

ویژه مدیران و کارشناسان ارشد

# کتاب لکوموتیو



محمد قربانعلی بیک

۱۳۸۸

## شناسنامه

## فیبا

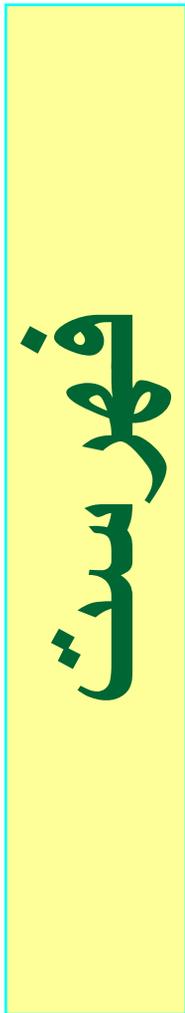
- سر شناسه : قربانعلی بیگ، محمد، ۱۳۶۱
- عنوان و پدید آور: کتاب لکوموتیو
- نویسنده : محمد قربانعلی بیگ
- مشخصات نشر : قزوین، پرک، ۱۳۸۸
- مشخصات ظاهری : ۳۲ ص.
- قیمت : 5000 ریال
- شابک 978-600-5414-01-1
- وضعیت فهرست نویسی : فیبا
- کتابنامه: ص.۳۲
- موضوع : راه آهن -
- رده بندی کنگره : 1388 ک۲ق/۴TJ605
- رده بندی دیویی : 625/26
- شماره کتابخانه ملی : 1767808

- مؤسسه نشر: پرک
- ص پ: 34185-1791
- تلفن : 02813662350
- نام کتاب : کتاب لکوموتیو
- مولف : محمد قربانعلی بیگ
- ویراستار : سپیده رضانی
- چاپ اول : ۱۳۸۸
- تیراژ : ۱۰۰۰ عدد
- چاپخانه :
- لیتوگرافی :
- شابک : 978-600-5414-01-1
- ISBN : 978-600-5414-01-1
- قیمت : 5000 ریال

## مراجع

- تکنولوژی روز راه آهن ژاپن
- برقی کردن راه آهن
- (عباس قربانعلی بیگ)
- کتاب مشکی (عباس قربانعلی بیگ)
- استراتژی تحقق اهداف چشم انداز
- ۱۴۰۴ در صنعت ریلی از منظر اصلاح
- الگوی مصرف (عباس قربانعلی بیگ)
- قیمتها و هزینه ها در صنعت ریلی
- (فاطمه قربانعلی بیگ)

- اتحادیه بین المللی راه آهنها
- سایت سازندگان لکوموتیو
- سایت راه آهنها
- مجلات (RIJ , RG)
- ویکی پدیا



|     |                              |
|-----|------------------------------|
| ۱   |                              |
| ۲   | شناسنامه                     |
| ۳   | فهرست                        |
| ۴   | مقدمه                        |
| ۵   | تاریخچه راه آهن              |
| ۶   | انواع لکوموتیو               |
| ۷   | مشترکات لکوموتیو             |
| ۸   | لکوموتیو بخار                |
| ۹   | لکوموتیو برقی                |
| ۱۰  | لکوموتیو برقی                |
| ۱۱  | لکوموتیو دیزل الکتریک        |
| ۲۱  | لکوموتیو توربینی             |
| ۳۱  | پلاتفرم مشترک لکوموتیو       |
| ۴۱  | لکوموتیو برقی دیزلی          |
| ۵۱  | لکوموتیو هایبرید             |
| ۶۱  | کشش لکوموتیو                 |
| ۷۱  | ضریب چسبندگی                 |
| ۸۱  | مقاومت حرکت                  |
| ۹۱  | انواع ترمز لکوموتیو          |
| ۱۰۲ | بوژی و بار محوری             |
| ۱۲  | تراکشن موتور و نسبت دنده     |
| ۲۲  | شاسی و قواره لکوموتیو        |
| ۳۲  | موتور دیزل                   |
| ۴۲  | سیستم خنک کاری               |
| ۵۲  | توربو شارژر                  |
| ۶۲  | سیستمهای حفاظتی لکوموتیو     |
| ۷۲  | سیستمهای ایمنی قطار          |
| ۸۲  | خرید، نگهداری و عمر لکوموتیو |
| ۹۲  | مصرف انرژی ریلی              |
| ۱۰۳ | هزینه های جانبی لکوموتیو     |
| ۱۳  | استانداردهای لکوموتیو        |
| ۲۳  | روند تکنولوژی لکوموتیو       |

## مقدمه

راه آهن به عنوان زیر بنای توسعه کشورها میتواند به صورت يك شاخص بسيار مناسب نشان دهنده سياستگذاري، فناوري و مديريت در يك کشور باشد.

این صنعت حاصل تعامل تخصصهاي مختلف فني، مديريتي و اقتصادي است و هنگامي ميتواند به رشد فزاينده و شتابدار برسد که با رويکرد يادگيري سازماني، بهبود مستمر را مهمترين هدف خود قرار دهد.

راه آهن ژاپن را در بخش مسافري و راه آهن آمريکا را در بخش بار ميتوان از موفق ترين راه آهنهاي دنيا نام برد که هر دو از نيمه دهه ۸۰ ميلادی با استفاده از الگوي صحيح خصوصي سازي بدون جداکردن ناوگان و شبکه توانستند به موفقيت استثنائي دست يابند.

در بخش بار راه آهنهاي خصوصي آمريکا با افزايش بار محوري و ارتقاء مستمر تکنولوژي لکوموتيو و رفع گلوگاههاي بهره برداري توانستند بهره وري خود را بصورت چشمگيري بهبود بخشیده و علاوه بر کاهش نسبي انرژي ويژه مصرفي، سرمايه در گردش ويژه (نسبت به گردش مالي) را نيز علي الخصوص در ناوگان کاهش دهند و عملا با اين رويکرد توانستند تعرفه خود را به قيمت ثابت و جاري کاهش دهند.

کتاب حاضر بصورت خاص براي آشنائي مديران و کارشناسان با لکوموتيو نگاشته شده و از آنجايي که بر اساس مطالعات بانک جهاني در کشورهاي در حال توسعه آماده بکاري متوسط لکوموتيو ديزل در حدود ۶۵ درصد است (با بيشتري و وابستگي به خارج) بنظر ميرسد که ميتوان آنرا يکي از مهمترين گلوگاههاي توسعه ريلي قلمداد نمود.

این کتاب با شناساندن انواع لکوموتيو، قابليتها، مزایا و معایب نسبي از يك سو و اشاره به اجزاء اصلي و ويژگيهاي عملياتي و مديريتي يك لکوموتيو بدنبال ايجاد يك زبان و دانش مشترك بين مديران و کارشناسان است تا از اين طريق زمينه تصميم سازي بهتري براي اين رکن مهم از صنعت ريلي فراهم گردد.

عباس قربانعلي بيک



reliability, velocity, safety...

# تاریخچه راه آهن

تاریخچه پیدایش حمل و نقل ریلی به حدود چهار قرن پیش بر می گردد. زمانی که در آلمان برای اولین بار در معادن زغال سنگ برای سهولت حرکت از ریلهای چوبی برای هدایت ارابه ها استفاده شد ولی در آن زمان از سگها برای تامین نیروی کششی استفاده میشد.

سپس به دستور ملکه الیزابت این سیستم جدید در سال ۱۶۴۹ به انگلستان نیز انتقال یافت پس از مدتی برای جلوگیری از فرسایش ریلهای چوبی روی آنها را با ورقه آهن پوشاندند و سپس برای آنها لبه ای تعبیه کردند که از خارج شدن چرخ از ریل جلوگیری می کرد. مرحله بعدی استفاده از اسب برای کشش و سوار کردن ریلهای چدنی V شکل بود.

در سال ۱۷۲۰ ریل مقعر V شکل به ریل برجسته تبدیل شد و به جای آن چرخها V شکل مقعر ساخته شدند و طول ریلها که از جنس آهن بودند ۵ متر شد که البته عمر این ریلها کوتاه بود.

پس از کشف ساختمان فولاد استحکام ریلها اضافه گشت و عمر آنها به ۱۵ سال افزایش یافت و فاصله بین دو ریل ۱۴۳۵ mm گشت. در سال ۱۸۰۴ اولین خط آهن با نیروی اسب با تصویب پارلمان انگلستان بین wandsworth و merstam راه اندازی گشت.

تاریخچه لوکوموتیو : در سال ۱۷۸۴ برای اولین بار واگن بخار توسط مخترع انگلیسی جیمز وات ابداع گشت. در سال ۱۸۰۳ با ساخت لکوموتیو ۵ تنی با توانائی کشیدن ۲۵ تن بار در سرعت ۵/۶ کیلومتر در ساعت توسط ریچارد ترویتیک خط حمل چدن در مسیر کوتاهی در جنوب انگلستان به راه افتاد. در آغاز لکوموتیو را اسب آهنی می نامیدند .

اولین قطار مسافری که با لکوموتیو حرکت می کرد در مسیر بین شهرهای دارلینگتون و استاکتون بود که در سال ۱۸۲۵ به راه افتاد و پیش از این برای حرکت دادن قطارهای مسافری همچنان از اسب استفاده می کردند.

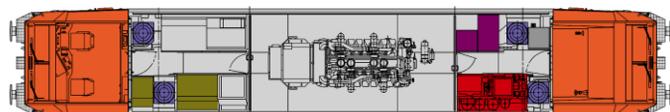
در سال ۱۸۲۶ عملیات ساخت راه آهن لیورپول - منچستر آغاز گشت، که طول آن ۴۸ کیلومتر بود.

برای ساخت لکوموتیو مناسب برای این خط در سال ۱۸۲۹ مسابقه ای برگزار شد که شرایط مخصوصی داشت برنده این مسابقه لکوموتیو راکت ساخت استیفنسن از نیوکاسل بود که ۵/۴ تن وزن داشت و توانائی حمل ۱۶ تن بار را داشت و سرعت ۱۵ آن کیلومتر بر ساعت بود.

# مشترکات لکوموتیو



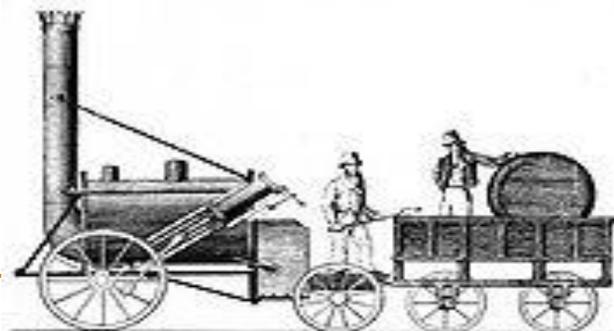
- لکوموتیوها به عنوان کشنده قطارهای باری و مسافری از مهمترین تجهیزات حمل و نقل ریلی هستند.
- برای استفاده حداکثر از قابلیت لکوموتیوها امکان اتصال چندگانه لکوموتیوها بین ۲ تا ۶ دستگاه در سیستم کنترل گنجانده شده است.
- برای حمل قطارهای باری سنگین از ۵ تا ۳۰ هزار تن لازم است شاسی لکوموتیو از استحکام کافی برای تحمل نیروهای کششی و فشاری از ۲۰۰ تا ۴۵۰ تن برخوردار باشد.
- لکوموتیوها اغلب دارای دو بوژی و ندرتا ۳ بوژی هستند و با تعداد ۴، ۶ و استثنائاً ۸ محور ساخته میشوند.
- عرض خط متداول ۱۴۳۵ میلیمتر است و بعد از آن خطوط با عرض ۱۵۲۵ و ۱۶۷۶ و ۱۰۷۶ نیز مورد استفاده هستند.
- طول لکوموتیوها بر اساس بار طولی مجاز (مترکوران) را آنها محاسبه و منظور میگردد و لذا طول یک لکوموتیو ۶ محوره ۱۳۵ تن در شبکه ای که محدودیت با محوری ۲۲.۵ و مترکوران ۷ دارد باید حدود ۲۰ متر باشد.
- در حمل قطارهای مسافری بین ۵ تا بیش از ۲۰ واگن، برق مورد نیاز واگنها اغلب توسط دیزل ژنراتورهای مستقل تامین میگردد.
- در کشورهایی که قطارهای مسافری در مسیرهای کوتاه استفاده میگردند لکوموتیوها بصورت دو کابین ساخته میشوند که امکان تغییر جهت حرکت در زمان کوتاه فراهم گردد.
- در لکوموتیوهای باری که در مسیرهای طولانی استفاده میشوند، سرویس بهداشتی و حتی امکان استراحت منظور شده است.
- برای نصب موتورهای دیزل بزرگتر تا توان ۶۰۰۰ اسب بخار، لکوموتیوهایی که در حمل قطارهای سنگین بالای ۵ هزار تن استفاده میگردند با ابعاد بزرگتر ساخته میشوند و به همین منظور ابعاد تونلها در این کشورها افزایش یافته است.



# لکوموتیو بخار



- اولین لکوموتیوهای راه آهن در دنیا به وسیله موتور بخار به حرکت در می آمدند و تا پایان جنگ جهانی دوم متداولترین انواع لکوموتیو در جهان بود.
- اولین لکوموتیو بخار قبل از زمان اختراع رسمی راه آهن یعنی سال ۱۸۲۵ ابداع گشت و مدتی زمان صرف شد تا این نوع لکوموتیو به لکوموتیوی کارا و از نظر اقتصادی قابل توجه تبدیل شود.
- در اواسط قرن ۲۰ لکوموتیوهای بخار به وسیله لکوموتیوهای برقی و دیزلی جایگزین شدند و در انتهای دهه ۶۰ تقریباً در بسیاری از کشورها لکوموتیوهای بخار از رده خارج گشتند.
- رکورد سرعت در این نوع لکوموتیوها توسط لکوموتیو **A4 pacific** به جا مانده است که در سال ۱۹۳۸ در مسیری در انگلستان با شیبی ملایم در حال کشیدن ۶ واگن با سرعتی معادل ۲۰۳ کیلومتر در ساعت دست یافت.
- توان حداکثر لکوموتیوهای بخار به اسب بخار رسید.
- راندمان لکوموتیوهای بخار به درصد رسیده است.
- حداکثر نسبت توان به وزن در این لکوموتیوها به رسیده است.
- کشش حداکثر این لکوموتیوها به و چسبندگی نیز به رسیده است.



