

جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه ایران

راهنمای طراحی دیو و پارکینگ قطار شهری و حومه

نشریه شماره ۸۰۳

معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی
امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران

nezamfanni.ir

۱۳۹۹

شماره:	۹۹/۶۵۹۷۳۸
تاریخ:	۱۳۹۹/۱۲/۰۶
بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	
موضوع: راهنمای طراحی دپو و پارکینگ قطار شهری و حومه	
در چارچوب ماده (۳۴) قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور موضوع نظام فنی و اجرایی یکپارچه، ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، به پیوست ضابطه شماره ۸۰۳ امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران، با عنوان «راهنمای طراحی دپو و پارکینگ قطار شهری و حومه» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود. رعایت مفاد این ضابطه در صورت نداشتن ضوابط بهتر، از تاریخ ۱۴۰۰/۰۴/۰۱ الزامی است. امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران این سازمان دریافت‌کننده نظرات و پیشنهادهای اصلاحی در مورد مفاد این ضابطه بوده و اصلاحات لازم را اعلام خواهد کرد. محمد باقر نوبخت	

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی و اجرایی، مشاورین و پیمانکاران معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی سازمان برنامه و بودجه کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این ضابطه کرده و آن را برای استفاده به جامعه‌ی مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ابهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

۱- در سامانه مدیریت دانش اسناد فنی و اجرایی (سما) ثبت نام فرمایید: sama.nezamfanni.ir

۲- پس از ورود به سامانه سما و برای تماس احتمالی، نشانی خود را در بخش پروفایل کاربری تکمیل فرمایید.

۳- به بخش نظرخواهی این ضابطه مراجعه فرمایید.

۴- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۵- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۶- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت. پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی‌شاه - مرکز تلفن ۳۳۲۷۱

سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی و اجرایی، مشاورین و پیمانکاران

Email: nezamfanni@mporg.ir

web: nezamfanni.ir

پیشگفتار

توسعه حمل و نقل ریلی شهری و آثار مثبت آن در تسهیل رفت و آمد مردم و کاهش بار ترافیکی موجب آن شد که در شهرهای بزرگ کشور شبکه حمل و نقل ریلی برقرار گردیده و توسعه داده شود. از این رو مدیران ارشد کشور و همچنین سازمان‌های برنامه‌ریزی و مسئول را بر آن داشت تا هر چه بیشتر توسعه این زیرساخت‌ها را مدنظر قرار داده و در اجرای بهینه آن همت گمارند.

سازمان برنامه و بودجه کشور بر آن است در اجرای اهداف فوق و با نظر به توسعه‌های کمی و کیفی این تکنولوژی، نسبت به تدوین و ارائه معیارهای فنی و شرح خدمات طراحی خط و ابنیه، ایستگاه‌ها و دپوهای شبکه حمل و نقل ریلی اقدام جامع و موثری بعمل آورد.

در این راه جهت تدوین سند حاضر از گروه مهندسين مشاور ایتسن بهره گرفته شده که با استفاده از تجارب قبلی و بازدیدها و مطالعات بسیاری در کشورهای صاحب تکنولوژی آرشیوی از استانداردها و معیارهای مهندسی را در کشور گردآوری نموده است. همچنین با بهره‌گیری از اساتید و کارشناسان صاحب نظر در این صنعت، راهنمای طراحی حاضر تدوین و جهت استفاده کاربران ارائه شده است.

سند حاضر راهنمای شناخت و طراحی برای دپوهای خطوط قطار شهری و حومه‌ای می‌باشد. در تدوین این راهنمای طراحی سعی شده است که از ابتدای نیاز به وجود دپو تا دوره ساخت و راه‌اندازی آن، ملاحظات و نیازمندی‌های اساسی مورد توجه قرار گرفته و نهایتاً معیارهای اصلی مورد نیاز برای طراحی یک دپوی قابل استفاده و با کارایی بالا گردآوری گردد.

بدیهی است مطالب و مضامین مندرج در این مجموعه‌ها از دو دیدگاه همواره قابل بازبینی و به‌روز رسانی است:

- ۱- تحول و توسعه تکنولوژی در این صنعت همانند تحول در سایر صنایع در جهان امروز،
- ۲- دستیابی به تجارب آتی در طراحی و تغییر تکنولوژی تجهیزات به کار رفته که بایستی همواره پایش لازم بعمل آید.

این راهنمای طراحی مقرر است که به صورت یک سند معتبر و به‌روز مورد استفاده قرار گیرد، لیکن از آنجاییکه مطالب عنوان شده در این سند، نتیجه تجربیات و آگاهی‌های کنونی گروه تدوین‌کننده، همکاران طراح و بهره‌برداران می‌باشد، لذا در جهت بهبود و ارتقاء این سند ملی، مزید امتنان خواهد بود که سایر نظرات،

تجربیات و آگاهی‌های صاحب‌نظران این عرصه با امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران سازمان برنامه و بودجه کشور طرح موضوع تا در ویرایش‌های بعدی مد نظر قرار گیرد.

حمیدرضا عدل

معاون فنی، امور زیربنایی و تولیدی

زمستان ۱۳۹۹

تهیه و کنترل "راهنمای طراحی دپو و پارکینگ قطار شهری و حومه" [نشریه شماره ۸۰۳]

اعضای گروه تهیه کننده:

نام و نام خانوادگی	سمت تخصصی	مدرک تحصیلی
علی آئینه چیان	عضو کمیته تدوین	کارشناسی ارشد
امیر مسعود تیره کار	عضو کمیته تدوین	کارشناسی
محمد حسین رهنمایی	عضو کمیته تدوین	کارشناسی
نادر کریمیان	عضو کمیته تدوین	کارشناسی
حمید بوتیمار	عضو کمیته تدوین	کارشناسی ارشد
علی سلامت منش	عضو کمیته تدوین	کارشناسی ارشد
مهرداد کریمی	عضو کمیته تدوین	کارشناسی
سید حسام موسوی اکبرزاده	عضو کمیته تدوین	دکترا

اعضای گروه هدایت و راهبری (سازمان برنامه و بودجه کشور):

وحید سعیدیان	معاون امور راه و ترابری و مدیریت عمران شهری و روستایی
علیرضا توتونچی	معاون امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران
فرزانه آقارمضانعلی	رئیس گروه امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران
زینب سقایی نوش آبادی	کارشناس امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۸	فصل ۱- شناخت و اصول مقدماتی
۱۹	۱-۱- کلیات
۱۹	۱-۱-۱- هدف و محدوده کاربرد
۱۹	۱-۱-۲- معرفی ساختار راهنمای طراحی دپو و پارکینگ قطار شهری و حومه
۲۱	۱-۱-۳- اطلاعات ورودی مورد نیاز طراحی
۲۱	۱-۱-۴- معیارهای مشاور طراح دپو
۲۲	۱-۱-۵- استانداردهای قابل استفاده در طراحی
۲۵	۱-۱-۶- لیست اختصارات
۲۷	۱-۱-۷- واژگان تخصصی
۳۱	۲-۱- تعاریف و شناخت کلی
۳۱	۱-۲-۱- دپو
۳۳	۲-۲-۱- ناوگان ریلی و زیر سیستم‌ها
۳۳	۲-۲-۳- تجهیزات ثابت
۳۴	۲-۲-۴- نگهداری و تعمیرات
۵۱	فصل ۲- نیازمندیها و اصول طراحی
۵۲	۱-۲- نیازمندیهای دپو
۵۶	۲-۲- اصول کلی انتخاب زمین دپو
۵۹	۱-۲-۲- شرایط محیطی
۵۹	۲-۲-۲- بررسی اثرات زیست محیطی دپو
۶۱	۳-۲- نیازمندیهای ساختمانهای اصلی در دپو
۶۱	۱-۳-۲- پارکینگ/توقفگاه
۶۲	۲-۳-۲- تعمیرگاه ناوگان
۶۳	۳-۳-۲- ساختمان تعمیرات زیربنایی/تجهیزات ثابت
۶۴	۴-۳-۲- ساختمان پارک و تعمیر وسایط نقلیه ریلی
۶۵	۵-۳-۲- ساختمان امداد و نجات
۶۶	۶-۳-۲- ساختمان شستشوی خودکار ناوگان

