درخواستی کردم، عطا فرمودی و اگر تو را اطاعت کردم، پاداش کامل دادی و اگر شـکرت به‌جای آوردم، بر نعمتم افزودی. همهٔ این لطف‌ها را فرمودی تا نعمت و احسـانت را بر من به حد کمال رسانی.»

«بخشی از دعای امام حسین (علیه‌السلام) در روز عرفه»

تاریخچهٔ مرکز تحقیقات موتور ایران‌خودرو

ضرورت ایجاد مرکز تحقیقاتی در زمینهٔ موتور در ایران

آنچه امروز به نام فنّاوری طراحی و ساخت موتور احتراق داخلی در اختیار داریم، در حقیقت حلقهٔ واقعی و راهکار وصل صنعت و دانشگاه است که مدیون زحمات و اندیشهٔ کار گروهی و اصالت‌دادن به برداشتی از توسعه است که بر اساس دین و آموزه‌های انقلاب اسلامی پایه‌ریزی شده است و در حقیقت تسلیم شدن به ارادهٔ خدا در امور انسان است. این مسیر ثابت‌کرد که از طریق شناسائی نیازمندی‌ها و توان صنعت و دانشگاه، تحت مأموریت‌های تعریف‌شده و توسط یک شرکت مستقل طراحی متعلق به صنعت از قبول مسؤولیت تا طراحی و از طراحی تا تولید انبوه، تحقق شعار همکاری دانشگاه و صنعت امکان‌پذیر است.

پیروزی انقلاب اسلامی ایران در بهمن سال ۱۳۵۷ با شعار نه شرقی، نه غربی، پس از سال‌ها وابستگی بی‌چون و چرای علمی، صنعتی و سیطرهٔ فرهنگ مصرف‌گرایی، بارقهٔ امیدی بود که روحی تازه در کالبد تمدن و فرهنگ ایرانی– اسلامی این مرز و بوم دمید.

با این رخداد بی‌نظیر، آن‌چه که بیش از پیش کشور را در وهلهٔ اول تهدید می‌کرد، عدم تأمین نیازهای اولیه به دنبال تحریم اقتصادی بود که با درایت و از خودگذشتگی مردم و مسؤولان و علی‌رغم تمامی توطئه‌های همه‌جانبه، پس از فراز و نشیب‌های فراوان در سایهٔ وحدت کلمه مرتفع گردید. در وهلهٔ دوم با آغاز جنگ تحمیلی، مهم‌ترین کار، پیشبرد دفاع مقدس و اثرات آن بر توسعهٔ کشور و برنامه‌ریزی‌های بلندمدت وابسته به آن بود. در چنین شرایطی، ایجاد و توسعهٔ مراکز تحقیقاتی و اجرای طرح‌های بنیادین در بخش‌های علمی– صنعتی به عنوان یکی از شیوه‌های دستیابی به استقلال علمی کشور نزد متولیان و مسؤولان مطرح شد و بعضاً در دستور کار قرار گرفت. در بخش صنعت حمل و نقل برای جابه‌جایی کالا و مسافر در زمین، دریا، هوا و در بخش صنایع ماشین‌آلات کشاورزی، راه‌سازی و ایجاد ایستگاه‌های تولید برق، با توجه به سابقهٔ نسبتاً طولانی واردات و همبندی قوای محرکه، ضرورت تأسیس رشتهٔ دانشگاهی قوای محرکه و ایجاد مراکز تحقیقاتی توانمند از چهل سال قبل، امری اجتناب‌ناپذیر بود که متأسفانه تا انتهای دههٔ دوم انقلاب اسلامی، یعنی سال ۱۳۷۶ علی‌رغم نیاز اساسی به تأخیر افتاد. البته معمار انقلاب قبل از هر چیز، مهم‌ترین راهبرد کشور را با توجه به منابعی که در اختیار داریم، رفع وابستگی با اولویت خودکفایی و صادرات محصولات کشاورزی و پوشاک اعلان کرده بود ولی ما هنوز نتوانسته‌ایم این مهم را ساماندهی کرده و به وضع قابل قبول و منظمی برسانیم.

معرفی مرکز تحقیقات موتور و تاریخچه و برنامه‌ریزی طرح خانوادهٔ موتور ملی به طور گسترده در این کتاب میسر نیست و در این دیباچه فقط به بیان بسیار مختصری از زیرساخت‌ها و فعالیت‌های مرکز و طرح موتور ملی بسنده می‌کنیم و مطالب مفصل این بخش را که حدود پانصد صفحه شرح دارد، به ضمایم و پیوست‌ها، که همگی با نظم خاصی در بایگانی مرکز تحقیقات موتور ایران‌خودرو وجود دارد، ارجاع می‌دهیم.

شایسته است پیش از شروع تاریخچه، از بزرگان، استادان، دانشمندان و نخبگان کشور که ما را در این امر یاری کردند و اکنون در بین ما نیستند، چون: آقایان مرحوم دکتر ابتکار، مرحوم مهندس نبوی، مرحوم دکتر پیروزپناه، مرحوم دکتر زرین‌چنگ یادی نموده و از خدای بزرگ طلب مغفرت کنیم. همچنین از کلیهٔ فرزندان این مرز و بوم که با از خودگذشتگی و ایثار جان عزیز خود و همچنین جانبازان، ایثارگران، آزادگان و خانوادهٔ آنان که با استقامت و صبر و تحمل رنج و غم فراوان، برای ایران عزیز اسلامی امروز این فرصت را در اختیار این نسل از ایرانیان برای پیشرفت علمی قرار داده‌اند، سپاسگزاریم. به جرأت می‌توانم عرض کنم که متخصصان و محققان ما با سخت‌کوشی و بی‌چشم‌داشت از بدو تأسیس مرکز همان راهی را رفته‌اند که آرزوی آن سنگرنشینان و سنگرسازان بی‌سنگر بود و از خدای عالم توفیق این عزیزان را خواستاریم، بویژه از مدیران عامل و اعضای هیأت‌مدیره شرکت ایران‌خودرو، ساپکو، ایپکو، ایساکو، گسترش سرمایه‌گذاری و شرکت‌های وابسته، رؤسای محترم سازمان گسترش، وزرای محترم صنایع و نفت، سازمان بهینه‌سازی و شرکت پالایش و پخش، نمایندگان محترم مجلس شورای اسلامی خصوصاً کمیسیون‌های صنایع، انرژی و آموزش عالی و استادان محترم دانشگاه‌های همکار، خصوصاً ناظر عالی طرح موتور ملی جناب آقای مهندس میرسلیم،

سازندگان محترم درگیر در طرح موتور ملی، مدیران ارشد ایران‌خودرو، معاونان و مدیران و کارشناسان محترم بازرگانی، موتورسازی، سواری‌سازی، مهندسی محصول، توسعهٔ محصول جدید[۱] و مسؤولان پروژه و کارشناسان موتور ملی در توسعهٔ محصول، مالی- اقتصادی، مرکز مهندسی، کیفیت، فروش، برنامه‌ریزی استراتژی، و مدیران ارشد ساپکو، معاونان، مدیران و کارشناسان ساخت خصوصاً واحد موتوری و مدیران طرح موتور ملی ساپکو، مهندسی، مالی، برنامه‌ریزی و کیفیت ساپکو و در شرکت‌های ایساکو و ایپکو، معاونان، مدیران و کارشناسان محترم طراحی، شبیه‌سازی، صحه‌گذاری، مهندسی محصول، روش[۲]، تضمین کیفیت، مالی، بازرگانی، منابع انسانی و سایر واحدهای درگیر در طرح طاقت‌فرسای خانوادهٔ موتور و تأسیس مرکز تحقیقات موتور، کمک حال دائمی بوده‌اند تا این مرکز امروز از خدمتگزاران ملت ایران شده است، تشکر و قدردانی می‌کنم.

بهمن ۱۳۷۶، شکل‌گیری مرکز تحقیقات موتور

در آذر ۱۳۷۶ پیشنهاد تأسیس مرکز تحقیقات موتور مورد قبول مدیرعامل وقت ایران‌خودرو قرارگرفت و کار تهیهٔ دفترچهٔ گزارش امکان‌سنجی مرکز تحقیقات موتور آغاز شد. در تهیهٔ این دفترچه از همکاری دکتر صیدی، مدیر برنامه‌ریزی و سامانهٔ شرکت ایران‌خودرو و امکانات آن مدیریت بهره‌بردیم و پس از سه ماه کار مداوم و بهره‌گیری از سوابق کارهای انجام‌شده و اطلاعات موجود در کشور، گزارش توجیهی طرح ایجاد مرکز تحقیقات موتور در دو جلد به مدیر عامل ایران‌خودرو تقدیم شد و به تصویب ایران‌خودرو و سازمان گسترش رسید [۱] و مقرر شد مرکز با سرعت در به کارگیری منابع و توسعه در قالب شرکتی مستقل، کار خود را آغاز کند. در طراحی و تولید موتور، علوم مختلف و متخصصان وابسته به آن علوم با هماهنگی کامل باید به کار گرفته می‌شد که این امر حجم گسترده‌ای از فعالیت را تشکیل می‌داد. از جمله آنان علوم حرارت و سیالات، طراحی و جامدات، ساخت و تولید، الکترونیک، مدیریت و پایش، شیمی، برق، پلیمر، مکاترونیک، صدا و ارتعاش، و روش‌های نوین محاسبات مهندسی و شبیه‌سازی، اصطکاک، روغن‌کاری، خنک‌کاری، نگاشت[۳] موتور و خودرو، واکنشگرها و مهندسی صنایع، الگوبرداری، مهندسی ساخت تجهیزات، مهندسی محصول، روش و تضمین کیفیت در چرخهٔ توسعهٔ محصول موتور مداخله دارند.

با انتخاب یکی از شرکت‌های تازه تأسیس در ایران‌خودرو به نام شرکت «بهپو قطعه» ضمن تغییر اساسنامه و با ترکیب جدید اعضای هیأت‌مدیره (مهندس سیدمصطفی میرسلیم، رئیس هیأت مدیره و مهندس محمد زالی، مدیر عامل، مهندس رضا ویسه، مهندس جواد نجم‌الدین و دکتر مسعود برومند اعضای هیأت‌مدیره) کار با نام خدای بزرگ شروع شد [۲].

در ابتدای امر، دو اتاق مشاوران در قسمت شمالی باشگاه فعلی ایران‌خودرو (پیکان) برای استقرار شرکت اختصاص داده شد. با به کارگیری پنج نفر نیرو «شرکت تحقیقات موتور ایران‌خودرو» در بهمن ۱۳۷۶ عملاً کار خود را آغاز کرد. بدین ترتیب بعد از گذشت بیش از صد سال از ورود خودرو به کشور، اولین مرکز تحقیق و طراحی موتور در ایران، تأسیس شد. تا این تاریخ در تنظیم راهبرد خودرو در برنامهٔ دوم، که به مناسبت آن زحمات زیادی برای ایجاد پایگاه‌های ساخت قطعات و مجموعه‌های وابسته به خودرو کشیده شده بود، موضوع مرکز تحقیقات موتور به طور خاص هنوز جایگاهی نداشت [۳].

اولین موضوعاتی که در دستور کار قرارگرفت عبارت بودند از:

۱) هدف‌گذاری و تعریف کار از راه الگوبرداری بر اساس نیاز کشور

۲) تشکیل شورای عالی تحقیقات برای تعریف و هدایت طرح‌های تحقیقاتی و دعوت از استادان و دست‌اندرکاران امور علمی در موتور

۳) شناسایی و جذب منابع (نیروی انسانی، تجهیزاتی، ساختمانی، مدیریتی و مالی)

۴) طراحی ساختار مناسب برای مرکز تحقیقات موتور برای بهره‌گیری کامل از امکانات موجود مراکز تحقیقاتی، دانشگاهی و سازندگان قطعه در داخل و خارج کشور

۱-NPD (New Product Development) ۲- Method ۳- Calibration

ایجاد زیرساخت‌ها در حد امکانات مالی شرکت

برای روشن شدن مطلب و یادآوری سرفصل‌های کاری، تاریخچه و سابقهٔ موتور در خارج و داخل کشور، پس از تأسیس شرکت «تحقیقات موتور ایران‌خودرو» مورد توجه قرار گرفت و اولین سند کلیات اهداف و راهبرد و برنامه‌های شرکت تحقیقات موتور، اگر چه ابتدایی بود، استخراج شد [۴].

اصلی‌ترین مشکل تأسیس مرکز تحقیقات موتور، فقدان کارشناس متخصص در موتور بود که این مسأله از پیامدهای فقدان رشتهٔ مستقل دانشگاهی موتور در کشور تا سال ۱۳۷۸ بود.

در سال ۱۳۷۷ تعداد محدودی از نیروهای داخل و خارج کشور، که خودجوش و با علاقهٔ شخصی پایان‌نامه‌های دانشگاهی خود را با موضوع موتور تعریف کرده بودند و همچنین افرادی که در زمینهٔ موتور فعالیت داشتند، شناسایی و جذب شدند. تعداد این افراد انگشت‌شمار بود، لذا موجبات آموزش نیروهای کارشناس فنی و آشنایی با موتور پس از جذب آن‌ها، با تعریف پایان‌نامه‌ها و هدایت آنان در طرح‌های تحقیقاتی- فنی و هزینه‌ای فراهم شد. البته این راهکار، هدف اصلی نبود، فقط راه‌حل کوتاه مدتی بود تا در فرصت مناسب رشتهٔ دانشگاهی موتور با همکاری دانشگاه ایجاد و از آن طریق نیروی متخصص جذب‌کار شود.

عمدهٔ فعالیت‌های سال ۱۳۷۷ عبارت بودند از:

۱) برگزاری جلسات شورای تحقیقات موتور به صورت هفتگی که نتیجهٔ آن تهیهٔ جدولی از عوامل مؤثر بر عملکرد موتور، تعریف طرح‌های تحقیقاتی و نقد و بررسی طرح‌ها بود که در پیوست‌های بعدی به آن اشاره شده است.

۲) شناسایی و جذب نیروهای علاقه‌مند در امر موتور (بالاتر از سطح کارشناسی)

۳) شناسایی مراکز تحقیقاتی و دانشکده‌های موتور در دنیا

۴) تهیهٔ ساختار ابتدایی سازمانی و تعیین نظام اداری- مالی شرکت

۵) شناسایی آزمون‌ها و تجهیزات آزمایشگاهی موتور

۶) تأمین محل مناسب با توجه به گستردگی حجم فعالیت‌های شرکت و بررسی یکی از سه محل پیشنهادی:

الف- انتهای ساختمان ساپکو (بین مرکز تحقیقات ایران‌خودرو و ساپکو)

ب- انتهای انبار شمارهٔ ۲۷ ایران‌خودرو

ج- جنوب شرقی استخر در کارخانهٔ شمالی) که در نهایت با تصمیم مدیرعامل وقت ایران‌خودرو و ساپکو، شرکت در محل قدیم ساپکو (واقع در کیلومتر ۷ جاده مخصوص کرج) در مرداد ۱۳۷۷ مستقر شد.

۷) ساخت اولین اتاق آزمون موتور با تجهیزات ساخت داخل کشور. با وجود این‌که در این اتاق همهٔ آزمایش‌ها امکان‌پذیر نبود، ولی به علت تهیهٔ تجهیزات در داخل کشور، ساخت این اتاق یک کار جدّی بود.

۸) اجرای طرح‌های تحقیقاتی

۹) تحلیل موتور پیکان و بررسی راه‌های بهبود آن

سال ۱۳۷۷ را در حالی پشت‌سر می‌گذاشتیم که اولاً نشانهٔ رضایت‌مندی در توانایی تحقق این امر بزرگ هویدا شده بود و ثانیاً جنبش بسیج‌گونه‌ای با همتی بلند در میان نیروهایی که دور هم جمع شده بودند، به‌وجود آمده بود. ثالثاً برآیند فکری و کاری نیروهای جذب‌شده با نگاه انسانی، ساختار و آموزش را در شرکت از نوع رایج، خارج کرد و صمیمت و صداقت، همراه با کار و مأموریت‌های محول‌شده به کارشناسان، جایگزین آن شد. این روش آموزشی و پژوهشی در کشور معمول نیست، ولی نتایج نشان‌داد که راهکاری موفق،جذاب و ارزشمند است.

برای ادامهٔ حرکت، لازم بود وضع درآمدی شرکت روشن شود، زیرا موضوع هزینه برای تحقیقات در کشور، هنوز جایگاه واقعی خود را نیافته و متولیان پرداخت هزینه، درخواست نتایج خارق‌العاده داشتند. این مهم، ما را بر آن داشت تا راهکار دیگری بیابیم؛ لذا به جای تقاضای بودجهٔ تحقیقاتی، طرحی تحقیقاتی را باعنوان «بهینه‌سازی موتور پیکان با هدف کاهش مصرف سوخت و آلودگی و افزایش کارآیی» تعریف کردیم. با درایت نایب رئیس وقت هیأت‌مدیره و قائم‌مقام

مدیرعامل ایران‌خودرو، قرار دادی برای بهینه‌سازی پیکان منعقد شد. این قرار داد برای شرکت تحقیقات موتور بسیار کارگشا بود و عنایت همیشگی خدا را شکرگزاردیم؛ زیرا بدون منت و اتلاف وقت و بدون ردیف بودجهٔ دولتی، مرکز تحقیقات موتور از ابتدا با اجرای کار مهندسی و طراحی، سودآور شد و امروز در جدول مقایسه‌ای سودآوری، در کشور، کم نظیر است. قابل توجه این‌که بیشتر مراکز تحقیقاتی موتور دنیا، مانند ایتالیا، آلمان، انگلیس، آمریکا، هند و ... پس از گذشت قریب به یک قرن از تأسیس، هنوز از کمک و حمایت مستقیم دولت، به علت راهبردی بودن این موضوع و ضرورت روزآوری آن، برخوردارند.

در سال ۱۳۷۷ که شرکت هنوز یک ساله نشده بود، با توجه به نگرانی مسؤولان در مورد مصرف سوخت پیکان سوخت‌آمایی[۱] و بالتبع آلودگی زیاد، مرکز تحقیقات موتور ایران‌خودرو با این‌که تازه‌تأسیس بود، راهکارهای متفاوتی را بررسی کرد و به عنوان مناسب‌ترین راهکار، تبدیل موتور را به مجموعهٔ تزریق و مراقبت (افشانه‌ای) پیشنهاد داد. پس از آن، شرکت سریعاً به چیدمان ساختار و نخستین نمودار سازمانی و تدوین شرح وظایف آن در تیر۱۳۷۷ رسید [۵] و همزمان کار فشرده‌ای در تنظیم گزارش توجیهی هیأت‌مدیره و افزایش سرمایه و اخذ تأیید گزارش بازرس قانونی انجام شد و مصوبهٔ سازمان گسترش در این زمینه اخذ گردید [۶].

در مرداد۱۳۷۷ به همراه اعضاء هیأت‌مدیره، از مراکز تحقیقات موتور در خارج از کشور برای همکاری در این طرح توسعه‌ای، بازدید شد. این مراکز عبارت بودند از: AVL در اتریش، CRF در ایتالیا، IFP و SAGEM در فرانسه، LOTUS و RICARDO در انگلستان و مرکز تحقیقات موتور اشتوتگارت و ROCKER در آلمان.

تجربهٔ اولین قرار داد بهینه‌سازی موتور در کشور روی موتور پیکان با تهیهٔ درخواست (RFQ) و ارسال آن به مراکز تحقیقاتی، در حال آماده شدن بود و باید یک شرکت سازندهٔ مجموعه‌های الکترونیکی را نیز در این درخواست می‌گنجاندیم تا کار توسعه‌ای نیمه‌تمام نماند و از ابتدا تأمین و تولید مجموعهٔ الکترونیک در قرار داد منظور شود تا به تولید برسیم. این شرکت‌ها عبارت بودند از: DELFI، Magneti Marelli، SIEMENS، BOSCH و SAGEM.

در آن زمان که موتورهای پژو از مجموعه‌های الکترونیکی در خارج کشور استفاده‌می‌کردند در ایران هنوز موتور XU9 (پژو ۴۰۵) مجهز به سوخت‌آما بود. در موتور XU7 ، که هنوز به بازار ایران نیامده بود، از مجموعه‌های الکترونیکی شرکت‌هایMagneti Marelli و SAGEM استفاده می‌شد.

در آن زمان شرکت SAGEM درصدد بود تا بخشی از بازار پژو را جذب‌کند. بنابراین یکی از راه‌های ورود به بازار ایران، عبور از طرح تحقیقاتی ما برای SAGEM بود که ما این فرصت را شناسایی‌کردیم و با عنایت خداوند پس از سه ماه بررسی و مذاکره با شرکت‌های تحقیقات موتور، موتورسازی و ساپکو، شرکت SAGEM بیشترین خواسته‌های ما را از جمله کمترین قیمت مجموعهٔ مدیریت هوشمند موتور، پرداخت هزینهٔ تحقیقات، طراحی، اعمال تغییرات موتور و حق انتخاب شرکت تحقیقاتی با تأیید مرکز تحقیقات موتور ایران‌خودرو، پذیرفت.

شرایط قرار داد با شرکت SAGEM که مقرر شده بود ساپکو منعقدکند، به لحاظ این‌که منجر به تولیدی‌شدن موتور و تأمین قطعات شود، بدین قرار بود:

۱) ابتدا ۵ موتور پیکان از موتورسازی انتخاب شود و در یک مرکز تحقیقاتی معتبر خارجی در امر موتور با تأیید مرکز تحقیقات موتور ایران‌خودرو آزمایش شود.

۲) اهداف در دو مرحله تعیین شود:

الف. بهبود عملکرد و افزایش توان به 60hp و گشتاور به 120Nm، کاهش آلودگی به حد ECE1504 و کاهش مصرف سوخت خودرو به ۱۲ لیتر در ۱۰۰ کیلومتر در چرخهٔ شهری و برون شهری.

ب. تبدیل موتور پیکان به وضعیت بهتری نسبت به اهداف مرحلهٔ اول که در قرار داد آمده است (این بخش از کار پس از تولیدی‌شدن مرحلهٔ اول ادامه نیافت).

با قرار دادن این پیش‌شرط و تأیید یک مرکز تحقیقات موتوری در امر توسعه و درگیر شدن کارشناسان ایرانیِ مرکز تحقیقات موتور ایران‌خودرو و پرداخت هزینه‌های توسعه‌ای از طریق شرکت SAGEM، قرار داد تنظیم شد. همچنین

۱– Carburetor

مقرر شـد که سـاپکو این مجموعه را به شرط توافق در قیمت مورد نظر ایران‌خودرو از شرکت SAGEM در چهارچوب همین قرار داد با قیمت رقابتی خریداری کند.
۳) قرار داد به دو بخش تقسیم شد: بخش اول: بهینه‌سازی موتور پیکان با مجموعهٔ پاشش الکترونیکی و تطبیق آن روی خودرو در مرکز تحقیقات موتور با همکاری یک مرکز تحقیقات موتوری و خودرویی خارجی و بخش دوم: تهیهٔ سرفصل‌ها و اجزای قرار داد برای خودکفایی و خرید مجموعه‌های الکترونیکی به توسط شرکت ساپکو.
۴) پـس از بازدیـد اعضاء هیأت‌مدیرهٔ شـرکت و اخذ اسـتعلام‌ها، مرکز تحقیقات فیات[۱] با توافـق SAGEM برای کار توسعه‌ای انتخاب و قرار داد یکپارچه در بهمن۱۳۷۷ (فوریهٔ ۱۹۹۹) نهایی شد [۷].
علی‌رغم موفقیت‌هایی که مرکز تحقیقات موتور در اولین سـال تأسـیس به آن‌ها نایل آمد، برخی موارد از داخل و خارج کشور هدف و مأموریت اصلی مرکز را جداً تهدید می‌کرد، از جمله:
۱) نداشـتن محل اسـتقرار ثابت و جابه‌جایی پی‌درپی به سه محل مختلف در مدت یک سال. این جابه‌جایی‌ها هم بسیار دشوار بود و هم بازتاب منفی در میان نیروهایی که تازه جذب شده بودند، ایجادمی‌کرد.
۲) سـخت باوری نسـبت به توانمندی و کسـب دانش فنی متخصصان کشـور و حتی در برخی موارد به تمسخر گرفتن آنان
۳) فاصلهٔ ساخت قطعات موتورهای قدیمی و فنّاوری ساخت و رواداشت ما در موتورهای جدید؛ در این زمینه فعالیت‌هایی برای ساخت قطعات به صورت نسخه‌برداری از قطعات، عمدتاً در موتور پیکان انجام شده و زحماتی کشیده شده بود که فقط برای کاهش ارزبری و وابسـتگی به خارج بود. اقتضای طراحی جدید در این قطعات، رعایت مسـائل کیفی و ساخت اقدامات پیچیده‌ای را طلب می‌کرد.
۴) فاصلهٔ زیادی میان ساخت موتور و علم طراحی موتور است. موتورسازان ایرانی معتقد بودند آن‌چه انجام می‌دهند، همهٔ علم موتور اسـت؛ در حالی که گرته‌برداری از قطعه، فاصلهٔ زیادی با طراحی و سـاخت آن دارد. این مسألهٔ مهمی بود که باید با تعامل حل می‌شد. به کارگیری علوم مکانیک، الکترونیک، برق، شیمی، مواد و سایر علوم مورد نیاز در موتور برای دسـتیابی به زیرسـاخت‌های مورد نیاز مرکز تحقیقات در امر طراحی موتور و همکاری دانش‌آموختگان رشته‌های وابسته اجتناب‌ناپذیر بود. به همین دلیل به کارگیری آنان در مرکز تحقیقات موتور در اولویت قرارگرفت.
۵) فقدان رشتهٔ دانشگاهی در کشور در زمینهٔ اختصاصی موتور و کمبود شدید نیروی متخصص
۶) نبود سـازندگانی که با عملکرد قطعات واجد کیفیت، از طراحی تا تولید، آشـنا باشند و به عبارتی صاحب مالکیت قطعه باشند.
۷) نداشـتن حق مالکیت موتور اعم از مالکیت در سـاخت، مالکیت در تولید و مالکیت در طراحی موتور و جعبه‌دنده برای تولیدکنندگان داخلی، تنها امکان موجود، کسـب جواز سـاخت بود که آن هم پس از خرید هنگفت و از دست دادن زمان و پس از اخذ تأییدیهٔ قطعات از صاحبان اصلی موتور مانند پژو.
۸) نفوذ بیش از حد و مسخ‌کنندهٔ شرکت‌های خارجی در ایران تا حد القاء تشخیص استفاده از قوای محرکه به روش‌های مختلف و فروش قوای محرکهٔ خود در کشور به توسط خودروسازان. این امر به قدری منزجرکننده بود (و هست) که وقتی در کشور، تسلطی روی تولید داخلی و کاهش قطعات منفصل[۲] در موتور اتفاق می‌افتاد خط تولید آن موتور به بهانه‌هایی نظیـر فنّـاوری نو، صرفه‌جویی اقتصادی، کاهش مصرف و آلایندگی متوقف و موتوری دیگر جایگزین آن می‌شـد، ولی هیـچ‌گاه، هیچ مجوزی برای بهبود وضعیت موتورهای موجود در ایران داده نمی‌شـد. به عنوان مثال تولید موتور XU9 که با هزینه‌های هنگفت سـاخت داخلی شـد و قالب‌های آن نیز موجود است، به‌ناگاه به موتور XU7 و در فاصلهٔ اندکی به TU3 تبدیل شـد و هنوز این موتور تولید نشـده، تبدیل به TU5 شد و اخیراً پیشنهاد جدید دیگری مطرح شده است. این‌ها می‌تواند چند شاهد بر آن مدعا باشد. ضمن این‌که خودمان هم به دنبال تشخیص نیاز نمی‌رویم، بلکه با اطلاعات آنان تصمیم‌سازی در کشور اتفاق می‌افتد. البته این یکی از راهکارهای عده‌ای از مدیران ایرانی است که با خیال راحت کار اقتصادی و طولانی مدت را نهایتاً با گرته‌برداری قطعات و استفاده از مزایای یارانه‌ای ایران از جمله انرژی ارزان، با

۱- CRF
۲- CKD

منطق برطرف‌کردن نیاز ادامه می‌دهند و متأسفانه تقدیر هم می‌شوند!
۹) برخورد تحقیرآمیز خودروسازان خارجی و عدم ارایه و انتقال دانش به ایران در زمینهٔ موتور. تاکنون هیچ مدیرعامل یا مدیر ارشـدی از ایران نتوانسـته با مرکز تحقیقات موتور پژو یا واسطه‌های آنان مذاکره یا همکاری در زمینهٔ دانش فنی و یا حتی بازدیدی از اطاق‌های علمی و طراحی داشته باشد.
۱۰) فقدان سـند راهبرد قوای محرکه در کشـور نه فقط برای موتور سبک، بلکه برای موتورهای نیمه‌سنگین و سنگین با سوخت‌های مختلف.
بحمدالله امروز پس از گذشت بیش از ۱۰ سال از عمر شرکت تحقیقات موتور ایران‌خودرو، این شرکت توانسته با عملکرد خود، اطمینان مسؤولان کشوری را در روزآمدی محصولات، بهینه‌سازی و تولید محصول جدید و ارائهٔ خدمات مهندسی و فرآیندی قوای محرکه جلب‌کند و تأثیر اقتصادی مهمی بگذارد.
سـال۱۳۷۷، سـال بسـیار دشـواری از جهات مختلف کاری، محیطی، روانی و درآمدی بود که به لطف خدای بزرگ در مجموع، نتایج بسیار رضایت‌بخشی داشت. ضمن این‌که بهترین گروه کاری تحقیقات موتور در کشور در آن زمان برای طرح بهینه‌سازی پیکان در شرکت تحقیقات موتور ایران‌خودرو شکل‌گرفت.
در این سـال مطالعهٔ الگـوهـای خارجی و استفاده از اطلاعـات آنان در تحقیقـات، صنعت موتور و سوخـت مانند کتاب Access the World`s Leading Source of Intelligence on the Global Motor Industry بررسـی شد. در همین سال هدایت پایان نامه‌های دانشجویی و طرح‌های تحقیقاتی در داخل شرکت برای تربیت نیروی انسانی بـه شـدت رو به افزایش بـود و با پیگیری‌های مداوم همه‌جانبه و الگوبرداری از سـابقهٔ دانشـگاه‌های خارجی در زمینهٔ موتور، دروس آموزشـی استخراج شد و با همکاری وزارت علوم،تحقیقات و فنّاوری وقت، اولین برنامه و سرفصل دروس دورهٔ کارشناسـی ارشـد قوای محرکهٔ خودرو در ۲۲ آذر ۱۳۷۷ به تصویب رسید [۸]. در سال ۱۳۷۷ هیأت‌مدیره عملکرد رضایت‌بخشی داشت [۹].

سال ۱۳۷۸: خودباوری و کسب دانش فنی

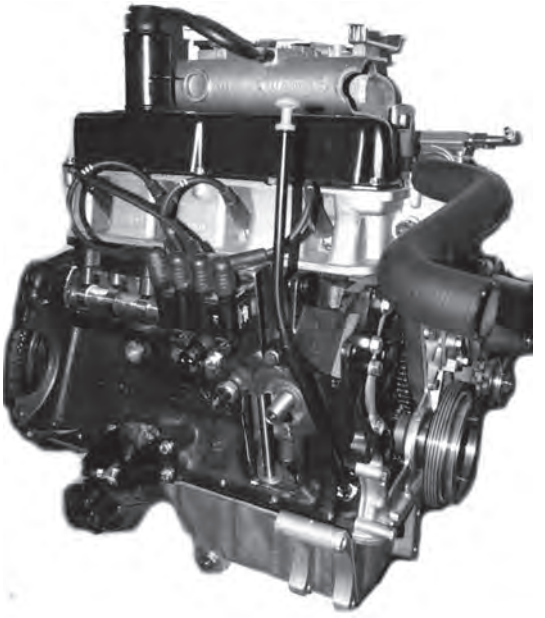
مدیریت فنی و توسعه‌ای طرح بهینه‌سازی موتور پیکان را شرکت تحقیقات موتور ایران‌خودرو، به عهده داشت و دستیابی به اهداف مورد نظر را با اعزام کارشناسان به مرکز تحقیقات فیات در ایتالیا (CRF) و مرکز آزمون و نگاشت در شرکت SAGEM در فرانسه، ادامه داد.
سـال بسـیار دشواری به لحاظ جوان بودن شرکت تحقیقات موتور ایران‌خودرو و بهره‌مند نبودن از امکانات اولیهٔ موتوری در مقایسه با سایر شرکت‌های درگیر، پیش رویمان بود، ولی از طرفی فرصتی بسیار خوب ایجاد شده بود، زیرا توانمندی و تجربهٔ شرکت‌های خارجی درگیر در طرح، بدون استثناء دست‌کم ۳۰ سال بیشتر از گروه کاری ما بود.
در این مقطع، الگوبرداری برای تعیین ساختار شرکت و چگونگی تجهیز آن و راهبرد دستیابی به دانش فنی دربارهٔ سامانهٔ مدیریت موتور[۱] و فنّاوری موتور تا سطح قابل قبول اروپایی برای رفع نیاز کشور و فروش خدمات مهندسی و آزمایشگاهی و آموزش کارشناسـان در حین اجرای طرح، در دسـتور کار قرارگرفت، در این شـرایط، نیروهای شرکت تحقیقات موتور ایران‌خودرو علاوه بر ایفای وظایف خود در طرح، می‌بایست نسبت به اجرای آن امور نیز اهتمام می‌ورزیدند. اولین نتیجهٔ آن منجر به طرح پژوهشی طراحی و ساخت مدار ریز پردازندهٔ قابل برنامه‌ریزی شد [۱۰].

راه‌اندازی رشتهٔ کارشناسی‌ارشد موتور در ایران

با پیگیری‌های مستمر، در سال ۱۳۷۸ دورهٔ کارشناسی‌ارشد موتور در دانشکدهٔ مکانیک دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی راه‌اندازی شد و دانشجویان در حال تحصیل با تعریف پایان‌نامه‌های موتوری جذب شدند و پس از تبیین ساختار جدید، به سـرعت کارهای مهمی را در داخل کشور شروع کردیم. ضرورت اعزام دانشجویان پس از فارغ‌التحصیل‌شدن در مقاطع کارشناسـی و کارشناسی‌ارشد به خدمت مقدس سـربازی یکی از مشکلاتی بود که نیروهای جوان و در حال تحصیل با آن مواجه بودند که با پیگیری از سـتاد کل و هماهنگی با وزارت صنایع و معادن، این مسـأله با تخصیص سـهمیهٔ سرباز

۱- Electronic Management System

به صنعت برطرف شد.
در این زمان، مشکلات خودروهای فرسوده و مصرف سوخت اغراق‌آمیز آن‌ها و همچنین رجز توقف احتمالی تولید پیکان به علت مصرف سوخت و آلودگی زیاد، به نقطهٔ اوج خود رسیده بود که مطالعه‌ای با عنوان جایگاه موتور پیکان ۱۶۰۰ در میان موتورهای مشابه انجام شد [۱۱] و به لطف خدا طرح افشانه‌ای کردن مجموعهٔ موتوری پیکان (طرح تزریق و مراقبت موتور) مورد استقبال مسؤولان وقت محیط زیست و وزارت نفت قرار گرفت. شرکت پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی ایران، برای بهینه‌سازی و یافتن راهکاری در زمینهٔ بهبود مصرف سوخت خودروهای در حال حرکت همکاری با شرکت تحقیقات موتور را آغاز کرد و راه برای تجهیز و استفاده از توانمندی‌های موجود باز شد.



با بهینه‌سازی موتور پیکان و بازدیدهای مکرر مسؤولان محیط زیست و نظر مثبت آن سازمان به استفاده از فنّاوری جدید سامانهٔ مدیریت موتور، در اولین خودروی ساخت داخل (پیکان) و دستیابی به اهداف کاهش مصرف سوخت از ۱۶ به ۱۲ لیتر در ۱۰۰ کیلومتر و همچنین کاهش آلودگی این خودرو به استانداردهٔ ECE1504 در مقایسه با خودروی خارجی مانند XU9 با آلودگی بیش از پیکان، حسن‌نیت مدیران متعهد به خودکفایی ایران‌خودرو برای اصلاح خطوط تولید، به ثمر نشست و برآیند کاری طرح یعنی بهینه‌سازی موتور پیکان با تلاش متخصصان مثبت گردید و انتظار شرکت‌های خارجی سایه‌افکن بر خودروسازان داخلی، از جمله شرکت پژو که منتظر توقف تولید پیکان و جایگزینی محصول خود بودند، با شکست روبه‌رو شد.
در سال ۱۳۷۸ مرکز باید به نحوی آماده می‌شد تا در حین اجرای طرح بهینه‌سازی پیکان با مجموعهٔ افشانه‌ای– که کار بزرگ تحقیقاتی، طراحی و تولیدی بود – بتواند همان روش اجرای طرح را در سطح وسیع‌تر در قالب طراحی موتور در دستور کار خود قرار دهد. لذا به سرعت، برای اجرای برنامه‌ها از جمله استفاده از گاز طبیعی به جای بنزین، با برنامه‌ریزی مناسب و جذب و تربیت نیرو، آموزش همزمان نیروها در حین طرح، بهینه‌کردن ساختار مرکز، تجهیز آزمایشگاه و از همه مهم‌تر تعریف طرح‌های تحقیقاتی در قالب پایان‌نامه‌های دانشجویی برای ارتقاء سطح علمی واحدهای تحقیقات، طراحی و آزمایشگاه، آمادگی لازم کسب شد. متعاقب این موضوع، اولین همایش موتور با همکاری دانشگاه‌های فنی کشور و سازمان‌های ذیربط در قالب سرفصل‌های هدایت‌شده برای دستیابی بدان اهداف برگزار گردید [۱۲].
در حقیقت چرخهٔ کاری نیازمندی صنعت، همکاری در تشکیل رشتهٔ دانشگاهی ارشد موتور، جذب نیرو و تجهیز مرکز و

اجرای برنامه‌های تحقیقاتی و طراحی برای تولید و جوابگویی به نیاز مشتری تعریف شد و در دستور کار قرارگرفت که هر از چند گاه تغییراتی را حتی در اصل چرخهٔ کاری ایجاد می‌کرد. با نگاه علمی به این چرخه توانستیم موفقیت‌هایی را که نیاز کشور بود، کسب‌کنیم تا جایی که بعد از سال ۱۳۸۶ تقریباً پیش زمینهٔ نقشهٔ راه موتور در کشور مهیا شود. [۱۳].

در سال ۱۳۷۸ قرار داد جدیدی را با ایران‌خودرو منعقد نکردیم. هزینه‌ها را در قالب همان قرار داد بهینه‌سازی موتور پیکان با ایران‌خودرو و مدیریت بر قرار داد شرکت SAGEM در این زمینه با ۵ درصد بالاسری تأمین‌کردیم. طرح‌های محوری و فعالیت‌ها و دستاوردهای دو سالهٔ شرکت دائماً در دست بررسی و پایش بود [۱۴].

نقل و انتقال ما از محل استخر شمالی ورزشگاه ایران‌خودرو به محل قدیم شرکت ساپکو (کیلومتر ۷ جاده مخصوص، کرج) در این سال رقم‌خورد. مهندس ویسه که در آن زمان مدیرعامل ساپکو، عضو هیأت‌مدیرهٔ ایران‌خودرو، شرکت تحقیقات موتور و شرکت تام بود، با پیشنهاد محل ثابت برای شرکت تحقیقات موتور و حتی احداث یک خط تولید موتور برای پیش‌تولید موتورهای جدید موافقت‌کرد، متأسفانه پس از چند روز، شرکت تام هم که تازه تأسیس بود به طبقهٔ دوم محل استقرار ما (شرکت ساپکوی قدیم) هدایت شد و در سال ۱۳۷۸ به طور پنهانی توافق شد که تام در آن محل تثبیت شود ولی این تصمیم هیچ‌گاه به آگاهی شرکت تحقیقات موتور نرسید! به همین دلیل در سال ۱۳۷۸ نسبت به ایجاد سه آزمایشگاه موتوری و آزمایشگاه الکترونیکی اقدام‌کردیم تا این‌که شرکت تام با پشتوانه‌ای که ایجاد کرده بود و بدون اطلاع قبلی در زمان تعطیلات تابستانی ایران‌خودرو، شروع به خاکبرداری در محل مرکز تحقیقات موتور کرد که موجب کدورت گردید.

بعد از چند هفته مهندس ویسه پادرمیانی‌کرد و به تام گفته شد که می‌بایست با تحقیقات موتور هماهنگی می‌کردید، زیرا این محل را قبلاً به شرکت تحقیقات موتور واگذارکرده بودیم. این اتفاق بدین معنا بود که به هر حال اینجا، دیگر جای تحقیقات موتور نیست! و ما باید چاره‌ای برای محل استقرار شرکت بیندیشیم؛ این نوع برخوردها و مراودات غیرطبیعی، هیچ‌گاه در مسیر کاری بس بزرگ مانند کسب دانش فنی موتور نباید خلل ایجاد می‌کرد. در این نوع برخوردها، دست به درگاه خدای یگانه باید بلندکرد و استعانت جست تا ما را بدان مشغولیات، سرگرم نکند و از هدف دور ننماید و برآیند فعالیت‌ها و هزینه‌ها تلف نشود و به صفر نرسد.

در این سال، در حالی که صورت حساب خرید دستگاه‌های آزمون موتوری تجهیز آزمایشگاه را برای گشایش اعتبار به وزارت صنایع و معادن ارسال‌کرده بودیم، برای شرکت دیگری در گروه ایران‌خودرو، دستگاه‌های آزمون را با همان مشخصات تأمین کردند!

با همهٔ مواردی که گذشت به لطف خدا سال ۱۳۷۸ یکی از سال‌های موفق ما در یادگیری دانش فنی بهینه‌سازی موتور و حل مسألهٔ بود و مرکز تحقیقات موتور موفق شد زیرساخت‌های علمی خود را با تعریف طرح‌های کاربردی و ارتقاء در توانمندی نیروهای متخصص تقویت کند.

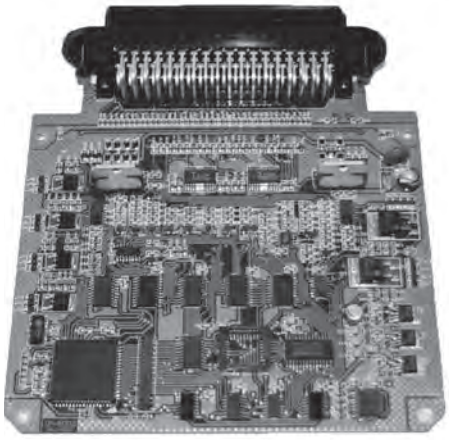
در سال ۱۳۷۸ با پیگیری توانستیم اولین پروانهٔ تحقیق در زمینهٔ موتور احتراق داخلی را از وزارت صنایع و معادن کسب کنیم و متعاقب آن رتبه‌بندی یک سازمان برنامه و بودجه را به‌دست‌آوریم [۱۵].
برخی از طرح‌ها و توانمندی‌های مرکز در این سال عبارت بود از:
۱) شروع طراحی و ساخت ریزپردازندهٔ ۱۶ بایتی
۲) تحلیل اجزای سازوکار لنگ و دریچه‌ها
۳) تخمین اصطکاک موتور پیکان و روش کاهش آن
۴) تغییر ساختار موتور پیکان از میل‌بادامک متعارف[۱] به میل‌بادامک رو[۲] و امکان‌سنجی تولید بستار جدید با میل‌بادامک رو
۵) شبیه‌سازی ایستایی و پویایی سازوکار لنگ
۶) ساخت الگویی برای محفظهٔ احتراق پیکان و پیش‌بینی آلاینده‌ها
۷) شروع اجرای طرح‌های استفاده از گاز طبیعی فشرده[۳]
۸) پیدا کردن عیوب موتور (توان‌گمشده)
۹) بررسی موتور دیزل OM 314
۱۰) تجهیز ابتدائی و راه‌اندازی آزمایشگاه الکترونیک و پایش
۱۱) ساخت آزمایشگاه اندازه‌گیری اصطکاک
۱۲) تجهیز یک آزمایشگاه موتور
تا این تاریخ، حدوداً ۹۰ نفر نیرو جذب شرکت شده بودند. ساختار شرکت در قالب واحدهای تحقیقات، طراحی، آزمایشگاه، مدیریت هوشمند و برنامه‌ریزی شکل گرفت و مطالعات ساختاری و الگوبرداری هنوز ادامه داشت.
جمع بندی فعالیت‌های راهبردی تا این تاریخ عبارت بود از:
۱) تعامل با دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی از طریق وزارت علوم، تحقیقات و فنّاوری برای درج گرایش موتور در مقطع کارشناسی‌ارشد و تأمین هزینه‌های تحصیل ورودی‌های این سال به علاوهٔ ادامهٔ تحصیل ۴ نفر از کارشناسان شرکت در مقطع کارشناسی‌ارشد با گرایش موتور.
یادآوری: در الگوبرداری وضعیت کشورها دریافتیم که سابقهٔ تدریس دانشگاهی در گرایش موتور به حدود هشتاد سال قبل برمی‌گردد و در کشور ما این اولین اقدام رسمی بود که با همکاری دانشگاه خواجه‌نصیرالدین طوسی، دانشگاه علم و صنعت و دانشگاه تبریز برای تربیت نیروی علمی متخصص در زمینهٔ موتور به‌عمل می‌آمد.
۲) الگوبرداری از ساختارهای مراکز تحقیقاتی معتبر جهانی
۳) الگوبرداری سایر اجزای مورد نیاز برای طراحی موتور از جمله نرم‌افزارهای شبیه‌ساز، مجموعه‌های الکترونیک، نگاشت و تجهیزات موتوری و خودرویی و تأسیسات آزمایشگاهی خصوصاً برای آزمون‌های استانده[۴] در سطح دریا
۴) تحلیل تقسیم‌بندی کتاب موتور به ۱۲ قسمت و گروه بندی آن در شرکت
در گزارش عملکرد هیأت‌مدیرهٔ سال ۱۳۷۸ فعالیت‌ها به طور مشروح درج شده است [۱۶].

سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰: مطالعه و بررسی طرح خانوادهٔ موتور ملی

طرح خانوادهٔ موتور در ۲۲ فروردین ۱۳۷۹ بلافاصله پس از تعطیلات نوروزی، علاوه بر ادامهٔ سایر طرح‌های در دست اقدام، به عنوان طرح مطالعاتی درون‌شرکتی، تصویب و کار آن آغاز شد. عمده‌ترین دغدغه، پیداکردن محل استقرار دایم برای فعالیت تحقیقات موتور بود که در سال ۱۳۷۹ با توافقی که با سازمان گسترش کردیم طرح توجیهی سرمایه‌گذاری تحقیقات موتور برای معاون مهندس ترکان که رئیس سازمان گسترش بود، ارسال شد. این طرح مورد قبول مهندس ترکان بود [۱۷].
در واحد طراحی، برنامهٔ طراحی موتور تعریف و دبیرخانهٔ آن تشکیل شد: طراحی و نصب واکنشگر، بررسی مواد بهینه

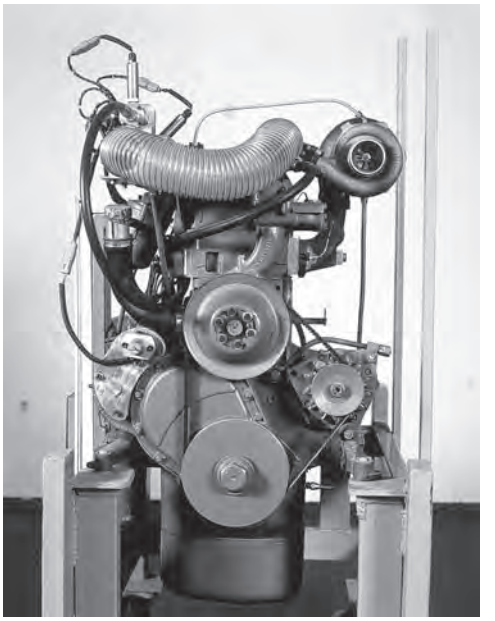
۱- OHV (Over Head Valve)
۲- OHC (Over Head Camshaft)
۳- CNG (Compressed Natural Gas)
۴- Standard

بـرای نشـیمنگاه دریچه‌ها، تحلیل حرارتی موتـور و خنک‌کاری آن، طراحی چندراهۀ هـوا، طراحی مقاطع و زمان‌بندی بادامک‌هـا، تبدیل موتورهای موجود به دوسـوخته، طراحی نرم‌افزار عیب‌یاب خـودرو در مجموعۀ الکترونیک و طراحی و سـاخت مـدار مدیریت موتور جزو اصلی‌ترین سـرفصل‌های برنامه قرارگرفت و در اولیـن گام، روند کار طراحی موتور استخراج گردید [۱۸].



در سـال ۱۳۷۹ واحد مدیریت هوشـمند، قوت بیشـتری گرفت و با تعریف طرح‌های مختلف از راه‌اندازی (سرد و گرم) تا طراحی مدیریت هوشـمند و دسـتیابی به قواعد و راهبردهای سامانۀ مدیریت هوشـمند، در سال ۱۳۸۰ به نتیجۀ خوبی رسـید؛ آشـنایی فنی– مهندسی و شـناخت کامل سامانۀ مدیریت هوشـمند که برای اولین بار نصیب کشور شد، یکی از افتخارات بزرگ بود که کمترین مزیت آن توانمندی انتخاب سامانۀ مدیریت هوشمند مناسب موتور بود. البته در آن زمان اگر سـازمان گسـترش، ایران‌خودرو یا وزارت صنایع و معادن نگاه ویژه‌ای به این سامانه می‌کردند و باور می‌کردند که ما می‌توانیم خودمان این سامانه را طراحی‌کنیم و بسازیم، امروز مجبور نبودیم سالانه یک میلیون از این سامانه را از خارج و عمدتاً از شرکت‌های BOSCH ،SIEMENS و VALEO خریداری‌کنیم و در محصولاتمان از آن‌ها استفاده کنیم. متأسـفانه نگاه غیرعلمی و غیرکارشناسـی، مانع از آن شـد که با همۀ مزایای رقابتی (قیمتی، فنی و علمی) که داشـتیم این سـامانه را به تولید انبوه برسـانیم و به کار توسـعه‌ای ادامه‌دهیم. تأثیر این فنّاوری بر تولید سامانۀ مدیریت هوشمند مطابق با تغییرات اسـتانده‌های کاهش آلایندگی و مصرف سـوخت و سـایر مزایا در موتور و سرعت تحول آن به قدری زیاد است که ما در کشور حتی فرصت لازم را برای کارشناسی و تصمیم گیری و حمایت نمی‌یابیم، چه رسد به پرداختن به اموری دیگر همچون بحث و جدل بر سر آنچه از پژوهش یا طراحی، با فرصت‌سوزی، نتیجۀ کارمان قدیمی و از رده خارج می‌شـود. این مجموعه‌های الکترونیکی از زمان طراحی تا تولید محصول و اسـتفاده از آن، حدود ۵ سـال فرصت دارند و محصول جدیدی را جایگزین‌می‌کنند و سـپس این محصول، به نوبۀ خود قدیمی و از رده خارج می‌شـود. با این فرصت‌سـوزی‌ها فقط کشـور از مواهب علمی و اقتصادی محققان و سازندگان داخل کشور بی‌بهره شد و تولیدکنندگان خارجی خوشحال شدند.

در سـال ۱۳۷۹ برای موتور دیزل و دیزل سـواری و باری نیز مطالعۀ گسـترده‌ای به عمل آوردیم و نسـبت به استفادۀ همزمان از گاز طبیعی فشـرده و گازوئیل، برای کاهش آلودگی و جایگزینی نسـبی گازوئیل با گاز و اسـتفاده از مدیریت هوشمند در دو موتور OM314 و OM355 روی خودروهای اتوبوس و مینی‌بوس با همکاری وزارت نفت، اقدام‌کردیم. این طرح می‌تواند یکی از راهبردهای استفادۀ همزمان از گاز و گازوئیل (دوگانه‌سوز) در کشور روی خودروهای اتوبوس، کامیون و موتورهای سـنگین باشـد و شاید تنها راهکاری است که وقتی گاز از دسترس خارج شود، خودروها می‌توانند با گازوئیل به مسیر خود ادامه دهند. دانش فنی و گزارش آن را تدوین‌کردیم و نمونه‌های آن را به پایان رساندیم [۱۹].



در نیمهٔ دوم سال ۱۳۷۹طرح کاربردی تزریق و مراقبت موتور پیکان مراحل پایانی خود را می‌گذراند و نیروهای این مرکز ضمن همکاری با مرکز تحقیقات فیات (CRF), MIRA و SAGEM دانش فنی خود را تا سطح قابل قبولی ارتقاء داده بودند و آمادگی بسیار خوبی برای شروع بعضی از سرفصل‌های طراحی موتور داشتند.کار ساختاری و منابع انسانی را برای یک مرکز تحقیقات موتوری مطلوب با کسب اطلاعات در حین کار در طرح موتور ملی ادامه دادیم و از بعضی از شرکت‌ها هم پیشنهاد گرفتیم [۲۰]. به لطف خدا با همت نیروهای متخصص توانستیم مرکز را با توانمندی داخلی بسازیم.

برای اثبات عملکرد و انتخاب راهبرد در طراحی و ساخت موتور و ارائهٔ آن به مسؤولان، با دانشگاه صنعتی امیرکبیر قرار داد «بررسی راهبرد طراحی و ساخت موتورهای احتراق داخلی در کشور» منعقد شد که نتایج آن در ۱۳ جلد مدون و ارائه گردید [۲۱].

نتایج راهبرد طراحی خانوادهٔ موتور به دولت تحویل داده شد، ولی به علت نامشخصی در آن تاریخ مغفول ماند. در واقع همت و شناخت، حتی در درون صنعت هنوز برای این امر مهیا نبود و نیازی به پیشبرد این طرح احساس نمی‌کردند. در شرایطی که با توجه به جغرافیای کشور نیازمندیم تا از قوای محرکه در جابه‌جایی کالا و مسافر در زمین، دریا، هوا و ایستگاه‌های زمینی به تعداد میلیونی استفاده کنیم، این سؤال مهم مطرح است که چرا نباید راهبردی در این امر در دولت داشته باشیم و زیرساخت‌های قوای محرکه را در کشور اعم از تشکیل دوره‌های دانشگاهی در امر موتور و مراکز تحقیقاتی موتور و موتورهایی با مالکیت ایرانی بر اساس نیاز خودمان طراحی کنیم و بسازیم؟ کمترین دستاوردهایی که طراحی خانوادهٔ موتور برای ایران اسلامی در آن زمان داشت به این قرار است:

۱) دستیابی ایران برای اولین بار به دانش طراحی در امر موتور
۲) بهینه‌سازی موتورهای موجود
۳) کسب مالکیت در تولید موتور
۴) رتبه دارشدن ایران به عنوان اولین کشور اسلامی در دست‌یابی به مالکیت در طراحی موتور
۵) صادرات سمند با قوای محرکهٔ داخلی به جای پژو در وهلهٔ اول و جایگزینی موتور در محصولات خودرویی کشور
۶) اقتصادی‌شدن قیمت موتور با تولید انبوه در کشور و صادرات آن
۷) استفاده از امکانات موجود در طراحی و تولید موتورهای دیگر و اشتغال نیروها از سطوح کارگری تا استادان دانشگاهی در این زمینه

تهیهٔ فضای مناسب مورد نیاز کاری

محل قدیم شرکت ساپکو با تنش‌هایی که به وجود آورده بودند، دیگر جای ادامهٔ فعالیت برای ما نبود و از ما خواسته شد که محل را ترک کنیم. مصمم شدیم با تحمل مشکلات به محل دیگری نقل‌مکان کنیم؛ البته کار بزرگ برای کشور، تاب تحمل این برخوردها و ناملایمات را می‌طلبد!

مشکلاتِ بر سر راه تحقیق و توسعه را در جلسه‌ای نزد ریاست وقت سازمان گسترش، مطرح کردیم. او در همان جلسه اظهار داشت که می‌توانند محل «لیلاند سابق» را برای این امر اختصاص دهند؛ پس از بحث و مذاکره، پیشنهاد خرید

ملکی در تهرانسر، جنب کارخانهٔ ارج،که قسمتی از زمین سازمان ملی زمین و مسکن بود، مطرح و با آن موافقت شد تا به نام «شرکت تحقیقات موتور» خریداری شود و ایشان کمک مالی نمایند. این امر در کمتر از یک ماه عملی شد و با خرید آن ملک که امروز شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران‌خودرو (ایپکو) در آن مستقر است، مرکز تحقیقات موتور جان تازه‌ای گرفت و سریعاً ساخت و ساز متناسب با یک مرکز تحقیقاتی پیشرفته و مورد قبول را شروع کردیم. کمک مالی سازمان فقط برای خرید زمین کافی بود، لذا برای زیربنای حدود ۷۰۰۰ متر مربع آزمایشگاه‌های تخصصی موتوری، تأسیسات برقی و مکانیکی، فضای کاری- تحقیقاتی کارکنان، سایر آزمایشگاه‌ها، محل کارگاه‌ها، محل ذخیرهٔ منابع سوختی بنزین و گازوئیل از انواع مختلف همراه با سامانه‌های پیشگیری اطفاء حریق و نیز نوسازی ساختمان‌های قدیمی، باید به تأمین بودجه‌ای دست‌کم هفت میلیارد تومانی می‌اندیشیدیم.
در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ نیروهای شرکت به ترتیب به تعداد ۱۱۹ و ۱۴۸ نفر افزایش پیدا کرد.

اقداماتی که تا آن سال در پیشبرد و یا تعیین راهبرد آن‌ها به توفیق رسیدیم، عبارتند از:
۱) راهبرد طراحی، ساخت و تولید موتور در کشور
۲) شناخت راهبردهای موتور در کشورهای تولیدکننده و مالک موتور
۳) تعیین خط مشی در مورد مدیریت هوشمند موتور و خودرو و راهکار آن در کشور
۴) آغاز ایجاد مرکز تحقیقات موتور مورد قبول و مطابق با استانداردِ روز در کشور و دستیابی به دانش تجهیزات آزمایشگاه موتوری و نقشه‌های تأسیساتی مورد نیاز
۵) آمادگی اجرای طرح خانوادهٔ موتور در کشور و پیدا کردن راهی برای تأمین بودجه
۶) دستیابی به توان علمی بهینه‌سازی موتورهای موجود در کشور
۷) تربیت نیروی انسانی مورد نیاز برای طراحی و تولید موتور
۸) ایجاد گرایش موتور در مقطع کارشناسی ارشد و درج آن در دفترچهٔ آزمون سراسری
۹) معرفی مرکز تحقیقات موتور به بعضی از مراکز تحقیقاتی موتور در دنیا و تعامل علمی با آنان
۱۰) کسب تجربهٔ موفق در اجرای طرح‌های تحقیقاتی، طراحی تا تولید انبوه در داخل ایران‌خودرو
۱۱) معرفی گاز طبیعی فشرده به عنوان سوخت جایگزین در خودرو همراه با نمونه‌سازی
۱۲) جلب اعتماد مدیران ارشد در وزارت نفت، سازمان حفاظت محیط زیست و سازمان گسترش نسبت به مرکز تحقیقات

موتور به عنوان پایگاه علمی و کاربردی در زمینهٔ کاهش آلودگی، مصرف سوخت و آزمون‌های موتوری که بتواند اولین پشتوانه و مشاور در زمینهٔ انتخاب موتور مناسب با شرایط کشور باشد.

۱۳) پیشنهاد کمک به بهبود کیفیت قطعات موتوری از زمان ارائهٔ نقشه برای ساخت به سازنده در شرکت ساپکو تا تحویل آن در موتورسازی ایران‌خودرو و تغییرات احتمالی مهندسی در قطعات بر اثر تغییر مواد یا رواداشت‌ها در مرکز تحقیقات موتور

۱۴) اجرای پنجاه طرح تحقیقاتی در قالب پایان‌نامه‌های دانشگاهی و درون‌گروهی برای ارتقاء سطح علمی محققان استخدامی شرکت

در تاریخ ۲ مرداد ۱۳۸۰ زمینی به مساحت ۱۳۷۵۰ متر مربع که امروز در آن محل مستقر هستیم، خریداری و تحویل مرکز تحقیقات موتور شد. در آن موقع، به تأمین بودجه برای ساخت مرکز، اخذ مجوز و سایر هزینه‌های مشاوران خارجی در تهیهٔ نقشهٔ اتاق‌های آزمون و تأسیسات نیاز داشتیم. این بودجه در سال ۱۳۸۰ حدود ۷ میلیارد تومان برآورد می‌شد که تأمین آن به هیچ‌وجه مقدور نبود. بنابراین با توکل بر خدا و با همهٔ دشواری‌هایی که در طرح‌های توسعه‌ای در محصول موتوری داشتیم، همزمان حاصل درآمد محدود مرکز تحقیقات موتور را به صورت کار امانی برای ایجاد و توسعهٔ تجهیزاتی مرکز هزینه کردیم، زیرا برای واگذاری کلی کار به پیمانکار، به بودجهٔ هنگفتی نیاز بود.

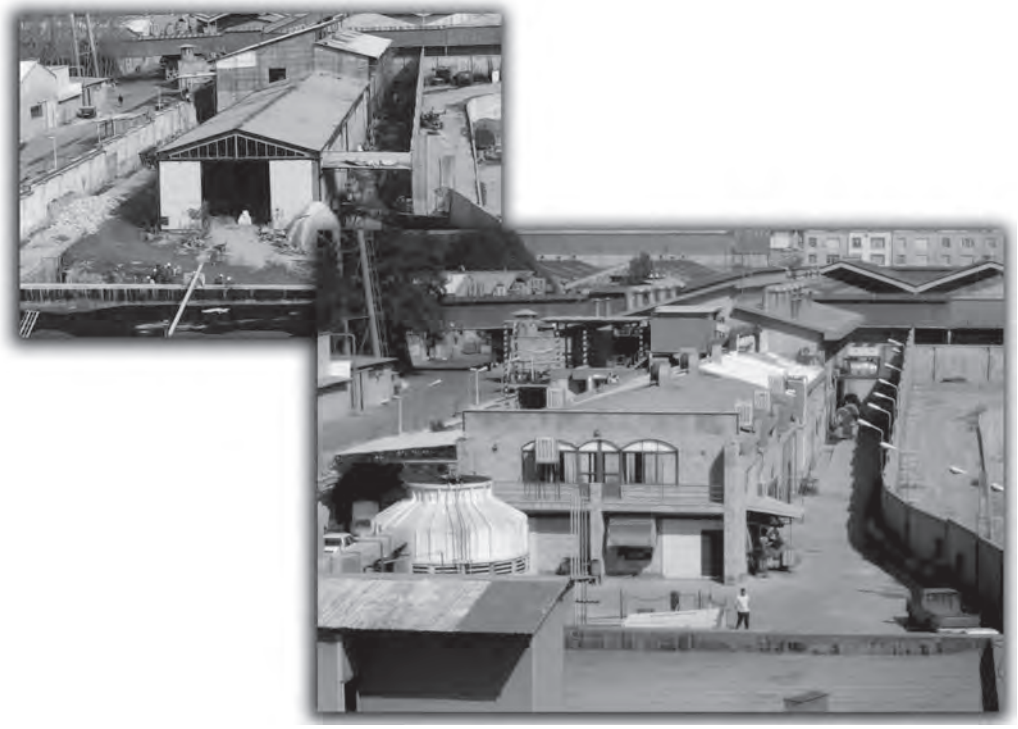
محل خریداری‌شده که قسمتی از آن ساخته شده بود، مطالعه شد. این ساختمان را قبل از پیروزی انقلاب اسلامی، آلمانی‌ها برای سازمان زمین و مسکن ساخته بودند. با کمال تعجب، نتوانستیم هیچ نقشهٔ دقیقی از سازهٔ آن به دست آوریم. بنابراین مطالعهٔ ساختمان از نظر سازه و مقاومت در برابر زلزله الزامی بود. بعد از مطالعه و آزمایش خاک و سازه مشخص شد که مقاومت ساختمان در برابر زلزله، استانده نیست. ضمناً در بین ستون‌های طبقهٔ اول اتصالی وجود نداشت. فکر تخریب یک ساختمان ۴ طبقهٔ بتونی واقعاً آزار دهنده بود. راهکارهای بررسی‌شده برای تخریب عبارت بود از: انفجار به صورت علمی که تجربهٔ آن وجود نداشت و تخریب با پتک صنعتی که زمان زیادی می‌خواست و آخرین راهکار تقویت سازه با ایجاد یک سازهٔ فلزی.

در نهایت، پیشنهاد دکتر ادیب‌زاده از دانشگاه شهید بهشتی، با تقویت سازه با هشت چاه و یک سازهٔ جداگانه به صورت گوشواره‌ای و با حفظ ساختمان قدیم، انتخاب شد. با دوجداره شدن سنگ و شیشه بدون نگهداری با بتن نیز توافق شد و با تقسیم کار به این بخش‌ها به صورت امانی عمل گردید.

کلیهٔ کارهای ساختمانی و استخوان‌بندی به صورت امانی با مسؤولیت معماری با نام حاج حسن حدادی که انسانی لایق بود، به صورت روزمزدی تکمیل شد. شخصیت حاج حسن و گروه کاری ایشان، پس از ساخت اتاق‌های آزمون موتوری برای جلوگیری از انتقال صدا و تأمین مقاومت‌های مهندسی و جلوگیری از ارتعاش و زیرسازی دستگاه‌های لگام ترمز و ساختمان‌های تأسیسات و چاه‌های نگهداری سوخت و ساختمان اداری و به کارگیری توان مهندسی نیروهای داخل شرکت در زیباسازی با رعایت مدیریت هزینه، نشان داد که انسانی بدون تحصیلات دانشگاهی ولی با تجربه و حسن‌نیت در کار و با تدیّن چگونه می‌تواند حتی مهندسان و معماران تحصیل‌کرده را مجذوب کند. کل کار ساخت مرکز تحقیقات موتور، به صورت فضای تخصصی و تحقیقاتی به میزان ۷۰۰۰ متر مربع در ۱۴ ماه به پایان رسید. سایر هزینه‌های خرید مصالح و پرداخت دستمزد کارگران، مستقیماً در شرکت انجام می‌شد. با این روش هزینه‌های ساخت‌وساز کمتر از ۵۰ درصد هزینه‌های پیشنهادی شد و مجبور شدیم زحمات زیادی را به‌دوش بکشیم تا به امید حق، مرکز سروسامان بگیرد.

در تهیهٔ نقشهٔ اتاق‌های آزمون، شرکت‌های آمپرداکشن، الکتریکوم و دکتر ادیب‌زاده، استاد دانشگاه، به عنوان معمار ساختمان، شرکت ایران راز به عنوان مشاور و ناظر و شرکت برصامکو سهم مهمی داشتند. برای ایجاد و تکمیل نقشه‌های اتاق آزمون، داده‌های خام را در مراحل اجرای کارها با شرکت‌های خارجی طراحی موتور شناسایی و تولید کردیم. با سرعت تمام در سه نوبهٔ کاری (شبانه‌روزی) در مدت سه ماه، بیشتر کارهای استخوان‌بندی با کمترین هزینه به پایان رسید.

همزمـان بـا این ساخت‌وسـازها، طرح‌های موتـوری از جمله طرح تزریـق و مراقبت موتور پیکان (افشـانه‌ای) و طرح خودروهای در حال حرکت با وزارت نفت، بدون وقفه در حال اجرا بود.
در انتهای سال ۱۳۸۰ مجبور به انتقال بعضی از واحدها به محل در دست احداث شدیم، در حالی که از امکانات گرمایشی و سرمایشی و نور برخوردار نبود.



بعد از مطالعات دوسـاله، در سـال ۱۳۸۰ پیشنهاد نیازمندی طرح خانوادهٔ موتوری به نام جمهوری اسلامی ایران از مرحلهٔ طراحی تا تولید به قطعیت رسید و برای ارائه به مقامات دولتی، آماده شد.
مهمترین دلایل شروع فعالیت‌های طراحی و ساخت موتور به نام ایران بدین شرح است:
۱) موضوع تولید موتور با نسخه‌برداری از قطعات خارجی و همبندی آن، با تعریف موتور ملی به معنای مالکیت در طراحی و نیز مالکیت در تولید موتور و کسـب دانش فنی، فاصلهٔ بسـیار زیادی دارد؛ این مفاهیم را شاید فقط خوانندگانی متوجه شوند که مطالعهٔ این سند و کتاب را به اتمام برسانند و با سندی از همین نوع در ساخت موتوری دیگر، اگر وجود داشته باشد، مقایسه‌کنند. در اردیبهشت ۱۳۸۰ که سه سال از عمر مرکز می‌گذشت، گزارشی با ۱۵ راهکار بهینه‌سازی موتورهای موجود ایران‌خودرو و طراحی خانوادهٔ موتور به مدیرعامل و اعضاء هیأت مدیره ایران‌خودرو تقدیم شد. [۲۲] کسب دانش کلی و جزیی طراحی قطعات موتوری، محاسبات، آزمون‌های صحه‌گذاری و ساخت و تولید، نمونه‌ای از انبوه دانش فنی است که سختکوشان عرصهٔ دانش موتور، برای ایران به ارمغان آوردند و برای اولین بار پس از قریب به صد سال واردات، ایران اسلامی صاحب نام و مالکیت در موتور شد و با این تلاش است که چرخهٔ همکاری صنعت و دانشگاه از تعیین نیاز تا تولید هر محصولی معنا پیدا می‌کند. اولین مستندات و دریافت پیشنهاد خانوادهٔ موتور از شرکت‌های تحقیقات موتوری و تکمیل و ارزیابی جدول‌هایی از شـرکت‌های انگلیسـی، آلمانی، اتریشـی، ایتالیایی و هندی در مورخ ۲۶ دی۱۳۷۹ به صورت مستند درآمد [۲۲].

۲) بررسی موضوع راهبرد موتور در خودروهای سواری برای کشور با در نظرگرفتن موارد اقتصادی، علمی، امنیتی، تولیدی، اشتغال‌زایی و راهبردهای سوخت و آلودگی که در ۱۳ جلد مدون گردید، ما را با ۳ راهکار روبه‌رو کرد و نهایتاً منجر به انتخاب راهکار طراحی موتور با مشارکت یک مرکز تحقیقاتی پیشرو و سپس ساخت موتور در داخل شد. راهکارهای دیگر شامل خرید به صورت کاملاً شناخته شدهٔ CBU از خارج، خرید قطعات منفصل CKD و نهایتاً ساخت داخل از طریق خرید قطعات و خودکفایی تدریجی بود که معمولاً به لحاظ وابستگی، دایماً با توجه به تغییرات راهبردی مالک موتور ناچار از تغییر می‌شدیم و هیچ گاه نمی‌توانستیم موتورهای روز آمد و بهینه را به کار بگیریم.
۳) کاربرد قوای محرکه در ایران و پیدا شدن سهم تولید جهانی ایران در طراحی و ساخت داخل، صادرات و واردات در بخش حمل و نقل جاده‌ای، راه‌آهنی، دریایی و استفاده از موتورهای ایستگاهی و اقتصادی بودن آن مستلزم حرکت جدی علمی و تولیدی ایران در منطقه است تا بر اساس برنامهٔ چشم‌انداز به این هدف برسد.
بر اساس هدف‌گذاری‌ها دومین همایش بین‌المللی موتورهای احتراقی را با یکسال تلاش در بهمن ۱۳۸۰ با شکوه و استقبال متخصصان برگزار کردیم [۲۳].
ریز فعالیت‌های مرکز تحقیقات موتور در گزارش عملکرد هیأت مدیره در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ تقدیم شد [۲۴].

سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲

با توجه به عدم امکان تصمیم‌گیری در تأمین بودجه و شروع طرح خانوادهٔ موتور ملی در سطح خودروسازی و وزارتخانه، مصمم شدیم پیگیری را به سطوح بالاتر برسانیم. لذا به رئیس‌جمهور وقت مراجعه کردیم که وی موضوع را برای تصمیم‌گیری به معاون اول خود، دکتر محمدرضا عارف، سپرد.

با هماهنگی قبلی، شرکت تحقیقات موتور، در مورخ ۲۹ فروردین ۱۳۸۱، طرح خانوادهٔ موتور ملی را در جلسه‌ای به ریاست معاون اول رئیس‌جمهور و با حضور سرکار خانم دکتر معصومه ابتکار، معاون محترم رئیس‌جمهور و رئیس سازمان حفاظت محیط‌زیست، دکتر ضرغامی و دکتر عبادی از ریاست‌جمهوری، مهندس ویسه و دکتر برومند از وزارت صنایع،

مهندس آقایی و هاشمی از وزارت نفت، رحمتی از سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی مطرح کرد. حاضران در جلسه این طرح را یک نیاز اساسی و موافق سیاست‌های دولت دانستند و دستور پیگیری آن را صادر کردند. در این جلسه مقرر شد:
۱) در مدت دو هفته وزارتخانه‌های نفت، صنایع و نیز سازمان‌های حفاظت از محیط زیست و مدیریت و برنامه‌ریزی گزارش اجرایی لازم را برای پیشبرد طرح ارائه دهند.
۲) در مدت دو ماه دکتر عبادی با همکاری مهندس میرسلیم، طرح را به تصویب دولت برسانند.
۳) وظیفهٔ هر یک از دانشگاه‌ها روشن شود.
رئیس دفتر معاون اول رئیس‌جمهور، این مصوبه را در ۲ اردیبهشت ۱۳۸۱ به شمارهٔ ۵۸۶ ابلاغ کرد.
تا تاریخ ۱۱ آذر ۱۳۸۵ تلاش مستمر در پیگیری، نتیجه‌ای به غیر از اتلاف وقت در وزارت صنایع و سازمان گسترش برای حمایت و تأمین بودجه نداشت [۲۵] و [۲۶].
ناگزیر، موضوع طراحی موتور را در درون مرکز تحقیقات موتور با انگیزه و پشتکار گروه‌های کاری و جلسات مرتب و منظم دنبال کردیم. همزمان با کسب اطلاعات از طریق الگوبرداری، به کمک گروه‌های طراحی، دفترچهٔ اعلام نیازها را آماده کردیم و مسائلی را مانند عوامل مهندسی وابسته به طراحی موتور [۲۷] سیاست‌های محدودکنندهٔ آمریکا در زمینهٔ انتقال فنّاوری خودرو [۲۸] و تشکیل یک گروه کاری و روش طراحی خانوادهٔ موتور [۲۹] و موارد زیاد دیگر در دستور کار قرار دادیم.
همزمان با این اقدام، عواملی را که باید مورد بازبینی همهٔ دست اندرکاران طرح و مسؤولان رده‌های تصمیم‌گیر در ایران‌خودرو، شرکت ساپکو به نمایندگی دکتر کاتوزیان و ایپکو قرار می‌گرفت تهیه کردیم و پس از اعمال ضریب وزنی به طبقه‌بندی سازندگان رسیدیم [۳۰].
مهندس میرسلیم نامه‌ای در مورخ ۲ شهریور ۱۳۸۱ به شمارهٔ م ع / ۸۱۵۰۴۶۶۱/و خ برای بیان دستاوردهای مرکز تحقیقات و اعلام خطرات شرکت‌های خارجی در مقابله با آن و فرصت‌هایی که کشور می‌تواند در دانشگاه و صنعت از آن بهره‌مند شود، ارسال کرد و در این نامه به قول‌های داده‌شده به ایشان، برای افتتاح شرکت تحقیقات موتور که با رنج بسیار ساختمان، تأسیسات و مراکز آزمایشگاهی و طراحی آن آماده شده بود، اشاره کرد. مرکز در سال ۱۳۸۱ به طور رسمی افتتاح شد.

سازمان ردهٔ اول موتور

با تغییرات در شرکت تحقیقات موتور ایران‌خودرو و تبدیل آن به سازمانی رده‌اولی در زمینهٔ تحقیق، طراحی و تولید موتور و با ادغام معاونت نیرومحرکه (موتورسازی) و بخش موتوری ساپکو در شرکت تحقیقات موتور ایران‌خودرو و تبدیل آن به شرکتی با نام شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران‌خودرو (ایپکو) تصمیم‌گیری سریع و البته کار بسیار دشواری شروع شد. برای استفادهٔ بهینهٔ توسعهٔ محصولات در تولید انبوه و یکپارچه‌شدن طراحی، تأمین و تولید موتور در جلسهٔ ۳ مهر ۱۳۸۱ که در دفتر مدیرعامل ایران‌خودرو برگزار شد، تصمیمات لازم اخذ و شرکت ایپکو متولی همهٔ آن امور شد.

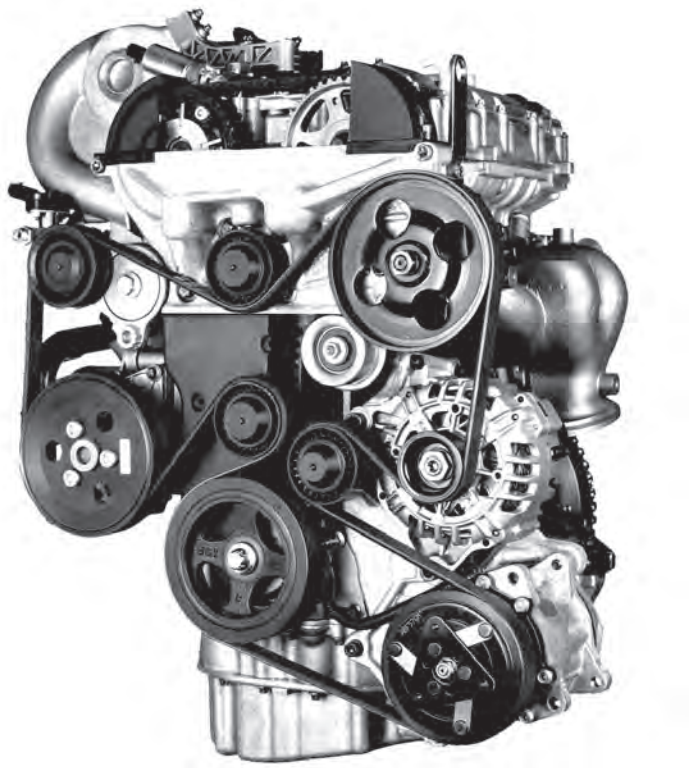
بعضی از اختلاف سلیقه‌ها در اجرا و مقاومت‌های طبیعی در ادغام به وجود آمد که در نهایت مانع تحقق اهداف سازمانی شد. اما با توجه به تغییر ساختاری کاملاً متفاوت نسبت به قبل و حجم تغییرات ایجاد شدهٔ ناشی از تبدیل شرکت تحقیقات موتور به ایپکو و دارا شدن سطوح معاونت‌های تولیدی، بازرگانی، سیستم، برنامه‌ریزی و سایر موارد از اهداف اصلی طراحی موتور غافل نماندیم و در فاصلهٔ کوتاهی ساختار ردهٔ یکمی، با مدیرعاملی مهندس ناصر مرزبانی استخراج شد [۳۱] و در ادامه با تفاهم با ایران‌خودرو در ۱۲ اسفند ۱۳۸۱ به شمارهٔ ۳۱۱۲ عملاً موتورسازی و شرکت‌های NMI، ریخته‌گری و محورسازان و مرکز تحقیقات موتور در ایران‌خودرو و قسمت موتوری تأمین قطعات موتوری ساپکو یکپارچه شدند [۳۲] و مجدداً گروه طراحی خانواده موتور فعال شد و با اخذ مجدد قیمت و ارزیابی آنان و جلسات کارشناسی مداوم به نتیجه‌گیری در تحلیل چگونگی اجرای آن رسیدیم [۳۳]. برای ارزیابی پیشنهادهای ارسالی، شیوه‌نامه‌ای استخراج شد و بر اساس آن امتیازاتی که به شرکت‌ها تعلق می‌گرفت گردآوری شد و به هیأت‌مدیرهٔ ایران‌خودرو، با پرونده‌ای در جلسهٔ مورخ ۱۹ اسفند ۱۳۸۱ به شمارهٔ MD/۳۴۲ ارائه شد [۳۴].

نکتهٔ بسیار مهم، اختلاف‌نظر میان مدیران ارشد ایران‌خودرو از جمله مدیرعامل وقت ایران‌خودرو، ساپکو و سازمان گسترش در سال ۱۳۸۱ بر سر استفاده از الگوی سازمان رده‌اولی بود که تقریباً دو، سه ماهی از تغییرات آن نگذشته بود که این اختلاف نظر راهبردی، آشفتگی زیادی را در ایپکو ایجاد کرد تا جایی‌که برای اولین دفعه، دلسردی نیروهای متخصص موجبات ناراحتی اعضای هیأت‌مدیرهٔ ایپکو را فراهم آورد و این موضوع تا حدود هفت ماه ادامه داشت و ضربات جبران‌ناپذیری به سازمانی که همهٔ امکانات و منابع را برای توسعهٔ موتور و قوای محرکه در کشور مهیا کرده بود، وارد آورد.

در حاشیه باید گفت که از بیرون و درون گروه صنعتی ایران‌خودرو، عوامل دیگری به طور پنهانی موضوع سیاست‌گذاری موتور را با شرکت خارجی TWR که از هویت مشخصی در موتور برخوردار نبود، پیگیری می‌کردند! عملاً پس از این‌که کارهای مرحلهٔ اول را با آن شرکت به اتمام رساندند و با تغییراتی که در شرکت تحقیقات موتور رخ داد و تقریباً کار با TWR به علت عدم آگاهی کارشناسان و بی‌هویتی آن شرکت به بن‌بست رسید، از ایپکو درخواست‌کردند که وارد موضوع شود. با مطالعهٔ این موضوع متوجه شدیم موتوری که پیشنهاد TWR به ایران‌خودرو است، در مالکیت شرکت TWR نیست و فقط دو نمونه از این موتور در انبار در انگلستان (که تبدیل به کارگاه شده بود) موجود است و TWR در پی فرصتی برای فروش آن است. با پیگیری‌های انجام‌شده در انگلستان، مدارکی به‌دست آوردیم که نشان می‌داد این شرکت در حال ورشکسته شدن نیز هست. به هر حال با اظهارات کارشناسی، طرح متوقف شد، ولی TWR برای تفاهم‌نامه‌های قبلی خسارت‌هایی را مطالبه‌کرد که بخشی از آن، علی‌رغم مخالفت‌ها پرداخت شد! ولی به هرحال قضیه به خیر گذشت.

به هر حال تشکیل سازمان رده‌اولی قوای محرکه که در ۳ مهرماه ۱۳۸۰ شکل گرفته بود با تغییر مدیرعامل ایران‌خودرو، به فاصلهٔ کمتر از یک ماه، توأم شد و مدیرعامل جدید ایران‌خودرو آن راهکار را متوقف‌کرد و هر از چند ماه یک بار فقط صحبتی از آن به میان می‌آمد و دوباره به فراموشی سپرده می‌شد. به اعتقاد کارشناسان خبره اگر چنین امری میسر می‌شد، به لحاظ هزینه (قیمت تمام‌شده) و کیفیت و عملکرد و مالکیت در امر موتور در جایگاه بسیار مناسب‌تری بودیم به طوری که حتی ورود موتوری به نام K4M یا K7M یا TU5 نمی‌توانست جای بازار موتورهای خودمان را بگیرد. تمام امور تصمیم‌گیری دربارهٔ موتور اعم از راهبرد در موتور، انتخاب، مالکیت در طراحی و تولید، ارتقاء کیفی سازندگان، ساخت

ارزان و باکیفیت و بهترین کاربرد نه تنها در محصولات ایران‌خودرو، بلکه خارج از آن می‌توانســت در کشــور عملی شود. اولین مخالف ذاتی تشــکیل ســازمان رده اولی (Tire 1) در ایران شرکت‌های خارجی وابسته به موضوع، از جمله شرکت پژو، بوده و هست. گر چه ظاهراً بی‌تفاوت‌اند، ولی همین شرکت‌های خارجی به دنبال تشکیل شرکت‌های رده‌اولی تحت لوای خودشــان در کشور ما هســتند. نمایندۀ پژو در انجمن قطعه‌سازان در اولین جلسه در حضور وزیر صنایع وقت، دکتر علیرضا طهماسبی، اعلام کرد که ما در ایران با سازندگان بخش خصوصی در پی ایجاد چنین ساختاری (رده‌اولی) هستیم، این نحوۀ سخنرانی در حضور عالی‌ترین مقام صنعتی کشور نشان از چه راهبردی دارد؟! به نظر می‌رسد روند خودروسازی در ایران، حتی مستقل از سیاست دولت است و راهبردهای آن هم در دست خودمان نیست؛ دلیل این مسأله این است که نتایج همۀ فعالیت‌ها در خودروســازی منجر به فروش محصولات شــرکت‌های خارجی در بازار بکر ما است و دائماً با نام محصول جدید و خودکفایی جدید، این چرخه تکرار می‌شود. ادعای دیگر اینکه تولید محصول داخلی سمند با این کیفیت و قیمت فقط یک بازی است نه یک کار تجاری و صنعتی! دلیل دیگر این که این همۀ سرمایه‌گذاری تأسیسات، ساختمان و ماشــین‌آلات در درون خودروســازی‌های بزرگ کشــور و بیش از صدها ســازندۀ داخلی برای تولید محصول و قطعات خارجی است. براستی چه کسی پاسخگوی این سرمایه‌گذاری چند هزار میلیارد تومانی در مقابل اندک سرمایه‌گذاری در بخش توســعۀ محصول مســتقل است؟! و چرا نباید ســازندگان ما به جای توسعۀ ماشین‌آلات با توسعۀ طراحی و علمی منطبق با نیازمندی‌ها رشد کنند؟ چه کسی پاسخگوی عدم تولید انبوه سمند و جایگزینی آن با دیگر محصولات و توسعۀ این مالکیت اســت؟ آیا این همان روشــی است که خودروســازان بزرگ و جهانی بر اساس آن عمل می‌کنند؟! این گونه حرکت‌ها با فرض بر طرف‌کردن نیاز کشــور، یا دســتوری است، یا غیرعلمی و ناآگاهانه و یا ... ! هر چه باشد برای کشور ایران اسلامی عزیز برکت نیست. در این روش هیچ گونه تعریفی بر اساس نیاز واقعی نداریم و با دنباله‌روی، اموری را به اصطلاح، به دست بخش خصوصی و مردم نداده‌ایم. بلکه آنان را در این طمع، شریک کرده‌ایم.



سازمان رده‌اول ایرانی

این سازمان عبارت است از زیرساخت‌های مورد نیاز برای طراحی، تأمین و تولید با کیفیت و قیمت صرفه‌جویانه و با هدف سودآوری و از همه مهم‌تر با تمرکز در تصمیم‌گیری و تسریع در افزایش مزیت نسبی در بازار رقابتی و با مسؤولیت‌پذیری در مـورد محصـول از طراحی تا انتهای عمر مصرف آن نزد مشـتری و همچنین نظارت و تقسـیم کار و گردآوری همهٔ رده‌های سـازمانی دو، سـه ... و آخرین ردهٔ آن بر طبق برنامه و سـپردن تکالیف ریز طراحی و تحقیقات در قالب مراکز تحقیق و توسعه[1] و صاحب‌نام شدن آنان در چرخهٔ توسعهٔ محصول با نوآوری و تولید روزآمد و مورد نیاز بازارهای هدف. یکـی از مهم‌ترین اهداف در این رده توسـعهٔ بازار اسـت. مطالعهٔ نیازمندی‌های بازار و ایجاد شـرکت‌های صاحب‌نام و اطمینان از وضعیت کلیهٔ سـازمان‌ها در رده‌های مختلف مسـؤولیتی و رعایت تضمین کیفیت و اصلاح دائم و روزآمدی تولید کامل در ردهٔ یک با استفاده از طراحی روزآمد و رقابتی‌بودن به لحاظ کیفیت و قیمت و گستردگی فعالیت تا خدمات پس از فروش برای سـودآوری بیشتر، موجب پدید آمدن این تقسـیم‌بندی شده است. با روش‌های موجود خودروسازان در کشـور و وضعیت سـازندگان داخلی در همبندی محصولی به نام خودرو، نمی‌توانیم خواهان کیفیت مناسب‌تر و قیمت ارزان‌تر بدون واگذاری مسـؤولیت‌ها از طراحی تا تولید قطعات و مجموعه‌ها به سـازمانی رده‌اولی باشـیم. البته سازمان رده‌اولی سال‌هاست که در صنعت خودروسازی جهانی تجربه و جایگزین سازمان‌های قدیمی شده است. ما در اینجا فعلاً از معایب و مزایای سازمانی بحث نمی‌کنیم.

ایران‌خودرو از سال ۱۳۸۰ نیاز اساسی به تغییر سازمانی داشت. بزرگی در وسعت و توسعه در منابع انسانی، مالی و محصول گروه صنعتی ایران‌خودرو به اندازه‌ای شـده که هم‌اکنون این منابع هسـتند که گروه صنعتی را به حرکت وامی‌دارند، نه راهبردهـا! در واقـع نظام‌های حاکم مدیریتی، کار نگهداری و نگهبانی را می‌کنند و در مواردی هم با تقلید از روند سـایر خودروسازان اقدام به ساخت و ایجاد پایگاه‌های همبندی برای صادرات در خارج و داخل کشور می‌کنند و باری بر دوش می‌گذارند. چرخهٔ تولید محصول، از تأمین قطعات و مجموعه‌ها به توسـط سـازندگان داخل و خارج، و شرکت خودروساز (اعم از منابع انسانی متخصص تا کارگران، تأمین مواد و خطوط تولید و تأسیسات و آزمایشگاه‌ها و نهایتاً همبندی خودرو و فروش محصولات تا خدمات پس از فروش و کسـب رضایت مشـتری در داخل و خارج کشـور) از یک‌طرف و حفظ رقابت‌پذیری محصولات و مطالعهٔ بازار و محصول و تعیین راهبرد و تأمین منابع آن از طرف دیگر می‌بایسـت از سـال ۱۳۸۰ تغییر اساسـی در مجموعهٔ خودروسـازی ایران را منطبق بر نیاز آن اعمال می‌کرد. یکی از این راهکارها تشـکیل سازمان‌های رده اولی با استفاده از ظرفیت بخش خصوصی با اولویت سازندگان و تأمین‌کنندگان قطعات خودرویی بود. شـرکت ایپکو در اواسـط سـال ۱۳۸۲ پس از پنج ماه بلاتکلیفی مجبور شـد با توجه به نظر مدیرعامل ایران‌خودرو و فشـارهایی که، از جمله، از سـازمان گسـترش نشـأت می‌گرفت، مجدداً هیأت‌مدیره و مدیرعامل را تغییردهد و تمامی سازمان‌های واگذارشده را برای سازمان رده اولی برگرداند. ایران‌خودرو با پیروی از این سیاست‌ها، مدیریت سنتی تکلیفی و هزینه‌زا را بر ارتقاء محصول ارزان باکیفیت، رجحان داد. به هر ترتیب با موافقت مدیرعامل وقت ایران‌خودرو، نسـبت به تفاهم با ایران‌خودرو و اخذ نظریات هیأت‌مدیرهٔ ایپکو مجبور شدیم سازمان رده‌اولی ایپکو را که در ساختار و منابع آن عملی کرده بودیم به ایپکوی موجود به صورت کوچک تبدیل کنیم [۳۵].

اگر آن سازمان، متولی طرح موتور ملی در سال ۱۳۸۲ می‌شد، قطعاً در سال ۱۳۸۵ تولید انبوه موتور با بهترین کیفیت و قیمت در تهیهٔ قطعات، مجموعه‌ها و همبندی عملی می‌شد.

با توجه به هم‌فکری نیروهای مرکز تحقیقات موتور و کارخانهٔ موتورسازی برای بهینه‌سازی موتورهای موجود، طرح‌های مختلفی تعریف و تصویب شد.

در سال ۱۳۸۱ کارگروه علمی– فنی در زیر مجموعهٔ شورای تحقیقات با حضور اغلب افراد طرح موتور ملی تشکیل شد. بعضی از نتایج که در آن زمان بسیار حایز اهمیت بود، عبارت بود از:

۱) اخذ مصوبهٔ هیأت دولت برای طرح خانوادهٔ موتور

۲) استخراج روند کار طراحی موتور [۱۸]

۱- R&D

۳) تعیین متغیرهای مهندسی وابسته به طراحی موتور [۲۷]
۴) دعوت از پاسخ‌دهندگان به درخواست طرح موتور ملی برای ارائهٔ توضیحات به هیأت‌مدیرهٔ ایران‌خودرو [۳۶]
۵) گردش کار الگوبرداری تخصصی موتور [۳۷]
۶) گردآوری اطلاعات و مشخصات خودروهای شناسایی‌شده در طرح الگوبرداری
۷) طراحی یک خانوادهٔ موتور با مالکیت ایرانی [۲۹]
۸) تعریف الگوبرداری در موتور GM-622
۹) تهیهٔ پیشنهاد دفترچهٔ درخواست نیاز موتور
۱۰) شناسایی شرکت‌های طراحی موتور و اخذ پیشنهاد از آنان
۱۱) ارزیابی شرکت‌ها و انتخاب یکی از آنان
۱۲) بسترسازی ساختاری، روشی، منابع انسانی و تجهیزاتی (دست‌کم) برای شروع کار طراحی موتور

در پایان سال ۱۳۸۱، پس از یک سال و سه ماه اصرار برای الگوبرداری موتور TU5 و استفاده از امکانات تولیدی موجود و شـناخت کامل مزایا و معایب موتور پژو، ایران‌خودرو پذیرفت تا این کار انجام شـود. دارا بودن منحنی‌های پراکندگی برای هدف‌گذاری در مرحلهٔ طراحی مفهومی الزامی است و نیز با توجه به این که دستیابی به صحت و دقت اطلاعات در منحنی‌های پراکندگی به صورت تجربی و عملی فقط از راه الگوبرداری میسر است، با تهیهٔ پیشنهادی به کمک شرکت FEV، الگوبرداری از موتور TU5 را اجرا کردیم.

در این اقدام نظر به این که قبلاً مسیرهای الگوبرداری را در شرکت‌های دیگر شناسایی کرده بودیم، اولاً به دنبال کسب دانش الگوبرداری بودیم که تا حد زیادی بحمدالله موفق شـدیم، امروزه این دانش بسیار پیشرفته‌تر از مهندسی معکوس است و تقریباً برای طراحی و شناسایی مبانی، جزو شیوه‌های اصلی خودروسازان جهان برای دستیابی به دانش رقبا است. ثانیاً در این الگوبرداری توانستیم مبانی کار و قسمت‌هایی از طراحی مفهومی را برای طرح موتور ملی تکمیل کنیم و ثالثاً معایب و مزایای موتور TU5 را بشناسیم [۳۷].

همزمان با پیشبرد این مرحله از کار و به طور موازی، نیازمندی‌های طرح موتور ملی را برای اجرا تکمیل کردیم و مجدداً برای بار سـوم درخواسـت نیاز کار را برای شرکت‌های خارجی ارسال و پیشـنهادها را دریافت کردیم. این‌بار با توجه به تجربه هایی که کسـب کرده بودیم، تغییرات اساسـی در پیشنهادها اعمال کردیم و با هدف اجرای بخش زیادی از کار در داخل و تهیهٔ امکانات آزمایشـگاه در داخل کشـور تعدیل بسـیار خوبی را در هزینه و زمان ایجاد کردیم [۳۶] این نتیجهٔ کار بسیار فشردهٔ ۷ ماهه بود.

شـرکت FEV برای کسـب رضایت ما در طرح الگوبرداری خود را قانع کرده بود که باید خیلی شفاف و باز با ما کارکند؛ از این‌رو بخش زیادی از دانش الگوبرداری را توانسـتیم کسـب کنیم. کارها به خوبی پیش رفت و تمامی سـازوکارها و نیازهای طرح برای شروع طراحی موتور ملی و تأیید هیأت‌مدیرهٔ جدید ایران‌خودرو در ۱۸ تیر۱۳۸۴ اخذ شد. ولی به علت عدم تأمین بودجه و عدم پشـتیبانی مالی شـروع طرح غیر ممکن بود و این موضوع را به هیچ‌وجه نتوانستیم به کارگروه طرح اظهارکنیم، زیرا عقب‌نشینی یا سکون و تأخیر در شروع این طرح و نگهداری این همه نیروی با انگیزه و تدارکات چندین سـاله و ساختارهای ایجادشده برای ما به هیچ‌وجه امکان‌پذیر نبود. فکر بازگشت به دامن خودروسازهای خارجی برای تأمین قوای محرکه و عقب نگه‌داشـتن صنعت و دانشـگاه در کشـور و عدم دسـتیابی به دانش فنی و عدم نیل به مالکیت طراحی و تولید موتور و بهینه‌سـازی موتورها برای رفع نیاز خودمان، داسـتان بسـیار تلخ و زجرآوری بود. تأمین بودجهٔ متوسط صد میلیارد تومانی پیشنهاددهندگان خارجی برای اجرای کامل و کلیدی طرح موتور ملی در آن تاریخ (که به همه درهای بسته برخورده بودیم) کار بسیار دشواری بود. پس از یک ماه فکر، تلاش و دعا برای پیداکردن راهکار، در بررسـی پیشنهادهای شرکت‌های خارجی وارد مذاکرهٔ دوم شدیم و تصمیم گرفتیم با شرکتی که بهترین پیشنهاد را داده و انتخاب شده بود مذاکره را برای فقط قسمت کوچکی از کار یعنی طراحی مفهومی آغاز کنیم.

طراحی مفهومی را در همه پیشنهادها مشترک کردیم. این بخش از کار حدوداً ۷ درصد حجم طرح را به لحاظ هزینه‌ای تشکیل می‌داد.

در طراحی مفهومی به تمامی مبانی طرح با توجه به محدودیت‌های تعریف‌شده و دستیابی به اهداف عملکردی، مصرف، آلودگی، ساختار سازمانی طرح، گروه‌های کاری، سطح دسترسی‌ها، شرح وظایف، قیمت، انتخاب سازندگان، ترسیم نقشه‌های سه‌بعدی قطعات، بستهٔ هزینه‌ای[1] و ساخت موتور آزمایشگاهی می‌رسیدیم. شرکت پیشنهاددهنده هنوز خود را انتخاب نهایی ما نمی‌دانست و باید تلاش می‌کرد تا با کار بیشتر و با همکاری بهتر خود را بشناساند و به علاوه شرکت منتخب می‌بایست قیمت خود را به نسبت سایرین با تفاوت زیادی رقابت‌پذیر کند. از طرف دیگر شرکت‌هایی که کمی سابقه در این امر داشته باشند، پس از طراحی مفهومی بعضاً می‌توانند کار را به پیش ببرند یا این‌که به گونه‌ای دیگر کار را ادامه دهند. بنابراین برخی مراقبت‌ها الزامی بود. با دو جلسه نهایی در آلمان و ایران این مهم را دنبال کردیم و کارگروهی بسیار با انگیزه و پرشوق و از متخصصان ایرانی تشکیل دادیم. به شکر خدا به اولین توافق[2] برای همکاری سه‌ماهه تا انعقاد قرار داد و اجرای طراحی مفهومی رسیدیم.

با توجه به اطلاعاتی که از وضعیت اقتصادی و موقعیتی شرکت FEV کسب‌کردیم، طراحی مفهومی را در ۱ دی‌ماه ۱۳۸۲ آغاز کردیم. آن‌ها با کراهت و بر مبنای پذیرش تعهد اخلاقی ما موافقت کردند که این کار را شروع کنند. توافق ما مبنی بر هشتصد هزار یورو برای این بخش بود. البته اگر بعد از طراحی مفهومی توقف می‌کردیم، یک‌صد هزار یورو دیگر باید به آنان پرداخت می‌کردیم. پذیرش این راهکار فقط کمک خدا بود و بس!

مسؤول شرکت FEV، پروفسور پشینگر بزرگ بود که ریاست دانشکدهٔ موتور آخن را هم عهده‌دار بود، او پسر خود را برای ادامهٔ این کار تربیت کرده بود، در حقیقت دانشکدهٔ موتور آلمان با قریب به یک‌صد آزمایشگاه و حمایت بودجهٔ دولتی و منابع بزرگ علمی و انسانی در خدمت شرکت FEV خصوصی است که فروش خدمات تحقیقات و مهندسی را در کشور آلمان و خارج از آن بر عهده دارد؛ به نظر می‌رسد که این الگو با طول عمر ۳۰ ساله نمونهٔ موفقی در آلمان باشد.

پس از ۵ ماه مذاکره، آخرین جلسهٔ سه‌روزه با طرف آلمانی برای نهایی‌شدن یادداشت تفاهم طراحی مفهومی در ایران برگزار شد. در دومین روز جلسه که در دفتر این‌جانب برگزار شده بود، ساعت ۴ بعد از ظهر ناهار صرف شد و مباحث قرار دادی را بلافاصله با شوق ادامه دادیم. طرف خارجی فقط در مدتی که ما به نماز مشغول می‌شدیم، کمی استراحت داشت. حدود ساعت یک و نیم بامداد با چند بیسکویت و چای، شام صرف شد و کار تدوین فعالیت و زمان‌بندی را

۱- Cost Pack
۲- LOI

ادامه دادیم. طرف‌های آلمانی و ایرانی که بسیار خسته شده بودند، تقاضای کمی استراحت کردند، در همین حین، صدای اذان صبح بلند شد. در تمامی این فواصل معمولاً با وضو بودیم و با همان حال به نماز می‌رفتیم و خدا را بسیار شاکر بودیم برای این همه نعمتی که به ما داده بود و به این باور رسیدیم که هر چه خدا بخواهد، می‌دهد و جریان کلیهٔ امور عالم از اوست و اوست که به انسان حتی نزدیک‌تر از خود ما به ماست. دو روز بعد از امضاء اولین یادداشت تفاهم با حدود ۷٪ حجم از کل کار طراحی خانوادهٔ موتور، مدیرعامل ایران‌خودرو حکم این‌جانب را در تاریخ ۱۶ آذر ۱۳۸۲ به شمارهٔ م ع / ۸۲۶۰۰۳۷۸/ ا به عنوان «مدیر طرح موتور ملی» و حکم مهندس میرسلیم را به عنوان «ناظر عالی طرح موتور ملی»، منتشر کرد [۳۸].

پس از تهیهٔ برنامهٔ طراحی مفهومی، نیاز اساسی سازمان رده‌اول قوای محرکه کاملاً مشهود بود. به عبارتی مسؤولیت از طراحی تا تحویل به مشتری و تضمین آن برای طراحی موتور اجتناب‌ناپذیر بود که متأسفانه بدون هیچ دلیل منطقی، محقق نشد. سازمان‌های درگیر در طرح همان سازمان‌هایی بودند که در سال ۱۳۸۱ در ایپکوی سازمان رده‌اولی دور هم جمع شده بودند و در سال ۱۳۸۲ آن‌ها را از هم متفرق کردند و با مدیریت‌های مستقل انتظار اتمام این کار بزرگ را داشتند. به هرحال چاره‌ای نبود جز آن که با درایت، صبر و استقامت کارگروهی و تقسیم وظایف و رهبری طرح در محدودهٔ گروه صنعتی ایران‌خودرو، در شرکت‌ها و سازمان‌ها کار طرح را به انجام برسانیم. سازمان‌هایی که به طور مستقیم در طرح موتور ملی درگیر هستند، عبارتند از:

۱) شرکت ساپکو و سازندگان داخلی و خارجی به تعداد هفتاد سازنده
۲) معاونت نیرومحرکهٔ ایران‌خودرو
۳) شرکت نیرومحرکه (جعبه‌دنده‌سازی)
۴) شرکت‌های ریخته‌گری چدن و آلومینیوم
۵) شرکت‌های قالب و نمونه‌سازی
۶) مرکز تحقیقات ایران‌خودرو
۷) سواری‌سازی ایران‌خودرو
۸) برنامه‌ریزی
۹) استراتژیک
۱۰) مالی
۱۱) شرکت ایپکو
۱۲) مرکز مهندسی
۱۳) ایساکو

ساختار ایپکو دچار تغییرات بسیار زیادی شد و سطح جابه‌جایی هم کار را دشوارتر کرد. حجم طرح‌های تحقیقاتی که برای رشد سایر نیروها نیاز بود تا با کار گروهی تربیت شوند، بسیار زیاد بود و مدیریت بر آن نیز دشوار، ولی به لطف و عنایت خدا این مهم را هم در سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ با همت اعضای هیأت‌مدیره و کارکنان شرکت، که در عملکرد این دو سال ثبت شده است، پشت‌سر گذاشتیم [۳۹]. همزمان با این حجم کار سومین همایش بین‌المللی موتورهای درونسوز را در بهمن ۱۳۸۲ با حضور شرکت‌ها و مقامات خارجی و داخلی برگزار کردیم [۴۰].

بلافاصله پس از آغاز طراحی مفهومی موتور ملی، برای اعزام چهار نیرو اقدام کردیم که در کنار نیروهای مرکز تحقیقات موتوری آلمان باشند. اولین مشکل که پیش رویمان سبز شد و همیشه تا آخر طرح با آن روبرو بودیم، موضوع اخذ روادید به علت مسائل سیاسی و بعد از آن تحریم، بود.

به هر حال با اعزام ترتیبی دو نفر به محل شرکت FEV توانستیم بعضی از مفاهیم طراحی مفهومی را در آن زمان کسب کنیم. جلسات متعدد و مکرری در این امر باید می‌داشتیم تا اصول طراحی مفهومی نهایی شود. به موازات آن، سازمان طرح را مطابق با نیاز و نیز تغییرات احتمالی آن را بررسی می‌کردیم و همچنین تدارک تهیهٔ قرار داد اصلی

را در داخل کشـور به همراه گروه مرکز تحقیقات موتور آغاز کردیم. به لطف خدا، با توجه به آشـنایی دکتر صالح‌خو به مسـائل فنی خودرو و زبان فنی علاوه بر تسـلط ایشان بر مسائل حقوقی بین‌المللی و تسلط و آشنایی کارگروه تخصصی با سـرفصل‌های کاری موتور، خودرو و جعبه‌دنده، آقایان مهندس قاریزاده، مهندس حمیدرضا طالبی، مهندس حسـین ایزانلو، مهندس علی صحرائیان، مهندس مهدی مقصودی، مهندس محمدکاظم خسروی نجاد، مهندس احمد نصیری، مهندس پدرام اسلامی‌نژاد، مهندس بیژن ثابتی‌زاده، سایر کارشناسان ایپکو، مرکز توسعهٔ محصولات ایران‌خودرو، ساپکو و با نظارت مهندس میرسلیم پیش‌نویس قرار دادی در شأن کشورمان تهیه شد.

در طراحی مفهومی به این نتیجه رسیدیم که موضوع موتور به تنهایی کار را به پایان نمی‌رساند؛ لازم بود که بهینه‌سازی جعبه‌دنده و تطبیق قوای محرکه روی خودروی سـمند نیز مطالعه شود. قبلاً درخواستی برای نیازمندی‌های مرکز توسعهٔ محصولات ایران‌خودرو ارسـال شـد. گروه کاری به این نتیجه رسید که باید موضوع مشارکت این مرکز مانند ساپکو در عالی‌ترین سطح مطرح شود تا کار تکمیل شود.

بنابرایـن طـرح قوای محرکه (طراحـی خانوادهٔ موتور و بهینه‌سـازی جعبه‌دنده) به درخواسـت هیأت‌مدیرهٔ ایران‌خودرو روی خودروی سـمند، جایگزین طراحی موتور ملی شـد و کلیهٔ مراحل امکان‌سـنجی و راهبردی طرح با همکاری واحد برنامه‌ریزی و استراتژیک در قالب دفترچهٔ طرح موتور ملی تهیه و در ستاد سیاستگذاری ایران‌خودرو مصوب شد.

در طراحی مفهومی به سـه موتور: ۱٫۷ لیتر تنفس طبیعی، ۱٫۷ لیتر پرخوران و ۱٫۴ لیتر تنفس طبیعی[۱] دوسـوخته با پایهٔ گاز طبیعی رسیدیم. در پیش‌نویس قرار داد، پیشنهاد جدید ایران‌خودرو شامل موتور، جعبه‌دنده و خودرو، با تقسیم کار در طراحی اولین موتور و با اسـتفاده از امکانات و توانمندی نیروهای داخلی مرکز تحقیقات موتور، مرکز توسعهٔ محصولات، سـاپکو و خطوط تولید لحاظ‌شـد. پس از اتمام مرحلهٔ طراحی مفهومی مجدداً برگهٔ درخواست کار و قیمت[۲] تهیه و برای چهار شـرکتی که انتخاب شـده بودند، ارسال شد. شرکت FEV برای از دست ندادن کار و هم به لحاظ کاهش هزینه و دسـتیابی به قیمت هدف، با واگذاری بخش اعظمی از طرح مانند آزمون‌ها، مهندسـی تولید و روش و فرآیندها به داخل کشـور موافقت کرد. طرف‌های دیگر شـرکت‌های خارجی نیز که جدیت را در کار دیده بودند، پیشـنهادهای قبلی خود را بسـیار تعدیل کردند. در خاتمه شـرکت FEV با لحاظ‌کردن تمامی خواسته‌های ما و پیشنهاد قیمتی مناسب‌تر از دیگران و سـطح خوبی که در ساختار تحقیقاتی داشـت، برنده شد. برای دستاوردهای مرحلهٔ طراحی مفهومی و نیز پیشنهادهای امور فنی و همچنین زمان‌بندی اجرایی طرح (به غیر از موارد حقوقی و پرداخت‌ها) با شـرکت FEV به توافق رسـیدیم.

در جلسه‌ای با حضور مدیرعامل و اعضای محترم هیأت‌مدیرهٔ ایران‌خودرو، قائم‌مقام و معاونان ایران‌خودرو و گروه کاری طرح در ایران‌خودرو، چارچوب کار ارایه و مصوب شد تا طرح به طور کامل اجرا شود.

گزارش توجیهی فنی و اقتصادی طراحی و ساخت موتور در ۱۶ دی۱۳۸۳ به شمارهٔ ۳۵/۱۱۱-۰۵۴۹ که در دی۱۳۸۲ با همکاری مرکز برنامه‌ریزی تهیه شـده بود و همچنین سـند تجاری ۱۴ آذر ۱۳۸۳ به شمارهٔ ۳۵/۱۹۵ که آن هم محرمانه با همکاری واحد استراتژیک آماده شده بود، تقدیم هیأت‌مدیره شد [۴۱]. این موضوع و مصوبه با انعقاد تفاهم‌نامهٔ وزارت نفت و ایران‌خودرو برای توقف تولید خودرو پیکان هم‌زمان شد. با وزیر وقت نفت و مدیران آن وزارتخانه جلسات مکرری برگزار شـد و پشـتیبانی آنان را از این طرح اخذ کردیم. مهندس زنگنه و دیگران طرح را تأییدکردند و مقرر داشـتند که این قرار داد، پیوسـت تفاهم‌نامهٔ وزارت نفت و ایران‌خودرو شـود و کمک مالی به آن تعلق گیرد. متأسفانه در ساختارهای دولتی، برای اجرای سـریع طرح‌های توسـعه‌ای، پیش‌بینی لازم نشده اسـت و لذا علی‌رغم موافقت و دستور مسؤولان، پشـتیبانی از این مهم تا دو سـال پس از اجرای طرح، عملی نشـد. کارگروهی برای تکمیل و تنظیم قرار داد به صورت فشـرده با همکاری صمیمانه کارشناسـان و با تلاش شـبانه‌روزی حدود یک هزار کارشناس- روز تکمیل شد و قرار داد در ۲۵ اردیبهشـت۱۳۸۳ در سـاعت یک بامداد برای فعالیت‌ها و مسؤولیت‌های تعیین‌شده در طراحی سه موتور خانواده و بهینه‌سـازی جعبه‌دنده و تطابق با خودروی سـمند و نگاشـت روی موتور و خودرو و بخشی از کار موتوری پرخوران و مشاوره در موتور ۱۴۰۰ به امضاء رسید [۴۲].

۱- EF7 1.7NA - EF7 1.7TC - EF4 1.4NA ۲- RFQ

سال۱۳۸۳به بعد

پس از پشت‌ســر گذاردن تغییرات ســازمانی حاصل از ردهٔ اول شدن در سال ۱۳۸۲ و بازگشت آن به حالت میانه در سال ۱۳۸۳ که هم تحقیق، خدمات مهندســی محصول و تضمین کیفیت در تولید موتور در دســتور کار مرکز تحقیقات موتور قرارگرفت، آرامش در ســاختار ســازمانی، عزل و نصب‌ها و کاهش سطوح عمودی سازمان و در پی آن تغییرات سطوح از معاونت به مدیریت که اجرای آن به لحاظ رعایت مســائل انســانی بســیار دشوار بود، حاصل گردید. به هر حال متأسفانه در مدت یکســال و نیمی را که می‌توانســتیم با تمام توان به وظایف اصلی در خصوص طراحی موتور ملی، تحقیقات و بهینه‌سازی تا تولید انبوه این طرح و سایر طرح‌ها صرف کنیم، به سبب تغییرات نادرست از دست دادیم.

در ابتدای ســال ۱۳۸۳ که اجرای طرح موتور خانوادهٔ ملی رســماً شروع شــد، بلافاصله از همهٔ واحدهای درگیر در گروه صنعتی ایران‌خودرو تقاضای معرفی نمایندهٔ تام‌الاختیار کردیم و افراد معرفی شدند.

چیدمان، ساختار کار و مسؤولیت‌ها و سامانه‌های دروازه‌ای و مدیریت پایش طرح آمادهٔ پاسخگویی بودند. این طرح به نام EF7[1] مشهور شد که مفهوم آن، خانوادهٔ موتور ملی ۱٫۷ لیتر است.

متأسفانه زمان برای گشایش اعتبارنامهٔ (LC) تعیین‌شده در قرار داد سپری شد. در جلسه‌ای با پروفسور پیشینگر، مهندس میرســلیم و بنده نســبت به این موضوع بحث کردیم. چون دکتر پیشــینگر احترام خاصی به لحاظ علمی برای مهندس میرســلیم قائل بود، ایشــان امیدوار بود که این مهم را با کوشــش طرفین عملی کنیم، به طوری که کار متوقف نشود. آن جلســه برای ما، که در ابتدای کار بودیم، بســیار سنگین بود زیرا تا این مرحله، شرکت FEV هزینه‌های کارهای گذشته خــود را نقــد نکرده بود و از طرفی ۱۰ درصد مبلغ کل قرار داد را هم به عنوان تضمین به ایران‌خودرو ســپرده بود. ضمناً نظام مالی نمی‌توانســت پاسخگو باشــد. در توافقی با مدیریت و آقای شهرابی یک اعتبارنامه (LC) از دوبی به مقدار ۵۰ درصد قرار داد با توافق بازرگانی شــرکت FEV گشــایش شــد و به طور موازی قرار شــد با همکاری شــرکت FEV از بانک‌های خارجی برای اعتبارنامه (LC) اقدام کنیم [۴۳]. یکی از موارد بســیار ارزشــمند این طرح که در قرار داد هم ذکر شــده بود انتخاب ســازندگان ایرانی برای طراحی و تولید قطعات موتور اســت. تنها مسیر علمی و تجاری‌سازی قطعات، کمک به سازندگان ایرانی در دستیابی به طراحی و مهندسی و مالکیت‌دار کردن قطعات در تولید است که بسترهای این راه در قرار داد موتور ملی، برای اولین بار در کشــور، آماده‌ســازی شــد. بنابراین کلیدی‌ترین و مهم‌ترین موضوعی که در این طرح باید در مد نظر قرار می‌گرفت، حرکت ساپکو و سازندگان وابسته به آن، طبق برنامه و با مدیریت واحد در قالب مهندســی همزمان با کارگروه طراحی بود تا به نمونه‌ســازی موتورها برسیم. قیمت هدف موتور در مورخ ۱۴ مهر ۱۳۸۳ با هماهنگی ســاپکو به مبلغ ۷۷۱ یورو اعلام شــد [۴۴]. انتخاب سازندگان نوع رتبهٔ یک آشنا با حداقل مفاهیم تحقیق و توســعه و برخوردار از ســرعت کافی در کار از الزامات بود. در نهایت کار معرفی ســازندگان و وصل آنان به طراحان برای نهایی شــدن طرح اولیه با توجه به امکانات موجود خودشــان و در صورت نیاز ارتقاء آن برای نمونه‌سازی، از اصول اولیهٔ حرکت و پیشــرفت این طرح بود که در قرار داد هم گنجانده شــده بود. در حقیقت برای کاهش هزینه ناشــی از تکرار نمونه‌ســازی‌ها، ســازندگان باید از قابلیت‌های حداقل برخوردار باشند تا همزمان با طراحی قطعات بتوانند با ساخت قالب نرم، قطعاتی را با خواص اصلی برای نمونه‌سازی موتور آماده کنند تا هم در زمان و هم در هزینه‌های آزمون صرفه‌جویی شود و برای مرحلهٔ دوم نمونه‌سازی، سازندگان با اصلاح قالب و ساخت قالب اصلی، نمونه‌های قطعات تولیدی را تحویل دهند؛ اگر سازنده‌ای هم این قابلیت را نداشت، می‌توانست با کمک‌گرفتن از طراحان به این قابلیت در مرحلهٔ دوم برسد. این منطق را متأســفانه نتوانســتیم با سازندگان داخلی و ساپکو به حتی ۱۰ درصد پیش‌بینی‌شده در هدف برسانیم، ضمن اینکه شــرکت FEV رســماً از ســاپکو برای ادای این دین، تقاضای برگزاری جلسه کرد، ولی هیچگاه آن جلسات برگزار نشد. به هر حال عدم وصل سازندگان به بهانه‌های بازرگانی با کارگروه طراحی به معنای واقعی و تغییر مدیران طرح در دوره‌های زمانی کوتاه در شــرکت ساپکو یکی از مشــکلات اساسی بود. در هیچ طرحی در ساپکو تغییر مدیران را تا این حد نداشتیم؛ در این طرح ملی به ترتیب آقایان صفری، جهرودی، رنجبر، حبیبی، حسینی و فروغی‌بزرگ منصوب شدند و علاوه بر آن تشکیلات طرح یک‌بار از سازمان مهندسی به واحد ساخت انتقال یافت. همین نحوهٔ مدیریت، ضربهٔ بسیار مهلکی به طرح به لحاظ ایجاد تأخیر زمانی، افزایش هزینه و راکد ماندن قابلیت‌ها زد که هنوز آثار آن محو نشــده اســت

۱- Engine Family 1.7 (EF7)

تا جایی‌که مجبور شـدیم، سـاخت موتورهای اولیه را از طریق نمونه‌سـازی، خارج از اصول قرار داد، به جای سازندگان داخلی با خارج از کشـور، به صورت نمونه‌سـازی سریع، انجام‌دهیم تا طرح متوقف نشـود. ساپکو، که در آن زمان برای طرح‌های بسیار کوچک ساختار داشت، در ایجاد ساختار برای طرح موتور ملی مقاومت می‌کرد و تا سال ۱۳۸۵ که اتمام واقعی زمان طرح بود، هنوز سـاختاری برای این طرح نداشت. مهم‌تر این‌که ساپکو نتوانست برنامهٔ معتبر و قابل تعهد را برای تأمین‌کنندگان یا سـازندگان تا سـه سال پس از گذشت طرح ارائه دهد. آن‌چه را هم که داده بود نتوانست در زمان خودش عملی کند. اینجا گله‌ای نمی‌توان از مدیران سـاپکو داشـت، زیرا سیاست همکاری یا عدم همکاری در ساپکو در سـطح ارشد مدیریت ایران‌خودرو، برای این طرح هیچ‌گاه شفاف نشد. ولی باید اقرارکنیم که مدیران میانی و کارشناسان سـاپکو دلسـوزانه خواهان اجرای درست کار بودند، ولی سیاست ابلاغی نانوشته به آنان اجازهٔ حرکت نمی‌داد و به همین علت دچار ضربهٔ شدیدی شدیم که آثار آن هنوز ادامه دارد.

حمایت مالی و وام‌های اخذ شـده برای موتور ملی از سـال ۱۳۸۴ به بعد با زحمات فراوانی که کشـیده شد، به نام طرح موتور ملی بیش از دویسـت و اندی میلیون دلار وام قرض‌الحسـنه از بانک صنعت و معدن به کمک تبصرهٔ ۱۳ و وزارت صنایع و بانک توسعهٔ اسلامی با ارائهٔ طرح موتور ملی به طور مساعدتی، با حمایت مقامات دولتی به علاوهٔ پانزده میلیون یورو اعتبارنامه (LC) از نفت به ایران‌خودرو داده شد. در حالی که نیاز طرح موتور ملی با جمع هزینه‌های پیش‌بینی‌شدهٔ آن حـدود هفتاد میلیارد تومان بود، بنابرایـن بهانهٔ تأمین نقدینگی برای این طرح در گروه صنعتی ایران‌خودرو نه این‌که معنا ندارد، بلکه کلیهٔ مسـؤولان باید در مورد تأخیرات و کارشـکنی‌ها اگر قانون هم به آنان کاری نداشته باشد، در مقابل خدای عالم و بینا پاسخگو باشند، زیرا با دریافت وامی به میزان تقریباً سه برابر هزینهٔ این طرح، و استفادهٔ مناسب از آن می‌توانستیم امروز به تولید انبوه موتور و جعبه‌دنده و خودرویی ملی برسیم و از وابستگی در قوای محرکه نجات یابیم در حالی‌که با آن مبالغ، معوقه‌های ایران‌خودرو به طلبکاران از جمله پژو پرداخت شد و علاوه بر آن امروز خودمان را مجبور می‌کنیم تا از موتور پژو و ... اسـتفاده کنیم. این فقط یک قلم از نحوهٔ هزینه‌کرد در نظام‌های اداری در کشـور اسـت و امکان پاسخ خواستن هم مطمئناً وجود ندارد.

در درون مرکز توسعهٔ محصولات ایران‌خودرو نیز با توجه به الزاماتی که برای این طرح داشتیم، در اثر تغییرات مدیریتی (دکتـر ناصـری، مدیر زارع، مهندس روزبه و نهایتاً مهدی فروغی) همت کاملی برای اجرای تعهدات و چیدمان سـاختار مناسب با طرح ایجاد نشد تا اینکه در سال ۱۳۸۵، که با اتمام مهلت واقعی طرح مصادف بود، ساختار طرح در مرکز توسعهٔ محصولات ایران‌خودرو شکل گرفت.

در ایپکو با توجه به هماهنگی کامل در سـطح هیأت‌مدیره برای اجرای این طرح می‌توانسـتیم بخشی از طرح را به پیش ببریم تا بتوانیم در مقابل مشاور طرح پاسخ قانع‌کننده‌ای داشته باشیم.

جلسات مکرر و متعدد در سطح مدیریت طرح با حضور متصدیان برنامه‌ریزی ایران‌خودرو، قائم مقام ساپکو، مرکز توسعهٔ محصولات و مرکز تحقیقات موتور برگزار می‌شـد و شـرکت سـاپکو با مکاتباتی که در مدارک [۴۴] بعضاً وجود دارد، نتوانست به تعهدات سپرده‌شده دربارهٔ انتخاب سازندگان و مهم‌تر از همه، برنامهٔ زمان‌بندی سازندگان جامهٔ عمل بپوشاند [۴۵].

همزمانی قرار داد L90 با طراحی موتور ملی و همچنین خرید خط TU5 در ایران، بسـیار قابل مطالعه اسـت. در حقیقت EF7, TU5 و K4M سـه موتور هم‌ردیف به لحاظ مشـخصات عمومی عملکردی‌اند، ولی به لحاظ عملکرد و دوام با گاز طبیعی و مصرف و آلایندگی در اسـتفاده از گاز و بنزین، موتور ملی جایگاه برتری داشـت و مسألهٔ بسیار مهم این‌که مالکیت در طراحی و در ساخت این موتور برای اولین بار متعلق به کشور عزیز ایران اسلامی است، لذا این ناهماهنگی‌ها ذهن ما را متوجه دسـت‌های پنهانی می‌کرد که احتمالاً بـرای ممانعت از اجرای این طرح فعالیت می‌کردند تا ما همانند گذشـته خریدار محصولات خارجی باشـیم، ولی لطف خدا و عنایت کارشناسان دلسوز ایرانی ما را در مصمم شدن برای ادای دین خود به کشـور روزبه‌روز تقویت کرد. از طرفی دلسـوزی بیش از حد پژو برای تبدیل موتور TU5 کاملاً بنزینی به پایه‌گازسوز و توافق‌های انجام شده با ایران‌خودرو، مسأله‌ای باورنکردنی بود که همزمان با طرح موتور ملی اتفاق افتاد. ولی تبدیل موتور XU7 در حال تولید برای گازسـوز شـدن با مقاومت شدید پژو روبه رو شد؛ چرا که طرح TU5، ابتدای

درآمدزایی از طریق فروش موتور کامل برای پژو است! ولی درXU7 اتمام زمان درآمدزایی و آغاز خودکفایی داخلی است و پژو دیگر چیز زیادی برای فروش قطعات XU7 به ایران‌خودرو نداشت!

مداخلهٔ پژو در امور ایران‌خودرو (طرح موتور ملی)

در ژانویهٔ ۲۰۰۵ شـرکت پژو به طور وقیحانه‌ای نامه‌ای محرمانه از دفتر پژو به شـرکت FEV ارسال‌کرد و در این نامه، پژو بدون مجوز ایران‌خودرو و با ارجاع اطلاعاتی که مدعی بود در جلسه‌ای از یکی از نیروهای شرکت تام دریافت کرده است، اطلاعات این موتور را از FEV درخواست‌کرد که البته با جواب محکم حقوقی طرح و مقاومت بسیار خوب شرکت FEV روبه‌رو شد و عقب نشینی کامل کرد [۴۶].

در آن زمان مجلس شورای اسلامی با پیشنهاد سیزده بند استفاده از موتور ملی را به وزارت صنایع در کفی L90 پیشنهاد داد که آن هم کارسـاز نبود. در تمامی این پیگیری‌ها، آقایان و مسـؤولان اجرایی دولت، همه، نیاز را اساسـی می‌دانند و دستورات صریح هم می‌دهند، ولی کاری انجام نمی‌شود! در سال ۱۳۸۳ که سال بسیار دشواری برای ما بود. مجبور شدیم در ۱۱ آبان۱۳۸۳ مکاتبه ای با مدیرعامل وقت ایران‌خودرو (نامهٔ شـماره ۸۳/۲۷۰۱) در مورد تأخیر در تدارک نمونه‌های قطعات موتوری ارسال کنیم و ایشان هم در حاشیهٔ نامه مرقومه‌ای را مکتوب فرمودند که کارساز نشد [۴۷].

مجبور شدیم برای جلوگیری از توقف طرح و حمایت لازم خدمت وزیر وقت صنایع، مهندس جهانگیری، برویم و ایشان ابلاغیهٔ صریح و روشـنی به سـازمان گسـترش، ایران‌خودرو و سـاپکو برای رفع موانع مالی و اجرایی دادند که آن هم عملیاتی نشد، بلکه روند کار در ساپکو کندتر شد [۴۸].

L90، توقف پیکان و افزایش تولید پراید

تصمیم اسـتفاده از کفی[۱] مشـترک در راهبرد سازمان گسترش و وزارت صنایع و دیگر سازمان‌ها تقریباً نهایی شده بود و تصمیم بسـیار بجایی بود. زیرا تا این تاریخ خودروسـازان ما یک کفی که بدنه‌های خود را روی آن قرار دهند، نداشتند و کفی‌های موجود هم نمی‌توانستند به لحاظ رعایت استانده‌های ایمنی دوام داشته باشند. بنابراین هزینه کردن برای یک کفی و به‌کارگیری آن نزد خودروسازان با بدنه و قوای محرکهٔ مختلف یکی از نیازهای اساسی بود که متأسفانه برآوردن این نیاز تبدیل به همبندی خودروی L90 در ایران شد. لازم است به این واقعیت توجه کنیم که قبل از پیروزی انقلاب انواع خودروهای وارداتی نظیر بنز، شـورلت، خودروهای ژاپنی و پژو را داشـتیم و به لحاظ قیمت هر کدام جایگاه خود را داشـت و تعادلی برقرار بود، خودروی پیکان نیز در ایران همبندی می‌شـد و فروش بسـیار خوب و البته مشتریان خاص خود را داشت. علاوه بر آن تنها خودرویی که در کشور می‌توانست در مقابل همهٔ تهدیدها تولید شود، همین پیکان بود، از طرفی با توجه به جغرافیای کشور و جاده‌های روستایی و شهری ما، پیکان خودرویی مناسب بود و خدمات آن ارزان‌تر و سرمایه‌گذاری اولیهٔ آن نسبت به خودروهای موجود هم‌ردیف کمتر بود. این‌که پیکان خودروی جدیدی نبود و باید آن را بهینه می‌کردیم، نیاز بجایی بود، به همین علت بلافاصله پس از تأسیس مرکز تحقیقات موتور بهینه‌سازی موتور پیکان را در دستور کار قرار دادیم و در نتیجه به ۲۸٪ کاهش مصرف سوخت و رعایت استانداردِ ECE 1504 دست یافتیم، این قدم بسیار مناسب منجر به آغاز حرکتی جدی، عملی و علمی در کشور شد و با این بهینه‌سازی، مصرف سوخت به میزان میلیون‌ها لیتر بنزین در کشور کاهش یافت. باید تکلیف می‌شد که بدنه آن نیز تغییر یابد و بهینه شود و از آن اقدامات، حمایت مالی هم بشود. این‌که ما محصولی را برای تولید حفظ کنیم و توسعه ندهیم تا از رده خارج شود، در شأن کشور و شـعارهایی که می‌دهیم نیسـت، ولی تا قبل از این‌که به محصول توسـعه دادهٔ خودمان برسیم، نباید بازار بکر خودمان را بـر مبنـای فرضیاتی که تقریباً هیچ موقع درسـت از آب در نمی‌آید، در اختیار رقبـا قرار دهیم. به هر حال این مباحث به دلیل همزمانی تولید پیکان و پراید و L90 به جایی نرسـید و عزم مسـؤولان بر توقف خودروی پیکان قطعی شد، در حالی‌که پژو ۴۰۵ با موتور XU9 و پراید وضعیت بهتری از پیکان نداشتند، بلکه آلوده‌تر بودند. بنابراین آن خودروها نیز باید متوقف می‌شـدند. نهایتاً موضوع با مکاتبه ای به اسـتحضار رییس‌جمهور وقت رسید و ایشان نیز دستور صریحی در این مورد دادند که البته دربارهٔ آن اقدام نشد، ولی کار بزرگی که به نفع کشور آغاز شده بود، منجر به حفظ موتور پیکان

۱- Platform

و ادامهٔ بهینه‌سازی آن شد، تا جایی که امروز با توان متخصصان کشور در ایپکو، ساپکو و ایران‌خودرو به موتوری با مصرف حدود کمتر از ۸ لیتر در یک‌صد کیلومتر و توانمندی رعایت استانداردِ آلودگی EURO3 و قدرتی برابر با ۸۴ اسب و گشتاور ۱۴۳ نیوتن‌متر دست یافتیم، ولی بدنهٔ پیکان متوقف شد.

یادآوری: سازوکار اصلی موتورهای سمبه ای قریب به صد سال است که تغییر نیافته ولی در استفاده از علوم مکانیک، اصطکاک، الکترونیک، احتراق و سایر علوم در موتورها، تولید موتورهایی با بازدهٔ بهتر و مصرف و آلودگی کمتر و قدرت بیشتر میسر شده و این به معنای ارتقای واقعی همکاری صنعت، دانشگاه و ارتقاء سطح علمی و فنّاوری کشور و برآوردن نیاز و اثرگذاری براقتصاد ملی است.

بحمدالله از سال ۸۴ همزمان با طراحی موتور ملی، کار بهینه‌سازی موتور پیکان و تبدیل آن به موتور بهینهٔ OHVG II و همچنین بهینه‌سازی موتور پژو و تبدیل آن به XUG بدون کمک شرکت پژو انجام شد، ولی تصمیم‌گیری دربارهٔ هر کدام از طرح‌های یاد شده در ایران‌خودرو حداقل ۲ سال طول کشید! البته این هم در ایران رسم شده که وقتی می‌خواهند طرحی را مانند XUG که حداقل ۲۴ ماه کار بهینه‌سازی در پژو و هزینهٔ گزافی دارد، در ایران اجرا کنند، انتظار دارند ۸ ماهه و تقریباً مجانی اجرا شود. این سازوکارها علاوه بر این‌که علمی نیست به نظر می‌رسد اگر حاوی کوته فکری نباشد، خواسته یا ناخواسته هدایت‌شده از طرف رقبا است تا این اقدامات استقلالی در کشور به مرحلهٔ ظهور نرسد. به هر حال به لطف خدا طرح OHVG II در حال پیش‌تولید است، و طرح XUG که متوقف شده بود، انشاء ا... با مصوبهٔ مجدد ایران‌خودرو و روندی که در پیش است، در نیمهٔ دوم سال ۱۳۸۹ می‌تواند به پیش‌تولید برسد.

جعبه‌دنده

هنوز اقدام مؤثری روی طراحی جعبه دنده که هم کار بسیار پیچیده‌ای است و هم فنّاوری عالی دارد، انجام نشده است، ولی تولید و همبندی آن در کشور عملی شده است و باید حتماً در مورد طراحی و ساخت آن به نسبت موتورهای مورد نیاز فعالیت اساسی بشود، زیرا بخشی از کاهش مصرف سوخت در خودرو به این مجموعه تعلق دارد و بنابراین دربارهٔ آن اقدام جدی، ضروری است. طرح‌های مختلفی از سه سال قبل ارائه شده که هنوز عملاً پیگیری نشده است. در مرکز تحقیقات موتور با همکاری شرکت نیرومحرکه و مشاور خارجی، با تغییر در طراحی، نسبت دندهٔ موتور ملی بهینه‌سازی و ساخته شد. البته باید تصمیمات اساسی و جدی برای رسیدن به جعبه‌دندهٔ دستی و خودکار و بهینه‌سازی و طراحی آن اتخاذ کنیم.

در ۶ تیر ۱۳۸۴ نزد معاون اول رئیس‌جمهور رفتیم و مرقومه‌ای به شمارهٔ ۸۳/۱۰۷۹ تقدیم کردیم و ایشان به وزیر صنایع، مهندس جهانگیری، در ۱۲ تیر ۱۳۸۴ در نامه‌ای به شمارهٔ ۲۱۶۷۶ دستور صریح ابلاغ کردند، ولی کار در حد همین نامه باقی ماند [۴۹].

فعالیت‌های طرح و ساماندهی نیروها و استقرار آنان در آلمان برای فراگیری دانش فنی و صحه‌گذاری

محل اسکان نیروهای مرکز تحقیقات موتور در آلمان و زندگی افراد مستقر در آن‌جا به لحاظ عواقب فکری، فرهنگی و ورود به مسائلی غیر از اهداف مأموریت و سازماندهی نیروها برای دستیابی به دانش فنی و طراحی، جزء مسؤولیت‌هایی بود که نسبت به آن بسیار حساس بودیم. هماهنگی، همدلی، تدّین، عِرق ملی و تدوین مستندات آنچه در طرح می‌گذشت، در میان نیروهای مستقر در آلمان، و مدیریت ذاتی خودشان و همکاری نیروها، فراتر و مؤثرتر از سازماندهی‌های از پیش چیده‌شده بود و از این بابت خدا را بسیار شاکریم که چنان نیروهایی در طرح برای همکاری انتخاب شدند. در ساختار طرح در هر گروه جانشین داشتیم که معمولاً یکی از آن‌ها در داخل و یکی در خارج از کشور بود و به این ترتیب دو گروه طراحی موتوری داشتیم که یکی بنا به نیاز، در آلمان مستقر بود و دیگری در داخل کشور با استفاده از مستندات ارسالی گروه مستقر در خارج و برگزاری جلسات مکرر داخلی مسائل را تحلیل و تطبیق می‌کرد و به این نحو رد و بدل مفید اطلاعات انجام می‌گرفت. این گزارش‌های مهندسی، خارج از گزارش مأموریت‌ها بود. در حقیقت ما دو روش موازی برای

انتقال دانش فنی طراحی و ساخت موتور داشتیم: یکی آن‌چه نزد مشاور خارجی بر اساس مستندات طرح و با مباشرت FEV در قالب اقلام قابل تحویل و آموزش حین کار یاد می‌گرفتیم و دیگری تهیهٔ مستندات در قالب گزارش مهندسی نیروهای خودی مستقر در آلمان. به این ترتیب محل استقرار نیروها در آلمان به ناچار به صورت دسته‌جمعی بود که نیروها با اجاره‌کردن منزل دربست، زندگی جدیدی را همراه با کار سخت و فشرده در کنار هم تجربه می‌کردند. بحمدالله این روش مدیریت منابع انسانی در طرح، تهیهٔ گزارش و تبادل مسائل علمی با آرامش خاطر و موفقیت به اهداف رسید و هزینه‌ها از مقدار پیش‌بینی‌شده بسیار کم‌تر شد.
دوخت و دوز گزارش‌های مهندسی دریافتی از گروه‌های مختلف و ثبت ورودی‌ها و خروجی‌ها در مراحل مختلف طراحی اعم از طراحی مفهومی، طراحی اجزاء، شبیه‌سازی، نمونه‌سازی، همبندی، تهیهٔ دفترچهٔ آزمون و درجه‌بندی قطعات پس از گزارش مهندسی آزمون‌های مکانیکی، مستلزم پایه‌گذاری سامانه‌ای در داخل طرح بود که تا آن روز بدان مجهز نبودیم. مدت زیادی طول کشید تا این اصول مورد توافق کارگروه طرح قرارگرفت و از یک شرکت ایرانی هم که قبلاً از این نوع کارها ولی به صورت محدودتر انجام داده بود، دعوت‌کردیم و در مرکز تحقیقات موتور جلسات مکرر توجیهی برگزارکردیم و تا حدودی در این کار به نام مدیریت دانائی در توسعهٔ محصول و تدوین آن در ۱۴ جلد به موفقیت رسیدیم و کار بعدی به نام طرح توسعهٔ معماری محصول و شناسائی عوامل وابسته را شروع کردیم [۵۰].
ساختار دفتر طرح که متشکل از ۹ بخش بود، به نظم و انضباط در طرح بسیار کمک کرد. البته شاید در تمامی رده‌ها به توفیق کامل نرسیدیم، ولی کاری بسیار مفید و منظم انجام گرفت.
با توجه به اینکه شرکت FEV یکی از مراکز شناخته شدهٔ توسعهٔ موتور در اروپا بود، با هم‌فکری و توافق به سامانهٔ واحدی در طرح موتور ملی رسیدیم و چیدمان واحد طراحی و آزمایشگاه نیز منطبق با آن سامانه تغییر یافت و پایه‌گذاری شد.

آماده‌شدن موتور آزمایشگاهی

روشن شدن موتور آزمایشگاهی و کسب اولین تجربه برای ما با همهٔ قدمتی که این علم داشت و شاید چند صد بار در کشورهای مالک موتور اتفاق افتاده بود، بسیار جالب و شعف‌انگیز بود. ما تا این مرحله از کار، در امر تدارک موتور آزمایشگاهی دستیار و ناظر بودیم و باید این تدارک و راه‌اندازی را در موتورهای بعدی ۱,۷ لیتر پرخوران و ۱۴۰۰ لیتر تنفس طبیعی[۱] در ایران تکرار می‌کردیم.
بهتر است به موضوع طراحی موتور همراه با برنامه اصلی[۲] و سرفصل‌های کاری آن نگاهی داشته باشیم.

برنامهٔ طراحی موتور ملی

پس از توافق طرفین دربارهٔ استخراج برنامهٔ اصلی، ما نیاز به ریز برنامه برای تقسیم‌بندی کار خودمان داشتیم. تهیهٔ ریز برنامه را شرکت FEV، به لحاظ این‌که آنان در چارچوب فعالیت‌های استاندهٔ خودشان عمل می‌کردند، مفید نمی‌دانست و این نکته تا حدود چهار ماه یکی از موضوعات بحث طرفین بود و نهایتاً با پیگیری، ریز فعالیت‌ها در دفتر طرح مرکز تحقیقات موتور تا سطح چهارم تهیه شد.

دفتر طرح موتور ملی (EF7) شامل:

۱) برنامه‌ریزی: در این واحد سعی شد پس از شناسائی فعالیت‌های اصلی به نام سطح یک، آن را تا سطح چهار ریز نمایند. این فعالیت حدود یک‌سال به طول انجامید که زحمت آن بر دوش طرف ایرانی بود. این برنامه شاید برای شرکتی مجرب مانند FEV نیاز به تهیه نداشت و در سطوح یک و دو قابل اداره بود، اما برای ما که اولین کارمان بود، نیاز داشتیم برای تکرار طراحی در موتورهای بعدی (۱۷۰۰ سی‌سی پرخوران و ۱۴۰۰ سی‌سی تنفس طبیعی) هر چه بیشتر به ریزفعالیت‌ها و به سطوح پایین‌تر برسیم. اصرار بر تهیهٔ این برنامه فقط به لحاظ پایش زمان در فعالیت نبود، بلکه برای شناسایی ریزفعالیت، خصوصاً عوامل مؤثر در ورودی و خروجی‌های هر فعالیت طراحی، گزارش‌های مهندسی

۱- EF7TC & EF4
۲- Master Plan

و شناسایی منابع مورد نیاز آن بود تا موضوع دستیابی به دانش فنی در مدیریت طرح با موفقیت انجام شود و با توانمندی به‌دست‌آمده، قابل تکرار باشد. به تدریج و با صبر و حوصله و سرعت در کار در زمان‌های مختلف توانستیم این برنامه را تا حدود سه هزار فعالیت و یک‌صد و سی هزار صفحه گزارش مهندسی و فرآیندهای آن را در قالب رایانه‌ای مدیریت و مدون کنیم [۵۱].

۲) منابع انسانی: در این واحد شناسایی و تأمین نیرو، تقسیم نیرو در سازمان، تعیین شرح فعالیت‌های موظف و زمان‌های مأموریت داخل و خارج، تعیین سرفصل‌های گزارش‌های مهندسی و مستندسازی آن، ثبت کلیهٔ وقایع در طول اجرای طرح در داخل یا خارج کشور، حلقه‌های اتصال کاری، انتقال و دریافت داده‌ها به افراد یا واحدهای طرح، مطالعه و بررسی کامل و اظهار نظر قطعی روی اقلام قابل تحویل شرکت FEV در هر حوزه، نحوهٔ استفاده از امکانات مجموعهٔ داخل طرح و تعیین سطح دسترسی، جابه‌جایی و گردش نیرو در واحدها و انتقال حجم گستردهٔ داده‌ها با استفاده از ابزارهای مورد نیاز در قالب کارگروهی بررسی شد.

۳) تأمین: مهندسی همزمان؛ در طرح موتور ملی زمان‌بندی اجرای طرح طوری تنظیم گردید که فعالیت‌ها به صورت موازی در قالب مهندسی همزمان و با کارگروهی متشکل از طراح و سازنده و ساپکو از طریق قرار دادهای تضمین تکوین در تأمین قطعات انجام شود.

اگر به ترتیب فعالیت‌ها و تقدم و تأخر آن‌ها نظری بیفکنیم و همچنین نگاهی کلی به سازمان‌های درگیر در طرح توسعه‌ای داشته باشیم، متوجه می‌شویم که چنانچه سازمان‌ها نسبت به وظایف خود کوتاهی نمایند، یعنی اگر الزامات در طرح توسعه‌ای را رعایت نکنند، اثرات آن به صورت اجرای ناموفق یا تأخیر در اجرا نمایان می‌شود. این جا دقیقاً نکتهٔ بسیار مهم و حساسی وجود دارد که اگر به آن توجه نشود، حتی اگر علم مراحل توسعه را هم داشته باشیم، محصول توسعه‌ای نخواهیم داشت. به عنوان مثال؛ علی‌رغم بیش از ۴۰ سال تجربه در ایران، هنوز برای خودکفایی با استفاده از مدارک مهندسی خودروسازان خارجی اعم از نقشه، تأییدیه، آزمون و شیوه‌نامه‌های متعلق به آنان اقدام می‌کنیم و از همه مهم‌تر همهٔ هزینه‌های آن را که به اندازهٔ هزینهٔ توسعهٔ یک محصول کامل است با مدیریت و روش‌های آنان به نحوی که شفاف نیست، پرداخت می‌کنیم.

در طرح موتور ملی ما باید تمامی این دانش را با نام خودمان تولید کنیم و بدون لزوم کسب مجوز از احدی و با باور به توانمندی خودمان تولید و تأیید کنیم. به دیگر سخن، این بار این مجموعهٔ ایرانی می‌خواهد با پشتیبانی اطلاعاتی، مهندسی، مدیریت در تأمین، آزمون، تأییدیه و تولید، بدون کمک و حضور شرکت خودروساز خارجی به اهداف مهم خود برای تولید موتور دست یابد. در اصل، برای اولین بار خودمان فکر کنیم و با کوشش، سازندگان داخل را ارتقاء دهیم و برای اولین بار در طول تاریخ خودروسازی ایران زیر هر نقشه و مستندی، مهر و تأییدیه و استانداردهٔ ایران‌خودرو قرار گیرد. از همه مهم‌تر این‌که با تجربهٔ فعلی برای موتور پایه گازسوز قابلیت صادرات محصول با مالکیت ایرانی، به بازارهایی که دارای مزیت سوخت گاز طبیعی هستند، وجود دارد. به عبارتی می‌توان صادرات گاز را با صادرات محصولات گازی به عنوان راهبردی برای کشور در مد نظر قرار داد. سال‌هاست که ما با وجود برخورداری از سوخت سنگواره‌ای نتوانسته‌ایم از این راهکار استفاده‌کنیم و بدتر از آن این‌که مالکیت محصولات وابسته به نفت، بنزین، گازوئیل و برق ما، خارجی است. خداوند عالم فرصت دیگری را به ایرانیان عنایت فرموده تا بتوانند پرچم‌دار امور صنعتی و محصولات وابسته به گاز طبیعی باشند و فقط گاز صادر نکنند، بلکه ابتدا فکر کنند و با طراحی، توسعه، ساخت و تولید محصولاتی که قابلیت استفاده از گاز را دارند، به صادرات مبادرت ورزند. کاری که دیگران صد سال است انجام می‌دهند. موتور پایه گازسوز، یکی از اصلی‌ترین این محصولات برای صادرات است، خصوصاً با کیفیتی که این موتور دارد.

شرح وظایف مرکز توسعه محصولات ایران‌خودرو

همکاری مستقیم با FEV، ساپکو، مرکز مهندسی و سواری‌سازی با استفاده از اختیارات و مسؤولیت‌ها در زمینهٔ تغییرات قطعات خودرویی یا وابسته به آن و مسائل متعلق به خودرو؛ پشتیبانی کامل از سرفصل‌های کاری و مدیریتی به عنوان اولویت در ایران‌خودرو، در اختیار گذاردن امکانات، منابع انسانی و ساختار مناسب با آن و دفاع از زمان‌بندی طرح.

سـرفصل‌های کاری در مرکز توسـعهٔ محصولات، در اصل باید با تهیهٔ گزارش مهندسی با مشاور خارجی تعیین شوند تا قابل تکرار برای قوای محرکهٔ پرخوران و نصب آن روی خودروی سورن باشند:

۱) همکاری در تدوین مدرک راهبرد محصول[۱]
۲) برنامه‌ریزی خودرویی طرح
۳) هدف‌گذاری برای مشخصات خودرویی با موتور ملی
۴) طراحی قطعات و مجموعه‌های خودرویی و انتخاب قطعات جدید یا قطعات خودروهای تولیدی
۵) اجرای محاسبات مهندسی وابسته به قطعات جدید خودرو
۶) هماهنگی با گروه طراحی موتور در مورد قطعات واسط بین موتور و خودرو
۷) انتشار نقشه‌های قطعات در مراحل مختلف
۸) مشارکت در انتخاب سازندگان قطعات و مجموعه‌ها
۹) ساخت برخی قطعات نمونه
۱۰) همبندی خودروهای نمونه
۱۱) آزمون‌های صحه‌گذاری خودرو
۱۲) همکاری در طراحی فرآیند تولید و تأمین تجهیزات و الزامات سامانه‌های تولید
۱۳) اخذ تأییدیه‌های مورد نیاز دولتی
۱۴) تهیهٔ دفترچه‌های مورد نیاز ایران‌خودرو مانند دفترچهٔ محصول

خط تولید و ماشینکاری و همبندی موتور، سواری‌سازی

نکتـهٔ مهم: به جای سـرمایه‌گذاری در خطوط تولید موتور ملی و برای اسـتفاده از امکانات موجـود، با پیش‌بینی‌های انجام‌شـده در خرید خط تولید و همبندی موتور TU5 و تولید موتور ملی در این خطوط، رعایت کلیهٔ مسـائل و مناسبات تعریف‌شـده در طراحی میان FEV و ایپکو با شـرکت تام و سازندهٔ ماشـین‌آلات خط تولید به عمل‌آمد که مهم‌ترین و راهبردی‌ترین آن سـرفصل‌ها (که ضرر زیادی را با آماده نشـدن خط تولید موتور TU5 به طرح موتور ملی زد) عبارت است از:

۱- اعمـال محدودیت تکلیفی در طراحی بدنهٔ و بسـتار موتور ملـی تا این موتور بتواند در خطوط تولید و همبندی TU5 به عمل آید. ناتوانی در مدیریت با طرف خارجی (پژو) این‌گونه شـد که اولاً: مدیریت در تأمین خط موتور TU5 با طرح

۱- PVO

موتور ملی نبود و طرح باید معوق می‌ماند.
۲- تأخیر در راه‌اندازی خط تولید TU5، باعث شد فقط یک شرکت منفعت اصلی را ببرد و آن‌هم شرکت پژو بود با فروش موتور کامل CBU به ایران‌خودرو.
۳- فقط یک شرکت ضرر واقعی کرد و آن‌هم ایران‌خودرو، زیرا قطعات موتور ملی مشابهتی با موتور پژو نداشت تا بتوان تأمین‌کرد؛ فقط ماشینکاری بدنه و بستار وابسته به آن خطوط شد.

در سال اول طرح، با برگزاری جلسات مکرر میان طراحان موتور و طراحان ماشین‌آلات شرکت‌های خارجی معرفی‌شده با مسؤولیت شرکت تام که برای موتور TU5 کار می‌کردند، توافق‌هایی حاصل شد. مشکلات شرکت تام با سازندهٔ ماشین‌آلات و عقب‌افتادگی ساخت ماشین‌آلات و قطعات بدنه و بستار، مرحلهٔ دوم نمونه‌سازی را که باید در خط تولید اصلی، ماشینکاری می‌شد، به خطر انداخت و تولید موتور ملی به عقب افتاد و در این میان شرکت تام هزینه‌ای حدود ۳ برابر توافق اولیه، تقاضا کرد که با پاسخ مدیر طرح در نامه‌ای در ۷ آبان ۱۳۸۴، موضوع به مدیرعامل ایران‌خودرو ارجاع شد [۵۲]. در سال ۱۳۸۴ که دو سال از پیشرفت طرح گذشته بود، هنوز ماشین‌آلات آماده نشده بودند. به هر حال توقف برای طراحی امکان‌پذیر نبود، ضمن این‌که خسارت بسیاری به بار می‌آورد. ناگزیر، با مصوبهٔ ستاد سیاستگذاری طرح از منابع و توانایی سازندگان خارج از ایران‌خودرو استفاده شد. این کار با شرکت فراصنعت شمال از طریق ساپکو شروع شد. هیچ یک از مدیران طرح، نه به لحاظ تخصص، بلکه به دلیل تغییر سازنده به این امر راضی نبودند، زیرا سازندهٔ جدید برای آشنایی با موضوع، طرح را با تأخیر روبه‌رو می‌کرد، ولی راهکار دیگری برای جلوگیری از تأخیر بیش از آن وجود نداشت. ضمن این‌که شرکت فراصنعت شمال از نظر توانمندی در خطوط تولید در کشور منحصر به فرد است و خرید ماشین‌آلات دست دوم خطوط ماشینکاری بدنه و بستار موتور را به قیمتی کمتر از یک بیستم ایران‌خودرو، در قرار دادی با ساپکو انجام داده بود.

وظایف ساپکو

انتخاب سازندهٔ درجهٔ یک با راهبرد تأمین نمونه‌های مرحلهٔ اول و دوم از طریق طراحی مهندسی قطعه و ساخت قالب‌های نرم و تأمین تولید انبوه پس از بازنگری در طراحی قطعه با ساخت قالب‌های اصلی، طبق برنامهٔ زمان‌بندی طرح و درگیرشدن یک گروه کامل از نیروهای طراحی مهندسی، گروه موتوری و بازرگانی ساپکو، برای امور قرار دادی، تضمین و ساخت قطعات و ایجاد توانمندی در انتقال دانش فنی قطعات و مجموعه‌ها تا دستیابی به مالکیت در قطعه و ارتقاء سطح سازندگان داخلی، از جمله وظایف ساپکو بود. مدیریت طرح برای نیل به این اهداف از ابتدای امر بسیار کوشید ولی هیچ‌گاه در مدیریت ساپکو ارادهٔ اعمال روش مناسب با هدف، به علت مشغله‌های جاری، به وجود نیامد، حتی در زمان عضویت این‌جانب در ساپکو به علت تناقض در دستورهای مدیریتی نتوانستیم این مهم را به سرمنزل مقصود برسانیم. یکی از اهداف مهم طرح موتور ملی ایجاد توانمندی طراحی در سازندگان داخلی برای رعایت کیفیت قطعه و اصلاح و ارتقاء دائم و روزآمدی مجموعه‌ها و مستندسازی استانده‌های آن است. سرفصل‌های تعریف‌شده در طرح برای ساپکو عبارتند از:
۱) شناسایی توانایی در طراحی، مالی، بازرگانی و ساخت سازندگان با توجه به طرح اولیهٔ قطعات و بستهٔ هزینه‌ای
۲) بررسی ظرفیت تولید سازندگان داخلی که دارای واحد تحقیق و توسعه باشند یا آمادگی برای ایجاد آن را داشته باشند.
۳) ارزیابی، انتخاب و معرفی سازندگان مناسب برای هر یک از قطعات و مجموعه‌ها با توجه به نیازهایی که در طرح وجود دارد. (طبق زمان‌بندی)
۴) دستیابی به قیمت هدف و برنامه‌ریزی مطابق هدف و تعامل با طراحان و تولیدکنندگان در زمان طراحی و تولید تجاری
۵) ایجاد تماس میان سازندهٔ داخلی و سازندهٔ خارجی برای تکمیل چرخهٔ توسعه، ساخت ابزار و تولید تا تهیهٔ دفترچهٔ

آزمون و صحه‌گذاری
۶) ارائهٔ برنامهٔ زمان‌بندی سازندگان برای تأمین قطعات در مراحل مختلف بر اساس طرح (ساپکو تا پایان سال ۱۳۸۷ برنامهٔ تأییدشده و قابل‌اجرایی ارائه نداد).
۷) نظارت دایم بر پیشرفت طرح در میان سازندگان داخلی و خارجی
۸) تأمین به موقع قطعات نمونه‌سازی شدهٔ مرحلهٔ ۱ و ۲
۹) نظارت کیفی بر تولید نمونه‌ها و قطعات تولید انبوه و مالکیت‌دار شدن یا خودکفایی قطعات به توسط سازندگان داخلی
۱۰) اخذ تأییدیهٔ کیفی برای قطعات تولید انبوه
۱۱) تأمین به موقع و با کیفیت قطعات پیش‌تولید و تولید انبوه

بنابراین حضور دائم نمایندهٔ تام‌الاختیار ساپکو در کلیهٔ مراحل طرح، خصوصاً در هنگام طراحی مفهومی که وضعیت و محدودیت‌های ساپکو می‌توانست در آن منظور شود از ضروری‌ترین و اساسی‌ترین کارهای طرح بوده است.
شرکت‌های نیرومحرکه، ریخته‌گری چدن و آلومینیوم از جمله شرکت‌های گروه بودند که برای بهینه‌سازی، ساخت قالب و تحویل مجموعهٔ جعبه‌دنده و قطعات بدنهٔ موتور و بستار فعالیت داشتند؛ شرح هر کدام از این فعالیت‌ها نیاز به کتابی جداگانه دارد.

وظایف ایپکو

طراحی مفهومی، طراحی تفصیلی موتور با هدف قیمتی و عملکردی، اجرای آزمون و صحه‌گذاری، تجاری شدن در تولید انبوه و تولید با کیفیت.
در همکاری با ساپکو و با اعمال مدیریت در تحقیقات، طراحی اجرای همهٔ فعالیت‌ها با ایپکو است، اعم از فکر اولیهٔ حاصل از الگوبرداری تا طراحی تفصیلی اجزاء، شبیه‌سازی و محاسبات مهندسی، تأمین نمونهٔ آزمایشگاهی و نیز نحوهٔ تبادل اطلاعات بین واحدها و درگیر کردن سازندگان قطعات اصلی و بر طرف کردن نیازهای اطلاعاتی آنان و اخذ اطلاعات تکمیلی از آنان با واسطهٔ ساپکو و در نظرگرفتن نتایج آن در نمونهٔ مرحلهٔ اول و نحوهٔ تأمین قطعات آن نمونه با خاصیت تولیدی‌بودن محصول برای کاهش زمان اجرا، تهیهٔ مدارک هر مرحله با مهندسی محصول، همبندی، اجرای آزمون‌های متفاوت از جمله دوام و رتبه‌بندی قطعات[۱]، معاینهٔ قطعات موتوری پس از اتمام آزمون و اندازه‌گیری و تحلیل و در صورت نیاز اصلاح طراحی آنان با توجه به اهداف و تکرار مجدد تمامی این زنجیره برای مرحلهٔ دوم. البته به طور همزمان اجرای وظایف خط تولید در واحد مهندسی ایپکو و خطوط تولید موتورسازی و سواری‌سازی و مهندسی محصول، همچنین تدوین فرآیندهای ماشینکاری، همبندی، کیفیت، تضمین، پایش تمامی این فرآیندها در خطوط تولید موتور و خودرو و نظارت بر آن‌ها و تعیین استانده‌ها و تأیید[۲]، ممیزی سازندگان و راه‌اندازی پیش‌تولید موتور ملی روی خودروی سمند و تحویل‌گیری قطعات و مجموعه‌ها مطابق با نیاز طرح و تولید نگاشت موتور و بهینه‌سازی جعبه‌دنده با رعایت تمام نیازهای مراحل و تولید و تطابق موتور با جعبه‌دنده روی خودرو و نگاشت خودرو در تمامی شرایط جغرافیایی و دماهای کارکردی برای رعایت استانده‌های الزامی حال و آینده با همکاری مرکز توسعهٔ محصولات ایران‌خودرو و همچنین تکرار بیشتر این سرفصل‌های کلی برای اجرای مرحلهٔ دوم نمونه‌سازی فعالیت‌های کلی طرح، پیگیری شد.

موتورهای دیگر از طرح خانوادهٔ موتور ملی

۱- در انتهای سال ۱۳۸۳ موضوع تکرار طراحی موتور ۱,۴ لیتر تنفس طبیعی در ایران در قالب یک گروه طراحی در دستور کار قرار گرفت. در حقیقت از یک سو با بی‌نظمی در تأمین، که در ایران‌خودرو برای بهره‌برداری از اولین موتور ۱,۷ لیتر تنفس طبیعی داشتیم و از بابت موتور ۱,۴ لیتر تنفس طبیعی حمایتی برای اجرا نداشتیم، و از سوی دیگر می‌خواستیم کلیهٔ مفاد قرار داد با FEV و تعهداتش را اجرایی کنیم، تصمیم گرفتیم موتور آزمایشگاهی ۱,۴ لیتر تنفس طبیعی را در

۱- Rating
۲- Test Plan

ایران با نیروهای خودی و با دانشی که کسب کرده بودیم، تکرار کنیم و بسازیم. با توانمندی‌های کسب‌شده در قالب یک گروه طرح و با یک برنامهٔ اصلی سطح یک و تعریف ریز فعالیت سطح ۲، متخصصان ایرانی پس از اقدامات طراحی و شبیه‌سازی در سال ۱۳۸۴ اولین موتور آزمایشگاهی ۱,۴ لیتر تنفس طبیعی را در مرکز تحقیقات موتور راه‌اندازی کردند و در مراسم باشکوهی با حضور متخصصان مرکز برای کار توسعه‌ای احتراق آماده نمودند. قرار بود از این موتور، ایران‌خودرو در طرح X11 و بعد از آن X12 و خودروی ۲۰۶ استفاده کند، ولی به علت عدم حمایت لازم فقط توانستیم این موتور را به مرحلهٔ نمونه برسانیم و به علاوه یک آزمون خودرویی روی بدنهٔ ۲۰۶ انجام دهیم. هم اکنون طرح موتور ملی ۱,۴ لیتر تنفس طبیعی در مرحلهٔ نمونه‌سازی متوقف است. این اطلاعات به مدیران ارشد ایران‌خودرو و وزارت صنایع داده شد و همگی کتباً اعلام پشتیبانی کردند، ولی متأسفانه به مرحلهٔ عمل نرسید [۵۳].

۲- برای موتور ۱,۷ لیتر پرخوران[۱] در کشور، نگاشت موتوری و خودرویی، تا مرحله نمونه‌سازی خودرو، در سال ۱۳۸۴ شروع شد و موارد موتوری آن تا ۹۰٪ پیش رفت و عملاً سه خودروی نمونه‌سازی شدهٔ سورن با موتور ملی پرخوران با قدرت ۱۱۰ کیلو وات و گشتاور ۲۱۳ نیوتن‌متر با پایهٔ گاز طبیعی‌سوز آماده شد. اما متأسفانه علی‌رغم این‌که این طرح به امضای مدیرعامل ایران‌خودرو رسیده بود، هیچ سازمانی عملاً درگیر آن نشد و مرکز تحقیقات موتور که حفظ منافع، صرفه و صلاح ایران‌خودرو را در این می‌دید تا همهٔ دانش فنی و آن‌چه را بابت آن ایران‌خودرو پرداخت کرده است، محقق سازد، دست به این اقدام زد و با توجه به این‌که نیاز به سرعت در کار بود، عملاً سازمان‌های درگیر در طرح به علت کندی در تصمیم‌گیری جا ماندند. خوشبختانه در سال ۱۳۸۸ طرح به تصویب رسید و قرار است کلیهٔ کارهای توسعه‌ای توسط مرکز توسعهٔ محصولات ایران‌خودرو و ساپکو تکمیل شود تا انشاءالله در سال ۱۳۸۹ به تولید برسد [۵۱].

۳- آمادگی علمی و عملی برای به کارگیری سوخت دیزل با طراحی مجدد و تغییرات در طراحی بر پایهٔ این موتور پیدا شد و به‌عنوان طراحی جدید در مرکز تحقیقات موتور مطالعه شد و پیشنهاد آن برای وزارت نفت ارسال شد.

نقدگاه

صدور مجوز عبور از مقاطع نقدگاهی[۲]، به تعداد ده نقدگاه اصلی، با رعایت اقلام قابل‌تحویل در قرار داد و تأیید آن با توجه به پیش‌نیازها، مدارک، مستندات و اطلاعات و زمان برگزاری هر نقدگاه یکی از اصلی‌ترین و مهم‌ترین کارها در پیشرفت طرح است. بدین منظور کارگروهی متشکل از مدیران طرح ساپکو، مرکز توسعهٔ محصولات ایران‌خودرو، مرکز تحقیقات موتور و ایران‌خودرو در دفتر طرح تشکیل شد و مسؤولیت پیگیری کارشناسانه و تطبیق هر یک از اقلام قابل تحویل قرار دادی را به توسط هر یک از زیر واحدها و صحه‌گذاری این مستندات را با اصول قرار داد تا امضاء شدن سند هر نقدگاه متقبل گردید.

مالی- بازرگانی

از ابتدای طرح، یکی از مشکلات اصلی و شاید وقت‌گیرترین کار، تأمین بودجه و نحوهٔ پرداخت وجه مورد نیاز بود، زیرا هیچ بودجه‌ای برای این امر به صورت ارزی تأمین نشده بود؛ ناگزیر باید از نقدینگی ریالی موجود در دفاتر دبی و دوسلدورف استفاده می‌شد که کاری بسیار سخت بود. سرانجام وزیر نفت و مدیرعامل سازمان بهینه‌سازی و معاونت وزارت نفت در سال ۱۳۸۳ پس از جلسات مکرر این‌جانب و ناظر عالی طرح با تأمین بودجه در قالب طرح با ایران‌خودرو موافقت کردند، ولی به‌رغم تلاش شبانه‌روزی واحد بازرگانی ایران‌خودرو، مرکز تحقیقات موتور و سازمان بهینه‌سازی، این پرداخت در پیچ و خم اداری تا زمان گشایش اعتبارنامه در اردیبهشت۱۳۸۴ به درازا کشید و اولین پرداخت هم در شهریور ۱۳۸۴ انجام شد.