# لکوموتیو برقی



لکوموتیوهای برقی به وسیله خطوط برق از خارج شبکه ریلی تغذیه می شوند که این خط خارجی میتواند به صورت کابلی در بالای لکوموتیو و یا یک خط سوم در کنار ریل باشد.

اولین لکوموتیو برقی در جهان در سال ۱۸۹۵ توسط شرکت جنرال الکتریک وارد خدمت گردید.

در عین حال که هزینه برقی کردن خطوط نسبتا بالا می باشد ولی لکوموتیوهای برقی هزینه تعمیرات پایین تری نسبت به انواع دیزل دارند و لذا برای کار در مسیرهای پر ترافیک مناسب میباشند.

تعداد کل لکوموتیوهای برقی دنیا حدود ۳۰۰۰۰ دستگاه است.

تمامی راه آهنهای سریع السیر (بالای سرعت ۲۵۰) از کشش برقی استفاده می کنند.

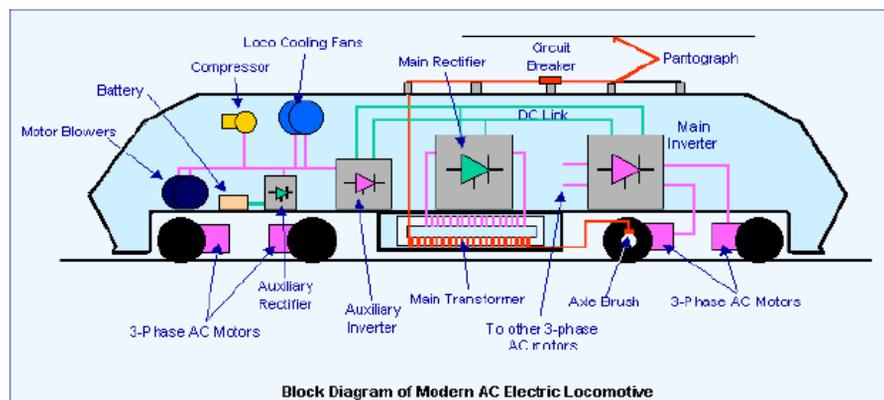
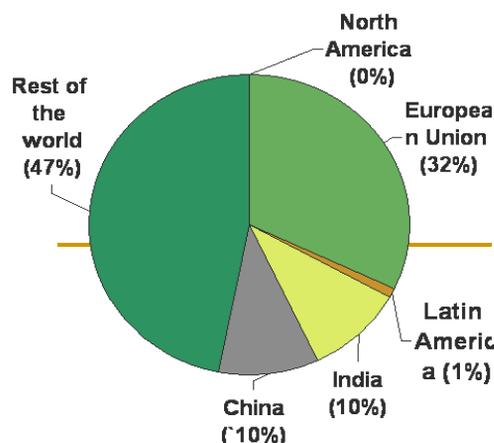
رکورد بالاترین سرعت یک وسیله نقلیه ریلی به قطار فرانسوی دو طبقه TGV تعلق دارد که در سال ۲۰۰۷ میلادی به سرعتی برابر 575 km/h دست یافت.

هم اکنون اکثر کشورهای دنیا از سیستم برق بالاسری AC و اغلب با ولتاژ ۲۵۰۰۰ ولت برای انتقال برق به لکوموتیو استفاده مینمایند.

توان حداکثر لکوموتیو برقی چهار محوره به بالای ۶ و در نوع ۶ محوره به بالای ۹ مگاوات رسیده و کشش مداوم به بالاتر از ۲۴ و ۴۸ تن (با بار محوری ۲۲ تن) رسیده است.

بیشترین تولیدکنندگان لکوموتیوهای برقی در اروپا قرار دارند.

27000 Electric Locomotives



# لکوموتیو دیزل الکتریک



لکوموتیوهای دیزل الکتریک نوعی لکوموتیو برقی هستند که واحد تولید انرژی را با خودشان حمل می کنند .

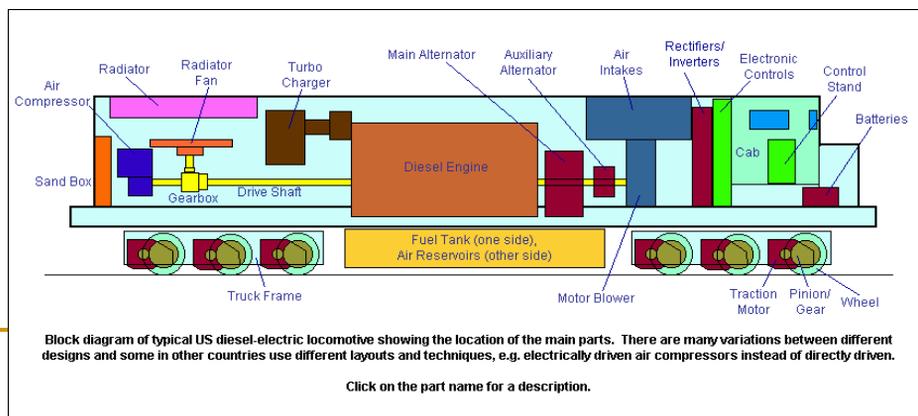
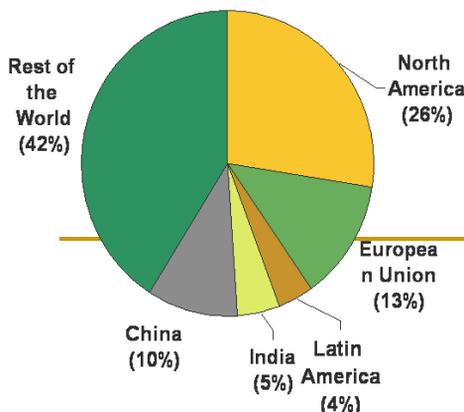
اولین لکوموتیوهای دیزل الکتریک در سال ۱۹۱۳ (حدود ۲۰ سال بعد از ورود لکوموتیو برقی) توسط جنرال الکتریک وارد بازار شدند. تعداد کل لکوموتیوهای دیزل دنیا حدود ۹۰۰۰۰ دستگاه است. بیشترین توان لکوموتیوهای دیزل الکتریک به ۴ مگاوات یا ۶۰۰۰ اسب در انواع ۶ محوره بالای ۱۵۰ تن رسیده است. کشش این نوع لکوموتیوها با بار محوری ۳۵ تن به حدود ۸۰ تن و ضریب چسبندگی به ۳۸٪ رسیده است. توان و کشش لکوموتیوهای دیزل طی ۳۰ سال گذشته تقریباً دو برابر شده است.

زمینه افزایش توان، کشش و ضریب چسبندگی لکوموتیوهای جدید از حدود ۲۰ سال گذشته، با استفاده از تراکشن موتورهای جریان متناوب فراهم شده است.

همچنین برای امکان استفاده از موتورهای دیزل بزرگتر و افزایش وزن و استحکام لکوموتیوها از حدود نیم قرن قبل، تونلها و ابنیه فنی جدید با ابعاد بزرگتر ساخته شده اند و قواره تونلها در مسیرهای پر ترافیک افزایش یافته است.

سرعت حداکثر لکوموتیوهای دیزل الکتریک باری به ۱۴۰ و در حالت مسافری به ۲۰۰ رسیده است.

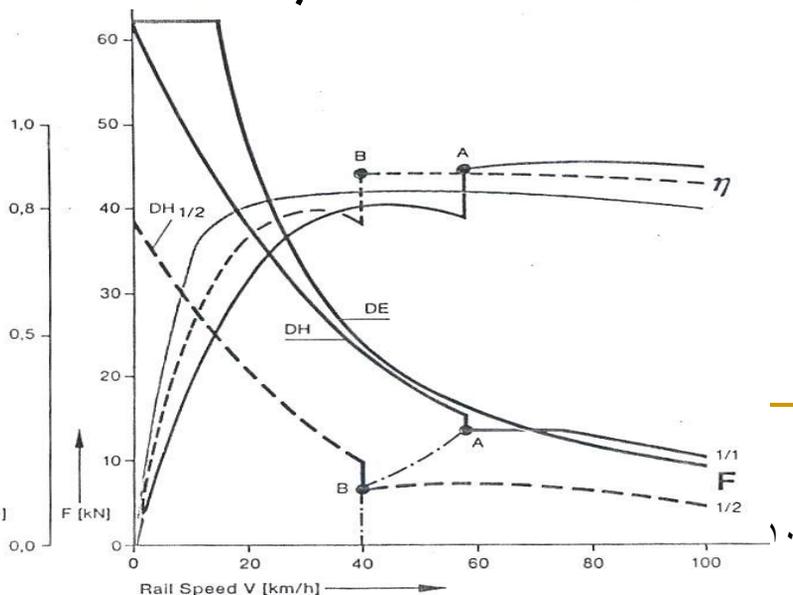
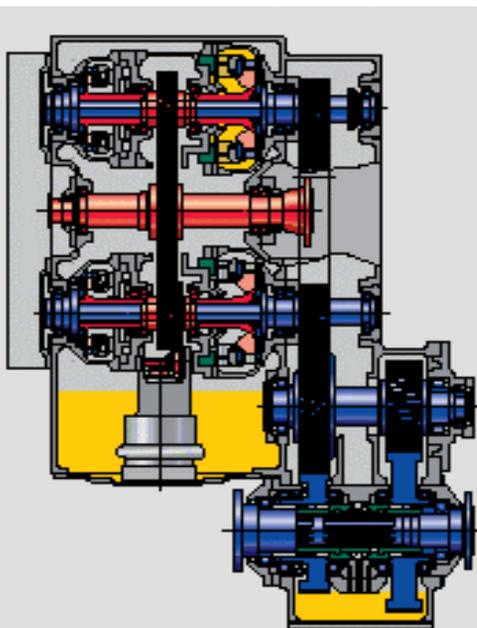
86000 Diesel Locomotives





# لکوموتیو دیزل هیدرولیک

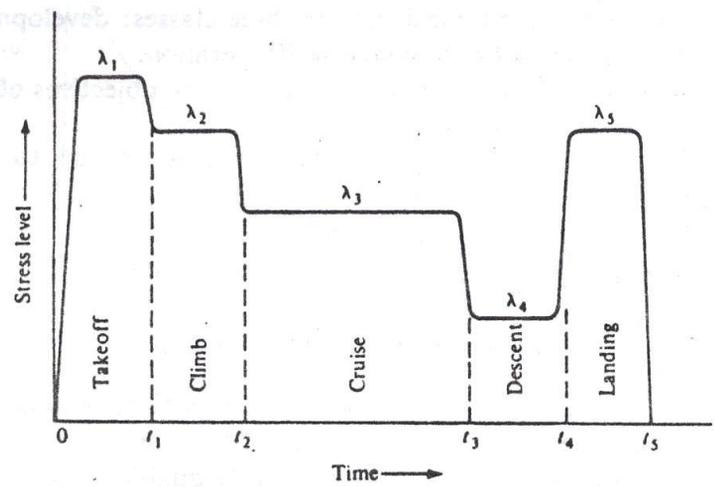
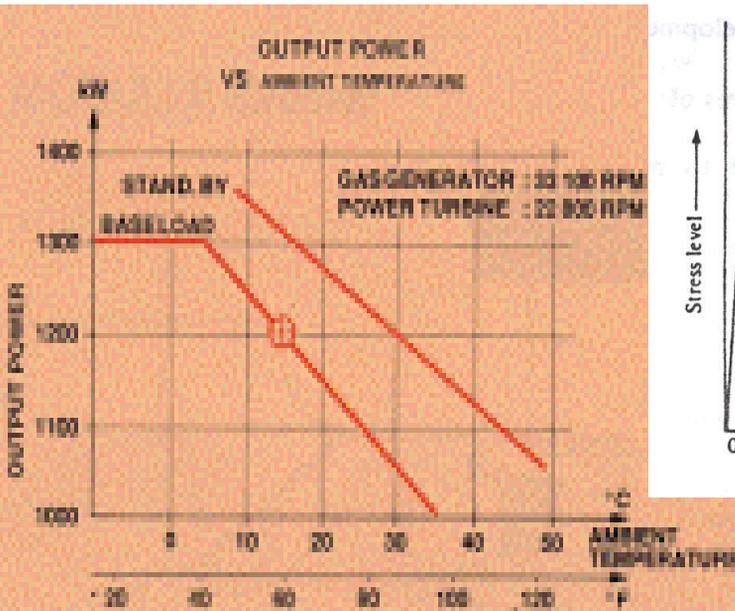
- اغلب لکوموتیوهای دیزل هیدرولیک از سیستم انتقال قدرت هیدرودینامیکی برای به حرکت در آوردن لکوموتیو استفاده میکنند.
- نمونه های اولیه اصلی از حدود ۵۰ سال قبل به خدمت گرفته شدند.
- در این نوع لکوموتیوها از یک مبدل گشتاور (تورک کنورتور) و یک یا چند کوپلینگ هیدرولیک برای انتقال قدرت استفاده می شود.
- مبدل گشتاور از سه قسمت تشکیل شده که درون یک محفظه روغن قرار دارند دوتای این قسمتها دوارند و یک قسمت ثابت است.
- توان این لکوموتیوها از ۵۰۰ اسب در نوع مانوری تا ۵۰۰۰ اسب (با یک موتور در نوع ۶ محوره و دو موتور در نوع ۴ محوره) در نوع اصلی متغیر است.
- قابلیت تغییر دنده در این نوع لکوموتیوها، امکان داشتن لکوموتیوهای چند منظوره را فراهم کرده است.
- این لکوموتیوها دارای ۲ تا ۶ محور هستند و بدلیل اتصال مکانیکی، محورها نسبت به هم لغزش ندارند.
- حداکثر سرعت عملیاتی لکوموتیوهای مذکور تا ۲۲۰ کیلومتر در ساعت نیز رسیده است.
- حداکثر ضریب چسبندگی اولیه این لکوموتیوها ۳۳٪ است.
- بدلیل اروپایی بودن سازنده اصلی سیستم انتقال قدرت، این لکوموتیوها اغلب در اروپا استفاده میگردند.