۶۷	۲-۳-۷- انبار مواد شیمیایی و خطرزا
۶۷	۲-۳-۸- انبار مرکزی
۶۸	۲-۳-۹- ساختمان مرکز کنترل دپو
۶۸	۲-۳-۱۰- ساختمان‌های اداری، خدماتی و پشتیبانی
۶۸	۲-۴- پلان بهره‌برداری در دپو
۶۸	۲-۴-۱- مقدمه
۶۹	۲-۴-۲- گردش و چرخش قطارها در دپو
۷۱	۲-۵- اصول جانمایی ساختمان‌های اصلی
۷۴	۲-۶- اصول طراحی فضاها و ساختمان‌های تعمیرگاهی
۷۵	۲-۶-۱- ابعاد فضاهای تعمیراتی
۸۱	۲-۶-۲- الزامات طراحی فضاهای تعمیرگاهی
۱۰۱	۲-۷- پیش‌بینی توسعه‌ها و تغییرات آتی
۱۰۲	فصل ۳- تجهیزات ویژه و رعایت تداخلات

۱۰۳	۳-۱- تجهیزات تعمیرگاهی ویژه
۱۰۳	۳-۱-۱- تعیین لیست تجهیزات تعمیرگاهی با تعریف گردش کاری تعمیرات
۱۰۴	۳-۱-۲- شستشوی خودکار قطار
۱۰۵	۳-۱-۳- بادگیری
۱۰۶	۳-۱-۴- پمپ سوخت‌گیری آلات ناقله دیزلی
۱۰۶	۳-۱-۵- شارژ شن
۱۰۷	۳-۱-۶- تراش چرخ زیرزمینی
۱۰۸	۳-۱-۷- میز آزادسازی بوژی
۱۰۹	۳-۱-۸- جرثقیل‌ها
۱۱۰	۳-۱-۹- جک‌های سنکرون بالابر
۱۱۱	۳-۱-۱۰- تجهیزات ثابت و متحرک تعمیرگاهی
۱۱۱	۳-۱-۱۱- تامین هوای فشرده
۱۱۲	۳-۱-۱۲- کارگاه شارژ باتری‌های قطار
۱۱۲	۳-۱-۱۳- آماده سازی سطح و رنگ آمیزی
۱۱۴	۳-۱-۱۴- خروج دود
۱۱۴	۳-۱-۱۵- سیستم‌های حفاظتی و ایمنی
۱۱۵	۳-۱-۱۶- سیستم مانیتورینگ و مدیریت دپو

۱۱۶	۲-۲- سیگنالینگ
۱۱۷	۱-۲-۳- الزامات سیگنالینگ برای طراحی خطوط دپو
۱۱۹	۲-۲-۳- سیستم اینترلاکینگ دپو
۱۲۱	۳-۲-۳- آخرین تراک خطوط دپو
۱۲۱	۴-۲-۳- سیگنالینگ خط تست دینامیک
۱۲۲	۵-۲-۳- ایمنی سیستم سیگنالینگ در دپو
۱۲۳	۶-۲-۳- سیگنالینگ ساختمان‌های تعمیراتی
۱۲۳	۳-۳- کنترل و مخابرات
۱۲۳	۱-۳-۳- سیستم رادیویی
۱۲۵	۲-۳-۳- سیستم تلفن
۱۲۶	۳-۳-۳- سیستم دوربین‌های مدار بسته (CCTV)
۱۲۷	۴-۳-۳- سیستم اعلان عمومی
۱۲۸	۵-۳-۳- سیستم کنترل دسترسی
۱۲۹	۶-۳-۳- سیستم برق اضطراری بدون وقفه (UPS)
۱۲۹	۷-۳-۳- کابل کشی
۱۳۰	۸-۳-۳- سیستم مدیریت هوشمند ساختمان (BMS)
۱۳۱	۴-۳- برق دپو
۱۳۱	۱-۴-۳- تامین توان
۱۴۳	۲-۴-۳- تأسیسات الکتریکی دپو
۱۵۱	۵-۳- تأسیسات مکانیکی دپو
۱۵۲	۱-۵-۳- آب بهداشتی
۱۵۲	۲-۵-۳- آب صنعتی، آب فضای سبز، آب آتش‌نشانی
۱۵۲	۳-۵-۳- جمع‌آوری و دفع فاضلاب بهداشتی و صنعتی
۱۵۳	۴-۵-۳- تامین سوخت خودروهای دیزلی
۱۵۳	۵-۵-۳- گاز شهری
۱۵۴	۶-۵-۳- سیستم‌های سرمایش، گرمایش، تهویه و تخلیه هوا ساختمان‌ها
۱۵۸	۷-۵-۳- سیستم هوای فشرده
۱۵۹	۶-۳- سیستم اعلام حریق
۱۵۹	۱-۶-۳- سیستم اعلام حریق خودکار
۱۶۲	۲-۶-۳- ایمنی در مقابل حریق
۱۶۵	۷-۳- سیستم اطفاء حریق

۱۶۵	۳-۷-۱- شبکه لوله کشی آب آتش نشانی ایستاده (STAND PIPE)
۱۶۵	۳-۷-۲- کپسول های آتش نشانی قابل حمل
۱۶۶	۳-۷-۳- شبکه لوله کشی آتش نشانی آبپاش (اسپرینکلر)
۱۶۶	۳-۷-۴- سیستم اطفای حریق اتوماتیک گازی
۱۶۷	۳-۷-۵- جدول انتخاب نوع سیستم آتش نشانی
۱۶۹	۳-۸- مخازن ذخیره و پمپ خانه اطفای حریق
۱۷۱	۳-۹- فصل مشترک دپو
۱۷۴	فصل ۴- کارهای ساختمانی دپو
۱۷۵	۴-۱- سازه و سیویل ابنیه
۱۷۵	۴-۱-۱- شناسایی عوارض و مشخصات زمین
۱۷۶	۴-۱-۲- بارگذاری
۱۷۷	۴-۱-۳- ملاحظات عمومی در تحلیل و طراحی سازه های دپو
۱۷۸	۴-۱-۴- ملاحظات ویژه سازه ای
۱۷۸	۴-۱-۵- طراحی سیویل محوطه
۱۸۵	فصل ۵- خطوط ریلی و انشعابات
۱۸۶	۵-۱- ضوابط طرح هندسی خطوط
۱۸۶	۵-۱-۱- مقدمه
۱۸۸	۵-۱-۲- الزامات طرح هندسی خطوط در راستای افقی
۱۹۱	۵-۱-۳- الزامات طرح هندسی خطوط در راستای قائم
۱۹۵	۵-۱-۴- دستگاه خطوط
۱۹۹	۵-۲- روسازی ریلی دپو
۱۹۹	۵-۲-۱- مقدمه
۲۰۰	۵-۲-۲- انواع روسازی
۲۰۱	۵-۲-۳- طراحی روسازی
۲۰۵	۵-۲-۴- الزامات طراحی
۲۰۸	۵-۲-۵- طراحی روسازی
۲۱۰	۵-۲-۶- موانع انتهایی (بافر استاپ)
۲۱۰	۵-۳- زیرسازی