جلسات مکرر با وزاری وقت صنایع، معاونت‌های برنامه‌ریزی، تولید و رؤسای سازمان گسترش در سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۴، علی‌رغم مصوبهٔ دولت و پشتیبانی صریح و ابلاغ رسمی وزیر، هیچ‌گاه بر کاغذبازی حاکم بر وزارتخانه غالب نشد. در سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ با پشتیبانی رئیس دولت و حمایت تبصرهٔ ۱۳ و وزیر صنایع وقت وام بیش از یک‌صد میلیون یورویی بانک صنعت و معدن و وام یک‌صد و پنجاه میلیون یورویی بانک توسعهٔ اسلامی برای کمک به رفع نیازهای

۱- EF7TC
۲- Milestone

طرح تأمین شـد، ولی متأسـفانه این اقلام برای موتور ملی هزینه نشـد و در نتیجه موتور تا انتهای سال ۱۳۸۶ در همان مرحلهٔ پیش‌تولید راکد ماند.
با این فرض که تأمین نقدینگی با اعتبار گشایش‌شده، انجام می‌گیرد، ما اسناد اولین نقدگاه را امضاء کردیم و وقتمان را روی کارهای اصلی و فنی و مدیریتی و برای رفع مشکلات داخل و خارج گذاشتیم.
۱۵ روز بعد از نقدگاه اول در سـال ۱۳۸۳ با مشـکل جدی روبه رو شـدیم و از طرف شرکت خارجی، شفاهاً به توقف کار تهدید شدیم؛ زیرا اعتبارنامهٔ گشایش‌شده پرداخت نشد و عملاً تا تأمین وجه نقد پرداختی نمی‌توانست صورت گیرد [۴۳].
سریعاً جلسه‌ای با طرف خارجی، برای ردیابی مشکل برگزار شد. این جلسه برای ما بسیار سخت بود. ابتدا به محل استقرار نیروهایمان در بلژیک رفتیم، در تمام شـب فقط دو سـاعت خوابیدیم و واقعاً منتظر گشایش راه‌حلی به غیر از روش‌های معمول بودیم.
در یک تصویر موضوع را این‌چنین دیدم: نیاز به فنّاوری و علم در امر موتور بعد از صد سـال عقب‌افتادگی کشـورمان در این رشته، که اهمیت آن برای تمامی دولتمردان، از رئیس‌جمهور، معاون اول رئیس‌جمهور، وزرای نفت و صنعت، اعضای کمیسیون‌های صنایع، انرژی، آموزش عالی مجلس شورای اسلامی و مسؤولان سازمان برنامه و بودجه مشخص شده و با تصویب طرح از جانب همهٔ آنان تأیید شـده اسـت، پس چرا باید با مشکل مالی حتی برای پرداختی اندک در شروع کار روبه‌رو باشـد، ولی برای خرید محصولات خارجی هیچ مشـکلی وجود نداشته باشد؟ از طرف دیگر این دانش نیاز اساسی کشور برای تحرک جدید مراکز دانشگاهی و تحقیقاتی و صنعتی است؛ موضوع موتور در دانشگاه‌های غرب در حدود یک قرن سابقهٔ تدریس دارد و در مراکز تحقیقاتی آنان به طراحی و در مراکز صنعتی با حق مالکیت به تولید آن مشغولند. همه می‌دانند برای جابه‌جایی کالا و مسـافر به اساسـی‌ترین ابزار یعنی قوهٔ محرکه نیاز است و در سایر ماشین‌آلات و وسایل راه‌آهن، دریایی و هوایی نیز به موتور نیاز داریم، بنابراین توقف، معنایی ندارد. با خود اندیشـیدم که چرا باید این ننگ را بپذیریم. اگر تاکنون سـال‌ها قوای محرکه را وارد کرده‌ایم و نهایتاً گرته‌برداری و هم‌بندی نموده‌ایم و از این دانش دور بوده‌ایم، از این به بعد باید محروم بمانیم؟
در تصویـر دیگـری، بیش از یک‌صد نفر از نیروهای متخصص ایرانی را می‌دیدم که در ایران و آلمان اسـتقرار داده‌ایم و برای آنان در داخل و خارج کشـور شـرح وظیفه تعیین کرده بودیم. به علاوه مرکز تحقیقات موتور آلمان (FEV) نفرات متعددی را از نیروهای خود به این طرح اختصاص داد. در حقیقت یک طبقه از آن شرکت متعلق به ما شده بود. واحدهای دیگری از مهندسـی محصول در تولید، مرکز تحقیقات ایران‌خودرو و سـاپکو و حدود ۱۰۰ سازندهٔ داخل و خارج که همه مانند زنبورهای کندو باید رفت و آمد داشـته باشـند، شکل گرفت؛ حتی فکر کند شدن جریان برایمان غیرممکن بود، چه رسـد به توقف. مانند همیشـه فقط خدا پشتوانهٔ ما بود و بس و دیگران در این گونه لحظات اغلب غرق در مسائل ابتدایی خودشان بودند.
به هر حال دومین ضربهٔ این تأخیر پرداخت وارد شـد و آن از دسـت رفتن اعتماد طرف خارجی بود، پس از ضربه ای که ساپکو، به علت عدم معرفی به موقع سازندگان، به طرح وارد کرد. فردای آن روز همراه مهندس میرسلیم در جلسه‌ای که با حضور اسـتاد پیشـینگر تشکیل شد از ایشان برای پیگیری تعهدات خودشان در استفاده از تسهیلات بانک‌های خارجی درخواست جدیت بیشتری کردیم و ما نیز متعهد شدیم با پیگیری مضاعف از دوبی، مشکل را حل کنیم. بالأخره با زحمت فراوان و تهیهٔ مبلغی نقدی و تبدیل به ارز و ارسـال آن به دفتر دوبی و واریز به بانک، نقدگاه اول را پشـت سر گذاشتیم. در حالی که به لحاظ هزینه‌ای هنوز بدهکار بودیم. این مراحل تا نقدگاه پنجم از ده نقدگاه ادامه داشـت و وقت بسـیار و نیروی زیادی را از مدیریت طرح گرفت.
با پشـت سرگذاشـتن نقدگاه اول اساسی‌ترین مشکل در طرح موتور ملی در ساپکو بروز کرد، علت آن اختلافات مدیریتی ایران‌خـودرو، تازگـی طرح در ایران، آماده نبودن سـازوکار اجرایی سـازندگان از نظر کیفیت و سـرعت عمل در اجرای تعهدات، عدم انتخاب سـازندگان و عدم انعقاد قرار داد تضمین و تکوین با سـازندگان بود. در شـرکت ساپکو یا باید واحد مهندسـی وارد کار جدی با طراح می‌شد و هماهنگی سـازمانی خود را با کمک به واحدهای تأمین، سازندگان و طراحان برقرار می‌کرد یا این‌که سامانه‌ای شبیه به آن در واحد تأمین ساپکو مستقر می‌شد، هیچ کدام از این راهکارها عملی نشد.

به همین علت سازندگان منتخب بعضاً از نظر فنی مناسب این کار نبودند، لذا بارها سازندگانی تعویض شدند و با این عدم ثبات هیچ‌گاه به هدف عملی در تعیین قیمت تمام‌شده نتوانستیم برسیم و هدف قیمتی حتی بحثی جدی را به خود اختصاص نداد و به همان یک نامه بسنده شد [۴۴].

به علاوه، حل نشدن مسائل مالی سازندگان داخلی و خارجی در ایران‌خودرو و ساپکو، از مهمترین مشکلات این طرح بود. ساپکو باید در قرار دادی (تضمین تکوین) در وقت معین نسبت به ایفای تعهد مالی با سازندگان اقدام می‌کرد، تا آنان نمونه‌های قطعات را بدهند. به جز موارد جزئی، هیچگاه ساپکو، برای طرح، برنامهٔ زمان‌بندی به طور رسمی صادر نکرد و زحمات نیروهایی که در ساپکو برای این طرح کارشناسی می‌کردند، بارها با شکست روبه رو شد. متأسفانه بر اثر عدم تأمین نمونه‌های قطعات از سوی سازندگان، در وهلهٔ اول تأخیری بیش از یک سال در طرح نصیبمان شد. در حقیقت این تأخیر، طرح را از مسیر اصلی خود منحرف کرد، به طوری‌که مجبور به ساخت نمونه از طریق غیر سازندگان اصلی شد و ضربهٔ جبران ناپذیری به طرح وارد آوردکه تأثیرات آن تا مرحلهٔ تولید ادامه داشت. از طرف دیگر سازندگان داخلی نیز نتوانستند به بیش از حدود ۱۰ درصد دانش طراحی در این قسمت دست پیدا کنند. این موضوع به قدری برای طرح مشکل‌آفرین شد که نهایتاً برای راهگشایی به همراه مهندس ویسه، دکتر منطقی، مهندس میرسلیم و مهندس نعمت‌بخش نزد وزیر صنایع وقت رفتیم و ابلاغیه‌ای از سوی ایشان به ایران‌خودرو (ساپکو) و سازمان گسترش صادر شد؛ ولی هیچ گاه این کار، حتی با دستور وزیر، عملی نشد [۴۸]

در چنین شرایطی در همان زمان هیچ مشکلی در تأمین بودجهٔ طرح L90 وجود نداشت و حتی با امر و نهی، گروه‌های کاری فراوانی برای آن مهیا شده بودند و برای تأمین قطعات آن سر و دست می‌شکستند و با پشتیبانی سازمان گسترش طرح L90 پس از تغییر در تعریف اولیه، اولویت یافت. در حالی که حتی یک جلسه برای موتور ملی در سازمان گسترش گذاشته نشد!

در دفتر طرح، برای مدیریت هزینه، در دو بخش درخواست نماینده کردیم: از واحد مالی ایران‌خودرو برای ردیابی قیمت تمام‌شدهٔ طرح با مسؤولیت‌پذیری مجری، این امر با توجه و وضعیت موجودی که مجموعه داشت، هیچگاه تحقق پیدا نکرد و عملاً مداخله در امور طرح برای هیچ مورد میسر نشد و اساساً نظامی برای آن وجود نداشت و ترجیح امور مالی به واگذاری مسؤولیت به مدیر طرح بود. در خصوص هزینه‌های قیمت قطعه، روش تولید و هزینهٔ تولید و هزینه‌های وابسته به تأمین قطعات برای مراحل ۱ و ۲ نمونه‌ها و تولید با اهداف قیمتی، در ساپکو و نزد سازندگان نتوانستیم به توافقی برسیم. مرکز تحقیقات موتور و FEV رسماً با دو نامهٔ کتبی به ساپکو و مجری طرح در این مورد، آمادگی خود را برای این کار اعلام کرده بودند، ولی هیچ‌گاه این جلسه را ساپکو تشکیل نداد. آن‌قدر این چرخهٔ هدایت‌شده در دل طرح به گردش در آمد که به حدود دو سال تأخیر در اجرا انجامید.

خطرپذیری

مواردی در طرح قابلیت نظارت نداشت و خطرپذیری را افزایش می‌داد، نظیر: بهانهٔ مشکلات تأمین مالی و پرداخت، تغییر مدیران در طرح و کمبود تجربه در این نوع کار، ضعف مشارکت سازندگان داخلی در طراحی، مدیریت مهندسی همزمان برای طرح بزرگ موتوری و جعبه‌دنده و خودرویی و ضعف اطلاعات راهبردی از رقبا در این عرصه؛ این امور می‌بایست دائماً ردیابی می‌شد. از همه مهم‌تر دستیابی به مهلت تولید انبوه این طرح بود تا سازندگان را امیدوار کند که بتوانند از طریق سرمایه‌گذاری در تأمین قطعات به فکر درآمد باشند. در این باره هیچ‌گاه برنامهٔ مصوب و قابل اجرایی تا سال انتهای برنامه (۱۳۸۵) و حتی تا سال ۱۳۸۷ در ساپکو نداشتیم و برنامه در ایران‌خودرو هم اجرایی نمی‌شد. در همان ابتدای سال اول اجرای طرح، خطر عدم رعایت زمان و عدم انعقاد قرار داد با سازندگان و تأمین بودجه و پرداخت‌های مورد نیاز خودنمایی‌کرد و اهداف طرح را به مرز خطر برد. به همین دلیل مجبور بودیم برای جلوگیری از خطرات بیشتر با استفاده از راهکارهای جایگزین، موقت و اضطراری حاشیهٔ امن پیدا کنیم. قطعات موتورهای نمونهٔ مرحلهٔ اول و حتی مرحلهٔ دوم و بعضاً پیش‌تولید که می‌بایست با استفاده از قالب اصلی در سال ۱۳۸۵ تولید می‌شد و در خط تولید TU5 ماشینکاری می‌شد، به علت عدم تعامل با سازندگان داخلی و خارجی، از قطعاتی که سازندگان غیر اصلی تهیه کرده

بودند، تأمین شد و مکاتبات با مدیریت ایران‌خودرو و ساپکو برای تغییر روش ساپکو در مورد برنامه تأییدشدهٔ سازندگان و کار جدی برای تأمین قطعات موتوری ملی نتیجه‌ای نداد.
در حقیقت هزینه‌هایی که برای آزمون و تأیید، پس از طراحی موتور، صرف شـده بود به علت عدم تأمین قطعات طبق مشـخصات درخواسـتی قرار داد و طبق برنامه، واقعاً ما را به تأیید قطعات و مجموعهٔ کامل موتور، در یک یا دو مرحله، نرسـاند و ناگزیر این کار را بعضاً ۵ بار تکرار کردیم تا به اخذ تأییدیه‌ها رسـیدیم. با گزارشـی که برنامه‌ریزی ایران‌خودرو صادر کرد، ایران‌خودرو برای تولید موتور ملی تصمیم خود را در استفاده از شرکت فراصنعت به جای خطوط تولید TU5 در موتـور ملی اتخاذ کرد و این تنها راه جلوگیری از تأخیر بیشـتر طـرح و کاهش هزینه‌ها بود. برنامه‌ریزی ایران‌خودرو همهٔ این موارد را در ۱۴ آبان۱۳۸۴در نامه‌ای به شمارهٔ PMC/۸۴۲۰۱۱۴۵ به اطلاع مدیران ارشد ایران‌خودرو و ساپکو رساند. صورت جلسات منظم در برنامه‌ریزی ایران‌خودرو برای جلوگیری از انحراف زمانی و هزینهٔ طرح انجام می‌شد، ولی به علت عدم تحقق برنامهٔ تأمین در ساپکو نتیجهٔ خاصی گرفته نمی‌شد، به جز گزارش به مدیریت ارشد [۴۵].
ادامهٔ همکاری مشاور خارجی پس از توقف ساخت در خط TU5 و جایگزینی شرکت فراصنعت برای تولید و ماشینکاری دو قطعهٔ اصلی موتور یعنی بدنه و بسـتار و دسـتیابی به توافق دربارهٔ مسائل فنی طرح و همچنین تهیهٔ قطعات خام برای ماشینکاری بسیار دشوار بود. ولی با توجه به این‌که شرکت فراصنعت در این نوع مسائل مسلط بود، این امر میسر شد.
علاوه بر توقف سـاخت در خط تولید TU5، توقف خطوط همبندی موتور TU5 مشـکلات ما را چند برابر کرد. با یک تصمیم‌گیـری در ایران‌خـودرو و انتخاب مهندس کندری به عنوان مسـؤول تولید این موتور، بـا زحمات گروه کاری در موتورسـازی، یک خط همبندی بسـیار ساده (گرچه در شـأن این محصول نبود) تهیه شد تا بتوانیم با جلوگیری از تأخیر بیشتر در تولید موتور، افتتاح و رونمایی موتور را انجام دهیم با این امید که مدیر ارشد جدید ساپکو که تعامل بسیار خوبی با ایران‌خودرو دارد، حتماً می‌تواند تولید انبوه موتور ملی را طبق برنامه تضمین کند؛ متأسـفانه تا انتهای حضور ایشان در ساپکو هم نتوانستیم به تولید برسیم [۵۴].
از سـال ۱۳۸۴ موضـوع موتورهای دیزلی در دسـتور کار قرار گرفت و مطالعات موتور دیزلـی از خانوادهٔ موتور ملی آغاز شـد. همزمان شرکت ایران‌خودرو با شـرکت فولکس کاری را شروع کرده بود که به عنوان مطالعه و نصب موتور دیزلی روی خودروی سـمند مطرح شـد و در اواسط طرح، مسؤولیت آن به ایپکو سپرده شد و به نام طرح D21 اتمام یافت. در حقیقت با کسب اطلاعات از این مطالعه و نصب موتور دیزلی روی سمند ما توانستیم این اطلاعات را در نصب موتور ملی پرخوران روی خودروی سمند به‌کار بندیم که در کاهش هزینهٔ طرح موتور ملی پرخوران بسیار مؤثر بود.
مکاتبات با وزرای صنایع و نفت برای اجرای طرح موتور ملی دیزل انجام شد و توافق بر اجرای طرح موتور دیزلی پس از تأئید رئیس دولت از طریق شرکت پالایش و پخش مصوب شد. ایپکو طراحی این موتور را با حداکثر امکانات از خطوط تولید موتور ملی برای کاهش هزینه و امکان تولیدی شـدن در دسـتور کار قرارداد و این طرح از خرداد ۱۳۸۷ فقط برای طراحی و ساخت مرحلهٔ اول نمونه‌سازی شروع شد و پس از این مرحله برای ادامهٔ کار تولید موتور و همچنین بهینه‌سازی خودروی دیزلی باید راهکاری حمایتی به‌عمل می‌آمد که برای آن مجدداً دستور رئیس‌جمهور محترم برای بررسی و اقدام به وزارت نفت ابلاغ شد.
اولین موتور آزمایشـگاهی دیزل سـواری با مالکیت در طراحی، ساخت و تولید، در نیمهٔ دوم سال ۱۳۸۸ برای کار توسعهٔ احتراقی راه‌اندازی شد.

افتتاح پیش‌تولید موتور ملی

در اسـفند ۱۳۸۵ برنامهٔ افتتاحیه و رونمایی از پیش‌تولید اولین نسـل موتور ۱٫۷ لیتر تنفس طبیعی از طرح خانوادهٔ موتور ملی با حضور رئیس‌جمهور و با تلاش و کوشـش همهٔ نیروهای سـاپکو، ایران‌خودرو، ایپکو و قطعه‌سـازان انجام شـد. همزمان تمبر موتور ملی طراحی شد و انتشار یافت.

با تولد موتور ملی قرار شـد دانش فنی آن و نظریات صنعتگران، نمایندگان و دولتمـردان در قالـب فیلم مسـتندی با عنوان روایت فتح، تهیه شـود که نیمه‌تمـام ماند. قصد و هـدف از افتتاح پیش‌تولید موتـور ملی تحقق تولید ۴۰۰۰۰ دسـتگاه موتور در سـال ۱۳۸۶ بود. در مراسـم افتتاحیه این مطالب ارزشـمند ارائـه گردیـد: ۱- مفاهیم پیش‌تولیـد و رونمایی از سـوی آقای مهندس میرسـلیم، ۲- موضوع راهبردی و پیشـرفت موتور از سـوی مدیر طرح، مهندس زالی، ۳- سخنرانی رئیس‌جمهور و مطالب ایشان برای موتور ملی و استفاده از این موتور حتی در خودروسازی‌های دیگر [۵۵].
پس از افتتاح پیش‌تولید، نامه‌ای در ۲۳ اسفند ۱۳۸۵ و به شمارهٔ ۸۵/۱۸۳۲۹ بـرای وزیر صنایع وقت با هدف تولیدی شـدن و اجـرای اوامر رئیس دولت ارسال شد و پیگیری برای دریافت وام از بانک صنعت و معدن در دستور کار قرارگرفت [۵۶].

در سـال ۱۳۸۶ نیز بدون هیچ علتی و با بهانه‌های واهی به علت عدم تأمین سـه یا چهار قطعه از جمله بستار نتوانستیم به تولید برسیم و بدون هیچ علتی فقط زمان را از دست دادیم. در همین ایام اولین وام بانک توسعهٔ صنعت و معدن بیش از یک‌صد میلیارد تومان به ایران‌خودرو برای طرح موتور ملی پرداخت شد.
در این مقطع نیز مجدداً ساپکو برنامهٔ کتبی برای تأمین را ارائه نداد و نتوانست با تصمیم‌گیری جدی موتور ملی را به تولید انبوه برساند و ایران‌خودرو را از این بحران عبور دهد؛ در این‌جا فقط به نمونه‌های مکاتبهٔ ۱۳ خرداد ۱۳۸۶ شمارهٔ ص د / ۸۶۲۰۰۱۹۱/ ق م و ۲۵ اردیبهشت ۱۳۸۵ شمارهٔ ص د /۸۵۲۰۰۰۳۳/ق م و ۸۵/۲/۳۱ شمارهٔ ۸۵/۱۳۵۴۳ اشاره می‌شود. ناگزیر برای همت در پیشرفت کار مجدداً دست به دامان وزیر صنایع و رئیس‌جمهور شدیم [۵۷].
مکاتبات با رئیس دولت نهم و مسؤولان دولت از سال ۱۳۸۵ و حتی دستور صریح رئیس دولت به وزیر صنایع علی‌رغم حمایت‌های مالی، مؤثر نشـد، بلکه کار به جایی رسید که در این‌سال موتور TU5 وارادتی پژو روی خودروی ملی سمند نصب شد و ننگ دیگری را در عدم به‌کارگیری توانمندی خودمان به اثبات رساند و وام‌هایی که از بیت‌المال برای موتور

ملی اخذ شـده بود، صرف آن‌گونه هزینه‌ها شـد، به طوری‌که هزینه‌های اندک سازندگان و تأمین‌کنندگان قطعات موتور ملی به آن‌ها پرداخت نشد و موتور ملی به تولید انبوه نرسید. تعداد اندکی از قطعات که بدون منطق تولید انبوه، تأمین شد، با توجه به بی‌انگیزگی در تولید قطعات به مشکلات زیادی مواجه شد. این شیوه در عدم دستیابی به تولید انبوه موتور ملی تا پایان سـال ۱۳۸۷ ادامه داشـت و از زمان افتتاح پیش‌تولید موتور ملی در بهمن ۱۳۸۵ تا بهمن۱۳۸۷ مجموعاً ۳۰۰۰ موتور ملی تولید شد، در حالی که طبق برنامه مصوب می‌بایست ۱۵۰۰۰۰ موتور ملی در این دوره تولید می‌کردیم.

جالب است بدانیم که در سال ۱۳۸۶ شرکت پژو دایهٔ دلسوزتر از مادر شد و موتور TU5 را به‌عنوان پایه گازسوز در ایران به فروش رسـاند و متأسـفانه زحماتی را که خودمان برای تشویق سازندگان داخلی از طریق طراحی و تأمین قطعات پایه گازسـوز در عوارض گمرکی ایجاد کردیم، برای خرید موتور پژوی به اصطلاح پایه گازسـوز به آنان تقدیم‌شد و علاوه بر آن به طور موازی تطبیق موتور TU5 را روی خودروی سـمند تماماً شـرکت پژو با مبلغ گزافی انجام داد، در حالی‌که توانمندی این کار در مرکز تحقیقات ایران‌خودرو وجود داشـت و اسـتناد آن، همین بس که مرکز تحقیقات در معماری، طراحـی، تطبیـق و جانمایی موتور ملی و جعبه دندهٔ آن با شـرکت FEV روی خودروی سـمند اقدام کرده بود و کاری به مراتب بزرگ‌تر از نصب موتور TU5 روی سـمند انجام شـده بود و با گزارش‌های مهندسی اخذ شده و نیروهایی که مرکز تحقیقات ایران‌خودرو در طرح موتور ملی به کار گرفته بود، می‌توانسـت این تطبیق را بدون پرداخت هزینه به پژو در کشور انجام دهد. واقعاً چرا نباید به این نوع تفکر اقتصادی پاسخ درست داد؟

در ۳ آبان۱۳۸۶ در نامه‌ای به شمارهٔ ۸۶/۲۲۰۸۵ گزارشی صادقانه از وضع موتور ملی خدمت رئیس‌جمهور ارسال‌کردیم و ایشـان در ۲۹ آبان۱۳۸۶ در نامه‌ای به شـمارهٔ ۱۳۶۲۳۶ دستور پیگیری آنی به جناب وزیـر دادنـد [۵۸]. در تـاریـخ ۸ خردادماه ۱۳۸۷ مجدداً از خدمت وزیر صنایع سرنوشت دستور آنی رئیس دولت به شمارهٔ ۸۷/۲۵۵۵۳ پیگیری شد [۵۹] و تا ابتدای ۱۳۸۸ همچنان موتور ملی به برنامهٔ مصوب تولید انبوه نرسید [۶۰].

کاهـش مصرف سـوخت حاصل از بهینه‌سـازی موتورهای موجـود و طراحی جدید موتورهای پایه گازسـوز ملی ایران در ایران‌خودرو در گزارشـی منتشـر شـد [۶۱] که این کاهش مصرف سـوخت اکثراً حاصل کار گروهی در بهینه‌سازی موتورهای موجود با محوریت تولید انبوه موتور ملی پایه گازسـوز اسـت که اگر طبق برنامهٔ مصوب، عملیاتی می‌کردیم، کاهش مصرف سـوخت بنزین به مراتب چشـمگیرتر می‌شـد و منافع حاصل از کاهش ده‌ها میلیون لیتر سوخت و حذف آلودگی‌های آن به ملت خودمان می‌رسـید. در سـال ۱۳۸۸ با مسـئولیت پذیری مدیران ایران خودرو و سـاپکو تغییرات اساسـی در برنامه‌ریزی تولید به عمل آمد ولی با اینکه فعالیت‌های رضایت‌بخشـی انجام شد، اما به تعداد مشخص شده در برنامه تولید نرسیدیم.

در نهمین روز از نوروز ۱۳۸۹ مقام معظم رهبری از خط تولید موتور ملی بازدید فرمودند و بیانات بسیار مهمی در زمینهٔ تاریخ علمی ایران و راهکارهای مدیریتی و توسـعه‌ای با نگاه اقتصادی، بازرگانی تا نحوهٔ تبادل علمی را گوشـزد نمودند و طرح موتور ملی را نماد عزت عنوان فرمودند. [۶۲] با این رویکرد پیگیری‌های مسـتمر مدیریت ایران خودرو و تعامل همهٔ دسـت‌اندرکاران در گروه مقرر شـد تا براساس برنامه تا پایان سال ۱۳۸۹، یک‌صد هزار و برای سه سال بعد، سیصد هزار خودرو مجهز به موتورملی ان‌شـاءالله تولید شـود. برنامهٔ هفتگی در سـطح قائم‌مقام مدیرعامل ایران‌خودرو، ساپکو و مدیرعامل مرکز تحقیقات موتور در حال پیگیری اسـت. سـاپکو برای اولین بار در طول طرح موتور ملی برنامهٔ تأمین قطعات تولید انبوه ارائه داده که با همتی که دیده می‌شـود به کمک خدا به اهداف برنامه خواهیم رسـید. عملکرد شرکت ایپکو در سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۷ بحمدالله بسیار رضایت‌بخش و با سوددهی غیر قابل‌انتظار همراه بوده است.

سخن آخر:

۱– چرخهٔ کاری قوای محرکه در زمین، دریا و هوا که تا این مدت، توسـعه داده شـده باید با ترسـیم راهبرد و نقشهٔ راه قوای محرکه در کشور، تکمیل شود [۱۳].

الف) مرکز تحقیقات موتور با لحاظ‌کردن راهبردهای خودروساز ایجاد شده و دایرهٔ وصل میان متخصصان دانشگاهی و نیروهای علمی و فنی صنعت و کاربردی‌کردن موضوعات پژوهش، بهینه‌سازی و طراحی محصولات در خط تولید است با این ساختار:

– طراحی، شبیه‌سازی، نمونه‌سازی، آزمون و صحه‌گذاری و تهیهٔ روش‌های تولید و برنامهٔ آزمون قطعات و مجموعه‌ها و توسعهٔ محصولات
– مهندسی روش، فرآیند، محصول و تضمین کیفیت
– الگوبرداری و سازمان مدیریت طرح از طراحی تا تولید و شناسایی استانده‌ها و الزامات راهبردی کشور
– ایجاد مالکیت معنوی طراحی، نرم‌افزاری، تولید، ساخت، تجهیزات و استانده‌های کارخانه‌ای
ب) تأمین منابع انسانی و آموزش تا سطح دورهٔ عالی از طریق:
– تأسیس دورهٔ کارشناسی‌ارشد موتور با همکاری دانشگاه‌های کشور از سال ۱۳۷۸
– آغاز دورهٔ عالی دانشگاهی دکتری با گرایش موتور در مرکز تحقیقات موتور با همکاری دانشگاه‌های صنعتی شریف و امیرکبیر از سال ۱۳۸۷
– فراگیری دانش فنی طراحی موتور از طریق مشارکت در اجرای طرح‌ها با مشاوران مراکز تحقیقاتی خارج کشور
– مستندسازی کلیهٔ فعالیت‌های مهندسی و طراحی در طرح‌های مصوب مرکز تحقیقات موتور به دست متخصصان این مرکز با قابلیت تکرارپذیری و ارتقاء توانمندی‌های نیروی انسانی در جهت اهداف راهبردی قوای محرکه
– ارتقاء نیروی انسانی مرکز بر پایهٔ فعالیت‌های علمی در طرح‌های کاربردی که به تولید انبوه منجر شود.
ج) همکاری سازندگان قطعات با طراحان و برخورداری از الگوهای جدید و روش‌های نوین ساخت و تولید برای دستیابی سازندگان به مالکیت قطعه و مجموعه برای تأمین و تولید با کیفیت در داخل و صادرات واقعی با نام و نشان قطعه‌ساز ایرانی
د) تداوم همکاری با کلیهٔ دست‌اندرکاران داخلی کشور، محیط زیست، دانشگاه، صنعت، مدیریت حمل‌ونقل، سازندگان و مراکز تحقیقاتی و طراحی و سازندگان داخلی و خارجی با برگزاری همایش بین‌المللی دوسالانهٔ موتورهای درونسوز برای برآوردن نیازهای علمی و کاربردی و جذب منابع و ارائهٔ مقالات روزآمد در زمینهٔ قوای محرکه
ه) برقراری همکاری علمی با دانشجویان، استادان و نخبگان کشور با انتشار فصلنامهٔ علمی– پژوهشی تحقیقات موتور و ایجاد پایگاه و تارنمای مرکز تحقیقات موتور
و) تهیهٔ کتاب مرجع علمی در امر دانش فنی موتور در کشور (کتاب حاضر که با رنج و زحمت فراوانی تهیه شده است.)
ز) تدوین اولین استانداردهٔ کارخانه‌ای کشور در امر طراحی و ساخت، قطعات و تولید موتور حاصل از یافته‌های دانش فنی طرح خانوادهٔ موتور ملی ایران

۲– کلیاتی که در بند یک بدان اشاره شد، اقداماتی بود که در حد توان مرکز تحقیقات موتور ایران‌خودرو با همکاری صنعت، دانشگاه، دولت و مجلس، بر اساس برنامهٔ چشم‌انداز بیست سالهٔ نظام انجام شده است و کشور ایران در منطقه و در میان کشورهای اسلامی، به عنوان اولین کشور دارندهٔ مالکیت در طراحی، تولید و ساخت موتور احتراق داخلی مطرح است. علاوه بر آن، ایران با کسب دانش فنی طراحی موتور در میان کشورهای طراح و سازندهٔ موتور دارای رتبه شده است. اکنون تدوین راهبرد قوای محرکه در زمین، دریا و هوا بسیار ضروری و حیاتی است، چرا که هزینه‌های خرید موتورهای سنگین و فوق سنگین مانند: موتورهای قطار، ایستگاه‌های برق، کشتی‌ها، قایق‌ها، ماشین‌آلات راهسازی در کشور بیش از گردش مالی تولید یک میلیون و سیصد هزار موتور خودروهای سواری است. تنها کاری که در ایران برای طراحی این نوع از موتورها انجام شده است، طرح «د – ۸۷»، در شرکت دیزل سنگین ایران (دسا) وابسته به سازمان گسترش است. بنابراین به نظر می‌رسد وقت آن رسیده است تا تصمیم جدی در مورد بهره‌برداری از نتایج الگوبرداری راهبردی قوای محرکهٔ دنیا و روند آن و اطلاع‌رسانی به دولت و مجلس برای تصمیم‌گیری و تدوین راهبرد سبد سوخت، انرژی و قوای محرکه در کشور، اتخاذ شود.

امید است این حرکت خالصانهٔ زحمتکشان عرصهٔ صنعت قوای محرکه برای کشور عزیز ایران اسلامی مورد قبول حضرت حق قرار گیرد.

مدیرعامل شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران‌خودرو
و مدیرطرح خانوادهٔ موتورملی ایران
محمد زالی

[۱] حکم سرپرست مرکز تحقیقات موتور، گزارش توجیهی طرح ایجاد مرکز تحقیقات موتور، (جلد اول- اهداف، ضرورت ایجاد و ابعاد فنی و اقتصادی طرح)، (شمارهٔ بایگانی: 114—H) و گزارش توجیهی طرح ایجاد مرکز تحقیقات موتور، (جلد دوم- پیوست‌ها)، (شمارهٔ بایگانی: 85—H)

[۲] مستندات شرکت بهپو قطعه و تغییر آن به شرکت تحقیقات موتور ایران خودرو (حکم مدیرعاملی زالی) و اعضای هیأت‌مدیره، (شمارهٔ بایگانی: 141—H)

[۳] استراتژی صنعت خودرو در برنامهٔ دوم، (شمارهٔ بایگانی: 83—H)

[۴] اهداف، استراتژی و برنامه‌های شرکت تحقیقات موتور ایران‌خودرو، (شمارهٔ بایگانی: 89—H)

[۵] نمودار سازمانی شرکت تحقیقات موتور ایران‌خودرو به همراه شرح وظایف سازمانی، (شمارهٔ بایگانی: 79—H)

[۶] گزارش بازرس قانونی در خصوص افزایش سرمایه به انضمام گزارش توجیهی هیأت‌مدیره، (شمارهٔ بایگانی: 87—H)

[۷] قرار داد مجموعهٔ سامانهٔ افشانه‌ای پیکان با شرکت ساژم و بازدید اعضاء هیأت‌مدیره،(شمارهٔ بایگانی: 88—H) و قرار داد افشانه‌ای پیکان ۱۶۰۰، (شمارهٔ بایگانی: 91—H)

[۸] مشخصات کلی، برنامه و سرفصل دروس دورهٔ کارشناسی‌ارشد قوای محرکهٔ خودور، (شمارهٔ بایگانی: H—۸۶) – فهرست دروس، (شمارهٔ بایگانی: H—166)- Light-Duty Automotive Technology and Fuel Economy Trends (Through 1999)،(شمارهٔ بایگانی: H—77)- Access the Word's Leading Source of Intelligence on the Global Motor Industry،(شمارهٔ بایگانی: 110—H)

[۹] گزارش عملکرد هیأت‌مدیره به مجمع عمومی عادی صاحبان سهام ۱۳۷۷، (شمارهٔ بایگانی: 143—H)

[۱۰] طرح پژوهشی طراحی و ساخت مدار ریزپردازنده ۱۶ بیت قابل برنامه‌ریزی با رایانه، (شمارهٔ بایگانی: 92—H)

[۱۱] جایگاه موتور پیکان ۱۶۰۰ در موتورهای مشابه، (شمارهٔ بایگانی: 116—H)

[۱۲] مجموعهٔ مقالات اولین همایش سراسری موتورهای درونسوز: ۲۷ و ۲۸ بهمن‌ماه سال ۱۳۷۸، (شمارهٔ بایگانی: 133—H)

[۱۳] نمودار چرخهٔ فعالیتهای مرکزتحقیقات موتور ایران خودرو، (شمارهٔ بایگانی: H-312) "ضمیمهٔ شده در انتهای کتاب"

[۱۴] طرح‌های محوری آتی در مرکز تحقیقات موتور ایران‌خودرو و فعالیت‌ها و دستاوردهای دوسالهٔ شرکت تحقیقات موتور ایران‌خودرو، (شمارهٔ بایگانی: 114—H)

[۱۵] پروانهٔ تحقیق مرکز تحقیقات در زمینه موتور احتراق داخلی و رتبه بندی یک سازمان برنامه و بودجه، (شمارهٔ بایگانی: H-462)

[۱۶] گزارش عملکرد هیأت‌مدیره به مجمع عمومی عادی صاحبان سهام ۱۳۷۸، (شمارهٔ بایگانی: 144—H)

[۱۷] طرح سرمایه‌گذاری برای تحقیقات موتور در کشور (با هدف تسلط بر دانش فنی برای بهینه‌سازی، طراحی موتور و کاهش آلودگی مصرف سوخت)، (شمارهٔ بایگانی: 81—H)

[۱۸] روند کار طراحی موتور برای بررسی در کمیتهٔ علمی فنی، (شمارهٔ بایگانی: 130—H)

[۱۹] طرح دیزل گاز (گزارش مهندسی و نتایج طرح پاشش گاز و گازوئیل در خودروهای سنگین، (شمارهٔ بایگانی: 160—H)

[۲۰] Sample Proposal for Assistance in Planning of an Engine Research & Development Center،(شمارهٔ بایگانی: 40—H)

[۲۱] گزارش دانشگاه صنعتی امیرکبیر برای طراحی و ساخت موتور ملی در ۱۳ جلد، (شمارهٔ بایگانی: 161—H)

[۲۲] پیشنهادهای دریافت‌شده از شرکت‌های Ricardo , FEV , AVL , ARAI , CRF , TWR دربارهٔ طراحی خانوادهٔ موتور در ایران، (شمارهٔ بایگانی: 96—H) و گزارش کارهای انجام‌شده در مرکز تحقیقات موتور و پیشنهادهای اجرایی در مورد بهینه‌سازی موتورهای موجود در ایران‌خودرو، (شمارهٔ بایگانی: 98—H)

[۲۳] مجموعـهٔ مقـالات دومین همایـش بین‌المللی موتورهای درونسـوز: ۲۷ و ۲۸ بهمن‌ماه ۱۳۸۰، (شـمارهٔ بایگانی: H—134)
[۲۴] گزارش عملکرد هیأت مدیره به مجمع عمومی عادی صاحبان سـهام ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰، (شـمارهٔ بایگانی: H—145 و H—146)
[۲۵] مصوبـهٔ معـاون اول رئیس‌جمهور آقـای دکتر عارف دربارهٔ قوای محرکه برای آیندهٔ کشـور؛ نامـهٔ آقای زالی به دکتـر ضرغامـی در خصوص مصوبه؛ نامهٔ آقای زالی بـه دکتر عبادی در خصوص مصوبه؛ نامـه آقای زالی به مهندس دوست‌حسینی در خصوص مصوبه (شمارهٔ بایگانی: H—121)
[۲۶] مصوبه هیئت دولت دربارهٔ نیاز به طرح خانواده موتورملی، (شمارهٔ بایگانی: H-463)
[۲۷] متغیرهای مهندسی وابسته به طراحی موتور، (شمارهٔ بایگانی: H—104)
[۲۸] گوشه‌ای از سیاست‌های محدود کنندهٔ آمریکا در زمینهٔ انتقال فنّاوری خودرو به سایر کشورها، (شمارهٔ بایگانی: H—103)
[۲۹] طراحی خانوادهٔ موتور مورد نیاز کشور، (شمارهٔ بایگانی: H—32)
[۳۰] سند راجع به Localisation & Supplier Strategy از طرف دکتر کاتوزیان، (شمارهٔ بایگانی: H—102)
[۳۱] طرح ترکیب اصلی سازمان (نمودار سازمانی) شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران خودرو و ساختار سازمانی رده یکمی، (شماره بایگانی: H—106) و نمودار سازمانی شرکت تحقیقات موتور ایران‌خودرو از ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۱ (شمارهٔ بایگانی: H—118)
[۳۲] تفاهم‌نامه با ایران خودرو (تفاهم‌نامهٔ فروش ماشین‌آلات خطوط تولید موتور و سایر متعلقات با ایران‌خودرو و کلیهٔ صورت‌جلسات رده‌یکمی موتور)، (شمارهٔ بایگانی: H—139)
[۳۳] طرح خانوادهٔ موتور– قیمت اخذشده از شرکت‌های خارجی و RFQ، (شمارهٔ بایگانی: H—140)
[۳۴] شـیوه‌نامهٔ ارزیابی پیشنهادهای ارسالی برای طرح خانوادهٔ موتور، (شمارهٔ بایگانی: H—119) و گزارش جامع طرح خانوادهٔ موتور در ایران خودرو، (شمارهٔ بایگانی: H—136)
[۳۵] نمودار گردش ارتباطات شرکت اپیکو با شرکت ایران‌خودرو، (شمارهٔ بایگانی: H—135)
[۳۶] پیشنهادهای دریافت‌شده از شرکت‌های خارجی در مورد خانوادهٔ موتور FEV - RICARDO - LOTUS - AVL (شمارهٔ بایگانی: H—137)
[۳۷] گزارش مهندسـی: گردش کار الگوبرداری تخصصی موتور و گزارش مهندسی الگوبرداری TU5، (شمارهٔ بایگانی: H—179, GM—543)
[۳۸] LOI اولیه و دفترچهٔ طرح و انتصاب مدیر طرح موتور ملی و ناظر عالی طرح (شمارهٔ بایگانی: H—167)
[۳۹] گزارش عملکرد هیأت مدیره به مجمع عمومی عادی صاحبان سهام ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ (شمارهٔ بایگانی: H—122)
[۴۰] مجموعـه مقالات سـومین همایـش بین‌المللی موتورهای درونسـوز، ۲۸ الی ۳۰ بهمن ۱۳۸۲ (شـمارهٔ بایگانی: H—138)
[۴۱] طرح توجیهی امکان‌سنجی موتور ملی/سند تجاری (شمارهٔ بایگانی: H—165)
[۴۲] قرار داد موتور ملی (شمارهٔ بایگانی: H—163)
[۴۳] تقاضـای شـرکت FEV بـرای پیش‌پرداختی که به تأخیـر افتاد و توافق گشـایش اعتبارنامه، (شـمارهٔ بایگانی: H—268)
[۴۴] نامهٔ هدف قیمتی موتور ملی و مکاتبات با ساپکو (شمارهٔ بایگانی: H—172)
[۴۵] کارنامهٔ دوره‌ای طرح «طرح تولید خودرو سـمند با موتور ملی تنفس طبیعی ۱٫۷لیتری/ صورت‌جلسات برنامه‌ریزی ایران‌خودرو (شمارهٔ بایگانی: H—173)
[۴۶] نامهٔ شرکت پژو به FEV برای دریافت اطلاعات (شمارهٔ بایگانی: H—274)

[۴۷] نامـهٔ ناظرعالـی طرح موتور ملی به مدیرعامل شـرکت ایران خودرو در مورد تأخیـر در تدارک نمونه های قطعات موتوری، (شمارهٔ بایگانی: H-464)
[۴۸] ابلاغیهٔ وزیر صنایع (جهانگیری) به سازمان گسترش و ایران خودرو و ساپکو برای رفع موانع مالی و اجرایی، (شمارهٔ بایگانی: H-465)
[۴۹] نامهٔ معاون اول رئیس جمهور (عارف) به وزیر صنایع (جهانگیری) در خصوص حمایت از طرح تولید موتور، (شمارهٔ بایگانی: H-466)
[۵۰] مدیریت نظام دانایی و الگوی فرآیندی توسعهٔ محصول قوای محرکه، (شمارهٔ بایگانی: H—250 تا H—263)
[۵۱] برنامه‌ها، سرفصل‌ها و فعالیت‌ها تا سطح چهارم (شمارهٔ بایگانی: H-178 ,H-170 , H-147)
[۵۲] درخواست بودجهٔ سه برابری شرکت تام و پاسخ مدیر طرح در نامهٔ شمارهٔ ۱۰۰۴۷/۸۴ مورخ ۱۳۸۸/۸/۷ (شمارهٔ بایگانی: H—269)
[۵۳] برنامـهٔ زمان‌بندی موتور ۱۴۰۰ و فعالیت‌های آن و گزارش‌های مهندسـی موتور ۱۴۰۰ تا انتهای توسـعهٔ احتراق (شمارهٔ بایگانی: H-147 , H-178)
[۵۴] گـزارش پیشـرفت طرح موتـور ملی خط همبندی/مشـخصات کلی طـرح و وضعیت کارگاه تولید، مشـکلات و صورت‌جلسات (شمارهٔ بایگانی: H-168 و H-174)
[۵۵] سـخنرانی سـیدمصطفی میرسـلیم، رئیس مرکز تحقیقات موتور ایران‌خودرو در مراسـم افتتاح پیش‌تولید موتور و مفاهیم پیش‌تولید، (شـمارهٔ بایگانی: H—175)، سـخنرانی محمد زالی، مدیر طرح موتور ملی در پیش‌تولید موتور ملی (شمارهٔ بایگانی: H—176)، سخنرانی محمود احمدی‌نژاد، رئیس‌جمهور در افتتاح پیش‌تولید موتور ملی، (شمارهٔ بایگانی: H—177)
[۵۶] نامـهٔ مدیـر طرح موتور ملی (زالی) به وزیر صنایع و معاون (طهماسـبی) در خصوص اجرایی شـدن دسـتورهای رئیس‌جمهور و پیگیری دریافت وام، (شمارهٔ بایگانی: H-467)
[۵۷] مکاتبـه بـا ایران خودرو بـه شـماره‌های ۸۶۲۰۰۱۹۱ و ۸۵۲۰۰۰۳۳ و مکاتبه با وزیر صنایع و معاون به شـمارهٔ ۱۳۵۴۳/۸۵ (شمارهٔ بایگانی: H—271)
[۵۸] نامه دسـتور تسـریع دراجـرای طرح موتور ملی از سـوی رئیس جمهور (احمـدی نژاد) به وزیـر صنایع و معاون (محرابیان)، (شمارهٔ بایگانی: H-468)
[۵۹] پیگیری دستور رئیس جمهور (احمدی نژاد) از وزیر صنایع و معاون (محرابیان)، (شمارهٔ بایگانی: H-469)
[۶۰] نامهٔ مورخ ۱۳۸۶/۸/۳ به شـمارهٔ ۲۲۰۸۵/۸۶ به رئیس‌جمهور و پاسـخ ایشان در ۲۹ آبان ۱۳۸۶ به شمارهٔ ۱۳۶۲۳۶ و مکاتبه با وزیر صنایع و معاون به شمارهٔ ۲۵۵۵۳/۸۷ مورخ ۱۳۸۷/۸/۳
[۶۱] جدول کاهش مصرف سوخت حاصل از بهینه‌سازی موتورهای موجود و طراحی موتور پایه گازسوز، (شمارهٔ بایگانی: H—272)
[۶۲] متـن سـخنرانی مقـام معظم رهبری در آغاز سـال ۸۹ در خصوص صنعت خـودروی کشـور، (شـماره بایگانی: FH—470)

■ کلیه پیوستها در بایگانی شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران خودرو موجود است.

155.5°
B
18° (3x)
C
E
0.1 B A C
Ø6.2 H12 thru
C
(114°) sensor position
C
E
R113.12
A
120° (3x)
60° (4x)
D
A
100
16

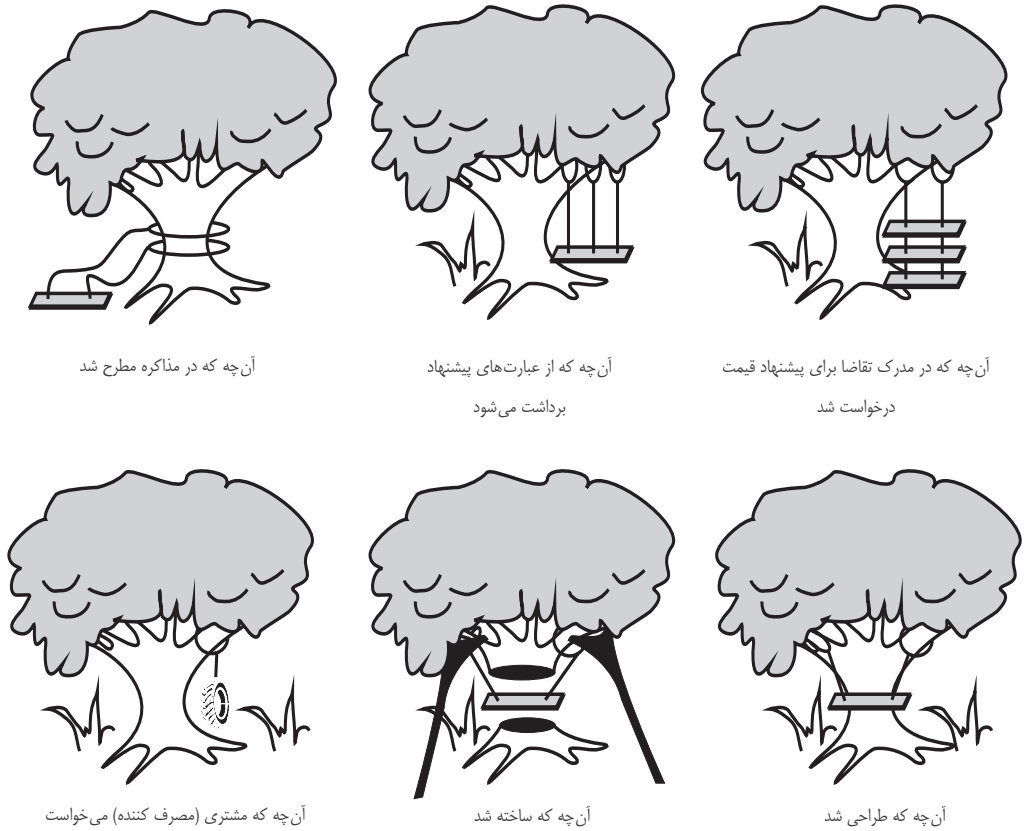
فصـــل اول

شناسایی، توسعه و مدیریت نیازمندی‌های موتور ملی

شناسایی، توسعه و مدیریت نیازمندی‌های موتور ملی

۱-۱ پیش‌درآمد

آگاهی دقیق از همهٔ نیازمندی‌هایی که موتور جدید باید آن‌ها را برآورده کند، یکی از کلیدی‌ترین مراحل توسعهٔ موتور ملی است. سختی و پیچیدگی این بخش معمولاً از آن ناشی می‌شود که خواسته‌های سازمان‌های مختلف درون گروه صنعتی ایران‌خودرو، سازمان‌های دولتی و بازار مصرف، متعدد، مبهم و بعضاً متناقض است. دربارهٔ اهمیت نیازمندی‌ها و ترجمه و تفسیر متفاوت عوامل مختلف وابسته به توسعهٔ محصول جدید از نیاز واقعی مشتری مثالی از مستندات منتشر شدهٔ موسسهٔ «ولر»[۱] ارائه می‌شود تا درک پیچیدگی توسعه و مدیریت نیازمندی‌ها ملموس‌تر شود (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱ دریافت‌های ناقص عوامل توسعهٔ محصول از نیاز واقعی اولیه

۱- Volere

۱-۲ شناسایی عوامل وابسته به طرح

نقطهٔ شروع طرح توسعهٔ خانوادهٔ موتور ملی، شناسایی نیازمندی‌های بازار هدف ایران‌خودرو، توانمندی‌ها، محدودیت‌ها و الزامات کارگشایان مختلف برای توسعه و تولید انبوه موتور است. از این‌رو در آغاز، کارگشایان و دغدغه‌های اصلی آن‌ها مطابق با جدول (۱-۱) دسته‌بندی شدند.

جدول۱-۱ دسته بندی نیازمندی‌ها و کارگشایان

کارگشایان	نیازمندی و الزامات مورد نظر
سازمان حفاظت محیط زیست	الزامات محیط زیستی
سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت	حامی مالی طرح و تعیین‌کنندهٔ الزامات و مشخصات محصول پایه گازسوز
سازمان بازرسی کیفیت و استاندہ ایران	تعیین‌کنندهٔ الزامات و استانده‌های پنجاه و پنج‌گانهٔ خودرو
مشتریان خودرو	دغدغه‌های مشـتری، عمدتاً شـامل: قیمت محصول، دوام و قابلیت اطمینان، چابکی و قابلیت رانندگی خودرو، هزینه‌های مواد مصرفی، هزینه‌های تعمیرات، دسترسـی به مواد مصرفی و قطعات یدکی، میزان پیمایش، هوشمندی و ایمنی خودرو، سطح صدا و ...
شرکت ساپکو	مدیریت شبکهٔ تأمین قطعات، تعیین‌کنندهٔ توانمندی‌ها و محدودیت‌های سازندگان
شرکت تام ایران‌خودرو	تجهیزکنندهٔ خطوط تولید ایران‌خودرو
معاونت نیرومحرکهٔ ایران‌خودرو	تعیین‌کننده قابلیت‌ها و محدودیت‌های خطوط ماشینکاری بدنه، بستار و خط همبندی موتور
معاونت سواری‌سازی	تعیین‌کنندهٔ قابلیت‌ها و محدودیت‌های خط همبندی خودرو
شرکت نیرو محرکهٔ قزوین	تعیین‌کنندهٔ قابلیت‌ها و محدودیت‌های تولید جعبه دنده
معاونت کیفیت ایران‌خودرو	تعیین‌کنندهٔ شاخص‌های کیفی محصول
معاونت استراتژیک ایران‌خودرو	دغدغه‌هـای اصلی این معاونت، مالکیت موتور، هزینه‌های توسـعهٔ محصـول، قیمت محصول، عملکرد محصول، روند فنّاوری موتورهای روز دنیا و سطح رقابت محصول
شرکت ایساکو	تعمیرپذیری و امکان تعویض قطعات در کوتاه‌ترین زمان و با کمترین هزینهٔ ممکن

۱-۳ توضیح نیازمندی‌ها و الزامات کارهای مختلف

سطح آلودگی

بر اســاس مقررات و الزامات محیط زیســتی که سازمان حفاظت محیط زیست در شروع تولید موتور ملی (نیمهٔ دوم سال ۱۳۸۵) اعلام کرد، رعایت سطح آلودگی Euro 2 اجباری بود، اما با توجه به دورهٔ طولانی پیش‌بینی‌شده برای ادامهٔ تولید موتور، همچنین برخورداری از حمایت مالی بودجه‌های دولتی، با اصرار و الزام مدیران ارشــد طرح توســعهٔ موتور، رعایت ســطح آلودگی Euro 4 در ابتدای تولید و قابلیت ارتقاء به ســطح آلودگی Euro 5، بدون نیاز به بهینه‌سازی موتور و فقط با تغییر ســامانه‌های مدیریت و پس‌پالایشگرهای موتور هدف‌گذاری شد. همچنین همهٔ استانده‌ها و محدودیت‌های روز اروپا در زمینهٔ به کارگیری مواد و پوشش‌های مضر، مبنای انتخاب مواد قرار گرفت.

الزام پایه گازسوز بودن موتور

در قرار داد منعقد شــدهٔ ســازمان بهینه‌سازی مصرف ســوخت با شرکت‌های ایران‌خودرو و ســایپا، تعریف خودروی پایه گازســوز تشــریح شــده بود. در این تعریف، ضمن کلی‌گویی، بدون آن که قابلیت اندازه‌گیری و صحه‌گذاری شــاخص‌ها وجود داشته باشد، روی نسبت تراکم، محدودیت ویژه‌ای اعمال شده بود، در حالی که معمولاً از دست‌اندرکاران سطح اول محصول، انتظارنمی‌رود در جزییات طراحی موتور مداخله کنند.

در پی نقدهایی که روی تعریف ســازمان بهینه‌ســازی از خودروی پایه گازســوز صورت پذیرفت، مدیریت طرح تصمیم گرفت اصول پایه گازسوز بودن محصول را بیشتر روی دغدغه‌ها و انتظارات مشتریان از خودروی گازسوزی متمرکز کند که در بخش نیازمندی‌های مشتریان وصف می‌شود.

الزامات ایمنی محصول

بســیاری از استانده‌های پنجاه و پنج‌گانهٔ اجباری سازمان بازرســی کیفیت و استانده ایران در محدودهٔ تغییرات خودروی ســمند با موتور جدید نمی‌گنجید و به صورت خودکار از خودروی ســمند با موتورXU7 به ارث برده می‌شــد، اما رعایت اســتانده‌های برخورد از جلو و پهلو و همچنین مجهز کردن خودرو به ســامانهٔ نشــتی‌یابی هوشمند سوخت گاز و واکنش مناســب در برابر تشــخیص نشتی، به عنوان خواسته‌ها و نیازمندی‌های مشتریان منظور شد. از این‌رو نشتی‌یابی هوشمند گاز و به تبع آن، روشن‌شدن چراغ عیب و در صورت لزوم مسدود شدن مسیر سوخت گاز از مخزن گاز به سمت موتور و تعویض خودکار سوخت به بنزین، به عنوان الزام ایمنی مهم برای سامانهٔ مدیریت هوشمند موتور، منظور شد.

دوام موتور

با توجه به بازخورهای مشــتریان خودروهای گازسوز تبدیلی، مقرر شد آزمون دوام ۸۰۰ ساعت موتور با سوخت گاز، عدم اختلال در عملکرد موتور در حین آزمون، عدم شکســت و خرابی قطعات در حین آزمون، عدم افزایش نشــتی بخارهای موتــور بــه بیــش از دو برابر مقدار اولیه و عدم افت عملکرد موتور به میزان بیــش از ۸ درصد تا انتهای آزمون به عنوان الزامی اساســی در طراحی و صحه‌گذاری موتور منظور شــود. همچنین تأیید کیفیت قطعــات موتور و عدم نیاز به تعمیر قطعات اصلی در انتهای آزمون پیمایش ۲۰۰ هزار کیلومتری خودرو با ســوخت گاز، به عنوان قید مکمل و تضمین‌کنندهٔ عمر موتور با سوخت گاز در نظر گرفته شد.

چابکی و قابلیت رانندگی

شــاخص اصلی که قابلیت رانندگی خودرو را تعیین می‌کند، نســبت گشتاور و توان موتور به وزن خودرو است. با توجه به بازخور بازار و رضایت نســبی از قابلیت خودروی ســمند با موتورXU7 بنزینی و با توجه به رشــد انتظارات مشتریان، توان موتور ملی با ســوخت گاز به میزان حداقل ۵ درصد بیشــتر از توان واقعی موتورXU7 با ســوخت بنزین هدف‌گذاری شد.

شـایان ذکر اسـت که بر اساس آزمون‌های ممیزی که مرکز تحقیقات موتور روی ده‌ها موتور XU7 انجام داده بود، توان متوسط واقعی آن با سوخت بنزین ۷۰ کیلووات اندازه‌گیری شده بود.
همچنین با توجه به آن که پیش‌بینی می‌شـد توان و گشـتاور موتور با سوخت بنزین در مقایسه با سوخت گاز حداقل ۱۰ درصد بیشـتر باشـد، برای آن که در هنگام تعویض خودکار یا دسـتی نوع سـوخت، از بنزین به گاز یا بر عکس، راننده تفاوت قابلیت رانندگی ناگهانی را حس نکند، استفاده از رایانهٔ موتور یکپارچه که در آن، عمدهٔ توابع و جداول نگاشت گاز و بنزین مستقل بوده ولی به صورت متمرکز با یک ریزپردازنده، پایش شوند، در دستور کار قرار گرفت. طراحی و توسعهٔ چنین رایانه‌ای در شـرکت بوش آلمان که شاید برای نخستین‌بار در دنیا به سفارش شرکت ایران‌خودرو انجام می‌گرفت، عملاً امکان پاشـش همزمان سـوخت گاز و بنزین را، پس از دریافت دسـتور تعویض سوخت، با تعویض تدریجی از یک سوخت به سوخت دیگر و در نتیجه با رعایت راحتی کامل راننده، فراهم می‌کرد.
از جمله هدف گذاری‌های مهم دیگر که قطعاً بر اساس نیاز مشتریان بود، روشن شدن و حرکت کردن خودرو با سوخت گاز، بویژه در محیط سـرد و عدم وابسـتگی به وجود بنزین در مخزن بود. همچنین تعویض خودکار به سـوخت دوم در صورت اتمام سوخت انتخاب‌شدهٔ اولیه نیز هدف‌گذاری شد.

هزینهٔ مواد مصرفی

با توجه به اخذ همهٔ نمودارهای پراکندگی شاخص‌ها و عملکرد موتورهای روز دنیا و بویژه الگوبرداری دقیق از موتور TU5 شرکت پژو، که موتور بسیار خوبی در میان موتور خودروهای اقتصادی دنیا بود، هدف‌گذاری شاخص‌های دیگر موتور ملی از جمله مصرف سوخت، مصرف روغن، عمر شمع، عمر صافی هوا، عمر صافی روغن و پیمایش روغن در مجموع، بهتر از حد متوسط نمودارهای پراکندگی هدف‌گذاری شد تا از محدود بودن هزینه‌های مصرفی در حد فنّاوری روز دنیا اطمینان حاصل شـود. سـطح کیفی روغن و مخلوط آب و ضد یخ نیز از موضوع‌های بسیار مهمی بود که گرچه قیمت آن، مسألهٔ تعیین‌کننده‌ای محسوب می‌شد، اما اطمینان از عدم خرابی موتور در آزمون ۸۰۰ ساعت، اولویت داشت.

تأمین

مدیریت زنجیرهٔ تأمین در آغاز دو نیازمندی اصلی خود را به این شرح تعریف کرد:
۱- استفادهٔ مشترک بیشینه از قطعات سازندگان ساپکو که در دیگر موتورهای تولیدی ایران‌خودرو استفاده می‌شوند.
۲- اسـتفاده از تولیـدات جـاری سـازندگان اصلـی که قطعـات را بـرای موتورهای تولیـدی خودروسـازان برتر دنیا تأمین می‌کنند.
خواسـتهٔ صریـح مدیریت زنجیرهٔ تأمین را گروه طراحـی در نظر گرفت، اما با توجه به نیازمندی‌های تعریف‌شـدهٔ دیگر برای محصول، در عمل، بخش عمدهٔ قطعات اختصاصاً برای موتور ملی طراحی شـد و از این‌رو محصول کاملاً جدیدی محسوب می‌شد.
بـا توجـه به نو بودن محصول تبعاً نیازمندی‌هـای این بخش حول محورهای توانمندی توسـعهٔ قطعهٔ جدید، چابکی در تأمین نمونه، ظرفیت تولید انبوه و به ویژه کیفیت قطعات تأمین‌کنندگان تعریف شد و تأمین قطعات به صورت تلفیقی از سازندگان داخلی و خارجی پیش‌بینی شد. قطعات از حیث نحوهٔ توسعه و تأمین به چند گروه تقسیم می‌شدند:
۱- قطعاتی که طراحی جزییات و تأمین آن‌ها را در سـال‌های اولیهٔ تولید انبوه موتور، سـازندگان خارجی انجام می‌دادند، مانند مجموعهٔ قطعات سامانهٔ مدیریت هوشمند.
۲- قطعاتی مانند سـمبه که طراحی جزییات و نمونه‌سـازی‌ها با سازندگان خارجی و تأمین برای تولید انبوه را سازندگان داخلی انجام می‌دادند.
۳- قطعاتی که علاوه بر طراحی مفهومی، مسـؤولیت طراحی جزییات نیز با طراح اصلی موتور و تأمین برای تولید انبوه با سازندگان داخلی بود، مانند پنج قطعهٔ اصلی موتور.
۴- قطعاتی که طراحی جزییات، نمونه‌سـازی و تولید انبوه آن‌ها با مسـؤولیت سازندگان داخلی بود. از معدود قطعات این

گروه، می‌توان به فنر و یاتاقان‌های موتور اشاره کرد.
بنابرایـن شناسـایی و در مد نظر قـرار دادن توانمندی‌های بالفعـل و بالقوه و محدودیت‌های عمـدهٔ گروه‌های مختلف سازندگان در همهٔ مراحل توسعهٔ موتور، امری اجتناب‌ناپذیر بود. تأمین حداقل ۶۰ درصد (ارزشی) قطعات از منابع داخلی در سال اولیهٔ تولید و سه سال پس از شروع تولید، بیش از ۸۰ درصد هدف‌گذاری شد.

همبندی موتور

محدودیت‌ها و قابلیت‌های خطوط تولید با توجه به حجم عظیم سرمایه‌گذاری ایران‌خودرو برای خطوط ماشینکاری بدنه و بستار و خط همبندی موتور TU5، قید و بندهای طراحی دو قطعهٔ اصلی موتور و همچنین جانمایی و نصب دیگر قطعات بـر روی ایـن دو قطعه بر مبنای محدودیت‌ها و قابلیت‌های این خطوط که در شـروع طراحی موتور ملی خود در مرحلهٔ طراحی یا ساخت دستگاه‌ها و ابزارها بودند، در نظر گرفته شد.
برای امکان دسـتیابی به ظرفیت تولید هدف و بر اساس قابلیت‌های خط همبندی موتور TU5 امکان همبندی مجموعهٔ قطعات بستار و بدنه در دو خط همبندی جداگانه و نهایتاً همبندی دو مجموعه روی یکدیگر در بخش انتهای خط تولید هدف‌گذاری شد.

همبندی جعبه دنده و موتور

با توجه به حجم عظیم سـرمایه‌گذاری مورد نیاز برای تولید جعبه دندهٔ جدید، مقرر شـد جعبه دندهٔ BE3 استفاده شده در خودروهای سمند، پژو ۴۰۵ و پژو پارس تولیدی شرکت NMI، به عنوان جعبه دندهٔ قوای محرکهٔ موتور ملی در نظر گرفته شود و محدودیت تغییرات صرفاً شامل پوستهٔ اتصال چنگکی (کلاچ) و نسبت دنده‌ها باشد.

همبندی قوای محرکه بر روی خودرو

با توجه به هزینه‌های هنگفت اعمال تغییرات در بدنه، مقرر شد ابعاد و هندسهٔ بیرونی موتور بر اساس محدودیت‌های اتاق موتور خودروی سـمند طراحی شـود و صرفاً اعمال تغییرات محدود در محل قرارگیری دسته موتورها مجاز شمرده شود.
همچنین سـامانه‌های اجزای جانبی موتور شامل تلمبهٔ فرمان روغنی، تنجار سامانهٔ خنک‌کن و مولد برق خودرو سمند با موتور XU7 که قبلاً داخل‌سازی شده بودند، در موتور ملی نیز استفاده شوند.
علاوه بر این، تغییر در محدودهٔ سـامانهٔ خنک‌کاری صرفاً به مبدل‌حرارتی و لوله‌ها و اتصالات جدید محدود شـد. روش همبندی قوای محرکه روی خودرو نیز باید به گونه‌ای باشد که با استفاده از دستگاه‌ها و ابزارهای جاری خط، امکان‌پذیر است و دامنهٔ تغییرات صرفاً در محدودهٔ صفحهٔ نگهدارندهٔ موتور پیش از نصب، روی خودرو باشد.
استفادهٔ بیشینه از پیچ‌های موجود در سبد فعلی خط سواری‌سازی نیز به عنوان الزام منظور شد.

خدمات پس از فروش

قابلیـت تعمیرپذیری و تعویض قطعات، دسترسـی راحت به اجزای جانبی موتور برای امـکان تعویض این قطعات روی خـودرو و بـدون نیاز به بازکردن مجموعه‌های کناری یا پیاده‌کردن موتور، در مدت زمانی معقول و متناسـب با خودروی سمند مجهز به موتورXU7 هدف‌گذاری شد.
همچنین دسترسی راحت و آسان به مجموعهٔ تسمهٔ زمان‌بندی و سامانهٔ محرک دریچه‌ها پیش‌بینی شد.

نیازمندی‌های کیفی

در ابتدای طرح، مدیریت تضمین کیفیت نیرومحرکه و معاونت کیفیت شرکت ایران‌خودرو، در مراحل نمونه‌سازی یک و دو، پیش‌تولید یک و دو، شروع تولید انبوه و سه ماه پس از آن را برای مجموعه شاخص‌های تجاری‌سازی، شاخص‌های داخلی خطوط تولید و شاخص‌های مشتری هدف‌گذاری کرد.

بر اســاس این هدفگذاری، شاخص‌هایی که مســتقیماً به موتور برمی‌گردند در حد موتور خودروی پژو ۲۰۶ و بهتر از آن هدف‌گذاری شــد و شــاخص‌هایی که عمدتاً متعلق به کیفیت خودرو بودند، اندکی بهتر از خودروی ســمند در نظر گرفته شد.

نیازمندی‌های راهبردی

مالکیت موتور ایجاب می‌کرد که تولید انبوه، نصب روی خودرو، صادرات و اعمال تغییرات مطابق با انتظارات آیندهٔ بازار، نیازمند کسب مجوز از شخص حقیقی یا حقوقی دیگری نباشد و این دغدغهٔ اصلی راهبردی ایران‌خودرو بود.

همچنین در مراحل تصویب طرح و پس از مشخص‌شــدن هر بخش بر لزوم رعایت محدودیت‌های بودجه‌ای در تمامی گروه‌های ایران‌خودرو تأکید شد. با توجه به فنّاوری پیشرفتهٔ موتور، حداکثر ۵ درصد افزایش قیمت موتور نسبت به موتور TU5 داخل‌سازی‌شده به عنوان سقف قیمت تمام‌شدهٔ موتور اعلام شد. نسبت توان به حجم موتور متناسب با موتورهای روز دنیا، رعایت اســتانداردهٔ آلودگی Euro 4 و قابلیت دســتیابی به اســتانداردهٔ آلودگی Euro 5 بدون نیاز به تغییر در طراحی مفهومی موتور و نیز عدم‌اســتفاده از مواد و پوشــش‌های غیر مجاز بر اســاس جدیدترین معیارهای محیط زیستی دنیا از الزامات راهبردی طراحی موتور بود.

۱-۴ توسعهٔ نیازمندی‌ها

توســعهٔ نیازمندی‌ها، فرآیند پیچیده‌ای اســت که بر مبنای آن سعی می‌شــود نیازهای کلی و بعضاً مبهم عوامل مختلف ابتدا دســته‌بندی، شفاف‌سازی و سپس در سطح نیازمندی‌های سامانه‌ها و قطعات محصول گسترش یابد. برای توسعه و صحه‌گذاری نیازمندی‌های طرح موتور ملی از الگوی **V** (شکل ۲-۱) استفاده شده است.

به عنوان مثال و به صورت خلاصه، فرآیند توسعهٔ چند نیازمندی مهم تشریح می‌شود:

فرآیند توسعهٔ نیاز مراعات سطح آلودگی Euro 4

۱- تعیین عوامل اصلی تأثیرگذار بر سطح آلودگی

ابتدا مشــخص شــد که ســه عامل اصلی تعیین‌کنندهٔ ســطح آلودگی خودرو شــامل: فنّــاوری وکیفیت موتور، ســامانهٔ پس‌پالایشگرها و سامانهٔ مدیریت هوشمند خودرو است.

۲- انتخاب نوع سامانهٔ پس‌پالایشگر

با توجه به ســطح آلودگی مورد نظر، واکنشــگر متصل به چندراههٔ دود[۱] به عنوان قید مهم در طراحی و جانمایی موتور، بر روی خودرو پیش‌بینی شد.

۳- انتخاب سامانهٔ مدیریت هوشمند

استفاده از پروانهٔ گاز برقی، رایانهٔ یکپارچه با توابع و جداول نگاشت نظارت بر آلودگی خودرو با دو سوخت بنزین و گاز به صورت مستقل، حسگر فشار و دمای گاز، افشانه‌های گاز سوزنی (به جای غشایی)، شیر فشارشکن گاز از نوع فشار قوی (۷ بار به جای ۳ بار و کمتر از آن) و اســتفاده از حســگر میل‌بادامک به عنوان ضرورت اخذ تأئیدیهٔ سطح استانداردهٔ آلودگی Euro 4 با هر دو سوخت بنزین و گاز تشخیص داده شد.

۴- اعمال محدودیت در انتشار آلودگی خام موتور

با توجه به سطح آلودگی مورد نظر در مراحل ابتدایی طراحی موتور، گروه توسعهٔ احتراق موتور محدودیت‌هایی قائل شد، بدین‌شرح:

الف- نقطهٔ کاری دور آرام موتور و غنای یک

■ انتشار هیدروکربن در حالت بنزین

۱- Close Couple Catalyst

- انتشار هیدروکربن در حالت گاز
- انحراف از معیار فشار متوسط مؤثر داخلی[۱] (گاز و بنزین)

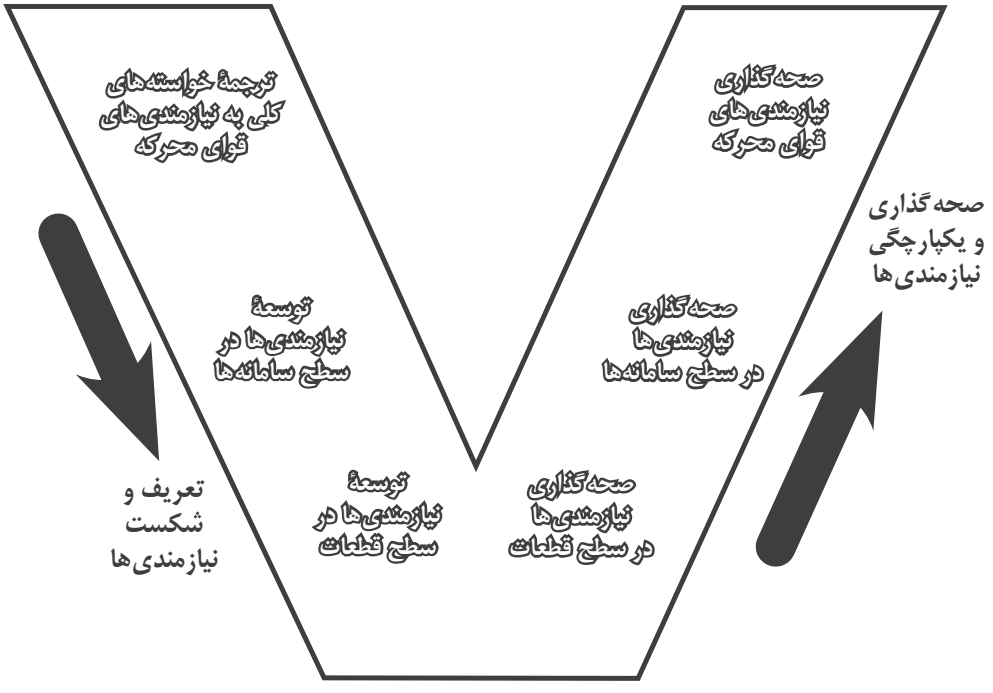
ب- نقطهٔ عملکردی با مشخصات ۲۰۰۰ دور در دقیقه و فشار متوسط مؤثر ترمزی[۲] معادل۲ بار

- انتشار هیدروکربن در حالت بنزین
- انتشار هیدروکربن در حالت گاز
- انحراف از معیار فشار متوسط مؤثر داخلی (گاز و بنزین)

۵- حداکثر زمان گرم شدن موتور[۳]

چند دقیقه اول پس از راه‌اندازی سرد موتور، دورهٔ بحرانی انتشار آلودگی خودرو است زیرا از یک طرف به دلیل سرد بودن موتور نرخ تولید گازهای آلاینده زیاد است و از طرف دیگر واکنشگر هنوز به بازده ۱۰۰٪ نرسیده است. بنابراین کوتاه بودن دوره زمانی گرم‌شدن موتور ضمن کاهش تولید گازهای آلاینده به فعال شدن سریعتر واکنشگر کمک می‌کند.

گروه توسعهٔ احتراق برای دستیابی به محدودیت‌های یاد شده، در مراحل بعد نسبت به ارزیابی و بهینه‌سازی توزیع جریان بین استوانه‌ها، موقعیت مکانی پاشش سوخت، موقعیت زمانی پاشش سوخت، فضاهای مردهٔ درون محفظهٔ احتراق، جریان‌های چرخشی و گردابی مخلوط در محفظهٔ احتراق، هم‌پوشانی دریچه‌ها برای نظارت بر میزان گازهای محترق‌شدهٔ باقی‌مانده در محفظهٔ احتراق و بسیاری مشخصه‌های دیگر موتور اقدام کرده است.



شکل ۲-۱ الگوی V در توسعه و صحه‌گذاری محصول جدید

فرآیند توسعهٔ نیازمندی سطح مصرف سوخت

۱- تعیین عوامل اصلی تأثیرگذار بر مصرف سوخت خودرو

- جرم قطعات متحرک
- ظرفیت موتور

۱- IMEP(Indicated Mean Effective Pressure)
۲- BMEP(Break Mean Effective Pressure)
۳- Warm Up Time

- شکل منحنی گشتاور بر حسب دور
- مشخصهٔ مقاومت سوخت در برابر پدیدهٔ کوبش
- اصطکاک در یاتاقان‌ها
- اصطکاک بین حلقه‌ها و استوانه
- کار مورد نیاز تلمبهٔ روغن و تلمبهٔ آب
- کار مورد نیاز اجزای جانبی از قبیل تلمبهٔ روغنی فرمان
- بازدهٔ احتراق و بازدهٔ تنفسی
- دور آرام موتور
- میزان انتقال حرارت به سیال خنک‌کن
- سطح دمای گازهای خروجی
- میزان نشتی بخارهای موتور[۱]

۲- مشخصه‌های موتور وابسته به عوامل تأثیرگذار بر مصرف سوخت

گروه طراحی با توجه به نیازمندی مذکور و عوامل مؤثر بر مصرف، محدودیت‌ها و اهداف معینی را در نظر گرفت از این قرار:

- جرم‌های متحرک بیشینهٔ مجاز سامانهٔ محرک دریچه‌ها
- نیروهای بیشینهٔ مجاز فنر دریچه‌ها
- جرم بیشینهٔ مجاز سمبه
- جرم بیشینهٔ مجاز دسته‌سمبه[۲]
- جرم بیشینهٔ مجاز میل‌لنگ
- حجم بیشینهٔ جابه جایی موتور
- عدد اکتان کمینهٔ سوخت بنزین مورد نیاز
- قطر بیشینهٔ یاتاقان اصلی
- قطر بیشینهٔ یاتاقان متحرک
- مشخصهٔ برقه‌زنی استوانه
- پیش‌بار بیشینهٔ هر یک از حلقه‌های سمبه
- نوع سامانهٔ محرک دریچه‌ها (روغنی یا ثابت)
- گرانروی[۳] بیشینهٔ روغن
- اختلاف فشار بیشینهٔ سیال خنک‌کن بین ورود و خروجِ موتور
- شار بیشینهٔ تلمبهٔ آب
- نسبت تراکم
- افت فشار بیشینهٔ مجاز سامانهٔ مکش هوا
- افت فشار بیشینهٔ مجاز سامانهٔ گازهای خروجی
- کمینهٔ دور آرام قابل دسترس
- نسبت بیشینهٔ نشتی بخار موتور به شار هوای مصرفی موتور
- دمای بازشدن دمابان
- گشتاور بیشینه
- دور در گشتاور بیشینه
- گشتاور کمینه بین دورهای ۲۰۰۰ تا ۶۰۰۰ دور در دقیقه

۱- Blow By
۲- Conrod
۳- Viscosity

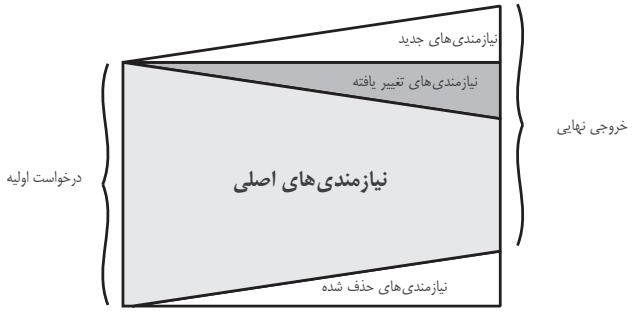
۱-۵ صحه‌گذاری نیازمندی‌ها

گرچه نیازمندی‌های عوامل مختلف به ویژه نیازمندی‌های مشتریان در نگاه اول، بعضاً قابل اندازه‌گیری نبود، اما مدیریت طرح موتور ملی با دسته‌بندی صحیح، توسعه و نهایتاً گسترش آن‌ها در سطح نیازمندی‌های طراحی قطعات و مجموعه‌ها، همهٔ‌آن‌ها را به شاخص‌های قابل اندازه‌گیری برگرداند.
برعکس فرآیند توسعهٔ نیازمندی‌ها که از سطح کلان به سطح جزئیات قطعات هدایت شده است، صحه‌گذاری نیازمندی‌ها، پله‌به پله، از سطح صحه‌گذاری شاخص‌های جزیی قطعات تا صحه‌گذاری موتور، کامل شد.
به عنوان مثال برای صحه‌گذاری نیازمندی مصرف سوخت کمتر خودرو با موتور ملی، گرچه در سطح قطعات شاخص‌هایی چون جرم سمبه، جرم دسته‌سمبه و نیروی فنر دریچه‌ها با محدودیت‌ها و اهداف از پیش معین‌شده تطبیق داده می‌شود، اما صرف رعایت این محدودیت‌ها تضمین‌کنندهٔ دستیابی به هدف کلی مصرف سوخت خودرو نیست، از این‌رو برای چند شاخص میانی مهم دیگر، اهدافی در نظر گرفته می‌شود که اندازه‌گیری آن شاخص‌ها در مراحل صحه‌گذاری محصول (پیش از آماده‌شدن خودرو نهایی برای صحه‌گذاری هدف کلی) روند دستیابی به هدف کلی را در سطح خودرو نمایان می‌کند. شاخص‌ها و متغیرهای میانی وابسته به مصرف سوخت خودرو عبارتند از:

- اصطکاک بیشینهٔ مجاز موتور در ۲۰۰۰ دور در دقیقه (اندازه‌گیری در حالت موتورگردانی مطابق با رویهٔ از پیش تعیین‌شده)
- مصرف سوخت بیشینهٔ مجاز موتور در دور آرام ۸۰۰ دور در دقیقه، غنای درست (استوکیومتری) و زاویهٔ پیش‌رسی جرقهٔ ۱۰ درجهٔ میل‌لنگ
- مصرف سوخت بیشینهٔ مجاز موتور در ۲۰۰۰ دور در دقیقه، ۲ بار
- مصرف سوخت بیشینهٔ مجاز موتور در در ۲۰۰۰ دور بر دقیقه ، ۴ بار
- مصرف سوخت بیشینهٔ مجاز موتور در حالت تمام‌بار
- مصرف سوخت بیشینهٔ مجاز موتور درکل دامنهٔ کاری آن

۱-۶ مدیریت نیازمندی‌ها

تجزیهٔ نیازمندی‌های کلان طرح موتور ملی و توسعهٔ آن در سطح سامانه‌ها و قطعات موتور در موارد بسیاری، الزامات و محدودیت‌های ضد و نقیضی به فرآیند طراحی قطعات و مجموعه‌ها تحمیل می‌کند که طبعاً ارزیابی شرایط، بر اساس معیارهای مشخص و نهایتاً تصمیم‌گیری صحیح گروه فنی و مدیریتی طرح را می‌طلبد. به طور کلی نیازمندی‌های مطرح شده در ابتدای طرح به تدریج دچار تغییراتی شد که شکل ۳-۱ به صورت نمادین میزان و نوع تغییرات را بیان می‌کند.



شکل ۳-۱ تغییر نیازمندی‌ها در دنیای واقعی

چند تصمیم‌گیری مهم در فرآیند مدیریت نیازمندی‌های موتور ملی

سامانهٔ لقی‌گیر روغنی دریچه‌ها

بر اساس نیازمندی کاهش مصرف سوخت باید از به کارگیری لقی‌گیر روغنی اجتناب شود، اما به اتکای تحلیل نیازمندی دوام موتور و طبیعت سوخت گاز و فشار قوی محفظهٔ احتراق، نرخ سایش دریچه و نشیمنگاه موتور گازسوز نسبت به بنزینی بزرگ‌تر است، بنابراین استفاده از استکانی ثابت، خطر وقوع نشت گازهای محفظهٔ احتراق را از محل آب‌بندی دریچه با نشیمنگاه، در درازمدت افزایش می‌دهد، بنابراین با توجه به اهمیت ارائهٔ محصول گازسوز با کیفیت به بازار، استفاده از سامانهٔ روغنی اجباری تشخیص داده شد.

ضدیخ با پایهٔ آلی

در مراحل صحه‌گذاری عمر موتور مشخص شد که استفاده از سیال خنک‌کن با ضد یخ پایهٔ معدنی در کنار نرخ بزرگ انتقال حرارت از محفظهٔ احتراق به بستار در حالت گازسوز، محیط خورنده‌ای در مسیر عبور سیال از بستار ایجاد می‌کند. بنابراین به منظور کاهش هزینهٔ مشتری، استفاده از ضد یخ پایهٔ آلی که برای موتورهای روز دنیا معمول است، اجباری شد.

پودمان روغن

بر اساس راهبرد کلان زنجیرهٔ تأمین، تا حد ممکن باید از وابستگی به تأمین‌کنندگانی که تولید قطعه یا مجموعه را به نام خود ثبت کرده‌اند و امکان تأمین آن از دیگر سازندگان وجود ندارد، اجتناب شود. اما در مراحل اولیهٔ طراحی موتور، سازندهٔ خارجی طرحی ارائه کرد که بر اساس آن، سه قطعهٔ تلمبهٔ آب، صافی و خنک‌کن روغن در مجموعه‌ای جمع‌وجور قرار گرفته بودند و با حذف چندین قطعه که به طور معمول در موتورهای دیگر استفاده می‌شود، آن طرح به کاهش قیمت انجامید، لذا مدیریت طرح با به کارگیری آن موافقت کرد.

افشانهٔ خنک‌کن سمبه و خنک‌کن روغن موتور

با توجه به نیازمندی‌های دوام در کنار عملکرد پرقدرت موتور، در مراحل اولیهٔ طراحی استفاده از این دو قطعه – علی‌رغم افزایش قیمت موتور– ضروری دانسته شد. در مراحل صحه‌گذاری مکانیکی موتور و بر اساس آزمون‌های معمول در صحه‌گذاری طراحی، حذف این قطعات با فرض اجرای تحلیل‌های دقیق‌تر و در صورت نیاز اعمال تغییرات در قطعات و مجموعه‌های دیگر و نهایتاً اجرای مجدد فرآیند صحه‌گذاری رفتار خنک‌کاری موتور، ممکن تشخیص داده شد. گروه فنی و مدیریتی طرح با ارزیابی شرایط، نتیجه‌گیری کرد که اجرای این فرآیند، مستلزم افزایش هزینه و زمان توسعه و به ویژه کاهش عمر موتور در شرایطی است که کیفیت قطعات مطلوب نباشد، از این رو از حذف این قطعات صرف نظر کرد.

155.5°
B
18° (3x)
C
E
0.1 B A C
Ø6.2 H12
thru
(114.°) sensor position
C
C
E
R113.12
A
120° (3x)
60° (x9)
D
A
100
19

فصـــل دوم

توسعهٔ احتراق

توسعهٔ احتراق

۲-۱ پیش‌درآمد

پس از شناسائی نیازمندی‌های کلان محصول جدید، مرحلهٔ تعریف اصول مفهومی موتور شروع می‌شود. در این مرحله با در نظر گرفتن مجموعهٔ نیازمندی‌ها و بر مبنای تجربیات قبلی، داده‌های الگوبرداری و محاسبات مهندسی، مشخصات اصلی موتور از قبیل ظرفیت موتور، نوع سوخت، تعداد استوانه، تعداد دریچه‌های دود و هوا در هر استوانه و فنّاوری‌های شاخص موتور تعریف می‌شود. در ادامه برای تعریف جزئیات زیرسامانه‌ها و قطعات موتور، به طور گسترده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی یک بعدی و سه بعدی و آزمون نمونه استفاده می‌شود. آزمون نمونه شامل قطعات، سامانه‌ها یا آزمون موتور کامل می‌باشد.

یکی از مهمترین مراحل کار در فرآیند توسعهٔ موتور جدید، مرحلهٔ توسعهٔ احتراق است که بیشتر متکی به آزمون نمونهٔ موتور کامل است. با اجرای این مرحله ضمن تعیین جزئیات قطعات و سامانه‌های اصلی متعدد موتور، از دستیابی به اهداف عملکردی اطمینان حاصل می‌شود.

مهندس احتراق در پی بهینه کردن سامانهٔ مکش هوا، زمان‌بندی و خیز در بادامک‌ها، شکل هندسی و ابعاد و اندازهٔ چندراهه‌های هوا و دود، راهگاه‌های هوا و دود در بستار، شکل تاج سمبه، موقعیت شمع و به طورکلی شکل محفظهٔ احتراق در بستار است.

امروزه گرچه به کمک نرم‌افزارهای صفر بعدی[۱] و تک بعدی شبیه‌سازی چرخهٔ موتور، مشخصات محفظهٔ احتراق و ابعاد کلی سامانه‌های مکش و تخلیه طراحی می‌شود، اما نهایی کردن جزئیات طراحی آن‌ها و به ویژه طراحی هندسهٔ راهگاه‌های هوا و دود در بستار و شکل محفظهٔ احتراق به داده‌های الگوبرداری، تجربهٔ مهندسان احتراق و آزمون‌های تجربی وابسته است.

در طرح موتور ملی پس از محاسبات ترمودینامیکی اولیه، جعبهٔ جریان[۲] بستار به روش نمونه‌سازی سریع آماده و بر روی میز جریان آزمایش شد تا هندسهٔ بهینهٔ راهگاه‌های دود و هوا استخراج شود. پس از محاسبات ترمودینامیکی اولیه و آزمون‌های میز جریان، موتور آزمایشگاهی ساخته شد و در چند مرحله و به مدت شش ماه آزمون‌های توسعهٔ احتراق ادامه یافت.

در این فصل با پرهیز از وارد شدن در مباحث نظری، سعی می‌شود تجربهٔ عملی توسعهٔ احتراق موتور ملی تشریح شود تا شاید در کنار منابع نظری که قبلاً منتشر شده بتواند مثمر ثمر واقع شود.

۲-۲ ساخت موتورهای آزمایشگاهی

گرچه محاسبات مهندسی با اعمال شرایط مرزی استخراج شده از تجربیات قبلی، از مشخصه‌های عملکردی هر نوع پیکره‌بندی جدید موتور، برآورد قابل قبولی بدست می‌دهد، اما به صرف نتایج نرم‌افزاری نمی‌توان بر عملکرد واقعی موتور صحه گذاشت. از این‌رو آزمون‌های احتراقی برای اندازه‌گیری مشخصه‌های عملکردی و اعمال تغییرات بهینه ضروری است. اما ساخت موتور کاملاً جدید به زمان و هزینهٔ هنگفتی نیازمند است. در بسیاری از طرح‌های توسعهٔ موتور سعی می‌شود در مرحلهٔ توسعهٔ احتراق، موتوری (موتورهایی) ساخته شود که لزوماً همهٔ قطعات آن و به ویژه بدنهٔ موتور، جدید نیست اما قطعات و سامانه‌هایی که بر عملکرد موتور تأثیر دارند مطابق طراحی جدید می‌باشند. به عبارت دیگر در این مرحله موتورهایی آماده می‌شوند که قطعات آن‌ها ترکیبی از قطعات موتورهای موجود و قطعات جدید است که موتورهای آزمایشگاهی نامیده می‌شوند.

۱- Zero-Dimensional ۲- Flow Box

درمرحلهٔ توسعهٔ احتراق موتور ملی بر پایهٔ یکی از موتورهای الگوبرداری شده، به صورت متوالی از چهار موتور آزمایشگاهی استفاده شد و در هر چهار مورد بدنهٔ موتور الگوبرداری شده به کار گرفته شد. در مرحلهٔ اول فقط سامانهٔ لنگ موتور الگو مطابق با طراحی موتور ملی تغییر داده شد اما در مراحل دوم و سوم بر روی موتور الگو تغییراتی بدین شرح اعمال شد:

- بستار
  افزایش قطر مجرای خروجی
  ماشینکاری پیشانی بستار برای نصب قاب اصلاح شدهٔ یاتاقان میل بادامک هوا
  ماشینکاری برای آماده سازی نصب حساسه‌های اندازه‌گیری فشار گاز درون استوانه
- نیمه قاب یاتاقان بادامک جدید: برای نصب میل‌بادامک جدید
- استکانی: اصلاح استکانی موتور پایه از روغنی به ثابت
- دریچهٔ دود: دریچهٔ دود جدید به علت افزایش قطر راهگاه خروجی
- میل بادامک‌های هوا و دود: ساخت قطعات جدید بر مبنای محاسبات ترمودینامیکی
- نگهداری شیر زمان‌بندی متغیر دریچه‌ها: با توجه به بکارگیری مجموعهٔ زمان‌بندی متغیر دریچه‌های هوا
- میل‌لنگ: ساخت قطعه جدید به روش ماشینکاری از ماده خام (افزایش شعاع میل‌لنگ)
- سمبه: ماشینکاری متفاوت قطعه ریخته‌گری موتور پایه
- دسته‌سمبه: ماشینکاری از مادهٔ خام
- پیچ دسته‌سمبه: با توجه به دسته سمبهٔ جدید
- چند راههٔ هوا: بر مبنای محاسبات ترمودینامیکی و جانمائی در مرحلهٔ طراحی مفهومی
- چند راههٔ دود: بر مبنای محاسبات و جانمائی در مرحلهٔ طراحی مفهومی

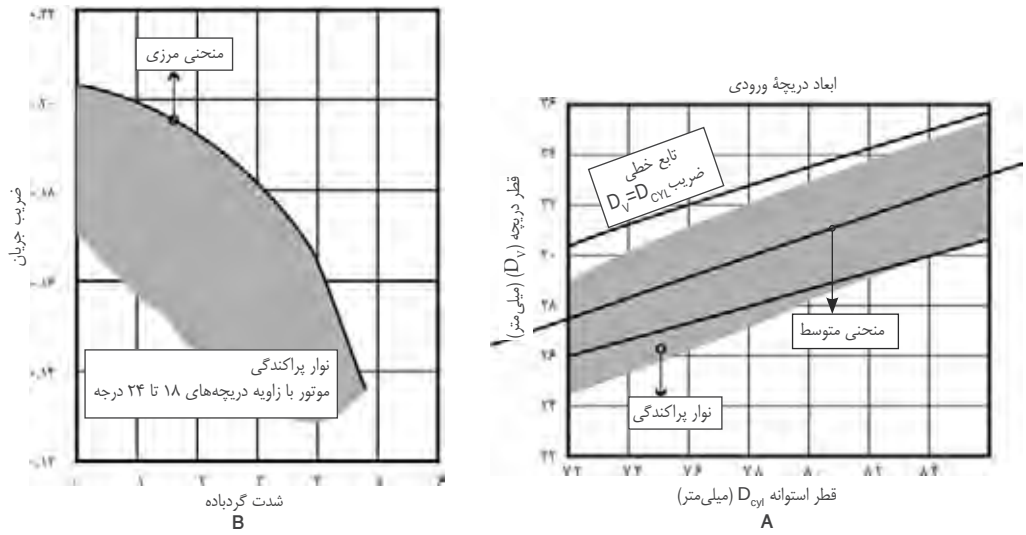
در پیوست ۱-۲ تصویر بعضی از قطعات ساخته شده به روش نمونه‌سازی، چاپ شده است.
درمرحلهٔ چهارم با آماده‌سازی قطعه بستار ریخته‌گری شده جدید، تقریباً کلیهٔ قطعات مجموعهٔ بالایی موتور (از لایی‌بستار به بالا) جدید و خاص موتور ملی طراحی و ساخته شدند، اما همچنان در مجموعهٔ پایینی موتور به جز میل‌لنگ، دسته‌سمبه، سمبه و بعضی از پیچ‌ها و آب بندها، از قطعات موتور الگو برای آماده‌سازی موتور استفاده شد.

۳-۲- توسعهٔ راهگاه‌ها

قطر و شکل هندسی راهگاه‌های هوای ورودی و گازهای خروجی بستار بر کیفیت اختلاط سوخت و هوا، جریان‌های داخل استوانه و بازدهٔ تنفسی موتور تأثیر بسزائی دارد. شدت گردباده‌ها[۱] و ضریب جریان[۲] دو مشخصهٔ مهم راهگاه‌ها هستند که افزایش مقدار این مشخصه‌ها به ترتیب منجر به بهبود بازده احتراق[۳] و بازدهٔ تنفسی[۴] می‌شود و در عین حال نسبت عکس با یکدیگر دارند و افزایش هر مشخصهٔ، کاهش مشخصه دیگر را باعث می‌شود. البته این دو مشخصه علاوه بر شکل هندسی راهگاه، به قطر دریچه (و قطر راهگاه) و گشودگی بیشینهٔ دریچه وابسته‌اند، که قطر دریچه نیز خود بر مبنای قطر استوانه تعیین می‌شود.
مشخصه‌های راهگاه‌ها با آزمون بستار واقعی یا جعبهٔ جریان ساخته شده بر مبنای راهگاه‌های طراحی شده، بر روی میز جریان[۵] استخراج می‌شود.

۱- Tumble Intensity
۲- Flow Coefficient
۳- Combustion Efficiency
۴- Volumetric Efficiency
۵- Flow Bench

شکل۱-۲ نوارهای پراکندگی ‹قطر استوانه/ قطر دریچه هوا› و ‹شدت گردابه/ ضریب جریان› را درگروهی از موتورهای مشابه نشان می‌دهند.



شکل ۱-۲ نوارهای پراکندگی A) نسبت قطر استوانه به قطر دریچه هوا B) شدت گردابه به ضریب جریان

در طرح موتور ملی راهگاه‌ها در چند مرحله بدین شرح توسعه یافتند:

موتور آزمایشگاهی ۱

در این موتور از بســتار موتور الگو اســتفاده شد و با ابزار آلات دستی ویژه‌ای راهگاه‌های موتور مطابق با طرح جدید تغییر یافت. برای بررسی اثرات بازدهٔ جریان و گردباده بر عملکرد موتور، تصمیم گرفته شد دو نوع راهگاه ورودی در این مرحله ساخته شود. بستارهای آن با نام‌های 1Aو 1B نامگذاری شدند. راهگاه‌های خروجی در این دو طرح یکسان بودند و قطر دریچهٔ آن‌ها نســبت به دریچهٔ موتور الگو ۲ میلی‌متر بزرگتر و شــکل هندسی راهگاه نیز متناسب با افزایش قطر دریچه تصحیح شد.

راهگاه ورودی موتور 1A نســبت به راهگاه ورودی موتور الگو تغییری نداشــت، اما در موتور 1B ضمن ثابت نگهداشتن قطــر دریچه، با افزایش ســطح عبور جریان در منطقهٔ کوچکی بــالای راهگاه، طرحی از راهگاه با بازدهٔ جریان بزرگتر اما میزان گردبادهٔ کمتر ساخته شد.

موتور آزمایشگاهی ۲

درایــن مرحله بر پایهٔ آزمون‌هــای مرحلهٔ قبل، راهگاه‌های نهایی موتور ملی طراحی شــد و نمونهٔ آن ابتدا بر روی جعبهٔ جریان ایجاد شــد و بر روی میز جریان آزمایش شــد. در نهایت بستار موتور ملی مطابق با جزئیات طراحی جدید از جمله زاویه‌های جدید دریچه‌های دود و هوا ریخته‌گری، ماشینکاری و نهایتاً آزمایش شد.

در پیوست ۲-۲ نوارهای بازده جریان و عدد گردبادهٔ موتورهای آزمایشگاهی درج شده است.

۲-۴ آماده‌سازی موتور و اتاق آزمون

آزمون‌های احتراقی در شرایط ایستایی، روی لگام ترمز و به کمک مجموعهٔ مدیریت هوشمند آزمایشگاهی انجام می‌شود. به دلیل حساسیت دقت نتایج استخراج شده از آزمون‌های احتراق، شرایط نصب موتور و سامانه‌های ورود و خروج گاز تا حد ممکن باید متناسب با شرایط نصب آن‌ها بر روی خودرو باشد. شرایط مرزی استانهٔ اتاق‌آزمون و موتور در پیوست ۳-۲ آمده است.

برای هدایت دقیق موتور و قرار گرفتن در نقطهٔ کاری مورد نظر و همچنین ثبت داده‌های موتور که برای تحلیل و نتیجه‌گیری نهایی ضروری به نظر می‌رسند، وسایل نظارتی و اندازه‌گیری متعددی در آزمون‌های احتراقی استفاده می‌شوند که در در ادامه به طور خلاصه بعضی از تجهیزات و وسائل تشریح می‌شوند.

شرایط هوای ورودی

گرچه در استانده‌های آزمون عملکرد موتور استفاده از ضریب تصحیح مجاز شمرده شده، اما اکثر شرکت‌های فعال در زمینهٔ توسعهٔ موتور حتی آن‌ها که در ارتفاع سطح دریا قرار دارند، ترجیح می‌دهند در آزمون‌های احتراقی از دستگاه هواساز استفاده کنند. با استفاده از این دستگاه فشار و دمای هوای ورودی، به ترتیب ۱۰۱۳ میلی‌بار، ۲۵ درجهٔ سلسیوس و فشار خروجی در انتهای سامانهٔ تخلیه دود نیز ۱۰۱۳ میلی‌بار تنظیم می‌شود.

توجه: بر اساس پیش‌بینی نرم‌افزارهای شبیه‌سازی تبادل گاز و تجربهٔ آزمون‌های واقعی، وصل کردن سامانهٔ ورودی و خروجی موتور به هر گونه تجهیزات اضافی از جمله: دستگاه هواساز و همچنین دستگاه اندازه‌گیری شار هوا، باعث تغییر شکل منحنی بازدهٔ تنفسی موتور می‌شود و به عبارت دیگر رفتار تنفسی موتور از رفتار واقعی بر روی خودرو دور می‌شود. البته گرچه طراحی و نحوهٔ نصب و اتصال دستگاه هواساز به موتور، باید به گونه‌ای باشد که کمترین تأثیر را بر شرایط کار طبیعی موتور داشته باشد، اما باید این واقعیت را پذیرفت که حذف کامل این تأثیرات منفی امکان ناپذیر است. شاید این نکته به ویژه برای مهندسان احتراق ایران که می‌دانند به دلیل ارتفاع بلند اکثر آزمایشگاه‌های ایران، مجبورند از دستگاه هواساز استفاده کنند خوشایند نباشد اما اگر این واقعیت را در مد نظر قرار دهند که در آزمایشگاه‌های دیگر دنیا حتی آن‌ها که در سطح دریا قرار دارند از این دستگاه استفاده می‌شود و کلیهٔ گزارش‌هایی که آن‌ها نیز از عملکرد موتورها منتشر می‌کنند با همین شرایط است، نباید نگران شرایط آزمون در ایران باشند.

شرایط سوخت مصرفی

مشخصات سوخت: با توجه به آنکه مشخصات سوخت مورد استفاده، مبنای محاسبات بعدی است و در تحلیل و نتیجه‌گیری آزمون‌های احتراق اثرگذار است، ارسال نمونه از همان محموله‌ای که در آزمون‌ها استفاده می‌شود به آزمایشگاه‌های معتبر ضروری است و نباید مشخصات سوخت معادل با مشخصات نمونه‌های از قبل اندازه‌گیری شده، فرض شود.

توجه: متأسفانه تا امروز، آزمایشگاه‌های سوخت داخل ایران قابلیت اندازه‌گیری مشخصات کامل سوخت را مطابق با نیاز مهندس احتراق نداشته‌اند و حتی بعضاً مقادیر اندازه‌گیری آن‌ها قابل اطمینان نیست، لذا ارسال نمونه به آزمایشگاه‌های اروپائی ضروری است. البته به دلیل عدم شفافیت فرآیند حمل نمونهٔ گاز طبیعی فشرده به خارج، ارسال نمونهٔ آن به آزمایشگاه‌های معتبر با مشکل روبرو است.

نظارت بر دما و حباب زدائی سوخت: اندازه‌گیری دقیق مصرف سوخت در آزمون‌های توسعهٔ احتراق شاید یکی از مهمترین دغدغه‌های مهندس آزمون باشد، اما به دلیل تغییر دمای سوخت و همچنین ایجاد حباب در جریان سوخت، اندازه‌گیری سوخت مصرفی به ویژه در شرایط بی‌باری مختل می‌شود. برای غلبه بر این مشکلات، استفاده از دستگاه تنظیم شرایط سوخت و اندازه‌گیری جرمی به روش کوریولیس[۱] توصیه می‌شود.

۱- Coriolis meter

رقّت (نسبت هوا به سوخت)

در آزمون‌های توسعهٔ احتراق اطمینان از دقت اندازه‌گیری نسبت هوا به سوخت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در تمام مراحل توسعهٔ احتراق موتور ملی این نسبت همزمان از سه طریق شامل اندازه‌گیری به وسیلهٔ دستگاه تحلیل‌گر گازهای خروجی، اندازه‌گیری به وسیلهٔ حساسهٔ اکسیژن نصب شده بر روی چند راههٔ دود و محاسبه از طریق جرم سوخت و هوای اندازه‌گیری شده، پایش می‌شود. معمولاً نسبت هوا به سوخت اندازه‌گیری شده به توسط دستگاه تحلیل‌گر گازهای خروجی مبنا قرار می‌گیرد ولی در هیچ نقطهٔ کاری اختلاف مقادیر اندازه‌گیری شده از روش‌های دیگر با مقدار مبنا نباید بیشتر از ۱٪ باشد، در غیر این‌صورت آزمون باید متوقف و عامل آن رفع شود.

شار هوا

چون نهایی‌کردن پیکره‌بندی بهینهٔ سامانه هوای ورودی و گازهای خروجی از اهداف اصلی مرحلهٔ توسعهٔ احتراق است، اندازه‌گیری مستقیم شار هوا به وسیلهٔ دستگاه شارسنج ضروری است. همچون هر دستگاه اندازه‌گیری دیگر، دقت اندازه‌گیری این دستگاه در تمام محدودهٔ کاری موتور مورد آزمون، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است اما آنچه که معمولاً در روند اندازه‌گیری شار هوا اختلال ایجاد می‌کند، نشتی هوا در خود دستگاه اندازه‌گیری یا در مسیر عبور هوا از دستگاه به موتور می‌باشد. این مشکل به ویژه در شرایطی که اختلاف فشار هوای محیط اطراف دستگاه و لوله‌های ارتباطی، با هوای عبوری از مسیر (هوای تأمین شده به وسیله دستگاه هواساز که فشار آن معادل با فشار سطح دریا است) زیاد باشد، بیشتر خود را نمایان می‌سازد.
در آزمون‌های احتراق به ویژه اگر طولانی مدت باشند، نشتی‌یابی دوره‌ای از مسیر به روش‌های مرسوم و همچنین پایش اختلاف نسبت هوا به سوخت محاسبه شده بر مبنای اندازه‌گیری شار هوا با نسبت اندازه‌گیری شده از روش‌های دیگر توصیه می‌شود.

اندازه‌گیری فشار محفظهٔ احتراق

حساسه‌های اندازه‌گیری فشار داخل استوانه از لحاظ نحوهٔ نصب به دو نوع شمعی و حساسه‌های مستقیم، تقسیم می‌شوند. حساسه‌های شمعی به دلیل سهولت در نصب و عدم نیاز به جانمایی و ماشینکاری اضافه در بستار، در بعضی از آزمون‌های عملکردی موتور استفاده می‌شوند اما به دلیل آنکه موقعیت قرارگیری این حساسه‌ها در محفظهٔ احتراق لزوماً بهترین موقعیت مورد نظر مهندس احتراق نیست، استفاده از آن‌ها در آزمون‌های احتراق رایج نیست.
در مرحلهٔ توسعهٔ احتراق موتور ملی و بر روی هر چهار بستار استفاده شده در این آزمون‌ها از چهار حساسهٔ فشار مستقیم فشار برقی (پیزوالکتریک) آب خنک[۱] استفاده شد تا از اندازه‌گیری دقیق و صحیح فشار استوانه‌ها اطمینان حاصل شود. علاوه بر حساسه‌های داخل استوانه‌ها، مجموعاً هشت حساسهٔ دیگر از نوع فشارسنج (پیزو رزیستیو[۲]) بر روی شاخه‌های چند راهه‌های هوا و دود نصب شدند.

نظارت دوره‌ای بر داده‌های ثبت شده

با توجه به تعدد تجهیزات و حسگرهای اندازه‌گیری مورد استفاده در آزمون‌های توسعهٔ احتراق، احتمال بروز خطا در داده‌های ثبت شده ناشی از خرابی حسگرها و تجهیزات، بعید نیست. از طرف دیگر پیچیدگی و وسعت تجهیزات آزمون به همراه پیشرفت کند آزمون‌ها، قیمت تمام شده آزمون‌های احتراق را افزایش می‌دهد. بنابراین چنانچه خطاهای احتمالی در حین آزمون به موقع تشخیص داده نشوند، هزینه‌های طرح دو چندان می‌شود. از این‌رو توصیه می‌شود در آزمون‌های احتراق نظارت دوره‌ای داده‌های آزمون در پایان هر روز، به عنوان نیازی اجباری در مد نظر قرار گیرد. در آزمون‌های توسعهٔ احتراق باید حوصله به خرج داد و از فدا کردن دقت و کیفیت در ازای سرعت پیشرفت آزمون‌ها اجتناب کرد.
در پیوست ۴-۲ مشخصات بعضی از تجهیزات مورد استفاده در آزمون‌های احتراقی مرکز تحقیقات موتور درج شده است.

۱- Piezoelectric ,Water Cooled
۲- Piezoresistive

۲-۵ دامنهٔ فعالیت‌های توسعهٔ احتراق

در بخش‌های قبلی اشـاره شـد که در شـروع طراحی به کمک نرم‌افزارهای شبیه‌سـازی، داده‌های الگوبرداری و تجربهٔ مهندسـان، پیکرهٔ سامانهٔ تبادل گاز و محفظهٔ احتراق موتور و تا حدی مشخصات جزئی آن‌ها استخراج می‌شود، اما برای اطمینان از دسـتیابی به اهداف عملکردی موتور و نهایی کردن جزئیات طراحی این سـامانه‌ها، اجرای آزمون‌های توسعهٔ احتراق ضروری اسـت. به عبارت دیگر در مرحلهٔ توسعه احتراق با تغییر مشخصه‌های قطعات و سامانه‌های تأثیر گذار بر عملکرد موتور به ویژه توان، گشتاور، مصرف سوخت و آلودگی، سعی می‌شود مجموعهٔ این مشخصات به گونه‌ای تنظیم شوند که از دستیابی به اهداف اطمینان حاصل شود.

در پایان مرحلهٔ توسعه احتراق موتور ملی، این مشخصه‌های موتور نهایی شدند:

- سامانهٔ چند راههٔ هوا
  - موقعیت قرارگیری دریچهٔ گاز بر روی چند راههٔ هوا
  - حجم مخزن آرامش
  - هندسه، طول و قطر شاخه‌های چند راهه
- بستار
  - شکل هندسی و قطر راهگاه‌های هوا و دود
  - قطر دریچه‌های دود و هوا
  - موقعیت قرارگیری شمع
- سامانهٔ زمان‌بندی (با لقی‌گیر روغنی)
  - منحنی خیز بادامک‌های هوا و دود
  - خیز حداکثر بادامک‌های هوا و دود
  - زمان‌بندی بادامک‌های هوا و دود
  - دامنهٔ عملکرد زمان‌بندی متغیر دریچهٔ هوا
- محفظهٔ احتراق
  - درجهٔ (شمارهٔ حرارتی) شمع
  - شکل تاج سمبه
  - نسبت تراکم
- سامانهٔ پرخوران (موتور ملی پرخوران)
  - محدودهٔ منحنی عملکرد تنجار پرخوران
  - محدودهٔ منحنی عملکرد گردای پرخوران
  - ظرفیت خنک‌کن میانی
- افشانه‌های سوخت
  - ظرفیت بیشینهٔ افشانه‌ها
  - موقعیت و زاویهٔ قرارگیری افشانه‌ها بر روی شاخه‌های چند راههٔ هوا
- دریچهٔ گاز
  - قطر دریچهٔ گاز
- سامانهٔ گازهای خروجی
  - هندسهٔ چند راههٔ دود
  - قطر شاخه‌های خروجی
  - حداکثر افت فشار مجاز سامانهٔ گازهای خروجی خودرو

■ سامانهٔ مدیریت موتور

با اتمام آزمون‌های احتراق، نگاشت اولیه‌ای برای رایانهٔ موتور فراهم می‌شود که با این نگاشت اجرای آزمون‌های مکانیکی میسر می‌گردد.

در مرحلهٔ توسعهٔ احتراق لزوماً برای همهٔ مشخصه‌های ذکر شده آزمون‌های سعی و خطائی چندبار تکرار نمی‌شود، چرا که در این صورت با ترکیبات بی‌شماری روبرو خواهیم بود که عملاً امکان اجرای آزمون‌ها را در یک زمان معقول از ما سلب می‌کند. بعضی مشخصه‌ها همچون موقعیت شمع در محفظهٔ احتراق بر مبنای تجربهٔ مهندسی، داده‌های الگوبرداری و محدودیت‌های جانمایی، در شروع آزمون‌های احتراق نهایی می‌شوند و به ندرت در طول آزمون‌ها تغییر می‌یابند. بعضی مشخصه‌های دیگر همچون حجم صافی هوا و طول و قطر لوله‌های مکش هوا با اعتماد به نتایج شبیه‌سازی و با در نظر گرفتن محدودیت در اعمال تغییرات به واسطهٔ محدودیت‌های جانمایی این سامانه در خودرو، در آزمون‌های احتراق تغییرات اندکی بر روی آن‌ها اعمال می‌شود.

مشخصه‌های دیگری همچون قطر دریچهٔ گاز و ظرفیت پاشش افشانه‌های سوخت، صرفاً از جهت اطمینان از عدم تجاوز این مشخصه‌ها از محدوده‌های کمینه یا بیشینهٔ مجاز، بررسی می‌شوند ولی به عنوان مشخصه‌هایی که بتوان با بهینه‌کردن آن‌ها به اهداف عملکردی دست یافت، محسوب نمی‌شوند.

همچنین بعضی مشخصه‌های موتور مثل نسبت تراکم و زمان‌بندی دریچه‌ها با دفعات بیشتری نسبت به دیگر مشخصه‌ها تغییر می‌یابند.

ضروری است، یادآوری شود مرحلهٔ توسعهٔ احتراق صرفاً تغییرات مکانیکی مشخصه‌های موتور را در بر نمی‌گیرد، بلکه وضعیت بهینهٔ بعضی از مشخصات از قبیل نسبت هوا به سوخت، زاویهٔ پیش‌رسی جرقه، زاویهٔ (زمان) پاشش سوخت و موقعیت میل‌بادامک (در زمان‌بندی متغیر) به صورت الکترونیکی و از طریق رایانهٔ آزمایشگاهی قابل برنامه‌ریزی موتور، بررسی می‌شود.

از شروع مرحلهٔ توسعهٔ احتراق موتور ملی تنفس طبیعی تا تأئید نهایی عملکرد موتورهای آزمایشگاهی مرحلهٔ ۱، پنج نسخه موتور با بستارهای متفاوت مطابق جدول ۱-۵ پیوست ۵-۲ آزمایش شدند. همچنین بر روی هر نسخه موتور، سامانه‌ها و قطعات مختلف جدید، وابسته به عملکرد موتور آزمایش شدند (جدول ۲-۵ پیوست ۵-۲)، به گونه‌ای که مجموعاً در مرحلهٔ توسعهٔ احتراق این موتور، سی و شش نوع ترکیب متفاوت آزمایش شدند. در جدول ۳-۵ پیوست مذکور، روند تغییرات بعضی از مشخصه‌های اصلی موتور در نسخه‌های مختلف موتور ثبت شده است.

۲-۶ محدوده‌های ارزیابی موتور در آزمون‌های توسعهٔ احتراق

معمولاً در مرحلهٔ توسعهٔ احتراق، موتور در این محدوده‌های کاری ارزیابی می‌شود:

■ تمام‌بار
■ نیمه‌بار
■ دور آرام
■ راه اندازی سرد

برای تحلیل دقیق نتایج آزمون و امکان مقایسه داده‌های موتور آزمون شده با داده‌های الگوبرداری موتورهای مشابه، شرایط آزمون‌های احتراقی تابع قواعد استانده‌ای می‌باشد.

در پیوست۶-۲ به صورت خلاصه شرایط مرزی آزمون موتور ملی در هر یک از محدوده‌های کاری ذکر شده، تشریح شده است.

باید یادآوری شود در هر نقطهٔ کاری پس از تثبیت و پایداری شرایط عمومی موتور به ویژه پایداری فشار و دمای هوای ورودی، دمای سوخت، آب و روغن موتور، فشار و دمای دود خروجی از موتور، داده‌های موتور ثبت می‌شود.

۲-۷ متغیرهای احتراق

مهندس احتراق می‌داند که با تغییر مشخصه‌های فیزیکی قطعات و سامانه‌های موتور در پی بهینه‌کردن کدام مشخصه‌های عملکردی موتور است. دستیابی به کمترین مصرف سوخت، کمترین آلودگی، بیشترین توان و گشتاور، منحنی یکنواخت گشتاور و به ویژه دستیابی به گشتاور بزرگ در دورهای کمتر، پایداری احتراق و در نتیجه کاهش لرزش و ارتعاشات موتور و محدود کردن دمای گازهای خروجی برای حفاظت از قطعات، از مهمترین دغدغه‌های وی است.

درعمل پیچیدگی پدیدهٔ احتراق و عموماً رفتار متضاد متغیرهای عملکردی موتور نسبت به یکدیگر، به اندازه‌ای است که اگر صرفاً به اندازه‌گیری همین متغیرهای اشـاره شـده اکتفا شـود، تحلیل جامع و کامل نتایج و دستیابی به راه حل‌های بهینه به راحتی امکان‌پذیر نیست. از این‌رو اولاً در آزمون‌های احتراق دامنهٔ اندازه‌گیری مستقیم متغیرهای موتور فراتر از متغیرهایی است که اهداف مشخصی برای آن‌ها تعریف شده و ثانیاً با استفاده از متغیرهای اندازه‌گیری شده و مشخصات هندسی و فیزیکی موتور، سوخت و شرایط محیطی، متغیرهای متعدد دیگری محاسبه می‌شود که در نهایت به کمک این مجموعهٔ وسـیع متغیرهای اندازه‌گیری شده و محاسبه شده، مهندسان احتراق قادرند تفسیر صحیحی از رفتار موتور ارائه دهند و در یک فرآیند سعی و خطای معقول، مشخصات بهینهٔ قطعات و سامانه‌های موتور را نهایی کنند.

علاوه بر این متغیرها، متغیرهای دیگری هم هستند که در آزمون‌های احتراق اندازه‌گیری نمی‌شوند و معادلات مشخصی هم برای محاسـبهٔ آن‌ها بر مبنای متغیرهای اندازه‌گیری شـده وجود ندارد اما تصمیم‌گیری مهندسـان احتراق به تفسیر درست آن نوع متغیرها هم وابسته است. شاید یکی از این نمونه متغیرها که تأثیر مهمی بر رفتار احتراق موتور دارد، مقدار گازهای پسـماند در محفظهٔ احتراق باشـد که نه قابل اندازه‌گیری و نه محاسـبهٔ دقیق آن امکان‌پذیر است، اما به کمک نرم‌افزارهای شبیه‌سازی یک بعدی، مقدار آن برآورد می‌شود.

این متغیر موتور با اعمال تغییر در زمان‌بندی بسته شدن دریچهٔ دود، زمان‌بندی بازشدن دریچهٔ هوا، فشار برگشتی سامانهٔ گازهـای خروجی و زاویهٔ پیش‌رسـی جرقه تغییر می‌کند و تغییر آن بر فشـار و دمای محفظـهٔ احتراق، آلودگی، مصرف سوخت و پایداری احتراق تأثیرگذار است. پر واضح است که به صرف عدم امکان اندازه‌گیری یا محاسبهٔ دقیق، تأثیر این متغیر مهم نمی‌تواند در تصمیم‌گیری‌ها نادیده گرفته شود.

در پیوست ۷-۲ کلیهٔ متغیرهای اندازه‌گیری شده یا محاسبه شده به همراه نمونهٔ منحنی متغیرها، در مرحلهٔ توسعهٔ احتراق موتور ملی فهرست شده است. همچنین در همان پیوست نوارهای پراکندگی مهم تحلیل رفتار ترمودینامیک موتور درج شده است.

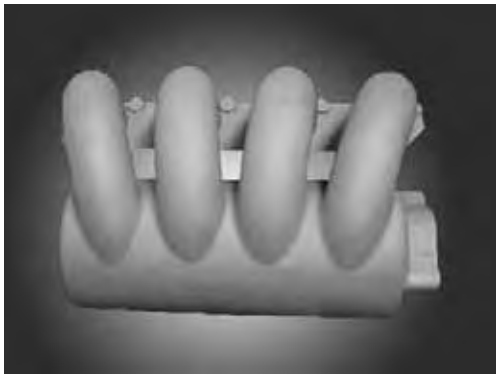
پیوست ۱-۲

تصویر قطعات موتور آزمایشگاهی

شکل ۱-۱ قاب یاتاقان میل بادامک

شکل ۲-۱ مراحل خشن کاری میل بادامک

شکل ۳-۱ میل‌لنگ موتور آزمایشگاهی مرحلهٔ اول در فرآیند خشن‌کاری



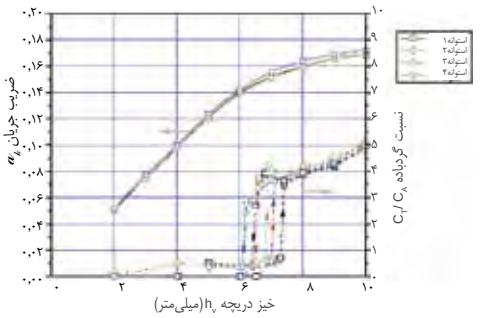
شکل ٤-۱ چند راههٔ هوا با مخزن آرامش پس از ریخته‌گری

شکل ٥-۱ نمونهٔ آماده شدهٔ چند راههٔ دود به روش Plasto Sintering

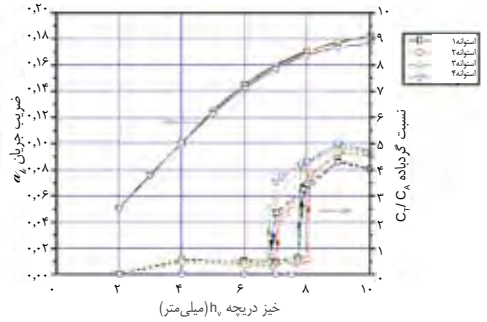
شکل ٦-۱ دسته سمبهٔ ساخته شده

پیوست ۲-۲

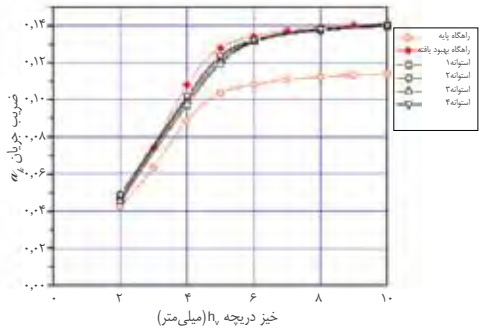
نوارهای بازدهٔ جریان و عدد گردبادهٔ موتورهای آزمایشگاهی



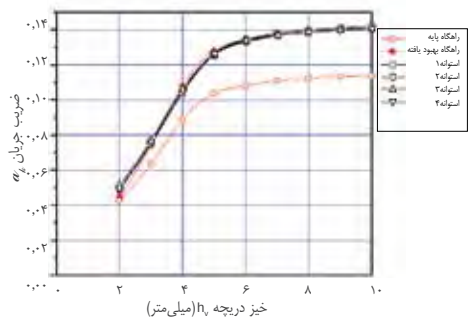
نوار ۱-۲ بازدهٔ جریان و عدد گردبادهٔ برای راهگاه ورودی موتور A1



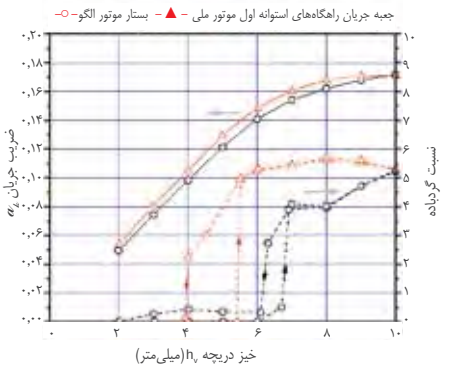
نوار ۲-۲ بازدهٔ جریان و عدد گردبادهٔ برای راهگاه ورودی موتور B1



نوار ۳-۲ بازدهٔ جریان برای راهگاه خروجی موتور B1



نوار ٤-۲ بازدهٔ جریان برای راهگاه خروجی موتور A1



نوار ۵-۲ بازدهٔ جریان و عدد گردبادهٔ برای راهگاه ورودی موتور ۲

پیوست ۳-۲

شرایط استانداردِ اتاق آزمون

- دمای هوای ورودی: ۲۵ درجهٔ سلسیوس (در ورودی صافی هوا)
- فشار هوای ورودی: ۱۰۱۳ میلی‌بار (در ورودی صافی هوا)
- فشار گازهای خروجی: ۱۰۱۳ میلی‌بار (در انتهای مسیر لوله)
- دمای روغن: ۹۰ درجهٔ سلسیوس (در مخزن روغن)
- مشخصات روغن: 10W40 Quartz7000 (روغن معدنی)
- دمای سیال خنک‌کن: ۹۰ درجهٔ سلسیوس در تمام‌بار
- دمای سوخت: ۲۵ درجهٔ سلیسوس (در چند راههٔ سوخت)
- کیفیت بنزین: حداقل عدد اکتان ۹۵
- کیفیت گاز: سوخت خط تغذیه شهری آزمایشگاه مرکز تحقیقات موتور ایران‌خودرو

پیوست ۴-۲

مشخصات و تصویر بعضی از تجهیزات مورد استفاده در آزمون‌های احتراقی
توضیح: تجهیزات بررسی شده در این پیوست در مرکز تحقیقات موتور طراحی و ساخته شده‌اند.

دستگاه سنجش رقّت (نسبت هوا به سوخت)

قابلیت نمایش اطلاعات روی نمایشگر LCD در ۴ سطر و ۲۰ ستون و با دقت ۳ رقم اعشار، تنظیم نمایش اطلاعات در حالات مختلف نمایش اضافه هوا، اکسیژن، جریان و ولتاژ حسگر رقّت (A/F)، قابلیت تنظیم ضرایب نظارتی PID برای تنظیم سرعت و نوسانات خروجی با توجه به نیاز کاری، قابلیت تنظیم مقاومت داخلی حسگر برای کار با حسگرهای مختلف زینه‌بندی دستگاه با گازهای مختلف، ارتباط خروجی آنالوگ بسیار دقیق ۲/۵-۰ ولت ثابت بی‌ارتباط با نرم‌افزارهای خودکار

- مجهز به درگاه ارتباطی RS232
- مجهز به درگاه ارتباطی USB
- قابلیت اتصال انواع حسگرهای اکسیژن ردیف x.4 Bosch LSU
- نمایش ضریب اضافه هوا با دقت ۰/۰۱۵ ±
- زمان پاسخ ۰/۰۱ ثانیه

شکل ۱-٤ حسگر اکسیژن و دستگاه خوانش رقّت شرکت ایپکو

دستگاه هواساز

- شار هوای استانده دستگاه: مطابق با اندازهٔ دستگاه۵۰۰، ۸۰۰ و ۱۴۰۰ متر مکعب بر ساعت
- شار هوای قابل استفاده در موتور (در فشار ۱۰۱۳ میلی‌بار): مطابق با اندازهٔ دستگاه۳۵۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ متر مکعب بر ساعت
- شرایط دمایی محیط نصب دستگاه: صفر الی ۴۵ درجهٔ سلسیوس
- محدودهٔ دمای هوای قابل تنظیم: ۱۵ تا ۳۰ درجهٔ سلسیوس

- دقت تنظیم دما: ۱± درجهٔ سلسیوس
- پاسخ زمانی تنظیم شرایط دمایی: کمتر از ۶۰ ثانیه
- محدودهٔ فشار قابل تنظیم: فشار محیط تا فشار محیط به اضافهٔ ۱۶۰ میلی‌بار
- دقت تنظیم فشار: ۱± میلی‌بار در شرایط کاری ثابت
- پاسخ زمانی تنظیم فشار: کمتر از ۳۰ ثانیه
- برق مصرفی دستگاه: دستگاه پایه برای تنظیم فشار ۳۰ کیلووات و با تجهیزات اضافی دما و رطوبت ۵۶ کیلووات (برق سه‌فاز ۳۸۰–۴۰۰ ولت یا ۵۰ هرتز)
- فشار باد مورد نیاز برای عملکرد تجهیزات: ۵ تا ۶ بار نسبی ابعاد: ۸۴ ×۲۲۲×۲۰۴ سانتی‌متر (عرض × طول × ارتفاع)

شکل ۲-٤ دستگاه هواساز شرکت ایپکو

دستگاه تنظیم شرایط سوخت

- دقت تنظیم دمای سوخت: ۱ درجهٔ سلسیوس
- دقت تنظیم فشار سوخت: ۱۰ کیلو پاسکال
- قدرت مبدل حرارتی مخصوص خنک‌کنندگی سوخت: ۱ کیلو وات
- مجهز به تلمبهٔ گردش سوخت
- مجهز به تلمبهٔ گردش آب خنک‌کن
- مجهز به شیر برقی مخصوص قطع یا وصل سوخت
- مجهز به حساسهٔ دقیق دما
- مجهز به حساسهٔ فشار سوخت
- مجهز به حساسهٔ تشخیص بخار سوخت

شکل ۳-٤ دستگاه نظارت بر شرایط سوخت شرکت ایپکو

پیوست ۵-۲
برنامهٔ آزمون‌های احتراق موتور ملی

جدول ۱- ۵ مشخصات کلی پنج نسخهٔ اصلی موتورهای آزمون‌های احتراق

ردیف	مرحلهٔ آزمون‌ها	نام موتور	مشخصات اصلی
۱	توسعهٔ احتراق	موتور الگو (موتور پایه)	– بستار موتور الگو (با ساز و کار لنگ موتور ملی) – گردبادهٔ متوسط (Medium Tumble) – قطر دریچهٔ دود ۲۴٫۵ میلی‌متر
۲	توسعهٔ احتراق	موتور نمونه تحقیقاتی ۱a	– بستار موتور الگو (دوباره‌کاری راهگاه‌ها) – گردبادهٔ متوسط – قطر دریچهٔ دود ۲۶٫۵ میلی‌متر
۳	توسعهٔ احتراق	موتور نمونه آزمایشگاهی ۱b	– بستار موتور الگو (دوباره کاری راهگاه‌ها) – گردباده کم (هدف بازدهٔ نتفسی بیشتر) – قطر دریچهٔ دود ۲۶٫۵ میلی‌متر
۴	توسعهٔ احتراق	موتور نمونه آزمایشگاهی ۲	– بستار ریخته‌گری موتور ملی – گردبادهٔ متوسط – قطر دریچهٔ دود ۲۶٫۵ میلی‌متر
۵	صحه‌گذاری مرحله ۱	موتور نمونه‌سازی مرحله ۱	– گردبادهٔ متوسط – قطر دریچهٔ دود ۲۶٫۵ میلی‌متر

جدول ۲-۵ آزمون‌های احتراقی موتور ملی

ردیف	مرحله کاری	نسخهٔ موتور	تو ضیح
۱	ارزیابی‌عملکرد پایه‌موتور	۱و۲و۳و۴و۵	– بررسی عملی عملکرد پیکرهٔ اولیهٔ سامانهٔ احتراق – مقایسهٔ عملکرد موتور با اهداف طرح و عملکرد موتورهای رقیب – پایه بحث‌ها برای تعریف مراحل بعدی – اولین فرصت برای انطباق نتایج محاسباتی با اندازه‌گیری (آزمون با هر دو سوخت بنزین و گاز)
۲	راهگاه‌های ورودی و خروجی بستار	۱و۲و۳و۴	– بررسی کارآمدی جریان (Flow Performance) و حرکت مخلوط سوخت و هوا (Charge Motion) و در صورت لزوم تصحیح راهگاه‌ها
۳	محفظهٔ احتراق	۱و۲و۳و۴	– بررسی و دوباره کاری محفظهٔ احتراق (عمدتاً سمبه) با در نظر گرفتن نسبت تراکم و رفتار آلودگی موتور
۴	سامانهٔ مکش هوا	۱و۲	– بهینه‌سازی سامانهٔ مکش هوا با هدف بهبود تبادل گاز و رفتار پویایی جریان
۵	چندراههٔ دود	۱و۲	– بهینه‌سازی چند راههٔ دود با هدف بهبود تبادل گاز
۶	نسبت تراکم	۱و۲و۳و۴	– بهینه‌سازی نسبت تراکم با هدف بهبود عملکرد (با سوخت‌های بنزین و گاز و اهداف مصرف سوخت)
۷	افشانه‌ها	۱و۲و۳و۴	– بررسی موقعیت و درصورت لزوم تصحیح شار بیشینه، بررسی و بهبود شکل هندسی فوارهٔ پاشیده شده (در دو حالت بنزین و گاز)
۸	راهبرد پاشش	۱و۲و۴	– بهینه‌سازی زمان پاشش سوخت در حالت تمام‌بار و نیمه‌بار (هر دو سوخت بنزین و گاز)
۹	نوع شمع جرقه	۱و۲و۳و۴	– ارزیابی و نهایی کردن مشخصات شمع با همکاری سازندهٔ شمع
۱۰	زمان‌بندی متغیردریچه	۱و۲و۳و۴	– بهینه‌سازی زمان‌بندی دریچه در حالت تمام‌بار و نیمه‌بار

جدول ۳-۵ ترتیب تغییرات اعمال شده در مراحل اصلی توسعهٔ احتراق

			نمونهٔ تحقیقاتی 1a	نمونهٔ تحقیقاتی 1b	نمونهٔ تحقیقاتی ۲	موتور نهایی
ظرفیت موتور		لیتر	۱٫۶۴۶	۱٫۶۴۶	۱٫۶۴۶	۱٫۶۵۰
محفظهٔ احتراق	طول جابه جایی	میلی‌متر	۸۵	۸۵	۸۵	۸۵
	قطر	میلی‌متر	۷۸٫۵	۷۸٫۵	۷۸٫۵	۷۸٫۶
	نسبت طول جابه جایی به قطر	–	۱٫۰۸۳	۱٫۰۸۳	۱٫۰۸۳	۱٫۰۸۳
	نسبت تراکم	–	۱۱٫۶	۱۱٫۶	۱۰٫۸	۱۱
طول دسته‌سمبه		میلی‌متر	۱۳۳٫۵	۱۳۳٫۵	۱۳۳٫۵	۱۳۴٫۵
خارج از مرکزی محور سمبه		میلی‌متر	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۵
سامانهٔ مکش	قطر دریچه	میلی‌متر	۳۱٫۳	۳۱٫۳	۳۱٫۳	۳۱٫۳
	زاویهٔ دریچه	درجه	۲۴°۸'۲۲"	۲۴°۸'۲۲"	۲۶	۲۶
	ضریب جریان در گشودگی بیشینهٔ دریچه	درصد	۱۶٫۶	۱۷٫۶	۱۷٫۱	۱۷٫۱
	قطر دریچهٔ گاز	میلی‌متر	۵۲	۵۲	۵۲	۵۴
سامانهٔ تخلیه	قطر دریچه	میلی‌متر	۲۶٫۶	۲۶٫۶	۲۶٫۶	۲۶٫۶
	زاویهٔ دریچه	درجه	۲۳°۴۰'	۲۳°۴۰'	۲۵°	۲۵°
	ضریب جریان در گشودگی بیشینهٔ دریچه	درصد	۱۳٫۸	۱۳٫۷	۱۲٫۶	۱۲٫۶
	نوع اتصال شاخه ها	–	۱<-۲<-۴	۱<-۲<-۴	۱<-۲<-۴	۱<-۲<-۴
	طول شاخه ها	میلی‌متر	(۴+۱)۲۱۴٫۵ ۶۵/(۲+۳)۱۰۵	(۴+۱)۲۱۴٫۵ ۶۵/(۲+۳)۱۰۵	۲۱۸/۴۰	۲۱۸/۴۰
زمان‌بندی دریچه‌ها	دامنهٔ زمان‌بندی متغیر		40° CVVT	40° CVVT	60° CVVT	60° CVVT
	بازشدن دریچهٔ دود (در خیز ۱میلی‌متر)	CA° b.BDC	۱۳٫۵	۱۱٫۵	۱۷	۱۷
	بسته شدن دریچهٔ دود (در خیز ۱ میلی‌متر)	CA° b.TDC	۵٫۵	۴٫۵	۹	۹
	بازشدن دریچهٔ هوا (در خیز ۱ میلی‌متر)	CA° a.TDC	۳۳ تا ۱۱-	۳۳ تا ۱۱-	۳۹ تا ۲۳-	۳۷ تا ۳۲-
	بسته شدن دریچهٔ هوا (در خیز ۱ میلی‌متر)	CA° a.BDC	۱۴<--۵۸	۱۴<--۵۸	۲<-- ۶۴	۲ <-- ۶۲
	همپوشانی دریچه‌ها (در خیز ۱ میلی‌متر)	CA°	-۳۸٫۵<-- ۵٫۵	-۳۸٫۵ <-- ۵٫۵	-۴۸ <-- ۱۴	-۴۶ <-- ۱۴
	دورهٔ بازبودن دریچهٔ دود	CA°	۱۸۸	۱۸۷	۱۸۸	۱۸۰
	دورهٔ بازبودن دریچهٔ هوا	CA°	۲۰۵	۲۰۱	۲۰۵	۱۹۹
	گشودگی بیشینهٔ دریچهٔ دود	میلی‌متر	۸٫۸	۸٫۸	۹٫۲	۸٫۳
	گشودگی بیشینهٔ دریچهٔ هوا	میلی‌متر	۷٫۳	۷٫۳	۸٫۱	۷٫۲
شمع جرقه	Bocsh نوع شمع	–	FR7DE	FR7DE	FR7DE	FR8DE
	Bocsh فاصلهٔ الکترودها	میلی‌متر	؟	؟	؟	۰٫۷۵
	Bocsh انرژی جرقه	میلی ژول	؟	؟	؟	۳۸
افشانه	Bocsh گاز		NGI2	NGI2	NGI2	NGI 2CP
	Bocsh بنزین		EV1.3	EV1.3	EV1.3	EV6E

پیوست ۶-۲
شرایط آزمون‌های احتراقی موتور ملی

محدودهٔ تمام‌بار

■ تغییر دور موتور: ۱۰۰۰د.د.د. تا (دور قدرت بیشینه + ۵۰۰ د.د.د.) با گام‌های ۵۰۰ د.د.د.
رقّت: اضافه هوا ۰٫۹ (کوچکتر از ۰٫۹ در صورتی که دمای بیشینهٔ گازهای خروجی ۹۰۰ درجهٔ سلسیوس باشد)
زاویهٔ پیش‌رسی جرقه: مصرف ویژهٔ سوخت بهینه (با الزام ۲ درجهٔ میل‌لنگ قبل از شروع کوبش)
زمان‌بندی پاشش سوخت: انتهای دورهٔ پاشش ۶۰۰ درجه میل‌لنگ بعد از نقطهٔ مکث پائین
شرایط مرزی: بر مبنای استانداردهٔ ISO1585
دمای هوای ورودی: موتور تنفس طبیعی ۲۵ درجهٔ سلیسیوس (در ورودی صافی هوا)
دمای هوای ورودی (مخزن آرامش) موتور پرخوران: به مشخصات خنک‌کن میانی وابسته است.
دمای گازهای خروجی: حدمجار ۹۰۰ درجهٔ سلسیوس
فشار برگشتی سامانهٔ گازهای خروجی: به خودرو وابسته است.
■ تغییر جرقه:
زاویهٔ پیش‌رسی جرقه: ۸ درجهٔ میل‌لنگ قبل از نقطهٔ کوبش تا نقطهٔ کوبش با گام‌های ۲ درجه
■ تغییر زمان‌بندی دریچه (برای موتورهای با زمان‌بندی و خیز متغیر)

محدودهٔ نیمه بار

■ تغییر میزان سوخت: رقّت: اضافه هوا از ۱ تا نسبتی که انحراف معیار استانده فشار مؤثر متوسط داخلی بزرگتر از ۰٫۱۵ بار شود.
نقطهٔ کاری: ۲۰۰۰ د.د.د. / فشار مؤثر متوسط ترمزی ۲ بار
زمان‌بندی پاشش سوخت: انتهای دورهٔ پاشش ۴۸۰ درجهٔ میل‌لنگ بعد از نقطه مکث پائین
■ تغییر بار: فشار مؤثر متوسط ترمزی از ۱ بار تا تمام‌بار با گام‌های ۱ بار
دور موتور: ۲۰۰۰ د.د.د.
رقّت: اضافه هوا برابر ۱٫۰

دور آرام

دور موتور: ۷۰۰ د.د.د.
رقّت: اضافه هوا برابر ۱٫۰
زاویهٔ پیش‌رسی جرقه: ۵ و۱۰ و ۱۵ و ۲۰ درجهٔ میل‌لنگ
عدم نظارت بر دور آرام: بررسی اثر تغییرات رقّت، زاویهٔ پیش‌رسی جرقه و شار هوا

راه اندازی سرد

تغییر زاویهٔ پیش‌رسی جرقه: نقطهٔ مصرف ویژهٔ سوخت بهینه: نقطهٔ مصرف ویژهٔ بهینه منهای ۵ درجهٔ میل‌لنگ و به همین ترتیب تا نقطه‌ای که انحراف استانده فشار مؤثر متوسط داخلی بزرگتر از ۰٫۲۵ بار بشود.
نقطهٔ کاری: ۱۲۰۰ د.د.د./ فشار مؤثر متوسط داخلی ۳ بار
دمای موتور: دمای آب برابر دمای روغن برابر ۳۰ درجهٔ سلسیوس
رقّت: اضافه هوا برابر ۱

پیوست ۷-۲

متغیرهای مهم برای تفسیر رفتار ترمودینامیکی موتور

الف) فهرست متغیرها

این متغیرها یا مستقیماً اندازه‌گیری یا بر مبنای متغیرهای اندازه‌گیری شده محاسبه می‌شوند و عمدتاً تغییرات آن‌ها بر حسب تغییرات دور موتور، زاویهٔ میل‌لنگ، غنا و زاویهٔ پیش‌رسی جرقه گزارش می‌شود.

ارزیابی عملکرد تمام‌بار موتور

- بر حسب تغییرات دور موتور

گشتاور
فشار مؤثر متوسط ترمزی
مصرف ویژهٔ سوخت ترمزی
مصرف ویژهٔ سوخت داخلی (اندیکاتوری) (متوسط ۲۰۰ چرخه)
فشار مؤثر متوسط داخلی (اندیکاتوری) موتور (متوسط ۲۰۰ چرخه)
فشار مؤثر متوسط داخلی (اندیکاتوری) استوانه‌ها (متوسط ۲۰۰ چرخه)
بازدهٔ تنفسی موتور
دمای متوسط گازهای خروجی قبل از واکنشگر شیمیایی
دمای گازهای خروجی شاخه‌های چند راههٔ دود
نسبت اضافه هوا (لامبدا)
زاویهٔ بهینهٔ پیش‌رسی جرقه
زاویهٔ وقوع فشار بیشینهٔ موتور (متوسط ۲۰۰ چرخه)
ضریب تغییرات فشار مؤثر متوسط داخلی (اندیکاتوری) (۲۰۰ چرخه)
انحراف معیار استانداردهٔ فشار مؤثر متوسط داخلی (اندیکاتوری) موتور (۲۰۰ چرخه)
دورهٔ زمانی وقوع جرقه تا وقوع فشار بیشینهٔ موتور (برحسب درجات میل‌لنگ) (متوسط ۲۰۰ چرخه)
زاویهٔ وقوع فشار بیشینهٔ هر استوانه (متوسط ۲۰۰ چرخه)
دورهٔ زمان وقوع جرقه تا وقوع فشار بیشینهٔ هر استوانه (متوسط ۲۰۰ چرخه)
انحراف معیار استانداردهٔ فشار مؤثر متوسط داخلی (اندیکاتوری) هر استوانه (متوسط ۲۰۰ چرخه)
حداکثر شیب تغییرات فشار
فشار مؤثر متوسط داخلی (اندیکاتوری) تبادل گاز
فشار مؤثر متوسط اصطکاکی
درصد مونواکسید کربن و اکسیژن در گازهای خروجی
تعداد قسمت در میلیون اکسیدهای ازت و هیدروکربن‌ها (بر مبنای کربن ۳) در گازهای خروجی منحنی اکسیدهای ازت وهیدروکربن‌های ویژه (گرم بر کیلووات ساعت)
زاویهٔ سوخته شدن ۵، ۵۰ و ۹۰ ٪ جرم مخلوط

- بر حسب زاویهٔ میل‌لنگ

فشار مؤثر متوسط استوانه‌ها و هر استوانه به طور جداگانه (دور ثابت)
دمای (محاسباتی) متوسط استوانه‌ها و تک تک استوانه‌ها (متوسط ۲۰۰ چرخه)

۵، ۵۰ و ۹۰ ٪ نسبت تبدیل سوخت[۱] متوسط استوانه‌ها و تک تک استوانه‌ها (متوسط ۲۰۰ چرخه)
نرخ آزاد شدن گرما به ازای هر درجهٔ میل‌لنگ (نسبت از کل)

- برحسب تغییرات زاویهٔ بازشدن دریچهٔ هوا (زمان‌بندی متغیر) در دور ثابت
  - مصرف ویژهٔ سوخت ترمزی
  - فشار مؤثر متوسط ترمزی
  - مصرف ویژهٔ سوخت داخلی (اندیکاتوری) (متوسط ۲۰۰ چرخه)
  - فشار مؤثر متوسط داخلی (اندیکاتوری) (متوسط ۲۰۰ چرخه)
  - بازدهٔ تنفسی
  - زاویهٔ وقوع فشار بیشینه (متوسط ۲۰۰ چرخه)
  - زاویهٔ جرقهٔ بهینه
- برحسب چرخه‌های متوالی احتراق (دور ثابت)
  - فشار مؤثر متوسط داخلی (اندیکاتوری) استوانه‌ها
  - فشار بیشینه استوانه‌ها
  - زاویهٔ وقوع فشار بیشینهٔ استوانه‌ها
  - شیب تغییرات حداکثری فشار استوانه‌ها

ارزیابی حساسیت عملکرد موتور به بعضی متغیرهای مهم در حالت تمام‌بار

- حساسیت به زاویهٔ پایان پاشش جرقه (دور ثابت)
  - فشار مؤثر متوسط داخلی (اندیکاتوری)
  - بازدهٔ تنفسی (مخلوط)
  - مصرف ویژهٔ سوخت داخلی (اندیکاتوری)
  - منحنی فشار پویایی چند راهه بر حسب موقعیت میل‌لنگ
- حساسیت به اضافه هوا (دور ثابت)
  - فشار مؤثر متوسط ترمزی
  - بازدهٔ تنفسی
  - دمای گازهای خروجی بالا دست واکنشگر
  - زاویهٔ بهینهٔ پیش‌رسی جرقه
  - فشار مؤثر متوسط داخلی (اندیکاتوری) (متوسط ۲۰۰ چرخه)
  - موقعیت وقوع فشار بیشینهٔ استوانه (متوسط استوانه‌ها) (متوسط ۲۰۰ چرخه)
  - انحراف معیار استاندهٔ فشار مؤثر متوسط داخلی (اندیکاتوری) (متوسط ۲۰۰ چرخه)
  - دورهٔ وقوع جرقه تا وقوع فشار بیشینه (متوسط ۲۰۰ چرخه)
  - فشار بیشینهٔ استوانه (متوسط استوانه‌ها) (متوسط ۲۰۰ چرخه)
  - شیب حداکثر تغییرات فشار استوانه
  - فشار مؤثر متوسط داخلی (اندیکاتوری تبادل گاز)
  - منحنی آلاینده‌ها (خام)
- حساسیت به حداکثر پس فشار[۲] سامانهٔ گازهای خروجی برحسب دور موتور
  - توضیح: حداکثر پس فشار در دور ۶۰۰۰ ایجاد می‌شود.
  - پس فشار بر حسب دور موتور

۱- Fuel Conversion
۲- Back Pressure

گشتاور
توان
مصرف ویژهٔ سوخت ترمزی
فشار مؤثر متوسط ترمزی
فشار مؤثر متوسط داخلی (اندیکاتوری)
دمای گازهای خروجی در بالادست واکنشگر
بازدهٔ تنفسی
اضافه هوای بهینه (حداکثر گشتاور)
زاویهٔ بهینهٔ پیش‌رسی جرقه
زاویهٔ وقوع فشار بیشینه
دورهٔ وقوع جرقه تا وقوع فشار بیشینه
انحراف معیار استانده فشار مؤثر متوسط داخلی (اندیکاتوری)
فشار بیشینه
شیب حداکثر تغییرات فشار استوانه
فشار مؤثر متوسط داخلی (اندیکاتوری) تبادل گاز
مصرف ویژهٔ سوخت داخلی (اندیکاتوری)
آلاینده‌ها (خام)

ارزیابی عملکرد موتور در نیمه بار

■ تغییر بار

در این آزمون‌ها متغیرهای ذکر شده در بخش "ارزیابی عملکرد موتور در حالت تمام‌بار بر حسب تغییرات دور موتور" مجدداً اندازه‌گیری و محاسبه می‌شوند با این تفاوت که به جای دور موتور، بار موتور تغییر می‌کند و دور موتور ثابت و ۲۰۰۰ د.د.د. می‌باشد.

■ نقطهٔ ۲۰۰۰ د.د.د. و ۲ بار

در این آزمون‌ها نیز متغیرهای ذکر شده در بخش "ارزیابی عملکرد موتور در حالت تمام‌بار، ۱- بر حسب زاویهٔ میل‌لنگ، ۲- بر حسب بازشدن دریچهٔ هوا" و در بخش "ارزیابی حساسیت موتور، ۳- حساسیت به اضافه هوا" اندازه‌گیری و محاسبه می‌شوند.

ارزیابی عملکرد موتور در دور آرام

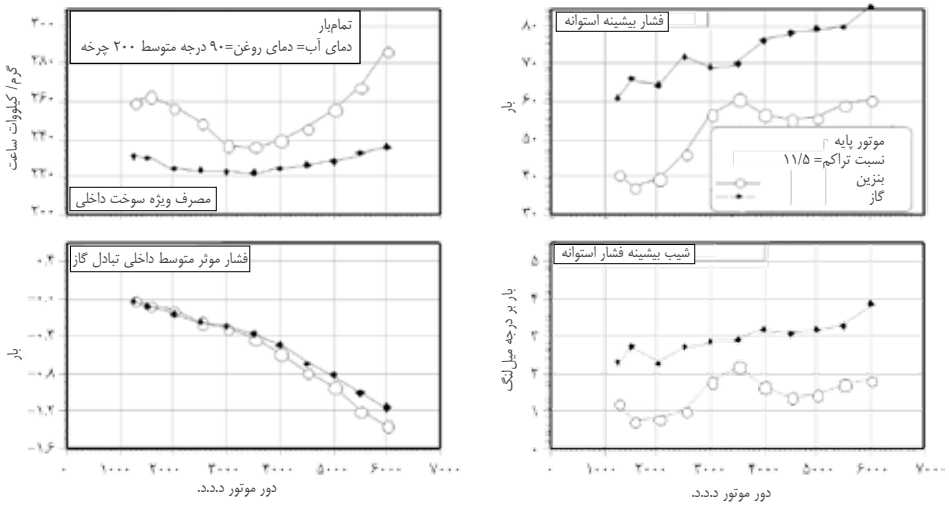
■ بر حسب تغییرات زاویهٔ پیش‌رسی جرقه
فشار مؤثر متوسط داخلی (اندیکاتوری)
جرم سوخت مصرفی
دمای گازهای خروجی
انحراف معیار استاندهٔ فشار مؤثر متوسط داخلی (اندیکاتوری)
قسمت در میلیون هیدروکربن (برحسب C_3)
اضافه هوای بهینه

ارزیابی راه اندازی سرد (نقطهٔ ۱۲۰۰ د.د.د. و ۳ بار)

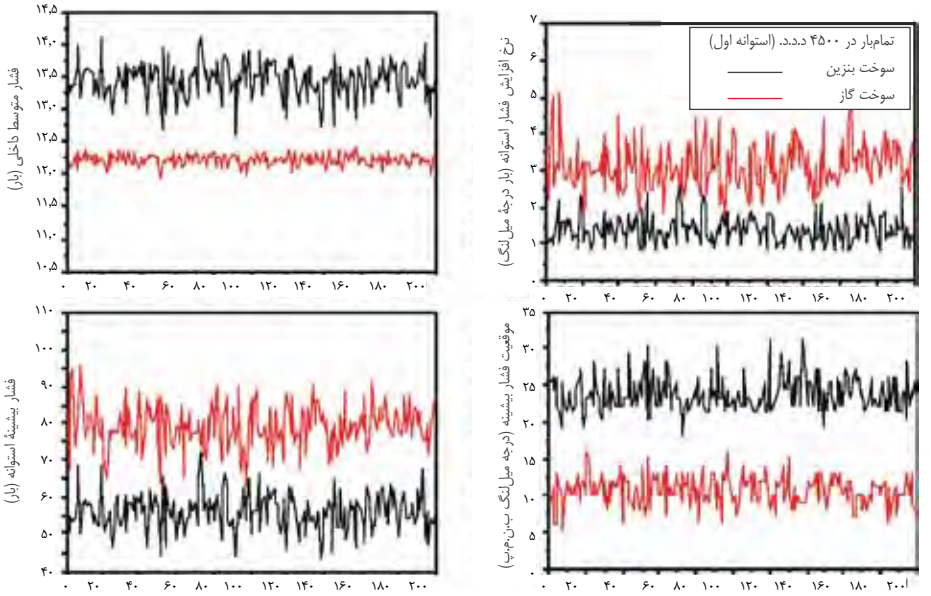
- بر حسب زاویهٔ پیش‌رسی جرقه
  فشار مؤثر متوسط داخلی (اندیکاتوری)
  مصرف ویژهٔ سوخت داخلی (اندیکاتوری)
  موقعیت وقوع فشار بیشینه
  انحراف معیار استانداردهٔ فشار مؤثر متوسط داخلی (اندیکاتوری)
  اضافه هوا = λ
  دمای گازهای خروجی
  درصد مونواکسید کربن و اکسیژن
  قسمت در میلیون اکسیدهای ازت
  قسمت در میلیون هیدروکربن C_3
  شار جرمی هیدروکربن گازهای خروجی (گرم بر ساعت)
  شار جرمی گازهای خروجی (گرم بر ثانیه)
- برحسب گرمای گازهای خروجی
  شار جرمی هیدروکربن گازهای خروجی
  انحراف معیار استانداردهٔ فشار مؤثر متوسط داخلی (اندیکاتوری)

در ادامه رفتار بعضی از متغیرها که در مراحل میانی توسعهٔ احتراق موتور ملی استخراج شده، آمده است.
تذکر: تأکید می‌شود این نوارها از عملکرد موتورهای نمونهٔ تحقیقاتی اولیه استخراج شده و لزوماً بیانگر رفتار موتور ملی که تا مرحلهٔ نهایی توسعهٔ احتراق دچار تغییرات شده، نمی‌باشد.

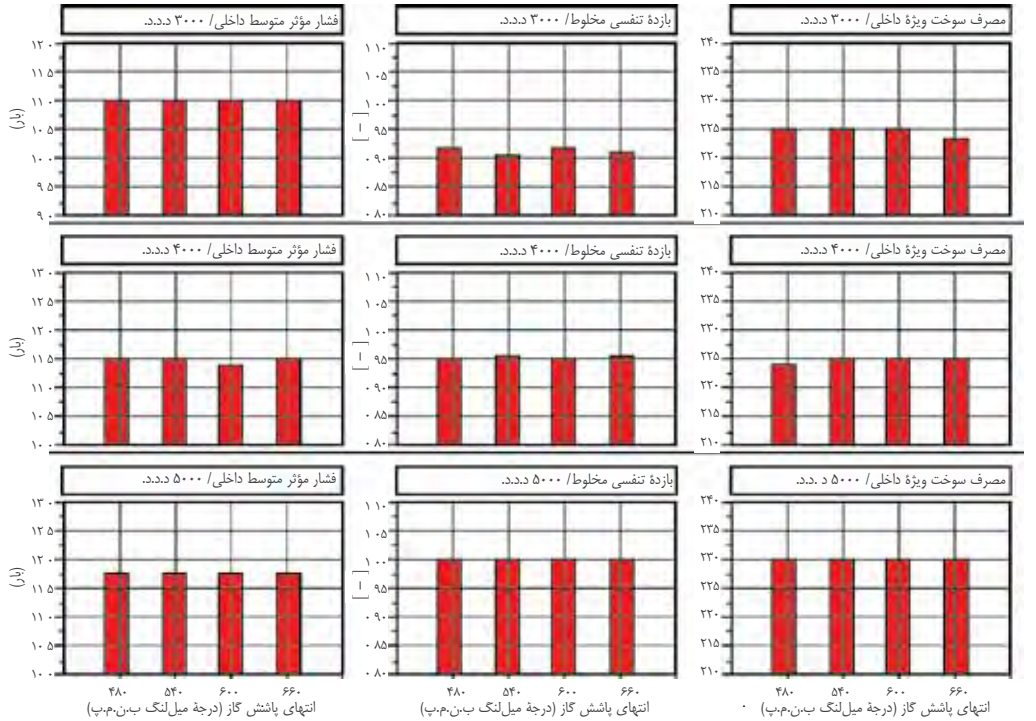
ب) نمونهٔ نوار متغیرهای موتورهای آزمایش شده در مرحلهٔ توسعهٔ احتراق موتور ملی تنفس طبیعی



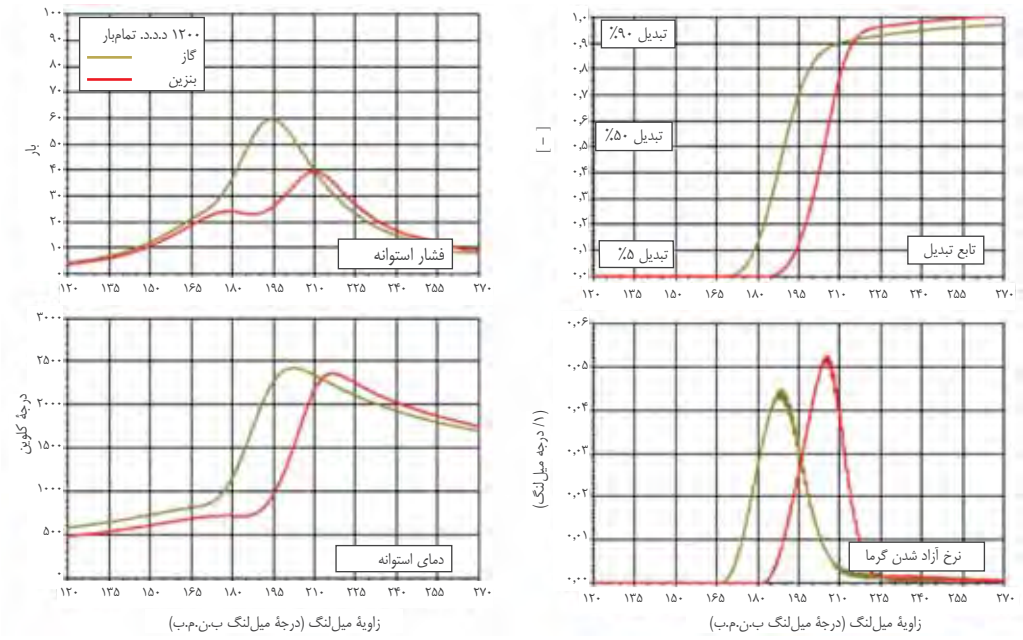
نوار ۱-۷ مصرف ویژهٔ سوخت داخلی (اندیکاتوری)، فشار مؤثر متوسط داخلی تبادل گاز، فشار بیشینهٔ متوسط استوانه‌ها، حداکثر شیب تغییر فشار استوانه در حالت تمام‌بار بر حسب دور موتور برای هر دو سوخت بنزین و گاز



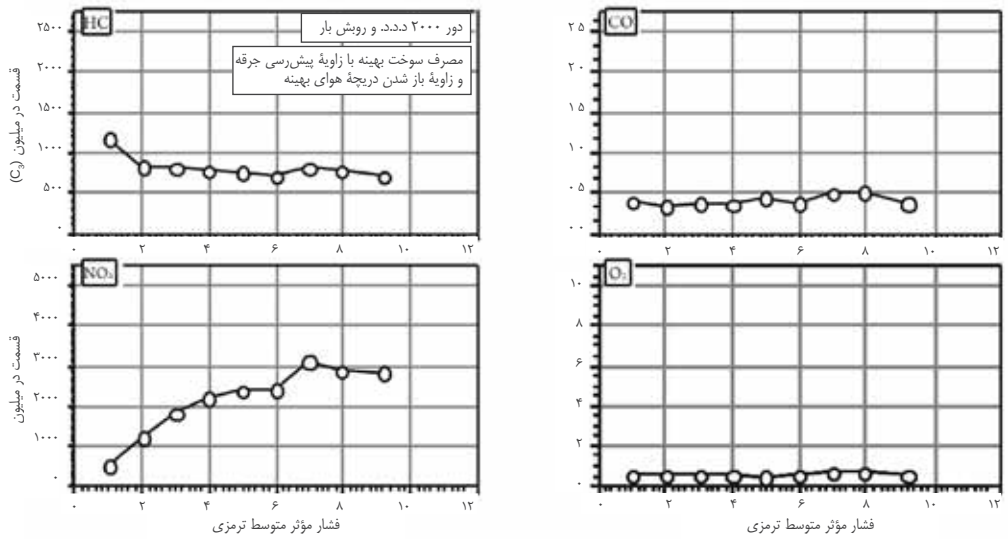
نوار ۲-۷ فشار مؤثر متوسط داخلی، فشار بیشینه، شیب تغییر فشار و موقعیت وقوع فشار بیشینه ۲۰۰ چرخهٔ متوالی استوانهٔ اول موتور در دور ٤٥٠٠ د.د.د. و تمام‌بار با هر دو سوخت بنزین و گاز



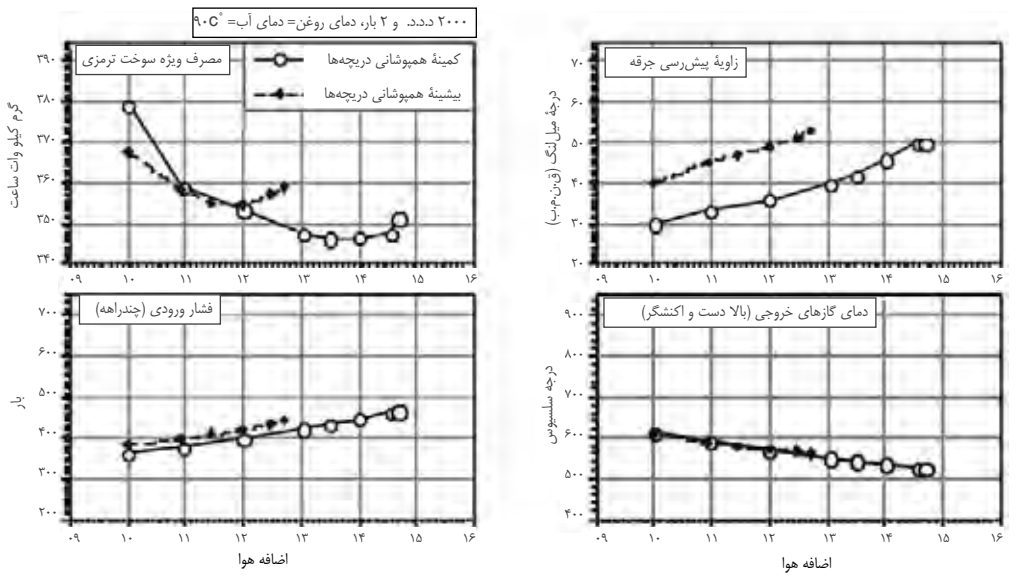
نوار ۳-۷ ارزیابی حساسیت فشار مؤثر متوسط داخلی، بازدهٔ تنفسی و مصرف ویژهٔ سوخت (داخلی) نسبت به تغییرات زاویهٔ پایان پاشش بنزین در حالت تمام‌بار و دورهای ۳۰۰۰، ٤٠٠٠ و ٥٠٠٠ د.د.د.