# لکوموتیو توربینی



- این نوع لکوموتیوها که به موتورهای جت از نوع توربو شفت مجهز شده اند بعد از جنگ جهانی دوم در برخی از کشورها مورد بهره برداری قرار گرفتند.
- یکی از روشهای انتقال قدرت در این گونه لکوموتیوها سیستم برقی است که اغلب در آمریکا و روسیه بکار برده شده است، به این صورت که توربین ژنراتور را به حرکت در می آورد که این ژنراتور ترکشن موتورها را تغذیه می کند تا چرخها را به حرکت در آورند.
- روش دیگر انتقال قدرت استفاده از سیستمهای هیدرودینامیکی است که اغلب در کشورهای اروپایی بکار گرفته میشود.
- لکوموتیوهای توربین گاز تا ۵۰۰۰ اسب ساخته شده اند اما سرو صدای زیادی تولید می کنند و راندمان آنها پایین است (انواع قدیمی ۲۰ و اکنون حدود ۳۳ درصد)
- پس از بحران سوخت در دهه ۷۰ و افزایش قیمت سوخت لکوموتیوهای توربین گاز به دلیل نداشتن صرفه اقتصادی به تدریج از خطوط خارج شدند.
- در سالهای اخیر با افزایش راندمان توربینهای جت استفاده از این نوع لکوموتیو برای رسیدن به سرعتی بالا تا ۲۴۰ در خطوط غیر برقی بویژه در آمریکا آغاز شده است.



# پلاتفرم مشترك لکوموتیو



■ در يك لکوموتیو، طراحی و ساخت بخش شاسی، بدنه و کابین بیشترین زمان را جذب مینماید.

■ یکی از روشهای کاهش زمان طراحی و ساخت يك لکوموتیو جدید استفاده حداکثر از اجزا بکار رفته در سایر لکوموتیوها است .

■ اغلب سازندگانی که تنوع زیادی در محصولات دارند با استفاده از این روش هزینه های خود را کاهش داده و انعطاف خود را برای تطبیق با درخواست مشتریان افزایش میدهند.

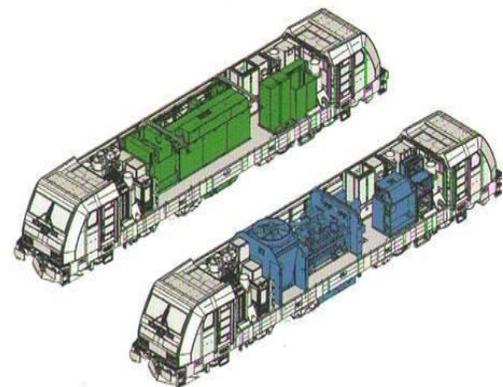
■ لکوموتیوهای الکتریکی و انواع دیزل الکتریک در بخش شاسی ، بدنه، بوژی و تراکشن موتور تا میزان ۷۵% قطعات مشابه دارند.

■ با این منطق لکوموتیوهای الکتریکی ساخت جنرال الکتریک در حدود سی سال قبل با استفاده از بوژی، تراکشن و سایر سیستمهای اصلی انواع دیزل الکتریک ساخته شد.

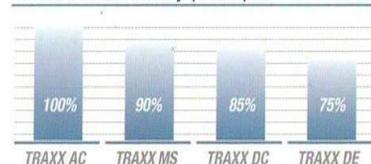
■ راه آهن یونان نیز در سال ۲۰۰۰ تعدادی لکوموتیو به شرکت بمباردیر سفارش داد که با وجود توان ۲ مگاوات در حالت دیزلی، با اندکی تغییر به لکوموتیو برقی با توان ۵ مگاوات تبدیل میشوند.

■ در سال ۱۳۷۶ این قابلیت در لکوموتیوهای دیزل الکتریک ۳ مگاوات آلستوم برای تبدیل به برقی ۶ مگاوات منظور گردیده است.

|                     | TRAXX AC                                     | TRAXX MS                      | TRAXX DC | TRAXX DE            |
|---------------------|--|-------------------------------|----------|---------------------|
| Line voltage        | 15 + 25 kVAC                                 | 15 + 25 kVAC+<br>1.5 + 3 kVDC | 3 kVDC   | Diesel-<br>electric |
| Mass (max.)**       | 82 t   | 85 t                          | 81 t     | 80 t                |
| Length              | 18,900 mm                                    |                               |          |                     |
| Width               | 2,977 mm                                     |                               |          |                     |
| Height              | 3,845 mm                                     |                               |          | 4,264 mm            |
| Wheel base          | 2,600 mm                                     |                               |          |                     |
| Wheel diameter      | 1,250 mm / 1,170 mm                          |                               |          |                     |
| Power 15 & 25 kVAC  | 5,600 kW                                     |                               | –        | 2,200 kW Diesel     |
| Power 3 kVDC        | –  | 5,600 kW                      |          | 2,200 kW Diesel     |
| Power 1.5 kVDC      | –  | 4,000 kW                      | –        | 2,200 kW Diesel     |
| Tractive effort     | 300 kN                                       |                               | 270 kN   |                     |
| Braking effort      | 240 kN                                       |                               | 150 kN   |                     |
| Driver's cab        | air-conditioning / pressure pulse protection |                               |          |                     |
| Speed               | 140 / 160 / 200 km/h                         |                               |          |                     |
| First delivery date | –  | 07/2007                       | 03/2007  | 07/2007             |
| Fuel tank capacity  | –  |                               |          | 4,000 l             |



The commonality principle



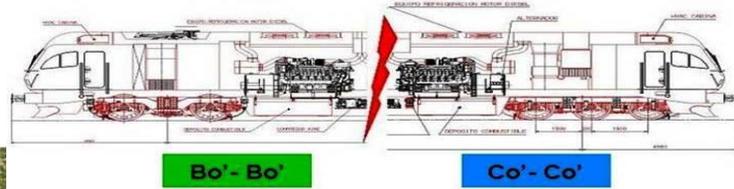
Percentage of components shared within the product family.

\*\* Weight depends on country-specific equipment



# لکوموتیو برقی دیزلی

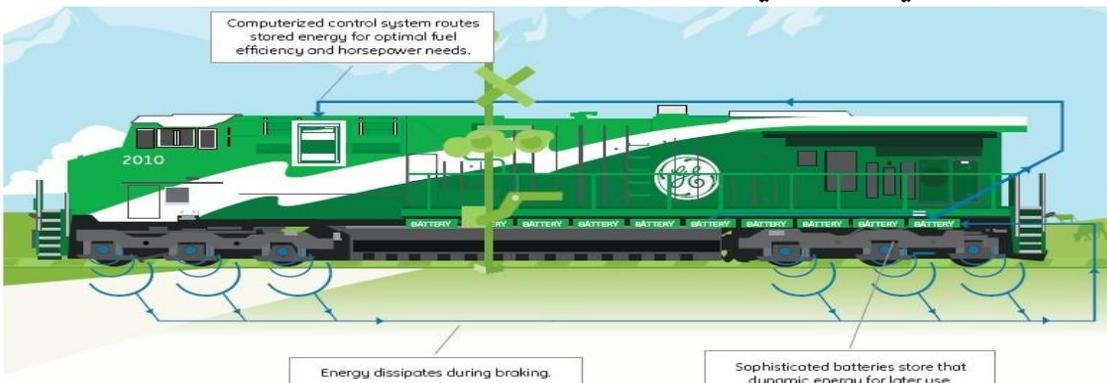
- لکوموتیوهای برقی دیزلی به آن دسته از لکوموتیوهای دیزلی گفته میشود که علاوه بر امکان کار در خطوط غیر برقی، با استفاده از انرژی شبکه برقی میتواند در شبکه برقی نیز به عنوان یک لکوموتیو برقی با توان بالاتر از نوع دیزلی کار کند.
- یکی از انواع مذکور با قابلیت کار با ریل سوم و ولتاژ ۶۵۰ تا ۷۵۰ ولت در حومه برخی شهرهای بزرگ آمریکا استفاده میشد تا آلودگی و صدا در این مناطق کاهش یابد که انواع جدید آن توسط شرکت زیمنس و جنرال موتورز ساخته شده است.
- مشابه این کار توسط زیمنس برای آفریقای جنوبی انجام شده است.
- نوع دیگر که اخیراً در آمریکا استفاده میگردد و توسط شرکت بمباردیر ساخته شده علاوه بر داشتن موتور دیزلی و حتی موتور مستقل دیزلی برای تامین برق واگنهای مسافری، امکان کار در شبکه برقی ۲۵ کیلوولت جریان متناوب را نیز دارد.
- لکوموتیوهای دیگر توسط شرکت کف اسپانیا بنحوی طراحی شده که با یک شاسی ثابت میتواند بصورت ۴ یا ۶ محوره و در دو نوع الکتریکی و دیزل الکتریکی تولید گردد.
- این لکوموتیوها با داشتن دو سیستم کشش مستقل و دو دیزل ژنراتور مجزا میتوانند در حالت بروز خرابی مأموریت خود را با کارایی کمتر به اتمام برسانند.



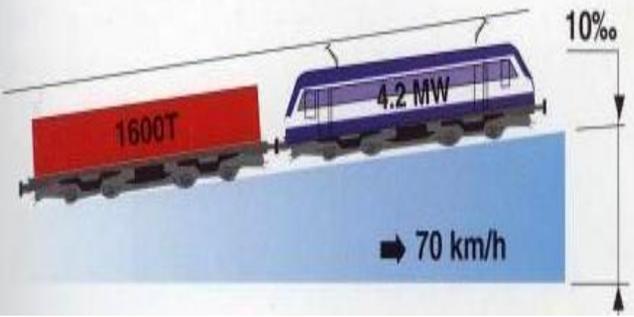
# لکوموتیو هایبرید



- لکوموتیوهای هایبرید در سال ۲۰۰۰ میلادی با استفاده از تجربیات خودروهای هایبرید در قاره آمریکا وارد بازار شدند.
- نمونه ساخت ایران نیز با استفاده از شاسی، بوژی و تجهیزات لکوموتیوهای جی ۱۲ در همان ایام با تراکشن موتور جریان متناوب رونمایی گردید.
- هایبرید به معنی دو رگه است و در صنعت خودرو به معنی خودروهایی است که علاوه بر داشتن سیستم انتقال قدرت معمول و متداول، با ذخیره انرژی الکتریکی در حالت کم باری میتوانند بخشی از عملیات خود را در با استفاده از باتریهای ذخیره ای انجام دهند.
- هدف اصلی سازندگان این نوع لکوموتیو بویژه در انواع مانوری کاهش سوخت مصرفی و آلودگی هوا بود و اثر این اقدام کاهش ۳۰٪ مصرف سوخت و ۷۰٪ آلودگی هوا بود.
- در یک لکوموتیو هایبرید مانوری موتور اولیه با توان ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ اسب با موتورهای کوچک مورد استفاده در انواع اتوبوس و کامیون با توان ۳۰۰ تا ۵۰۰ اسب جایگزین میگردد و بدلیل کنترل مستقل، ضریب چسبندگی بجای ۲۶٪ به ۳۳٪ میرسد.
- با همین منطق در موارد با ضریب بار بیشتر میتوان از دو یا تعداد بیشتری دیزل ژنراتور استفاده نمود.
- شرکت جنرال الکتریک در لکوموتیوهای جدید خطوط اصلی نیز از این تکنولوژی استفاده نموده به این ترتیب که لکوموتیوهای معمولی را به تعدادی باتری ذخیره ساز انرژی مجهز کرده که در زمان ترمز دینامیک برق حاصله را در آنها ذخیره و در زمان شتاب گیری از آن استفاده مینماید و به این ترتیب علاوه بر صرفه جویی سوخت و کاهش آلودگی، کارایی لکوموتیو را نیز بهبود میبخشد.



# کشش لکوموتیو



هدف اصلی استفاده از لکوموتیو

تامین کشش مورد نیاز قطار میباشد.

کشش به سه نوع اصلی تقسیم میگردد: اولیه، مداوم و چسبندگی

کشش اولیه به حداکثر نیرویی اشاره دارد که در لحظه راه اندازی قطار از سرعت صفر توسط لکوموتیو قابل اعمال است.

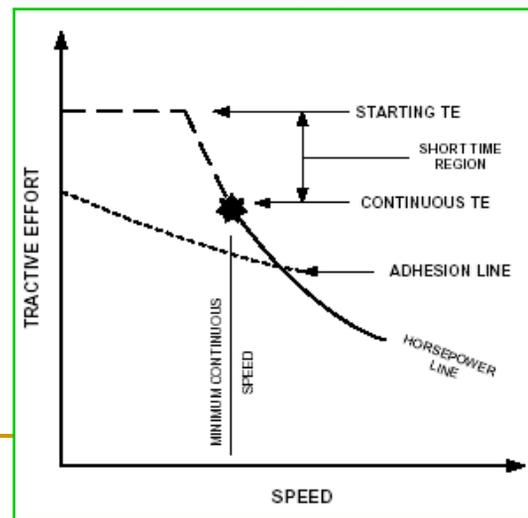
بدلیل گذرا بودن این مرحله، نیاز به کشش اولیه بالا محدود بوده و سیستمها و تجهیزات برای کارکرد مداوم در این شرایط طراحی میشوند.

کشش مداوم لکوموتیو به نیرویی اشاره دارد که میتواند بصورت مستمر توسط لکوموتیو تامین گردد بدون اینکه صدمه یا خسارتی به تراکشن موتورها، اینورتر یا ژنراتور لکوموتیو وارد گردد.