۲۱۰	۵-۳-۱- کلیات
۲۱۲	۵-۳-۲- بستر و بدنه خاکریز
۲۱۳	۵-۳-۳- بخش فوقانی خاکریز

فصل ۶- سایر موارد ۲۱۵

۲۱۶	۶-۱- دیوهای مشترک مودهای مختلف حمل و نقل
۲۱۶	۶-۲- مفاهیم دیوی جامع ریلی
۲۱۷	۶-۳- چارت سازمانی کارکنان دیو
۲۱۷	۶-۴- امنیت، حراست و پدافند غیر عامل
۲۱۸	۶-۵- ملاحظات پدافند غیرعامل در طراحی طرح استقرار دیو
۲۱۸	۶-۵-۱- دسترسی های سواره
۲۲۲	۶-۵-۲- ملاحظات پدافند غیرعامل در سیستم های حفاظتی-امنیتی
۲۲۶	۶-۵-۳- ملاحظات پدافند غیرعامل در زیرساخت های الکتریکی-مکانیکی

فصل ۷- مکمل فصل ۱ ۲۳۴

۲۳۵	۷-۱- یادداشت (الف-۱)
۲۳۶	۷-۲- یادداشت (الف-۲)
۲۳۶	۷-۲-۱- تجهیزات ولتاژ بالا
۲۳۷	۷-۲-۲- پست های برق ترکشی
۲۳۸	۷-۲-۳- پست های برق فشار ضعیف
۲۳۸	۷-۲-۴- سیستم سیگنالینگ
۲۴۰	۷-۲-۵- تجهیزات مخابرات شامل دوربین های مدار بسته
۲۴۰	۷-۲-۶- تجهیزات فروش و جمع آوری اتوماتیک بلیط
۲۴۱	۷-۲-۷- سیستم های تهویه و تهویه مطبوع ایستگاه ها و تونل

فصل ۸- مکمل فصل ۲ ۲۴۲

۲۴۳	۸-۱- یادداشت (ب-۱)
-----	--------------------

فصل ۹- مکمل فصل ۳ ۲۴۵

۲۴۶	۹-۱- یادداشت (ج-۱)
-----	--------------------

۲۴۶	۹-۱-۱- الزامات منطقی مرتبط با تعیین مسیر حرکت
۲۴۷	۹-۱-۲- پانل کنترل
۲۴۷	۹-۱-۳- ایستگاه کاری نظارت و تعمیرات
۲۴۷	۹-۱-۴- تجهیزات قطار
۲۴۸	۹-۱-۵- تجهیزات کنار خط
۲۵۲	۹-۱-۶- منابع تغذیه بدون وقفه

۲۵۴	فصل ۱۰- مکمل فصل ۵
-----	--------------------

۲۵۵	۱۰-۱- یادداشت (د-۱)
۲۵۶	۱۰-۲- یادداشت (د-۲)
۲۵۶	۱۰-۳- یادداشت (د-۳)
۲۵۷	۱۰-۴- یادداشت (د-۴)
۲۵۸	۱۰-۵- یادداشت (د-۵)
۲۵۹	۱۰-۶- یادداشت (د-۶)

۲۶۷	فصل ۱۱- منابع و مراجع
-----	-----------------------

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- دیاگرام انواع عملیات نگهداری و تعمیرات.....	۳۵
شکل ۲-۱- هرم طبقه‌بندی سطوح مختلف نگهداری و تعمیرات.....	۴۰
شکل ۱-۲- نمونه سه بعدی فضاها و ساختمان‌های دیو.....	۵۳
شکل ۲-۲- نمونه دیوی متروبی - ورود و خروج قطارها به خطوط پارکینگ از یک سمت انجام می‌شود.....	۵۸
شکل ۳-۲- نمونه دیوی تراموا - ورود و خروج قطارها به خطوط پارکینگ از دو سمت مختلف انجام می‌شود.....	۵۸
شکل ۴-۲- نمونه‌هایی از طراحی و کف‌سازی مناسب سالن‌های تعمیراتی.....	۶۳
شکل ۵-۲- چرخش ناوگان در دیو.....	۷۰
شکل ۶-۲- طرح کلی ارتباط دیو و خط اصلی.....	۷۱
شکل ۷-۲- نمودار شماتیک ساده شده از لی‌اوت یک دیوی قطارشهری/حومه‌ای.....	۷۲
شکل ۸-۲- دیاگرام شماتیک تعمیرات تا نیمه عمر قطار.....	۸۱
شکل ۹-۲- عرض معبر عبور پیاده در فضاهای توقف قطار.....	۸۶
شکل ۱۰-۲- حداقل فواصل عرضی ساختمان پارکینگ.....	۸۶
شکل ۱۱-۲- حداقل فواصل عرضی ساختمان تعمیرات.....	۸۷
شکل ۱۲-۲- سیستم‌های محافظت از سقوط.....	۸۹
شکل ۱۳-۲- سکوی دسترسی به پانتوگراف همراه سیستم اینترلاکینگ.....	۸۹
شکل ۱۴-۲- سکوی‌های متحرک دسترسی به ترازهای مختلف کاری.....	۹۰
شکل ۱۵-۲- موانع فیزیکی جهت پیشگیری از سقوط افراد.....	۹۱
شکل ۱۶-۲- نمونه‌ای از ترازهای مختلف کاری در سالن پارکینگ.....	۹۲
شکل ۱۷-۲- نمونه‌ای از ترازهای مختلف کاری در سالن تعمیراتی.....	۹۳
شکل ۱۸-۲- نمونه پوشش و کف‌سازی مناسب فضاهای تعمیراتی.....	۹۴
شکل ۱۹-۲- نمونه کدهای رنگی.....	۹۵
شکل ۲۰-۲- نمودار نوعی شتاب شروع به حرکت و ترمزی برای قطاری با ترکیب 4M1T در شرایط نرمال.....	۱۰۰
شکل ۲۱-۲- نمودار نوعی سیر قطار در فاصله ۱ کیلومتری برای قطاری با ترکیب 4M1T.....	۱۰۰
شکل ۱-۳- نمونه‌ای از گردش کاری تعمیرات در برخی از فضاهای تعمیراتی.....	۱۰۳
شکل ۲-۳- تراش چرخ زیرزمینی.....	۱۰۷
شکل ۳-۳- نمونه‌ای از هودهای سقفی خروج دودهای موتورهای دیزلی.....	۱۱۴
شکل ۴-۳- شرایط محل توقف قطار در خطوط دیو.....	۱۱۷
شکل ۵-۳- وضعیت در خطوط پارکینگ.....	۱۱۸
شکل ۶-۳- نمای کلی و شماتیک اینترلاکینگ دیو.....	۱۲۰
شکل ۷-۳- مرز دیو و خط اصلی.....	۱۲۱
شکل ۱-۴- نمونه‌ای از جاده اصلی دسترسی به دیو به صورت زیرگذر و با محدودیت ارتفاع.....	۱۸۰
شکل ۲-۴- نمونه‌ای از مانع دابل پیش‌بینی شده بین پیاده‌رو و ریل سوم.....	۱۸۱