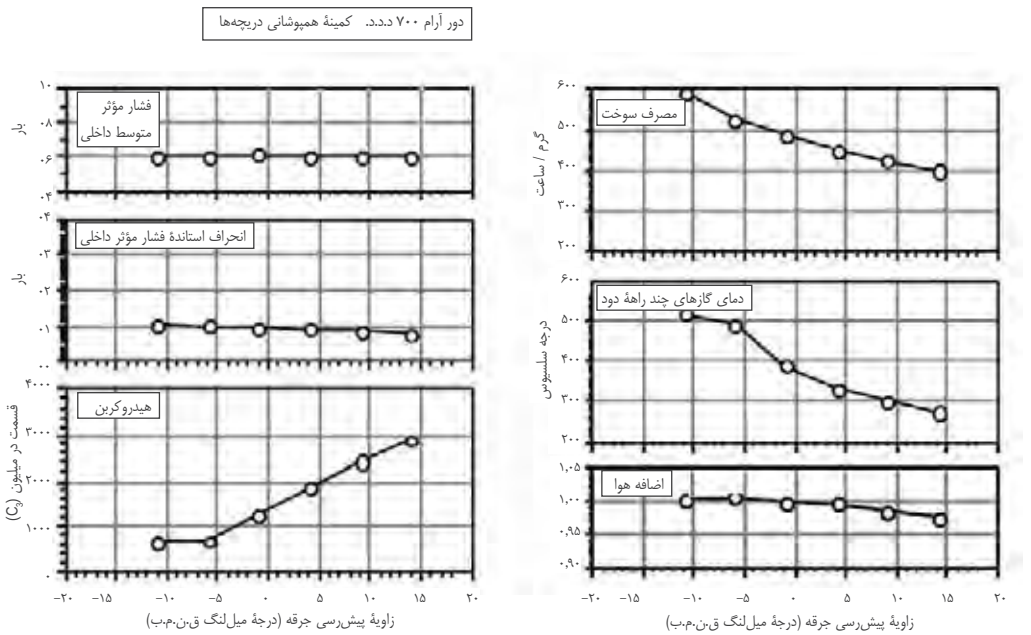
نوار ٤–٧ فشار استوانه، دمای استوانه، نسبت تبدیل سوخت و نرخ رهایی گرما بر حسب درجهٔ میل‌لنگ در ارزیابی عملکرد تمام‌بار موتور



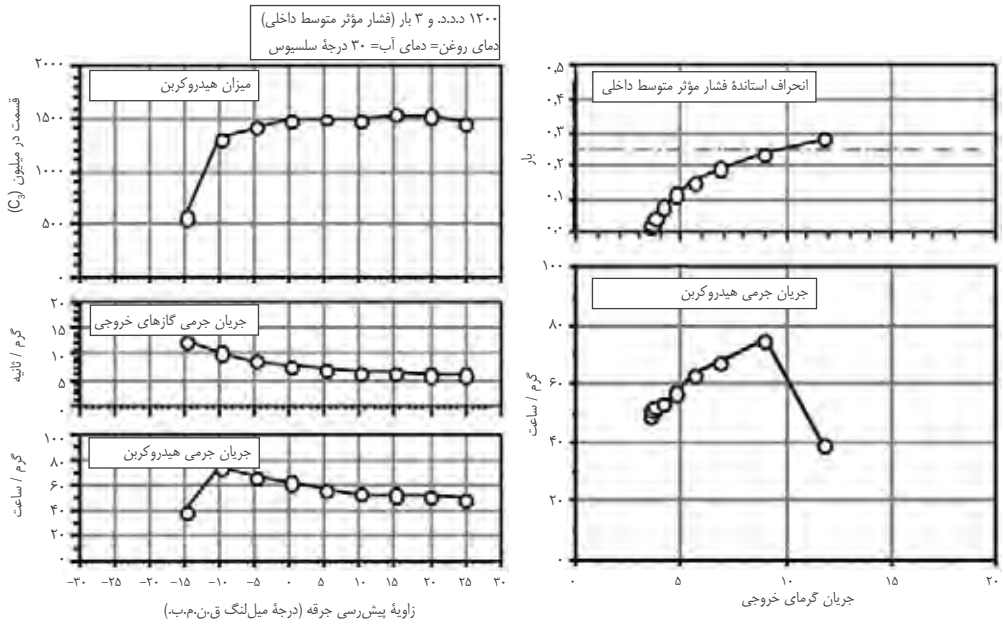
نوار ٥–٧ آلاینده‌های گازهای خروجی در دور ۲۰۰۰ د.د.د. و بارهای مختلف با سوخت بنزین (با زاویهٔ بهینهٔ پیش‌رسی جرقه)



نوار ٦-٧ ارزیابی حساسیت مصرف ویژهٔ سوخت ترمزی، فشار چند راههٔ هوا، زاویهٔ پیش‌رسی جرقهٔ بهینه و دمای گازهای خروجی نسبت به تغییرات اضافه هوا = λ با سوخت بنزین در دو حالت حداقل و حداکثر همپوشانی دریچه‌ها



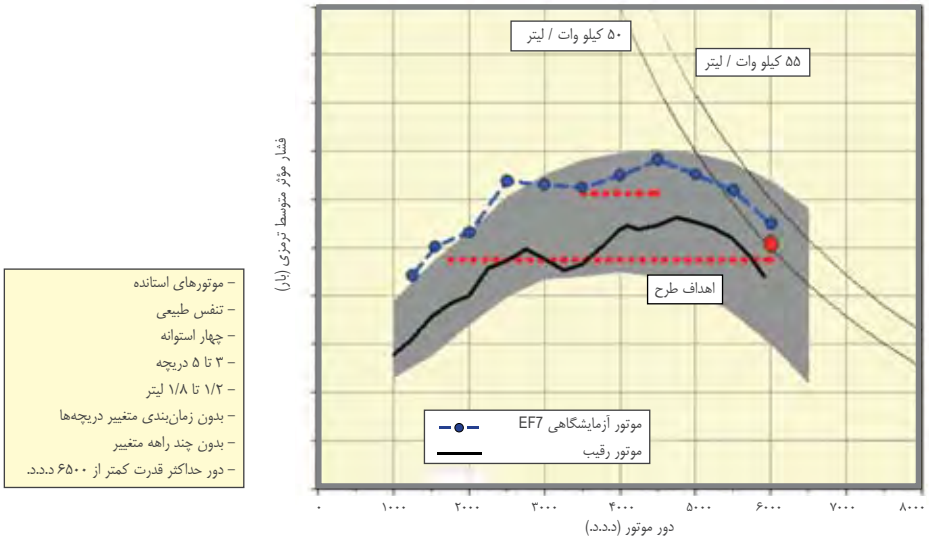
نوار ۷-۷ فشار مؤثر متوسط داخلی، انحراف معیار استانداردهٔ فشار مؤثر متوسط داخلی، مقدار هیدروکربن، جرم سوخت مصرفی، دمای گازهای خروجی و اضافه هوا در ارزیابی دور آرام بر حسب تغییرات زاویهٔ پیش‌رسی جرقه با کمترین همپوشانی دریچه‌ها



نوار ۸–۷ تعداد قسمت C_3 در یک میلیون قسمت، شار جرمی گازهای خروجی، شار جرمی هیدروکربن خروجی بر حسب زاویهٔ پیش‌رسی جرقه و انحراف معیار استانداردهٔ فشار مؤثر متوسط داخلی و شار جرمی هیدروکربن خروجی بر حسب نرخ گرمای گازهای خروجی در ارزیابی راه اندازی سرد

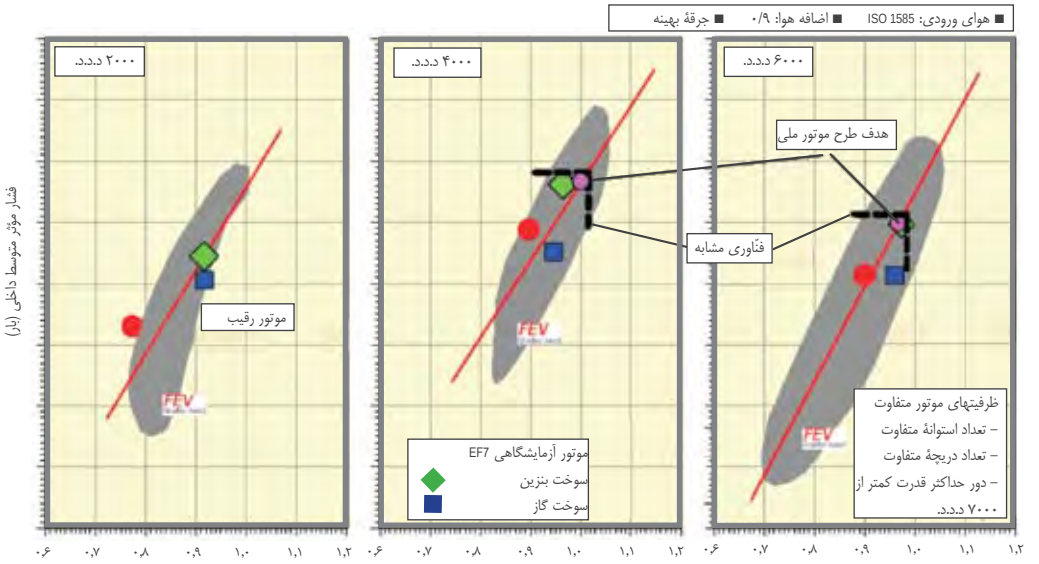
ج) نوارهای پراکندگی تحلیل ترمودینامیک موتور

ارزیابی تمام‌بار موتور



نوار پراکندگی ۱–۷ فشار مؤثر متوسط ترمزی بر حسب دور موتور و موقعیت موتور آزمایشگاهی اول نسبت به موتور رقیب و اهداف طرح (سوخت بنزین)

در صورتی که موتور فاقد یکی از دو سامانهٔ زمان‌بندی متغیر یا چند راههٔ هوای متغیر باشد، قرارگیری در حد بالای نوار پراکندگی همزمان در دورهای تند و کند دست یافتنی نیست. در موتور آزمایشگاهی اول که مجهز به سامانهٔ زمان‌بندی دریچه‌ها اســت، در دورهای کند موقعیت میل بادامک هوا در حالت تأخیر حداکثر قرار داشــته، لذا اگر چه بازدهٔ تنفســی اندکی کاهش داشــته اما چون بین دریچه‌ها همپوشانی وجود نداشته (یا ناچیز بوده) میزان گازهای پسماند درون استوانه که تأثیر نامطلوب بر حساسیت به پدیدهٔ کوبش[۱] دارد، قابل صرف نظر کردن بوده که منجر به قرارگیری زاویهٔ پیش‌رسی جرقه در موقعیت بهینه و افزایش بازدهٔ ســوخت و در نتیجه افزایش گشــتاور موتور شــده اســت. در دورهای تند نیز با قرارگیری موقعیت میل بادامک در حداکثر زاویهٔ پیش‌رســی، بازدهٔ تنفســی به مقدار چشــمگیری افزایش یافته و گشتاور موتور را افزایش داده است.



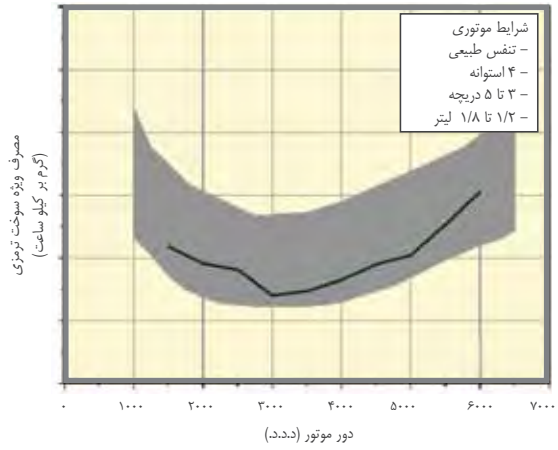
نوار پراکندگی ۲–۷ بازدهٔ تنفسی فشار مؤثر متوسط داخلی در سرعتهای مختلف موتور

فشار مؤثر متوسط به بازدهٔ تنفسی هوای تازه، رقّت درست (نسبت جرمی سوخت به هوای استوکیومتریک)، ارزش حرارتی ســوخت و بازده احتراق موتور، وابســته است. این نوار پراکندگی برای هر نوع سوخت باید به طور جداگانه تهیه شود ولی در اینجا به دلیل فقدان نوار پراکندگی گاز، موقعیت موتور آزمایشگاهی با سوخت گاز نیز اضافه شده است. برای سوخت بنزین این نوار بیانگر بازدهٔ تنفسی و بازدهٔ احتراق موتور است. بازدهٔ احتراق موتور خود به عوامل متعدد دیگری از جمله: نسبت تراکم، مقدار گازهای پسماند، هندسهٔ محفظهٔ احتراق و عدد گردبادهٔ جریان وابسته است.

با زمان‌بندی ثابت دریچه‌ها انتظار می‌رود بازدهٔ تنفســی مخلوط موتور با ســوخت بنزین بزرگتر از بازدهٔ آن با سوخت گاز باشــد زیرا چگالی ســوخت گاز کوچکتر از چگالی هوا اســت. همان گونه که در نوارهای دورهای ۴۰۰۰ و ۶۰۰۰ مشهود است بازدهٔ مخلوط با سوخت بنزین در حدود ۲٪ بزرگتر از بازدهٔ با سوخت گاز است اما در دور ۲۰۰۰ دریچهٔ هوا در حالت کارکرد با ســوخت گاز زودتر از حالت کارکرد با ســوخت بنزین باز شده و با ایجاد فرصت مکش هوای بیشتر، در مجموع جرم مخلوط (بازدهٔ تنفسی) یکسان حاصل شده است.

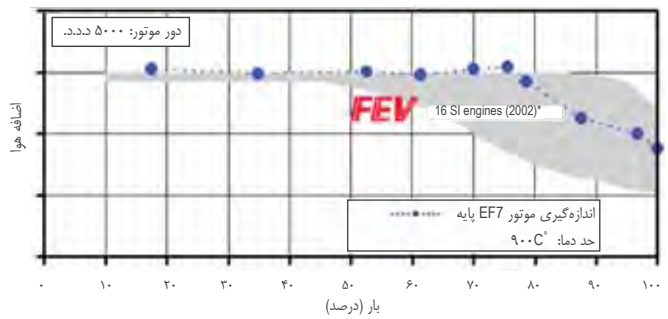
۱- Knock Sensitivity

بازدهٔ تنفسی هوای تازه با سوخت بنزین یک یا حداکثر ۲٪ کمتر از بازدهٔ تنفسی مخلوط است اما با سوخت گاز این تفاوت بین ۵ تا ۱۰٪ اســت. در دور ۲۰۰۰ با وجود آنکه بازدهٔ تنفســی هوا با سوخت بنزین ۷٪ از بازدهٔ تنفسی هوا با سوخت گاز بیشــتر اســت، ولی فشار مؤثر متوسط ترمزی آن‌ها این تفاوت را نشــان نمی‌دهد. در واقع نسبت تراکم بزرگتر این موتور آزمایشــگاهی (۱۱,۵) و حساســیت زیاد به کوبش با سوخت بنزین، باعث شده اعمال زاویهٔ پیش‌رسی جرقه با تأخیر زیاد همراه باشــد و در نتیجه بازدهٔ ســوخت و به تبع آن فشار مؤثر متوســط کاهش یابد اما با سوخت گاز نسبت تراکم بزرگ اثر مثبت داشته است.



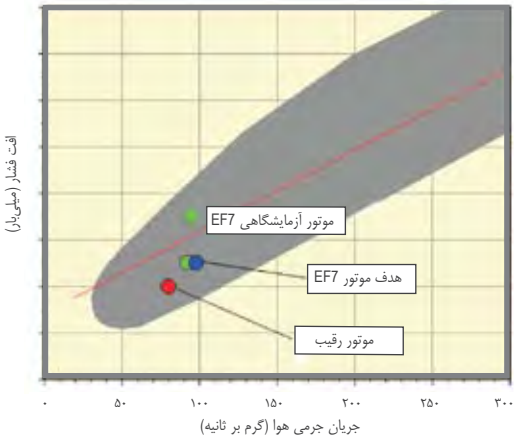
۳–۷ نوار پراکندگی مصرف ویژهٔ سوخت ترمزی بر حسب دور موتور و موقعیت یکی از موتورهای نمونهٔ تحقیقاتی در مرحلهٔ توسعهٔ احتراق

نســبت تراکم بزرگ موتور آزمایشــگاهی اول می‌تواند یکی از دلایل اصلی قرار گرفتن نوار مصرف ویژهٔ ســوخت آن در محدودهٔ پایین نوار باشد.

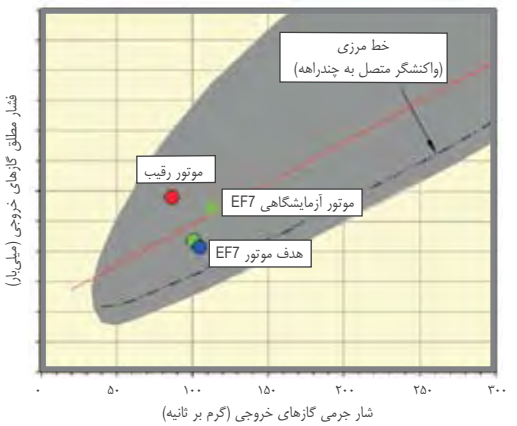


٤– ۷ نوار پراکندگی نسبت هوا به سوخت در دور ۵۰۰۰ د.د.د. و با زاویهٔ بهینهٔ پیش‌رسی جرقه

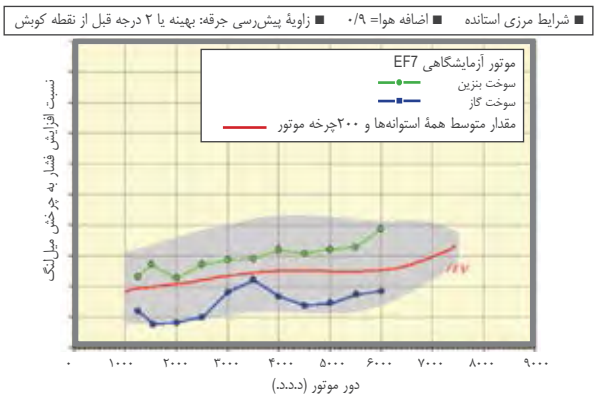
با نزدیک شدن به محدودهٔ تمام‌بار، غنی کردن مخلوط با هدف دستیابی به گشتاور قوی‌تر صورت می‌گیرد. یکی دیگر از دلایل غنی کردن مخلوط به ویژه در دورهای تند، جلوگیری از تجاوز دمای گازهای خروجی از حد مجاز (در اینجا ۹۰۰ درجه) می‌باشــد. مخلوط غنی به دلیل افزایش مصرف ســوخت مطلوب نیست بنابراین هر چه تعداد نقاط غنی شده کمتر و مقدار غنی شدن محدودتر باشد، طراحی بهتر است.



نوار پراکندگی ۵–۷ افت فشار سامانهٔ هواکش (صافی هوا و لوله‌ها) بر حسب شار جرمی هوا

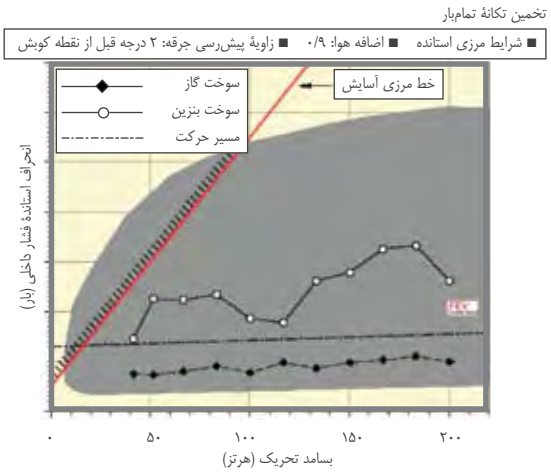


نوار پراکندگی ۶–۷ فشار مطلق گازهای خروجی در بالادست واکنشگر بر حسب شار جرمی گازهای خروجی



نوار پراکندگی ۷–۷ نرخ افزایش فشار بیشینه در هر درجهٔ گردش میل‌لنگ

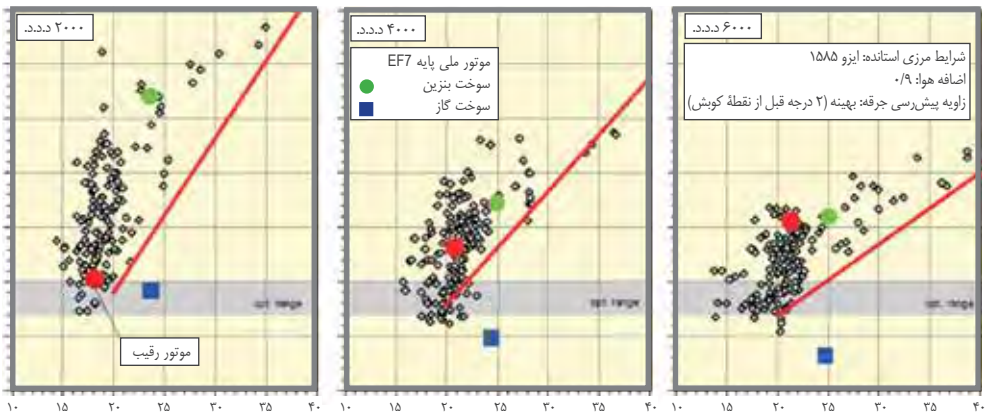
با توجه به نسبت تراکم بزرگ موتور آزمایشگاهی اول، زاویهٔ پیش‌رسی جرقه با سوخت بنزین با تأخیر زیاد همراه بوده، لذا نرخ افزایش فشار این موتور در محدودهٔ پایین نوار پراکندگی قرار گرفته است. بر عکس به دلیل مقاومت بیشتر سوخت گاز به پدیدهٔ کوبش، زاویهٔ پیش‌رسی جرقه همیشه در نقطهٔ بهینه قرار داشته، لذا در تمامی دورها نرخ افزایش فشار بزرگتر از حد متوسط نوار پراکندگی است.



نوار پراکندگی ۸-۷ انحراف معیار استانده فشار مؤثر متوسط داخلی بر حسب بسامد تحریک (تعداد استوانه ضربدر دور موتور تقسیم بر ۲)

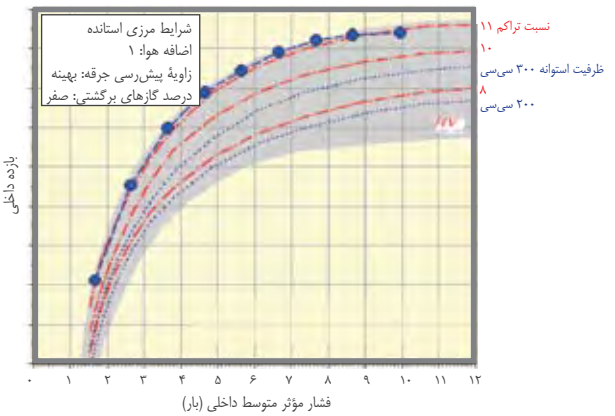
این نوار پراکندگی دو ناحیهٔ مرزی مهم را نیز نشان می‌دهد. خط افقی پایین محدودهٔ پراکندگی، حد بیشینه انحراف استانده را نشان می‌هد. در مرحلهٔ توسعهٔ احتراق یکی از معیارهای طراحی بهینه قرار گرفتن در زیر این خط می‌باشد. همچنین خط مورب این نوار خط آسایش را در مقابل ناهنجاری (NVH) ناشی از احتراق تکرار ناپذیر نشان می‌دهد. چنانچه نقطهٔ کاری موتور بالاتر از این خط حدی قرار گیرد، سروصدای ناشی از احتراق به شدت نامنظم و سروصدای غالب، آزار دهندهٔ سرنشینان خودرو خواهد بود.

در موتور آزمایشگاهی اول در حالی که کارکرد با سوخت گاز از این حیث در وضعیت کاملاً بهینه‌ای قرار دارد، به دلیل نسبت تراکم بزرگتر موتور، انحراف استاندهٔ بیشتر از حد بیشینهٔ مناسب است اما در عین حال حد آسایش سرنشین در وضعیت مطلوبی قرار دارد.

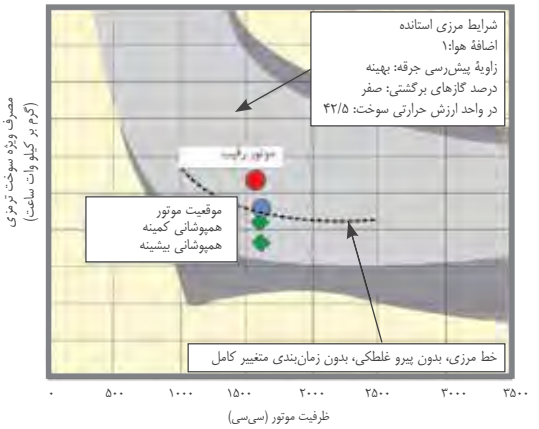


نوار پراکندگی ۹-۷ موقعیت وقوع فشار بیشینهٔ استوانه را بر حسب فشار استوانه در انتهای چرخهٔ تراکم نشان می‌دهد.

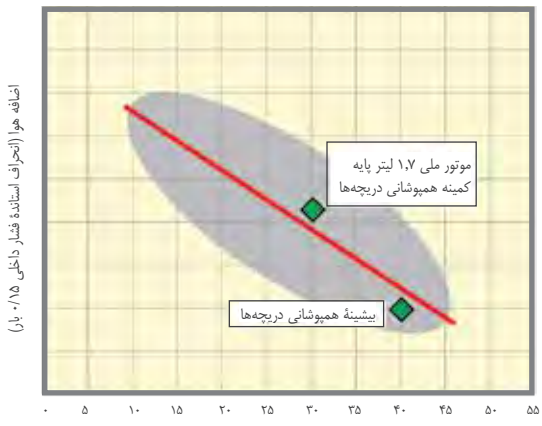
ارزیابی نیمه‌بار موتور



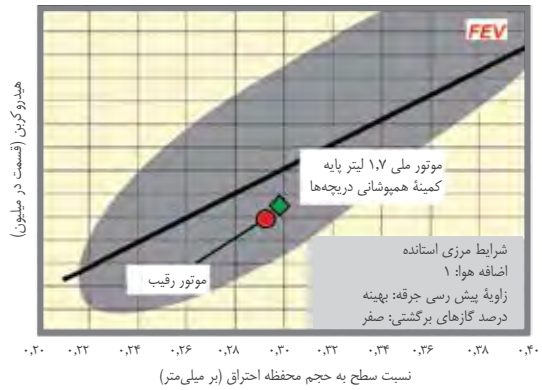
۱۰-۷ نوا پراکندگی بازدهٔ داخلی بر حسب فشار مؤثر متوسط داخلی و وابستگی آن به حجم استوانه و نسبت تراکم در دور ۲۰۰۰ د.د.د.



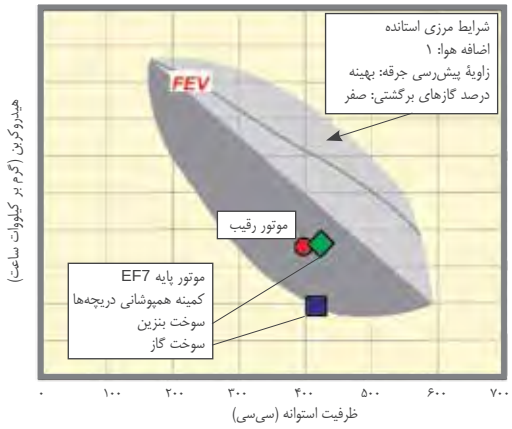
۱۱-۷ نوار پراکندگی مصرف ویژهٔ سوخت ترمزی بر حسب حجم جابه جایی موتور



۷-۱۲ نوار پراکندگی اضافه هوا بر حسب زاویهٔ بهینهٔ پیش‌رسی جرقه



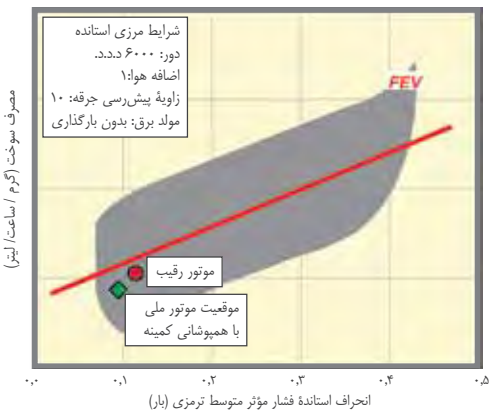
۷-۱۳ نوار پراکندگی تعداد قسمت در میلیون C_3 بر حسب نسبت سطح به حجم محفظهٔ احتراق



۷-۱۴ نوار پراکندگی مقدار هیدروکربن ویژه بر حسب ظرفیت استوانه

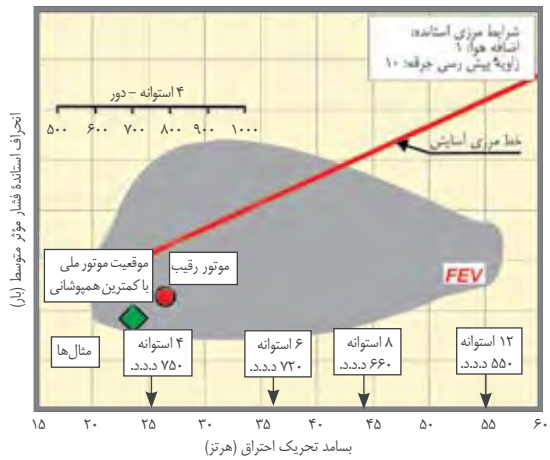
ارزیابی دور آرام موتور

نوار پراکندگی ۱۵-۷ شار جرمی مصرف سوخت در واحد لیتر حجم جابه جایی بر حسب حجم جابه جایی موتورها



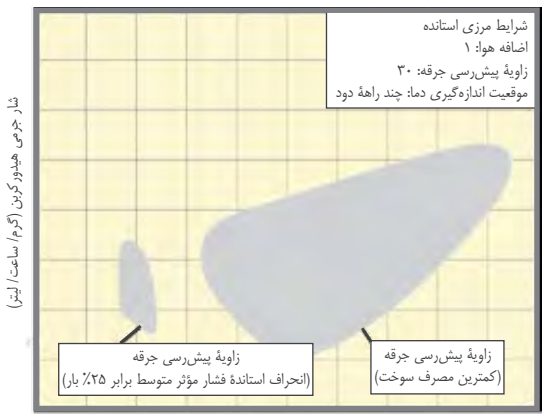
۱۶-۷ نوار پراکندگی شار جرمی مصرف سوخت در واحد لیتر حجم جابه جایی بر حسب انحراف استانداردهٔ فشار مؤثر متوسط ترمزی

۱۷-۷ نوار پراکندگی انحراف استانداردهٔ فشار مؤثر متوسط بر حسب زاویهٔ همپوشانی دریچه‌ها



نوار پراکندگی ۷–۱۸ انحراف استانهٔ فشار مؤثر متوسط بر حسب بسامد تحریک احتراق

ارزیابی راه‌اندازی سرد موتور



۷–۱۹ نوار پراکندگی شـــار جرمی هیدروکربن در واحد لیتر جابه جایی بر حســـب گرمای گازهای خروجی در واحد لیتر ظرفیت با زاویهٔ بهینهٔ پیش‌رسی جرقه و زاویهٔ جرقه به تأخیر افتاده که انحراف استانهٔ فشار مؤثر متوسط ۰٫۲۵ باشد.

نرخ گرمای بزرگتر که مستلزم قابلیت به تأخیر اندختن زاویهٔ جرقه (با رعایت محدودهٔ مجاز ناپایداری احتراق) است همراه با نرخ هیدروکربن کوچکتر نشان دهندهٔ یک طراحی و تنظیم بهینه است.

155.5°
B
18° (3x)
C
E
0.1 B A C
Ø6.2 H12
thru
C
(114.°) sensor position
C
E
R113.12
A
120° (3x)
60° (x?)
D
A
100
16

فصل سوم

شبیه‌سازی در فرآیند طراحی و توسعهٔ محصول

شبیه‌سازی در فرآیند طراحی و توسعهٔ محصول

۳-۱ پیش‌درآمد

در فرآیند توسعهٔ محصول، محاسبات مهندسی جایگاه ویژه‌ای دارد. عمدهٔ تمرکز محاسبات مهندسی در مراحل مختلف طراحی مفهومی و تفصیلی است. همچنین پس از ساخت نمونه‌های اولیه، محاسبات مهندسی در کنار فعالیت‌های شبیه‌سازی به کمک طراحی می‌آید تا مشکلات و خرابی‌های مجموعه‌ها یا قطعات موتور ارزیابی و رفع شود. به همین دلیل است که محاسبات مهندسی از همان آغاز طرح توسعهٔ موتور ملی با ابزارها و روش‌های ویژه و مختلف وارد می‌شود و تقریباً تا اواخر طرح همراه آن است.

از طرفی با نگاهی کلی به روند توسعهٔ محصولات با فنّاوری پیشرفته، مزایای استفاده از شبیه‌سازی و محاسبات مهندسی پیش از نمونه‌سازی و اجرای آزمون بیشتر مشخص می‌شود و حتی اساساً در بسیاری موارد، توسعه و تولید محصول، بدون آن ممکن نیست. البته این امر به معنای بی‌هزینه بودنِ فعالیت‌های محاسبات مهندسی نیست، چرا که این فعالیت‌ها چند ویژگی بارز دارند که توجه به آن‌ها از طرفی هزینه‌هایِ این نوع فعالیت را نشان می‌دهد و از طرفی ارزش و جایگاه آن را بیشتر مشخص می‌کند. نخست این که این نوع فعالیت، متأثر از نیروی انسانی بسیار متخصص، ماهر و باتجربه است که به دست‌آوردن و نگهداشتن آن سرمایهٔ انسانی، بسیار ارزشمند و البته دشوار است. دوم این که هزینه‌ها و سرمایه‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری چشمگیر است، به ویژه در مواردی که راهی جز توسعهٔ نرم‌افزاری خاص با توانایی‌هایی تخصصی وجود ندارد و سوم این که با توجه به حجم و پیچیدگی روزافزونِ محاسبات، زمان، که امری تعیین‌کننده در موفقیت طرح توسعه‌ای است، از مهم‌ترین عناصری است که باید در سازماندهی فعالیت‌های محاسبات مهندسی لحاظ شود.

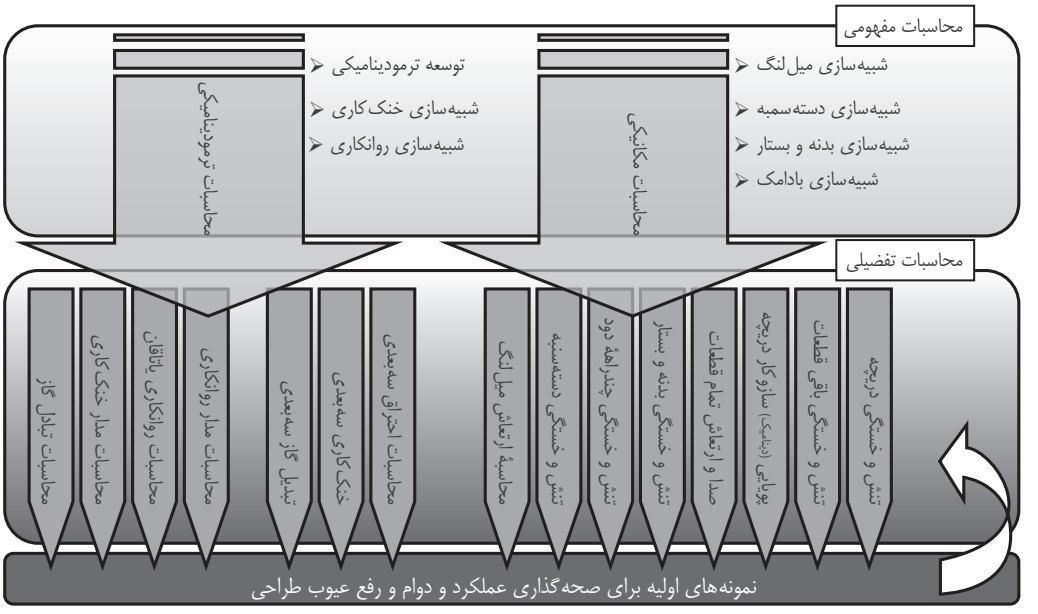
امروزه بسیاری از محاسبات مهندسی به علت پیچیدگی‌بدون بهره‌گیری از امکانات رایانه‌ای امکان‌پذیر نیست و بسته‌های نرم‌افزاری، ابزاری مناسب برای بسیاری از محاسبات و تحلیل‌ها به شمار می‌آید. به همین دلیل است که نام فعالیت‌های محاسبات مهندسی با عنوان Computer-Aided Engineering یا CAE شناخته می‌شود. در محاسبات مهندسی موتور هم از بسته‌های نرم‌افزاری با کارایی عمومی (مانند تحلیل اجزای محدود[۱] یا دینامیک محاسباتی سیالات[۲]) و هم از نرم‌افزاهای تخصصی موتور استفاده می‌شود. البته در مورد محاسبات موتور که پیچیدگی خاصی دارد، همان طور که ذکر شد، ممکن است به توسعهٔ نرم‌افزاری خاص با کاربری بسیار تخصصی نیاز باشد که تنها از عهدهٔ نیرویی کارآمد و باتجربه برمی‌آید.

از دیدگاه توسعهٔ محصول می‌توان فعالیت‌های محاسبات مهندسی طرح خانوادهٔ موتور ملی را، شامل موتور تنفس طبیعی و پرخوران، را به دو بخش عمده تقسیم کرد: محاسبات مفهومی و محاسبات تفصیلی. همچنین از نگرش فیزیکی نیز می‌توان این فعالیت‌ها را به دو بخش عمدهٔ محاسبات مکانیکی و ترمودینامیکی تقسیم‌کرد که در شکل ۱-۳ جزییات آن‌ها نشان داده شده است. هر کدام از این فعالیت‌ها حلقه‌ای است شامل رفت و برگشت طرح‌های مختلف میان گروه طراحی و محاسبات مهندسی برای رسیدن به طرحی مناسب که معیارهای محاسبات مهندسی را برآورده سازد. همچنین همان طور که در شکل ۱-۳ مشخص شده در نهایت پس از ساخت نمونه‌های اولیه و با دریافت بازخورهای صحه‌گذاری، در صورت نیاز، محاسبات مهندسی مجدداً وارد می‌شود تا مشکل را با تغییر طراحی حل کند. آن‌چه نتیجهٔ محاسبات مفهومی است، معمولاً در محاسبات تفصیلی به کار می‌آید و همچنین در برخی موارد، بین محاسبات ترمودینامیکی و مکانیکی پیوند درونی وجود دارد. مانند مواردی که محاسبات ترمودینامیکی، تأمین‌کنندهٔ شرایط مرزی و اولیهٔ محاسبات مکانیکی است.

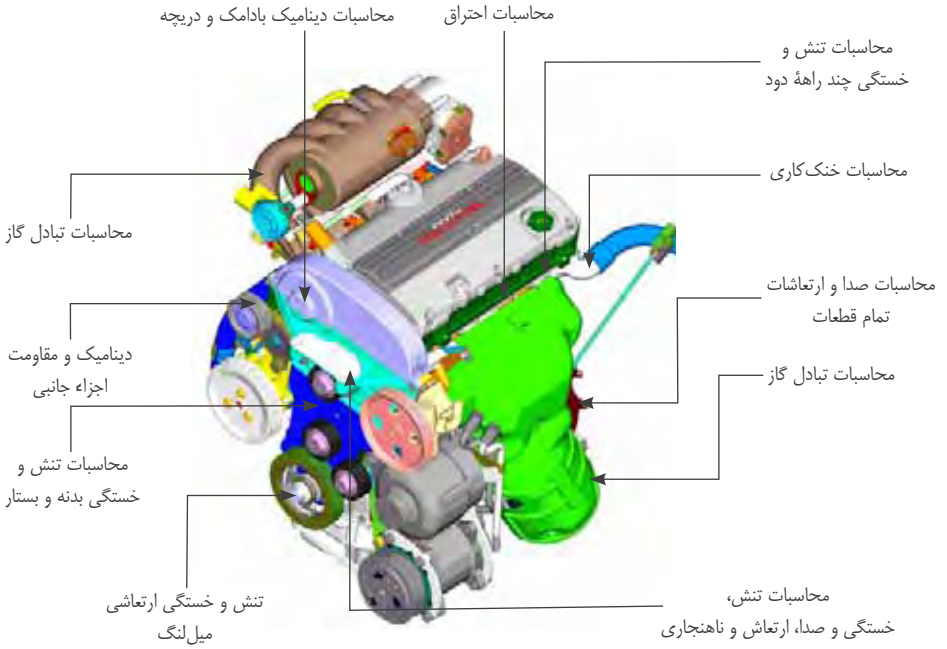
از طرفی می‌توان با نگرش محصول، محاسبات مهندسی را تقسیم‌بندی‌کرد که در شکل ۲-۳ مختصراً بخش‌های مختلف فعالیت محاسبات و شبیه‌سازی و تناظر آن با اجزاء و سامانه‌ها بر روی الگوی موتور ملی تنفس طبیعی نشان داده شده است.

۱- Finit Element Analysis (FEA)
۲- Computational Fluid Dynamics (CFD)

در ادامه، فعالیت‌های محاسبات مهندسی خانوادهٔ موتور ملی شامل موتور تنفس طبیعی و پرخوران، در هر دو مرحلهٔ «طراحی مفهومی» و «طراحی تفصیلی» شرح داده می‌شود.



شکل ۱-۳ تقسیم‌بندی فعالیت‌های محاسبات مهندسی از دیدگاه توسعهٔ محصول در طرح موتور ملی

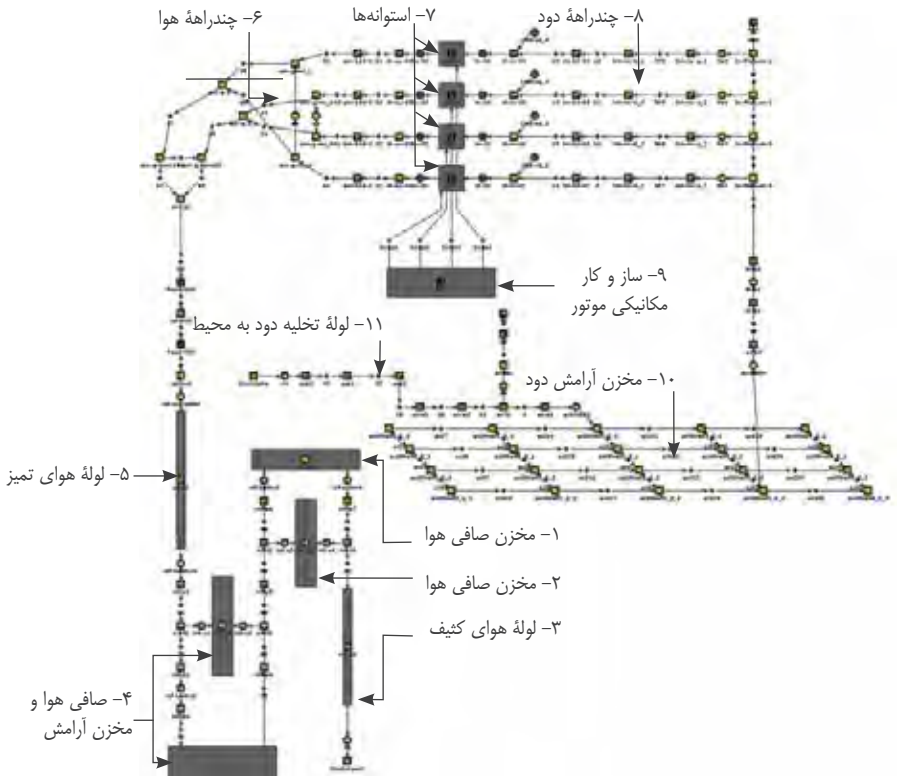


شکل ۲-۳ تقسیم‌بندی فعالیت‌های محاسبات مهندسی از دیدگاه محصول (موتور) روی الگوی موتور ملی تنفس طبیعی

۳-۲ فعالیت‌های شبیه‌سازی در مرحلهٔ طراحی مفهومی خانوادهٔ موتور ملی

محاسبات و شبیه‌سازی فرآیند تبادل گاز

هدف اصلی از این فعالیت، ایجاد شناخت کمّی از رفتار سیالاتی و ترمودینامیکی اجزای موتور است. در این فعالیت، مسیر هوا، دود و اســتوانه‌ها شبیه‌ســازی شده، عملکرد و بازدهٔ موتور محاسبه می‌شــود. تمرکز این فعالیت بر روی فرآیندهای تخلیه و تنفس موتور است که به صورت تک‌بعدی[۱] شبیه‌سازی می‌شود و به کمک آن، بهینه‌سازی هندسی و زمان‌بندی دریچه‌ها برای رسیدن به اهداف عملکردی قابل اجراست. فرآیند احتراق در این شبیه‌سازی با استفاده از معادلات تحلیلی یا نتایج تجربی پیشین شبیه‌سازی می‌شود که به لحاظ مهندسی دقت قابل‌قبولی دارد. یکی از مهم‌ترین مسائل در همهٔ این محاسبات، وجود اطلاعات تجربی از آزمون احتراقی موتوری مشابه است (مانند فشار درون استوانه، فشار در مجاری تنفــس و تخلیه، کمیت‌های عملکردی، مصرف ســوخت و ...) که از واحد الگوبرداری گرفته می‌شــود. این اطلاعات در زینه‌بندی شبیه‌سازی بسیار مؤثر است و دقت محاسبات را تا حدی که قابل‌قبول و اعتماد باشد، افزایش می‌دهد. همچنین این محاسبات اطلاعات شرایط مرزی جریان را برای تحلیل‌های سه‌بعدی[۲] جریان در چندراههٔ هوا و دود مهیا می‌سازد. در طرح موتور ملی این شبیه‌ســازی با نرم‌افزار GT-Power از بســتهٔ نرم‌افزاری GT-SUITE® انجام شد. نتیجهٔ این محاسبات، تعیین ابعاد هندسی مجاری و احجام ورودی (مجموعهٔ تنفس) و خروجی (مجموعهٔ تخلیه) و همچنین نیم‌رخ و زمان‌بندی بادامک‌ها و ارائهٔ آن به واحد طراحی بود. در مورد موتور ملی پرخوران انطباق پرخوران با موتور نیز با همین محاســبات انجام شد. در شــکل ۳-۳ الگوی موتور ملی تنفس طبیعی شبیه‌سازی‌شــده در نرم‌افزار GT-Power نشان داده شده است.



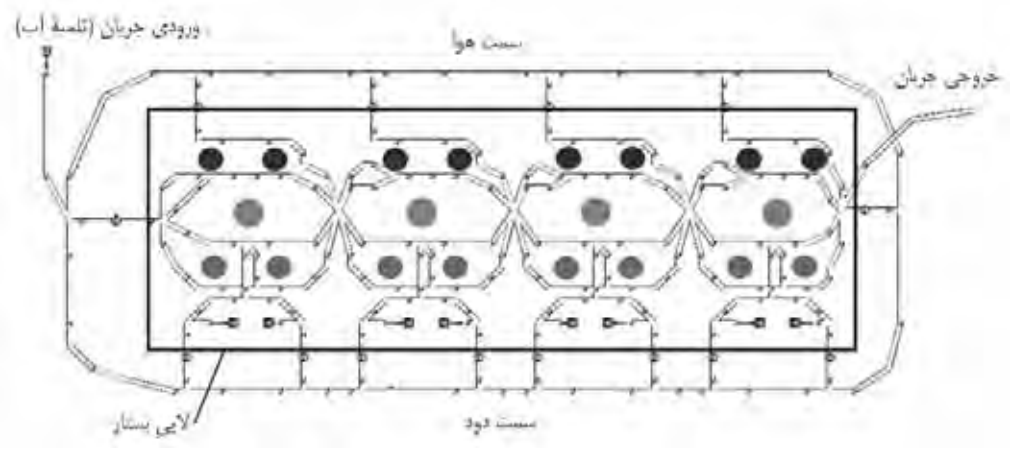
شکل ۳-۳ الگوی موتور ملی تنفس طبیعی شبیه‌سازی شده در نرم‌افزار GT-Power

۱- One - Dimensional
۲- Three - Dimensional

تحلیل تک‌بعدی خنک‌کاری و روانکاری

تحلیل تک‌بعدی مدار خنک‌کاری و روانکاری موتور که در مرحلهٔ طراحی مفهومی موتور انجام می‌شـود، با هدف ایجاد شناخت کیفیت خنک‌کاری و روانکاری موتور با توجه به نیازهای کمّی هر یک از عناصر این مدارهاست.

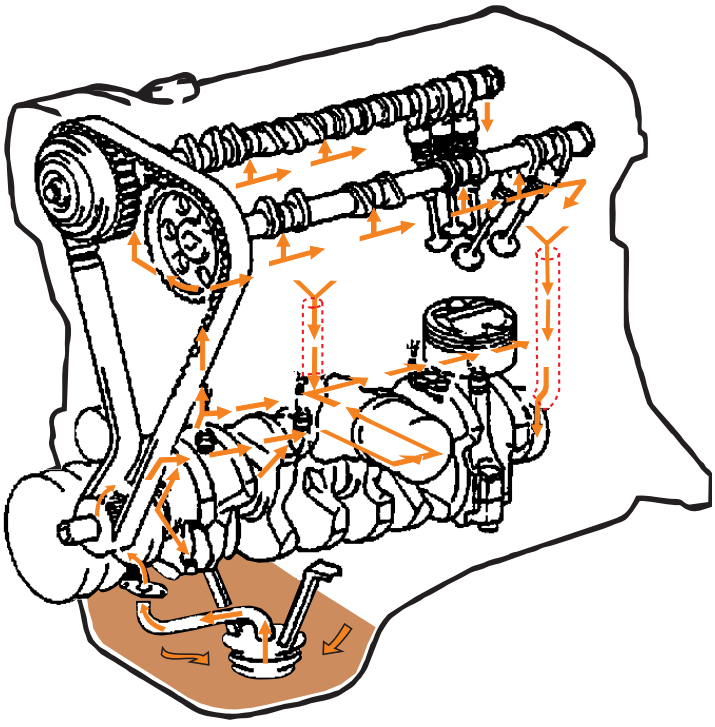
تحلیل خنک‌کاری تک‌بعدی شامل دو بخش عمده است: در بخش اول تنها مجاری خنک‌کاری بستار و بدنه شبیه‌سازی و محاسبات جریان در آن‌ها انجام می‌شود و در بخش دوم کل مدار خنک‌کاری خودرویی شبیه‌سازی می‌شود. در بخش اول مجاری خنک‌کاری داخل موتور و هندسـهٔ لایی بسـتار در الگو لحاظ شـده و پس از محاسبهٔ مشخصات جریان که شامل توزیع فشار، سرعت و شار در هر شاخه است، بهینه‌سازی هندسی مجاری و سوراخ‌های لایی[1] برای پایش جریان و رسـیدن به کمترین افت فشـار و یکنواخت‌ترین توزیع انجام می‌شـود. این تحلیل شامل محاسبات حرارتی نیست. در بخش دوم، همهٔ مدار خنک‌کاری خودرو که شامل تلمبهٔ آب، موتور، مبدل حرارتی، بخاری اتاق سرنشین و گرم‌کنِ شیر فشارشکن گاز طبیعی فشرده است، به صورت تک‌بعدی (شبکه‌ای از لوله‌ها، حجم‌ها، افت فشارها و مقاطع محدودکنندهٔ جریان) شبیه‌سـازی و مشـخصات جریان در هر قسمت محاسبه می‌شـود. در مورد موتور ملی پرخوران، آبگرد پرخوران نیز به مدار اضافه می‌شـود. در این بخش، مشـخصات سیالاتی و ترمودینامیکی جریان، هر دو، محاسبه می‌شوند. نتیجهٔ محاسبات این بخش، معین شدن نیازمندی‌های عملکردی تلمبهٔ آب، نیازمندی دفع حرارتی مبدل و مشخصات جریان در هر جزء سامانهٔ خنک‌کاری است. برای این تحلیل در طرح موتور ملی از نرم‌افزار GT-Cool که از بستهٔ نرم‌افزاری®GT-SUITE است، استفاده شده است. در شکل ۴-۳ نمایی از الگوی آماده شدهٔ مجاری بستار و بدنه در نرم‌افزار نشان داده شـده اسـت. این محاسبات علاوه بر کاربرد یاد شده، برای تهیهٔ اطلاعات شـرایط مرزی تحلیل سه‌بعدی جریان آب در مجاری بستار و بدنه نیز مورد نیاز است.



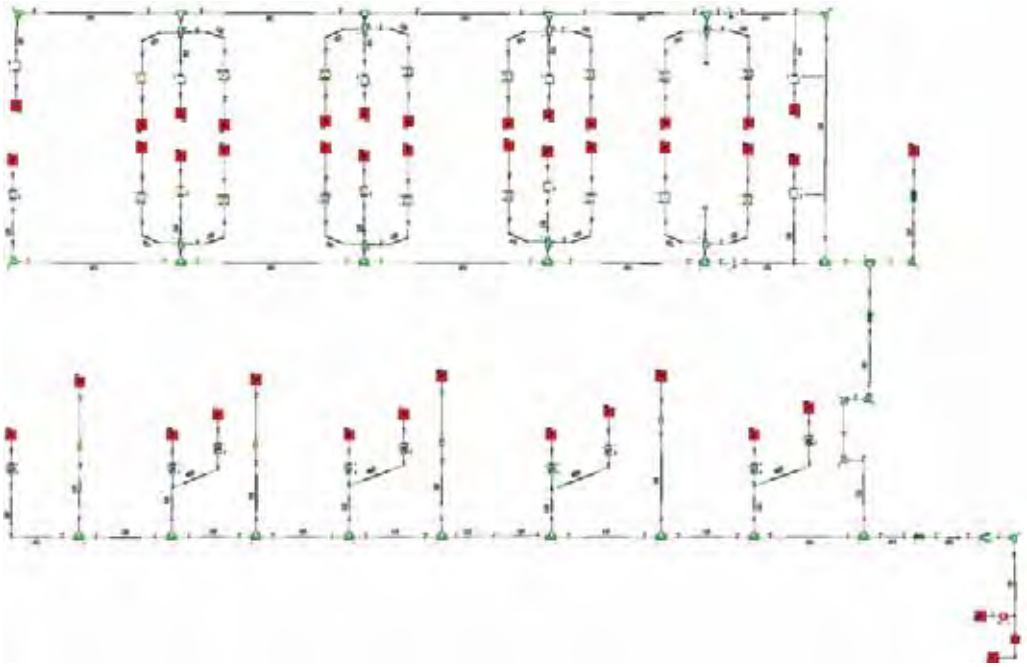
شکل ٤-۳ الگوی آماده شده در نرم‌افزار GT-Cool برای تحلیل تک‌بعدی خنک‌کاری در موتور

تحلیـل روانـکاری در طرح موتور ملی با هدف شناسـایی رفتار سـامانهٔ روغن‌کاری و هر یک از اجزای آن انجام شـد. این تحلیل نیز به صورت تک‌بعدی و با شبیه‌سـازی عناصر مدار شـامل تلمبهٔ روغن، شـیر فشارشکن، یاتاقان‌ها، افشانهٔ خنک‌کن سـمبه، مبدل خنک‌کن روغن، لقی‌گیرهای روغنی، یاتاقان پرخوران (در موتور پرخوران) و سامانهٔ تنظیم‌کنندهٔ زمان‌بندی دریچه‌ها و مجاری اتصال این عناصر به یکدیگر انجام شـد. در این تحلیل فشـار و شار روغن در هر مقطع از مدار محاسبه می‌شود تا با توجه به مقدار نیاز هر عنصر، مشخصات تلمبه و شیر فشارشکن تعیین شود. این شبیه‌سازی در نرم‌افزار ®Flowmaster انجام شـد که در شـکل‌های ۵-۳ و ۶-۳ به ترتیب طرح‌وارهٔ مدار روانکاری موتور ملی تنفس طبیعی و الگوی آماده شـدهٔ آن در نرم‌افزار ®Flowmaster ، همچنین در نوار شـکل ۷-۳، خروجی اصلی این محاسبه که شامل مصرف روغن هر عنصر در سرعت‌های مختلف موتور است، مشاهده می‌شود.

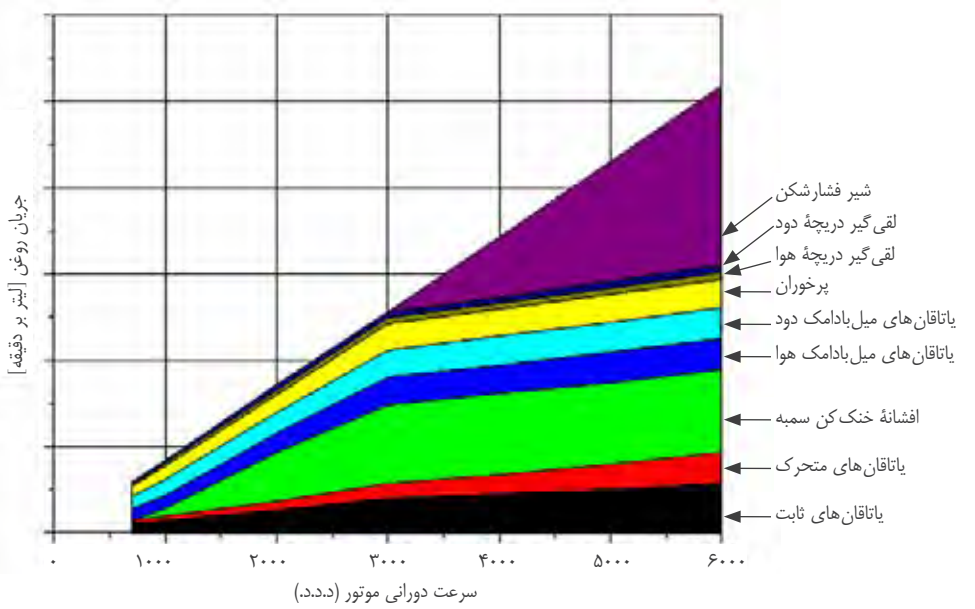
۱- Gasket



شکل ۳-۵ طرح‌وارهٔ مدار روانکاری موتور ملی تنفس طبیعی



شکل ۳-۶ الگوی مدار روانکاری موتور ملی تنفس طبیعی شبیه‌سازی شده در نرم‌افزار Flowmaster®



شکل ۷-۳ نمونه‌ای از نتایج تحلیل تک‌بعدی مدار روانکاری موتور ملی پرخوران

تحلیل یاتاقان‌ها

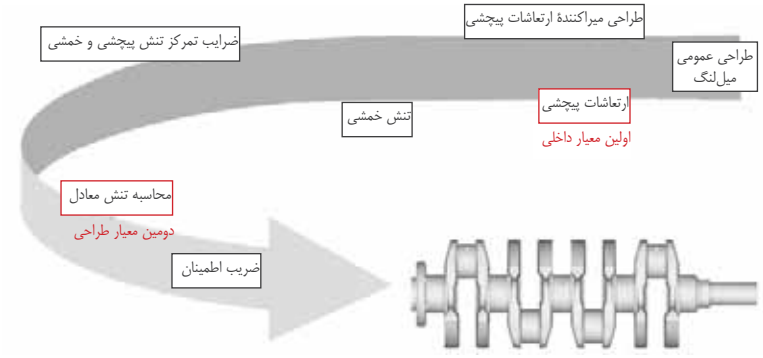
هدف از این تحلیل، محاسبهٔ متغیرهای عملکردی یاتاقان‌های ثابت و متحرک میل‌لنگ شامل بیشینهٔ فشار لایهٔ روغن و کمینهٔ ضخامت آن است. همچنین بار وارد بر یاتاقان محاسبه می‌شود تا به عنوان یکی از معیارهای مهم در طراحی آن استفاده شود. این محاسبات به روش هیدرودینامیکی و در سرعت‌های مختلف موتور و حالت تمام‌بار در دماها و فشارهای مختلف روغن انجام می‌شود. در شرکت FEV این تحلیل با استفاده از نرم‌افزاری داخلی انجام می‌شد و به موازات آن در مرکز تحقیقات موتور با استفاده از نرم‌افزار AVL EXCITE® انجام شد. نتایج مصرف روغن یاتاقان‌ها که یکی از خروجی‌های این تحلیل است، به عنوان شرایط مرزی در تحلیل تک‌بعدی همهٔ مدار روانکاری استفاده می‌شود.

تحلیل تنش و ارتعاشات میل‌لنگ

طراحی میل‌لنگ که یکی از مهم‌ترین قطعات موتور است، معمولاً در مرحلهٔ طراحی مفهومی انجام می‌شود، چرا که مشخصات هندسی آن بر بسیاری از قطعات دیگر همچون بدنه، چرخ طیار و میراکنندهٔ ارتعاشات پیچشی[۱] تأثیر می‌گذارد.

این تحلیل در واقع ترکیبی از تحلیل تک‌بعدی و سه‌بعدی است. در آغاز میل‌لنگ با ساده‌سازی فیزیکی و ریاضی به صورت صفحه‌دایره و میلهٔ شبیه‌سازی می‌شود تا ارتعاشات خمشی و پیچشی آن محاسبه شود. در این مرحله مشخصات مورد نیاز طراحی میراکنندهٔ ارتعاشات پیچشی و چرخ طیار معین می‌شود. این مشخصات با معیارهای استاندهٔ پیچش مجاز میل‌لنگ تعیین می‌شود. سپس تنش تولید شده در میل‌لنگ که حاصل پیچش و خمش ارتعاشاتی است با کمک نرم‌افزار اجزای محدود ABAQUS® محاسبه می‌شود و هندسهٔ آن برای تحمل تنش‌های وارده با در نظر گرفتن معیارهای مجاز تعیین می‌شود. در انتها نیز خستگی بسامد میل‌لنگ تحت بارهای تناوبی محاسبه و با اعمال ضرایب اطمینانِ کافی هندسهٔ میل‌لنگ، نهایی می‌شود. این تحلیل که پیچیدگی‌ها و ظرافت‌های خاصی دارد با نرم‌افزار داخلی مرکز تحقیقات موتور که بر اساس دقیق‌ترین ترکیب محاسبات یک‌بعدی و سه‌بعدی است، انجام شد و چون میل‌لنگ موتورهای ملی پرخوران و تنفس طبیعی در هر دو موتور مشترک بود، تحلیل با شرایط مرزی موتور پرخوران که سخت‌تر بود، انجام گرفت. در شکل ۸-۳ روند محاسبات میل‌لنگ در طرح موتور ملی نشان داده شده است.

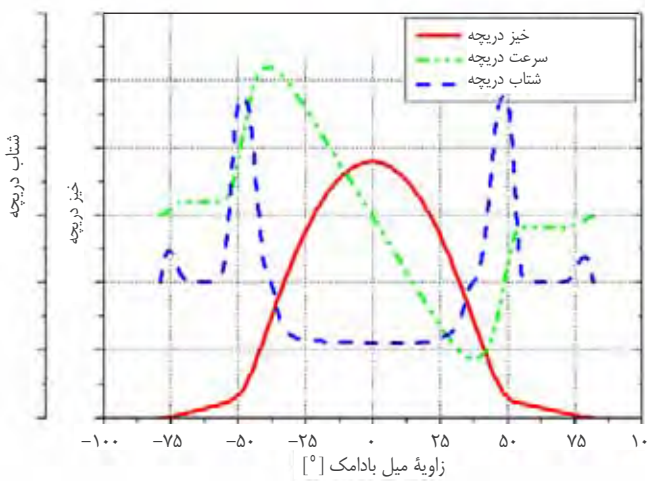
۱- Torsional Vibration Damper (TVD)



شکل ۸-۳ روند محاسبات ارتعاشاتی و تنشی میل‌لنگ در طرح موتور ملی

تحلیل حرکتی[۱] بادامک و دریچه

در این تحلیل، هدف اصلی طراحی نیم‌رخ بادامک است به گونه‌ای که معیارهای شتاب، سرعت و تنش تماسی[۲] را برآورده سازد. در این تحلیل که به روش حرکتی انجام می‌شود، دریچه، سازوکار آن و بادامک شبیه‌سازی می‌شود و نوارهای شتاب، سرعت، تکان و تنش تماسی محاسبه و استخراج می‌شود. سپس بهینه‌سازی قسمت‌های مختلف نوارهای مذکور با بیش از ده معیار که از تجربه و الگوبرداری به دست‌آمده، انجام می‌شود. در همهٔ مراحل بهینه‌سازی باید سطح زیر نوار خیز دریچه، بیشینهٔ مقدار باشد تا بیشترین بازدهٔ تنفسی در تحلیل‌های تک‌بعدی تبادل گاز حاصل شود. معمولاً چند رفت و برگشت محاسباتی بین گروه تحلیل بادامک و تبادل گاز انجام می‌شود تا در نهایت نیم‌رخ بادامک طراحی شود. در طرح موتور ملی برای این تحلیل از نرم‌افزار Zuck® که نرم‌افزار تخصصی تحلیل و طراحی بادامک موتور است، استفاده شد که در نوار شکل ۹-۳ نمونه‌ای از نتایج شتاب و سرعت و خیز دریچه[۳] که نتیجهٔ این تحلیل باشد، نشان داده شده است. البته نتایج این تحلیل با نتایج محاسبات پویایی[۴] (دینامیکی) سازوکار دریچه که در مرحلهٔ محاسبات تفصیلی انجام می‌شود، مقایسه خواهد شد تا از دقت و صحت آن اطمینان ایجاد شود.



شکل ۹-۳ نمونه‌ای از نتیجهٔ محاسبات حرکتی بادامک و دریچه

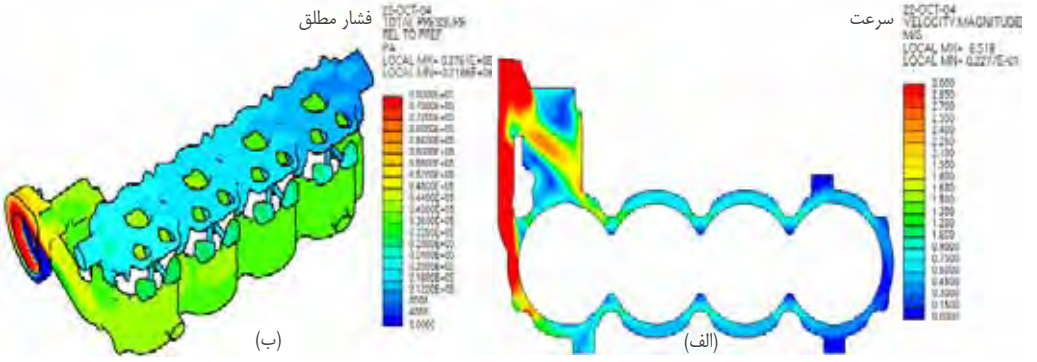
۱- Kinematics
۲- Hertzian Stress
۳- Valve Lift
۴- Dynamics

۳-۳ فعالیت‌های شبیه‌سازی در مرحلهٔ طراحی تفصیلی موتور ملی

مرحلهٔ دوم، محاسبات تفصیلی[۱] است که نتایج آن برای نهایی‌کردن طراحی جزییات همهٔ سامانه‌ها و قطعات موتور ضروری است. در این مرحله هم روش‌ها و ابزارهای محاسبات تغییر می‌کند و هم روش و معیارهای ارزیابی نتایج. به طور کلی می‌توان گفت که تحلیل‌های مکانیکی و سیالاتی در این مرحله، همگی به صورت سه‌بعدی و با در نظر گرفتن همهٔ شرایط مرزی و کاری قطعات انجام می‌شود.
در طرح خانوادهٔ موتور ملی، به علت مشترک بودن بسیاری از قطعات مانند بستار، بدنه، دسته‌سمبه، چرخ طیار و ... در هر مورد سخت‌گیرانه‌ترین شرایط مرزی و کاری که معمولاً متعلق به موتور پرخوران است، اعمال می‌شود و البته که در چنین مواردی ضریب اطمینان طراحی در موتور تنفس طبیعی بزرگ خواهد بود. در ادامه، فعالیت‌های انجام‌شده در مرحلهٔ محاسبات تفصیلی در طرح خانوادهٔ موتور ملی شرح داده شده است.

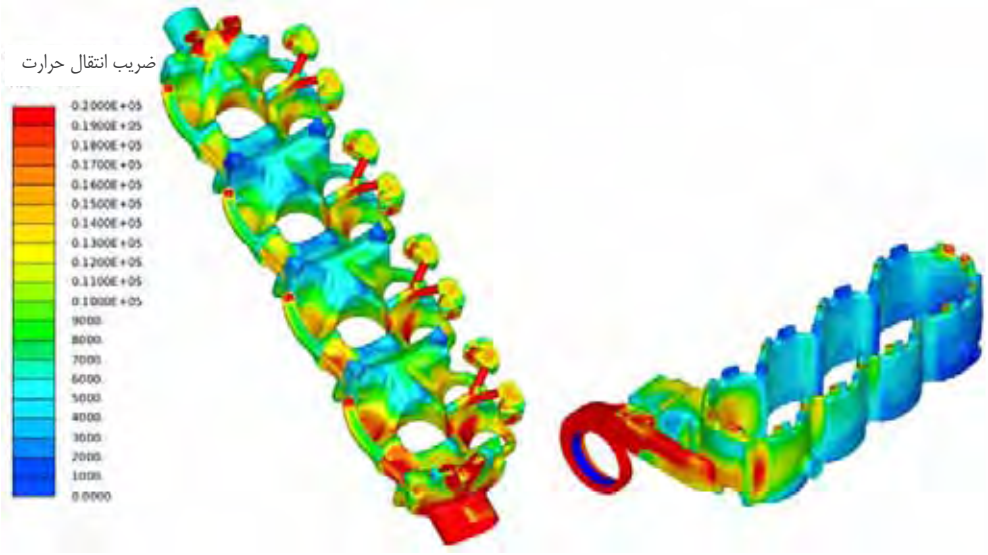
تحلیل سه‌بعدی جریان سیال خنک‌کننده

این تحلیل در واقع ادامهٔ محاسبات تک‌بعدی خنک‌کاری موتور است. در این فعالیت، جریان در مجاری خنک‌کاری موتور در بستار و بدنه محاسبه می‌شود و افت فشارها، شارها و گردابه های احتمالی بررسی می‌شوند. شرایط مرزی چنین تحلیلی از محاسبات تک‌بعدی که پیشتر ذکر شد، گرفته می‌شود.روش شبیه‌سازی، دینامیک محاسباتی سیالات است که با نرم‌افزارهای مختلفی قابل اجراست. در طرح موتور ملی برای پیش‌پردازش و شبکه‌بندی الگوی سه‌بعدی از نرم‌افزار®ANSYS ICEM-CFD و برای پردازش و حل مسأله از نرم‌افزار®STAR-CD استفاده شد. از وظایف مهم این فعالیت کاهش افت فشار تا حد ممکن و از بین بردن گردابه‌ها به ویژه در مناطقی از بستار است که گرم‌تر هستند. علاوه بر این، یکنواخت بودن جریان از مهم‌ترین معیارهایی است که با هدف توزیع یکنواخت حرارت در بدنه و بستار بررسی می‌شود. همچنین به عنوان خروجی این محاسبات، ضرایب انتقال حرارت روی دیوارهٔ مجاری خنک‌کاری استخراج می‌شود تا در تحلیل تنش بدنه و بستار استفاده شود. هر چند که در این شبیه‌سازی انتقال حرارت از محفظهٔ احتراق به آب، لحاظ نمی‌شود، اما ضرایب انتقال حرارت، که بر اساس محاسبات سیالاتی محاسبه شده، باید در محدودهٔ مجاز قرار گیرد تا از عدم شکل‌گیری نقاط داغ اطمینان حاصل شود.
در شکل ۱۰-۳ برخی نتایج محاسبه شامل توزیع سرعت و فشار در مجاری خنک‌کاری موتور و در شکل ۱۱-۳ توزیع ضریب انتقال حرارت دیوارهٔ مجاری خنک‌کاری نشان داده شده است.



شکل ۱۰-۳ نمونه‌ای از توزیع سرعت در مقطعی از بدنه (الف) و توزیع فشار در مجاری خنک‌کاری موتور ملی (ب)

۱- Detail Simulation



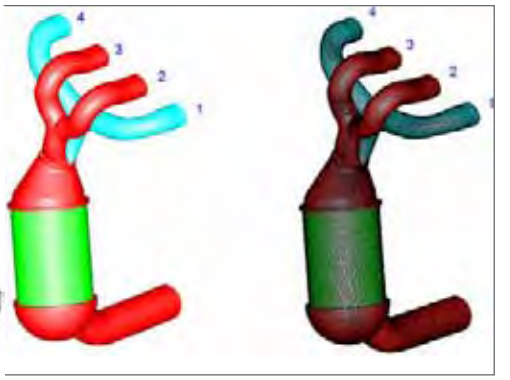
شکل ۱۱-۳ نمونه‌ای از ضرایب انتقال حرارت در مجاری بدنه و بستار موتور ملی

تحلیل سه‌بعدی جریان در چندراههٔ خروجی و واکنشگر شیمیایی

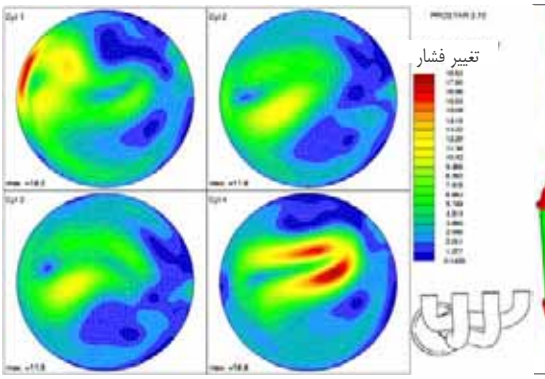
این تحلیل برای بهینه‌سازی جریان در چندراههٔ خروجی و در ورودی واکنشگر شیمیایی است. اهداف بهینه‌سازی کمینه‌کردن افت فشار، بیشینه‌کردن یکنواختی جریان و فشار در ورود به واکنشگر شیمیایی، از بین بردن احتمال پس‌زدن جریان در مجاری دود به سمت استوانه‌ها، از بین بردن گردابه‌های موضعی و کاهش سرعت حرکت سیال به کمتر از سرعت صوت است. این تحلیل در واقع ادامهٔ محاسبات تک‌بعدی تبادل گاز با پیچیدگی بسیار بیشتر و معیارهای متفاوت است. همچنین شرایط مرزی در ورودی مجاری دود از تحلیل تک‌بعدی گرفته می‌شود. روش کار مانند فعالیت محاسبات تحلیل سه‌بعدی جریان در مجاری آب خنک‌کاری است، با این تفاوت که در این تحلیل سیال تراکم‌پذیر است.

یکنواخت بودن جریان به لحاظ سرعت و فشار در ورود به واکنشگر امری ضروری است، چرا که در صورت عدم یکنواختی جریان واکنشگر به صورت نامتقارن مستهلک می‌شود و بازدهٔ آن به سرعت کاهش می‌یابد و آلایندگی افزایش می‌یابد. همچنین بهترین محل نصب حسگر اکسیژن برای آن که بتوان خوانش صحیحی را انجام داد، نیز از نتیجهٔ همین محاسبات به دست می‌آید. از این رو شاخص‌های خاصی روی میدان‌های سرعت و فشار در دهانهٔ ورودی واکنشگر تعریف و محاسبه می‌شود که در طراحی خوب، حتماً باید آن‌ها را رعایت‌کرد. در محاسبات مهندسی موتور ملی، به علت تفاوت هندسهٔ مسیر دود موتورهای پرخوران و تنفس طبیعی، این فعالیت برای هر کدام جداگانه انجام شد.

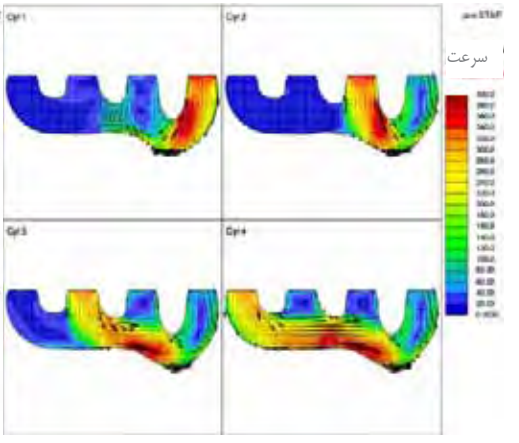
ابزار پیش‌پردازش، نرم‌افزار ANSYS ICEM-CFD® است که کار شبکه‌بندی با آن انجام شد و برای پردازش نیز از نرم‌افزار STAR-CD® استفاده شد. در شکل ۱۲-۳ مسیر دود موتور ملی تنفس طبیعی شامل چندراهه، واکنشگر و لولهٔ خروجی، پیش و پس از پیش‌پردازش نشان داده شده است. در شکل ۱۳-۳ نیز نمونه‌ای از توزیع فشار در مقطع ورود به واکنشگر شیمیایی موتور ملی تنفس طبیعی نشان داده شده است. در شکل‌های ۱۴-۳ و ۱۵-۳ به ترتیب میدان سرعت و توزیع عدد ماخ (نسبت سرعت سیال به سرعت صوت) در مقطعی از چندراههٔ دود موتور ملی پرخوران نشان داده شده است.



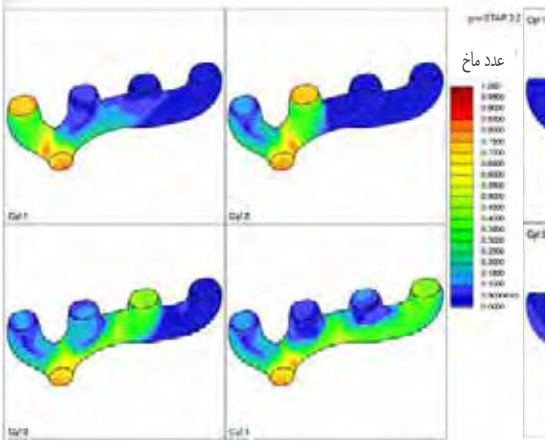
شکل ۱۲-۳ مسیر دود در موتور ملی تنفس طبیعی، پیش و پس از شبکه‌بندی



شـــکل ۱۳-۳ نمونه‌ای از توزیع فشـــار در ورود به واکنشگر شیمیایی موتور ملی تنفس طبیعی



شـــکل ۱۴-۳ نمونـــه‌ای از توزیـــع ســـرعت در مقطعی از چندراههٔ دود موتور ملی پرخوران



شـــکل ۱۵-۳ نمونه‌ای از عدد مـــاخ در چندراههٔ دود موتور ملی پرخوران

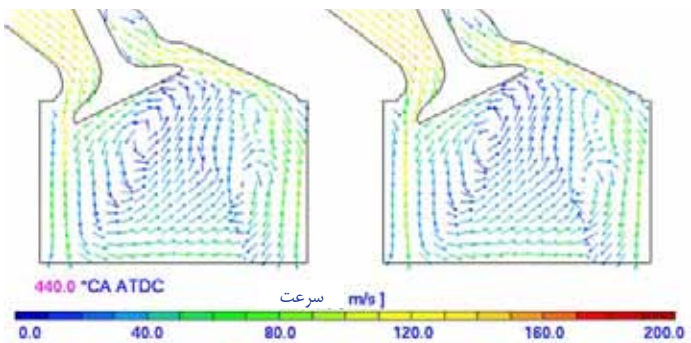
تحلیل سه‌بعدی جریان هوا و سوخت گاز در چندراههٔ ورودی و درون استوانه

در این تحلیل، رفتار ســیالاتی هوا و ســوخت در چندراههٔ هوا و در زمان ورود به استوانه و درون استوانه بررسی می‌شود. اهداف این محاســبه کمینه‌کردن افت فشار در مسیر، جلوگیری از شکل‌گیری گردابه‌های موضعی، کمینه‌کردن احتمال پس‌زدن جریان از استوانه‌ها به چندراهه و تعیین بهترین محل برای پاشش سوخت بنزین و گاز است. چون سوخت اصلی موتور ملی گاز طبیعی است، پس‌زدن شعله و جریان در چندراههٔ هوا می‌تواند بسیار مخرب باشد و باید از آن اجتناب کرد. همچنین محل افشانهٔ گاز باید به نحوی انتخاب شود که پخش سوخت به صورت یکنواخت با بیشترین درجهٔ اختلاط با هوا باشد تا بازدهٔ احتراق، بیشنیه شود.

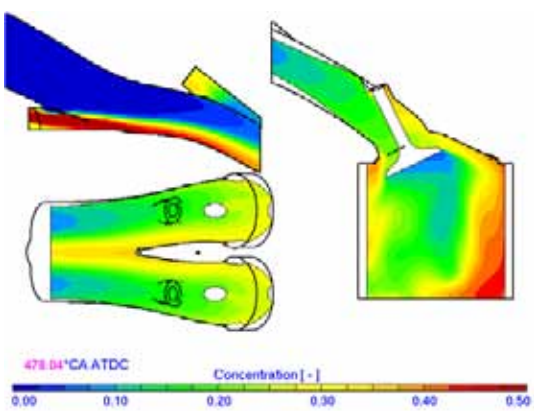
اصول محاســباتی این تحلیل بســیار شبیه به محاسبات دینامیک سیالات در چندراههٔ دود است، با این تفاوت که در این شبیه‌سازی افشانهٔ گاز نیز وارد می‌شود. با توجه به تفاوت هندسه‌های ورودی در موتورهای ملی پرخوران و تنفس طبیعی این محاسبات برای هر کدام از موتورها به طور جداگانه انجام شد.

در پیش‌پردازش این محاسبات از نرم‌افزار ES-ICE® و برای پردازش از نرم‌افزار STAR-CD® استفاده شد. در روند طراحی موتور ملی حلقهٔ محاسبه و اصلاح هندسه، در این مورد چندین بار تکرار گردید تا در نهایت طراحی مناسب حاصل شد. در شکل ۱۶-۳ نمایی از الگوی شبکه‌بندی‌شدهٔ مجموعهٔ تحلیل‌شده، نشان داده شده است. همچنین در شکل‌های ۱۷-۳ و ۱۸-۳ به ترتیب نمونه‌ای از نتایج توزیع سرعت مخلوط و غلظت سوخت گاز طبیعی در هنگام تنفس نشان داده شده است.

شکل ۱۶-۳ الگوی شبکه‌بندی شدهٔ مسیر ورودی هوا، افشانه و استوانه برای تحلیل سه‌بعدی جریان هوا و سوخت در موتور تنفس طبیعی



شکل ۱۷-۳ نمونه‌ای از نتایج میدان سرعت مخلوط هوا و گاز در استوانهٔ موتور ملی



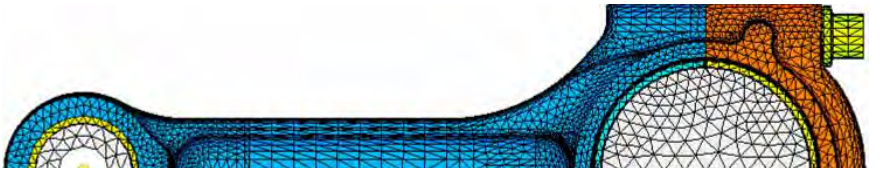
شکل ۱۸-۳ نمونه‌ای از نتایج محاسبهٔ غلظت گاز طبیعی در اثر انتشار و اختلاط

تحلیل تنش دسته‌سمبه

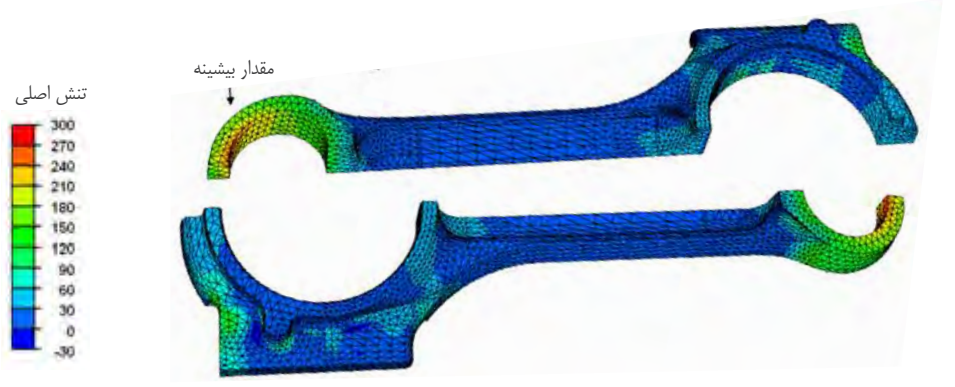
دسته‌ســمبه از قطعاتی اســت که متحمل تنش‌های فشاری و کششی بزرگ و متناوبی می‌شود و شکست و خرابی آن در هنگام کار می‌تواند خســارات فراوانی به کل موتور وارد ســازد. از طرفی جرم آن تأثیر فراوانی در نیروهای لختی رفت و برگشتی دارد؛ به طوری که کمینه‌کردن آن با توجه به توان اصطکاکی تلف‌شده و تنش‌های ایجادشده در میل‌لنگ یکی از مهم‌ترین اهداف تحلیل و طراحی آن است.

در تحلیل تنش دسته‌سمبه، ابتدا الگوی سه‌بعدی آن شبکه‌بندی و برای تحلیل اجزای محدود آماده می‌شود. سپس انواع بارگذاری‌های مکانیکی شــامل نیروی گاز، نیــروی لختی، پیش‌بار پیچ‌های کپه و تداخل هندســی یاتاقان‌ها در مراحل مختلف بر روی آن اعمال می‌شــود. پس از محاســبات، هم مقدار تنش در بدنهٔ دسته‌ســمبه بررسی می‌شود و هم فشار تماســی بین یاتاقان‌ها و دسته‌ســمبه بررســی می‌شــود. در وهلهٔ اول تنش‌ها نباید بیش از حد مجاز تحمل ماده باشد (با در نظر گرفتن ضریب اطمینان)؛ علاوه بر آن کمترین فشــار تماســی بین یاتاقان چشم‌بزرگ و دسته‌سمبه و نیز یاتاقان چشــم‌کوچک و دسته‌ســمبه نباید از حد مجاز کمتر باشد تا از چرخش و جابه جایی آن‌ها در حین عملکرد جلوگیری شود. گام بعدی محاســبات خســتگی پربسامد است که در دسته‌ســمبه به دلیل تناوبی بودن کامل تنش اهمیت بسیار دارد. در انتها نیز کمانش ساق دسته‌سمبه با بیشترین بارهای فشاری حاصل از نیروی گاز با معادلات غیر خطی محاسبه می‌شود تا ضریب اطمینان آن نیز در محدودهٔ مجاز قرار گیرد.

در طرح خانوادهٔ موتور ملی برای شــبکه‌بندی الگوی دسته‌ســمبه از نرم‌افزار Altair HyperMesh® اســتفاده شد که نرم‌افزار تخصصی پیش‌پردازش است. همچنین برای تحلیل اجزای محدود از نرم‌افزار ABAQUS® استفاده شد که یکی از متداول‌ترین نرم‌افزارهای قوی اجزای محدود در شبیه‌ســازی و محاســبات سطوح تماس است. برای تحلیل خستگی پربسامد نیز از نرم‌افزار FEMFAT® که به صورت تخصصی متمرکز بر محاسبات خستگی است، استفاده شد. در شکل ۱۹-۳ الگوی آماده شــدهٔ دسته‌ســمبهٔ موتور ملی برای تحلیل اجزای محدود و در شــکل ۲۰-۳ نمونه‌ای از نتایج توزیع تنش در قطعه نشان داده شده است. همهٔ این تحلیل‌ها به علت وجود تقارن، روی الگوی یک‌چهارم انجام شده تا حجم محاسبات کاهش یابد.



شکل ۱۹-۳ الگوی یک‌چهارم دسته‌سمبهٔ موتور ملی، آماده‌شده برای پردازش اجزای محدود



شکل ۲۰-۳ نمونه‌ای از توزیع تنش حاصل از نیروی لختی کششی

تحلیل تنش مکانیکی و حرارتی بدنه و بستار موتور

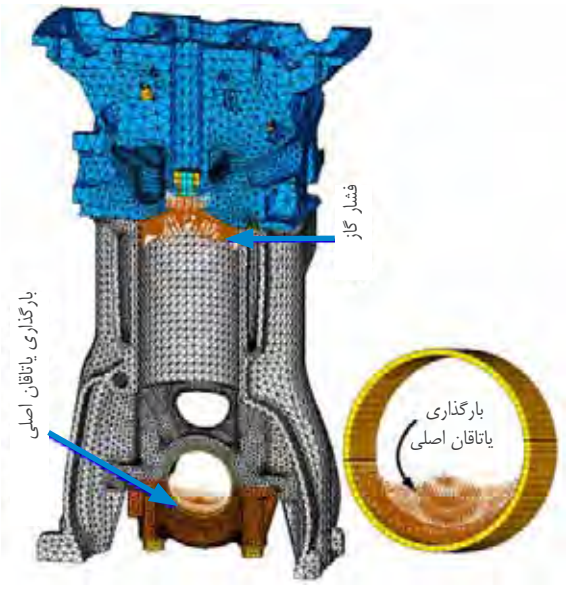
این تحلیل از پیچیده‌ترین و مهم‌ترین محاسبات تفصیلی موتور است که در آن بارهای حرارتی و مکانیکی روی بدنه و بستار اعمال می‌شود و تنش، تغییر شکل، آب‌بندی لایی و خستگی‌های پربسامد و کم‌بسامد اجزاء بررسی می‌شود. در واقع، مقاومت، عملکرد و عمر بدنه و بستار که اصلی‌ترین قطعات موتورند، در این تحلیل مشخص می‌شود.

در این محاسبات بارهای حرارتی شامل حرارت ایجاد شده از احتراق، انتقال حرارت از درگاه‌های دود و هوا، حرارت حاصل از اصطکاک سمبه، حلقه‌ها و استوانه، و خنک‌کاری آب و روغن روی دیواره‌ها اعمال می‌شود. بارهای مکانیکی نیز شامل پیش‌بار پیچ‌های بستار و کپه‌یاتاقان ثابت، فشار حاصل از احتراق، نیروی وارد بر یاتاقان‌های اصلی و نیروی حاصل از تداخل‌های هندسی مورد نیاز برای هم‌بندی است. این بارگذاری‌های پیچیده با ترکیبی که بدترین شرایط کاری را ایجاد می‌کند، در گام‌های مختلف بر الگو وارد و نتایج تنش و تغییر شکل بررسی می‌شود. همچنین در این مرحله لایی بستار که رفتار غیر خطی آن نیز وارد محاسبات شده، باید توانایی حفظ آب‌بندی با معیارهای مشخص‌شده را داشته باشد. در مرحلهٔ محاسبات تنش خواص مواد به صورت غیر خطی و وابسته با دما در شبیه‌سازی اعمال می‌شود.

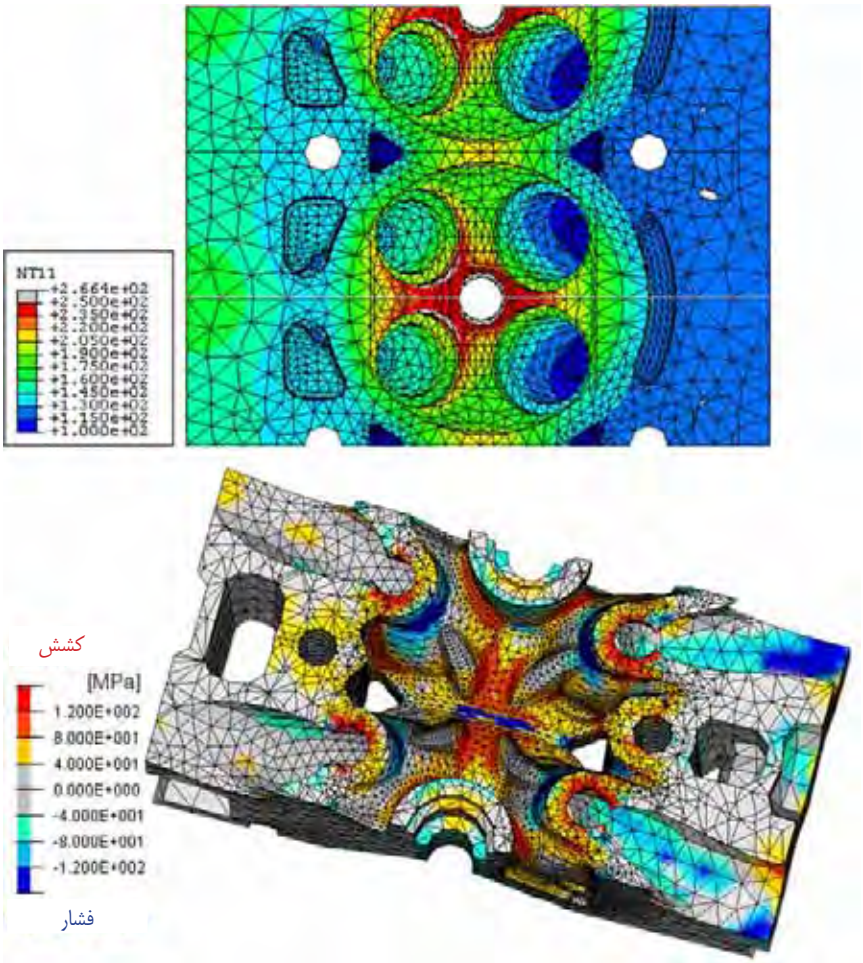
در مرحلهٔ دوم از محاسبات عمر خستگی پربسامد و کم‌بسامد بدنه و بستار با بارگذاری‌های یاد شده محاسبه و با معیارهای مورد قبول سنجیده می‌شود. در صورت وجود نقاط پیش‌تنش یا مناطقی با ضریب اطمینان تنش و خستگی کمتر از حد مجاز، حلقهٔ اصلاح و حل تا رسیدن به طراحی نهایی تکرار می‌شود.

برخی از شرایط مرزی این تحلیل (بارگذاری‌ها) از محاسبات قبلی مانند تحلیل یاتاقان‌ها، تحلیل سه‌بعدی جریان آب خنک‌کاری و محاسبات تبادل گاز و برخی دیگر مانند شرایط مرزی احتراق با اعمال تغییرات لازم از مخازن اطلاعاتی، که بر اساس شبیه‌سازی‌های قبلی ایجاد شده، استخراج و اعمال می‌شود. در این محاسبات شرایط مرزی و بارگذاریِ موتور ملی پرخوران، به علت سخت‌تر و مشترک بودنِ بستار و بدنه، اعمال شده است. ابزار پیش‌پردازش در این محاسبات، نرم‌افزار Altair HyperMesh® و ابزار تحلیل نرم‌افزار ABAQUS® است، برای تحلیل خستگی نیز از نرم‌افزار FEMFAT® استفاده شده است.

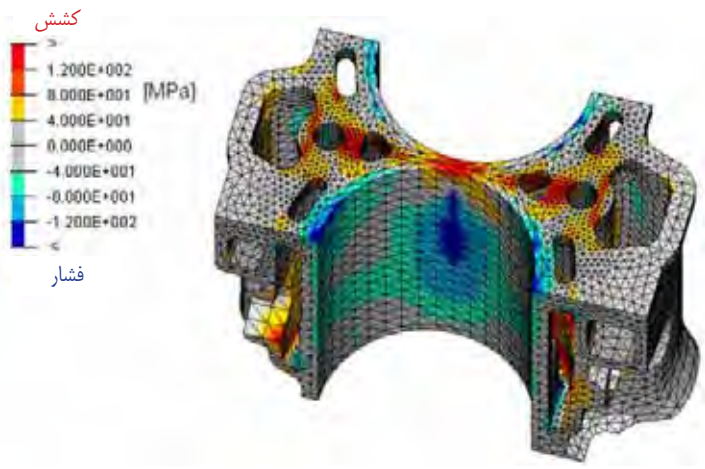
در شکل ۲۱-۳ نمایی از بارگذاری فشار احتراق و نیروهای هیدرودینامیکی وارد بر یاتاقان اصلی نشان داده شده است. در شکل ۲۲-۳ و ۲۳-۳ نیز نمونه‌ای نتایج توزیع دما و تنش بر روی بستار و بدنه نشان داده شده است.



شکل ۲۱-۳ بارگذاری فشار احتراق و یاتاقان اصلی در تحلیل تنش بستار و بدنه



شکل ۲۲-۳ نمونه‌ای از نتایج توزیع دما و تنش متوسط بر روی بستار

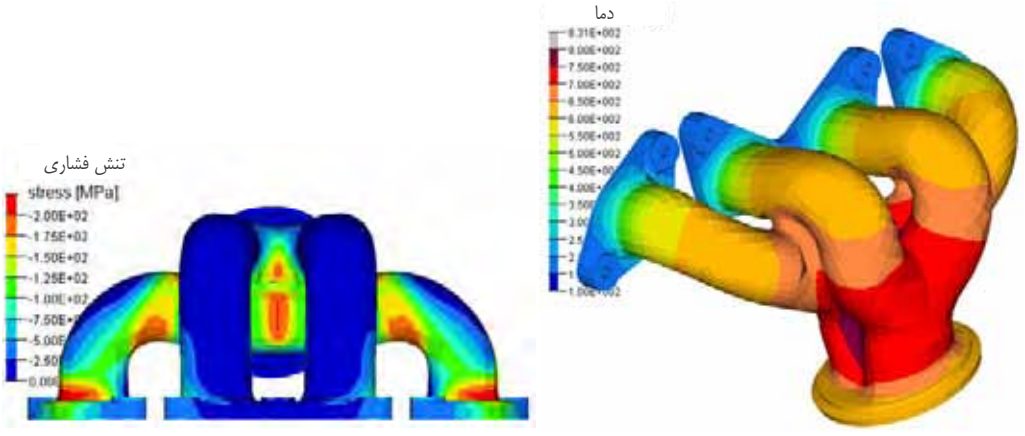


شکل ۲۳-۳ نمونه‌ای از نتایج توزیع تنش متوسط روی بدنه

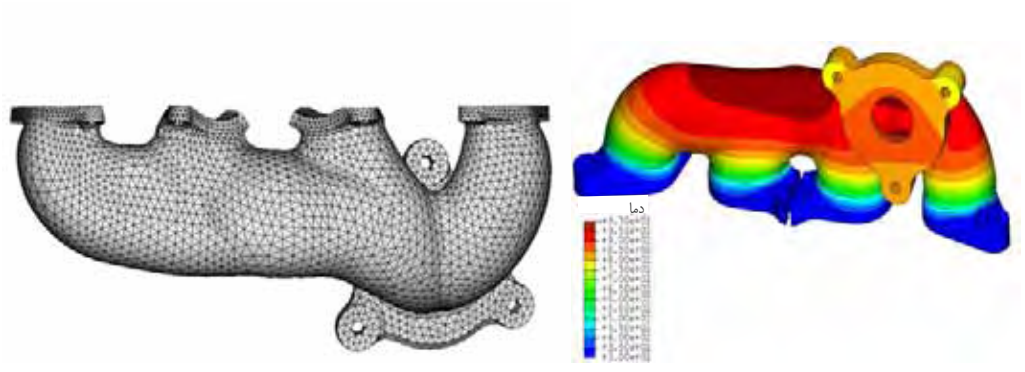
تحلیل تنش مکانیکی و حرارتی چندراههٔ خروجی

اصول این تحلیل مانند محاسبات تنش ترمومکانیکی بستار و بدنه است که پیشتر توضیح داده شد. تفاوت اصلی در این تحلیل نحوهٔ بارگذاری چندراههٔ دود اســت. هدف از این تحلیل بررســی دوام چندراههٔ دود تحت بار حرارتی بسیار زیاد و بار مکانیکی پیچ‌هاســت. تنش‌های ایجاد شــده در قطعهٔ چندراههٔ دود، نباید از حد مجاز محدودهٔ خمیری[۱] عبور کند تا از ایجاد ترک و شکست در قطعه جلوگیری شود. همچنین عمر قطعه تحت خستگی پربسامد محاسبه و بررسی می‌شود. از طرفی با تغییر شکل‌های بزرگی که قطعه در حین کار متحمل می‌شود، آب‌بندی باید حفظ شود و نشتی گاز اتفاق نیفتد که این مورد نیز در محاسبات بررسی می‌شود.

شــرایط مرزی این محاســبه از تحلیل تبادل گاز با آزمون‌های تجربی اصلاح شده، اســتخراج می‌شود. به دلیل هندسه، بارگــذاری و مواد متفــاوت، این تحلیل برای چندراهه‌هــای دود موتور تنفس طبیعی و پرخوران بــه طور جداگانه انجام می‌شود. در شکل‌های ۲۴-۳ و ۲۵-۳ نمونه‌ای از نتایج محاسبات روی چندراههٔ دود موتور ملی تنفس طبیعی و پرخوران نشان داده شده است.



شکل ۲۴-۳ نمونه‌ای از نتایج توزیع دما (راست) و تنش (چپ) در چندراههٔ دود موتور ملی تنفس طبیعی



شکل ۲۵-۳ نمونه‌ای از نتایج توزیع دما (راست) و تغییر شکل اغراق شده (چپ) در چندراههٔ دود موتور ملی پرخوران

تحلیل تنش و خستگی دسته‌موتورها و نگهدارنده‌ها

دســته‌موتورها و نگهدارنده‌های موتور از جمله قطعاتی هســتند که باید علاوه بر وزن موتور، نیروها و شتاب‌های وارده از

۱- Plastic

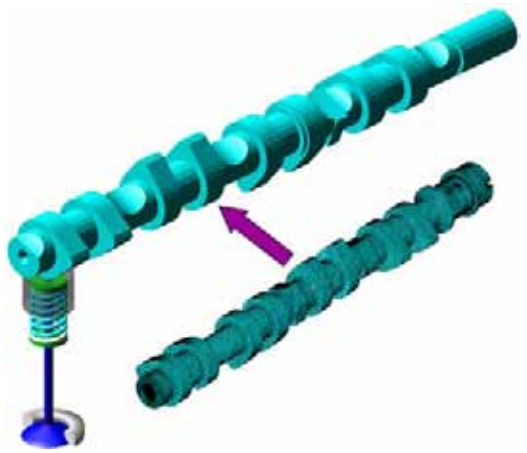
خودرو و جاده بر موتور را نیز متحمل شوند. در آغاز این تحلیل، تنش وارد بر این قطعات تحت انواع بارگذاری‌های تعریف شده، محاسبه و سپس عمر خستگی آن‌ها تعیین می‌شود. در این تحلیل تأثیر بارهای وارد بر دسته‌موتورها بر تغییر شکل قطعاتی چون بستار نیز بررسی می‌شود.

تحلیل تنش چرخ طیار

چرخ طیار قطعه‌ای است که مهمترین وظیفه‌اش یکنواخت‌کردن حرکت میل‌لنگ با ذخیره و بازیابی انرژی دورانی است. بـه همیـن دلیل این قطعه معمولـاً لختی دورانی و جرم بزرگی دارد که همین امر می‌تواند در سـرعت‌های تند در قطعه تنش ایجاد کند. اگر تنش تولید شده از حد مجاز عبور کند و قطعه بشکند، با توجه به جرم چرخ طیار، خطرات و صدمات فراوانی به وجود می‌آید. هدف از این تحلیل، محاسبهٔ تنش‌های وارد بر چرخ طیار در سرعت‌های تند است تا با معیارهای محاسـبات مهندسی از محدودهٔ خطر شکست دوری شـود. اهمیت این تحلیل به حدی است که تنها به محاسبات اکتفا نمی‌شود و آزمون دوران با سرعت تند روی قطعه انجام می‌شود تا خرابی و شکست آن بررسی شود.

تحلیل دینامیکی سازوکار دریچه‌ها

پس از تحلیل حرکتی بادامک و دریچه که در محاسـبات مفهومی تشـریح شد، باید محاسبات دینامیکی که شامل اکثر جزییات هندسی و فیزیکی سازوکار دریچه است و در آن تغییر شکل قطعات به علت نیروهای وارد نیز لحاظ شده، انجام شـود. هدف از این محاسـبات، تحلیل دقیق سـازوکار دریچه با در نظر گرفتن همهٔ اجزاء از جمله میل‌بادامک است. در این تحلیل، ترکیبی از روش دینامیک چندجرمی و اجزاء محدود اسـتفاده می‌شود. نتیجهٔ این محاسبات، نوارهای شتاب، سرعت و نیروی هر قطعه و تغییر شکل آن‌هاست. اگر به معیارهای مجاز سرعت، شتاب و تنش یا تغییر شکل دست یافته نشـود، حلقهٔ اصلاح و حل چند بار تکرار خواهد شـد. در شـکل ۲۶-۳ طرح‌وارهٔ آماده شدهٔ سازوکار دریچهٔ موتور ملی در نرم‌افزار®ADAMS Engine که پردازشـگر اصلی این تحلیل است، نشان داده شده است. همچنین تحلیل‌های اجزای محدود به وسیلهٔ برقراری پیوند بین دو نرم‌افزار®ADAMS Engine و®ABAQUS انجام می‌شود.



شکل ۲۶-۳ ترکیب روش اجزای محدود و دینامیک چند جرمی برای تحلیل سازوکار دریچهٔ موتور ملی

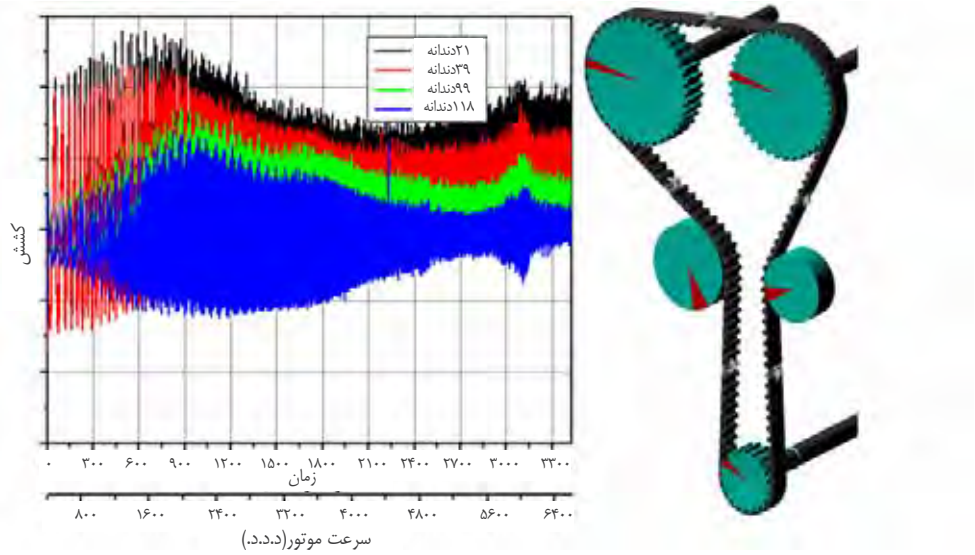
تحلیل پویای (دینامیکی) تسمهٔ زمان‌بندی

تحلیل دینامیکی تسمهٔ زمان‌بندی در واقع تکمیل‌کنندهٔ محاسبات سازوکار دریچه است. هدف اصلی از این تحلیل بررسی رفتار دینامیکی سـازوکار محرک دریچه‌ها شامل: تسـمه، چرخ‌تسمه‌ها و تسمه‌سفت‌کن است. در این تحلیل، ارتعاشات،

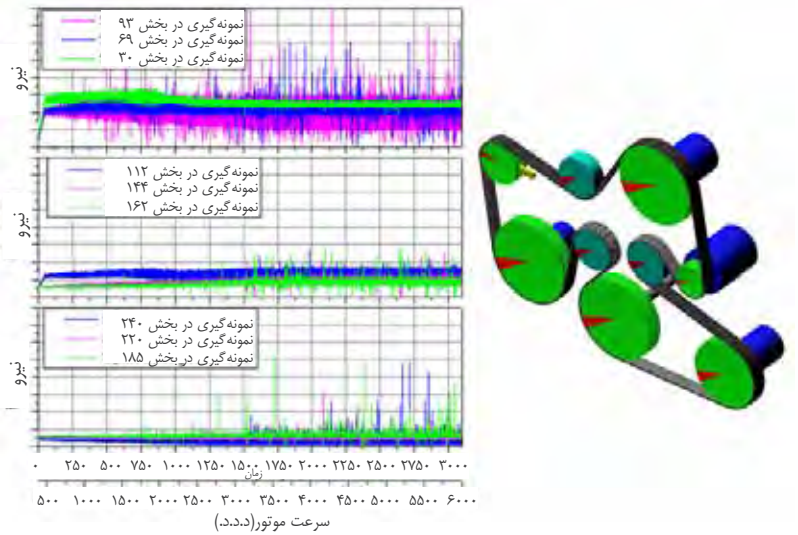
جابه جایی‌ها و نیروهای وارد بر تسمه و اجزای سازوکار محرک محاسبه و با معیارهای مهندسی مقایسه می‌شود. در صورت تطابق، محاسبات کل سازوکار دریچه به پایان خواهد رسید و در غیر این صورت، مانند همهٔ موارد محاسباتی، حلقهٔ اصلاح و حل تا رسیدن به نتیجهٔ بهینه تکرار خواهد شد. این تحلیل در نرم‌افزار®ADAMS Engine انجام شده و در شکل ۲۷-۳ نمایی از الگوی آماده شده و نمونه‌ای از نتایج کشش در تسمهٔ زمان‌بندی موتور ملی نشان داده شده است.

تحلیل تسمهٔ تجهیزات جانبی

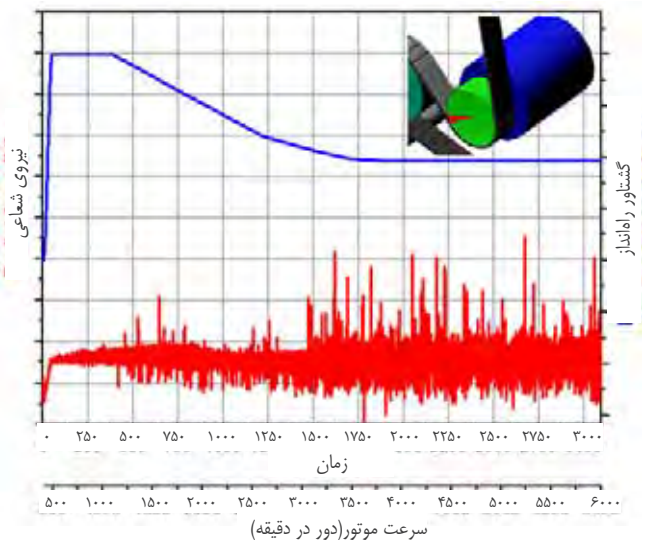
این تحلیل نیز مشابه محاسبات تسمهٔ زمان‌بندی است، با این تفاوت که اجزای مجموعه در این مورد تلمبهٔ آب، مولد برق، تلمبهٔ روغن فرمان و تنجار تهویهٔ مطبوع است. هدف از این محاسبه، بررسی رفتار دینامیکی سازوکار تجهیزات



شکل ۲۷-۳ شبیه‌سازی سازوکار تسمهٔ زمان‌بندی موتور ملی و نمونه‌ای از نتایج کشش در تسمه



شکل ۲۸-۳ مجموعهٔ تجهیزات جانبی و نمونه‌ای از نتایج نیروی کششی روی قسمت‌های مختلف تسمه



شکل ۲۹-۳ نمونه‌ای از گشتاور راه‌اندازی و نیروی شعاعی وارد بر قرقرهٔ مولد برق موتور ملی

جانبی و یافتن بهترین چیدمان برای برآوردِ اهداف شتاب، سرعت و کشش قطعات آن است. در شکل ۲۸-۳ نمونه‌ای از نتایج نیروی محاسبه شدهٔ روی دندانه‌های تسمهٔ تجهیزات جانبی موتور ملی و در شکل ۲۹-۳ گشتاور و نیروی شعاعی وارد بر مولد برق به عنوان یکی از اجزای مجموعه نشان داده شده است.

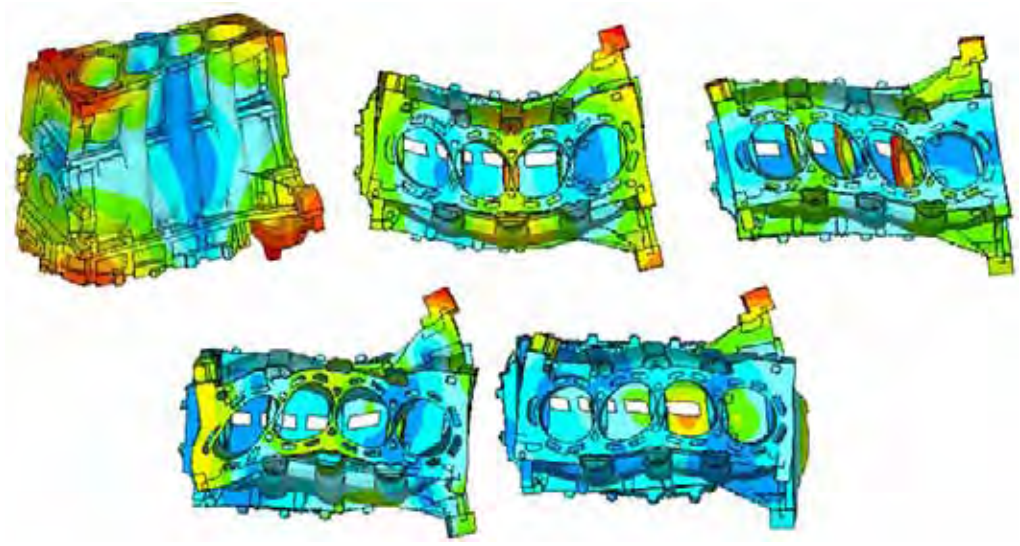
تحلیل سروصدا، ارتعاشات و ناهنجاری[۱]

از جمله مهم‌ترین و گسترده‌ترین محاسبات مهندسی تفصیلی، شبیه‌سازی و محاسبات سروصدا، ارتعاشات و ناهنجاری در قطعات و مجموعه‌های موتور است. این تحلیل باید روی همهٔ اجزاء و مجموعه‌های موتور انجام شود تا در نهایت اهداف مورد نظر برآورده شود. محاسبات شامل دو بخش اصلی است: در ابتدا تواترها و شکل رفتارهای طبیعی قطعات و مجموعه‌ها محاسبه می‌شود. در این مرحله، طراحی هندسی قطعات به گونه‌ای اصلاح می‌شود که تواتر طبیعی هر قطعه در فاصلهٔ مجاز از تواتر تحریک حاصل از انواع و اقسام نیروهای موتور قرار گیرد. همچنین با توجه به شکل رفتار ممکن است اضافه کردن نگهدارنده به قطعهٔ بررسی‌شده، ضروری باشد. در مرحلهٔ دوم، سطح صوت برخاسته از هر قطعه، محاسبه و بهینه‌سازی برای کاهش آن انجام می‌شود. این کار به صورت مقایسه‌ای و با نرم‌افزارهای خاصی که در مرکز تحقیقات موتور توسعه داده شده، امکان‌پذیر است.

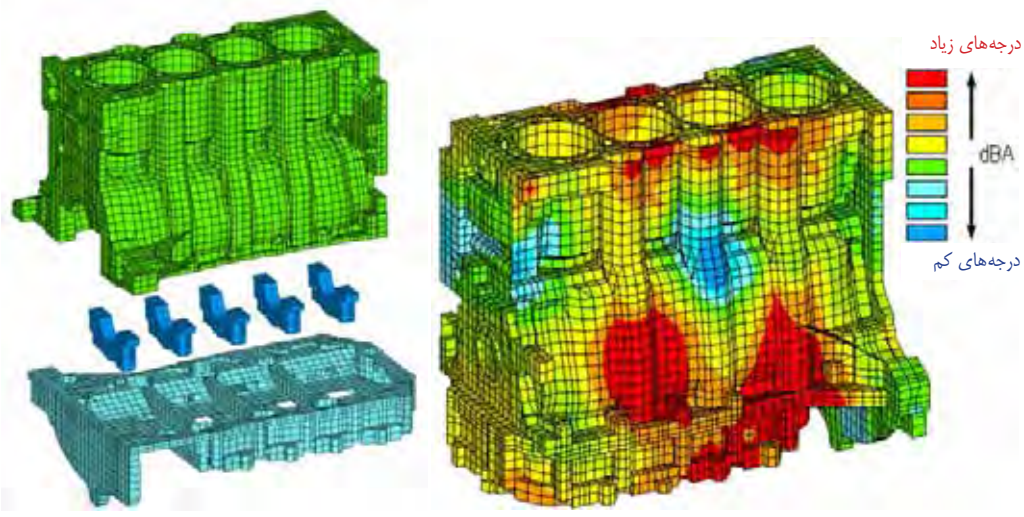
با استفاده از نتایج آزمون‌های ارتعاشاتی و ناهنجاری، در مرحلهٔ صحه‌گذاری، صحت و دقت محاسبات بررسی و برای اصلاحات طراحی لحاظ می‌شود. به دلیل پیچیده‌بودن تحلیل صدای مزاحم، معمولاً فعالیت محاسبات و اصلاحات صدا، ارتعاش و ناهنجاری تا اواخر صحه‌گذاری ادامه پیدا می‌کند. ابزار پردازش در بخش اول (ارتعاشات) نرم‌افزار®ABAQUS است و در بخش دوم (صدای مزاحم) از نرم‌افزار®ANSYS و®MATLAB که نرم‌افزار داخلی مرکز تحقیقات موتور در آن توسعه داده شده، استفاده می‌شود.

در شکل ۳۰-۳ نمونه‌ای از شکل رفتارهای ارتعاش طبیعی بدنه و قاب نردبانی نشان داده شده است. در شکل ۳۱-۳ الگوی آماده‌سازی شدهٔ بدنه، قاب نردبانی و کپه یاتاقان‌های ثابت و همچنین نمونه‌ای از نتایج سطح صوت ارائه شده است.

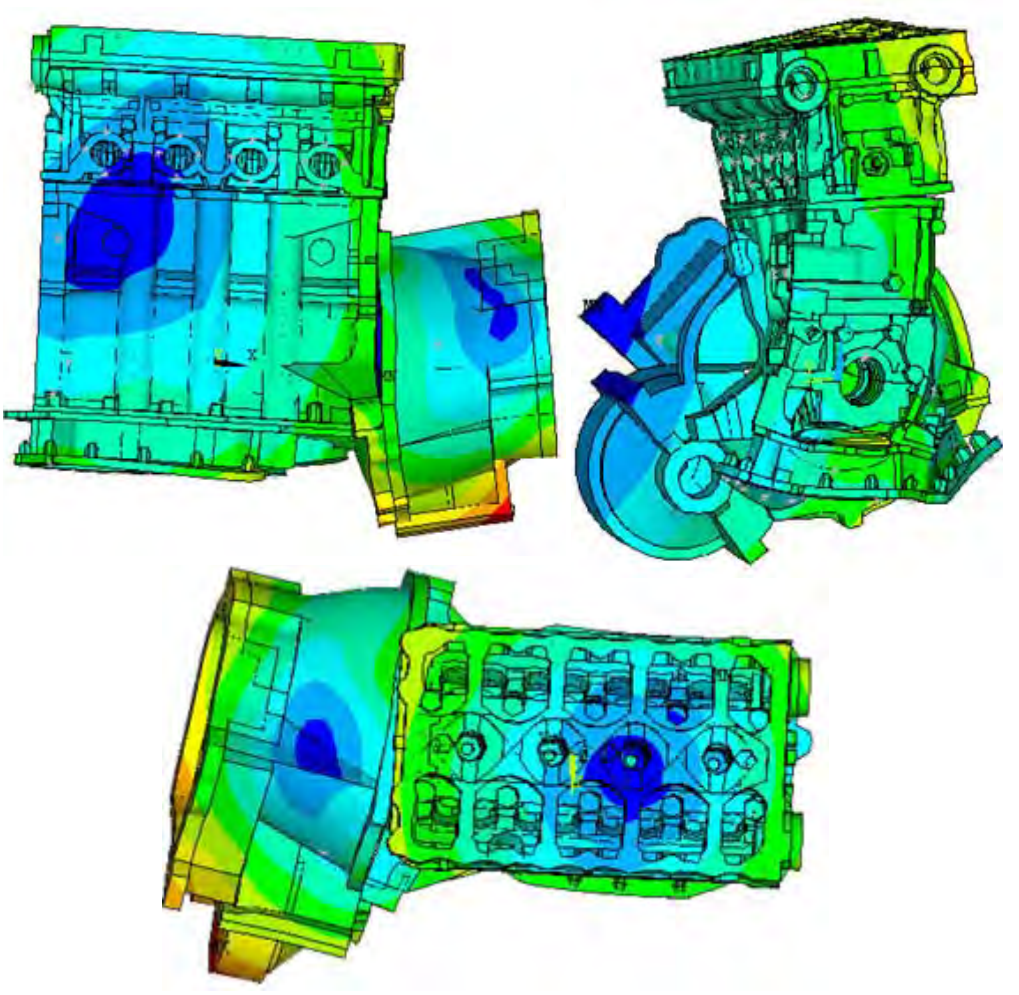
۱- NVH(Noise, Vibration & Harshness)



شکل ۳۰-۳ نمونه‌ای از شکل رفتارهای ارتعاشات طبیعی بدنهٔ موتور ملی سطح صوت (راست)



شکل ۳۱-۳ الگوی آماده شدهٔ بدنه و قاب نردبانی و کپه‌ها (چپ) و نمونه‌ای از نتایج محاسبات سطح صوت (راست)



شکل ۳۲-۳ رفتارهای خمشی ارتعاشات کل قوای محرکهٔ ملی (از راست به چپ: پیچش، خمش افقی و خمش جانبی)

در انتها باید به نکتهٔ بسیار مهمی اشاره کرد: تحلیل‌ها و محاسبات مهندسی تنها زمانی ارزشمندند و از هدر رفتن وقت و هزینه جلوگیری می‌کنند که بر مبنای تجربه ای درست و منطبق با واقعیت بنا شده باشند. به همین دلیل نقادی مهندسی دربارهٔ نتایج، خیلی اهمیت دارد و برای بهینه‌شدن طراحی حرف اول را می‌زند. در طرح خانوادهٔ موتور ملی از طرفی تجربهٔ مهندسی فراوانی به کار برده شد تا طراحی بهینه از محاسبات استخراج شود و از طرفی دیگر به دلیل بسته بودنِ حلقهٔ آزمون، طراحی و محاسبات، تجربهٔ بسیار گرانقدر و فراوانی به دست آمد.

155.5°
B
18° (3x)
C
E
0.1 B A C
Ø6.2 H12
thru
(114.°) sensor position
C
C
E
R113.12
A
120° (3x)
60° (4x)
D
A
100
19

فصـــل چهارم

طراحی

طراحی

۴-۱ پیش‌درآمد

بر مبنای استاندهٔ توسعهٔ یک موتور جدید، پس از مرحلهٔ شناسایی نیازمندی‌ها به ترتیب مراحل طراحی مفهومی، طراحی پیکره‌بندی و طراحی جزئیات قطعات موتور اجرا می‌شود.
طراحی مفهومی با تکیه بر داده‌های الگوبرداری موتورهای دیگر، تجربیات کارشناسان کلیدی متخصص در حوزه‌های طراحی، احتراق، محاسبات مهندسی، تولید،کیفیت، نیازمندی‌ها و محدودیت‌های کلان طرح از جمله: قیمت موتور، فنّاوری قابل دسترس و امکانات تولیدی شروع می‌شود. در این مرحله، محاسبات مهندسی به صورت جزئی مورد استفاده قرار می‌گیرد اما به تدریج که طرح پیش می‌رود و به ویژه در مرحله طراحی جزئیات محاسبات مهندسی و مذاکرات فنی با سازندگان نقش اساسی در شکل‌گیری جزئیات طراحی قطعات دارد.
در طراحی موتور ملی، قطعات موتور ابتدا به سه مجموعهٔ اصلی؛ قطعات پایینی، بالایی و جانبی و هر مجموعه نیز خود به زیر مجموعه‌های دیگر و نهایتاً به قطعات مطابق با فهرست مواد[1] تقسیم شدند. کلیهٔ قطعات و مجموعه‌های موتور به طور همزمان در نرم‌افزار Pro-Engineer طراحی شدند و برای جلوگیری از تناقض و تداخل قطعات و مجموعه ها و مدیریت صحیح تغییرات طراحی، از نرم‌افزار Pro Intralink برای مدیریت داده‌ها استفاده شد.
همانگونه که در بخش‌های بعدی این فصل مشاهده خواهید کرد، سعی شده از الگوی یکسانی برای تشریح طراحی قطعات موتور ملی پیروی شود. در شروع، وظایف اصلی قطعه و کارکرد آن قطعه در موتور تشریح شده و پس از آن نیازمندی‌های طراحی قطعه که به نوعی بیانگر ورودی‌های مورد نیاز برای طراحی قطعه است، فهرست شده است. در ذیل عنوان ((طراحی قطعه)) توضیح داده شده که بر مبنای محدودیتها از جمله محدودیت‌های ساخت، محاسبات مهندسی اعم از شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای و محاسبهٔ زنجیره رواداشت‌ها و در یک فرآیند رفت و برگشتی بین طراح با مهندس محاسبات و طراح با سازندهٔ قطعه، مشخصات جزئی قطعه استخراج می‌گردد. در ادامه، تحلیل‌ها و آزمون‌های تأیید قطعه، جدول مشخصات و نهایتاً فنّاوری‌های شاخص قطعه ذکر شده است.

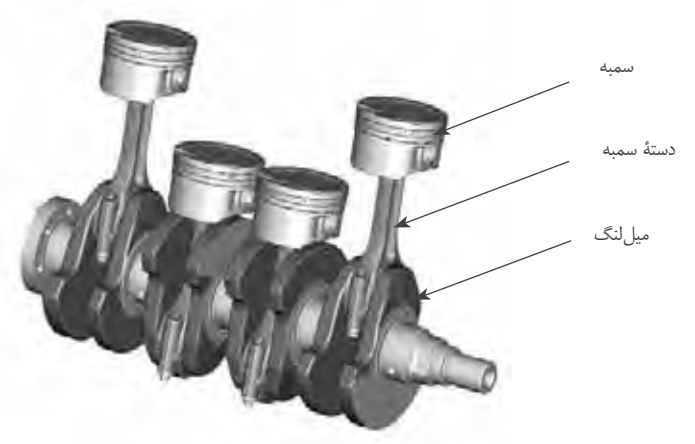
۴-۲ قطعات پایینی موتور

این گروه شامل زیرمجموعهٔ سازوکار لنگ، بدنهٔ موتور و قسمتی از قطعات روانکاری است.

سازوکار لنگ

قطعات اصلی این مجموعه شامل: میل‌لنگ، یاتاقان‌ها، چهار دست سمبه، دسته‌سمبه و چرخ طیار است. در موتورهای چهار زمانه، چرخهٔ کامل موتور در دو دور (۷۲۰ درجه) رخ می‌دهد. در هر ۱۸۰ درجه یکی از استوانه‌ها در حال احتراق و ایجاد گشتاور است. وظیفهٔ سازوکار لنگ، تبدیل انرژی حاصل از محصولات احتراق به حرکت دورانی است. شکل ۱-۴ قطعات اصلی سازوکار لنگ موتور ملی را نشان می‌دهد.

۱- BOM



شکل ۱-٤ مجموعهٔ سازوکار لنگ

میل‌لنگ

وظایف میل‌لنگ

تبدیل حرکت رفت و برگشتی سمبه به حرکت دورانی
انتقال گشتاور به چرخ طیار
ایجاد توازن برای جرم‌های رفت و برگشتی
به حرکت درآوردن سامانهٔ متحرک قطعات جانبی و سازوکار دریچه‌ها

نیازمندی‌های اصلی برای طراحی میل‌لنگ

میل‌لنگ نخستین قطعه‌ای است که در موتور طراحی می‌شود. طراحی میل‌لنگ با تعیین عوامل اصلی آن، که در مرحلهٔ طراحی مفهومی تعریف می‌شوند، شروع می‌شود:

- فاصلهٔ استوانه‌ها
- قطر محور یاتاقان متحرک
- قطر محور یاتاقان ثابت
- پهنای محور یاتاقان متحرک
- پهنای محور یاتاقان ثابت
- شعاع جرم‌های تعادل
- ضخامت بازوها
- روش تولید (ریخته‌گری ماسه‌ای، پوسته‌ای و آهنگری)

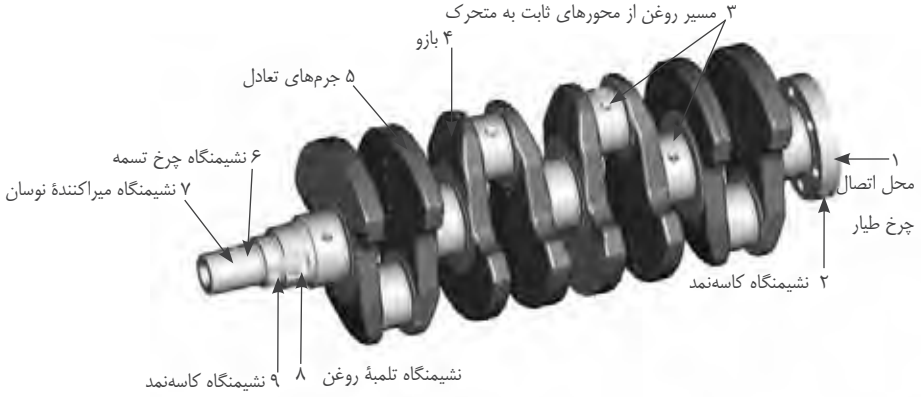
طراحی میل‌لنگ

پس از تعریف نیازمندی‌ها در مرحلهٔ طراحی مفهومی، موقعیت یاتاقان‌های ثابت و متحرک، با توجه به فاصلهٔ اســتوانه‌ها از یکدیگر، تعیین می‌شود. انتخاب قطر و پهنای یاتاقان‌های ثابت و متحرک، وابستگی مستقیم به امکانات خط تولید، کوچک‌تر

بودن برای کاهش اتلاف اصطکاک و توانایی حمل بارهای ناشی از احتراق و لختی دارد. با توجه به الگوبرداری از موتورهای روز دنیا، قطر، پهنا و فاصلهٔ یاتاقان‌ها از یکدیگر تعریف، و الگوی اولیهٔ سه‌بعدی میل‌لنگ تهیه می‌شود. ابعاد و مشخصه‌های طراحی اولیه را واحد محاسبات مهندسی تحلیل و بازبینی می‌کند. در طراحی میل‌لنگ به موضوع جانمایی و تأثیر قطعات متصل باید توجه خاص داشت که این موضوع با مدیریت طراحی مهندسی در قطعات مختلف محقق می‌شود. طراحی میل‌لنگ، با توجه به ورودی‌های تعیین‌شده در مرحلهٔ طراحی مفهومی، بازخورهای گروه محاسبات مهندسی و طراحی همزمان قطعات متصل بدین شرح تکمیل می‌شود:

- محاسبه و طراحی جرم‌های تعادل برای ایجاد توازن
- طراحی مستحکم بازوها و ساختار بهینه برای انتقال نیرو و گشتاور
- طراحی مسیر روغن از لحاظ ساختار و قطر مناسب برای انتقال روغن از محورهای ثابت
- طراحی صحیح برای قرارگیری چرخ طیار، کاسه‌نمد جلو و عقب، تلمبهٔ روغن، چرخ تسمه و میراکنندهٔ ارتعاشات پیچشی
- طراحی قوس‌ها و شعاع‌های مناسب برای نورد عمیق محورها

در شکل ۲-۴ عنوان قسمت‌های مختلف میل‌لنگ موتور ملی درج شده است.



شکل ۲-٤ میل‌لنگ موتور ملی

تحلیل‌های طراحی میل‌لنگ

- تحلیل تنش تحت شرایط بحرانی شامل شرایط بارگذاری ایستا، پویا، خستگی و بررسی تغییر شکل ناشی از شرایط کاری
- تحلیل ارتعاشی شامل محاسبهٔ بسامدهای طبیعی سازوکار متحرک اعم از خمشی، پیچشی، محاسبه و بررسی سروصدای موتور

آزمون‌های تأیید طراحی میل‌لنگ

- آزمون خستگی خمشی قطعه
- آزمون خستگی پیچشی قطعه
- سه نوع آزمون دوام موتور شامل؛ چرخهٔ استانده، چرخهٔ گرمایی و چرخهٔ پویایی
- آزمون اضافه سرعت و چرخهٔ تشدید
- آزمون سروصدای مزاحم و ارتعاشات

جدول مشخصات میل‌لنگ موتور ملی

ابعاد و مشخصات میل‌لنگ موتور ملی در جدول ۱-۴ آمده است.

جدول ۱-٤ مشخصات میل‌لنگ موتور ملی

عنوان	مشخصات
قطر محور ثابت	۵۰ میلی‌متر
قطر محور متحرک	۴۵ میلی‌متر
طول میل‌لنگ	۴۵۱٫۷ میلی‌متر
شعاع جرم‌های تعادل	۷۱ میلی‌متر
شعاع نورد عمین محورها	۱٫۳ میلی‌متر
عملیات حرارتی سطح	ندارد
قطر سوراخ‌های روغن	۵ میلی‌متر
جرم قطعهٔ خام ریختگری	۱۶٫۶۵ کیلوگرم
جرم قطعهٔ ماشینکاری شده	۱۴٫۲۵ کیلوگرم
ضخامت جرم‌های تعادل	۱۷ میلی‌متر
مواد	GGG70

جنس میل‌لنگ چدن نشکن و روش تولید آن، قالب‌گیری پوسته‌ای است.

فنّاوری شاخص

- با توجه به روش تولید قالب‌گیری پوسته‌ای، استحکام و سختی حاصل در دیواره‌های خارجی در حدی است که دیگر نیازی به سخت‌کاری القایی نیست، بنابراین ایستگاه سخت‌کاری القایی از خط تولید حذف می‌شود. به دلیل دقت بیشتر در قالب‌گیری پوسته‌ای و نیز عمودی بودن قالب میل‌لنگ، این روش از دقت و توازن بهتری نسبت به روش ریخته‌گری معمولی ماسه‌ای برخوردار است.
- بنا بر طرح خانوادهٔ موتور، طراحی به گونه‌ای انجام شده که میل‌لنگ برای هر دو موتور تنفس طبیعی و پرخوران یکسان است.
- با توجه به عملیات نورد عمیق، استحکام میل‌لنگ در حد ۸۰ درصد افزایش می‌یابد و ساختار و وزن میل‌لنگ کاملاً بهینه است.
- دارا بودن ۸ جرم تعادل؛ توازن به دست آمده در حد خوب و قابل قبولی است و ارتعاشات به حداقل رسیده است.

دسته‌سمبه

وظیفهٔ دسته‌سمبه

- انتقال حرکت از سمبه به میل‌لنگ

نیازمندی‌های اصلی برای طراحی دسته‌سمبه

- طول دسته‌سمبه (مطابق تعریف شکل ۳-۴)
- روش تولید مناسب (شامل روش آهنگری و فلزکاری گرد[۱]، ریخته‌گری)
- روش جدایش کپهٔ چشم بزرگ (شکست یا برش)
- پهنای یاتاقان متحرک
- شکل چشم کوچک
- نوع اتصال انگشتی سمبه (ثابت یا شناور)

شکل ۳-٤ تعریف طول دسته‌سمبه

طراحی دسته‌سمبه

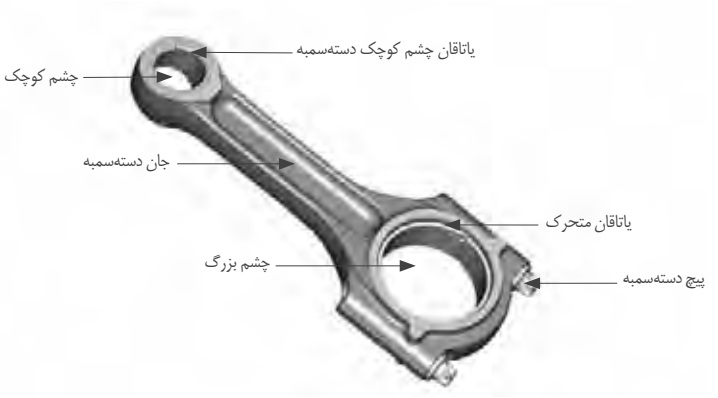
مهم‌ترین مسأله در طراحی دسته‌سمبه، طراحی بهینهٔ شکل و ساختار است؛ به گونه‌ای که این قطعه علاوه بر دارا بودن مقاومت و اســتحکام کافی، در برابر بارهای ناشــی از احتراق و لختی قطعات، تحمل لازم را داشــته باشد. همچنین این قطعه از وزن بهینه‌ای برخوردار باشد.

به طور خلاصه طراحی دسته‌سمبه شامل طراحی:

- شکل و ابعاد ساق دسته‌سمبه، چشم کوچک و بزرگ
- طراحی پیچ
- طراحی نوع شناوری انگشتی در دسته‌سمبه و سمبه می‌شود.

در شکل ۴-۴ عنوان قسمت‌های مختلف دسته سمبهٔ موتور ملی درج شده است.

۱- Powder Metallurgy



شکل ٤-٤ دسته‌سمبهٔ موتور ملی

تحلیل‌های طراحی دسته‌سمبه

- تحلیل تنش در حالت ایستا
- تحلیل خستگی
- تحلیل و محاسبهٔ کمانش

آزمون‌های تأیید طراحی دسته‌سمبه

- آزمون خستگی قطعه
- سه نوع آزمون دوام موتور شامل چرخه استانده، چرخهٔ گرمایی و چرخهٔ پویایی
- آزمون اضافه سرعت

جدول مشخصات دسته‌سمبهٔ موتور ملی

مشخصات دسته‌سمبه مطابق جدول ۲-۴ است.

جدول ۲ -٤ مشخصات دسته‌سمبهٔ موتور ملی

عنوان	مشخصات
طول دسته‌سمبه	۱۳۴٫۵ میلی‌متر
قطر چشم بزرگ	۴۵ میلی‌متر
قطر چشم کوچک	۲۱ میلی‌متر
مواد	C70S6BY

روش جدایش کپهٔ چشم بزرگ دسته‌سمبهٔ موتور ملی به روش شکست است که در این روش، شیار باریکی روی دسته‌سمبه توسط لیزر ایجاد می‌شود و سپس پدیدهٔ شکست چشم بزرگ به کمک گوه‌هایی انجام می‌شود.

فنّاوری شاخص

- بنا بر طرح خانوادهٔ موتور، این طراحی به گونه‌ای انجام شده که دسته‌سمبه برای هر دو موتور تنفس طبیعی و پرخوران یکسان است.
- روش اســتفاده شــده برای جدایش کپهٔ چشم بزرگ دسته‌سمبه، شکست است. این روش دارای سرعت بیشتر و ماشینکاری کمتری نسبت به روش‌های متداول قبلی است و نیز انطباق کامل‌تری را برای کپه‌ها و دسته‌سمبهٔ متناظرشان ایجاد می‌کند.

سمبه، انگشتی سمبه و حلقه‌ها

وظایف سمبه

- حرکت لغزندهٔ رفت و برگشتی
- تشکیل قسمتی از محفظهٔ احتراق
- تبدیل انرژی حرارتی ناشی از احتراق مخلوط سوخت و هوا به کار مکانیکی

وظایف حلقه‌ها

- جلوگیری از نشت گازهای حاصل از احتراق به محفظهٔ لنگ
- جلوگیری از نفوذ روغن به محفظهٔ احتراق
- روغن‌کاری سطح استوانه برای بهبود عملکرد و کاهش اصطکاک
- انتقال حرارت ناشی از احتراق به بدنه و سیال خنک‌کن

وظایف انگشتی

- اتصال و انتقال نیرو از سمبه به دسته‌سمبه

نیازمندی‌های اصلی طراحی سمبه و حلقه‌ها

- قطر نامی
- فشار بیشینهٔ ناشی از احتراق
- پیش‌بینی دماهای عملکردی در نواحی مختلف مانند: سوراخ انگشتی و تاج سمبه
- ارتفاع تراکم (مطابق تعریف شکل ۵-۴)
- وزن هدف که با توجه به انتخاب نوع سمبه، مواد و روش تولید تعیین می‌شود.

شکل ۵ -٤ تعریف ارتفاع تراکم سمبهٔ موتور ملی

طراحی سمبه، حلقه‌ها و انگشتی

با اســتفاده از فرضیات مطرح‌شــده در طراحی مفهومی، الگوی ســه‌بعدی اولیه تهیه و برای تحلیل آماده می‌شود. پس از تحلیل‌های حرکتی[۱] و پویا[۲] با اســتفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌ســازی، اصلاحات لازم روی الگوی سه‌بعدی انجام می‌گیرد و الگو دوباره تحلیل می‌شــود. این چرخهٔ محاســبه تا به دست‌آمدن نتایج مطلوب از شبیه‌سازی ادامه می‌یابد. بعد از تهیهٔ الگوی ســه‌بعدی، نمونه‌های اولیه ساخته می‌شود. روی این نمونه‌ها آزمون‌های مختلفی انجام می‌شود و پس از تصدیق نتایج، نمونه‌هایی برای اســتفاده در آزمون‌های موتور به کار گرفته می‌شــود. در هر مرحله از آزمون‌ها، مجموعهٔ ســمبه، حلقه‌ها و انگشتی، تجزیه و تحلیل می‌شوند و در صورت نیاز اصلاحاتی روی آن‌ها انجام می‌شود. طراحی مجموعهٔ سمبه باید به گونه‌ای باشــد که اصطکاک، مصرف روغن و نشتی گازهای حاصل از احتراق تا انتهای آزمون‌ها افزایش نیافته و عمر این مجموعه طولانی باشد.

در طراحی مجموعهٔ سمبه، این مشخصه‌ها تکمیل می‌شود:

- فاصلهٔ تاج تا حلقهٔ اول
- شکل دامن
- شکل مناسب تاج سمبه
- نوع حلقه‌ها
- ضخامت حلقه‌ها و مقدار کشش آن‌ها
- جنس و روش تولید (ریخته‌گری، آهنگری)
- قطر مناسب انگشتی و ضخامت جدارهٔ آن
- طول تکیه‌گاه انگشتی
- طول انگشتی
- نوع شناوری انگشتی در سمبه و چشم کوچک دسته‌سمبه

تحلیل‌های طراحی سمبه

- تحلیل‌های حرکتی و پویا
- تحلیل‌های حرارتی

آزمون‌های موتوری تأیید طرح مجموعه سمبه، انگشتی و حلقه‌ها

- سه نوع آزمون دوام شامل چرخه استانده، چرخهٔ گرمایی و چرخهٔ پویایی
- آزمون‌های سایش سمبهٔ سرد و گرم
- آزمون‌های اضافه سرعت
- آزمون دمای سمبه

مشخصات سمبه، حلقه‌ها و انگشتی سمبهٔ موتور ملی

مجموعهٔ سمبهٔ استفاده شده در موتور ملی دارای مشخصات جدول ۳-۴ می‌باشد.

جنس سمبهٔ موتور ملی از همبستهٔ آلومینیوم ۱۲-۱۳٪ سیلیس و روش تولید آن ریخته‌گری قالب فلزی تحت اثر نیروی ثقل است.

۱- Kinematic
۲- Dynamic

جدول۳-٤ مشخصات سمبهٔ موتور ملی

عنوان	مشخصات
قطر نامی استوانه	۷۸٫۶ میلی‌متر
ارتفاع تراکم	۲۹٫۵ میلی‌متر
فاصلهٔ تاج تا حلقهٔ اول	۵٫۵ میلی‌متر
قطر خارجی انگشتی	۲۱ میلی‌متر
ضخامت حلقهٔ اول	۱٫۲ میلی‌متر
ضخامت حلقهٔ دوم	۱٫۵ میلی‌متر
ضخامت حلقهٔ سوم	۲٫۵ میلی‌متر
ارتفاع کل سمبه	۵۱٫۵ میلی‌متر
نوع اتصال انگشتی در دسته‌سمبه	شناور

فنّاوری شاخص

■ بنا بر طرح خانوادهٔ موتور، این طراحی به گونه‌ای انجام شـــده که قطعهٔ خام ســـمبه برای هر دو موتور تنفس طبیعی و پرخوران یکسان باشد.

یاتاقان

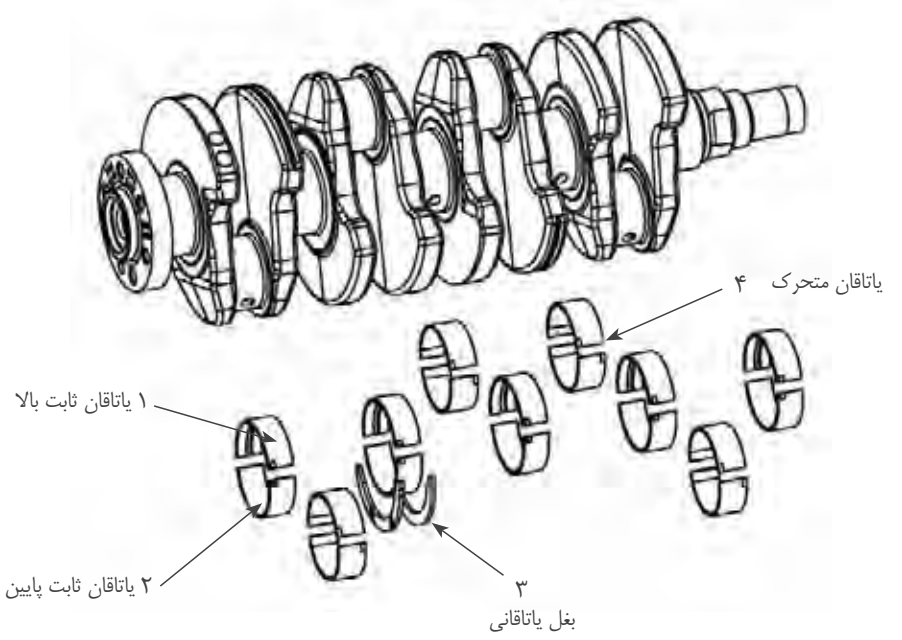
به طور کلی یاتاقان‌ها در موتور ملی به انواع یاتاقان‌های ثابت بالایی، ثابت پایینی، متحرک، بغل یاتاقانی و یاتاقان چشم کوچک دسته‌سمبه تقسیم می‌شوند. شکل ۶-۴ یاتاقان‌های میل‌لنگ را نشان می‌دهد.

وظیفهٔ یاتاقان

■ ایجاد لایهٔ روغن مورد نیاز برای جلوگیری از تماس مستقیم بین اجزای متحرک

نیازمندی‌های اصلی طراحی یاتاقان

■ پهنا
■ قطر یاتاقان
■ ظرفیت تحمل ویژهٔ یاتاقان
■ مقدار لقی مورد نیاز



شکل ٦-٤ یاتاقان‌ها در موتور ملی

طراحی یاتاقان

یاتاقان تحت بار دائمی است و بارهای ناشی از احتراق و لختی به طور مستقیم بر آن وارد می‌شود، بنابراین طراحی این قطعه به گونه‌ای است که توانایی حمل این بارها را دارد. مقدار لقی بین یاتاقان‌ها و قطعهٔ متحرک در طراحی یاتاقان‌ها بسیار با اهمیت است و با توجه به تحلیل‌های محاسبات مهندسی مشخص می‌شود. این لقی باعث ایجاد غشاء مناسب روغن بین یاتاقان و قطعهٔ متحرک می‌شود. برای به دست آوردن لقی مناسب در یاتاقان‌ها معمولاً از چند ردیف ضخامت استفاده می‌شود. این ردیف‌ها، ضخامت متفاوت دارند تا مقدار لقی، ثابت باقی بماند. طراحی یاتاقان‌ها با تعیین این مشخصه‌ها تکمیل می‌گردد:

- ضخامت یاتاقان
- جنس و مشخصات لایه‌های مختلف یاتاقان
- مشخصات شیار و سوراخ روغن
- دسته‌بندی ضخامتی یاتاقان‌ها

تحلیل‌های طراحی یاتاقان

- تحلیل رفتار روغن، استخراج شرایط بحرانی و ضخامت کمینهٔ روغن

آزمون‌های تأیید طراحی یاتاقان

- سه نوع آزمون دوام شامل چرخهٔ استانده، چرخهٔ گرمایی و چرخهٔ پویایی
- آزمون اضافه سرعت

مشخصات یاتاقان موتور ملی

مشخصات یاتاقان‌های موتور ملی مطابق جدول ۴-۴ می‌باشد.

جدول ٤-٤ مشخصات یاتاقان‌های ثابت، متحرک و یاتاقان‌های چشم کوچک و بزرگ موتور ملی

یاتاقان‌های ثابت بالایی

پهنا	۱۸ میلی‌متر
ضخامت	۱٫۸۴۸ میلی‌متر

یاتاقان‌های ثابت پایینی

پهنا	۱۸ میلی‌متر
ضخامت	۱٫۸۴۸ میلی‌متر ۱٫۸۵۴ میلی‌متر ۱٫۸۶۰ میلی‌متر

یاتاقان‌های متحرک

پهنا	۱۸ میلی‌متر
ضخامت	۱٫۸۲۲ میلی‌متر

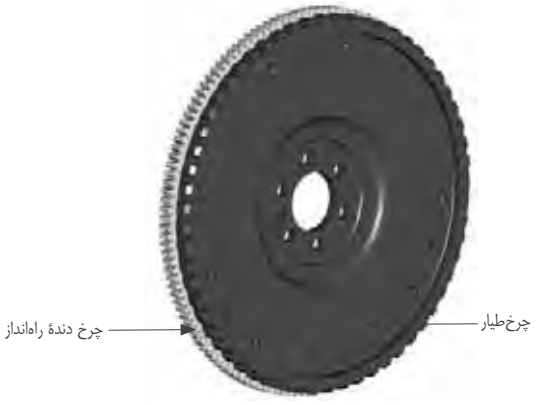
یاتاقان‌های چشم کوچک دسته‌سمبه

قطر	۲۱ میلی‌متر
پهنا	۲۳ میلی‌متر

چرخ طیار

وظیفهٔ چرخ طیار

- ذخیره‌سازی انرژی دورانی برای ایجاد یکنواختی دور و گشتاور خروجی موتور
- انتقال گردش از راه‌انداز به موتور در موقع روشن کردن
- مرجع اندازه‌گیری دور موتور



شکل ۷-٤ چرخ طیار

نیازمندی‌های طراحی چرخ طیار

- گشتاور لختی
- قطر خارجی دندهٔ راه‌انداز
- محل و مشخصات نشیمنگاه اتصال چنگکی[۱]

آزمون‌های تأیید طراحی چرخ طیار

- آزمون فروپاشی قطعه

در این آزمون، چرخ طیار با سرعتی معادل ۲,۵ برابر سرعت دورانی موتور به چرخش درمی‌آید تا از لحاظ گسیختگی و تغییر شکل بررسی شود.

- سه نوع آزمون دوام شامل: چرخه‌های استانده، گرمایی و پویایی
- آزمون اضافه سرعت

مشخصات چرخ طیار موتور ملی

در جدول ۵-۴ مشخصات اصلی چرخ طیار موتور ملی درج شده است.

جدول ٥-٤ مشخصات چرخ طیار موتور ملی

عنوان	مشخصات
گشتاور لختی	kgm 0.0872
سوراخ‌های اتصال به میل‌لنگ	6M10
جنس	GJL250
تعداد دندانه‌های راه‌انداز	۱۳۶
قطر خارجی دندهٔ راه‌انداز	۲۹۱ میلی‌متر
قطر خارجی چرخ طیار	۲۸۴ میلی‌متر

۱- Clutch

مجموعهٔ بدنه

این مجموعه شامل قطعات ثابت گروه قطعات پایینی موتور است: شامل بدنهٔ موتور و کپهٔ یاتاقان‌ها.

بدنهٔ موتور

وظیفهٔ بدنهٔ موتور

- ایجاد استحکام کافی برای نگهداری میل‌لنگ
- ایجاد استوانه‌های دقیق آستری برای حمایت مسیر حرکت سمبه با داشتن رواداشت بسیار دقیق استوانه‌ای و خارکشی (برقه‌زنی) برای کاهش مصرف روغن و اصطکاک در حرکت لغزشی سمبه
- ایجاد آبگرد مناسب به دور استوانه‌ها برای کاهش دما در استوانه‌ها و دیگر قطعات
- طراحی مناسب مسیرها و فضاهایی برای تهویهٔ گازهای احتراقی که از حلقه‌ها به محفظهٔ لنگ نشت می‌کند.
- داشتن سازه و استحکام کافی برای کاهش سروصدای مزاحم موتور
- ایجاد استحکام کافی برای نگهداری قطعات متصل مانند: پودمان روغن، تلمبهٔ روغن، دسته‌موتورها و ...
- مسیرهای روغن‌کاری شامل مسیرهای یاتاقان‌های ثابت و از طریق آن یاتاقان‌های متحرک میل‌لنگ، تأمین روغن بستار، روغن برای افشانهٔ زیر سمبه

نیازمندی‌های اصلی طراحی بدنهٔ موتور

- اهداف عملکردی
- محدودیت‌های جانمایی در خودرو
- اهداف وزنی
- محدودیت سروصدای مزاحم موتور
- محدودیت‌های جانمایی قطعات دیگر مانند اتصال محل جعبه دنده و ...
- محدودیت‌های خطوط ماشینکاری و همبندی
- فاصلهٔ استوانه‌ها
- ارتفاع و طول بدنه
- موقعیت پیچ‌های کپهٔ یاتاقان‌ها
- موقعیت نقاط حمل و نقل در خطوط همبندی و ماشینکاری
- الگوی پیچ‌های قاب نردبانی، بستار و جعبه دنده
- قطر نشیمنگاه یاتاقان‌های ثابت

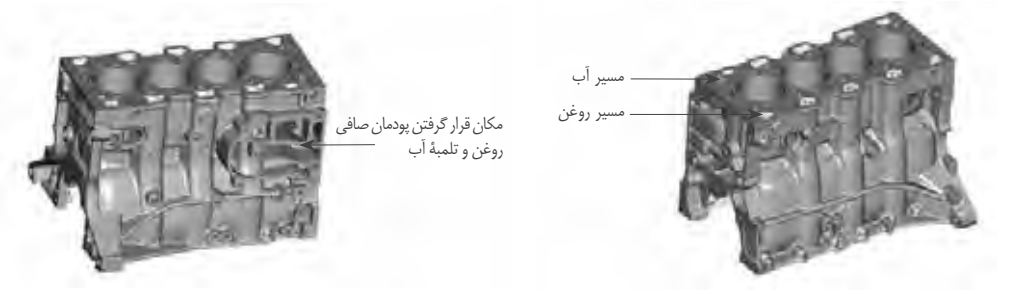
طراحی بدنه

ابعاد و اندازه‌های این قطعه که متأثر از ابعاد قطعات متصل و قطعات درونی در حال حرکت است، زمان طراحی این قطعه را طولانی می‌کند. محدودیت‌های خطوط ماشینکاری، ریخته‌گری و همبندی نیز بر طراحی این قطعه تأثیرگذار است که باعث پیچیدگی طراحی آن می‌شود. از سوی دیگر با توجه به وظایف با اهمیت این قطعه که در برگیرندهٔ سازوکار لنگ، دارا بودن استحکام در طراحی برای کاهش سروصدای مزاحم، ایجاد راهگاه‌ها و مسیرهای روغن‌کاری یاتاقان‌ها و آبگرد، دوام و حمایت قطعات متصل و موارد بسیار دیگری است، بر پیچیدگی‌های طراحی این قطعه می‌افزاید.

در حین طراحی و پس از ساخت نمونه‌های اولیه، بازخورهایی از کارگاه‌های ماشینکاری و همبندی، محاسبات مهندسی، جانمایی، خطوط همبندی، خطوط ماشینکاری و ریخته‌گری دریافت می‌شود که به تصحیح و تغییرات جزیی و بهبود طرح این قطعه می‌انجامد.

جنس بدنهٔ موتور ملی، چدن خاکستری است که به روش ریخته‌گری ماسه‌ای تحت اثر نیروی ثقل تولید می‌شود.

همانگونه که در شـــکل ۸-۴ مشـــاهده می‌شود، نوع بدنهٔ موتور دامن بلند و دهانه بسته است که استوانه‌ها نیز به صورت یک‌پارچه با محفظهٔ لنگ تولید می‌شود.



شکل ۸-٤ بدنهٔ موتور ملی

در طراحی بدنهٔ موتور تعامل بین طراح، ریخته‌گر و قالب‌ســـاز بســـیار با اهمیت است، تا قابلیت‌های تولید در طراحی قطعه لحاظ گردد. ضخامت کمینهٔ دیواره‌ها، شـــیب دیواره‌ها، ابعاد و مشـــخصات پایهٔ ماهیچه، شـــعاع‌های کمینهٔ امکان‌پذیر در ریخته‌گری و سطوح جدایش ماهیچه‌ها را ریخته‌گر و طراح قالب مشخص می‌کنند.
قالب بدنهٔ موتور از ۵ ماهیچهٔ اصلی زیرکه در شکل‌های ۹-۴ تا ۱۲-۴ نشان داده شده‌اند، تشکیل شده است.

- ماهیچه‌های محفظهٔ لنگ
- ماهیچه‌های برگشت روغن
- ماهیچهٔ آبگرد
- ماهیچهٔ جلوی بدنه
- ماهیچهٔ عقب بدنه

این مجموعه ماهیچه‌ها در قالب اصلی قرار می‌گیرد برای جلوگیری از حرکت ماهیچه‌ها به هنگام ذوب‌ریزی نیز تدابیری خاص اندیشه شده که استفاده از نگهدارندهٔ ماهیچه‌ها در موقعیت‌های مناسب و استفاده از مخلوط پنجاه درصدی ماسهٔ کروماتی و ماسهٔ بادی در ماهیچهٔ آبگرد و ماهیچه‌های روغن برگشت، از جملهٔ آن‌هاست.

شکل ۹-٤ ماهیچهٔ برگشت روغن

شکل ۱۰-٤ ماهیچهٔ محفظهٔ لنگ

شکل ۱۱-٤ ماهیچهٔ آبگرد

شکل ۱۲-٤ مجموعهٔ ماهیچه

تحلیل‌های طراحی بدنه

- تحلیل تنش بدنه تحت شـرایط بحرانی، شـامل شرایط بارگذاری ایسـتا، پویا، خستگی، تنش‌های حرارتی و بررسی تغییر شکل‌های به وجود آمده
- شبیه‌سازی کارکرد سازوکار لنگ در محفظهٔ بدنه
- تحلیل سامانهٔ روانکاری در مسیرهای روغن
- تحلیل ارتعاشـی و محاسـبهٔ بسـامدهای طبیعی مجموعهٔ بدنه برای اجتناب از ارتعاشات و نوسـانات ناخواستهٔ موتور، محاسبه و بررسی سروصدای مزاحم در موتور
- تحلیل سامانهٔ خنک‌کاری و مسیرهای آب

آزمون‌های تأیید طراحی قطعه

- آزمون ضربان بدنه و بستار، این آزمون بر روی قطعه و به وسلیه روغن تحت فشار اجرا می‌شود.
- آزمون‌های دوام چرخه‌های استانده، گرمایی و پویایی
- ضربهٔ حرارتی شدید
- ارزیابی سامانهٔ روانکاری
- ارزیابی سامانهٔ خنک‌کاری
- ارزیابی سامانهٔ تهویهٔ محفظهٔلنگ
- آزمون تهویهٔ روغن
- آزمون‌های سایش سمبهٔ سرد و گرم
- ارزیابی موتور در شیب
- آزمون تعیین دمای بدنه و بستار
- آزمون سروصدای مزاحم و ارتعاشات

فنّاوری شاخص

- بنا بر طرح خانوادهٔ موتور، این طراحی به گونه‌ای انجام شـده که قطعهٔ خام سـمبه برای هر دو موتور تنفس طبیعی و پرخوران یکسان است.

■ طراحی بدنه به گونه‌ای انجام شده که سطح سروصدای مزاحم موتور در حد بسیار پایین است.
■ خارکشی استوانه‌ها در سه مرحله است که منجر به کاهش مصرف روغن، کاهش نشت گازهای محفظه روغن و کاهش اصطکاک موتور می‌شود.

کپهٔ یاتاقان‌ها

وظیفهٔ کپه یاتاقان‌ها

■ ایجاد استحکام کافی برای نگهداری میل‌لنگ
■ داشتن سازه و استحکام کافی برای کاهش ناهنجاری موتور

نیازمندی‌های طراحی کپه یاتاقان

■ اهداف عملکردی
■ اهداف وزنی
■ محدودیت ناهنجاری تعریف شده برای موتور
■ محدودیت‌های جانمایی قطعات دیگر مانند میل‌لنگ، دسته‌سنبه
■ محدودیت‌های خطوط ماشینکاری و همبندی
■ فاصلهٔ استوانه‌ها
■ موقعیت پیچ‌های کپه یاتاقان‌ها

طراحی کپه یاتاقان

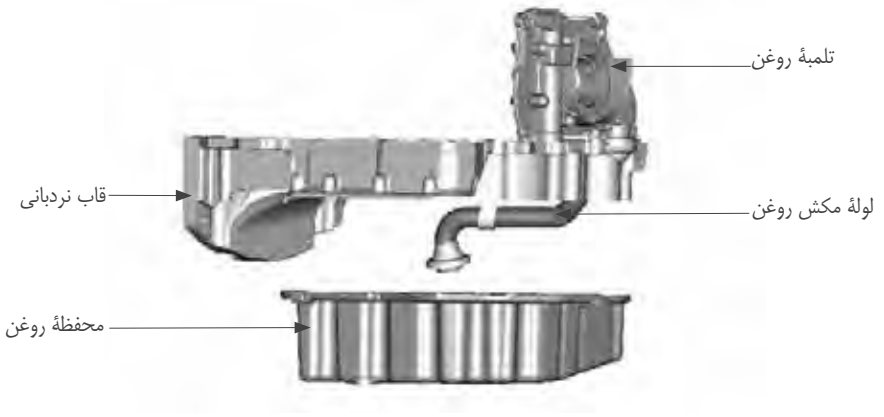
کپه یاتاقان‌ها در ارتباط مستقیم با بدنهٔ موتور هستند و وظایف آن‌ها مکمل یکدیگر است. به همین دلیل طراحی آن‌ها نیز بسیار وابسته به یکدیگر می‌باشد. مهمترین عامل در طراحی این قطعه، فشار ناشی از احتراق است که به وسلیه مجموعهٔ لنگ به این قطعه وارد می‌شود. طراحی این قطعه همچنین تأثیر مستقیم در عملکرد ارتعاشی و استحکامی بدنه موتور دارد.
جنس این قطعه از چدن نشکن می‌باشد و به خاطر تنش‌های زیادی که این قطعه باید تحمل کند استحکام آن بیشتر از بدنهٔ موتور (چدن خاکستری) می‌باشد.
همهٔ کپه یاتاقان‌ها (پنج قطعه) به صورت یک قطعه یکپارچه ریخته‌گری می‌شوند و در مرحلهٔ ماشینکاری از یکدیگر جدا می‌شوند. یکی از کپه‌ها به دلیل قرار گرفتن بغل یاتاقانی‌ها، ضخیم‌تر از چهار قطعهٔ دیگر می‌باشد.

تحلیل‌های کپه یاتاقان‌ها

همانطور که ذکر شد، عملکرد این قطعه بسیار وابسته به بدنه موتور می‌باشد. لذا تحلیل‌های آن‌ها نیز به صورت یکپارچه انجام می‌شود. از جملهٔ آن‌ها می‌توان به این موارد اشاره کرد:
■ تحلیل تنش بدنه تحت شرایط بحرانی، شامل شرایط بارگذاری ایستا، پویا، خستگی، تنش‌های حرارتی و بررسی تغییر شکل‌های به وجود آمده
■ تحلیل ارتعاشی و محاسبهٔ بسامدهای طبیعی مجموعهٔ بدنه برای اجتناب از ارتعاشات و نوسانات ناخواستهٔ موتور، محاسبه و بررسی سروصدای مزاحم در موتور

مجموعهٔ روانکاری

این مجموعه مطابق شـکل ۱۳-۴ شامل تلمبهٔ روغن، صافی روغن، محفظهٔ نگهداری روغن، قاب نردبانی و لولهٔ مکش روغـن در گروه قطعات پایینی اسـت. دیگر قطعات این مجموعه در گروه‌های قطعـات بالایی و جانبی قرار دارد. وظیفهٔ این مجموعه، روانکاری قسـمت‌های مختلف و همچنین کاهش دمای قطعات اسـت. در طراحی این مجموعه، گام اول، تحلیل‌های تک‌بعدی اسـت که میزان مصرف و مسـیرهای روغن و ظرفیت تلمبهٔ روغن را مشـخص می‌کند. در ادامه، توضیح اجمالی در مورد هر یک از قطعات این مجموعه آمده است.



شکل ۱۳-٤ مجموعهٔ روانکاری در گروه قطعات پایینی

قاب نردبانی

این قطعه که در شکل ۱۴-۴ نشان داده شده بین بدنهٔ موتور و محفظهٔ روغن موتور قرار می‌گیرد.

وظیفهٔ قاب نردبانی

- اعطای صلبیت و سازهٔ مناسب برای بهبود رفتار مجموعهٔ بدنهٔ موتور از نظر سروصدای مزاحم
- انتقال مناسب روغن به سمت محفظهٔ روغن و جلوگیری از اغتشاش
- جدا کردن محفظهٔ لنگ و محفظهٔ روغن برای کاهش مقاومت هوا
- نگهداری و اتصال سـایر قطعات مانند لولهٔ مکش روغن، محفظهٔ روغن، پوسـتهٔ اتصال چنگکی و پایه‌های نگهدارنده و صفحهٔ موج‌گیر

نیازمندی‌های طراحی قاب نردبانی

- الگوی پیچ‌ها در بدنهٔ موتور
- جانمایی موتور در خودرو
- روش تولید

شکل ۱٤-٤ قاب نردبانی موتور ملی

طراحی قاب نردبانی

محدودیت‌هایی که در طراحی این قطعه اعمال می‌شوند:

- ارتفاع کلی مجموعهٔ موتور

■ جانمایی قطعات مختلف
■ محدودیت‌های ساخت مانند روش ریخته‌گری، زاویهٔ قالب، ضخامت کمینهٔ قابل ریخته‌گری و ...
شکل ۱۵-۴ شبکه‌بندی قطعه را برای اجرای تحلیل‌های سروصدای مزاحم نشان می‌دهد.

شکل ۱۵-٤ شبکه‌بندی قاب نردبانی

تحلیل‌ها و آزمون‌های تأیید طراحی قاب نردبانی

■ تحلیل‌ها و آزمون سروصدای مزاحم
■ آزمون‌های دوام
■ آزمون ارزیابی سامانهٔ روانکاری موتور
■ آزمون ارزیابی سامانهٔ تهویهٔ محفظه‌لنگ
■ آزمون تهویهٔ روغن

با توجه به عملکرد این قطعه، تنها تحلیل‌های سروصدای مزاحم روی آن انجام می‌شود و در چند مرحله، طراحی، بهبود می‌یابد تا نتایج قابل قبولی از تحلیل‌ها به دست آید. شکل و محل قرارگیری دیواره‌های کمکی که صلبیت لازم را برای قطعه فراهم می‌آورد، بر اثر این تحلیل‌ها مشخص می‌شود.

مشخصات قاب نردبانی موتور ملی

مشخصات قطعهٔ قاب نردبانی به کار رفته در موتور ملی مطابق جدول شمارهٔ ۶-۴ است.

جدول ٦ -٤ مشخصات قاب نردبانی موتور ملی

عنوان	مشخصات
ابعاد کلی	۴۲۶×۲۸۵×۱۱۷ میلی‌متر
جنس	Al Si9cu3
روش تولید	ریخته‌گری تحت فشار

محفظهٔ روغن

وظیفهٔ محفظهٔ روغن

- نگهداری و ذخیرهٔ روغن
- خنک‌کردن روغن

نیازمندی‌های مهم محفظهٔ روغن

- حجم روغن مورد نیاز
- محدودیت‌های ابعادی برای جانمایی در موتور

طراحی محفظهٔ روغن

عواملی که در طراحی این قطعه باید لحاظ گردد:

- ایجاد صلبیت و استحکام لازم
- انتخاب مواد و روش تولید مناسب
- هدایت صحیح روغن به سمت لولهٔ مکش
- اطمینان از قرارگرفتن لولهٔ مکش درون روغن در شیب‌های مختلف جاده
- کاهش مناسب دمای روغن
- جلوگیری از کف‌کردن روغن و ورود حباب هوا به سامانهٔ روانکاری
- ایجاد سطح آب‌بندی مناسب با قاب نردبانی

در طراحی این قطعه، فاصلهٔ پیچ‌ها از یکدیگر، با توجه به ضرورت بی‌نشتی و مادهٔ آب‌بند که به صورت چسب مایع است، تعیین می‌شود. شکل و محل قرارگیری پشت‌بند نیز طبق تحلیل‌های سروصدای مزاحم مشخص می‌شود. همچنین برای مطالعهٔ مسیر حرکت و رفتار روغن در حین عملکرد موتور یک محفظهٔ روغن از مادهٔ شفاف ساخته می‌شود و هنگام کارکرد موتور مورد آزمون قرار می‌گیرد و طبق آن، مسیر مناسب برای حرکت روغن تعیین می‌شود. شکل شیب‌دار کف محفظهٔ روغن از شیب صفحهٔ محافظ موتور در خودرو، پیروی می‌کند. حجم روغن موتور نیز بر اساس آزمون‌های موتور در شیب‌های متفاوت به چهار طرف مشخص می‌گردد تا اطمینان از عدم اغتشاش زیاد، افزایش نشت گازهای محفظهٔ احتراق و افزایش میزان حباب هوا در مسیرهای روغن در شیب‌های مختلف حاصل گردد. در شکل ۱۶-۴ عکسی از الگوی سه بعدی این قطعهٔ موتور ملی نشان داده شده است.

شکل ۱۶-٤ محفظهٔ روغن

مشخصات محفظهٔ روغن موتور ملی

مشخصات این قطعه مطابق جدول ۷-۴ می باشد.

جدول ۷-٤ مشخصات محفظهٔ روغن موتور ملی

عنوان	مشخصات
ابعاد کلی	۳۰۲,۵×۲۸۸,۵×۸۷ میلی‌متر
جنس	Al Si9cu3
روش تولید	ریخته‌گری تحت فشار

تحلیل‌های انجام‌شده روی محفظهٔ روغن

- تحلیل سروصدای مزاحم

آزمون‌های تأیید طراحی محفظهٔ روغن

- آزمون شیب موتور در چهار جهت
- آزمون محفظهٔ روغن شفاف برای بررسی مسیر و حرکت روغن
- آزمون سامانهٔ روانکاری موتور
- آزمون‌های دوام
- آزمون سامانهٔ تهویهٔ محفظه‌لنگ
- آزمون تهویهٔ روغن
- آزمون سروصدای مزاحم و ارتعاشات

لولهٔ مکش روغن

وظیفهٔ لولهٔ مکش روغن

- انتقال روغن از داخل محفظهٔ روغن به تلمبهٔ روغن

طراحی لولهٔ مکش روغن

این مجموعه که در شکل ۱۷-۴ نشان داده شده از چهار قسمت تشکیل شده:

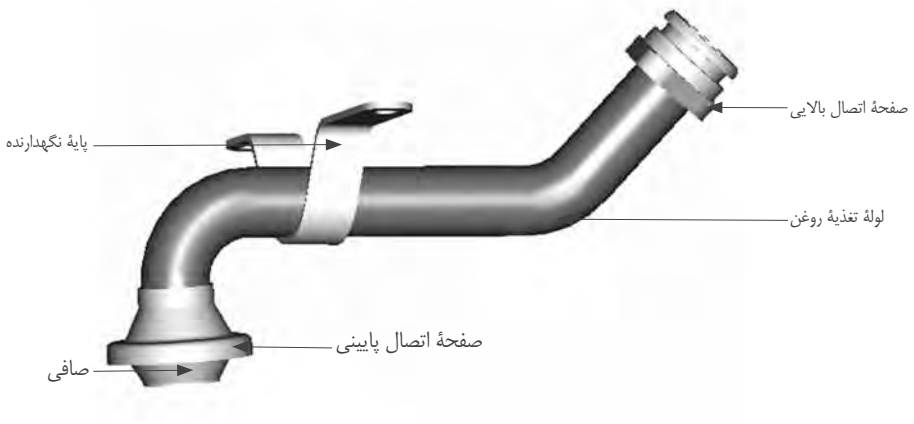
۱- صفحهٔ اتصال به قاب نردبانی

۲- لولهٔ انتقال روغن

۳- صافی روغن برای جلوگیری از ورود ناخالصی و ذرات معلق به سامانه

۴- پایهٔ نگهدارنده

همهٔ قطعات پوشش روی دارند تا در محیط روغن دچار خوردگی نشوند.