کشش چسبندگی به میزان نیرویی اشاره دارد که بر اساس ضریب چسبندگی بین چرخ و ریل در ۹۹٪ شرایط آب و هوایی قابل دستیابی است.

میزان بار قطارهای باری سنگین در مسیرهای با فراز طولانی بر اساس حداقل کشش مداوم و کشش چسبندگی لکوموتیو تنظیم میگردد.

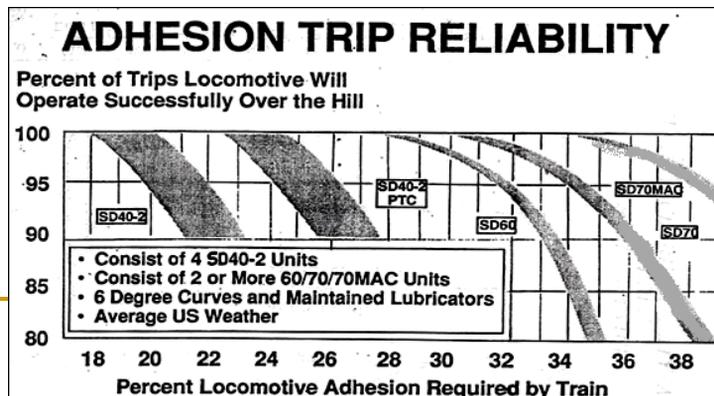
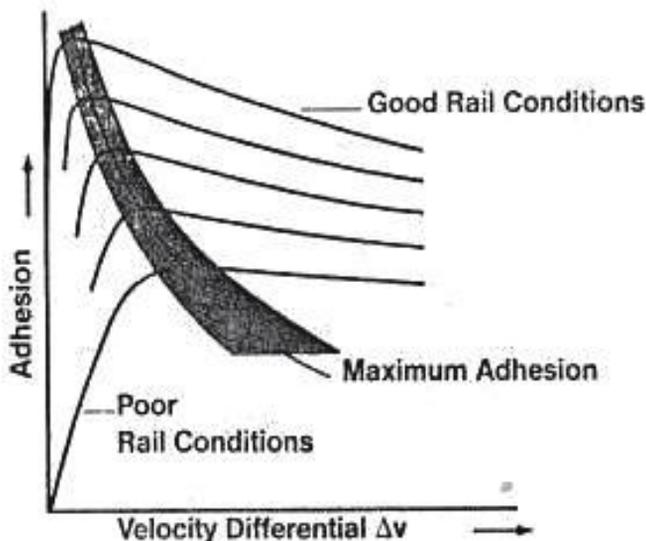
| LOCOMOTIVE WEIGHT         |      | 332.00 TONNES           |      | FREIGHT CAR WEIGHT  |      | 40.00 METRIC TONS   |      |
|---------------------------|------|-------------------------|------|---------------------|------|---------------------|------|
| # OF LOCO AXLES           |      | 4                       |      | # OF CAR AXLES      |      | 4                   |      |
| LOCO FRONTAL AREA         |      | 13.12 m <sup>2</sup>    |      | DEGREE OF CURVATURE |      | 0.00 METRIC DEGREES |      |
| LOCOMOTIVE MODEL          |      | 639-21                  |      | HP FOR TRACTION     |      | 3000 HP             |      |
| ALTERNATOR                |      | 30TA24                  |      | ENGINE RPM          |      | 1050 RPM            |      |
| TRACTION MOTOR            |      | 4-GB221AH-33/200R-40-WD |      | MOTOR VENTILATION   |      | 703 LBS PER MINUTE  |      |
| SPRNG (km/h)              |      | 7.4                     |      | 20.0                |      | 24.3                |      |
| TR (kN)                   |      | 2248                    |      | 3452                |      | 4244                |      |
| % ADHSM.                  |      | 100                     |      | 36.0                |      | 21.3                |      |
|                           |      | 10.4                    |      | 17.4                |      | 35.3                |      |
|                           |      | 9.3                     |      | 12.7                |      | 10.4                |      |
|                           |      | 8.1                     |      |                     |      |                     |      |
| ALL WEATHER ADHESION      |      |                         |      |                     |      |                     |      |
| TRAILING TONNAGE (200.00) |      |                         |      |                     |      |                     |      |
| 0.00                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 0.10                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 0.20                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 0.30                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 0.40                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 0.50                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 0.60                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 0.70                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 0.80                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 0.90                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 1.00                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 1.10                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 1.20                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 1.30                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 1.40                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 1.50                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 1.60                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 1.70                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 1.80                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 1.90                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 2.00                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 2.10                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 2.20                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 2.30                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 2.40                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 2.50                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 2.60                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 2.70                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 2.80                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 2.90                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 3.00                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 3.10                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 3.20                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 3.30                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 3.40                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |
| 3.50                      | 2248 | 3452                    | 4244 | 4607                | 4107 | 3224                | 2745 |



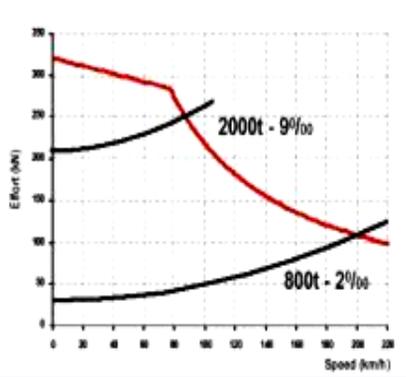
- when starting and at very low speed: 20%,
- at 100 km/h: 17%,
- at 200 km/h: 13%,
- at 300 km/h: 9%.

# ضریب چسبندگی

- ضریب چسبندگی، اصطکاک قابل استفاده در حرکت چرخ روی ریل در حالت کشش است.
- این ضریب بر حسب سرعت تغییر مینماید و حداکثر آن در سرعت صفر و با افزایش سرعت بصورت تدریجی کاهش مینماید.
- چسبندگی با سرعت نسبی چرخ به ریل رابطه دارد و ابتدا افزایشی و بعد از نقطه حداکثر کاهش می‌شود.
- شرایط آب و هوایی تاثیر شدیدی روی منحنی چسبندگی دارد و استفاده از ماسه میزان انرا تا دو برابر و وجود روغن بین چرخ و ریل انرا تا نصف میکاهد.
- اتحادیه بین المللی راه آهنها در استاندارد ۶۶۰ توصیه مینماید برای امکان تردد متقابل قطارهای سریع السیر بین کشورها ضریب چسبندگی در سرعت کم یا در لحظه شروع ۲۰٪ منظور گردد و بتدریج با افزایش سرعت بصورت زیر برای سرعت ۳۰۰ به ۹٪ کاهش یابد.
- ضریب چسبندگی مداوم در لکوموتیوهای دیزل جدید با تراکشن موتور جریان متناوب اکنون به ۳۸٪ رسیده است.
- ضریب چسبندگی لکوموتیوها بصورت احتمال تحقق برای ۹۹٪ کلیه شرایط آب و هوایی اعلام میگردد.
- عبور چرخها بر افزایش ضریب چسبندگی با رفع رطوبت و چربی اثر مثبت دارد و لذا افزایش تعداد لکوموتیو میتواند ضریب چسبندگی عملی را افزایش دهد.
- در شرایط آب و هوایی خشک با ثابت بودن احتمال عبور موفق، ضریب چسبندگی افزایش مینماید.



# مقاومت حرکت



نیروی کشش لکوموتیو برای غلبه بر مقاومت حرکت قطار و شتاب بخشیدن به آن استفاده می‌گردد.

در صورت فزونی کشش به مقاومت، شتاب مثبت و در صورت تساوی شتاب صفر و در صورت کمتر شدن نیرو از مقاومت شتاب منفی حاصل می‌گردد.

مقاومت حرکت قطار ناشی از عوامل مختلفی است همچون مقاومت چرخشی چرخ و ریل، مقاومت هوا، مقاومت فراز، مقاومت قوس و مقاومت تونل.

بدلیل استفاده از چرخ و ریل فولادی، ضریب مقاومت چرخشی آنها در حد ۰/۰۰۱ است و این ضریب با افزایش سرعت رشد می‌یابد و در لحظه حرکت نیز به مقادیر بیشتری می‌رسد.

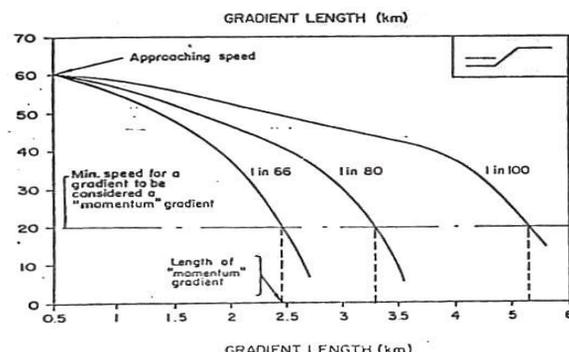
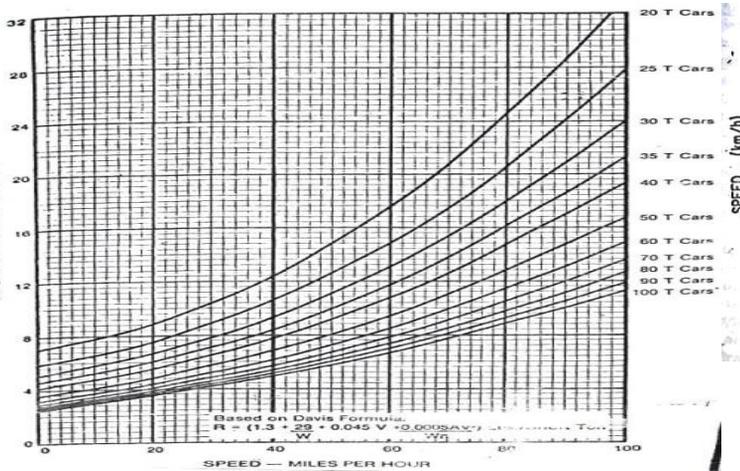
مقاومت چرخشی ویژه (نسبت نیرو به وزن) با افزایش بار محوری کاهش می‌یابد.

مقاومت هوا در بین سایر عوامل بیشترین سهم را بویژه در سرعت‌های بالا به خود اختصاص می‌دهد.

یکی از عوامل اصلی این مقاومت بر اساس سطح مقطع روبرو و شکل سه بعدی آن است که هر قدر طول قطار بیشتر شود سهم آن در کل مقاومت هوا کاهش می‌یابد.

اصطکاک جانبی واگنها بخش دوم مقاومت هوا است و در قطارهای طویل سهم بیشتری دارد و به تغییرات طولی قطار حساس می‌باشد به این صورت که هر قدر فاصله دو واگن بیشتر باشد یا تجهیزات زیر واگن یکنواختی کمتری داشته باشند این مقاومت افزایش می‌یابد.

مقاومت فراز متناسب با سینوس زاویه فراز می‌باشد و به ازاء هر درصد فراز مسیر معادل یک درصد وزن قطار به آن اضافه می‌گردد.



# تراکشن موتور



لکوموتیوهای برقی و دیرلی از لحاظ نوع تراکشن موتور به دو دسته DC و AC تقسیم می شوند.

حداکثر توان تراکشن موتور جریان مستقیم ۱۰۰۰ اسب، دور ۲۵۰۰، گشتاور ۷۵۰۰ نیوتن متر و چسبندگی ۲۸٪ با ۳ تن وزن است.

حداکثر توان تراکشن موتور جریان متناوب تا ۲۰۰۰ اسب، دور ۳۵۰۰ و گشتاور ۱۰۰۰۰ نیوتن متر و چسبندگی ۳۸٪ است.

در گذشته از یاتاقانهای لغزشی برای تکیه محور استفاده میگردید و اکنون غالب تراکشن موتورها به یاتاقانهای غلتشی مجهز شده اند.

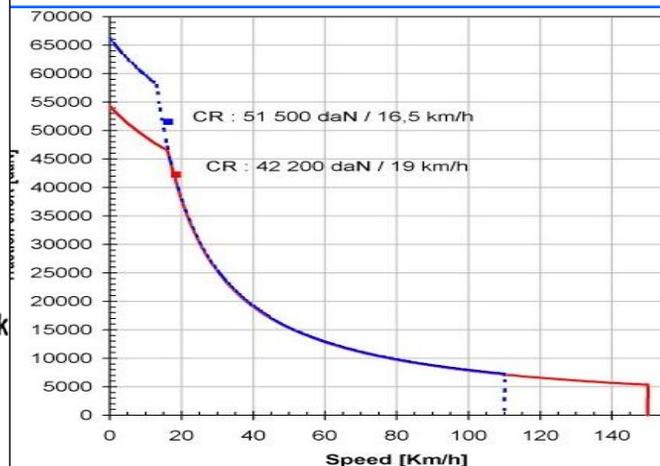
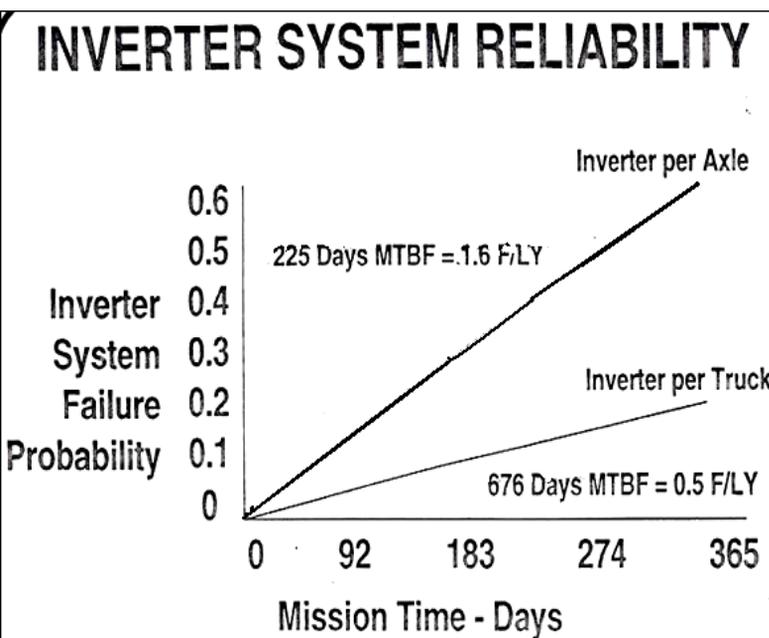
برای تراکشن موتورها تا سرعت ۱۴۰ کیلومتر بر ساعت از تعلیق دماغه ای استفاده میکنند و بعد از این سرعت از سیستم نیمه معلق و برای سرعتهای بالاتر از تعلیق کامل استفاده میکنند.