- شکل ۵-۱- طول قطعه خط مستقیم بر اساس شعاع قوس معادل..... ۱۹۱
- شکل ۵-۲- مدل بارگذاری LM71..... ۲۰۲
- شکل ۵-۳- قسمتی از خط به طول L..... ۲۰۳
- شکل ۵-۴- ساختار و بخش‌های تشکیل دهنده زیرسازی خاکی خطوط بتنی..... ۲۱۱
- شکل ۶-۱- تاثیر شکل ساختمان در پلان و نما در برابر موج انفجار..... ۲۲۱

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۲۲	جدول ۱-۱- لیست کلی استانداردهای قابل ارجاع در طراحی یک دپو و سایت ریلی
۴۱	جدول ۲-۱- معرفی بخشی از بازدیدهای روزانه / هفتگی
۴۲	جدول ۳-۱- معرفی بخشی از بازدیدهای ۱۵,۰۰۰ کیلومتر پیمایش
۴۳	جدول ۴-۱- معرفی بخشی از بازدیدهای ۳۰,۰۰۰ کیلومتر پیمایش
۴۴	جدول ۵-۱- معرفی بخشی از بازدیدهای ۵۰,۰۰۰ کیلومتر پیمایش
۴۵	جدول ۶-۱- معرفی بخشی از بازدیدهای ۱۰۰,۰۰۰ کیلومتر پیمایش
۴۶	جدول ۷-۱- معرفی بخشی از بازدیدهای ۳۰۰,۰۰۰ کیلومتر پیمایش
۴۸	جدول ۸-۱- معرفی بخشی از بازدیدهای ۶۰۰,۰۰۰ کیلومتر پیمایش
۴۹	جدول ۹-۱- معرفی بخشی از بازدیدهای ۹۰۰,۰۰۰ کیلومتر پیمایش
۴۹	جدول ۱۰-۱- معرفی بخشی از بازدیدهای ۱,۴۰۰,۰۰۰ کیلومتر پیمایش
۷۴	جدول ۱-۲- جدول الزامات ساختمانی و تکنولوژی سالن‌ها و ساختمان‌های دپو
۷۷	جدول ۲-۲- معرفی فعالیت‌های نظافتی
۷۸	جدول ۳-۲- ظرفیت سنجی بازرسی‌های دوره‌ای و انجام بخشی از اقدامات تعمیرات سبک
۷۹	جدول ۴-۲- ظرفیت سنجی اقدامات تعمیراتی پیشگیرانه (سبک و سنگین)
۸۰	جدول ۵-۲- ظرفیت سنجی اقدامات تعمیراتی اصلاحی (سبک و سنگین)
۸۸	جدول ۶-۲- ترازهای دسترسی
۱۲۵	جدول ۱-۳- باند فرکانسی و نرخ اطلاعات براساس انواع مختلف شبکه WIFI
۱۳۱	جدول ۲-۳- نمونه سیستم‌های عمومی قابل کنترل و مانیتورینگ در برخی فضاهای دپو
۱۳۷	جدول ۳-۳- روش رسیدن به مصرف ترکشنی هر محدوده در انطباق با ۶ سناریو معرفی شده
۱۴۵	جدول ۴-۳- نوع چراغ در فضاهای مختلف
۱۴۶	جدول ۵-۳- شدت روشنایی پیشنهادی در فضاهای مختلف
۱۵۶	جدول ۶-۳- شرایط طرح داخل - مناطق با آب و هوای معتدل و سردسیر
۱۵۷	جدول ۷-۳- شرایط طرح داخل - مناطق با آب و هوای گرمسیر
۱۶۱	جدول ۸-۳- نوع دتکتورهای اعلام حریق برای فضاهای مختلف
۱۶۸	جدول ۹-۳- سیستم‌های آتش‌نشانی بر اساس نوع کاربری فضاهای دپوی قطار شهری
۱۸۹	جدول ۱-۵- مقادیر حداقل شعاع قوسهای افقی در محدوده دپو
۱۹۳	جدول ۲-۵- حداقل طول قوس قائم در محدوده دپو
۲۳۸	جدول ۱-۷- فعالیت‌های مربوط به تعمیرات پیشگیرانه - پست‌های برق ترکشنی
۲۴۰	جدول ۲-۷- فعالیت‌های مربوط به تعمیرات اصلاحی - سیستم‌های مخابراتی
۲۵۶	جدول ۱-۱۰- فواصل بین سوزن‌ها با توجه نحوه قرارگیری نسبت به یکدیگر

فصل ۱

شناخت و اصول مقدماتی

۱-۱- کلیات

۱-۱-۱- هدف و محدوده کاربرد

سند حاضر به عنوان راهنمای طراحی دپو و پارکینگ باهدف برجسته نمودن نکات و ملاحظات اساسی به منظور انجام مطالعات مفهومی، طراحی پایه و تفصیلی دپوهای قطار شهری و حومه گردآوری شده است. تدوین این سند با هدف تبدیل آن به یک سند مرجع و قابل استفاده برای تمامی ذینفعان در طی دوره طراحی، ساخت و بهره‌برداری صورت پذیرفته است. در یک دسته‌بندی کلی، استفاده کنندگان از این راهنمای طراحی به شرح ذیل طبقه‌بندی می‌گردند:

- شهرداری‌ها و ارکان ذیربط آنها نظیر سازمان حمل و نقل ترافیک و سازمان‌های قطار شهری
- شرکت‌ها و پیمانکاران بهره‌برداری از دپوهای قطار شهری
- مشاوران طراح دپو
- مدیران طرح پروژه‌های ریلی
- پیمانکاران ساخت دپوهای ناوگان ریلی
- سازمان‌های تامین‌کننده ناوگان ریلی

۱-۱-۲- معرفی ساختار راهنمای طراحی دپو و پارکینگ قطار شهری و حومه

با توجه به تنوع اهداف، فعالیت‌ها و نیازمندیهای تعریف شده برای دپو و پارکینگ قطارهای شهری و حومه، طراحی و ساخت این زیرساخت مهم شهری، نیازمند به شناخت آن و رعایت اصول خاص طراحی در حوزه‌های مختلف مهندسی می‌باشد. بر این اساس در این راهنمای طراحی سعی شده است که ضمن شناخت و تعریف نیازمندی‌های اساسی دپو، نسبت به ارائه الزامات، توصیه‌ها و پیشنهادهای مورد نیاز طراحی پرداخته شود.

در بخش نخست از فصل اول، به بررسی اهداف، معرفی پیش نیازها و شرایط و معیارهای طراحی دپو پرداخته شده است و در ادامه استانداردهای مورد استفاده طراحان معرفی شده و در نهایت لیست اختصارات و واژگان تخصصی استفاده شده در این سند ارائه گردیده است. در بخش دوم این فصل، ضمن تعریف دپوهای قطار شهری، بخش‌های مهم یک دپو برشمرده شده و در ادامه شناخت کلی نسبت به سیستم‌های ناوگان ریلی و روش نگهداری و تعمیرات آنها حاصل می‌شود. سپس استراتژی نگهداری و تعمیرات که نقش ویژه‌ای در رویکرد طراحان دپو دارد، مرور شده و در نهایت نیز به تشریح معیارهای انتخاب زمین دپو پرداخته شده است.

در فصل دوم نیازمندیها و فعالیت‌های اصلی در دپو معرفی و مبانی اساسی در ایجاد شناخت عمومی ساختمان‌های اصلی در دپو، پلان بهره‌برداری و گردش‌کاری چرخش قطار در دپو تشریح گردیده است. در ادامه نیز با معرفی فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات مورد نیاز ناوگان ریلی و مرور نحوه تعیین میزان فضاهای مورد نیاز آنها، اصول طراحی و

جانمایی فضاها و ساختمان‌های تعمیراتی تشریح گردیده است. در نهایت نیز به الزامات خاص طراحی فضاها که باید مدنظر طراحان باشد، پرداخته شده است.