شکل ۱۷-٤ لولهٔ مکش روغن

تلمبهٔ روغن

سامانه محرک تلمبه روغن می‌تواند از نوع چرخ دنده محرک، چرخ و زنجیر یا نصب مستقیم روی میل‌لنگ باشد. همانگونه که در شکل ۱۸-۴ مشاهده می‌شود، تلمبهٔ روغن موتور ملی با هدف کاهش تعداد قطعات این مجموعه و در نتیجه کاهش قیمت، مستقیماً بر روی میل‌لنگ نصب می‌شود.

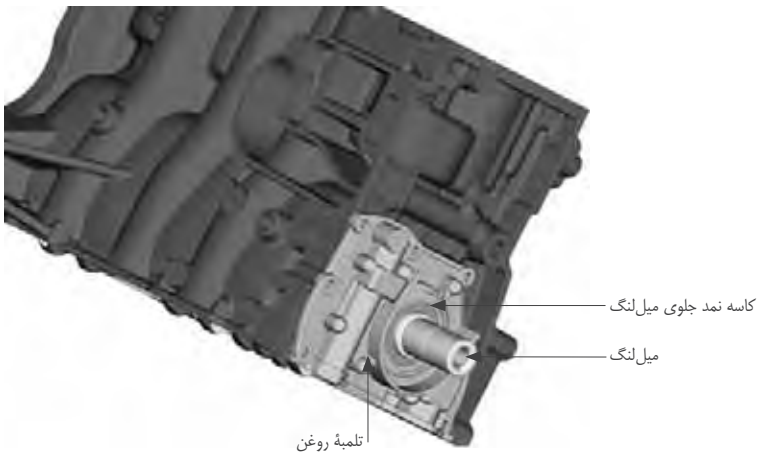
وظیفهٔ تلمبهٔ روغن

- تأمین روغن مورد نیاز موتور برای روانکاری و خنک‌کاری

نیازمندی‌های طراحی تلمبهٔ روغن

طراحی تلمبهٔ روغن با تعیین عوامل اصلی آن شروع می‌شود:

- شار و فشار روغن مورد نیاز موتور
- نوع تلمبهٔ روغن
- ابعاد اولیه برای جانمایی در موتور



شکل۱۸-٤ جانمایی تلمبهٔ روغن روی بدنه

طراحی تلمبهٔ روغن

با اســتفاده از فرضیات مطرح شــده در طراحی مفهومی و تحلیل تک بعدی جریان برای به دســت‌آوردن مصرف روغن موتور، الگوی ســه‌بعدی اولیه، تهیه و برای تحلیل آماده می‌شــود. پس از تحلیل‌های جریان ســیال، منحنی رفتار تلمبهٔ روغن و بازخورهایی که از آزمون‌های موتورهای نمونه دریافت می‌شــود، طراحی تلمبهٔ روغن تکمیل می‌شــود. محاسبهٔ محفظه‌های روغن داخل پوســته، تلمبهٔ روغن، چرخنده و چرخاننده و شــیر فشارشــکن از مهم‌ترین قسمت‌های طراحی تلمبهٔ روغن است.

تحلیل‌های طراحی تلمبهٔ روغن

- تحلیل‌های تک‌بعدی جریان برای به دست آوردن منحنی مشخصهٔ تلمبهٔ روغن
- تحلیل‌های جریان داخل تلمبهٔ روغن
- محاسبات مورد نیاز برای انتخاب ابعاد و جنس مناسب چرخنده و چرخاننده
- محاسبهٔ شیر فشارشکن و طراحی سمبه و فنر مناسب

آزمون‌های تأیید طراحی تلمبهٔ روغن

- آزمون عملکردی تلمبهٔ روغن
- آزمون دوام موتور
- آزمون سامانهٔ روانکاری موتور
- آزمون سامانهٔ تهویهٔ محفظه‌لنگ
- آزمون تهویهٔ روغن
- آزمون موتور در شیب

مشخصات تلمبهٔ روغن موتور ملی

مشخصات این مجموعه مطابق جدول ۸-۴ می‌باشد.

جدول ۸-٤ مشخصات تلمبهٔ روغن موتور ملی

عنوان	مشخصات
شار نظری	۱۰,۶۵ سی‌سی در دور
فشار و شار طراحی	۳ بار، ۸,۴ لیتر در دقیقه در سرعت ۱۰۰۰ دور در دقیقه و تا ۸۰ درجه سلسیوس
فشار باز شدن شیر فشارشکن	۴,۶ بار
نوع محرک تلمبهٔ روغن	مستقیم (درگیری مستقیم تلمبهٔ روغن با سر میل‌لنگ)

جنس پوســتهٔ تلمبهٔ روغن موتور ملی از همبســتهٔ آلومینیوم و روش تولید آن ریخته‌گری تحت فشــار اســت. چرخنده و چرخاننده نیز به روش فلزکاری گرد[1] تولید می‌شوند.

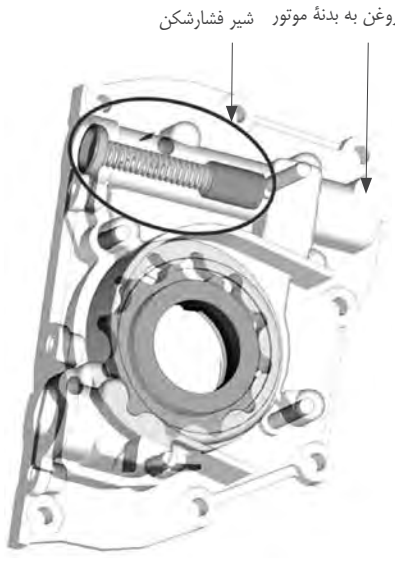
۱- Powder Metallurgy

فنّاوری شاخص

■ بنا بر طرح خانوادهٔ موتور، این طراحی به گونه‌ای انجام شده که تلمبهٔ روغن برای هر دو موتور تنفس طبیعی و پرخوران قابل استفاده باشد.

■ از پوســتهٔ تلمبهٔ روغن برای نگهداری کاســه‌نمد جلوی میل‌لنگ استفاده می‌شود و با این کار یکی از قطعات موتور کم می‌شود.

■ چون این نوع از تلمبهٔ روغن با درگیری مســتقیم میل‌لنگ و چرخاننده کار می‌کند، چرخ و زنجیر نیاز ندارد. در نتیجه قیمت کمتری نسبت به تلمبه های روغن چرخ‌دنده‌ای خواهد داشت.



شکل ۱۹-٤ تلمبهٔ روغن موتور ملی

شکل ۲۰-٤ مجموعهٔ بستار

۳-۴ قطعات بالایی موتور

این گروه شامل زیرگروه‌های بستار، مجموعهٔ سازوکار دریچه‌ها و مجموعهٔ درپوش دریچه‌ها می‌شود.

مجموعهٔ بستار

این مجموعه مطابق شکل ۲۰-۴ شامل بستار، قاب کپه یاتاقان‌های میل‌بادامک، آب‌بند بستار و پیچ بستار است که قاب کپه‌یاتاقان‌های بادامک یک‌تکه است و با چند پیچ به بستار وصل می‌شود.

بستار

وظیفهٔ بستار

بستار، دهانهٔ انتهای باز استوانه‌ها را می‌پوشاند و لایی بستار و پیچ‌های بستار، محفظهٔ احتراق را کاملاً می‌بندد. بستار در موتور معمولاً اتاق احتراق و دریچه‌های ورودی و خروجی و سازوکار دریچه‌ها را در خود جای می‌دهد که با باز و بسته شدن دریچه‌های ورودی و خروجی به توسط میل‌بادامک، محلول سوخت و هوا به درون محفظهٔ احتراق وارد می‌شود و پس از احتراق، مخلوط سوخته شده از طریق دریچه‌های خروجی به بیرون انتقال داده می‌شود. شکل‌های ۲۱-۴ و ۲۲-۴ نمای بالا و پایین بستار موتور ملی را نشان می‌دهد.

شکل۲۱-٤ نمای بستار از بالا

شکل۲۲-٤ نمای بستار از پایین

نیازمندی‌های طراحی قطعه

طرح کلی اولیه

خانوادهٔ موتور ملی سه موتور با نام‌های ۱,۷ و ۱,۴ لیتر تنفس طبیعی و ۱,۷ لیتر پرخوران دارد، بنابراین باید طرح کلی بستار برای هر سه موتور یکسان باشد و نیازی به تغییرات عمده در بستار نباشد و صرفاً با تغییراتی که در قطعات دیگر ایجاد می‌شود، بتوان نیازهای خود را برآورده ساخت؛ اساس این کار بر مبنای یکسان‌سازی این موارد است:

- طرح بستار پایه، یکسان (سازوکار دریچه‌ها و اندازه‌ها، طرح محفظهٔ احتراق، دریچه‌های ورودی و خروجی)
- الگو و ابعاد و اندازه‌های سازوکار محرک دریچه‌ها
- طرح محفظهٔ احتراق
- ابعاد و اندازه‌ها و موقعیت دریچه‌های ورودی و خروجی

همچنین نسبت تراکم و تفاوت حجم موتورها باید با تغییر ماشینکاری سمبه و تغییر قطر میل‌لنگ حاصل شود.

تصویر کلی و عوامل هندسی

در طراحی بستار باید به این مسائل هندسی توجه شود:

- قطر دریچه
- جابه جایی دریچه
- زاویهٔ دریچه نسبت به محور استوانه
- طرح به کاراندازی دریچه (استکانی روغنی و میل اسبک)
- قطر استکانی روغنی
- موقعیت شمع جرقه
- طرح محفظهٔ احتراق
- سامانهٔ روغن‌کاری
- سامانهٔ خنک‌کاری
- طرح به کاراندازی میل‌بادامک (زنجیر یا تسمه)

- طرح پیچ‌های بستار
- فرآیند ماشینکاری
- راهبرد همبندی بستار (دسترسی به پیچ‌های بستار با وجود نصب میل‌بادامک)
- ارتفاع بستار

جابه‌جایی و زاویهٔ دریچه

قطـر دریچـه و جابه جایی تقریبی دریچه با الگوبرداری از موتورهای دیگر و جابه جایی نهایی دریچه با محاسـبات تبادل گاز در بخش تحلیل مهندسـی[۱] به دسـت آمده که مقدار آن، در فضایی که برای دریچه در نظر می‌گیرند، بسیار تأثیرگذار است.

زاویهٔ دریچه هم نسبت به محور استوانه بحث مهمی است که گسترهٔ آن باید بین ۲۴ تا ۲۸ درجه باشد.

تجاوز زوایهٔ دریچه از این حد، تبعاتی به همراه دارد:

- افزایش وزن بستار
- مشکل‌تر شدن جانمایی و چیدمان موتور
- امکان طراحی محفظهٔ احتراق بهینه
- افزایش طول ساق دریچه

و چنانچه زاویهٔ دریچه از حد تعیین‌شده کمتر باشد، این تبعات را به همراه دارد:

- تخت شدن محفظهٔ احتراق
- کاهش وزن بستار
- مشکل شدن جانمایی سامانهٔ راه‌انداز دریچه‌ها (فنر و استکانی روغنی)
- مشکل شدن طرح ماهیچهٔ آب

در موتور ملی، زاویهٔ دریچهٔ دود ۲۶ و زاویهٔ دریچهٔ هوا ۲۵ درجه انتخاب شده است.

قطر دریچه و قطر استکانی روغنی

قطر دریچه و قطر اسـتکانی روغنی هم بر غشـاء روغنی که بین سـاق دریچه و استکانی روغنی با دیوارهٔ لولهٔ هادی در بستار ایجاد می‌شود، تأثیر بسزایی دارد و در طراحی باید کاملاً به این مسأله دقت شود.

موقعیت شمع جرقه

موقعیت شمع هم تأثیر زیادی بر چگونگی پیشرفت احتراق دارد؛ قرار گرفتن شمع در طرف دریچهٔ دود یا دریچهٔ هوا مزایا و معایبی دارد که با توجه بدان باید موقعیت دقیق شمع را پیدا کرد تا احتراق با زدن جرقه به درستی پیشرفت کند.

طراحی راهگاه ورودی

طراحی راهگاه ورودی، تأثیر زیادی بر چگونگی اختلاط مخلوط سـوخت و هوا دارد؛ همچنین، چون در این موتور برای هر اسـتوانه، دو دریچهٔ ورودی و دو دریچهٔ خروجی وجود دارد، باید راهگاه ورودی به گونه‌ای طراحی شـود که مخلوط به طور مناسـب از هر دو دریچه وارد اسـتوانه شود تا مشکل عدم اختلاط یکسـان در همهٔ محفظهٔ احتراق از بین برود. در طراحی راهگاه ورودی این موتور که در شکل ۲۳-۴ نشان داده شده، یک پخ ۲ درجه وجود دارد؛ این شیب ۲ درجه برای جلوگیری از آشفتگی جریان ورودی به محفظهٔ احتراق در نظر گرفته شده و بر بازدهٔ تنفسی تأثیر بسزایی دارد.

۱- CAE (Computer- Aided Engineering)

شکل ۲۳ -٤ راهگاه ورودی

طراحی راهگاه خروجی

یکی از فعالیت‌هایی که برای بهبود بازدهٔ تنفسی موتور انجام گرفته، توسعهٔ مسیر خروجی محصولات احتراق است که اگر طراحی دریچهٔ خروجی به خوبی انجام شود، در دورهای تند که مراحل چهارگانه سریع‌تر انجام می‌شوند، دود (مخلوط سوخته‌شده) بهتر از محفظهٔ احتراق خارج می‌شوند و این عمل به بهبود بازدهٔ تنفسی می‌انجامد و مکش بعدی هم با ترکیب خالص‌تر سوخت و هوای تعریف‌شده انجام می‌شود. شکل ۲۴-۴ طرح راهگاه خروجی موتور را نشان می‌دهد.

شکل ٢٤-٤ راهگاه خروجی

طراحی ماهیچهٔ آب

طراحی ماهیچهٔ آب برای بستار، یکی از مهم‌ترین بخش‌های طراحی محسوب می‌شود. برای آن، موارد متعددی باید به طور همزمان رعایت شود تا نتیجه‌ای جامع و با کمترین عیب و نقص از نظر تولید و عملکرد به دست آید. این ماهیچه در واقع فضای خالی را برای جریان آب در بستار فراهم می‌کند. مهم‌ترین بخش‌هایی که باید خنک‌کاری شوند، عبارتند از:

- اطراف شمع و سطح محفظهٔ احتراق
- اطراف لولهٔ هادی[۱] دریچه‌های تنفس و تخلیه
- اطراف راهگاه خروجی
- نشیمنگاه دریچهٔ تخلیه

آب از مجاری موجود در طرفین استوانه‌ها به سمت بالا جاری و از دو طرف بستار وارد مجاری می‌شود. به علت گرم بودن سمت راهگاه تخلیهٔ دود نسبت به سمت راهگاه تنفس، جریان آب ورودی به سمت راهگاه دود باید بیشتر از سمت راهگاه تنفس باشد. به همین دلیل مسیرهای منتهی به سمت راهگاه دود، سطح مقطع بزرگتری دارد. فضای در نظر گرفته شده برای آب باید به شکلی طراحی شده باشد که پس از پرشدن با آب، هوا کاملاً از آن خارج شود. همچنین در صورت بخارشدن آب، حباب‌ها به راحتی از بستار خارج شوند. به همین علت لازم است شیب در نظر گرفته شده برای سطوح داخلی، قاعدهٔ مشخصی داشته باشد تا هوا و بخار آب از تمامی فضای آن به راحتی خارج شود. شکل ۲۵-۴ ماهیچهٔ آب موتور ملی را نشان می‌دهد.

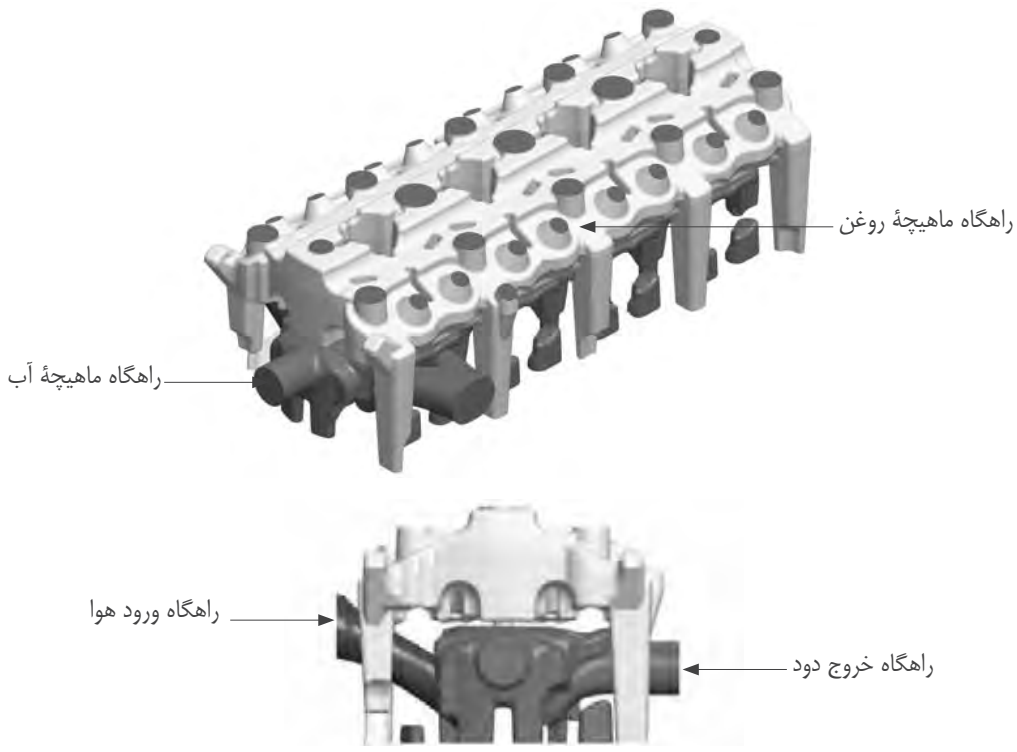
۱- Guide

شکل ۲۵ -٤ ماهیچهٔ آب

طراحی ماهیچهٔ روغن

ماهیچهٔ روغن برای تخلیهٔ روغن از بستار در نظر گرفته شده و در طراحی آن باید فضای کافی برای جریان آزاد روغن به سمت پایین پیش‌بینی شود. در خانوادهٔ موتور از دو سوی بستار، مجموعاً ده راهگاه جریان آزاد روغن در نظر گرفته شده و این اطمینان را به وجود می آورد که همهٔ روغن انتقال‌یافته به بستار، پس از روغن‌کاری یاتاقان‌ها و استکانی دریچه‌ها، به راحتی به سمت پایین تخلیه می‌شود.

در طراحی ماهیچهٔ روغن باید توجه کرد که برحسب شیب جاده، موتور می‌تواند موقعیت زاویه‌ای مختلفی داشته باشد. بنابراین در هر موقعیت زاویه‌ای از موتور باید امکان جریان آزاد روغن در نظر گرفته شود و همهٔ مسیرهای تخلیهٔ روغن به سوی راهگاه‌ها از شیب مناسب برخوردار باشد. شکل ۲۶-۴ مجموعهٔ ماهیچه‌های آب و روغن را نشان می‌دهد.



شکل ۲٦-٤ ماهیچه‌های به کار رفته در بستار

طراحی محفظهٔ احتراق

طرح محفظهٔ احتراق برای همهٔ موتورهای خانواده یکسـان است و تغییرات نسبت تراکم در موتورهای مختلف ۱,۷، ۱,۴ لیتر تنفس طبیعی و ۱,۷ لیتر پرخوران با تغییراتی که روی سمبه ها ایجاد مـی‌شود، به دست مـی‌آید. در واقع با سمبه‌ای با تاج تخت برای مـوتـور ۱,۷ لیتر تنفس طبیعی و سمبه ای با تاج طاق‌دار برای موتور ۱,۴ لیتر تنفس طبیعی و سمبه‌ای از نوع کاسه‌ای برای موتور۱,۷ لیتر پرخوران می‌توان به نسبت‌های تراکم متفاوت دست‌یافت.

محدودیت‌های طراحی قطعه

بـا توجه به محدودیت‌هایی که در زمینهٔ تولید و خصوصاً در خطوط ماشـینکاری و همبندی بسـتار وجود دارد، طراحان مجبور به رعایت برخی ابعاد و اندازه‌ها هستند تا تغییراتی در خط ماشینکاری بستار ایجاد نشود. خط تولید در نظر گرفته شده برای تولید موتور، مشابه موتور پژوی ۲۰۶[۱] است. به عبارت بهتر خانوادهٔ موتور باید به شکلی طراحی شود که بتوان در خط ماشینکاری و همبندی موتور پژو ۲۰۶ آن را تولید کرد.

برخی ابعاد و اندازه‌های محدود کننده عبارتند از:

- فاصلهٔ مرکز تا مرکز استوانه‌ها
- موقعیت پیچ‌های بستار
- موقعیت محور میل‌لنگ
- موقعیت بسته شدن چندراههٔ هوا و دود
- و دیگر تغییراتی که خارج از حیطهٔ اصلی طراحی بستار قرار دارد.

طراحی بستار بر اساس این محدودیت‌ها و با توجه به اندازهٔ قطر و موقعیت استوانه‌ها آغاز می‌شود.

طراحی بستار

باید با توجه به عوامل ذکر شده در بخش نیازمندی‌های طراحی قطعه و همچنین محدودیت‌های طراحی قطعه، طراحی آن شروع شود: فاصلهٔ مرکز تا مرکز استوانه‌ها متأثر از محدودیت خط تولید و جانمایی موتور در خودرو است و همچنین موقعیت پیچ‌های بستار هم ناشی از دستگاهی است که پیچ‌ها را هم‌زمان در خط تولید سفت می‌کند و مواردی را هم که در بخش نیازمندی‌های طراحی قطعه ذکر شد، باید کاملاً در محاسبات مهندسی در نظر گرفت و سپس الگوی سه‌بعدی این قطعه باید با نرم‌افزار Pro/E ایجاد شـود و پس از آن، این الگو باید در شـرایط مختلف کاری موتور و تحلیل‌های حرارتی و مکانیکی و ارتعاشی بررسی شود تا اگر معایبی در تحلیل‌ها مشاهده شد، با تجدید نظر در طرح به برطرف کردن عیب پرداخت. این مبادلات در دو بخش طراحی و تحلیل تا جایی انجام می‌شود که بتوان به طرح مطلوب دست‌یافت.

برای تولید این قطعه، فرآیند ریخته‌گری ثقلی در قالب دائمی (فلزی) در نظر گرفته شده است. از این فرآیند معمولاً برای تولیدات انبوه استفاده می‌شود. در این فرآیند، فلز مذاب در اثر نیروی جاذبه وارد قالب می‌شود. در این مورد ماهیچه‌هایی که امکان خارج کردن آن‌ها به سـادگی وجود دارد، از فلز سـاخته می‌شـوند، ولی ماهیچه‌های روغن، آب و راهگاه‌های ورودی و خروجی از جنس ماسه‌اند. از ویژگی‌های این فرآیند نسبت به ریخته‌گری ماسه‌ای این است که می‌توان به دقت ابعادی بیشتر، صافی با سطح و خواص مکانیکی بهتر دست‌یافت، اما محدودیت‌هایی هم دارد که عبارتند از:

- هر همبسته‌ای برای این فرآیند مناسب نیست.
- ابزارهای تولید و ساخت قالب این فرآیند گران‌تر هستند.
- برخی از اشـکال پیچیده را نمی‌توان با این فرآیند تولید کرد، زیرا خط جدایی پیچیده خواهد بود و برای خارج کردن قطعه از قالب نیز، مشکلات زیادی پیش می‌آید.
- در نظر گرفتن قطعات ریخته‌گری که در آن‌ها به حفاظت مذاب از برخورد با قالب نیاز باشد.

در موتور ملی برای تولید بستار از همبستهٔ GAlSi7CU3/226.70 استفاده می‌شود و همبستهٔ GAlSi8CV3/226R هم به عنوان جایگزین معرفی شده است. برای افزایش استحکام قطعه، عملیات حرارتی T6 انجام می‌گیرد.

۱- TU5

جدول مشخصات قطعه

مشخصات این قطعه مطابق جداول ۹-۴ تا ۱۱-۴ است.

جدول ۹-٤ مشخصات بستار در موتور ملی

عنوان	مشخصات
مواد استانداردِ مواد	GAlSi8CU3226.10 GAlSi8CU3226R DIN EN 1706 , DIN 1725-02
روش تولید	ریخته‌گری ثقلی در قالب دائمی (فلزی)
جرم قطعه خام (کیلوگرم) جرم قطعه نهایی (کیلوگرم)	۱۶,۱ ۱۴
ابعاد کلی (میلی‌متر)	طول = ۴۳۲,۵ عرض = ۲۵۵ ارتفاع = ۱۳۸,۸
حجم محفظه احتراق (سی سی)	۳۷,۱۶

جدول ۱۰-٤ ترکیبات شیمیایی بستار

	GAlSi8CU3/ 226.10	GAlSi8CU3/ 226R
Al	مبنا	مبنا
Si	8,5% - 9,5%	8,5% - 9,5%
Cu	2,3% - 2,6%	2,9% - 3,3%
Fe	0,3% - 0,7%	max. 0,25%
Mn	0,35% - 0,5%	0,65% - 0,75%
Mg	0,25% - 0,5%	0,30% - 0,35%
Zn	0,5% - 0,7%	max. 0,1%
Ti	0,085% - 0,12%	0,10 %- 0,12%
Pb	max. 0,20%	max. 0,02%
Ni	max. 0,30%	max. 0,10%
Sn	max. 0,10%	max. 0,03%
P	max. 15 ppm	max. 15 ppm
Ca	max. 20 ppm	max. 20 ppm
Sb	max. 50 ppm	max. 50 ppm
Li	max. 5 ppm	max. 5 ppm
Sr	200 - 300 ppm	250 - 350 ppm

جدول ۱۱-٤ خواص فیزیکی بستار

خواص	مقدار
مقاومت کششی	Min 175 MPa
استحکام سیلان	Min 105 MPa
تغییر طول	Min 1 %
سختی	Min 72 HB
ضریب کشسانی نشیمنگاه	75 GPa

برای تولید بستار از همبستهٔ آلومینیوم ALSi9CU3 استفاده شده است. از این همبسته، بیشتر برای تولید قطعات با روش ریخته‌گری تحت‌فشار استفاده می‌شود که در این مورد برای ریخته‌گری در قالب ماسه‌ای هم استفاده شده است.

تحلیل‌های مورد نیاز برای بستار

- تحلیل تنش مکانیکی شامل بارگذاری‌های مکانیکی از قبیل پیش‌بار ناشی از پیچ‌ها و فشار احتراق
- تحلیل تنش حرارتی، شامل بارگذاری‌های حرارتی از قبیل حرارت ناشی از احتراق و خنک‌کاری ناشی از آب و روغن
- تحلیل تنش حرارتی- مکانیکی که در آن هم شرایط مرزی تحلیل مکانیکی و تحلیل حرارتی هم‌زمان در یک مرحله منظور می‌شود.
- تحلیل ناهنجاری‌ها برای بهینه‌سازی سروصدا و ارتعاشات بستار
- تحلیل خنک‌کاری
- تحلیل‌های ورود جریان هوا و خروج جریان دود

آزمون‌های تأیید طراحی بستار

- آزمون‌های دوام چرخه استانده، گرمایی و پویایی
- ضربه حرارتی شدید
- آزمون سامانهٔ روانکاری
- آزمون سامانهٔ خنک‌کاری
- آزمون سامانهٔ تهویه
- محفظه لنگ تهویهٔ روغن
- کارکرد درجا و گرم
- آزمون موتور در شیب
- آزمون تعیین دماهای بدنه و بستار

قاب یاتاقان میل‌بادامک

وظیفهٔ قطعه

این قطعه که در شکل ۲۷-۴ مشاهده می‌شود، به عنوان نیمهٔ بالایی قاب یاتاقان‌های میل‌بادامک تنفس و تخلیه طراحی شده است. هر میل‌بادامک برای محکم شدن بر روی بستار نیاز به پنج عدد قاب یاتاقان دارد و ساخت هر یک از آن‌ها

به اندازهٔ ساخت یک قطعهٔ کامل نیازمند صرف وقت است. در صورتی که با طراحی یکپارچه، زمان لازم برای ریخته‌گری و ماشینکاری کاهش می‌یابد. ضمن آن که برای تقویت استحکام بستار و کاستن از ارتعاشات آن، مفید است. سوراخ‌های وسط قطعه برای دسترسی به شمع‌ها در نظر گرفته شده است. به این ترتیب که شمع‌ها روی بستار نصب می‌شوند و سیم‌پیچ افروزش روی قاب یاتاقان میل‌بادامک قرار می‌گیرد و به انتهای شمع متصل می‌شود.

شکل ۲۷-٤ قاب کپه‌یاتاقان

نیازمندی‌های طراحی قطعه

پیش از طراحی این قطعه، نکاتی را باید در مد نظر قرار داد:

۱- آیا از دو میل‌بادامک برای موتور استفاده خواهد شد یا یک میل‌بادامک برای دریچه‌های دود و هوا به کارگرفته خواهد شد؟ (در موتور ملی از دو میل‌بادامک جداگانه برای دریچه‌های هوا و دود استفاده شده است.)

۲- آیا سامانهٔ زمان‌بندی متغیر پیوسته (زبمپ)[۱] روی هر دو میل‌بادامک نصب می‌شود یا نه؟ (در این موتور روی میل‌بادامک هوا نصب شده است.)

۳- قاب یاتاقان میل‌بادامک به صورت یک‌تکه خواهد بود یا دوتکه؟

۴- روش‌های روغن‌کاری میل‌بادامک چگونه خواهد بود؟

محدودیت‌های طراحی قطعه

با توجه به محدودیت‌هایی که در زمینهٔ تولید و خصوصاً خط ماشینکاری و همبندی وجود دارد، طراحان باید به گونه‌ای اقدام‌کنند که مشکلات جانبی ایجاد نشود.

برخی از این محدودیت‌ها عبارتند از:

۱- فاصلهٔ مرکز تا مرکز یاتاقان‌ها

۲- موقعیت پیچ‌های قطعه

۳- موقعیت قرارگیری شمع‌ها که باید بدون بازکردن این قطعه از روی بستار به آن‌ها دسترسی داشت.

۴- موقعیت قرارگرفتن پیچ‌های بستار که بدون بازکردن قاب کپه یاتاقان‌ها از روی بستار باید به آن‌ها دسترسی داشت.

طراحی قطعه

نکتهٔ مهم فنی که باید در طراحی این قطعه در نظر گرفته شود، توجه به جهت نیروی یاتاقان میل‌بادامک‌هاست. نیروی حاصل از فنر دریچه‌ها پیوسته میل‌بادامک را به طرف بالا می‌راند و یاتاقان‌های میل‌بادامک را بر قاب یاتاقان می‌فشارد. به عبارتی نیروی یاتاقانی میل‌بادامک را بر قاب یاتاقان می‌فشارد، بنابراین لازم است همیشه روغن‌کاری شود.

۱- CVVT (Continuous Variable Valve Timing)

نقطهٔ ورود روغن به قاب یاتاقان میل‌بادامک تخلیه به گونه‌ای اســت که همزمان با گردش میل‌بادامک تخلیه، روغن به ســمت قاب یاتاقان هدایت می‌شود و آن را روغن‌کاری می‌کند، ولی دربارهٔ میل‌بادامک تنفس، عکس این موضوع وجود دارد؛ یعنی گردش میل‌بادامک تنفس مانع نفوذ روغن در یاتاقان‌ها می‌شــود و همان طور که در شــکل دیده می‌شود در سطح داخلی قاب یاتاقان میل‌بادامک تنفس، شیارهایی در نظر گرفته شده که روغن به وسیلهٔ آن به تمام سطح یاتاقان نفوذ کرده، آن را کاملاً روغن‌کاری می‌کند.
ایجاد این شیارها کم‌هزینه است و در قالب ریخته‌گری پیش‌بینی شده است. در ضمن، روش ساخت این قطعهٔ ریخته‌گری با فشار قوی با استفاده از قالب فلزی[۱] است و نکتهٔ دیگر این که با توجه به مسائلی که در بخش نیازمندی‌ها و در بخش محدویت‌های طراحی این قطعه وجود داشت، باید طراحی را آغاز کرد.

تحلیل‌های مورد نیاز

تحلیل‌های سروصدای مزاحم و ارتعاشات روی این قطعه انجام می‌شود.

آزمون‌های مورد نیاز

تقریباً کلیهٔ آزمون‌های صحه‌گذاری بستار برای صحه‌گذاری این قطعه نیز ضروری است البته بسته به نوع طرح مفهومی قطعه امکان صرف نظر کردن از بعضی آزمون‌ها وجود دارد.

جدول مشخصات

مشخصات این قطعه مطابق جدول ۱۲-۴ می‌باشد.

جدول ۱۲-٤ مشخصات قاب کپه‌یاتاقان در موتور ملی

عنوان	مشخصات
مواد	GAlSi9CU3 GAlSi8CU3226R
استانداردِ مواد	DIN EN 1706 , DIN 1725-02
روش تولید	ریخته‌گری تحت فشار در قالب فلزی
جرم قطعهٔ خام (کیلوگرم)	۳٫۶
جرم قطعهٔ نهایی (کیلوگرم)	۳٫۴
ابعاد کلی (میلی‌متر)	طول = ۴۳۲ عرض = ۲۷۷ ارتفاع = ۴۰

وزن این قطعه نســبتاً ســبک است و در برخی قســمت‌ها دیواره‌ها ضخامت کمتری دارد؛ بر همین اساس از ریخته‌گری تحت‌فشار استفاده می‌کنیم و در این روش سطوح با کیفیت بهتری نسبت به دیگر روش‌های ریخته‌گری ایجاد خواهد شد. در ضمن، در مورد خصوصیات شیمیایی و فیزیکی همبستهٔ این قطعه[۲] در بخش بستار توضیح داده شده است.

۱- High Pressure Die Cast
۲- GAlSi9CU3

فنّاوری نو در قطعه

در این قطعه، روش ساخت به صورت یک‌تکه است که برای جلوگیری از ارتعاش و سروصدا بسیار مؤثرتر از ساخت دوتکه است.

پیچ بستار

وظیفه

این پیچ وظیفه دارد بســتار را به بدنهٔ موتور متصل کند؛ این پیچ‌ها باید بســیار دقیق طراحی شــوند، چرا که نیروی این پیچ‌هاست که باعث بی‌نشتی محفظهٔ احتراق می‌شود.

شکل ۲۸-٤ پیچ بستار

نیازهای طراحی قطعه

در طراحی پیچ‌های بســتار، قدرت موتور باید در نظر گرفته شــود. گشتاور موتور استفاده از پیچ‌هایی با قدرت و استحکام متفاوت را ایجاب‌می‌کند؛ نوع پیچ هم می‌تواند بر طراحی و انتخاب پیچ‌های استانده تأثیر بگذارد.

برخی از پیچ‌ها به صورت اســتانده، با اســتحکام و تحمل مشخص وجود دارند. برخی هم به صورت استانده وجود ندارد و باید با توجه به شــرایط خاص موتور (مانند موتور ملی) به طراحی آن بپردازیم، چرا که پیچ‌های اســتانده پاســخگوی نیاز این خانوادهٔ موتور نیست.

طراحی پیچ بستار

طراحی پیچ بســتار بر عهدهٔ ســازنده است و تنها اطلاعات ابعادی که در شکل ۲۸-۴ آورده شده، به سازنده داده می‌شود و بقیهٔ محاســبات و همچنین طراحی و تعیین مواد و گشــتاور لازم برای بســتن پیچ را سازنده معین می‌کند. معیار اصلی برای تعیین همهٔ اندازه‌ها، الگوبرداری است.

طبــق تجربهٔ طراحــان برای موتورهای بنزینی، عموماً پیچ‌های بســتار با قطر ۱۰ میلی‌متر یا بــه عبارتی M10 در نظر گرفته می‌شود و تجربه، کارآیی مطمئن آن را تضمین می‌کند، اما به علت نصب پرخوران روی موتور، لازم است ضریب اطمینان را افزایش داد و از پیچ‌هایی با ردهٔ استحکامی قوی‌تر استفاده کرد. بنابراین به جای پیچ با ردهٔ استحکامی ۱۰/۹ از ردهٔ اســتحکامی ۱۱/۹ اســتفاده می‌شود که البته استانده نیست. علت انتخاب ردهٔ استحکامی غیر استانده این است که

پیچ‌های بستار باید حتی‌الامکان بیشترین انعطاف‌پذیری را در برابر بارهای کششی نوسان داشته باشد تا در برابر خستگی از دوام بیشتری برخوردار باشد، بنابراین به جای انتخاب یک ردهٔ استحکامی استانداردِ بالاتر از ردهٔ استحکامی غیراستانداردِ ۱۱/۹ استفاده می‌شود.

تحلیل مورد نیاز

تحلیـل تنش‌های مکانیکی و حرارتی به کمک نرم‌افزارهـای HYPERMESH® و ABAQUS® روی این قطعه انجام می‌شود.

جدول مشخصات

مشخصات اصلی این قطعه مطابق جدول ۱۳-۴ است.

جدول ۱۳-٤ مشخصات پیچ بستار در موتور ملی

عنوان	مشخصات
مواد	فولاد ۱۱,۹
روش تولید	آهنگری
جرم	۸۰,۴ گرم
پوشش سطح	فسفات روی
مقاومت کششی	۱۲۵۰-۱۱۰۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع

آزمون‌های مورد نیاز

- آزمون ضربه حرارتی شدید
- آزمون‌های دوام چرخه‌های استانده، گرمایی و پویایی

لایی بستار

وظیفه

این لایی که در شکل ۲۹-۴ نشان داده شده، باید به طور کامل و دقیق بی‌نشتی محفظهٔ احتراق و نیز مجرای عبور آب و روغن را در موتور در طول عمر آن تضمین کند.

شکل ۲۹ -٤ لایی بستار

نیازهای طراحی قطعه

این قطعه همانند قطعات دیگر، اطلاعاتی برای طراحی نیاز دارد. با توجه به گستردگی نیازمندی‌های طراحی این قطعه، عنوان نیازمندی‌ها همراه با جواب فرض شده برای آن‌ها، به طور خلاصه در جدول ۱۶-۴ درج شده است.

محدودیت‌های طراحی لایی بستار

امروزه طراحی بر اساس چند اصل پایه‌گذاری شده است:

■ افزایش قدرت موتور با اســتفادهٔ بهینه از چرخهٔ حرارتی که در موتور ایجاد می‌شــود. این امر باعث می‌شود دمای گرم و فشار قوی در محفظهٔ احتراق ایجاد شود.

■ تمایل به تولید موتورهای کوچک‌تر و سبک‌تر برای کاهش میزان مصرف سوخت بدین منجر شده که تولیدکنندگان موتور به آلومینیوم و همبسته‌های سبک در موتور روی آورند که تفاوت زیادی با چدن استفاده شده در موتورهای قدیمی دارد. این مواد در برابر دمای گرم حساس‌اند و انقباض و انبساط زیادی در موتور ایجاد می‌کنند.

■ محدودیت‌های قوی از سوی استانده‌ها برای کاهش آلودگی

برای تأمین این خواسته‌ها باید از لایی بستارهایی استفاده کنیم که در برابر حرارت مقاوم هستند و به موتور اجازهٔ انبساط و انقباض می‌دهند. همچنین در برابر ذرات اضافه‌شونده در ضدیخ و نیز اضافه‌های موجود در روغن موتور مقاومت داشته باشند و همچنین با توجه به توضیحات بخش نیازمندی‌های طراحی باید این قطعه را طراحی کرد.

جدول ۱۴-۴ نیازمندی‌های طراحی آب‌بند بستار

عنوان	مشخصات
حجم جابه جایی	۱۷۰۰ سی سی
ترتیب قرارگیری استوانه‌ها	۴ استوانهٔ خطی
نوع موتور	طبیعی و پرخوران
نوع سوخت	بنزین و گاز طبیعی فشرده[۱]
بیشینهٔ قدرت	۱۱۰ کیلووات در ۵۵۰۰ د.د.د.
بیشینهٔ گشتاور	۲۱۵ نیوتن‌متر در۲۲۰۰ تا ۴۸۰۰ د.د.د.
بیشینهٔ فشار احتراق	۱۱۰ بار
بیشینهٔ دمای خنک‌کنندگی	۱۱۰ درجهٔ سلسیوس
نوع مایع خنک‌کننده	آب=۵۰٪ وگلیکل=۵۰٪
بیشینهٔ دمای روغن	۱۴۰ درجهٔ سلسیوس
نوع روغن	10w-40 یا 5w - 30
قطر استوانه	۷۸٫۶ میلی‌متر
جنس مادهٔ بستار	AlSi9CU3
تعداد دریچه	۴ قطعه در هر استوانه
مادهٔ بدنه	GG25*
نوع پیچ	M10*1/5
تعداد پیچ	۱۰ عدد
بار پیچ	۶۲ کیلونیوتن

۱- CNG (Compressed Natural Gas)

طراحی قطعه

لایی بستار از جنس فولاد چندلایه است. این لایی‌ها از چند لایهٔ فولادی تشکیل شده‌اند که معمولاً با الاستومری پوشش داده می‌شوند.
ترکیب لایی‌های فولادی چندلایه به طور کلی با ترکیب نوع الیافی تفاوت دارد. لایی‌های الیافی از یک لایهٔ فولادی برش‌خورده تشکیل شده‌اند که استحکام را در آن بیشتر می‌کند. موارد الیافی در دو طرف این لایهٔ فولادی قرار می‌گیرند. دایره‌های فلزی نیز مقاومت در برابر حرارت و فشار را در محفظهٔ احتراق استوانه‌ها افزایش می‌دهند.
در لایی‌های چندلایهٔ فولادی با توجه به این که جنس لایه‌ها از فولاد فنر است، در هنگام بستن پیچ‌ها، آب‌بند از منطقهٔ برآمدگی فشرده می‌شود و نیروی واکنشی از طرف آب‌بند به اطراف وارد می‌شود که این امر، خود، باعث بهبود بی‌نشتی در اطراف مجاری بهبود آب و روغن و نیز در اطراف محفظهٔ احتراق می‌شود.
نکتهٔ دیگر در مورد این نوع از لایی، امکان پوشش‌دادن به آن است و می‌توان سطح فلز را به وسیلهٔ مواد بسپاری پوشش داد. استفاده از این پوشش سبب می‌شود که فرورفتگی‌های ریز و خرد را که روی سطح بستار و یا بدنه پس از فرآیند ماشینکاری ایجاد می‌شود، پر شود و بدین ترتیب آب‌بندی بهتری به دست آید.
شکل‌های ۳۰-۴ جزئیات بیشتری از این قطعه را نشان می‌دهند.

مزایای آب‌بند فلزی چند لایه

این نوع لایی که در موتور ملی استفاده شده، مزایایی نسبت به لایی‌های معمولی دارد:
۱- مقاومت مکانیکی و حرارتی بسیار بزرگ در مقابل بیشینهٔ دما و فشار حاصل از احتراق
۲- امکان پوشش لایی فلزی با مواد مرکب لاستیکی پوشش برای بهبود بی‌نشتی
۳- امکان نصب خودکار لایی فلزی
۴- قابلیت تأمین بی‌نشتی در حالت‌های ارتعاشی با توجه به فنری بودن ناشی از حالت پله‌دار بودن لایی
۵- مقاومت بسیار خوب در مقابل ضد یخ و روغن موتور
۶- داشتن دوام و عمر طولانی

تحلیل‌های مورد نیاز

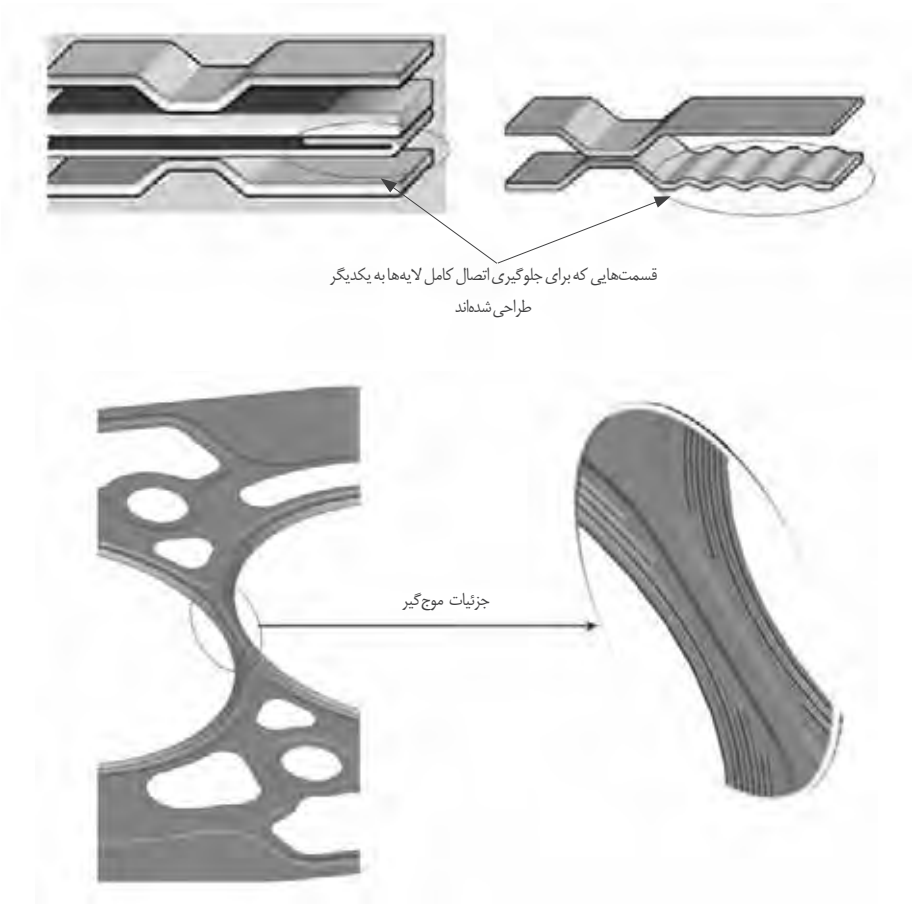
تحلیل تنش‌های حرارتی و مکانیکی
تحلیل خنک‌کاری

آزمون‌های مورد نیاز

اجرای کلیهٔ آزمون‌های صحه‌گذاری بستار برای این قطعه نیز ضروری است.

فنّاوری نو در قطعه

این نوع لایی به هیچ‌وجه برای چسبیدن در محل، نیاز به چسب یا مواد اضافه ندارد.



شکل‌های ۳۰-٤ آب‌بند فلزی چندلایه

جدول مشخصات قطعه

مشخصات آب بند بستار مطابق جدول ۱۵-۴ می‌باشد.

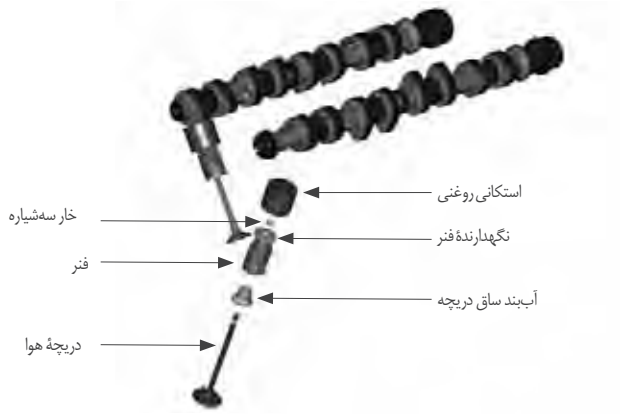
جدول ۱۵-٤ مشخصات آب‌بند بستار در موتور ملی

عنوان	مشخصات
مواد	ورق فلزی
روش تولید	ورق‌کاری
جرم (گرم)	۷,۱۱۶
ابعاد کلی (میلی‌متر)	۳۹۴×۱۶۶,۵

مجموعهٔ سازوکار دریچه‌ها

این مجموعه که در شکل ۳۱-۴ نمایش داده شده، شامل قطعاتی است که برای باز و بسته‌کردن دریچه‌های دود و گاز بـه کارمـی‌رود و باعث ورود جریان گاز و هوا (سـوخت و هوا) و خروج دود از موتور می‌شـود؛ در این مجموعه، برخی از قطعات فنّاوری جدیدی دارند و برای کارکرد بهتر این مجموعه به کار رفته‌اند که عبارتند از:

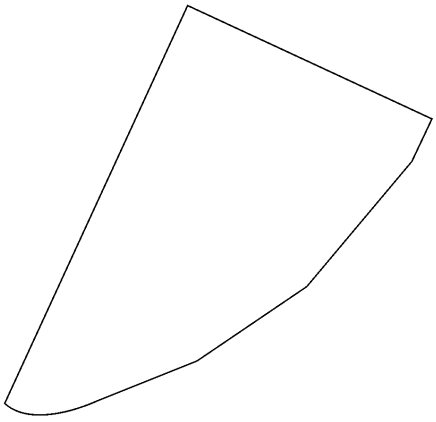
- میل‌بادامک‌های هوا و دود
- دریچه‌های دود و هوا و اجزای متعلق به دریچه از قبیل فنر دریچه، خار نگهدارندهٔ دریچه، استکانی روغنی و ...
- زبمپ، برای پایش پیوستهٔ زمان‌بندی دریچه‌ها
- چرخ‌دنـده روی میل‌بادامـک دود و روی میل‌بادامک هوا که در واقع چرخ‌دندهٔ میل‌بادامک ورودی روی نشـیمنگاه زبمپ است.
- مجموعهٔ درپوش‌های دریچه‌ها که دارای سـامانه‌ای اسـت که بخارهای روغنی جمع‌شـده در بالای بستار را تقطیر می‌کند و روغن را از طریق مسیر برگشتی به محفظهٔ روغن در موتور برمی‌گرداند.



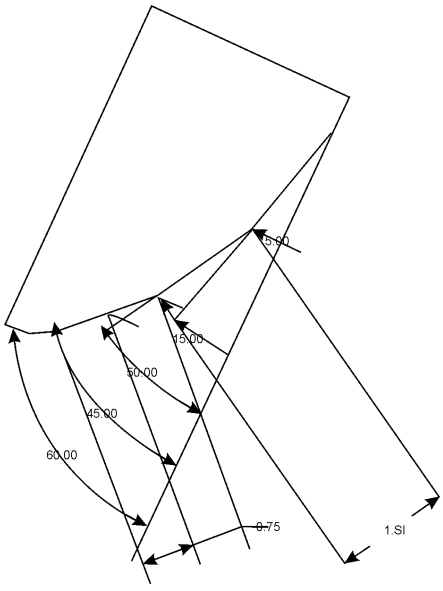
شکل ۳۱-٤ مجموعهٔ ساز و کار دریچه‌ها

فنّاوری‌های نوین به کار گرفته شده در مجموعهٔ سازوکار دریچه

- سامانهٔ زمان‌بندی متغیر دریچه
- سـامانهٔ اسـتکانی روغنی که این سامانه برای کاهش سروصدای قطعات (باز و بسته شدن دریچه‌ها) و همچنین جلوگیری از صدمه دیدن نشیمنگاه دریچه است، چرا که با وجود این استکانی به هنگام بسته شدن دریچه، چون روغن در استکانی وجود دارد، به نرمی دریچه بسته می‌شود و صدمه نمی‌بیند. در ضمن محور استکانی روغنی و محور بادامک، هم‌محور نیستند که این کار و خار سه‌شیار که توضیح داده خواهد شد، باعث دوران دریچه می‌شوند که باعث می‌شود خوردگی نشیمنگاه دریچه یکنواخت شود.
- استفاده از ۴ زاویهٔ ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه مطابق با شکل‌های ۳۲-۴ و ۳۳-۴ در طراحی نشیمنگاه دریچه که موجب می‌شود ضریب تخلیهٔ جریان و عدد گردباده با محور افقی به ویژه در گشودگی‌هایی کم دریچه افزایش یابد. همچنین به دلیل ایجاد یک سطح نشست کروی بهترین بی‌نشتی به دست می‌آید.



شکل ۳۲-٤ طرح نشیمنگاه دریچه با چهار زاویه



شکل ۳۳-٤ نمایش چهار زاویهٔ نشیمنگاه

■ موقعیت بهینهٔ آب‌بند ســاق دریچه، یکی دیگر از تغییرات در بســتار وابسته به ساق است. معمولاً از یک پولکی در زیر فنر استفاده می‌شود که روی بستار و فنر روی آن قرار می‌گیرد و سپس آب‌بند در انتهای لولهٔ هادی قرار می‌گیرد؛ ولی در این موتور، آب‌بند در انتهای ساق قرار می‌گیرد و لولهٔ هادی به صورت استوانه‌ای ساده ساخته می‌شود و دیگر از پولکی هم خبری نیست. با این نوع آب‌بند، فرآیند همبندی و ساخت لوله هادی ساده‌تر می‌شود.

■ در قسمت نشستن فنر دود به علت گرمای زیاد راهگاه آب عبور می‌کند، ولی در فنر هوا این بخش وجود ندارد.

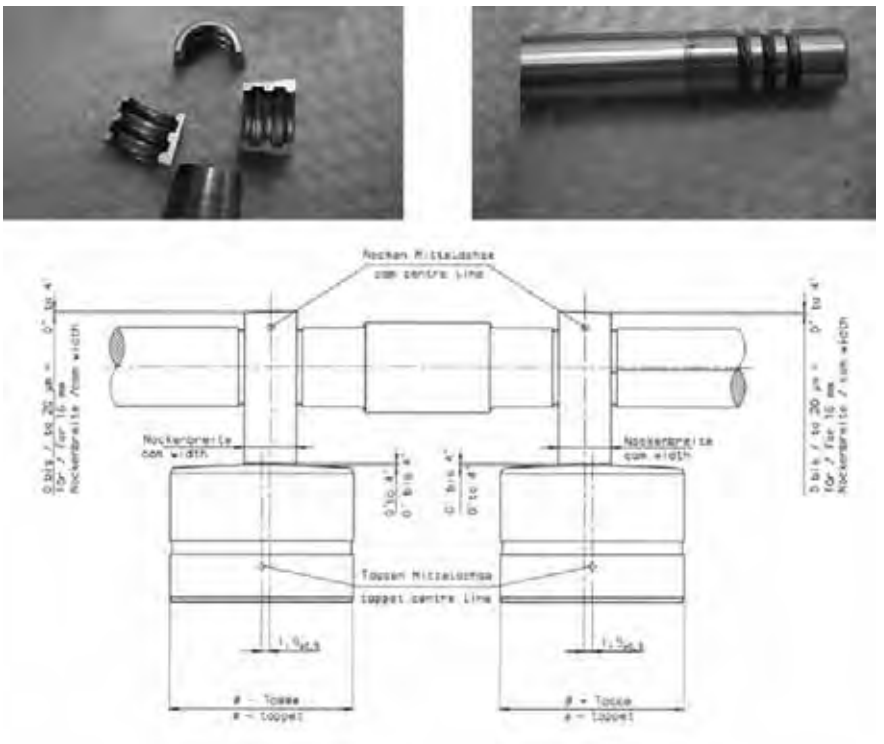
■ اســتفاده از خار سه‌شــیار مطابق شــکل ۳۴-۴ ، در بیشتر موتورها از خار تک‌شیار استفاده می‌شــود که در این صورت خار، نگهدارنده و دریچه مانند جسم یکپارچه عمل می‌کنند. در موتور ملی از خار سه‌شیار استفاده شده که در این صورت، خار به طور کامل به دریچه نمی‌چسبد و دریچه، توان حرکت چرخشی را نیز دارد که باعث می‌شود ساییدگی نشیمنگاه یکنواخت شود. علت این چرخش، هم‌محور نبودن استکانی و محور بادامک است.

تحلیل‌های مورد نیاز مجموعه

■ تحلیل پویایی
■ تحلیل حرکتی

آزمون مورد نیاز مجموعه

■ آزمون‌های دوام با چرخه‌های استانده، گرمایی و پویایی
■ آزمون اضافه سرعت
■ آزمون پویایی سازوکار دریچه



شکل ۳۴-٤ خار سه شیاره و عدم هم‌محوری بادامک و استکانی روغنی که باعث دوران دریچه می‌شود.

میل‌بادامک‌های تنفس و تخلیه

وظیفه

میل‌بادامک‌های تنفس و تخلیه که حرکت خود را از طریق تسمه در این موتور از قرقره سر میل‌لنگ می‌گیرند، وظیفه دارند که در زمان‌های مشخص و تعیین‌شده با توجه به طراحی بادامک، دریچه‌های هوا و دود را باز و بسته کنند تا مخلوط سوخت و هوا وارد موتور شود و مخلوط سوخته‌شده هم از موتور خارج شود. شکل‌های ۳۵-۴ و ۳۶-۴ میل‌بادامک‌های تنفس و تخلیه موتور را نشان می‌دهد.

شکل ۳۵-٤ میل‌بادامک تنفس

شکل ۳۶-٤ میل‌بادامک تخلیه

همچنین در انتهای میل‌بادامک هوا قطعه‌ای به نام چرخ زمان‌بندی وجود دارد که حسگر میل‌بادامک می‌تواند از طریق این قطعه موقعیت میل‌بادامک و در نتیجه وضعیت استوانه‌ها را تشخیص‌دهد. همانگونه که در شکل ۳۷-۴ مشاهده می‌شود، طراحی قطعه به گونه‌ای است که با عبور این چرخ از روبه روی حسگر میل‌بادامک که روی درپوش دریچه‌ها نصب می‌شود، می‌توان زمان زدن جرقه را در هر یک از استوانه‌ها، به درستی تشخیص داد و به واحد مدیریت هوشمند موتور[۱] اطلاع داد تا جرقه به درستی در استوانه‌ای که در مرحلهٔ احتراق است، زده شود. در ضمن، دلیل بلندتر بودن میل‌بادامک هوا نسبت به دود، همین محل نصب چرخ زمان‌بندی است.

نیازمندی‌های طراحی قطعه

قبل از طراحی جزئیات میل‌بادامک‌ها نکاتی باید روشن شود:

■ آیا سامانهٔ زبمپ فقط روی میل‌بادامک تنفس است یا این که میل‌بادامک تخلیه هم به آن مجهز می‌شود؟ (در این موتور فقط میل‌بادامک تنفس بدان مجهز است.)

■ محل دقیق یاتاقان‌های میل‌بادامک را باید مشخص کرد.

■ برای طراحی میل‌بادامک باید مهم‌ترین قطعهٔ آن یعنی بادامک را طراحی کنیم که شکل این بادامک را از بخش محاسبات مهندسی دریافت می کنیم؛ این کار پس از تحلیل‌های منظم است، چون لحظهٔ بازشدن دریچه به مقطع بادامک بستگی دارد.

■ باید مشخص کنیم که روش تولید و نوع میل‌بادامک مورد استفاده کدام یک از این انواع است:

– میل‌بادامک میان‌تهی[۲] که با این طرح، وزن تا حد زیادی کاهش می‌یابد.

– میل‌بادامک همبندی‌شده[۳] که فنّاوری جدیدی است. در این روش بادامک‌ها به روش فلزکاری گَرد تولید می‌شوند و روی محور فلزی ساده‌ای، به صورت انقباضی نصب می‌شوند.

– میل بادامک ریخته‌گری شده میان‌پر

■ طراحی یاتاقان انتهایی میل‌بادامک تنفس که محل نصب زبمپ است، به چه صورتی انجام می‌گیرد؟

■ برای ثابت نگه‌داشتن میل‌بادامک هنگام بستن زبمپ روی میل‌بادامک تنفس و چرخ دنده‌روی میل‌بادامک از چه طرحی استفاده می‌شود؟

طراحی قطعه

برای طراحی میل‌بادامک باید ابتدا شکل بادامک‌های تنفس و تخلیه طراحی شوند. این دو بادامک از نظر طراحی با هم تفاوت دارند؛ بادامک‌ها طوری طراحی می‌شوند که در هر زاویه، شعاع مشخصی دارند (برای نیمهٔ بالایی بادامک)؛ در نیمهٔ پایین بادامک نیم‌دایرهٔ کاملی هست که تأثیری در بلند شدن دریچه‌ها ندارد.

پس از طراحی بادامک‌های دود و هوا، طراحی یاتاقان‌های میل‌بادامک هم مهم است که باید با دقت طراحی شوند، مخصوصاً یاتاقان اول روی میل‌بادامک تنفس که زبمپ روی آن نصب می‌شود، که طراحی آن با یاتاقان‌های دیگر تفاوت دارد. در این یاتاقان سوراخی برای جریان روغن بین زبمپ و میل‌بادامک وجود دارد تا در زمانی که نیاز است دوران میل‌بادامک را جلو یا عقب بیندازد و زمان باز و بسته شدن دریچه به کمک زبمپ تغییر کند.

روی میل‌بادامک تخلیه که زبمپ نصب نمی‌شود، چرخ دنده‌ای وجود دارد. این چرخ‌دنده و زبمپ نصب‌شده روی میل‌بادامک تنفس، حرکت خودشان را از تسمه و چرخ میل‌لنگ می‌گیرند.

۱- ECU (Engine Control Unit)
۲- Hollow Camshaft
۳- Assembled Camshaft

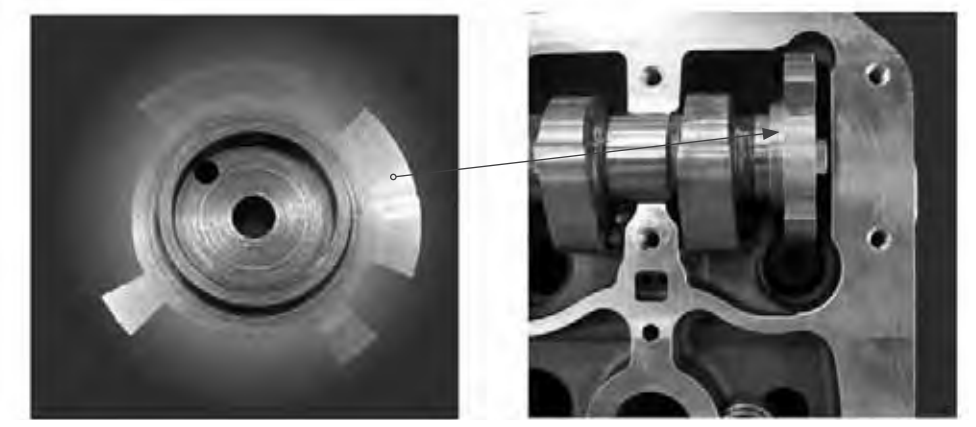
تحلیل‌های مورد نیاز

برای میل‌بادامک سه نوع تحلیل انجام می‌دهیم که عبارتند از:

- تحلیل‌های پویایی
- تحلیل‌های حرکتی
- تحلیل روغنی برای رفتار روغن بین میل‌بادامک و کپه‌یاتاقان‌ها

آزمون‌های مورد نیاز

- آزمون‌های دوام استانده، پویایی و حرارتی
- آزمون اضافه سرعت
- آزمون دور آرام گرم
- آزمون اصطکاک
- آزمون عملکرد



موقعیت نصب چرخ زمان‌بندی بر روی میل‌بادامک

چرخ زمان‌بندی

شکل ۳۷ -٤ چرخ زمان‌بندی در موقعیت نصب آن روی میل بادامک هوا

جداول مشخصات

مشخصات این دو قطعه مطابق جدول ۱۶-۴ و ۱۷-۴ می‌باشد.

جدول ١٦-٤ مشخصات میل‌بادامک تنفس در موتور ملی

عنوان	مشخصات
مواد	چدن معمولی
روش تولید	ریخته‌گری در قالب فلزی خنک‌شونده
جرم (قطعه ماشینکاری شده) (گرم)	۱۹۶۳
طول (میلی‌متر)	۴۳۰

جدول ۱۷-٤ مشخصات میل‌بادامک تخلیه در موتور ملی

عنوان	مشخصات
مواد	چدن معمولی
روش تولید	ریخته‌گری در قالب فلزی خنک‌شونده
جرم (قطعه ماشینکاری‌شده) (گرم)	۲۰۶۴
طول (میلی‌متر)	۳۹۱

دریچه‌های تخلیه و تنفس

وظیفهٔ قطعه

این قطعه وظیفه دارد در زمان‌های مشخصی با باز شدن، اجازهٔ ورود مخلوط سوخت و هوا و همچنین خروج دود از محفظهٔ احتراق را بدهد و در زمان‌های تراکم و قدرت هم با آب‌بندی دقیقی که دارد، از تلفات جلوگیری کند.

نیازمندی‌های طراحی

برای طراحی پویا باید به موارد زیر توجه کرد:

- نوع موتوری (قدرت و گشتاور) که دریچه‌ها در آن استفاده می‌شوند.
- با توجه به این که موتور دارای سه خانوادهٔ ۱٫۷ لیتر تنفس طبیعی، ۱٫۷ لیتر پرخوران و ۱٫۴ لیتر تنفس طبیعی است، می‌توان دریچه را طوری طراحی کرد که در هر سه موتور استفاده شود که البته همهٔ دریچه‌های تنفس برای هر سه موتور یکسان است و دریچه‌های دود موتور ۱٫۴ و ۱٫۷ لیتر تنفس طبیعی هم یکی است. چون در دریچهٔ خروجی موتور ۱٫۷ لیتر پرخوران حرارت زیادی وجود دارد، این دریچه از نوع سدیمی است تا خنک‌کاری آن بهتر باشد.
- تعداد دریچه‌هایی که می‌خواهیم در هر موتور استفاده کنیم.
- نوع دریچه‌هایی که می‌خواهیم استفاده کنیم. (دریچه‌های تک‌فلز، دوفلز و سدیمی)
- زوایایی که برای نشیمنگاه دریچه در نظر گرفته می‌شود که در دریچهٔ هوا زاویه‌ای انتخاب می‌شود که اجازهٔ ورود هوای بیشتری می‌دهد و در دریچه‌های دود هم زاویه‌ای انتخاب می‌کنند که بی‌نشتی را بهتر تأمین کند. البته مسألهٔ بی‌نشتی در دریچهٔ هوا هم مسألهٔ مهمی است.
- مواد استفاده شده برای دریچه‌ها

محدودیت‌های طراحی

- اندازهٔ دریچه‌ها که ناشی از محدودیت فضا در بستار است.
- یکسان بودن دریچه‌ها در خانواده موتور
- جابه جایی دریچه‌ها هم به علت محدودیت فضا در بستار، باید طوری طراحی شود که مشکلی ایجاد نشود.

طراحی قطعه

طراحی دریچه بسیار مهم است، چون یکی از قطعاتی است که تحت تأثیر دمای گرم قرار دارد و علاوه بر آن حرکت رفت و برگشتی (باز و بسته شدن) دارد و بنابراین از لحاظ پویایی بستار نیاز به دقت بسیار دارد، چون در هر بار بسته شدن با ضربه‌ای ناشی از نیروی فنر، روی نشیمنگاه بستار می‌نشیند و ممکن است در صورت نبود دقت در طراحی، دریچه در اثر تنش‌های حرارتی و پویایی شکسته شود. طبق مطالعات انجام‌گرفته در خصوص تعداد دریچه‌ها، استفاده از سامانهٔ شانزده دریچه‌ای به علت کاهش مصرف سوخت و بهبود

عملکرد به ویژه در دورهای تند، تثبیت شد. قطر دریچهٔ هوا مطابق با استانده‌های روز دنیاست؛ اندازهٔ آن ۳۱,۳ میلی‌متر است. نسبت قطر دریچهٔ ورودی به خروجی نیز در حد موتورهای روز دنیاست و قطر دریچهٔ دود هم به اندازهٔ ۲۶,۶ میلی‌متر است.
بر مبنای نیازمندی‌ها و محدودیت‌ها، طراح موتور مشـخصات کلی دریچه از قبیل طول و قطر سـاق، زوایای نشیمنگاه و تعداد شیارهای قرارگیری خار را مشخص می‌کند اما با توجه به وابستگی زیاد طراحی جزئیات این قطعه با فنّاوری ساخت، مسؤولیت طراحی جزئیات و تهیه نقشه دوبعدی بر عهده سازنده قطعه می‌باشد.

تحلیل‌های مورد نیاز

- تحلیل‌های مکانیکی
- تحلیل‌های حرارتی

آزمون‌های مورد نیاز

- آزمون تندترین سرعت
- آزمون دوام
- آزمون دمای دریچه
- آزمون اصطکاک

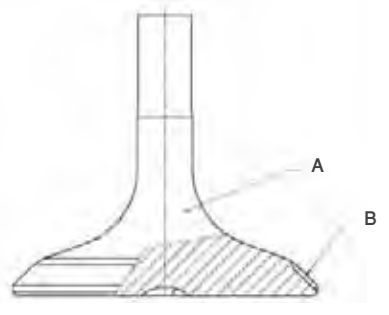
جداول مشخصات

مشخصات این دو قطعه مطابق جدول ۱۸-۴ و ۱۹-۴ می‌باشد.

جدول ۱۸-٤ مشخصات دریچهٔ تنفس در موتور ملی

ردیف	عنوان	مشخصات
۱	مواد	فولادی (با توجه به شکل بعد)
۲	روش تولید	شکل‌دهی
۳	جرم (گرم)	۴۱,۵
۴	ابعاد کلی (میلی‌متر)	طول ۱۰۹ قطر دریچه ۳۱, ۳ قطر ساق ۵,۵

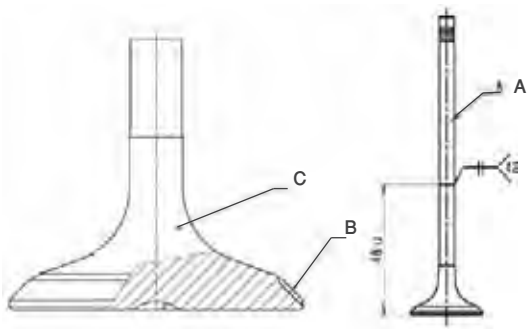
B	CrNiMo2810 gem. TL.MvT.016
A	X45CrSi93 (1.4718) 1000-1350N/mm^2



جدول ۱۹-٤ مشخصات دریچهٔ دود در موتور ملی

ردیف	عنوان	مشخصات
۱	مواد	فولادی (با توجه به شکل بعد)
۲	روش تولید	شکل‌دهی
۳	جرم (گرم)	۴۳
۴	ابعاد کلی (میلی‌متر)	طول ۱۰۹ قطر دریچه ۲۶ ,۶ قطر ساق ۵ ,۵

C	CrNiMo2810 gem. TL.MVT.016
B	X50CrMnNiNbN219 (1.4882) 950 N/mm^2
A	X45CrSi93 (1.4718) 1000-1350N/mm^2



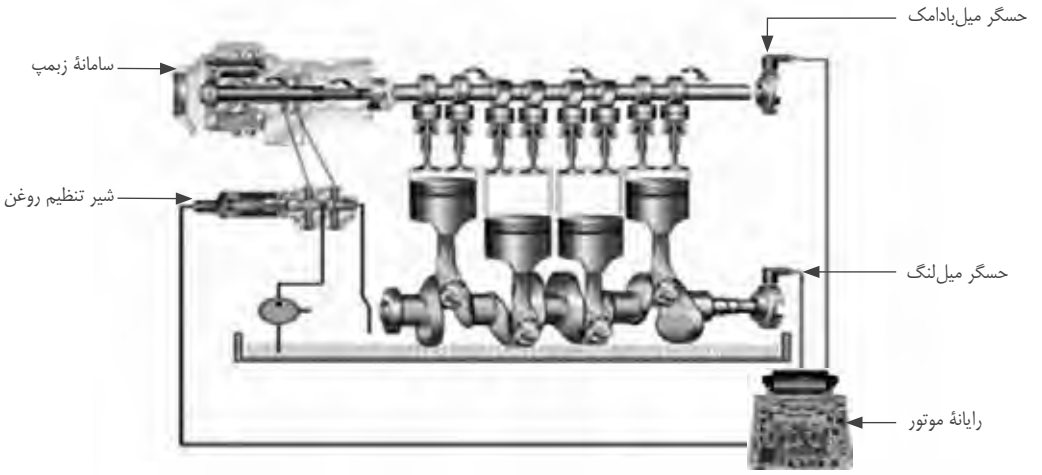
فنّاوری نو در قطعه

۱) در خانوادهٔ موتور، دریچه‌ها حرکت دورانی دارند. بر اثر سه‌شیاری بودن خار نگهدارندهٔ دریچه و هم‌مرکز نبودن محور بادامک با محور استکانی روغنی؛ این دوران باعث می‌شود که خوردگی نشیمنگاه دریچه به صورت یکنواخت باشد.
۲) موتور ۱,۷ لیتر پرخوران از دریچه‌های سدیمی استفاده می‌کند که این بر خنک‌کاری دریچه بسیار مؤثر است.

سامانهٔ زمان‌بندی متغیر پیوستهٔ دریچه‌ها

پس از آن که فنّاوری به‌کارگیری چند دریچه روی موتورها به عنوان سازوکاری استانده در آمد، زمان‌بندی متغیر دریچه‌ها گام بعدی برای بهبود عملکرد حاصل از موتورها، آن هم فقط برای افزایش قدرت و گشتاور انتخاب شد.
زمان‌بندی تنفس و تخلیه به توسط شکل و زاویهٔ قرارگیری بادامک‌ها تنظیم می‌شود. برای آن که وضع تنفس بهینه باشد، موتور به زمان‌بندی مختلف دریچه در سرعت‌های مختلف نیاز دارد. وقتی که سرعت موتور افزایش می‌یابد، زمان لازم برای تنفس و تخلیه کم می‌شود، بنابراین فرصت کافی برای ورود مخلوط تازه به درون استوانه و محفظهٔ احتراق و خروج سریع دود از موتور وجود ندارد، بنابراین بهترین راه حل این است که دریچهٔ دود دیرتر بسته شود و دریچهٔ هوا زودتر باز شود، به عبارت دیگر همپوشانی دریچه‌های دود و هوا متناسب با افزایش سرعت، افزایش می‌یابد.
بدون استفاده از فنّاوری زمان‌بندی متغیر دریچه‌ها، مهندسان ناگزیرند زمان‌بندی میانه‌ای را برای موتور انتخاب کنند. برای مثال در خودروی باری ممکن است زاویهٔ همپوشانی کم در نظر گرفته شود، زیرا عموماً آن را با سرعت کم می‌رانند و برعکس خودروی مسابقه‌ای نیازمند زاویهٔ همپوشانی زیاد است، زیرا باید در بیشینهٔ سرعت، بیشینهٔ قدرت را داشته

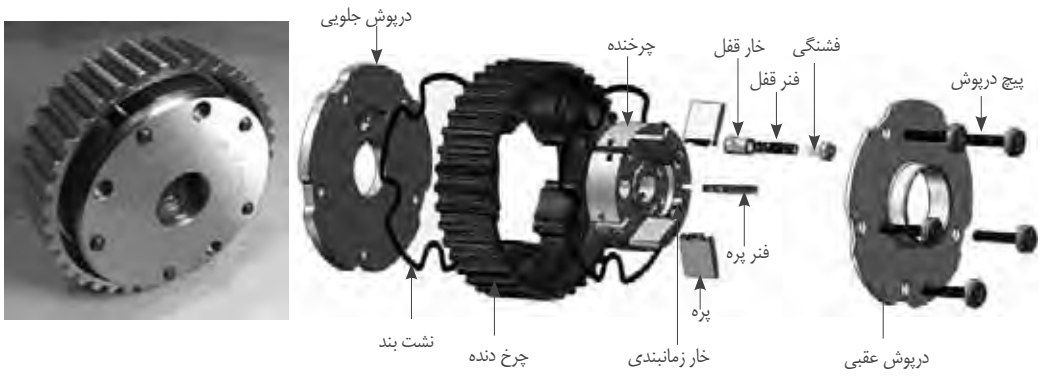
باشـد. خودروی معمولی از زاویهٔ همپوشـانی متوسـط برخوردار است، زیرا چه در سـرعت آرام و چه در سرعت تند، باید کارکرد مناسبی داشته باشد و نمی‌توان در این خودروها ناحیه‌ای را قربانی ناحیهٔ دیگر کرد.
شکل (۳۸-۴) نمایی از سامانهٔ زمان‌بندی متغیر پیوستهٔ دریچه در موتور ملی است.



شکل ۳۸-٤ سامانهٔ زمان‌بندی متغیر دریچه‌ها

با اسـتفاده از زمان‌بندی متغیر دریچه‌ها، قدرت و گشـتاور می‌تواند در ناحیهٔ وسـیعی از سرعت، بهینه شود بی آن که اثر منفی روی دیگر کمیت‌ها دیده شود.
نتایج اصلی به کار گیری زبمپ به این شرح است:
■ افزایش توان بیشینه در سرعت دورانی بیشتر
■ افزایش گشتاور بیشینه در سرعت دورانی کندتر که بهبود شتاب خودرو را به دنبال خواهد داشت.
سازوکار زمان‌بندی متغیر پیوستهٔ دریچه در موتور ملی روی میل‌بادامک ورودی بسته می‌شود که این سامانه تنها روی موتور ۱٫۷ لیتر تنفس طبیعی اسـت، چون موتور ۱٫۷ لیتر پرخوران دارد و چندان نیازی به این سـامانه نیست و در موتور ۱٫۴ لیتر تنفس طبیعی هم به دلایل اقتصادی از این سامانه استفاده نمی‌شود. در واقع هدف اصلی در این سازوکار، بهبود بازدهٔ تنفسی است. هنگامی که سرعت موتور افزایش می‌یابد، زمان لازم برای تنفس و تخلیه کاهش می‌یابد و فرصت کافی برای ورود مخلوط تازه به درون موتور و محفظهٔ احتراق و خروج سریع‌تر دود وجود ندارد.
در واقع بهتر است که با افزایش سرعت موتور زاویهٔ همپوشانی بیشتر شود. نحوهٔ کارکرد این قطعه در موتور ساده است: روی میل‌بادامک سـوراخ‌های روغن را در نظر گرفته‌اند که در امتداد آن‌ها سوراخ‌هایی نیز روی زبمپ هم وجود دارد. شیر پایش روغن با دریافت دستور از سامانهٔ مدیریت موتور روغن را به سوراخ‌های مورد نیاز می‌فرستد و باعث تغییر زاویهٔ میل‌بادامک در جهت‌های مورد نیاز می‌شود.
زمان‌بندی متغیر دریچه از نوع تغییر زاویهٔ بادامک سـاده‌ترین، ارزان‌ترین و متداول‌ترین سـازوکاری است که در حال حاضر استفاده می‌شود. اساساً این سازوکار، زمان‌بندی دریچه‌ها را با تغییر دادن زاویهٔ زمان‌بندی میل‌بادامک تغییر می‌دهد. به عنوان مثال در سرعت تند میل‌بادامک تنفس به اندازهٔ ۳۰ درجه چرخانده می‌شود تا دریچهٔ هوا زودتر باز شود. این حرکت با استفاده از عملگر روغنی اعمال می‌شود و مقدار جابه جایی (زاویه‌ای) مورد نیاز را مدیریت هوشمند موتور تنظیم می‌کند.

سـازوکار تغییر زاویهٔ بادامک نمی‌تواند دورهٔ بازبودن دریچه را تغییر دهد و فقط دیر یا زود باز شـدن دریچهٔ تنفس را تغییر می‌دهد. در نتیجه اگر دریچهٔ هوا زود باز شود، زود هم بسته می‌شود و اگر دیر باز شود، دیر هم بسته می‌شود.
با این وجود، ساده‌ترین و ارزان‌ترین شکل سازوکار زمان‌بندی متغیر دریچه محسوب می‌شود، زیرا بر خلاف دیگر سازوکارها که برای هر استوانه، عملگر مستقلی نیاز دارد، این سازوکار برای هر میل‌بادامک تنها به یک عملگر روغنی نیاز دارد.
شـکل ۳۹-۴ مجموعهٔ زبمپ را نشـان می‌دهد که روی یاتاقان میل‌بادامک بسـته می‌شود و در شکل ۴۰-۴ می‌توان شیر تنظیم روغن زبمپ را مشاهده کرد.



شکل ۳۹-٤ مجموعهٔ زبمپ

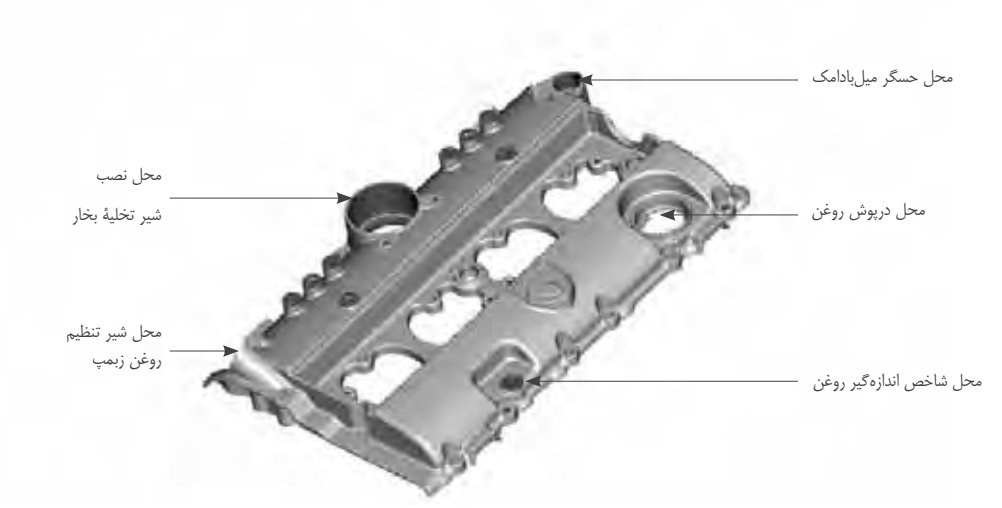
شکل ٤٠-٤ شیر تنظیم روغن زبمپ

درپوش دریچه‌ها

وظیفه

درپوش دریچه‌ها (شـکل ۴۱-۴) با تعدادی پیچ روی قاب نگهدارندهٔ میل‌بادامک بسـتار بسته می‌شود. روی آن، قطعات جانبی مختلف نصب می‌شـود، از جمله؛ شـیر تخلیهٔ جمع‌کنندهٔ بخارهای روغن[۱] که در ادامه، توضیح آن می‌آید و دیگر دو عدد نگهدارندهٔ چندراههٔ ورودی که با پیچ روی درپوش دریچه‌ها بسـته می‌شود تا از لرزش چندراهه جلوگیری کند و همچنین محل ریختن روغن در موتور؛ شاخص روغن و محل نصب سیم پیچ‌ها روی این قطعه است و همچنین درپوشی برای سیم‌پیچ‌ها نصب می‌شود.
قطعهٔ دیگری که روی درپوش دریچه‌ها بسـته می‌شـود، حسگر میل‌بادامک تنفس است؛ این حسگر اعلام می‌کند کدام یک از استوانه‌ها در نقطهٔ مکث بالاست تا برای زدن جرقه از مدیریت هوشمند موتور فرمان گیرد.

۱- PCV (Pressure Control Valve)



شکل ٤١-٤ درپوش دریچه‌ها و محل نصب قطعات بر روی آن

نیازمندی‌های طراحی قطعه

طراحی این قطعه هم مانند دیگر قطعات نیازمند اطلاعاتی است بدین شرح:

■ در انتخاب روش تولید باید از ریخته‌گری تحت‌فشار استفاده کنیم. چون در واقع این، اولین قطعه از سمت بالا و نمای موتور است؛ با این روش سطح خارجی قطعه تقریباً صاف و با کیفیت می‌شود. علاوه بر این چون این قطعه نقاطی با ضخامت‌های نازک دارد، باید از این روش استفاده کرد، چرا که امکان آن با ریخته‌گری ماسه وجود ندارد.

■ پیش از طراحی باید مشخص شود که چه قطعاتی به این قطعه وصل می‌شوند و محل نصب آن‌ها کجاست تا مشخص شود آیا آن نقاط به هنگام ریخته‌گری قطعه ایجاد شود یا در ماشینکاری. در واقع هر چه سوراخ‌ها در مرحلهٔ ریخته‌گری ایجاد شوند، قطعه ارزان‌تر می‌شود، چون عملیات ماشینکاری پر هزینه است.

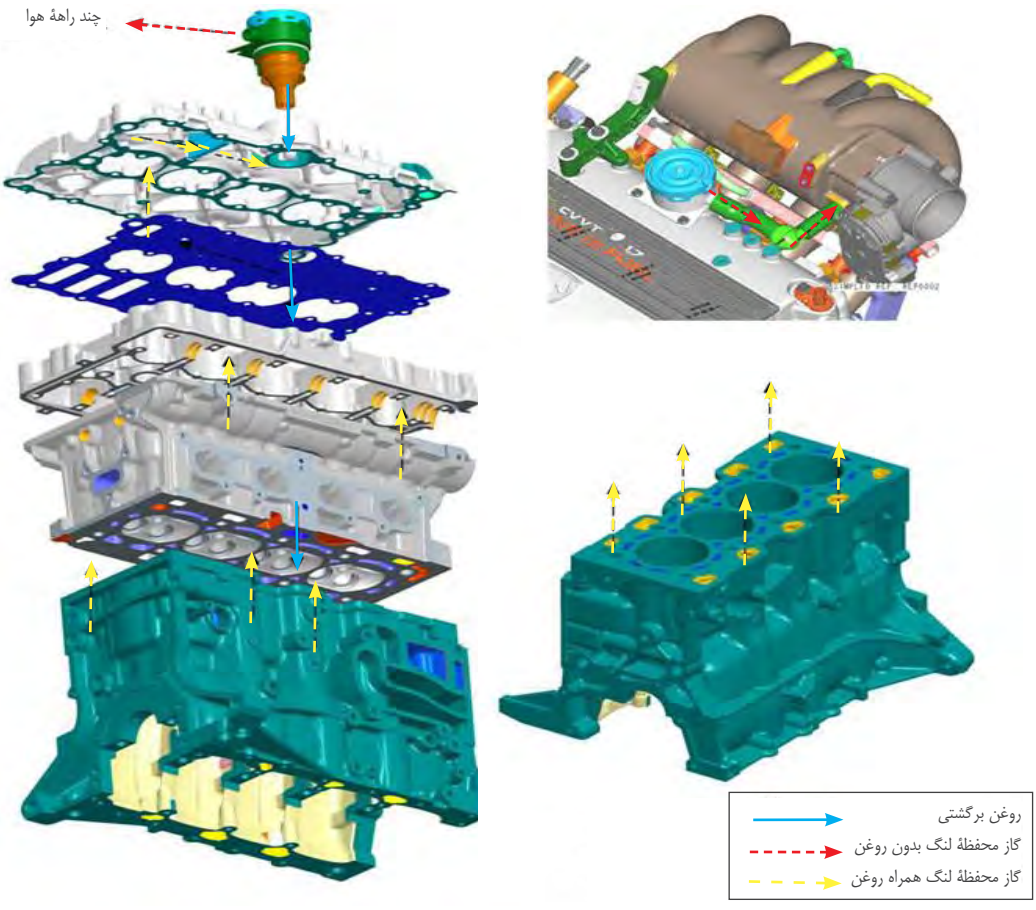
طراحی درپوش دریچه‌ها

در این قطعه، بخش قرارگیری درپوش روغن، جداکنندهٔ گریز از مرکز، شاخص روغن، دریچهٔ زبمپ و حسگر میل‌بادامک طراحی شده و همچنین در بخش میانی این قطعه هم تغییراتی ایجاد شده که برای بخش سیم‌پیچ‌هاست.

در طراحی این قطعه، از نمای زیرین، چند بازوی ضربدری را برای جلوگیری از ارتعاش و صدای زیاد منظور کرده‌اند و همچنین محلی برای نصب جداکنندهٔ گریز از مرکز ایجاد شده است.

سامانهٔ تهویهٔ محفظهٔ لنگ

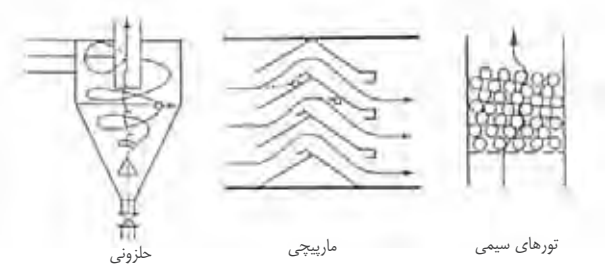
جریان گازهای برگشتی موتور ملی مطابق با شکل ۴۲-۴ از محفظهٔ لنگ به سمت بستار، درپوش دریچه‌ها، سامانهٔ یکپارچهٔ جداسازی روغن و تخلیهٔ بخار و نهایتاً مخزن آرامش چندراههٔ هوا می‌باشد.



شکل ٤٢-٤ مسیر تهویهٔ محفظهٔ لنگ

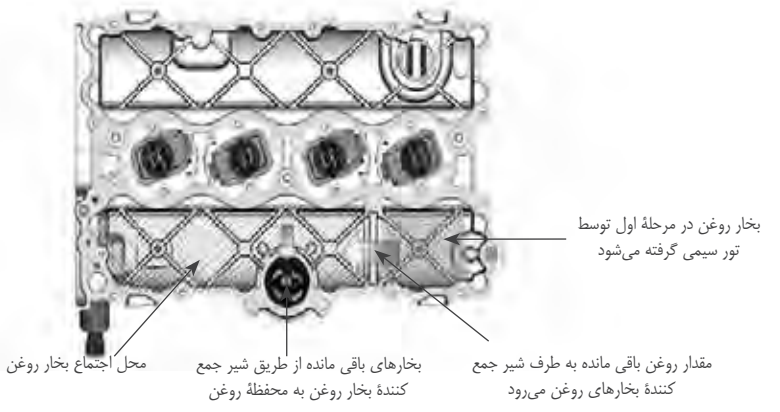
بخار تولید شده در محفظهٔ لنگ موتور ترکیبی از هوا، سوخت، محصولات احتراق ناقص و بخار روغن می‌باشد. در صورتی‌که این بخارها همچون موتورهای چند دههٔ قبل، مستقیماً به محیط بیرون تخلیه شوند باعث افزایش آلودگی هوا، افزایش مصرف سوخت و مصرف روغن موتور می‌شوند. بنابراین ضروری است این بخارها برای دوباره‌سوزی به مسیر ورودی موتور بازگردانده شوند. البته همچنان که قبلاً گفته شده این گازها مقادیر معتنابهی بخار و قطره‌های روغن در بردارند و عدم جداسازی آن موجب افزایش مصرف روغن، کثیف شدن حسگر شار هوای پرخوران و خنک‌کن میانی (در صورت وجود)، ایجاد رسوب در مسیر ورودی، محفظهٔ احتراق و واکنشگر شیمیایی می‌شود.

در موتور ملی برای جداسازی روغن، علاوه بر تور سیمی از محفظهٔ حلزونی گریز از مرکز آزاد استفاده شده است. (شکل ۴۳-۴)



شکل ٤٣-٤ روش‌های مختلف جداسازی ذرات روغن

بخارهای محفظهٔلنگ این موتور از مجاری برگشت روغن به سمت بستار جریان دارند و پس از عبور از بستار در زیر درپوش دریچه جمع می‌شوند. لایی واسط بین بستار و درپوش دریچه‌های موتور علاوه بر وظیفهٔ گازبندی با محیط بیرون، وظیفهٔ هدایت بخار موتور به سمت جداسازهای روغن و شیر تخلیه بخار موتور را نیز دارد. شکل ۴۴-۴ مسیر حرکت بخار در فضای بین لایی و درپوش دریچه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ٤٤-٤ مسیر حرکت روغن بین لایی و درپوش

سامانهٔ یکپارچه جداسازی روغن و تخلیهٔ بخار

این سامانه که در شکل ۴۵-۴ مشاهده می‌شود، شامل شیر تخلیهٔ غشائی و قیف حلزونی گریز از مرکز آزاد است. جزء اصلی این مجموعه، شیر آن است که شامل غشاء و فنر است و با توجه به فشار ناشی از شرایط کاری موتور در داخل چندراهه در حالات درجا، بار جزئی و تمام‌بار ، میزان شار خروجی بخار روغن را می‌پاید. باید اشاره‌کرد که اساس کار این سامانه‌ها، پایش و ثابت نگه‌داشتن فشار داخل محفظهٔ لنگ است و این عمل با تغییر شار جریان پایش می‌شود. در طراحی مسیر بخار روغن، ابتدا بخار روغن وارد سامانهٔ حلزونی می‌شود تا با چرخش ایجاد شده، قطرات مایع روغن از بخار آن جدا شود و فقط بخار وارد شیر گردد. این دو سامانه روی یکدیگر نصب می‌شود و مجموعهٔ سامانهٔ چرخش یکپارچه[1] را تشکیل می‌دهند که مستقیماً روی قاب بستار همبندی شده است. شیر یک‌طرفه در مسیر هوا به سمت بخار به چندراههٔ هوا نصب و مانع حرکت هوای داخل چندراهه به درون محفظه می‌شود. مسیر جریان مخلوط هوا و گاز باید از سمت محفظهٔ روغن به درون موتور باشد. بیشینهٔ دمای کارکرد ۱۳۵ درجه و مقاومت جنس مواد شیر به سوخت، روغن، گاز طبیعی، بخار آب و ازون[2] باید در نظر گرفته شود.

۱- Integrated
۲- O3

شکل ٤٥-٤ سامانهٔ یکپارچهٔ جداسازی روغن و تخلیهٔ بخار

۴-۴ طراحی مجموعهٔ قطعات جانبی موتور

پس از بررسی دو بخش پائینی[۱] و بالایی[۲] نوبت به طراحی بخش سوم از ساختمان اصلی موتور می‌رسد که معروف به قطعات جانبی[۳] است. این گروه از طراحی بر اساس فهرست مواد[۴] شامل سه دستهٔ اصلی است:

دستهٔ اول: مجموعه‌های طرف چپ موتور (طرف سرد):

- چندراههٔ هوا
- مجموعهٔ تلمبهٔ آب و صافی روغن
- دمابان، محفظه و درپوش آن

دستهٔ دوم: مجموعه‌های طرف راست (طرف داغ):

- چندراههٔ دود
- واکنشگر شیمیایی
- محافظ حرارتی
- پرخوران (برای موتور پرخورانی‌شده)

دستهٔ سوم: مجموعه‌های محرک جلو

- مجموعهٔ محرک سامانهٔ زمان‌بندی دریچه‌ها
- مجموعهٔ محرک سامانه‌های جلوی موتور
- پایه‌های نگهدارنده و قلاب موتور
- درپوش تسمهٔ زمان‌بندی دریچه‌ها

طراحی چندراههٔ هوا

این مجموعه شامل اجزایی است:

- چندراههٔ هوا

۱- Bottom End
۲- Top End
۳- Outer Part
۴- BOM (Bill of Material)

- سرشلنگی تقویت‌کنندهٔ ترمز
- سرشلنگی تخلیهٔ بخار روغن
- سرشلنگی تخلیهٔ بخار بنزین
- پایه‌های نگهدارنده برای جلوگیری از ارتعاش

رقابــت تولیدکنندگان موتور در افزایش بازدهی، طراحان را بر آن داشــته تا بیــش از پیش دقت نظر خاصی در مجموعهٔ تنفس و هوادهی موتور داشــته باشــند. بهبود بازدهی تغذیهٔ موتور متغیر اصلی در فرآیند احتراق و تولید توان است. مسیر ورود هوا به موتور به دو قسمت اصلی یعنی قسمت هوای کثیف و هوای تمیز تقسیم‌بندی می‌شود. در قسمت اول، هوای بیرون از مســیرهای خاصی وارد صافی هوا می‌شــود و پس از تمیزشدن وارد مسیری تمیز که در برگیرندهٔ چندراههٔ هوا و دریچه‌های هواســت، می‌شــود. غالباً در طراحی چندراههٔ مطلوب که بازدهی بیشینهٔ تغذیه را برای موتور فراهم می‌کند، این موارد در نظر گرفته می‌شود:

- ایجاد الگوی اولیه با توجه به محدودیت‌های جانمایی قطعه در موتور و خودرو
- شبیه‌سازی و محاسبات مهندسی (برای محاسبهٔ بهینه‌ترین قطر، طول و حجم محفظهٔ آرامش)
- شبیه‌سازی و محاسبات صدا و ارتعاش (تخمین و تعیین حدود مختلف ارتعاش و چاره‌اندیشی برای حذف یا کاهش آن‌ها)
- اجرای آزمون‌های عملی برای اندازه‌گیری مشخصات عملکردی لوله‌ها و محاسبهٔ ضرایب تخلیهٔ آن‌ها با بستار اصلی (این مرحله انتخابی است و در صورت نهایی بودن بستار برای تخمین عملی بازدهٔ تنفسی، مفید است، ولی اجباری نیست.)

موضوع دیگری که در طراحی چندراههٔ هوا اهمیت دارد، مســألهٔ جنس آن اســت. چون موتورهای خانوادهٔ موتور ملی از نوع دوســوخته[۱] ولی بر پایهٔ گاز طبیعی هســتند، جنس چندراههٔ مورد نظر آلومینیوم در نظر گرفته شده است این مسأله با توجه به احتمال خطر برگشــت شــعله[۲] در چندراههٔ هوا در زمانی که دریچهٔ هوا باز اســت یا افشانه عمل پاشش را انجام می‌دهد، به علت جمع شــدن گاز در درون محفظهٔ آرامش و کشــیده شــدن شعله از بیرون دریچهٔ دود به درون چند راههٔ هوا، احتمال بالقوهٔ انفجار مخلوط هوا و سوخت را به شدت افزایش می‌دهد.

عواملی چون میزان زبری سطوح داخلی مسیر هوا، زاویهٔ پاشش سوخت، مقدار برجستگی‌ها و خطوط جدایش اجتناب‌ناپذیر قالب‌گیری[۳]، انتخاب صحیح محل پیچ‌های دوسر رزوه برای بستن صفحهٔ اتصال چندراهه به بستار، قرارگرفتن حسگرهای فشــار و دمای هوای داخل چندراهه که روی آن نصب می‌شــوند و نهایتاً موقعیت دریچهٔ گاز نیز در طراحی باید لحاظ شــود. چندراهه‌های ســوخت‌گاز و بنزین و نشیمنگاه‌های آن از مهم‌ترین اجزایی هســتند که لازم است از نظر جانمایی بدان توجه شود.

مجموعهٔ تلمبهٔ آب و صافی روغن

به لحاظ مسائل همبندی و نیز کاربری بدنهٔ موتور برای موتورهای پرخورانی شده، از ابتدای طراحی مفهومی، تصمیم بر آن شد که از این سامانه (مجموعهٔ تلمبهٔ آب و صافی روغن) استفاده شود. این مجموعه شامل سه جزء اصلی است:

- تلمبهٔ آب
- صافی روغن
- خنک‌کن روغن

چرخ تلمبهٔ آب را تســمه‌ای شــیاردار[۴] به حرکت در می‌آورد و بر اســاس محاســبات متعلق به ســامانهٔ خنک‌کاری که با نرم‌افزارهای شبیه‌سازی خاص انجام می‌شود، به این نتیجه رسیدیم که آب در مسیر خروج خود که از دریچهٔ تلمبه بیرون می‌آید، قادر باشد به نحو مطلوبی سمت هوا و دود موتور را خنک‌کاری کند.

طراحی مسیر هدایت آب و این که چه درصدی از آب وارد قسمت هوا و دود شود، به محاسبات رایانه‌ای با نرم‌افزارهای یک‌بعدی و ســه‌بعدی (برای خنک‌کاری داخلی) شامل Fluent® و STAR-CD® نیاز دارد. برای طراحی مسیر خارجی خنک‌کاری (مسیر خودرویی) از نرم‌افزارهای تک‌بعدی استفاده می‌شود. در این حالت بر اساس افت فشارهای واقعی مدار

۱- Bi- Fuel
۲- Back Fire
۳- Parting Line
۴- Rib

خنک‌کاری خودرو (شامل کل موتور و لوله‌ها، اتصالات، بخاری، مبدل حرارتی، خنک‌کن روغن، دستگاه تنظیم‌کنندهٔ گاز، دمابان و...) میزان بیشـینهٔ شـار تلمبه محاسبه می‌شود که آن مقدار برای موتور ملی به میزان ۱۴۱ لیتر بر دقیقه است و در حدود ۱۲۲ لیتر آن از موتور و بقیه از خنک‌کن روغن عبور می‌کند.
خنک‌کن روغن شامل پنج پره در موتور پرخورانی شده و سه پره در موتور تنفس طبیعی است. ظرفیت خنک‌کاری روغن برای موتور پرخوران ۱۰ کیلووات و برای تنفس طبیعی ۷٫۵ کیلووات محاسبه شده است.
در ابتدا قرار بر این بود که خنک‌کن روغن تنها در موتور پرخوران به کار رود، ولی بر اساس نتایج آزمایشگاهی و به علت گرم بودن دمای موتور و افزایش دمای روغن بین ۱۳۰ تا ۱۴۰ درجهٔ سلسـیوس (محدودهٔ هدف) ناچار به اسـتفاده از این قطعه در موتور تنفس طبیعی نیز شدیم.
نزدیکی و درگیری دو سـیال مهم و حیاتی موتور یعنی آب و روغن موجب شـده تا آب‌بندی داخلی و خارجی این قطعه اهمیت بیشـتری داشـته باشـد، بنابراین باید دقت لازم در فرآیند ساخت، ماشـینکاری، کاربری و همبندی این قطعه به عمل آید.

طراحی دمابان، محفظه و درپوش آن

مشخصات دمابان موتور بر اساس کارکرد و سامانهٔ خنک‌کاری:

- دمای بازشدن ۸۸ (۲–/۱+) درجه
- دمای بازشدن کامل ۱۰۰ (۳–/۰) درجه
- دمای بسته‌شدن ۸۵ (۲–/۱+) درجه

طول حرکت میلهٔ دمابان ۷٫۵ میلی‌متر است که قادر است شار موتور را به سمت مدار خارجی خنک‌کاری هدایت‌کند. از موارد مهم طراحی این قطعه، کوتاه بودن پاسخ زمانی آن هنگام عملکرد و هدایت آب موتور به سمت مبدل است. محفظه و درپوش این قطعه هر دو از جنس آلومینیوم[۱] است و به روش ریخته‌گری تحت فشار تولید می‌شود. در ابتدا صفحهٔ اتصال این قطعه دارای چهار پیچ بود اما به سبب مسائل جانمایی و همبندی کل موتور به سه پیچ کاهش یافت.

طراحی چندراههٔ دود

یکی از قطعاتی که اثر شـکل آن بر بازدهٔ تنفسـی موتور همانند چندراههٔ ورودی حائز اهمیت اسـت، چندراههٔ دود است. بازدهٔ تنفسی از ابتدای ورود هوا تا انتهای خروج دود تحت تأثیر خودرو قرار دارد. همانند چندراههٔ هوا طول لوله‌ها در کنار قطرشـان و چگونگی هدایت خط جریان دود به درون واکنشـگر شیمیایی مهم است. در حالی که دمای گرم دود (بیشتر از ۸۵۰ درجه سلسـیوس) ما را بر آن داشـت تا از موادی با استحکام حرارتی اسـتفاده کنیم، موادی که ضمن دارا بودن کوچکترین ضریب تغییر طول نسبت به دما، لازم است در این شرایط، استحکام مطلوبی نیز داشته باشند. طراحی پایه‌ای این قطعه بر اسـاس مفهوم ۱–۲–۴ انجام شـده، بنابراین مقطع خروجی که از ۲ مجرا به ۱ مجرا می‌رسد، از نظر هدایت مطلوب دود به داخل واکنشگر شیمیایی بسیار حائز اهمیت است. ضرایب جریان و یکنواختی آن در دایرهٔ واکنشگر باعث بهبود کارایی واکنشـگر شـیمیایی و مانع سوزش یا داغ‌شدگی غیر متقارن در ورود آن می‌شود. در این حالت باید از چدن با همبسـتهٔ نیکل، کبالت، مولیبدن و یا از فولاد مخصوص اسـتفاده کرد و با توجه بـه پیچیدگی‌های ریخته‌گری فولاد مخصوص تصمیم بر آن شـد کـه از دو جنس SiMO و GJS حاوی ۳۵ درصد نیـکل بترتیب برای موتورهای تنفس طبیعی و پرخوران استفاده شود.
مـاده‌ای کـه در آن نیکل وجود دارد، مقاومت حرارتی بیشـتری خواهد داشـت، ولی قیمت آن نیز گران‌تر اسـت. چون آزمایش‌های مختلف کاربرد مادهٔ SiMO را در موتور تنفس طبیعی تأیید کردند، از این ماده اسـتفاده شـده اسـت. برای هدایت گازهای خروجی به طور مطلوب به درون واکنشگر شیمیایی و توزیع دمایی و جریانی صحیح به درون موتور یک قطعهٔ مخروطی[۲] طراحی شـد که از جنس مادهٔ خود چندراههٔ دود اسـت. نحوهٔ اتصال این قطعه به چندراههٔ دود به کمک یک بست V شکل[۳] است.

۱- Alsi9Cu3 ۲- Cone ۳- V- Clamp

واکنشگر شیمیایی

با همهٔ پیشـــرفت‌ها و به کار گیری فنّاوری جدید بر روی موتور، کاربرد واکنشـــگرهای شـــیمیایی بـــرای کاهش آلاینده‌ها اجتناب‌ناپذیر اســـت. بنابراین اهداف تعیین‌شـــده در صنعت خودرو و کاهش آلاینده‌ها تا حد استانده Euro 4 در نظر گرفته می‌شود. چون خودرو دوسوخته و موتور بر پایهٔ گاز طراحی شده، یافتن واکنشگری شیمیایی برای رعایت این قوانین آلایندگی امکان‌پذیر نیست و به صرف وقت و هزینهٔ توسعه نیاز دارد. به علت مسائل جانمایی و فضای کم موجود در اطراف موتور و به علت اجتناب از تغییر بزرگ زوایا در مسیر عبور گاز و دود، قطعه‌ای مخروطی در قسمت ورودی گاز و قطعه‌ای در خروجی آن در نظر گرفته شد که از جنس چندراههٔ دود است. نحوهٔ اتصال این قطعات به واکنشگر شیمیایی از طریق یک بست V شکل است. انتخاب دقیق نسبت مواد گران قیمت شامل پلاتین، ردیم و پالادیم، بر کاهش گازهای آلاینده تأثیر بسیار مهمی دارد. امروزه کمتر از پلاتین و عمدتاً از دو فلز رودیوم و پالاریوم استفاده می‌شود. نکتهٔ حائز اهمیت در به کار گیری این مواد، ابتدا در میزان کلی این مواد[۱] و سپس در انتخاب نسبت‌هاست که پالادیم معمولاً نسبت بیشتری را به خود اختصاص می‌دهد.

به ســـبب گازســـوز بودن خودرو که ضمن پایه‌گاز بودن، توانایی رعایت قوانین آلایندگی را در حالت سوخت بنزین داشته باشـــد، واکنشـــگری در سبد تولید ســـازنده‌های معروف اروپایی و اختصاص‌یافته به گاز طبیعی موجود نبوده است. بر این اســـاس دو بارگذاری به عنوان ســـعی و خطا در نظر گرفته شـــد؛ یکی تمام‌بار[۲] و دیگری بار میانی[۳]. مقررگردید پس از آزمون‌های متعدد مختص واکنشـــگر (پیرســـازی) و همچنین موتور در آزمایشـــگاه، به نقطهٔ بهینه و هدف نزدیک شویم. شایان ذکر است که در مورد موتور ملی بر اساس سطح آلایندگی پایین و مباحث قیمتی از دو آجر سفالین با چگالی‌های مختلف استفاده شد.

پرخوران

اهداف پرخورانی با به کار گیری دســـتگاه پرخوران و ایجاد فشـــار کمکی و افزایش جرم هوای ورودی به کمک تنجار که مســـتقیماً به گردا وصل اســـت، قابل‌دستیابی اســـت. در این موتور از پرخورانی با هندسهٔ ثابت استفاده شده که قادر باشد فشار مطلوبی را در سرعت‌های میانی (حدود ۲۲۰۰ دور) برای ایجاد گشتاور قوی پدید آورد.

در سرعت‌های تند قدرت تولیدی گردا با استفاده از مسیر میان‌بر[۴] وکاهش مقدار گاز خروجی عبوری از گردا به توسط دریچهٔ کنارگذر[۵] محدود می‌شـــود. در غیر این صورت ســـرعت تنجار از حد مجاز فراتر خواهد رفت. از سوی دیگر در سرعت‌های تند برای کاهش اثر کوبش در موتورهای بنزینی، باید از افزایش بیش از حد بازدهٔ تنفســـی جلوگیری کرد. در این حالت افزایش بیش از حد فشار داخل استوانه به موتور آسیب می‌رساند. همچنین احتمال صدمه‌دیدن بدنهٔ استوانه نیز افزایش می‌یابد. بنابراین برای رسیدن به عملکرد هدف در هر سرعت دورانی موتور، از دریچه‌ای کنارگذر که با فشار کمکی پایش می‌شود، استفاده شده است. استفاده از این قطعه برای دستیابی به دوام حالت پایدار است؛ البته افزایش فشار هوا عامل اصلی تولید توان و گشتاور است؛ زیرا گشتاور تولیدی متناسب با فشار هواست که این میزان از محاسبات اولیه، قابل تخمین است. محاسبات اولیه برای دستیابی به گشتاور ۲۱۵ نیوتن‌متر در سرعت بین ۲۲۰۰ تا ۴۸۰۰ دور در دقیقه انجام شده است. با استفاده از خنک‌کن میانی باید هوای متراکم را خنک‌کرد تا مانع کوبش و صدمه دیدن موتور شود و بنابراین دمای هوای ورودی به موتور باید پایش شود. بدان منظور، طبق اهداف تعیین‌شده در طراحی بدنه، فشار بیشینهٔ داخل آن نباید از ۱۱۰ بار تجاوز کند.

مسألهٔ دیگر در طراحی پرخوران، حد پس‌زنی[۶] است: در حالت واقعی کارکرد، پرخوران باید به اندازهٔ کافی از این حد دور باشد. همچنین در حالت توان بیشینه، نباید دور پرخوران از حد مجاز ۲۰۰،۰۰۰ دور در دقیقه فراتر رود. طراحی مسیر ورودی برای پرخوران بسیار حائز اهمیت است تا سرعت جریان از مقدار مشخص تجاوز نکند و باعث ایجاد سروصدا نشود.

شبیه‌ســـازی و محاســـبات برای اطمینان از صحت عملکرد پرخوران در ارتفاع و کارایی مطلوب از دیگر مواردی است که باید به آن توجه شود. بیشینهٔ ارتفاع در نظر گرفته شده، ۲۰۰۰ متر است.

با توجه به فضای کمی که در موتور برای قرار دادن این سامانه وجود دارد، خود قطعه و انحنای مسیرهای گاز و مسیر آب (بنا به دمای عملکرد بیش از ۸۵۰ درجهٔ سلسیوس کاربرد مدار آب ضروری است) و مسیر روغن جانمایی گردیده است.

۱- PGM (Platinum Group Metal)
۲- High Load
۳- Medium Load
۴- By Pass
۵- Wase Gate
۶- Surge Line

مجموعهٔ محرک سامانهٔ زمان‌بندی دریچه‌ها

چون موتور طراحی‌شـده دارای سـازوکار ۱۶ دریچه برای مسـیرهای ورودی و خروجی است، باید محرک آن‌ها طوری طراحی شـود که پاسـخگوی گردش و رعایت تمام مسائل حرکتی و پویایی باشـد. در این راستا از نرم‌افزار شبیه‌سازی[۱] برای محاسبات و چیدمان اولیه استفاده شد.

قطعات این مجموعه شامل تسمهٔ زمان‌بندی[۲]، چرخ سر میل‌بادامک دریچهٔ دود، چرخ سر میل‌بادامک دریچهٔ هوا، تسمه سفت‌کن خودکار، هرزگرد و چرخ سر میل‌لنگ است. مراحل طراحی این مجموعه:

- جانمایی قطعات و ایجاد نقشهٔ[۳] اولیه
- اجرای محاسبات ایستایی تسمه، تحلیل هندسی برای بهینه‌کردن نقشه (شامل طول بهینهٔ آزاد و زاویهٔ درگیری و به دست آوردن کشش تسمه)
- تحلیل پویا با استفاده از نرم‌افزار ®ADAMS
- آزمون‌های عملکردی موتور روی سکوی آزمون
- آزمون‌های دوام
- تأیید نهایی برای تولید

مواردی که در طراحی این سامانه مورد توجه قرار می‌گیرد، عبارتند از: میزان لغزش در تسمه، ارتعاشات تسمه، ارتعاشات پیچشی چرخ‌ها، میزان نیروی وارد بر یاتاقان هرزگرد و تسمهٔ سفت‌کن و دامنهٔ حرکت تسمهٔ سفت‌کن.

تسمه سفت‌کن

اساس عملکرد آن فنری پیچشی است که روی محوری خارج از مرکز عمل می‌کند.

هرزگرد

با اسـتفاده از هرزگرد می‌توان در مکان‌هایی که طول آزاد تسـمه زیاد اسـت، از آن استفاده کرد و یا برای افزایش زاویهٔ تماس چرخ‌ها با تسمه از آن استفاده کرد.

تسمهٔ زمان‌بندی

برای کم‌کردن لغزش تسمه روی چرخ‌ها از تسمهٔ دندانه‌دار سامانهٔ زمان‌بندی استفاده می‌شود.

طراحی مجموعهٔ محرک سامانه‌های جانبی موتور

قطعات این مجموعه شـامل تسـمهٔ راهراه، تلمبهٔ روغنی فرمان، تنجار، مولد برق، تلمبهٔ آب، میرانه ارتعاشـات پیچشی[۴] تسمهٔ سفت‌کن، هرزگرد و سامانهٔ اتصال غلتشی[۵] است. مراحل طراحی این مجموعه:

- جانمایی قطعات و ایجاد نقشهٔ اولیه
- محاسـبات ایسـتایی تسمه، تحلیل هندسی برای بهینه‌کردن نقشه (شامل طول بهینهٔ آزاد و زاویهٔ درگیری و به دست آوردن کشش تسمه)
- تحلیل پویا با استفاده از نرم‌افزار ®ADAMS
- آزمون‌های عملکردی موتور روی سکوی آزمون
- آزمون‌های دوام
- تأیید نهایی برای تولید

۱- ADAMS®
۲- Timing
۳- Layout
۴-TVD (Torsion Vibration Damper)
۵- OAP (Overspeed Alternator Pully)

قطعات

سامانهٔ اتصال غلتشی: بر سر مولد برق (دینام) نصب می‌شود. مولد برق به دلیل قطر کوچک چرخ (حدود یک سوم قطر میرانهٔ ارتعاشات پیچشی) دارای لختی حرکتی بزرگی است، بنابراین با بهره‌گیری از این قطعه از ورود ضربه های لختی مولد برق به مجموعه جلوگیری می‌شود.

میرانهٔ ارتعاشات پیچشی: نوعی چرخ است که قابلیت جذب ارتعاشات پیچشی سر میل‌لنگ را دارد.

تسمه‌سفت‌کن: اساس عملکرد آن فنر پیچشی و یک بازویی است.

هرزگرد: عملکردی مشابه با سامانهٔ زمان‌بندی دریچه‌ها دارد. در این سامانه، از ۳ عدد هرزگرد استفاده شده است.

مواردی که در طراحی این سامانه مورد توجه قرار می‌گیرد، عبارتند از: میزان لغزش تسمه، ارتعاشات تسمه، ارتعاشات پیچشی چرخ‌ها، میزان نیروی وارد بر یاتاقان هرزگرد و تسمهٔ سفت‌کن و دامنهٔ حرکت تسمهٔ سفت‌کن.

نکات طراحی

۱) میزان کشش ایستایی تسمه نباید از ۳۶۴ نیوتن تجاوز کند.

۲) ترازبندی صحیح قطعات

۳) به طور تجربی طول آزاد تسمه نباید از ۵۰ میلی‌متر کمتر و از ۴۰۰ میلی‌متر بیشتر باشد.

۴) هر چه قطر چرخ‌های هرزگرد و تسمه سفت‌کن کمتر باشد، میزان تنش روی تسمه بیشتر و عمر تسمه کوتاه‌تر خواهد شد. قطر چرخ ۵۰ میلی‌متر برای چرخ‌های شکاف‌دار و قطر ۶۰ میلی‌متر برای چرخ‌های صاف پیشنهاد می‌شود.

پایه‌های نگهدارنده و قلاب موتور

روی این پایه‌ها، مولد برق و تنجار نصب می‌شود. از مواردی که در طراحی این پایه‌ها باید توجه شود، آزمون صدا، ارتعاش و ناهنجاری است. مقدار بسامد هدف تعریف‌شده ۵۱۲ هرتز برای ۶۴۰۰ دور در دقیقه است که تحلیل آن با نرم‌افزار ®ANSYS و نرم‌افزار دیگری که در این زمینه نوشته شده، انجام می‌شود.

قطعات

پایه‌های نگهدارندهٔ موتور که شامل دو عدد است.

پایهٔ عقب که نگهداری تلمبهٔ روغنی فرمان، قلاب موتور سمت مجرای دود و پایهٔ جلو را بر عهده دارد.

پایهٔ جلو که نگهدارندهٔ دستهٔ موتور، هرزگرد شمارهٔ ۱ و قسمت سفت‌کن است و به پایهٔ عقب متصل است.

آزمون‌های پایه‌های نگهدارندهٔ موتور

صدا، ارتعاش و ناهنجاری: ۵۱۲ هرتز برای ۶۴۰۰ دور در دقیقه (با نرم‌افزار ®ANSYS)

بیشینهٔ تنش قابل قبول 240MPa (با نرم‌افزار ®ANSYS)

نکات طراحی

- جانمایی
- نتایج آزمون‌های حاصل از نرم‌افزار
- نتایج آزمون‌های آزمایشگاه صدا، ارتعاش و ناهنجاری

درپوش تسمهٔ زمان‌بندی دریچه‌ها

کاربرد اصلی این قاب‌ها:

- حفظ سامانهٔ زمان‌بندی دریچه‌ها از نفوذ گرد و غبار

■ حفظ سامانهٔ زمان‌بندی دریچه‌ها از نشت و ریزش سیالات مورد استفاده در خودرو مثل روغن، آب، ضد یخ و ...
■ عدم برخورد شی خارجی به اجزاء دوار و تسمهٔ زمان‌بندی دریچه

در این موتور از سه قاب برای این منظور استفاده شده که عبارتند از:
■ قاب عقبی
■ قاب جلویی
■ قاب بالایی

نکات طراحی

در طراحی این قاب‌ها که از جنس پلی‌آمید با الیاف ۲۰ درصد شیشه است، دو مورد بسیار مهم است:
■ مقاومت در دمای گرم و عملکرد مطلوب در شرایط دمایی موتور
■ مقاومت به ضربه و ارتعاشات در کارکرد واقعی

به علت گرم‌بودن دمای عملکردی موتور، دمای طراحی قاب‌ها ۱۵۰ درجهٔ سلسیوس لحاظ می‌شود.

155.5°
B
18° (3x)
C
E
0.1 B A C
Ø6.2 H12 thru
C
(114°) sensor position
C
E
R113.12
A
120° (3x)
60° (4x)
D
A
100
16

فصل پنجم

جانمایی و تطابق قوای محرکه روی خودروی سمند

جانمایی و تطابق قوای محرکه روی خودروی سمند

۵-۱ پیش‌درآمد

جانمایی به معنای اســتفاده از روش‌هایی مشــخص برای بهره‌وری بهینه از فضای موجود در بدنه است. طرح موتور ملی بر اساس کاربرد آن در خودرو سمند بنیان‌گذاری شده است. محاسبات جانمایی باید بر اساس محدودیت‌های اعمال‌شده و مطابق با فضای موجود در بدنهٔ ســمند باشــد. زیرســامانه‌های اصلی قوای محرکه شامل این موارد است که به ترتیب توضیح داده می‌شود:

- جعبه دنده
- سامانهٔ خنک‌کاری[۱] در طرح موتور ملی
- سامانهٔ نگهدارنده‌های قوای محرکه (دسته موتور) در طرح موتور ملی
- سامانهٔ تعویض دنده در طرح موتور ملی
- سامانهٔ مجرای دود در موتور ملی
- سامانهٔ هوای ورودی به موتور
- سامانهٔ سوخت‌رسانی موتور (حالت بنزین)

۵-۲ جعبه‌دنده

طراحی موتور ملی با ویژگی‌های متفاوت نســبت به موتورهای استفاده‌شــده در شرکت ایران‌خودرو، موجب شد طراحی و به کار گیری ســامانهٔ انتقال قدرت جدیدی متناســب با ویژگی‌های این موتور به عنوان یکی از الزامات این طرح در نظر گرفته شود.

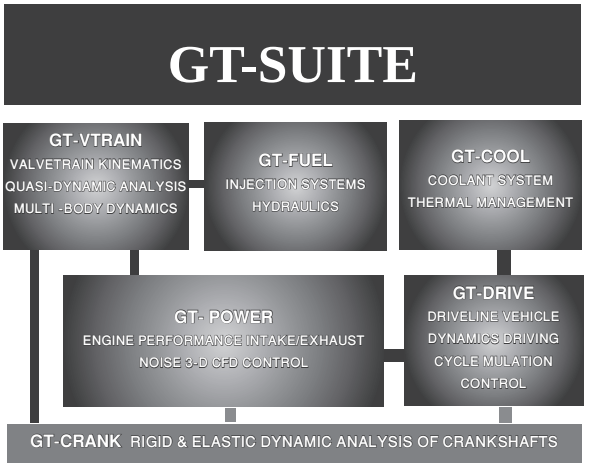
سامانهٔ انتقال قدرت جدید باید به گونه‌ای طراحی شود تا این اهداف تأمین شود:

- امکان شروع به حرکت خودرو در شرایط مختلف
- امکان دستیابی خودرو به سرعت بیشینه، مطابق با اهداف طراحی
- دستیابی به معیارهای تعیین‌شده برای مصرف سوخت

برای کاهش هزینهٔ تولید سعی می‌شود میزان تغییرات نسبت به جعبه دنده‌های استفاده‌شده در شرکت ایران‌خودرو کمینه باشد.

طراحی اولیهٔ ســامانهٔ انتقال قدرت بر اســاس شبیه‌سازی‌های شــرکت FEV و به کمک نرم‌افزار®GT-SUITE انجام پذیرفت (شکل ۱-۵). بدین ترتیب که خودرو سمند در ابزار طراحی GT-Drive شبیه‌سازی شد و سپس همهٔ معیارهای طراحی برای دستیابی به مقادیر بهینهٔ نسبت دنده‌های جعبه دنده و نسبت دنده‌های تفاضلی[۲] مطالعه و بررسی شدند.

۱- HVAC(Heating, Ventilating and Air Condition)
۲- Differential



شکل ۱-۵ ساختار نرم‌افزار شبیه‌سازی GT-SUITE®

نتایج شبیه‌ســازی‌ها، با آزمون‌های متعدد بر روی خودروی مرجع تأیید شد. این فرآیند برای ارزیابی خودرو در زمینه‌های عملکرد[۱]، راه‌اندازی در سربالایی[۲] و مصرف سوخت شامل این موارد می‌شود:

۱. زمان لازم برای افزایش سرعت، از ۰ تا ۱۰۰ کیلومتر در ساعت
۲. زمان لازم برای طی مسافت ۱۰۰۰ متر
۳. بیشینهٔ سرعت خودرو
۴. آزمون‌های انعطاف‌پذیری[۳]
۵. چرخه‌های مصرف سوخت
۶. شیب‌روی

بر اســاس تعریــف محصول، بخش عمــده‌ای از این موتــور در خودروهای دوســوخته و در حالت گاز طبیعی فشــرده[۴] اســتفاده می‌شــود. در تعیین اهداف طراحی نیز، عملکرد قوای محرکهٔ موتور دوســوخته در حالت اســتفاده از گاز طبیعی اولویت دارد.

با توجه به داده‌های محاسباتی و تجربی، چهار مجموعهٔ جعبه دنده برای خودرو تعریف شد تا بتوان مقایسهٔ نتایج آزمون‌ها را در چارچوب مشخصی انجام داد. جدول نسبت دنده‌ها (جدول ۱-۵) به این شرح است:

جدول ۱-۵ نسبت دنده‌ها و تفاضلی‌های انتخابی برای موتور ملی

	A	B	C	D	F/D	
1st	3.45	3.25	3.36	2.66	A	4.53
2nd	1.87	1.87	1.92	1.56	B	4.76
3rd	1.28	1.28	1.29	1.09	C	4.93
4th	0.95	0.95	1.00	0.88	D	4.35
5th	0.75	0.75	0.80	0.70	E	4.41

۱- Performance
۲- Hill Start
۳- Elasticity
۴- CNG(Compressed Natural Gas)

در نهایت کارشناسان FEV و ایران‌خودرو از میان چهار مجموعهٔ یادشده و بر اساس نتایج حاصل از آزمون‌ها و شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای، در مورد انتخاب نسبت دنده‌های مناسب تصمیم‌گیری کردند.
این انتخاب شامل مجموعه‌ای به عنوان مجموعهٔ اصلی و دو مجموعه به عنوان جایگزین می‌شود که اهداف طراحی را تأمین می‌کنند.

شاخص‌های راحتی رانندگی

جعبه دندهٔ متناسب با موتور ملی از جعبه دنده‌های متناسب با موتور پژو الگوبرداری شد، اما با توجه به این که موتوری جدید، مستقل از فنّاوری پژو و مورد تأیید این شرکت، قرار است روی سمند نصب شود، از همان آغاز تعیین نیازمندی‌های موتور از دیدگاه خودرو و سامانهٔ انتقال قدرت که همان راحتی رانندگی[۱] است، در مد نظر قرار گرفت. در این راستا ارزیابی‌های نهایی نظیر آزمون در حالت خلاص، آزمون راه‌اندازی موتور در شرایط محیطی مختلف، ارتعاشات و تکان‌های ناشی از تغییر بار موتور و ... (که نحوهٔ اندازه‌گیری‌های آن در کشور بدیع است) تعریف و نحوهٔ اجرای آن‌ها تعیین شد. در بطن این فرآیند، شاخص‌های قابل هدف‌گذاری همراه با توضیحات کافی در خصوص چگونگی و چرایی تأثیر این عوامل بر رفتار خودرو نیز وجود دارد (به‌نوعی، انتقال دانش فنی در نحوهٔ اجرای فرآیند گنجانده شده‌است).

۳-۵ سامانهٔ خنک‌کاری

سامانهٔ خنک‌کاری در طرح موتور ملی از این قطعات تشکیل شده است:

- شلنگ‌های آب شامل:
  - شلنگ ورود و خروج مبدل
  - شلنگ ورود و خروج بخاری
  - شلنگ ورود و خروج گاز طبیعی
- مبدل
- تلمبهٔ آب
- دمابان

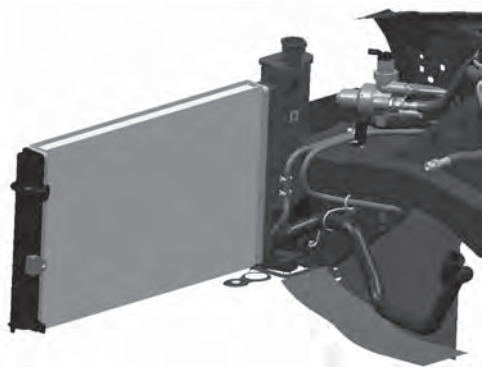
سامانهٔ خنک‌کاری سامانهٔ بسته، با فشار۱٫۴ بار و دمابان یک‌طرفه طراحی شده است.

شکل ۲-۵ جانمایی سینی و جلوی پنجره

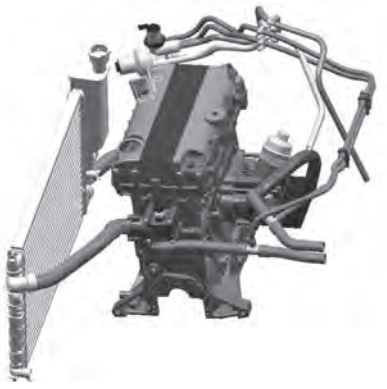
مبدل این طرح بر اساس شرایط آب و هوایی کشور و نیازهای حرارتی موتور و خودرو طراحی شده، به طوری که بعد از تعیین معیارهای اصلی طراحی و تماس با یکی از سازندگان مبدل در کشور، طراحی و ساخت این مبدل در داخل کشور به طورکامل برنامه‌ریزی شد.
با توجه به مطالعات گسترده در زمینهٔ جانمایی قطعات، سعی شد تا حتی‌المقدور از تغییرات و تعریف قطعات جدید جلوگیری شود. بنابراین طراحی مبدل به شکلی انجام شد که هیچ‌گونه تغییری در سامانهٔ سینی و جلوی پنجره[۲] ایجاد نشود.

۱- Driveability
۲- Cooling Pack

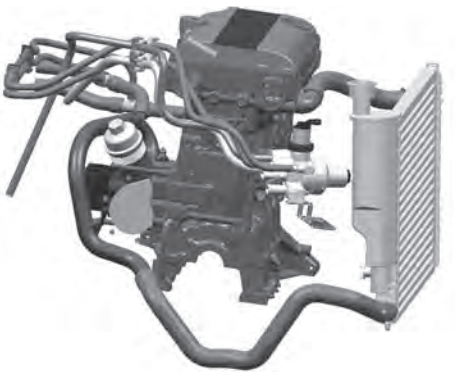
سامانهٔ خنک‌کاری با استفاده از الگوی عددی GT-Cool به صورت تک‌بعدی شبیه‌سازی شد، به طوری که مشخصات عملکردی و طراحی بیشتر قطعات از جمله مبدل مشخص شد.



شکل ۳-۵ نمای اتصال مبدل و فشارشکن



شکل ٤-۵ نمای مبدل و فشارشکن به همراه شلنگ‌های آب بر روی موتور



شکل ۵-۵ نمای دیگری از مبدل و فشارشکن به همراه شلنگ‌های آب بر روی موتور

در این طرح، مدارک ساماندهی و طراحی به این شرح تهیه و تدوین شده است.

- کتاب هدف
- فرآیند آزمون سامانهٔ خنک‌کاری
- مشخصات طراحی محصول سامانهٔ خنک‌کاری
- فرآیند آزمون سامانهٔ خنک‌کاری
- کتاب طراحی

روش آزمون سامانهٔ خنک‌کاری در سطح خودرو با توجه به خصوصیات آب و هوایی کشور ایران تهیه شده است. به همین علت در سامانهٔ خنک‌کاری در سطح قطعات، (شکل ۶-۵) و همچنین سامانه‌های خودرو، آزمون‌های تأییدیه تعریف و انجام می‌شود.

شکل ٦-٥ سامانهٔ خنک‌کاری به همراه شلنگ‌های آب

۵-۴ سامانهٔ نگهدارندهٔ قوای محرکه

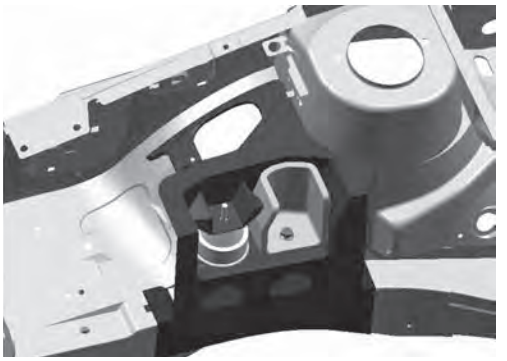
با توجه به این که در طرح موتور ملی قوای محرکهٔ[۱] جدیدی برای بدنهٔ سمند طراحی شد، سامانهٔ نگهدارندهٔ قوای محرکه از اصلی‌ترین سامانه‌های دارای تغییر بوده است. این سامانه از یک‌سو وظیفهٔ نگهداری مجموعهٔ قوای محرکه را شامل موتور، جعبه دنده و ملحقات آن‌ها و از سویی دیگر جذب ارتعاشات و ضربات ناشی از عملکرد، حرکت و دوران موتور را بر عهده دارد. از این‌رو در نخستین مراحل طراحی نیازمند تعریف اصول[۲] و طراحی کلی اجزای سامانهٔ نگهدارندهٔ قوای محرکه هستیم.

در فرآیند طراحی این سامانه، ابتدا با توجه به مشخصات وزنی هدف[۳] و قوای محرکهٔ موتور ملی، موقعیت نگهدارنده‌ها روی بدنه محاسبه شد و پس از محاسبات مختلف طراحی و در نظر گرفتن محدودیت تغییرات، بهترین موقعیت استقرار دسته‌موتورها بر روی بدنه، تعریف شد.

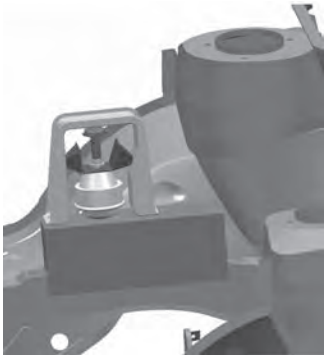
با توجه به این که موقعیت جدید نگهدارندهٔ موتور منجر به ایجاد تغییر در بدنهٔ خودرو می‌شود، تلاش برای طراحی نشیمنگاهی مناسب که امکان نصب توأمان قوای محرکهٔ XU7 (موتور قبلی سمند) و موتور ملی (موتور جدید) را روی بدنهٔ جدید داشته باشد، آغاز شد.

بدین منظور طرحی را شرکت مشاور FEV و همچنین طرحی را مرکز تحقیقات و توسعهٔ محصولات جدید ایران‌خودرو ارایه دادند؛ (شکل‌های ۷-۵ و ۸-۵). با بررسی کارشناسی و توجه به تسهیل فرآیند ساخت، نصب و انعطاف طرح‌ها، طرح پیشنهادی مرکز تحقیقات تأیید و مراحل طراحی نهایی آن آغاز شد.

۱- Power Train ۲- Concept Study ۳- Target Weight



شکل ۷-۵ طرح نشیمنگاه دسته‌موتور پیشنهادی ایران‌خودرو



شکل ۸-۵ طرح نشیمنگاه دسته‌موتور پیشنهادی شرکت FEV

شـایان ذکر اسـت که طراحی موقعیت استقرار نگهدارنده‌ها روی بدنهٔ خودرو با توجه به تأثیر زیاد آن بر انتقال ارتعاش و سروصدا به داخل خودرو و سرنشین آن انجام می‌شود.

از مزایای بارز طرح پذیرفته‌شده، می‌توان به قابلیت استفاده از دسته‌موتور یکپارچه روی نشیمنگاه جدید اشاره کرد.

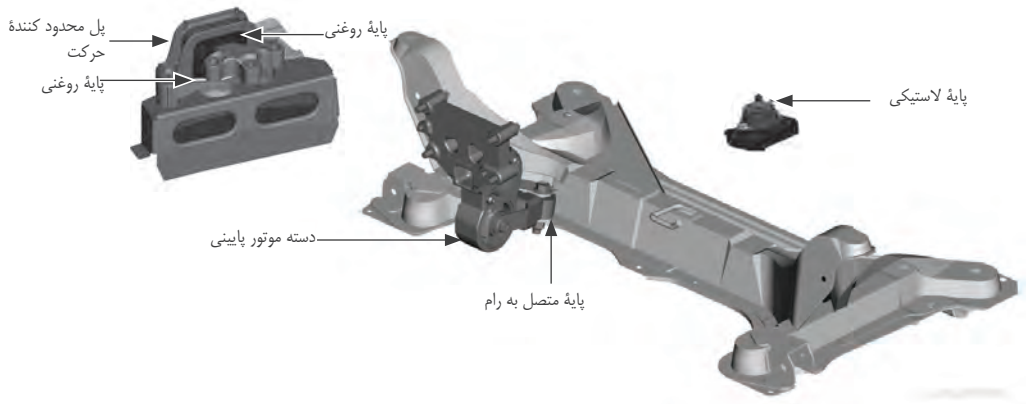
پس از این مرحله که موقعیت و طرح کلی نشـیمنگاه دسـته‌موتور نهایی شد، طراحی خواص نگهدارنده‌های لاستیکی و طراحی دسـته‌موتورهای فلزی که قوای محرکه را به نگهدارنده‌های لاسـتیکی و نهایتاً به بدنهٔ خودرو متصل می‌کنند، آغاز شـد. تحلیل‌ها و محاسـبات مهندسی لازم برای طراحی این قطعات انجام شد. در ادامه، فهرستی از این محاسبات و تحلیل‌ها می‌آید:

- طراحی کامل و نهایی نشیمنگاه جدید دسته‌موتور با توجه به مقاومت لازم و قابلیت ساخت و همبندی
- شبیه‌سازی مهندسی[۱] کامل نشیمنگاه جدید تحت شرایط مختلف (نصب هر دو قوای محرکهٔ قدیم و جدید)
- شبیه‌سازی و محاسبات مهندسی نگهدارنده‌های لاستیکی قوای محرکه شامل:
  - شبیه‌سازی ایستایی
  - شبیه‌سازی شبه‌ایستایی[۲]
  - شبیه‌سازی کیفی [۳]
  - شبیه‌سازی حالت خلاص
  - شبیه‌سازی حالت بار بیشینه [۴]
  - محاسبهٔ رفتار سامانه در برابر تحریک عمودی موتور[۵]
  - محاسبهٔ رفتار سامانه در حالت راه‌اندازی [۶]
- طراحی و پیشـنهاد چند ترکیب مختلف از خواص نگهدارنده‌های لاسـتیکی قوای محرکه، برای استفاده در آزمون‌ها و یافتن بهترین ترکیب
- طراحی و شبیه‌سازی مهندسی دسته‌موتورهای فلزی جدید

شایان ذکر است که یکی از فعالیت‌های وابسته به طراحی این سامانه، آزمون‌های سروصدا، ارتعاشات و ناهنجاری کامل خودروی سمند موجود و همچنین شبیه‌سازی کامل سروصدا و ارتعاش داخلی خودروی سمند به توسط شبیه‌ساز VINS است که در طراحی نگهدارنده‌های لاستیکی قوای محرکهٔ موتور ملی استفاده شده است.

با این شبیه‌سـازی، نقاط ضعف سـروصدا، ارتعاشـات و ناهنجاری خودروی سـمند و علت آن‌ها که ناشی از سامانه‌های مختلف اسـت، مشـخص و با توجه به یافتن منبع اصلی هر ارتعاش یا سـروصدای اضافیِ سـامانهٔ نگهدارنده‌های قوای محرکه (شکل ۹-۵)، تغییرات لازم برای هر یک از اجزای سامانه، مشخص و برای موتورِ جدید مجدداً طراحی شد.

۱- CAE(Computer-Aided Engineering)
۲- Quasi Static or Extreme Drive Maneuvers
۳- Modal
۴- Full Load Run Up
۵- Engine Bounce Behavior
۶- Engine Start Behavior



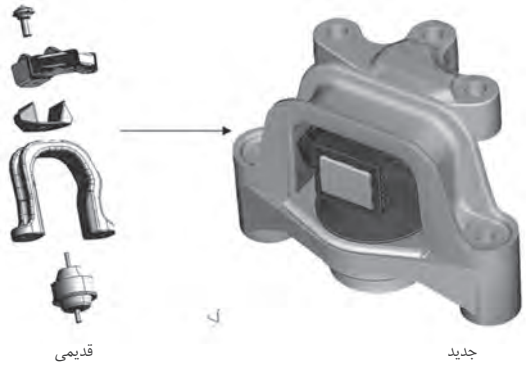
شکل ۹-۵ مجموعهٔ نگهدارنده‌های قوای محرکهٔ طراحی‌شده در مرحلهٔ اول

سرانجام پس از فعالیت‌های طراحی- مهندسی، قطعات جدید سامانهٔ نگهدارنده‌های قوای محرکهٔ جهت مرحلهٔ اول آزمون‌ها مطابق شکل ۹-۵ ساخته و ارزیابی شد.

با توجه به مشکلات ناشی از پارگی نگهدارندهٔ لاستیکی در بسیاری از سمندهای موجود و همچنین مزایای دیگر استفاده از نوآوری جدید دسته‌موتورها، در مرحلهٔ بعدی طرح پیشنهادی، استفاده از مجموعهٔ دسته‌موتور یکپارچه بررسی شد. با توجه به مزایای این طرح، توسعهٔ این نوع دسته‌موتور در برنامهٔ سامانهٔ نگهدارنده‌های قوای محرکه در طرح موتور ملی قرار گرفت. از مزایای این طرح می‌توان به این موارد اشاره کرد:

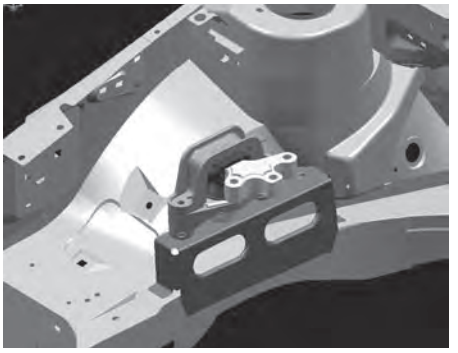
- گرد آمدن بیش از ۷ قطعه در یک مجموعه
- حذف ۶ مرحلهٔ همبندی در خط تولید
- اعمال نشدن نیروی اضافی روی لاستیک نگهدارنده
- استفاده از نوآوری‌های خودروسازی

پس از اتمام طراحی هندسی مجموعه، شبیه‌سازی‌های مهندسی و محاسبات آن برای نهایی‌سازی طرح انجام شد. سرانجام مجموعهٔ دسته‌موتور یکپارچه برای استفاده روی خودرو در تولید انبوه به عنوان یک قطعه با نوآوری جدید استفاده شد. در (شکل ۱۰-۵)، طرح این قطعه در کنار قطعات قبلیِ حذف‌شده که در مجموعهٔ جدید قرار گرفته‌اند، نشان داده شده است.



شکل ۱۰-۵ مجموعهٔ دسته‌موتور یکپارچهٔ جایگزین‌شده با قطعات منفصل سامانهٔ دسته‌موتور

در شکل ۱۱-۵، طرح دسته‌موتور یکپارچه روی نشیمنگاه جدید و نصب‌شده روی بدنهٔ خودرو مشاهده می‌شود:



شکل۱۱-۵ دسته‌موتور یکپارچه در محل نشیمنگاه دسته‌موتور روی خودرو

به طور کلی در طرح موتور ملی با اســتفاده از شبیه‌ســازی‌های مهندســی سعی شده تا مشــکلات سروصدا، ارتعاشات و ناهنجاری خودروی ســمند بهبود یابد که این مهم با اســتفاده از طرح جدید دســته‌موتور یکپارچه، وضع همبندی بهتر و همچنین دوام بیشتر نگهدارندهٔ لاستیکی قابل‌حصول است.

۵-۵ سامانهٔ تعویض دنده

با توجه به مشــکلات تعویض دنده در خودروی ســمند، یکی از ســامانه‌هایی که در طرح موتور ملی با هدف بهبود، تغییر داده شد، سامانهٔ تعویض دنده است. این سامانه که در خودروی سمند به شکل سازوکار اهرمی است و در شکل ۱۲-۵، نمایی از آن نشان داده شده، دارای این معایب عمومی است که در طرح موتور ملی برای رفع آن‌ها سعی شده است:

- بزرگ‌بودن مقدار نیروی مورد نیاز برای تعویض دنده
- دو پله‌ای بودن تعویض دنده و عدم اطمینان از جا رفتن آن
- مشکلات ناشی از رواداشت نامناسب قطعات و همبندی مجموعه‌ها
- برخورد قطعات سامانهٔ تعویض دنده به دیگر اجزای خودرو
- مشکلات عوامل انسانی[۱] شامل فاصلهٔ کم تا پیشخوان[۲] در دنده‌های شمارهٔ فرد (۱ ،۳ و ۵) و فاصلهٔ کم تا ترمزدستی در دندهٔ عقب
- لقی زیاد دسته‌دنده
- سروصدای زیاد تعویض دنده

شکل ۱۲-۵ نمایی از سامانهٔ تعویض دندهٔ اهرمی سمند

۱- Ergonomics

۲- Dashboard

البته بسیاری از معایب یادشده به علت ذات سامانهٔ اهرمی است و تنها با استفاده از سامانهٔ تعویض دندهٔ بافه‌ای قابل‌حل است که به دلیل محدودیت‌های طرح، از این سامانه استفاده نشد.
با توجه به معایب موجود در این طرح، این فعالیت‌ها برای شناخت دقیق علل بروز معایب و با هدف ارائهٔ سامانهٔ مطلوب انجام شد:

- بررسی مجزای قطعات سامانه و تحلیل مشکلات طراحی، رواداشت، ساخت و همبندی
- بررسی مشکلات ناشی از جانمایی سامانهٔ تعویض دنده و برخورد اجزای سازوکار با دیگر اجزای خودرو
- بررسی مشکلات کاربر برای تعویض دنده
- آزمون‌های حسی و غیرحسی سازوکار موجود و اندازه‌گیری‌های لازم برای شناخت مشکلات سامانه
- الگوبرداری از خودروهای مرجع با سامانهٔ اهرمی
- شبیه‌سازی کامل قطعات سازوکار
- شبیه‌سازی پویایی سامانه و تحلیل سرعت‌شناسی و نیروشناسی
- طراحی و شبیه‌سازی قطعات جدید در راستای بهبود سامانه با استفاده از نتایج الگوبرداری و تحلیل پویایی
- ساخت و نصب قطعات نمونه روی خودرو و ارزیابی تغییرات حاصل
- بهینه‌سازی طراحی و تغییرات با کمترین هزینهٔ ممکن
- نهایی‌سازی طراحی، تغییرات و اعمال تصحیح‌ها
- شبیه‌سازی کامل مشکلات رواداشتی و ارایهٔ تصحیحات لازم
- نمونه‌سازی قطعات جدید و تغییریافته برای نصب روی خودروهای نمونه و نهایی‌سازی تغییرات
- آزمون‌های نهایی اندازه‌گیری و حسی بر روی خودرو

در پایان، سامانهٔ بهبودیافتهٔ تعویض دنده در طرح موتور ملی استفاده شد که از نظر نیرو و سازگاری با انسان از وضع بسیار مطلوب‌تری نسبت به سمند برخوردار است.

۶-۵ سامانهٔ مجرای دود

وظیفهٔ سامانهٔ مجرای دود[۱] را می‌توان به این شرح بیان کرد:

- انتقال گازهای حاصل از احتراق داخلی موتور از چندراههٔ دود به انتهای خودرو
- کاهش صدای حاصل از تخلیهٔ گازهای خروجی

برای طراحی سامانهٔ مجرای دود مناسب با شرایط خودرو و موتور، محدودیت‌ها و معیارهای فراوانی وجود دارد که طراح باید در مد نظر قرار دهد؛ از آن جمله می‌توان به این موارد اشاره کرد:

- پس‌فشار مجاز[۲]
- سطح مجاز صدا در خروجی مجرای دود و داخل خودرو
- شار جرمی گازهای احتراق
- محدودیت‌های جانبی[۳]
- محدودیت‌های ساخت و همبندی
- هزینهٔ تمام‌شده

با توجه به معیارهای طراحی یادشده، این فرآیندها برای دستیابی به طرحی مطلوب انجام شد:

۱- Exhaust
۲-Allowable Back Pressure
۳- Packaging & Layout

بررسی جانمایی سامانه

در ابتدا، جانمایی سـامانه بررسـی شد و با هدف به حداقل رساندن تغییرات بدنه، طرح اولیهٔ اجزاء و مسیر سامانهٔ مجرای دود (شکل ۱۳–۵) مشخص شد. این اجزاء عبارتند از:

- لولهٔ جلویی مجرای دود با اتصال قابل انعطاف[۱]
- لولهٔ میانی جلو
- منبع میانی
- منبع انتهایی
- بست و اتصالات

شکل ۱۳–۵ طرح سامانهٔ مجرای دود سمند با موتور XU7JP/L3

الگوبرداری

الگوبرداری از روش‌های متداول برای ارایهٔ طرح اولیه اسـت. همان طور که در جدول ۲–۵، بیان شـده، پنج خودرو در ردهٔ مشـابه انتخاب و سامانهٔ مجرای دود (شـکل ۱۴–۵) آن‌ها با یکدیگر مقایسه می‌شود. سپس ابعاد اولیه برای سامانه پیشنهاد می‌شود.

جدول ۲–۵ مقایسهٔ سامانهٔ مجرای دود پنج خودرو در ردهٔ مشابه

خودرو	حجم موتور (لیتر)	قطر لوله (میلی‌متر)	مجرای دودمیانی (لیتر)	مجرای دود انتهایی (لیتر)	حجم نهایی (لیتر)
فولکس واگن	۱,۶۱	۴۵–۵۰	۴,۳	۱۲,۵	۱۶,۸
اپل	۱,۸۱	۵۰	۱۱	۱۴	۲۵
فورد	۱,۶۱	۴۵–۵۰	۵	۶	۱۱
فورد	۱,۶۱	۵۰	۳,۲	۱۰	۱۳,۲
بی ام و	۲,۰۱	۵۵	۸	۱۹	۲۷
خودرو سمند	۱,۷۶	۴۵–۵۰	۳,۷	۹,۶	۱۳,۳

شکل ۱۴–۵ طرح اولیهٔ سامانهٔ مجرای دود در طرح موتور ملی

۱- Flexible Pipe

تحلیل سامانه با استفاده از تجزیه و تحلیل

در این مرحله سامانهٔ مجرای دود با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌سازی شده و اعمال متغیرهایی همچون قطر لوله‌ها، اشکال مختلف انباره و تعداد سوراخ‌ها روی معیارهای طراحی (پس‌فشار و سطح آلایندگی صوتی خروجی) بررسی می‌شود. چون دقت محاسبات تک‌بعدی خیلی زیاد نیست، نمی‌توان پاسخ نهایی را بر مبنای نتایج شبیه‌سازی محاسبه کرد. به همین علت برای هر یک از اجزاء (منبع میانی و انتهایی) دو یا سه شکل پیشنهاد می‌شود.

آزمون کارایی سامانه

در این مرحله نمونه‌های ساخته‌شده روی خودرو، نصب و با معیارهای دما، افت فشار و سطح آلایندگی صوتی در خروجی مجرای دود و داخل اتاق با یکدیگر مقایسه شدند. در پایان، دو نمونه از لحاظ کارایی در محدودهٔ مجاز قرار گرفتند. در نهایت نمونه‌ای که از لحاظ ساخت مقرون به‌صرفه بود، به عنوان طرح نهایی انتخاب گردید.

۵-۷ سامانهٔ هوای ورودی به موتور

مهمترین وظیفهٔ سامانهٔ هوای ورودی موتور جلوگیری از ورود گرد و غبار به داخل موتور، استوانه‌ها و تأمین هوای مورد نیاز موتور است. مجموعهٔ صافی هوا به عنوان صداگیر نیز عمل می‌کند و سهم بسزایی در کاهش صدای داخل و خارج خودرو دارد.
بنابراین می‌توان گفت فرآیند طراحی سامانهٔ هوای ورودی به موتور بسیار پیچیده است و تحت تأثیر عوامل مختلفی نظیر محدودیت‌های جانمایی، نیازمندی‌های موتور از نظر شار هوای ورودی، بیشینهٔ افت فشار مجاز در سامانه، بازدهٔ تنفسی و اهداف سروصدا و ارتعاشات و ناهنجاری قرار دارد.
در ادامه، سامانهٔ هوای ورودی به موتور در طرح موتور ملی تشریح می‌شود.

مطالعهٔ جانمایی و راهکار اولیه

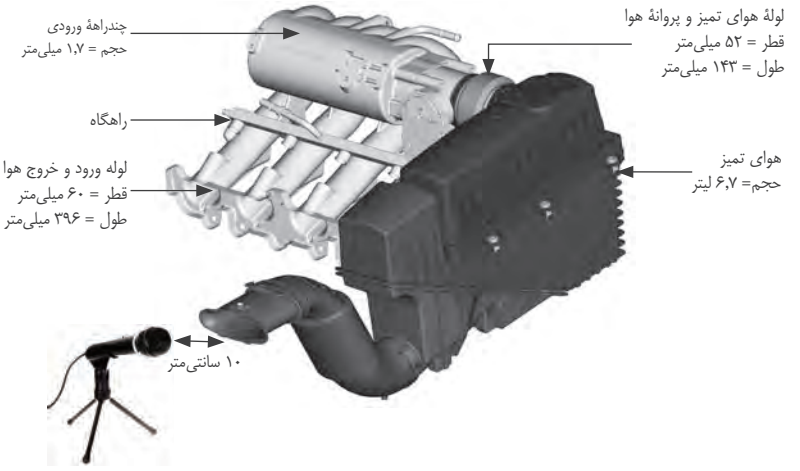
با توجه به مطالعات انجام‌شده، الگوبرداری و محدودیت‌های جانمایی، صافی هوای موتور انتخاب شد. اجزای سامانهٔ هوای ورودی به موتور عبارتند از:

- مجموعهٔ لولهٔ ورودی هوا به هواکش، که از گلویی ورودی هوا و لولهٔ ورودی هوا به هواکش متصل شده است.
- مجموعهٔ صافی هوا که از قاب بالایی و پایینی و کاغذ صافی هوا تشکیل شده است.
- مجموعهٔ پایهٔ نگهدارندهٔ صافی هوا که از پایهٔ فلزی و قطعهٔ لاستیکی نگهدارنده تشکیل شده است.
- لولهٔ واسطهٔ هواکش به دریچهٔ گاز

طراحی محاسبات مهندسی

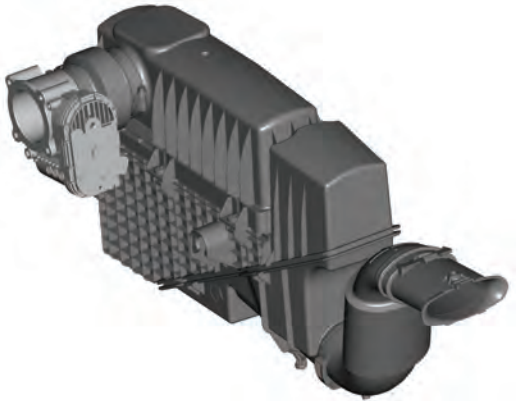
از روش‌های کاربردی و کم‌هزینه برای طراحی سامانهٔ جدید، استفاده از روش الگوبرداری اولیه است. در این روش برای کاهش زمان و هزینهٔ طراحی از سامانه‌هایی مشابه سامانهٔ مورد نظر، الگوبرداری می‌شود، بدین ترتیب طرح اولیهٔ سامانه تهیه می‌شود.
بدین منظور از سامانهٔ هوای ورودی خودروهای هم‌ردهٔ سمند (شکل ۱۵-۵) با حجم موتوری تقریباً یکسان الگوبرداری می‌شود. نتایج اولیه نشان می‌دهد که برای موتوری با حجم تقریبی ۱٫۷ لیتری، صافی هوای مورد نیاز بیش از ۷ لیتر است. شایان ذکر است که قطر لولهٔ ورودی هوا به مجموعهٔ پاک‌کنندهٔ هوا بین ۵۵ تا ۸۰ میلی‌متر است.
لولهٔ ورودی هوای اولیه با قطر ۶۰ میلی‌متر، صافی هوای اولیه با حجم ۲٫۸ لیتر و لولهٔ واسطهٔ صافی هوا به دریچهٔ گاز با قطر ۵۴ میلی‌متر با توجه به نتایج الگوبرداری و همچنین محدودیت‌های جانمایی انتخاب شد.

تحلیل اولیهٔ سامانهٔ یادشده با استفاده از نرم‌افزار®GT-Power نشان‌می‌دهد که الگو نیاز به تغییرات اساسی دارد. با توجه به تأثیر هر یک از معیارهای یادشده، طرح دوم با این مشخصات انتخاب شد:



شکل ۱۵-۵ طرح اولیه برای تحلیل عددی

لولـهٔ ورودی هـوا بـا قطر ۶۰ میلی‌متر، صافی هوا با حجم ۶٫۷ لیتر و لولهٔ واسـطهٔ صافی هوا بـه دریچهٔ گاز با قطر ۵۲ میلی‌متر. با استفاده از سامانهٔ جدید و نرم‌افزار GT-Power تغییرات دو معیار مهم بازدهٔ تنفسی و سطح صدای ورودی هوا اندازه‌گیری شـد. نتایج نشـان‌می‌دهد با تغییرات جدید در چندراههٔ هوای ورودی به موتور، سطح صدا در این قسمت 10dB بیشـتر از میزان مورد نظر در ۳۵۰۰ دور در دقیقه می‌شـود، بنابراین ایجاد تغییرات در طرح اجتناب‌ناپذیر اسـت. در این مرحله، به آثار سـطح صدا، بازدهٔ تنفسـی و تأثیر متقابل این دو بر یکدیگر توجه شـد. به طور مثال وجود لوله‌ای در صافی هوا باعث می‌شـود تا سـطح صدا تا 3dB کاهش پیدا کند. چون قرار دادن این لوله در قسـمت تمیز صافی هوا (قسـمت بالایی) موجب افت بازدهٔ تنفسـی و کاهش طول عمر موتور می‌شود، این لوله در قسمت پایینی صافی قرار داده شـد. پس از تحلیل و بهینه‌سـازی سامانه، نتایج یادشـده تأیید و برای از بین بـردن بسـامدهـای مـزاحم 278Hz و 700-850-Hz دو عدد صداگیر[۱] به سـامانه اضافه شـد، بدین ترتیب نمونهٔ اولیهٔ صافی هوا (شکل ۱۶-۵) با توجه به نتایج الگوبرداری، تحلیل عددی، نیازمندی‌های موتور، محدودیت‌های جانمایی و مسـائل طراحی برای سـاخت نمونه، نهایی شد.

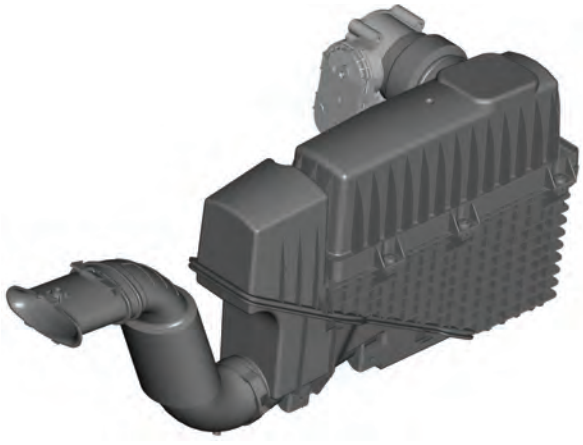


شکل ۱۶-۵ نمونهٔ صافی هوای اولیه به همراه دریچهٔ گاز

۱- Resonator

طراحی برای ساخت

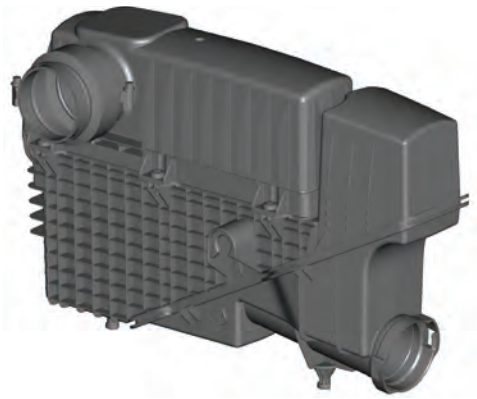
در این مرحله، قطعات مجموعهٔ سامانهٔ هوای ورودی موتور بر اساس معیارهایی نظیر بازده، افت فشار و ... پایش می‌شوند. سپس روی سکوی آزمایش و خودرو نصب می‌شوند تا آزمون‌های سطح صدا به طور عملی اجرا شود. نتایج حاصل نشان داد که در محدودهٔ مشخص بسامدی، تشدید وجود دارد که برای از بین بردن آن باید طراحی صداگیرها اصلاح شود. با آزمایش مجدد و تحلیل عددی الگو و در نظر گرفتن محدودیت‌های متعدد جانمایی، یک نمونه صداگیر ساخته و روی سامانهٔ هوای ورودی موتور نصب می‌شود. آزمون اندازه‌گیری میزان صدا مجدداً انجام می‌شود و خوشبختانه نتایج آن با اهداف مورد نظر تطابق دارد. در نتیجه، طرح نهایی با صداگیر ۴٫۱ لیتری تأیید می‌شود و برای تولید انبوه در اختیار سازنده قرار می‌گیرد (شکل ۱۷–۵).



شکل ۱۷–۵ طرح نهایی پیشنهادشده به سازنده به همراه دریچهٔگاز

بازخورهای قطعه‌ساز و طراحی نهایی

در این مرحله، با توجه به نهایی‌شدن طرح و برگزاری جلساتی دربارهٔ نیازمندی‌های فنی مشتری، سازنده، نظریات نهایی خود را برای تأمین این نیازها و دریافت تأییدیهٔ آزمون‌های آینده به طراح منتقل می‌کند. همچنین تغییرات مورد نظر را سازنده روی نقشه، اعمال می‌کند و برای انتشار نهایی در اختیار طراح قرار می‌دهد.(شکل ۱۸–۵).



شکل ۱۸–۵ طرح نهایی صافی هوا

۵-۸ سامانهٔ سوخت‌رسانی موتور (حالت بنزینی)

سامانهٔ سوخت‌رسانی در طرح موتور ملی از نوع بدون لولهٔ برگشت[۱] با تلمبهٔ[۲] سوخت داخل مخزن[۳] و مجهز به سامانهٔ پایش آلاینده‌های تبخیری تعریف شده است.
این قسمت‌ها نسبت به خودروی مبنا (سمند با موتور XU7) تغییری نکرده‌اند:

- قطعات اتصال مخزن به بدنه
- لولهٔ گلویی پرکن مخزن و اتصالات آن به بدنه
- شلنگ لاستیکی پرکن و بست‌های آن
- لولهٔ هواگیری مخزن و بست‌های آن
- صافی سوخت
- لایی[۴] و حلقهٔ[۵] (مهرهٔ پلاستیکی بزرگ) نگهدارندهٔ درجهٔ سوخت در مخزن
- جاذب بخار سوخت (محفظه) و ملحقات آن شامل نگهدارنده‌ها و اتصالات
- لوله‌های بخار سوخت از مخزن تا محفظه و همهٔ بست‌ها، نگهدارنده‌ها و اتصالات طول مسیر
- بست‌های نگهدارندهٔ لولهٔ سوخت، زیر بدنه و در طول مسیر از مخزن تا محفظهٔ موتور

این قسمت‌ها از طرح R2 برداشت شده‌اند:

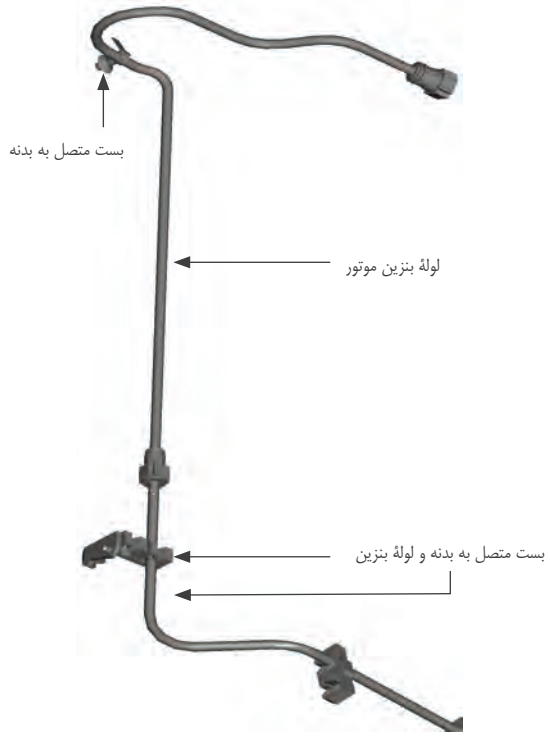
- مخزن بنزین
- سامانهٔ سوخت‌رسان (شامل اندازه‌گیر سوخت، تلمبه و تنظیم‌کنندهٔ فشار)
- لوله‌های سوخت از مخزن تا محفظهٔ سوخت
- شلنگ خروج بخار سوخت از محفظه

این قسمت‌ها در طرح جدید هستند:

- لولهٔ سوخت موتور و بست نگهدارندهٔ آن (شکل ۱۹-۵)
- لوله‌های بخار سوخت از خروجی محفظه تا چندراههٔ مکش و بست‌های نگهدارندهٔ آن‌ها (شکل ۲۰-۵)
- شیر برقی تخلیهٔ بخار محفظه (قطعهٔ استاندهٔ Bosch) (شکل ۲۰-۵)

در مورد لوله‌های طرح جدید، محدودیت‌ها و الزامات وابسته به واحد قوای محرکه (شامل قطر و مشخصات هندسی لوله‌ها و نیز مشخصات اتصالات ساده) بر مبنای استانده‌های PSA به شرکت FEV اعلام شد و شرکت FEV با توجه به مسائل جانمایی، محدودیت‌ها و الزامات یادشده مسیر لوله‌ها را طراحی کرد. سامانه‌ها و نقشه‌های تهیه‌شده پس از بررسی در واحد قوای محرکه منتشر و برای نمونه‌سازی در اختیار ساپکو و سازنده قرار داده شد.
با توجه به هم‌خوانی فشار و شار سوخت مورد نیاز موتور (تعیین‌شده از سوی FEV) و مشخصات عملکردی سامانهٔ سوخت‌رسان طرح R2، شیر برقی تخلیهٔ بخار محفظه از طرح یادشده حذف شد.
هم‌خوانی شیر برقی تخلیهٔ بخار محفظه (پیشنهاد شرکت FEV) و محفظهٔ خودروی سمند، از نظر اندازهٔ ذرات جامد موجود در لوله‌های بخار سوخت واحد قوای محرکه و شرکت FEV، بررسی شده و پس از حصول اطمینان از هم‌خوانی این دو قطعه، شیر برقی پیشنهادی پذیرفته گردید.

۱- Return-Less
۲- Pump
۳- In-Tank
۴- Washer
۵- Ring



شکل ۱۹-۵ لولهٔ بنزین

شکل ۲۰-۵ لوله‌های بخار بنزین و مسیر عبور آن‌ها از کنار صافی هوا

155.5°
B
18° (3x)
C
E
0.1 B A C
Ø6.2 H12 thru
C
(114°) sensor position
C
E
R113.12
A
120° (3x)
60° (4x)
D
A
100
16

فصل ششم

نگاشت و تنظیم رایانهٔ موتور

نگاشت[۱] و تنظیم رایانهٔ موتور

۱-۶ پیش‌درآمد

خانوادهٔ موتور ملی شـامل سـه نوع موتور ۱,۷ لیتر تنفس طبیعی، ۱,۷ لیتر پرخوران و ۱,۴ لیتر تنفس طبیعی اسـت. کار نگاشت رایانهٔ موتور ۱,۷ لیتری تنفس طبیعی، از سال ۱۳۸۴ شروع شد و در سال ۱۳۸۷ به مسؤولیت شرکت FEV و در محل آن شرکت و با همکاری شرکت‌های ایپکو و بوش[۲] به پایان رسید. کار نگاشت رایانهٔ موتور ۱,۷ لیتری پرخوران نیز با مشـاورهٔ شـرکت بوش در مرکز تحقیقات موتور از آغاز سال ۱۳۸۶ شروع و در سال ۱۳۸۸ به پایان رسید. کار نگاشت موتور ۱,۴ لیتری تنفس طبیعی نیز به زودی در مرکز تحقیقات موتور آغاز می‌شود.