با تغییر نسبت دنده میتوان رابطه نیرو- سرعت لکوموتیو را تغییر داد و به سرعتها یا نیروی کشش بالاتر دست یافت.

نسبت دنده متفاوت برای یک تراکشن موتور حاصل ضرب کشش و سرعت را تغییر نمیدهد.

با استفاده از ترکشن موتورهای جریان متناوب بدلیل سرعت دورانی و نیز گشتاور بالاتر میتوان لکوموتیوهای مسافری را به صورت چند منظوره استفاده کرد.

این قابلیت در لکوموتیوهای باری نیز امکان دستیابی به سرعتهای بالاتر تا حد ۱۴۰ و حتی ۱۶۰ (بدلیل سیستم تعلیق تراکشن موتور) را فراهم کرده است.



# ترمز لکوموتیو



لکوموتیوها برای کند کردن سرعت قطار یا توقف

آن از روشهای مختلفی برای ترمز کردن استفاده مینمایند از جمله:  
 ترمز اصطکاکی (کفشی و دیسکی)، ترمز الکترودینامیک، ترمز مغناطیسی،  
 ترمز القایی و...

ترمز اصطکاکی که متداولترین و قدیمیترین روش ترمز است با اعمال نیرو با قطعه ای سایشی به چرخ میباشد که یکی از خطرات آن افزایش احتمال توقف چرخ (فقل شدن و بریدگی) و حتی خروج از خط است و علاوه بر این با استفاده زیاد از این ترمز، دمای کفشها یا لنتها و همچنین چرخ و دیسک افزایش یافته و ضریب اصطکاک کاهش مییابد.

در ترمز دینامیک (الکترو دینامیک) تراکشن موتورها در زمان ترمز به ژنراتور تبدیل شده و برق تولیدی به مقاومت مربوطه برای مستهلک شدن ارسال میگردد (با ضریب چسبندگی حداکثر ۲۰٪).

در برخی لکوموتیوهای برقی امکان بازیافت انرژی در این مرحله در لکوموتیو و شبکه پیش بینی شده و حتی در لکوموتیوهای دیزلی جدید میتوان این انرژی را برای تامین برق واگنهای مسافری یا شارژ باتریها استفاده نمود.

اثر ترمز دینامیک را می توان به صورت یک نیروی کشش منفی در نظر بگیریم، ترمز دینامیک وسیله ای بسیار سودمند برای کنترل سرعت قطار است. در واقع از ترمز دینامیک برای نگه داشتن قطار استفاده نمی شود بلکه در اکثر موارد از آن برای از بین بردن شتاب حرکتی استفاده می گردد.

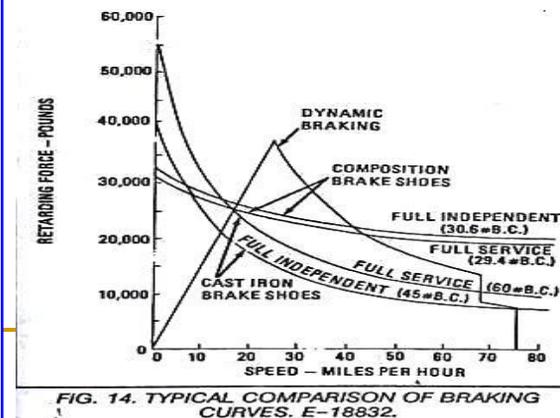
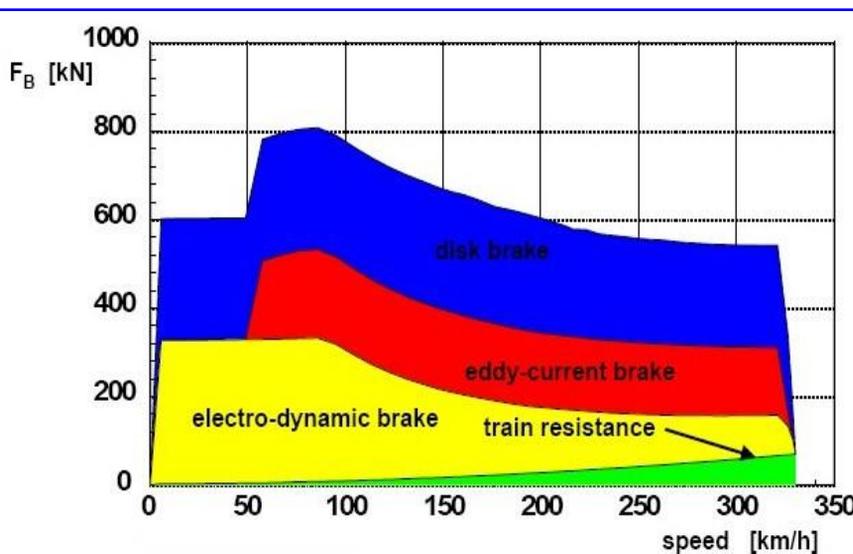
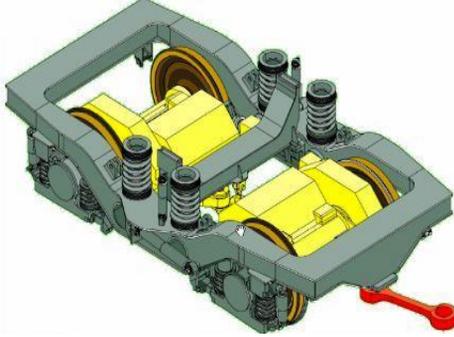


FIG. 14. TYPICAL COMPARISON OF BRAKING CURVES. E-18832.

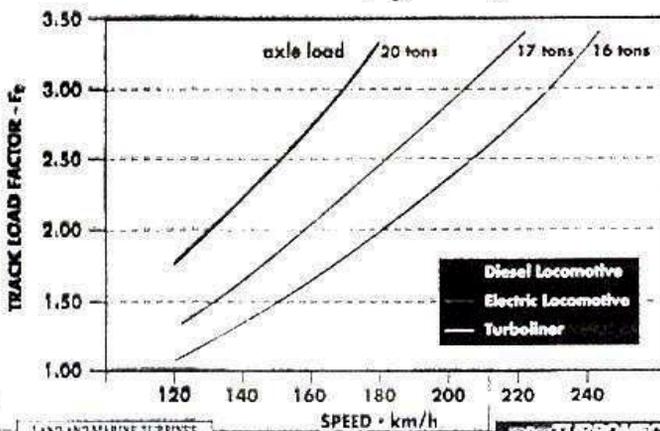
# بوژی و بار محوري



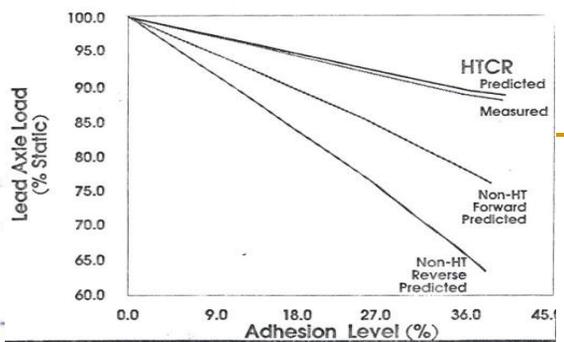
- بوژی به چهارچوبی گفته می شود که مجموعه انتقال نیرو، حرکت و تعلیق را در زیر لکوموتیو دربر می گیرد.
- وظیفه اصلی بوژی نگهداری چرخها و محورها و مستهلک کردن تکانها و ارتعاشات به واگن یا لکوموتیو و هدایت مناسب تر لکوموتیو یا واگن در قوسها می باشد.
- فاصله محورها در بوژی لکوموتیو بر حسب سرعت حداکثر و ابعاد تراکشن موتورها بین ۱/۵ تا ۳ متر متغیر است و قطر چرخها نیز اغلب بین ۱ تا ۱/۲ متر میباشد.
- برخی بوژی لکوموتیوها برای تطابق بهتر در مسیرهای با شعاع قوس کم با قابلیت فرمانپذیری ساخته میشوند که با این ویژگی نه تنها ساییدگی چرخ بلکه ساییدگی ریلها و احتمال خروج از خط نیز کاهش یافته و چسبندگی افزایش مییابد.
- برای این مقصود برخی اغلب سازندگان از سیستم روغنکاری فلانچ چرخ استفاده میکنند.
- بدلیل نداشتن مسافر در لکوموتیو بویژه در حالت ایستاده یا در تردد، از بوژیهای کج شونده در لکوموتیوها استفاده نمیگردد.
- شاسی بوژی در کشورهای آمریکا، کانادا، استرالیا و ... ریخته گری و در سایر کشورها بویژه در اروپا و آسیا جوشکاری شده است.
- بار محوري لکوموتیوها در خطوط استاندارد (۱۴۳۵) غالباً بین ۲۰ الي ۳۰ تن متغیر است.
- (موارد خاص ۳۵-۴۰).

TURBOMECA GAS TURBINES : Lightness and velocity

Track load factor ( $F_t$ ) comparison



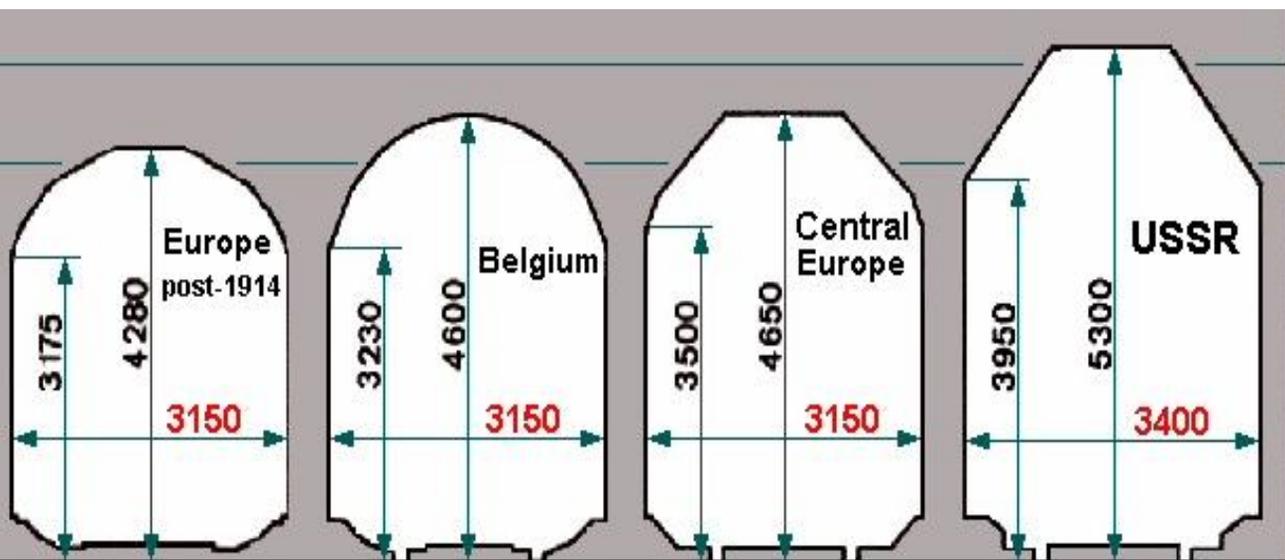
LEAD AXLE UNLOADING DUE TO WEIGHT SHIFT



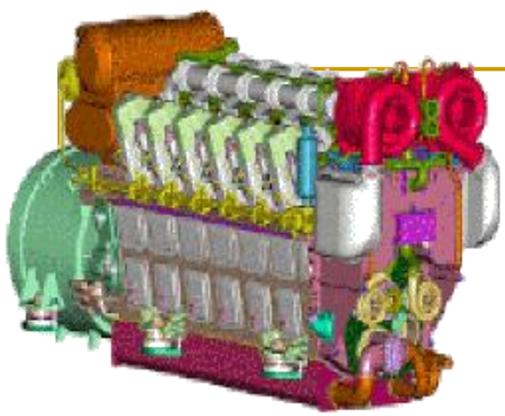


# شاسي، قلاب و قواره

- شاسي لکوموتيوها بر اساس استاندارد اتحاديہ بين المللي راه آهنها بايد نيروي فشار ۲۰۰ تن را تحمل کند.
- در آمريکا، کانادا، چين و... استحکام شاسي لکوموتيو بايد ۱ ميليون پوند يا ۴۵۰ تن باشد و اين امر نه تنها امکان اتصال لکوموتيوهاي بيشتري را فراهم ميکند بلکه حمل قطارهاي سنگينتر تا بيش از ۲۰ هزار تن را نيز ممکن مينمايد.
- قلاب اغلب لکوموتيوهاي اروپايي اعم از مسافري و باري از نوع زنجيري است در حالي که در روسيه و کشورهاي آسياي ميانه از قلاب اتوماتيک نوع (SA3) با ظرفيت کشش ۱۰۰ تن ميباشد.
- قلاب اتوماتيک متداول در کشورهاي کانادا، آمريکا، استراليا، چين، آفريقاي جنوبي و... از نوع جاني بوده و ظرفيت کشش آن ۲۰۰ تن است.
- کشورهاي اروپايي براي سهولت تردد قطارهاي بين المللي از قواره (گاباري) ۱-۵۰۵ استفاده ميکنند و اين در حالي است که برخي از کشورها مانند انگليس قواره کوچکتري دارند و برخي چون فنلاند از قواره بزرگتر بهره مندند.
- در کشورهاي روسيه، چين، آمريکا و... از قواره هاي بزرگتر از جمله ۶-۵۰۵ يا ۶-۵۰۶ استفاده ميکنند.
- در تست لکوموتيو علاوه بر کنترل ابعادي و وزني، تست عملکرد و قابليت اعتماد و... نيز مورد توجه قرار ميگيرد.