در بخش نخست از فصل سوم، اصول طراحی فضاها، استقرار تجهیزات ویژه تعمیرگاهی تشریح گردیده است. با تشریح نیازمندی‌ها و الزامات ویژه طراحی در این بخش، مهمترین نیازمندیهای ویژه طراحی دپو حاصل می‌گردد. در ادامه، اصول طراحی سیستم‌های فنی به منظور پشتیبانی از فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات در دپو مشتمل بر سیستم سیگنالینگ، کنترل و مخابرات، برق فشارقوی و ضعیف، تاسیسات مکانیکی و سیستم اعلام و اطفاء حریق ارائه شده است. در بخش دوم از این فصل، به یکی از مهمترین نیازمندیهای طراحی دپو پرداخته شده که با شناخت این نیازمندیها توسط طراحان، دستیابی به اهداف نهایی یک طرح مطلوب حاصل می‌گردد. پایش تداخلات (اینترفیس) ناوگان، تجهیزات تعمیرگاهی و تاسیسات برقی و مکانیکی با ابنیه و مستحذات دپو منجر به کاهش دوباره‌کاری‌ها و در نهایت جلوگیری از هدر رفت سرمایه می‌گردد.

در فصل چهارم ملاحظات اساسی در طراحی معماری و سازه ابنیه‌های موجود در دپو بر اساس آیین‌نامه‌ها و استانداردهای مربوطه ارائه شده است. همچنین به تجربیات پیش آمده در طراحی و اجرای ابنیه‌های موجود در دپوها اشاره شده و سپس به تبیین الزامات طراحی آنها پرداخته شده است.

در بخش نخست فصل پنجم، شناخت اجزای مختلف تشکیل دهنده، اصول طراحی، نیازمندیها و الزامات طرح هندسی شبکه خطوط ریلی به عنوان مهمترین زیرساخت موجود در دپو پرداخته شده است. در بخش دوم از این فصل، به انواع روسازی ریلی اشاره و سپس نیازمندیها و اصول طراحی روسازی ارائه شده است. در نهایت نیز اصول طراحی بستر و بدنه زیرسازی خطوط ریلی دپوی قطار شهری مرور شده است.

در فصل ششم، به سایر مواردی که در فرآیند طراحی و اجرای یک دپو حائز اهمیت بوده لیکن جهت یکپارچگی اصول مطرح شده در فصول پیشین، فرصت پرداختن به این موارد از نظر محتوایی فراهم نبوده، پرداخته شده است. از جمله الزامات و اصول اولیه طراحی دپوها، مشترک بین موده‌های مختلف حمل و نقل ریلی و مفاهیم دپوی جامع تعمیرات مرور گردیده است. در ادامه نیز ملاحظات اساسی چارت سازمانی و شرح وظایف پرسنل دپوها به عنوان یکی از نیازمندیهای طراحی تشریح گردیده است. در نهایت نیز ملاحظات پدافند غیر عامل به عنوان یکی از عوامل موثر در طرح استقرار زیرساختها و معماری دپو، پرداخته شده است.

۱-۱-۳- اطلاعات ورودی مورد نیاز طراحی

طراحی یک دیوی ریلی و محدوده مورد نیاز برای احداث ساختمان‌ها و زیرساخت ریلی آن وابسته به نیازمندیها و خواسته‌های بهره‌بردار بوده که در طراحی یک خط قطار شهری نمود پیدا کرده است. بنابراین و در راستای مطالعات طراحی صورت گرفته در یک خط، طراح دیو نیز می‌باید بر اساس همان معیارها، الزامات، شرایط کاری و سیاست‌های بهره‌برداری گام بردارد. از این رو مهمترین اطلاعات پیش نیاز برای طراحی دیو توسط طراحان به قرار ذیل می‌باشد:

- محدوده زمین انتخاب شده مشتمل بر اطلاعات جغرافیایی و زمین شناسی، مطالعات هیدرولوژی و ...
- ناوگان ریلی مشتمل بر مشخصات فنی، دستورالعمل‌های بهره‌برداری، دستورالعمل‌های نگهداری و تعمیرات و ...
- زیرساخت ریلی مشتمل بر نوع و مشخصات فنی ریل، حداقل شعاع قوس افقی، حداقل و حداکثر شیب و فراز ریل، مختصات شبکه ریل ورودی به محدوده دیو، مشخصات فنی تقاطع‌ها و سوزن‌ها، کلیات طراحی روسازی و زیر سازی خط
- شبکه تامین انرژی مشتمل بر نوع شبکه تامین، الزامات خاص و یکپارچه طراحی شبکه، الزامات خاص کنترلی آن
- شبکه سیگنالی‌نگ و کنترل زیرساخت ریلی
- شبکه مخابرات یکپارچه
- مطالعات بهره‌برداری از خط مشتمل بر حداقل سرفاصله زمانی، دستورالعمل بهره‌برداری از خط، تعداد ایستگاه‌ها، طول خط ریلی و ...
- سیاست‌های نگهداری و تعمیرات کارفرما.

۱-۱-۴- معیارهای مشاور طراح دیو

به طور ایده آل تیم طراحی دیو می‌باید حائز شرایط ذیل باشند:

- دانش و شناخت به استانداردهای رایج مرتبط با طراحی و بهره‌برداری از دیو،
- فهم صحیح عملکرد و نیازمندی‌های روزمره بهره‌برداری در یک دیو،
- شناخت صحیح از تجهیزات تعمیرگاهی و ناوگان و سایر تجهیزات الکترومکانیکال با توجه به اینترفیس‌های متعدد در طراحی دیو،
- تجربه پیشین طراحی دیو و دریافت بازخوردهای بهره‌برداران در دیوهای ساخته شده به منظور ارزیابی نقاط ضعف و قوت،
- دانش و شناخت به فعالیت‌های کارکنان دیو،

– آگاه به تأثیرات متقابل بهره‌برداری در خط اصلی به واسطه بهره‌برداری از دپو

۱-۱-۵- استانداردهای قابل استفاده در طراحی

تهیه و به کارگیری استانداردهای مرتبط در تمامی حوزه‌های کاری دپو متضمن طراحی صحیح و افزایش بهره‌وری در بهره‌برداری و تعمیرات و علاوه بر این کاهش هزینه‌های غیر ضروری می‌باشد؛ لذا برای کارفرمایان و مشاوران جمع‌آوری لیستی از استانداردهای مرتبط و الزام‌آور و یا اشاره به بخشی از این استانداردها به صورت تخصصی در بخش‌های مختلف و پیش‌بینی آنها در قراردادهای تجربه مفید و راهکار مناسب می‌باشد.

شایان ذکر است که توسعه و ساخت یک سایت ریلی و دپو نیازمند توجه به سایر آیین‌نامه‌ها و ضوابط فرا-ریلی شامل قوانین، آئین‌نامه‌ها و استانداردهای ملی نیز خواهد بود که می‌باید در الویت قرار گیرد. در ذیل، لیست کلی استانداردهای قابل ارجاع در طراحی دپو ارائه می‌گردد.