در موتورهای بنزینی راهبردهای متنوعی انتخاب می‌شود تا در نتیجهٔ آن‌ها موتور قابلیت برآورده‌ساختن انتظارات مطلوب، شـامل حداقل مصرف سـوخت، کمترین آلایندگی و نیز بهترین قابلیت و کیفیت رانندگی را در شرایط گوناگون محیطی داشـته باشد. این راهبردها در مسیر محاسبات رایانهٔ موتور منظور می‌شوند و اجمال آن‌ها نیازمند صدها یا هزاران جدول گوناگون اسـت که به منظورهای مختلف طراحی شـده‌اند و در فرآیندی که اصطلاحاً نگاشـت گفته می‌شـود، تنظیم می‌شوند. تنظیم درست این جدول‌ها شرط برآورده شدن اهداف و انتظارات یاد شده است.

در خودروهای دوسوخته، از نوع تبدیل کارگاهی، همهٔ تنظیمات برای حالت بنزینی انجام شده و فقط با چند ترفند محدود، امکان تغییرات اندک در عملکرد موتور در حالت گازسوز به دست می‌آید؛ ولی در خودروهای پایه‌گازسوز، از جمله در رایانهٔ موتور ملی ، تدابیر کافی و کامل اندیشیده شده و امکان دستیابی به اهداف یاد شده بدون هیچ‌گونه محدودیت و یا کاستی نسبت به حالت بنزینی وجود دارد. در سامانهٔ موتور ملی ، در بیشتر راهبردها، جدول‌های جداگانه‌ای برای حالت‌های گاز و بنزیـن وجـود دارند. ضمن این که در خیلی از موارد به دلیل اختلاف بین طبیعت گاز و بنزین قواعد محاسـباتی گاز و بنزین جدا از هم و هرکدام مختص به خود هستند.

در موتور ملی ، روش کار بدین صورت بود که در هر مرحله (پس از پیاده‌سازی راهبردهای جدید و تبدیل آن به برنامه) در آزمون‌های گوناگون (روی لگام ترمز موتور، لگام ترمز خودرو و یا حرکت در جاده) و پس از تحلیل نتایج و اجرای عملیات بهینه‌یابی، جدول‌ها، تنظیم و ذخیره‌سازی شدند. این عملیات در هر مرحله هم برای گاز و هم برای بنزین، به طور موازی انجام شد، به گونه‌ای که برتری خاصی برای سوخت بنزین یا سوخت گاز نسبت به هم وجود نداشت. طبیعی است که این نوع اجرای کامل عملیات نگاشت، زمان و هزینه‌ها را حدوداً دو برابر حالت تک‌سوخته می‌کند. البته زمان و هزینهٔ نگاشت در خودروهای تبدیل کارگاهی بسیار کمتر است و البته کیفیت و قابلیت اعتماد نیز به همان اندازه کمتر می‌شود.

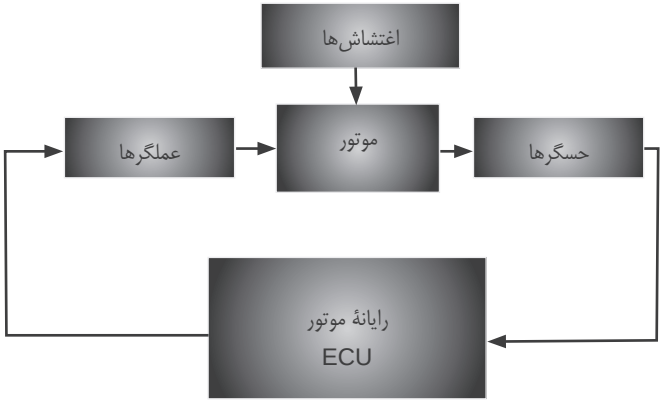
در ادامهٔ این فصل در ابتدا، اجزای تشکیل‌دهندهٔ سامانهٔ مدیریت موتور معرفی می‌شوند. سپس مقدمه‌ای در مورد ساختار نرم‌افزار و نگاشـت و برخی تعاریف بیان می‌شـود. و در پایان شرح مختصری دربارهٔ هر یک از بخش‌ها و مراحل نگاشت موتور ملی ارائه می‌شـود. به هر حال برای شـرح و تفسیر هر یک از این راهبردها و نتایج آن، به مقالات جداگانه‌ای نیاز است و در این فصل صرفاً به مرور خلاصهٔ برخی از موارد مهم پرداخته می‌شود.

۱- Calibration
۲- Bosch

۶-۲ سامانهٔ مدیریت موتور

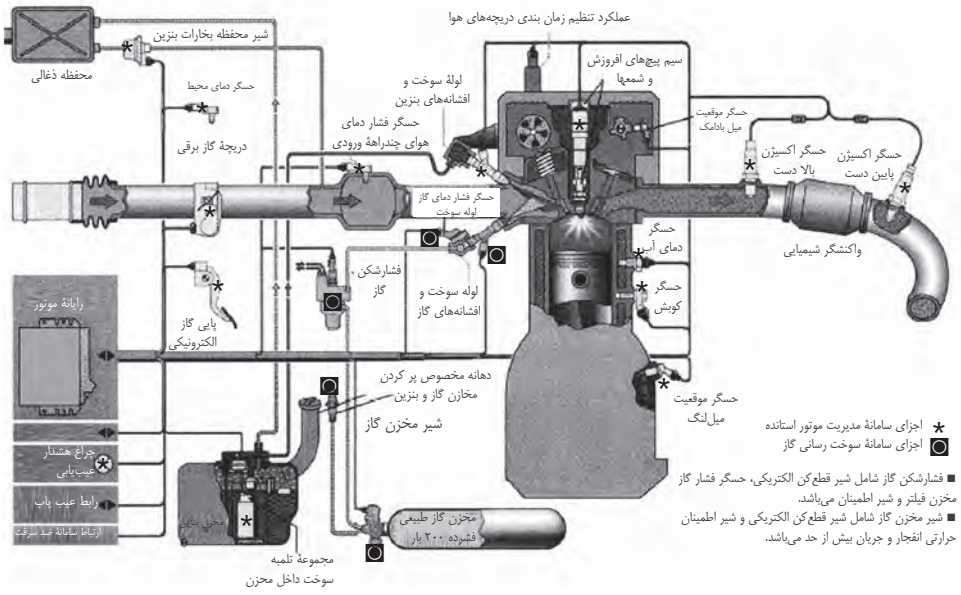
از دیدگاهی، اجزای موتور درونسوز را می‌توان به این صورت دسته‌بندی کرد:
■ اجزای تولید و انتقال قدرت، مانند بدنه و اســتوانه‌ها، ســمبه و دسته‌سمبه، میل‌لنگ، چرخ طیار، بستار، محفظهٔ احتراق و ...
■ اجزاء یا سامانه‌های «انتقال، تنظیم، اختلاط و تبدیل» سیالات مانند:
۱. سامانه‌های خنک‌کاری و روغن‌کاری
۲. سامانهٔ انتقال هوا و دود (صافی و لوله‌های هوا، دریچهٔ گاز، چندراههٔ هوا، دریچه‌های هوا و دود، میل‌بادامک، چندراههٔ دود، مبدل شیمیایی، لوله‌ها، انباره‌ها و ...)
۳. ســامانهٔ سوخت‌رســانی (مخزن بنزین یا گاز، تلمبه، تنظیم‌کنندهٔ فشــار، لوله‌ها، چندراههٔ سوخت، افشانه‌های سوخت، تنظیم‌کنندهٔ بخارهای خروجی مخزن بنزین و ...)
۴. سامانهٔ برق‌رسانی (انبارهٔ برق، سیم‌پیچ‌های افروزش، شمع‌ها و ...)
اصولاً اجزاء یا سامانه‌های انتقال، تنظیم، اختلاط و تبدیل، وظیفهٔ تعیین و تنظیم مقادیر کمیت‌های مورد نظر شامل هوا، سوخت و ... را بر عهده دارند. این تنظیم‌ها با هدف دستیابی به عملکرد مناسب از نظر آلاینده‌ها، مصرف سوخت، قدرت و قابلیت رانش انجام می‌شوند و به دو صورت، قابل اعمال و پیاده‌سازی هستند:
۱. در مرحلــهٔ طراحــی: در مورد اجزایی که ســاختار ثابت دارند مانند: چندراهه‌های هــوا و دود یا میل‌بادامک که فقط در مرحلهٔ طراحی قابل تغییر و تنظیم‌اند.
۲. به صورت لحظه‌ای: در مورد اجزایی که کمیت‌های آن‌ها به صورت لحظه‌ای قابل تعیین‌اند، مانند میزان پاشش سوخت افشانه‌ها که در هر لحظه به توسط رایانهٔ موتور تعیین می‌شوند (هر چند این اجزاء، بخش‌های ساختار ثابت هم دارند که می‌توانند در مرحلهٔ طراحی انتخاب شوند: مثل شکل نوک افشانه).

اصولاً با پیشــرفت فنّاوری، به مرور از تعداد اجزایی که ســاختار صددرصد ثابت دارند، کاســته می‌شود و بر تعداد اجزایی کــه ســاختار قابل‌تنظیم لحظه‌ای دارند، افزوده می‌شــود؛ مثلاً میل‌بادامک با زمان‌بندی قابــل تنظیم (نظیر موتور ملی)، چندراهه‌های هوا با طول چندراههٔ متغیر و بسیاری از فنّاوری‌های جدید دیگر که از این نوع‌اند.
در موتور درونســوز، به ســامانه‌ای که وظیفهٔ مدیریت و تنظیم کمیت‌های این‌گونه اجزای با قابلیت تنظیم لحظه‌ای را بر عهده دارد، ســامانهٔ مدیریت موتور گفته می‌شــود. در واقع وظیفهٔ اصلی ســامانهٔ مدیریت موتور عبارت است از: پاسخ به چالش میان محدودیت‌های محیط زیســتی، عوامل اقتصادی (نظیر مصرف سوخت) و خواسته‌های مشتری برای رسیدن به عملکرد بهینه و مطلوب، با اعمال ورودی‌های صحیح و حساب‌شده.
به طور کلی هر ســامانهٔ مدیریت هوشمند را می‌توان بخش‌های واحد تحت مدیریت، حسگرها، مغز هوشمند و عملگرها در نظر گرفت. به عنوان مثال، اگر عملکرد انســان هنگام رانندگی خودرو (واحد تحت مدیریت) در نظر گرفته شــود، ابتدا وضع موجود را چشــم (حســگر) مشاهده می‌کند. سپس علائم آن را اعصاب به مغز (مغز هوشمند) منتقل می‌کند. مغز بر اســاس منطق موجود در آن، اطلاعات دریافتی را پردازش می‌کند و فرمان جدید را از طریق اعصاب به پاها و دســت‌ها (عملگرها) منتقل می‌کند. این حلقه لحظه‌ای و مرتباً تکرار می‌شــود. در همهٔ ســامانه‌های تحت مدیریت هوشمند (نظیر موتور) نیز مشابه همین رویه انجام می‌شود. شکل ۱-۶ چنین حلقه‌ای را نشان می‌دهد.



شکل ۱-٦ کلیات سامانهٔ مدیریت موتور

در شکل ۲-۶، طرحوارهٔ سامانهٔ مدیریت موتور ملی دیده می‌شود.



شکل ۲-۶ طرحوارهٔ سامانهٔ مدیریت موتور ملی

در ادامه، فهرست کامل حسگرها و عملگرها در سامانهٔ مدیریت موتور ملی دیده می‌شود.

حسگرها

- سرعت موتور
- سرعت خودرو
- زاویهٔ میل‌بادامک

- فشار و دمای هوای چندراههٔ ورودی
- دمای مایع خنک‌کن
- فشار سیال سامانهٔ تهویه
- فشار مخزن گاز طبیعی
- فشار و دمای چندراههٔ گاز (فشار بعد از فشارشکن)
- حسگر کوبش یا کوبش‌سنج
- دمای محیط
- حسگر اکسیژن قبل از مبدل شیمیایی
- حسگر اکسیژن بعد از مبدل شیمیایی
- حسگر میزان بار مولد برق
- کلید انتخاب سوخت: گاز – بنزین
- حسگر وضعیت عملکرد فرمان روغنی[۱]
- حسگر وضعیت اتصال چنگکی
- حسگر وضعیت ترمز (دو حسگر جداگانه داخل یک مجموعه)
- حسگر فرمان پایی راننده (پایی گاز)
- حسگر سطح بنزین در مخزن

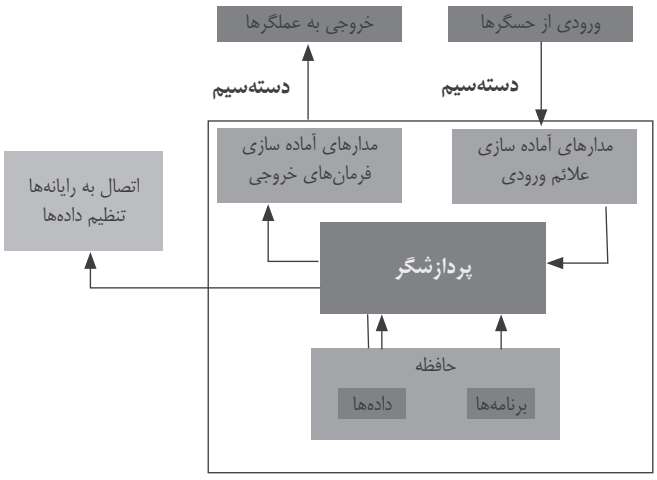
عملگرها

- افشانه‌های گاز
- افشانه‌های بنزین
- سیم‌پیچ‌های افروزش
- دریچهٔ برقی گاز
- شیر تنظیم پیوستهٔ زاویهٔ میل‌بادمک هوا[۲]
- شیر برقی روی مخزن گاز
- شیر برقی روی فشارشکن گاز
- فرمان روشن‌شدن تلمبهٔ بنزین
- شیر برقی پاکسازی محفظهٔ بخارهای بنزین[۳]
- گرم‌کن حسگر اکسیژن پیش از مبدل شیمیایی
- گرم‌کن حسگر اکسیژن پس از مبدل شیمیایی
- چراغ‌های نمایشگر[۴] نظیر چراغ عیب، چراغ نوع سوخت (گاز – بنزین) و چراغ اعلام داغی مایع خنک‌کن و چراغ ایست[۵]؛ رایانهٔ موتور فرمان روشن و خاموش شدن چراغ‌ها را صادرمی‌کند:
- فرمان روشن‌کردن سامانهٔ تهویه
- فرمان نمایش جرم مخزن گاز
- فرمان کلیدهای پروانه‌های خنک‌کن

رایانهٔ موتور

رایانهٔ موتور از بخش‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری مختلفی تشکیل شده است. علائم حسگرها به رایانهٔ موتور می‌رود و پس از پردازش و اجرای راهبردهای منطقی و محاسباتی موجود در برنامهٔ نرم‌افزاری، نهایتاً فرمان‌های لازم به عملگرها ارسال می‌شود. در شکل ۳–۶ طرح‌واره‌ای از بخش‌های مختلف رایانهٔ موتور ملاحظه می‌شود.

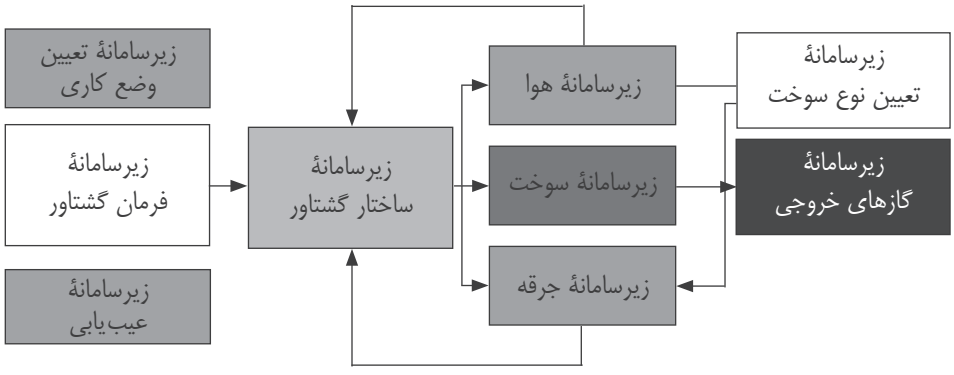
۱- Hydraulic
۲- CVVT
۳- Canister Purge Valve
۴- Instrument Panel
۵- Hot Lamp & Stop Lamp



شکل ۳-٦ طرح‌وارهٔ بخش‌های مختلف رایانهٔ موتور

نرم‌افزار رایانهٔ موتور

همان طور که بیان شد در حافظهٔ رایانهٔ موتور، نرم‌افزار مستقر ذخیره می‌شود که همیشه و به صورت حلقه‌ای با پردازنده اجرا می‌شود. معمولاً هر یک از سازنده‌های رایانهٔ موتور تقسیم‌بندی خاص خود را برای نرم‌افزار مستقر رایانهٔ موتور دارند. نرم‌افزار استفاده‌شده در رایانهٔ موتور ملی بر اساس ساختار مبتنی بر الگوهای فیزیکی طراحی شده است. نرم‌افزار رایانهٔ موتور از تعداد زیادی تابع تشکیل شده است. اصولاً تقسیم‌بندی‌های مختلفی دربارهٔ نرم‌افزار رایانهٔ موتور می‌توان ارائه داد. نوعی از این تقسیم‌بندی، بر اساس روند محاسبات و مشابه شکل ۴-۶ است.



شکل ٤-٦ زیرسامانه‌های نرم‌افزار رایانهٔ موتور

■ زیرسامانهٔ تعیین وضع کاری[1]: وظیفهٔ دریافت علائم حسگرها و محاسبهٔ مقادیر فیزیکی کمیت‌ها و در نهایت تعیین وضع کاری را در هر لحظه بر عهده دارد.

■ زیرسامانهٔ فرمان گشتاور[2]: وظیفهٔ تعیین «مقدار گشتاور خروجی مورد انتظار از موتور» را در هر لحظه، بر اساس ورودی‌های داخلی (مانند گشتاور پایش[3] دور آرام) و یا خارجی (مانند فرمان راننده به پایی گاز)، بر عهده دارد.

۱- Operating Data ۲- Torque Demand ۳- Control

■ زیرسامانهٔ ساختار گشتاور[۱]: مقدار گشتاور موتور را در هر لحظه محاسبه می‌کند و با داشتن فرمان گشتاور، مقادیر مورد نیاز هوا، سوخت و جرقه را تعیین و به زیرسامانه‌های آن‌ها ارسال می‌کند.
■ زیرسامانهٔ هوا[۲]: با دریافت فرمان شار هوای مورد نیاز از زیرسامانهٔ ساختار گشتاور، مقادیر فرمان مناسب را برای عملگر دریچهٔ برقی گاز و عملگر زمان‌بندی میل‌بادامک محاسبه و اعمال می‌کند. به علاوه قاعده‌های[۳] پایش حلقهٔ بستهٔ موقعیت‌های دریچهٔ‌گاز و میل‌بادامک در این زیرسامانه قرار دارد. این زیرسامانه، مقادیر فشار هوا را در نقاط مختلف و نیز مقادیر درصد بار نسبی[۴] موتور و شار لحظه‌ای هوای ورودی و خروجی موتور را محاسبه و آن را با فرمان شار مورد نیاز (حاصل از زیرسامانهٔ ساختار گشتاور) مقایسه‌می‌کند و در صورت عدم تطابق، قاعده‌های پایش حلقهٔ بستهٔ موقعیت دریچهٔ گاز و میل‌بادامک را اجرا می‌کند.
■ زیرسامانهٔ سوخت[۵]: با دریافت فرمان شار سوخت مورد نیاز از زیرسامانهٔ ساختار گشتاور و با اتصال به زیرسامانهٔ پایش گازهای خروجی[۶]، مقادیر فرمان به عملگرهای افشانه‌ها و شیرتخلیه[۷] را بر حسب شرایط کاری مختلف محاسبه و اعمال می‌کند.
■ زیرسامانهٔ جرقه[۸]: با دریافت فرمان پیشرسی جرقهٔ مورد نیاز از زیرسامانهٔ ساختار گشتاور، فرمان مورد نظر را به عملگر سیم‌پیچ جرقه می‌دهد. همچنین قاعدهٔ پایش کوبش[۹] در این زیرسامانه قرار دارد.
■ زیرسامانهٔ گازهای خروجی: در این زیرسامانه کمیت‌های فشار و دمای گازهای خروجی محاسبه می‌شود. به علاوه قاعده‌های پایش حلقهٔ بستهٔ رقّت (نسبت جرمی هوا به سوخت)، پایش گازهای آلاینده و گرمایش واکنشگر[۱۰] جزء این زیرسامانه طبقه‌بندی می‌شوند.

■ زیرسامانهٔ عیب‌یابی[۱۱]: یکی از وظایف اصلی رایانهٔ موتور تشخیص عیوب مختلف خصوصاً قطعات سامانهٔ مدیریت موتور است که ممکن است عیب آن از نوع برقی، مکانیکی، خرابی قطعات و ... باشد. این تشخیص با استفاده از راهبردهای نرم‌افزاری مبتنی بر فیزیک هر کدام از قطعات انجام می‌شود. در صورت تشخیص عیب، رایانهٔ موتور اولاً چراغ عیب نمایشگر راننده را روشن می‌کند و ثانیاً راهبردهای جایگزین و اصلاحی اجرا می‌شود.
علاوه بر این تقسیم‌بندی، می‌توان توابع رایانهٔ موتور را بر اساس روند مورد نیاز برای عملیات نگاشت و تنظیم نیز تقسیم‌بندی کرد. در ادامه، پس از معرفی مفهوم نگاشت و ابزارهای آن، این نوع تقسیم‌بندی با ذکر فهرست توابع مهم هر بخش بیان می‌شود.

۳-۶ روش‌های نگاشت و تنظیم

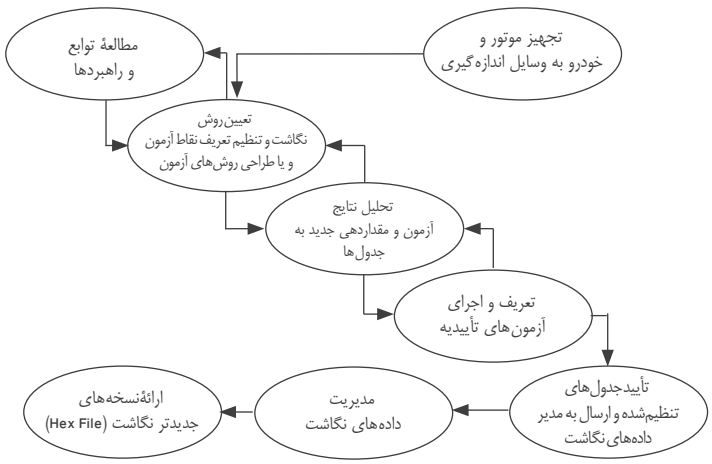
در بسیاری از توابع این نرم‌افزار، علاوه بر متن اصلی برنامه که در بر گیرندهٔ قاعده‌های محاسباتی، مدیریتی و پایشی مختلف است، یک یا چند عدد ثابت یا آرایهٔ یک‌بعدی یا آرایهٔ دوبعدی وجود دارد که اعداد مختلفی در آن‌ها ذخیره می‌شود.
اصولاً در مورد رایانهٔ موتوری خاص، نرم‌افزار ثابت است؛ ولی با تغییر موتور و خودروی مورد نظر یا اهداف مورد نظر، آن‌چه که باید عوض شود، مقادیر اعداد ثابت و آرایه‌های مذکور است. به فرآیند تعیین صحیح این مقادیر، زینه‌بندی یا نگاشت گفته می‌شود. عملیات نگاشت برای هر ترکیب جدید رایانهٔ موتور/ موتور/ خودرو، به صورت کلی یا جزیی باید انجام شود. لیکن در موتور ملی به دلیل آن که بسیاری از توابع جدید برای مدیریت سوخت گاز اضافه شده بودند یا دیگر توابع برای تطابق با سوخت گاز نیاز به اصلاح داشتند، عملاً کار بسیاری نیز در مورد توسعه و پیاده‌سازی و عیب‌یابی و اصلاح نرم‌افزار اجرا شد و کار نگاشت صرفاً به تعیین مقادیر جدول‌ها محدود نشد.
افزایش تعداد متغیرهای مستقل موتور (افزایش قطعات قابل‌تنظیم یا افزایش انواع سوخت‌ها)، توسعه و پیشرفت روش‌های

۱- Torque Structure
۲- Air System
۳- Algorithm
۴- Load
۵- Fuel System
۶- Exhaust System
۷- Purge Valve
۸-Ignition System
۹- Knock
۱۰- Catalyst Heating
۱۱- Diagnostic

نگاشــت را برای افزایــش دقت و کاهش هزینه و زمان، ایجــاب می‌کند. به همین دلیل در ســال‌های اخیر، روش‌های گردآوری داده‌ها در آزمون‌ها (روش‌های برون‌خط[۱]) همواره در حال توسعه بوده‌اند.
اصولاً نگاشت جدول‌ها یا ثوابت در رایانهٔ موتور به یکی از این چهار روش انجام می‌شود:

- به صورت محاسباتی و بر اساس ورودی‌های حاصل از مشخصات هندسی موتور
- به صورت محاسباتی و بر اساس داده‌های گردآوری‌شده در آزمون‌های برون‌خط
- به صورت ســعی و خطا به هنگام آزمون، با این هدف که کمیت الگوسازی‌شــدهٔ مورد نظر به توسط تابع وابستهٔ آن در رایانهٔ موتور، کمترین انحراف را از مقدار اندازه‌گیری‌شــدهٔ حسگرهای آزمایشگاهیِ همان کمیت داشته باشند. این نوع از تنظیمات در نسل جدیدتر رایانهٔ موتورها اضافه شده، که سبب سادگی و دقت همراه با نگاشت شده است.
- به صورت سعی و خطا به هنگام آزمون، به نحوی که شرایط مورد نظر به صورت کمی یا کیفی ارضاء شوند.

دانســتن ایــن که هر یک از جدول‌ها یا ثوابــت با کدام یک از این روش‌ها باید تنظیم شــوند، تقدم و تأخر تنظیمات هر یک از این جدول‌ها، آزمون‌های مورد نیاز، تحلیل‌ها و محاســبات مورد نیاز، اصول دانش نگاشــت رایانهٔ موتور را تشکیل می‌دهند.
در شــکل ۵-۶ روند کلی نگاشت جدول یا دســته‌ای از جدول‌های وابسته که نهایتاً به عنوان بخشی از زنجیرهٔ مدیریت داده‌های نگاشت استفاده می‌شود، ملاحظه می‌شود.

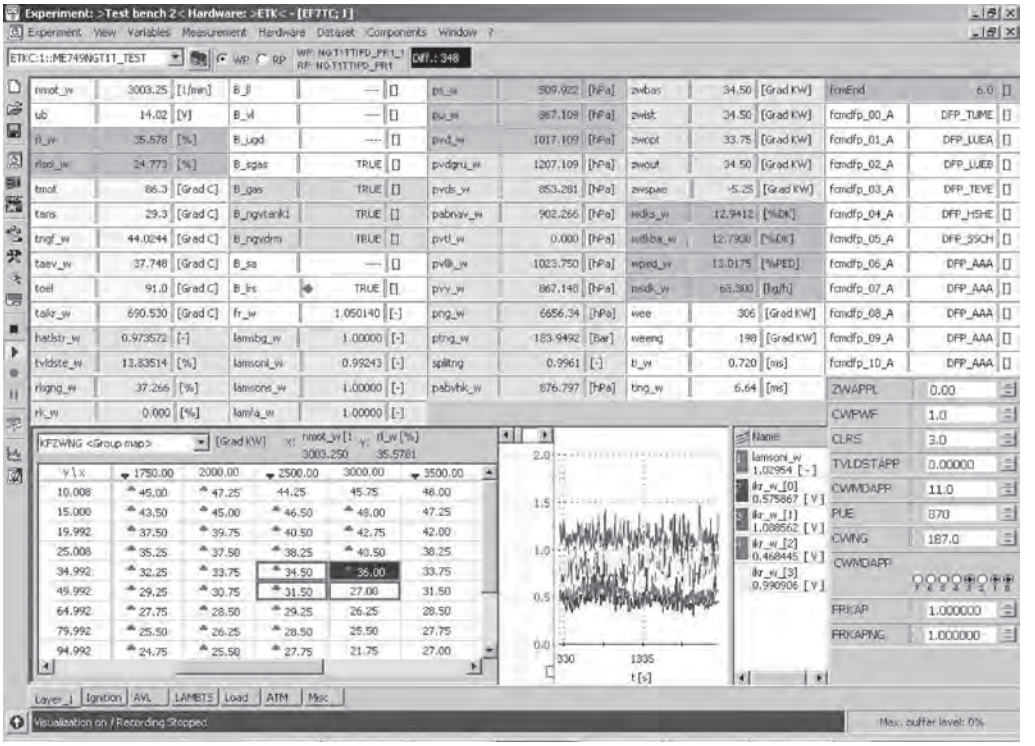


شکل ۵-٦ مراحل کلی اجرای نگاشت جدول‌های رایانهٔ موتور

ابزارهای عملیات نگاشت

برای اجرای هر چه بهتر عملیات نگاشــت نیاز اســت که متغیرهای رایانهٔ موتور در هر لحظه قابل نمایش و ذخیره باشند و ضمنــاً بتــوان مقادیر جدول‌های آن‌ها را بــه صورت لحظه‌ای تغییــر داد. این کار را برنامه‌ای رایانه‌ای، با اســتفاده از سخت‌افزاری که به رایانهٔ موتور متصل می‌شود، انجام می‌دهد.
یکی از متداول‌ترین این برنامه‌ها INCA اســت که علاوه بر امکان اتصال به رایانهٔ موتور، به دیگر ســخت‌افزارها مانند تجهیزات اندازه‌گیری دما، فشار و رقّت می‌تواند متصل باشد.
نرم‌افزار INCA همچنین قادر است به دیگر تجهیزات آزمایشگاهی (مانند نرم‌افزار PUMA مخصوص لگام ترمز موتور) متصل شود تا بدین وسیله امکان اجرای خودکار آزمون‌های نگاشت با امکان تغییر و ذخیره‌سازی متغیرهای رایانهٔ موتور با نرم‌افزار لگام ترمز فراهم شود. در شکل ۶-۶ تصویر نمونه‌ای از محیط این نرم‌افزار ملاحظه می‌شود.

۱- Off-Line



شکل۶-۶ تصویر نمونه‌ای از محیط نرم‌افزار INCA

تجهیزات نگاشت

برای مراحل نگاشت در آزمایشگاه موتور و روی خودرو تجهیزات اندازه‌گیری مختلفی مورد نیاز است:

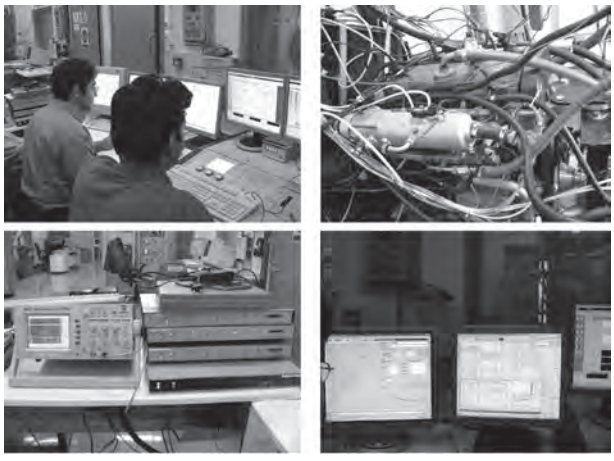
■ تجهیزات نگاشت در آزمایشگاه موتور

این تجهیزات عمدتاً شامل وسایل اندازه‌گیری دما (نقاط مختلف)، فشار (نقاط مختلف)، مصرف سوخت (گاز- بنزین)، مصرف هوا، شار بخارهای روغن، رقّت، آلاینده‌ها، فشار داخل استوانه، کوبش و نیز اندازه‌گیری هرگونه کمیت خاص مورد نظر است.

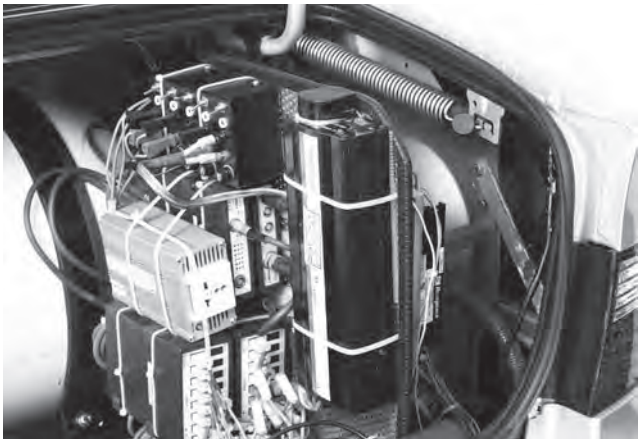
■ تجهیزات نگاشت روی خودرو

این تجهیزات عمدتاً شامل وسایل اندازه‌گیری دما، فشار، رقّت، لوله‌های نمونه‌برداری آلاینده‌ها و نیز برخی وسایل اندازه‌گیری هرگونه کمیت خاص مورد نظر است.

در شکل‌های ۷-۶ و ۸-۶ تصاویر نمونه از تجهیزات به کار رفته برای نگاشت موتور ملی در آزمایشگاه‌های مرکز تحقیقات موتور دیده می‌شود.



شکل ۷-٦ تجهیزات نگاشت در آزمایشگاه مرکز تحقیقات موتور



شکل ۸-٦ تجهیزات نگاشت در خودروهای مرکز تحقیقات موتور

مراحل عملیات نگاشت و تنظیم رایانهٔ موتور

اجرای کامل عملیات نگاشت و تنظیم برای موتور شامل مراحل مختلفی است که در ادامهٔ این بخش، مرور می‌شوند (شامل نکات متعلق به موتور ملی)

تعیین اهداف و نیازمندی‌ها

گام نخست در اجرای عملیات نگاشت و تنظیم، دانستن اهداف طرح است که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از:

- استانداردهٔ آلودگی مورد نظر
- اهداف مصرف سوخت، قدرت و گشتاور
- حداکثر سرعت موتور و خودرو و سرعت دور آرام
- اهداف وابسته به قابلیت رانش (زمان صفر تا صد، میزان حساسیت پاسخ به راننده، میزان ضربهٔ هنگام شتاب‌گیری و تعویض دنده)

■ محدودهٔ شرایط محیطی: حداکثر و حداقل دمای محیط و حداکثر ارتفاع محیط که در اهداف وابسته به کیفیت راه‌اندازی مؤثرند.
■ شرایط و تنوع سوخت‌های مورد نظر

انتخاب فنّاوری‌های مناسب

برای ارضای اهداف مورد نظر، باید کیفیت فنّاوری و سامانه‌های به کار رفته در موتور و خودرو در حد اهداف تعریف‌شده باشـد. با وجود این که اصولاً این کار را در مرحلهٔ طراحی موتور، مهندسـان طراح درنظر می‌گیرند، گروه نگاشت نیز باید بررسی‌های لازم را به عمل آورد و با استفاده از طراحی و اجرای آزمون‌های مناسب، طراحی در نظر گرفته شده را تأیید یا درخواست اصلاح کند تا احیاناً در مقاطع انتهای کار به بن‌بست نخورد.

در مورد فنّاوری‌های مناسب، این مثال‌ها را می‌توان در نظر گرفت:

■ مبدل شیمیایی چسبیده به موتور برای گذراندن استانده‌های آلودگی سخت‌تر
■ به کار گیری حسگر کوبش برای موتورهای با نسبت تراکم بزرگ
■ به کار گیری شمع مناسب از نظر ظرفیت حرارتی و نیز از نظر فاصلهٔ قطب‌ها (دهانهٔ الکترود)
■ به کار گیری حسگر میل‌بادامک برای امکان پاشش سوخت و جرقه‌زنی ترتیبی
■ به کار گیری دریچهٔ برقی گاز

تنظیم و راه‌اندازی اولیهٔ موتور و خودرو

اصولاً پیش از اجرای عملیات اصلی نگاشت نیاز است که موتور برای نخستین‌بار در آزمایشگاه موتور یا روی خودرو روشن شـود. برای به کار گیری موتور در نقاط کاری مختلف برای نخسـتین‌بار (مثلاً برای اجرای آزمون آب‌بندی که پیش از اجرای نگاشت موتور انجام می‌گیرد)، برخی جدول‌های پایه با دقت بیشتری مقداردهی می‌شوند.

بدین منظور در آغاز و پیش از آزمون عملی، تنظیمات انجام می‌گیرد:

■ بررسی، تهیه یا تبدیل دسته‌سیم مناسب برای اتصال همهٔ حسگرها یا عملگرها به رایانهٔ موتور
■ تنظیم جدول‌های تبدیل مقادیر فشـار برق حسـگرها به متغیرهای فیزیکی، خصوصاً حسـگرهای فشار چندراههٔ هوا، دمای آب، زاویهٔ دریچهٔ گاز، اکسیژن، فشار و دمای گاز در حالت گازسوز
■ غیر فعال کردن راهبردهایی که در راه‌اندازی اولیه، لزومی به اجرای آن‌ها نیست، مثل قاعدهٔ پایش سوخت حلقهٔ بسته، پایش کوبش حلقهٔ بسته، پایش دور آرام و تنظیم بخارهای مخزن.
■ جدول پایهٔ پیشرسی جرقه پایه با در نظر گرفتن مقدار گشتاور بیشینه، دمای گاز خروجی و کوبش
■ جدول پایهٔ رقّت با در نظر گرفتن حداقل مصرف سوخت و دمای گازهای خروجی

مدیریت داده‌های نگاشت و تنظیم

یکی از مسـؤولیت‌های حساس در اجرای طرح نگاشت و تنظیم، مدیریت داده‌هاست. معمولاً نگاشت توابع مختلف رایانهٔ موتور به وسیلهٔ بیش از یک نفر (تا چندین نفر) انجام می‌شود. هر یک از این افراد پس از آزمایش‌ها و تحلیل‌های مورد نظـر، خروجـی کار خود را به صورت جدول، ارائه‌می‌دهند. مدیر داده‌ها در مقاطع مختلف کار پس از دریافت تدریجی آن جدول‌ها نسـبت به تهیه، تأیید (روی خودرو یا موتور) و انتشـار جدیدترین نسـخهٔ نگاشـت اقدام می‌کند. در ادامه، همهٔ اعضای گروه کاری موظف به ادامهٔ کار بر اساس آخرین مجموعهٔ داده‌ها هستند.

مراعات این روش به دلیل گستردگی کار و تنوع آزمون‌ها و تنظیمات، تعدد افراد درگیر و نیز زمان طولانی اجرای طرح ضروری است؛ در غیر این صورت، هرج و مرج در داده‌ها و دوباره‌کاری در آزمون‌ها دور از انتظار نیست.

در طول طرح، پرونده‌ای، تهیه می‌شـود و در آن تاریخچهٔ پیشرفت عملیات نگاشت، بر حسب تاریخ، نام همهٔ جدول‌ها و تغییرات آن‌ها، علت تغییر جدول و فرد مسؤول قابل‌ردیابی است.

نگاشت تشخیص بار

بار نسبی موتور یا بازدهٔ تنفسی عبارت است از «جرم هوای خالص موجود در محفظهٔ احتراق پس از پایان مرحلهٔ تنفس»، تقسیم بر «جرم هوایی که در شرایط مرجع (فشار یک اتمسفر و دمای صفر درجهٔ سلسیوس) در حجمی برابر با حجم یک استوانه می‌تواند وجود داشته باشد» و بر حسب درصد بیان می‌شود.

متغیر بار نسبی موتور، یکی از متغیرهای مستقل اصلی برای بسیاری از جدول‌های رایانهٔ موتور است. بنابراین توابع وابسته و نگاشت آن‌ها باید دقت مناسبی داشته باشند. بدین صورت که در شرایط مختلف عملکردی موتور و نیز شرایط آب و هوایی متفاوت، رایانهٔ موتور همواره باید بار نسبی موتور را به‌درستی محاسبه کند. در غیر این صورت اثرات مستقیم آن بر عملکرد موتور و بهینه نبودن مصرف سوخت و آلاینده‌ها مشهود خواهد بود. برای محاسبهٔ بار نسبی موتور عموماً دو روش وجود دارد. یکی روش استفاده از حسگر جریان‌سنج هوا و دیگری روش محاسباتی بر اساس اندازه‌گیری فشار و دمای چندراههٔ ورودی موسوم به روش چگالی سرعت. روش اول علی‌رغم دقت مناسب در حالت غیرگذرا (ماندگار)، هم گرانقیمت است و هم به تمیزی هوای اطراف حسگر حساس است. بنابراین در موتور ملی از روش چگالی سرعت استفاده شده است. ضمن این که با روش دوم به دلیل نزدیک‌تر بودن حسگر به محفظهٔ احتراق دقت خوبی هم در مدیریت حالت‌های گذرای ورودی دریچهٔ گاز وجود خواهد داشت.

در نگاه اولیه، مهم‌ترین کمیت در محاسبهٔ بار نسبی موتور، فشار چندراههٔ هواست که تقریباً با هم متناسب‌اند. لیکن کمیت‌های متعدد دیگری نیز وجود دارند که باید در نظر گرفته شوند، وگرنه راهبرد محاسبهٔ بار نسبی موتور دقت مناسبی نخواهد داشت و در واقع این موارد، پیش‌نیاز نگاشت مناسب برای محاسبهٔ بار نسبی موتوراند. مهم‌ترین مواردی که در این‌باره باید در نظر گرفته شوند، عبارتند از:

- فشار چندراههٔ هوا (اندازه‌گیری با حسگر)
- دمای گاز در نقطهٔ دریچهٔ هوا (انتهای چندراههٔ هوا) (محاسبه با نرم‌افزار)
- فشار چندراههٔ دود (محاسبه با نرم‌افزار)
- دمای گاز در نقطهٔ دریچهٔ دود (ابتدای چندراههٔ دود) (محاسبه با نرم‌افزار)
- جرم گازهای پس‌ماند (محاسبه با نرم‌افزار)
- اثرات تشدید هوای ورودی[۱] که بستگی به ابعاد و اندازه‌های مسیر تنفس و تخلیهٔ گازها (صافی هوا، لوله‌ها، شکل چندراههٔ هوا، دود و میسر تخلیهٔ دود) دارد.
- زمان‌بندی باز و بسته شدن دریچه‌های هوا و دود (با در نظر گرفتن تغییر این زمان‌بندی به دلیل به کار گیری سامانهٔ زمان‌بندی متغیر دریچه‌های هوا در موتور ملی)
- اثر فشار جزیی گاز طبیعی (در حالت سوخت گاز)
- فشار محیط (اندازه‌گیری با حسگر)
- دمای محیط (اندازه‌گیری مستقیم با حسگر)

نگاشت و تنظیم پایه

منظور از نگاشت و تنظیم پایه، عملیاتی است که منجر به تنظیم جدول‌های اصلی می‌شود. این عملیات عموماً در آزمایشگاه موتور روی لگام ترمز انجام می‌شود و در آزمون‌های خودرویی ممکن است بر آن تصحیحاتی اعمال شوند.

برای تنظیم هر جدول، به معیارهایی مانند حداقل مصرف مخصوص سوخت، گشتاور بیشینه، حد دمای قطعات مجرای دود، حد هیدروکربن‌های نسوخته و حد انحراف معیار فشار داخل استوانه توجه می‌شود.

یکی از موارد اصلی نگاشت توابع پایه، نگاشت توابع راهبرد ساختار گشتاور است که شامل دو مسیر پیشخور (تبدیل گشتاور مطلوب به هوا، جرقه و ...) و پسخور (محاسبهٔ گشتاور بر حسب مقدار هوا، جرقه و ...) است. موتور ملی از دریچهٔ برقی گاز بهره می‌گیرد. یعنی فرمان پایی گاز راننده به رایانهٔ موتور می‌رود و رایانهٔ موتور پس از محاسبات لازم

۱- Pulsation Effect

میزان گشــودگی دریچهٔ گاز را تعیین می‌کند. دریچهٔ برقــی گاز مزایای گوناگونی دارد. یکی از مزیت‌های ویژهٔ آن برای موتورهای دوســوخته، هنگام تعویض نوع ســوخت از گاز به بنزین یا بر عکس است. بدین ترتیب که چه پیش و چه پس از تعویض نوع ســوخت، گشــتاور خروجی از موتور برابر است و در نتیجه راننده، تغییر ناگهانی گشتاور و تکان را احساس نمی‌کند، درحالی‌که در موتورهایی با دریچهٔ گاز مکانیکی عملاً این تکان وجود دارد. به هر حال با توجه به وضعیت‌های گوناگون گشــتاور لحظه‌ای تولیدی موتور در حالت‌های گازســوز و بنزین‌سوز، جدول‌ها به طور جداگانه برای گاز و بنزین تنظیم می‌شود.

در ادامه، فهرســت موارد مهم راجع به نگاشــت و تنظیم پایه ملاحظه می‌شــود. در موتور ملی همهٔ عملیات برای هر دو حالت گاز و بنزین به طور جداگانه انجام شده است:

- جدول پایهٔ پیشرسی جرقه
- جدول پایهٔ رقّت برای حفاظت دمایی قطعات
- جدول پایهٔ رقّت برای حالت تمام‌بار
- تصحیح پیشرسی جرقه بر حسب رقّت
- جدول زاویهٔ اتمام پاشش یا مرحلهٔ پاشش که عبارت است از زاویه‌ای بر حسب دور میل‌لنگ که در آن پاشش افشانه‌ها به پایان می‌رسد. بر خلاف تصور اولیه مبنی بر اهمیت نداشتن این متغیر در حالت گازسوز، آزمون‌های عملی نشان داده که این تنظیمات برای گاز و برای بنزین از دو فلســفهٔ متفاوت پیروی می‌کنند. در حالت ســوخت گاز طبیعی، در صورتی که مرحلهٔ پاشــش درســت تنظیم نشود، سبب ناپایداری اختلاط سوخت می‌شــود. لیکن در سوخت بنزین میزان آلایندهٔ هیدورکربن‌های نســوخته کمیت اصلی مورد نظر اســت. ضمن این که در حالت تمام‌بار، گشتاور بیشینه برای هر دو نوع سوخت در نظر گرفته می‌شود، ولی مقدار بازده بهینه برای دو نوع سوخت متفاوت است. به همین دلیل در فرآیند نگاشت و تنظیم موتور ملی، تنظیم جدول‌های مرحلهٔ پاشش به طور جداگانه برای گاز و بنزین انجام شده است.
- جدول تعیین زاویهٔ پیشرسی حد کوبش: سوخت معمولی و سوخت با عدد اکتان ضعیف
- جدول تعیین زاویهٔ پیشرسی کمینه
- جدول بار نسبی کمینه
- محاسبهٔ تلفات اصطکاکی قوای محرکه
- الگوسازی دمای روغن
- محاسبهٔ کمینهٔ مجاز بار نسبی موتور (کاربرد در کاهش آلاینده‌ها و نیز تنظیم فشار تقویت‌کنندهٔ ترمز)
- محاسبهٔ کمینهٔ مجاز پیشرسی جرقه
- تشخیص و تصحیح پیشرسی جرقه برای سوخت با اکتان ضعیف
- محاسبهٔ پیشرسی بیشینهٔ جرقه
- محاسبهٔ جریان واقعی هوای عبوری از دریچهٔ گاز
- نگاشت محاسبهٔ زمان پاشش افشانه‌ها برحسب درصد بار نسبی؛ در واقع بر خلاف رایانهٔ موتورهای قدیمی‌تر که زمان پاشش افشانه‌ها مستقیماً از جدول‌های مربوطه به دست می‌آمدند، در رایانهٔ موتور ملی جریان (دبی) مورد نیاز سوخت با دانستن جریان (دبی) هوای خالص ورودی به موتور (از طریق نگاشت بار نسبی موتور) و دانستن غنای مطلوب سوخت، محاسبه می‌شود. برای این کار نیاز به تعیین ضرایب مشخصهٔ افشانه‌های سوخت (گاز و بنزین) است.
- تعیین غنای مطلوب ســوخت؛ عموماً در موتورهای اشــتعال جرقه‌ای در وضعیت‌های کم‌بار و نیمه‌بار غنای سوخت در وضعیت درست[۱] تنظیم می‌شود. لیکن در وضعیت‌های تمام‌بار و یا سرعت‌های تند از روش غنی‌سوزی برای افزایش توان و نیز کاهش دمای قطعات مجرای دود اســتفاده می‌شود: اگر غنی‌ســوزی نباشد، دماهای بحرانی، از حد مجاز مثلاً ۸۵۰ درجهٔ سلســیوس گرم‌تر می‌شود. از طرفی برای غنی‌سوزی، حد فیزیکی مشخصی وجود دارد. حد فیزیکی اشتعال‌پذیری ســوخت بنزین در حالت غنی‌ســوز برای حدود $\lambda=0.70$ (نسبت اضافه هوا) اســت، ولی در سوخت گاز حدود $\lambda=0.87$

۱ – stoichiometric

است (که البته برحسب ترکیبات مختلف گاز متفاوت است)؛ در نتیجه در حالت سوخت گاز، احتمال عدم احتراق به علت نزدیک شـدن به حد فیزیکی اشتعال‌پذیری به مراتب بیشـتر از بنزین است. در موتور پایه گاز ملی برای کاهش احتمال خطا و افزایش قابلیت اطمینان و دقت، از راه‌حل ویژه‌ای اسـتفاده شـده که در آن به جای اسـتفاده از حسگر اکسیژن دو وضعیتی معمولی پیش از مبدل شـیمیایی، حسـگر اکسیژن خطی به کار می‌رود. بدین ترتیب به جای آن‌که رایانهٔ موتور فقط بداند که سوخت رقیق است یا غنی، مقدار دقیق رقّت قابل تعیین است و در نتیجه خطر عدم اشتعال و خطر افزایش دمای قطعات مجرای دود بیش از حد مجاز، به شدت کاهش می‌یابد.

- تطبیق مقادیر فشار هوا در نقاط مختلف
- تعیین جریان هوای مطلوب دریچهٔ گاز
- محاسبهٔ جریان گازهای خروجی موتور
- محاسبهٔ فشار گازها در قطعات مسیر خروجی
- محاسبهٔ دمای نقاط مختلف مسیر خروجی
- پایش و تنظیم حلقه بستهٔ دمای گازهای مسیر خروجی (برای اجرای این راهبرد دمای قطعات مختلف در رایانهٔ موتور با حل معادلات انتقال حرارت در بخش‌های مختلف مسـیر گازهای خروجی در هر لحظه محاسـبه می‌شوند. جدول‌های ضریـب انتقال حرارت قطعات مختلف، در شـرایط کاری مختلف موتور و سـرعت‌های مختلف خـودرو برای هر یک از سوخت‌های گاز و بنزین تنظیم می‌شود).
- محاسبهٔ دمای حسگرهای اکسیژن
- محاسبهٔ فشار بالادست دریچهٔ گاز
- محاسبهٔ حداکثر گشتاور مجاز تولیدی موتور
- محاسبهٔ گشتاور واقعی
- محاسبهٔ حداقل گشتاور مجاز تولیدی موتور
- محاسبهٔ دمای گاز در دهانهٔ دریچه‌های ورودی
- تعیین نسبت گشتاور با پیشرسی جرقه
- تعیین نسبت گشتاور با رقّت
- تعیین مقادیر مناسـب زمان‌بندی متغیر دریچه‌ها؛ در موتور ملی از سـامانهٔ تنظیم پیوسـتهٔ زمان‌بندی دریچه‌های هوا استفاده شده که پایش و تعیین عدد دقیق زاویهٔ زمان‌بندی را رایانهٔ موتور انجام می‌دهد. نگاشت و تنظیم این راهبرد هم برای دو نوع سـوخت گاز و بنزین به صورت مجزا انجام شـده است. با تنظیم دقیق زمان‌بندی گشودگی دریچه‌ها در هر لحظه، امکان دستیابی به مقدار بهینهٔ گشتاور، مصرف سوخت و آلودگی در هر نقطهٔ کاری موتور هست.
- نگاشت زمان بارگذاری سیم‌پیچ‌های افروزش (یا زمان مکث[۱]؛ که عبارت است از مدت‌زمانی که در هر چرخهٔ احتراقی موتور لازم است که سیم‌پیچ اولیهٔ افروزش پر شود (در حد هزارم ثانیه). در صورتی که این زمان بیشتر از حد مجاز تنظیم شود، باعث آسیب به سیم‌پیچ می‌شود. در صورتی هم که کمتر از حد تنظیم شود، باعث ضعف یا عدم جرقه می‌شود. این مورد در هنگام اسـتفاده از سـوخت گاز بسیار حساس است، زیرا بر خلاف بنزین، طبیعت سوخت گاز طوری است که نیاز به جرقهٔ قوی‌تری وجود دارد تا احتراق کامل انجام شـود. در موتور ملی جدول‌های زمان مکث با در نظر گرفتن سـوخت گاز در چند مرحله و به دقت تنظیم شده است.)
- تعیین جدول‌های تصحیح زاویهٔ پاشـش افشـانه‌ها بر حسـب فشـار برق انباره (به طور مجزا برای افشـانه‌های گاز و بنزین)

۱- Dwell

نگاشت کوبش

یکی از موارد مهم در نگاشت و تنظیم موتورهای جدید که در آن‌ها نسبت تراکم بزرگ است، نگاشت راهبردهای پایش و مدیریت حلقهٔ بستهٔ کوبش است. علت اهمیت این موضوع در این است که در صورتی که این پایش به صورت حلقهٔ بسته انجام نشود، اگر پیشرسی جرقه کمتر از حد باشد، سبب افزایش مصرف مخصوص سوخت و افزایش دمای قطعات مسیر خروجی می‌شود و اگر بیش از حد باشد، سبب بروز کوبش و کاهش عمر قطعات موتور می‌شود.

در رایانهٔ موتور، مداری جداگانه برای پردازش علائم حسگر کوبش تعبیه شده که علائم خام حسگر را پردازش و تبدیل به علائم قابل استفاده برای تشخیص کوبش می‌کند. مراحل پردازش علائم در این قطعه عبارتند از: تقویت، پالایش[۱]، یکسوسازی و انتگرال‌گیری. تعیین بسامد صافی برای مرحلهٔ پالایش علائم بسیار مهمی است، زیرا باید بتوان علائم کوبش و دیگر علائم (نوفه‌های موتور، دریچه‌ها و ...) را از هم تمیز داد.

با وجود این که به طور کلی سوخت گاز بسیار بیشتر از سوخت بنزین نسبت به کوبش مقاوم است، لیکن این مقاومت بستگی به درصد گاز متان موجود در ترکیبات گاز دارد. یعنی در سوخت‌هایی با خلوص متان خیلی زیاد (مانند سوخت شمال خراسان با حدود ۹۹٪ متان) احتمال کوبش خیلی کم است. لیکن در سوخت‌های با درصد متان کم (مانند گاز خوزستان با حدود ۸۳٪ متان) به دلیل درصد بیشتر ترکیبات اتان و پروپان، احتمال کوبش افزایش می‌یابد. به همین دلیل در طرح موتور ملی با در نظر گرفتن گاز خوزستان و دمای گرم‌تر تابستان در آن‌جا (دمای هوای ورودی گرم، تأثیر چشمگیری در بروز کوبش دارد) و نیز با در نظر گرفتن نسبت تراکم حجمی بزرگ موتور (حدود ۱۱)، عملیات نگاشت و تنظیم کامل برای تشخیص و مهار کوبش برای سوخت گاز هم انجام شد.

یکی دیگر از موارد مهم بروز کوبش حالت استفاده از بنزین با عدد اکتان ضعیف است. با توجه به این که خواه‌ناخواه مشتریان خودروهایی نظیر موتور ملی در ایران از این نوع بنزین هم استفاده می‌کنند، در نگاشت موتور ملی ، این موضوع با توجه ویژه‌ای اجرا شده است. حتی در رایانهٔ موتور راهبردی با عنوان تشخیص سوخت بنزین بد وجود دارد که در صورت تشخیص سوختی با عدد اکتان ضعیف، مستقل از راهبرد تنظیم کوبش، مستقیماً جداول پایه اصلاح می‌شود.

نگاشت کوبش کلاً شامل دو مرحلهٔ اساسی تشخیص بروز کوبش و سپس مدیریت پیشرسی جرقه است که شامل مراحل:

- تعیین جدول جرقه با توجه به کیفیت سوخت
- تعیین محل حسگر کوبش
- تعیین بسامد پالایش علائم حسگر
- تعیین پنجرهٔ اندازه‌گیری کوبش
- تعیین آستانه برای در نظر گرفتن کوبش
- تشخیص وجود کوبش
- تعیین شرط فعال‌سازی تنظیم حلقهٔ بستهٔ کوبش
- تنظیم حلقهٔ بستهٔ کوبش ایستا
- محاسبهٔ مقادیر تطبیقی تنظیم کوبش ایستا
- تشخیص کوبش در حالت‌های دینامیکی
- نگاشت و تنظیم کوبش گذرا

نگاشت توابع قابلیت رانندگی

یکی از مهم‌ترین وظایف رایانهٔ موتور، امکان دستیابی به عملکردهای مناسب قبلی راننده است. این بخش در واقع بخش ظاهری عملکرد موتور روی خودرو است و به وسیلهٔ راننده قابل حس و تشخیص است. اصولاً نگاشت و تنظیم این توابع یکی از حساس‌ترین بخش‌های عملیات نگاشت و تنظیم است.

۱- Refinement

در رایانهٔ موتور ملی راهبردهای متعددی در این زمینه وجود دارد. برای این که بتوان در هر دو حالت سوخت گاز طبیعی و بنزین به عملکرد قابل رقابتی با خودروهای روز دنیا دست‌یافت، توجه ویژه‌ای به نگاشت و تنظیم این توابع در حالت‌های مختلف عملکردی شرایط محیطی شده است. در ادامه فهرستی از این توابع ارائه می‌شود، لیکن باید توجه داشت که هر یک از این راهبردها، نکات مخصوص به خود را دارند:

- تعیین گشتاور لحظه‌ای مطلوب از دیدگاه حرکت خودرو
- تفسیر اهرم گاز راننده
- راهبردهای تشخیص و مدیریت شرایط سرعت آرام و تنظیم دور آرام
- مدیریت روشن و خاموش شدن سامانهٔ تهویه
- مدیریت پروانه‌های خنک‌کن
- تعیین شمارهٔ دندهٔ درگیر
- تنظیم لحظه‌ای هوا و جرقه برای بهینه‌سازی عملکرد خودرو در شتاب‌گیری مثبت و منفی
- تعیین لحظه‌ای گشتاور مورد نیاز قطعات جانبی: تهویه، پروانه‌ها، فرمان روغنی
- راهبرد جلوگیری از تغییر ناگهانی شتاب (تکان بی‌نهایت) یا نوسانی‌شدن سرعت خودرو هنگام شتاب‌گیری مثبت و منفی: راحتی سرنشین/حفاظت قطعات در برابر ضربه (با استفاده از تنظیم لحظه‌ای هوا و پیشرسی جرقه)
- مدیریت عملکرد موتور هنگام تعویض دنده
- مدیریت قطع و وصل سوخت در ورود و خروج به وضعیت موتورگردانی[۱] (یعنی حالتی که راننده پای خود را از روی پایی برمی‌دارد و عملاً لختی خودرو باعث گردش موتور می‌شود. در این حالت پاشش سوخت قطع می‌شود و هنگامی که سرعت موتور از حد معینی کمتر شود، مجدداً وصل می‌شود. این قطع، باعث کاهش مصرف سوخت می‌شود، ولی پیامدهایی در زمینهٔ افزایش آلاینده‌ها و نیز تکان نامطلوب خودرو دارد که باید نگاشت و تنظیم مناسب برای حداقل‌کردن این اثرات انجام پذیرد.)
- تنظیم نهایی نسبت پایی با درخواست گشتاور (نگاشت مناسب این تابع بسیار مهم است و باعث افزایش کیفیت رانندگی می‌شود.)
- مدیریت حداکثر سرعت موتور
- مدیریت حداکثر سرعت خودرو
- تنظیم دلخواه سرعت خودرو بر اساس درخواست راننده[۲]

نگاشت و تنظیم آلاینده‌های خروجی

موتور ملی استانداردهٔ آلایندگی Euro 4 را برای هر دو نوع سوخت گاز و بنزین جواب می‌گوید. با توجه به این که رعایت این استاندارد بسیار مشکل، بسیار دقیق و در حد تراز اول جهانی است، طبیعتاً نیاز است که عملیات نگاشت به طور جداگانه برای هر یک از حالت‌های سوخت گاز و بنزین انجام شود. بدین منظور راهبردها و محاسبات بسیاری در رایانهٔ موتور وجود دارد. به علاوه طبق استانداردهای بهتر از Euro 3، سطوح آلایندگی، علاوه بر آن که پس از آزمون مبدل شیمیایی نو، باید گذرانده شوند، پس از پیرشدن مبدل شیمیایی نیز باید گذرانده شوند. حداقل پیمایش خودرو برای مبدل شیمیایی[۳] بر مبنای استانداردهای Euro 3 تا Euro 5 به ترتیب عبارتند از: ۸۰ هزار، ۱۰۰ هزار و ۱۶۰ هزار کیلومتر. طبق استاندارد یکی از روش‌ها برای گذراندن حالت پیر، استفاده از ضریب تبدیل ۱,۲ است که اگر نتایج آزمون با مبدل نو ضرب در این عدد شود، نباید از محدودهٔ استاندارد بیشتر باشد. لیکن در حالت واقعی این ضریب تبدیل لزوماً به معنی ضمانت عملکرد مناسب محدودیت آلاینده‌ها در حالت پیر نیست. بنابراین در موتور ملی به جای روش ضریب تبدیل، از اجرای عملی پیرکردن مبدل شیمیایی استفاده شده است. بدین منظور هم از روش پیمایش چند خودرو به میزان ۱۰۰ هزار کیلومتر استفاده شد و هم از روش‌های شبیه‌سازی چرخهٔ پیرسازی برای هر دو نوع سوخت گاز طبیعی و بنزین.

۱- Over Run Fuel Cut Off ۲- Cruise Control ۳- Catalyst Aging

برخی از راهبردهایی که برای بهینه‌سازی مقادیر آلایندگی باید نگاشت و تنظیم شوند، عبارتند از:

- محاسبهٔ رقّت از طریق حسگر اکسیژن خطی قبل از مبدل
- تحریک نوسانی رقّت برای افزایش بازده تبدیل آلاینده‌ها
- تنظیم حلقهٔ بستهٔ سوخت با حسگر پیش از مبدل
- محاسبهٔ جریان جرمی واقعی گذرنده از شیر تنظیم بخارهای بنزین
- محاسبهٔ مقادیر تنظیم تطبیقی رقّت
- شرط فعال‌سازی محاسبهٔ مقادیر تنظیم تطبیقی رقّت
- محاسبهٔ مقادیر تنظیم تطبیقی نسبت هوا به سوخت در حالت گرم‌شدن
- محاسبهٔ افزایش سرعت آرام برای گرمایش مبدل شیمیایی
- شرط فعال‌سازی تنظیم حلقهٔ بستهٔ رقّت
- تعیین مقدار لحظه‌ای نسبت هوا به سوخت مطلوب
- محاسبهٔ نسبت هوا به سوخت از طریق حسگر اکسیژن بعد از مبدل
- محاسبهٔ درصد ذخیرهٔ گشتاور (یا کاهش پیشرسی جرقه) برای گرمایش مبدل
- محاسبهٔ افزایش سرعت آرام برای گرمایش مبدل
- محاسبهٔ غنای اضافی برای گرمایش مبدل (در صورت لزوم)
- تنظیم حلقهٔ بستهٔ سوخت با حسگر پس از مبدل (تنظیم دقیق پنجرهٔ رقّت)
- محاسبه تطبیقی مقادیر تنظیم بخارهای بنزین
- محاسبهٔ فرمان عملگر تنظیم بخارهای بنزین
- محاسبهٔ جریان جرمی مطلوب گذرنده از شیر تنظیم بخارهای بنزین
- مدیریت قطع و وصل سوخت
- جبران‌سازی سوخت در حالت گذرا برای هر دو حالت شتاب‌گیری مثبت و منفی
- مدیریت گرم‌کن حسگر اکسیژن پیش از مبدل شیمیایی
- مدیریت گرم‌کن حسگر اکسیژن پس از مبدل شیمیایی

در ساختار تعیین‌شده برای موتور ملی علاوه بر حسگر اکسیژن پیش از مبدل شیمیایی از حسگر اکسیژن پس از مبدل هم استفاده شده است. اگر چه وجود این حسگر دوم برای موتورهای تمام‌بنزینی هم برای گذراندن سطح آلایندگی Euro 4 الزامی است، لیکن وجود این حسگر امکان ویژه‌ای برای زینه‌بندی آلایندگی سوخت گاز می‌دهد. نکته این است که در پایش حلقه بستهٔ رقّت، از مفهومی به نام پنجرهٔ رقّت استفاده می‌شود. طبق تعریف، پنجره، محدوده‌ای است که مقدار متوسط رقّت باید داخل آن محدوده باشد تا بازده تبدیل آلاینده‌ها به وسیلهٔ مبدل‌های شیمیایی به حداکثر برسد. طبق تجربه اضافهٔ هوا (لامبدا) باید برای سوخت بنزین حدوداً روی عدد ۰,۹۹۸ و برای سوخت گاز روی ۰,۹۸۵ تنظیم شود. ابزار اصلی استفاده شده در این‌باره، حسگر اکسیژن پس از مبدل شیمیایی است که از علائم آن طبق قاعدهٔ خاصی برای تنظیم دقیق پنجرهٔ اضافه هوا استفاده می‌شود. در صورتی‌که موتور به این حسگر مجهز نباشد، دقت تنظیم پنجرهٔ رقّت کم می‌شود و ممکن است اهداف استاندهٔ آلایندگی ارضاء نشود.

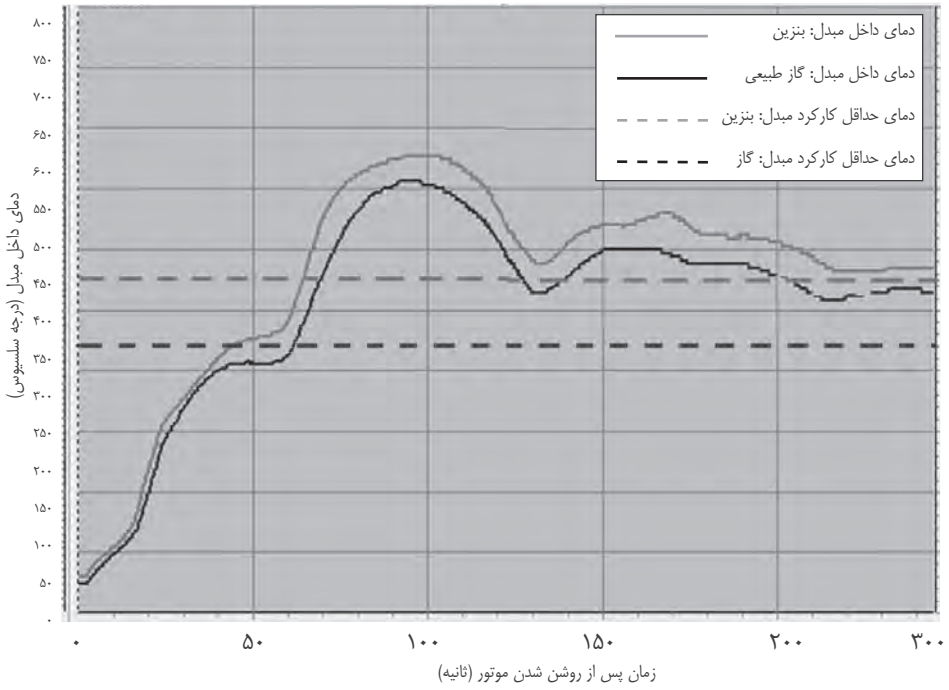
در مورد تنظیم بخارهای مخزن بنزین باید گفت که خودروی EF7 مجهز به سامانهٔ پایش بخارهای مخزن بنزین[۱] است. مقدار جریان بخارهای بنزین به سمت موتور به وسیلهٔ شیر برقی و رایانهٔ موتور پایش می‌شود. در وضعیت گازسوز، این بخارها باز هم وجود دارند و باید به توسط موتور مصرف شوند. بنابراین تنظیمات رایانهٔ موتور طوری انجام شده که این سامانه در حالت گازسوز هم بدون اشکال کار کند.

در مورد گرمایش مبدل شیمیایی باید گفت در صورتی که دمای داخل مبدل شیمیایی کمتر از حد معینی باشد، عملاً مبدل وظیفهٔ تبدیل آلاینده‌ها را انجام نخواهد داد. به دمایی که در آن دما حداقل نیمی از آلاینده‌ها تبدیل می‌شود، دمای

۱- Canister

فعال‌شـــدن مبدل[۱] گفته می‌شـــود. بنابراین هر قدر رسیدن به این دما سریع‌تر باشد، کار تبدیل آلاینده‌ها بهتر خواهد بود. یکی از تفاوت‌های ســـوخت گاز و بنزین اختلاف دمای روشـــن شدن مبدل بین این دو سوخت است. در موتور ملی دمای واکنشـــگر گرم برای ســـوخت بنزین حدود ۳۵۰ درجهٔ سلســـیوس و برای ســـوخت گاز حدود ۴۵۰ درجهٔ سلسیوس است. همین اختلاف، کار تبدیل گازهای آلاینده در ســـوخت گاز را نســـبت به سوخت بنزین دشوارتر می‌کند. رایانهٔ موتور پس از نگاشـــت مناسب شبیه‌ســـازی، دمای قطعات مسیر خروجی (شامل مبدل شیمیایی)، دمای داخل مبدل را در هر لحظه به دســـت می‌آورد و با مقادیر مذکور مقایســـه می‌کند و پس از رســـیدن دمای مبدل به دمای مطلوب، اجرای راهبردهای گرمایش مبدل را متوقف می‌کند.

در شکل ۹-۶ نمودار گرمایش مبدل شیمیایی در موتور ملی با سوخت‌های گاز و بنزین ملاحظه می‌شود.



شکل ۹-۶ نمودار گرمایش مبدل شیمیایی در موتور ملی

نگاشت و تنظیم راه‌اندازی

نگاشـــت و تنظیم راه‌اندازی[۲] عبارت اســـت از مدیریت هوا، ســـوخت و جرقه در مرحلهٔ راه‌اندازی و لحظاتی پس از روشن شدن.

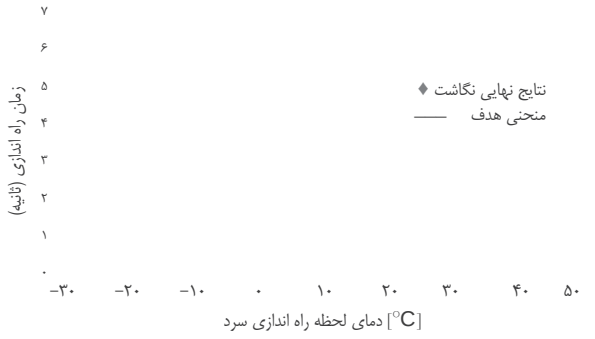
مهم‌ترین مواردی که در نگاشت و تنظیم توابع راه‌اندازی در نظر گرفته می‌شوند، عبارتند از:

- اطمینان از روشن شدن و روشن ماندن موتور
- حداقل زمان راه‌اندازی (زمان از دور موتور صفر تا مثلاً ۷۰۰ دور در دقیقه)
- حداقل میزان آلاینده‌ها (در موتورهایی که اســـتانداردِ آلایندگی Euro 3 یا بهتر را دارند؛ این مورد بســـیار مهم است، زیرا بر خلاف اســـتانده‌های ضعیف‌تر از Euro 3 که در آن‌ها اندازه‌گیری آلاینده‌ها۴۰ ثانیه پس از راه‌اندازی شـــروع می‌شود، در استانده‌های بهتر، آلاینده‌ها درست از همان لحظهٔ راه‌اندازی اندازه‌گیری می‌شود.)

۱- Catalyst Light Off
۲- Start

■ رفتار مناسب دور موتور (افزایش تا یک حداکثر دور مناسب و سپس کاهش تدریجی با میزان مناسب) به نحوی که احساس خوبی از عملکرد موتور به راننده القاء کند.
■ رفتار مناسب رقّت

برای موتورهای ملی نگاشت و تنظیم توابع راه‌اندازی در حالت‌های مختلف و متعدد برای راه‌اندازی با سوخت‌های گاز و بنزین اجرا شده است، مانند:
■ شرایط مختلف دمای موتور (سرد- گرم)
■ شرایط مختلف محیطی (ارتفاع- دما)
■ ترکیبات مختلف سوخت (فشار بخارهای مختلف)
برخی از توابعی که در مورد نگاشت راه‌اندازی وجود دارند، عبارتند از:
■ تشخیص شرایط راه‌اندازی
■ مدیریت تزریق سوخت در لحظات پیش از روشن شدن
■ مدیریت تزریق سوخت در لحظات پس از روشن شدن و گرم شدن
■ محاسبهٔ جریان هوای مطلوب برای راه‌اندازی
■ تعیین زاویهٔ پیشرسی جرقه در راه‌اندازی
■ تعیین لحظه‌ای زاویهٔ پیشرسی جرقه پس از راه‌اندازی
■ تنظیم رقّت متعلق به توابع راه‌اندازی، پس از راه‌اندازی و گرم‌شدن موتور
در شکل ۱۰-۶ نتایج زمان‌های راه‌اندازی سرد پس از نگاشت راه‌اندازی موتور ملی تنفس طبیعی و مقایسهٔ آن با اهداف طرح، مشاهده می‌شود:



شکل ۱۰-۶ نتایج آزمون‌های راه‌اندازی سرد موتور ملی تنفس طبیعی

یکی دیگر از مواردی که در نگاشت راه‌اندازی در نظر گرفته می‌شود طول مدت زمان سپری‌شده از راه‌اندازی قبلی است. در حالتی که موتور روشن می‌شود و پس از مدت کمی خاموش بودن، مجدداً بخواهیم روشن شود، اصطلاحاً راه‌اندازی مجدد[1] گفته می‌شود. در صورتی که رایانهٔ موتور این حالت را به درستی تشخیص ندهد، ممکن است اشتباهی سوخت زیادی در لحظات اول راه‌اندازی تزریق‌کند و باعث خفگی و عدم راه‌اندازی مناسب شود. با توجه به وجود اطلاعات حسگر دمای محیط، رایانهٔ موتور ملی می‌تواند بر اساس محاسبهٔ رفتار انتقال حرارت و خنک شدن موتور، مدت زمان خاموش بودن موتور را تخمین‌زند و در نتیجه مدیریت تزریق سوخت، هوا و جرقه به مراتب بهتر از سایر خودروها شود.

۱- Restart

ارزیابی عملکردی قطعات و سامانه‌ها

یکـی از وظایف اصلی در فرآیند نگاشـت، ارزیابی و تأیید عملکرد قطعاتی از موتور اسـت کـه بر عملکرد موتور مؤثرند. اصولاً این قطعات در مرحلهٔ طراحی موتور انتخاب می‌شوند. پس از رسیدن به مرحلهٔ نگاشت، در مورد هر یک از قطعات آزمون‌های ویژه‌ای اجرا می‌شـود تا صحت طراحی انجام‌شـده تأیید شـود و در صورت رد شـدن، گروه طراحی، طرح را اصلاح کند و مجدداً آزمون‌های تأییدیهٔ عملکردی به وسـیلهٔ گروه نگاشت انجام شود. در فهرست، برخی از موارد مهمی که در فرآیند نگاشت موتورهای ملی اجرا شده، ملاحظه می‌شود:

- انتخاب ارزیابی ظرفیت افشانه‌های گاز طبیعی
- انتخاب ارزیابی ظرفیت افشانه‌های گاز بنزین
- ارزیابی ظرفیت تلمبهٔ بنزین
- ارزیابی عملکرد شمع‌ها: تأیید ظرفیت حرارتی – فاصلهٔ هوایی (بین دو قطب شمع)
- تعیین کمیت‌های موتور در حالت دور آرام: انتخاب دور آرام بهینه
- ارزیابی مناسب بودن موقعیت حسگرهای اکسیژن
- ارزیابی طراحی سامانهٔ تنظیم بخارهای بنزین: ظرفیت مخزن و ظرفیت شیر موقعیت ورودی به چندراهه

سفر – آزمون‌های فصلی

یکی از مراحل هر عملیات نگاشت و تنظیم، سفر– آزمون‌های فصلی است که دو هدف را دنبال می‌کنند:

- ارزیابی عملکرد موتور و خودرو بر اساس آخرین نگاشت انجام‌شده در شرایط سخت
- نگاشت جدول توابعی که نیاز به آزمون در شرایط آب و هوایی خیلی سرد یا خیلی گرم دارند.

این آزمون‌ها شامل موارد:

- سفر – آزمون‌های زمستانی
- سفر – آزمون‌های تابستانی در حداقل ارتفاع (سطح دریا)
- سفر – آزمون‌های تابستانی در حداکثر ارتفاع (مناطق کوهستانی)

در هر طرح نگاشت و تنظیم حداقل یک سفر – آزمون زمستانی و یک سفر – آزمون تابستانی انجام می‌شود، ولی برای طرح موتور ملی تعداد این سـفر– آزمون‌ها به مراتب بیشـتر بود که علت اصلی این تفاوت با دیگر محصولات را می‌توان در کیفیت برتر محصول تعریف‌شده دانست. یعنی با تعریف محصول به عنوان موتور پایه گازسوز از یک سو و نیز تعریف استانداردِ آلایندگی Euro 4 هم برای سوخت گاز طبیعی و هم برای سوخت بنزین و همراه با اهداف سخت‌گیرانهٔ قدرت موتور و قابلیت رانندگی، نیاز به سفر– آزمون‌های فصلی به مراتب بیشتری نسبت به موتورهای رده ضعیف‌تر بود. ضمن این که کشور ایران (فلات ایران) خصوصیات منحصربه فردی به لحاظ تفاوت‌های اقلیمی دارد. یعنی در عین حال که در برخی شهرها دمای خنک‌تر از ۳۰– درجهٔ سلسیوس محتمل است، در برخی شهرهای دیگر دمای هوا گرم‌تر از ۵۵ درجهٔ سلسیوس می‌شود. به همین نسبت علاوه بر مناطقی با ارتفاعی در سطح دریا، شهرها و جاده‌های مرتفع فراوانی نیز وجود دارد. مثلاً در ایران برخی بزرگراه‌های اصلی وجود دارد که در مسـیری بیش از ۵۰ کیلومتر، خودرو دائماً در ارتفاع ۲۵۰۰ متر قرار دارد. یا جاده‌هایی وجود دارد که علاوه بر قرار گرفتن در مناطق گرم، شیب جاده چشمگیر و در عین حال طول مسـیر شیبدار بسیار زیاد است. چنین مناطقی در سـایر نقاط دنیا عملاً غیر از مناطق کم‌جمعیت و توسعه‌نیافته (همچون فلات تبت و پامیر) کمتر ملاحظه می‌شود. مثلاً در بسیاری از کشورهای اروپایی یا شرق آسیا، عملاً تنوع دمایی و ارتفاعی مناطق، بسیار کمتر از ایران است. بنابراین دور از انتظار نیست که خودروهایی که صرفاً با مسؤولیت شرکت‌های وابسته به آن کشورها نگاشت و تنظیم می‌شوند، بسیاری از نکاتی را که در نگاشت و تنظیم موتورهای ملی در نظر گرفته شده، رعایت نکرده باشند. به هر حال برای موتورهای ملی الزامات چنین تنوع شرایط اقلیمی، با توجه به دانش، تجربه و مهارت کارشناسان مرکز تحقیقات موتور، به خوبی در نظر گرفته شده است.

برای موتور ملی سـفر- آزمون‌های فصلی انجام گرفت که در هرکدام از آن‌ها موارد جدیدی از عملیات نگاشـت اجرا شد یا عملکرد نگاشت و تنظیم‌های قبلی، بررسی و تأیید شد:

- آزمون‌های زمستانی- شمال سوئد- سال ۱۳۸۴- به مدت سه هفته
- آزمون‌های تابستانی منطقهٔ مرتفع- مرکز ایتالیا - سال ۱۳۸۵- به مدت یک هفته
- آزمون‌های تابستانی منطقهٔ گرم سطح دریا- جنوب ایتالیا - سال ۱۳۸۵- به مدت دو هفته
- آزمون‌های تابسـتانی منطقهٔ مرتفع و سـطح دریا- چهارمحال و بختیاری، خوزستان و لرستان- سال ۱۳۸۵- به مدت ۱۰ روز
- آزمون‌های زمستانی منطقهٔ مرتفع- منطقهٔ دیزین در تهران- سال ۱۳۸۵- به مدت دو هفته
- آزمون‌های زمستانی ارتفاع سطح دریا و مرتفع- مازندران، گیلان و اردبیل- سال ۱۳۸۵- به مدت یک هفته
- آزمون‌های ارزیابی عملکرد نگاشت- پیمایش دور ایران به مسافت ۵۰۰۰ کیلومتر- سال۱۳۸۶- به مدت ۸ روز

۶-۴ موارد اختصاصی نگاشت موتور پایه گازسوز

در این بخش مواردی که در نگاشـت و تنظیم رایانهٔ موتور ملی به طور خاص و به دلیل پایه گازسـوز بودن این موتور در نظر گرفته شـده، بررسـی می‌شود. در این موتور سوخت گاز طبیعی فشرده به عنوان سوخت اصلی و سوخت بنزین به عنوان سوخت دوم در نظر گرفته شده است.

بحث تولید خودروهای گازسـوز از چند سـال پیش در ایران آغاز شد. در این سال‌ها تبدیل خودروها به دو صورت تبدیل کارگاهـی خودروهای در اختیار مردم[۱] و تبدیل کارخانه‌ای[۲] بوده اسـت. در واقـع روش کارخانه‌ای در اصل همان روش کارگاهی است که روی خودروهای صفرکیلومتر اعمال می‌شود. تشابه این دو روش این است که هم در طراحی و هم در تولید خودروها بر اساس حالت بنزینی انجام می‌شود و برای تبدیل آن‌ها به خودروی گازسوز از اجزای اغلب گران‌قیمتی اسـتفاده می‌شـود که با وجود هزینهٔ گران به دلیل محدودیت عدم در نظر گرفتن سوخت گاز از ابتدای طراحی، عملکرد ضعیف و محدودی از خود ارائه‌می‌دهند. در مقابل، حالتی وجود دارد که در آن از ابتدای مرحلهٔ طراحی، هر دو نوع سوخت گاز و بنزین برای عملکرد مناسب در همهٔ شرایط کاری محتمل در نظر گرفته شده باشد. به جرأت می‌توان گفت که به دلیل جدید بودن بحث تولید انبوه کارخانه‌ای خودروهای گازسـوز، این روش برای نخستین‌بار در جهان برای موتور ملی پایه گازسوز ایران‌خودرو به کار گرفته شده است. تفاوت‌های متعددی در این دو نوع محصول وجود دارد که باید به طور عمده در دو بخش «اجزای اصلی موتور» و «سامانهٔ سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مدیریت هوشمند موتور» جستجو شود.

رایانهٔ موتور

در موتور ملی پایه گازسـوز، فقط از یک رایانهٔ موتور اسـتفاده می‌شـود، که همهٔ ورودی‌ها (حسـگرها) و خروجی‌های (عملگرهای) مورد نیاز را پشتیبانی می‌کند. این رایانهٔ موتور شامل قواعد قوی پایشی و مدیریتی کمیت‌های مختلف است که در آن هیچ حالت برتری برای سـوخت بنزین وجود ندارد. بلکه سـه نوع قاعده به صورت قواعد اختصاصی گاز، قواعد اختصاصی بنزین و قواعد مشـترک وجود دارد که انواع و اقسـام متغیرهای ورودی و خروجی آن‌ها با یکدیگر رد و بدل می‌شـوند. در صورتی‌که در سامانه‌های تبدیل کارگاهی، رایانهٔ دوم موتور نصب می‌شود که فقط تصحیح محدودی روی برخی متغیرهای رایانهٔ موتور اصلی (بنزین) اعمال می‌کند.

ورودی‌ها (حسگرها)

- کلید انتخاب سوخت به توسط راننده: در روی پیشخوان، کلیدی (از نوع فشاری) تعبیه شده که راننده با یک بار فشردن آن، حالت بنزین را انتخاب می‌کند و با فشردن دوباره به سوخت گاز برمی‌گردد. ویژگی مهم کلید این است که در هر بار

۱- After Market
۲- OEM(Original Equipment Manufacturing)
۳- CNG(Compressed Natural Gas)

روشـن‌کردن موتور، همیشه موتور روی سوخت گاز می‌رود (مگر این که راننده آگاهانه سوخت بنزین را انتخاب کند). در این صورت حتی اگر آخرین بار خودرو روی سوخت بنزین حرکت کرده باشد، در مرتبهٔ بعدی فراموش‌کند که نوع سوخت را تعیین کند، به طور خودکار سوخت گاز طبیعی[۱] استفاده می‌شود.

■ حسـگر سـطح مخزن بنزین (مخزن): در رایانهٔ موتور ملی پایه گازسوز، علائم حسگر سطح مخزن بنزین مستقیماً به رایانهٔ موتور می‌رود. در حالتی که راننده سـوخت بنزین را انتخاب کرده، ولی بنزین مخزن رو به اتمام اسـت، رایانهٔ موتور از این علائم برای اجرای خودکار تبدیل از بنزین به گاز استفاده می‌کند. در حالتی که موتور روی گاز کارمی‌کند و سطح بنزین کم اسـت، اگر راننده سـوخت بنزین را انتخاب کند، رایانهٔ موتور از تبدیل به بنزین خودداری می‌کند و چراغ سـبز رنگ گاز طبیعی در صفحهٔ نمایشگر همچنان سوخت گاز را نمایش می‌دهد. به علاوه علائم مورد نیاز برای نمایش بنزین در صفحهٔ نمایشگر به راننده، بر اساس علائم ورودی به توسط رایانهٔ موتور مجدداً بازسازی و ارسال می‌شود.

■ حسگر فشار مخزن گاز و حسگر دمای محیط: با ترکیب این دو حسگر و با دانستن حجم مخزن گاز، رایانهٔ موتور جرم گاز موجود در مخزن را به صورت لحظه‌ای محاسبه می‌کند. مقدار این جرم برای کاربرد در تشخیص خودکار نشتی گاز و نیز ارسال شاخص جرم موجود به نمایشگر جلوی راننده استفاده می‌شود. حسگر دمای محیط زیر آینه، سمت راست و در بیرون خودرو نصب می‌شود. در واقع با استفاده از اطلاعات این حسگر، رایانهٔ موتور بر اساس قاعدهٔ شبیه‌سازی، دمای مخزن گاز را تخمین می‌زند.

■ حسـگر فشـار و دمای چندراههٔ گاز: با اسـتفاده از اطلاعات این حسگرها فرمان پاشـش سوخت، به صورت لحظه‌ای تصحیح می‌شـود. به علاوه در صورتی که دما یا فشـار گاز خارج از محدودهٔ مجاز باشـد (مثلاً دمای کمتر از ۴۰- درجهٔ سلسـیوس)، رایانهٔ موتور تصمیم به تعویض نوع سـوخت می‌گیرد (ویژگی حفاظتی). همچنین این حسگرها کاربرد ویژه در تشخیص خودکار نشتی گاز دارند.

خروجی‌ها (عملگرها)

■ افشانه‌های گاز و بنزین: در حالت کلی در صورتی که سوخت گاز یا بنزین را راننده (یا سامانه) انتخاب کرده باشد، فقط افشـانه‌های گاز یا فقط افشـانه‌های بنزین کار می‌کنند. لیکن در حالت گذرای تبدیل گاز به بنزین یا بنزین به گاز برای مدت چند ثانیه هر دو افشانه با هم کار می‌کنند.

■ تلمبهٔ بنزین: در خودروهای تبدیل کارگاهی همواره مسـالهٔ کار کردن یا کار نکردن تلمبهٔ بنزین هنگام کارکرد دائمی با سـوخت گاز مطرح بوده اسـت. در صورتی‌که تلمبهٔ بنزین همواره خاموش باشـد و موتور برای مدت طولانی کار کند، احتمال انسـداد تبخیری (تبخیر بنزین داخل مجاری) وجود دارد که خطر عدم‌موفقیت تبدیل سـوخت بنزین را به گاز در لحظهٔ مورد نظر راننده در بر دارد. در صورتی‌که همواره تلمبهٔ بنزین روشـن باشـد، عملاً عمر تلمبه کاهش پیدا می‌کند، خصوصاً در حالتی که بنزین داخل مخرن وجود نداشته باشد (یا اصطلاحاً تلمبه خشک کار کند که احتمال سوختن تلمبه وجود دارد). ضمناً روشن بودن بیش از حد تلمبه باعث افزایش تبخیر سوخت مخزن بنزین می‌شود. در سامانهٔ موتور ملی پایه گازسوز، راهبرد روشن و خاموش شدن دوره‌ای تلمبهٔ بنزین در نظر گرفته شده که در حالت کارکرد روی گاز، تلمبهٔ بنزین پس از چند دقیقه خاموش بودن به مدت چند ثانیه روشن و دوباره خاموش می‌شود.

■ شـیر برقی مخزن گاز و شـیر برقی فشارشکن گاز: در سامانهٔ موتور ملی پایه گازسوز، دو دستگاه شیر برقی، یکی روی شـیر مخزن گاز (بلافاصله پس از مخرن) و دیگری روی فشارشـکن نصب شـده که هرکدام، جداگانه فرمان قطع و وصل از رایانهٔ موتور دریافت می‌کنند. یکی از کاربردهای اصلی این قطعات امکان اجرای راهبردهای نشتی‌یابی مختلف است.

■ چراغ نمایشگرگاز طبیعی: روی صفحهٔ نمایشگر راننده، چراغی سبز رنگ به شکلCNG تعبیه شده که از رایانهٔ موتور فرمان می‌گیرد و نوع سوخت استفاده‌شده را نشان می‌دهد.

۱- CNG(Compressed Natural Gas)

راهبردهای نرم‌افزاری مدیریت هوشمند انتخاب گاز و بنزین

■ راهبرد پاشش همزمان گاز و بنزین: یکی از راهبردهای مهم سامانهٔ مدیریت سوخت موتور ملی پایه گازسوز، پاشش همزمان گاز و بنزین است. بدین معنی که در برخی مواقع هم گاز و هم بنزین تزریق می‌شود. وجود حسگر اکسیژن خطی، در تضمین احتراق مناسب در تمامی شرایط کاری موتور در حالت تبدیل سوخت، اثر مهمی دارد. هنگام تبدیل نوع سوخت از گاز به بنزین یا بر عکس، برای تبدیل ملایم سوخت و بدون هرگونه ناپیوستگی، پاشش سوخت انتخابی قبلی به تدریج کم می‌شود و سوخت جدید به تدریج و به همان نسبت افزایش می‌یابد. در نتیجه، فرآیند کامل تبدیل سوخت مثلاً در مدت ۱۰ ثانیه به اجرا می‌رسد.

■ راهبرد مصرف کامل سوخت گاز مخزن: هنگامی که فشار گاز به کمتر از ۷ بار می‌رسد، به جای آن که نوع سوخت به طور کامل سوخت بنزین انتخاب شود، از راهبردی استفاده می‌شود که بر اساس آن در حالت‌های بار کم و بار میانی سوخت کاملاً گاز است، ولی در حالت بار زیاد سوخت بنزین انتخاب می‌شود. در صورت کاهش بار مجدداً سوخت گاز انتخاب می‌شود. علت این تبدیل متعدد نوع سوخت این است که این عمل دائماً ادامه پیدا می‌کند تا این که گاز موجود در مخزن به مقدار حداقل تعیین شده برسد و در نتیجه پیمایش بیشتری با گاز داشته باشیم. بدین وسیله می‌توان عملاً پیمایش با یک بار سوخت‌گیری مخزن گاز را افزایش داد. روش کار بدین صورت است که در حالتی که فشار مخزن کمتر از ۷ بار شود، فشار بعد از فشارشکن هم برابر با آن کاهش می‌یابد. در این صورت زمان پاشش گاز افشانه‌ها به نسبت کاهش فشار چندراهه افزایش می‌یابد. این کار تا هنگامی ادامه پیدا می‌کند که زاویهٔ پاشش افشانه‌های گاز به دو دور دوران میل‌لنگ برسد. در این هنگام است که سوخت بنزین به طور قطعی وارد عمل می‌شود. مثلاً در رانندگی عادی ممکن است تعداد این تبدیل‌ها به حدود ۱۰۰ مرتبه برسد و در تمامی دفعات، این تبدیل‌ها، راهبرد پاشش همزمان گاز و بنزین اجرا می‌شود. چراغ نمایشگر گاز طبیعی، در همان نخستین مرتبهٔ این نوع تبدیل سوخت، خاموش می‌شود و در هنگام این دفعات تبدیل گاز و بنزین، چراغ نمایشگر همواره خاموش می‌ماند.

■ راهبرد تعیین ضریب کیفیت گاز: بر خلاف سوخت بنزین، ترکیب عناصر موجود در سوخت گاز موجود در مناطق مختلف کشور (یا جهان) مختلف است. (به عنوان مثال درصد گاز نیتروژن در شبکهٔ استان‌های هرمزگان و کرمان حدود ۶ درصد، ولی در استان‌های مازندران و یا خورستان حداکثر تا ۰٫۱ درصد است). در سامانهٔ موتور ملی، با استفاده از نوعی قاعدهٔ تطبیقی، متغیری به نام کیفیت سوخت محاسبه می‌شود و در حافظهٔ غیرفرار رایانهٔ موتور ذخیره می‌شود. این مقدار پس از به روزآوری در مسیر محاسباتی تعیین زمان پاشش افشانه‌ها استفاده می‌شود.

■ راهبرد تشخیص خودکار نشتی قطعات و سامانهٔ گازرسانی: در کنار قواعد عیب‌یابی خودکار برای عیب‌یابی قطعات برقی، قواعدی برای تشخیص عیوب نشتی گاز در حالت‌های مختلف وجود دارد. در صورت کشف نشتی، چراغ عیب در صفحهٔ نمایش روشن می‌شود و راننده فرصت کافی برای واکنش و رفع عیب خواهد داشت. تشخیص نشتی به دو صورت نشتی کم و نشتی زیاد و در سه وضعیت کارکرد با سوخت گاز، کارکرد با سوخت بنزین و نشتی‌یابی پس از خاموش‌کردن خودرو (و پیش از خاموش شدن رایانهٔ موتور) انجام می‌شود.

■ تشخیص نشتی کم در حالت کارکرد با گاز: روش تشخیص این نشتی با استفاده از این مفهوم است که تغییرات جرم گاز موجود در مخزن عملاً باید با گاز پاشیده‌شده به توسط افشانه‌ها برابر باشد. در غیر این صورت نشانگر وجود نشتی در سامانه است. روش کار به این صورت است که در حالت کارکرد با گاز در دوره‌های زمانی محاسباتی، مقایسه‌ای بین دو مقدار صورت می‌گیرد:

– انتگرال جرم گاز پاشیده‌شده از افشانه‌های گاز (که با استفاده از زمان لحظه‌ای پاشش افشانه‌ها و نیز مشخصهٔ افشانه قابل تعیین است).

– جرم گاز موجود در مخزن و مجاری در زمان شروع دورهٔ محاسباتی، منهای جرم موجود در مخزن و لوله‌ها در انتهای دورهٔ زمانی

در انتهای هر دوره دو مقدار مذکور با هم مقایسه می‌شوند و اگر خطای این مقایسه بیش از حد معینی باشد، پیغام خطا

رایانهٔ موتور را فعال‌می‌کند و چراغ عیب روشن می‌شود. در این حالت، سامانه به حالت بنزین تبدیل می‌شود، ولی پس از خاموش‌کردن موتور و روشن‌کردن مجدد آن، دوباره سامانه به حالت گاز می‌رود و مقایسه و اجرای این راهبرد، مجدداً انجام می‌شود. علت اجازهٔ کار مجدد روی حالت گاز، ریز بودن نشتی است.

■ تشخیص نشتی زیاد در حالت کارکرد با گاز: در عمل ممکن است حالت‌هایی پیش بیاید که مثلاً به دلیل بریده شدن لولهٔ فشار قوی (بر اثر تصادف) نشتی شدیدی پدید آید. در این حالت با استفاده از اطلاعات حسگر فشار گاز مخزن (که در قسمت فشار قوی فشارشکن گاز نصب است) می‌توان حالتی را تشخیص داد که فشار با میزانی غیرمعقول کاهش یابد. به محض تشخیص این حالت، رایانهٔ موتور فرمان بسته شدن شیرهای برقی مخزن و فشارشکن را می‌دهد و خودبه خود نوع سوخت را به بنزین تبدیل می‌کند. به علاوه چراغ عیب روشن می‌شود و چراغ نمایشگرCNG روی پیشخوان خاموش می‌شود. پس از خاموش‌کردن موتور و با بازکردن تبدیل به توسط راننده، شیرهای مخزن و فشارشکن برای لحظهٔ کوتاهی باز و سپس بسته می‌شوند تا آزمون افت فشار مسیر فشار قوی مجدداً انجام شود. در صورتی‌که این بار خطایی تشخیص داده نشود (مثلاً پس از تعمیر)، موتور مجدداً اجازهٔ کار روی حالت گازسوز را پیدا می‌کند. البته این آزمون نشت‌یابی در هر بار بازکردن کلید راه‌اندازی، مستقل از این که در دفعهٔ قبلی نشتی وجود داشته یا نه، به توسط راننده انجام می‌شود.

■ تشخیص نشتی کم در حالت کارکرد با بنزین یا پس از خاموش‌کردن موتور: در این حالت به دلیل این که مصرف سوخت در افشانه‌های گاز وجود ندارد و شیرهای برقی گاز هم بسته‌اند، رایانهٔ موتور در فواصل زمانی معین جرم گاز موجود در چندراههٔ گاز و لولهٔ کم‌فشار را محاسبه می‌کند. درصورتی‌که اختلاف این دو جرم محاسبه شده از حد معینی (شامل نشتی مجاز افشانه‌های گاز طبق استانده‌های موجود) بیشتر باشد، خطای نشتی تشخیص داده می‌شود.

■ تشخیص نشتی در حالت کارکرد با بنزین یا پس از خاموش‌کردن موتور: این حالت دربارهٔ تشخیص نشتی زیاد در قسمت کم‌فشار (پس از فشارشکن) است و در صورتی که میزان کاهش فشار گاز داخل چندراههٔ گاز از حد معینی بیشتر باشد، رایانهٔ موتور تشخیص نشتی زیاد در قسمت کم فشار می‌دهد و خطا اعلام می‌شود.

■ ثبت پیمایش و تعداد دفعات کارکرد با گاز: در سامانهٔ موتور ملی این امکان وجود دارد که مجموع پیمایش با سوخت گاز، مجموع پیمایش با سوخت بنزین و نیز تعداد دفعات کارکرد با سوخت گاز در حافظهٔ رایانهٔ موتور ثبت شود. این مقادیر را دستگاه عیب‌یاب در تعمیرگاه‌ها می‌تواند بخواند و از آن برای کمک به تعمیرکار و نیز برای آمارگیری (مورد نیاز سازمان‌های مختلف) استفاده شود.

155.5°
B
18° (3x)
C
E
0.1 B A C
Ø6.2 H12 thru
C
(114°) sensor position
C
E
R113.12
A
120° (3x)
60° (4x)
D
A
100
16

فصل هفتم

فرآیند انتخاب سازندگان و تأمین قطعات

فرآیند انتخاب سازندگان و تأمین قطعات

۷-۱ پیش درآمد

رهنمودهای وزارت صنایع در دهۀ گذشته، دربارۀ محدودکردن تولیدکنندگان خودرو مبنی بر تعهد ساخت داخلی قطعات خودرو، بیش از ۳۰ درصد و به مدت ۳ سال، صنعت قطعه‌سازی را بر آن داشت تا شرکت‌های طراحی مهندسی و ساخت و تأمین قطعات خودرو، یکی پس از دیگری از هسته‌های بخش خودکفایی کارخانه‌ها پا به صحنه بگذارند و در خودکفایی و ساخت بیشتر قطعات از یکدیگر سبقت گیرند.
این امر سبب شد که سرمایه‌گذاران بخش خصوصی در داخل کشور، کارگاه‌ها و کارخانه‌ها، توجه خاصی به این برنامه نشان‌دهند، خود را در این جهت سوق دهند و با ایجاد خطوط تولید جدید و ابتکارات به عمل‌آمده، باعث ظهور تولید انبوه قطعات خودرو در ایران شوند.
با این پیشینه، ساخت قطعات خودروها در کشور، عمدتاً به مشابه سازی و مهندسی معکوس از قطعات از پیش طراحی‌شده و تولیدشدۀ سازندگان خارجی معطوف شد؛ البته نباید فراموش کرد که این بستر با زحمات و تلاش صنعتگران ایرانی برای کسب اطلاعات فنی – مهندسی و پایش کیفیت، بازرسی، افزایش ظرفیت تولید و بهره‌وری آن، آماده شد.
در آغاز پس از پشت سرگذاشتن موفقیت‌های بسیار، ساخت قطعات خودروسازان مشهور خارجی در ایران و با اتکاء به تجربیات صنعتگران کشور، با هدف درانداختن طرحی نو در طراحی و ساخت نخستین موتور ایرانی، از همکاری تنگاتنگ سازندگان داخلی بهره گرفته شد و آنان، در این افتخار ملی سهیم شدند. این طرح، با هدف بومی‌سازی و تولید موتور (قوای محرکه) جدید اجرا شد.

۷-۲ انتخاب سازندگان

تقسیم‌بندی قطعات

قطعات خام از لحاظ تنوع تولید به گروه‌های کاری قطعات ریخته‌گری چدن، ریخته‌گری آلومینیوم، ریخته‌گری تحت‌فشار، ثقلی و در محیط خلاء تقسیم شدند. همچنین گروه‌های قطعات نهایی عبارت بودند از:

- قطعات بسپاری (پلیمری): شامل لاستیک، پلاستیک، تزئینات و لایی‌ها (درزبندها)
- مجموعه‌های خاص: شامل سامانۀ نظارت بر زمان‌بندی متغیر، پودمان روغن و دیگر مجموعه‌ها
- قطعات فلزی ضربی: شامل ورق‌های فلزی گردگیر، نگهدارنده‌ها و دیگر قطعات فلزی
- قطعات ماشینکاری: محورها، خارها، اتصالات و ماشینکاری قطعات خام ریخته‌شده
- قطعات استانده و پیچ و مهره
- قطعات برقی و سامانۀ موتور (حساسه‌ها)
- چسب، صمغ، برخی از اجزای استانده، قطعات و اجزایی که باید در مراحل اولیه خریداری شوند.
- ساخت بستار، خطوط و تجهیزات آن
- ساخت بدنه، خطوط و تجهیزات آن

پس از بررسی گروه کارشناسی، نسبت به انتخاب سازندگان هر قطعه اقدام شد و پس از تأیید مدیران طرح، از سازنده برای حضور در امور تکوین و ساخت داخل طرح دعوت شد. این دعوت‌نامه را شرکت طراحی مهندسی و تأمین با توافق مدیریت طرح، کتباً به سازنده ابلاغ کرد.

ارزیابی سازندگان

بر مبنای فهرست مواد طرح موتور ملی، باید برای ۷۵۰ قطعه یا سامانهٔ جدید سازندگان مناسب انتخاب می شدند.
در آغاز طرح و پس از آماده شدن طرح اولیهٔ موتور ملی، گروه‌هایی شامل طراحان، مشاوران و نمایندگان شرکت طراحی مهندسی و تأمین، تشکیل شد. با توجه به سوابق قبلی در تأمین قطعات و اطلاع از ظرفیت‌های موجود در خطوط تولیدی، بخش‌های قطعه‌سازی کشور و توانمندی سرمایه‌گذاران شناسایی شد.
در مرحلهٔ نخست پس از انتخاب سازنده، گروه کارشناسان متشکل از طراحان قطعهٔ مورد نظر، مشاوران و نمایندهٔ تأمین در شـرکت سازنده، حاضر شـدند و ضمن برآورد ظرفیت خالی، امکان‌سنجی و دقت دستگاه‌ها، نوع و فرآیند تولید قطعه به سازنده معرفی شدند.
پس از معرفی، در صورت تأیید گروه کارشناسی و عقد تعهدنامهٔ رازداری، مشخصات اولیهٔ طرح به سازنده ارائه می‌شد.

اعلام رسمی همکاری و بازخوردهای سازندگان

پس از بازبینی اطلاعات داده‌شده به سازنده، او پاسخ رسمی خود را دربارهٔ همکاری و برداشتن گام‌های بعدی، در نامه‌ای به اعضای طرح اعلام می‌کرد.
در طول فرآیند طراحی مفهومی، سازندگان پنج قطعهٔ اصلی، بازخورهای اولیهٔ خود را مبنی بر تأیید کلیات طرح یا احیاناً پیشنهاد تصحیحات ارائه کردند. از مرحلهٔ طراحی تشریحی و به ویژه در مرحلهٔ طراحی جزییات سازندگان کلیهٔ قطعات، مرحله به مرحله با گروه طراحی موتور در تعامل بودند و پیوسـته دیدگاه‌های خود را در راسـتای امکان‌سـنجی سـاخت راحت‌تـر و کم‌هزینه‌تر با توجه به امکانات سـاخت خـود به آن‌ها اعلام می‌کردند. البته گـروه طراحی با در نظر گرفتن مجموعهٔ محدودیت‌های دیگر و اهداف در نظر گرفته شده برای موتور، لزوماً همهٔ بازخورهای سازندگان را نپذیرفت، اما کسب توافق سازنده در هر مرحله از طراحی قطعات، وظیفهٔ طراح بود.
نباید از یاد برد که در آغاز کار، امکان تولید برخی قطعات در داخل کشـور وجود نداشـت. در این گونه موارد، سـازندگانی انتخاب شدند که بتوانند با انتقال فنّاوری و اخذ پروانه[۱] و سرمایه‌گذاری لازم، اهداف طرح را عملی کنند.
در این مورد سـفارش سـاخت برای سازندهٔ ایرانی فرستاده و از او خواسته می‌شد با برخی از سازندگان انحصاری قطعات در خـارج از کشـور همکاری کند و گروه طراحی نیز سـازندهٔ خارجی را ملزم به اجرای تعهـدات و انتقال دانش لازم به سازندهٔ داخلی در هنگام فرآیند توسعهٔ قطعه می‌کرد. از این رو سازندهٔ داخلی در آغاز با خرید و همبندی قطعات منفصل[۲] ، مجموعهٔ تأمین را شـروع کرد و به تدریج با داخل‌سـازی قطعات زیرمجموعه، سـطح سـاخت داخل را افزایش داد و با برنامه‌ای مشخص همهٔ تولید را در داخل کشور به انجام رساند.

۳-۷ مراحل تأمین

مرحلهٔ نمونه‌سازی اول

پس از اعمال بازخورهای دریافتی از سـازندگان و بازبینی نهایی، سـفارش ساخت بیش از ۵۵ مجموعه از هر قطعه صادر شـد (بر اساس ضریب مصرف قطعه در موتور). بر اسـاس برنامهٔ طرح، این نمونه‌ها برای آزمون قطعه، همبندی قطعات و اجرای آزمون موتور یا نصب موتور روی خودرو و اجرای آزمون روی خودرو تأمین شـدند. شـایان یادآوری است که در مرحلهٔ اول نمونه‌سازی موتورها، سهم موتورهای تنفس طبیعی، ۳۵ دستگاه و موتورهای پرخوران، ۸ دستگاه بود.
گرچه به کمک شبیه‌سازی و محاسبات مهندسی به کمک رایانه در فرآیندی رفت و برگشتی، طراحی به صورت مجازی صحه‌گذاری می‌شـد، اما نمونه‌سـازی برای آزمون‌های عملی گریز ناپذیر بود. بنابراین برخی از فوائد و نقایص طرح پس از آزمون‌های عملی، قابل دسـتیابی اسـت. در حقیقت هدف اصلی نمونه‌سـازی مرحلهٔ اول صحه‌گذاری تجربی طراحی است.

۱- License
۲- CKD

نمونه‌ســازی مرحلهٔ اول بسیار حساس و پرهزینه اســت؛ زیرا به سبب محدودیت‌های زمانی، بیشتر قطعات از روش‌های تولیدی سریع یا روش‌های تولید خاص با استفاده از ابزار و قالب‌های نرم تولید می‌شوند؛ بنابراین در این مرحله با استفاده از مخزن اطلاعاتی طراح مشاور، عمدهٔ سازندگان نمونه‌ساز در خارج از کشور انتخاب شدند، اما سازندگان داخلی نیز برای همکاری و کسب تجربه به آن‌ها معرفی شدند.
در برخی موارد ضمن آن که ســازندهٔ داخلی ناظر بر عملیات نمونه‌ســازی بود، بخشــی از مراحل اولیهٔ ساخت قطعات را سازندهٔ داخلی اجرا کرد و مراحل تکمیلی در محل سازندهٔ نمونه‌ساز خارجی انجام شد. پس از تأمین همهٔ قطعات، موتورها به تدریج همبندی شدند و آزمون‌های موتور و خودرو شروع شد.

مرحلهٔ نمونه‌سازی دوم طرح

به هنگام آزمون‌های مرحلهٔ اول، عیب‌هایی آشــکار شــد که طراح را ناچارکرد در طرح فعلی، تصحیحاتی اعمال کند. از ســوی دیگر، با تجربیات کسب‌شــده در مرحلهٔ اول نمونه‌سازی قطعات و با شروع طراحی ابزارها و قالب‌های تولید انبوه، ســازندگان نیز مجدداً خواستار تغییراتی در طراحی شــدند که لزوم بازنگری را در طراحی دوچندان کرد. با اعمال آخرین تصحیحات، الگوها و نقشــه‌های تولید قطعات با ابزارهای تولید انبوه آماده شــدند و سازندگان نسبت به ساخت قالب‌ها و ابزار تولید انبوه اقدام کردند. از این رو می‌توان گفت هدف عمده از نمونه‌سازی مرحلهٔ دوم، ارزیابی دوام قطعات تولیدشده از ابزارهای تولید انبوه و به عبارت دیگر صحه‌گذاری ابزار تولید انبوه است.
در این مرحله ۴۵ مجموعه قطعات موتور ســفارش‌گذاری شــد که عمدهٔ قطعات را تأمین‌کنندگان نهایی اعم از سازندگان داخلــی و خارجــی تأمین کردند، گرچه بر خلاف روال معمول و بر اثر تأخیر بیش از حد برخی از ســازندگان داخلی ناچار مجدداً معدودی از قطعات به سازندگان نمونه‌ساز سفارش داده شد.

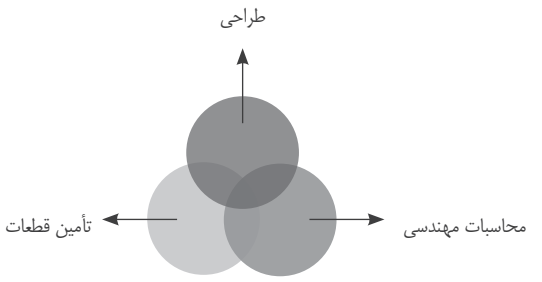
پیش‌تولید

در انتهای طرح، دو مرحلهٔ پیش‌تولید درنظر گرفته شــد که هدف از اجرای مرحلهٔ اول تأیید شــاخص‌های کیفی قابلیت تولیــد خطوط تولید ســازندگان و در مرحلهٔ دوم تأیید شــاخص‌های کیفی محصول نهایی یعنی موتــور و خودرو بود. در مجموع این مراحل، بیش از ۵۰۰ دســتگاه موتور تولید شــد و بیش از ۵۰۰ ساعت آزمون دوام موتور نیز اجرا شد. مجموع بازخورهای ناشی از بازرسی خطوط سازندگان، بررسی گزارش‌های آزمون قطعات، بازرسی و آزمون مجدد نمونهٔ قطعات در ایران‌خودرو، همبندی قطعات در خطوط تولید و اندازه‌گیری شــاخص‌های تکرارپذیری تولید در ایســتگاه‌های مختلف منجر به شناسایی و رفع عیب‌های احتمالی در مواد اولیه، فرآیند تولید و برآورد دقیق ظرفیت تولید خطوط شد.

۷-۴ فرآیند تأمین قطعات

توســعهٔ محصول خصوصاً برای فنّاوری پیشــرفته نیازمند داشتن حلقه‌های کاری زیادی است که باید علاوه بر توانمندی مهندســی لازم، بتواننــد به طور منســجم کار طراحی تا تولید را با برنامهٔ زمان‌بندی تعریف‌شــده، پیــش ببرند. در ایجاد محصولی نو گروه‌های کاری، توانمندی پیشــین خود را به کار می‌گیرند و در تکمیل دانش خود و فراگرفتن دانشــی نو برای خلق اندیشه‌های خود و هدف تعریف‌شده، می‌کوشند.
در طراحی محصول موتور که فنّاوری پیشــرفته‌ای دارد و هر روز دســتخوش توسعه است، داشتن چنان حلقه‌های کاری توانمند، بدیهی است. در گذری اجمالی بر عمده‌ترین گروه‌های کاری توسعهٔ موتور، تقسیم‌بندی‌هایی وجود دارد:
۱. گروه طراحی موتور[۱]
۲. گروه محاسبات مهندسی[۲]
۳. گروه تأمین قطعات[۳]

۱- Design Team ۲- CAE Team ۳- Procurement Team

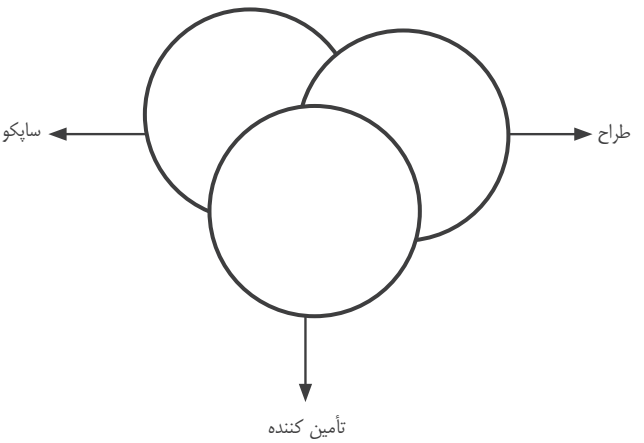


شکل ۱-۷ تقسیم‌بندی‌های توسعهٔ کاری موتور

علاوه بر این گروه‌های اصلی، به هنگام توسعه، گروه‌هایی همچون گروه آزمون و صحه‌گذاری، مهندسی محصول و تضمین کیفیت و گروه‌های کاری دیگر تا تولید مشارکت می‌کردند.
با شروع کار مطالعات امکان‌سنجی و طراحی مفهومی، کار تأمین قطعات آغاز شد. بر حسب الگوی پیشنهادی، طراحی قطعات و نوع فنّاوری هر قطعه با سازنده یا سازندگانی مذاکره و توانمندی آن‌ها بررسی شد.
در گروه صنعتی ایران‌خودرو در توسعهٔ محصول موتور ملی، شرکت ساپکو به عنوان متولی معرفی سازندگان به طراح، مجموعهٔ کامل سازندگان قطعات موتور را مدیریت کرد. بنابراین در هر مرحله از کار توسعهٔ محصول، نظارت بر اجرای کار طبق برنامه بر عهدهٔ ساپکو بود.

نحوهٔ همکاری سازمان‌های درگیر در طرح و برنامهٔ کیفی

در زنجیرهٔ تأمین گروه اصلی، یعنی گروه طراحی و محاسبات مهندسی طرح اولیهٔ هر قطعه استخراج و برای انتخاب سازنده به گروه تأمین قطعات ارجاع شد. در فرآیند توسعهٔ موتور ملی، شرکت ساپکو به کمک گروه تأمین طراحی، سازندگان را مدیریت کرد.
همواره طرح اولیه‌ای که از طراحی استخراج می‌شد، باید به کمک محاسبات مهندسی (شبیه‌سازی نرم‌افزاری) اصلاح و پس از توافق لازم برای انتخاب سازنده به گروه تأمین ارجاع می‌شد. تا این مرحله از کار فقط اندیشه‌ای خلق شد و تا صحه‌گذاری تأمین فقط الگویی نرم‌افزاری در اختیار بود. بنابراین برای بررسی سازنده‌ای توانا برای محقق‌کردن این طرح اقدام می‌شد.



شکل ۲-۷ سه گروه اصلی تبادل اطلاعات در فرآیند تأمین قطعات

سازنده، گروه تأمین (ساپکو و گروه تأمین طراح) و طراح به عنوان سه حلقهٔ اصلی تبادل اطلاعات در فرآیند تأمین قطعات‌اند که با توجه به فرآیند تولید، دقت‌ها، زمان‌بندی، قیمت فرآیند و ... نسبت به تهیهٔ قطعات هر مرحله از طراحی اقدام می‌کردند.
پیش از اشاره به لایه‌های مختلف طراحی تا تولید و وظیفهٔ گروه تأمین، اشاره‌ای به مدارک و رویه‌های به کار برده شده در طراحی موتور ملی می‌شود.

رویه‌ها و مدارک مختلف کاری در زنجیرهٔ تأمین

برای انتخاب سازنده و نیز صحه‌گذاری بر تأمین قطعات، مدارک و رویه‌هایی در طرح موتور ملی استفاده شد.

نامزدکردن سازندهٔ یک قطعه[۱]

برای هر قطعه با توجه به نوع فرآیند تولید و خواستهٔ طراح، سازنده یا سازنده‌هایی را ساپکو معرفی و نامزد تولید قطعه می‌کرد. در این مرحله سازنده یا سازندگان یادشده فقط به عنوان نامزد تولید قطعه بودند و تا صحه‌گذاری لازم از سوی گروه کاری بازدید کننده و بررسی توانمندی‌های موجود و ارسال نامهٔ رسمی معرفی سازنده، کار رسمی نمی‌شد.

مدرک بستهٔ فنی – قیمتی[۲]

برای معرفی قطعه و آشنایی سازنده با نوع و عملکرد قطعه از بستهٔ فنی– قیمتی استفاده می‌شد. در این مدرک مشخصات عمومی قطعه، شامل ابعاد عمومی، جنس، وزن و دیگر مشخصات عمومی برآمده از ذهن طراح برای خلق قطعهٔ جدید به سازنده ارائه می‌شد. با این مدرک، سازنده می‌توانست برآوردی از زمان لازم برای تولید نمونهٔ قطعه در مراحل مختلف توسعه و پیش‌بینی عمومی خود را از تولید قالب‌های تولید نمونه و تولید انبوه ارائه کند. همچنین قیمت قالب‌های مراحل مختلف و نیز قیمت هر قطعه، برآورد و آمادهٔ تحلیل قیمتی و کیفی می‌شد. در شکل ۳–۷ نمایی از این مدرک ملاحظه می‌شود.

شکل ۳–۷ نمایی از بستهٔ فنی قیمتی– صفحهٔ موج‌گیر

۱- Supplier Candidate
۲- Cost Pack

توافق‌نامهٔ رازداری[۱]

برای حفظ اطلاعات طرح و حفاظت از اسناد طراحی که به قیمت بسیار گرانی به دست آمده، لازم بود تا توافقنامه‌ای با سازنده‌های نامزدشده، منعقد شود و همهٔ افراد درگیر در حفظ و نگهداری از اطلاعات فنی طرح کوشا باشند و از در اختیار گذاردن آن به شخص ثالث خودداری کنند. بنابراین همهٔ گروه‌های درگیر شامل طراح، سازنده و ساپکو موظف به امضای آن شدند.

مدرک معرفی‌نامهٔ رسمی سازنده[۲]

پس از اطمینان از وضعیت سازنده به لحاظ توانمندی ساخت قطعهٔ مورد نظر، مدرک معرفی‌نامهٔ سازنده صادر و به همهٔ گروه‌های درگیر در طرح ابلاغ شد. این مدرک در واقع حکم کار رسمی سازنده برای شروع فعالیت بود. برای دریافت این نامه و معرفی رسمی سازنده، مراحل:

- بازدید از سازنده (پی‌بردن به امکانات موجود و توانمندی‌های لازم)
- اخذ پاسخ پرسش‌های راجع به نحوهٔ کار سازنده و مدارک کیفی و نحوهٔ اعمال نظارت کیفی
- اخذ زمان لازم برای تولید قالب‌ها و قطعات در مراحل مختلف توسعه
- اخذ قیمت پیشنهادی از سازنده
- بررسی همکار خارجی سازنده در صورت موجود بودن

انجام شد. در صورتی که معیارهای اشاره‌شده مطابق با اهداف تعریف‌شدهٔ طرح بود و رضایت زمانی و قیمتی طرح را برآورده می‌کرد، نسبت به معرفی سازنده رسماً اقدام می‌شد.

پرسش‌های عمومی و فنی

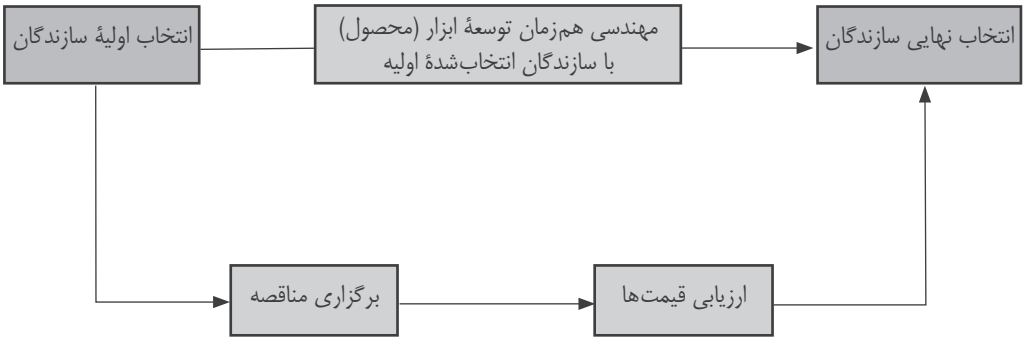
برای بررسی بهتر توانمندی و ثبت آن از مدرکی به نام «پرسش‌های عمومی و فنی» استفاده می‌شد که عموماً شامل موارد:

- قابلیت توسعه و مهندسی[۳]
- تأمین پیوستهٔ ابزار/قابلیت نمونه‌سازی (برنامهٔ تأمین ابزار)[۴]
- طول عمر مفید ابزار (در محدودهٔ رواداشت)[۵]
- کارآیی ضایعات (استفادهٔ بهینه از ضایعات)[۶]
- قابلیت بازیابی (نمونه یا تولید انبوه)[۷]
- سفارش‌ها / منابع[۸]
- انتقال داده‌ها[۹]
- تجربهٔ تعیین میزان (حجم) تولید[۱۰]
- امکان مشارکت[۱۱]
- نوع شرکت – پروانه‌ها[۱۲]
- مشتری‌مداری[۱۳]
- تأمین مواد / تأمین قطعات (مثل پیچ با قابلیت کششی زیاد و غیره)[۱۴]
- ممیزی تأمین‌کنندگان جزء / بازرسی – استانداردهٔ کیفیت [۱۵]
- قالب‌سازی و فرآیند ابزارسازی (از منابع داخلی یا خارجی) [۱۶]

۱- None Disclosure Agreement
۲- Nomination Letter
۳- Engineering and Development Capability
۴- Series Tooling / Prototype-Tooling Capability (Tooling Program)
۵- Tooling-Lifetime (Within Tolerances)
۶- Scrap Parts Ability
۷- Recycling Ability (Prototypes / Series)
۸- Commendations / References
۹- Data Transfer
۱۰- Experience for Volume Production
۱۱- Joint-Ventures Possibilities
۱۲- Kind of Company, Licenses
۱۳- Customer Base
۱۴- Material / Components Sourcing (High-Tensile Bolts, etc.)
۱۵- Sub-Suppliers Auditing / QS-Inspection
۱۶- The Pattern-Making and Tooling-Process (Tooling in-House or from Suppliers Near By)

- ظرفیت تولید قطعات ریخته‌گری و آهنگری‌شده (حجم تولید سالیانه) [۱]
- تأمین قطعات مختلف خانوادهٔ موتور [۲]
- مدیریت فرآیند شروع تولید (برنامه‌ریزی طرح – برنامهٔ زمان‌بندی)[۳]

البته در این مدرک به طور کامل پرسش‌های کامل فنی دیگری دربارهٔ فرآیند تولید و نوع قطعه مطرح شد که از حوصلهٔ این بحث خارج است. به عنوان مثال، شکل ۴–۷ نمونه‌ای از این فرآیند را نشان می‌دهد:



شکل ٤–٧ نمونه‌ای از فرآیند انتخاب سازنده

دسته‌بندی سازنده‌ها[۴]

در طرح موتور ملی با توجه به تفاوت سطح فنّاوری در قطعات مختلف، توانمندی سازنده‌های داخلی و کیفیت مورد نظر، سازنده‌ها به سه گروه تأمین‌کننده تقسیم‌بندی شدند:

- سازنده‌های داخلی[۵]: این سازنده‌ها توانایی ساخت قطعات را به طور کامل داشتند و در همهٔ مراحل توسعه، تأمین قطعات را به صورت تأمین داخل بر عهده گرفتند.
- سازنده‌های خارجی[۶]: سازنده‌هایی که عمدتاً اروپایی بودند و به علت پیشرفته بودن فنّاوری یا به صرفه نبودن تولید داخل از ایشان استفاده شد.
- سازنده‌های بین‌المللی[۷]: این سازنده‌ها عمدتاً سازنده‌های ایرانی بودند که قرار داد همکاری با شرکت‌های اروپایی داشتند و برای تهیهٔ قالب یا قسمتی از قطعات از توانمندی آن‌ها بهره می‌گرفتند.

بخش عمده‌ای از قطعات موتور با فرآیند ریخته‌گری تأمین می‌شد که خود، فرآیند تأمین پیچیده‌ای را در هر مرحله در پی داشت. برای هر قطعهٔ ریخته‌گری‌شده، بسته به نوع قطعه، فرآیند خاص ریخته‌گری تعریف می‌شد و با نمونه‌سازی اولیهٔ شروع و به تدریج از قالب نرم به قالب سخت تغییر مسیر می‌داد و خواص موادی و فلزکاری قطعه کاملاً بازرسی می‌شد. بنابراین سازنده باید با یک یا چند سازندهٔ دیگر برای ساخت قالب ریخته‌گری خود در مراحل مختلف مذاکره می‌کرد. البته طراح در همهٔ مراحل به عنوان بازوی فنی، بر کار نظارت داشت و بازرسی می‌کرد.

فهرست و منابع فنی قطعات[۸]

فهرست قطعات از ابتدای شروع طرح تهیه و همهٔ اطلاعات سازنده‌ها، مشخصات فنی، شمارهٔ فنی، تعداد توزیع قطعات در موتور و بسیاری اطلاعات دیگر در این فهرست تنظیم می‌شد. این فهرست که از ابتدا با فهرست قطعات طراحی ایجاد شد، به مرور تکمیل شد و به سمت فهرست قطعات تولیدی پیش رفت.

۱- The Capacity for Casted / Forged Parts (Production Values Per Annum)
۲- The Handling of the Different Parts for the Engine Family
۳-The Handling of the SOP-Process (Project Planning, Time Schedules)
۴- Supplier Categorization
۵- Local Suppliers
۶- Foreign Suppliers
۷- International Suppliers
۸- Bill Of Material

هم‌زمان با روند طراحی و ایجاد تغییرات در فرآیندهای ساخت و آزمون عملکرد قطعات ممکن است تغییراتی در طراحی و ساخت هر قطعه به وجود آید که این موضوع دقیقاً در این فهرست ثبت می‌شد. اصولاً هر ماه یا پس از پایان هر تغییرات، فهرســت یادشده به روز می‌شــد. در جدول ۱–۷ تعداد و قطعات و سامانه‌های این فهرست به تفکیک خط همبندی ذکر شده است.

جدول ۱– ۷ تعداد قطعات و سامانه‌های طرح موتور ملی به تفکیک خط همبندی

موتورسازی	
تعداد کل	۴۰۴
جدید	۳۰۹
استانده	۴۶
خام	۲۸
انتقال‌یافته از محصولات دیگر	۲۱
خط همبندی جعبه دنده	
تعداد کل	۱۳۰
جدید	۲۷
انتقال‌یافته	۹۸
خام	۵
خط همبندی موتور، جعبه دنده و سامانه‌های جانبی	
تعداد کل	۷۹
جدید	۵۵
استانده	۱۴
خام	۳
انتقال‌یافته	۷
خط سواری سازی (جدید)	۱۲۵

مراحل مختلف طرح و جایگاه گروه تأمین

در طراحی موتور ملی، سه مرحلهٔ اصلی تعریف شد:

■ مرحلهٔ اول[۱] شــامل خلق ســخت‌افزاری اولیهٔ موتور با اســتفاده از پایهٔ یک موتور مشــابه و بررســی روند عملکردی پیش‌بینی‌شده در مطالعات امکان‌سنجی و طراحی مفهومی که اصطلاحاً موتور آزمایشگاهی[۲] نامیده می‌شود.

۱– Stage I
۲– Mule Engines, I, II, III or more

component name :

Engine - BOM No: 06. September 2005 Engine No :	additional information	Status S = Series F = FEV	part number FEV project ID	 individual part code	quantity per engine	Engine Key 4 - Cylinder 1.7 L NA	 1.7 L TC	 1.3 l NA	Cost Packs handed over to IPCO on:	quantity of parts Stage II-Batch 1 for 13 engines A Sum 43 engines	quantity of pa Stage II-Batc for 30 engine B
Component Group 01 - Packaging, Views, Sectional Views					x	x	x	x		x	x
Assy: Engine		S	12686	01_10900_01_1	1	x	-	-			
Outer Components		S	12686	01_10400_01_1	1	x	-	-			
Rump		S	12686	01_10300_01_1	1	x	-	-			
Top End		S	12686	01_10200_01_1	1	x	-	-			
Bottom End		S	12686	01_10100_01_1	1	x	-	-			
Assy: Engine		S	12686	01_10920_01_1	1	-	x	-			
Outer Components		S	12686	01_10420_01_1	1	-	x	-			
Rump		S	12686	01_10320_01_1	1	-	x	-			
Top End		S	12686	01_10220_01_1	1	-	x	-			
Bottom End		S	12686	01_10120_01_1	1	-	x	-			
Assy: Engine		S	12686	01_10910_01_1	1	-	-	x			
Outer Components		S	12686	01_10410_01_1	1	-	-	x			
Rump		S	12686	01_10310_01_1	1	-	-	x			
Top End		S	12686	01_10210_01_1	1	-	-	x			
Bottom End		S	12686	01_10110_01_1	1	-	-	x			
Component Group 02 - Engine Frames, Mountings and Brackets					x	x	x	x		x	x
Nut - Engine bracket (mount), part 2 - machined to mounting	M12x1.5 - 10.9 - DIN 6923	S	12686		2	x	x	x			
Stud - Engine bracket (mount), part 2 - machined to mounting	M12x50 - 10.9	S	12686	-	2	x	x	x		0	0
Bolt - Engine bracket (mount) - part 2 to mounting	M12x55 - 10.9 - DIN 34901	S	12686	-	1	x	x	x		60	0
Bolt - Engine bracket (mount) - part 2 to 1	M10x50 - 8.8 - DIN 34801	S	12686	-	4	x	x	x		200	0
Bolt - Engine bracket (mount) - part 2 to 1	M8x35 - 8.8 - DIN EN ISO 4762	S	12686		5	x	x	x		250	0
Engine bracket (mount), part 2 - machined	Material: AlSi7Mg 0.6 T6	S	12686	02_20101_01_3	1	x	x	x	08.12.2004 02.09.2005	43	0
Engine bracket (mount) - part 2 - blank	Material: AlSi7Mg 0.5 T6	S	12686	02_20001_01_3	1	x	x	x	01.10.2004	48	0
Dowel - Engine bracket (mount) - part 1 to cylinder head	Da = 12.5 mm, Di = 10.5 mm, Length = 12 mm Sleeve / dowel chart 12686 79_81000_01_3	S	12686	02_81303_01_3	2	x	x	x		120	0

شکل ۵-۷ بخشی از فهرست قطعات

در این فرآیند همهٔ قطعات لازم که عمدتاً قطعات دوّار و داخلی موتورند، از روش‌های تولید سریع[۱] ساخته می‌شدند. به طور مثال میل‌لنگ به جای تولید با روش ریخته‌گری از مفتول، تراشیده و آماده می‌شد. این کار باعث صرفه‌جویی در زمان ساخت و تحقق اندیشهٔ طراح در کوتاه‌ترین مدت زمان لازم و مشاهدهٔ سریع نتیجه می‌شد. در این زمان عمده‌ترین وظیفهٔ گروه تأمین، یافتن سازنده‌های نمونه‌ساز سریع و سفارش‌گذاری لازم و تحویل قطعه بر حسب زمان‌بندی طرح به گروه طراحی و آزمون بود.

■ در مرحلهٔ دوم[۲] که خود شامل یک یا چند زیرمرحله[۳] است، قطعات طراحی‌شدهٔ نرم‌افزاری با فرآیندهای تولید اصلی (ریخته‌گری، آهنگری، کشش عمیق و ...) تولید می‌شدند. تفاوت این مرحله با مرحلهٔ پیش در نوع فرآیند ساخت است که یک پله به تولید انبوه نزدیک می‌شد. فقط به دلیل لزوم آزمون و صحه‌گذاری و نیز صرفه‌جویی در وقت، باید قطعات این مرحله با قالب‌های نرم[۴] تولید می‌شد تا علاوه بر هزینه و زمان کمتر، در صورت نیاز، اعمال اصلاحات میسر باشد. در این مرحله گروه تأمین نسبت به سفارش کار به تولیدکننده و نیز بررسی قیمت و زمان‌بندی لازم اقدام می‌کرد و نظارت کار را به عهده داشت. علاوه بر این برای قطعات ریخته‌گری، ریخته‌گر قطعه با قالب‌ساز متفاوت است و باید بر ریخته‌گر قطعه نیز، گروه تأمین، به لحاظ کیفیت قطعه و زمان‌بندی تحویل، نظارت می‌کرد.

■ در مرحلهٔ سوم[۵] پس از آزمون‌های صحه‌گذاری و اطمینان از عملکرد قطعات و اعمال تغییرات لازم در پاره‌ای از قطعات (در صورت نیاز)، کار ساخت قالب‌های قطعات از نوع سخت[۶] آغاز شد. البته معمولاً پس از پایان مرحلهٔ اول و شکل‌گرفتن واقعی موتور، به طور موازی کار ساخت قالب‌های تولید انبوه (مرحلهٔ سوم) شروع شد و گروه تأمین به طور موازی نظارت کار را بر عهده گرفت و مجوزهای لازم را برای ادامه یا توقف کار صادر می‌کرد. سخت‌ترین فرآیند توسعه در این مرحله، نهفته است؛ چرا که برای تعداد زیادی از قطعات، برنامهٔ زمان‌بندی استخراج‌شده و روی هم انداختن برنامه‌ها و پایش صحیح کار بر حسب فرآیندهای متفاوت، کار بسیار پیچیده‌ای است. ضمناً ایجاد تغییرات در این مرحله، گاه به تعویض قالب می‌انجامید و هزینهٔ گزافی در برداشت. علاوه بر آن در خصوص سازنده‌های بین‌المللی که با کمک شرکت‌های خارجی در حال ساخت قالب بودند، نظارت بر کار و نیز برنامه‌ریزی حمل قالب و شروع تولید در ایران عمدتاً خطرپذیری بزرگی است که باید بر آن، گروه تأمین نظارت می‌کرد. این مرحله عموماً شامل مراحل پیش‌تولید[۷] و تولید انبوه[۸] بود.

۱- Rapid Prototyping
۲- Stage II
۳- Batch
۴- Soft Tool
۵- Stage III
۶- Hard Tool
۷- Pre-Series
۸- Mass Production - SOP

بررسی کیفی قطعات نمونه

در هــر مرحله از تأمین قطعات، گروه‌های کیفیــت، آزمون، طراحی و تأمین، پیش از همبندی، کیفیت قطعات دریافتی را بررســی می‌کردند. از سازندگان مختلف گزارش کاملی شــامل نتایج اندازه‌گیری ابعادی با رعایت محدوده‌های پذیرش[۱]، آزمون‌های تأییدیه و بازرســی‌های دوره‌ای فرآیند تولید قطعات خواســته می‌شــد که معرف قطعهٔ تولیدشده بود. البته در فرآیند توســعه، پاره‌ای عدم‌تطابق و خرابی در قطعات نمونهٔ ایجادشــده به‌وجود می‌آمد و به تولید مجدد و اصلاح فرآیند نیاز بود. این موضوع در مدرکی به نام مدرک بررســی کیفیت قطعات[۲] درج و تعداد قطعات تولیدشــده دارای اشکال فنی، گزارش می‌شد.

شکل ٦-٧ مدرک بررسی کیفیت قطعات

مدیریت تغییر سازنده‌ها و فرآیند تولید قطعات

در هنگام توســعهٔ محصول، تغییرات کاملاً محتمل و به لحاظ مهندســی توجیه‌پذیر اســت. پــس از آزمون‌های لازم در موتورهای آزمایشــگاهی و موتورهای نمونه، ممکن بود قطعه کاملاً به لحاظ جنس مواد، فرآیند تولید، شــکل ابعادی و بســیاری مشــخصات دیگر تغییر کند. بر این تغییرات مهندسی، تعویض ســازنده، اصلاح فرآیند و ... باید از طریق گروه تأمین، مدیریت می‌شد و دوباره مراحل انتخاب سازنده و تحویل‌گیری قالب برای مراحل بعدی اجرا می‌شد.

هدف‌گذاری قیمتی[۳]

در آغاز طرح، برای موتور تولیدی قیمت هدفی مطابق با معیارهای تعریف‌شــده از جمله اســتفاده از خطوط تولید موجود، خودروی هدف برای نصب موتور، تعدد قابلیت‌های قوای محرکه، ســطح فنّاوری، اهداف آلودگی و عملکردی و بسیاری مشــخصات دیگر تعیین شد. این قیمت شــامل همهٔ قطعات فرض‌شده بود و برای هر قطعه، جداگانه قیمت تمام‌شده در نظر گرفته، در مدرکی به نام شاخص قیمت[۴] درج شد. به هنگام اجرای طرح و مطالعات کارشناسی تولید قطعات، قیمت پیشنهادی سازندگان با قیمت‌های هدف، مقایسه و اختلاف، بررسی می‌شد. این نقطه، سرفصل مدیریت زنجیرهٔ تأمین و پایش قیمت تمام‌شدهٔ موتور بود و به هنگام فرآیند توسعه به دقت نظارت می‌شد.

۱- Tolerances
۲- Quality Check List
۳- Target Price
۴- Itemized Price Index

155.5°
B
18° (3x)
C
E
0.1 B A C
Ø6.2 H12
thru
C
(114.°) sensor position
C
E
R113.12
A
120° (3x)
60° (4x)
D
A
100
16

فصل هشتم

استانده‌سازی

استانده‌سازی

۸-۱ پیش درآمد

اگر چه دستیابی ایران‌خودرو به استانده‌های کارخانه‌ای آرزویی دیرینه بود و به طور پراکنده شیوه‌نامه‌هایی شبیه استانده‌های کارخانه‌ای تدوین و استفاده می‌شد، اما مجموعهٔ مدارک ساخت‌یافته‌ای که بتوان نام استانداردِ کارخانه‌ای ایران‌خودرو را بر آن اطلاق کرد، تدوین نشـده بود. از مهم‌ترین خصایص مجموعهٔ استانده‌های کارخانه، اتصال زنجیروار آن‌ها به یکدیگر اسـت، به گونه‌ای که در کنار هم، مجموعه‌ای از تجربه و دانش فنی شـرکت را ارائه می‌دهد. لازم اسـت اسـتانده‌های کارخانه‌ای بنا به نیاز گروه‌بندی و به صورتی ساخت‌یافته، شماره‌گذاری شود. همچنین باید بتوان در سامانهٔ جست‌وجو با استفاده از کلیدواژه‌ها به مجموعهٔ اطلاعات مورد نیاز دست‌یافت. طرح موتور ملی فرصت مناسبی برای تدوین بخشی از مجموعهٔ یادشده بود، زیرا در آن فرصت، تعداد کثیری از قطعات طراحی و اطلاعات آن‌ها از شرکت FEV یا سازندگان خارجی قطعات، دریافت و مستندسـازی شد. شاید اساساً روش صحیح کار این بود که ایران‌خودرو مجموعهٔ استانده‌های خود را پیش از شـروع کار طراحی به FEV می‌داد و همهٔ مراحل طراحی بر پایهٔ آن اسـتانده‌ها اجرا می‌شـد. اما از لحاظ قانونی ارائهٔ اسـتانده‌های پژو به FEV مجاز نبود و استانده‌های کرایسلر (پیکان) نیز کاملاً قدیمی و ناکارا بود. لذا FEV با تکیه بر تجربیات قبلی و با استفاده از استانده‌های عمومی مانند DIN و ISO کار طراحی را آغاز کرد.

عملاً کار تدوین اسـتانده‌های کارخانه‌ای ایران‌خودرو از آن‌جا شـروع شد که استانده‌های عمومی که شرکت FEV مجاز به اسـتفاده از آن‌ها بود، کفاف نیازمندی‌های طرح را نداد. به طور مثال بازهٔ مجاز موارد کیفی در تحویل‌گیری و سـاخت قطعات روی نقشـه‌ها مشخص نشـده بود و طبعاً لازم بود نقایص قابل پیش‌بینی که معمولاً در تولید انبوه اتفاق می‌افتد یـا تکلیف انحرافات مجاز در سـطوح کیفی تعیین شـوند. همچنین برخی مشـخصات با جزییاتی که مـورد نیاز بود در اسـتانده‌های بین‌المللی آورده نشـده و قابل ارجاع در نقشه نیز نبود. مثلاً ریزساختار مواد مصرفی در هیچ استانده‌ای ارائه نشده بود، اما لازم بود به عنوان الگو تدوین و به سازندگان ارائه شود.

در ابتدا، کار با مقایسـهٔ اطلاعات ارائه‌شـده در نقشـه‌های موتور ملی و اطلاعات موجود در نقشه‌های قطعات موتورهای پژو و کرایسـلر (پیکان) شـروع شد. نقایص نقشه‌ها استخراج و در جدول‌هایی درج شد. سپس این جدول‌ها برای شرکت FEV فرسـتاده شد و نظر کارشناسان آن شـرکت در هر یک از موارد اخذ گردید. حاصل کار نشان می‌داد که بخشی از اطلاعات درخواست‌شـده از سـوی شرکت FEV قابل تأمین بود و بخش دیگر باید از سازندگان اخذ می‌شد، به خصوص سازندگانی که خود طراح قطعه بودند.

بخش اعظم اطلاعات فنی مورد نیاز، متعلق به تطبیق قطعات بود و در تولید انبوه اسـتفاده شـد. بخش دیگر متعلق به صحه‌گذاری قطعات بود که معمولاً در آغاز طرح و پیش از تولید انبوه، برای ارزیابی طراحی اسـتفاده شـد. همچنین در مرحلهٔ تولید انبوه و در زمانی که به هر دلیل، از جمله ارزان‌سازی، لازم بود تغییری در قطعات حاصل شود، مجدداً نیاز به صحه‌گذاری بود. مثلاً زمانی که جنس قطعه یا فرآیند سـاخت آن تغییر می‌کرد، لازم بود مراحل صحه‌گذاری آن تغییر و به طور کامل طی شود. در چنین مواردی لازم بود طرح صحه‌گذاری از قبل و به تفکیک قطعات تهیه شده باشد.

این نیازمندی به دو دلیل عمده بروز کرد. اول به این دلیل که مجموعه آزمون‌های تنظیم‌شـدهٔ شرکت FEV مخصوص صحه‌گذاری اولیهٔ طرح بود و از آزمون‌های مفصلی تشکیل می‌شد که در آن مجموعهٔ موتور به عنوان سامانه‌ای یکپارچه تحت آزمون‌های مختلف قرار می‌گرفت. این طرح برای صحه‌گذاری طراحی موتور جدید، از نظر هزینه و زمان طولانی مورد نیاز برای تکمیل آن، مناسـب می‌نمود، اما برای تأیید تغییر جنس یک قطعهٔ کوچک از موتور، منطقی نبود و لازم بود تا طرح جداگانه‌ای که بر پایهٔ قطعات و به تفکیک آن‌ها تنظیم شـده، اسـتفاده شـود و از اجرای آزمون‌های مفصلی که بسیار زمان‌بر و پرهزینه است، جلوگیری شود. دلیل دوم نیز که به نحوی به دلیل اول وابسته بود، این است که رویهٔ

تنظیم‌شـدهٔ آزمون‌ها بیشـتر جنبهٔ تحقیقاتی داشت و اغلب در اجرای آن‌ها خواسته شـده بود که از حسگرهای متعددی برای تعیین مقادیر فشـار یا دما در نقاط مختلف موتور اسـتفاده شود و در نهایت نیز به جای رجوع به معیارهای پذیرش، منحنی‌های حاصل را کارشناسان زبدهٔ طراحی، بازنگری و تحلیل کنند. چنین رویه‌هایی برای تأیید قطعات مناسب نبود، زیرا شـرایط پذیرش آزمون به طور دقیق تعیین نشـده و باب بهانه‌گیری و جدل سازندگان بر سر نتایج را باز می‌گذاشت. همچنین استفاده از کارشناسان زبده چه برای اجرای آزمون و چه برای تحلیل نتایج ناشی از تغییرات کوچک از حوصلهٔ آن‌ها خارج می‌شد. به این ترتیب، لازم شد همهٔ رویه‌های آزمون در طرح صحه‌گذاری بازنگری شود.

پس از اسـتخراج نیازمندی‌های محصول جدید و سـازماندهی به کار، جدول‌هایی تهیه شد تا در قالب آن نیازمندی‌ها به شرکت FEV ارسال و جایگاه و جهت‌گیری آن شرکت در برابر تأمین یا عدم تأمین اطلاعات درخواستی شفاف شود. در این مرحله که حدود سه ماه به طول انجامید، هریک از جدول‌ها به نمایندهٔ شرکت FEV ارسال می‌شد و نظر آن شرکت در مقابل توضیحات کارشناسان طرح درج و عودت داده می‌شد. همچنین در جلسات صوتی- تصویری[۱] به صورت منظم و هفتگی موضوع دنبال می‌شد و دربارهٔ مواردی که در جداول درج شده بود، بحث و بررسی می‌شد. در ابتدای کار مقاومت شـدیدی از طرف شـرکت FEV صورت گرفت، زیرا آن‌ها معتقد بودند موارد تطبیقی قطعات با اسـتفاده از استانده‌های بین‌المللی قابل تعریف اسـت و همهٔ اطلاعات لازم را که مطابق معمول برای دیگر شـرکت‌ها تهیه شـده بود، برای ما نیز تهیه کرده بودند. این موضوع تا حدی صحت داشـت، زیرا ایران‌خودرو در مقایسـه با بقیهٔ مشتریان FEV بسیار نوپا و کم تجربه بود. آن شـرکت‌ها با سـال‌ها تجربه، طرح تأیید قطعات را فراهم و انحرافات کیفی قطعات را تعیین تکلیف کرده بودند و با سـازندگان سـابقه‌دار خود به اعتماد متقابل رسیده و از سطح دانش آن‌ها اطمینان داشتند. قوانین حقوقی پیشـرفته بر کارشان نظارت داشـت و آن‌چه را ما اکنون دنبال آن بودیم، سال‌ها قبل و یا حتی شاید در زمان جنگ‌های جهانی تجربه کرده بودند.

وقتی اختلافات بر سـر مسـائلی اینچنین بین دو شرکت بالا می‌گیرد، تنها وسیلهٔ مصالحه، قرار داد اولیه‌ای است که بین آن‌ها منعقد شده است. در این موقعیت از دو نکتهٔ مهم در قرار داد کمک گرفتیم. این دو نکته که به طور هوشمندانه‌ای در ابتدا در قرار داد دیده شـده بود، عبارت بودند از این‌که موتور طراحی‌شـده موضوع قرار داد باید در میان ۵ موتور اول دنیا قرار بگیرد و شرکت FEV متعهد شود که تا یکسال حمایت از تولید آن را به‌عهده‌گیرد و هزینه‌های ناشی از نقصان طراحی را بپردازد. به این ترتیب با این بهانه که:

۱- نمی‌توان پنج موتور اول دنیا را با استانده‌های عمومی تعریف‌کرد و اگر نه همه شرکت‌ها قادر به تعریف آن هستند.

۲- هرگونه مشکلی که در اثر کمبود اطلاعات درخواستی در هنگام تولید انبوه اتفاق بیفتد، به هزینهٔ شرکتFEV جبران شـود، آن‌ها را وادار به پذیرش تأمین نیازمندی‌ها کرد. در این مرحله، راه‌حل ایجاد اسـتانده‌های کارخانه‌ای توافق شد و مقرر شـد اطلاعات به صورت خام از طریق کارشناسـان آلمانی تأمین شـود و به وسیلهٔ کارشناسان ایرانی تطبیق داده و سازماندهی شود و در نهایت در بستر زنجیره‌ای استانده‌های کارخانه‌ای ایران‌خودرو تدوین گردد.

گروه کاری تشـکیل شـد و برای تسریع کار فعالیت‌ها در محل شـرکت آلمانی پیگیری شد. دسترسی به اطلاعات مورد نیاز سـریع‌تر صورت پذیرفت و به طور همزمان نظر کارشناسـان آلمانی روی استانده‌های تدوین‌شده، اخذ گردید. اگرچه اختلاف منابع انسانی درگیر ایرانی با نفرات آلمانی باعث شد که آن‌ها عقب بیفتند، اما بعدها به تدریج این فاصله جبران شد.

با دسته‌بندی نیازهای درج‌شده در جدول‌ها، عناوین موضوعی استانده‌ها استخراج گردید و با دسته‌بندی آن‌ها و پیش‌بینی ارجاعات هر اسـتانده، ارتباطات آن‌ها معلوم شـد و در جلسات طولانی در محل شرکت آلمانی استخوان‌بندی اولیه ایجاد شـد. به این ترتیب استانده‌های مورد نیاز در شـش زیرگروه مواد، کیفیت، فرآیند، قطعات استانده و استانده‌های عمومی دسته‌بندی شدند.

در ادامهٔ کار، بر اسـاس عناوین موضوعی اطلاعات مورد نیاز جمع آوری و در قالب اسـتانده‌ها تدوین شـدند. اطلاعات ارائه‌شـده در اغلب موارد، بازنگری و با توجه به مشـخصات موتور ملی بازسازی شدند. سپس استانده‌های تدوین‌شده در اختیار کارشناسان آلمانی قرار گرفتند تا پس از تأیید، بر اساس آن‌ها نقشه‌ها بازنگری شوند. در مواردی ارجاع سادهٔ نقشه

۱- Video Meeting

به شـــمارهٔ استانده کفایت می‌کرد، اما در برخی موارد دیگر لازم بود بر اساس روش‌های مطرح‌شده در استاندهٔ اطلاعاتی روی نقشـــه اضافه شـــود. مثلاً زبری مجاز سطوح مختلف قطعه که تابعی از وظیفهٔ سطح مورد نظر و حساسیت آن است، باید روی نقشـــه معلوم شـــود یا معیار تمیزی با استفاده از دسته‌بندی‌های ارائه‌شده در استانده برای مجاری مختلف تعیین می‌شد. به این ترتیب لازم بود در موارد اخیر نقشه‌ها بازنگری اساسی شوند. ارجاع به هر استانده در نقشه‌های منتشر شدهٔ FEV به منزلهٔ تأیید آن اســـتانده محسوب می‌شـــد. اگر چه FEV حاضر نشد در نقشه‌ها به استانده‌های پذیرش قطعات ارجاع دهد. علت مخالفت آن شرکت تجربهٔ مختصر آن‌ها با شرکت‌های ایرانی و فرهنگ حاکم بر صنعت قطعه‌سازان در ایران بود. آلمانی‌ها معتقد بودند که اگر از ابتدا ایرادهای کیفی مجاز شناخته شود، سازندگان دقت لازم را در تولید قطعات از دست می‌دهند و پایش کیفی قطعات خدشه‌دار خواهد شد. اما در عمل و بلافاصله پس از ارسال اولین محمولهٔ قطعات تولیدشـــده در مرحلهٔ تولید انبوه ایرادات بی‌شـــمار کیفی ما را ناگزیر به اســـتفاده از استانده‌های مذکور کرد. به این ترتیب جدل‌های سازندگان، با استفاده از این مراجع که بخش اعظم آن خوشبختانه قبلاً تهیه شده بود، سروسامان گرفت.

۸-۲ استانده‌های کیفی

اســـتانده‌های کیفی شامل رویه‌های آزمون‌های مخرب و غیرمخرب، رویه‌های آزمون‌های موتور و قطعات و استانده‌های پذیرش می‌شـــدند. در اســـتانده‌های پذیرش، متغیرهـــای کیفی قطعه مورد بحث قرار می‌گرفـــت و راهنمای پایش کیفی قطعات به شمار می‌رفت. در این استانده‌ها علاوه بر مقادیر کمی که در قالب جدول‌ها یا محدوده‌های پذیرش ارائه‌شده، از تصاویر و ترسیمه‌های تمثیلی برای انتقال بهتر مطالب استفاده شد. همچنین چون این استانده‌ها به توضیح انواع عیوب قطعات می‌پرداختند، لازم بود پیوســـته بازنگری شوند و به محض ردیابی عیب جدید، در قطعات ارسالی به خط تولید آن عیب ارزیابی شـــود و در ویرایش جدید اســـتانده تعیین تکلیف شود. ارزیابی عیوب نیز به دو طریق تحلیلی یا تجربی و یا تلفیقی از هر دو صورت انجام پذیرفت. برای مثال اگر ســـوراخ روغن‌رســـانی به یاتاقان‌های متحرک در میل‌لنگ خارج از مرکز بود، لازم می‌شد ابتدا به روش تحلیلی انواع تخریب‌های منتج از این عیب پیش‌بینی شود و با آزمون‌های اختصاصی روی قطعاتـــی کـــه به عمد از میان بدترین قطعات انتخاب شـــده یا حتی برای آزمایش و به طور اختصاصی تولید شـــده، ارزیابی شـــود. در صورتی که قطعات معیوب از آزمون‌ها عبور می‌کردند، معیار پذیرش کیفی تغییر می‌کرد و در ویرایش جدید استانده پذیرش قطعه اعلام می‌شد. البته این استانده‌ها بسیار حساس بودند و هرگونه خطا در تعیین معیار پذیرش منجر به بروز اشکال در محصول می‌شد.

اســـتانده‌های آزمون از آن جهت، اهمیت داشـــت که در ســـال‌های قبل و با توجه به رویه‌های آزمون محصولات جاری و قبلی، تجهیزات خاصی در آزمایشـــگاه‌های مختلف مجموعهٔ صنعتی ایران‌خودرو تهیه و اســـتفاده شد. در صورت تغییر ایـــن رویه‌هـــا، البته هزینهٔ مجدد و زمان طولانی برای راه‌اندازی تجهیـــزات جدید مورد نیاز خواهد بود. برای جلوگیری از تعریف رویه‌های متفاوت و تحمیل هزینه‌های آن لازم بود این استانده‌ها تدوین و استفاده شود. استانده‌های آزمون شامل رویه‌های آزمون‌های مخرب و رویهٔ آزمون‌های غیرمخرب می‌شـــد. آزمون‌های صحه‌گذاری برای قطعات و مجموعه‌ها بازنگری شد و الگوهای خرابی که به هر دلیل فراموش شده و یا از قلم افتاده بود، بررسی شد و آزمون‌های صحه‌گذاری آن‌ها از FEV یا سازنده‌های باتجربه به دست آمد و در قالب استانده‌های کارخانه‌ای تدوین شد. آزمون‌های موتوری نیز بازنگری شد و به عنوان نخستین گام، آزمون‌های مورد نیاز برای صحه‌گذاری قطعات و مجموعه‌ها به تفکیک دسته‌بندی شـــد. دربارهٔ این آزمون‌ها و اصول حاکم بر صحه‌گذاری اختلاف نظر شدیدی با FEV به‌وجود آمد. ریشهٔ این اختلاف‌ها که به تدریج و در جلسات، مشهودتر گردید، اختلاف وضعیت صنعتی در ایران با آلمان بود. ما بر حسب تجربه می‌دانستیم که بازار مواد اولیه و تغییر دائم منابع، تأمین آن‌ها واکنش ســـریع و صحه‌گذاری مطمئن و کوتاه‌مدت را ایجاب می‌کرد. اما ثبات وضعیت در آلمان و البته مدیریت صحیح، اساســـاً چنین نیازی را در خودروســـازان آن کشور برطرف کرده است.

مثلاً شرکت بنز دو بار در سال محصول را صحه‌گذاری می‌کند که شامل مجموعه‌ای از آزمون‌های گرانقیمت و طولانی اســت. در هر بار صحه‌گذاری نیز همهٔ تغییرات مورد نیاز که در مدت ۶ ماه تعیین شــده، روی محصول پیاده می‌شــود و پس از آزمون‌ها به تولید انبوه می‌رســد. متأسفانه در ایران‌خودرو تغییر مهندسی از مدیریتی یکپارچه برخوردار نبوده است و در برخی موارد ســازندگان به دلایلی همچون عدم دسترســی به یک نوع مادهٔ اولیه یا حتی کاهش هزینهٔ تولید راســاً دست به تغییر قطعات می‌زنند.

ســاپکو بــا هدف کاهش قیمت یا افزایش تعداد تولید، ســازندگان جدیدی را وارد چرخه تأمیــن می‌کند که طبعاً قطعات تولیدشدهٔ آن‌ها از نظر مهندسی تغییراتی خواهد داشت. واحدهای کیفی یا تولیدی در ایران‌خودرو نیز در قالب طرح‌ها و به بهانهٔ کاهش در خطرپذیری کیفی، اقدام به اعمال برخی تغییرات مهندسی می‌کنند و در نهایت نیز واحدهای مهندسی به دلایل مشابه اقدام به تغییر محصول می‌کنند. البته هر یک از این تغییرات نیاز به صحه‌گذاری دارد و عدم‌اعمال به موقع تغییر نیز به راحتی منجر به توقف خط تولید می‌شــود و نتیجهٔ آن خســارت بزرگی است که محاسبهٔ آن نیز کار دشواری است. عدم تأمین یک قطعه، گاهی منجر به توقف سرمایه‌ای معادل ۲۰۰ برابر قیمت آن می‌شود.

استانده‌های مواد

این اســتانده‌ها مشخصه‌های موادی شامل: ترکیب شیمیایی، مشخصات مکانیکی، مشخصات فیزیکی و در برخی موارد فرآوری و ریزساختار ارائه داد. بسته به جنس قطعه و روش‌های تولید به این استانده‌ها ارجاع شد. در مواردی که الگوهای ریزساختاری برای ماده موجود نبود، قرار شد از قطعات نمونه‌ای که از آزمون‌های صحه‌گذاری عبور کرده‌اند، استفاده شود و با بررسی استانده‌ها، قطعات استانده به عنوان الگو استفاده شود.

در اســتانده‌های مربوط به قطعات اســتانده مهم‌ترین موضوع، درج شــمارهٔ مرجع یا شــمارهٔ فنی ایــن قطعات در قالب استانده‌های عمومی بود. این کار باعث جلوگیری از ارجاع بیش از یک شماره فنی به یک قطعه استانده شد و همهٔ قطعات اســتاندهٔ تعریف‌شــده در ایران‌خودرو را به صورت یکپارچه به طراح ارائه داد. به این ترتیب طراح برای طرح جدید خود می‌توانست از پیچ‌هایی استفاده کند که مراحل تأمین و صحه‌گذاری را گذرانده و در مجموعه استفاده می‌شدند. همچنین در صورتی که به هر دلیل یکی از مشــخصه‌های قطعه از مقدار تعریف‌شــده در اســتانده خارج می‌شد، به راحتی می‌توان آن را در استانده کارخانه‌ای تعریف کرد.

استانده‌های فرآیند

استانده‌های فرآیند برای مواردی به کار گرفته می‌شد که لازم بود فرآیند تولید یک قطعه یا بخشی از آن شفاف‌سازی و در تعریف قطعه به آن اشــاره شــود. معمولاً در مواردی که یکی از مراحل تولید در خواص قطعهٔ نهایی تأثیر مهمی داشت یا از پیروی ســازنده از یک فرآیند صنعتی اطمینان کامل وجود نداشــت یا صحه‌گذاری اجرای صحیح فرآیند دشوار بود، موارد لازم در اســتاندهٔ فرآیند درج می‌شــد. از جملهٔ این استانده‌ها می‌توان به اســتاندهٔ فرآیند سخت‌کاری ماهیچه‌ها در میل‌لنگ تراشکاری‌شده، اشاره کرد.

استانده‌های عمومی

در اســتانده‌های عمومی به شــیوه‌نامهٔ تهیه یا به روزرسانی استانده‌ها اشاره شــد، کلمات کلیدی در آن‌ها تعریف شد و یا رویه‌های عمومی در آن‌ها درج شد. استانده‌های روش‌های بسته‌بندی و روش‌های مشاهده و بررسی عیوب نیز جزء این مجموعه بودند. همچنین اســتاندهٔ ردیابی قطعات و موتور و استانده‌های فرآیندهای پایش کیفی، در این مجموعه تدوین شد. استانده‌های عمومی شامل تعاریف پایه و حتی شیوهٔ دسته‌بندی استانده‌ها نیز می‌شدند.

برخی استانده‌ها نیز عیناً از متن اصلی استانده‌ای عمومی مثل DIN یا ISO اقتباس شد و در ساختار استاندهٔ کارخانه قرار داده شــد. استانده‌های بین‌المللی یا عمومی مطابق نیازهای عمومی ویرایش شد و ممکن بود هر لحظه ویرایش جدیدی از یک اســتانده ارائه شــود. به این ترتیب لازم بود سازندگان از ویرایش جدید استفاده کنند و در صورت نیاز از روش‌های

ســاخت یا مواد اولیه و یا ابزارهای جدید و مطابق ویرایش جدید اســتانده استفاده‌کنند. اما به دلیل عدم‌دسترسی سریع و آســان به اطلاعات بین‌المللی در ایران، برخی سازندگان به احتمال زیاد حتی از انتشار ویرایش جدید استانده‌ها نیز مطلع نمی‌شدند و لازم بود ایران‌خودرو در صورت نیاز رأساً در به روزرسانی این استانده‌ها اقدام کند و از این طریق سازندگان را نیــز وادار به پیروی نماید. به این ترتیب با ارائهٔ ویرایش جدید اســتانده کارخانه‌ای، ویرایش جدید اســتانده بین‌المللی نیز در مجموعهٔ صنعتی جاری و لازم‌الاجرا شــد. از طرف دیگر در صورتی که ویرایش جدید اســتانده، مورد نیاز نبود و ویرایــش قبلــی نیازمندی‌های فنی محصول را فراهم می‌کرد، از تحمیل هزینه‌های حاصل از ویرایش جدید به مجموعه جلوگیری می‌شد.

استانده‌های مهندسی

این استانده‌ها شامل مشخصات فنی قطعات و مجموعه‌های موتوری بود. مثلاً فهرست ده‌ها آزمون که برای صحه‌گذاری چندراهۀ ســوخت مورد نیاز بود و معیار پذیرش هر یک به صورت مجموعه‌ای پیوســته در اســتانده مهندسی درج شد. در این مجموعه به اطلاعات ســازنده (مثلاً در قطعات دمابان و تلمبۀ روغن) نیاز بود. از اســتانده‌های مطلوب این مجموعه، اســتانده سامانۀ سوخت‌رســانی بود که بر خلاف پژو برای مجموعه‌ای از قطعات (نه یک قطعه) تعریف شد. استانده‌های عمومی شامل تعاریف پایه و حتی شیوۀ دسته‌بندی استانده‌ها نیز می‌شدند.

در شــرکت ایران‌خودرو اســتانده مهندسی در برگیرنده و بیانگر مشخصات و معیارهای فنی مشترک و یا خاص مورد نظر و مورد پذیرش برای قطعه یا مجموعۀ همبندی اســت، به طوری که ســازندگان و گروه‌های مختلف درگیر و وابســته با استفاده از این استانده توانستند به صورت هماهنگ تولیدات و محصولات خود را برابر و مطابق با شرایط و معیار پذیرش مورد نظر ارائه دهند. بررسی و تطبیق به توسط کارشناسان با استناد به همین استانده‌ها صورت پذیرفت. به عبارت دیگر، استانده معیار و سند مشترکی میان گروه‌های مختلف درگیر، برای بیان نیازهای فنی قرار گرفت.

۸-۳ شماره‌گذاری و ارجاع به استانده‌ها

معمولاً برای تدوین استانده‌ای مهندسی ابتدا همۀ الگوهای شکست یا آسیب قطعه یا مجموعۀ مورد نظر دربارۀ عملکرد، دوام، قابلیت تعمیر یا اطمینان، کارایی و تقابل آن با قطعه یا مجموعه‌های وابسته بدان استخراج می‌شود و شرایطی واقعی که در طول عمر قطعه پدید می‌آید، در آزمون‌هایی شبیه‌سازی می‌شود، سپس معیاری برای پذیرش یا عدم‌پذیرش قطعه تدوین می‌شود. در برخی استانده‌ها تقدم و تأخر آزمون نیز ارائه می‌شود.

در راســتای تدوین استانده‌ها، ارایۀ رویۀ مشخص و هماهنگ برای کدگذاری استانده‌ها و دسته‌بندی و سهولت دسترسی به آن‌ها ضروری به نظر می‌رســید. بنابراین برای دســته‌بندی اســتانده‌های تحت تدوین در معاونت نیرومحرکۀ شرکت ایران‌خودور از این رویه پیروی می‌شد:

برای هر استانده، شماره‌ای ده‌رقمی با این ساختار در نظر گرفته شد:

AAA BB C DDDD

- سه رقم اول (AAA)، واحد تدوین‌کنندۀ استانده را مشخص می‌کرد.
- دو رقم بعد (BB)، نوع سند را مشخص می‌کرد.
- یک رقم بعد (C)، نوع اســتانده را مشــخص می‌کرد، که با توجه به حجم و تنوع استانده‌های معاونت اجرایی ساخت و همبندی نیروی محرکه، مطابق جدول ۱-۸ است:

جدول ۱-۸ استانداردهای معادل با شماره کد C

ردیف	شماره رمز C	نوع استاندارد
۱	۰	استانده‌های قطعه[۱]
۲	۱	استانده‌های مواد[۲]
۳	۲	استانده‌های کیفیت[۳]
۴	۳	استانده‌های فرآیند[۴]
۵	۴	استانده‌های مهندسی[۵]
۶	۵	استانده‌های عمومی[۶]

■ چهار رقم آخر (DDDD)، شمارهٔ ردیف استانده بود.