# موتور دیزل



■ موتور دیزل لکوموتیوهای اصلی غالباً دارای انواع ۱۲ الی ۲۰ سیلندر و توان ۲۰۰۰ تا ۶۰۰۰ اسب بخار با وزن ۲۰ تا تن هستند.

■ موتور لکوموتیوهای مانور نیز غالباً با ۶ الی ۱۲ سیلندر و توان ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ اسب هستند، هر چند در کشورهایمانند چین توان این نوع لکوموتیوها برای جابجایی قطارهای سنگین تا ۲۰۰۰۰ تن به ۴۰۰۰ اسب بخار نیز رسیده است.

■ در کشورهای اروپایی که غالب مسیرهای با ترافیک بالا برقی شده اند و وزن متوسط قطارهای باری ۵۰۰ تن است لکوموتیوهای دیزلی توانی برابر ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ اسب دارند.

■ موتورهای دیزل قویتر بدلیل ابعاد بزرگتر و وزن سنگینتر در لکوموتیوهای قواره بزرگ و بار محوری بالاتر بکار برده میشوند. کشورهای آمریکا، کانادا، استرالیا، روسیه و چین بدلیل گستردگی و غلبه ترافیک باری سنگین و قطارهای با وزن ۵۰۰۰ تن و حداکثر ۲۰۰۰۰ تن و با محوری ۲۵ تا ۳۵ تن، عمدتاً از انواع موتورهای قوی و سنگین بین ۴۰۰۰ و ۶۰۰۰ اسب استفاده میکنند.

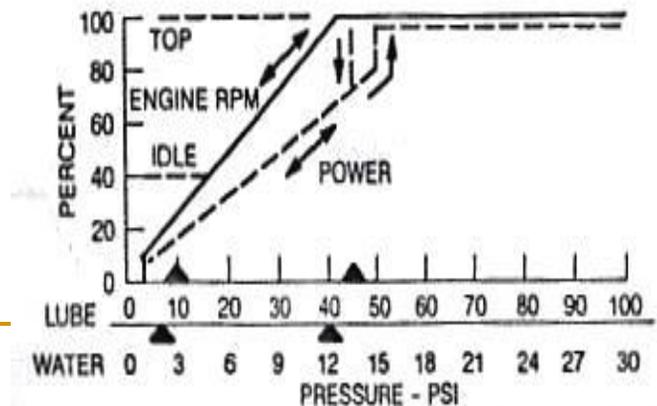
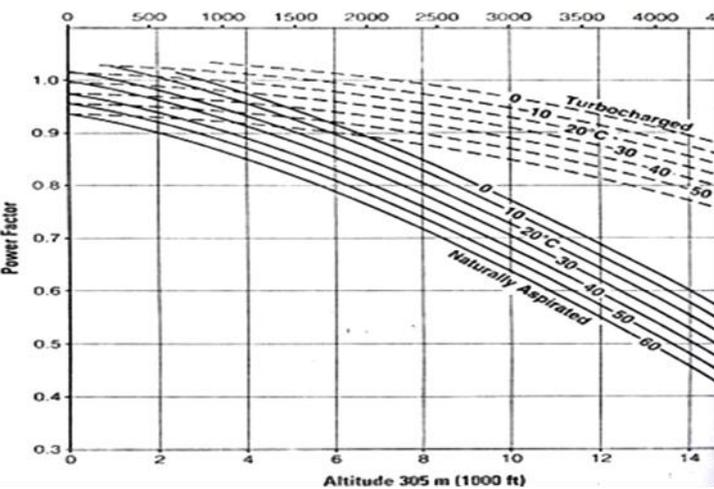
■ موتور دیزل در قیمت اولیه و هزینه تعمیرات و نگهداری لکوموتیو سهم اصلی را داشته و در مصرف انرژی سالانه که بین ۱۰۰۰۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰۰۰ لیتر در سال میباشد نیز بسیار نقش آفرین است.

■ یکی از خصوصیات موتور دیزل کاهش قدرت با افزایش دما و ارتفاع است که این نسبت در موتورهای جدید به ۱۰٪ نیز میرسد.

■ فاصله تعمیرات اساسی یک موتور دیزل حدود ۴ تا ۶ سال است.

Diagram for Estimating Effect of Altitude on Power Output

Diagram For Estimating Effect of Altitude on Power Output

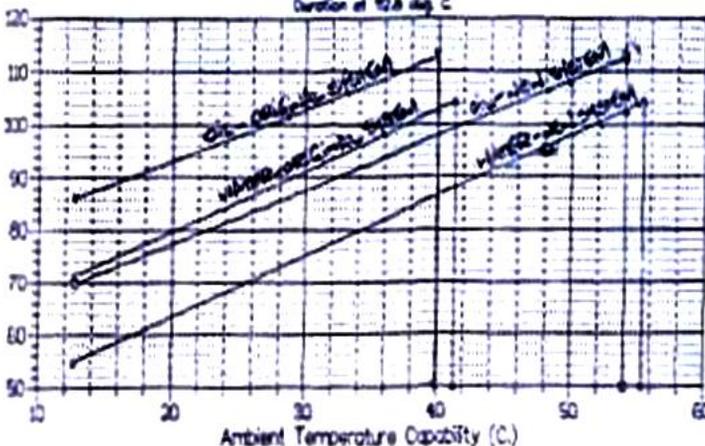


# سیستم خنک کاری

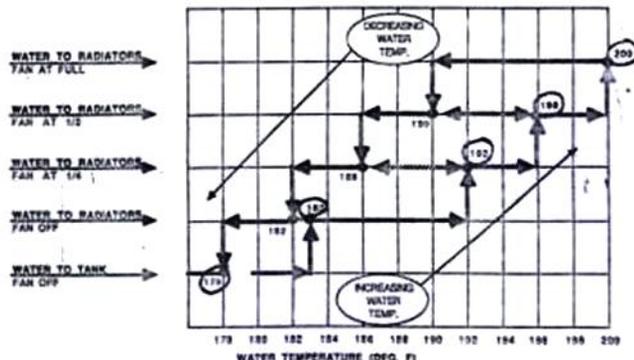


- سیستم خنک کاری در لکوموتیو باید انرژی حرارتی
- آب موتور را با تبادل حرارت با هوا کاهش دهد بصورتی که دمای آب ورودی به موتور از حداکثر ۸۰ درجه تجاوز ننماید.
- مقدار انرژی دفع شده از طریق آب سیستم خنک کاری در حد توان موتور است.
- بدلیل سطح مقطع کوچک قطار، رادیاتورها بصورت افقی یا عمودی موازی با جهت حرکت نصب میگردند.
- به منظور رسیدن به حداکثر صرفه جویی سوخت، موتورهای خنک کاری هیدرولیکی، مکانیکی و اغلب الکتریکی به تعداد بیشتر از یک عدد وظیفه جابجایی هوا را با دوره های مختلف بر عهده دارند.
- سیستم خنک کاری در لکوموتیوها برای جلوگیری از ایجاد کاویتاسیون تحت فشار بالا تا ۱/۵ اتمسفر کار میکند.
- در لکوموتیوهای جدید برای رسیدن به توان و راندمان بالاتر از خنک کننده جدا برای خنک کاری آب آفترکولر استفاده میشود.
- سیستمهای حفاظتی برای کاهش استهلاک موتور و اجزا آن، با افزایش دما یا ارتفاع، حداکثر توان موتور را کاهش میدهند.
- سیستم خنک کاری آب وظیفه کاهش دمای روغن را نیز از طریق رادیاتور مخصوص بعهده دارد تا بویژه گرانی (ویسکوزیته) روغن کاهش نیابد.

RAN L30C LOCOMOTIVES  
Cooling System Performance  
At 3420 Meters Altitude  
3500 Gross Horsepower  
Duration of 12.8 day C

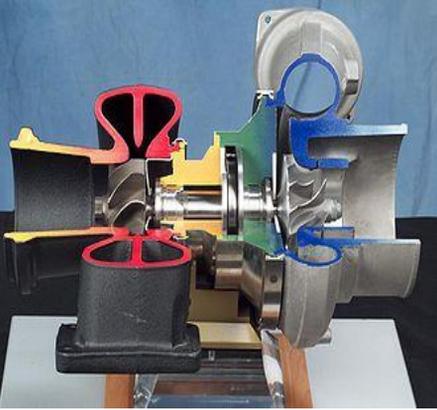


1987 DASH 8 LOCOMOTIVES  
ENGINE COOLING WATER TEMPERATURE CONTROL

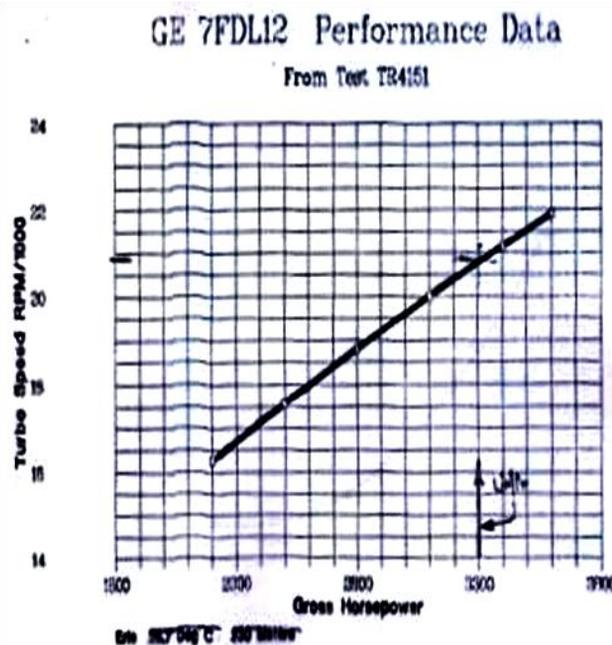
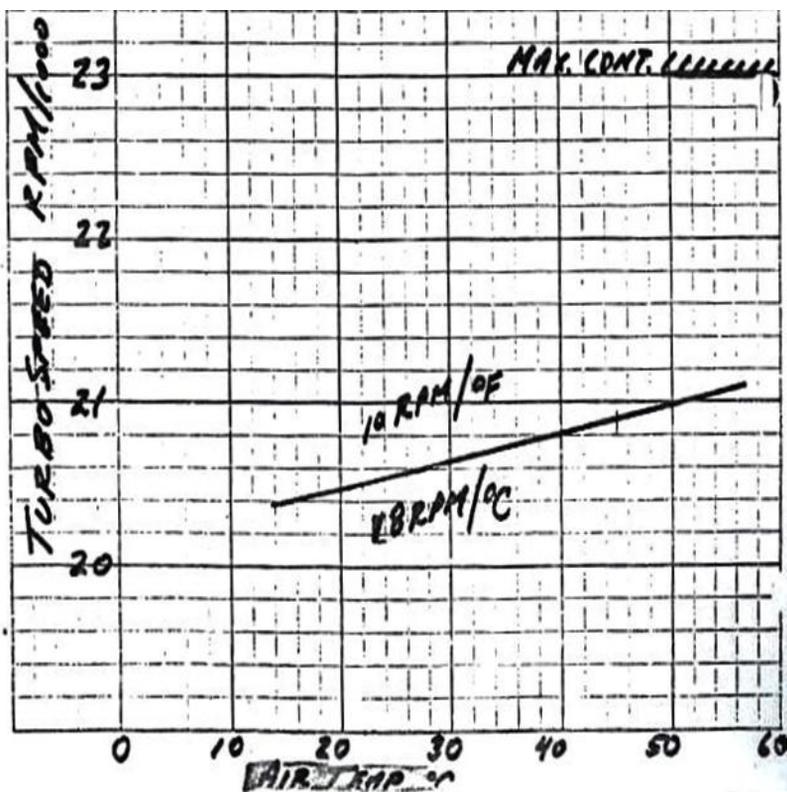


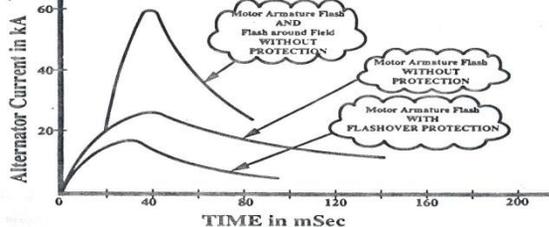
| Version                          |                  |
|----------------------------------|------------------|
| ○ Old M.H.N. Full Improvements   | → Old Original   |
| — Water M.H.N. Full Improvements | → Water Original |

# توربو شارژر



- با اضافه شدن توربوشارژرها به موتور دیزل نه تنها توان موتورهای دیزل از ۳۰ تا ۵۰ درصد اضافه میشود بلکه از افت قدرت موتور در ارتفاعات نیز کاسته میگردد.
- استفاده از این سیستم که مرکب از یک توربین در مسیر گازهای خروجی آگزوز و یک کمپرسور دورانی در مسیر هوای ورودی به موتور با ۲۰ الی ۳۰ هزار دور بر دقیقه میباشد، تاثیر زیادی بر راندمان کار موتورهای احتراقی و بویژه نوع دیزلی داشته و در حال حاضر اغلب موتورها به این سیستم مجهز شده اند.
- افزایش دما و ارتفاع یا افت فشار هوای ورودی به موتور، دور کاری روتور این وسیله را افزایش میدهد و لذا در شرایط گرفتگی فیلتر هوا، در تونل، کارکرد چند لکوموتیو با هم و در ارتفاعات، افزایش دور توربوشارژر میتواند صدماتی را به آن تحمیل کند.
- برای کاهش احتمال صدمات به توربوشارژر، توان موتور دیزلی را بر حسب حداکثر دور روتور، فشار ورودی هوا و دمای خروجی آگزوز کنترل و محدود مینمایند.