جدول ۱-۱- لیست کلی استانداردهای قابل ارجاع در طراحی یک دپو و سایت ریلی

ردیف	استاندارد / آیین نامه / توصیه نامه	زمینه کاربرد	تهیه
۱	VDV Recommendations - Verband Deutscher Verkehrsunternehmen	- تعریف فلسفه تعمیراتی در دپو - فضاهای تعمیراتی مورد نیاز در دپو - اصول تعیین ابعادی ساختمان‌های دپو - اصول طراحی لی‌اوت عملکردی	آلمان
۲	AREMA - American Railway Engineering and Maintenance-of-way Association	- اصول طراحی ساختمان‌ها و لی‌اوت - مخابرات و سیگنالینگ - دستورالعمل‌های جامع برای روسازی راه‌آهن	آمریکا
۳	GB - National Standard of the People's Republic of China	- اصول طراحی ساختمان‌ها - اصول تعیین ابعادی ساختمان‌های دپو - جانمایی داخلی فضاهای تعمیراتی	چین
۴	IRIS - International Railway Industry Standard	- تعاریف مفاهیم و سطوح تعمیراتی	بین‌المللی
۵	APTA - American Public Transportation Association	- اصول بازدیدها، بازرسی‌ها، تست‌ها و تعمیرات تجهیزات ثابت و متحرک - منابع تکمیلی برای تجهیزات متروسیستم - اصول ایمنی و امنیت در محوطه	آمریکا
۶	RSSB - Rail Safety and Standards Board - UK	- طراحی کلی یک دپو قطار مسافری - پروسه‌های تعمیراتی	بریتانیا
۷	TCRP - Transit Cooperative Research Program	- روش محاسبه پرسنل تعمیراتی و تعداد آنها - راهنمای جامع تراش چرخ - راهنمای کامل برای طراحی روسازی راه‌آهن - تعمیرات خط	آمریکا

ردیف	استاندارد / آیین نامه / توصیه نامه	زمینه کاربرد	تهیه
۸	EN- European Standards	نُرم‌های تجهیزاتی بررسی اتفاقات در سرعت‌های کم برای قطارهای حومه با سرعت ۸۰ تا ۲۰۰ کیلومتر در ساعت	اروپا
۹	AFNOR - Association Française de Normalisation	تعاریف مفاهیم و سطوح تعمیراتی	بین المللی
۱۰	UIC - International union of railways	استانداردهای بین المللی راه‌آهن	بین المللی
۱۱	NFPA - National Fire Protection Association	اعلام و اطفای حریق	بین المللی
۱۲	IEC - International Electrotechnical Commission	تست و راه‌اندازی تجهیزات متروسیستم نصب و راه‌اندازی تجهیزات ولتاژ پایین راهنمای طراحی و نصب تجهیزات الکتریکی	بین المللی
۱۳	IRSE - Institution of Railway Signal Engineers	استانداردهای سیگنالینگ خطوط ریلی بریتانیا (بر پایه BS)	بریتانیا
۱۴	سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی	ضوابط ملاک عمل سامانه‌های اطفای حریق (سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی)	ایران
۱۵	دستورالعمل‌های راه‌آهن ایران در خصوص اتاق‌های سیگنالینگ، UPS و باتری	دستورالعمل‌های راه‌آهن ایران در خصوص اتاق‌های سیگنالینگ، UPS و باتری	ایران
۱۶	دستورالعمل نصب تجهیزات سیگنالینگ محوطه راه‌آهن ایران	جزئیات نصب تجهیزات آیین نامه طرح هندسی راه‌آهن مشخصات فنی عمومی روسازی راه‌آهن مشخصات فنی عمومی زیرسازی راه‌آهن دستورالعمل طراحی و نظارت بر روسازی راه‌آهن سریع السیر	ایران
۱۷	نشریات سازمان برنامه و بودجه	شرایط طراحی برای تأسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع عملکرد، نگهداری و بهینه‌سازی سیستم‌های گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع مشخصات فنی عمومی تأسیسات مکانیکی ساختمان‌ها طراحی تأسیسات برقی	ایران
۱۸	ASHRAE Hand Book series	استاندارد سیستم‌های تهویه مطبوع	آمریکا
۱۹	Carrier Hand Book of Air Conditioning system Design	استاندارد طراحی سیستم‌های تهویه مطبوع	آمریکا
۲۰	مباحث ۲۲ گانه مقررات ملی ساختمان	طراحی ساختمان‌ها	ایران
۲۱	نویفرت	داده‌های معماری	آلمان
۲۲	آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله - استاندارد ۲۸۰۰ (ویرایش ۴)	بارگذاری لرزه ای سازه‌ها	ایران

ردیف	استاندارد/ آیین نامه/ توصیه نامه	زمینه کاربرد	تهیه
۲۳	سازمان ملی استاندارد ایران	سیستم‌های حمل و نقل ریلی درون شهری - الزامات	-
		تجهیزات ایمنی	ایران
		الزامات مهندسی عوامل انسانی در طراحی مراکز کنترل	-

۱-۱-۶- لیست اختصارات

RAMS:	Reliability, Availability, Maintainability and Safety
LRU:	Line Replaceable Unit
LLRU:	Lowest Level Replaceable Unit
WRU:	Workshop Replaceable Unit
SCADA:	Supervisory Control and Data Acquisition
AFC:	Automatic Fare Collection
FAS:	Fire Alarm system
FES:	Fire Extinguishing system
CB:	Circuit Breaker
UPS:	Uninterruptable Power Supply
TCMS:	Train Control & Monitoring System
ATP:	Automatic Train Protection
ATS:	Automatic Train Supervision
ATSD:	Automatic Train Stop at Dangerous situation
OCC:	Operation Control Center
DCC:	Depot Control Center
IP Code:	Ingress Protection Code
SIL:	Safety Integrity Level
NOC:	Network Operations Center
LAN:	Local Area Network
MSN:	Multi-Service Network
DMR:	Digital Mobile Radio
TETRA:	Terrestrial Trunked Radio
BS:	Base Station
Wi-Fi:	Wireless Fidelity
CCTV:	Closed-Circuit Television
VCP:	Visual Control Panel
BMS:	Building Management System
ACS:	Access Control system
EMC:	Electromagnetic Compatibility

LPS:	Low/Lighting Power Supply
TPS:	Traction Power Supply
HSCB:	High Speed Circuit Breaker
XLPE:	Cross-Linked Polyethylene
LSFOH:	Low Smoke Free of Halogen
EX:	Explosion Protected
BLS:	Blue Light Station
HVAC:	Heating, ventilation, and air conditioning
NBC:	Nuclear, Biological and Chemical
Lux:	Light Intensity Measurement Unit
HBL:	Hydraulically Bound Layer

۱-۱-۷- واژگان تخصصی

ابزار آلات عمومی: وسایل استاندارد عمومی که در کلیه کارگاه‌های تولیدی و تعمیرگاهی به عنوان ابزار کار پرسنل مورد استفاده قرار می‌گیرد (مانند دریل، هویه، آچار و ...).

اعزام: خروج قطار از محل توقف به مسیر ریلی درون شهری به منظور سرویس دهی در ایستگاه‌ها می‌باشد.

امداد و نجات ریلی: عملیات امداد و نجات به منظور جابجایی قطار حادثه دیده و یا خارج شده از مسیر ریلی بوده که دارای تجهیزات ویژه امدادی است.

برون سپاری: سپردن کار و مسئولیت برخی از فعالیت‌های خدماتی، تعمیراتی، ساخت، خرید و طراحی به پیمانکاری در خارج از شرکت یا سازمان مالک است.

پدافند غیر عامل: مجموعه اقدام‌های غیرمسلحانه‌ای که موجب افزایش بازدارندگی، کاهش آسیب پذیری، تداوم فعالیت‌های ضروری، ارتقای پایداری ملی و تسهیل مدیریت بحران در مقابل تهدیدها و اقدامات نظامی دشمن می‌شود.