در ادامه قسمت‌هایی از دو استانده که در زمان اجرای طرح گردآوری و هم اکنون استفاده می‌شوند، برای نمونه ارائه شده است. شایان ذکر است که این استانده‌ها به زبان انگلیسی تهیه شده و استفاده می‌شوند که در این فصل، ترجمهٔ فارسی آن‌ها آورده شده است. عنوان این استانده‌ها عبارتند از:

■ استانداردهای آزمون‌های صحه‌گذاری مجموعهٔ همبندی سامانهٔ گازرسانی در موتور

■ استانداردهای پذیرش میل‌بادامک آبدیده

۸-۴ استانداردهای آزمون‌های صحه‌گذاری مجموعهٔ همبندی سامانهٔ گازرسانی در موتور

هدف

این استانده در بر دارندهٔ آزمون‌های لازم برای صحه‌گذاری مجموعهٔ پخش‌کننده گاز در سامانهٔ گازرسانی به موتور است.

کاربرد

قطعهٔ همبندی‌شدهٔ سامانهٔ گازرسانی شامل اجزایی است که گاز طبیعی را از تنظیم‌کنندهٔ فشار به موتور انتقال‌می‌دهد. این اجزاء شامل:

■ افشانه‌ها یا مجموعهٔ افشانه

■ پخش‌کنندهٔ گاز

■ حسگر دما – فشار

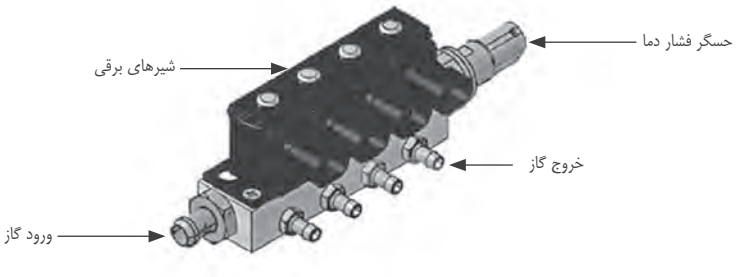
■ شلنگ ورودی

■ شلنگ‌های خروجی

■ بست‌ها، است.

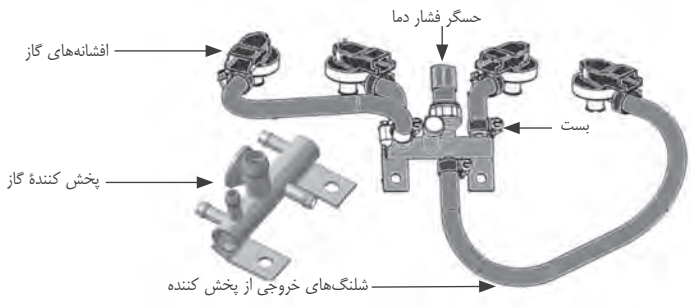
توجه: مجموعهٔ افشانه در واقع پخش‌کنندهٔ گاز است که در ساختمان داخلی آن، چهار افشانه وجود دارد. در واقع در سامانه‌هایی که مجموعهٔ افشانه وجود دارد، پخش‌کنندهٔ گاز حذف می‌شود (شکل۱-۸).

۱-Part Standards
۲-Material Standards
۳-Quality Standards
۴-Process Standards
۵-Engineering Standards
۶-Production Line Standards

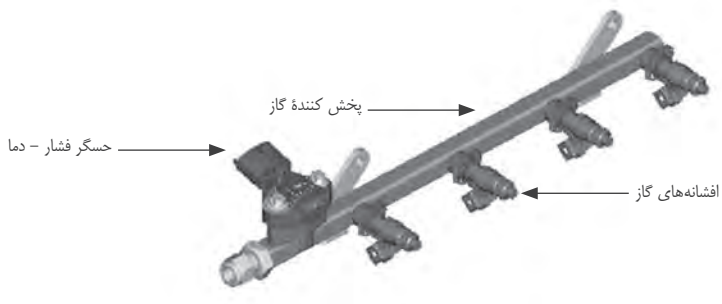


شکل ۱–۸ مجموعهٔ افشانه

در سامانه‌هایی که پخش‌کنندهٔ گاز وجود دارد، افشانه‌های گاز به طور مجزا، یا به طور مستقیم بر روی پخش‌کننده سوار می‌شوند و یا از طریق شلنگ و بست به پخش‌کنندهٔ گاز متصل می‌شوند (شکل‌های ۲–۸ و ۳–۸).



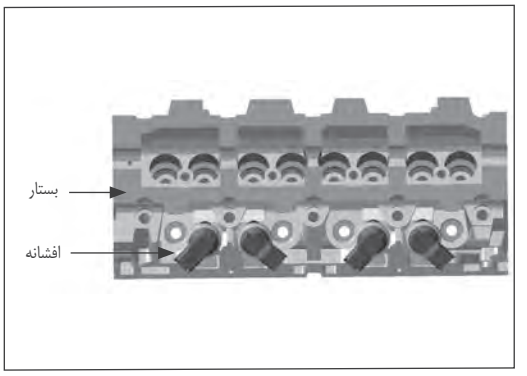
شکل ۲–۸ افشانه‌ها از طریق شلنگ به پخش‌کنندهٔ گاز متصل‌اند.



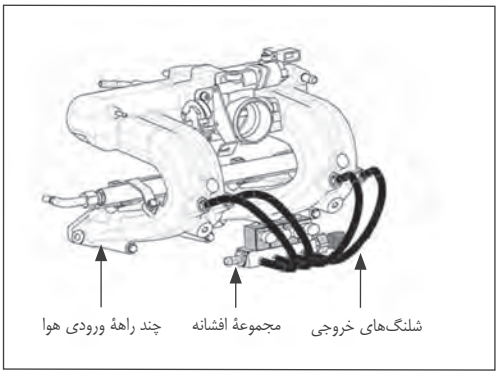
شکل ۳–۸ افشانهٔ گاز به طور مستقیم بر روی پخش‌کنندهٔ گاز نصب می‌شود.

چگونگی نصب

مجموعهٔ افشانه به وسیلهٔ پایه‌ای بر روی موتور نصب می‌شود. چهار عدد شلنگ، هدایت گاز را از افشانه‌ها به هر یک از استوانه‌های موتور به عهده دارند. در برخی از سامانه‌ها، گاز از مجموعهٔ افشانه ابتدا به سمت شاخه‌های چندراههٔ ورودی فرستاده می‌شود شکل (۴–۸). در سامانه‌هایی که افشانه‌های جداگانه دارند (شکل۳–۸ و ۲–۸)، این افشانه‌ها به طور مستقیم بر روی بستار نصب می‌شوند (شکل۵–۸).



شکل ٤–٨ افشانه‌ها به طور مستقیم بر روی بستار قرار گرفته‌اند.



شکل ٥–٨ ارسال گاز از مجموعهٔ افشانه به شاخه‌های چندراههٔ ورودی

نیازمندی‌های عمومی

ابعاد کلی

همهٔ لقی‌های اندازه‌ای و ویژگی‌های اساسی باید در نقشه مشخص شود و دارای مجوز باشد. اجزای مجموعهٔ همبندی باید به وسیلهٔ بست‌ها و ابزار مناسب بر طبق راهنمای همبندی به یکدیگر وصل شوند. همچنین تمامی اجزا باید دارای تأییدیهٔ استانداردECE R110 باشند. نقشهٔ سازنده باید د ربر دارندهٔ مواردی باشد که امکان آزمایش ابعادی و ویژگی‌های فنی قطعه و مشخصه‌های ویژه (رنگ، ماده) را بدهد و سلامت اجزا را مطابق با مشخصات موجود تأمین کند.

ویژگی‌های مکانیکی

نیروی همبندی

نیروی طولی لازم برای نصب شلنگ به سرشلنگی با سرعت خطی ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه باید کوچک‌تر یا مساوی اعداد داده‌شده در جدول ۲–۸ باشد.

جدول ۲–۸ رابطهٔ نیروی همبندی سرشلنگی به شلنگ برحسب قطر شلنگ

نیروی همبندی F (N)	قطر داخلی شلنگ (میلی‌متر)
۶۰	۴
۶۰	۶
۶۰	۸
۶۰	۱۰
۶۰	۱۲
۶۰	۱۴
۷۰	۱۶

نیروی درآوردن

نیروی طولی لازم برای جدا کرد شلنگ از سرشلنگی با سرعت خطی ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه باید کوچک‌تر یا مساوی ۱/۵ برابر نیروی آمده در جدول ۲–۸ باشد.

اختلاف در نیروی جازدن و درآوردن شلنگ

پس از ۱۰ بار جازدن و درآوردن شـلنگ به طور متوالی، نیروی لازم نباید کمتر از ۵۰ درصد مقدارهای اولیه باشـد. در ضمن هیچ‌گونه خرابی (خراش، ترک) شلنگ یا سرشلنگی مجاز نیست.

آزمون لرزه

مجموعهٔ همبندی باید ۱۵۰ ساعت در جهت‌های X و Y و Z (۵۰ ساعت در هر جهت) با دستگاه لرزاننده به لرزه درآید. سطوح ارتعاشی باید مطابق با جدول ۳–۸ باشد.

سرعت: بسامد ۳ هرتز

دمای آزمون: ۸۰ درجهٔ سلسیوس

مجموعهٔ همبندی در طول آزمون ارتعاشـی باید تحت فشـار کاری گاز قرار گرفته باشد. هوا هم می‌تواند به عنوان سیال آزمون انتخاب شود.

جدول ۳–۸ سطوح ارتعاشی در آزمون لرزه

زمان (ساعت)	شتاب (m/s^2)	جابه جایی (میلی‌متر)	بسامد
۵۰		۲٫۵	۱۰ تا ۵۰
		۰٫۱۶	۵۰ تا ۲۵۰
	۲۵۰		۲۵۰ تا ۵۰۰

شـرایط تأیید: هیچ‌گونه تغییر شـکل، ترک سطحی، شکاف و تغییر ابعادی مجاز نیسـت. مجموعهٔ همبندی باید آزمون آب‌بندی را بگذراند.

آزمون ارتعاش در حالت تشدید

مجموعهٔ همبندی باید با دسـتگاه لرزاننده در محدودهٔ ۱۰۰ تا ۵۰۰ هرتز رصد بسـامدی شـود. این کار برای پیدا کردن بسـامدهای تشـدید احتمالی در مجموعه است. در صورت وجود بسامد تشـدید، مجموعه باید در آن بسامد به مدت ۴۸ ساعت یا ۱۰ میلیون چرخه لرزانده شود. مجموعهٔ همبندی در طول آزمون ارتعاشی باید تحت فشار کاری گاز قرار گرفته باشد. هوا هم می‌تواند سیال آزمون انتخاب شود.

بسامد رصد: ۱ هرتز

دمای آزمون: ۸۰ درجه سلسیوس

شـرایط تأیید: هیچ‌گونه تغییر شـکل، ترک سطحی، شکاف و تغییر ابعادی مجاز نیسـت. مجموعهٔ همبندی باید آزمون آب‌بندی را بگذراند.

توجه: بسامد تشدید باید کمتر از ۲۴۰ هرتز باشد؛ در صورتی که بسامد تشدید بزرگ‌تر از ۲۴۰ هرتز باشد، نیازی به این آزمون نیست.

آزمون ضربهٔ مکانیکی

مجموعـهٔ همبندی باید بر روی نگهدارندهٔ محکم طوری قرار گیرد که شـبیه به شـرایط قرارگیـری واقعی روی موتور باشـد.۳ ضربهٔ مکانیکی را لرزاننده در طول محورهای عمود برهم در ۶ جهت به مجموعه اعمال می‌کند. شـتاب اعمالی به مجموعه باید G 50 در مدت زمان کمتر از ۱۱ میلی‌ثانیه باشد.

شـرایط تأیید: هیچ‌گونه تغییر شـکل، ترک سطحی، شکاف و تغییر ابعادی مجاز نیسـت. مجموعهٔ همبندی باید آزمون آب‌بندی را بگذراند.

آزمون فشار دوره‌ای

آزمون فشار دوره‌ای باید مطابق این روش روی مجموعهٔ همبندی انجام شود:

فشار ضعیف:۵۰ کیلو پاسکال مطلق

فشار قوی: ۱٫۵ برابر فشار مطلق کاری

بسامد: ۲ هرتز

مدت زمان: ۵۰۰ ساعت

دمای آزمون: ۱۲۰ درجه سلسیوس

شـرایط تأیید: هیچ‌گونه تغییر شکل، ترک سطحی، شـکاف و تغییر ابعادی مجاز نیست. مجموعه باید آزمون آب‌بندی را بگذراند.

آزمون اعمال نیروی جانبی

در اتصالاتی که شیلنگ وجود دارد (شکل ۵–۸)، آزمون نیروی جانبی طبق این رویه باید انجام شود:

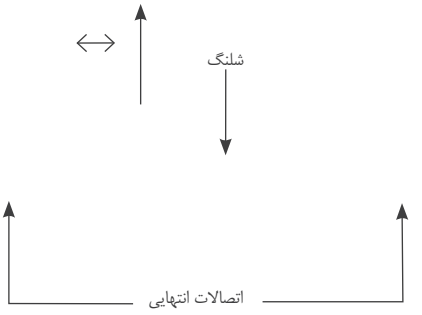
فشار داخل شلنگ: ۱ بار

نیروی جانبی (Fr): ۷۰ نیوتن (در ۲ یا سه جهت)

سرعت کشش: ۱۰ میلی‌متر بر دقیقه

مجموعهٔ همبندی یا باید در زیر آب قرار گیرد یا از روش افت فشار آب‌بندی محاسبه شود.

شرایط تأیید: در طول آزمون، در مجموعهٔ همبندی باید آزمون آب‌بندی را بگذراند.



شکل ۵– ۸ اتصال شلنگی

مقاومت در برابر پیرسازی

پیرسازی آب و هوایی

آزمون بر اساس روش استانداردِ D471309 انجام می‌شود. هر کدام از مجموعه‌ها باید ۵ چرخه تعریف‌شده را بگذرانند:
۱+ ۱۶ ساعت در دمای ۸۵ درجهٔ سلسیوس با رطوبت نسبی ۸۵ درصد
۱+ ۳ ساعت در دمای ۳۰- درجهٔ سلسیوس
۱+ ۵ ساعت در دمای بیشینهٔ ۱۵۰ درجهٔ سلسیوس با رطوبت نسبی

شـــرایط تأیید: هیچ‌گونه تغییر شکل، ترک سطحی، شـــکاف و تغییر ابعادی مجاز نیست. مجموعه باید آزمون آب‌بندی را بگذراند.

پیرسازی حرارتی

مجموعهٔ همبندی باید با این شرایط در کورهٔ حرارتی قرار گیرد:
دما: ۱۲۰ درجهٔ سلسیوس
مدت زمان قرارگیری در کوره: ۵+ ۱۰۰۰ ساعت

شـــرایط تأیید: هیچ‌گونه تغییر شکل، ترک سطحی، شـــکاف و تغییر ابعادی مجاز نیست. مجموعه باید آزمون آب‌بندی را بگذراند.

مقاومت شیمیایی

آزمون گوگرد
مجموعهٔ همبندی در فشار ۲ بار در دمای ۱۲۰ درجهٔ سلسیوس به مدت ۲۸ روز آزمون می‌شود.
سیال:$215mg/m^3$ سولفور(H_2S) و بقیه G20
توجه: mg/m^3 به معنای میلی‌گرم بر متر مکعب در شرایط عادی[۱] است.
شـــرایط تأیید: هیچ‌گونه تغییر شکل، ترک سطحی، شـــکاف و تغییر ابعادی مجاز نیست. مجموعه باید آزمون آب‌بندی را بگذراند.

مقاومت در برابر سیال

گام‌های الف تا ب باید شش مرتبه برای هر یک از سیال‌های جدول ۴-۸ انجام شود:
الف- مجموعهٔ همبندی به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجهٔ سلسیوس گرم می‌شود.
ب- پس از درآوردن از کوره در درون سیالی که در دمای محیط قرار دارد، به مدت ۳۰ دقیقه قرار می‌گیرد.

۱-Normal

جدول ٤-٨ فهرست سیال‌ها و دمای آن‌ها

سیال آزمون	دمای آزمون
بنزین بدون سرب	23 °C
گاز اسیدی (۵۰ درصد بنزین بدون سرب + ۵۰ درصد تولوئن)	23 °C
روغن ترمز	23 °C
خنک‌کنندهٔ موتور	23 °C
سیال فرمان روغنی (هیدرولیکی)	23 °C
روغن جعبه دنده	50 °C
روغن موتور	23 °C

شـرایط تأیید: هیچ‌گونه تغییر شکل، ترک سطحی، شـکاف و تغییر ابعادی مجاز نیست. مجموعه باید آزمون آب‌بندی را بگذراند.

آزمون آب‌بندی

مجموعهٔ همبندی در شـرایط مشـابه خودرو بر روی نگهدارنده نصب می‌شود. هوا با فشار ۲۰ کیلو پاسکال به مجموعه اعمال می‌شود و با نرخ ۲۰ کیلو پاسکال بر ثانیه افزایش می‌یابد. فشار نهایی باید ۱٫۵ برابر فشار کاری باشد. در این فشار مجموعهٔ همبندی به مدت ۵ دقیقه قرار می‌گیرد.

شرایط تأیید: در صورت استفاده از روش افت فشار، میزان نشتی باید کمتر از ۰٫۲۵ میلی‌لیتر در دقیقه باشد و در صورت استفاده از غوطه‌وری در آب، حبابی مشاهده نشود.

۸-۵ استانداردهٔ پذیرش میل‌بادامک سخت‌کاری شده

شرح

میل‌بادامـک چدنـی ریخته‌گـری شـده در قالب فلزی خنک شـونده، عیوب سـطوح پرداخت نشـده، عیوب سـطوح ماشینکاری‌شده

هدف

این اسـتانده در بر دارندهٔ شـرایط پذیرش سطوح و ارزیابی داخلی میل‌بادامک‌های ورودی و خروجی سخت‌شده به روش فرآیند ریخته‌گری خنک شونده است که می‌تواند در آزمون‌های نمونه‌ای و نظارت پیاپی استفاده شود.

کاربرد

نیازمندی‌ها و مشخصه‌های در بر گیرندهٔ این استانده می‌تواند با تعیین و ذکر در نقشه، محدود گردد.

رویه

آزمون با بازرسی ۱۰۰ درصد و در صورت لزوم برای عیوب کوچک، با اندازه‌گیری ابعادی انجام می‌شود. نتایج محتمل:

الف– قطعه تأیید است.

ب– قطعه نیاز به دوباره‌کاری دارد.

ج– قطعه مردود است.

نیازمندی‌های پذیرش

این بخش شامل نیازمندی‌های پذیرش بازرسی چشمی عیوب سطحی میل‌بادامک است که در اثر فرآیند ریخته‌گری یا عملیات ماشینکاری ایجاد می‌شوند.

عیوب قابل قبول شامل خلل و فرج، ترک، کندگی، سنگ‌ریزه (بدون قطعات فلزی) است.

فضاهای انقباضی، شکل‌دهی نادرست ریخته‌گری و خطوط قالب در تمامی مقاطع مجاز نیست.

عیوب سطوح ماشینکاری بادامک‌ها

عطف به نقشهٔ بادامک، سه ناحیهٔ اصلی برای بادامک تعریف شده است (شکل ۶–۸):

Zone 3

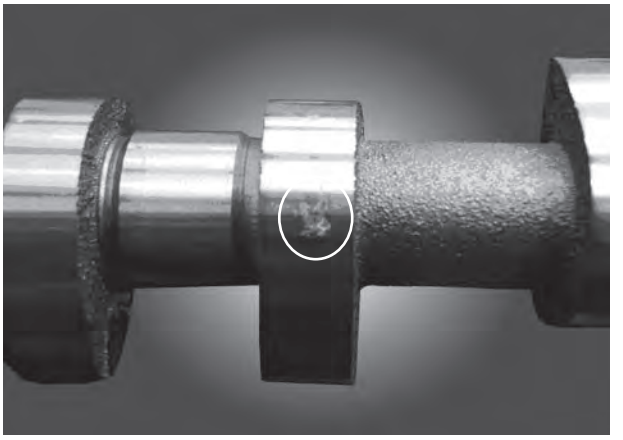
شکل ٦–٨ تعریف ناحیه‌ها در مقطع بادامک

معیار مجاز خلل و فرج و کندگی بادامک‌های ماشینکاری در جدول ۵–۸ نشان داده شده است:

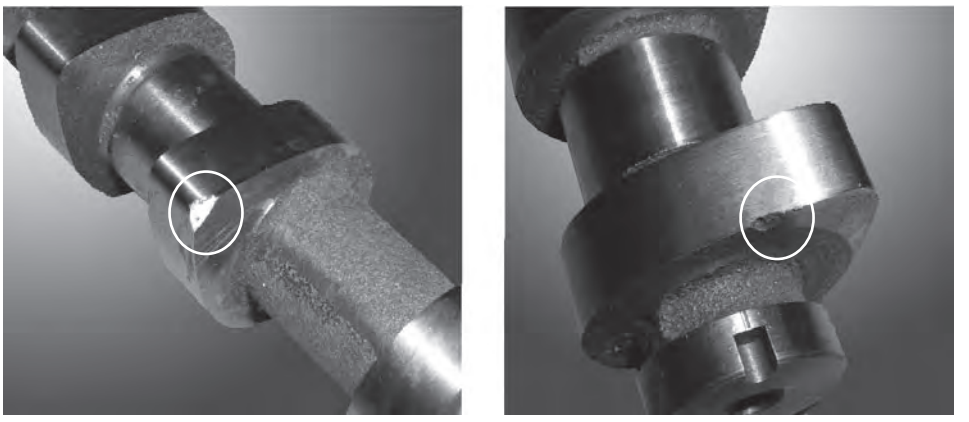
جدول ۵ –۸ عیوب مجاز (خلل و فرج، ترک و کندگی) برای بادامک‌های ماشینکاری‌شده

ناحیه	تعداد عیوب
Z1 (شیب باز و بسته شدن)	0
Z2 (ناحیهٔ خیز)	0
Z3 (دایرهٔ مبنا)	حداکثر ۳ عیب با Ø ≤ 1.0 mm

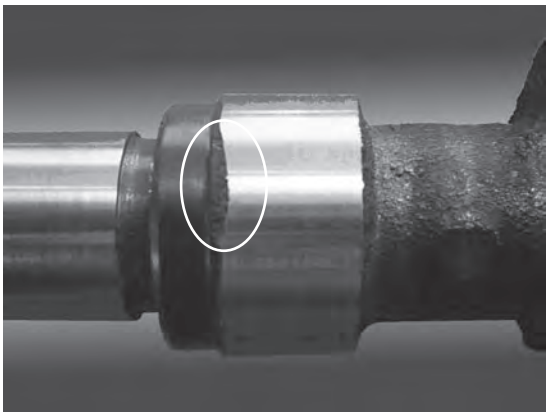
مطابق توضیحات برخی عیوب مجاز، عیوب قابل دوباره‌کاری و عیوب غیر قابل‌قبول برای بادامک‌های ماشـــینکاری در شکل‌های ۷–۸ تا ۱۵–۸ نشان داده شده است:



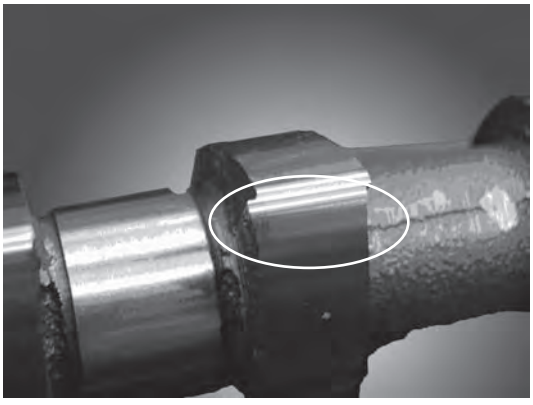
شکل ۷-۸ کندگی بادامک در ناحیهٔ ۱ و ۲ (مردود)



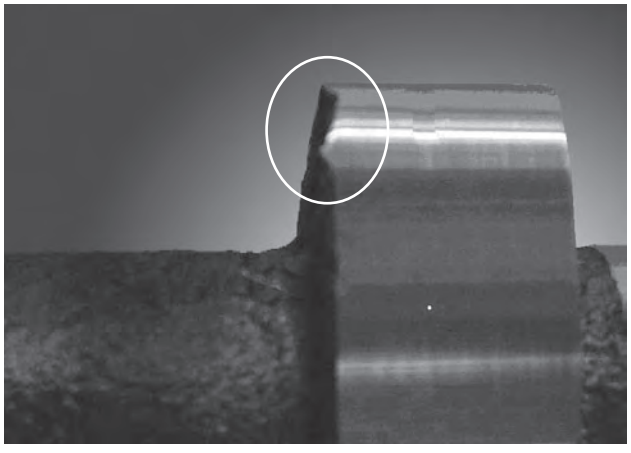
شکل ۸-۸ پرکردگی ضعیف مادهٔ ریختگی در ناحیهٔ ۱ و ۲ (مردود)



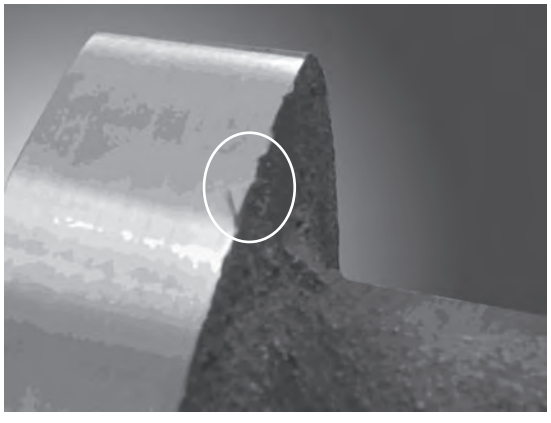
شکل ۹-۸ پرکردگی ضعیف مادهٔ ریختگی در دایرهٔ مبنا ناحیهٔ ۳ (مردود)



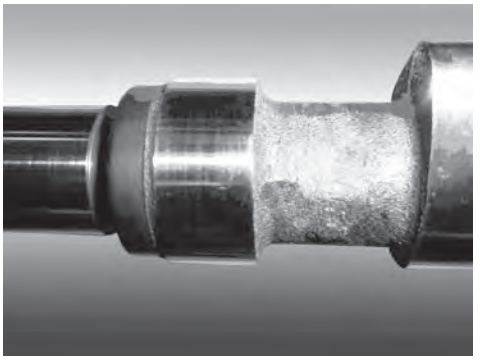
شکل ۱۰-۸ جابه جایی قالب (مردود)



شکل ۱۱-۸ ذرهٔ آمادهٔ فرار (مردود)

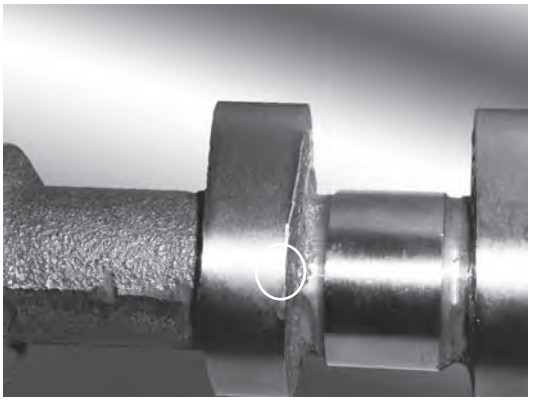


شکل ۱۲-۸ خراش ناشی از ماشینکاری یا جابه جایی در اثر سطوح برجستگی (مردود)



شکل ۱۳-۸ تاول ناشی از ماشینکاری (مردود)

شکل ۱٤-۸ ماشینکاری سطح (تأیید)



شکل ۱۵-۸ باقیماندهٔ ریخته‌گری ممکن است نیفتاده باشد. (تأیید)

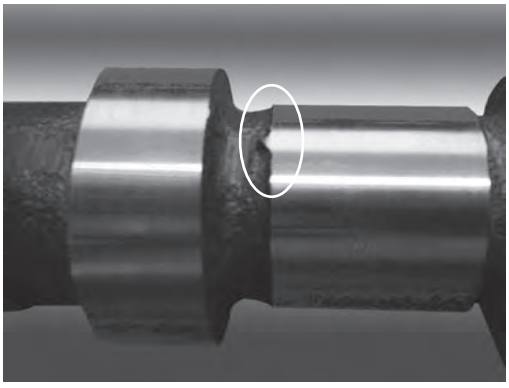
عیوب سطوح دیگر ماشینکاری

عیوب مجاز (خلل و فرج، کندگی و ترک) بر روی سطوح دیگر ماشینکاری مثل درون یاتاقان و سطوح آب‌بندی، مطابق جدول ۶–۸ خواهد بود.

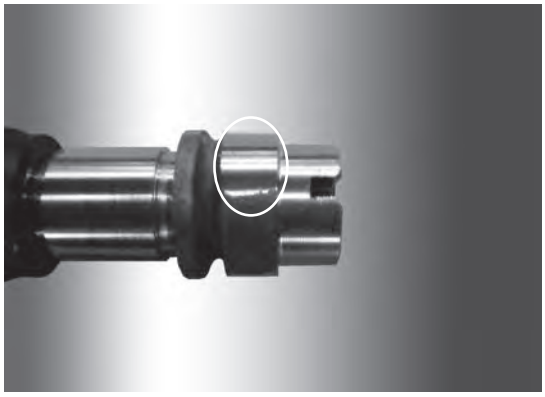
جدول ٦–٨ عیوب مجاز برای سطوح دیگر ماشینکاری

منطقه	شرایط قابل قبول
درون یاتاقان	حداکثر ۳ عیب با $Ø \leq 1.0$ mm
سطوح آب‌بندی	بدون عیب

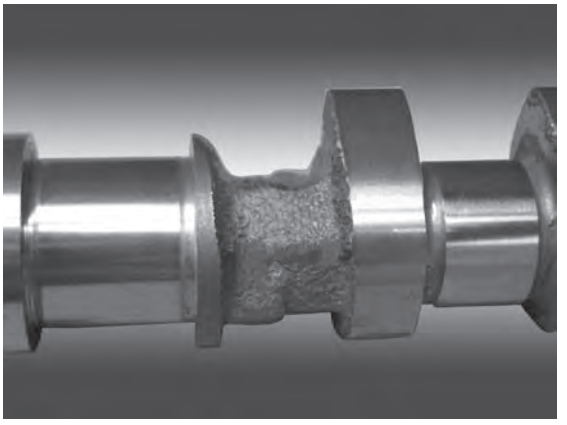
تعدادی از عیوب قابل قبول اما نیاز به دوباره‌کاری و تعدادی از عیوب غیر قابل قبول برای درون یاتاقان و سطوح آب‌بندی مطابق شکل‌های ۱۶–۸ تا ۱۹–۸ خواهد بود:



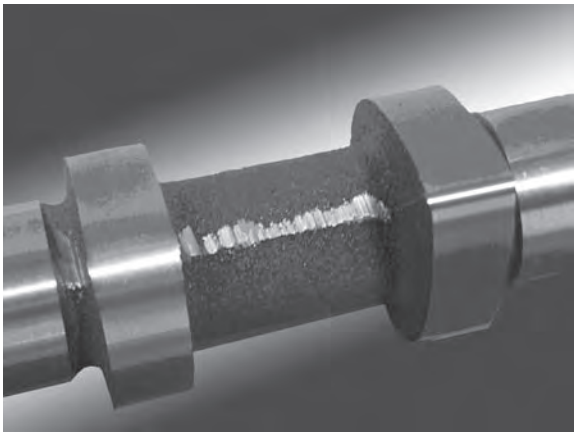
شکل ١٦–٨ عیب سطحی نزدیک به ناحیهٔ یاتاقان قطعه (مردود)



شکل ١٧–٨ پرداخت‌کاری نهایی ناصحیح ناحیهٔ یاتاقان‌ها (مردود)



شکل ۱۸-۸ کاهش قطر در فرآیند تمیزکاری (مردود)



شکل۱۹-۸ استقرار باقیماندهٔ ریخته‌گری (تأیید)، خط جدایش قالب با فرآیند تمیزکاری

155.5°
B
18° (3x)
C
E
0.1 B A C
Ø6.2 H12 thru
C
(114°) sensor position
C
E
R113.12
A
120° (3x)
60° (4x)
D
A
100
16

فصل نهم

تصدیق و صحه‌گذاری

تصدیق و صحه‌گذاری[۱]

۹-۱ پیش‌درآمد

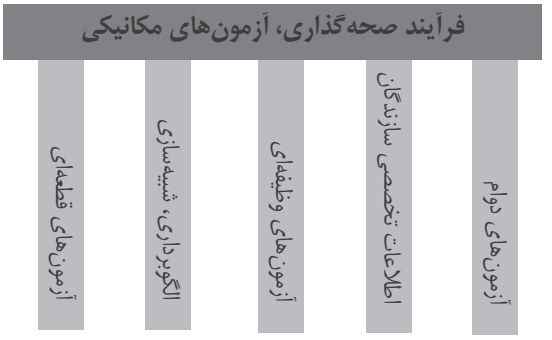
مفهوم این واژه در اصول طراحی یا توسعهٔ محصولی جدید[۲] مانند موتور ملی آن است که صحت عملکرد و دوام سامانه‌های مختلف موتور در اتاق آزمون و در قالب شرایط واقعی کارکرد موتور در خودرو بررسی شود و در پایان، کارکرد مورد انتظار گروه طراحی از هر قطعه، محک بخورد و در صورت نیاز بازخورهای لازم، برای اعمال اصلاحات مشخص شود.
کار، نشـد ندارد[۳]، شـعار برخی از گروه‌های صحه‌گذاری اسـت که در پی آن مفاهیم و معیارهای جدید تعریف می‌شـود و چرخـهٔ صحه‌گذاری را نسـبت به گروه طراحی تکمیـل می‌کند. فرآیند صحه‌گذاری موتور یکـی از مراحل ایجاد و یا توسـعهٔ موتور به شـمار می‌آید. این فرآیند با نگرش کارکردی به مجموعه‌های داخلی موتور و استحکام سازه‌ای آن، راه دسـتیابی را به محصول قابل‌اطمینان در خط تولید هموار می‌کنـد. معمولاً نگرش افراد گروه صحه‌گذاری با طراحان در برخی موارد متفاوت است و خوشبختانه این اختلاف سلیقه منجر به توفیق در تولید محصول می‌شود. این تفاوت از آنجا نشـأت می‌گیرد که برخی فرآیندها را نمی‌توان از طریق محاسـبات در طراحی لحاظ کـرد. چرخهٔ فرآیند صحه‌گذاری و آزمایش مکانیکی با همکاری گروه‌های طراحی و محاسبات عددی تکمیل می‌شود.
فرآینـد صحه‌گذاری با توجه به حجم فعالیت‌های طرح متفاوت اسـت و زمینه‌هـای گوناگونی را در بر می‌گیرد. یکی از چندین ابزار صحه‌گذاری، مجموعهٔ آزمون‌های مکانیکی است که بر اساس نوع محصول و سیاست‌گذاری کلان برای آن محصول مشـخص می‌شـود. از این رو تعداد و تنوع آزمون‌ها می‌تواند از لحاظ سطح قابلیت اطمینان محصول، بر قیمت تمام‌شدهٔ آن اثرگذار باشد.
با توجه به نگرش فرآیندی به طراحی موتور و اهمیت دسـتیابی به محصولی مطمئن در خط تولید ایران‌خودرو، در طرح موتور ملی مجموعه‌ای از آزمون‌های مکانیکی تعریف و اجرا شد که تطابق مناسبی با ساختار موتور ملی داشت. نتیجهٔ آن فعالیت‌ها، بارز شـدن نقاط ضعف طراحی و یافتن راه‌حل به موازات نقاط قوت موتور بود. بخشـی از آزمون‌های مکانیکی در آزمایشـگاه‌های صحه‌گذاری مرکز تحقیقات موتور و با نظارت FEV انجام شـد. اجرای این آزمون‌ها به ایجاد دانش فنی جدید و بسترسازی برای دیگر موتورهای تولیدی در ایران منجر شد.[۴]
در فرآیند تولید محصول جدید، فعالیت گروه صحه‌گذاری به طور مقطعی از ابتدا، آغاز می‌شـود و زمانی جدی می‌شـود که نخستین نمونهٔ محصول ساخته شود.
به این ترتیب در طرح موتور ملی، برخی فعالیت‌های گروه صحه‌گذاری همچون انتخاب نوع آزمون‌ها، روش و پیش‌بینی زمان‌بندی اجرای آن‌ها از ابتدای طرح شـروع شـد. در طول طرح و به مرور زمان، روش‌های آزمون از طریق مشورت با سازندگان برخی قطعات همچون سمبه و دریچه‌ها تغییرکرد و یا اصلاح شد.
پس از تأمین قطعات داخلی موتورهای محمولهٔ اول[۵] از سازندگان داخلی و خارجی، همبندی ۵۵ دستگاه موتور در دستور کار قرارگرفـت. ذکر این نکته مهم اسـت که همبندی این تعداد موتور به طور مـوازی نبود و به تدریج برای هر یک از آزمون‌ها همبندی انجام شـد. با توجه به حساسـیت و دقت لازم در کیفیت قطعات نمونه‌سازی‌شده، زمان طولانی برای بازرسی و پایش کیفیت آن‌ها سپری شد. همهٔ قطعات استفاده‌شده در این مرحله، از سوی سازنده، گواهی کیفیت داشت و حتی مرکز تحقیقات آخن برخی از آن‌ها را دوباره بازبینی‌کرد و از میان آن‌ها برخی قطعات که مشکل داشتند، به سازنده برگشت داده شد. پس از گذشت تقریباً ۱۶ ماه از شروع طرح و در اواسط سال ۲۰۰۵ میلادی، با همبندی نخستین موتور از میان ۳۵ دستگاه موتور تنفس طبیعی محمولهٔ اول، آزمون‌های مکانیکی گروه صحه‌گذاری آغاز شد.

۱- Validation
۲- New Production Development
۳-Make the Thing Works
۵-Batch I

۴- آزمایشـگاه‌های مرکـز تحقیقات موتـور با در اختیار داشـتن گواهینامهٔ ایزو ۱۷۰۲۵ قابلیت اجرای آزمون‌های مکانیکـی را در شـاخه‌های مختلف با سـوخت‌های گاز طبیعی، بنزین و گازوئیل دارد.

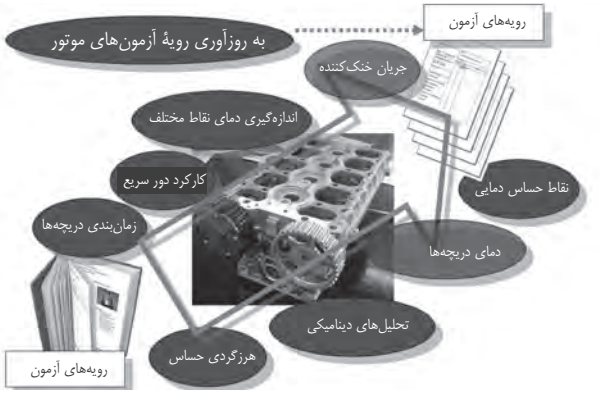
۹-۲ نیازمندی‌های فرآیند صحه‌گذاری

بـا توجه به ماهیـت فرآیند صحه‌گذاری، اطلاعات پایه‌ای و ارکان گروه صحه‌گذاری را می‌توان به صورت شـکل ۹-۱ دسته‌بندی کرد:



شکل ۹-۱ منابع اطلاعات گروه صحه‌گذاری

این مراجع به عنوان منابع تأمین اطلاعات برای گروه صحه‌گذاری به شمار می‌رفت که به روز شدن اطلاعات این گروه و کارآمدی در پیشبرد طرح از پیامدهای آن بود. منظور از آزمون‌های قطعه‌ای، آزمون‌هایی است که برای قطعه و بر روی سکوی آزمایش[۱] انجام می‌شود. نمونهٔ این آزمون‌ها، خسته‌گی دسته‌سمبه، آزمون از هم پاشیدگی چرخ طیار و آزمون‌های تناوبی روی بدنه و بستار است. از نتیجهٔ این آزمون‌ها برای بررسی های اولیهٔ قطعه و همچنین برای صدور مجوز همبندی آن‌ها روی موتور استفاده می‌شد. این آزمون‌ها، آزمون‌های تصدیق قطعه محسوب می‌شوند که در بخش تصدیق به آن‌ها اشاره خواهد شد. اطلاعات به دست آمده از آزمون‌های قطعه‌ای در تکمیل اطلاعات آزمونی و تحلیل‌های اولیه، پیش از رخداد خرابی، سودمند است. از اطلاعات الگوبرداری موتورهای مختلف می‌توان برای تفکر و بهبود قطعات و سازوکارهای داخلی موتور کمک گرفت. اسـتفادهٔ دیگر از اطلاعات الگوبرداری، تعریف و تعیین اهداف و مقادیر قابل قبول، مثلاً برای شاخص‌هایی چون مقدار متعارف مصرف روغن، درون شیوه‌نامه‌های آزمون است. شیوه‌نامه‌های آزمون یکی از مهم‌ترین ابزارهای ملموس برای اجرای آزمون‌های مکانیکی اسـت. با داشـتن دانش موتوری، دانستن ساختار موتور ملی و برخی عوامل دیگر همچون تصمیمات اصولی برای این محصول، مجموعه‌ای از آزمون‌های موتوری برای قطعات در نظر گرفته شـد و در پایان جدول آزمون‌های مکانیکی در قالب آزمون‌های وظیفه‌ای و دوام تعریف شـد.[۲] در شکل ۹-۲ آزمون‌های لازم برای یکی از قطعات مهم موتور ملی همچون بستار نشان داده شده است.



شکل ۹-۲ آزمون‌های لازم برای بستار موتور ملی

۱-Test Rig

۲- در بخش بعدی بدان اشاره می‌شود.

بـا بهره‌گیـری از نتایج شبیه‌سـازی رایانه‌ای در طرح‌های مختلـف می‌توان به تعریف مقادیر مجاز شـاخص‌های درون شیوه‌نامه‌های آزمون رسید. نتایج آزمون‌های مکانیکی، قابل‌مقایسه با پیش‌بینی‌های شبیه‌سازی رایانه‌ای بود.
همکاری با سازندگان قطعات برای به روزکردن روش‌های آزمون و تعیین شرایط مرزی آزمون‌ها بسیار حائز اهمیت بود. در بخش صحه‌گذاری موتور ملی این همکاری بسیار چشمگیر بود و به طور منظم تماس با سازندگان داخلی و خارجی برای بررسـی خرابی‌های اتفاق افتـاده و راهکارهای بهبود، انجام گرفت. مهم‌ترین اطلاعـات مورد نیاز صحه‌گذاری از آزمون‌های وظیفه‌ای و دوام به دست آمد.

۹-۳ فهرست آزمون‌های موتور

آزمون‌های مکانیکی انجام‌شده روی موتور ملی در دو مرحلهٔ محمولهٔ اول و محمولهٔ دوم اجرا شد. این دو بخش عبارت بودند از: آزمون‌های وظیفه‌ای و آزمون‌های دوام.
در جدول ۱-۹ و ۲-۹ مجموعهٔ آزمون‌های انجام‌شده روی موتور ملی تنفس طبیعی و پرخوران آورده شده است:

جدول ۱-۹ مجموعهٔ آزمون‌های مکانیکی محمولهٔ اول و دوم بر روی موتور تنفس طبیعی

مرحلهٔ توسعه	تعداد موتور همبندی شده	شمارهٔ آزمون	نام آزمون
محمولهٔ اول	۳۵	۱	دوام حرارتی اول (۴۰۰ ساعت)
		۲	دوام حرارتی دوم (۴۰۰ ساعت)
		۳	دوام استانده (۲۰۰ ساعت)
		۴	دوام استانده (۸۰۰ ساعت)
		۵	دوام پویایی (۸۰۰ ساعت)
		۶	دوام در دور تشدید (۴۰۰ ساعت)
		۷	سایش سمبه داغ
		۸	سایش سمبه سرد
		۹	تحلیل اصطکاکی
		۱۰	موتور در شیب
		۱۱	ارزیابی سامانهٔ روانکاری
		۱۲	ارزیابی کارکرد پویایی دریچه‌ها
		۱۳	اضافه سرعت
		۱۴	ارزیابی سامانهٔ خنک‌کاری
		۱۵	ارتعاشات موتور
		۱۶	بهینه‌سازی احتراق
		۱۷	توسعهٔ نگاشت موتور
		۱۸	نگاشت خودرو ۱
		۱۹	نگاشت خودرو ۲
		۲۰	نگاشت خودرو ۳
		۲۱	ارتعاشات خودرو
		۲۲	دوام خودرویی ۱

ادامهٔ جدول ۱-۹

مرحلهٔ توسعه	تعداد موتور همبندی شده	شمارهٔ آزمون	نام آزمون
محمولهٔ اول	۳۵	۲۳	دوام خودرویی ۲
		۲۴	دوام خودرویی ۳
		۲۵	دوام خودرویی ۴
		۲۶	دوام خودرویی ۵
		۲۷	دوام خودرویی ۶
		۲۸	دوام خودرویی ۷
		۲۹	خودرو در تهران مرحلهٔ ۱
		۳۰	خودرو در تهران مرحلهٔ ۲
		۳۱	خودرو در تهران مرحلهٔ ۳
محمولهٔ دوم	۲۴	۱	دوام حرارتی
		۲	دوام استاندهٔ اول (۸۰۰ ساعت)
		۳	دوام استاندهٔ دوم (۸۰۰ ساعت)
		۴	تحلیل نقاط ضعف
		۵	تحلیل نقاط ضعف
		۶	نگاشت خودرو ۱
		۷	نگاشت خودرو ۲
		۸	نگاشت خودرو ۳
		۹	تحلیل ارتعاشات و صوت خودرو
		۱۰	دوام خودرو ۱
		۱۱	دوام خودرو ۲
		۱۲	دوام خودرو ۳
		۱۳	دوام خودرو ۴
		۱۴	دوام خودرو ۵
		۱۵	دوام خودرو ۶
		۱۶	دوام خودرو ۷
		۱۷	دوام خودرو ۸
		۱۸	خودرو در شهر تهران مرحلهٔ ۱
		۱۹	خودرو در شهر تهران مرحلهٔ ۲
		۲۰	خودرو در شهر تهران مرحلهٔ ۳
		۲۲	دوام جعبه دنده (آزمون خودرو)
		۲۳	دوام جعبه دنده (آزمون خودرو)
پیش‌تولید	۳	۱	دوام استانده (۲۰۰ ساعت)
		۲	دوام پویایی (۸۰۰ ساعت)
		۳	فرآیند صحه‌گذاری

جدول ۲-۹ مجموعهٔ آزمون‌های مکانیکی محمولهٔ اول و دوم روی موتور پرخوران (TC)

مرحلهٔ توسعه	تعداد موتورهای همبند شده	شمارهٔ موتور	نام آزمون
محمولهٔ اول	۲۰	۱	ضربهٔ حرارتی شدید
		۲	دوام حرارتی اول (۴۰۰ ساعت)
		۳	دوام حرارتی دوم (۴۰۰ ساعت)
		۴	دوام استاندهٔ اول (۸۰۰ ساعت)
		۵	دوام استاندهٔ دوم (۸۰۰ ساعت)
		۶	دوام استاندهٔ سوم (۸۰۰ ساعت
		۷	دوام پویایی اول (۸۰۰ ساعت)
		۸	دوام پویایی دوم (۸۰۰ ساعت)
		۹	دوام در دورهای تشدید (۴۰۰ ساعت)
		۱۰	سایش سمبه داغ
		۱۱	سایش سمبه سرد
		۱۲	دمای سمبه، دمای دریچه‌ها
		۱۳	تحلیل کارکرد پویایی دریچه‌ها
		۱۴	ارزیابی سامانهٔ خنک‌کننده، ارزیابی سامانهٔ تهویهٔ محفظهٔ لنگ و هوادهی به روغن
		۱۵	دمای عمومی موتور
		۱۶	بررسی ارتعاشات موتور
		۱۷	توسعهٔ نگاشت موتور
		۱۸	توسعهٔ نگاشت موتور
		بنا به مذاکره	برای خودروها
محمولهٔ دوم	۸	۱	دوام حرارتی (۴۰۰ ساعت)
		۲	دوام استانده (۲۰۰ ساعت)
		۳	دوام استانده (۸۰۰ ساعت)
		۴	دوام پویایی (۸۰۰ ساعت)
		۵	دوام در دورهای تشدید (۴۰۰ ساعت)
		۶	تحلیل نقاط ضعف
		۷	تحلیل نقاط ضعف
پیش‌تولید	۳	۱	دوام استانده (۲۰۰ ساعت)
		۲	دوام پویایی (۸۰۰ ساعت)
		۳	ارزیابی اهداف

۹-۴ آزمون‌های وظیفه‌ای

منظور از آزمون‌های وظیفه‌ای، آزمون‌هایی است که در ابتدا انجام می‌شود و به کمک آن از کارکرد سامانه‌های مختلف موتور ملی همچون سامانه‌های خنک‌کاری، روانکاری و تهویهٔ محفظهٔ لنگ، اطمینان حاصل می‌شود. در ضمن نتایج آن‌ها با معیارهای داخل روش آزمون تطبیق داده می‌شود. نمونه‌ای از آزمون‌های وظیفه‌ای انجام‌شده روی موتور ملی در جدول ۳-۹ آمده است:

جدول ۳-۹ مجموعهٔ آزمون‌های وظیفه‌ای موتور ملی

نام آزمون	هدف از آزمون	محل اجرا
سامانهٔ خنک‌کاری	ارزیابی کل خنک‌کاری و شاخص‌های سیالاتی آن	مرکز تحقیقات موتور
سامانهٔ روانکاری	ارزیابی کل سامانهٔ روانکاری و شاخص‌های سیالاتی آن	مرکز تحقیقات موتور
سامانهٔ تهویهٔ محفظهٔ لنگ	اندازه‌گیری میزان گازهای محفظهٔ لنگ و مقدار روغن آن	مرکز تحقیقات موتور
اصطکاکی	اندازه‌گیری مقدار اصطکاک تک تک قطعات داخلی موتور	مرکز تحقیقات موتور
تهویهٔ روغن	اندازه‌گیری میزان هوای داخل روغن	مرکز تحقیقات موتور
کارکرد درجا و گرم	ارزیابی قطعات سازوکار دریچه در شرایط درجا	مرکز تحقیقات موتور
دمای دریچه	اندازه‌گیری دمای دریچه	مرکز تحقیقات موتور و FEV
دمای سمبه	اندازه‌گیری دمای سمبه و لزوم استفاده از فوارهٔ روغن برای خنک‌کردن آن	FEV
محفظهٔ روغن شفاف	مشاهدهٔ سازوکار گردآوری و مکش روغن	FEV
تعیین دماهای بدنه و بستار (موتور پرخوران)	اندازه‌گیری دمای بدنه، بستار و نقاط داغ آن	مرکز تحقیقات موتور
ارزیابی تسمهٔ زمان‌بندی	ارزیابی تسمهٔ زمان‌بندی و قطعات آن‌ها	FEV و قطعه‌ساز
اضافه سرعت	ارزیابی سازوکار دریچه در سرعت‌های تند (بیشتر از ۶۵۰۰ دور در دقیقه)	FEV
پویایی سازوکار دریچه	اندازه‌گیری سرعت نشستن دریچه روی نشیمنگاه	FEV
سایش سمبهٔ سرد و داغ	ارزیابی میزان سایش سمبه و صحه‌گذاری لقی سمبه و استوانه	MAHLE و FEV

۹-۵ آزمون‌های دوام

آزمون‌های دوام، آزمون‌هایی هستند که طول عمر و دوام قطعات مختلف موتور را در کنار یکدیگر محک می‌زنند. یکی از محورهای مهم در آزمون‌های دوام، یافتن خرابی‌های پیش‌آمده در طول آزمون است. نکتهٔ مشترک در همهٔ آزمون‌های

دوام انطباق با شرایط واقعی است.
در جدول ۴-۹ نمونهٔ آزمون‌های دوام انجام شده روی موتور ملی معرفی شده‌اند:

جدول ٤ -۹ مجموعهٔ آزمون‌های دوام

نام آزمون	هدف از آزمون	محل اجرا
دوام استانده ۲۰۰ ساعت (موتور NA/TC)	ارزیابی اولیهٔ دوام و استحکام قطعات موتور در کمترین زمان ممکن	مرکز تحقیقات موتور و FEV
دوام حرارتی ۴۰۰ ساعت (موتور NA/TC)	ارزیابی اولیهٔ دوام و استحکام قطعات موتور به ویژه لایی بستار در چرخه‌های حرارتی	مرکز تحقیقات موتور و FEV
دوام استانده ۸۰۰ ساعت (موتور NA/TC)	ارزیابی اولیهٔ دوام و استحکام قطعات موتور به ازای زمان طولانی‌تر	مرکز تحقیقات موتور و FEV
دوام ۸۰۰ ساعت پویایی (موتور NA/TC)	ارزیابی اولیهٔ دوام و استحکام قطعات موتور به ازای زمان و شرایط متغیر	مرکز تحقیقات موتور و FEV
ضربهٔ حرارتی بستار	ارزیابی لایی بستار	شرکت سازندهٔ آب‌بند بستار
دوام در دور تشدید	ارزیابی دوام قطعات و پایه‌ها در شرایط کاری سخت تشدید	FEV

با توجه به آزمون‌های دوام در محمولهٔ اول، نتایج مهمی به دست آمد که برخی از آن‌ها منجر به تغییرات و اصلاحات در طراحی شد و مجدداً در آزمون‌های محمولهٔ دوم به تأیید رسید. این تصمیمات در چرخهٔ برگه‌های اعلام خرابی[۱] و تشکیل جلسات منظم با واحدهای طراحی، سازندگان و گروه محاسبات عددی به دست آمده است. روش تهیه و خاتمهٔ برگه‌های اعلام خرابی به طور مختصر در پیوست ۱-۹ آمده است.
پس از هر آزمون دوام، قطعات موتور، همگی پیاده، ارزیابی و رتبه بندی شدند. بر اساس داوری ارزیاب که دارای تجربهٔ فراوان در بررسی خرابی قطعه بود، نمرات ارزیابی آن‌ها با معیارهای مشخصی که در جدول ۵-۹ آمده، اعلام شد.

جدول ٥-۹ معیار ارزیابی قطعات

ردیف	ارزیابی	توضیح
۱	بسیار خوب	ایراد قابل مشاهده‌ای وجود ندارد. تنها سایش مختصری در قطعات دیده شده است.
۲	قابل قبول	وجود خراش‌های کوچک اثرات سایش جزیی (ناخن‌گیر نباشد.) وجود قطعه‌ای که از شکل ظاهری اندکی خارج شده است.
۳	مرزی	به کنکاش بیشتری در این مورد نیاز است. ممکن است تنها در آزمون خاصی این مشکل بروز کرده باشد. نیمه عمر موجود ممکن است بسیار حساس باشد.
۴	غیر قابل قبول	وجود نشتی مادهٔ قطعه از هم پاشیده باشد (سطح قطعه تاول بزند). وجود شکستگی و یا ترک در قطعه
۵	توقف کارکرد	امکان استفاده بیشتر از موتور نیست و یا این که توصیه نمی‌شود. نیاز به تعویض قطعه وجود دارد.

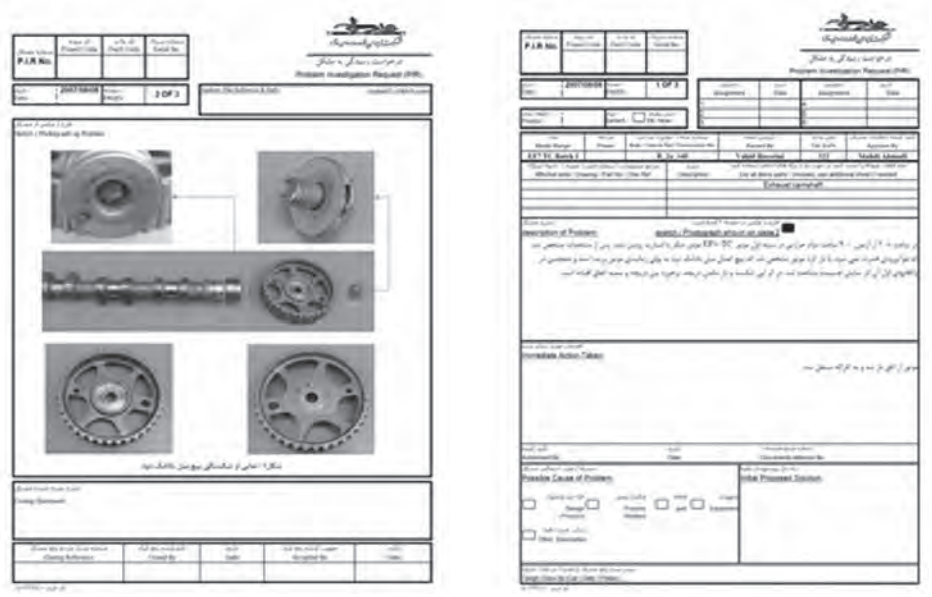
۱-DFR(Damage Failure Report)

جدول ٦-۹ نمره‌گذاری قطعات (برای یکی از آزمون‌های دوام موتوری)

طرح

استوانه ۱	استوانه ۲	استوانه ۳	استوانه ۴

برای قطعاتی که در رتبه بندی، نمرهٔ بزرگتر از ۳ دریافت کردند، برگهٔ اعلام خرابی صادر می‌شد. برگه‌های اعلام خرابی از ســازوکارهای درج خرابی و علت‌یابی آن در فرآیند صحه‌گذاری بود. در شــکل ۳-۹ نمونه‌ای از برگه‌های اعلام خرابی آورده شده است.



صفحهٔ اول:
شرح نوع خرابی و اقدامات انجام شده

صفحهٔ دوم:
توضیح تصویری

شکل ۳-۹ نمونه‌ای از برگهٔ اعلام خرابی

در طرح موتور ملی، تعداد زیادی برگهٔ اعلام خرابی صادر و بررسی شدند. مجموع خرابی‌های گزارش شده موتور از شروع آزمون‌ها تا تولید انبوه موتور بالغ بر ۱۵۰ برگه بود. در جدول ۷–۹ فهرست تعدادی از آن‌ها آمده است.

جدول ۷–۹ فهرست برگه‌های اعلام خرابی موتور ملی در مرحلهٔ صحه‌گذاری

شماره	تاریخ	گزارش‌کننده	نام قطعه	توضیح	شمارهٔ موتور
۰۰۱	۲۰۰۵/۰۶/۲۴	...	درپوش دریچه‌ها	نشتی روغن از درپوش دریچه‌ها	A_2#16
۰۰۲	۲۰۰۵/۰۷/۰۵	...	دستگاه زمان‌بندی متغیر	نشتی از ناحیهٔ کاسه‌نمد میل‌بادامک هوا	A_2#16
۰۰۳	۲۰۰۵/۰۷/۱۸	...	حسگر فشار سوخت گاز	شکستگی در حسگر فشار سوخت گاز	A_2#22
۰۰۴	۲۰۰۵/۰۷/۲۱	...	سیم‌پیچ افروزش – NA	تخریب سیم‌پیچ افروزش به علت فرسودگی	A_2#23
۰۰۵	۲۰۰۵/۰۷/۲۷	...	چندراههٔ سوخت گاز	شکستگی چندراههٔ سوخت در محل اتصال	A_2#07
...	...	...	...	...	...
۰۶۰	۲۰۰۵/۱۱/۲۱	...	چندراههٔ دود – NA	شکستگی صفحهٔ جداکننده در چندراههٔ دود	A_2#12
۰۶۱	۲۰۰۵/۱۱/۲۱	...	خار سمبه	سایش چسبندهٔ خار سمبه در چشم کوچک دسته‌سمبه	A_2#12
۰۶۲	۲۰۰۵/۱۱/۲۱	...	لایی بستار–NA	عدم آب‌بندی مناسب لایی بستار در مسیر خنک‌کاری استوانهٔ ۲	A_2#12
۰۶۳	۲۰۰۵/۱۱/۲۰	...	پیچ‌های چندراههٔ هوا	شکستگی پیچ‌های چندراههٔ هوا	A_2#17
۰۶۴	۲۰۰۵/۱۱/۲۱	...	چرخ طیار	شل شدن پیچ‌های چرخ طیار	A_2#02
۰۶۵	۲۰۰۵/۱۱/۱۶	...	سمبه –NA	سایش چسبنده در سمبهٔ ۴	A_2#01
۰۶۶	۲۰۰۵/۱۱/۱۶	...	پایهٔ نگهدارندهٔ مجموعه ملحقات جانبی به بدنه	ترک‌خوردگی در پایهٔ نگهدارندهٔ مجموعهٔ ملحقات جانبی	A_2#01
۰۶۷	۲۰۰۵/۱۲/۲۳	...	دستهٔ سیم	شکستگی سیم حسگرهای دما و فشار در چندراههٔ هوای ورودی	A_2#13
۰۶۸	۲۰۰۵/۱۲/۲۸	...	سیم‌پیچ افروزش– NA	خرابی سیم‌پیچ افروزش	A_2#17
۰۶۹	۲۰۰۶/۰۱/۱۲	...	تلمبهٔ روغن	افت فشار در تلمبهٔ روغن	A_2#13
۰۷۰	۲۰۰۶/۰۱/۱۲	...	پایهٔ نگهدارندهٔ چندراههٔ ورودی به بدنه	شکستگی پایهٔ نگهدارنده چندراههٔ ورودی به بدنه	A_2#17
۰۷۱	۲۰۰۵/۰۱/۲۵	...	افشانهٔ گاز طبیعی	کاهش شار پاشش	A_2#17
۰۷۲	۲۰۰۶/۰۱/۲۷	...	فنر دریچه	شکستگی فنر دریچه	A_2#13
...	...	...	...	...	...

۹–۶ بازخور صحه‌گذاری به طراحی

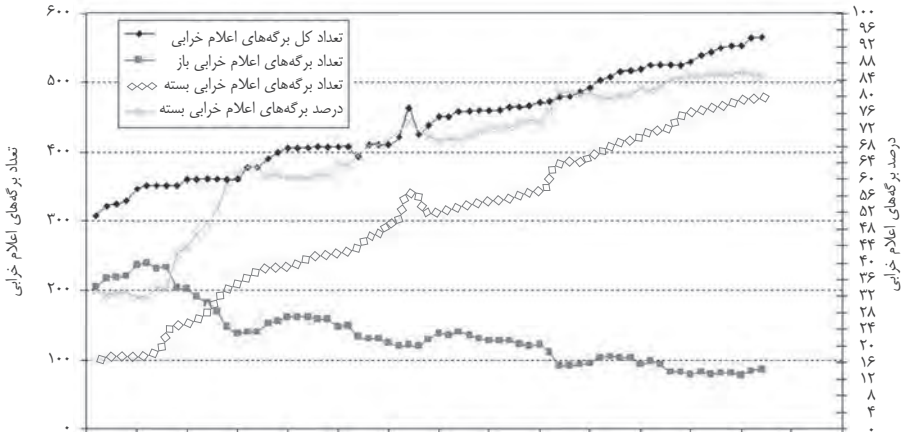
آزمون‌های مکانیکی انجام‌شده در طرح موتور ملی از جایگاه خاصی برخوردار است و مهم‌ترین بازخورها را در زمینهٔ نقایص کارکردی و یا خرابی قطعات به گروه طراحی و گروه محاسبات عددی نمایانده است.
همکاری گروه صحه‌گذاری با گروه‌های طراحی و محاسبات عددی در مرحلهٔ صحه‌گذاری طرح، منجر به این نتایج روی موتور ملی شد:

- لزوم استفاده از پایه‌های جدید برای تقویت چندراههٔ هوا
- لزوم استفاده از خنک‌کن روغن برای کاهش دمای روغن

- لزوم استفاده از افشانهٔ پاشش روغن برای سمبه
- اصلاح لایی بستار
- اصلاح طراحی پایه‌های خط سوخت گاز
- اصلاح تسمه سفت‌کن طراحی‌شده
- تأیید کارکرد سامانه‌های خنک‌کاری و تهویهٔ محفظهٔ لنگ
- تعیین حجم روغن موتور
- مشخص شدن نقاط ضعف و قوت اصطکاک سازوکارهای داخلی موتور

مهم‌ترین مشـکلات موتور تنفس طبیعی که در قالب برگهٔ اعلام خرابی گزارش شده، محدود به چرخش یاتاقان چشمی کوچک دسته‌سـمبه و خوردگی بسـتار در نواحی تماس با محلول خنک‌کن اسـت که هر کدام با پیگیری‌های دقیق رفع شد.

در شـکل ۵-۹ تعداد کل برگه‌های اعلام خرابی و تعداد گزارش‌های بررسی‌شده، بسته و ماندهٔ قبل از شروع آزمون‌های پیش‌تولید نشان داده شده است. ضروری است یادآوری شود که نوار شکل ۵-۹ بیانگر کلیهٔ خرابی‌ها در سطح محصول بوده و خرابی موتور فقط بخشی از خرابی‌های محصول را شامل می‌شود.



شکل ۵-۹ روند تعداد برگه‌های اعلام خرابی و موارد بررسی‌شده بر حسب زمان

با اسـتفاده از یاتاقان‌های اسـتوانه‌ای یک‌تکه (بدون شیار) مشـکل چرخش یاتاقان حل می‌شد و در آزمون ۵۰۰ ساعت دینامیکی پیش‌تولید در دو مرتبه صحه‌گذاری شد.

مشـکل اساسـی خوردگی بستار با اسـتفاده از ضد یخ آلی قابل پیشـگیری بود و در طول آزمون دوام چندین بار پایش شـد. در شـکل ۶-۹ روند تعداد خرابی‌های موتور تا مرحلهٔ پیش‌تولید نشـان داده شده است. این نوار مؤید روند کاهشی آن‌هاست.

شکل ٦-۹ نوار روند تعداد خرابی‌های موتور تا مرحلهٔ پیش‌تولید

با توجه به نتایج به دست آمده از آزمون‌های دوام و وظیفه‌ای روی موتور تنفس طبیعی این نوید حاصل شد که موتور از حد دوام بسیار خوبی نسبت به موتورهای معتبر همچون پژو برخوردار است و روی خودرو تا پیمایش ۱۵۰۰۰۰ کیلومتر هیچ مشکل مهمی گزارش نشد.

دربارهٔ موتور پرخوران آزمون‌های صحه‌گذاری انجام شد و آخرین وضعیت خرابی‌های موتور به گونه‌ای بود که دو خرابی عمده، بارز شد و برای بهبود آن‌ها فعالیت‌های مهندسی گسترده‌ای انجام شد. این دو خرابی، اعوجاج چندراههٔ دود و نشتی از ناحیه لایی بستار بود.

با بهبود در طراحی نحوهٔ بسته شدن چندراههٔ دود و در نظر گرفتن قطعهٔ جدیدی به نام واسط پیچ، میزان اعوجاج کاهش یافت.

با طراحی جدید لایی بستار مبتنی بر آزمون‌های مرحلهٔ اول مشکل نشتی از ناحیهٔ لایی بستار مرتفع شد و این موضوع در آزمون‌های صحه‌گذاری موتور پرخوران بررسی شد.

با توجه به نتایج به دست آمده از آزمون‌های دوام و وظیفه‌ای روی موتور پرخوران این نوید حاصل شد که موتور از حد دوام بسیار خوبی برخوردار است.

پیوست ۱-۹ شیوه‌نامهٔ اجرای برگه‌های اعلام خرابی

دامنهٔ کاربرد
قطعه و موتور

مرحلهٔ تشخیص عیب
بازرسی قطعات سازنده در ایران، بازرسی و آزمون قطعه در FEV ، همبندی موتور، آماده‌سازی موتور برای آزمون، آزمون اولیه، آزمون اصلی (در ایران یا FEV) و ارزیابی پس از آزمون

حیطهٔ مسؤولیت
■ گزارش خرابی بازرسی قطعه در ایران و FEV به عهدهٔ مسؤولان قطعه است.
■ گزارش خرابی در حین همبندی موتور، آماده‌سازی و آزمون اولیهٔ موتور مشترکاً به عهدهٔ نمایندهٔ کارگاه آماده‌سازی و نمایندهٔ گروه است.

■ گزارش خرابی در حین آزمون به عهدهٔ هماهنگ‌کننده‌های گروه صحه‌گذاری در ایران و FEV است.
■ گزارش خرابی در زمان ارزیابی قطعه پس از آزمون مشترکاً به عهدهٔ هماهنگ‌کننده‌های گروه صحه‌گذاری و نمایندهٔ گروه است.
یک نفر مسؤول تکمیل مخزن اطلاعاتی خرابی‌های تشخیص داده شده در ایران یا FEV و پیگیری به روزآوری آن‌ها و اطلاع‌رسانی به مسؤولان است.

روش گزارش‌دهی
■ مسؤولان مشخص‌شده موظف‌اند به محض وقوع و تشخیص عیب مطابق برگهٔ نمونه، گزارشی تهیه کنند و همراه با عکس‌های لازم که نشان‌دهندهٔ اثر عیب روی موتور و خود عیب روی قطعه است، به مسؤول مخزن اطلاعاتی ارسال کنند.
■ همهٔ سرگروه‌ها موظفند این موضوع را به عنوان یکی از وظایف اصلی نمایندگان خود در بازدید از نمونهٔ سازندگان یا در زمان استقرار در محل همبندی و آزمون در مد نظر قرار دهند.
■ مسؤول مخزن اطلاعاتی موظف است حداقل به صورت هفتگی با همهٔ سرگروه‌ها و مسؤولان تماس گیرد، از ارسال آخرین اطلاعات اطمینان به دست آورد و همهٔ اطلاعات دریافتی را در یک پروندهٔ اکسل مطابق نمونهٔ پیوست ذخیره کند.
■ به محض ارسال هر گونه گزارش خرابی به مسؤول مخزن اطلاعاتی، او موظف است همزمان گزارش خود را به مسؤول طراحی، سرگروه قطعه و مسؤول شبیه‌سازی اطلاع دهد.
■ همچنین مسؤول مخزن اطلاعاتی باید خرابی‌های حین آزمون را در ایران به انگلیسی ترجمه کند و برای FEV بفرستد و متعاقباً نیز گزارش خرابی‌های تشخیص داده شده در FEV را دریافت کند.

تحلیل خرابی و اقدام اصلاحی
سرگروه قطعه یا جانشین او موظف است با دریافت گزارش خرابی، جلسهٔ فنی را با همهٔ افرادی که ضروری می‌داند، تشکیل دهد و نسبت به استخراج اقدام اصلاحی و ارسال نظر پیشنهادی به FEV اقدام کند.
مسؤول مخزن اطلاعاتی موظف است همزمان از FEV و سرگروه قطعه در ایران گزارش اقدام اصلاحی و نتیجهٔ اقدام اصلاحی را دریافت و ذخیره کند.

155.5°
B
18° (3x)
C
E
0.1 B A C
Ø6.2 H12 thru
C
(114°) sensor position
C
E
R113.12
A
120° (3x)
60° (4x)
D
A
100
16

فصـــــل دهم

تولید موتور

تولید موتور

۱-۱۰ پیش‌درآمد

شرکت FEV در سال ۱۳۸۲، هزینهٔ هنگفتی را در پیشنهاد اولیهٔ خود، برای فعالیت‌های مهندسی فرآیند- به هنگام اخذ پیشنهاد طراحی، ساخت و همبندی موتور ملی- گنجانده بود. پس از بررسی کامل پیشنهاد شرکت FEV مقرر شد که این بخش از فعالیت‌های شرکت FEV حذف شود و با استفاده از نیروهای مدیریت طراحی مهندسی انجام شود. چون تا پیش از طرح موتور ملی، شرکت پژو در ایران‌خودرو این فعالیت‌ها را انجام می‌داد، پذیرش این امر تا حدودی دشوار بود. سرانجام پس از جلسات متعدد و بررسی همهٔ جوانب موضوع، پیشنهاد حذف فعالیت‌های مهندسی فرآیند از قرار داد با شرکت FEV تصویب و قرار شد که مدیریت طراحی و مهندسی مرکز تحقیقات موتور مسؤولیت اجرای آن را بر عهده گیرد. با حذف فعالیت‌های فرآیندی از قرار داد شرکت FEV حدود ۲۰ درصد از کل مبلغ قرار داد کاسته و صرفه‌جویی شد.

در آغاز طرح و برای شروع کار، برنامهٔ کامل و مدونی شامل همهٔ فعالیت‌های مهندسی و فرآیندی ماشینکاری (بدنه و بستار) و همبندی موتور ملی بر اساس زمان‌های ارائه‌شده، تهیه شد. چون موتور ملی بر اساس پیش‌بینی، قرار بود در خط موتور TU5 تولید شود (با توجه به حجم سرمایه‌گذاری و ظرفیت تولید در خطوط تولید موتور TU5)، در آغاز طرح، شرکت تام موظف شد تا نسبت به امکان‌سنجی ماشینکاری قطعات اصلی و همبندی موتور ملی در خطوط ماشینکاری و همبندی موتور TU5 اقدام کند.

با توجه به همزمانی طراحی مفهومی و طراحی جزییات موتور ملی با ساخت دستگاه‌ها و ابزارهای خطوط تولید موتور TU5 و تعامل کامل شرکت‌های سازندهٔ دستگاه‌ها با گروه طراحی موتور و بازخور به موقع آن‌ها در بررسی امکان‌سنجی تولید موتور ملی از اهمیت زیادی برخوردار بود. گرچه بین گروه طراحی و سازندهٔ خط ماشینکاری بستار که از نوع خط انعطاف‌پذیر بود، همکاری مناسبی شکل گرفت و شرکت سازنده، همزمان برای هر دو موتور به تدریج دستگاه‌ها و ابزارهای تولیدی را آماده کرد. به علت انتقالی‌بودن خط ماشینکاری بدنه و جلو بودن زمان ساخت دستگاه‌ها نسبت به زمان طراحی موتور ملی و همچنین برخی مشکلات مالی بین شرکت تام و شرکت سازنده عملاً منجر به آن شد که هزینه‌های واقعی ماشینکاری بدنه در خط ماشینکاری بدنهٔ TU5 بسیار بیشتر از آن چه که در ابتدا شرکت تام پیش‌بینی کرده بود، برآورد شود. این مشکل در مورد خط همبندی نیز رخ داد. علاوه بر این پیشرفت طرح ایجاد خطوط تولید موتور TU5 نسبت به برنامهٔ زمان‌بندی اولیه به کندی صورت‌می‌گرفت و در سال ۱۳۸۴ مدیریت طرح از امکان راه‌اندازی این خطوط در زمان پیش‌بینی‌شده برای تولید موتور ملی نا امید شد.

مجموعهٔ این مشکلات منجر به آن شد که مدیریت طرح، سازندهٔ جدیدی خارج از گروه صنعتی ایران‌خودرو برای ماشینکاری بدنه و بستار انتخاب کند و همچنین از معاونت نیرومحرکهٔ ایران‌خودرو درخواست کرد که خط همبندی جدیدی برای موتور ملی احداث کند.

شرکت تام پس از امکان‌سنجی نسبت به ارائهٔ پیشنهاد برای ایجاد تغییرات در خطوط تولید موتور ملی اقدام کرد. امکان‌سنجی شرکت تام متأسفانه از دقت کافی برخوردار نبود و پس از گذشت چند ماه از طرح موتور ملی، این شرکت اذعان کرد که امکان‌سنجی انجام‌شده در آغاز طرح در آن شرکت از واقعیت به دور بوده، اعمال تغییرات مورد نیاز خطوط ماشینکاری و همبندی بر اساس هزینه‌های اعلام‌شده، میسر نیست.

با توجه به مشکل پیش‌آمده و عدم امکان تأمین بودجهٔ جدید درخواستی از طرف شرکت تام و همچنین تأخیر زمانی نصب و راه‌اندازی خطوط ماشینکاری موتور TU5، مدیریت طرح بر آن شد تا ماشینکاری و همبندی موتور ملی را از خطوط TU5 جدا کند و با انتخاب شرکت موتور فراصنعت شمال به عنوان ماشینکار قطعات بدنه و بستار، همچنین همبندی موتور با همکاری معاونت نیرومحرکه در یک خط اختصاصی، تهدید به وجود آمده را رفع کند.

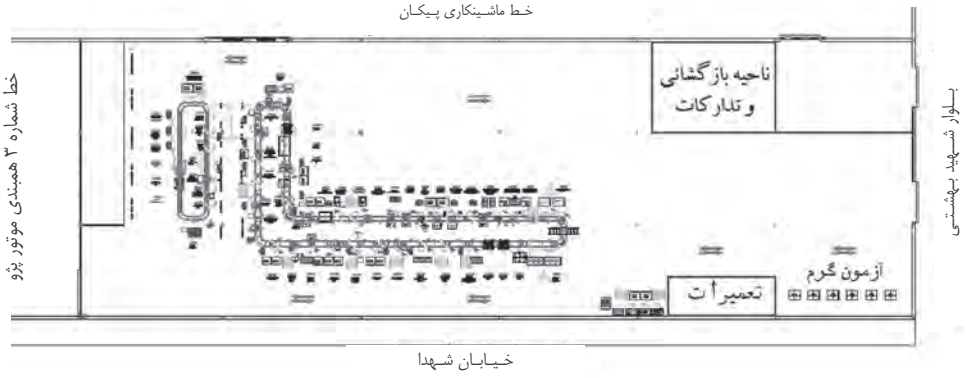
۲-۱۰خط همبندی موتور ملی

کار طراحی خط همبندی موتور ملی با همکاری مهندسی طرح و معاونت نیرومحرکهٔ ایران‌خودرو آغاز شد. با توجه به محدودیت‌های موجود، همچون فضای مورد نیاز و محدودیت‌های مالی و زمانی، قرار شد که این طرح در دو مرحلهٔ جداگانه با ظرفیت‌های ۱۰۰۰۰۰ و ۲۵۰۰۰۰ دستگاه موتور در سال اجرا شود. در مرحلهٔ اول تعدادی از ایستگاه‌هایی که از لحاظ کیفی ضرورت کمتری در استفاده از تجهیزات نیمه‌خودکار و خودکار داشتند، به صورت دستی منظور شد؛ در مرحلهٔ دوم و با افزایش ظرفیت تولید به ۲۵۰۰۰۰ دستگاه موتور در سال، همهٔ ایستگاه‌هایی که از لحاظ کیفی نیاز به استفاده از سامانه‌های خودکار و ضدخطا داشتند، تجهیز شدند. در این مرحله، خط همبندی مجهز به رایانه‌ای مرکزی می‌شود که مدیریت همهٔ خط هم‌بندی را بر عهده می‌گیرد.
همچنین برای نخستین‌بار سامانهٔ ردیابی به صورت کاملاً خودکار که قابلیت ردیابی تقریباً بیشتر قطعات موتور را داشت، در این خط به‌کار گرفته شد.

ویژگی‌های کارگاه همبندی موتور ملی

پس از بررسی و با توجه به محدودیت‌های فضایی که در داخل ایران‌خودرو وجود داشت، قرار شد خط همبندی موتور ملی در کارگاهی که در ضلع جنوبی خط تولید موتور پیکان و ضلع شرقی کارگاه شمارهٔ ۳ همبندی موتور XU7 قرار دارد، انجام شود. مساحت این کارگاه در حدود ۴۰۰۰ متر مربع است و برای بهره‌برداری، بازسازی کامل شده است.
موقعیت این کارگاه در شرکت ایران‌خودرو در شکل ۱-۱۰ و محدوده و خیابان‌های اطراف آن در شکل ۲-۱۰ نمایان است.

شکل ۱-۱۰ موقعیت کارگاه همبندی موتور ملی در کارخانهٔ ایران‌خودرو

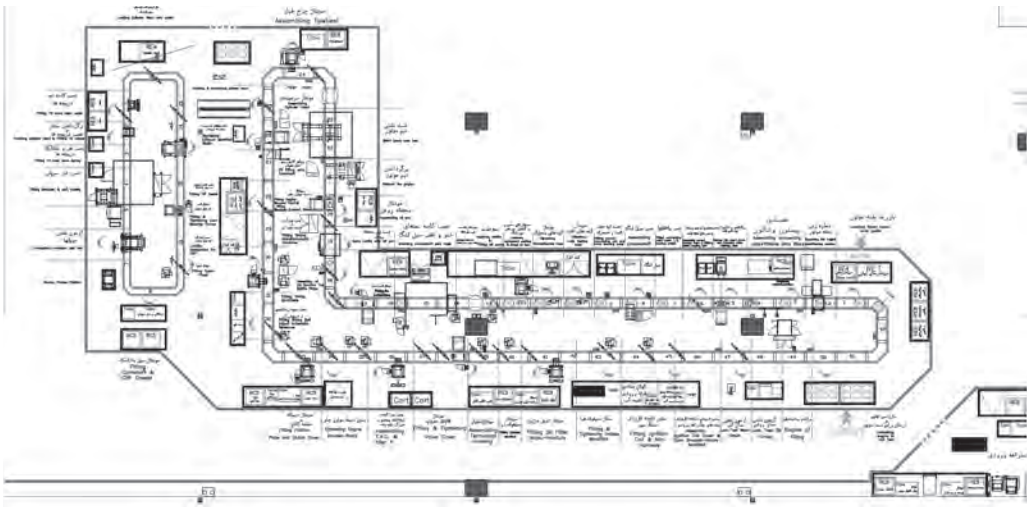


شکل ۲-۱۰ موقعیت کارگاه همبندی موتور ملی در موتورسازی ۱ در ایران‌خودرو

مشخصات عمومی مرحلهٔ اول

ظرفیت اسـمی مرحلهٔ اول ۱۰۰۰۰۰ دسـتگاه موتور در سال اسـت. از این رو برای همبندی بدنه و تجهیزات جانبی، نوار نقالـه‌ای به طول تقریباً ۱۰۰ متر و ۵۰ عدد تخته، و برای خط بسـتار نیز نـوار نقاله‌ای به طول حدود ۳۰ متر و ۲۰ عدد تخته در نظر گرفته شد.

جانمایی خط همبندی موتور ملی در مرحلهٔ اول در شکل ۳-۱۰ آمده است.



شکل ۳-۱۰ جانمایی مرحلهٔ اول خط همبندی موتور ملی

خط همبندی بدنه و قطعات جانبی مرحلهٔ اول

شـرح عملیات همبندی و سطح خودکاری ایسـتگاه‌های این خط در جدول ۱-۱۰ آمده است. از همهٔ ۴۶ ایستگاه اصلی و فرعی مرحلهٔ اول، یک ایسـتگاه خودکار، ۱۴ ایسـتگاه نیمه‌خودکار و بقیه نیز به حالت دسـتی طراحی شد که تعدادی از آن‌ها در مرحلهٔ بعدی ارتقاء یافتند. با توجه به حساسـیت موتور ملی از لحاظ کیفی، سـعی شـد تا در ایستگاه‌هایی که همبندی قطعات حسـاس انجام می‌شـود از تجهیزات خودکار و یا سامانه‌های ضدخطا برای جلوگیری از هر گونه خطای انسانی استفاده شود. یکی از مهم‌ترین آن‌ها، ایستگاه انتخاب یاتاقان‌های ثابت بود که کوچک‌ترین خطا در زمینهٔ انتخاب آن‌ها باعث تخریب کامل موتور می‌شد.

در این خط از سـه ایسـتگاه آزمون نشـتی برای اطمینان از همبندی صحیح قطعات حسـاس اسـتفاده شد. یکی از این ایسـتگاه‌ها که در انتهای خط همبندی نیم‌موتور واقع شـده، صحت همبندی قطعات قاب نردبانی و محفظهٔ روغن را از لحاظ نشتی روغن آزمایش می‌کند.

دو ایستگاه دیگر نیز در انتهای خط همبندی قطعات جانبی قرار دارند. در این ایستگاه‌ها مدار آب و روغن، از لحاظ نشتی به طور مجزا، آزمایش می‌شوند.

در مجاور خط اصلی، خط فرعی پیش‌همبندی چندراههٔ هوا وجود دارد. در این بخش ضمن همبندی افشانهٔ گاز و بنزین روی چندراهه‌های سوخت و سپس روی چندراههٔ هوا، آن‌ها را تحت آزمون نشتی نیز قرار می‌دهد. همچنین بقیهٔ قطعات الکترونیکی متعلق به چندراههٔ سـوخت و هوا نیز در این خط همبندی می‌شـوند. سپس چندراهه‌های پیش‌همبندی‌شده به توسط نگهدارنده‌های مخصوص به ایستگاه همبندی چندراههٔ هوا روی بستار (در خط اصلی) منتقل و به تدریج روی آن نصب می‌شوند.

در انتهای خط نیز ایستگاهی برای آزمون موتور در حالت گرم طراحی و نصب شد.

جدول ۱-۱۰ شرح عملیات همبندی و سطح خودکاری ایستگاه‌های خط بدنه و قطعات جانبی مرحلهٔ ۱

شمارهٔ ایستگاه	سطح خودکاری	شرح عملیات
۱۱۰	دستی	بارگذاری بدنه روی خط همبندی
۱۲۰	خودکار	شماره‌زنی بدنهٔ موتور به روش مکانیکی
فرعی ۲۰	دستی	بازکردن کپه یاتاقان‌های دسته‌سنبه
۱۳۰	دستی	همبندی دسته سنبه و سنبه در بدنه
۱۴۰	دستی- نیمه‌خودکار	برگرداندن بدنه و بازکردن کپه‌های ثابت
۱۵۰	دستی	بازکردن کپه‌های متحرک و نصب افشانهٔ خنک‌کنندهٔ سنبه
۱۶۰	دستی	یاتاقان چینی
۱۷۰	دستی	بارگذاری میل‌لنگ
۱۸۰	دستی	نصب یاتاقان‌ها و کپه‌های متحرک
۱۹۰	دستی	بستن پیچ‌های کپه‌های ثابت
۲۰۰	دستی	بستن پیچ‌های کپه‌های متحرک
۲۱۰	دستی	بازرسی لقی محوری وگشتاور چرخش میل‌لنگ
۲۲۰	دستی	چسب‌زنی تلمبهٔ روغن
۲۳۰	دستی	چسب‌زنی قاب کاسه‌نمد عقب
۲۴۰	نیمه‌خودکار	نصب کاسه‌نمدهای جلو و عقب میل‌لنگ
۲۵۰	نیمه‌خودکار	نصب و بستن پیچ‌های قاب نردبانی
۲۶۰	دستی	نصب صفحهٔ موج‌گیر و لولهٔ مکش روغن
۲۷۰	دستی- نیمه‌خودکار	چسب‌زنی محفظهٔ روغن (فرعی ۲۶۵) و بستن پیچ‌های محفظهٔروغن
۲۸۰	نیمه‌خودکار	برگرداندن نیم‌موتور
۲۹۰	نیمه خودکار	آزمون نشتی نیم‌موتور
فرعی ۳۰	دستی	آماده‌سازی چرخ طیار
۳۰۰	نیمه‌خودکار	نصب چرخ طیار
۳۱۰	دستی	نصب بستار همبندی‌شده روی نیم‌موتور
۳۲۰	دستی	بستن دسته‌موتور عقب
۳۳۰	دستی	بستن چرخ‌های هرزگرد و تسمهٔ سفت‌کن
۳۴۰	نیمه‌خودکار	بستن چرخ دندانه‌ای دود و هوا
۳۵۰	دستی	نصب تسمهٔ زمان‌بندی
۳۶۰	دستی	بستن دسته‌موتور جلو
۳۷۰	دستی	بستن میراکنندهٔ ارتعاشات پیچشی
فرعی ۴۰	دستی	آماده‌سازی درپوش دریچه‌ها
۳۸۰	نیمه‌خودکار	بستن درپوش دریچه‌ها
۳۹۰	نیمه‌خودکار	بستن اتصال چنگکی و صفحهٔ آن
۴۰۰	دستی	بستن مجموعهٔ دمابان
۴۱۰	دستی	بستن چندراههٔ خروجی

جدول ۱-۱۰ (ادامه)

شمارهٔ ایستگاه	سطح خودکاری	شرح عملیات
۴۲۰	نیمه‌خودکار	بستن پودمان تلمبهٔ آب و صافی روغن
۴۳۰	دستی	بستن مجموعهٔ چندراههٔ ورودی
۴۴۰	دستی	بستن سیم پیچ افروزش و دسته‌سیم
۴۵۰	دستی	بستن پایه‌های چندراههٔ هوا
۴۶۰	نیمه‌خودکار	آزمون نشتی مسیر آب
۴۷۰	نیمه‌خودکار	آزمون نشتی مسیر روغن
۴۸۰	دستی	پرکردن روغن موتور
۴۹۰	دستی	پیاده‌کردن موتور از روی خط هم‌بندی
--	نیمه‌خودکار	آزمون گرم موتور
فرعی ۶۰	دستی	همبندی چندراهه‌های سوخت
فرعی ۷۰	نیمه‌خودکار	آزمون نشتی مجموعه‌های چندراههٔ گاز و بنزین
فرعی ۸۰	دستی	همبندی چندراهه‌های سوخت گاز و بنزین روی چندراههٔ ورودی
فرعی ۹۰	دستی	همبندی دریچهٔ برقی هوا

خط همبندی بستار موتور ملی

خط همبندی بستار موتور ملی در مرحلهٔ اول و دوم مشترک است و تغییر اندکی دارد. شمارهٔ ایستگاه‌ها و شرح عملیات آن در جدول شمارهٔ ۲-۱۰ آمده است. تنها تفاوت خط همبندی بستار در مرحلهٔ اول و دوم در ایستگاه‌های شمارهٔ ۸۴۰ و ۹۱۰ است که در مرحلهٔ اول به صورت دستی و در مرحلهٔ دوم به ترتیب به صورت خودکار و نیمه‌خودکار خواهد بود. برای افزایش سطح کیفی همبندی، در ایستگاه شمارهٔ ۸۵۰ آزمون نشتی روی دریچه‌های دود و هوا انجام می‌شود.

جدول ۲-۱۰ شرح عملیات همبندی و سطح خودکاری ایستگاه‌های خط همبندی بستار

شمارهٔ ایستگاه	سطح خودکاری	شرح عملیات
۸۰۰	دستی	بارگذاری بستار
۸۱۰	نیمه‌خودکار	نصب کاسه‌نمد دریچه‌ها
۸۲۰	دستی	برگرداندن و نصب دریچه‌ها
۸۳۰	دستی	نصب فنر و بشقابک دریچه‌ها
۸۴۰	دستی	نصب خار دریچه‌ها
۸۵۰	نیمه‌خودکار	آزمون نشتی دریچه‌ها
۸۶۰	دستی	نصب استکانی‌های روغن
۸۷۰	دستی	نصب میل بادامک‌ها
۸۸۰	دستی	بستن شمع‌ها
۸۹۰	نیمه‌خودکار	چسب‌زنی قاب کپه‌یاتاقان‌های میل‌بادامک
۹۰۰	نیمه‌خودکار	بستن قاب کپه‌یاتاقان‌های میل‌بادامک

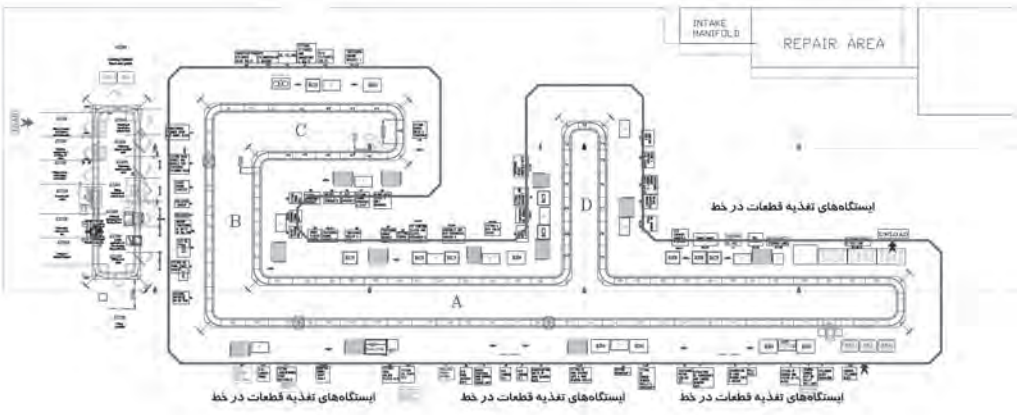
جدول ۲-۱۰ (ادامه)

شمارهٔ ایستگاه	سطح خودکاری	شرح عملیات
۹۱۰	دستی	نصب کاسه‌نمدهای سر میل‌بادامک‌ها
۹۲۰	دستی	بستن پیچ‌های دوسر رزوهٔ چندراههٔ ورودی
۹۳۰	دستی	بستن پیچ‌های دوسر رزوهٔ چندراههٔ خروجی
۹۴۰	دستی	بازرسی و انتقال بستار به خط همبندی نهایی

زمان عملکردی این خط در حدود ۵۰ ثانیه اســت و قادر اســت در دو نوبت کاری ۷٫۵ ســاعته و با بازده ۸۰ درصد، ۸۵۰ بســتار تولید کند. با احتســاب ۲۹۰ روز کاری در سال، امکان تولید ۲۵۰۰۰۰ دستگاه بستار در این خط وجود دارد. پس از همبندی بستار این قطعه را سامانه‌ای خودکار از روی خط همبندی بستار بر می‌دارد و روی بدنه که در خط اصلی آمادهٔ نصب بستار است، قرار می‌دهد.

مشخصات عمومی مرحلهٔ دوم

ظرفیت اســمی مرحلهٔ دوم ۲۵۰۰۰۰ دســتگاه موتور در ســال اســت. با توجه به افزایش ظرفیت خط مذکور از ۱۰۰۰۰۰ به ۲۵۰۰۰۰ دســتگاه، طــول خط اصلی همبندی بدنه و قطعات جانبی از حدود ۱۰۰ بــه ۱۸۰ متر افزایش خواهد یافت. همچنین با کاهش زمان عملکردی[۱] ایستگاه تعداد زیادی از ایستگاه‌های این خط از حالت دستی به خودکار و نیمه‌خودکار تبدیل خواهند شد. همچنین برای بهبود کیفیت همبندی، از سامانه‌های ضدخطا در بیشتر ایستگاه‌ها استفاده خواهد شد. برای ردیابی قطعات و پایش مشکلات احتمالی همبندی از یک سامانهٔ یکپارچه برای پایش کلیهٔ فعالیت‌های خط استفاده خواهد شــد. همچنین تعداد ســکوهای آزمون گرم موتور نیز از ۳ به ۶ دستگاه افزایش خواهد یافت. جانمایی مرحلهٔ دوم خط همبندی موتور ملی در تصویر شمارهٔ ۴-۱۰ آمده است.



شکل ٤-۱۰ جانمایی مرحلهٔ دوم خط همبندی موتور ملی

خط همبندی بدنه و قطعات جانبی مرحلهٔ دوم

بــرای افزایــش ظرفیت تولید موتور در این خط باید زمان عملکردی ایســتگاه‌ها از ۱۲۰ ثانیه در مرحلهٔ اول به حدود ۵۰ ثانیه در مرحلهٔ دوم کاهش یابد. بنابراین فعالیت بیشتر ایستگاه‌ها باید با ایستگاه‌های جدید تقسیم شود تا زمان عملکردی ایســتگاه‌ها به حد مورد نظر برســد. در نتیجه تعداد ایســتگاه‌های خط از ۴۶ در مرحلهٔ اول به ۶۳ ایستگاه در مرحلهٔ دوم افزایش می‌یابد. از ســوی دیگر بیشــتر فعالیت‌هایی که در مرحلهٔ اول به صورت دستی انجام شده، باید در مرحلهٔ دوم به صورت خودکار انجام شــود. بنابراین پیش‌بینی می‌شــود سطح خودکاری ۱۴ ایستگاه در مرحلهٔ دوم نسبت به مرحلهٔ اول ارتقاء یابد.

۱- Cycle Time

در جداول ۳-۱۰ و ۴-۱۰ شـرح عملیات و سـطح خودکاری ایستگاه‌های خط همبندی بدنه و قطعات جانبی در مرحلهٔ ۲ آمده است.

جدول ۳-۱۰ شرح عملیات و سطح خودکاری ایستگاه‌های خط همبندی بدنه و قطعات جانبی در مرحلهٔ دوم

شمارهٔ ایستگاه	سطح خودکاری	شرح عملیات
۱۱۰	دستی	بارگذاری بدنه روی خط همبندی
۱۲۰	خودکار	شماره‌زنی بدنهٔ موتور به روش مکانیکی
۱۳۰	دستی	آماده‌سازی دسته‌سمبه و سمبه
۱۴۰	دستی	همبندی دسته‌سمبه و سمبه در بدنه
۱۵۰	دستی	برگرداندن بدنه
۱۶۰	نیمه‌خودکار	بازکردن کپه‌های ثابت
۱۷۰	دستی	بازکردن کپه‌های متحرک
۱۸۰	دستی	نصب افشانهٔ خنک‌کنندهٔ سمبه
۱۹۰	دستی	یاتاقان چینی و روغن‌ریزی
۲۰۰	دستی	بارگذاری میل‌لنگ
۲۱۰	دستی	نصب کپه‌های ثابت
۲۲۰	دستی	نصب کپه‌های متحرک
۲۳۰	نیمه‌خودکار	بستن پیچ‌های کپه‌های ثابت
۲۴۰	نیمه‌خودکار	بستن پیچ‌های کپه‌های متحرک
۲۵۰	نیمه‌خودکار	بازرسی لقی محوری وگشتاور چرخش میل‌لنگ
۲۶۰	نیمه‌خودکار	چسب‌زنی تلمبهٔ روغن
۲۷۰	دستی	بستن تلمبهٔ روغن
۲۸۰	نیمه‌خودکار	چسب‌زنی قاب کاسه‌نمد عقب
۲۹۰	دستی	بستن قاب کاسه‌نمد عقب
۳۰۰	نیمه‌خودکار	نصب کاسه‌نمدهای جلو و عقب میل‌لنگ
۳۱۰	نیمه‌خودکار	چسب‌زنی بدنه برای نصب محفظهٔ روغن موتور ملی ۱٫۴ تنفس طبیعی
۳۲۰	نیمه‌خودکار	نصب و بستن پیچ‌های قاب نردبانی (بستن محفظهٔ روغن موتور ملی ۱٫۴ تنفس طبیعی)
۳۳۰	دستی	نصب صفحهٔ موج‌گیر و لولهٔ مکش روغن
۳۴۰	نیمه‌خودکار	چسب‌زنی محفظهٔ روغن
۳۵۰	نیمه‌خودکار	بستن پیچ‌های محفظهٔ روغن
۳۶۰	خودکار	برگرداندن نیم‌موتور
۳۷۰	نیمه‌خودکار	آزمون نشتی نیم‌موتور
فرعی ۳۰	دستی	آماده‌سازی چرخ طیار
۳۸۰	نیمه‌خودکار	نصب و بستن پیچ‌های چرخ طیار
۳۹۰	نیمه‌خودکار	آماده‌سازی نیم‌موتور و نصب بستار
۴۰۰	نیمه‌خودکار	بستن پیچ‌های بستار همبندی‌شده بر روی نیم‌موتور

جدول ۳-۱۰ (ادامه)

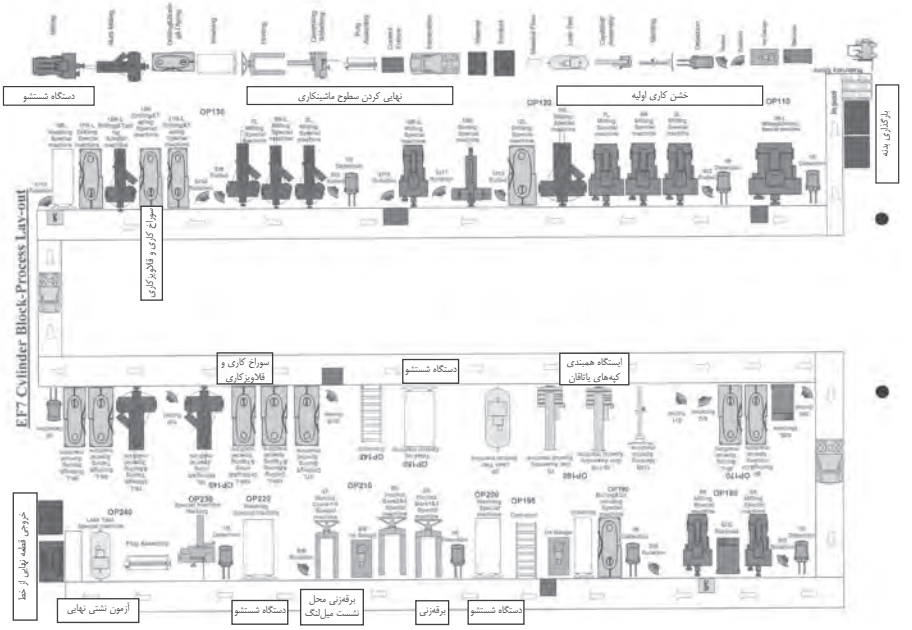
شمارهٔ ایستگاه	سطح خودکاری	شرح عملیات
۴۱۰	دستی	نصب دسته‌موتور عقب
۴۲۰	دستی	بستن دسته‌موتور عقب
۴۳۰	دستی	نصب چرخ دنده‌ای دود و هوا
۴۴۰	نیمه‌خودکار	بستن چرخ دنده‌ای دود و هوا
۴۵۰	دستی	بستن چرخ دنده‌ای سر میل‌لنگ
۴۶۰	دستی	نصب تسمهٔ زمان‌بندی
۴۷۰	دستی	نصب دسته‌موتور جلو و درپوش جلوی سامانهٔ زمان‌بندی
۴۸۰	دستی	بستن دسته‌موتور جلو
فرعی ۴۰	دستی	آماده‌سازی و نصب درپوش دریچه‌ها
۴۹۰	نیمه‌خودکار	بستن پیچ‌های درپوش دریچه‌ها
۵۰۰	دستی	بستن میرانهٔ ارتعاشات پیچشی
۵۱۰	نیمه‌خودکار	بستن اتصال چنگکی و صفحهٔ آن
فرعی ۵۰	دستی	آماده‌سازی مجموعهٔ دمابان
۵۲۰	دستی	بستن مجموعهٔ دمابان
۵۳۰	دستی	نصب چندراههٔ خروجی
۵۴۰	نیمه‌خودکار	بستن پیچ‌های چندراههٔ خروجی
۵۵۰	دستی	نصب قطعات موتور پرخوران
۵۶۰	دستی	نصب قطعات موتور پرخوران
۵۷۰	نیمه‌خودکار	بستن پودمان تلمبهٔ آب و صافی روغن
۵۸۰	دستی	بستن لولهٔ ورودی آب، حسگر زاویهٔ میل‌بادامک و شیر زمان‌بندی متغیر
فرعی ۶۰	دستی	همبندی چندراهه‌های سوخت
فرعی ۷۰	نیمه‌خودکار	آزمون نشتی مجموعه‌های چندراههٔ گاز و بنزین
فرعی ۸۰	دستی	همبندی چندراهه‌های سوخت گاز و بنزین و حسگر دما
فرعی ۹۰	دستی	همبندی دریچهٔ برقی هوا
۵۹۰	دستی	نصب مجموعهٔ چندراههٔ ورودی
۵۹۰	دستی	بستن پیچ‌های مجموعهٔ چندراههٔ ورودی
۶۰۰	دستی	بستن سیم‌پیچ افروزش
۶۱۰	دستی	بستن دسته‌سیم
۶۲۰	دستی	بستن پایه‌های چندراههٔ هوا
۶۳۰	نیمه‌خودکار	آزمون نشتی مسیر آب
۶۴۰	نیمه‌خودکار	آزمون نشتی مسیر روغن
۶۵۰	نیمه‌خودکار	پرکردن روغن موتور
۶۶۰	دستی	پیاده‌کردن موتور از روی خط همبندی
--	نیمه‌خودکار	آزمون گرم موتور

جدول ٤-١٠ فهرست ایستگاه‌هایی که باید از لحاظ سطح خودکاری تغییر می‌کردند

شمارهٔ ایستگاه	سطح خودکاری در مرحلهٔ اول	سطح خودکاری در مرحلهٔ دوم	شرح عملیات
۸۱۰	دستی	نیمه‌خودکار	نصب کاسه‌نمد دریچه‌ها
۸۴۰	دستی	خودکار	نصب خار دریچه‌ها
۸۹۰	دستی	نیمه‌خودکار	چسب‌کاری قاب کپه‌یاتاقان‌های میل‌بادامک
۹۱۰	دستی	نیمه‌خودکار	نصب کاسه‌نمدهای سر میل‌بادمک‌ها
۱۹۰	دستی	نیمه‌خودکار	انتخاب و یاتاقان چینی
۲۳۰	دستی	نیمه‌خودکار	بستن پیچ‌های کپه‌های ثابت
۲۴۰	دستی	نیمه‌خودکار	بستن پیچ‌های کپه‌های متحرک
۲۵۰	دستی	نیمه‌خودکار	بازرسی لقی محوری و گشتاور چرخش میل‌لنگ
۲۶۰	دستی	نیمه‌خودکار	چسب‌زنی و نصب تلمبهٔ روغن
۲۸۰	دستی	نیمه‌خودکار	چسب‌زنی قاب کاسه‌نمد عقب
۳۴۰	دستی	نیمه‌خودکار	چسب‌زنی محفظهٔ روغن
۳۶۰	دستی	نیمه‌خودکار	برگرداندن نیم‌موتور
۵۴۰	دستی	نیمه‌خودکار	بستن چندراههٔ خروجی
۵۹۰	دستی	نیمه‌خودکار	بستن مجموعهٔ چندراههٔ ورودی

۳-۱۰ خطوط ماشینکاری بدنه و بستار موتور ملی

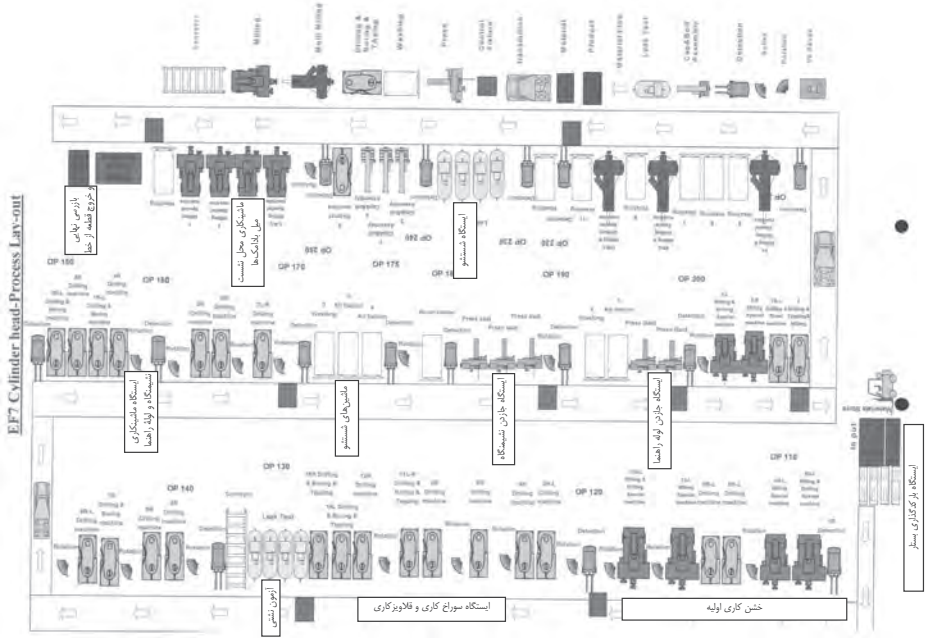
در ابتدای این فصل آمد که با توجه به مشکلاتی که برای تغییر کاربری خطوط ماشینکاری بدنه و بستار TU5 پیش آمد، مقرر گردید شرکت فراصنعت شمال مسؤولیت ماشینکاری آن قطعات را بر عهده گیرد و چون تغییر خطوط تولید تغییرات جزیی را در بدنه و بستار ایجاب می‌کرد، واحد طراحی شرکت ایپکو با همکاری شرکت FEV به سرعت نقشه‌های جدید را بر اساس خطوط ماشینکاری شرکت فراصنعت شمال تهیه‌کرد. شرکت فراصنعت شمال برای ماشینکاری قطعات بدنه و بستار اقدام به طراحی و تأمین سرنظام‌های چندکارهٔ ماشینکاری، قید و بست‌ها، شاخص‌های مراقبتی و ... کرد.
در مرحلهٔ بعدی و پس از دریافت قطعات خام، شـرکت فراصنعت شـمال خطوط خود را برای ماشینکاری قطعات بدنه و بستار موتور ملی تنظیم کرد.
اکنون خط ماشـینکاری بستار شـرکت فراصنعت شمال اختصاصاً به ماشینکاری بستار موتور ملی می‌پردازد، در حالی که خط ماشینکاری بدنهٔ آن شرکت (شکل ۵-۱۰) علاوه بر بدنهٔ موتور ملی ، بدنهٔ موتور پراید را نیز ماشینکاری می‌کند که این امر ایجاد فرصت‌های جدید برای ماشینکاری بدنهٔ موتور ملی را ضروری می‌سازد.



شکل ۵-۱۰ جانمایی خط ماشینکاری بدنهٔ موتور ملی در شرکت فراصنعت شمال

خط ماشینکاری بستار شرکت فراصنعت شمال

خط ماشـینکاری بسـتار شـرکت موتور فراصنعت شمال از نوع انتقالی اسـت. طول این خط حدود ۱۸۰ متر و شامل ۱۷ ایستگاه کاری است. جانمایی این خط در شکل ۶-۱۰ آمده است. همچنین در جدول ۵-۱۰ انواع دستگاه‌های به کاررفته در ایستگاه‌ها به طور کامل تشریح شده است. زمان عملکردی خط ماشینکاری بستار در حدود ۱۱۰ ثانیه است و این خط قادر است در هر نوبت ۸ ساعته، حدود ۲۶۰ و در سه نوبت کاری، ۷۸۰ بستار موتور ملی را ماشینکاری کند.



شکل شمارهٔ ۶-۱۰ جانمایی خط ماشینکاری بستار موتور ملی در شرکت فراصنعت شمال

جدول ۵-۱۰ دستگاه‌های به کار رفته در ایستگاه‌های خطوط ماشینکاری بدنه و بستار

نام دستگاه	تعداد در خط بدنه	تعداد در خط بستار
فرز	۷	۱۰
فرز چندکاره	۷	۳
سوراخ‌کاری	۱۲	۲۴
شستشو	۵	۵
برقه‌زنی	۳	–
علامت‌زنی	۱	۱
همبندی درپوش	۱	۳
آزمون نشتی	۲	۲
همبندی پیچ کپه‌یاتاقان	۲	۳
هواسنج	۲	–
اندازه‌گیری دقیق	۲	–
ضرب	–	۵

155.5°
B
18° (3x)
C
E
0.1 B A C
Ø6.2 H12 thru
C
(114°) sensor position
C
E
R113.12
A
120° (3x)
60° (4x)
D
A
100
16

فصل یازدهم

تولید خودرو

تولید خودرو

۱-۱۱ پیش‌درآمد

سوارى‌ســازى از مهم‌ترین و حســاس‌ترین بخش‌های ایران‌خودرو اســت. در این بخش، موتور و دیگر زیرمجموعه‌های وابسته، روی بدنه، سوار می‌شوند. با به ثمر رسیدن طرح موتور ملی و تولید انبوه آن، پیش‌بینی‌های لازم در سوارى‌سازى ایران‌خودرو برای به کار گیری موتور ملی به عمل آمد. این مسأله که خودرو به هیچ عنوان نباید از ایستگاهی بگذرد، بی آن که همهٔ کارهای تعریف‌شده برای آن ایستگاه انجام شود، در سوارى‌سازى به اصل غیر قابل بازگشت معروف است.
مهم‌ترین فعالیت‌های انجام‌گرفته در سوارى‌سازى عبارتند از:
۱- تهیهٔ مدارک و مستندات راجع به خودرو برای طرح موتور ملی
۲- پشتیبانی طراح در مراحل مختلف تولید و همبندی
۳- معرفی ابزار و تجهیزات استفاده‌شده
۴- به روز آورى وضعیت تولید
با توجه به اهمیت فعالیت‌های یادشده و همچنین اصلاحات ابلاغی دفتر طرح موتور ملی دربارهٔ قطعات، قالب‌ها و دیگر ابزارها، بخش‌های مختلف سوارى‌سازى در طرح موتور ملی، مختصراً معرفی می‌شود.
در زمان آغاز تولید انبوه محصول باید نکات بســیارى را همچون شــمارگان تولید در روز، میزان قطعات یدکی مورد نیاز، جریان مواد از انبارهای مختلف به کارگاه‌های تولید و همچنین برگشــت محصول به انبارها و ... در نظر گرفت. صورت کلی این نیازها عبارتند از:
۱- سازماندهی مشخص برای طراحی، تأمین و تدارک نیازها به صورت یکپارچه[۱]
۲- سازماندهی مشخص برای طراحی سامانهٔ جامع تدارکاتی برای دستیابی به بیشترین تولید و کمترین چالش
۳- توسعهٔ دانش لازم برای رفع نیازهای اساسی سامانهٔ تولید (در همهٔ رده‌های موجود در شرکت)
۴- ارائهٔ الگویی مناسب برای بهره‌بردارى و یا آموزش صحیح افراد دربارهٔ اصول سامانهٔ جامع تولید (مانند الگوی به کار گرفته شده در سامانهٔ جامع تولید تویوتا و بهره‌بردارى از آن با توجه به نیازهای جارى شرکت[۲])
عدم رعایت صحیح هر کدام از موارد یادشــده به بروز مشــکلاتی در ســامانهٔ جامع تولید در هر کدام از طرح‌های جارى شــرکت، منجر و باعث بروز چالش‌های گســترده و صرف هزینه‌های گزاف در رسیدن به میزان تولید پیش‌بینی شده در آینده، می‌شــود. عدم توجه به شــیوه‌های مناســب تدارکات (داخل و خارج از شــرکت)، به کار نگرفتن سامانه‌های تولید پیوســته[۳]، به کار نگرفتن ســامانه‌های هوشمند اعلام خطا و موارد دیگر، می‌تواند باعث به وجود آمدن مشکلات بسیار به هنگام تولید انبوه شود. همچنین نبود تمایز میان سامانه‌های مختلف تولید[۴] نیز می‌تواند به عدم هماهنگی بین واحدها و تأخیرها در تولید بینجامد. در طرح موتور ملی با توجه به هدف‌های تعیین‌شــده برای میزان تولید و همچنین ســقف اولیهٔ تولید، عدم رعایت هر کدام از موارد یادشده می‌توانست تأثیر جبران‌ناپذیری بر پیشبرد اهداف داشته باشد.

۲-۱۱ فرآیند طراحی و پیاده‌سازی سامانهٔ جامع تولید

طراحی و پیاده‌ســازی ســامانهٔ جامع تولید در هر شرکت باید بر اســاس اصول و ضوابط اجرایی، تدارکاتی، میزان تولید و همچنین هماهنگ با سیاســت‌های کلی شرکت باشد. هماهنگی میان بخش‌های موتورسازى و سوارى‌سازى، همزمانی این دو بخش و همچنین پیوند مستمر این دو بخش برای جلوگیری از انبار موتورهایی که مورد نیاز سوارى‌سازى نیستند و در دستور کار همبندی سوارى‌سازى قرار ندارند، موجب شکل‌گیری سامانه‌ای کاملاً هماهنگ و بی‌نقص برای تولید در هر کدام از بخش‌های موتورسازى و سوارى‌سازى خواهد شد.

۱- Integrated
۲- Toyota Production System
۳- Buffer Production
۴- Push & Pull System

سامانهٔ تولید

به هر سـامانه‌ای که در آن بر مبنای برنامه‌ای از پیش تعیین‌شـده، محصول به تولید انبوه برسـد و مراحل، قابل ردیابی باشند، سامانهٔ تولید می‌گویند. در سامانهٔ تولید، مراحل تولید به ترتیب روی محصول اجرا می‌شود و محصول نهایی پس از همهٔ مراحل پایش کیفیت به مشتری تحویل داده می‌شود. سامانهٔ تولید، برنامهٔ یک‌سالهٔ تولید، میزان تولید هر محصول و همچنین زمان تحویل محصولات را مشـخص می‌کند. دسـتورهای مقتضی و مناسـب با سیاست‌های جاری شرکت با سـامانهٔ تولید به هر کدام از بخش‌های موتورسـازی و سواری‌سازی ابلاغ می‌شـود تا برنامهٔ تولید خود را بر مبنای آن تدوین کنند. سامانهٔ تولید، هر ساله بر اساس راهبردهای ابلاغی بخش مالی و همچنین بررسی بازار، برای سال بعد تعیین می‌شود. در طرح (در مرحلهٔ اول سالانه ۲۰۰ هزار دستگاه)، برنامهٔ زمان‌بندی تولید به هر کدام از بخش‌های شرکت برای آمادگی لازم اعلام شد تا بتوانند در زمان مشخص به تعهدات خود عمل کنند.

سامانهٔ پایش تولید

همهٔ اعمالی که در راسـتای تولید محصول برای نهایی‌شـدن و عرضه به بازار، روی آن محصول صورت می‌گیرد، باید با سـامانهٔ دیگری قابل پایش و ردیابی باشـد. به این عمل که منجر به پایش محصولات معیوب و همچنین پیشرفت طرح با توجه به دسـتاوردهای مراکز تحقیقاتی شرکت ایران‌خودرو می‌شود، سامانهٔ پایش تولید می‌گویند. با اعلام برنامهٔ تولید از سوی هر کدام از واحدهای موتورسازی و سواری‌سازی، قطعات به این واحدها ارجاع داده می‌شود. سامانهٔ پایش تولید عهـده‌دار وظیفـهٔ پایش میزان تولید و همزمانی هر کدام از واحدهای مختلف شـرکت و همچنین به روزآوری اطلاعات طرح اسـت و از طریق برنامهٔ زمان‌بندی تعیین‌شـده برای هر کدام از واحدهای شرکت با توجه به خروجی حاصل، تعیین امتیاز می‌نماید.

در ادامه، این فصل به بررسی بخش‌های مختلف سواری‌سازی در طرح موتور ملی و پایش‌های مخصوصی که روی این محصول انجام می‌گیرد، می‌پردازد.

سامانهٔ پایش خط همبندی[۱]

این سامانه بیانگر پایش‌های صورت‌گرفته در خط تولید برای کاهش اشتباه‌هایی است که ممکن است کارگر انجام دهد. این سامانه،که هم‌اکنون در بیشتر خطوط تولید سواری‌سازی ایران‌خودرو مشغول به کار است، برای جلوگیری از همبندی قطعات مشـابه با موتور L3 و بر روی موتور ملی بسـیار مؤثر است. برای نمونه می‌توان سامانهٔ اعلام انتخاب دسته‌سیم مخصوص موتور و خودرو و همچنین سامانهٔ ضدخطای انتخاب رایانهٔ مناسب (که نوع آن در فصل‌های گذشته مشخص شـد)، را برگزید. این سـامانه داری زیرسامانه‌هایی مانند هشدار[۲]، حذف خطای انسـانی[۳] و خودپایشی ذاتی[۴] است که در ادامه، هر یک از زیر سامانه‌ها توضیح داده می‌شود. به کار گیری سامانهٔ پایش خط همبندی در ایران‌خودرو در خصوص طرح موتور ملی و همچنین طرح‌های دیگر، امکان تولید با ظرفیت بیشتر را به همراه سامانهٔ همزمان امکان‌پذیر می‌کند. در همین راستا استفاده از کتیبه های اعلام خرابی، اعلام قطعهٔ درست و سامانه‌های ضدخطا به کارگر استفاده می‌شود.

اتاق پایش مرکزی[۵]

همـهٔ مراحـل تولید محصول‌ها در ایران‌خودرو در اتاق پایش مرکزی، مطابق با برنامهٔ مصوب تولید، پایش و برنامه‌ریزی می‌شوند. کارشناسان این اتاق وظیفهٔ بررسی مشکلات و معضلات کارگاه‌های مختلف تولید، رنگ، بدنه‌سازی و همچنین هماهنگی کامل را برای تأمین همهٔ قطعات مورد نیاز در سطح کل شرکت بر عهده دارند. در طرح موتور ملی، برنامه‌ریزی از پیش تعیین‌شـده‌ای برای تولید سـالانه وجود داشت. این کارشناسان باید کسـری قطعات را در کارگاه‌های همبندی، مشکلات بازدارنده را در کارگاه‌های بدنه و رنگ اعم از خرابی تجهیزات و ... ، محدودیت‌های تولید محصولات را با توجه به نظر مدیران طرح، زمان تولید محصول و در پایان برای جلوگیری از تجمع بدنه‌هایی که امکان تولید آن‌ها در کارگاه

۱- Assembly Line Control
۲- Andon
۳- Pokayoke
۴- Jidoka
۵- Central Control Room (CCR)

همبندی وجود ندارد، پایش و تعیین‌تکلیف کنند(تجمع بدنه‌هایی که امکان تولید پیوسته ندارند، باعث جلوگیری از تولید محصولات دیگر و ازدست‌دادن زمان و افزایش هزینه در شرکت خواهد شد). اتاق پایش مرکزی در همهٔ بخش‌های ایران‌خودرو اعم از سواری‌سازی، دفتر طرح و مرکز تأمین قطعات خطوط ایران‌خودرو (ساپکو) وجود دارد که هر یک شرح وظایف خاص خود را بر عهده دارند.

در طرح موتور ملی، باید همهٔ این افراد به صورت مستمر مشکلات تولید و موجودی انبارها را پایش و سریعاً به دیگر واحدها ارجاع‌دهند تا کمترین چالش در تولید و کسری قطعات در خط همبندی دیده شود. دقت، صراحت و سرعت عمل افراد مشغول به کار در این حوزه، یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کنندهٔ شمارگان تولید سالیانه است.

سامانهٔ هشدار

در ایران‌خودرو همواره سعی در الگوبرداری از خودروسازان بزرگ همچون تویوتا بوده است. سامانهٔ هشدار بدین معناست که کار باید درست انجام شود و یا انجام نشود. سامانهٔ هشدار از جمله سامانه‌هایی است که برای حذف و کاهش خسارت‌ها از راه جلوگیری از اتلاف اقدام می‌کند. تنظیم فرآیندها به صورت جریانی روان و مستقل در زنجیرهٔ تولید، اساس کار سامانهٔ جامع تولید است، اما کیفیت پا را فراتر می‌نهد و در مواقعی باید تولید را فدای کیفیت کرد. در این سامانه هر زمان که کارگر با مورد مشکوکی روبه رو شود، خط تولید را متوقف خواهد کرد. برای مثال اگر کارگر در ایستگاه جازدن سیم چنگک[۱] دچار اشکال شود و از جازدن درست سیم اطمینان حاصل‌نکند، با فشار دادن کلیدی، چراغ هشدار را در بالای سر خود روشن و خط را متوقف می‌کند. این کار باعث فراخواندن سرپرست به آن ایستگاه می‌شود. عملیات دیگر ایستگاه‌ها هنگامی که سرپرستان ایستگاه‌های همبندی در ایستگاه مورد نظر حضور دارند، ادامه می‌یابد. کارگر مشکل را مطرح و سرپرست سعی‌می‌کند تا پیش از رسیدن خط به نقطهٔ توقف ثابت، مشکل را حل کند. در طرح موتور ملی، نقطهٔ ثابت کامل خط همبندی در سواری‌سازی به صورت صریح برای هر فعالیت مشخص شده است. کارگر در هر فرآیند، مسؤولیت کامل اجرای درست آن فرآیند را بر عهده می‌گیرد و با پدیدار شدن مشکل، بی‌درنگ اقدام به فشردن کلید توقف و روشن‌کردن چراغ هشدار می‌کند و با این کار سرپرست به رفع مشکل اقدام می‌کند. در ادامه، ایستگاه جازدن سیم چنگک به همراه مشکلات احتمالی که ممکن است در فرآیند همبندی آن پیش آید، آمده است.

حذف خطای انسانی[۲]

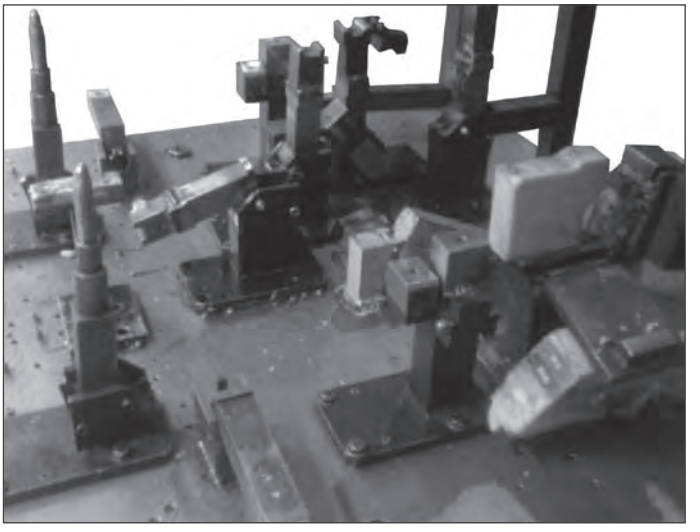
واژه‌ای ژاپنی است که نخستین‌بار در شرکت تویوتا استفاده شد. این واژه به معنای به وجود آوردن سامانه‌ای برای جلوگیری از بروز خطاهای انسانی است. بروز خطای انسانی در هر کدام از اعمالی که کارگر انجام‌می‌دهد، از انبار تحویل کالا گرفته تا خطوط همبندی موتور و همچنین خطوط همبندی بدنه می‌تواند به وقوع بپیوندد. برای جلوگیری از خطاهای کارگر، ابزار و روش‌های گوناگونی وجود دارد که در ادامه چند نمونه از آن‌ها که در طرح موتور ملی به‌کار گرفته شده، شرح داده می‌شود. زمینهٔ بروز خطای انسانی اعمالی است که کارگر انجام می‌دهد. باید به هنگام طراحی ابزار و همچنین عملیات، دقت کامل بر دستیابی به کمترین میزان بروز اشتباه از سوی کارگر و در واقع جلوگیری از تصمیم‌گیری‌های غلط کارگر داشت. این سامانه در واقع حضور دائمی سرپرست در ایستگاه‌های همبندی است و هدف آن، هر چه کمترکردن اختیار کارگر در تغییر دادن فرآیند و ساده‌سازی هر چه بیشتر فرآیند همبندی است. برای مثال استفاده از Root Card برای هر یک از قطعات ورودی به انبارها و تقسیم‌بندی قطعات می‌تواند به جلوگیری از خطای انباردار و کارگران مشغول به کار در این بخش‌ها بسیار کمک کند.

ساخت قیدهای مخصوص در خطوط موتور و مکانیکی

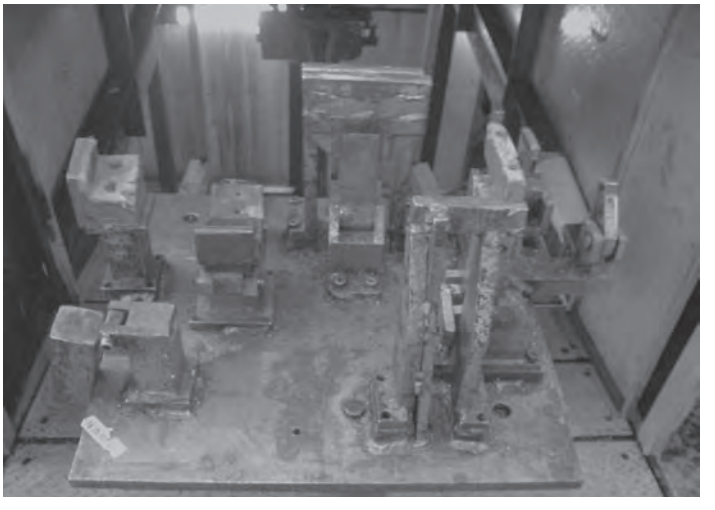
تغییرات ابعادی موتور نسبت به دیگر موتورهای همبندی‌شده موجب الزامی‌شدن قیود مخصوص در خطوط موتور و همچنین خطوط حمل خودرو[۳] در مقیاس وسیع شد. این مهم با تلاش همه‌جانبهٔ واحد خدمات مهندسی و واحد تعمیرات انجام شد و پیش از شروع مرحلهٔ پیش‌تولید تغییرات لازم روی قیود اعمال شد. عکس‌های ۱–۱۱ و ۲–۱۱ قیودی را که

۱- Clutch ۲- Pokayoke ۳- Marriage

در خطوط مکانیکی و موتور برای جلوگیری از اشــتباه انســانی در انتقال موتور، طراحی و ساخته شده‌اند، نشان می‌دهند (این مورد از طراحی را می‌توان نمونه‌ای از اجرای سامانهٔ حذف خطای انسانی در ایران‌خودور قلمداد کرد).



عکس ۱-۱۱ خط مکانیکی



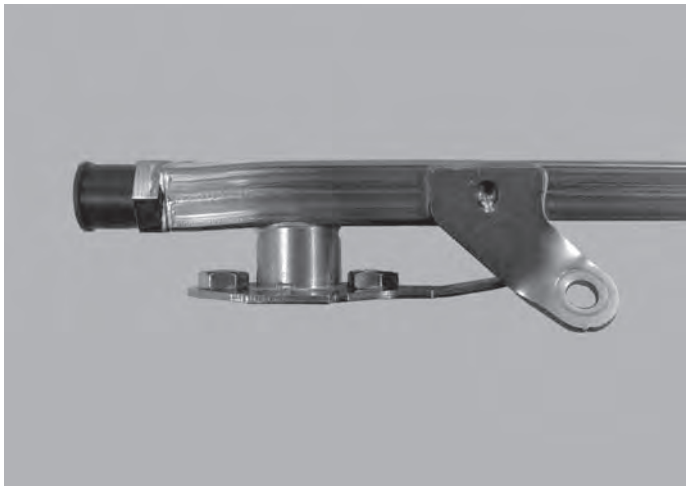
عکس ۲-۱۱ خط موتور

ابزارهای همبندی[۱]

مطابق با فرآیندهای جدید همبندی، ۵۸ دســتگاه ابزار بادی و گشتاورســنج تهیه و به خط تولید تحویل داده شــد. برای مثال موقعیت چندراههٔ گاز موتور ملی استفاده از ابزار بادی و یا برقی را میسر نمی‌ساخت و در حال حاضر این فرآیند به وســیلهٔ دستگاه گشتاورسنج و با نگاه‌داشتن طرف دیگر اتصال با آچار تخت انجام می‌شود. اجرای این روش ممکن است موجب تغییر شــکل غیر طبیعی چندراههٔ ســوخت شــود (عکس ۳-۱۱). این موضوع به اطلاع واحدهای طراحی رسید و واحد طراحی، ابزار مخصوصی طراحی کرد و در اختیار خط همبندی قرارداد. با ســاخت این ابزار از احتمال تغییر شــکل چندراههٔ ســوخت به صورت کامل جلوگیری شــد. همچنین با ابزار ساخته‌شــده نمی‌توان گونه‌ای از بست‌های دیگر را

۱- Fastening

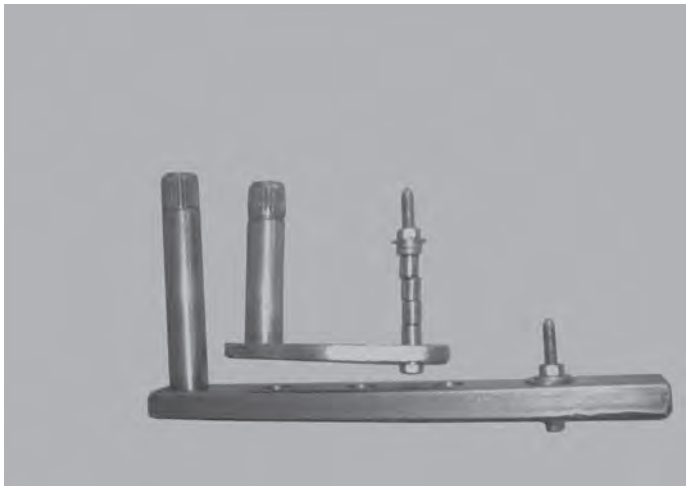
همبندی کرد و بنابراین به صورت خودپایشـــی از خطا جلوگیری می‌شـــود (نمونه‌ای دیگری از اجرای سامانهٔ حذف خطای انسانی در طرح موتور ملی).



عکس ۳-۱۱ پیچش چندراههٔ گاز در صورت عدم استفاده از ابزار مخصوص

ابزار مخصوص نصب جعبه دنده

با توجه به اضافه‌شـــدن دو عدد پیچ دوســـر رزوه روی موتور ملی ، از ابزار مخصوصی برای چرخاندن محور جعبه دنده به هنگام نصب جعبه دنده استفاده می‌شود. (عکس ۵-۱۱)



عکس ٤-۱۱ ابزار مخصوص برای چرخاندن محور جعبه دنده به هنگام نصب جعبه دنده

سامانهٔ خودپایشی ذاتی

مهم‌ترین هدفی که این ســامانه در خطوط تولید دنبال می‌کند، ایجاد کیفیت در فرآیندهای تولید اســت. در این ســامانه تجهیزات به گونه‌ای ترتیب داده می‌شـــود که موارد غیرطبیعی ردیابی و هنگام وقوع آن‌ها، خط تولید خودبه‌خود متوقف شـــود. کارگران به ابزارهای توقف مجهز می‌شـــوند تا هنگام مشـــاهدهٔ هر مورد مشـــکوک، جریان تولید را متوقف کنند.

این سـامانه از تولید موارد معیوب و انتقال آن به مراحل بعدی جلوگیری و از خسـارت‌های ناشی از تولید قطعات معیوب ممانعت می‌کند. مهم‌ترین اثر اسـتفاده از این سـامانه، تغییر در ماهیت مدیریت اسـت. این سامانه نیاز به نظارت مستمر کارگر و یا سرپرسـتان را بر دسـتگاه‌ها از بین می‌برد و دستگاه به هنگام بروز مشکل به صورت خودکار متوقف می‌شود. در طرح موتور ملی این سـامانه در همهٔ مراحل تولید به کار گرفته شـده است. برای مثال هنگامی که کاسه‌نمد میل‌لنگ در موتور جازده می‌شـود، آزمون نشتی کاسـه‌نمد میل‌لنگ روی موتور انجام می‌شود و در صورتی که نشتی کاسه‌نمد از مقدار مشـخصی بیشتر شـود، موتور به صورت خودکار از خط تولید خارج می‌شود و به بخش تعمیرات می‌رود. همچنین به هنگام جازدن دسته‌سیم جلویی سمند مجهز به موتور ملی ، اگر دسته‌سیم درست کار نکند و یا قطع‌شدگی در بخشی از آن مشاهده شود، خط به صورت خودکار متوقف می‌شود و تا دسته‌سیم تعویض و دوباره آزمون نشود، فرآیند همبندی آغاز نمی‌شود.

مزایای استفاده از این سامانه عبارتند از:

۱- توقف خط در وسـط چرخهٔ کاری هر ایسـتگاه و گسسـتگی کار، باعث به وجود آمدن پایش کیفی دقیق بر محصول می‌شود.

۲- توقف خط در ایسـتگاهی ثابت این اطمینان را در خط همبندی ایجادمی‌کند که همهٔ فرآیندها در طول خط در پایان چرخهٔ کاری خود قرار دارند.

۳- هنگام توقف در وسط کار از مشکلات کیفی به راحتی صرف نظر نخواهد شد.

این سـامانه درصدد به صفر رسـاندن خطاهای صورت‌پذیرفته در خط تولید و حل مشـکل در داخل خط و جلوگیری از دوباره‌کاری قطعات و محصولات پس از پایان فرآیند تولید و یا در خدمات پس از فروش است. این سامانه شرکت را قادر به ردیابی همهٔ قطعاتی که در خط اسـتفاده می‌شـود، می‌کند. به کمک این سـامانه، می‌توان به راحتی تقدم و تأخر همهٔ فعالیت‌ها را در نظر گرفت. شـاید در آغاز، این سـامانه متناقض با سامانهٔ همزمانی قلمداد شود، اما با پیشرفت این سامانه و همچنین به روزآوری آن متوجه می‌شویم که کمک بسزایی در همزمانی خط و همچنین افزایش آمار تولید در طولانی مدت خواهد داشت، چرا که هزینه‌های هنگفت خدمات پس از فروش را از دوش کارخانه بر می‌دارد و محصول به‌صورت کاملاً سالم و بدون نیاز به دوباره‌کاری در اختیار مشتری قرار می‌گیرد.

پس از آشـنایی مختصر با مفهوم سـامانهٔ خودپایشی ذاتی، اکنون مواردی خاص که در طرح موتور ملی در سواری‌سازی صورت گرفته، توضیح داده می‌شود.

۳-۱۱ پایش تدارکات[۱]

تدارکات به معنای پیش‌بینی فضای مورد نیاز برای فعالیت‌های مختلف اسـت. در آغاز با توجه به اعلام نیازهای مختلف در طرح موتور ملی، فضاهای مناسـب برای انبارها و همچنین قطعات مورد نیاز در خط همبندی، جانمایی شـد. جانمایی قطعات در انبارها و چگونگی سـفارش‌گذاری از سـوی خط همبندی و حمل این قطعات به خط همبندی در این مرحله انجام‌گرفت. سـامانهٔ پایش تدارکات بیشـتر درصدد تولید با توجه به سفارش‌گذاری و علاقه‌مندی مشتری است، بنابراین برای دسـتیابی به این هدف در طرح موتور ملی از سـامانهٔ کشش بازار[۲] برای سفارش‌گذاری و میزان تولید، کمک گرفته شد. در شرکت ایران‌خودرو برنامهٔ تولید مطابق با سفارش‌گذاری صورت‌گرفته در بازار انجام می‌شود؛ بدین معنی که ابتدا مشـتری خودروی موردعلاقهٔ خود را سـفارش می‌دهد و سپس خطوط تولید با توجه به ویژگی‌های آن سفارش، اقدام به تولید محصول می‌کنند. در این سـامانه از انبار شـدن محصولات پیش از روانه‌سـازی به بازار جلوگیری می‌شود و لذا به محض تولید، روانهٔ بازار می‌شـوند. این کار باعث کاهش بسیار زیاد هزینه‌های انبارداری می‌شود. در ادامه به بخش‌های مختلف تدارکاتی طرح موتور ملی به‌طور تفصیلی پرداخته می‌شود.

۱- Kanban
۲- Pull Kanban

مفروضات طراحی تدارکاتی در طرح موتور ملی

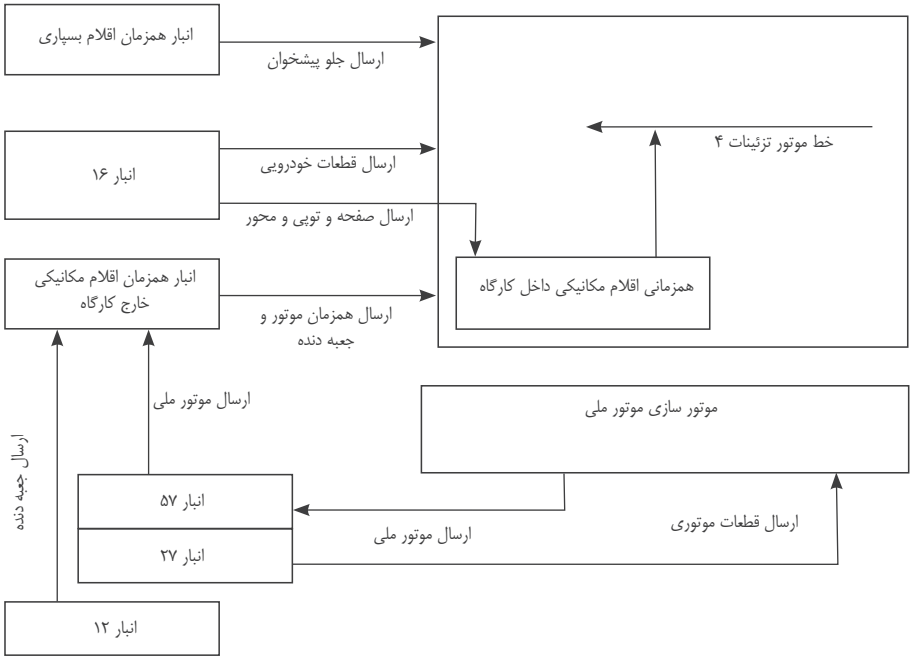
- آخرین فهرست قطعات دریافت‌شده، از واحد رویهٔ همبندی و اعلام موتورسازی است.
- انبارهای دریافت قطعات، انبارهای ۲۷ ، ۵۷ و ۱۶ هستند. (فرآیندنمای ۱-۱۱)
- سیاست ذخیره‌سازی در انبارها و فضاهای تدارکاتی مطابق وضع جاری است.
- تعداد تولید بر اساس برنامهٔ جاری پیشرفت[۱] است.
- موتور ملی بر روی خودروهای سمند LX و سورن نصب می‌شود. (در مرحلهٔ ابتدایی)
- کارگاه تولید همبندی به شمارهٔ ۴ و موتورسازی موتور ملی در ضلع جنوب شرقی موتورسازی ۱ است.

زمینه‌های بررسی طراحی تدارکاتی

- رویهٔ تغذیهٔ قطعات
- تعریف فرآیندهای تدارکاتی
- فضاهای انبارش مورد نیاز در انبارها و مناطق تدارکاتی
- نقشهٔ جریان مواد
- تجهیزات و نیروی انسانی تدارکاتی مورد نیاز

رویهٔ تغذیه قطعات

قطعات به دو دستهٔ موتوری و خودرویی تقسیم می‌شود. نحوهٔ جریان مواد را در فرآیندنمای ۱-۱۱ می‌توان مشاهده کرد:



فرآیندنمای ۱-۱۱ نحوهٔ جریان مواد

۱- Ramp Up

با توجه به شرایط خط تولید همبندی، تقسیم‌بندی رویه‌های تغذیهٔ قطعات بر این اساس است:

قطعات گروه A ، B و C

روش تغذیه بر اســاس برنامهٔ حمل اســت. در این طرح تعداد ۱۱۰ قطعهٔ خودرویی از انبار ۱۶ و مناطق مشخص‌شده وارد کارگاه همبندی ۴ می‌شود. از این تعداد، ۵۶ قطعه، گروه A ، ۳۳ قطعه، گروه B و ۱۱ قطعه، گروه C است.
تغذیه و ارسال بر اساس برنامهٔ حمل، مطابق وضع جاری است.

اقلام همزمان مکانیکی و بسپاری[۱]

اقلام موتور، جعبه دنده، محور، صفحه و توپی جزء اقلام همزمان مکانیکی است. در تولیدات فعلی، موتور و جعبه دنده از محل انبار ۳۴ (ایستگاه همزمان اقلام مکانیکی) و همچنین محور از داخل کارگاه همبندی تهیه می‌شود. در این طرح با توجــه بــه کمبود فضا در کنار خط موتور همبندی ۴، صفحه و توپی نیز جزء اقلام همزمان در داخل کارگاه قرار می‌گیرد که فضای مورد نیاز تخصیص داده‌شده و کفی حمل مخصوص و تجهیزات حمل و چیدمان و جرثقیل در منطقه یادشده نصب شــده اســت. قطعهٔ جلوی پیشــخوان کامل نیز مطابق سایر پیشخوان‌ها از منطقهٔ فضاســنجی همزمان (تدارکاتی همزمان) اقلام بسپاری تغذیه می‌شود. جدول ۱-۱۱ به صورت خلاصه، آخرین وضع تدارکاتی قطعات را در داخل کارگاه نمایش می‌دهد.

جدول ۱-۱۱ آخرین وضع تدارکاتی قطعات در کارگاه

ردیف	شرح قطعه	شرایط تغذیهٔ فعلی	شرایط تغذیه در طرح	نیازمندی‌های فضاسنجی (تدارکاتی)
۱	موتور	همزمان از انبار ۳۴	همزمان از انبار ۳۴	ابزار، طراحی و ساخته شده است.
۲	جعبه دنده	همزمان از انبار ۳۴	همزمان از انبار ۳۴	کفی حمل فعلی پاسخ‌گو است.
۳	محور	همزمان از داخل	همزمان از داخل	کفی حمل فعلی پاسخ‌گو است.
۴	صفحه و توپی	برنامهٔ حمل	همزمان از داخل کارگاه	کفی حمل فعلی پاسخ‌گو است. فضای همزمان تخصیص داده شده است. جرثقال در حال نصب است.
۵	جلوی پیشخوان	همزمان از فضاسنجی متمرکز	همزمان از فضاسنجی متمرکز	کفی حمل فعلی پاسخ‌گو است.

تعریف فرآیندهای فضاسنجی

همزمانی اقلام مکانیکی

فرآیند ارسال مجموعهٔ موتور با کفی حمل مخصوص از موتورسازی به انبار ۳۴ (همزمانی موتور) و از آن‌جا به توسط کفی حمل همزمانی به روش همزمانی به کنار خط است که در فرآیندنمای ۲-۱۱ کاملاً توضیح داده شده است.
فرآیندنماهای ۳-۱۱ و ۴-۱۱ نیز به ترتیب فرآیند تدارکات محور و اقلام بسپاری را نمایش می‌دهند.

۱- Polymeric

ردیف	شرح فعالیت	○	□	⇨	D	▽	محل	مجری	نوع تجهیزات استفاده‌شده
۱	دریافت موتور بر روی کفی حمل مخصوص از انبار ۵۷ و جعبه دنده از انبار ۱۲	○	□				انبار ۳۴	انبار	کفی
۲	انبارش در انبار					▽	انبار ۳۴	انبار	خودرو باربر
۳	انتقال به محوطهٔ همزمان			⇨			انبار ۳۴	انبار	خودرو باربر
۴	چیدمان بر اساس همزمان در کفی حمل همزمان	○					انبار ۳۴	انبار	جرثقال
۵	ارسال موتور و جعبه دنده با کفی حمل همزمان به کارگاه تزئینات			⇨			انبار ۳۴	انبار	کفی، خودرو حمل کفی
۶	چیدمان در بارانداز	○		⇨			کارگاه همبندی ۴	تغذیهٔ خط	خودرو باربر
۷	ارجاع کفی حمل خالی از کارگاه به انبار ۳۴			⇨			کارگاه همبندی ۴	انبار	کفی، خودرو حمل کفی

فرآیند نمای ۲-۱۱ فرآیند ارسال مجموعهٔ موتور با کفی حمل مخصوص

ردیف	شرح فعالیت	○	□	⇨	D	▽	محل	مجری	نوع تجهیزات استفاده‌شده
۱	ارسال صفحه، توپی و محور با کفی حمل مخصوص از انبار ۱۶	○	□				انبار ۱۶	انبار ۱۶	کفی
۲	تخلیه و انبارش در منطقهٔ همزمانی					▽	کارگاه همبندی۴	تغذیهٔ خط	خودرو حمل کفی
۳	چیدمان بر اساس همزمانی در کفی حمل	○					کارگاه همبندی۴	تغذیهٔ خط	جرثقیل (برای صفحه و توپی) و به صورت دستی (محور)
۴	ارسال کفی حمل چیدمان‌شده با کفی حمل همزمانی به محل ایستگاه			⇨			کارگاه همبندی ۴	تغذیهٔ خط	خودرو حمل کفی
۵	ارجاع کفی حمل خالی از کنار خط به محوطهٔ همزمانی	○		⇨			کارگاه همبندی ۴	تغذیهٔ خط	خودرو حمل کفی

فرآیندنمای۳-۱۱ فرآیند تدارکاتی تغذیهٔ صفحه، توپی و محور

ردیف	شرح فعالیت	○	□	⇨	D	▽	محل	مجری	نوع تجهیزات استفاده‌شده
۱	دریافت پیشخوان با کفی مخصوص از سازنده بر اساس برنامه	○	□				بارانداز ضلع غربی منطقهٔ تدارکات	همزمانی اقلام بسپار	کفی
۲	تخلیه و انبارش در منطقهٔ همزمانی					▽	منطقهٔ همزمان اقلام بسپاری	همزمانی اقلام بسپاری	خودرو حمل کفی
۳	چیدمان بر اساس همزمانی در گاری مخصوص	○					منطقه همزمانی اقلام بسپاری	همزمانی اقلام بسپاری	به صورت دستی
۴	ارسال گاری به محل ایستگاه			⇨			کارگاه همبندی ۴	همزمانی اقلام بسپاری	یدک‌کش
۵	ارجاع گاری خالی از کنار خط به محوطه همزمانی	○		⇨			کارگاه همبندی ۴	تغذیهٔ خط	یدک‌کش

فرآیندنمای ٤-١١ فرآیند تدارکاتی تغذیهٔ اقلام بسپاری (پیشخوان)

ظروف و کفی حمل و تغذیهٔ قطعات

برای بیشتر قطعات، طرح بسته‌بندی قطعات با همکاری واحد بسته‌بندی ساپکو تهیه و پوشهٔ حاوی طرح بسته‌بندی برای قطعات خودرویی، جداگانه برای استفاده در رویهٔ حمل کفی‌ها به واحد رویهٔ تزئینات اعلام شد.

برای تغذیهٔ همزمان موتور، محل حمل مناسب با کفی حمل موتور طراحی و به تعداد ۶۰ دستگاه سفارش‌گذاری و ساخته شد.

برای بقیهٔ قطعات از کفی‌های حمل فعلی استفاده شد.

نیازمندی‌های فضا و تجهیزات

مطابق محاسبات، به لحاظ مقایسهٔ ابعاد بسته‌بندی قطعات موجود در طرح موتور ملی و سیاست تولید جایگزینی طرح یادشده در سبد محصولات شرکت، به فضای جدید در انبارهای داخل شرکت نیازی نیست. با توجه به شمارگان تولید و همچنین روش‌های تغذیهٔ قطعات، به تجهیزات جدیدی مانند خودرو حمل کفی و کفی نیازی نیست.

155.5°
B
18° (3x)
C
E
0.1 B A C
Ø6.2 H12 thru
C
(114°) sensor position
C
E
R113.12
A
120° (3x)
60° (4x)
D
A
100
16

فصـــــل دوازدهم

بهبود مستمر کیفیت

بهبود مستمر کیفیت

۱-۱۲ پیش‌درآمد

از معصوم روایت می‌شـود که هرکس دو روزش با هم مسـاوی باشـد، ضررکرده است. این حدیث، تفکر اسلام را دربارهٔ بهبود مستمر نشان می‌دهد. همچنین از پیامبر اکرم صلی الله علیه و آله و سلم نقل شده که هر کس با آغاز روز، به فکر اصلاح کار مسلمانان نباشد، مسلمان نیست.

بهبود مسـتمر کیفیت و اصلاح امور با توجه به تجارب گذشـته و بازخورد به دسـت آمده، از توصیه‌های بزرگان اسـت و کاربرد آن در همهٔ شـئون کار و زندگی تأکید شـده اسـت. گذشـته از این آموزهٔ دینی، حضور در عرصهٔ رقابت اقتصادی محصولات متنوع، نیازمند بهبود روزافزون کیفیت محصولات است.

برای این منظور لازم اسـت ابتدا کیفیت محصولات از منظر مشتری، هدف‌گذاری شود و سپس این اهداف به زبان فنی ترجمه شـود. به عبارت دیگر، لازم اسـت شاخص‌های مورد نظر، برای اندازه‌گیری کیفیت محصول و مقادیر هدف برای آن‌ها تعیین شـود. این مقادیر و اهداف آن‌ها در سـندی با عنوان «طرح کیفیت» بیان می‌شـود. البته لازم است در طرح کیفیت، برنامهٔ جامعی از فعالیت‌های لازم برای رسـیدن به این اهداف، تهیه و ارائه شـود، ولی طرح کیفیت در شـرکت ایران‌خودرو در حال حاضر به طور جامع شامل همهٔ اهداف کیفی طرح و فعالیت‌های لازم نیست، بلکه فقط آن دسته از شاخص‌ها و مقادیر هدف را بیان می‌کند که از دیدگاه معاونت کیفیت شرکت ایران‌خودرو به هنگام اجرای مراحل مختلف راه‌اندازی طرح، مهم تشـخیص داده شـده است. به طور مثال در آن «طرح کیفیت» برای مقادیر توان و گشتاور موتور و سطح قابل‌قبول آلاینده‌ها هدفی ذکر نشده است. البته، این بدان معنا نیست که آن مقادیر، هدف ندارند یا در حین طرح، اندازه‌گیری و پایش نمی‌شـوند، بلکه منظور این اسـت که طرح کیفیت بر خلاف نام آن که باید شامل همهٔ اهداف کیفی محصول در طول عمر طرح و فعالیت‌های لازم برای رسیدن به آن اهداف باشد، جامع نیست.

شـاید این موضوع بدان جهت باشـد که تا زمان اجرای آن طرح، بیشتر طرح‌های شـرکت ایران‌خودرو دربارهٔ راه‌اندازی خطوط تولید محصولاتی بوده که از پیش وجود داشـته اسـت، مانند محصولات شـرکت پژو. باید اذعان داشت که طرح تکوین محصولی با این همه پیچیدگی (موتور، پیچیده‌ترین عضو خودرو اسـت که معمولاً هر شـرکت در آخرین مراحل خودروساز شدن، به فنّاوری طراحی و ساخت آن دست می‌یابد) تا به حال در شرکت ایران‌خودرو وجود نداشته است. شاید اگر فقط از لحاظ مفهوم کار مقایسه شود، بتوان آن‌را با طرح سمند- البته بدون در نظر گرفتن پیچیدگی- مقایسه کرد. یکی دیگر از مواردی که مشاهده می‌شود، ولی در خور عنوان طرح کیفیت نیست، ضرورت تعریف طرح‌ریزی کیفیت در آغاز طرح و همچنین اندازه‌گیری در حین تکوین محصول و مراحل مختلف طرح اسـت تا در صورت نیاز، اصلاح انجام گیرد؛ در این مورد خاص، طرح کیفیت حدوداً دو سال پس از شروع طرح، تثبیت شد. به همین علت است که عنوان طرح کیفیت، در حقیقت بیان‌کنندهٔ اهداف کیفی راه‌اندازی خط تولید موتور و خودرو این طرح اسـت و شـرکت ایران‌خودرو به عنوان مشتری این طرح فقط برای شاخص‌های انتهایی مراحل طرح، هدف‌گذاری کرده است.

بـه جـرأت می‌توان اذعان‌کرد که تجربهٔ کافی برای تدوین چنان طرح کیفیتی در شـرکت ایران‌خودرو در آغاز کار وجود نداشت. دربارهٔ محتویات این سند در زیر فصلی، توضیحات بیشتری ارائه می‌شود.

برای بررسی بهتر نقایص طرح کیفیت ارائه‌شدهٔ شرکت ایران‌خودرو، در مرکز تحقیقات موتور به عنوان مجری این طرح، در آغاز اقدام به تعریف شاخص‌های مهم کیفی موتور و مقادیر هدف برای آن‌ها شد (قرار داد طرح).

پس از طرح‌ریزی کیفیت محصول، لازم اسـت در مقاطعی از طرح، پیشـرفت کیفیت اندازه‌گیری و درصد تحقق اهداف، ارزیابی شـود. «صلاحیت فرآیند» ناظر بر اندازه‌گیری و ارزیابی پیشـرفت طرح اسـت و کیفیت محصول طرح به هنگام آزمون‌های دوام و عملکرد و پس از آن، ارزیابی می‌شـود. دربارهٔ «صلاحیت فرآیند» در زیر فصلی با همین عنوان بیشتر بحث می‌شود.

در مورد کیفیت محصول، ذکر این نکته حائز اهمیت اســت که در حال حاضر شــاخصی با مفهومی مشــترک در صنایع مختلــف با عنــوان «قابلیت اطمینان» بــرای اندازه‌گیری و بیان کیفیــت محصول وجود دارد. این شــاخص با تجزیه و تحلیل‌های آماری در طول عمر محصول به دست می‌آید و کاربرد فراوانی در پیش‌بینی و محاسبهٔ هزینه‌های تضمین و زمان خدمات دوره‌ای محصول نیز دارد. متأسفانه در زمان آغاز این طرح تجربهٔ زیادی دربارهٔ محاسبه و هدف‌گذاری این شــاخص در گروه صنعتی ایران‌خودرو وجود نداشــت، بنابراین تا زمان تهیهٔ این متن که آغاز آزمون‌های مرحلهٔ دوم طرح اســت، موفق به اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل آن شــاخص که در طرح کیفیت پیشنهادی مرکز تحقیقات موتور نیز آمده، نشده‌ایم. ولی در نظر است که با تعامل بیشتر با شرکت مشاور، نتایج تجزیه و تحلیل‌های آماری روی موتورهای مرحلهٔ یک و دو اخذ شود تا تجربهٔ مفیدی در این زمینه به دست آید.

مسلماً به هنگام آزمون‌های دوام و عملکردی، هرگاه به مشکلی برخورد شود که مخاطراتی را از لحاظ کیفیت محصول نهایی یا قطعات آن به وجود آورد، لازم اســت با روشــی نظام‌مند به رفع این مشــکل پرداخت. «درخواست حل مشکل» فرآیندی نظام‌مند اســت که در طرح، در نظر گرفته شــده اســت. در این باره به طور مشــروح در این فصل توضیح داده می‌شود.

یکی دیگر از مواقعی که کیفیت محصول، اندازه‌گیری و رصد می‌شــود، پیش از شــروع تولید انبوه است. لازم است که از کیفیت قطعات پیش از شــروع تولید انبوه، اطمینان حاصل گردد. این فرآیند که با عنوان «فرآیند تأیید قطعات تولیدی» در این گزارش بدان ارجاع شده، با دو هدف انجام می‌شود: اطمینان از این که:

۱- همهٔ الزامات و نیازمندی‌های قطعات را تأمین‌کنندگان یا سازندگان به طور مناسبی درک و رعایت می‌کنند.

۲- فرآیند چیده‌شدهٔ تأمین‌کنندگان، صلاحیت و قابلیت تولید به میزان لازم را به همراه کیفیت لازم دارد.

فرآیند بهبود مســتمر کیفیت محصول، جزء آن دســته از فعالیت‌های طرح موتور ملی اســت که به عهدهٔ همهٔ واحدهای درگیر در این طرح است. در حقیقت با توجه به سخنان بزرگان دین که در آغاز این مقوله بدان اشاره شد، همهٔ افراد ملزم به بهبود کیفیت هستند. مدیریت تضمین کیفیت مرکز تحقیقات موتور با تعریف این فرآیندها سعی کرد تا با نظارت بر این فعالیت مستمر، به نوعی نتیجهٔ کار را اندازه‌گیری و به مدیریت طرح گزارش دهد. مسلماً یکی از موارد تأثیرگذار بر فرآیند بهبود مستمر کیفیت محصول، بهبود روش‌های طراحی و توسعهٔ محصول است که در این بخش به آن اشاره نمی‌شود.

۲-۱۲ فرآیند تأیید قطعات تولیدی

همان طورکه در مقدمهٔ این فصل نیز بدان اشاره شد، لازم است از کیفیت قطعات تولیدشده برای استفاده در مرحلهٔ تولید انبوه موتور ملی اطمینان حاصل شــود. از آن جهت، هشــدار داده شــد که در مراحل پیش از تولید انبوه، قطعاتی که برای آزمایش‌های دوام وکارکرد در نظر گرفته شــده بودند، فاقد کیفیت لازم برای این کار بودند و این موضوع خســارت‌های جبران‌ناپذیری را بر زمان اجرای طرح وارد آورد و به علاوه، سبب تحمیل هزینه‌های اضافی بر طرح شد.

«فرآینــد تأیید قطعات تولیدی» که اختصاراً PPAP نامیده می‌شــود، یکی از الزامات نظامنامهٔ QS-9000 نیز اســت. بدین منظور شــرکت AIAG جزوه‌ای را به عنوان راهنما در این زمینه منتشــر کرده است. هدف از انتشار این جزوه، بیان حداقل الزامات برای اطمینان از انطباق محصولات تولید انبوه با مشــخصات و نیازمندی‌های در نظر گرفته شــده است: اطمینان از ارضای خواسته‌های مشتری با محصول ساخته یا تأمین‌شده.

در طرح‌هــای بــزرگ از قبیل طرح‌های تکوین محصول، «فرآیند تأییــد قطعات تولیدی» از آن جنبه اهمیت پیدا می‌کند که سازمان‌ها و واحدهای گوناگونی با اهداف مختلف و گاهی متضاد با هم در تعامل‌اند. به طور مثال سازمان طراح سعی می‌کند که به هر قیمتی شــده محصولی با کیفیت طراحی کند، ولی ســازنده یا تأمین کننده ســعی خود را بر ارزان‌سازی روش‌های تولید و در نظر گرفتن صرفه‌های اقتصادی معطوف می‌کند. این خواســته که از نظر ســازنده و طراح، ظاهراً

متناقض می‌نماید، باید مدیریت شـود. هـدف مدیریت تضمین کیفیت به عنوان متولی«فرآینـد تأیید قطعات تولیدی»، تدوین آیین‌نامه یا ترسـیم فرآیندی اسـت که در نهایت، برای شـروع تولید انبوه موتور ملی از کیفیت قطعات تولیدشده اطمینان حاصل شود. بدان منظور لازم است تا از دو موضوع اطمینان حاصل شود:

الف– همهٔ خواست‌های طراحی و مشخصات محصول را تأمین‌کنندهٔ محصول به طور مناسب درک کرده باشد.

ب– فرآیندی که تأمین‌کننده، در نظر گرفته اسـت، صلاحیت و توانایی رسیدن به خواسته‌ها و مشخصات محصول را به عنوان نیازمندی‌های طراحی دارد.

در این‌جـا منظـور از طراح یا سـازمان طراح، همهٔ عوامل درگیـر از قبیل واحد طراحی مرکز تحقیقات موتور و شـرکت مشـاور طرح FEV و واحد توسـعهٔ محصول جدید ایران‌خودرو، و منظور از تأمین‌کننده یا پیمانکار، ساپکو، سازندگان و یا تأمین‌کنندگان قطعات هستند .

مسلماً ایران‌خودرو هم بهره‌بردار و هم مشتری طرح است. با توجه به این توضیحات، لازم است که تعامل مثبت و سازنده بیـن عوامـل اجرای این طرح پدید آید تا علاوه بر این که مجریان طرح، خـود از اجرای طرح منتفع گردند، در نهایت با عرضهٔ محصول با کیفیت، مشـتریان نهایی نیز، که کاربران این محصول‌اند، منتفع گردند. بدین منظور مدیریت تضمین کیفیت مرکز تحقیقات موتور با مطالعهٔ روش‌های جاری شرکت ایران‌خودرو برای «فرآیند تأیید قطعات تولیدی» و مطالعهٔ روش‌های شرکت‌های بزرگ خودروسازی دنیا (جزوهٔ PPAP) سعی بر آن داشت تا ضمن حذف کاستی‌های روش جاری به ارائهٔ یک روش کامل برای «فرآیند تأیید قطعات تولیدی» بپردازد.

بزرگ‌ترین مشـکل روش جاری شـرکت ایران‌خودرو بـرای تأیید قطعات تولیدی آن بود که آن روش بر اسـاس وجود مرجعی به نام پژو فرانسـه تهیه و تدوین شـده بود. در حقیقت صدور مدارک فنی و صحه‌گذاری و تأیید قطعات را پژو انجام می‌داد.

با صراحت می‌توان اذعان داشـت که این نخسـتین طرح تکوین محصول، در گروه صنعتی ایران‌خودرو اسـت که در آن مرجعی با امکانات و سـابقهٔ فنی و علمی پژو به عنوان صادر کنندهٔ مدارک فنی و تأییدیه‌ها وجود نداشـت؛ بنابراین باید این مسؤولیت را اعضای طرح به اشتراک، بر عهده می‌گرفتند.

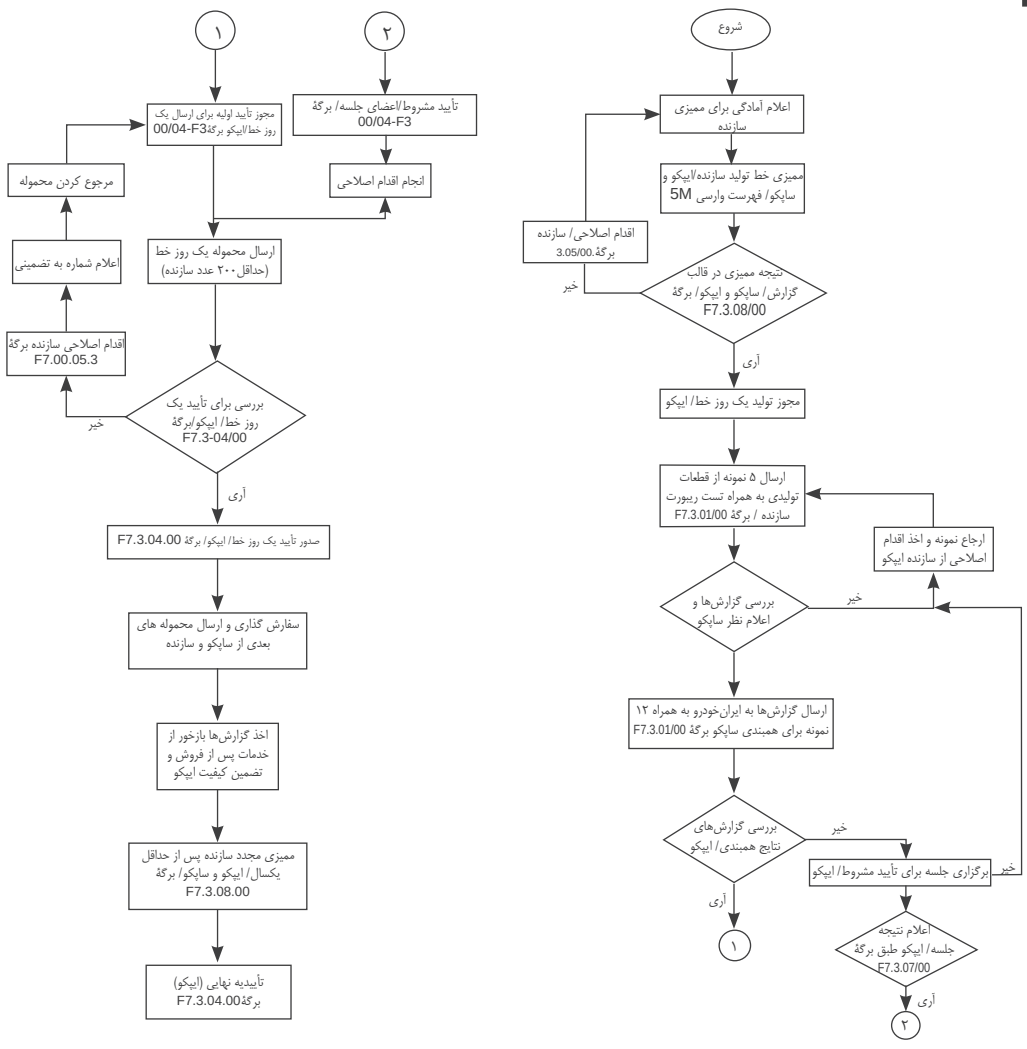
بدین ترتیب جدول مسـؤولیت‌ها تهیه شـد و همهٔ مدارک و فعالیت‌های لازم را برای گرفتن تائیدیهٔ قطعات تولید انبوه، تأمین‌کننده در سـتونی فهرسـت‌وار مشخص و معین کرد. سـپس مراحل تهیه و تأیید این مدارک یا فعالیت‌ها به توسط مجریان طرح مورد توافق اعضا قرار گرفت. این توافق در چندین جلسـهٔ کارشناسـی و با حضور همهٔ اعضای گروه طرح (همچون گروه طراحی مرکز تحقیقات موتور، ایران‌خودرو و ساپکو) مدون شد.