# سیستم‌های حفاظتی

لکوموتیو ها مشابه يك نیروگاه و کارخانه متحرك بدليل محدودیتهای ابعادي و وزني، پیچیدگی زیادی دارند و با توجه به تعویض لکوموتیوران و تعمیرکاران و تغییر دائم شرایط کار تحت فشار و تنشهای فراواني قرار دارند.

تنوع تجهیزات و سیستمها، گستردگی سامانه های حفاظتی را در بر دارد که بر اساس اهمیت و حساسیت سیستمهای مورد حفاظت و ماموریت آنها، با رویکردهای متفاوتی عمل کنترل را انجام میدهند.

برخی از این سیستمها در صورت رسیدن شاخص مورد کنترل به حدود مجاز، فقط هشدار میدهند و برخی کاهش قدرت و برخی عملیات را متوقف میکنند.

ذیلا به برخی از آنها اشاره میگردد:

۱. سیستم کنترل دمای موتور یا ترانسفورماتور

۲. سیستم کنترل دور موتور دیزل

۳. سیستم کنترل دور توربو شاور

۴. سیستم کنترل فشار روغن

۵. سیستم کنترل هوای فشرده ترمز

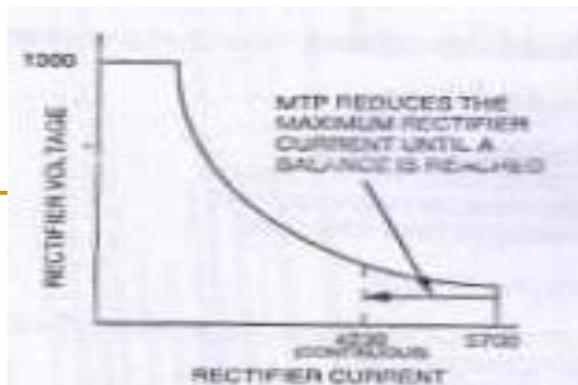
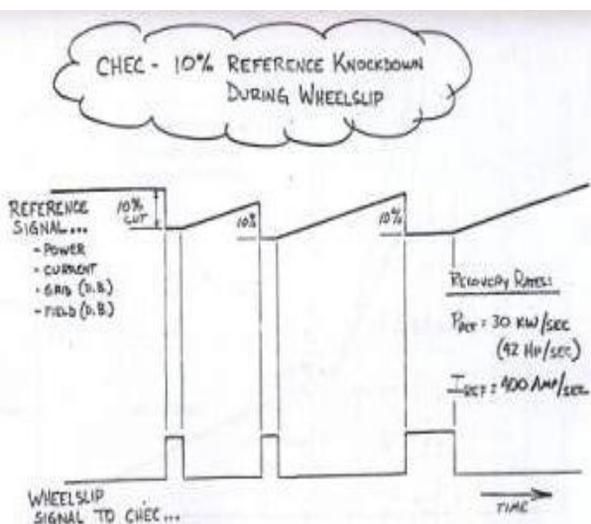
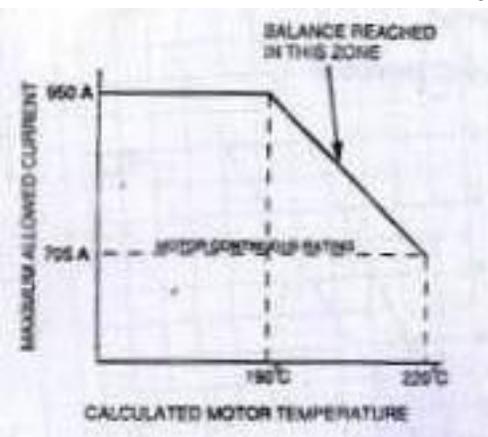
۶. سیستم کنترل دمای تراکشن موتور

۷. سیستم کنترل جریان نشتی برق ژنراتور

۸. سیستم کنترل دمای یاتاقان سرمحور

۹. سیستم کنترل لغزش چرخها

۱۰. سیستم کنترل ولتاژ ورودی از شبکه



# سیستم‌های ایمنی قطار

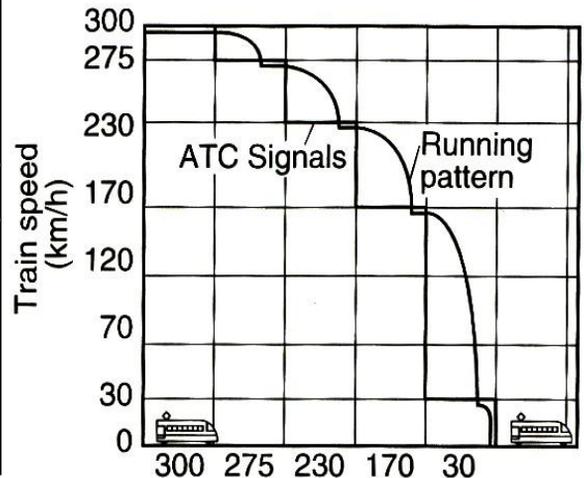


Los pasos a nivel japoneses se caracterizan por paneles muy llamativos y bien señalizados.

- برای نمایش و ثبت سرعت سیر لکوموتیو
- از سیستم سرعت سنج و سرعت نگار استفاده می‌گردد.
- این امر نه تنها برای کنترل نحوه هدایت لکوموتیو توسط لکوموتیوران، بلکه برای تحلیل سوانح نیز حساسیت بالایی دارد.
- اتصال این سیستم به سایر سیستم‌های حفاظتی و کنترلی اهمیت این وسیله مضاعف می‌کند.
- با گسترش فناوری نمایش موقعیت جهانی با استفاده از GPS، این وسیله در لکوموتیوها نیز مورد استفاده وسیع قرار گرفته است.
- سیستم حفاظت خودکار قطار (Automatic Train Protection, ATP) در مسیرهای پر تردد و با سرعت بالا ایمنی قطارها را در برخورد افزایش می‌دهد.
- با پیشرفتهایی که بعد از سال ۱۹۶۴ با ورود قطارهای سریع‌السیر صورت گرفت، سیستم‌های حفاظت جدیدی مانند ATC با وظیفه محافظت قطار در مقابل حوادث ناشی از غفلت راننده از علائم، کنار خط به دلیل سرعت بالا و... وارد عرصه حمل و نقل ریلی شدند.
- با فراهم شدن زمینه تردد متقابل قطارها در اروپا سیستم جدید فراگیر با عنوان (ETCS) جایگزین سیستم مذکور گردید که زمینه افزایش سرعت قطارها تا ۴۰۰ کیلومتر بر ساعت را مهیا مینماید.



Figure 5 ATC Train Running Pattern



On-board ATC speed signal indications

# خرید، نگهداری و عمر



■ قیمت لکوموتیو برقی (میلیون یورو)

$$PEL=W/3+1$$

■  $W$  = توان لکوموتیو روی طوقه چرخ به مگاوات

■ قیمت لکوموتیو دیزلی (یورو)  $PDL=1.2 W$

■ نگهداری لکوموتیو برقی  $MEL=0.2 PEL$

■ نگهداری لکوموتیو دیزلی  $MDL=2$

یورو بر کیلومتر

■ ۳۰ سال

■ عمر لکوموتیو برقی

■ ۲۰ سال

■ عمر لکوموتیو دیزلی

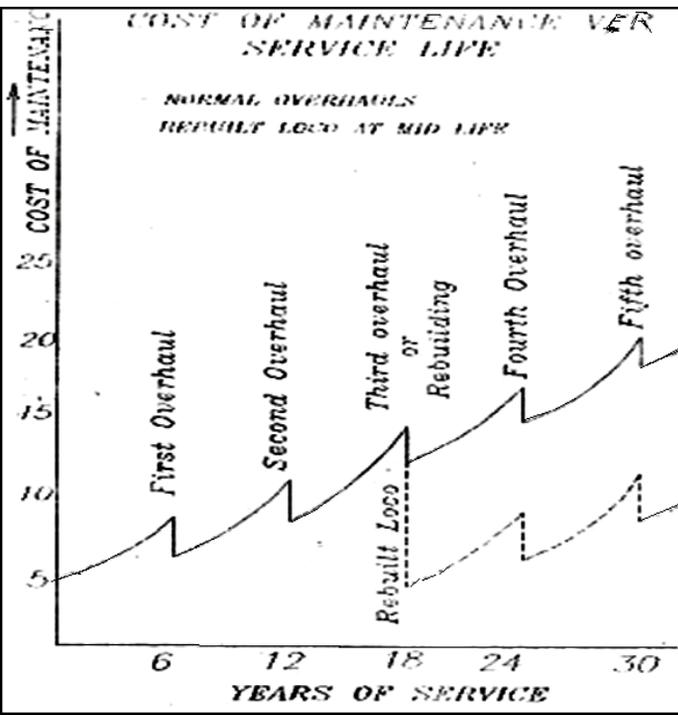
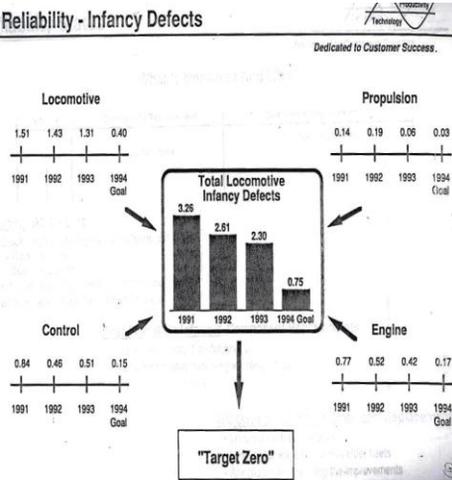
■ اعداد با تقریب ۲۰٪ +/- در سال ۲۰۰۰

■ هزینه ها بصورت متوسط طول عمر میباشند، در واقع بصورت تساعدي که در هر مرحله تعمیرات، یا بازسازی کاهش میابد.

■ LCC یا هزینه های طول دوره عمر لکوموتیو شامل هزینه طراحی، ساخت و نگهداری شامل کلیه موارد فوق میگردد.

■ RAMS یا شاخص قابلیت اعتماد، آماده بکاری، تعمیر پذیری و ایمنی، نیز کیفیت لکوموتیو را مشخص مینماید.

■ آماده بکاری و قابلیت اعتماد لکوموتیو بستگی به نوع لکوموتیو، روش بهره برداری و نگهداری دارد.



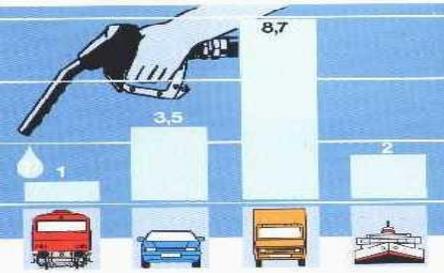
C&NW #4 FLEET  
1-92 DAY INFANCY @ 31 DAYS  
(35 UNITS)

| Locomotive Function | # Defects Reported |
|---------------------|--------------------|
| A) Cab Apertures    | 25                 |
| B) Engine           | 7                  |
| C) Air Brake System | 3                  |
| D) EMDB/Control     | 4                  |
| E) EMDB/Systems     | 8                  |
| F) Engine Support   | 2                  |
| G) Truck/Platform   | 1                  |
| H) Ventilation      | 4                  |
| <b>TOTAL</b>        | <b>54</b>          |

Average Defects Per Unit = 1.5

Infancy Pareto Analysis

# مصرف انرژی ریلی



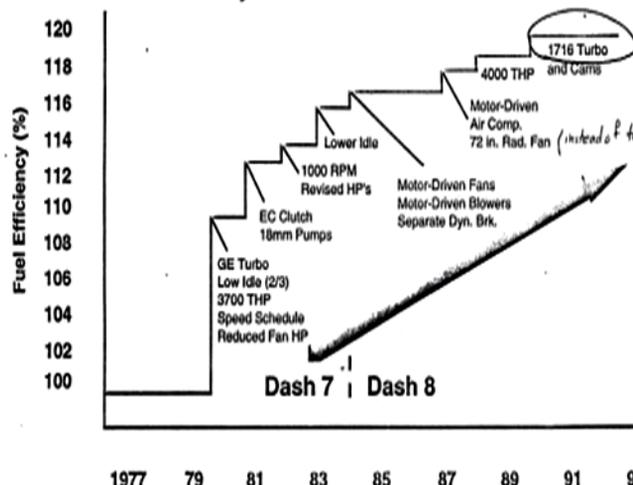
- سیر لکوموتیو دیزلی بین ۱۵۰ تا ۲۵۰ هزار کیلومتر در سال است.
- سیر لکوموتیو برقی بین ۲۵۰ تا ۵۰۰ هزار کیلومتر در سال است.
- مصرف سالانه سوخت یک لکوموتیو دیزل ۱ تا ۲ میلیون لیتر است.
- قطارهای باری معمولی ۸ و قطار سنگین ۴ سی سی بر تن کیلومتر خالص، سوخت مصرف میکنند.
- قطارهای مسافری معمولی ۱۵ و قطار سریع ۳۰ سی سی بر نفر کیلومتر، سوخت مصرف میکنند.
- مصرف سوخت ویژه خودرو سواری ۳ برابر روش ریلی است.
- مصرف سوخت ویژه اتوبوس ۲ برابر روش ریلی است.
- مصرف سوخت ویژه هواپیما ۳ برابر روش ریلی سریع است.
- برای حمل یک تن کیلومتر توسط کامیون بین ۳۰ تا ۵۰ سی سی بر تن کیلومتر خالص سوخت مصرف میشود.
- قطارهای برقی نیز با فرض نسبت توان به وزن مساوی حدود سه برابر برق مصرف میکنند (وات ساعت در مقابل سانتی متر مکعب)
- با افزایش نسبت توان به وزن و سرعت، انرژی مصرفی افزایش میابد.