پست برق^۱ LPS: این پست به منظور تبدیل برق ۲۰ کیلوولت به ۴۰۰ ولت و توزیع برق فشار ضعیف در دپو در نظر گرفته می‌شود.

پست برق^۲ TPS: این پست به منظور توزیع برق شبکه تأمین توان ناوگان یعنی ۱۵۰۰، ۷۵۰ ولت جریان مستقیم و یا ۲۵ کیلو ولت جریان متناوب در دپو در نظر گرفته می‌شود.

تعمیرات زیربنایی: فعالیت‌هایی که به منظور سرویس، نگهداری و تعمیرات زیرساخت‌های موجود در مسیر، ایستگاه‌ها و دپو مانند ریلها، سوزنها، باجه‌های بلیط فروشی، شبکه تأمین توان، علائم و سیگنالی‌نگ، سیستم‌های روشنایی، تأسیسات مکانیکی و... انجام می‌شود.

چال سرویس: فضایی پایین‌تر از سطح ریل به منظور دسترسی پرسنل جهت بازدید و نگهداری تجهیزات زیر و کنار بدنه قطار است.

دپو^۳: دپو واژه‌ای فرانسوی و به معنی انبار کالا می‌باشد. در صنایع ریلی دپوهای تعمیراتی، شامل ساختمان‌هایی جهت

1 LOW POWER SUBSTATION

2 TRACTION POWER SUBSTATION

3 DEPOT

پارک، سرویس، نگهداری و تعمیرات قطارها و خدمات پشتیبانی می‌باشد. همچنین در محدوده دپو، شبکه خطوط ریلی به منظور ورود، خروج و جابجایی قطارها پیش‌بینی می‌گردد

دگاژ: نقطه امان بین وسایط نقلیه ریلی مابین دو خط ریل مجاور می‌باشد.

ریل سوم: ریل هادی که در کنار دو ریل دیگر نصب می‌شود و انرژی قطار را تأمین می‌کند.

ساختمان‌های تعمیرگاهی: ساختمان‌هایی که به منظور عملیات سرویس، نگهداری و تعمیرات ناوگان در دپو در نظر گرفته می‌شود. عموماً در دپوها شامل ساختمان‌های تعمیرگاه سنگین و اساسی، سالن‌های بازدید و پارک و تعمیرگاه‌های وسایط نقلیه ریلی می‌باشد.

ساختمان‌های پشتیبانی: ابنیه و مستحدثاتی که به منظور پشتیبانی فعالیت‌های اصلی (نگهداری و تعمیرات ناوگان) در دپو در نظر گرفته می‌شود. عموماً در دپوها شامل ساختمان‌های اداری و مرکز کنترل، منابع ذخیره آب و سوخت، پست‌های برق، ساختمان موتورخانه و ... می‌باشد.

سایت: محدوده کامل زمین دپو که شامل کلیه ساختمان‌های اصلی و پشتیبانی، شانتینگ یارد و محوطه سازی می‌باشد.

سکوی ثابت بازرسی: سکوهایی فلزی که در سالن‌های تعمیراتی و پارکینگ به منظور دسترسی پرسنل به ترازهای سقف و درب قطار تعبیه می‌گردند.

سوزن^۱: وسیله‌ای است که امکان تغییر از یک مسیر به مسیر دیگر را در تقاطع‌ها جهت ماشین‌های ریلی فراهم می‌سازد.

سیگنالینگ^۲: مجموعه‌ای از ادوات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری است که جهت اجرا و کنترل فرامین صادر شده از مرکز کنترل ترافیک به منظور هدایت قطارها به طور ایمن و صحیح در مجاورت خطوط ریلی و روی قطار تعبیه می‌گردد.

شانتینگ یارد^۳: محوطه جابجایی (مانور) قطار در ورودی و خروجی ساختمان‌های دپو می‌باشد که خطوط ریلی، سوزنها، تقاطع‌ها و شبکه توزیع انرژی را شامل می‌شود.

1 SWITCH

2 SIGNALING

3 SHUNTING YARD

شبکه برق بالاسری (OCS)^۱: شبکه توزیع برق فشار قوی (DC Power) به منظور تأمین انرژی حرکتی قطارها است که پایه‌های توزیع، سیم یا بلوک جریان و وزنه‌های تعادل را شامل می‌گردد.

طرح هندسی: مسیر عبور خطوط ریلی و جانمایی سوزن‌ها در شانتینگ یارد بوده که بر اساس شرایط ناوگان و استانداردهای ریلی طراحی و اجرا می‌گردد.

قبول: پذیرش قطار از مسیر اصلی و توقف در دپو می‌باشد.

تجهیزات اصلی تعمیرگاهی: ماشین آلاتی با سازنده تخصصی ریلی نظیر تراش چرخ زیرزمینی، جک‌های بالابر، بوژی گردان و ... که به منظور انجام عملیات نگهداری و تعمیرات ناوگان ریلی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

تجهیزات نگهداری و تعمیرات خطوط ریلی: ماشین‌آلاتی ویژه نگهداری و تعمیرات ریل و ادوات آن نظیر پیچ بند، سنگ زنی ریل و ... می‌باشند.

مرکز کنترل دپو (DCC)^۲: ساختمانهایی که در آنها کلیه فعالیت‌های فرماندهی، هدایت و نظارت در دپو نظیر حرکت قطارها، دوربین‌های مدار بسته، مخابرات، سیستم‌های خودکار اعلام و اطفاء حریق، شبکه توزیع برق فشار قوی و ضعیف در این مرکز راهبری می‌شود.

مستحادثات: کلیه فضاهای جنبی حادثاتی در دپو نظیر مخازن و تانک‌ها، محل پارک خودرو، کانال آدم رو و ... را شامل می‌گردد.

ناوگان: رام‌های قطار که در شبکه قطار درون شهری جهت جابه جایی مسافر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

نت: مخفف لغات نگهداری و تعمیرات^۳ است.

وسایط کمک نقلیه ریلی: ماشین‌آلات نقلیه ریلی نظیر لکوموتیو، درزین جرثقیل‌دار و ... که جهت جابجایی قطار، بار، پرسنل و تجهیزات تخصصی تعمیرات به منظور بازرسی، سرویس، نگهداری و تعمیرات زیرساخت‌های دپو و مسیر در شبکه قطار درون شهری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

1 OCS (OVERHEAD CONTACT SYSTEM)

2 DEPOT CONTROL CENTER

3 MAINTENANCE

هدوی^۱: سر فاصله زمانی حرکت بین دو قطار متوالی را هدوی می‌گویند.

بربلندی^۲: به شیب عرضی راه‌آهن یا جاده در قوس‌ها به منظور رعایت ایمنی و جلوگیری از انحراف وسایط نقلیه از مرکز مسیر، اصطلاحاً دور (Dever) یا بربلندی گفته می‌شود.

گاباری: حد مجاز ابعاد فضایی جهت عبور ایمن برای وسایط نقلیه ریلی است.

لی‌اوت: جانمایی و چیدمان تجهیزات، ابنیه، مسیرهای دسترسی و سایر عناصر یا به عبارتی چیدن (چهارچوب اولیه مفهومی) تمام عناصر در یک محدوده.

1 HEADWAY

2 DEVER

۲-۱- تعاریف و شناخت کلی

۱-۲-۱- دپو

مجموعه حمل و نقل ریلی یکی از کارآمدترین و سریع‌ترین سیستم‌ها برای جابجایی شهروندان در عصر حاضر و در اکثر کشورهای توسعه یافته به‌شمار می‌رود.