در جدول ۱–۱۲، مسؤولیت‌ها برای قطعات موتور ملی (غیر از بدنه و بستار) و در فرآیندنمای ۱–۱۲ فرآیند تأیید قطعات تولیدی مشاهده می‌شود.

جدول ۱-۱۲ شرح مسؤولیت‌ها برای قطعات موتور ملی

جدول مسؤولیت‌ها	سازمانها							توضیحات
	تضمین کیفیت ایران خودرو	سپکو		طراحی خودرو		طراحی موتور		مهندسی فرآیند محصول
		سازنده	گروه قطعات	مرکز تحقیقات ایران‌خودرو	مرکز تحقیقات موتور آلمان	ایپکو	مرکز تحقیقات موتور آلمان	
شیوه‌نامهٔ العمل فرآیند تأئید قطعات تولیدی	م		پ	همانند مسؤولیت‌های ایپکو (در قطعات غیر موتوری)	ت		ت	
ردیابی فرآیند تأئید قطعات تولیدی	م	پ	پ		پ	پ	پ	پ
به‌روزرسانی فهرست مواد طراحی	ت				ت	م	ت	پ/ت
به‌روزرسانی فهرست مواد تولیدی			پ			پ	ت	م
آماده‌سازی نقشه ها		م	پ		پ/ت(××)		پ/ت	بر مبنای مسؤولیت‌های توافق شده با سازنده
انتشار نقشه ها و مدارک طراحی		پ			م(××)	پ/ت	م	
استانده‌های مشخصات		پ			م(××)	ت	م	ت
برنامه آزمون قطعات		پ	م		ت	پ	پ /(ت)	ت
گزارش آزمون	ت	م	پ					
تأئیدیه آزمایشگاه	ت	پ	م					
تصدیق گزارش آزمون	ت		م		ت	پ	ت	
برنامه اقدامات اصلاحی	ت	م	پ				پ	
تحلیل حالات خرابی طراحی	ت	پ			م	پ/ت	م	
مشخصه‌های کلیدی، ایمنی و الزامات قانونی محصول	ت	پ/م				پ/ت	پ/م و ت	پ
جدول رواداشت‌ها		م/پ	ت				پ	باید به وسیلهٔ ساپکو تأئید شود.
فهرست مواد خام		م	پ			ت		
تحلیل حالات خرابی فرآیند	پ	م	پ					ت
مشخصه‌های کلیدی، ایمنی و الزامات قانونی فرآیند	پ	م	پ			پ		ت
طرح‌واره فرآیند		م	پ					ت
تهیه و به‌روز آوری برنامه نظارت	ت	م	پ			پ		ت
تهیه و به‌روز آوری نمودار فرآیند عملیات و جریان عملیات	پ	م	پ			پ		ت
برگه‌های تشریحی فرآیند		م	پ			پ		ت
جدول تعمیرات		م	پ			پ		ت
توانانی نظارت آماری فرآیند (ماشین و فرآیند)	ت	م	پ					
تحلیل سامانه‌های اندازه‌گیری	ت	م	پ					
ممیزی محصول	م	پ	پ			ت	پ	
ممیزی فرآیند	ت	پ	م					
جدول آموزش	ت	م	پ					
نیازمندی‌های بسته‌بندی		پ	م					ت
نیازمندی‌های برچسب‌گذاری		پ	م					ت
نظارت بر مستندات و انتشار آن‌ها	ت					م		
جلسات بازنگری	م	پ	پ			ت	پ	پ
گزارش تأئید نهایی	م	پ	پ			ت	پ	پ

م: مسؤول پ: پشتیبان ت: تأیید کننده



فرآیندنمای ۱-۱۲ فرآیند تأیید قطعات تولیدی

گرچه در ادامهٔ طرح، محدودیت‌های زمانی سبب شد تا این شیوه‌نامه را به طور کامل و دقیق، مجریان آن مراعات نکنند، ولی در صورتی‌که این شـیوه‌نامه به عنوان مرجع تهیهٔ برنامهٔ طرح‌های آینده استفاده شود، می‌تواند بسیاری از مشکلات اجرایی «فرآیند تأیید قطعات تولیدی» را پیش‌بینی و بر طرف کند.

۳-۱۲ شاخص طرح کیفیت

تائیدیهٔ کیفی و تجاری‌سـازی محصولات جدید در شـرکت ایران‌خودرو در چارچوب اجـرای مجموعه‌ای از ارزیابی‌های کیفی صورت‌می‌گیرد که طرح کیفیت[۱] نامیده می‌شـود. در طرح کیفیت، نتایج ارزیابی‌ها به صورت چند شـاخص مختلف محاسـبه می‌شـود که هر یک از این شـاخص‌ها یک هدف در هر مرحله از راه اندازی طرح دارد. اتمام هر یک از این

۱- Quality Plan

مراحل و شــروع مرحلهٔ بعدی منوط به دســتیابی به هدف‌های مصوب برای این شاخص‌هاســت. این شــاخص‌ها عمدتاً برای محصولات جاری نیز به صورت دوره‌ای محاســبه می‌شود و اهداف مصوب مدیریت ارشد و معاونت کیفیت شرکت ایران‌خودرو را دارد.
شاخص‌های تعریف‌شده در طرح کیفیت طرح‌های جدید در زمینهٔ قوای محرکهٔ خودرو به این شرح است:

الف) مرحلهٔ طراحی و توسعهٔ محصول

۱- شاخص درخواست حل مشکل[۱]
۲- شاخص قابلیت اعتماد محصول[۲]

ب) مرحلهٔ تجاری‌سازی

۳- شاخص ارزیابی موتور[۳]
۴- شاخص کیفی عملکردی محصول [۴]
۵- شاخص ایرادها با درجهٔ B و بزرگ‌تر از آن در ارزیابی[۵]
۶- شاخص ارزیابی صلاحیت فرآیند [۶]
۷- شاخص آزمون دوام خودرو [۷]

ج) شاخص‌های میانی (داخل کارخانه)

۸- شاخص عبور مستقیم همبندی [۸]
۹- شاخص عبور مستقیم آزمون گرم موتور [۹]
۱۰- شاخص ارزیابی نهایی
۱۱- شاخص PPM ایرادهای موتوری در سواری‌سازی[۱۰]

د) شاخص‌های رضایت مشتری

۱۲- شاخص ایرادهای منجر به توقف خودرو [۱۱]
۱۳- شاخص برگشت قطعات موتوری به ازای هر ۱۰۰ خودرو [۱۲]
۱۴- شاخص برگشت موتور کامل [۱۳]

مراحل در نظر گرفته شده برای طرح کیفیت طرح موتور ملی بر اساس برنامهٔ اصلی طرح؛ شامل محمولهٔ اول و محمولهٔ دوم راجع به مرحلهٔ طراحی محصول و پیش‌تولید[۱۴]، ســه هفته پس از شــروع تولید[۱۵] و هفده هفته پس از شــروع تولید[۱۶] در مرحلهٔ راه‌اندازی است.
هدف‌گذاری این شــاخص‌ها، جز شــاخص قابلیت اعتماد محصول، در هر یک از این مراحل بر اســاس پیشنهاد مدیریت تضمین کیفیت مرکز تحقیقات موتور، تأیید معاونت کیفیت شــرکت ایران‌خودرو و موافقت مدیریت ارشــد طرح و شرکت FEV انجام شده است.
اجرای بخش عمدهٔ فعالیت‌های طرح کیفیت، در زمان راه‌اندازی تولید اســت. بنابراین عدم همراهی کیفیت را در طرح از ابتدای مرحلهٔ طراحی، می‌توان از نقاط ضعف موجود برشمرد.

تعاریف و نحوهٔ محاسبهٔ شاخص‌های کیفی

در این بخش تعاریف دقیق و نحوهٔ محاسبهٔ شاخص‌های کیفی استفاده‌شده در طرح کیفیت ارائه می‌شود. همان گونه که در مقدمه نیز اشــاره شــد این شاخص‌ها برای محصولات جاری تولیدی ایران‌خودرو (موتور و خودرو) نیز محاسبه شده و عمدتاً برگرفته از سامانهٔ شرکت پژو است.

۱- PIR/DFR
۲- Reliability
۳- S.D.
۴- IQF
۵- Defect>=B
۶- Q.P.
۷- Running Test
۸- A (ASSY)
۹- F.A. Final
۱۰- PPM 0km
۱۱- Breakdown
۱۲- Pclaim/100car
۱۳- Engine Claim
۱۴- PRS
۱۵- SOP+3 Weeks
۱۶- SOP+17 Weeks

شاخص درخواست حل مشکل[۱]

برگه‌های درخواســت حل مشکل، در صورت مشاهدهٔ عدم انطباق روی محصول در حین آزمون‌های دوام، صحه‌گذاری، همبندی و ... در مرحلهٔ طراحی صادر می‌شوند که باید طراح، اقدام اصلاحی مناسب را در خصوص رفع آن‌ها تعریف کند. بنابراین برای پایش عدم انطباق‌های به وجود آمده و وضعیت پاســخ‌گویی به آن‌ها در طرح موتور ملی شــاخص PIR/ DFR در طرح کیفی تعریف و هدف آن در ابتدای مرحلهٔ شروع تولید برابر با صفر می‌شود. این مقدار هدف بیانگر الزام رفع همهٔ عدم‌انطباق‌ها تا مرحلهٔ شروع تولید آزمایشی است.

شاخص قابلیت اعتماد محصول

یکی از شــاخص‌های پایش کیفیت برای قطعات، زیرمجموعه‌ها و خودرو، قابلیت اعتماد اســت. قابلیت اعتماد یک قطعه (مجموعه) به معنای احتمال عملکرد مناســب و مورد انتظار آن قطعه (مجموعه) در شــرایط مشــخص و معین در مدت زمان معین و معلوم است.
از دیدگاه تجربی این شاخص به این صورت تعریف می‌شود:

$$R(t_i) = \frac{n(t_i)}{N} \quad 0< R(t_i)<1$$

در این تعریف N عبارت اســت از تعداد کل نمونه‌ها و $n(t_i)$ عبارت اســت از نمونه‌های ســالم پس از اتمام آزمون‌های دوام.
این شــاخص کیفی در کنار ابزارها و روش‌های مهندســی دیگر توانایی آن را دارد که در مراحل مختلف عمر محصول و حتی پیش از شــروع به اســتفاده از آن، هنگام شــکل‌گیری اندیشهٔ اولیه و سپس طراحی، هنگام تولید و در نهایت در نزد مصرف‌کنندهٔ محصول، کیفیت واقعی عملکرد آن را نشان دهد و این اطمینان را به مشتری می‌دهد که تا چه حد عملکرد محصول قابل اعتماد است. همچنین به کمک این شاخص می‌توان دورهٔ تضمین، هزینهٔ تضمین و ... را نیز برای محصول برآورد کرد. بنابراین این شــاخص با توجه به اهمیت آن، به عنوان شــاخصی جهانی و مورد استفادهٔ خودروسازهای بزرگ، در طرح کیفیت موتور ملی نیز منظور و مقرر گردید که هدف‌گذاری آن را طراح انجام دهد.

شاخص ارزیابی موتور[۲]

ارزیابی موتور از دیدگاه مشتری نهایی و بر روی موتورهای آمادهٔ خروج از موتورسازی انجام می‌گیرد.
ارزیابی دو مرحله است:
۱- ارزیابی پویا: شــامل مراحل آب‌بندی و آزمون عملکرد آن اســت که بر اساس رویه‌ها و استانده‌های هر موتور بر روی آن با اســتفاده از لگام ترمز انجام می‌شــود. نتایج آزمون عملکرد موتور (توان، گشــتاور، مصرف ســوخت ویژه و مصرف روغن) پس از اســتخراج با محدوده‌های پذیرش اعلام‌شدهٔ بخش مهندسی مقایسه می‌شود. در صورت وجود مغایرت در این مشــخصه‌ها، امتیاز منفی به موتور تعلق نمی‌گیرد، اما بررســی موتورهای تولیدی مجاور (۱۰۰± دســتگاه)، تحلیل و ریشه‌یابی ایراد به توسط واحد مهندسی الزامی است. همچنین به هنگام آزمون‌ها چنانچه ایرادهایی از قبیل نشتی روغن یا صدای اضافی و ... مشاهده شود، مورد توجه و امتیازدهی قرار می‌گیرد.
۲- ارزیابی ایســتایی[۳]: در این مرحله عمدتاً بررســی ایرادهای ظاهری قابل مشــاهده و اندازه‌گیری لقی و رواداشت‌ها و گشــتاور پیچ‌ها به هنگام انفصال موتور پس از ارزیابی پویای آن انجام می‌شــود. در صورت مغایرت هر یک از موارد با محدوده‌های پذیرش (اعلام‌شــده به توسط مهندسی) با یک روش مشــخص (میزان انحراف + وزن مشخصهٔ مغایر) به موتور امتیاز منفی تعلق می‌گیرد. جمع این امتیازات به عنوان نمرهٔ شاخص ارزیابی موتور اعلام می‌شود که باید کمتر از هدف مصوب قرار گیرد.

۱- Problem Investigation Request ۲- Shop Demerit ۳- IQF

شاخص کیفی عملکردی محصول[۱]

اطلاعات این شاخص از سامانهٔ ارزیابی خودرو شرکت پژو مطابق با استانداردِ ۷۳۱۰۳۰ ، مجموعهٔ امتیاز ایرادات عملکردی در آزمون ۵۰ کیلومتر جاده‌ای خودرو را به نمایش می‌گذارد. ایرادهای مشاهده‌شده در این ارزیابی به تفکیک هر کارگاه (موتورسازی، سواری‌سازی، مرکز تحقیقات، بدنه، ساپکو و ...) تسهیم و بر اساس استانداردِ یادشده، امتیازدهی می‌شود.

شاخص Defect > = B

ایرادهای مشاهده‌شده در ارزیابی IQF بر اساس درجهٔ اهمیت ایراد مطابق جدول ۲-۱۲ رتبه بندی و امتیازدهی می‌شود. این درجه‌بندی بر اساس سامانهٔ جاری (استانداردِ پژو) در شرکت ایران‌خودرو به شرح این جدول است:

جدول ۲-۱۲ روش درجه‌بندی ایرادها در ارزیابی خودرو

درجهٔ ایراد	تعریف	امتیاز منفی
S	ایراد ایمنی	۱۲۰
P	ایرادی که منجر به عدم‌استفاده از خودرو شود. (توقف)	۱۰۰
A	ایرادی که به وضوح قابل تشخیص است و مشتری خواهان رفع سریع آن است.	۵۰ و۳۰
B	ایرادی که قابل تشخیص است و مشتری خواهان رفع آن است.	۲۰
C	ایرادی که مشتری عموماً متوجه آن می‌شود و ممکن است درخواست رفع عیب کند.	۱۰
D	ایرادی که بدون تغییر دید مشتری نسبت به خودرو، ممکن است مشتری تذکر دهد.	۶

شاخص Defect > = B ؛ برای اندازه‌گیری میانگین تعداد ایرادهای S، P، A و B مشاهده‌شده در ارزیابی IQF است که به صورت:
(تعداد کل خودروهای ارزیابی‌شده) / (مجموع تعداد ایرادهای بزرگ‌تر یا مساوی B)
محاسبه می‌شود.

شاخص ارزیابی صلاحیت فرآیند

این ارزیابی مطابق آیین‌نامهٔ پژو و با فهرستی ۵۴ موردی که شالودهٔ آن بر اساس 5M [۲]است، در مراحل مختلف طرح تکوین محصولات جدید و همچنین تولید انبوه انجام می‌گیرد و فرآیند تولید در هر مرحله باید حداقل شرایط لازم را مطابق هدف تعیین‌شده برای آن مرحله به دست آورد.

شاخص آزمون دوام خودرو

برای ارزیابی و بررسی کیفی مشخصه‌های عملکرد خودرو در شرایط رانندگی در جاده و کسب اطمینان از دوام قطعات و قابلیت فرآیند تولید مطابق شرایط طبیعی استفادهٔ مشتری از خودرو، آزمون‌های دوام خودرو انجام می‌شود. این آزمون در

۱- Process Qualification
۲- Man, Machine, Method, Material, Milieu

خصوص همهٔ خودروهای سواری تولیدی از مرحلهٔ نمونه‌سازی تا مراحل تولید آزمایشی و تولید انبوه قابل اجراست.
پیمایش خودرو در این آزمون به صورت پیمایش ۲۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ کیلومتر در مسیرها و جاده‌های مشخص در استان تهران و استان‌های همجوار آن است. ایرادهای مشاهده‌شده در طول آزمون در مقاطع پیمایش ۲۰۰۰، ۱۰۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ کیلومتر تجزیه و بررسی شد و گزارش‌های آن انتشار یافت. در این گزارش‌ها میزان مسافت طی‌شده، تعداد قطعهٔ تعویضی در هر میلیون خودرو یا تعداد ایراد در هر میلیون خودرو[۱]، ایرادهای مهم و وضعیت پیگیری موارد اعلام می‌شود.
البته میزان تعداد ایراد در هر میلیون خودروی اعلام‌شده در این گزارش‌ها باید کمتر از هدف مصوب و بدون بروز ایراد ایمنی یا منجر به توقف خودرو باشد.

شاخص عبور مستقیم[۲]

محل اندازه‌گیری این شاخص انتهای خط همبندی و همچنین آزمون گرم نهایی موتور[۳] است. محاسبهٔ این شاخص در هر دو بخش به صورت:

$$FA\%\ (\text{همبندی}) = \frac{\text{تعداد محصول (موتور) بدون نقص در انتهای خط همبندی}}{\text{تعداد کل موتور همبندی‌شده}} \times ۱۰۰$$

$$FA\%\ (\text{نهایی}) = \frac{\text{تعداد محصول (موتور) بدون نقص پس از آزمون موتور}}{\text{تعداد کل موتور آزمون‌شده}} \times ۱۰۰$$

شاخص ارزیابی نهایی[۴]

برای اطمینان از سلامت ظاهری موتورهای آمادهٔ خروج از موتورسازی، ارزیابی نهایی انجام می‌شود. در این ارزیابی بر اساس فهرست‌های تهیه‌شده برای هر نوع موتور، موارد کسری، شکستگی، قرشدگی و ... در آن بررسی می‌شود. البته هدف این شاخص باید برابر با صفر باشد.

شاخص تعداد قطعهٔ تعویضی در هر یک میلیون خودرو در سواری‌سازی

این شاخص برای بررسی وضعیت کیفی تولیدات موتورسازی در کارخانهٔ سواری‌سازی به عنوان نخستین مشتری، تعریف شده است. شاخص تعداد قطعهٔ تعویضی در هر میلیون خودرو صفر کیلومتر، شامل سه بخش است:
۱- پیاده‌کردن و تعمیر[۵]: نشان‌دهندهٔ وضعیت ایرادهایی است که منجر به پیاده‌کردن موتور از خودرو می‌شود.
۲- تعمیر روی خودرو[۶]: نشان‌دهندهٔ وضعیت ایرادهایی است که بدون نیاز به پیاده‌کردن موتور از خودرو قابل‌رفع است.
۳- کسری و شکستگی قطعات موتوری: ایرادهایی هستند که ناشی از شکستگی قطعات و همچنین کسری قطعه بر روی موتور است. منشاء این ایرادها از تدارکات و انبارش موتورهاست و خارج از حوزهٔ موتورسازی است.
نحوهٔ محاسبهٔ این شاخص به این صورت است:

$$\text{تعداد قطعهٔ تعویضی در هر میلیون خودرو با پیمایش صفر کیلومتر} = \frac{\text{مجموع ایرادهای موتوری مشاهده‌شده در سواری‌سازی در ماه مورد نظر}}{\text{تعداد خودرو تولیدشده در همان ماه}} \times ۱۰^{۶}$$

$$\text{تعداد قطعهٔ تعویضی در هر میلیون خودرو با ایراد نیاز به پیاده‌سازی موتور از روی خودرو} = \frac{\text{مجموع ایرادهای موتوری منجر به پیاده‌شدن موتور از خودرو در ماه مورد نظر}}{\text{تعداد خودرو تولیدشده در همان ماه}} \times ۱۰^{۶}$$

۱- DPM
۲- First Acceptance
۳- Hot Test
۴- Pallet Audit
۵- Pull & Repair
۶- On Vehicle Repair

تعداد قطعهٔ تعویضی در هر میلیون خودرو با ایراد موتوری قابل‌رفع روی خودرو = (مجموع ایرادهای موتوری که روی خودرو در ماه مورد نظر قابل رفع است / تعداد خودرو تولیدشده در همان ماه) ×۱۰^۶

کسری و شکستگی قطعات = (مجموع ایرادهای موتوری با منشاء کسری و شکستگی قطعات در ماه مورد نظر / تعداد خودرو تولیدشده در همان ماه) ×۱۰^۶

شاخص ایرادهای منجر به توقف خودرو

این شـاخص برای اندازه‌گیری میزان توقفات جاده‌ای که منشـاء موتوری دارند، تعریف شده است. اطلاعات ورودی این شاخص از پوشه‌های امداد خودرو است که بر حسب ماه مراجعه و همچنین ۱، ۳، ۶ و ۱۲ ماه پس از تحویل به مشتری قابل محاسبه است:

ایراد منجر به توقف خودرو برحسب ماه / مراجعه = (مجموع توقفات جاده‌ای در ماه مورد نظر / تعداد خودرو تحت تضمین در همان ماه) ×۱۰^۶

ایراد منجر به توقف خودرو پس از ۱، ۳، ۶ و ۱۲ ماه تحویل به مشتری = (مجموع توقفات جاده‌ای در ۱، ۳، ۶ و ۱۲ ماه پس از تحویل به مشتری / تعداد خودرو تولیدشده در ماه مورد نظر) ×۱۰^۶

شاخص برگشت قطعات موتوری به ازای هر ۱۰۰ خودرو

شاخصی برای اندازه‌گیری میزان قطعات موتور تعویضی در خدمات پس از فروش به ازای هر ۱۰۰ خودرو تحت تضمین در دست مشتری است. این شاخص به دو صورت بر حسب ماه مراجعه و همچنین ۱، ۳، ۶ و ۱۲ ماه پس از تحویل به مشتری قابل محاسبه است:

C/۱۰۰ (ماه مراجعه) = (مجموع قطعات تعویضی موتوری در ماه مورد نظر / تعداد خودرو تحت تضمین در همان ماه) ×۱۰۰

C/۱۰۰ (۱،۳،۶،۱۲) = (مجموع قطعات موتوری تعویضی در ۱، ۳، ۶ و ۱۲ ماه پس از تحویل به مشتری / تعداد خودرو تولیدشده در ماه مورد نظر) ×۱۰۰

شاخص برگشت موتور کامل

تعـدادی از ایرادهای موتوری (مانند شکسـت دسته‌سـمبه) می‌تواند منجر به تعویض موتور کامل شـود. این شـاخص نشـان‌دهندهٔ وضعیت موتورهای برگشـتی از خدمات پس از فروش به واسطهٔ ایرادهای مهمی است که منجر به تخریب موتور می‌شوند و به این صورت محاسبه می‌شوند:

(PPM) ماه مراجعه = (تعداد موتور برگشتی در ماه مورد نظر / تعداد خودروهای تحت تضمین همان ماه) ×۱۰^۶

(PPM) (۱،۳ ،۶،۱۲) = (تعداد موتورهای برگشتی در ۱، ۳، ۶ و ۱۲ ماه پس از تحویل به مشتری / تعداد خودروهای تولیدشده در ماه مورد نظر) ×۱۰^۶

۱۲-۴ تعیین صلاحیت فرآیند در طرح موتور ملی

ایــن روش بر مبنای اصول 5M بنا شــده اســت؛ در این روش میزان توانایی و قابلیت فرآینــد تولید در برهه‌های زمانی مختلف بررسی می‌شود تا در خلال طرح، فرآیندهای طراحی و تولید بر اساس خواستهٔ مشتری پیش رفته باشند. به عبارت دیگــر ایــن روش ضمانت‌می‌کند که فرآیند طراحی تا تولید، محصولی را با کیفیت مورد نظر مشــتری عرضه کند. از این روش برای صنعتی‌ســازی محصول جدید یا به‌هنگام‌شده استفاده می‌شود. این روش که از آن پس، PQ خوانده می‌شود در چهار عنوان شــرح داده می‌شــود و در خلال آن توضیحاتی در خصوص مباحث کیفی طرح موتور ملی که با استفاده از این روش پیگیری شده، می‌آید:

تعیین گروه کاری PQ

برای اجرای کارها و پیگیری آن‌ها، گروهی شامل نمایندگان واحدهای مختلف تعیین می‌شوند تا پاسخگوی خواسته‌های تعیین‌شده باشند، این گروه، شامل:

الف- نمایندهٔ تضمین کیفیت (به عنوان ممیز)
ب- نمایندهٔ مهندسی فرآیند
پ- نمایندهٔ مهندسی تولید
ت- نمایندهٔ مهندسی محصول
ث- نمایندهٔ واحد تولید
ج- نمایندهٔ پایش کیفیت
چ- نمایندهٔ طراحی
ح- نمایندهٔ تعمیرات
خ- نمایندهٔ امور پدر

در ایــن گــروه، نمایندهٔ تضمین کیفیت به عنــوان هماهنگ‌کننده عمل می‌کند و برنامه‌های گروه را مشــخص و اعلام می‌کند. وظایف این گروه به طور کلی به این شرح است:

- تعیین مقاطع زمانی ممیزی
- تعیین اهداف هر کدام از بندهای فهرست وارسی
- تأیید امتیازها در هر ممیزی
- پیگیری اصلاح موارد مطرح‌شده در ممیزی

تعیین مقاطع زمانی ممیزی

در طرح موتور ملی مقاطعی که برای ممیزی در نظر گرفته شده، به این شرح است:

شروع تولید + ۱۷ هفته	شروع تولید + ۳ هفته	پیش‌تولید	محمولهٔ دوم	محمولهٔ اول

کارگروه صلاحیت فرآیند این مقاطع زمانی را تأیید می‌کند و برای تأیید نهایی مدیران فرستاده می‌شود.

فهرست وارسی ۵۴ موردی تعیین صلاحیت فرآیند

مهم‌ترین اصلی که در ساختار این فهرست به آن توجه می‌شود، کاهش میزان خطرپذیری در فرآیند طراحی تا تولید است، به‌گونه‌ای که کیفیت محصول در راه صنعتی‌شدن آن حفظ شود.

فهرست وارسی به پنج طبقه تقسیم می‌شود:

- مستندات و روش‌ها
- ابزار، تجهیزات و فرآیند
- محیط
- مواد
- نیروی انسانی

فهرست وارسی ممیزی در پیوست شمارهٔ ۲-۱۲ موجود است.

مستندات وروش‌ها

همان طور که در پیوست ۲-۱۲ ملاحظه می‌شود در بخش اول فهرست وارسی اشارهٔ صریحی به نیازمندی‌های مشتری شده و به تبع آن خطرپذیری‌های طراحی و فرآیند برای رسیدن به اهداف از پیش تعیین‌شدهٔ مشتری کم می‌شود.

از جمله ابزارهای استفاده‌شده در این بخش، می‌توان به جدول طبقه‌بندی قطعات بر اساس مهم‌ترین ویژگی‌های آن‌ها[۱] اشـاره کرد. برای مثال اگر قطعه‌ای از نظر قطر محور بسـیار مهم باشـد (ایمن باشد) در این جدول با نماد خاص خود به آن اشـاره می‌شـود، به این ترتیب با اسـتفاده از این جدول و خروجی به دست آمده از بررسی حالت‌های بالقوهٔ خرابی در فرآیند[۲] و بررسـی حالت‌های بالقوهٔ خرابی در طراحی[۳] می‌توانیم سـطوح بازرسی را مشخص کنیم. نمادهای استفاده‌شده به این شرح است:

S	Security (ایمنی)
R	Regulation(قاعده)
C	Critical (بحرانی)
M	Major (عمده)

از دیگر مستنداتی که در این قسمت از فهرست وارسی به آن‌ها اشاره می‌شود، عبارتند از:

- تعیین قطعاتی که باید ردیابی روی آن‌ها صورت پذیرد.
- تعیین سامانه و روش ردیابی
- وجود فهرستی از رواداشت‌ها[۴]
- اهداف قابلیت فرآیند[۵]
- مستندات طرح نظارت[۶]
- مستندات فرآیند

ابزار و تجهیزات فرآیند

در این بخش از فهرست وارسی به‌طور کلی به این موارد توجه می‌شود:

- وجود فهرست ابزار و تجهیزات به همراه رمز آن‌ها
- تعریـف ضدخطـا برای مواضعی در فرآیند که خطرپذیری بزرگی دارند (بر اسـاس بررسـی حـالات بالقوهٔ خرابی در فرآیند).

۱- List of the Most Important Characteristics
۲- PFMEA
۳- DFMEA
۴- Tolerance Chart
۵- CP & CPK
۶- Survey Plan

- تعیین نرخ بهره‌وری مورد نیاز خط تولید
- وجود مستنداتی در خصوص تحویل‌گرفتن ماشین‌آلات و تجهیزات (وجود روش مدونی برای تحویل‌گیری و وجود مستندات)

محیط

در بخش سوم مباحثی در خصوص محیط کارگاه‌های تولید و ابزار و تجهیزات مطرح می‌شود از جمله:

- تعریف موارد ایمنی در مستندات مشخص
- تأمین ایمنی خطوط تولید و ارائهٔ مدارکی در این خصوص

مواد

مواد و قطعات ورودی باید از لحاظ مطابقت با نقشه‌ها و فرآیندهای از پیش تعریف‌شده، تأیید شوند.

نیروی انسانی تولید

از جمله خواسته‌های این بخش، وجود شاخص‌هایی است که بتوانند وضعیت محصولات و کارگاه تولیدی را به خوبی نشان‌دهند و همچنین برای نیروی کار تعریف‌شده باشند. از دیگر موارد، می‌توان به این موارد اشاره کرد:

- تناسب صلاحیت افراد با ایستگاه کاری
- تعداد عملگرها بر اساس ترازنامهٔ خط
- وجود برنامهٔ آموزشی
- وجود مستندات مرجع در بایگانی

تعیین اهداف هر کدام از بندهای فهرست وارسی

در این فهرست وارسی برای ۲۴ مورد از ۵۴ مورد، ابتدا ۶ نمرهٔ منفی در نظر گرفته می‌شود (این بندها در پیوست رنگی است) ولی برای دیگر بندها ۳ نمرهٔ منفی در نظر گرفته می‌شود. این نمرات در نخستین ستون وارد می‌شود. در ستون‌های دیگر، اهداف متناسب با مقطع زمانی مورد نظر (محمولهٔ ۱و محمولهٔ ۲) جایگزین می‌شوند. برای مثال چنانچه بخش اول پیوست ۲-۱۲ را در نظر بگیرید، هر کدام از مقاطع زمانی به دو ستون تقسیم شده‌اند. ستون هدف و ستون مشاهده. در ستون‌های هدف، مقدار نمرهٔ منفی قابل قبول در آن مقطع زمانی، درج می‌شود و همان طور که مشاهده می‌شود هر چه طرح پیشرفت‌می‌کند، این نمرات منفی به سمت صفر نزدیک می‌شود. پس از تکمیل اهداف همهٔ بندها، اهداف کلی هر کدام از مقاطع زمانی به این شکل محاسبه می‌شود:

$$\frac{\text{جمع نمرهٔ منفی مقطع زمانی} - (۳۰ \times ۳ + ۲۴ \times ۶) \text{ کل نمرهٔ منفی}}{\text{کل نمرهٔ منفی}} \times ۱۰۰$$

به دلیل سختگیری در اهداف معمولاً اهداف محاسبه شده را تعدیل می‌کنند. اهدافی که در ابتدای فهرست وارسی آورده شده، اهداف تعدیل‌شدهٔ طرح موتور ملی است.

پس از نهایی‌شدن اهداف به توسط گروه PQ این اهداف در مقاطع زمانی مذکور به وسیلهٔ واحد تضمین کیفیت ممیزی می‌شود و متناسب با کار انجام‌شده از نمرهٔ منفی کسر می‌شود و این فرآیند تا زمانی ادامه پیدا می‌کند تا کل نمره صفر شود که در این صورت می‌توان به اهداف کیفی نهایی‌شده در طرح رسید. پس از هر مرحله از ممیزی، گزارش تفصیلی

امتیازات اکتسابی و نمودار درصد پیشرفت طرح (شکل ۱-۱۲) به همراه گزارش اهم موارد مغایرت باقیمانده، تهیه و برای دیگر واحدها ارسال می‌شود تا برنامه‌ریزی برای رفع مغایرت‌ها انجام شود.

شکل ۱-۱۲ نمودار مقایسه‌ای حداکثر پیشرفت ممکن[۱]، پیشرفت موردانتظار در طرح[۲] و پیشرفت محاسبه شده بر اساس ممیزی[۳]

طرح کیفیت موتور ملی مطابق با پیوست ۱-۱۲ مصوب شد. این طرح کیفیت فقط در برگیرندهٔ اقدامات و ارزیابی‌های کیفی در بخش موتوری طرح است و ارائه اهداف خودرویی (مصوب معاونت کیفیت شرکت ایران‌خودرو) در پایان، فقط برای اطلاع است.

۱-Maximum Goal Rote ۲-Project Goal Rate ۳-Realised Rate

پیوست ۱-۱۲ طرح کیفیت تولید موتور ملی

جدول ۱-۱ مراحل راه‌اندازی تولید موتور ملی تنفس طبیعی

ماه	تاریخ	هفته	هفته‌های مانده به شروع (SOP)	موتور
آبان و آذر ۱۳۸۵ (نوامبر)	۱۳۸۵/۸/۳۰ ۲۰۰۶/۱۱/۲۱	۴۷	-۱۲	پیش‌تولید (PRS)
	۱۳۸۵/۹/۶ ۲۰۰۶/۱۱/۲۷	۴۸	-۱۱	
آذر و دی ۱۳۸۵ (دسامبر)	۱۳۸۵/۹/۱۳ ۲۰۰۶/۱۲/۰۴	۴۹	-۱۰	
	۱۳۸۵/۹/۲۰ ۲۰۰۶/۱۲/۱۱	۵۰	-۹	
	۱۳۸۵/۹/۲۷ ۲۰۰۶/۱۲/۱۸	۵۱	-۸	
	۱۳۸۵/۱۰/۴ ۲۰۰۶/۱۲/۲۵	۵۲	-۷	
دی و بهمن ۱۳۸۵ (ژوئن ۲۰۰۷)	۱۳۸۵/۱۰/۱۲ ۲۰۰۷/۰۱/۰۱	۱	-۶	
	۱۳۸۵/۱۰/۱۹ ۲۰۰۷/۰۱/۰۸	۲	-۵	
	۱۳۸۵/۱۰/۲۶ ۲۰۰۷/۰۱/۱۵	۳	-۴	
	۱۳۸۵/۱۱/۳ ۲۰۰۷/۰۱/۲۲	۴	-۳	
بهمن و اسفند ۱۳۸۵ (فوریهٔ ۲۰۰۷)	۱۳۸۵/۱۲/۱۰ ۲۰۰۷/۰۱/۲۹	۵	-۲	
	۱۳۸۵/۱۲/۱۷ ۲۰۰۷/۰۲/۰۵	۶	-۱	
	۱۳۸۵/۱۲/۱۴ ۲۰۰۷/۰۲/۱۲	۷	۱	شروع تولید (SOP) + سه هفته
	۱۳۸۵/۱۲/۱ ۲۰۰۷/۰۲/۱۹	۸	۲	
اسفند ۱۳۸۵ و فروردین ۱۳۸۶ (مارس ۲۰۰۷)	۱۳۸۵/۱۲/۸ ۲۰۰۷/۰۲/۲۶	9	۳	
	۱۳۸۵/۱۲/۱۵ ۲۰۰۷/۰۳/۰۵	۱۰	۴	شروع تولید (SOP) + ۱۷ هفته
	۱۳۸۵/۱۲/۲۲ ۲۰۰۷/۰۳/۱۲	۱۱	۵	
	۱۳۸۵/۱۲/۲۹ ۲۰۰۷/۰۳/۱۹	۱۲	۶	
	۱۳۸۶/۱/۶ ۲۰۰۷/۰۳/۲۶	۱۳	۷	
فروردین و اردیبهشت ۱۳۸۶ (آوریل ۲۰۰۷)	۱۳۸۶/۱/۱۲ ۲۰۰۷/۰۴/۰۲	۱۴	۸	
	۱۳۸۶/۱/۱۹ ۲۰۰۷/۰۴/۰۹	۱۵	۹	
	۱۳۸۶/۱/۲۶ ۲۰۰۷/۰۴/۱۶	۱۶	۱۰	
	۱۳۸۶/۲/۳ ۲۰۰۷/۰۴/۲۳	۱۷	۱۱	
اردیبهشت و خرداد ۱۳۸۶ (می ۲۰۰۷)	۱۳۸۶/۲/۱۰ ۲۰۰۷/۰۴/۳۰	۱۸	۱۲	
	۱۳۸۶/۲/۱۷ ۲۰۰۷/۰۵/۰۷	۱۹	۱۳	
	۱۳۸۶/۲/۲۴ ۲۰۰۷/۰۵/۱۴	۲۰	۱۴	
	۱۳۸۶/۲/۳۱ ۲۰۰۷/۰۵/۲۱	۲۱	۱۵	
خرداد و تیر ۱۳۸۶ (ژانویه ۲۰۰۷)	۱۳۸۶/۳/۷ ۲۰۰۷/۰۵/۲۸	۲۲	۱۶	
	۱۳۸۶/۳/۱۴ ۲۰۰۷/۰۶/۰۴	۲۳	۱۷	
	۱۳۸۶/۳/۲۱ ۲۰۰۷/۰۶/۱۱	۲۴	۱۸	
	۱۳۸۶/۳/۲۸ ۲۰۰۷/۰۶/۱۸	۲۵	۱۹	
	۱۳۸۶/۴/۴ ۲۰۰۷/۰۶/۲۵	۲۶	۲۰	

طرح کیفیت راه‌اندازی تولید موتور ملی
مدیریت تضمین کیفیت

جدول ۲-۱- میزان تولید

مجموع تولید انبوه	شروع تولید (SOP) + ۱۷ هفته	شروع تولید (SOP) + سه هفته	پیش‌تولید (PRS)	نوع موتور
نیاز به تعریف در آینده [۱]	۱۰۰۰		۱۵۰	موتور ملی تنفس طبیعی

جدول ۳-۱ هدف‌گذاری شاخص‌های کیفی در مراحل مختلف همبندی موتور

		مجموعهٔ اول	مجموعهٔ دوم	پیش‌تولید (PRS)	شروع تولید (SOP) + سه هفته	شروع تولید (SOP) + ۱۷ هفته
شاخص‌های تجاری‌سازی	ارزیابی موتور (Engine Demerit)			۲۰ (بدون ایراد، ۱۵ تا ۵۵ امتیاز)	در ادامه تعیین خواهد شد.	در ادامه تعیین خواهد شد.
	IQF			یک ایراد با درجهٔ C یا دو ایراد با درجهٔ D	0	0
	ایراد B = <					
	ارزیابی فرآیند	20%	34%	75%	85%	90%
	آزمون رانش خودرو			DPM 150000 (km 20000)	نیاز به تعریف در آینده (km 2000)	
شاخص‌های کیفی میانی (داخل کارخانه)	عبور مستقیم (آزمون گرم)			93%	97%	99%
	عبور مستقیم (خط همبندی)			94%	97%	99%
	ارزیابی ظاهری			0	0	0
	ایراد موتور در سواری‌سازی (تعداد قطعهٔ تعویضی در هر میلیون خودرو)			۱۲۰۰ (۳۰۰ ایراد نیاز به پیاده‌سازی موتور از روی خودرو دارد و ۹۰۰ ایراد بدون پیاده‌سازی رفع می‌شود.)	۱۰۰۰ (۲۵۰ ایراد نیاز به پیاده‌سازی موتور از روی خودرو دارد و ۷۵۰ ایراد بدون پیاده‌سازی رفع می‌شود.)	۹۰۰ (۲۰۰ ایراد نیاز به پیاده‌سازی موتور از روی خودرو دارد و ۷۰۰ ایراد بدون پیاده‌سازی رفع می‌شود.)

■ این هدف برای پیمایش اولیهٔ ۲۰۰ کیلومتر تعریف شده است. هدف‌گذاری نهایی پس از طی این مرحله انجام خواهد شد.

۱- Tbd

ادامهٔ جدول ۳-۱- هدف‌گذاری شاخص‌های کیفی در مراحل مختلف همبندی موتور

		محمولهٔ اول	محمولهٔ دوم	پیش‌تولید (PRS)	شروع تولید (SOP) + سه هفته	شروع تولید (SOP) + ۱۷ هفته
شاخص‌های کیفی محصول در دست مشتری (In-Customer Indicators)	توقف خودرو					۲۰۰۰ – سه ماه پس از تولید ۱۲ ماه پس از تحویل به مشتری
	تعداد قطعات برگشتی به ازای ۱۰۰ خودرو تحت ضمانت					(۳ ماه پس از تحویل) 1.5 (۱۲ ماه پس از تحویل) 10
	تعداد موتور برگشتی					90 ppm (۱۲ ماه پس از تحویل)
شاخص‌های کیفی مرحلهٔ توسعه (Design Development Indicator)	درخواست حل مشکل یا درخواست بهبود و طراحی	همهٔ موارد باید پیش از انتهای پیش‌تولید بسته شوند.				
	قابلیت اعتماد	نیاز به تعریف در آینده (FEV)	نیاز به تعریف در آینده (FEV)			

جدول ٤-۱ آزمون‌های صحه‌گذاری موتور

مرحله	پیش‌تولید (PRS)	شروع تولید (SOP) + سه هفته
نوع موتور آزمون موتور	موتور ملی تنفس طبیعی	موتور ملی تنفس طبیعی
آزمون بیشینهٔ توان ۱۵۰ ساعت	۱	–
دوام ۸۰۰ ساعت	۱	۱
پیمایش خودرو ۲۰۰۰۰ هزار کیلومتر	سه دستگاه خودرو (قابلیت همبندی موتور نیز روی خودرو بررسی می‌شود.)	–
پیمایش خودرو ۲۰۰۰۰ هزار کیلومتر	–	سه دستگاه خودرو (قابلیت همبندی موتور نیز روی خودرو بررسی می‌شود.)
ارزیابی موتور	۱۰	۱/۱۰۰ موتور

جدول ۵-۱ طرح ارزیابی (و صحه‌گذاری) در مرحلهٔ پیش‌تولید

ردیف	مشتری	نوع	هدف	تعداد	زمان (تولید و آزمون)	تاریخ آزمون‌های جانبی		آزمون‌های جانبی
						تا	از	
۱	کیفیت خط تولید	موتور ملی۱,۷ تنفس طبیعی	عبور (F. A) مستقیم	۱۵۰	۸۳ روز	۱۳۸۵/۸/۳۰ (۲۰۰۶/۱۱/۲۱)	۱۳۸۵/۱۱/۲۳ (۲۰۰۷/۲/۱۱)	۱۳۸۵/۸/۳۰ (۲۰۰۶/۱۱/۲۱)
۲	تضمین کیفیت مرکز تحقیقات موتور	موتور ملی۱,۷ تنفس طبیعی	ارزیابی موتور	۱۰	۵ روز/ موتور	۱۳۸۵/۸/۴ (۲۰۰۶/۱۱/۲۵)	۱۳۸۵/۱۲/۱۳ (۲۰۰۷/۳/۳)	
۳	تضمین کیفیت و مهندسی مرکز تحقیقات موتور	موتور ملی۱,۷ تنفس طبیعی	آزمون بیشینهٔ توان ۱۵۰ ساعت	۱	۲۵ روز	۱۳۸۵/۸/۴ (۲۰۰۶/۱۰/۲۶)	۱۳۸۵/۸/۲۹ (۲۰۰۶/۱۱/۲۰)	
۴	تضمین کیفیت و مهندسی مرکز تحقیقات موتور	موتور ملی۱,۷ تنفس طبیعی	آزمون دوام ۸۰۰ ساعت	۱	سه ماه	۱۳۸۵/۸/۴ (۲۰۰۶/۱۰/۲۶)	۱۳۸۶/۱/۸ (۲۰۰۷/۳/۲۸)	
۵	تضمین کیفیت ایران‌خودرو	موتور ملی۱,۷ تنفس طبیعی (خودرو)	پیمایش خودرو ۲۰۰۰۰ کیلومتر	۳	۱۲ هفته	۱۳۸۵/۱۰/۴ (۲۰۰۶/۱۲/۲۵)	۱۳۸۶/۲/۳ (۲۰۰۷/۴/۲۳)	قابلیت همبندی
۶	تضمین کیفیت ایران‌خودرو	موتور ملی۱,۷ تنفس طبیعی (خودرو)	ارزیابی (IQF)	۳	۱ روز/ خودرو	۱۳۸۵/۷/۲۱ (۲۰۰۶/۱۰/۱۳)	۱۳۸۵/۱۰/۴ (۲۰۰۶/۱۲/۲۵)	قابلیت همبندی

جدول۶-۱ طرح ارزیابی (و صحه‌گذاری) در مرحلهٔ شروع تولید (SOP) + ۳ هفته

ردیف	مشتری	نوع	هدف	تعداد	زمان (تولید و آزمون)	تاریخ		آزمون‌های جانبی
						تا	از	
۱	کیفیت خط تولید	موتور ملی تنفس طبیعی	عبور مستقیم (F. A)	همهٔ تولیدات	۲۱ روز	۱۳۸۵/۱۱/۲۴ (۲۰۰۷/۲/۱۲)	۱۳۸۵/۱۲/۲۰ (۲۰۰۷/۳/۱۰)	
۲	تضمین کیفیت مرکز تحقیقات موتور	موتور ملی تنفس طبیعی	ارزیابی موتور	۱۰۰/۱ موتور	۴ روز/ موتور	۱۳۸۵/۱۱/۲۵ (۲۰۰۷/۲/۱۳)	۱۳۸۵/۱۲/۲۰ (۲۰۰۷/۳/۱۰)	
۳	تضمین کیفیت و مهندسی مرکز تحقیقات موتور	موتور ملی تنفس طبیعی	آزمون دوام ۸۰۰ ساعت	۱	۳ ماه	۱۳۸۵/۱۱/۲۷ (۲۰۰۷/۲/۱۵)	۱۳۸۶/۲/۲۷ (۲۰۰۷/۵/۱۷)	
۴	تضمین کیفیت و مهندسی مرکز تحقیقات موتور	موتور ملی تنفس طبیعی	پیمایش خودرو ۲۰۰۰۰ کیلومتر	۳	۳ هفته	۱۳۸۵/۱۲/۲۹ (۲۰۰۷/۳/۱۹)	۱۳۸۵/۱۲/۲ (۲۰۰۷/۲/۲۰)	
۵	تضمین کیفیت ایران‌خودرو	موتور ملی تنفس طبیعی (خودرو)	ارزیابی (IQF)	۱۰/۱ خودرو	۱ روز/ خودرو	۱۳۸۵/۱۲/۲ (۲۰۰۷/۲/۲۰)	۱۳۸۵/۱۲/۲۶ (۲۰۰۷/۳/۱۶)	

جدول ۷-۱ طرح ارزیابی در مرحلهٔ شروع تولید (SOP) + ۱۷ هفته

ردیف	مشتری	نوع	هدف	تعداد
۱	کیفیت خط تولید (Q.C)	موتور ملی تنفس طبیعی	عبور مستقیم (F. A)	همهٔ تولیدات
۲	تضمین کیفیت مرکز تحقیقات موتور	موتور ملی تنفس طبیعی	ارزیابی موتور	۱۰۰/۱ موتور
۳	تضمین کیفیت ایران‌خودرو	موتور ملی تنفس طبیعی (خودرو)	ارزیابی (IQF)	۱۰/۱ خودرو

جدول ۸-۱ هدف‌گذاری شاخص‌های کیفی خودرو پیش از تحویل به مشتری (خودروی سمند با موتور ملی)

تولید انبوه	شتاب‌گیری تولید (Ramp Up)	شروع تولید	پیش‌تولید	مرحله	
نیاز به تعریف در آینده	آبان و آذر ۱۳۸۶ نوامبر ۲۰۰۷	بهمن و اسفند ۱۳۸۵ فوریهٔ ۲۰۰۷)	آذر و دی ۱۳۸۵ دسامبر ۲۰۰۶	تاریخ	
	نیاز به تعریف در آینده (tbd)		۱۰۰	تعداد	
	۷۵	۸۰	۹۵	ارزیابی (IQF)	خودرو
	۰,۸	۱	۱,۲	ایرادها با درجهٔ B	
	۳×۲۰۰۰ km ۱۳۰۰۰۰۰= ایراد در میلیون	۳×۲۰۰۰ km ۱۳۰۰۰۰۰= ایراد در میلیون	۳×۲۰۰۰۰ km ۱۶۰۰۰۰۰= ایراد در میلیون	آزمون پیمایش خودرو	
نیاز به تعریف در آینده	۱۱,۹۸	۱۲،۵۸	۱۳،۱۸	ارزیابی (IQF)	کارخانهٔ سواری‌سازی
	۰,۱	۰,۱۱	۰,۱۳	ایرادها با درجهٔ B	
	۰	۰	۰	ایرادها در سواری‌سازی (PPM 0 km)	
٪۹۰	٪۸۵	٪۷۵	٪۶۵	ارزیابی فرآیند (PQ)	

- هدف‌گذاری برای پیمایش ۲۰۰۰ کیلومتر انجام شده است.
- هدف شاخص IQA مانند سمند معمولی است.

جدول ۹-۱ هدف‌گذاری شاخص‌های کیفی خودرو پس از تحویل به مشتری (خودروی سمند با موتور ملی)

یک سال پس از تحویل	سه ماه پس از تحویل	شاخص مشتری
۷۵	۱۵	(C/100) برگشت قطعه به ازای هر ۱۰۰ خودرو تحت تضمین
۵۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	شاخص توقف خودرو در میلیون

پیوست ۲-۱۲ فهرست وارسی ۵۴ موردی موتور ملی

		مرحلهٔ یک		مرحلهٔ دو	صنعتی‌سازی	پیش‌تولید	شروع تولید + ۳هفته	شروع تولید + ۱۷ هفته	مسؤول
	۱۳۸۶/۱۰/۳۰	مرحلهٔ یک		مرحلهٔ دو	صنعتی‌سازی	پیش‌تولید	شروع تولید + ۳هفته	شروع تولید + ۱۷ هفته	
	مستندسازی								
	مستندسازی فرآیندها								
۱	نیازهای مشتری فهرست شده، بر حسب اهمیت طبقه‌بندی شده و به کار گرفته می‌شوند	۰		۰	۰	۰	۰	۰	طراحی
۲	تبیین و طبقه‌بندی نقاط پایشی بر حسب اهمیت مشخصاتی که از بند ۱ منتج می‌شود و همچنین نقاط پایشی فرآیند تحت تأیید صلاحیت.	۲		۰	۰	۰	۰	۰	طراحی
۳	تدابیر لازم برای ردیابی محصول اتخاذ شده است	۴		۲	۲	۰	۰	۰	مهندسی تولید
۴	خطرپذیری‌های محصول شناسایی و پایش شده‌اند	۲		۰	۰	۰	۰	۰	طراحی
۵	مقادیر اسمی و حدود روا داشت مشخصه‌ها تعین شده‌اند، قابل دستیابی و اندازه‌گیری هستند.	۲		۰	۰	۰	۰	۰	طراحی
۶	اهداف قابلیت فرآیند تعیین شده‌اند و با اهداف کیفی مشتریان هماهنگ شده‌اند.	۲		۰	۰	۰	۰	۰	طراحی
۷	خطرپذیری‌های فرآیندشناسایی شده و تحت پایش هستند.	۲		۱	۱	۰	۰	۰	مهندسی فرآیند
۸	خطرپذیری‌های ابزار تعیین و پایش شده است	۲		۲	۲	۰	۰	۰	مهندسی تولید
۹	نحوه برخورد با محصولات نامنطبق مشخص شده است.	۴		۲	۲	۰	۰	۰	مهندسی محصول
۱۰	خطرپذیری خطای مخلوط شدن قطعات علی‌الخصوص خطرپذیری‌های وابسته به قطعات مشابه در گزینه‌های متفاوت محصول شناسایی و پایش شده است.	۲		۲	۲	۰	۰	۰	مهندسی تولید
۱۱	تعیین رویه شروع و خاتمه تولید یا تغییر محموله‌ها یا انتقال	۲		۲	۲	۱	۰	۰	مهندسی تولید
۱۲	رویه‌های نگهداری و تعمیرات تهیه شده‌اند.	۳		۳	۳	۲	۱	۰	تعمیر و نگهداری
۱۳	راهکارهای جایگزین تعیین و تصدیق شده‌اند	۳		۳	۳	۱	۰	۰	مهندسی تولید
۱۴	شیوه نامه‌های تحویل گیری ابزار و تجهیزات تهیه شده است.	۱		۱	۱	۰	۰	۰	مهندسی تولید
۱۵	روش‌های دریافت و پذیرش قطعات و محصولات از سازندگان بیرونی تهیه شده است.	۲		۱	۱	۰	۰	۰	مهندسی محصول
۱۶	روش‌های دریافت و پذیرش قطعات و محصولات از سازندگان داخلی تهیه شده است.	۲		۱	۱	۰	۰	۰	مهندسی محصول
۱۷	طرح‌های نظارت تهیه شده و تصویب شده است.	۴		۴	۴	۰	۰	۰	مهندسی فرآیند
	اطلاعات وابسته به محصول								
۱۸	نقشه ها و مشخصات استانداردها و نقاط پایشی S/R در دسترس هستند.	۲		۰	۰	۰	۰	۰	مهندسی تولید

	مرحلهٔ یک	مرحلهٔ دو	صنعتی‌سازی	پیش‌تولید	شروع تولید + ۳هفته	شروع تولید + ۱۷ هفته	مسؤول
۱۳۸۶/۱۰/۳۰	مرحلهٔ یک	مرحلهٔ دو	صنعتی‌سازی	پیش‌تولید	شروع تولید + ۳هفته	شروع تولید + ۱۷ هفته	

اطلاعات وابسته به فرآیند

۱۹	طرح گردش مواد جانمایی کفی چینی تهیه و تصویب شده است	۲		۲		۲		۰		۰		۰	مهندسی فرآیند
۲۰	تعیین محدوده و دورنمای فرآیند	۲		۲		۲		۰		۰		۰	مهندسی فرآیند
۲۱	فرآیندها تعیین و تأیید شده‌اند (آماده سازی / تدارکات، شرایط نگهداری، دوباره کاری، تعمیر کاری، تنظیم اولیه، تنظیم، ...)	۴		۴		۴		۲		۰		۰	مهندسی فرآیند
۲۲	مدارک ماشین آلات در دسترس است و وجود دارد.	۳		۳		۳		۱		۰		۰	مهندسی تولید

نصب

۲۳	وسایل، ابزارها، و تجهیزات کددهی، شناسایی فهرست بندی، طبقه‌بندی شده و در محل قرار گرفته اند	۳		۳		۳		۱		۰		۰	مهندسی تولید
۲۴	سامانه‌های ضد خطا و ضد فراموشی تعریف و طبقه‌بندی و فهرست‌بندی و تأیید شده است.	۲		۲		۲		۱		۰		۰	مهندسی تولید
۲۵	در دسترس بودن ابزار/تجهیزات مطابق با اهداف تعریف شده در کتاب مشخصات ابزار/تجهیزات است.	۳		۲		۲		۲		۱		۰	مهندسی تولید
۲۶	نرخ بهره‌وری فرآیند متناسب با اهداف تعریف شده در کتاب مشخصات فرآیند است.	۶		۶		۶		۴		۲		۰	مهندسی فرآیند
۲۷	عوامل تنظیم فرآیند با آنچه که تعریف شده‌اند منطبق هستند.	۳		۳		۳		۱		۰		۰	مهندسی محصول
۲۸	برنامه‌های اجرایی برای تجهیزاتی که مطابق با دفترچه مشخصات تجهیزات نیستند تعریف و اجرا می‌شود.	۳		۳		۳		۱		۱		۰	مهندسی تولید
۲۹	نحوه برخورد با قطعات و محصول نامنطبق در محل اجرا می‌شود.	۳		۳		۳		۲		۱		۰	تضمین کیفیت
۳۰	مطالعات توانایی فرآیند و تجهیزات (قدیمی/ جدید) مطابق با اهداف تعریف شده است.	۶		۶		۴		۲		۰		۰	مهندسی تولید
۳۱	تجهیزات و ابزارها کاملاً بر اساس شیوه‌نامهٔ مشخص و دفترچهٔ نیازمندی‌ها تحویل گرفته شده‌اند.	۶		۶		۶		۲		۲		۰	مهندسی تولید
۳۲	نحوهٔ نگهداری ابزار باید تضمین نماید که ابزار ،تجهیزات و خروج محصولات به بیرون منطقهٔ کاری وضعیت مناسبی داشته باشند.	۲		۲		۲		۰		۰		۰	مهندسی تولید
۳۳	تنظیمات اولیه تعریف شده و اجرا می‌شود.	۳		۳		۳		۱		۰		۰	مهندسی تولید
۳۴	تجهیزات مطابق با اصول عوامل انسانی و بدون خطرات ایمنی برای عملگر طراحی شده باشند.	۶		۴		۴		۲		۰		۰	امور پدر

ابزارهای اندازه‌گیری و نظارت (تجهیزات اندازه‌گیری تناوبی)

۳۵	این تجهیزات پایش، و/ یا بازرسی و/ یا درجه‌بندی شده‌اند	۶		۴		۴		۰		۰		۰	مهندسی تولید

		مرحلهٔ یک	مرحلهٔ دو	صنعتی‌سازی	پیش‌تولید	شروع تولید + ۳هفته	شروع تولید + ۱۷ هفته	مسؤول
	۱۳۸۶/۱۰/۳۰	مرحلهٔ یک	مرحلهٔ دو	صنعتی‌سازی	پیش‌تولید	شروع تولید + ۳هفته	شروع تولید + ۱۷ هفته	
۳۶	تجهیزات- (وسایل اندازه‌گیری)(گشتاورسنج و ...) (ابزارهای یکپارچه) شماره‌گذاری ، شناسایی شده و در محل تعریف‌شده قرار دارند.	۳	۲	۲	۰	۰	۰	مهندسی تولید
۳۷	در صورتی که بررسی قابلیت ابزار و تجهیزات پیش‌بینی شده باشد، این قابلیت با آن‌چه که تعریف شده است مطابقت دارد	۶	۴	۴	۰	۰	۰	مهندسی تولید
۳۸	تجهیزات و ابزارهای بازرسی کاملاً بر اساس شیوه‌نامهٔ مشخص و دفترچه نیازمندی‌ها تحویل گرفته شده‌اند.	۶	۶	۶	۲	۰	۰	مهندسی تولید
	سامانه های رایانه ای شامل ردیابی							
۳۹	سامانه‌های اطلاع رسانی تعریف شده ، در محل مستقر شده و با دفترچه نیازمندی ها منطبق هستند	لازم نیست	لازم نیست	لازم نیست	لازم نیست	لازم نیست	لازم نیست	مهندسی تولید
	محیط							
۴۰	نحوهٔ قرار گیری تجهیزات و ماشین آلات ، و جریان مواد واقعی با آنچه که تأیید شده است مطابقت دارد.	۳	۳	۳	۱	۰	۰	مهندسی فرآیند
۴۱	جنبه های ایمنی تأیید شده است	۶	۴	۴	۲	۰	۰	امور پدر
۴۲	شرایط محیط کاری بر اساس کتابچه نیازمندی‌ها است (نور، دمای محیط، رطوبت، جریان هوا، صدا، نظافت و نظم و ترتیب)	۳	۲	۲	۱	۱	۰	امور پدر
	مواد							
۴۳	قطعات و محصولات وابسته به موتور با معیارهای پذیرش برای ترخیص نهایی مطابقت دارند.	۶	۶	۶	۲	۰	۰	تضمین کیفیت
۴۴	تاریخ اعتبار قطعات یا محصولات مورد استفاده در موتور رعایت می‌شود.	۳	۳	۳	۱	۰	۰	تولید
	مواد مصرفی							
۴۵	مواد مصرفی که تأثیری مستقیم روی کیفیت محصول دارند، به توسط پایش کیفیت دریافت کالا تأیید شده و محدوده زمانی اعتبار خود قرار دارند.	۳	۳	۳	۱	۰	۰	تضمین کیفیت
۴۶	ظروف و کفی‌ها برای استفاده از مواد مصرفی مناسب هستند.	۳	۲	۲	۱	۰	۰	مهندسی تولید
۴۷	ظروف/ کفی‌ها به طور واضح شناسایی شده‌اند	۳	۲	۲	۱	۰	۰	مهندسی تولید
	کارکنان							
۴۸	شاخص‌های تولید،کیفیت و ایمنی تعریف شده نمایش داده شده و به روز آوری می‌شوند. (شاخص‌ها همراه با اهداف عددی آن‌ها)	۶	۶	۶	۲	۰	۰	تولید
۴۹	کارکنان با مفهوم شاخصها و کاربرد و نتیجه‌گیری از آن‌ها برای بهبود، آشنا هستند	۳	۳	۳	۱	۰	۰	تولید
۵۰	صلاحیت کاری افراد با ایستگاه مورد تصدی آن‌ها متناسب است	۳	۳	۳	۰	۰	۰	تولید

	مرحلهٔ یک	مرحلهٔ دو	صنعتی‌سازی	پیش‌تولید	شروع تولید + ۳هفته	شروع تولید + ۱۷ هفته	مسؤول
۱۳۸۶/۱۰/۳۰	مرحلهٔ یک	مرحلهٔ دو	صنعتی‌سازی	پیش‌تولید	شروع تولید + ۳هفته	شروع تولید + ۱۷ هفته	

۵۱	تعداد عملگرها متناسب با تعداد تولید است.	۳		۳		۳		۱		۰		۰		تولید
۵۲	برنامهٔ آموزشی مناسب برای تمامی کارکنان تهیه شده است.	۴		۲		۲		۰		۰		۰		مهندسی تولید
۵۳	افراد برای عملیاتی که لازم است، داری مهارت یا صلاحیت هستند.	۶		لازم نیست		لازم نیست		لازم نیست		۰		۰		تولید
۵۴	مستندات مرجع در محل موجود است و رعایت می‌شوند.	۲		۲		۲		۱		۱		۰		مهندسی فرآیند

155.5°
B
18° (3x)
C
E
0.1 B A C
Ø6.2 H12 thru
C
(114°) sensor position
C
E
R113.12
A
120° (3x)
60° (4x)
D
A
100
16

فصل سیزدهم

خدمات پس از فروش

خدمات پس از فروش

۱-۱۳ پیش‌درآمد

با به ثمر رسیدن بخش‌های طراحی و ساخت محموله‌های آزمایشی شماره‌های ۱ و ۲ و همزمان با تولید آزمایشی موتور، یکی دیگر از مهم‌ترین بخش‌های طرح، پیگیری و به تدریج تکمیل شد. در این مرحله، با توجه به تجربیات به دست آمده از مراحل قبلی به طراحی ابزارها، همسان‌سازی روش‌های تعمیر، مقایسهٔ روش‌ها از نظر زمان‌بندی و همچنین آخرین بررسی مشکلات نمایان‌شده در طرح پرداخته شد.

با توجه به این که موتور ملی در آغاز، روی خودروی سمند قرار گرفت، تا حد امکان سعی شد برای آن، ابزارهای استفاده‌شده در تعمیر موتور XU به کار گرفته شود. جز ابزارهای خاصی که در تعمیر این موتور به علت بخش‌های خاص موجود در طراحی آن، مورد نیاز است، بقیهٔ ابزارهای استفاده‌شده به صورت پیش‌فرض، همان ابزارهای موتور XU است که به نمایندگی‌های مختلف ایران‌خودرو در سراسر کشور معرفی شد.

توجه به اجرای درست تعمیر در خدمات پس از فروش و همچنین وجود بخش‌های حساس، اعم از آب‌بندها، گشتاور مورد نیاز برای سفتی پیچ‌ها و رویهٔ مکانیکی اجرای کار و وجود حساسه‌های بسیار در این موتور، همکاری بسیار نزدیک گروه طراحی و خدمات پس از فروش را ایجاب می‌کرد. در طرح خانوادهٔ موتور ملی، توسعهٔ همهٔ فرآیندهای خدمات پس از فروش (اعم از انتخاب ابزار، روش‌های بازکردن موتور و ...) با اعمال نظر گروه طراحی و جمع‌آوری نظرات خدمات پس از فروش ایران‌خودرو (ایساکو) انجام می‌شود و ابزارهای مختلف به نمایندگی‌ها معرفی و در پایان از عاملان و ناظران در نمایندگی‌ها، امتحان به عمل می‌آید. با توجه به پایه گازسوز بودن موتور ملی و نیاز به ایمنی کامل در سامانهٔ آب‌بندی و بازرسی‌های موعدی، عاملان نمایندگی‌ها به صورت کاملاً حرفه‌ای و بدون هیچ‌گونه کم‌کاری آموزش دیدند و در پایان برای هر یک از عاملان، گواهینامهٔ خدمات پس از فروش ایران‌خودرو صادر شد. همچنین در بخش عیب‌یابی موتور، به آموزش تخصصی افراد با توجه به وجود حساسه‌های بسیار در این موتور و مغز الکترونیکی پیشرفتهٔ آن، نیاز بسیار شدیدی وجود داشت. این کار را شرکت بوش[۱] به طور مستقیم با همکاری دفتر طرح موتور ملی انجام داد. وجود عملگرهای بازخوری در موتور ملی موجب شد که مغز الکترونیک موتور به صورت کاملاً دقیق برنامه‌ریزی شود و قسمت‌های مختلف موتور و خودرو که با موتور دخیل‌اند، تنها از مغز الکترونیک دستور بگیرند. عدم آشنایی کامل با این قطعه و نحوهٔ عملکرد آن می‌تواند به تعمیر نادرست و صدمات کاملاً جبران‌ناپذیری منتهی گردد، بنابراین در تمامی اعمال باید پیام‌ها، هنجارهای کارکردی و ... مغز الکترونیک برای عاملان نمایندگی مشخص شود و بدون هیچ‌گونه کم‌کاری و یا حذف‌های سلیقه‌ای به آن‌ها آموزش داده شود.

این بخش از کتاب موتور ملی تنها برای آشنایی مقدماتی و معرفی فعالیت‌های به عمل آمده در بخش خدمات پس از فروش نوشته شده است و جنبهٔ آموزش تعمیراتی ندارد.

۲-۱۳ مدارک و مستندات خدمات پس از فروش

با پایان طراحی موتور ملی و شروع آزمون‌های موتورهای پیش‌تولید و تکمیل خط همبندی، برای هماهنگی میان تأمین قطعات خطوط همبندی (ساپکو)، تأمین قطعات در خدمات پس از فروش و سفارش‌گذاری ایران‌خودرو، باید همکاری دائم و کاملاً شفافی بین این واحدها برقرار شود و تهیهٔ مدارک و مستندات در این بخش از طرح به استمرار این همکاری کمک شایانی خواهد کرد. شناسایی ابزارهای استفاده‌شده و تهیهٔ مدارک به صورت دستینه[۲] در این بخش از طرح صورت‌گرفت. همچنین با توجه به مذاکرات انجام‌شده با شرکت بوش، آموزش و تهیهٔ مدارک رایانه را کارشناسان خدمات پس از فروش

۱- Bosch
۲- Manual

و همچنین کارشناسان شرکت بوش پیگیری می‌کنند. نمونه‌هایی از نسخه‌های نرم نقشه‌های موتوری و خودرویی به کار گرفته شده در تعمیرات موتور ملی خواهد آمد.
شـایان ذکر اسـت که خدمات پس از فروش ایران‌خودرو، به صورت کلی چهار عنوان دستینهٔ تعمیراتی را در طرح موتور ملی گردآوری کرد و در اختیار نمایندگی‌ها و آموزش خدمات پس از فروش ایران‌خودرو قرار داد.
چهار عنوان دستینهٔ تعمیراتی به این شرح است:
۱- راهنمای تعمیرات مکانیکی موتور ملی
۲- راهنمای تعمیرات الکترونیکی موتور و خودرو (سمند)
۳- راهنمای تعمیرات سامانهٔ مدیریت هوشمند[۱] (شامل معرفی عناصر الکترونیک و روش عیب‌یابی و تعمیر این اجزاء)
۴- معرفی ابزار مخصوص به کار گرفته‌شده در طرح موتور ملی
در هر یک از این دستینه‌ها شرح کامل و پله‌به پلهٔ تعمیرات قسمت‌های مختلف موتور با الگوبرداری از دستینهٔ تعمیرات خـودروی سـوزوکی (ویتارا) به انضمـام معرفی کلیهٔ قطعات، ایجاد شناسـنامه برای همهٔ این قطعات، ایجاد شناسـنامهٔ مخصـوص بـرای قطعات جدید کـه صرفاً بنا به نیاز طراحی در موتـور ملی به کار گرفته شـده‌اند (مانند قاب نردبانی)، تصویرسـازی همـهٔ قطعات مختلف به کار گرفته‌شـده در موتور ملی به کمک نرم‌افزارهـای تخصصی، وارد کردن همهٔ مجموعه اطلاعات نسخهٔ دوم قطعات به کارگرفته‌شده در موتور ملی و همچنین قطعات مورد تأیید برای تضمین و خروج از تضمین قطعات در این دسـتینه‌ها آورده شده است. آموزش این دستینه‌ها را به عاملان نمایندگی، کارشناسان خدمات پس از فروش و همچنین چند نفر از اعضای گروه طراحی که کارشناسـان خدمات پس از فروش را همراهی می‌نمایند، انجام می‌دهند. سـامانهٔ عیب‌یابی در این موتور به کمک دستگاه IKCO DIAG به صورت کامل انجام می‌شود. شایان ذکر اسـت که نرم‌افزار استفاده‌شـده در این رایانهٔ قابل حمل به صورت کاملاً فارسی ترجمه شده و در دسترس نمایندگان برای اسـتفادهٔ آسـان‌تر قرار گرفت. همچنین با توجه به این که تعویض برخی قطعات ایمنی و همچنین قطعات مصرفی استفاده‌شـده در موتـور ملـی باید پس از کارکرد مشـخصی از این موتور تعویض شـوند، آگاهی مشـتری از آن و تهیهٔ اطلاعیه‌هایی که به همراه دسـتینهٔ خودرو در اختیار مشـتری قرار می‌گیرد و همچنین آگاهی عاملان و نمایندگی‌های مختلف ایران‌خودرو از این عمل بسیار حیاتی می‌نماید که به آن‌ها در سراسر کشور به صورت کاملاً جدی باید تذکر داده شـود. همچنین تهیهٔ فیلم کاملی از تعمیرات قسـمت‌های مختلف موتور ملی نیز در دستور کار خدمات پس از فروش بود که در قالب لوح فشرده در اختیار نمایندگی‌های پس از فروش قرار گرفت.
بـا توجه بـه اهمیت انتقال اطلاعات صحیح و صریح به نمایندگان و عاملان مجاز ایران‌خودرو در سراسـر کشـور، لوح فشرده‌ای حاوی نسخهٔ نرم دستینه‌های تعمیراتی موتور در اختیار نمایندگان و عاملان مجاز قرارگرفت. پیگیری مشکلات بـه وجود آمده در بخش‌های تعمیراتی نمایندگی‌ها به عهدهٔ بخش مهندسـی خدمات پس از فروش در طرح موتور ملی است که این کار با همکاری مستمر نمایندگی‌ها با خدمات پس از فروش ایران‌خودرو امکان‌پذیر شد.
اکنـون بـه ترتیب، توضیح هر یک از دسـتینه‌های تعمیراتی کـه در اختیار همهٔ نمایندگی‌های خدمـات پس از فروش ایران‌خودرو قرار گرفت، می‌آید.

راهنمای تعمیرات مکانیک موتور ملی

در این دستینه راهنمای کامل تعمیرات کلی مکانیک موتور ملی همراه فیلمی از بازکردن موتور ملی و بستن آن در کارگاه آمده است. در آغاز به معرفی موتور ملی به صورت تفصیلی پرداخته شده است. (جدول ۱-۱۳) با توجه به مقادیر ذکرشده در هر یک از این جدول‌ها، مشخصات قطعات تعمیری به کار رفته در موتور به ترتیب تعویض آن‌ها آمده است. هر یک از ابعاد و حدود مجاز ذکرشـده در قسـمت‌های مختلف معرفی قطعات، کاملاً قابل اندازه‌گیری با روش‌های آزمایشگاهی است که اطلاعات آن روش‌ها در اختیار نمایندگی‌ها قرار داده شده است.

در این دستینه هر یک از قطعات موتور به صورت کاملاً مشخص، معرفی و معیار سلامت و یا معیوب بودن آن‌ها نیز قید شده است. برای مثال بررسی مراحل عیب‌یابی و بازدید فشار هر یک از استوانه‌ها شرح داده می‌شود:

۱-Engine Management System (EMS)

جدول ۱-۱۳ اطلاعات عمومی موتور درج شده در دستینهٔ راهنمای تعمیرات موتور

عناوین	مقادیر
اطلاعات عمومی موتور	
ظرفیت موتور (سی‌سی)	۱۶۴۸
جرم موتور (کیلوگرم)(استانده DIN ۷۰۰۲۰)	۱۵۶
بیشینهٔ توان موتور (کیلووات)	بنزین: ۸۵ در ۶۰۰۰ (د.د.د) گاز: ۷۷ در ۶۰۰۰ (د.د.د)
بیشینهٔ گشتاور موتور (نیوتن‌متر)	بنزین: ۱۵۶ در ۳۵۰۰-۴۵۰۰ (د.د.د) گاز: ۱۳۷ در ۳۰۰۰-۴۰۰۰ (د.د.د)
هنگام تعویض صافی روغن (کیلومتر)	۱۵۰۰۰
هنگام تعویض روغن (کیلومتر)	۱۲۰۰۰
نوع ضد یخ استفاده‌شده	بهران مهر پایه آلی
هنگام تعویض ضدیخ	۳ سال یا ۱۰۰،۰۰۰ کیلومتر
نوع شمع استفاده‌شده (شمع بوش)	RF۸DE
نوع بنزین استفاده‌شده	بنزین بدون سرب با عدد اکتان ۹۵
ترتیب شمارهٔ استوانه‌ها از سمت زمان‌بندی	۱- ۲ - ۳ - ۴
نوع روغن موتور	SJ10W40
مصرف روغن	۰،۲ لیتر در هر ۱۰۰۰ کیلومتر
قسمت بالایی موتور	
فشار خلاء در چندراههٔ هوا در سطح دریا (کیلوپاسکال)	۳۵ ± ۱،۵
فشار خلاء در چندراههٔ هوا در تهران (در ۸۷ کیلوپاسکال)	۲۷ ± ۲
زاویهٔ باز شدن دریچهٔ هوا (در خیز ۱ میلی‌متر)	۲۷ aTDC
زاویهٔ باز شدن دریچهٔ دود (در خیز ۱ میلی‌متر)	۱۷۲ aTDC
زاویهٔ بسته شدن دریچهٔ دود (در خیز۱میلی‌متر)	۷/۵ bTDC
زاویهٔ بسته شدن دریچهٔ هوا (در خیز ۱میلی‌متر)	۴۵/۷ aBDC
زاویهٔ قیچی دریچه‌ها (درجه میل‌لنگ)(در خیز۱میلی‌متر)	حداقل: همپوشانی ندارد، حداکثر: ۱۳،۵
فشار محفظهٔ احتراق در حالت سرد (PSI)	۱۹۰ ± ۵
مدت مکش هوا (درجه میل‌لنگ)	۱۹۸،۷
مدت خروج دود (درجه میل‌لنگ)	۱۸۰،۵
حجم محفظهٔ احتراق (سی‌سی)	۳۶،۲ ±۰/۵

ادامهٔ جدول ۱-۱۳

قسمت پایینی	
طول مسیر سمبه (میلی‌متر)	۸۵
اندازهٔ قطر داخلی استوانه (میلی‌متر)	۷۸٫۶ (۰/+۰٫۰۱)
جرم سمبه (گرم)	۳۱۷
نسبت طول مسیر سمبه به قطر داخلی استوانه	۰٫۹۱۶
اندازهٔ فاصله مرکز سوراخ محور سمبه تا تاج سمبه (میلی‌متر)	۲۹٫۷
نسبت تراکم حجمی	۱۱± ۰٫۲:۱
فاصلهٔ مرکز استوانه‌ها از همدیگر (میلی‌متر)	۸۴
مقدار استوانه‌ای بودن (میلی‌متر)	۰٫۰۰۸
صافی سطح استوانه	RZ۴
طول هر دسته‌سمبه (از مرکز به مرکز) (میلی‌متر)	۱۳۴٫۵
وزن دسته‌سمبه ها بدون یاتاقان (گرم)	۵۴۵–۵۶۵
نسبت شعاع میل‌لنگ به طول دسته‌سمبه	۰٫۲۵
بیشترین لنگی مجاز میل‌لنگ (میلی‌متر)	۰٫۰۳
اندازهٔ لقی محوری میل‌لنگ (میلی‌متر)	۰٫۰۷۶–۰٫۲۶
اندازهٔ ضخامت بغل یاتاقانی میل‌لنگ (میلی‌متر)	۲٫۴۰–۲٫۴۵
اندازهٔ مجاز لنگی چرخ طیار بر روی میل‌لنگ (میلی‌متر)	۰٫۰۲
اندازهٔ لقی یاتاقان ثابت (میلی‌متر)	۰٫۰۲۶–۰٫۰۶۶
کمینهٔ حجم روغن موتور با احتساب پودمان روغن (لیتر)	۴٫۷۵
بیشینهٔ حجم روغن موتور با احتساب پودمان روغن (لیتر)	۵٫۵
میزان فشار روغن در دریچهٔ صافی روغن در آستانهٔ آزاد شدن (بار)	۲٫۵ ± ۰٫۵
عملکرد دریچهٔ فشارشکن تلمبهٔ روغن (بار)	۵٫۵ ± ۰٫۳
فشار عادی روغن در مدار روغن‌کاری	دمای روغن= ۸۴±۴°C آنگاه فشار روغن= ۳۱۰±۲۰ کیلوپاسکال دمای روغن= ۷۰±۴°C آنگاه فشار روغن= ۳۱۸±۵۰ کیلوپاسکال دمای روغن= ۶۲±۶°C آنگاه فشار روغن= ۳۶۰±۳۰ کیلوپاسکال
مقدار دور لازم برای سنجش فشار روغن یا جدول مقدار فشار روغن در دورهای مختلف (rpm)	دور موتور (د.د.د.) = ۲۰۰ – ۲۵۰ – ۳۰۰ – ۳۵۰ – ۴۰۰ – ۴۵۰ فشار روغن (کیلوپاسکال) = ۲۷۰ – ۲۹۸ – ۳۲۶ – ۳۵۵ – ۳۸۵ – ۴۱۵

بازدید فشار استوانهٔ موتور

فشار درونی هر چهار استوانه بدین ترتیب سنجش می‌شود:

۱- موتور را باید روشن و گرم کرد.

۲- پس از گرم شدن موتور، باید آن را خاموش کرد.

۳- درپوش مجموعهٔ سیم‌پیچ افروزش و شمع‌ها را از گیره‌هایش جدا کرد. (شکل ۱-۱۳)

۴- سیم‌کشی افشانه و سیم‌پیچ افروزش را جدا کرد.

۵- پیچ‌های سیم‌پیچ افروزش باز شود.

۶- سیم‌پیچ افروزش شکل (۲-۱۳) جدا شود.

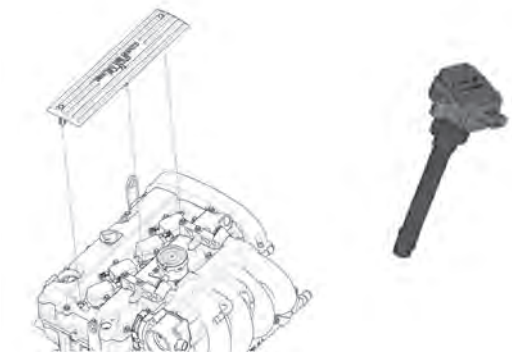
۷- شمع‌ها از جایشان خارج شوند.

توجه: پس از خاموش‌کردن موتور، دسته‌دنده در حالت خلاص قرار داده شود.

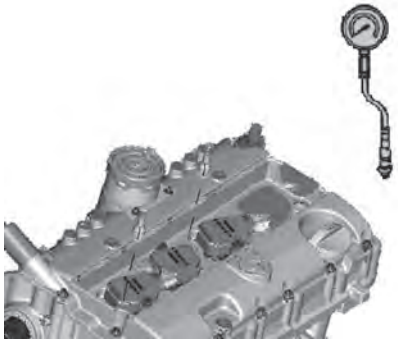
۸- ابزار مخصوص (فشارسنج استوانه) در محل شمع قرار داده شود (شکل ۳-۱۳).

۹- با انبارهٔ کاملاً پر، موتور راه‌اندازی شـود و بیشترین فشـار درون استوانه که روی اندازه‌گیر مشاهده می‌شود، یادداشت شود.

شکل ۱-۱۳ بازکردن درپوش شمع‌ها



شکل ۲-۱۳ بازکردن سیم‌پیچ افروزش



شکل ۳-۱۳ فشارسنج استوانه

توجه: در زمان فشارسـنجی درون اسـتوانه حتماً توجه شـود که موتور در ۲۵۰ دور در دقیقه باشد؛ پس انبارهٔ خودرو باید کاملاً پر باشد.

راهنمای تعمیرات الکترونیکی موتور و خودرو

در این دســتینه به بررسی حســگرهای بسته‌شده روی موتور ملی و همچنین معرفی آن‌ها از لحاظ کارکردی و چگونگی عملکرد هر یک از این حسگرها، معرفی سامانهٔ مدیریت موتور، عیب‌یابی و ... پرداخته شده است.
مثال: معرفی حسگر دما و فشار چندراههٔ هوا

حسگر فشار و دمای چندراههٔ هوا

نوع: مقاومت فشار برقی(پیزوالکتریک)، مقاومت با ضریب حرارتی منفی
(NTC = Negative Thermal Coefficient)
شکل‌های ۴-۱۳ تا ۶-۱۳ به ترتیب نمای کلی، جانمایی و اتصالات برقی قطعه را نشان می دهند.

شکل ٤-۱۳ حسگر فشار و دما

توضیح: برای پایش مؤثر بار رایانهٔ موتور به اطلاعات دقیق از میزان جرم هوای ورودی به چندراهه نیاز است. از این‌رو با استفاده از مقدار فشار و دمای هوای چندراهه و تنظیم موتور در دورهای مختلف، رایانهٔ موتور می‌تواند میزان جرم هوای چندراههٔ ورودی را محاسبه کند. این حسگر با آب‌بند حلقوی[1] مجهز شده است. محدودهٔ اندازه‌گیری فشار از ۱۰ تا ۱۱۵ کیلو پاسکال و محدودهٔ اندازه‌گیری دما از ۴۰- تا ۱۳۰ درجهٔ سلسیوس است. در جدول ۲-۱۳ نسبت ولتاژ خروجی حسگر به فشار و در جدول ۳-۱۳ نسبت مقاومت حسگر به دمای اندازه‌گیری‌شده، آمده است:

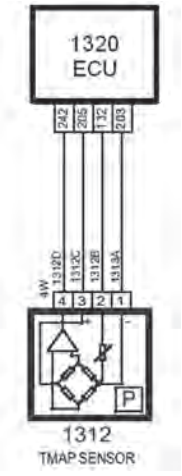
جدول ۲-۱۳ نسبت ولتاژ خروجی حسگر به فشار

فشار (کیلو پاسکال)	۱۰	۳۰	۵۰	۸۰	۱۱۵
ولتاژ خروجی حسگر (ولت)	۰,۴	۱,۲	۲	۳,۲	۴,۶۵

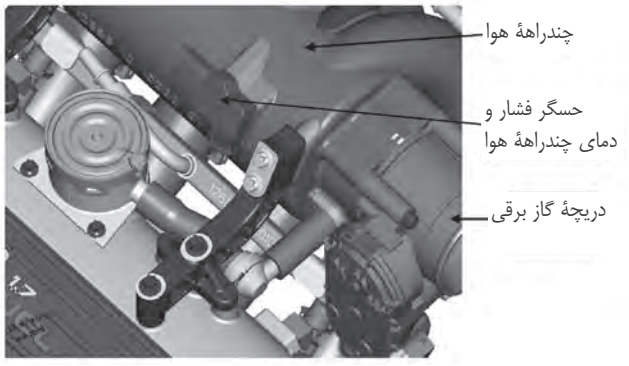
جدول ۳-۱۳ نسبت مقاومت حسگر به دمای اندازه‌گیری شده

دما (سلسیوس)	-۴۰	-۱۵	۰	۱۵	۷۰	۱۰۰
مقاومت حسگر دما (اُهم)	۵۰۰۰۰	۱۰۱۰۰	۶۰۰۰	۳۸۰۰	۴۵۰	۱۹۰

۱-O-Ring



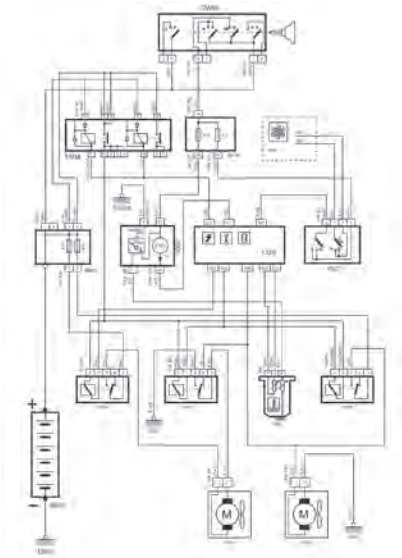
شکل ٦-١٣ نقشـــهٔ برقی اتصالات حسگر فشار و دمای چندراههٔ هوا



شکل ٥-١٣ جانمایی: این حسگر بر روی چندراههٔ هوا نصب می‌شود.

راهنمای سامانهٔ مدیریت هوشمند

در این دستینه به معرفی کامل سامانهٔ مدیریت هوشمند پرداخته شده است. همهٔ نقشه‌های برقی و مدارهای به کار گرفته شده در موتور و همچنین نحوهٔ تعویض همهٔ عناصر در این دستینه آمده است. برای نمونه نقشهٔ سامانهٔ خنک‌کاری موتور در شکل ۷-۱۳ آورده شده است:



شکل ۷-۱۳ نقشهٔ سامانهٔ نظارت بر خنک‌کاری موتور

دستینهٔ معرفی ابزار مخصوص به کارگرفته شده در موتور ملی

این دستینه به معرفی ابزارهای مخصوص به کار گرفته شده در موتور ملی به صورت کاملاً مبسوط پرداخته است. به‌دلیل به کار گیری سامانه‌های جدید در موتور ملی، ابزارهای جدیدی نیز در این موتور به کار گرفته شده است. ابزارهای باز و بست شیر مخزن گاز و رابط بلند فشنگی روغن از نمونهٔ این ابزارهاست.

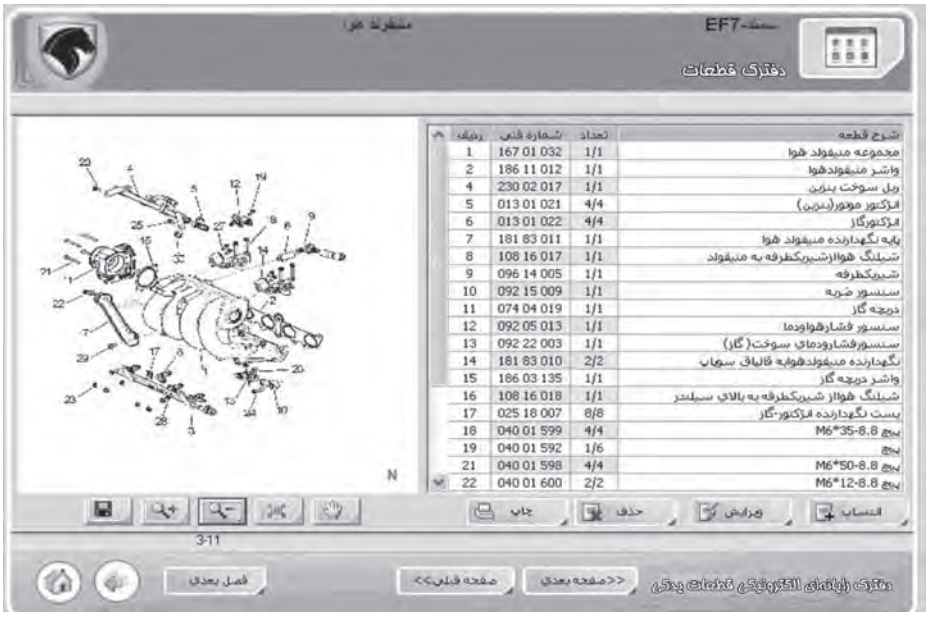
۱۳-۳ تدارک و تأمین قطعات یدکی در طرح موتور ملی

یکی از مهم‌ترین بخش‌های موجود در هر طرح، خدمات پس از فروش آن است؛ چرا که به هنگام صنعتی‌شدن محصول مشـکلات متعددی پیش روی تولید انبوه خواهد بود. تدارک و تأمین قطعات یدکی در طرح موتور ملی مهمترین بخش خدمـات پس از فروش اسـت؛ چرا که کمبود حتی یـک قطعهٔ موتور در خدمات پس از فـروش موجب از کارافتادگی و معطل‌ماندن همهٔ خودرو می‌شـود. بنابراین شـبکهٔ کامل، منظم و منسجمی لازم است تا از این‌گونه مشکلات جلوگیری شود. اطلاع‌رسانی به هنگام به عاملان و نمایندگان پس از فروش ایران‌خودرو در رأس این موارد قرار دارد. این عمل به کمک مستندسازی همهٔ قطعات موتور ملی و تعیین شماره برای هر کدام از آن‌ها به همراه تصویرسازی کامل در کنار هر کدام از قطعات (برای ساده‌سـازی فرآیند انتخاب قطعه) در خدمات پس از فروش ایران‌خودرو انجام می‌شـود و در اختیار نمایندگی‌های ایران‌خودرو در سراسر کشور قرار می‌گیرد که هر کدام از نمایندگی‌ها می‌توانند با ارجاع به شمارهٔ قطعه و سـفارش به خدمات پس از فروش مرکزی قطعهٔ مورد نظر خود را تهیه کنند. نمونه‌ای از مستندسـازی‌ها در طرح موتور ملی که در اختیار نمایندگان ایران‌خودرو نیز قرار گرفته، در ادامه می‌آید.

شایان ذکر است که هر کدام از قطعات تعمیری موتور دارای شمارهٔ فنی مشخص و تعریف‌شده در خدمات پس از فروش است که نماینده، تنها شمارهٔ فنی و تعداد مورد نیاز از قطعه را به دفتر مرکزی خود اعلام می‌کند. با استفاده از شمارهٔ فنی هر یک از قطعات، احتمال اشـتباه بسیار کم می‌شـود و همچنین کار در سامانهٔ انبارداری خدمات پس از فروش مرکزی نیز بسیار آسان‌تر می‌شود.

در شکل ۸-۱۳ دیده می‌شود که نمایندگی برای سفارش‌گذاری کافی است شمارهٔ فنی قطعه و همچنین تعداد درخواستی آن را به دفتر مرکزی اعلام کند. با این کار اشـتباهات میان کارکنان ناشـی از عدم‌آشنایی فنی با قطعات کاهش می‌یابد و سامانهٔ انبارداری نیز دقیق‌تر می‌شود.

برای جلوگیری از کسـری قطعات در خدمات پس از فروش و همچنین به وجود آوردن سـامانه‌ای هماهنگ با خریدهای خارجی، خدمات پس از فروش ایران‌خودرو با ساپکو همکاری تنگاتنگ دارد و همهٔ سفارش‌ها را با توجه به سرعت مصرف در خدمات پس از فروش تهیه می‌کند. همهٔ مدارکی که در اختیار نمایندگی‌ها قرار دارد، در اختیار ساپکو نیز هست؛ ساپکو با توجه به سفارش‌گذاری خط همبندی و همچنین اعلام نیاز خدمات پس از فروش، قطعات را خریداری می‌کند.



شکل ۸-۱۳ سامانه سفارش گذاری قطعات یدکی

۱۳-۴ آموزش شبکهٔ نمایندگان

از مهم‌ترین بخش‌های طرح موتور ملی، آموزش شبکهٔ نمایندگان و عاملان فنی تعمیرگاه‌ها در سراسر کشور است. این موضوع باید با هماهنگی کامل با دفتر طرح و همچنین به صورت کاملاً جدی پیگیری شود و تا کسب اطمینان کامل از آموزش روش‌های کارگاهی تعمیرات موتور و همچنین سطح‌بندی‌های آموزشی و گذراندن دوره‌های آموزشی مختلف ادامه یابد.
در این‌جا دوره‌های آموزشی خدمات پس از فروش برای عاملان و نمایندگی‌ها مختصراً شرح داده می‌شود.

آموزش نمایندگی‌های مجاز در سطح شبکه

برای آمادگی شبکهٔ خدمات پس از فروش در کوتاه‌ترین زمان ممکن، با همکاری امور مناطق و با اعمال نظرات مرکز تحقیقات موتور ایران‌خودرو، اولویت‌های آموزشی نمایندگی‌ها تعیین و برای برنامه‌ریزی به مدیریت آموزش خدمات پس از فروش اعلام شد.
دوره‌های آموزشی متعلق به این محصول از سال ۱۳۸۶ در سه سطح و در چندین دورهٔ مکرر برای شبکهٔ خدمات پس از فروش، مهندسان و کاردان‌های خط تولید ایران‌خودرو اجرا شد:
۱- دورهٔ برق ویژهٔ سرپرستان برق
۲- دورهٔ تعمیرات موتور ویژهٔ سرپرستان مکانیک
۳- دورهٔ ویژهٔ کارشناسان فنی نمایندگی
دوره‌های دیگری که به خودروی سمند بر می‌گردد با همان کیفیت قبلی و اعمال تغییرات خاص راجع به موتور ملی نیز برگزار شد.

جدول ٤-۱۳ گزارش کارگاه‌های آموزشی موتور ملی برای فراگیران نمایندگان خدمات پس از فروش ایران‌خودرو

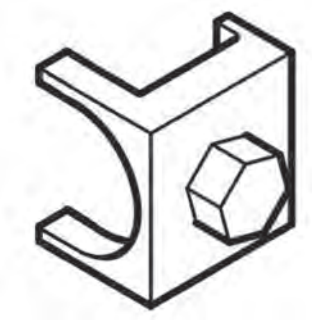
ردیف	عنوان	تاریخ برگزاری	مدت (ساعت)	تعداد (شرکت‌کننده)	نفر - ساعت
۱	موتور ملی	۸۵/۰۲/۲۶	۲۰	۱۶	۳۲۰
۲	موتور ملی با نگرش خدمات پس از فروش	۸۵/۱۱/۴	۱۶	۵۰	۸۰۰
۳	موتور ملی	۸۷/۰۶/۳	۳۲	۵۴	۱۷۲۸
۴	سامانهٔ مدیریت هوشمند خودروی سمند مجهز به موتور ملی	۸۷/۱۰/۲۲	۱۶	۲۳	۳۶۸
۵	عیب‌یابی موتور ملی	۸۷/۱۲/۱۸	۱۶	۵۰	۸۰۰
۶	موتور ملی (ویژهٔ سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی)	۸۸/۰۲/۲۳	۴	۸	۳۲

۱۳-۵ ابزارهای مخصوص به کار رفته در موتور ملی

با توجه به این که در موتور ملی سـامانه‌های متفاوت و بعضاً جدیدی به کار گرفته شـده، در تعمیرات موتور نیز ابزارهای مخصوص به کار گرفته می‌شود و هر یک از آن‌ها به همهٔ نمایندگی‌های ایران‌خودرو معرفی می‌شود. برای نمونه، برخی از این ابزارها معرفی می‌شود.

معرفی آچار باز و بست شیر مخزن گاز

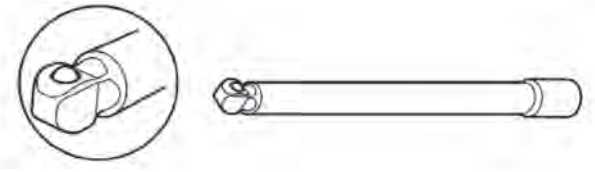
از این ابزار برای باز و بسته کردن شیر سر مخزن گاز طبیعی فشرده استفاده می‌شود.
یادآوری: به هنگام استفاده، حتماً پیش از باز کردن شیر سر مخزن باید از خالی‌بودن کامل مخزن اطمینان داشت.
(شکل ۱۴-۱۳) آچار باز و بست شیر مخزن گاز را نشان می‌دهد.



شکل ۱۴-۱۳ آچار باز و بست شیر مخزن گاز

معرفی رابط بلند فشنگی روغن

به هنگام سـواربودن موتور روی خودرو، امکان تعویض فشـنگی روغن وجود ندارد. این ابزار در حقیقت رابط بلندی است که با امکان تغییر زاویه در سر ابزار، فشار آوردن روی فشنگی روغن به هنگام جازدن روی موتور را ممکن می‌سازد.
شکل ۱۵-۱۳ رابط بلند فشنگی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۵-۱۳ رابط فشنگی روغن

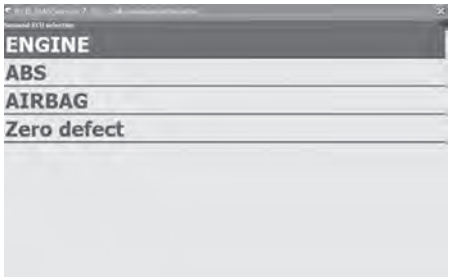
۱۳-۶ عیب‌یابی به کمک نرم‌افزار

معرفی نرم‌افزار عیب‌یابی

در آغاز اجرای این نرم‌افزار پنجرهٔ شکل ۶-۱۳ نمایان می‌شود.

شکل ۱۶-۱۳ پنجرهٔ اول نرم‌افزار عیب‌یابی

با انتخاب گزینهٔ Vehicle Select پنجرهٔ شکل ۱۷-۱۳ باز می‌شود:

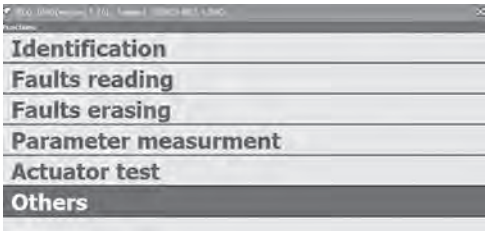


شکل ۱۷-۱۳ پنجرهٔ دوم نرم‌افزار عیب‌یابی

بـرای عیب‌یابی بخش‌های مختلف خودرو می‌توان گزینهٔ آن قسـمت را از این پنجره انتخاب کرد. حال برای عیب‌یابی موتور، باید گزینهٔ ENGINE را انتخاب کرد و سپس پنجرهٔ شکل ۱۸-۱۳ نمایان می‌شود:

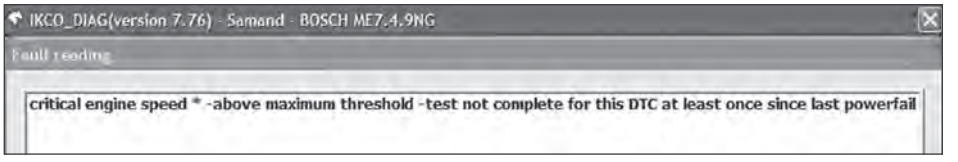
شکل ۱۸-۱۳ پنجرهٔ سوم نرم‌افزار عیب‌یابی

در ایـن بخـش بـا توجـه بـه پنجـرهٔ سـوم می‌تـوان نـوع رایانـهٔ بـه کار بـرده شـده را در موتـور برای شـروع عیب‌یابـی انتخـاب و عیب‌یابـی را آغـاز کـرد. بـا توجه بـه این کـه رایانهٔ بـه کار برده شـده در موتور ملـی از نوع Bosch ME7.4.9NG اسـت، بایـد گزینـهٔ این رایانـه را انتخاب کرد کـه پس از آن پنجرهٔ شـکل ۱۹-۱۳ نمایان می‌شود.



شکل۱۹-۱۳ پنجرهٔ چهارم نرم‌افزار عیب‌یابی

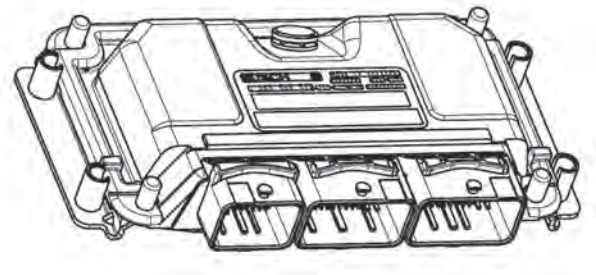
در این پنجره می‌توان با انتخاب گزینه‌های مختلف به بازخوانی مشـکلات به وجود آمده پرداخت. با انتخاب هر کدام از گزینه‌ها بخشـی از وظایف رایانه و همچنین بخش‌های مکانیکی خودرو را می‌توان بررسـی کرد. برای مثال می‌توان به بخـش مطالعهٔ اشـکال (Fault Reading) در این خودرو مراجعه کرد. پنجرهٔ شـکل ۲۰-۱۳ بر روی صفحهٔ نمایشگر رایانهٔ همراه باز می‌شود.



شکل ۲۰-۱۳ پنجرهٔ پنجم نرم‌افزار عیب‌یابی

با توجه به پنجرهٔ پنجم، مشخص می‌شود که تنها اشکال به وجود آمده در موتور رسیدن به سرعت نهایی است که بیانگر این است که راننده بدون علت گاز داده و یا حساسهٔ دورشمار نصب‌شده روی قسمت بالایی چرخ طیار، دچار اشکال شده که باید آن‌ها را بررسی کرد.

رایانهٔ موتور



شکل ۲۱-۱۳ رایانهٔ موتور ملی نوع ME7.4.9 ساخت شرکت Robert Bosch آلمان

توضیح: واحد مدیریت مرکزی سامانهٔ هوشمند موتور این خودرو بر عهدهٔ رایانهٔ موتور است (شکل‌های ۲۱-۱۳ و ۲۲-۱۳) که از یک رایانهٔ دوسـوخته (گاز فشـردهٔ طبیعی و بنزین) تشکیل شده است. اتصالات این رایانه از سه بخش ۳۲ پایه‌ای طوسـی (سـمت چپ)، ۴۸ پایه‌ای قهوه‌ای (قسمت وسط) و ۴۸ پایه‌ای مشکی (سمت راست) تشکیل و رایانهٔ کنار انبارهٔ برقـی خودرو نصب می‌شـود. پیکره‌بندی پایه‌های هر یک از این سـه بخش به ترتیـب در جدول‌های ۵-۱۳ تا ۷-۱۳ آمده‌اند.

جدول ۵-۱۳ اتصال چپ رایانهٔ موتور

جدول ۶-۱۳ اتصال وسط رایانهٔ موتور

جدول ۷-۱۳ اتصال راست رایانهٔ موتور

شکل ۲۲-۱۳ نمای روبه روی رایانه که در آن اتصالات سه‌بخشی مشخص شده است.

فرآیند عیب‌یابی

۱. با اتصال دستگاه عیب‌یاب، باید بررسی کرد که آیا شمارهٔ رمز عیب رایانه فعال شده است؟
بله: باید به مرحلهٔ سوم رفت.
خیر: باید به مرحلهٔ دوم رفت.
۲. رایانه از نظر شـکل ظاهری بررسـی می‌شـود، در صورت لزوم باید آن را از روی موتور باز کرد و پس از تمیزکردن با پارچهٔ نخی زیر نور کافی، از سـالم بودن بدنه و اتصالات آن مطمئن شـد. در صورت وجود ترک، شکستگی یا شل شدن پایه‌های فلزی اتصالات، رایانه را باید تعویض کرد.
۳. اتصال دسته‌سیم از رایانه جدا و با افشانهٔ شویندهٔ اتصالات پاک شود.
در دسـتینه‌های آموزش عیب‌یابی موتور ملی کلیهٔ اجزای برقی و الکترونیکی موتور به تفصیل تشـریح شده‌اند که برای نمونه در ادامه توضیحات راجع به حسگر دور موتور ارائه می‌شود.

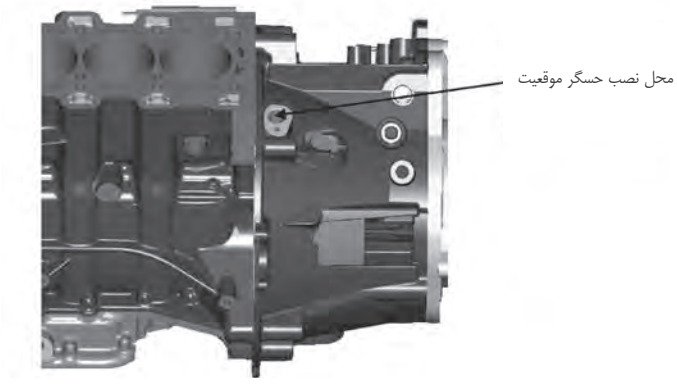
عیب‌یابی حسگر موقعیت میل‌لنگ (سرعت دور موتور)

نوع: القای برقاطیسی
توضیح: این حسـگر از سـیم‌پیچی که روی هسته‌ای از آهن پیچیده شـده، برای تشخیص موقعیت میل‌لنگ و محاسبهٔ سرعت موتور استفاده می‌کند. در خودروی سمند، این حسگر در داخل پوستهٔ جعبه دنده با دید محیطی بر چرخ طیار نصب می‌شـود. مقاومت سـیم‌پیچ آن در دمای ۲۰ درجهٔ سلسیوس حدود۸۶۰ اهم و ظرفیت خودالقایی سیم‌پیچ آن، حدود۳۷۰ میلی‌هانری اسـت. این حسـگر در صورت داشـتن فاصلهٔ مناسـب (حدود ۱ میلی‌متر) از چرخ طیار و نصب صحیح روی پوسـتهٔ جعبه دنده، ولتاژ خروجی القایی بیش از ۶۵ /۱ ولت اسـت. مقاومت سـیم‌پیچ با توجه به دمای آن طبق جدول ۸-۱۳ تغییر می‌کند:

جدول ۸-۱۳ مقاومت سیم‌پیچ حسگر موقعیت میل‌لنگ با توجه به دمای آن

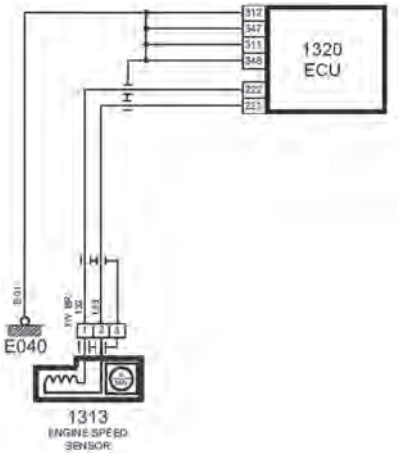
دمای قطعه (سلسیوس)	-۴۰	-۱۵	۰	۱۵	۷۰	۱۰۰
مقاومت سیم پیچ (اُهم)	۶۵۳	۷۳۹	۷۹۱	۸۴۳	۱۰۳۲	۱۱۳۵

جانمایی: این حسگر روی پوستهٔ جعبه دنده مطابق شکل ۲۳-۱۳ نصب می‌شود.



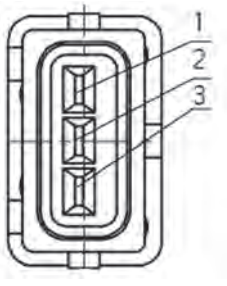
شکل ۲۳-۱۳ محل نصب حسگر موقعیت میل بادامک

نمودار برقی: مطابق شکل ۲۴-۱۳ می‌باشد.



شکل ۲٤-۱۳ نقشهٔ برقی اتصالات حسگر

اتصال:پایه‌های اتصال این حسگر مطابق شکل ۲۵-۱۳ و جدول ۹-۱۳ می‌باشد.



شکل ۲۵-۱۳ اتصال حسگر مشکی‌رنگ و پایه‌های آن

جدول ۹-۱۳

شمارهٔ پایه	توضیح
۱	خروجی A ، به پایهٔ شمارهٔ ۲۲۲ رایانهٔ موتور متصل است.
۲	خروجی B ، به پایهٔ شمارهٔ ۲۲۱ رایانهٔ موتور متصل است.
۳	نقطهٔ تماس زمین مدار، از طریق سیم زره‌دار دسته‌سیم به کفی خودرو متصل می‌شود.

عیب‌یابی: این مراحل را باید به ترتیبی که می‌آید، انجام داد:

۱- با اتصال دستگاه عیب‌یاب، باید بررسی شود که آیا شمارهٔ رمز عیب این قطعه فعال شده است؟

بله: به مرحلهٔ سوم بروید.

خیر: به مرحلهٔ دوم بروید.

۲- قطعه را از نظر شکل ظاهری بررسی کنید، در صورت لزوم باید از روی موتور باز شود و پس از تمیزکردن با پارچهٔ نخی، زیر نور کافی، از سالم بودن بدنه و اتصالات آن مطمئن شد. در صورت وجود ترک، شکستگی یا شل شدن پایه‌های فلزی اتصالات، قطعه تعویض شود.

۳- اتصال دسته‌سیم از قطعه جدا شود و اتصال پایه‌های آن با توجه به جدول ۲-۱۳ تا رایانهٔ موتور با اهم‌متر از نظر قطعی بررسی شود (بررسی دسته‌سیم).

۴- با اهم‌متر مقاومت بین خارهای ۱ و ۲ اندازه‌گیری و با توجه به دمای آن با جدول ۱-۱۳ مقایسه شود. مقدار اندازه‌گیری‌شده نباید بیش از ۲۵٪ با مقدار متناظر آن در جدول متفاوت باشد.

۵- با اهم‌متر از اتصال خار ۳ (سیم زره‌دار) به کفی خودرو مطمئن شوید.

155.5°
B
18° (3x)
C
E
0.1 B A C
Ø6.2 H12 thru
C
(114°) sensor position
C
E
R113.12
A
120° (3x)
60° (4x)
D
A
100
16

فصـــــل چهاردهم

جذب، آموزش منابع انسانی و انتقال دانش فنی

جذب، آموزش منابع انسانی و انتقال دانش فنی

۱-۱۴ پیش‌درآمد

منابع انسانی توانمند یا سرمایه‌های انسانی همواره کارکرد مهمی در دستیابی سازمان‌ها به اهداف راهبردی دارند. هر سازمانی برای دستیابی به نیروهای مورد نیاز و در نهایت، رسیدن به اهداف بلندمدت خود، نیازمند سامانهٔ جامعی برای جذب و استخدام است تا بهترین تناسب را میان شغل، شاغل، اهداف و فعالیت‌های سازمان به وجود آورد و منابع انسانی خود را با بهره‌گیری از فرآیندهای آموزش و توسعهٔ منابع انسانی، به طور مستمر، توانمند سازد.
برنامه‌ریزی منابع انسانی و به طور کلی فرآیند جذب در مرکز تحقیقات موتور شامل:

۱. تشخیص تعداد و شرایط منابع انسانی مورد نیاز
۲. یافتن داوطلبان استخدام
۳. و انتخاب و جذب آن‌هاست.

در طرح موتور ملی، هدف از جذب و استخدام نیروی انسانی، به کار گیری منابع انسانی توانمند و پویا در واحدهای وابسته به موتور ملی، برای دستیابی به اهداف برنامه‌ریزی‌شدهٔ این طرح است.
در این طرح، ابتدا با توجه به پیشرفت طرح، برای جذب نیروی انسانی برنامه‌ریزی شد و در مراحل بعد، اقدامات لازم برای نیرویابی به عمل آمد. در مرحلهٔ انتخاب، علاوه بر بررسی و مصاحبه های فنی، آزمون‌های استخدامی عمومی (از جمله موتورهای احتراق داخلی، زبان خارجی و رایانه) و آزمون‌های تخصصی (مانند نرم‌افزارهای طراحی، زبان تخصصی و ...) اخذ گردید و افراد حائز شرایط انتخاب شدند. البته ارائهٔ هم‌اندیشی تخصصی نیز برای ارزیابی بهتر داوطلبان استخدامی در برخی موارد استفاده شد. پس از نهایی‌شدن فرآیند جذب و استخدام، افراد برای یک دورهٔ آزمایشی سه‌ماهه، به واحدهای وابسته به طرح در قالب برنامه‌ای با عنوان اجتماعی‌سازی، برای آشنایی با اهداف و فعالیت‌های سازمان، معرفی شدند. افرادی که توانستند دورهٔ آزمایشی را با موفقیت و تأیید مدیر واحدشان به پایان برسانند، به صورت قرار دادی استخدام شدند.
توضیح: این فصل فقط منابع انسانی مرکز تحقیقات موتور شاغل در طرح موتور ملی را در بر می‌گیرد و شامل کلیهٔ منابع انسانی طرح در حوزهٔ گروه صنعتی ایران‌خودرو نمی‌باشد.

۱۴-۲ جذب منابع

وضعیت منابع انسانی شرکت در زمان شروع طرح

در جدول ۱-۱۴ وضعیت موجود منابع انسانی شرکت در هنگام شروع طرح (۱۰ دی‌ماه ۱۳۸۲، اول ژانویهٔ ۲۰۰۴) به تفکیک مدرک تحصیلی آمده است؛ چنان‌که مشاهده می‌شود، بیشترین درصد، دارای مدرک کارشناسی و کمترین آن دارای مدرک دکتری‌اند.

جدول ۱-۱۴ - وضعیت موجود نیروی انسانی شرکت به تفکیک مدرک تحصیلی

مدرک تحصیلی	زیردیپلم	دیپلم	کاردانی	کارشناسی	کارشناسی‌ارشد	دکتری	جمع
تعداد	۱۱	۴۷	۱۸	۸۰	۴۱	۶	۲۰۳
درصد	۵	۲۳	۹	۳۹	۲۰	۳	۱۰۰

در مجموع، تعداد منابع انسانی فعال در طرح، ۱۰۱ نفر بود که تا پایان طرح، به ۹۴ نفر کاهش یافت.

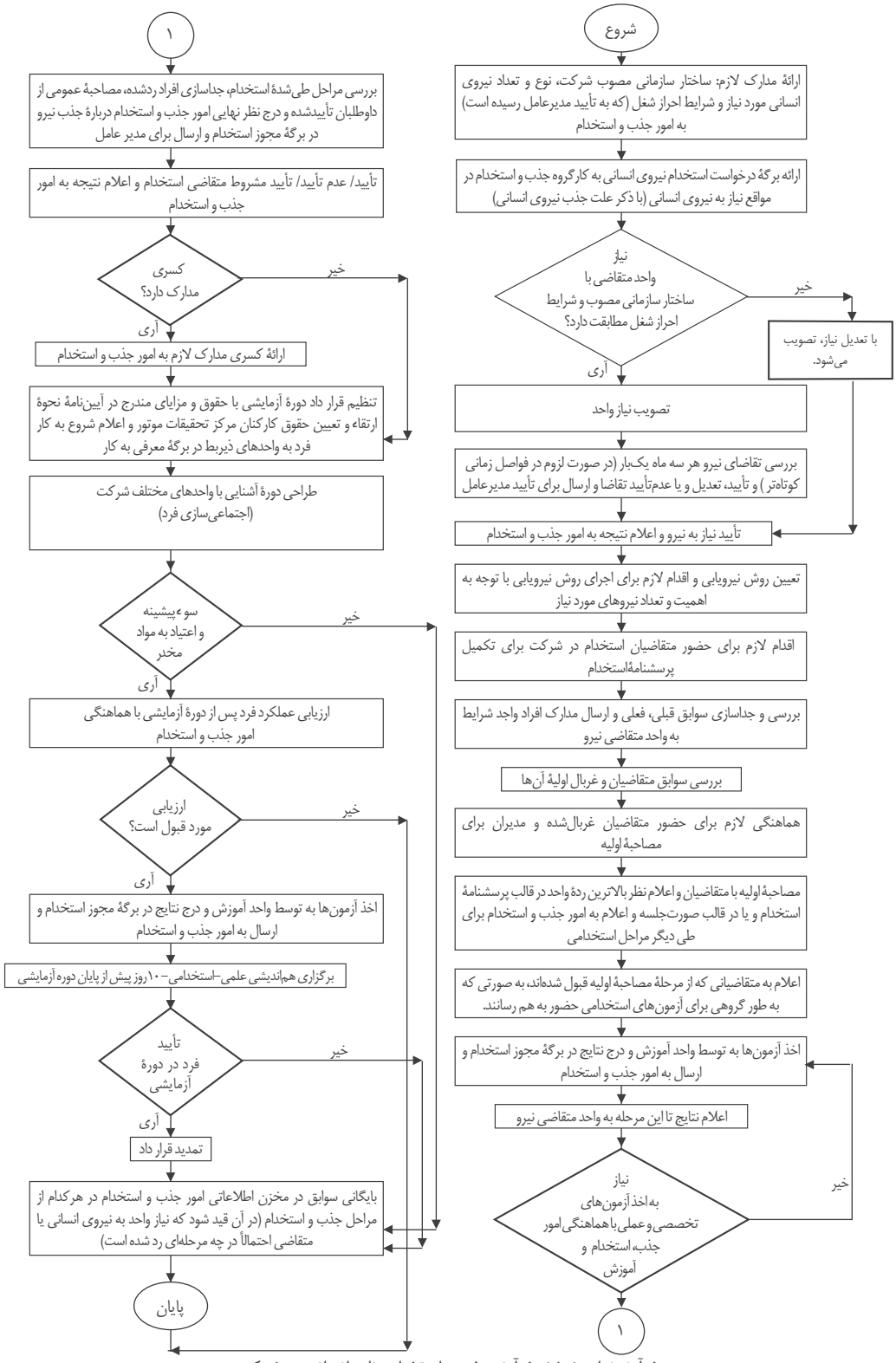
نحوهٔ برنامه‌ریزی منابع انسانی برای تأمین نیروهای مورد نیاز طرح

وضعیت تعداد منابع انسانی برنامه‌ریزی‌شده و جذب‌شده در این طرح بر اساس جدول ۲-۱۴ انجام گرفت.

جدول ۲-۱۴- تعداد منابع انسانی برنامه‌ریزی‌شده و جذب‌شده به تفکیک سال

سال	تعداد برنامه‌ریزی‌شده	تعداد باقی‌مانده از دورهٔ قبل	تعداد جذب‌شده
۱۳۸۲	۲		۱
۱۳۸۳	۱۵	۱	۱۶
۱۳۸۴	۸	۰	۸
۱۳۸۵	۱	۰	۱
		جمع کل	۲۶

در فرآیند نمای ۱-۱۴، جذب و استخدام منابع انسانی برای طرح موتور ملی نمایش داده شده است.



فرآیند نمای ۱-۱۴- فرآیند جذب و استخدام منابع انسانی در شرکت

نیروهای شاغل در پایان طرح به تفکیک نوع استخدام و واحد تخصصی

جدول ۳-۱۴ تعداد نیروهای شاغل را در طرح، به تفکیک نوع استخدام و واحد تخصصی و جدول ۴-۱۴ وضعیت نیروی انسانی همکار را در طرح ملی به تفکیک مدرک تحصیلی نشان می‌دهد.

جدول ۳-۱٤- وضعیت نیروهای همکار در طرح موتور ملی به تفکیک نوع استخدام و واحد تخصصی

نوع فعالیت	نام مدیریت	نام ادارهٔ کل	تمام‌وقت	پاره‌وقت	امریه	جمع کل	
صف	مأمور از ایران‌خودرو		۱			۱	
	طراحی و مهندسی	ادارهٔ کل مهندسی محصول	۹			۹	۴۲
		ادارهٔ کل مهندسی فرآیند	۱			۱	
		ادارهٔ کل طراحی	۲۹	۲	۱	۳۲	
	تضمین‌کیفیت	ادارهٔ کل ممیزی و توسعهٔ کیفیت سامانهٔ فرآیند	۱			۱	۳
		ادارهٔ کل مهندسی بهبود کیفیت محصول	۲			۲	
	آزمایشگاه‌ها	ادارهٔ کل آزمایشگاه	۱۳			۱۳	
	دفتر طرح		۸			۸	
	محاسبات مهندسی[۱]		۱۴			۱۴	
ستاد	منابع‌انسانی و ارتباطات	ادارهٔ کل منابع انسانی	۳			۳	۵
		ادارهٔ کل سامانه و رایانه	۲			۲	
	مالی و برنامه‌ریزی	مالی	۲			۲	۴
		برنامه‌ریزی	۲			۲	
	توسعهٔ تجاری/ بازرگانی		۳	۱		۴	
جمع کل			۹۰	۳	۱	۹۴	

۱-CAE

جدول ٤-١٤- وضعیت نیروهای همکار در طرح موتور ملی به تفکیک مدرک تحصیلی

	دیپلم	کاردانی	کارشناسی	کارشناسی‌ارشد	جمع کل
مأمور از ایران‌خودرو	–	–		۱	۱
طراحی و مهندسی	۱	۵	۱۸	۱۸	۴۲
تضمین کیفیت	–	–	۱	۲	۳
آزمایشگاه	–	–	۶	۷	۱۳
دفتر طرح	۱	۱	۳	۳	۸
محاسبات مهندسی	–	–	۵	۹	۱۴
منابع انسانی و ارتباطات	۱	–	۴	–	۵
مالی و برنامه‌ریزی	–	–	۴	–	۴
توسعهٔ تجاری/ بازرگانی	–	۱	۲	۱	۴
مجموع شرکت	۳	۷	۴۳	۴۱	۹۴

تجزیه و تحلیل سامانهٔ جذب و استخدام منابع انسانی

در جداول ۵-۱۴و ۶-۱۴، فرصت‌ها و تهدیدها،[۱] نقاط قوت و ضعف وابسته به منابع انسانی مرکز تحقیقات موتور ارائه شده است. در طول مراحل جذب و استخدام با اقدام بهینه‌سازی و پیشگیرانه سعی شد تا از نقاط ضعف کاسته شود و با بهره‌گیری از نقاط قوت، تهدیدهای محیطی به فرصت تبدیل شود.

جدول ٥-١٤ فرصت‌ها و تهدیدهای وابسته به منابع انسانی مرکز تحقیقات موتور

فرصت‌ها	تهدیدها
وجود نیروی‌های خلاق و با استعداد در داخل کشور	نبود دوره‌های‌آموزشی متناسب با نیازهای تخصصی واحد در کشور
ارزان بودن کسب و انتقال دانش فنّاوری اطلاعات	فرار مغزها به خارج از کشور و نبودن سیاست‌های پیشگیرانه
نگرش مثبت جامعه در خصوص شرکت‌های وابسته به ایران‌خودرو	وجود سازمان‌های علاقمندِ به کار گیری نیروهای کارشناس زبدهٔ مرکز تحقیقات موتور

۱-SWOT

جدول ٦-١٤- وضعیت نقاط قوت و ضعف وابسته به منابع انسانی مرکز تحقیقات موتور

نقاط قوت	نقاط ضعف
تعدد کارشناسان با میانگین تحصیلی عالی	شفاف نبودن راهبردهای مدیریت منابع انسانی
وجود آیین‌نامهٔ ارتقاء و نحوهٔ تعیین حقوق کارکنان	نداشتن سامانه‌های کیفیت
محول‌کردن مسؤولیت طبق توانایی‌های کارکنان	نداشتن سامانهٔ منسجم نگهداشت و توسعهٔ منابع انسانی
تلفیق منابع انسانی با فنّاوری اطلاعات و ارتباطات	تأکید آموزش بر نیازهای آنی
داشتن فضای کافی و مناسب برای فعالیت	ضعیف‌بودن نگرش فرآیندی در توسعه و ایجاد سامانه‌های مطلوب
تلاش برای اجرای سامانه‌های کیفیت و تعالی سازمانی	فقدان معیارهای مشخص برای ارزیابی عملکرد
برگزاری همایش دوسالانهٔ موتورهای درونسوز	مشخص‌نشدن اهداف کیفی
داشتن شبکهٔ اطلاع‌رسانی داخلی	طولانی‌بودن فرآیند جذب و استخدام
فعال‌شدن پایگاه اطلاع‌رسانی مرکز	_
انحصاری‌بودن سازمان	_
تلاش برای ارتقاء دانش فنی موتور در کشور	_
توان مالی مناسب برای سرمایه‌گذاری و توسعه	_
وجود تجهیزات نرم‌افزاری و سخت‌افزاری چشمگیر	_
انگیزهٔ شکل‌گیری مباحث مدیریت‌نوین (5S ، نظام‌پیشنهادها، بهبود مستمر و ...)	_
شهرت و اعتبار سازمان و تجربیات مفید آن	_
داشتن تفکر راهبردی در میان مسؤولان واحد منابع انسانی	_

۳-۱۴ آموزش و توسعهٔ منابع انسانی

آموزش و توسعهٔ منابع انسانی، پشتوانه علمی هر مجموعهٔ روبه رشد است که باعث توانمندی منابع انسانی برای تصدی تخصص‌های مهم و اجرای اهداف سازمان می‌شود.

کشـورهای پیشـرفتهٔ صنعتی در عصر ارتباطات، عصری که انسـان وارد جامعه‌ای با زیرساخت‌های فنّاوری و اطلاعاتی شده، با برنامه‌ریزی‌های دقیق در فرآیندها و سامانه‌های آموزش و توسعهٔ منابع انسانی، برای رسیدن به دانایی به شدت رقابت‌می‌کنند تا بتوانند در فرآیند جهانی‌شدن در مدار مرکزیت حاکم بر جهان باقی بمانند.

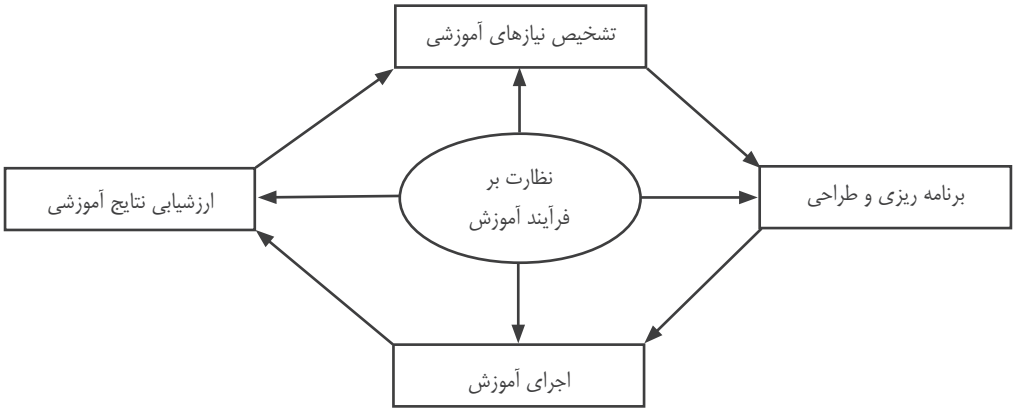
در جهان امروز، آموزش و توسـعهٔ منابع انسـانی به عنوان اساسی‌ترین رکن توسعهٔ اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی مطرح است و هیچ تحولی در جامعه بدون توجه ویژه به اهمیت آموزش و توسعهٔ منابع انسانی، امکان‌پذیر نیست.

تفکر جهانی و راهبردی، دانایی محوری، آموزش و توسـعهٔ مسـتمر منابع انسـانی، تولید با مطلوب‌ترین کیفیت، افزایش بهـره‌وری و کاهـش دوباره‌کاری‌ها، احترام به مشـتری و جامعه و پایبندی به ارزش‌های اخلاقـی، کار گروهی و بهبود مسـتمر، ایجاد امنیت شـغلی، احترام به مقام و شـأن همهٔ نیروها، تحقیق و آزمایش اندیشه‌های نو و توسعهٔ برنامه‌های نوآورانـه، ارائهٔ تولیدات جدید و حفاظت از محیط زیسـت از مهم‌ترین ارزش‌هـای برنامهٔ راهبردی مرکز تحقیقات موتور

ایران‌خـودرو تعریف شـده که تحقق آن‌ها در گرو توجه به امر آموزش و توسـعهٔ دانش فنـی، مدیریتی و حتی فرهنگی کارشناسـان این مجموعه اسـت. بنابراین با اعتقاد به این که آموزش و توسـعهٔ منابع انسانی، محور توسعه و پیشرفت در همهٔ امور است، در طرح موتور ملی نیز جایگاه ویژه‌ای برای این مهم تعریف شد.

کارکنانی با تحصیلات عالی، منابع انسانی جوان و با انگیزه برای رشد و ارتقای علمی، دسترسی آسان به منابع اطلاعاتی (شبکهٔ اطلاع‌رسانی جهانی، کتاب، مقاله و ...)، تعهد مدیریت به آموزش و انتقال فنّاوری، مدرسان قوی در داخل سازمان و توان پوشـش آموزشی بین واحدها، فضا و امکانات آموزشی مناسـب، برگزاری همایش بین‌المللی موتور و کارگاه‌های آموزشـی قوی موتور در کشور، ارائهٔ مقالات در حوزهٔ دانش موتور در همایش‌ها و گردهمایی‌های بین‌المللی، جذاب‌بودن دانش طراحی، توان قوی و قابلیت رشد در آن، ممتاز بودن نوع کار سازمان از جنبهٔ تحقیقاتی، امکان برنامه‌ریزی دقیق با توجه به شناخت مناسب کمبودها و مشکلات و استخراج فرآیندهای بهینه از نقاط قوت مرکز تحقیقات موتور ایران‌خودرو بود که توانسـت سیاسـتگذاران تحقیق و توسعه و مسؤولان آموزش را در دسـتیابی به یک برنامهٔ آموزشی جامع و مؤثر یاری بخشد.

طبق آخرین استانده‌های پذیرفته‌شدهٔ بین‌المللی، فرآیند آموزش در این مرکز، بر اساس استانداردِ ISO 10015 است که در فرآیندنمای ۲-۱۴ نشان داده شده است:



فرآیندنمای ۲-۱٤- فرآیند آموزش بر اساس استانداردِ ISO 10015

تشـخیص نیازهای آموزشـی کارکنان حاضر در طرح موتور ملی، نخسـتین بخش از فرآیند اجـرای آموزش و برگزاری دوره‌های آموزشـی بود که در جلسـات متعدد کارشناسان آموزش با مدیران و کارشناسان ارشد حاضر در طرح موتور ملی تعیین و برای اجرا، نهایی شد. تدوین این دوره‌ها که به ۱۴۰ عنوان آموزشی رسید، با کمک کارشناسان واحدهای متقاضی دوره و مذاکره با استادان دانشگاه‌ها و مؤسسه‌های آموزشی داخل و خارج کشور تعریف و طراحی شد. تعداد زیادی از این دوره‌ها در داخل کشـور قابل اجرا بود؛ لذا با برنامه‌ریزی صورت‌گرفته و پس از تعیین تعداد نفرات شـرکت‌کننده در این دوره‌ها، نسـبت به برگزاری دوره در داخل شرکت یا مؤسسـه‌های آموزشی معتبر داخل کشور اقدام شد. برای دوره‌هایی نیز که امکان اجرای آن‌ها با اسـتفاده از منابع موجود در کشـور نبود، مدرس از خارج کشور دعوت شد یا نیروهای فراگیر این دوره‌ها به خارج از کشور اعزام شدند.

دوره‌های آموزش ویژهٔ طرح موتور ملی (از سال ۱۳۸۳ تا پایان طرح)

دوره‌های آموزشـی برگزارشـده در طرح موتور ملی به همراه اطلاعات راجع به تعداد فراگیران، تعداد ساعت آموزشی هر دوره و نفر- ساعت صرف‌شده برای هر کدام از دوره‌ها در جدول ۷-۱۴ ارائه شده است.

جدول۷-۱۴- مشخصات دوره‌های آموزشی برگزارشده در داخل شرکت

ردیف	دورهٔ آموزشی	تعداد فراگیران	ساعت آموزش	نفر- ساعت آموزشی
۱	Gt-Cool	۲	۲۴	۴۸
۲	Gt-Power	۲	۴۰	۸۰
۳	Flowmaster	۱	۸	۸
۴	ANSYS	۲	۴۰	۸۰
۵	Msc Marc	۲	۴۰	۸۰
۶	ADAMS VIEW	۴	۲۴	۹۶
۷	ADAMS ENGINE	۴	۳۲	۱۲۸
۸	FMEA	۳۹	۲۱	۸۱۹
۹	ISO /IEC17025	۳۴	۱۶	۵۴۴
۱۰	امکان‌سنجی طرح‌های صنعتی	۱	۳۲	۳۲
۱۱	مراقبت با Labview	۱	۲۵	۲۵
۱۲	نرم‌افزار SolidWorks	۵۸	۲۶	۱۵۰۸
۱۳	مبدل‌های شیمیایی	۲	۱۶	۳۲
۱۴	APQP/PPAP	۲۳	۱۶	۳۶۸
۱۵	نرم‌افزار UML	۱	۵۰	۵۰
۱۶	رواداشت گذاری هندسی و ابعادی GD & T	۵۶	۳۶	۲۰۱۶
۱۷	نرم‌افزار RUP	۱۶	۴۰	۶۴۰
۱۸	نرم‌افزار Pro Engineering	۲۴	۴۶	۱۱۰۴
۱۹	Process Qualification	۱۵	۴	۶۰
۲۰	جعبه دندهٔ موتور پژو ۴۰۵ ، پارس و سمند	۲	۳۰	۶۰
۲۱	جعبه دندهٔ موتور پژو ۲۰۶	۴	۳۰	۱۲۰
۲۲	سامانهٔ افشانه	۱	۳۰	۳۰
۲۳	موتور و جعبه دندهٔ ۲۰۶	۱	۳۰	۳۰
۲۴	موتور عمومی	۶۷	۳۲	۲۱۴۴
۲۵	فنآوری نانو	۱	۴۸	۴۸
۲۶	اصول و روش‌های ایجاد در بایگانی فنی	۱	۱۶	۱۶
۲۷	نرم‌افزار FEMFAT	۱۰	۲۴	۲۴۰
۲۸	نرم‌افزار Hypermesh	۶	۲۰	۱۲۰
۲۹	ممیزی داخلی	۱	۲۴	۲۴
۳۰	نرم‌افزار Zuck (CDS) Camshaft Design Sysrem	۳	۴۰	۱۲۰
۳۱	کارگاه تخصصی برق خودرو	۷	۸	۵۶
۳۲	مراقبت وضعیت از طریق تحلیل روغن	۱	۸	۸
۳۳	آشنایی کلی با موتور ملی	۲۷	۶۰	۱۶۲۰
۳۴	مبانی و الزامات ISO 17025	۱۷	۱۶	۲۷۲
۳۵	کمربند سبز شش سیگما	۵	۸۰	۴۰۰
۳۶	فنآوری CNC	۳	۲۰	۶۰
۳۷	فرآیند توسعهٔ محصول (CMMI)	۱۴	۴۰	۵۶۰
۳۸	مدیریت فنآوری	۱	۴۸	۴۸
۳۹	مدیریت طرح Primavera Enterprise	۲	۳۶	۷۲
۴۰	نرم‌افزار CATIA	۹	۱۵	۱۳۵
۴۱	ممیزی محصول به روش SQFE	۲	۸	۱۶
۴۲	پایش فرآیند (PID)	۱	۲۴	۲۴
۴۳	طرحی قید و بست و فرمان‌های نظارتی	۱	۵۰	۵۰
۴۴	تطابق موتور و خودرو (Vehicle Integration)	۱۲	۱۶	۱۹۲
۴۵	نرم‌افزار Puma Open	۷	۱۰	۷۰
۴۶	Dynoroad Afa Operation And Maintenance	۱	۴۰	۴۰
۴۷	Test Run Preparation Puma Open	۱	۲۴	۲۴
۴۸	Programmable Test Cell Control (PTCC)	۱	۱۶	۱۶
۴۹	مرور عملکرد واحد محاسبات مهندسی شرکت FEV	۴	۳۲	۱۲۸
۵۰	نرم‌افزار Origin	۸	۱۰	۸۰
مجموع ۵۰۸ نفر به میزان ۱۴۵۴۱ نفر- ساعت آموزشی				

دوره‌های آموزشی ویژهٔ طرح موتور ملی در خارج از کشور

در این دوره‌ها که جمعاً ۹ دوره اســت، افراد صرفاً برای آموزش و شــرکت در دوره‌های خاص به خارج از کشــور اعزام شــدند و ۲۳ نفر معادل با ۶۷۲ نفر– ســاعت در آن شرکت کردند. مشخصات دوره‌های آموزشی خارج از کشور در جدول ۸–۱۴ ارائه شده است.

جدول ۸–۱٤– مشخصات دوره‌های آموزشی خارج کشور

ردیف	شرح دوره	تعداد افراد	مدت دوره/ ساعت	نفر– ساعت
۱	MARC® FE Analysis Incl. license	۲	۴۰	۸۰
۲	ADAMS® Multi-Body-Sim, Incl. License	۴	۲۴	۹۶
۳	Ansys® For NVH Analysis	۲	۴۰	۸۰
۴	Ansys® License for 1 Week	۲	۴۰	۸۰
۵	GT- Power® For 1D Gas Exchange	۲	۴۰	۸۰
۶	Using GT®- Cool for 1D Cooling System	۲	۲۴	۴۸
۷	Flow Master® for 1D lub System	۱	۱۶	۱۶
۸	Using ADANS Engine	۴	۳۲	۱۲۸
۹	PRO/Intralink	۴	۱۶	۶۴
مجموع ۲۳ نفر به میزان ۶۷۲ نفر– ساعت				

جمع کل آموزش‌های داخلی و خارجی در طرح موتور ملی از شــروع تا پایان ســال ۱۳۸۵ معادل۱۵۲۱۳ نفر– ســاعت است.

دوره‌های آموزشی ضمن‌خدمت

منظور از آموزش‌های ضمن‌خدمت این است که به فرد در حین کار آموزش داده شود. آموزش ضمن‌خدمت از متداول‌ترین نوع آموزش در این طرح بود که همراه با دیگر روش‌ها برای ارتقاء دانش منابع انســانی اســتفاده شــده است. مشخصات آموزش‌های ضمن‌خدمت مشتمل بر هشت سطح بود و در خارج از کشور انجام شد.

جدول ۹–۱٤– مشخصات دوره‌های آموزشی ضمن‌خدمت

ردیف	سطح (گروه)	تعداد نفر– دفعات	تعداد نفر – روز	نفر – ساعت
۱	محاسبات مهندسی	۲۶	۱۰۷۷	۸۶۱۶
۲	آزمایشگاه	۱۹	۶۰۶	۴۸۴۸
۳	مهندسی محصول	۹	۱۰۸	۸۶۴
۴	تضمین	۳	۱۷	۱۳۶
۵	قطعات جانبی	۱۲	۴۵۳	۳۶۲۴
۶	طراحی– نقشه‌کشی	۳۷	۱۵۷۱	۱۲۵۶۸
۷	تطابق موتور و خودرو	۷	۱۹۵	۱۵۶۰
۸	مدیریت هوشمند	۲۰	۶۳۹	۵۱۱۲
مجموع دوره‌های آموزش ضمن‌خدمت به میزان ۳۷۳۲۴ نفر– ساعت				

نشست‌های آموزشی

نشســت‌های آموزشــی پس از پایان مأموریت‌های خارج از کشورِ کارشناســان طرح موتور ملی و برای انتقال دانش فنی کسب‌شدهٔ آن‌ها به دیگر همکاران برگزار شد. این نشست‌ها از شروع طرح تا پایان شهریورماه سال ۱۳۸۵ بر اساس جدول ۱۰-۱۴، ۱۲۶ عنوان بود که با توجه به زمان ارائهٔ هر کدام به میزان ۲ ســاعت و حداقل تعداد شــرکت‌کنندگان حاضر در نشست به تعداد ۷ نفر، جمعاً ۱۸۳۴ نفر- ساعت نشست آموزشی انجام شد. عناوین این هم‌اندیشی‌ها به تفکیک واحدهای مختلف شرکت به این شرح است:

جدول ۱۰-۱۴- عناوین هم اندیشی‌های برگزار شدهٔ واحدهای مختلف مرکز تحقیقات موتور

ردیف	عنوان هم‌اندیشی واحد آزمایشگاه
۱	چرخه‌های ثانویه و واقعی آلایندگی و TA
۲	ارزیابی نتایج آزمون موتور آزمایشگاهی
۳	بررسی نتایج آزمون‌های موتور آزمایشگاهی
۴	فعالیت‌های صورت‌گرفته در بخش بالایی موتور (هفتهٔ ۳۹ الی ۴۴)
۵	بررسی آزمون‌های احتراقی موتور آزمایشگاهی۲
۶	همبندی موتور محمولهٔ اول
۷	آشنایی مقدماتی با نرم‌افزار PUMA OPEN
۸	فعالیت‌های انجام‌شده در بخش همبندی موتور محمولهٔ اول
۹	همبندی موتور TC و اجرای آزمون صحه‌گذاری
۱۰	مقایسهٔ نتایج آزمون‌های احتراقی موتور محمولهٔ اول و آزمایشگاهی۲
۱۱	آزمون‌های مکانیکی و احتراقی موتور ملی
۱۲	آزمون‌های مکانیکی و احتراقی موتور ملی
۱۳	آزمون‌های تسمهٔ موتور ملی
۱۴	ارائهٔ نتایج آزمون دوام ۴۰۰ ساعت (چرخهٔ حرارتی)
۱۵	آماده‌سازی موتور آزمون حرارتی (بخش اول)
۱۶	ارزیابی قطعات نخستین موتور پرخوران موتور ملی پس از آزمون دوام ۲۰۰ ساعته
۱۷	آماده‌سازی موتور آزمون حرارتی (بخش دوم)
۱۸	آزمون ضربهٔ حرارتی
۱۹	بررسی آزمون‌های صحه‌گذاری موتور ملی
۲۰	بررسی آزمون‌های صحه‌گذاری موتور ملی
۲۱	نتایج اولیهٔ آزمون بررسی عمومی دمای موتور ملی
۲۲	ارائهٔ آخرین نتایج آزمون محفظهٔلنگ موتور ملی

ردیف	عنوان هم‌اندیشی واحد محاسبات مهندسی
۱	خنک‌کاری موتور ملی
۲	ترمودینامیک و آزمون موتور در طرح موتور ملی
۳	تحلیل فرآیند تبادل گاز
۴	طراحی مدار روانکاری موتور ملی
۵	استفاده از نرم‌افزار محاسبات مهندسی برای شبیه‌ساز در عملکرد چندراههٔ ورودی
۶	فعالیت‌های محاسبات مهندسی در FEV دربارهٔ تحلیل تنش صدا، ارتعاش و ناهنجاری
۷	بررسی روند طراحی چندراههٔ خروجی دود، مبدل واکنشگر و پرخوران
۸	فعالیت‌های محاسبات مهندسی در FEV دربارهٔ صدا، ارتعاش و ناهنجاری
۹	فعالیت‌های محاسبات مهندسی سازوکار دریچه، تسمهٔ زمان‌بندی و قطعات جلویی FEAD در طرح موتور ملی
۱۰	فعالیت‌های تحقیقاتی واحد سازوکار دریچه در طرح موتور ملی
۱۱	تحلیل محاسبات عددی سه‌بعدی در چندراههٔ دود
۱۲	روند طراحی چندراههٔ دود، مبدل واکنشگر و پرخوران در موتور ملی
۱۳	شبیه‌سازی تبادل گاز
۱۴	فعالیت‌های صدا، ارتعاش و ناهنجاری در موتور ملی
۱۵	شبیه‌سازی عددی جریان در چندراههٔ خروجی موتور ملی پرخوران
۱۶	تحلیل حرارتی و مکانیکی چندراههٔ دود و بستار
۱۷	بررسی ارتعاشات موتور ملی
۱۸	مرور روند طراحی و تأمین قطعات جانبی موتور ملی
۱۹	شناخت تجزیه و تحلیل روغن

ردیف	عنوان هم‌اندیشی واحد مدیریت برنامه ریزی و طرح
۱	فعالیت‌های نمایندهٔ دفتر طرح در FEV
۲	روش مستندسازی فرآیند طراحی
۳	فعالیت‌های نماینده دفتر طرح در FEV
۴	گزارش گروه طراحی طرح موتور ملی
۵	تأمین قطعات موتور ملی
۶	آخرین فعالیت‌های گروه طراحی در طرح موتور ملی
۷	پیگیری فعالیت‌های قطعات جانبی موتور ملی
۸	آخرین فعالیت‌های انجام‌شده در گروه قطعات بالایی

ردیف	عنوان هم‌اندیشی واحد طراحی
۱	خنک‌کاری و طراحی بستار (گروه قطعات بالایی)
۲	بررسی فرآیند طراحی بدنهٔ استوانهٔ موتور ملی
۳	طراحی دسته‌سمبهٔ موتور ملی و معرفی آزمون‌های مکانیکی قطعات تحتانی
۴	بررسی قطعات جانبی موتور ملی
۵	راهبرد الگوسازی طرح موتور ملی
۶	پیشرفت‌های طراحی در بستار
۷	راهبرد تعیین نسبت دنده‌ها برای جعبه دندهٔ موتور ملی
۸	طراحی دسته‌سمبه با اندازهٔ تغییرپذیر (پارامتریک)
۹	پیشرفت‌های طراحی در قطعات جانبی موتور ملی
۱۰	فعالیت‌های ریخته‌گری موتور ملی
۱۱	طراحی قاب نردبانی[۱]
۱۲	فرآیند خارکشی[۲]
۱۳	پیشرفت‌های طراحی در قطعات بالایی موتور ملی
۱۴	طراحی جعبه دنده
۱۵	نمونه‌سازی چندراههٔ ورودی هوا
۱۶	روش شبیه‌سازی چندراههٔ هوا (الگوسازی) همراه با متغیرهای مورد نیاز طراحی آن
۱۷	رواداشت‌گذاری میل‌بادامک
۱۸	فعالیت‌های قطعات بالایی موتور ملی
۱۹	روش شبیه‌سازی چندراههٔ دود (الگوسازی) همراه با متغیرهای مورد نیاز طراحی آن
۲۰	فعالیت‌های طراحی در گروه قطعات پایین
۲۱	تشریح ساخت بدنهٔ استوانهٔ موتور ملی مرحلهٔ اول
۲۲	آخرین وضعیت طراحی قطعات جانبی موتور
۲۳	آشنایی با نرم‌افزار Pro / INTRALINK
۲۴	مرور فعالیت‌های قطعات بالایی
۲۵	طراحی پوستهٔ یاتاقان‌های موتور ملی
۲۶	طراحی قطعات جانبی
۲۷	طراحی رواداشت‌گذاری بستار
۲۸	بحث‌های طراحی در گروه قطعات پایینی
۲۹	مراحل طراحی و توسعهٔ موتور به ویژه طراحی مفهومی

۱- Ladder Frame ۲- Honing

۳۰	فعالیت‌های الگوسازی قطعات موتور ملی
۳۱	تعریف و محاسبهٔ مرز داخلی و بیرونی در رواداشت هندسی
۳۲	بررسی نتایج ارزیابی قطعات پس از آزمون دوام ۲۰۰ ساعته
۳۳	به کار گیری چرخ طیار دوجرمه
۳۴	ریخته‌گری قطعات تحت فشار HPDC
۳۵	طراحی جعبهٔ دنده موتور ملی
۳۶	بررسی روند طراحی قطعات جانبی موتور ملی
۳۷	فعالیت‌های صورت‌گرفته در بخش نقشه‌کشی (هفتهٔ دوم تا هفتم)
۳۸	بررسی نتایج و نحوهٔ گزینش ارتعاش‌گیر دورانی[1] برای موتورهای ملی تنفس طبیعی و پرخوران
۳۹	مقایسهٔ بدنهٔ استوانهٔ موتور ملی و TU5
۴۰	روش رواداشتی و انباشتگی آن
۴۱	آزمون سرعت بیشینهٔ جعبه دنده BE4/5R
۴۲	طراحی مفهومی محفظهٔ لنگ
۴۳	استانده‌های تشکیلاتی داخلی ایران‌خودرو
۴۴	تحلیل رواداشت‌ها و تجمیع آن‌ها
۴۵	پایش رواداشت‌های هندسی (قسمت اول)
۴۶	روش‌های اندازه‌گیری رواداشت‌های هندسی مقطع و لنگی
۴۷	روش‌های پایش کیفی و بازرسی ابعادی یاتاقان‌های پوسته‌ای

ردیف	عنوان هم‌اندیشی واحد تولید و مهندسی محصول
۱	بررسی مسائل خط تولید موتور ملی
۲	بررسی خط همبندی موتور TU5 و امکان‌سنجی همبندی موتور ملی در خط مذکور
۳	نحوهٔ ارزیابی قطعات پس از آزمون دوام ۲۰۰ ساعته
۴	آخرین وضعیت فعالیت‌های کیفی طرح موتور ملی (سلک‌ماتریس QRD)
۵	آشنایی با روش شش سیگما و کاربرد آن در طراحی موتورهای احتراق داخلی

ردیف	عنوان هم‌اندیشی واحد تضمین کیفیت
۱	آخرین وضعیت فعالیت‌های کیفی طرح موتور ملی (صلاحیت فرآیند)
۲	آخرین وضعیت فعالیت‌های کیفی طرح موتور ملی (طرح کیفیت)

۱- TVD

ردیف	عنوان هم‌اندیشی واحد مدیریت هوشمند
۱	فعالیت‌های بخش مدیریت هوشمند در موتور ملی
۲	روند پیشرفت امور مدیریت هوشمند و زینه‌بندی طرح موتور ملی
۳	بررسی روند فعالیت‌های مدیریت هوشمند در طرح موتور ملی
۴	فعالیت آماده‌سازی و زینه‌بندی موتور و خودرو (هفتهٔ ۲۷ تا ۳۶)
۵	توسعهٔ نرم‌افزار زینه‌بندی و آزمون تعیین مقدار بار درون استوانه
۶	فعالیت‌های مدیریت هوشمند و زینه‌بندی (هفتهٔ ۳۲ تا ۳۹)
۷	بررسی فعالیت‌های زینه‌بندی موتور ملی
۸	فعالیت‌های نگاشت و زینه‌بندی موتور ملی
۹	بررسی روند نگاشت و تنظیم موتور ملی تنفس طبیعی
۱۰	بررسی زینه‌بندی و مدیریت هوشمند موتور ملی
۱۱	بررسی فعالیت‌های زینه‌بندی خودرو
۱۲	گزارش فعالیت‌های زینه‌بندی (هفتهٔ ۴ تا ۸)
۱۳	فعالیت‌های اجزاء مدیریت هوشمند (هفته ۵ تا ۹)
۱۴	بررسی فعالیت‌های زینه‌بندی آزمون زمستانی
۱۵	راهبرد تعویض نوع سوخت گاز و بنزین
۱۶	فعالیت‌های قطعات و زینه‌بندی سامانهٔ مدیریت موتور ملی
۱۷	فعالیت‌های نگاشت و تنظیم موتور ملی تنفس طبیعی
۱۸	بررسی فعالیت‌های زینه‌بندی طرح موتور ملی
۱۹	ترخیص قطعات سامانهٔ مدیریت موتور ملی و طراحی دستهٔ سیم موتور
۲۰	بررسی آخرین وضع توابع نرم‌افزاری رایانهٔ موتور ملی از نظر توسعه و زینه‌بندی
۲۱	مروری بر فعالیت‌های نگاشت موتور ملی در هفته‌های ۲۳ تا ۲۷
۲۲	فعالیت‌های عیب‌یابی آزمون‌های تابستانی طرح موتور ملی در ایتالیا (هفتهٔ ۳۳ تا ۳۵)

155.5°
B
18° (3x)
C
E
0.1 B A C
Ø6.2 H12 thru
C
(114°) sensor position
C
E
R113.12
A
120° (3x)
60° (4x)
D
A
100
16

فصل پانزدهم

بودجه‌بندی و قیمت تمام‌شدهٔ طرح موتور ملی

بودجه‌بندی و قیمت تمام‌شدهٔ طرح موتور ملی

۱-۱۵ پیش‌درآمد

ایران‌خودرو، بزرگترین تولیدکنندهٔ خودرو در خاورمیانه، برای ادامهٔ فروش کالا در بازار امروز، باید دست‌کم شش توانایی را در تدوین راهبردها در نظر بگیرد:
۱) دارابودن مالکیت قوای محرکه‌ای که ضمن حفظ مالکیت محصول، توسعه و تولید آن را میسر سازد.
۲) تولید محصولات گوناگون و با کیفیت هم‌ردیف با خودروهای شرکت‌های بزرگ خودروساز و مصرف سوخت متناسب به اقتضای قوانین موجود و استانده‌های محیط زیستی مصوب
۳) تولید محصول متناسب با راهبردی‌ترین سوخت کشور یعنی گاز طبیعی
۴) عرضهٔ کوتاه‌مدت محصولات به بازار
۵) کاهش هزینه‌ها برای کاهش قیمت خودرو
۶) افزایش رقابت‌پذیری محصولات
خودروسازان بزرگ در قرن حاضر راهبردهای یادشده را برای کسب بازار و توانایی رقابت در بازارهای جهانی به کار گرفته‌اند. در این راستا قوای محرکه و اجزای آن جایگاه ویژه‌ای در تدوین این راهبردها دارد. خودروسازهای جهانی از قوای محرکه برای عرضهٔ نمونه‌های مختلف خودرو با هزینهٔ کمتر، در زمان کوتاه‌تر و با توجه به پایهٔ مشترک قطعات، بهرهٔ شایانی می‌گیرند. نتایج به کار گیری این راهبرد، باعث شده که این‌شرکت‌ها برای محصولات مختلف از تأسیسات و منابع تولید به‌صورت مشترک استفاده‌کنند.
در بخش‌های مختلف این فصل سعی شده تا امکان‌سنجی استفاده از موتور ملی در محورهای مختلف (بازار، فنی و اقتصادی) از دیدگاه مدیریت طرح بررسی شود.

۲-۱۵ معرفی طرح و ارائهٔ دامنهٔ کاربرد آن

ویژگی‌های عمدهٔ خانوادهٔ موتور به این شرح است:
- خطوط ماشینکاری قطعات اصلی مانند بدنه و بستار مشترک‌اند.
- خطوط همبندی موتورهای یک خانواده، یکسان‌اند.
- در موتورهای هم‌خانواده، حداکثر استفاده از قطعات و مجموعه‌ها به طور مشترک صورت می‌پذیرد.
- محدودهٔ عملکردی خانوادهٔ موتور برای مصرف و نصب روی محدودهٔ وسیعی از خودروها (از کوچک تا بزرگ) در نظر گرفته می‌شود.

به عنوان مثال، خانوادهٔ موتور XU ، متعلق به شرکت پژو در جدول ۱-۱۵ معرفی شده است:

جدول ۱-۱۵

خانوادهٔ XU	XU5/2C	XU7/JP	XU9/J2
رتبهٔ حجمی (cc)	۱۶۰۰	۱۸۰۰	۲۰۰۰
قدرت (اسب بخار)	۸۰	۹۷	۱۱۵

طرح خانوادهٔ موتور ملی ، طراحی و ساخت موتور با توجه به خطوط تولیدی فعال شرکت ایران‌خودرو و برای خودروی سمند بود و در همان ردیف ابعادی موتور خودروی سمند تعریف شد. مشخصات عمومی موتور ۱،۷ لیتری با تنفس طبیعی

گازسوز و بنزینی در جدول ۲–۱۵ آمده است.

جدول ۲–۱۵ مشخصات موتور EF

حجم موتور (cc)	قدرت بر حسب اسب بخار ۶۰۰۰ دور در دقیقه	گشتاور در ۴۰۰۰ د.د.د. برحسب Nm	کاربری
۱۷۰۰	۱۱۴	۱۴۲	بنزینی
۱۷۰۰	۱۰۳	۱۳۶	گازسوز

با توجه به بررسی‌های صورت‌گرفته روی موتور ملی در خودروی سمند در مرکز تحقیقات موتور، نتایج شبیه‌سازی این تحقیقات در جدول ۳–۱۵ آمده است. در صورت نیاز، این موتور پاسخگوی استانده EURO 4 نیز است. در این جدول مقایسه‌ای بین موتورهای نصب‌شده روی خودروی سمند آمده است.

جدول ۳–۱۵ مقایسهٔ خودروی سمند با موتورهای موجود و موتور ملی

نوع موتور	نوع سوخت	سرعت بیشینه (km/h)	تعداد دریچه	شتاب صفر تا صد (s)	مصرف سوخت (lit/100 km)	استانداردهٔ آلایندگی
موتور ملی	پایه گازسوز	۲۰۵	۱۶	۱۱	۷,۶	EURO 4
XU7-JP/L3	بنزینی	۱۸۹	۸	۱۳,۶	۹,۵	EURO 2
IP16	بنزینی	۱۸۱	۸	۱۵	۸	EURO 3
TU5/JP4	بنزینی	۱۸۵	۱۶	۱۲,۵	۷,۲	EURO 4

با توجه به نیازمندی‌های محصول ردهٔ D، موتوری با توانی در حدود ۱۱۰ تا ۱۲۰ اسب بخار بر اساس الگوبرداری رقبا در سال‌های آینده، مورد نیاز شرکت ایران‌خودرو خواهد بود. بر این اساس طرح موتور ملی با در نظر داشتن سوابق و فعالیت‌های گذشته تعریف شد تا با علامت تجاری ایران‌خودرو و با مالکیت معنوی این شرکت، تولید و به بازار عرضه شود.

برخی از دلایل انتخاب موتور ۱,۷ لیتری به این شرح است:

۱– در گذشته (دههٔ ۶۰ شمسی) برای داشتن موتوری با محدودهٔ قدرت حدود ۱۱۰ اسب بخار، باید از ظرفیتی در حدود ۲,۲ لیتر استفاده می‌شد؛ درحالی که در سطح دانش امروز، این امر با استفاده از موتور ۱,۷ لیتری شدنی است.

۲– ساخت و طراحی موتوری پایه گازسوز ولی دوسوخته برای خودروهای سمند و ردیف‌های C و D

۳– استفاده از ظرفیت کامل طرح‌های در حال اجرای شرکت از جمله خطوط ریخته‌گری، ماشینکاری و همبندی موتور در داخل کشور

۴– بهبود اجزای موتور برای رسیدن به استانده‌های محیط زیست ایران

۵– کاهش مصرف بنزین خودرو با توجه به تغییرات صورت‌گرفته در موتور

۶– افزایش نسبت قدرت به وزن در خودروی سمند

یادآوری: در فرآیند توسعه و تکوین محصول هم این موارد لحاظ شده است:
۱- فرآیندهای صحه‌گذاری و تکوین شرکت پژو، به عنوان الزامی در طرح، رعایت شد.
۲- با ارائهٔ اطلاعات شناسنامه‌ای، سطوح سه‌بعدی قطعات را مجری طرح و تمام عملیات بعدی را تأمین‌کنندگان قطعات، مدیریت‌می‌کنند و انجام می‌دهند.
۳- تولید موتور ملی با کمترین سرمایه‌گذاری تولید
۴- قطعات (خصوصاً آن‌هایی که در برنامهٔ ساخت داخل هستند) تا حد امکان مشترک خواهند بود.
۵- تأمین قطعات و مجموعه‌ها به طور مستقیم از منابع داخلی و خارجی به وسیلهٔ ساپکو
۶- قیمت تمام‌شده در حدود قیمت روز موتور TU5

تاریخ آغاز طرح پس از تصویب دفترچهٔ طرح یعنی اول دی‌ماه ۱۳۸۲ تعیین شد و طبق زمان‌بندی مصوب طرح، اول اردیبهشت ۱۳۸۵، آغاز تولید[۱] تعیین شد (۲۸ ماه زمان اجرای طرح). پس از متمم بودجه‌ای و شش ماه تمدید زمانی تاریخ پایان طرح، برای تحویل دائم آن، سی‌ام اسفند ۱۳۸۷ تعیین و مصوب شد که مدت زمان اجرای این طرح را به ۶۳ ماه رساند. در مجموع، طرح، شش ماه تمدید زمانی و یک متمم بودجه‌ای پیدا کرد که متمم بودجه، معادل ۱۰۸ درصد بودجهٔ اولیهٔ و مدت زمان اجرای طرح، معادل ۱۲۵ درصد زمان‌بندی اولیهٔ شده است. شایان ذکر است که تمدید زمانی ششم برای جمع‌بندی فعالیت‌های باقیمانده، دریافت تأییدیهٔ قطعات، راه‌اندازی خط ماشینکاری بستار موتور ملی در داخل شرکت، پرداخت‌های باقیمانده به پیمانکار خارجی، آزمایش کامل خودرو و دریافت بازخورها، بستن گزارش‌های بررسی خرابی‌های[۲] موتوری و خودرویی، تکمیل فعالیت‌های خدمات پس از فروش و آمادگی کامل برای مرحلهٔ تولید انبوه موتور و خودروی سمند LX و سورن با موتور ملی در نظر گرفته شده است. خلاصه‌ای از وضعیت متمم بودجه‌ای و تمدید زمانی طرح در جدول ۴-۱۵ و نمودار ۱-۱۵ آمده است.

جدول ٤-١٥ خلاصه‌ای از وضعیت متمم بودجه‌ای طرح موتور ملی

موضوع	زمان تمدید	تاریخ مصوب تمدیده شده	مدت تمدید زمانی
اولین تمدید زمانی طرح	اسفند ۸۴	۸۵/۰۶/۰۱	۴ ماه
دومین تمدید زمانی طرح	اردیبهشت ۸۵	۸۵/۰۹/۳۰	۴ ماه
سومین تمدید زمانی طرح	شهریور ۸۵	۸۵/۱۲/۲۴	۳ ماه
چهارمین تمدید زمانی طرح	فروردین ۸۶	۸۶/۰۷/۰۱	۶ ماه
پنجمین تمدید زمانی طرح	مهر ۸۶	۸۶/۱۲/۲۹	۶ ماه
ششمین تمدید زمانی طرح	خرداد ۸۷	۸۷/۱۲/۳۰	۱۲ ماه

نمودار ۱-۱۵ تمدید زمانی طرح موتور ملی

۱- Start of Production (SOP)
۲-PIR

۱۵-۳ اهداف و دلایل اجرای طرح

هدف طرح، دستیابی به مالکیت موتوری بر پایهٔ سوخت گاز طبیعی با حجم ۱,۷ لیتر بود که نیاز ضروری کشور برای خودروهای مختلف است تا با دستیابی به دانش طراحی و توسعهٔ موتور به کمک همکار خارجی و دانش فنی جانمایی قوای محرکه روی خودرو، نگاشت‌های[۱] موتور و خودرو و اعمال تغییرات در طراحی و بهینه‌سازی موتور، بتوان بهتر و بیشتر از توانایی‌های خطوط تولید بهره‌برداری کرد. مهم‌ترین اهداف و دلایل اجرای طرح موتور ملی را می‌توان بدین شرح ارائه کرد:

۱- حفظ و گسترش سهم ایران‌خودرو در بخش خودروهای با قیمت کمتر از متوسط و متوسط
۲- تقویت توانایی ایجادشده در گروه صنعتی ایران‌خودرو در زمینهٔ طراحی و توسعهٔ قوای محرکه
۳- بهبود مستمر قوای محرکهٔ موجود و در نهایت محصولات شرکت
۴- با توجه به اهمیت مالکیت در محصولات تولیدی و خصوصاً گروه محصول سمند، نیاز جدی ایران‌خودرو به داشتن قوای محرکهٔ جدید با مالکیت انحصاری ایران‌خودرو، همهٔ واحدها را نسبت به حرکت سریع، جدی و هماهنگ برای عملی شدن طرح متعهد می‌کند.
۵- توسعهٔ موتور جدید برای محصولات ایران‌خودرو در ردیف C و D و با مالکیت ایران‌خودرو از اهداف راهبردی طرح است.
۶- موتورهای با حجم کوچک و متوسط (از ۱,۳ تا ۱,۷ لیتر) از اهداف این طرح محسوب می‌شود.

راهبردهای کلان شرکت ایران‌خودرو که با اجرای این طرح برآورده می‌شود، عبارتند از:

۱- تولید نخستین موتور پایه گازسوز در جهان با امکان استفاده از بنزین به عنوان جایگزین و تولید انبوه محصول در شرکت ایران‌خودرو
۲- نصب موتور ملی روی خودرو ملی سمند
۳- توسعه و حفظ سهم سمند در بازار ایران، در بخش خودروهای سواری با موتور ملی
۴- کمینه‌کردن سرمایه‌گذاری‌های جدید و استفاده بیشینه از ظرفیت‌های موجود
۵- تولید محصولات با کیفیت و عملکرد مطلوب و هزینهٔ بهینه با به کار گیری فرآیندهای توسعهٔ محصول با نگرش هزینهٔ هدفمند
۶- به کار گیری فرآیندهای کارا و مهندسی همزمان در برنامه‌ریزی و مدیریت
۷- انتخاب مجموعهٔ مناسب مدیریت هوشمند موتور برای قوای محرکه، با نام و مالکیت ایران‌خودرو
۸- به‌کار گیری راهبرد هم‌خانوادگی نه تنها برای موتور، بلکه برای مجموعهٔ قوای محرکه (موتور و جعبه دنده)
۹- انتقال دانش فنی در فرآیند طراحی این خانوادهٔ موتور، به گونه‌ای که امکان تکرار طرح‌های توسعه‌ای مشابه (طراحی و ساخت موتور موتور ملی۱,۴) نیز در داخل کشور فراهم شود.
۱۰- تعیین ۱۲ درصد از کل حجم تولید محصولات مجهز به موتور ملی و یا مجموعهٔ قوای محرکه به‌صورت مجموعهٔ هدف اصلی برای صادرات

۱۵-۴ آخرین وضعیت بودجه‌بندی طرح موتور ملی

در این بخش آخرین وضعیت بودجه‌بندی طرح موتور ملی، معرفی تعداد نفراتی که به‌صورت مستقیم از سازمان‌های مختلف گروه صنعتی ایران‌خودرو با این طرح درگیر بوده‌اند و برآورد هزینهٔ آن‌ها، برآورد میزان سرمایه‌گزاری طرح و همچنین هزینهٔ تحقیق و توسعه سازندگان، بررسی می‌شود.

۱- Calibrations

مکان اجرای طرح

راهبرد کلان شرکت مبتنی بر بیشترین استفاده از امکانات و ظرفیت‌های موجود شرکت ایران‌خودرو بود. بر این اساس و با توجه به خصوصیات محصول موتور ملی، این محصول از ظرفیت‌های خطوط، فنّاوری و تجهیزات تولیدی موتور TU5 در گروه صنعتی ایران‌خودرو بیشترین استفاده را برد و کمترین سرمایه‌گذاری جدید برای آن در نظر گرفته شد.

برآورد هزینه‌های نیروی انسانی طرح

با توجه به این که یکی از عوامل چرخهٔ تولید، بهره‌گیری از نیروی انسانی متناسب با اهداف تعریف‌شده در سازمان است، بنابراین در جدول ۵–۱۵ به برآورد نیروی انسانی طرح اشاره شده است.

یادآوری: نفر– ماه بر اساس مدت اجرای طرح که ۳۲ ماه تعریف شده، به دست‌آمده است.