## 5.1.2 قطارهای باری

متوسط هر دو جهت بالا و پایین

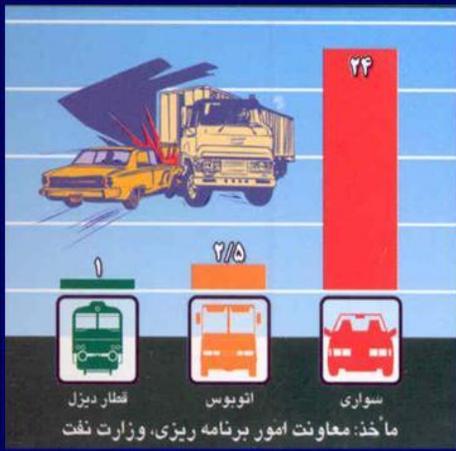
| فاصله بین دو توقف | حداکثر سرعت | فراز در هزار | مصرف ویژه برق |
|-------------------|-------------|--------------|---------------|
| 100               | 140         | 550          | 40 (50/35)    |
| 100               | 120         | 550          | 30 (35/25)    |
| 100               | 100         | 550          | 22 (27/17)    |
| 100               | 80          | 550          | 15 (20/10)    |
| 50                | 60          | 550          | 15 (30/10)    |
| 50                | 80/60       | 25           | 45 (50/45)    |
| 5                 | 80          | 550          | 25 (30/20)    |
| 5                 | 60          | 25           | 50 (55/45)    |

## 16 Cylinder Fuel Efficiency Evolution



19% Better Fuel Efficiency Over Early Dash 7 Locomotives

# هزینه های جانبی



یکی از مهمترین دغدغه های دولت ها کاهش هزینه های جانبی حمل و نقل از جمله تصادفات، آلودگی هوا، اتلاف وقت، تغییر آب و هوا و... است.

هزینه های جانبی در سال ۲۰۰۰ برابر ۵۳۰ میلیارد یورو یا حدود ۵٪ از درآمد ناخالص کشورهای اروپایی را به خود اختصاص داد. بیشترین سهم در این هزینه ها به خودروهای سواری شخصی و در مرحله بعد به حمل و نقل هوایی باز میگردد.

نسبت کشته های جاده ای توسط خودروهای سواری شخصی نسبت به ریل حدود ۲۰ برابر و در ایران حدود ۶۰ برابر است (بر اساس نفر کیلومتر یکسان).

کشورهای اروپایی بر اساس مطالعات انجام شده در این اتحادیه برای کاهش این هزینه ها سیاستهایی را اتخاذ کرده اند که مهمترین آنها افزایش سهم حمل و نقل ریلی است.

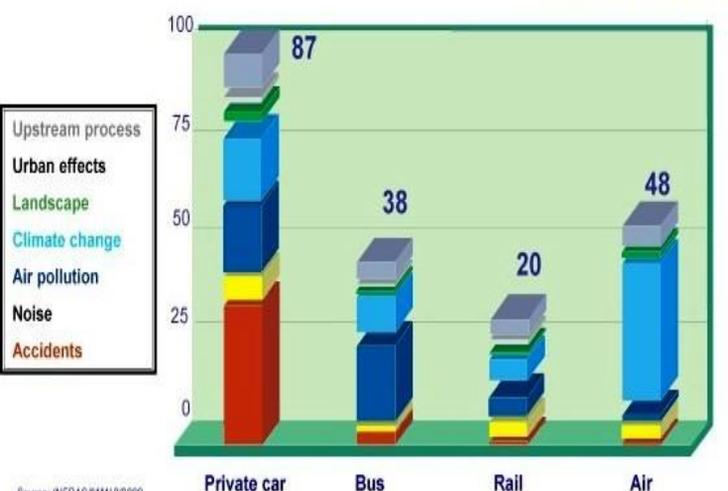
برای کمک به مدیران و تصمیم گیرندگان، قوانینی در این کشورها برای محاسبه ارزش اقتصادی جان انسانها وضع شده است که بر اساس محاسبات آماری تا حدود ۲ میلیارد تومان متغیر میباشد.

برای محاسبه ارزش وقت مسافری نیز بررسیها و محاسباتی انجام شده است که ارزش تقریبی متوسط ۲۰ یورو بر نفر ساعت بدست میآید.

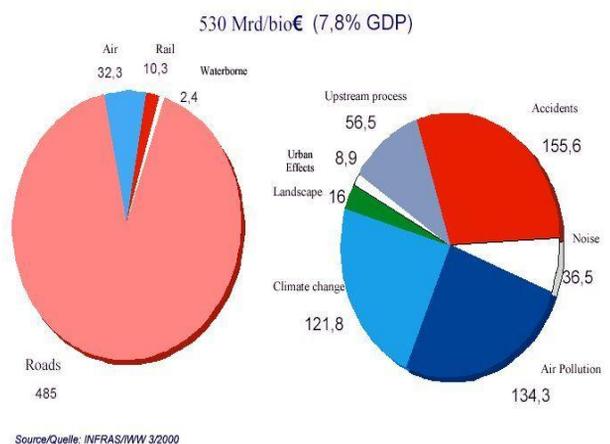
## Average External Costs

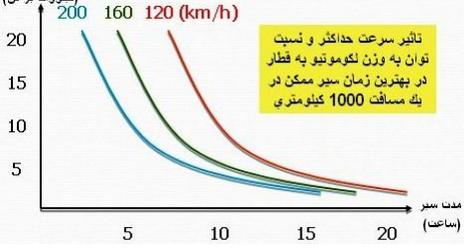
Without congestion Passenger Traffic 1995

Euro / 1000 Pkm



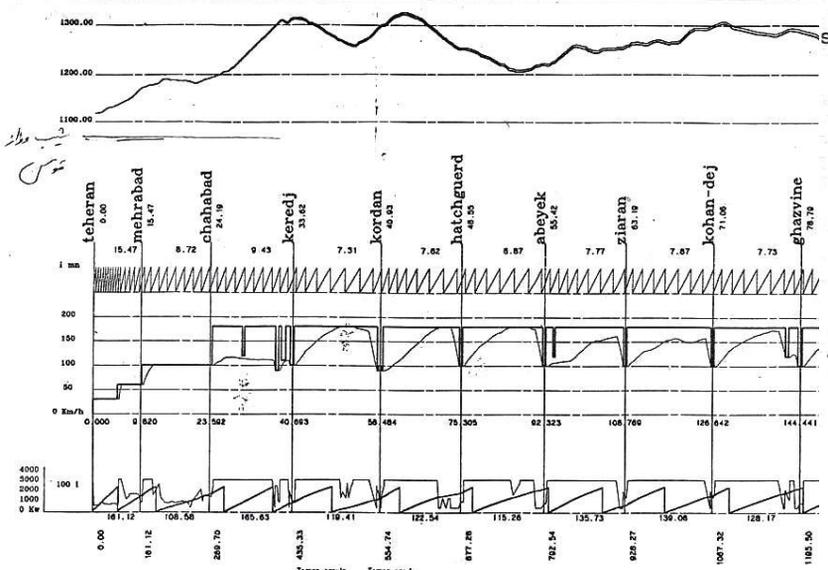
External costs without Congestion in Western Europe



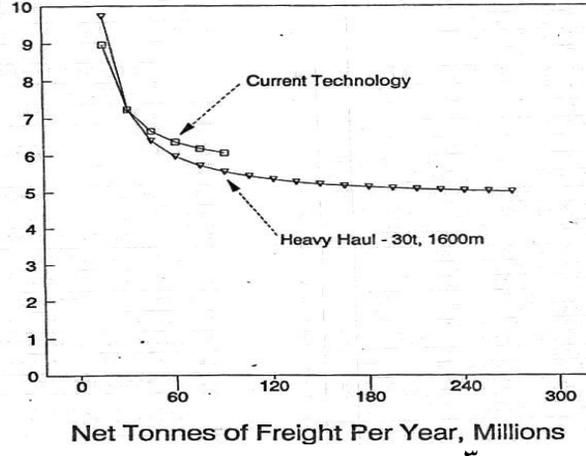


# بهره برداری و بهره وری

- هدف از کارکرد لکوموتیو جابجایی بار و مسافر است و هر قدر واحد این جابجایی در زمان کوتاهتر و با انرژی کمتر انجام شود جنبه اقتصادی و بهره وری لکوموتیو بیشتر میگردد.
- افزایش بهره وری لکوموتیو میتواند افزایش بهره وری واگنهای باری و مسافری را نیز دنبال داشته باشد.
- در صورت کاهش نسبت توان به وزن یا به بیان دیگر تعداد لکوموتیو در قطار، با وجود افزایش بهره وری لکوموتیو، بهره وری شبکه کاهش میابد.
- باید توجه گردد که هدف بهره وری حصول بیشترین خروجی به کل ورودی یا سرمایه گذاری اولیه است و لذا در مسیرهای با ترافیک بالا بهره وری شبکه و در مسیرهای با ترافیک متوسط و کم، بهره وری لکوموتیو میتواند اولویت یابد.
- در تمامی موارد برآورد اولیه باید با محاسبات دقیق قطعی و نهایی گردد.
- در شکل زیر تاثیر سرعت حداکثر و نسبت توان به وزن در زمان سیر قطار مسافری در مسافت 1000 کیلومتری مشاهده میگردد.
- تاثیر کاهش زمان سیر بر کاهش قیمت تمام شده حمل مسافر بدلیل سیر سالیانه بیشتر واگن از نتایج افزایش توان لکوموتیو است.



Shift to Heavy Haul Technology



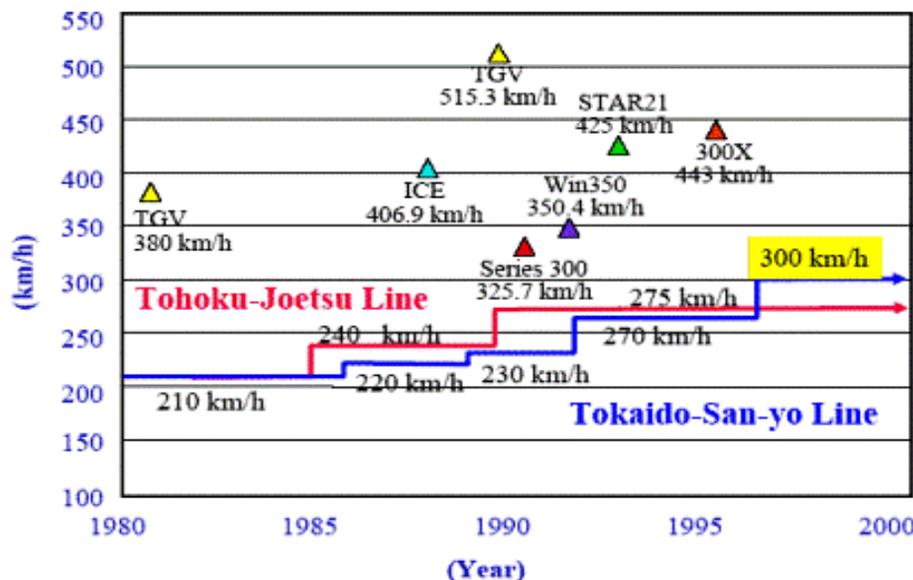


# استانداردهای لکوموتیو

بر اساس استاندارد ۶۶۰ ناوگان ریلی باید برای تردد متقابل در کلیه کشورهای اروپایی ویژگیهایی داشته باشد از جمله:

- استانداردهای سیستم ترمز عبارتند از: ۴۵۳ و ۵۴۰
- ۶۴۱- شرایط سیستم هوشیاری اتوماتیک
- ۷۳۴- سیستمهای سیگنالینگ سریع السیر
- استاندارد خروج از خط
- استاندارد کابین ۶۵۱ و
- تست و تایید ناوگان ریلی از بعد ایمنی بر اساس استاندارد ۵۱۸ یا استانداردهای هر کشور انجام میگردد.
- قواره (گاباری) ۵۰۵-۱
- استحکام شاسی ۵۶۶ و بوجی ۶۱۵
- چرخ ۸۱۲
- کاهش قدرت موتور ۳۰۴۶ ایزو

Fig.2 History of Maximum speeds



# رند تکنولوژی

لکوموتیو طی دو قرن گذشته شاهد تغییرات زیادی در زمینه های مختلف بوده است.

لکوموتیوهای الکتریکی چهار و شش محوره با استفاده از تکنولوژی تراکشن موتورهای متناوب و اینورترهای (IGBT) به توان بیش از ۶ و ۹ مگاوات و کشش مداوم ۲۵ و ۵۰ تن رسیده اند.

لکوموتیوهای دیزلی نیز با این تکنولوژی به توان ۶۰۰۰ اسب به کشش مداوم بیش از ۷۵ تن رسیده اند.

حداکثر سرعت عملیاتی لکوموتیو قطارهای معمولی به ۲۵۰ و در قطارهای سریع به ۳۵۰ رسیده (۳۶۰ تا ۴۰۰ با انواع خودکشش). قابلیت اعتماد لکوموتیوهای الکتریکی تا حدی بالا رفته که فاصله بین خرابیها به بیش از ۱ میلیون کیلومتر رسیده است.

شرکتهای سازنده تعمیرات و نگهداری لکوموتیو را نیز با تعهد قابلیت اعتماد و آماده بکاری بعهدہ میگیرند.

ضریب چسبندگی لکوموتیوهای دیزلی سنگین با تراکشن AC از حدود ۲۰ در دهه ۷۰ به ۳۸ درصد رسیده است.

چسبندگی لکوموتیوهای DC به ۲۸ و در هایبرید به ۳۳٪ رسید.

توان لکوموتیوهای دیزل هیدرولیک به حدود ۵۰۰۰ اسب و سرعت این نوع به ۲۲۰ رسیده است.

گسترش سیستمهای ترمز الکترونیوماتیک (مناسبت LOCOTROL) لکوموتیوهای هایبرید، برقی دیزلی، گازسوز و... گسترش یافته اند.

سیستمهای تشخیص موقعیت (GPS) و ایمنی قطار (ETCS) نمایش وضعیت کنار خط (WSMS) فراگیر شده است.

سطح آلودگی موتورهای دیزلی به حد استاندارد روز دنیا رسیده.

تبدیل اقتصادی لکوموتیوهای دیزل الکتریک به برقی میسر شده است.