جدول ۵–۱۵ هزینه های نیروی انسانی طرح

ردیف	سازمان	(تعداد نفر)	نفر– ماه	سمت
۱	مدیر طرح	۲	۶۴	مدیر: یک نفر و کارمند: یک نفر
۲	مرکز تحقیقات موتور ایران‌خودرو	۴۲	۱۳۴۴	کارشناسان فنی طرح
۳	طراحی و توسعهٔ محصول (NPD)	۲۹	۶۳۸	کارشناسان کیفی، مهندسی محصول، طراحی و آزمون
۴	تام	۵	۱۶۰	
۵	ساپکو	۸	۲۵۶	
۶	مرکز مطالعات راهبردی	۱	۳۲	کارشناس
۷	مرکز برنامه‌ریزی طرح‌ها	۱	۳۲	کارشناس
۸	بهره‌بردار (معاونت نیرومحرکه)	۴ ۱	۱۶۰	مهندسی کارشناسان روش و محصول (تولید نیرو محرکه)
۹	مرکز مهندسی (فرآیند مهندسی سواری)	۱	۳۲	کارشناس
۱۰	معاونت کیفیت	۱	۳۲	کارشناس
۱۱	خدمات پس از فروش ایران‌خودرو	۰,۵	۱۶	کارشناس
۱۲	معاونت تولید سواری‌سازی	۲	۶۴	کارشناس
۱۳	نظام جامع تولید	۰,۵	۱۶	کارشناس
۱۴	معاونت مالی	۰,۵	۱۶	کارشناس
۱۵	واحد پشتیبانی	۰,۵	۱۶	کارشناس
	جمع	۹۹	۳۱۶۸	

برآورد میزان سرمایه‌گذاری طرح

میزان سرمایه‌گذاری منابع مختلف استفاده‌شده به شرح جدول ۶–۱۵ است. شایان ذکر است که هر یورو، معادل ۱۰۸۰۰ ریال و همچنین توسعهٔ موتور و خودرو با هم در طرح درنظر گرفته شده است.

جدول ٦–١٥ میزان سرمایه گذاری منابع مختلف

تخصیص منابع		هزینه		توضیحات
		یورو	ریال	
هزینه‌های پیمانکار خارجی FEV		۳۰,۸۴۰,۰۰۰	۰	هزینهٔ قرار داد با شرکت خارجی برای توسعه، طراحی موتور و تطابق آن روی خودروی سمند
خطوط تولید موتور		۰	۶۷,۴۵۰,۰۰۰,۰۰۰	شامل تغییرات لازم در خطوط ماشینکاری و همبندی موتور و خرید تجهیزات جدید خطوط و قالب موتور
هزینه‌های عمومی طرح		۱,۲۴۰,۵۱۵	۹,۳۹۷,۷۶۰,۰۰۰	شامل هزینه‌های مأموریت کارکنان داخل ایران‌خودرو، دستمزد و سربار و میهمانان خارجی
هزینه‌های عمومی تحقیقات موتور ایران‌خودرو		۲,۴۰۱,۸۰۰	۶,۶۵۶,۶۰۰,۰۰۰	شامل هزینه‌های مأموریت کارکنان تحقیقات موتور ایران‌خودرو، دستمزد و سربار و بالاسری
تحقیقات موتور ایران‌خودرو		۶,۰۰۰,۰۰۰	۴۹,۱۹۴,۰۰۰,۰۰۰	شامل هزینه‌های تجهیزات آزمایشگاهی، سخت‌افزار و نرم‌افزار آزمون موتور، محاسبات مهندسی، نمونه‌سازی قطعات موتور و کارکنان شرکت تحقیقات موتور ایران‌خودرو
مهندسی روش		۰	۵۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	شامل ایجاد مدارک و مستندات و پیاده‌سازی مهندسی فرآیند و کیفیت در موتور، خودرو و تغییرات خطوط تولیدی
نمونه‌سازی	داخلی	۰	۴۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	ساخت نمونه‌های قطعات جدید منطبق بر فهرست حذف و اضافهٔ موتور و خودرو
	خارجی	۲,۰۰۰,۰۰۰	۰	
ساپکو		۰	۵,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	هزینه‌های مدیریت تأمین قطعات و ممیزی و انتخاب سازندگان
هزینه‌های طراحی و توسعهٔ محصول[1]		۰	۱۷,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	شامل تطابق موتور برروی خودرو و آزمون‌های لازم برای گرفتن تأییدیهٔ تولید خودرو در مرحلهٔ تولید موتور[2]، تولید خودرو[3] و تهیهٔ خودرو و موتورهای مورد نیاز
هزینهٔ مدیریت طرح در سطح ایران‌خودرو		۰	۱,۴۳۹,۷۷۶,۰۰۰	
جمع کل		۴۲,۴۸۲,۳۱۵	۲۴۶,۱۳۸,۱۳۶,۰۰۰	

میزان سرمایه‌گذاری منابع مختلف استفاده‌شده حدود ۷۰۵ میلیارد ریال (معادل حدود ۶۵ میلیون یورو) است. شایان ذکر است که هر یورو معادل ۱۰۸۰۰ ریال و همچنین توسعهٔ موتور و خودرو با هم در طرح در نظر گرفته شده‌اند.

۱- NPD ۲- EP ۳- VP

سفارش‌کارهای مصوب طرح موتور ملی مطابق جدول ۷-۱۵ است:

جدول ۷-۱۵

ردیف	عنوان	مجری	میزان بودجه سفارش کالا (ریال)
۱	طراحی اولیهٔ موتور ملی	شرکت EFV	۸,۵۰۰,۰۰۰,۰۰۰
۲	تغییرات لازم در خط ماشینکاری موتور TU5 برای تولید موتور ملی	شرکت تام	۴۱,۴۹۶,۶۰۰,۰۰۰
۳	ساخت قالب بستار موتور ملی و ریخته‌گری ۵۵ قطعه بستار	شرکت تام	۱۲,۹۱۲,۰۰۰,۰۰۰
۴	نمونه‌سازی SLS از قطعات مربوط به موتور ملی	ریخته‌گری چدن	۶۰,۰۰۰,۰۰۰
۵	ساخت نمونه قطعات موتور و خودرو EF7	ساپکو/ EFV	۶۱,۵۴۰,۰۰۰,۰۰۰
۶	هزینهٔ فعالیت‌های طرح موتور ملی در NPD	NPD	۱۷,۸۳۳,۴۷۴,۰۰۰
۷	انتقال دانش فنی طرح موتور ملی (قرار داد با شرکت EFV)	شرکت EFV	۳۲۴,۵۷۲,۰۰۰,۰۰۰
۸	هزینه‌های فعالیت‌های طرح موتور ملی در مرکز تحقیقات موتور	مرکز تحقیقات موتور	۱۴۸,۶۶۳,۶۰۰,۰۰۰
۹	هزینه‌های عمومی طرح موتور ملی در ایران‌خودرو	ایران‌خودرو	۲۱,۳۲۸,۰۶۴,۰۰۰
۱۰	هزینهٔ فعالیت‌های طرح موتور ملی در ساپکو	شرکت ساپکو	۵,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
۱۱	هزینهٔ مهندسی فرآیند و کیفیت در خطوط سواری‌سازی	مرکز مهندسی	۱۰,۳۰۰,۰۰۰,۰۰۰
۱۲	هزینهٔ مهندسی فرآیند و کیفیت در خطوط موتورسازی	مرکز تحقیقات موتور	۳۹,۷۰۰,۰۰۰,۰۰۰
۱۳	احداث خط همبندی موتور ملی در موتورسازی ۲	معاونت نیرومحرکه	۱۳,۰۴۱,۴۰۰,۰۰۰
	مجموع		۷۰۴,۹۴۷,۱۳۸,۰۰۰

هزینه‌های تحقیق و توسعهٔ سازندگان

در این مرحله به دلیل اعلام ساپکو، هزینه‌های طراحی و توسعهٔ سازندگان، روی قطعات سرشکن و در اضافه قیمت قطعات، قید شد و نیازی به منظور نمودن سرمایه‌گذاری اولیه نیست، بنابراین برای این مورد هیچ‌گونه هزینه‌ای در محاسبات سرمایه‌گذاری، لحاظ نشده است. تنها هزینهٔ دیده شده در خصوص سازندگان، هزینهٔ قالب‌های تولید انبوه است که به روش نمونه‌سازی سریع ساخته شده و در تولید انبوه استفاده خواهد شد که رقم آن معادل ۲ میلیون یورو و ۴۰ میلیارد ریال برآورد شده است.

۵-۱۵ بررسی مالی و اقتصادی طرح

در این بخش، مسـائل مالی و اقتصادی طرح، نقطهٔ سـربه سر تولید، دورهٔ بازگشت سرمایه و نرخ بازگشت داخلی سرمایه بررسی می‌شود.

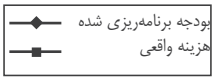
مدیریت هزینهٔ طرح

مدیریت هزینهٔ طرح دربر گیرندهٔ فرآیندهای مورد نیاز برای حصول اطمینان از تکمیل طرح با بودجهٔ مصوب است. مهم‌ترین فعالیت‌های این حوزه عبارت‌اند از:

۱- برنامه‌ریزی منابع، تعیین منابع (افراد، تجهیزات و مواد) و مقدار هر کدام برای تکمیل فعالیت‌های طرح
۲- برآورد هزینه‌های منابع لازم برای تکمیل فعالیت‌های طرح
۳- بودجه‌بندی تخصیص هزینه به تک‌تک فعالیت‌های کار
۴- نظارت بر هزینه و همچنین پایش تغییرات در بودجهٔ طرح

ایـن موارد در قالب گزارش امکان‌سـنجی فنـی و اقتصادی طرح (در دو ویرایش) به تفکیـک واحدهای مختلف تهیه و مصوب شـد. براسـاس آن، برگ تخصیص بودجهٔ طرح و متمم بودجه‌ای آن تهیه و جاری شد. در قالب برگ تخصیص بودجه، سفارش‌کارها منطبق بر فعالیت صورت گرفته، تکمیل و جاری شد.

چگونگی جذب بودجهٔ طرح در نمودار ۲-۱۵ آمده است:



نمودار ۲-۱۵ چگونگی جذب بودجهٔ طرح

سامانهٔ ارزش به دست آمدهٔ (EVS[1])

در این بخش، بازارهای هدف‌گذاری‌شـدهٔ کوتاه‌مدت این طرح بررسی می‌شـود. همچنین واژهٔ EVS به عنوان معیاری جهانی تعریف می‌شود.

راهبرد صادرات و بازارهای هدف

برای دستیابی به راهبردهای کلان بازار در مورد حفظ و توسعهٔ خودروی ملی سمند در بخش خودروهای ساخت داخل و کسـب سهم در بخش خودروهای ردیف C، D و گازسوز و توسعه بازارهای صادراتی و افزایش حجم صادرات، مطالعات بازار انجام و ارائه شد.

۱-Earned Value System

در این زمینه، به نکاتی دربارهٔ بازار اشاره می‌شود:
۱. بازار هدف اصلی این موتور، کشور ایران است.
۲. عمده بازارهای هدف صادراتی موتور که تاکنون بررسی شده، عبارتند از:
- کشورهای عربی منطقهٔ خلیج‌فارس (بحرین، کویت، عمان، قطر، امارات متحدهٔ عربی و عربستان سعودی)
- برخی کشورهای آسیایی مانند عراق، سوریه، لبنان و یمن
- کشورهای آسیای میانه (تاجیکستان، ترکمنستان، قرقیزستان، قزاقستان و ازبکستان) و منطقهٔ قفقاز (آذربایجان، ارمنستان و گرجستان)
- برخی کشورهای شمال آفریقا مانند مصر، الجزایر، لیبی، مراکش، سودان، تونس و نیجریه
- برخی کشورهای اروپایی مانند روسیه و بلاروس
- و کشورهای دیگر همچون ترکیه، آرژانتین، پاکستان، هند و ... .

۳. همهٔ قوانین بازار ایران (آلودگی، ایمنی و ...) در زمینهٔ خودروهای سواری، بر مبنای قوانین اتحادیهٔ اروپا (EC و ECE) است.
۴. پیش‌بینی قوانین آلودگی مطابق جدول ۱۱-۱۵ است که با توجه به زمان عرضهٔ محصول موتور ملی (سال ۱۳۸۵) ضعیف‌ترین سطح استانده، یعنی EURO 4 برای این موتور تعیین می‌شود.

جدول ۱۱-۱۵ پیش‌بینی قوانین آلودگی

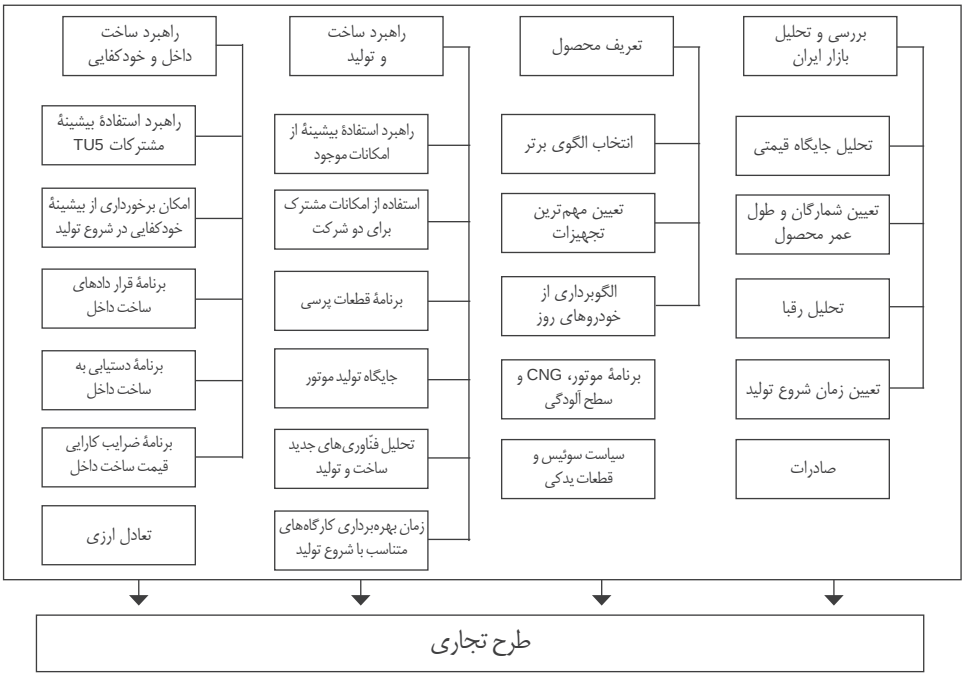
	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹
	۲۰۰۱	۲۰۰۲	۲۰۰۳	۲۰۰۴	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۰۷	۲۰۰۸	۲۰۰۹	۲۰۱۰
معیارهای آلایندگی در ایران	ECE 1504	ECE R8300			Euro II			Euro III		

نتیجه‌گیری
در پایان این بخش به نتیجه‌گیری مالی طرح موتور ملی پرداخته می‌شود.
با در نظر گرفتن مواردی همچون:
۱- دارا بودن دست‌کم مالکیت موتوری روی کفی با مالکیت داخلی
۲- خارج‌کردن کشور در مواقع اضطراری از خطرهای احتمالی قیمتی، سیاسی و ...
۳- به کمینه‌رساندن قیمت موتورهای شرکت پژو برای خرید و یا تولید آن‌ها در ایران‌خودرو
۴- تسهیل دریافت خرید مالکیت موتورهای خودروسازان جهانی
۵- وارد شدن در بازاری که می‌تواند این موتور را روی کفی‌های دیگر خودروها در ایران و یا دیگر کشورها به صورت مشترک استقرار دهد.
۶- کسب دانش فنی طراحی موتور برای نخستین‌بار در کشور و طراحی آن متناسب با بازار داخلی و صادرات و همچنین تطابق کامل موتور و خودرو برای بهینه‌سازی، متناسب با قوانین مصوب دربارهٔ مصرف سوخت و محیط زیست کشور
۷- استفادهٔ بهینه از سرمایه‌گذاری طرح‌های در حال اجرای شرکت ایران‌خودرو مانند خطوط ماشینکاری و همبندی
۸- واردکردن قطعه‌سازان ایرانی در جرگهٔ طراحی مهندسی واقعی تولید به جای مهندسی معکوس و تحویل قطعه به روش مهندسی برای ورود به بازارهای جهانی و خودکفایی داخلی قطعات راهبردی قوای محرکه
۹- عملیاتی‌کردن طرح با توجه به مثبت شدن شاخص ارزش خالص کنونی[۱] و مناسب بودن دورهٔ بازگشت سرمایه (با در نظر گرفتن نوع طرح و نوین بودن این حرکت در صنعت خودروی ایران)

بازاریابی جهانی
در این بخش قیمت تمام‌شدهٔ خودرو با موتور ملی و قابلیت رقابت این خودرو در بازارهای جهانی و همچنین بازارهای هدف بررسی می‌شود.

۱-Net Present Value (Worth)

در نمودار ۳-۱۵ روند طی‌شده در طرح موتور ملی برای دستیابی به بازارهای جهانی آمده است.



نمودار ۳-۱۵ روند طی شده در طرح موتور ملی برای دستیابی به بازارهای جهانی

در ادامه نکات بحث‌شده و به توافق‌رسیده با شرکت ایران‌خودرو دربارهٔ دستیابی به بازارهای جهانی و همچنین بازارهای هدف داخلی بررسی می‌شود. سرفصل‌های این بخش عبارتند از:

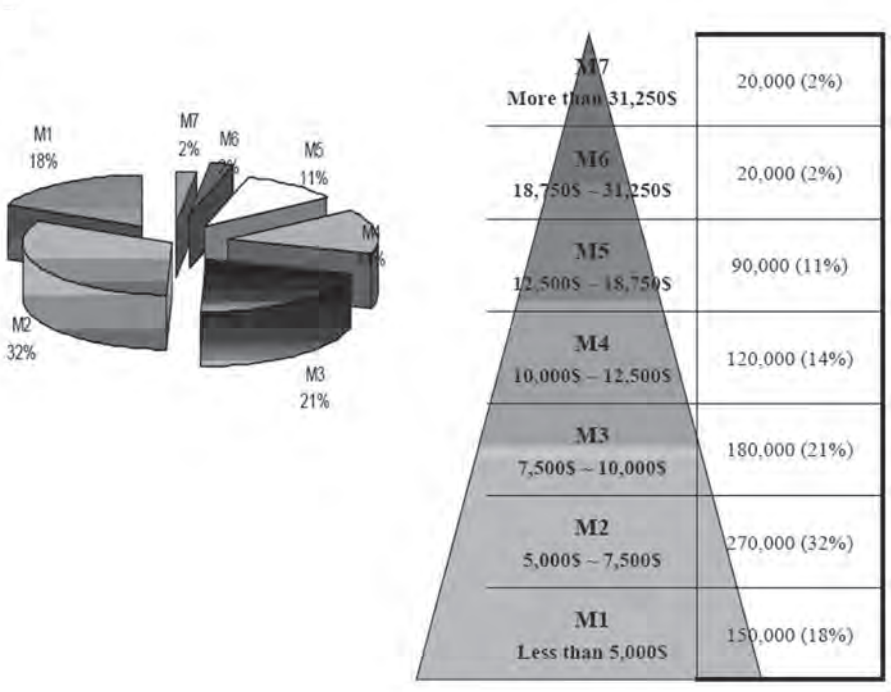
۱- معرفی مشخصات محصولات قابل تولید
۲- تعیین سهم هر نوع خودرو از موتور جدید
۳- موقعیت قیمتی محصولات مجهز به موتور جدید
۴- تعریف محصول
۵- زمان شروع تولید، طول عمر محصولات و حجم تولید
۶- موتور و سطح آلودگی
۷- راهبرد صنعتی طرح
۸- راهبرد ساخت داخل قطعات
۹- تحلیل اقتصادی و تحلیل ساختار قیمت تمام‌شدهٔ محصولات[۱]

با توجه به موافقت‌های به عمل‌آمده با مدیریت طرح، محصولات تحت مالکیت ایران‌خودرو از خانوادهٔ موتور ملی شامل موتور ۱۷۰۰ و ۱۴۰۰ تنفس طبیعی و ۱۷۰۰ پرخوران خواهد بود.

تحلیل بازار و تعیین موقعیت قیمتی محصول

با توجه به آمارهای اعلام‌شده در سال ۲۰۰۵، تولید کلی خودروسازان در این سال، به این شرح است:

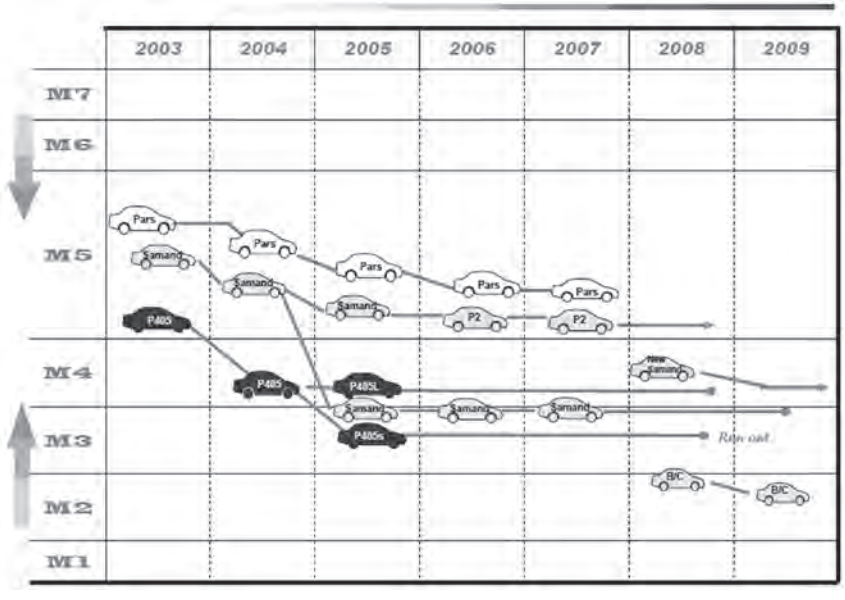
۱-Business Plan



پیش‌بینی تقاضا برای سال ۲۰۰۵

نمودارهای ٤-۱۵ و ٥-۱۵

با توجه به آمار اعلام شـده در نمودارهای ۴-۱۵ و ۵-۱۵ پیش‌بینی گسـترهٔ قیمتی محصولات ایران‌خودرو به این شرح خواهد بود:



نمودار ٦-۱۵ پیش بینی گسترهٔ قیمتی محصولات ایران‌خودرو

بـا توجه به گسـترهٔ قیمتی، نمودار ۶–۱۵، برای محصولات مختلف شـرکت ایران‌خودرو، سـمند در میانهٔ این گسـتره قرار دارد.

موقعیت قیمتی محصولات

بر اسـاس بخش‌بندی بازار ایران، موقعیت قیمتی محصولات سـمند استانده در سال ۱۳۸۵ از میانهٔ بخش M4 تا انتهای پایینی بخش M5 (حدود ۱۵۰۰۰ دلار) قراردارد. قابل توجه اسـت که حجم بیشـتری از تقاضا از میانه تا حاشـیهٔ پایینی بخش M5 جایی که خریداران بخش M4 نیز جذب این بخش می‌شوند، قرار دارد.

مقایسهٔ قیمتی سبد محصولات ایران‌خودرو با رقبای خارجی

در نمودار ۷–۱۵ مقایسهٔ قیمتی سبد محصولات ایران‌خودرو با دیگر گروه‌های خودروسازی و همچنین رقبای خارجی از نظر قیمتی آمده است.

نمودار ۷–۱۵ مقایسهٔ قیمتی سبد محصولات ایران‌خودرو با دیگر گروه‌های خودرو سازی

با توجه به این نمودار می‌توان گفت که سـمند مجهز به موتور ملی ، می‌تواند بازار و قابلیت رقابت بسـیار خوبی در میان محصولات خودروسازهای داخلی، با محصولات وارداتی داشته باشد.
بر اسـاس مقایسـه‌ها و بررسی‌های انجام‌شده، بازارهای هدف خارجی – همان طوری که در قسمت‌های قبلی این فصل آمد – برای این خودرو هدف‌گذاری شده‌اند.

بازاریابی سمند مجهز به موتور ملی در سوریه

در پایـان قیمت تمام‌شـدهٔ سـمند با موتور ملی و امکان بازاریابی آن در کشـور سـوریه که هم اکنـون نیز محصولات ایران‌خودرو در این کشور عرضه می‌شوند، بررسی و مقایسه می‌شود.
با توجه به این که فروش خودرو را در سـوریه شـرکت‌های متعددی و با گستردگی انجام می‌دهند، بازار به شدت رقابتی اسـت. در حال حاضر این کشـور نزدیک به ۱۹ میلیون نفر جمعیت دارد و ۱۹۵۰۰۰ خودرو در آن در حال تردداند. سرانهٔ خودرو در این کشـور ۱ به ۸۷ اسـت. با توجه به این سـرانه، بازار بسیار خوبی برای خودروهای ردیف C و D وجود دارد.
در نمودار ۸–۱۵ توزیع بیشترین فروش خودروها در سوریه با قیمت این خودروها آمده است.

نمودار ۸-۱۵ توزیع بیشترین فروش خودروها در سوریه

همان طور که در نمودار مشـــاهده می‌شـــود، قدرت فروش سمند با قیمتی در حدود ۲۵۰۰۰ دلار آمریکا در کشور سوریه، تقریباً در میانهٔ پراکندگی قیمتی خودروهای عرضه‌شـــده در این کشـــور قرار دارد. با توجه به این آمارها، تقریباً ۳۲ درصد بازار فعلی ســـوریه در این ردهٔ قیمتی اســـت. با توجه به بررسی به عمل آمده، تقریباً می‌توان گفت که امکان خوبی برای فروش سمند مجهز به موتور ملی در این کشور وجود دارد.

فهرست راهنما

آ

آب‌بند: ۹۲ , ۹۶ , ۱۰۸ , ۱۰۹ , ۱۱۰ , ۱۱۱ , ۱۱۲ , ۲۱۶ , ۲۷۶

آب‌بند حلقوی: ۲۸۱

آب‌بندی: ۱۳ , ۶۴ , ۶۶ , ۹۲ , ۱۰۹ , ۱۱۶ , ۱۲۶ , ۱۹۹ , ۲۰۶ , ۲۱۸ , ۲۵۶ , ۲۷۶

آبگرد: ۵۵ , ۸۶ , ۸۷ , ۸۸

آرایه: ۱۵۷

آزمون آب‌بندی: ۱۶۱ , ۱۹۸ , ۱۹۹ , ۲۰۰ , ۲۰۱

آزمون ارتعاش در حالت تشدید: ۱۹۸

آزمون ارتعاشی: ۱۹۸

آزمون از هم پاشیدگی چرخ طیار: ۲۱۱

آزمون بررسی عمومی دمای موتور: ۳۰۳

آزمون توسعهٔ نگاشت: ۲۱۲ , ۲۱۴

آزمون خستگی: ۷۶ , ۷۹

آزمون خستگی پیچشی: ۷۶

آزمون خستگی خمشی: ۷۶

آزمون دوام: ۶ , ۷۶ , ۷۹ , ۸۱ , ۸۳ , ۸۵ , ۸۸ , ۹۱ , ۹۳ , ۹۵ , ۱۰۳ , ۱۰۷ , ۱۱۲ , ۱۱۵ , ۱۱۷ , ۱۲۸ , ۱۸۰ , ۲۱۱ , ۲۱۲ , ۲۱۶ , ۲۱۹ , ۲۲۰ , ۲۵۶ , ۲۶۷ , ۳۰۳ , ۳۰۶

آزمون دوام خودرو: ۲۵۵ , ۲۵۷

آزمون راه‌اندازی موتور: ۱۳۶

آزمون سایش سمبهٔ سرد: ۸۱ , ۲۱۲ , ۲۱۴

آزمون سایش سمبهٔ گرم: ۸۱ , ۲۱۲ , ۲۱۴

آزمون گرم نهایی موتور: ۲۵۸

آزمون لرزه: ۱۹۸

آزمون موتور در شیب: ۸۸ , ۹۲ , ۹۵ , ۱۰۳

آزمون نیروی جانبی: ۱۹۹

آزمون های مکانیکی: سی و دو , ۲۲ , ۲۱۰ , ۲۱۱ , ۲۱۲ , ۲۱۴ , ۲۱۸ , ۳۰۳ , ۳۰۴ , ۳۰۵

آزمون[های] زمستانی: ۱۷۰ , ۱۷۱ , ۳۰۷

آزمون‌های احتراق: ۱۶ , ۱۹ , ۲۰ , ۲۲ , ۲۳ , ۲۷ , ۳۰ , ۳۲ , ۵۴ , ۳۰۳

آزمون‌های ارزیابی عملکرد نگاشت: ۱۷۱

آزمون‌های تابستانی: ۱۷۰ , ۱۷۱ , ۳۰۷

آزمون‌های تناوبی روی بدنه و بستار: ۲۱۱

آزمون‌های اندازه‌گیری و حسی: ۱۴۲

آزمون‌های صحه‌گذاری: هیجده , سی و چهار , ۱۰۵ , ۱۸۶ , ۱۹۲ , ۱۹۳ , ۱۹۵ , ۲۲۰ , ۲۵۶ , ۲۶۶ , ۳۰۳

آزمون‌های فصلی: ۱۷۰ , ۱۷۱

آزمون‌های خستگی دسته‌سمبه: ۲۱۱

آزمون‌های مخرب و غیر مخرب: ۱۹۲

آزمون‌های ممیزی: ۷

آزمون‌های وظیفه‌ای: ۲۱۱ , ۲۱۲ , ۲۱۵ , ۲۲۰

آستری: ۸۶

آغاز تولید: ۲۳۸ , ۳۱۲

آلاینده[ها]: سیزده , ۱۰ , ۳۴ , ۳۵ , ۳۸ , ۱۲۷ , ۱۴۷ , ۱۵۳ , ۱۵۷ , ۱۵۹ , ۱۶۲ , ۱۶۳ , ۱۶۶ , ۱۶۷ , ۱۶۸ , ۲۵۰

آلمانی: هفده , هیجده , بیست و پنج , بیست و شش , ۱۹۱ , ۱۹۲

آلودگی: هفت , هشت , یازده , نوزده , بیست وپنج , سی و یک , چهل و دو , چهل و چهار , ۶ , ۹ , ۱۰ , ۲۱ , ۲۳ , ۳۰ , ۱۲۲ , ۱۶۰ , ۱۶۱ , ۱۶۴ , ۱۸۷ , ۳۱۸ , ۳۱۹

آماده‌سازی: بیست و هشت , ۱۷ , ۶۹ , ۱۵۶ , ۲۲۰ , ۲۲۷ , ۲۳۰ , ۲۳۱ , ۳۰۳ , ۳۰۷ ,

آمپرداکشن: هفده

آموزش: شش , ده , یازده , سی و دو , سی و هشت , چهل و سه , ۲۳۸ , ۲۵۳ , ۲۷۶ , ۲۷۷ , ۲۸۴ , ۲۸۹ , ۲۹۴ , ۲۹۶ , ۲۹۹ , ۳۰۰ , ۳۰۱ , ۳۰۲

آموزش منابع انسانی: ۲۹۳ , ۲۹۴

آموزشی: هفت , ده , ۲۶۲ , ۲۷۲ , ۲۸۴ , ۲۹۸ , ۳۰۰ , ۳۰۱ , ۳۰۲ , ۳۰۳

آینه: ۱۷۲

آیین‌نامه: ۲۵۱ , ۲۵۷ , ۲۹۶ , ۲۹۹

الف

اتاق آزمون: هفت , هفده , ۱۹ , ۲۶ , ۲۱۰
اتصال چنگکی: ۸۵ , ۹۰ , ۱۵۵ , ۲۳۱ , ۲۳۷
اتصال قابل انعطاف: ۱۴۳
احتراق: نوزده , سی و یک , سی و هفت , ۱۶ , ۱۹ , ۲۰ , ۲۳ , ۳۰ , ۳۴ , ۴۲ , ۴۵ , ۵۳ , ۵۴ , ۶۴ , ۷۴ , ۷۵ , ۷۸ , ۸۰ , ۸۱ , ۸۳ , ۸۶ , ۸۹ , ۹۷ , ۹۸ , ۹۹ , ۱۰۳ , ۱۰۸ , ۱۰۹ , ۱۱۴ , ۱۲۲ , ۱۲۵ , ۱۴۲ , ۱۶۴ , ۱۷۳ , ۲۱۲ , ۳۰۳
احتراق داخلی: پنج , سیزده , پانزده , چهل و سه , ۱۴۲ , ۲۹۴ , ۳۰۶
احتراق موتور: ۲۳ , ۱۶۴ , ۳۰۳
اختلاط: ۱۷ , ۶۱ , ۶۲ , ۹۸ , ۱۵۳ , ۱۶۳
ارتعاشات: ۵۳ , ۵۷ , ۵۸ , ۶۷ , ۶۹ , ۷۰ , ۷۱ , ۷۶ , ۷۷ , ۸۸ , ۸۹ , ۹۳ , ۱۰۳ , ۱۰۴ , ۱۰۵ , ۱۲۸ , ۱۲۹ , ۱۳۰ , ۱۳۶ , ۱۳۸ , ۱۳۹ , ۱۴۱ , ۱۴۴ , ۲۱۲ , ۲۱۳
ارتعاشات پیچشی: ۵۷ , ۵۸ , ۷۶ , ۱۲۸ , ۱۲۹ , ۲۲۷ , ۲۳۱
ارتعاشات موتور [آزمون]: ۲۱۲ , ۲۱۴ , ۳۰۴
ارتعاش‌گیر دورانی: ۳۰۶
ارتفاع تراکم: ۸۰ , ۸۲
ارزان‌سازی: ۱۹۰ , ۲۵۱
ارزش حرارتی: ۴۱ , ۴۵ , ۴۷
ارزش خالص کنونی: ۳۱۸
ارزیابی اهداف: ۲۱۴
ارزیابی ایستایی: ۲۵۶
ارزیابی تسمهٔ زمان‌بندی [آزمون]: ۲۱۵
ارزیابی عملکرد : ۳۳ , ۳۵ , ۳۷ , ۲۹۶ , ۲۹۹
ازون: ۱۲۳
استانداردهٔ آلودگی: سی و یک , ۹ , ۱۶۰ , ۱۶۱
استانداردهٔ بین‌المللی: ۱۹۴
استانداردهٔ پذیرش میل‌بادامک: ۱۹۵ , ۲۰۱
استانداردهٔ دوام [آزمون]: ۲۱۴ , ۲۱۶
استانداردهٔ ردیابی قطعات: ۱۹۳
استانداردهٔ سامانهٔ سوخت‌رسانی: ۱۹۴
استانداردهٔ کیفیت: ۱۸۳ , ۱۹۵
استانداردهٔ مواد: ۱۰۲ , ۱۰۵ , ۱۹۳ , ۱۹۵
استاندره کارخانه‌ای: چهل و سه , ۱۹۰ , ۱۹۱ , ۱۹۲ , ۱۹۳
استانداردسازی: ۱۸۹ , ۱۹۰
استانداردهای پذیرش: ۱۹۲
استانداردهای عمومی: ۱۹۰ , ۱۹۱ , ۱۹۳ , ۱۹۴ , ۱۹۵
استانداردهای فرآیندهای پایش کیفی: ۱۹۳
استانداردهای فرایند: ۱۹۳ , ۱۹۵
استانداردهای قطعه: ۱۹۵
استانداردهای مهندسی: ۱۹۴ , ۱۹۵
استکانی: ۱۳ , ۱۷ , ۱۰۰ , ۱۱۱ , ۱۱۲
استکانی روغنی: ۲۱ , ۹۷ , ۹۸ , ۱۱۱ , ۱۱۳ , ۱۱۸
استوکیومتری: ۱۲ , ۴۰
اشتعال‌پذیری: ۱۶۳ , ۱۶۴
اصطکاک: شش , سیزده , سی ویک , ۱۱ , ۱۲ , ۶۴ , ۷۵ , ۸۰ , ۸۱ , ۸۶ , ۸۹ , ۱۱۵ , ۱۱۷ , ۲۱۵ , ۲۱۹
اصول مفهومی موتور: ۱۶
اضافهٔ هوا: ۲۷ , ۳۲ , ۳۳ , ۳۴ , ۳۹ , ۴۲ , ۴۳ , ۴۴ , ۴۵ , ۱۶۷
اضافه سرعت [آزمون]: ۷۶ , ۷۹ , ۸۱ , ۸۳ , ۸۵ , ۱۱۲ , ۱۱۵ , ۲۱۲ , ۲۱۵
اضافه هوای بهینه: ۳۵ , ۳۶
افت فشار: ۴۱ , ۵۵ , ۵۹ , ۶۰ , ۶۱ , ۱۲۵ , ۱۴۴ , ۱۴۶ , ۱۷۴ , ۱۹۹ , ۲۰۱ , ۲۱۸
افشانهٔ پاشش روغن: ۲۱۹
افشانهٔ خنک‌کن: ۱۳ , ۵۵ , ۵۷
افشانهٔ گاز: ۹ , ۶۱ , ۱۵۴ , ۱۵۵ , ۱۶۴ , ۱۷۰ , ۱۷۲ , ۱۷۳ , ۱۷۴ , ۱۹۶ , ۲۱۸ , ۲۲۶
افشانه‌ای: هشت , یازده , هیجده
افشانه‌های سوخت: ۲۱ , ۲۲ , ۱۵۳ , ۱۶۳
اکتان: ۱۱ , ۲۶ , ۱۶۵ , ۲۷۸
الاستومری: ۱۰۹
الکترونیک / الکترونیکی: شش , هشت , نه , دوازده , سیزده , چهارده , سی ویک , ۲۲ , ۱۵۴ , ۲۲۶ , ۲۸۹
الگوبرداری: شش , ده , سیزده , بیست , بیست و چهار , سی و شش , چهل و سه , چهل و پنج , ۷ , ۱۶ , ۱۷ , ۲۱ , ۲۲ , ۵۴ , ۵۸ , ۷۴ , ۷۵ , ۹۸ , ۱۰۶ , ۱۳۶ , ۱۴۲ , ۱۴۳ , ۱۴۴ , ۲۱۱ , ۲۴۰ , ۲۷۷ , ۳۱۱
الگوی سه‌بعدی: ۸۱ , ۹۲ , ۹۵ , ۱۰۱
الیاف: ۱۳۰
امکان‌سنجی: شش , سیزده , بیست و هفت , چهل و پنج , ۱۷۹ , ۲۲۴ , ۳۰۱ , ۳۱۰
انبارهٔ برق: ۱۵۳ , ۲۸۷
انبساط: ۱۰۸
انتقال قدرت: ۱۵۳
انجمن قطعه‌سازان: بیست و دو
انحراف معیار: ۱۶۲
انحراف معیار استانداردهٔ فشار مؤثر متوسط داخلی : ۳۲ , ۳۳ , ۳۴ , ۳۵ , ۳۶ , ۳۹ , ۴۰ , ۴۴
اندازه‌گیر: ۲۸۰
انرژی جرقه: ۳۱
انسداد تبخیری: ۱۷۲
انعطاف‌پذیری: ۱۰۷ , ۱۳۵
انفجار: هفده , ۱۲۵ , ۱۵۴
انقباض: ۱۰۸
انگشتی: ۷۸ , ۸۰ , ۸۱ , ۸۲
اهداف عملکردی: بیست و دو , ۱۶ , ۲۱ , ۲۲ , ۵۴ , ۸۶ , ۸۹
اهرم گاز راننده: ۱۶۶
ایپکو: پنج , شش , شانزده , بیست , بیست و یک , بیست و سه , بیست و شش , بیست و هفت , بیست و نه , سی و یک , سی و چهار , سی و شش , چهل , چهل و دو , چهل و پنج , ۲۷ , ۲۸ , ۲۹ , ۱۵۲ , ۲۳۲ , ۲۵۳ , ۲۵۴
ایران‌خودرو: پنج , شش , نه , یازده , بیست و یک , بیست و سه , بیست و شش , بیست و هفت , سی , سی و پنج , سی و هشت , چهل , چهل و دو , چهل و چهار , چهل و پنج , چهل و شش , ۵ , ۶ , ۹ , ۲۶ , ۱۳۶ , ۱۷۱ , ۱۹۰ , ۱۹۱ , ۱۹۴ , ۲۲۵ , ۲۳۸ , ۲۳۹ , ۲۴۰ , ۲۴۳ , ۲۵۳ , ۲۵۴ , ۲۵۷ , ۲۶۳ , ۲۷۶ , ۲۷۷ , ۲۸۳ , ۲۸۴ , ۲۹۴ , ۳۰۰ , ۳۰۶ , ۳۱۰ , ۳۱۱ , ۳۱۳ , ۳۱۸ , ۳۲۰ , ۳۲۱
ایساکو: پنج , شش , بیست و شش , ۵
ایمنی: سی , ۵ , ۶ , ۲۵۳ , ۲۵۷ , ۲۵۸ , ۲۶۱ , ۲۶۲ , ۲۷۰ , ۲۷۱ , ۲۷۶ , ۲۷۷ , ۳۱۸

ب

بار میانی: ۱۲۷ , ۱۷۳

بارگذاری: ۴۷ , ۶۳ , ۶۴ , ۶۶ , ۶۷, ۷۶ , ۸۸ , ۸۹ , ۱۲۷ , ۱۶۴ , ۲۲۸ , ۲۲۸ , ۲۳۰ , ۲۳۳
بازار هدف: ۵ , ۳۱۷ , ۳۱۸ , ۳۱۹ , ۳۲۱
بازاریابی: ۳۱۸ , ۳۲۱
بازخور: ۶ , ۲۱۹ , ۲۲۴ , ۲۵۰ , ۲۵۴
بازدهٔ احتراق: ۱۱ , ۱۷ , ۴۰ , ۶۱
بازدهٔ تنفسی: ۱۱ , ۱۷ , ۱۹ , ۳۳ , ۳۴ , ۳۵ , ۳۷ , ۴۱ , ۴۲ , ۵۸ , ۹۸ , ۹۹ , ۱۱۹ , ۱۲۵ , ۱۲۶ , ۱۲۷ , ۱۴۴ , ۱۴۵ , ۱۶۲
بازده: ۱۰ , ۱۸ , ۲۵ , ۴۱ , ۴۲ , ۴۵ , ۵۴ , ۶۰ , ۱۴۶ , ۱۶۳ , ۱۶۷ , ۲۲۸
بازو (میل‌لنگ): ۱۱۶
بحرانی: ۱۰ , ۷۶ , ۸۳ , ۸۸ , ۸۹ , ۱۶۳ , ۲۶۱
بدنه: سی , سی و پنج , چهل , ۵ , ۸ , ۵۳ , ۵۵ , ۵۷ , ۵۹ , ۶۰ , ۶۴ , ۶۵ , ۶۶ , ۶۹ , ۷۰ , ۸۰ , ۸۶ , ۸۷ , ۸۸ , ۸۹ , ۹۴ , ۱۰۳ , ۱۰۸ , ۱۰۹ , ۱۲۴ , ۱۲۷ , ۱۳۴ , ۱۳۸ , ۱۴۳ , ۱۴۷ , ۱۴۸ , ۱۵۳ , ۱۷۸ , ۲۱۱ , ۲۱۵ , ۲۱۸ , ۲۲۴ , ۲۲۶ , ۲۲۷ , ۲۲۸ , ۲۲۹ , ۲۳۰ , ۲۳۲ , ۲۳۳ , ۲۳۴ , ۲۳۸ , ۲۳۹ , ۲۴۰ , ۲۵۲ , ۲۵۷ , ۲۸۹ , ۲۹۱ , ۳۱۰
برقه‌زنی: ۱۱ , ۸۶ , ۲۳۳ , ۲۳۴
برگهٔ اعلام خرابی: ۲۱۶ , ۲۱۷ , ۲۱۸ , ۲۱۹ , ۲۲۰ , ۲۳۹
برگشت شعله: ۱۲۵
برنامه و بودجه: سیزده , سی و هشت
برون خط: ۱۵۸
بسامد: ۴۴ , ۴۸ , ۵۷ , ۶۴ , ۱۲۹ , ۱۴۶ , ۱۶۵ , ۱۹۸ , ۱۹۹
بسپاری: ۱۷۸,۱۰۹ , ۲۴۴ , ۲۴۵ , ۲۴۷
بستار: سیزده , سی و چهار , سی و پنج , سی و شش , چهل, چهل و یک , ۵ , ۸ , ۱۳ , ۱۶ , ۱۷ , ۱۸ , ۲۰ , ۲۱ , ۲۵ , ۳۰ , ۵۳ , ۵۵ , ۵۹ , ۶۰ , ۶۴ , ۶۵ , ۶۶ , ۶۷ , ۸۶ , ۸۸ , ۹۶ , ۹۷ , ۹۸ , ۹۹ , ۱۰۰ , ۱۰۱ , ۱۰۲ , ۱۰۳ , ۱۰۴ , ۱۰۵ , ۱۰۶ , ۱۰۷ , ۱۰۸ , ۱۰۹ , ۱۱۰ , ۱۱۱ , ۱۱۲ , ۱۱۶ , ۱۲۰ , ۱۲۱ , ۱۲۳ , ۱۲۵ , ۱۵۳ , ۱۷۸ , ۱۹۶ , ۱۹۷ , ۲۱۱ , ۲۱۵ , ۲۱۶ , ۲۱۸ , ۲۱۹ , ۲۲۰ , ۲۲۴ , ۲۲۶ , ۲۲۷ , ۲۲۸ , ۲۳۰ , ۲۳۲ , ۲۳۳ , ۲۳۴ , ۲۵۲ , ۳۰۴ , ۳۰۵ , ۳۱۰ , ۳۱۲ , ۳۱۶
بغل یاتاقانی: ۸۲ , ۸۳ , ۸۹ , ۲۷۹
بنزین بدون سرب: ۲۰۱ , ۲۷۸
بودجه‌بندی: ۳۰۹ , ۳۱۰ , ۳۱۳
بومی‌سازی: ۱۷۸
بهبود مستمر کیفیت: ۲۴۹ , ۲۵۰ , ۲۵۱
بهپو قطعه: شش , چهل و چهار
بهران‌مهر (شرکت): ۲۷۸
بهینه‌سازی (سازمان): پنج , سی و هفت , ۵ , ۶
بهینه‌سازی احتراق [آزمون]: ۲۱۲
بهینه‌یابی: ۱۵۲
بی‌باری: ۱۹
بی‌نشتی: ۹۲ , ۱۰۶ , ۱۰۹ , ۱۱۱ , ۱۱۶

پ

پارامتریک: ۳۰۵
پاشش الکترونیکی: نه
پاشش سوخت: ۱۰ , ۲۲ , ۳۰ , ۳۲ , ۶۱ , ۱۲۵ , ۱۵۳ , ۱۶۱ , ۱۶۶ , ۱۷۲ , ۱۷۳
پاشش گاز و گازوئیل: چهل و چهار
پاشش، راهبرد: ۳۰ , ۱۷۳
پاشش، مرحلهٔ: ۱۶۳
پالادیم: ۱۲۷
پالایش و پخش، شرکت: پنج , یازده , چهل
پایهٔ آلی (ضدیخ): ۱۳
پایداری احتراق: ۲۳
پایداری فشار: ۲۲
پایش: ۷ , ۹ , ۲۰ , ۵۵ , ۱۱۱ , ۱۲۳ , ۱۲۷ , ۱۴۶ , ۱۴۷ , ۱۵۷ , ۱۶۱ , ۱۶۴ , ۱۶۵ , ۱۶۷ , ۱۸۶ , ۱۸۷ , ۱۹۲ , ۲۱۰ , ۲۱۹ , ۲۲۹ , ۲۳۹ , ۲۴۰ , ۲۵۰ , ۲۵۶ , ۲۶۰ , ۲۶۹ , ۲۷۰ , ۲۷۱ , ۲۸۱ , ۳۰۱ , ۳۰۶ , ۳۱۷
پایش تدارکات: ۲۴۳
پایش کوبش: ۱۵۷ , ۱۶۱
پایه گازسوز: سی و سه , چهل و دو , چهل و شش , ۵ , ۶ , ۱۵۲ , ۱۶۴ , ۱۷۰ , ۱۷۱ , ۱۷۲ , ۱۷۳ , ۲۷۶ , ۳۱۱ , ۳۱۳
پخش کنندهٔ گاز: ۱۹۵ , ۱۹۶
پرخوران: بیست و هفت , ۳۲ , ۵۲ , ۵۴ , ۵۵ , ۵۷ , ۵۹ , ۶۰ , ۶۱ , ۶۴ , ۶۶ , ۷۷ , ۸۰ , ۸۲ , ۸۸ , ۹۶ , ۱۰۶ , ۱۰۸ , ۱۱۹ , ۱۲۲ , ۱۲۴ , ۱۲۶ , ۱۲۷ , ۱۵۲ , ۱۷۹ , ۲۱۲ , ۲۱۴ , ۲۱۵ , ۲۲۰ , ۲۳۱ , ۳۰۳ , ۳۰۴ , ۳۰۶
پرداخت‌کاری: ۲۰۶
پردازنده: ۱۵۶
پرکردگی: ۲۰۳
پروانه‌های خنک کن: ۱۶۶
پژو: هشت , نه , ده , یازده , پانزده , بیست و دو , بیست و چهار , بیست و نه , سی , سی و یک , سی و پنج , چهل و یک , چهل و دو , چهل و پنج , ۷ , ۸ , ۱۳۶ , ۱۹۰ , ۱۹۴ , ۲۲۰ , ۲۲۴ , ۲۲۵ , ۲۵۰ , ۲۵۲ , ۲۵۵ , ۲۵۷ , ۳۱۰ , ۳۱۲ , ۳۱۸
پژو ۲۰۶: ۹ , ۱۰۱ , ۳۰۱
پژو ۴۰۵: هشت , سی , ۷ , ۳۰۱
پس‌پالایشگر: ۹
پسخور: ۱۶۲
پس‌فشار: ۳۴ , ۱۴۴
پس‌فشار مجاز: ۱۴۲
پلاتین: ۱۲۷
پلاستیک: ۱۷۸
پلی‌آمید: ۱۳۰
پلیمر/ پلیمری: شش , ۱۷۸
پودمان روغن: ۱۳ , ۸۶ , ۸۷ ,۱۷۸ , ۲۷۹
پوسته: ۹۵ , ۱۲۰ , ۳۰۶
پولکی: ۱۱۲
پویایی سازوکار دریچه [آزمون]: ۵۳ , ۱۱۲ , ۲۱۵
پیچ بستار: ۹۶ , ۱۰۶ , ۱۰۷
پیچ دسته سمبه: ۱۷
پیر کردن مبدل شیمیایی: ۱۶۶
پیزو رزیستیو: ۲۰
پیزوالکتریک: ۲۰ , ۲۸۱
پیش همبندی: ۲۲۶
پیش‌بار: ۱۱ , ۶۳ , ۶۴ , ۱۰۳
پیش‌تولید: سی و یک , سی و شش , سی و هشت , چهل , چهل و یک , چهل و دو , چهل و پنج , ۸ , ۱۸۰ , ۱۸۶ , ۲۱۳ , ۲۱۴ , ۲۱۹ ,۲۵۵ , ۲۶۰ , ۲۶۳ , ۲۶۴ , ۲۶۵ , ۲۶۶ , ۲۶۷ , ۲۶۸ , ۲۶۹ , ۲۷۲ , ۲۷۶
پیشخوان: ۱۴۱ , ۱۷۱ , ۱۷۴ , ۲۴۴ , ۲۴۵ , ۲۴۷
پیشخور: ۱۶۲
پیشرسی: ۱۵۷ , ۱۶۱ , ۱۶۳ , ۱۶۴ , ۱۶۵ , ۱۶۶ , ۱۶۷
پیشرفت محاسبه شده بر اساس ممیزی: ۲۶۳
پیشرفت موردانتظار: ۲۶۳
پیکان: شش , هفت , هشت , نه , ده , یازده , دوازده , سیزده , پانزده ,

هیجده , بیست و هفت , سی , سی و یک , چهل و چهار , ۱۹۰ , ۲۲۵
پیکان ۱۶۰۰: یازده

ت

تاج سمبه: ۱۶ , ۲۱ , ۸۰ , ۸۱ , ۲۷۹
تاول: ۲۰۵ , ۲۱۷
تأمین ابزار: ۱۸۳
تأمین پیوستهٔ ابزار: ۱۸۳
تأمین قطعات: هشت , بیست و یک , بیست وسه , سی و سه , سی و شش , سی و نه , چهل , چهل و دو , ۵ , ۷ , ۱۷۸ , ۱۷۹ , ۱۸۰ , ۱۸۱ , ۱۸۲ , ۱۸۳ , ۱۸۴ , ۱۸۷ , ۲۱۰ , ۲۴۰ , ۲۷۶ , ۲۸۳ , ۳۰۴ , ۳۱۲ , ۳۱۵
تبادل گاز: ۱۹ , ۲۱ , ۳۰ , ۳۳, ۳۴ , ۳۵ , ۳۶ , ۵۳ , ۵۴ , ۵۸ , ۶۰ , ۶۴ , ۶۶ , ۹۸ , ۳۰۴
تبخیر / تبخیری: ۱۴۷ , ۱۷۲
تجاری‌سازی: ۸ , ۲۵۵ , ۲۶۵
تحت‌فشار: ۸۸ , ۹۱ , ۹۳ , ۹۵ , ۱۰۳ , ۱۰۵ , ۱۲۱ , ۱۲۶ , ۱۷۸ , ۱۹۸ , ۳۰۶
تحریک: ۴۴ , ۴۸
تحریک نوسانی: ۱۶۷
تحقیق و توسعه: پانزده , بیست و سه , سی و پنج , ۳۰۰ , ۳۱۳
تحلیل اصطکاکی [آزمون]: ۲۱۲
تحلیل حرکتی: ۵۸ , ۶۷ , ۱۱۲ , ۱۱۵
تحلیل دینامیکی: ۶۷
تحلیل سه بعدی: ۵۴ , ۵۵ , ۵۷
تحلیل عددی: ۱۴۵ , ۱۴۶
تحلیل کارکرد پویایی دریچه‌ها [آزمون]: ۲۱۲ , ۲۱۴
تحلیل نقاط ضعف [آزمون]: ۲۱۳ , ۲۱۴
تخلیهٔ دود: ۹۹ , ۱۴۳ , ۱۶۲
تدارکات / تدارکاتی: ۲۳۸ , ۲۴۳ ,
ترک: ۱۹۸ , ۱۹۹ , ۲۰۰ , ۲۰۱ , ۲۰۲ , ۲۰۶ , ۲۱۷ , ۲۱۸ , ۲۸۹ , ۲۹۱ ,
ترکیب شیمیایی: ۱۰۲ , ۱۹۳
ترمز: ۱۲۵ , ۱۵۵ , ۱۶۳
ترمز دستی: ۱۴۱
ترمودینامیک / ترمودینامیکی: ۱۶ , ۱۷ , ۴۰ , ۵۲ , ۵۴ , ۵۵ , ۳۰۴
تزئینات: ۱۷۸ , ۲۴۴ , ۲۴۶ , ۲۴۷
تزریق: ۱۶۹, ۱۷۳
تسمه: ۶۷ , ۶۸ , ۷۶ , ۹۸ , ۱۱۳ , ۱۱۴ , ۱۲۸ , ۱۲۹ , ۲۱۹
تسمه ای شیاردار: ۱۲۵
تصدیق: ۸۱ , ۲۰۹ , ۲۱۰ , ۲۱۱ , ۲۵۳ , ۲۶۹
تصویرسازی: ۲۷۷ , ۲۸۳
تضمین کیفیت: شش , بیست و سه , بیست و هشت , چهل و سه , ۸ , ۱۸۱ , ۲۵۱ , , ۲۵۲ , ۲۵۳ , ۲۵۴ , ۲۵۵, ۲۶۰ , ۲۶۲ , ۲۶۵ , ۲۶۷ , ۲۶۸ , ۲۷۰ , ۲۷۱ , ۲۹۸ , ۳۰۶
تطابق قوای محرکه: ۱۳۳ , ۱۳۴ , ۱۳۵ , ۱۳۷ , ۱۳۹ , ۱۴۱ , ۱۴۳ , ۱۴۵ , ۱۴۷
تطابق موتور: سی و شش , ۳۰۱ , ۳۰۲ , ۳۱۵ , ۳۱۸
تعداد قسمت در میلیون اکسیدهای ازت و هیدروکربن‌ها : ۳۳
تعداد قطعهٔ تعویضی در هر میلیون خودرو: ۲۵۸ , ۲۵۹ , ۲۶۵
تعمیر روی خودرو: ۲۵۸
تعمیرگاه‌ها: ۱۷۴
تعویض دنده: ۱۳۴ , ۱۴۱ , ۱۴۲ , ۱۶۰ , ۱۶۶
تعهدنامهٔ رازداری / توافق‌نامهٔ رازداری: ۱۷۹ , ۱۸۳
تعیین دماهای بدنه و بستار [آزمون]: ۱۰۳ , ۲۱۵
تغییر بار : ۳۲ , ۳۵ , ۱۳۶
تغییر جرقه : ۳۲
تفاضلی: ۱۳۵
تقویت‌کننده: ۱۲۵
تکرارپذیری: چهل و سه , ۱۸۰
تلمبه: ۸ , ۲۹ , ۵۵ , ۱۲۵ , ۱۴۷ , ۱۵۳ , ۱۵۴ , ۱۵۵ , ۱۷۰ , ۱۷۲
تلمبهٔ آب: ۱۱ , ۱۳ , ۵۵ , ۶۸ , ۸۷ , ۱۲۴ , ۱۲۵ , ۱۲۸ , ۱۳۶ , ۲۲۷ , ۲۳۱ ,
تلمبهٔ روغن: ۱۱ , ۹۴ , ۵۵ , ۶۸ , ۷۶ , ۸۶ , ۹۰ , ۹۳ , ۹۴ , ۹۵ , ۹۶ , ۱۲۸ , ۱۲۹ , ۱۴۸ , ۱۹۴, ۲۱۸ , ۲۲۷ , ۲۳۰ , ۲۳۲ , ۲۷۹
تلمبهٔ فرمان روغنی: ۸
تمام‌بار: ۱۲ , ۲۲ , ۲۶ , ۳۲ , ۳۳ , ۳۴ , ۳۵ , ۳۶, ۳۷ , ۳۸ , ۴۰ , ۴۲ , ۴۴ , ۱۲۳ , ۱۲۷ , ۱۶۳
تمیزکاری: ۲۰۷
تنجار پرخوران: ۲۱
تنش: ۵۳ , ۵۷ , ۵۸ , ۵۹ , ۶۳ , ۶۴ , ۶۵ , ۶۶ , ۶۷ , ۷۶ , ۷۹ , ۸۸ , ۸۹ , ۱۰۳ , ۱۰۹ , ۱۲۹ , ۳۰۴
تنش خمشی: ۵۸
تنش معادل: ۵۸
تنفس طبیعی: ۲۲ , ۳۲ , ۳۶ , ۴۰ , ۴۲ , ۵۲ , ۵۳ , ۵۴ , ۵۵ , ۵۶ , ۵۷ , ۵۹ , ۶۰ , ۶۱ , ۶۲ , ۶۶ , ۱۲۶ , ۱۵۲ , ۱۶۹ , ۱۷۹ , ۲۱۲ , ۲۱۹ , ۲۲۰ , ۲۶۴ , ۳۰۷ , ۳۱۱
تنفس طبیعی و پرخوران: ۵۲ , ۶۶ , ۷۷ , ۸۰ , ۸۲ , ۸۸ , ۹۶ , ۲۱۲ , ۳۰۶
تواتر: ۶۹
تواتر تحریک: ۶۹
تواتر طبیعی: ۶۹
توازن: ۷۵ , ۷۶ , ۷۷
توان موتور: ۶ , ۲۷۴
توپی: ۲۴۴ , ۲۴۵
توسعهٔ احتراق: چهل , چهل و پنج , ۱۰ , ۱۶ , ۱۹ , ۲۰ , ۲۱ , ۲۲ , ۳۰ , ۳۱ , ۳۶ , ۴۰ , ۴۲
توسعهٔ احتراق موتور: ۹ , ۱۵ , ۱۶ , ۱۷ , ۲۰ , ۲۱ , ۲۲ , ۲۳ , ۳۶
توسعهٔ محصول: شش , بیست و یک , بیست و دو , بیست و سه , بیست و هفت , بیست و نه , سی و دو , سی و چهار , سی و شش , سی و هفت , چهل و سه , چهل و شش , ۴ , ۵ , ۵۱ , ۵۲ , ۵۳ , ۱۸۰ , ۱۸۱ , ۱۸۷ , ۲۱۰ , ۲۵۱ , ۲۵۲ , ۲۵۵ , ۳۰۱ , ۳۱۳ , ۳۱۴
تولوئن: ۲۰۱
تولید آزمایشی: ۲۵۶ , ۲۵۸ , ۲۷۶
تولید سریع: ۱۸۶
تهدید: پنج , نه , سی , سی و هشت , ۲۲۴ , ۲۹۸
تهدیدهای محیطی: ۲۹۸
تهویهٔ محفظهٔ لنگ: ۹۱ , ۱۰۳
تهویه: ۱۵۵ , ۱۶۶

ث

ثقلی: ۱۰۱ , ۱۰۲ , ۱۷۸

ج

جاده / جاده‌ای : هفت , دوازده , نوزده , سی , ۶۷ , ۹۲ , ۱۰۰ , ۱۵۲, ۱۷۰ , ۲۵۷ , ۲۵۹
جامدات: شش

جان دسته سمبه: ۷۹
جانمایی: چهل و دو , ۸ , ۹ , ۲۰ , ۲۲ , ۷۶ , ۸۶ , ۸۹ , ۹۰ , ۹۱ , ۹۲ , ۹۴ , ۹۸ , ۱۰۱ , ۱۲۵ , ۱۲۶ , ۱۲۷ , ۱۲۸ , ۱۲۹ , ۱۳۳ , ۱۳۴ , ۱۳۵ , ۱۳۶ , ۱۳۷ , ۱۳۹ , ۱۴۱ , ۱۴۲ , ۱۴۳ , ۱۴۴ , ۱۴۵ , ۱۴۶ , ۱۴۷ , ۲۲۶ , ۲۲۹ , ۲۳۳ , ۲۴۳ , ۲۷۰ , ۲۸۱ , ۲۸۲ , ۲۹۰ , ۳۱۳
جداسازی: ۱۲۱ , ۱۲۲ , ۱۲۳ , ۱۲۴ , ۲۹۶
جدایش: ۷۸ , ۷۹ , ۸۰ , ۸۷ , ۱۲۵ , ۲۰۷
جدول پایهٔ رقّت: ۱۶۱ , ۱۶۳ ,
جرقه: ۹۸ , ۱۵۷ , ۱۶۲ , ۱۶۴ , ۱۶۵ , ۱۶۶ , ۱۶۸ , ۱۶۹
جرم سوخت مصرفی : ۳۵ , ۳۹
جریان خنک کننده: ۲۱۱ , ۲۱۴
جریان سنج: ۱۶۲
جریان‌های داخل استوانه: ۱۷
جعبه جریان: ۱۶ , ۱۷ , ۱۸ , ۲۵
جعبه دنده: نه , بیست و هفت , بیست و نه , سی و یک , سی و شش , سی و نه , ۵ , ۸۶ , ۱۳۴ , ۱۳۵ , ۱۳۶ , ۱۳۸ , ۱۸۵ , ۲۰۱ , ۲۱۳ , ۲۴۲ , ۲۴۴ , ۲۴۵ , ۲۴۶ , ۲۸۹ , ۲۹۰ , ۳۰۶ , ۳۱۳
جعبه دنده سازی: بیست و شش
جلسهٔ فنی: ۲۲۱
جلوی پنجره: ۱۳۶

چ

چابکی: ۵ , ۶
چدن: بیست و شش , سی و شش , ۷۷ , ۸۶ , ۸۹ , ۱۰۸ , ۱۱۵ , ۱۱۶ , ۱۲۶ , ۱۷۸ , ۲۰۱ , ۳۱۶
چراغ اعلام داغی مایع خنک‌کن: ۱۵۵
چراغ ایست: ۱۵۵
چراغ عیب: ۶ , ۱۵۵ , ۱۵۷ , ۱۷۳ , ۱۷۴
چراغ نوع سوخت: ۱۵۵
چرخ دندانه‌ای دود و هوا: ۲۲۷ , ۲۳۱
چرخ دندانه‌ای سر میل‌لنگ: ۲۳۱
چرخ دندهٔ راه‌انداز: ۸۵
چرخ دنده روی میل‌بادامک: ۱۱۱ , ۱۱۴
چرخ طیار: ۵۷ , ۵۹ , ۶۷ , ۷۴ , ۷۵ , ۷۶ , ۸۴ , ۸۵ , ۱۵۳ , ۲۱۱ , ۲۱۸ , ۲۲۷ , ۲۳۰ , ۲۷۹ , ۲۸۷ , ۲۸۹ , ۳۰۶
چرخاننده: ۹۵ , ۹۶
چرخهٔ حرارتی: ۱۰۸ , ۳۰۳
چرخش یکپارچه: ۱۲۳
چرخنده: ۹۵
چسب: ۹۲ , ۱۰۹ , ۱۷۸ , ۲۳۲
چسب‌زنی: ۲۲۷ , ۲۲۸ , ۲۳۰ , ۲۳۲
چشم بزرگ: ۷۸ , ۷۹ , ۸۰
چشم کوچک: ۶۳ , ۷۸ , ۷۹ , ۸۱ , ۲۱۸
چگالی: ۴۱
چگالی سرعت: ۱۶۲
چند راههٔ دود: ۱۷ , ۲۰ , ۲۱ , ۲۴ , ۳۰ , ۳۹ , ۴۸ , ۵۳ , ۶۶
چند راههٔ هوا: ۱۷ , ۲۱ , ۲۴ , ۳۹ , ۴۱ , ۵۴ , ۱۲۲ , ۱۲۴ , ۱۲۵
چند راه‌های هوا: ۱۶
چندراههٔ گاز: ۱۵۵ , ۱۷۲ , ۱۷۴ , ۲۲۷, ۲۳۱ , ۲۴۱ , ۲۴۲
چندراهه: ۳۹ , ۴۳ , ۶۰ , ۶۱ , ۱۲۰ , ۱۲۳ , ۱۲۵ , ۱۵۳ , ۱۷۰ , ۱۷۳ , ۲۲۶ , ۲۲۷ , ۲۸۱
چیدمان: هشت , بیست و هشت , بیست و نه , سی و دو , ۶۹ , ۹۸ , ۱۲۸ , ۲۴۵ , ۲۴۶ , ۲۴۷

ح

حالات بالقوهٔ خرابی: ۲۶۱
حالات خرابی: ۲۵۳
حباب زدائی سوخت: ۱۹
حجم تولید: ۱۸۳ , ۱۸۴ , ۳۱۳ , ۳۱۹
حجم صافی هوا: ۲۲
حجم نهایی: ۱۴۳
حدادی، حسن: هفده
حداکثر شیب تغییرات فشار : ۳۳
حذف خطای انسانی: ۲۳۹ , ۲۴۰ , ۲۴۱ , ۲۴۲
حساسه: ۱۷ , ۲۰ , ۲۷۶
حساسه های مستقیم: ۲۰
حسگر: ۹ , ۲۰ , ۲۷ , ۶۰ , ۱۱۴ , ۱۱۹ , ۱۲۱ , ۱۲۲ , ۱۲۵ , ۱۵۳ , ۱۵۴ , ۱۵۵ ,۱۵۶ , ۱۵۸ , ۱۶۱ , ۱۶۲ , ۱۶۴ , ۱۶۵ , ۱۶۷ , ۱۶۹ , ۱۷۰ , ۱۷۱ , ۱۷۴ , ۱۹۱ , ۱۹۵ , ۱۹۶ , ۲۱۸ , ۲۳۱ , ۲۸۱ , ۲۸۲ , ۲۸۹ , ۲۹۰
حسگر اکسیژن خطی: ۱۶۴ , ۱۶۷ , ۱۷۳
حسگر زاویهٔ میل بادامک: ۲۳۱
حسگر کوبش: ۱۵۴ , ۱۵۵ , ۱۶۵
حلزونی: ۱۲۲ , ۱۲۳
حلزونی: ۱۲۲ , ۱۲۳
حلقهٔ بسته رقّت: ۱۵۷ , ۱۶۷
حمل و نقل: پنج , نوزده , ۸۶

خ

خار: ۱۱۱ , ۱۱۲, ۱۱۳ , ۱۱۷ , ۱۱۸ , ۱۲۰ , ۲۱۸ , ۲۲۸ , ۲۳۲ , ۲۹۱
خارج از مرکزی محور سمبه: ۳۱
خارکشی: ۸۶ , ۸۹ , ۳۰۵
خانوادهٔ موتور ملی: پنج , سیزده , نوزده , سی و شش , چهل , چهل و سه , ۵ , ۵۲ , ۵۴ , ۵۹ , ۶۳ , ۷۱ , ۹۷ , ۲۷۶ , ۳۱۰
خدمات پس از فروش: بیست و سه , ۸ , ۲۴۳ , ۲۵۴ , ۲۵۹ , ۲۷۵ , ۲۷۶ , ۲۷۷ , ۲۸۳ , ۲۸۴ , ۳۱۲ , ۳۱۴
خدمات مهندسی: ده , بیست و پنج , بیست و هشت
خرابی قطعه / خرابی قطعات: ۶ , ۱۵۷ , ۱۸۷ , ۲۱۶ , ۲۱۹
خراش: ۱۹۸ , ۲۰۴
خلاص: ۱۳۶ , ۱۳۹ , ۲۸۰
خمیری: ۶۶
خنک کن میانی: ۲۱ , ۳۲
خنک‌کاری: ۵۳ , ۵۵ , ۵۹ , ۶۰ , ۶۴ , ۹۴ , ۱۰۳ , ۱۰۹ , ۱۱۶ , ۱۱۸ , ۱۲۵ , ۱۲۶ , ۲۱۵ , ۲۸۲ , ۳۰۴ , ۳۰۵
خنک‌کن روغن: ۱۳ , ۵۵ , ۱۲۵ , ۱۲۶ , ۱۵۵
خود القایی: ۲۸۹
خودپایشی ذاتی: ۲۳۹ , ۲۴۲ , ۲۴۳
خودرو در تهران [آزمون]: ۲۱۳
خودروی مبنا: ۱۴۷
خودروی مرجع: ۱۳۵
خودروی ملی: چهل و یک , ۳۱۷
خودکار / خودکاری: سی و یک , ۶ , ۷ , ۲۷ , ۱۰۹ , ۱۲۸ , ۱۵۸ , ۲۲۵ , ۲۲۶ , ۲۲۸ , ۲۲۹ , ۲۴۳
خودکفایی: پنج ,نه , یازده , بیست و دو , سی و سه , سی و شش , ۱۷۸ , ۳۱۸ ,

خیز حداکثر: ۲۱ , ۳۱

د

داخل‌سازی: ۸ , ۹ , ۱۷۹
داده‌های موتور: ۲۲
دانش فنی: نه , ده , دوازده , چهارده , پانزده , هیجده , بیست و چهار , سی و یک , سی و دو , سی و سه , سی و پنج , سی و هفت , چهل و سه , چهل و چهار , ۱۳۶ , ۱۹۰ , ۲۱۰ , ۲۹۹ , ۳۰۰ , ۳۰۳ , ۳۱۳ , ۳۱۸
دانشکدهٔ موتور آخن: بیست و پنج
دایرهٔ مبنا: ۲۰۲ , ۲۰۳
درپوش دریچه: ۹۶ , ۱۲۰ , ۱۲۱ , ۱۲۳ , ۲۱۸ , ۲۲۷ , ۲۳۱
درجا: ۱۰۳ , ۱۲۳ , ۲۱۵
درخواست حل مشکل: ۲۵۱ , ۲۵۵ , ۲۵۶ , ۲۶۶
درزبندها: ۱۷۸
درصد مونواکسید کربن و اکسیژن : ۳۳ , ۳۶
دریچهٔ دود: ۱۷ , ۲۳ , ۳۱ , ۹۸ , ۱۱۷ , ۱۱۸ , ۱۲۵ , ۱۲۸ , ۱۶۲ , ۲۷۸
دریچهٔ گاز: ۲۱ , ۱۲۵ , ۱۴۴ , ۱۴۵ , ۱۴۶ , ۱۵۳ , ۱۵۴ , ۱۵۷ , ۱۶۱ , ۱۶۲ , ۱۶۳ , ۱۶۴
دریچهٔ ورودی: ۱۸ , ۹۸ , ۱۱۷
دستگاه اندازه گیری شار هوا: ۱۹
دستگاه تحلیل گر گازهای خروجی: ۲۰
دستگاه تنظیم شرایط سوخت: ۱۹ , ۲۹
دستگاه هواساز: ۱۹ , ۲۰ , ۲۷ , ۲۸
دسته سمبه: ۱۱, ۱۲ , ۱۷ , ۵۳ , ۵۹ , ۶۳ , ۷۴ , ۷۵ , ۷۸ , ۷۹ , ۸۰ , ۸۲ , ۸۴ , ۱۵۳ , ۲۱۱ , ۲۱۸ , ۲۱۹ , ۲۳۰ , ۲۵۹ , ۲۷۹ , ۳۰۵
دسته موتور: ۸ , ۶۶, ۶۷ , ۱۳۴ , ۱۳۹ , ۱۴۰ , ۱۴۱ , ۲۳۰ , ۲۳۱
دسته‌بندی سازنده‌ها: ۱۸۴
دستینه: ۲۷۶ , ۲۷۷ , ۲۷۸ , ۲۸۱ , ۲۸۲
دفتر طرح: سی و دو , سی و هفت , سی و نه , ۲۳۸ , ۲۴۰ , ۲۷۶ , ۲۸۴ , ۲۹۷ , ۲۹۸ , ۳۰۴ ,
دفترچهٔ طرح: بیست و هفت , چهل و پنج , ۳۱۲
دمابان: ۱۱ , ۱۲۴ , ۱۲۶ , ۱۳۶ , ۱۹۴ , ۲۲۷ , ۲۳۱
دمای بیشینه گازهای خروجی: ۳۲
دمای دریچه‌ها [آزمون]: ۲۱۱ , ۲۱۴
دمای روغن: ۲۶ , ۳۲ , ۳۶ , ۳۹ , ۴۰ , ۹۲ , ۱۰۸ , ۱۲۶ , ۱۶۳ , ۲۱۹ , ۲۷۹
دمای سوخت: ۱۹ , ۲۲ , ۲۶ , ۲۹
دمای سیال خنک کن: ۲۶
دمای گازهای خروجی : ۱۱ , ۳۲ , ۳۳ , ۳۵ , ۳۶ , ۳۹ , ۴۲ , ۱۵۷ , ۱۶۱
دمای گازهای خروجی شاخه‌های چند راههٔ دود: ۳۳
دمای متوسط گازهای خروجی : ۳۳
دمای موتور : ۳۲ , ۱۲۶ , ۱۶۹ , ۳۰۳
دمای هوای ورودی: ۱۹ , ۲۲ , ۲۶ , ۳۲ , ۱۲۷ , ۱۶۵
دندهٔ عقب: ۱۴۱
دنده‌های تفاضلی: ۱۳۴
دو سوخته: چهارده , بیست و هفت , ۱۲۵ , ۱۲۷ , ۱۳۵ , ۱۵۲ , ۱۶۳ , ۲۸۷ , ۳۱۱
دوام حرارتی [آزمون]: ۲۱۲ , ۲۱۳ , ۲۱۴ , ۲۱۶ ,
دوام خودرویی [آزمون]: ۲۱۲ , ۲۱۳
دوام در دور تشدید [آزمون]: ۲۱۲
دور آرام: ۹ , ۱۱ , ۱۲ , ۲۲ , ۳۲ , ۳۵ , ۳۹ , ۴۷ , ۱۱۵ , ۱۵۶ , ۱۶۰ , ۱۶۱ , ۱۶۶ , ۱۷۰ ,
دوران / دورانی: ۵۷ , ۶۷ , ۷۴ , ۷۵ , ۸۴ , ۸۵ , ۱۱۱ , ۱۱۳ , ۱۱۴ , ۱۱۸ , ۱۱۹ , ۱۲۷ , ۱۳۸ , ۱۷۳
دورهٔ باز بودن دریچهٔ دود: ۳۱
دورهٔ باز بودن دریچهٔ هوا: ۳۱
دورهٔ زمان وقوع جرقه تا وقوع فشار بیشینهٔ هر استوانه : ۳۳
دورهٔ زمانی وقوع جرقه تا وقوع فشار بیشینهٔ موتور : ۳۳
دورهٔ وقوع جرقه تا وقوع فشار بیشینه : ۳۳ , ۳۵
دوگانه‌سوز: چهارده
دیزل: سیزده , چهارده , سی و هفت , چهل , چهل و چهار , چهل و شش
دینامیک / دینامیکی: ۵۳ , ۵۸ , ۶۷ , ۶۸ , ۱۶۵ , ۲۱۱ , ۲۱۹
دینامیک سیالات: ۵۲ , ۶۱

ذ

ذخیره‌سازی: ۱۵۲ , ۱۵۸
ذرات معلق: ۹۳
ذرهٔ آمادهٔ فرار: ۲۰۴

ر

رابط بلند فشنگی روغن: ۲۸۲ , ۲۸۵
راحتی رانندگی: ۱۳۶
رانش: ۱۵۳ , ۱۶۰ , ۲۶۵
راه انداز / راه اندازی: ۶۹ , ۸۴ , ۸۵ , ۹۸ , ۱۳۹ , ۱۶۱ , ۱۶۸ , ۱۶۹ , ۱۷۴ , ۱۹۲ , ۲۸۰
راه اندازی تولید: ۲۵۵ , ۲۶۴
راه اندازی در سر بالایی: ۱۳۵
راه اندازی سرد: ۱۰ , ۲۲ , ۳۲ , ۳۶ , ۴۰ , ۴۸ , ۱۶۹
راه اندازی مجدد: ۱۶۹
راه اندازی موتور: ۱۳۶ , ۱۶۹
راهبرد پاشش: ۳۰ , ۱۷۳
راهگاه: ۱۶ , ۱۷ , ۱۸ , ۲۵ , ۹۹ , ۱۰۰ , ۱۱۲ , ۱۴۵
راهگاه خروجی: ۱۸ , ۲۵ , ۳۰ , ۹۹ , ۱۰۱
راهگاه ورودی: ۱۸ , ۲۵ , ۳۰ , ۹۸ , ۹۹ , ۱۰۱
راهنمای تعمیرات: ۲۷۷ , ۲۷۸ , ۲۸۱
رایانه / رایانه‌ای: سی و سه , چهل و چهار , ۱۵۱ , ۱۵۳ , ۱۵۵ , ۱۵۶ , ۱۵۷ , ۱۵۸ , ۱۵۹ , ۱۶۱ , ۱۶۳ , ۱۶۵ , ۱۶۷ , ۱۶۹ , ۱۷۱ , ۱۷۳ , ۱۷۹ , ۲۲۵ , ۲۷۱ , ۲۷۶ , ۲۸۶ , ۲۸۷ , ۲۸۹ , ۲۹۴ , ۲۹۷
رده اول/ رده اولی: بیست و یک , بیست و دو , بیست و سه , بیست و شش
ردیابی: ۱۶۱ , ۱۹۲ , ۲۲۵ , ۲۲۹ , ۲۳۹ , ۲۴۲ , ۲۴۳ , ۲۵۳ , ۲۶۱ , ۲۶۹ , ۲۷۱
رزوه: ۱۲۵ ,۲۴۲
رسوب: ۱۲۲
رفتار پویایی جریان: ۳۰
رفتار ترمودینامیک موتور / رفتار ترمودینامیکی موتور: ۲۳ , ۳۳
رفتارهای خمشی: ۷۱
رقّت: ۲۰ , ۲۷ , ۳۲ , ۴۱ , ۱۵۸ , ۱۵۹ , ۱۶۳ , ۱۶۴ , ۱۶۷ , ۱۶۹
رقّت: اضافه هوا برابر ۱ : ۳۲
رواداشت / رواداشتی: ۷۴ , ۸۶ ,۱۴۱ , ۱۴۲ ,۱۸۳ , ۲۵۳ , ۳۰۶
رواداشت گذاری: ۳۰۵
رواداشت گذاری هندسی و ابعادی GD&T: ۳۰۱
رواداشت هندسی: ۳۰۶
روانکاری: ۵۵ , ۵۶ , ۵۷ , ۷۴ , ۹۰ , ۹۲ , ۹۴
روغن ترمز: ۲۰۱
روغن ریزی: ۲۳۰

روغن معدنی: ۲۶
روغن‌رسانی: ۱۹۲
روغن‌کاری: ۸۶ , ۱۰۰ , ۱۰۴ , ۱۰۵ , ۲۱۴ , ۲۷۹
روی / فسفات روی: ۹۳ , ۱۰۷
رویه آزمون: ۱۹۱ , ۱۹۲ , ۲۰۲ , ۲۱۱
ریختگی: ۲۰۳
ریخته‌گری: بیست و یک , سی و شش , ۱۷ , ۱۸ , ۲۴ , ۳۰ , ۷۵ , ۷۷ , ۸۷ , ۱۰۱ , ۱۰۳ , ۱۰۴ , ۱۰۵ , ۱۱۴ , ۱۲۱ , ۲۰۱ , ۲۰۵ , ۳۰۵ , ۳۰۶
ریخته‌گری تحت فشار: ۹۱ , ۹۳ , ۱۰۵ , ۱۲۱ , ۱۷۸
ریخته‌گری ماسه‌ای: ۷۵ , ۷۷ , ۸۶
ریز پردازنده: ۷

ز

زاویهٔ بهینهٔ پیش‌رسی جرقه : ۳۳ , ۳۴ , ۴۲ , ۴۶ , ۴۸
زاویهٔ پاشش سوخت: ۱۲۵
زاویهٔ پیش رسی جرقه: ۲۳ , ۳۲ , ۳۵ , ۳۶ , ۳۹ , ۴۰ , ۴۱ , ۴۲ , ۴۳ , ۴۴ , ۴۵ , ۴۷ , ۴۸
زاویهٔ پیش‌رسی جرقه : ۲۳ , ۳۲ , ۳۶ , ۳۹ , ۴۰ , ۴۱ , ۴۲ , ۴۳ , ۴۴ , ۴۵ , ۴۷ , ۴۸ , ۱۶۹
زاویهٔ جرقه: ۴۸
زاویهٔ سوخته شدن : ۳۳
زاویهٔ قیچی دریچه‌ها: ۲۷۸
زاویهٔ میل بادامک: ۱۵۴
زاویهٔ وقوع فشار بیشینهٔ موتور : ۳۳
زاویهٔ وقوع فشار بیشینهٔ هر استوانه : ۳۳
زاویهٔ همپوشانی: ۴۷ , ۱۱۸ , ۱۱۹
زبمپ: ۱۰۴ , ۱۱۱ , ۱۱۳ , ۱۱۴, ۱۱۹ , ۱۲۰ , ۱۲۱
زمان عملکردی: ۲۲۸ , ۲۲۹ , ۲۳۳
زمانبندی بادامک‌ها: ۲۱
زمانبندی پاشش سوخت: ۳۲
زمان‌بندی دریچه‌ها / زمان‌بندی متغییر دریچه‌ها: ۱۷ , ۲۲ , ۳۱ , ۴۰ , ۴۱ , ۵۵ , ۱۱۱ , ۱۱۸ , ۱۱۹ , ۱۲۴ , ۱۲۸ , ۱۲۹ , ۱۳۰ , ۱۵۴ , ۱۶۴ , ۲۱۱
زنجیرهٔ تأمین: ۷ , ۱۳ , ۱۸۱ , ۱۸۲ , ۱۸۷
زیباسازی: هفده
زیرسامانهٔ تعیین وضع کاری: ۱۵۶
زیرسامانهٔ جرقه: ۱۵۶ , ۱۵۷
زیرسامانهٔ ساختار گشتاور: ۱۵۶ , ۱۵۷
زیرسامانهٔ سوخت: ۱۵۷
زیرسامانهٔ عیب‌یابی: ۱۵۷
زیرسامانهٔ فرمان گشتاور: ۱۵۶
زیرسامانهٔ گازهای خروجی: ۱۵۷
زیرسامانهٔ هوا: ۱۵۷
زینه‌بندی: ۲۷ , ۵۴ , ۱۵۷ , ۲۱۲ , ۲۱۴ , ۳۰۷
زینه‌بندی در خودرو [آزمون]: ۲۱۲

س

ساپکو: پنج , شش , هفت , هشت , نه , دوازده , پانزده , هفده , بیست , بیست و یک , بیست و شش , بیست و هفت , بیست و هشت , بیست و نه , سی , سی و یک , سی و سه , سی و پنج , سی و شش , سی و هفت , سی و هشت , سی و نه , چهل , چهل و یک , چهل و دو , چهل و پنج , ۵ , ۱۸۱ , ۱۸۲ , ۱۸۳ , ۱۹۳ , ۲۴۰ , ۲۵۲ , ۲۵۳ , ۲۵۴ , ۲۵۷ , ۳۱۲ , ۳۱۴ , ۳۱۵ , ۳۱۶
ساخت و تولید: شش , شانزده , هیجده , سی و سه , چهل , چهل و سه
ساده سازی: ۵۷ ,۲۸۳
سازمان رده اولی: بیست و یک , بیست و دو , بیست و سه , بیست و شش
سازمان گسترش: پنج , شش , هشت , سیزده , چهارده , پانزده , هفده , بیست , بیست و یک , بیست و سه , سی , سی و هفت , سی و نه
سازندهٔ خارجی: سی و شش , ۱۳ , ۱۷۹
سازندهٔ داخلی: بیست و دو , سی و شش , ۱۷۹ , ۱۸۰
سازوکار دریچه‌ها: سیزده , ۶۷ , ۹۶ , ۱۱۱
سازوکار لنگ: سیزده , ۷۴ , ۷۵ , ۸۶ , ۸۸
سازه: هفده , ۸۶
ساق: ۶۳ , ۷۸ , ۹۸ , ۱۱۱ , ۱۱۲ , ۱۱۷ , ۱۱۸
سامانهٔ استکانی: ۱۱۱
سامانهٔ انبارداری: ۲۸۳
سامانهٔ انتقال قدرت: ۱۳۴ , ۱۳۶
سامانهٔ برق رسانی: ۱۵۳
سامانهٔ پایش: ۱۴۷ , ۱۵۷ , ۱۶۷ , ۲۳۹
سامانهٔ پرخوران: ۲۱
سامانهٔ تخلیهٔ دود: ۱۴۳
سامانهٔ تخلیه: ۱۹ , ۳۱
سامانهٔ تولید: ۲۳۸ , ۲۳۹
سامانهٔ تهویهٔ محفظهٔ لنگ: ۸۸ , ۲۱۵
سامانهٔ خنک‌کاری: ۸ , ۵۵ , ۸۸ , ۹۷ ,۱۰۳ , ۱۲۵ , ۱۲۶ , ۱۳۴ , ۱۳۶ , ۲۱۲ , ۲۱۵ , ۳۱۸
سامانهٔ روانکاری [آزمون]: ۸۸ , ۹۱ , ۹۳ , ۹۵ , ۱۰۳ , ۲۱۲ , ۲۱۵
سامانهٔ روغن‌کاری: ۵۵ , ۹۷
سامانهٔ سوخت‌رسانی: ۱۳۴ , ۱۴۷ , ۱۵۳ , ۱۵۴
سامانهٔ لنگ: ۱۷
سامانهٔ مدیریت موتور: ده , یازده , ۲۲ , ۱۱۹ , ۱۵۲ , ۱۵۳ , ۱۵۴ , ۱۵۷ , ۲۸۱ , ۳۰۷
سامانهٔ هشدار: ۲۴۰
سامانهٔ هوای ورودی : ۳۰ , ۱۳۴ , ۱۴۴ , ۱۴۶
سامانه‌های تولید پیوسته: ۲۳۸
سامانه های مکش و تخلیه: ۱۶
سایش: ۱۳ , ۴۴ , ۸۱ , ۸۸ , ۲۱۲ , ۲۱۴ , ۲۱۵ , ۲۱۷ , ۲۱۸
سایش سمبهٔ سرد و داغ [آزمون]: ۸۸ , ۲۱۵
سخت کاری القایی: ۷۷
سخت‌کاری: ۷۷ , ۱۹۳ , ۲۰۱
سدیمی: ۱۱۶ , ۱۱۸
سر و صدا: ۴۴ , ۷۶ , ۹۳
سرعت بیشینه: ۱۱۸ , ۱۳۴ , ۳۰۶ , ۳۱۱
سطح خودکاری: ۲۲۶ , ۲۲۷ , ۲۲۸ , ۲۲۹ , ۲۳۰ , ۲۳۱ , ۲۳۲
سفارش‌گذاری: ۱۸۶ , ۲۴۳ , ۲۵۴ , ۲۷۶
سکوی آزمایش: ۲۱۱
سلسیوس: ۱۹ , ۲۶ , ۲۷ , ۲۸ , ۲۹ , ۳۲ , ۳۹ , ۴۰ , ۹۵ , ۱۰۸ , ۱۲۸ , ۱۶۳ , ۱۶۸ , ۱۷۰ , ۱۷۲
سمبه: ۷ , ۱۱ , ۱۲ , ۱۳ , ۱۷ , ۳۰, ۵۵ , ۵۷ , ۶۴ , ۷۴ , ۷۵ , ۷۸ , ۸۰ , ۸۱ , ۸۲ , ۸۶ , ۸۸ , ۹۵ , ۹۷ , ۱۰۱ , ۱۵۳ , ۲۱۰ , ۲۱۵ , ۲۱۸ , ۲۱۹ , ۲۳۰ , ۲۷۹
سمند: پانزده , بیست و دو , بیست و هفت , سی و شش , چهل , چهل و یک , چهل و دو , چهل و پنج , چهل و شش , ۶ , ۸ , ۹ , ۱۳۳ , ۱۳۴, ۱۳۶ , ۱۳۸ , ۱۳۹ , ۱۴۰ , ۱۴۱ , ۱۴۲ , ۱۴۳ , ۱۴۴, ۱۴۷ , ۲۴۳ , ۲۴۴ , ۲۵۰ , ۲۶۸ , ۲۷۶ , ۲۷۷ , ۲۸۴ , ۲۸۹ , ۳۰۱ , ۳۱۱ , ۳۱۲ , ۳۱۳ , ۳۱۵ ,۳۱۷ , ۳۲۱ , ۳۲۲
سواری‌سازی: شش , بیست و شش , سی و سه , سی و چهار , سی و شش

, ۵ , ۸ , ۱۸۵ , ۲۳۸, ۲۳۹ , ۲۴۰ , ۲۴۳, ۲۵۵ , ۲۵۸ , ۲۶۵ , ۲۶۸ , ۳۱۴
سوخت آما / سوخت آمایی: هشت
سوخت سنگواره‌ای: سی و سه
سوخت‌رسان: ۱۴۷
سوراخ‌کاری: ۲۳۳ , ۲۳۴
سورن: سی و چهار , سی و هفت , ۲۴۴ , ۳۱۲
سولفور: ۲۰۰
سه بعدی: ۱۶ , ۵۴ , ۵۵ , ۵۷ , ۵۹ , ۸۱ , ۹۲ , ۹۵ , ۱۰۱, ۱۲۵ , ۳۱۲
سیال خنک‌کن: ۱۱ , ۱۳ , ۲۶ , ۸۰
سیالات: شش , ۵۲ , ۵۴ , ۵۵ , ۵۹ , ۶۱ , ۱۳۰ , ۱۵۳ , ۲۱۵
سیم‌پیچ افروزش: ۱۰۴ , ۱۵۳ , ۱۵۴ , ۱۵۵ , ۱۶۴ , ۲۱۸ , ۲۲۷ , ۲۳۱ , ۲۸۰

ش

شاخص PPM ایرادهای موتوری در سواری سازی: ۲۵۵
شاخص آزمون دوام خودرو: ۲۵۵ , ۲۵۷
شاخص ارزیابی صلاحیت فرآیند: ۲۵۵ , ۲۵۷
شاخص ارزیابی موتور: ۲۵۵ , ۲۵۶
شاخص ایرادها با درجهٔ B و بزرگتر از آن در ارزیابی: ۲۵۵
شاخص ایرادهای منجر به توقف خودرو: ۲۵۵ , ۲۵۹
شاخص برگشت قطعات موتوری به ازای هر ۱۰۰ خودرو: ۲۵۵ , ۲۵۹
شاخص برگشت موتور کامل: ۲۵۵ , ۲۵۹
شاخص درخواست حل مشکل: ۲۵۵ , ۲۵۶
شاخص عبور مستقیم: ۲۵۵ , ۲۵۸
شاخص عبور مستقیم آزمون گرم موتور: ۲۵۵
شاخص عبور مستقیم هم‌بندی: ۲۵۵
شاخص قابلیت اعتماد محصول: ۲۵۵ , ۲۵۶
شاخص قیمت: ۱۸۷
شاخص کیفی عملکردی محصول: ۲۵۵ , ۲۵۷
شاخه های چند راهه: ۲۱
شار: ۴۰ , ۴۷ , ۴۸ , ۵۵ , ۹۵, ۹۴ , ۱۲۳ , ۱۲۶ , ۱۴۷, ۱۵۷ , ۱۵۹
شار بیشینه: ۱۱ , ۳۰
شار پاشش: ۲۱۸
شار هوا: ۱۱ , ۱۹ , ۲۰ , ۲۷ , ۳۲ , ۱۲۲ , ۱۴۴ , ۱۵۷
شارسنج: ۲۰ , ۲۸۰
شبکهٔ تأمین: ۵
شبکه‌بندی: ۵۹ , ۶۰ , ۶۱ , ۶۲ , ۹۱
شبیه‌سازی: شش , سی و دو , سی و شش , سی و هفت , چهل و سه , ۱۶ , ۱۹ , ۲۱ , ۲۲ , ۲۳ , ۵۴ , ۵۵ , ۵۷ , ۵۸ , ۵۹ , ۶۱ , ۶۴ , ۶۹ , ۷۴ , ۸۱ , ۸۸ , ۱۲۵ , ۱۲۷ , ۱۲۸ , ۱۳۴ , ۱۳۵ , ۱۳۶ , ۱۳۷ , ۱۳۹ , ۱۴۱ , ۱۴۲ , ۱۴۴ , ۱۶۷ , ۱۶۸ , ۱۷۲ , ۱۸۱ , ۱۹۴, ۲۱۱ , ۳۰۴ , ۳۰۵ , ۳۱۱
شبیه‌سازی ایستایی: سیزده , ۱۳۹
شدت گردباده: ۱۷ , ۱۸
شرایط آزمون‌ها: ۲۲ , ۳۲
شرایط بی‌باری: ۱۹
شرایط درجا: ۲۱۵
شرایط سوخت: ۱۹ , ۲۹
شرایط مرزی: ۱۶ , ۱۹ , ۲۲ , ۳۲ , ۴۳ , ۴۴ , ۴۵ , ۴۶ , ۴۷ , ۴۸ , ۵۲ , ۵۴ , ۵۵ , ۵۷ , ۵۹ , ۶۰ , ۶۴ , ۶۶ , ۱۰۳ , ۲۱۲
شلنگ خروج بخار: ۱۴۷
شمارهٔ حرارتی شمع: ۲۱
شمارهٔ فنی: ۱۸۴ , ۱۹۳ , ۲۸۳
شماره‌زنی: ۲۲۷ , ۲۳۰
شمع: ۷ , ۱۶ , ۲۰ , ۲۱ , ۲۲ , ۳۰ , ۳۱ , ۹۷ , ۹۸ , ۹۹ , ۱۰۴ , ۱۵۴ , ۱۶۱ , ۱۷۰ , ۲۲۸ , ۲۷۸ , ۲۸۰
شمع جرقه: ۳۰ , ۳۱ , ۹۷ , ۹۸
شناوری انگشتی: ۷۸ , ۸۱
شیب تغییرات حداکثری فشار استوانه‌ها: ۳۴
شیب حداکثر تغییرات فشار استوانه: ۳۴ , ۳۵
شیر برقی: ۲۹ , ۱۴۷ , ۱۵۵ , ۱۶۷ , ۱۷۲
شیر پایش: ۱۵۹
شیر زمانبندی متغیر: ۱۷ , ۲۳۱
شیر یک طرفه: ۱۲۳

ص

صافی هوا: ۷ , ۲۲ , ۲۶ , ۳۲ , ۴۳ , ۵۴ , ۱۲۵ , ۱۴۴ , ۱۴۵ , ۱۴۶ , ۱۴۸ , ۱۶۲
صحه‌گذاری: شش , سی و شش , چهل و سه , ۶ , ۹ , ۱۲ , ۱۳ , ۳۰ , ۶۹ , ۱۰۹ , ۱۸۰ , ۱۸۱ , ۱۸۲ , ۱۸۶ , ۱۹۰ , ۱۹۱ , ۱۹۲ , ۱۹۳ , ۱۹۴ , ۱۹۵ , ۲۱۰ , ۲۱۱ , ۲۱۳ , ۲۵۶ , ۲۶۶ , ۲۶۷ , ۳۰۳
صداگیر: ۱۴۴ , ۱۴۵ , ۱۴۶
صفحهٔ موج‌گیر: ۹۰ , ۱۸۲ , ۲۲۷ , ۲۳۰
صلاحیت فرایند: ۲۵۰ , ۲۵۵ , ۲۵۷ , ۲۶۰ , ۲۶۱ , ۳۰۶
صمغی: ۱۰۹

ض

ضایعات: ۱۸۳
ضدخطا: ۲۲۵ , ۲۲۶ , ۲۲۹ , ۲۳۹ , ۲۶۱ , ۲۷۰
ضدیخ: ۷ , ۱۳ , ۱۰۸ , ۲۱۹ , ۲۷۸
ضربهٔ حرارتی بستار [آزمون]: ۲۱۶
ضربهٔ حرارتی شدید [آزمون]: ۲۱۴ , ۳۰۳
ضریب تصحیح: ۱۹
ضریب تغییرات فشار مؤثر متوسط داخلی : ۳۳
ضریب جریان: ۱۷ , ۱۸ , ۲۵ , ۳۱

ط

طراحی تفصیلی: سی و شش , ۵۲ , ۵۹
طراحی مفهومی: بیست و چهار , بیست و پنج , بیست و شش , بیست و هفت , سی و دو , سی و شش , ۷ , ۱۷ , ۵۲ , ۵۴ , ۵۵ , ۵۷ , ۷۴ , ۷۵ , ۷۶ , ۸۱ , ۹۵ , ۱۲۵ , ۱۷۹ , ۱۸۱ , ۱۸۵ , ۲۲۴ , ۳۰۵ , ۳۰۶
طرح خانوادهٔ موتور ملی: پنج , سیزده , نوزده , سی و شش , چهل , چهل و سه , ۵۲ , ۵۹ , ۶۳ , ۷۱ , ۲۷۶ , ۳۱۰
طرح کیفیت: ۲۵۰ , ۲۵۱ , ۲۵۴ , ۲۵۵ , ۲۵۶ , ۲۶۳ , ۲۶۴ , ۲۶۵ , ۳۰۶
طرح R۲: ۱۴۷
طرحواره: ۱۵۴ , ۱۵۵ , ۱۵۶ , ۲۵۳
طول جابه‌جایی: ۳۱
طول دسته سمبه: ۳۱ , ۷۸ , ۷۹ , ۲۷۹

ظ

ظرفیت بیشینهٔ افشانه‌ها: ۲۱
ظرفیت موتور: ۱۶ , ۳۱ , ۴۷ , ۲۷۸

ع

عدد اکتان: ۱۱ , ۲۶ , ۱۶۵ , ۲۷۸
عدد گردباده: ۲۵ , ۱۱۱
عدد ماخ: ۶۰ , ۶۱
علامت‌زنی: ۲۳۴
عوامل وابسته: ۵
عملیات حرارتی: ۷۷
عملیات حرارتی T۶: ۱۰۱
عیب سطحی: ۲۰۶
عیب‌یاب/ عیب‌یابی: چهارده , ۱۵۴ , ۱۷۴ , ۲۷۶ , ۲۷۷ , ۲۸۱ , ۲۸۴ , ۲۸۵ , ۲۸۶ , ۲۸۷ , ۲۸۹ , ۲۹۱ , ۳۰۷

غ

غشاء: ۸۳ , ۹۸ , ۱۲۳ , ۱۲۴

ف

فاصله الکترودها: ۳۱
فرایند تأیید قطعات تولیدی: ۲۵۱ , ۲۵۲ , ۲۵۴
فرمان روغنی: ۸
فشار برقی: ۲۰ , ۲۸۱
فشار برگشتی سامانهٔ گازهای خروجی: ۲۳ , ۳۲
فشار بیشینه: ۳۴ , ۳۵ , ۳۶ , ۳۷ , ۴۳
فشار خلاء: ۲۷۸
فشار داخل استوانه: ۲۰ , ۱۲۷ , ۱۵۹ , ۱۶۲
فشار ستیز: ۲۰
فشار سیال سامانهٔ تهویه: ۱۵۵
فشار گازهای خروجی: ۲۶ , ۱۵۷
فشار مؤثر متوسط اصطکاکی: ۳۳
فشار مؤثر متوسط ترمزی: ۳۲ , ۳۳ , ۳۴ , ۳۵ , ۳۸ , ۴۰ , ۴۲ , ۴۷
فشار مؤثر متوسط داخلی: ۳۲ , ۳۳ , ۳۴ , ۳۵ , ۳۶ , ۳۷ , ۳۹ , ۴۰ , ۴۱ , ۴۵
فشار مؤثر متوسط داخلی تبادل گاز: ۳۶
فشار محفظهٔ احتراق: ۲۷۸
فشار هوای ورودی: ۲۶
فشنگی روغن: ۲۸۵
فضاسنجی: ۲۴۵
فلزکاری گرد: ۷۸ , ۹۵
فنر: ۸ , ۹۵ , ۹۸ , ۱۰۹ , ۱۱۱ , ۱۱۲ , ۱۱۶ , ۱۲۰, ۱۲۳ , ۱۲۴ , ۱۲۸ , ۱۲۹ , ۲۲۸
فنر دریچه: ۱۱ , ۱۲ , ۱۰۴ , ۱۱۱ , ۲۱۸
فهرست متغیرها: ۳۳
فهرست مواد: ۷۴ , ۱۲۴ , ۱۷۹ , ۲۵۳
فهرستی از رواداشت‌ها : ۲۶۱

ق

قاب نردبانی: ۶۹ , ۷۰ , ۸۶ , ۹۰ , ۹۱ , ۹۲ , ۹۳ , ۲۲۶ , ۲۲۷ , ۲۳۰ , ۲۷۷ , ۳۰۵
قاب یاتاقان: ۱۷ , ۲۴ , ۱۰۳ , ۱۰۴ , ۱۰۵
قابلیت اطمینان: ۵ , ۱۶۴ , ۲۱۰ , ۲۵۰
قابلیت بازیابی: ۱۸۳
قابلیت رانندگی: ۵ , ۶ , ۷ , ۱۶۵ , ۱۷۰
قالب: ۷۷ , ۸۱ , ۸۷ , ۹۱ , ۱۰۱ , ۱۰۲ , ۱۰۳ ,۱۰۵ , ۱۱۵ , ۱۱۶ , ۱۲۵ , ۱۸۰ , ۱۸۳ , ۱۸۴ , ۱۸۶ , ۱۸۷ , ۲۰۲ , ۲۰۴ , ۲۰۷ , ۲۳۸ , ۳۱۵ , ۳۱۶
قالب گیری پوسته‌ای: ۷۷
قالب نرم: بیست و هشت , ۱۸۴
قرشدگی: ۲۵۸
قرقرهٔ سر میل‌لنگ: ۱۱۳
قسمت در میلیون اکسیدهای ازت: ۳۳
قسمت درمیلیون هیدروکربن : ۳۵
قطر دریچهٔ دود: ۳۰ , ۱۱۷
قطر دریچهٔ گاز: ۲۱ , ۲۲ , ۳۱
قطر دریچه: ۱۷ , ۱۸ , ۳۱ , ۹۷ , ۹۸ , ۱۱۷ , ۱۱۸
قطر راهگاه: ۱۷
قطر نامی: ۸۰ , ۸۲
قطعات بالایی: ۷۴ , ۹۰ , ۹۶ , ۳۰۴ , ۳۰۵
قطعات پایینی: ۷۴ , ۸۶ , ۹۰ , ۳۰۵
قطعات جانبی: ۷۴ , ۷۵ , ۹۰ , ۱۲۰ , ۱۲۴ , ۱۶۶ , ۲۲۶ , ۲۲۷ , ۲۲۹ , ۲۳۰ , ۳۰۲ , ۳۰۴ , ۳۰۵ , ۳۰۶
قطعه خام / قطعات خام: چهل , ۷۷ , ۸۲ , ۸۸ , ۱۰۲ , ۱۰۵ , ۱۷۸ , ۲۳۲
قطعه‌ساز: چهل و سه , ۱۴۶ , ۲۱۵
قطعه‌سازان: چهل , ۱۹۲ , ۳۱۸
قلاب موتور: ۱۲۴ , ۱۲۹
قوای محرکهٔ ملی: ۷۱
قوای محرکه، تطابق: ۱۳۳ , ۱۳۴ , ۱۳۵ , ۱۳۷ , ۱۳۹ , ۱۴۱ , ۱۴۳ , ۱۴۳ , ۱۴۵
قوای محرکه، توسعهٔ : ۳۱۳
قوای محرکه، راهبرد : ده , چهل و سه
قوای محرکه، مجموعهٔ: ۳۱۳
قوای محرکه، همبندی : پنج , ۸
قیمت هدف: بیست و هفت , بیست و هشت , سی و پنج

ک

کاسه نمد: ۷۶ , ۹۴ , ۹۶ , ۲۱۸ , ۲۴۳
کاغذ صافی هوا: ۱۴۴
کاهش آلودگی: هشت , یازده , چهارده , هفده , چهل و چهار , ۱۰۸
کبالت: ۱۲۶
کپه یاتاقان: ۶۴ , ۸۹ , ۹۶ , ۱۰۴ , ۱۰۵ , ۱۱۵ , ۲۳۴
کدگذاری: ۱۹۴
کشسانی: ۱۰۳
کشش: ۶۷ , ۶۸ , ۶۹ , ۸۱ , ۱۲۸ , ۱۲۹ , ۱۸۶ , ۱۹۹ , ۲۱۱ , ۲۴۳
کشش عمیق: ۱۸۶
کلید انتخاب سوخت: ۱۵۵
کمانش: ۶۳ , ۷۹
کندگی: ۲۰۲ , ۲۰۳ , ۲۰۶
کوبش: ۱۱ , ۳۲ , ۴۱ , ۴۲ , ۴۳ , ۴۴ , ۴۵ , ۱۲۷ , ۱۶۵
کوبش سنج: ۱۵۵
کوره: ۲۰۰
کوریولیس: ۱۹
کیفیت بنزین: ۲۶
کیفیت گاز: ۲۶
کیلو پاسکال: ۲۹ , ۱۹۹ , ۲۰۱ , ۲۷۸ , ۲۷۹ , ۲۸۱
کیلو وات: سی و هفت , ۷ , ۲۸ , ۲۹ , ۳۳ , ۳۶ , ۳۹ , ۴۰ , ۴۶ , ۴۸ , ۱۰۸

, ۱۲۶ , ۲۷۸

گ

گاز اسیدی: ۲۰۱
گاز طبیعی: یازده , بیست و هفت , بیست و نه , سی و سه , سی و هفت , ۶۱ , ۶۲ , ۱۲۳ , ۱۲۵ , ۱۲۷ , ۱۳۵ , ۱۵۵ , ۱۶۲ , ۱۶۳ , ۱۶۶ , ۱۶۷ , ۱۶۸ , ۱۷۰ , ۱۹۵ , ۲۱۰ , ۲۱۸ , ۳۱۰ , ۳۱۳
گاز طبیعی فشرده: سیزده , چهارده , شانزده , ۱۹ , ۵۵ , ۱۰۸ , ۱۳۵ , ۱۵۴ , ۱۷۱
گازبندی: ۱۲۳
گازوئیل: چهارده , شانزده , سی و سه , چهل و چهار , ۲۱۰
گازهای پسماند: ۲۳ , ۴۱
گازهای خروجی: ۱۱ , ۱۷ , ۲۰ , ۲۱ , ۳۳ , ۳۴ , ۳۶ , ۳۸ , ۳۹ , ۴۰ , ۴۳ , ۴۸ , ۱۴۲ , ۱۵۷ , ۱۶۴
گازهای خروجی، شار جرمی: ۳۶ , ۴۰ , ۴۳
گردابه: ۵۹
گردای پرخوران: ۲۱
گردگیر: ۱۷۸
گرمایش واکنشگر: ۱۵۷
گروه صنعتی ایران‌خودرو: ۲۹۴
گریز از مرکز: ۱۲۱ , ۱۲۲ , ۱۲۳ , ۱۲۴
گزارش خرابی: ۲۲۰ , ۲۲۱
گشتاور پایش: ۱۵۶
گشتاور واقعی: ۱۶۴
گشتاورسنج: ۲۴۱ , ۲۷۰
گشودگی بیشینهٔ دریچه: ۱۷, ۳۱
گلویی ورودی: ۱۴۴
گوه: ۷۹

ل

لامبدا: ۳۳ , ۱۶۷
لایهٔ روغن: ۵۷ , ۸۲
لایی بستار: ۱۷ , ۵۵ , ۶۴ , ۹۷ , ۱۰۷ , ۱۰۸ , ۱۰۹ , ۲۱۶ , ۲۱۸ , ۲۱۹ , ۲۲۰ ,
لختی: ۶۷ , ۷۵ , ۷۸ , ۸۳ , ۸۵ , ۱۲۹ , ۱۶۶
لرزش و ارتعاشات: ۲۳
لقی‌گیر روغنی: ۱۳, ۵۵
لگام ترمز: هفده , ۱۹ , ۱۵۲ , ۱۵۸ , ۱۶۲ , ۲۵۶
لولهٔ برگشت: ۱۴۷
لولهٔ تغذیهٔ روغن: ۹۴
لولهٔ خلاء: ۱۴۸
لولهٔ سوخت موتور: ۱۴۷
لولهٔ مکش: ۹۰ , ۹۲ , ۹۳ , ۹۴
لولهٔ میانی جلو: ۱۴۳

م

مؤسسهٔ ولر: ۴
مادهٔ ریختگی: ۲۰۳
ماسهٔ بادی: ۸۷
ماسهٔ کروماتی: ۸۷
ماسه: ۷۵ , ۷۷ , ۸۶ , ۱۰۱ , ۱۲۱
ماشین آلات: پنج , بیست و دو , سی و چهار , سی و پنج , سی و هشت , چهل و سه , چهل و پنج , ۲۶۲ , ۲۷۱
مالکیت انحصاری: ۳۱۳
ماهیچهٔ آبگرد: ۸۷ , ۸۸
ماهیچهٔ اصلی: ۸۷
ماهیچهٔ برگشت روغن: ۸۷
مبدل حرارتی: ۲۹ , ۵۵ , ۱۲۶
مبدل شیمیایی: ۱۵۳ , ۱۵۵ , ۱۶۱ , ۱۶۴ , ۱۶۶ , ۱۶۷ , ۱۶۸
متغیرهای احتراق: ۲۳
متغیرهای اندازه‌گیری‌شده: ۲۳
مجرای خروجی: ۱۷
مجرای دود: ۱۲۹ , ۱۳۴ , ۱۴۲ , ۱۴۳ , ۱۴۴ , ۱۶۲ , ۱۶۳ , ۱۶۴
محاسبات ترمودینامیکی: ۱۶ , ۱۷ , ۵۲
محاسبات مهندسی: شش , سی و چهار , سی و شش , ۱۶ , ۵۲ , ۵۳ , ۶۰ , ۶۷ , ۶۹ , ۷۱ , ۷۴ , ۷۶ , ۸۳ , ۸۶ , ۱۰۱ , ۱۱۴ , ۱۳۹ , ۱۴۴ , ۱۷۹ , ۱۸۰ , ۱۸۱ , ۲۹۷ , ۲۹۸ , ۳۰۱ , ۳۰۲ , ۳۰۴ , ۳۱۵
محافظ حرارتی: ۱۶۴
محدودهٔ تمام‌بار: ۳۲ , ۴۲
محدودهٔ نیمه‌بار : ۳۲
محدوده‌های ارزیابی: ۲۲
محدوده‌های پذیرش: ۱۸۷ , ۱۹۲ , ۲۵۶
محدوده‌های کمینه و بیشینه: ۲۲
محدودیت‌های جانمایی: ۲۲ , ۸۶ , ۸۹
محفظهٔ احتراق: سیزده , ۱۰ , ۱۳ , ۱۶ , ۲۰ , ۲۱ , ۲۲ , ۲۳ , ۳۰ , ۳۱ , ۴۰ , ۴۴ , ۵۹ , ۸۰ , ۹۲ , ۹۷ , ۹۸ , ۹۹ , ۱۰۱ , ۱۰۲ , ۱۰۶ , ۱۰۷ , ۱۰۸ , ۱۰۹ , ۱۱۶ , ۱۱۸ , ۱۱۹ , ۱۲۲ , ۱۵۳ , ۱۶۲ , ۲۷۸
محفظهٔ روغن شفاف [آزمون]: ۹۳ , ۲۱۵
محفظهٔ لنگ: ۸۰ , ۸۶ , ۸۷ , ۸۸ , ۹۰ , ۹۱ , ۹۳ , ۹۵ , ۱۰۳ , ۱۲۱ , ۱۲۲ , ۱۲۳ , ۲۱۴ , ۲۱۵ , ۲۱۹ , ۳۰۳ , ۳۰۶
محفظهٔ لنگ [آزمون]: ۲۱۴
محیط خلاء: ۱۷۸
محیط زیست: یازده , هفده , نوزده , بیست , چهل و سه , ۵ , ۶ , ۲۹۹ , ۳۱۱ , ۳۱۸
مخزن آرامش: ۲۱ , ۳۲ , ۵۴ , ۱۲۱
مخزن روغن: ۲۶
مدرک بررسی کیفیت قطعات: ۱۸۷
مدرک بستهٔ فنی– قیمتی: ۱۸۲
مدیریت هوشمند: سیزده , چهارده , ۷ , ۹ , ۱۵۳ , ۱۷۳ , ۲۸۲ , ۲۸۴ , ۳۰۲ , ۳۰۷
مدیریت هوشمند آزمایشگاهی: ۱۹
مدیریت هوشمند موتور: هشت , شانزده , ۶ , ۱۱۴ , ۱۱۹ , ۱۲۱ , ۱۷۱ , ۳۰۷ , ۳۱۳
مرکز تحقیقات آخن: ۲۱۰
مرکز مطالعات راهبردی: ۳۱۴
مرکز مهندسی: شش , بیست و شش , سی و سه , ۳۱۴
مستندسازی: سی و سه , سی و پنج , چهل و سه , ۱۹۰ , ۲۶۹ , ۲۸۳ , ۳۰۴
مسیر خروجی: ۹۹ , ۱۶۴ , ۱۶۵ , ۱۶۸
مشخصات روغن: ۲۶
مشخصات سوخت: ۱۹
مشخصات فنی: ۱۸۴ , ۱۹۴
مشخصه‌های عملکردی: ۱۶ , ۲۳
مصرف سوخت ویژه: ۳۷ , ۲۵۶

مصرف ویژهٔ سوخت ترمزی: ۳۳ , ۳۴ , ۳۵ , ۳۹ , ۴۲ , ۴۵
مصرف ویژهٔ سوخت داخلی: ۳۳ , ۳۴ , ۳۵ , ۳۶
معادلات غیرخطی: ۶۳
معیار پذیرش: ۱۹۲ , ۱۹۴
مفتول: ۱۸۶
مقاومت حسگر دما: ۲۸۱
مقاومت کششی: ۱۰۳ , ۱۰۷
مقدار مبنا: ۲۰
مکش هوا: ۱۱ , ۱۶ , ۲۲ , ۳۰ , ۲۷۸
ممیزی داخلی: ۳۰۱
منبع انتهایی: ۱۴۳
منبع میانی: ۱۴۳ , ۱۴۴
موتور آزمایشگاهی: بیست و پنج , سی و دو , سی و هفت , چهل , ۱۶ , ۱۷ , ۱۸ , ۲۴ , ۴۰ , ۴۱ , ۴۲ , ۴۳ , ۴۴ , ۱۸۵ , ۳۰۳
موتور نمونه: ۳۰
موتورسازی: شش , هشت , هفده , بیست و یک , بیست و سه , سی و شش , ۱۸۵ , ۲۲۵ , ۲۳۸ , ۲۳۹ , ۲۴۴ , ۲۴۵ , ۲۵۶ , ۲۵۷ , ۲۵۸
موتورهای رقیب: ۳۰
موج‌گیر: ۹۰ , ۱۸۲ , ۲۲۷ , ۲۳۰
موقعیت شمع: ۱۶ , ۲۲ , ۹۷ , ۹۸
مولد برق: ۸ , ۴۷ , ۶۸ , ۶۹ , ۱۲۸ , ۱۲۹ , ۱۵۵
مولیبدن: ۱۲۶
مهندسی محصول: شش , بیست و هشت , سی و شش , سی و هشت , ۱۸۱ , ۲۶۰ , ۲۶۹ , ۲۷۰ , ۲۹۷ , ۳۰۲ , ۳۰۶ , ۳۱۴
مهندسی همزمان: بیست و هشت , سی و سه , سی و نه , ۳۱۳
میزان انحراف: ۲۵۶
میل‌بادامک: سیزده , ۱۷ , ۲۴ , ۴۱ , ۹۶ , ۹۸ , ۱۰۴ , ۱۰۵ , ۱۱۳ , ۱۱۴ , ۱۱۵ , ۱۱۶ , ۱۲۰ , ۱۵۳ , ۱۵۴ , ۲۰۱ , ۲۳۱ , ۳۰۵
میل‌بادامک تنفس: ۱۰۳ , ۱۰۴ , ۱۰۵ , ۱۱۳ , ۱۱۴ , ۱۱۵
میل‌بادامک میان‌تهی: ۱۱۴
میل‌بادامک همبندی شده: ۱۱۴
میل‌بادامک هوا: ۱۷ , ۴۱ , ۱۱۴ , ۱۱۵ , ۲۱۸
میل‌بادامک، موقعیت: ۲۲ , ۳۱ , ۱۱۴ , ۱۵۴ , ۲۹۰
میل‌دریچه: ۱۲۸
میل‌لنگ: ۱۷ , ۲۴ , ۴۳ , ۵۳ , ۵۷ , ۵۸ , ۷۵ , ۷۶ , ۷۷ , ۷۸ , ۸۲ , ۸۹ , ۹۴ , ۹۶ , ۱۵۳ , ۱۹۳ , ۲۲۷ , ۲۳۳

ن

ناظر عالی طرح: شش , بیست و شش , سی و هفت , چهل و پنج
نرخ آزاد شدن گرما: ۳۴ , ۳۸
نرم‌افزارهای صفر بعدی: ۱۶
نسبت تراکم: ۶ , ۱۱ , ۲۱ , ۲۲ , ۳۰ , ۳۱ , ۳۶ , ۴۱ , ۴۲ , ۴۴ , ۴۵ , ۹۷ , ۱۰۱ , ۱۶۵ , ۲۷۹
نسبت طول جابه‌جایی به قطر: ۳۱
نسبت هوا به سوخت: ۲۰ , ۲۷ , ۴۲ , ۱۶۷
نشتی هوا: ۲۰
نشتی یابی: ۶ , ۲۰ , ۱۷۲ , ۱۷۳
نشیمنگاه: سیزده , ۱۳ , ۷۶ , ۸۵ , ۸۶ , ۹۹ , ۱۰۳ , ۱۱۱ , ۱۱۲ , ۱۱۶ , ۱۱۷ , ۱۱۸ , ۱۲۵ , ۱۳۹ , ۱۴۱ , ۲۱۵ , ۲۲۳
نظارت بر دما: ۱۹
نظارت دوره‌ای: ۲۰
نظارت کیفی: سی و شش , ۱۸۳
نفت: پنج , یازده ,چهارده , هفده , هیجده , بیست , بیست و هفت , بیست و نه , سی و سه , سی و هفت , سی و هشت , چهل
نقاط آزمون: ۱۵۸
نقدگاه: سی و هفت , سی و هشت
نقطهٔ کاری : ۱۹ , ۲۰ , ۲۲ , ۳۲ , ۴۲
نقطهٔ مکث: ۳۲ , ۱۱۴ , ۱۲۱
نگاشت: ده , سیزده , بیست و هفت , ۷ , ۹ , ۲۲ , ۱۵۱ , ۱۵۲, ۱۵۷ , ۱۵۸ , ۱۵۹ , ۱۶۰ , ۱۶۱ , ۱۶۲ , ۱۶۳ , ۱۶۴ , ۱۶۵ , ۱۶۶ , ۱۶۷ , ۱۶۸ , ۱۶۹ , ۱۷۰ , ۱۷۱ , ۳۰۷
نگاشت خودرو: شش , سی و شش , سی و هفت , ۳۱۳
نگاشت موتور: شش , سی و شش , سی و هفت , ۱۵۲ , ۱۵۹ , ۱۶۱ , ۱۶۵ , ۱۷۰ , ۱۷۱ , ۳۱۳
نگهدارنده: ۸ , ۶۶ , ۸۷ , ۹۳ , ۹۴ , ۹۹ , ۱۱۱ , ۱۱۲ , ۱۱۸ , ۱۲۰ , ۱۲۴ , ۱۲۵ , ۱۲۹ , ۱۳۴, ۱۳۸ , ۱۳۹ , ۱۴۰ , ۱۴۱ , ۱۴۴ , ۱۴۷ , ۱۷۸ , ۱۹۹ , ۲۰۱ , ۲۱۸ , ۲۲۶
نمایشگر: ۲۷ , ۱۵۵ , ۱۵۷ , ۱۷۲ , ۱۷۳ , ۱۷۴ , ۲۸۷
نمونهٔ آزمایشگاهی: سی و شش , چهل و شش
نمونه‌سازی: بیست و هشت , سی و پنج , سی و شش , سی و هفت , چهل و سه , ۷ , ۸ , ۱۶ , ۱۷ , ۳۰ , ۵۲ , ۱۴۲ , ۱۴۷ , ۱۷۹ , ۱۸۰ , ۱۸۳ , ۱۸۵ , ۲۱۰ , ۲۵۸ , ۳۰۵ , ۳۱۵ , ۳۱۶
نوار پراکندگی: ۱۸ , ۲۳ , ۳۹ , ۴۰ , ۴۱ , ۴۲ , ۴۳ , ۴۴ , ۴۵
نوار نقاله: ۲۲۶
نیرو محرکهٔ قزوین: ۵
نیرو محرکه: بیست و یک , سی و شش , ۵ , ۸ , ۱۹۴ , ۲۲۴ , ۲۲۵ , ۳۱۴
نیروی لختی: ۶۳
نیکل: ۱۲۶
نیم موتور: ۲۲۶ , ۲۲۷ , ۲۳۰ , ۲۳۲
نیمه بار: ۲۲ , ۳۰ , ۳۱ , ۳۲ , ۳۵ , ۴۲ , ۱۶۳
نیمه سنگین: ده

و

واکنشگر: سیزده , ۹ , ۱۰ , ۳۳ , ۳۴ , ۳۵ , ۴۱ , ۶۰ , ۶۱ , ۱۲۲ , ۱۲۴ , ۱۲۶ , ۱۲۷ , ۱۴۳ , ۱۵۴ , ۱۶۸ , ۳۰۴ ,
ولت: ۲۷ , ۲۸ , ۲۸۱ , ۲۸۹
ولتاژ خروجی: ۲۸۱ , ۲۸۹

هـ

هرتز: ۲۸ , ۴۲ , ۴۵ , ۱۲۹ , ۱۹۸ , ۱۹۹
هرزگرد: ۱۲۸ , ۱۲۹ , ۲۲۷
همبستهٔ آلومینیوم: ۸۱ , ۹۵ , ۱۰۳ ,
همبسته: ۱۰۱ , ۱۰۳ , ۱۰۵ , ۱۲۶
همبندی: پنج , هیجده , بیست و سه , سی , سی و یک , سی و دو , سی و چهار , سی و شش , سی و هشت , چهل , چهل و پنج , ۵ , ۸ , ۶۴ , ۸۶ , ۸۹ , ۹۸ , ۱۰۱ , ۱۰۴ , ۱۱۲ , ۱۲۳ , ۱۲۵ , ۱۲۶ , ۱۳۹ , ۱۴۰ , ۱۴۱ , ۱۴۲ , ۱۷۹ , ۱۸۰ , ۱۸۵ , ۱۸۷ , ۱۹۴ , ۱۹۵ , ۱۹۷ , ۱۹۸ , ۱۹۹ , ۲۰۰ , ۲۰۱ , ۲۱۰ , ۲۱۱ , ۲۱۲ , ۲۱۳ , ۲۲۰ , ۲۲۱ , ۲۲۴ , ۲۲۵ , ۲۲۶ , ۲۲۷ , ۲۲۸ , ۲۲۹ , ۲۳۰ , ۲۳۱ , ۲۳۳ , ۲۳۴ , ۲۳۸ , ۲۳۹ , ۲۴۰ , ۲۴۱ , ۲۴۳ , ۲۴۴ , ۲۴۵ , ۲۴۶ , ۲۵۴ , ۲۵۵ , ۲۵۶ , ۲۵۸ , ۲۶۵ , ۲۶۶ , ۲۶۷ , ۲۷۶ , ۲۸۳ , ۳۰۳ , ۳۰۶ , ۳۱۱ , ۳۱۵ , ۳۱۹
همبندی قطعات منفصل: ۱۷۹
همپوشانی دریچه ها: ۱۰ , ۳۸ , ۳۹ , ۴۴ , ۴۵
هندسهٔ راهگاه‌ها: ۱۶ , ۱۷

هوادهی روغن: ۱۲۵ , ۲۱۴
هوادهی روغن [آزمون]: ۲۱۴
هواسنج: ۲۳۴
هواکش: ۴۱ , ۱۴۴
هوای ورودی: ۱۷ , ۱۹ , ۳۹ , ۱۲۷ , ۱۴۴ , ۱۴۵ , ۱۵۷ , ۲۱۸ , ۲۸۱
هوشمند: ۶ , ۱۵۳ , ۲۳۸ , ۲۸۷
هیأت دولت: بیست و سه
هیأت‌مدیره: شش , هفت , هشت , ده , هیجده , نوزده , بیست و سه , بیست و هفت , بیست و نه , چهل و چهار , چهل و پنج
هیدرودینامیکی: ۵۷ , ۶۴
هیدروکربن: ۹ , ۱۰ , ۳۶ , ۳۸ , ۳۹ , ۴۴ , ۴۵
هیدروکربن گازهای خروجی، شار جرمی: ۳۶
هیدروکربن ویژه: ۴۴
هیدروکربن‌های نسوخته: ۱۶۲ , ۱۶۳
هیدرولیکی: ۲۰۱

ی

یاتاقان چشم بزرگ: ۶۳
یاتاقان چشم کوچک: ۶۳ , ۷۹ , ۸۴
یاتاقان‌های استوانه‌ای یک‌تکه: ۲۱۹
یاتاقان‌های ثابت بالایی: ۸۲ , ۸۴
یاتاقان‌های ثابت پایینی: ۸۲ , ۸۴
یاتاقان‌های متحرک: ۱۱ , ۷۵ , ۷۸ , ۷۹ , ۸۳ , ۸۴ , ۸۶ , ۱۹۲

Index

SYMBOL &...

5M (Man, Machine, Method… ۲۵۴ ، ۲۵۷ ، ۲۶۰

λ: ۳۶ ، ۳۸ ، ۱۶۳

A

A (ASSY): ۲۵۵

ABAQUS: ۵۷ ، ۶۳ ، ۶۴ ، ۶۷ ، ۶۹ ، ۱۰۷

ADAMS: ۱۲۸

ADAMS ENGINE: ۶۷ ، ۶۸ ، ۳۰۱

Adams Multi-Body-sim,Incl. License: ۳۰۲

ADAMS VIEW: ۳۰۱

After Market: ۱۷۱

AIAG: ۲۵۱

Air System: ۱۵۷

Algorithm: ۱۵۷

Allowable Back Pressure: ۱۴۲

ALSI9CU3: ۱۰۳ ، ۱۰۸ ، ۱۲۶

Altair Hyper Mesh: ۶۳ ، ۶۴

Andon: ۲۳۹

Ansys: ۵۹ ، ۶۰ ، ۶۹ ، ۱۲۹ ، ۳۰۱ ، ۳۰۲

Ansys for NVH Analysis: ۳۰۲

ANSYS ICEM-CFD: ۶ ، ۵۹

Ansys License for 1 Week: ۳۰۲

APQP/PPAP; ۳۰۱

Assembled Camshaft: ۱۱۴

Assembly Line Control: ۲۳۹

AVL: هشت ، چهل و چهار ، چهل و پنج

AVL EXCITE: ۵۷

B

Batch: ۱۸۶ ، ۲۱

Bill of Material: ۱۲۴ ، ۱۸۴

Bosch: هشت ، چهارده ، ۲۷ ، ۱۴۷ ، ۱۵۲ ، ۲۷۶ ، ۲۸۶ ، ۲۸۷

Bosch ME7.4.9NG: ۲۸۶

Breakdown: ۲۵۵

Buffer Production: ۲۳۸

C

CAE: ۵۲ ، ۹۸ ، ۱۳۹ ، ۱۸۰ ، ۲۹۷

CAE Team: ۱۸۰

Calibration: شش ، ۱۵۲ ، ۳۱۳

Canister: ۱۶۷

Canister Purge Valve: ۱۵۵

Catalyst Aging: ۱۶۶

Catalyst Light Off: ۱۶۸
CBU: نوزده ، سی وپنج
Central Control Room (CCR): ۲۳۹
CFD: ۵۴
Charge motion: ۳۰
Chikked Cost Iron Camshaft: ۱۱۴
Clutch: ۸۵ ، ۲۴۰
CNC: ۳۰۱
CNG: سیزده ، ۱۰۸ ، ۱۳۵ ، ۱۷۱ ، ۱۷۲ ، ۱۷۴ ، ۳۱۹
Combustion Efficiency: ۱۷
Commendation: ۱۸۳
Components Sourcing: ۱۸۳
Computer-Aided Engineering: ۵۲ ، ۹۸ ، ۱۳۹
Concept Study: ۱۳۸
Cooling Pack: ۱۳۶
Coriolis meter: ۱۹
Cost Pack: بیست و پنج ، ۱۸۲
CP: ۲۶۱
CPK: ۲۶۱
CRF: هشت ، نه ، ده ، پانزده ، چهل و چهار
Critical: ۲۶۱
Cruise control: ۱۶۶
Customer Base: ۱۸۳
CVVT: ۳۱ ، ۱۰۴ ، ۱۵۵
Cycle Time: ۲۲۹

D

D21: چهل ، چهل و شش
D471309: ۲۰۰
Dashboard: ۱۴۱
Data Transfer: ۱۸۳
dB: ۱۴۵
Defect>=B: ۲۵۵
DELFI: هشت
Design Team: ۱۸۰
DFR (Damage Failure Report): ۲۱۶ ، ۲۵۵ ، ۲۵۶
Diagnostic: ۱۵۷
Differential: ۱۳۴
DIN: ۱۰۲ ، ۱۰۵ ، ۱۹۰ ، ۱۹۳ ، ۲۷۸
DIN 1725-02: ۱۰۲ ،۱۰۵
DIN EN 1706: ۱۰۲ ،۱۰۵
DPM: ۲۵۸ ،۲۶۵
Drive ability: ۱۳۶
DYNOROAD AFA Operation and Maintenance: ۳۰۱

E

ECE R110: ۱۹۷
ECU: ۱۱۴ ،۱۵۴
EF4: بیست و هفت ، سی و دو
EF7: بیست و هفت ، بیست و هشت ، بیست و نه ، سی و دو ، ۴۰ ، ۴۱ ، ۴۲ ، ۴۳ ، ۴۴ ، ۴۵ ، ۴۶ ، ۴۷
EF7TC: سی و دو ، سی و هفت ، ۲۱
Elasticity: ۱۳۵
EMS: ۲۷۷
Engine Bounce Behavior: ۱۳۹
Engine Claim: ۲۵۵
Engine Family 1.7: بیست و هشت
Engine Management system (EMS): ۲۷۷
Engine Start Behavior: ۱۳۹
Engineering and Development Capability: ۱۸۳
Engineering Standards: ۱۹۵
Ergonomics: ۱۴۱
ES-ICE: ۶۲
Euro 3: ۱۲۷ ، ۱۶۶ ، ۱۶۸
Euro 4: ۶ ، ۹ ، ۱۲۷ ، ۱۶۶ ، ۱۶۷ ، ۱۷۰
Euro 5: ۶ ، ۹ ، ۱۶۶
EV1.3: ۳۱
EV6E: ۳۱
EVS (Earned Value System): ۳۱۷
Exhaust: ۱۴۲ ،۱۵۷
Exhaust System: ۱۴۲
Experience for Volume Production: ۱۸۳

F

F.A Final: ۲۵۵
Fastening: ۲۴۱
Fault Reading: ۲۸۷
FEMFAT: ۶۳ ، ۶۴ ، ۳۰۱
FEV: بیست و چهار ، بیست و پنج ، بیست و شش ، بیست و هفت ، بیست و هشت ، سی ، سی و دو ، سی و سه ، سی و چهار ، سی و هفت ، سی و هشت ، سی و نه ، چهل و دو ، چهل و چهار ، چهل و پنج
Flexible Pipe: ۱۴۳
Flow bench: ۱۷
Flow box: ۱۶
Flow coefficient: ۱۷
Flow performance: ۳۰
Flowmaster: ۵۵ ، ۵۶ ، ۳۰۱

Foreign Suppliers: ۱۸۴
Forged Parts: ۱۸۴
Fr: ۱۹۹
FR7DE: ۳۱
FR8DE: ۳۱
Fuel System: ۱۵۷
Full Load Run Up: ۱۳۹

G

G20: ۲۰۰
GAISi9CU3: ۱۰۵
GJS: ۱۲۶
GM-622: بیست و چهار
GT-Cool: ۵۵ ، ۱۳۵ ، ۱۳۷ ، ۳۰۱ ، ۳۰۲
GT-Drive: ۱۳۴ ، ۱۳۵
GT-Power: ۵۴ ، ۱۳۵ ، ۱۴۵ ، ۳۰۱ ، ۳۰۲
GT-Power for 1D Gas Exchange: ۳۰۲
GT-SUITE: ۵۴ ، ۵۵ ، ۱۳۴ ، ۱۳۵
Guide: ۹۹

H

H2S: ۲۰۰
Hard Tool: ۱۸۶
Hex File: ۱۵۸
Hill Start: ۱۳۵
Honing: ۳۰۵
Hot Lamp & Stop Lamp: ۱۵۵
Hot Test: ۲۵۸
HPDC: ۳۰۶
HVAC (Heating, Ventilating and Air Condition): ۱۳۴
Hydraulic: ۱۵۵

I

IFP: هشت
Ignition System: ۱۵۷
IKCO DIAG: ۲۷۷
INCA: ۱۵۸ ، ۱۵۹
Instrument Panel: ۱۵۵
In-Tank: ۱۴۷
Integrated: ۱۲۳ ، ۲۳۸
International Suppliers: ۱۸۴
IP16: ۳۱۱
IQF: ۲۵۵ ، ۲۵۶ ، ۲۵۷ ، ۲۶۷ ، ۲۶۸
ISO: ۱۹۰ ، ۱۹۳ ، ۳۰۰ ، ۳۰۱
ISO /IEC17025: ۳۰۱
ISO 10015: ۳۰۰
ISO 1585: ۳۲ ، ۳۹
ISO 17025: ۳۰۱
Itemized Price Index: ۱۸۷

J

Jidoka: ۲۳۹
Joint-Ventures Possibilities: ۱۸۳

K

K4M: بیست و یک ، بیست و نه
K7M: بیست و یک
Kanban: ۲۴۳
Kind Of Company: ۱۸۳

L

L90: بیست و نه ، سی ، سی و نه
Labview: ۳۰۱
Ladder Frame: ۳۰۵
LC: بیست و هشت ، بیست و نه
License: ۱۷۹
Load: ۱۵۷
Local Suppliers: ۱۸۴
LOTUS: هشت ، چهل و پنج

M

Magneti Marelli: هشت
Major: ۲۶۱
MARC® FE Analysis Incl. License: ۳۰۲
Marriage: ۲۴۰
Mass Production: ۱۸۶
Material Standards: ۱۹۵
MATLAB: ۶۹
MIRA: پانزده
Modal: ۱۳۹
Mule Engines: ۱۸۵

N

Net Present Value (Worth): ۳۱۸
NEW Production Development: ۲۱۰
NGI 2CP: ۳۱

NGI2: ۳۱
NMI: ۸ ، بیست و یک
Nomination Letter: ۱۸۳
None Disclosure Agreement: ۱۸۳
Normal: ۲۰۰
NTC = Negative Thermal Coefficient: ۲۸۱

O

O3: ۱۲۳
OEM (Original Equipment Manufacturing): ۱۷۱
Off-Line: ۱۵۸
OHVG II: سی و یک
OM314: چهارده
OM355: چهارده
On Vehicle Repair: ۲۵۸ ، ۲۵۹
Operating Data: ۱۵۶
Origin: ۳۰۱
O-Ring: ۲۸۱
Over Run Fuel Cut Off: ۱۶۶

P

Packaging & Layout: ۱۴۲
Pallet Audit: ۲۵۸
Part Standards: ۱۹۵
Pclaim/100car: ۲۵۵
Performance: ۳۰ ، ۱۳۵
PGM (Platinum Group Metal): ۱۲۷
PID: ۲۷ ، ۳۰۱
Piezo electric, Water Cooled: ۲۰
Piezo resistive: ۲۰
PIR/DFR: ۲۵۵ ، ۲۵۶
Plastic: ۶۶
Plasto sintering: ۲۴
Pokayoke: ۲۳۹
Powder Metallurgy: ۹۵ ، ۷۸
Power Train: ۱۳۸
PPAP: ۲۵۱ ، ۲۵۲ ، ۳۰۱
PPM 0km: ۲۵۵ ، ۲۶۸
Pre-Series: ۱۸۶
PRO / Intralink: ۷۴ ، ۳۰۲ ، ۳۰۵
Pro/E: ۱۰۱
Problem Investigation Request: ۲۵۶
Process Qualification: ۲۵۷ ، ۳۰۱
Process Standards: ۱۹۵
Procurement Team: ۱۸۰
Production Line Standards: ۱۹۵
Production Values per Annum: ۱۸۴
Pro-Engineer: ۷۴ ، ۳۰۱
Programmable Test Cell Control: ۳۰۱
Project, Planning, Time Schedules: ۱۸۴
Prototypes: ۱۸۳
Prototype-Tooling Capability: ۱۸۳
PSA: ۱۴۷
Pull & Repair: ۲۵۸
Pull Kanban: ۲۴۳
Pulsation Effect: ۱۶۲
PUMA: ۱۵۸
PUMA OPEN: ۳۰۱ ، ۳۰۳
Pump: ۱۴۷
Purge Valve: ۱۵۷
Push & Pull System: ۲۳۸
PVO: سی و چهار

Q

QRD: ۳۰۶
QS-9000: ۲۵۱
QS-Inspection: ۱۸۳
Quality Check List: ۱۸۷
Quality Plan: ۲۵۴
Quality Standards: ۱۹۵
Quartz7000: ۲۶
Quasi Static or Extreme Drive Maneuvers: ۱۳۹

R

R&D: بیست و سه
R2: ۱۴۷
Rapid Prototyping: ۱۸۶
Recycling Ability: ۱۸۳
References: ۱۸۳
Regulation: ۲۶۱
Reliability: ۲۵۵
Repair Manual: ۲۶۷
Restart: ۱۶۹
Return-less: ۱۴۷
RFQ: هشت ، بیست و هفت ، چهل و پنج
Ricardo: هشت ، چهل و چهار ، چهل و پنج
Ring: ۱۴۷
Rocker: هشت
Root Card: ۲۴۰

Running Test: ۲۵۵
RUP: ۳۰۱

S

S.D: ۲۵۵
SAGEM: هشت ، نه ، ده ، دوازده ، چهارده
Scrap Parts Ability: ۱۸۳
Security: ۲۶۱
Series Tooling: ۱۸۳
Shop Demerit: ۲۵۶
SIEMENS: هشت ، چهارده
SIMO: ۱۲۶
Soft Tool: ۱۸۶
SolidWorks: ۳۰۱
SOP: ۱۸۴ ، ۱۸۶ ، ۲۵۵ ، ۲۶۴ ، ۲۶۵ ، ۲۶۶ ، ۲۶۷ ، ۲۶۸
SOP+17 Weeks: ۲۵۵
SOP+3 Weeks: ۲۵۵
SQFE: ۳۰۱
Stage: ۱۸۵ ، ۱۸۶
STAR-CD: ۵۹ ، ۶۰ ، ۶۲ ، ۱۲۵
Start: ۱۶۸
Start of Production (SOP): ۳۱۲
Sub-Suppliers Auditing: ۱۸۳
Surge Line: ۱۲۷
Supplier Categorization: ۱۸۴
Suppliers Candidate: ۱۸۲
Survey Plan: ۲۶۱
SWOT: ۲۹۸

T

TA: ۳۰۳
Target Price: ۱۸۷
Target Weight: ۱۳۸
Test Rig: ۲۱۱
Test Run Preparation Puma Open: ۳۰۱
The Capacity For Casted: ۱۸۴
The Handling of the Different Parts for the Engine Family: ۱۸۴
The Handling of the SOP-Process: ۱۸۴
The Pattern-Making and Tooling-Process: ۱۸۳
Tolerance Chart: ۲۶۱
Tolerances: ۱۸۷
Tooling in-House or from Suppliers near by: ۱۸۳
Tooling- Lifetime: ۱۸۳
Tooling Program: ۱۸۳
Torque Demand: ۱۵۶
Torque Structure: ۱۵۷
Toyota Production System: ۲۳۸
TU3: نه
TU5: نه ، بیست و یک ، بیست و چهار ، بیست‌و نه، سی ، سی و چهار ، سی و پنج ، سی و نه ، چهل، چهل و یک ، چهل و دو ، ۷ ، ۸ ، ۹ ، ۱۰۱ ، ۲۲۴ ، ۲۳۲ ، ۳۰۶ ، ۳۱۱ ، ۳۱۲. ۳۱۴ ، ۳۱۹
TU5/JP4: ۳۱۱
Tumble Intensity: ۱۷

U

UML: ۳۰۱
Using ADANS Engine: ۳۰۲
Using GT-Cool for ID Cooling system: ۳۰۲

V

Validation: ۲۱۰
Vehicle Select: ۲۸۶
Video Meeting: ۱۹۱
VINS: ۱۳۹
Volere: ۴
Volumetric Efficiency: ۱۷

W

Washer: ۱۴۷
Water Cooled: ۲۰

X

X11: سی و هفت
X12: سی و هفت
XU7: هشت ، نه ، بیست و نه ، سی ، ۶ ، ۷ ، ۸ ، ۱۳۸ ، ۱۴۷ ، ۲۲۵ ،
XU7-JP/L3: ۱۴۳ ، ۳۱۰ ، ۳۱۱
XU9: نه ، یازده ، سی

Z

Zero-Dimentional: ۱۶
Zuck: ۵۸ ، ۳۰۱

واژه‌نامه

ب.ن.م.ب.	بعد از نقطه مکث بالا
ب.ن.م.پ.	بعد از نقطه مکث پایین
د.د.د.	دور در دقیقه
زبمپ	زمان‌بندی متغیر پیوسته
طرح R2	طرح نصب موتور TU5 بر روی‌خودروی سمند
ق.ن.م.ب	قبل از نقطه مکث بالا
ق.ن.م.پ.	قبل از نقطه مکث پایین

آ

آب‌بند	Gasket
آب‌بند حلقوی	O-Ring
آبگرد	Water Jacket
آرایه	Matrix
آزمون آب‌بندی	Running Test
آزمون ازهم پاشیدگی چرخ طیار	Flywheel Burst Test
آزمون دوام	Durability Test
آزمون دمای سمبه	Piston Temperature Test
آزمون سایش سمبه سرد	Cold Piston Scuff Test
آزمون سایش سمبه داغ	Hot Piston Scuff Test
آزمون گرم نهایی موتور	End Line Hot Test
آزمون موتور در شیب	Engine Inclination Test
آزمـون‌های تنـاوبی روی بـدنـه و بستار	Block and Head Pulse Tests
آزمون‌های اندازه گیری و حسی	Objective and Subjective Tests
آزمون‌های صحه‌گذاری	Validation Tests
آزمون‌های ممیزی	Audit Tests
آزمون‌های وظیفه‌ای	Functional Tests
آستری	Liner

الف

اتصال چنگگی	Clutch
ارتعاش‌گیر دورانی	Torsional Vibration Damper , TVD
ازون	Ozone
استانده	Standard
استکانی	Tappet
استوکیومتری	Stoichiometry
اضافه سرعت	Over Speed
اضافه هوا	Lambda , λ
افشانهٔ خنک‌کن	Cooling Jet
الگوبرداری	Benchmarking
الگوی سه‌بعدی	3D Model
انبارهٔ برق	Battery
انحراف معیار استاندهٔ فشار مؤثر متوسط داخلی	δ IMEP
انسداد تبخیری	Vapor Lock

Pin	انگشتی
ب	
Feedback	بازخور
Volumetric Efficiency	بازدهٔ تنفسی
Engine Block	بدنه
Electromagnetic	برقاطیسی
Honing	برقه‌زنی
Off-Line	برون خط
Frequency	بسامد
Polymeric	بسپاری
Cylinder Head	بستار
Seal	بی‌نشتی
پ	
Fuel Rail	پخش کنندهٔ گاز
Turbocharger	پرخوران
Cooling Fans	پروانه‌های خنک‌کن
After Treatment	پس‌پالایشگر
Feedback	پسخور
Back Pressure	پس‌فشار
Oil Module	پودمان روغن
Washer	پولکی
Valve Train Dynamic [Test]	پویایی سازوکار دریچه [آزمون]
Catalyst Aging	پیر کردن مبدل شیمیایی
Pre-Assembly	پیش همبندی
Instrument Panel	پیشخوان
Feed forward	پیشخور
Advance	پیشرسی
ت	
Piston Crown	تاج سمبه
Friction Analysis [Test]	تحلیل اصطکاکی [آزمون]
Dynamic Analysis	تحلیل پویایی
Valve Train Dynamic Analysis [Test]	تحلیل کارکرد پویایی دریچه‌ها [آزمون]
Weak Point Analysis [Test]	تحلیل نقاط ضعف [آزمون]
Crack	تَرَک
Verification	تصدیق
Differential	تفاضلی
Power Steering Pump	تلمبهٔ فرمان روغنی
Full Load	تمام‌بار
Compressor	تنجار
Natural Aspirated	تنفس طبیعی
Exciting Frequency	تواتر تحریک
Natural Frequency	تواتر طبیعی

Hub	توپی
Product Development	توسعهٔ محصول
Toluene	تولوئن
Off-Line Production	تولید آزمایشی
Crankcase Ventilation	تهویهٔ محفظهٔ لنگ
ج	
Conrod Shank	جان دسته سمبه
Lambda Base Map	جدول پایهٔ رقّت
Flow Box	جعبه جریان
چ	
Stop Lamp	چراغ ایست
Mill Lamp	چراغ عیب
Sprocket	چرخ دنده‌ای
Crankshaft Sprocket	چرخ دنده‌ای سر میل‌لنگ
Starter Gear	چرخ دندهٔ راه‌انداز
Camshaft Sprocket	چرخ دنده روی میل‌بادامک
Flywheel	چرخ طیار
Exhaust Manifold	چند راههٔ دود
Intake Manifold	چند راههٔ هوا
Fuel Rail	چندراههٔ گاز
Manifold	چندراهه
ح	
Failure Modes	حالات خرابی
Surge Line	حد پس‌زنی
Sensor	حسگر
Camshaft Sensor	حسگر زاویهٔ میل بادامک
Knock Sensor	حسگر کوبش
Lambda Close Loop	حلقهٔ بسته رقّت
خ	
Honing	خارکشی
Plastic	خمیری
Inter Cooler	خنک کن میانی
Self-Magnetic	خود القایی
Jidoka	خودپایشی ذاتی
Maximum Lift	خیز حداکثر
د	
Base Circle	دایرهٔ مبنا
Valve Cover	درپوش دریچه
Gaskets	درزبندها
Waste Gate	دریچهٔ کنارگذر
Fuel Conditioning System	دستگاه تنظیم شرایط سوخت
Air Conditioning System	دستگاه هواساز

Conrod	دسته سمبه
Engine Mount	دسته موتور
Manual	دستینه
Thermostat	دمابان
Differential Gears	دنده‌های تفاضلی
Bi-Fuel	دو سوخته
Thermal Durability [Test]	دوام حرارتی [آزمون]
Resonance Durability [Test]	دوام در دور تشدید [آزمون]
Idle Speed	دور آرام
Exhaust Valve Event Length	دورهٔ باز بودن دریچهٔ دود
Intake Valve Event Length	دورهٔ باز بودن دریچهٔ هوا
Dual Fuel	دوگانه‌سوز

ذ

Particle Materials	ذرات معلق

ر

Starter/Start	راه انداز / راه اندازی
Cold Start	راه اندازی سرد
Re-Start	راه اندازی مجدد
Port	راهگاه
Exhaust Port	راهگاه خروجی
Intake Port	راهگاه ورودی
Tier 1	رده اول/ رده اولی
Air Fuel Ratio	رقّت
Tolerance	رواداشت
Geometric Tolerance	رواداشت هندسی
Lubrication	روانکاری
Scan	روبش
Microprocessor	ریز پردازنده

ز

Spark Advance Timing	زاویهٔ پیش رسی جرقه
Continues Variable Valve Timing (CVVT)	زبمپ
Injection Timing	زمانبندی پاشش سوخت
Valve Timing/Variable Valve Timing	زمان‌بندی دریچه‌ها / زمان‌بندی متغییر دریچه‌ها
Supply Chain	زنجیرهٔ تأمین
Calibration	زینه‌بندی

س

Valve Train	سازوکار دریچه‌ها
Crank Train	سازوکار لنگ
Stem	ساق
Monitoring System	سامانهٔ پایش
Turbocharge System	سامانهٔ پرخوران
Exhaust System	سامانهٔ تخلیهٔ دود
Crankcase Ventilation System	سامانهٔ تهویهٔ محفظهٔ لنگ
Cooling System	سامانهٔ خنک‌کاری
Lubrication System	سامانهٔ روانکاری
Crank Train System	سامانهٔ لنگ
Engine Management System	سامانهٔ مدیریت موتور
Intake System	سامانهٔ هوای ورودی
Wearing	سایش
Induction Hardening	سخت کاری القایی
Sodium Filled	سدیمی [دریچه]
Piston	سمبه
Carburetor	سوخت آما
Coolant	سیال خنک‌کن
Coil	سیم‌پیچ افروزش

ش

Flow	شار
Injection Flow	شار پاشش
Flow Meter	شارسنج
Tumble Intensity	شدت گردباده
Idle Condition	شرایط درجا
Spark Plug Heat Range	شمارهٔ حرارتی شمع
GD&T	رواداشت گذاری هندسی و ابعادی
Floating Pin	شناوری انگشتی
CVVT Control Valve	شیر زمانبندی متغیر

ص

Validation	صحه‌گذاری
Baffle Plate	صفحهٔ موج‌گیر

ض

Deep Thermal Shock [test]	ضربهٔ حرارتی شدید [آزمون]
Correction Factor	ضریب تصحیح

ط

Detail Design	طراحی تفصیلی
Concept Design	طراحی مفهومی
Layout	طرحواره
Stroke	طول جابه‌جایی

ظ

Engine Capacity	ظرفیت موتور

ع

Tumble Ratio	عدد گردباده
Diagnostic	عیب‌یاب/ عیب‌یابی

غ

Diaphragm	غشاء

ف

Piezo electric	فشار برقی
Piezo resistive	فشار ستیز
FMEP	فشار مؤثر متوسط اصطکاکی
BMEP	فشار مؤثر متوسط ترمزی
IMEP	فشار مؤثر متوسط داخلی
Gas Exchange IMEP	فشار مؤثر متوسط داخلی تبادل گاز
Powder Metallurgy	فلزکاری گرد

ق

Ladder Frame	قاب نردبانی
Cam Bearing Frame	قاب یاتاقان
Drivability	قابلیت رانندگی
Shell Molding	قالب گیری پوسته‌ای
Soft Tool	قالب نرم
Crankshaft Pulley	قرقرهٔ سر میل‌لنگ
Exhaust Valve Diameter	قطر دریچهٔ دود
Throttle Diameter	قطر دریچهٔ گاز
Port Diameter	قطر راهگاه
Top End Parts	قطعات بالایی
Bottom End Parts	قطعات پایینی
Outer Parts	قطعات جانبی
Raw Parts	قطعات خام

ک

Elasticity	کشسانی
Deep Tensile	کشش عمیق
Bending	کمانش
Knock	کوبش
Knock Meter	کوبش سنج

گ

Compressed Natural Gas (CNG)	گاز طبیعی فشرده
Sealing	گازبندی
Residual Gas	گازهای پسماند
Tumble	گردابه
Turbocharger Turbine	گردای پرخوران
Dust shield	گردگیر
Catalyst Heating	گرمایش واکنشگر
Maximum Valve Lift	گشودگی بیشینهٔ دریچه

ل

لامبدا	λ
لایی	Gasket
لایی بستار	Cylinder Head Gasket
لقی‌گیر روغنی	Hydraulic Lash Adjuster
لگام ترمز	Dynamometer
لولهٔ تغذیهٔ روغن	Oil Suction Tube
لولهٔ راهنما (هادی)	Valve Guide

م

ماهیچهٔ آبگرد	Water Jacket Core
ماهیچهٔ برگشت روغن	Oil Return Core
مبدل شیمیایی	Catalyst
مجموعهٔ قوای محرکه	Powertrain System
محافظ حرارتی	Heat Shield
محفظهٔ روغن شفاف [آزمون]	Transparent Oil Pan [Test]
محفظهٔ لنگ	Crankcase
مخزن آرامش	Plenum
مخزن روغن	Oil Pan
مرکز تحقیقات آخن	FEV
مصرف ویژهٔ سوخت ترمزی	BSFC
مصرف ویژهٔ سوخت داخلی	ISFC
موتور آزمایشگاهی	Mule Engine
مولد برق	Alternator
میل‌بادامک میان‌تهی	Hollow Camshaft
میل‌بادامک همبندی شده	Assembled Camshaft

ن

نرخ آزاد شدن گرما	Heat Release Rate
نشیمنگاه	Valve Seat
نقدگاه	Milestone
نقطهٔ مکث	Dead Center
نگاشت	Calibration
نگاشت خودرو	Vehicle Calibration
نگاشت موتور	Engine Calibration
نوار پراکندگی	Scatter Band
نیمه بار	Part Load

و

واکنشگر	Catalyst

هـ

هرزگرد	Idler
همبستهٔ آلومینیوم	Aluminum Alloy
همبسته	Alloy
همبندی	Assembly
همپوشانی دریچه‌ها	Valves' Overlap
هندسهٔ راهگاه‌ها	Ports' Geometry
هوادهی	Oil Aeration

ی

یاتاقان‌های استوانه‌ای یک‌تکه	Non-Split Bushing

Keywords

Number, Symbol, Abbreviations

δ IMEP	انحراف معیار استاندهٔ فشار مؤثر متوسط داخلی
λ	لامبدا
3D Model	الگوی سه‌بعدی

A

Advance	پیشرسی
After Treatment	پس‌پالایشگر
Air Conditioning System	دستگاه هواساز
Air Fuel Ratio	رقّت
Alloy	همبسته
Alternator	مولد برق
Aluminum Alloy	همبستهٔ آلومینیوم
Assembled Camshaft	میل‌بادامک همبندی شده
Assembly	همبندی
Audit Tests	آزمون‌های ممیزی

B

Back Fire	برگشت شعله
Back Pressure	پس‌فشار
Baffle Plate	صفحهٔ موج‌گیر
Base Circle	دایرهٔ مبنا
Battery	انبارهٔ برق
Benchmarking	الگوبرداری
Bending	کمانش
Bi-Fuel	دو سوخته
Block and Head Pulse Tests	آزمون‌های تناوبی روی بدنه و بستار
Blow by	نشتی بخار موتور
BMEP	فشار مؤثر متوسط ترمزی
Bottom End Parts	قطعات پایینی
BSFC	مصرف ویژهٔ سوخت ترمزی

C

Calibration	نگاشت، زینه‌بندی
Cam Bearing Frame	قاب یاتاقان
Camshaft Sensor	حسگر زاویهٔ میل بادامک
Camshaft Sprocket	چرخ دنده روی میل‌بادامک
Carburetor	سوخت آما
Catalyst	مبدل شیمیایی، واکنشگر
Catalyst Aging	پیر کردن مبدل شیمیایی
Catalyst Heating	گرمایش مبدل شیمیایی
Clutch	اتصال چنگکی
Coil	سیم‌پیچ افروزش
Cold Piston Scuff Test	آزمون سایش سمبه سرد
Cold Start	راه اندازی سرد
Compressed Natural Gas (CNG)	گاز طبیعی فشرده
Compressor	تنجار
Concept Design	طراحی مفهومی

Conrod	دسته سمبه
Conrod Shank	جان دسته سمبه
Continues Variable Valve Timing (CVVT)	زمانبندی متغیر پیوسته دریچه (زبمپ)
Coolant	سیال خنک‌کن
Cooling Fans	پروانه‌های خنک‌کن
Cooling Jet	افشانهٔ خنک‌کن
Cooling System	سامانهٔ خنک‌کاری
Correction Factor	ضریب تصحیح
Cost Pack	بسته هزینه‌ای
Crack	تَرَک
Crank Train	سازوکار لنگ
Crank Train System	سامانهٔ لنگ
Crankcase	محفظهٔ لنگ
Crankcase Ventilation	تهویهٔ محفظهٔ لنگ
Crankcase Ventilation System	سامانهٔ تهویهٔ محفظهٔ لنگ
Crankshaft Pulley	قرقرهٔ سر میل‌لنگ
Crankshaft Sprocket	چرخ دندانه‌ای سر میل‌لنگ
CVVT Control Valve	شیر زمانبندی متغیر
Cylinder Head	بستار
Cylinder Head Gasket	لایی بستار

D

Dashboard	پیشخوان
Dead Center	نقطهٔ مکث
Deep Tensile	کشش عمیق
Deep Thermal Shock [test]	ضربهٔ حرارتی شدید [آزمون]
Detail Design	طراحی تفصیلی
Diagnostic	عیب‌یاب/ عیب‌یابی
Diaphragm	غشاء
Differential	تفاضلی
Differential Gears	دنده‌های تفاضلی
Drivability	قابلیت رانندگی
Dual Fuel	دوگانه‌سوز
Durability Test	آزمون دوام
Dust shield	گردگیر
Dynamic Analysis	تحلیل پویایی
Dynamometer	لگام ترمز

E

ECU	واحد نظارت الکترونیکی، رایانه سامانه مدیریت هوشمند خودرو
Elasticity	کشسانی
Electromagnetic	برقاطیسی
End Line Hot Test	آزمون گرم نهایی موتور
Engine Block	بدنه
Engine Calibration	نگاشت موتور
Engine Capacity	ظرفیت موتور
Engine Inclination Test	آزمون موتور در شیب
Engine Management System	سامانهٔ مدیریت موتور
Engine Mount	دسته موتور
Exciting Frequency	تواتر تحریک
Exhaust Manifold	چند راههٔ دود
Exhaust Port	راهگاه خروجی
Exhaust System	سامانهٔ تخلیهٔ دود
Exhaust Valve Diameter	قطر دریچهٔ دود
Exhaust Valve Event Length	دورهٔ باز بودن دریچهٔ دود

F

Failure Modes	حالات خرابی
Feed forward	پیشخور
Feedback	بازخور، پسخور
Floating Pin	شناوری انگشتی
Flow	شار
Flow Box	جعبه جریان
Flow Coefficient	ضریب جریان
Flow Meter	شارسنج
Flywheel	چرخ طیار
Flywheel Burst Test	آزمون ازهم پاشیدگی چرخ طیار
FMEP	فشار مؤثر متوسط اصطکاکی
Frequency	بسامد، تواتر
Friction Analysis [Test]	تحلیل اصطکاکی [آزمون]
Fuel Conditioning System	دستگاه تنظیم شرایط سوخت
Fuel Rail	پخش کنندهٔ گاز، چندراههٔ گاز
Full Load	تمام‌بار
Functional Tests	آزمون‌های وظیفه‌ای

G

Gas Exchange IMEP	فشار مؤثر متوسط داخلی تبادل گاز
Gasket	آب‌بند، لایی، درزینه
GD&T	رواداشت گذاری هندسی و ابعادی
Geometric Tolerance	رواداشت هندسی

H

Heat Release Rate	نرخ آزاد شدن گرما
Heat Shield	محافظ حرارتی
Hill Start	راه اندازی در سربالایی
Hollow Camshaft	میل‌بادامک میان‌تهی
Honing	برقه‌زنی، خارکشی
Hot Piston Scuff Test	آزمون سایش سمبه داغ
Hub	توپی
Hydraulic Lash Adjuster	لقی‌گیر روغنی

I

Idle Condition	شرایط درجا
Idle Speed	دور آرام
Idler	هرزگرد
IMEP	فشار مؤثر متوسط داخلی
Induction Hardening	سخت کاری القایی
Injection Flow	شار پاشش
Injection Timing	زمانبندی پاشش سوخت
Instrument Panel	پیشخوان
Intake Manifold	چند راههٔ هوا
Intake Port	راهگاه ورودی
Intake System	سامانهٔ هوای ورودی
Intake Valve Event Length	دورهٔ باز بودن دریچهٔ هوا
Inter Cooler	خنک کن میانی
ISFC	مصرف ویژهٔ سوخت داخلی

J

Jidoka	خودپایشی ذاتی

K

Knock	کوبش
Knock Meter	کوبش سنج
Knock Sensor	حسگر کوبش
Knock Sensitivity	حساسیت به پدیده کوبش

L

Ladder Frame	قاب نردبانی
Lambda , λ	اضافه هوا
Lambda Base Map	جدول پایهٔ رقّت
Lambda Close Loop	حلقهٔ بسته رقّت
Layout	طرحواره
Liner	آستری
Lubrication	روانکاری
Lubrication System	سامانهٔ روانکاری

M

Manifold	چندراهه
Manual	دستینه
Matrix	آرایه
Maximum Lift	خیز حداکثر
Maximum Valve Lift	گشودگی بیشینهٔ دریچه
Microprocessor	ریز پردازنده
Milestone	نقدگاه
Mill Lamp	چراغ عیب
Monitoring System	سامانهٔ پایش
Mule Engine	موتور آزمایشگاهی

N

Natural Aspirated	تنفس طبیعی
Natural Frequency	تواتر طبیعی
Non-Split Bushing	یاتاقان‌های استوانه‌ای یک‌تکه

O

O3	ازون
Objective and Subjective Tests	آزمون‌های اندازه گیری و حسی
Off-Line	برون خط
Off-Line Production	تولید آزمایشی
Oil Aeration	هوادهی روغن
Oil Module	پودمان روغن
Oil Pan	مخزن روغن
Oil Return Core	ماهیچهٔ برگشت روغن
Oil Suction Tube	لولهٔ تغذیهٔ روغن
O-Ring	آب‌بند حلقوی
Outer Parts	قطعات جانبی
Over Speed	اضافه سرعت

P

PCV	شیر تنظیم فشار نشتی بخار موتور
Part Load	نیمه بار
Particle Materials	ذرات معلق
Piezo electric	فشار برقی
Piezo resistive	فشار ستیز
Pin	انگشتی
Piston	سمبه
Piston Crown	تاج سمبه
Piston Temperature Test	آزمون دمای سمبه
Plastic	خمیری، پلاستیک
Platform	کفی
Plenum	مخزن آرامش
Polymeric	بسپاری
Port	راهگاه
Port Diameter	قطر راهگاه
Ports> Geometry	هندسهٔ راهگاه‌ها
Powder Metallurgy	فلزکاری گرد
Power Steering Pump	تلمبهٔ فرمان روغنی
Powertrain System	مجموعهٔ قوای محرکه
Pre-Assembly	پیش همبندی
Product Development	توسعهٔ محصول

R

Raw Parts	قطعات خام
Residual Gas	گازهای پسماند
Resonance Durability [Test]	دوام در دور تشدید [آزمون]
Re-Start	راه اندازی مجدد
Running Test	آزمون آب‌بندی

S

Scan	روبش
Scatter Band	نوار پراکندگی
Seal	بی‌نشتی
Sealing	گازبندی
Self-Magnetic	خود القایی
Sensor	حسگر
Shell Molding	قالب گیری پوسته‌ای
Sodium Filled	سدیمی [دریچه]
Soft Tool	قالب نرم
Spark Advance Timing	زاویهٔ پیش رسی جرقه
Spark Plug Heat Range	شمارهٔ حرارتی شمع
Sprocket	چرخ دندانه‌ای
Standard	استانده
Starter Gear	چرخ دندهٔ راه‌انداز
Starter/Start	راه انداز / راه اندازی
Stem	ساق
Stoichiometry	استوکیومتری
Stop Lamp	چراغ ایست
Stroke	طول جابه‌جایی
Supply Chain	زنجیرهٔ تأمین
Surge Line	حد پس‌زنی

T

Tappet	استکانی
Thermal Durability [Test]	دوام حرارتی [آزمون]
Thermostat	دمابان
Throttle Diameter	قطر دریچهٔ گاز
Tier 1	رده اول/ رده اولی
Tolerance	رواداشت
Toluene	تولوئن
Top End Parts	قطعات بالایی
Torsional Vibration Damper , TVD	ارتعاش‌گیر دورانی
Transparent Oil Pan [Test]	محفظهٔ روغن شفاف [آزمون]
Tumble	گردابه، گردباده
Tumble Intensity	شدت گردباده
Tumble Ratio	عدد گردباده
Turbocharge System	سامانهٔ پرخوران
Turbocharger	پرخوران
Turbocharger Turbine	گردای پرخوران

V

Validation	صحه‌گذاری
Validation Tests	آزمون‌های صحه‌گذاری
Valve Cover	درپوش دریچه
Valve Guide	لولهٔ راهنما (هادی)
Valve Lift	خیز دریچه
Valve Seat	نشیمنگاه
Valve Timing/Variable Valve Timing	زمان‌بندی دریچه‌ها / زمان‌بندی متغییر دریچه‌ها
Valve Train	سازوکار دریچه‌ها
Valve Train Dynamic [Test]	پویایی سازوکار دریچه [آزمون]
Valve Train Dynamic Analysis [Test]	تحلیل کارکرد پویایی دریچه‌ها [آزمون]
Valves> Overlap	همپوشانی دریچه‌ها
Vapor Lock	انسداد تبخیری
Vehicle Calibration	نگاشت خودرو
Verification	تصدیق
Viscosity	گرانروی
Volumetric Efficiency	بازدهٔ تنفسی

W

Washer	پولکی
Waste Gate	دریچهٔ کنارگذر
Water Jacket	آبگرد
Water Jacket Core	ماهیچهٔ آبگرد
Weak Point Analysis [Test]	تحلیل نقاط ضعف [آزمون]
Wearing	سایش

[۱۳] نمودار چرخهٔ فعالیتهای
مرکزتحقیقات موتور ایران خودرو