این شبکه حمل و نقل را بطور خلاصه می‌توان به اجزاء زیر طبقه‌بندی و شناسایی نمود:

- ۱- ریل و مسیرهای ریل‌گذاری در سطح و در درون تونل‌ها،
 - ۲- ایستگاه‌ها که محل توقف قطارها برای پیاده و سوار شدن مسافریین ساخته و تجهیز می‌گردند،
 - ۳- ناوگان ریلی که امکان جابجایی مسافران را در طول مسیر و در ایستگاه‌های تعیین شده عملی می‌سازد،
 - ۴- دپوهای سیستم حمل و نقل ریلی که غالباً در دو انتهای مسیر حرکت قطارها ایجاد می‌شود.
- دپو و پارکینگ‌ها به عنوان قلب تپنده یک خط قطار شهری و با هدف اطمینان از آماده بکاری ناوگان ریلی جهت سرویس‌رسانی به مسافران احداث می‌گردند. دپو زیرساختی است که در آن امکان پارک، سرویس و نگهداری و تعمیرات ناوگان ریلی و تاسیسات و تجهیزات پشتیبانی یک خط قطار شهری را میسر می‌سازد.
- زیرساخت‌های اصلی مستقر در دپوها شامل:
- خطوط ریلی در داخل محوطه دپو و سوزن‌های هدایت‌کننده به منظور ورود و خروج به/ از دپو و جابجایی آنها،
 - ساختمان توقفگاه به منظور قبول و اعزام، پارک، بازدید و همچنین نظافت و شستشوی قطارها،
 - ساختمان‌های تعمیرگاهی به منظور انجام رده‌های مختلف بازدید، سرویس، نگهداری و تعمیر قطارها،
 - ساختمان توقفگاه و سرویس و نگهداری ماشین‌آلات نقلیه ریلی،
 - ساختمان سرویس، نگهداری و تعمیرات کلیه تجهیزات و تاسیسات الکتریکی، کنترلی، مخابراتی و مکانیکی خط و دپو،
 - ساختمان شستشوی خودکار قطار،
 - مرکز هدایت و کنترل عملیات قطارها،
 - مراکز اداری و خدماتی،
 - ساختمان استقرار پرسنل و تجهیزات امداد و نجات ریلی،
 - ساختمان‌های انبار قطعات یدکی و لوازم مصرفی،
 - انبارهای روباز اقلام ضایعات،
 - تاسیسات تامین انرژی برق نرمال و اضطراری،

- تأسیسات تامین سوخت،
- تأسیسات آبرسانی، آتش‌نشانی، فضای سبز و شبکه فاضلاب‌ها،
- خطوط ریلی تست و دوار،

۱-۲-۲- ناوگان ریلی و زیر سیستم‌ها

شناخت صحیح ناوگان مورد استفاده و مورد نظر، جهت انجام تعمیرات در دپو حائز اهمیت بوده و می‌باید قبل از طراحی دپو به این موضوع توجه ویژه‌ای داشت. اطلاعات مورد نیاز طراحان دپو از ناوگان به شرح ذیل می‌باشد:

- مشخصات ناوگان مشتمل بر نوع ناوگان، تعداد واگن برای هر رام قطار، مشخصات ابعادی، مشخصات تامین انرژی، مشخصات عملکردی و ... ،
- دستورالعمل‌های نگهداری و تعمیرات،
- دستورالعمل‌های بهره‌برداری،

شناخت بخش‌های مختلف ناوگان ریلی و روش‌های سرویس، نگهداری و تعمیرات آنها نقش بسزایی در درک صحیح و همه جانبه نیازمندیهای نگهداری و تعمیرات ناوگان ریلی دارد. بر این اساس سیستم‌های عمده ناوگان ریلی که می‌باید زیرساخت‌های نگهداری و تعمیرات برای آنها مورد توجه واقع گردد شامل:

- بوژی و تراکشن موتور،
- ترمز و هوای فشرده،
- بدنه، درب و تزئینات داخلی،
- سیستم تهویه مطبوع،
- کوپلینگ و گنگ وی،
- سیستم‌های برقی و باتری،
- سیستم‌های اعلام حریق،
- سیستم‌های الکترونیک، کنترل و مخابرات،
- پانتو گراف و مبدل‌های برقی،

۱-۲-۳- تجهیزات ثابت

سیستم حمل و نقل ریلی شهری شامل تجهیزات ثابت و متحرک می‌باشد. به ناوگان ریلی و برخی از ماشین آلات ناقله ریلی، تجهیزات متحرک سیستم حمل و نقل ریلی اطلاق می‌گردد. تجهیزات ثابت همان زیرساخت‌های تجهیزاتی، تاسیساتی و ابنیه دپوها و ایستگاه‌های خط قطار شهری می‌باشند. حفظ وضعیت ایمن و با قابلیت اطمینان تجهیزات ثابت نقش عمده ای در بهره‌برداری کامل، بهینه و ایمن از دپوها را دارد. بر این اساس شناخت و بررسی نیازمندیهای نگهداری و تعمیرات آنها می‌باید مورد توجه قرار گیرد. تجهیزات ثابتی که می‌باید زیرساخت‌های نگهداری و تعمیرات آنها مد نظر طراحان قرار گیرد به شرح ذیل می‌باشند:

- ادوات مسیر ریلی مشتمل بر ریل، تراورس، سوزن، ماشین‌های سوزن و ... ،
- تجهیزات مربوط به سیستم‌های سیگنالینگ، علائم و مخابرات،

- سیستم‌های تهویه و تهویه مطبوع تونل و ایستگاه‌ها،
 - پله برقی‌ها و آسانسورها،
 - تجهیزات انتقال، تبدیل و توزیع برق فشار قوی ناوگان،
 - کلیه تاسیسات مکانیکی ابنیه مسیر اصلی، ایستگاه‌ها و دپو نظیر آبرسانی، آتش نشانی، سوخت، فاضلاب و هوای فشرده،
 - سیستم‌های کنترلی خط نظیر سیستم کنترل خودکار قطارها - ATC، تجهیزات مرکز کنترل فرمان خط - OCC، تجهیزات کنترل و مدیریت کلید زنی سیستم‌های برق‌رسانی - SCADA، تجهیزات جمع‌آوری خودکار کرایه - AFC،
 - تجهیزات اعلام و اطفای حریق - FAS & FES،
 - ابنیه ساختمان‌ها، سازه‌ها و بسترهای مسیر اصلی، ایستگاه‌ها و دپو،
 - تجهیزات تعمیرگاهی دپوها،
- جهت کسب اطلاعات بیشتر در خصوص نگهداری و تعمیرات تجهیزات ثابت به یادداشت (الف-۲) از پیوست (الف) رجوع شود.

۴-۲-۱- نگهداری و تعمیرات

۱-۴-۲-۱- واژه شناسی و تعاریف

به مجموعه فعالیت‌هایی که به طور مشخص و بیشتر به صورت برنامه‌ریزی شده و با هدف جلوگیری از خرابی ناگهانی ماشین آلات و تاسیسات انجام می‌گیرد و موجب افزایش قابلیت اطمینان و در دسترس بودن آنها می‌شود فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات^۱ گفته می‌شود. همچنین به مجموعه فعالیت‌هایی که بر روی یک سیستم دچار خرابی و یا از کارافتادگی انجام می‌گیرد تا آن را به حالت آماده و قابل بهره‌برداری بازگرداند، تعمیرات^۲ گفته می‌شود.

در سیستم حمل و نقل ریلی، نگهداری و تعمیرات ترکیبی از همه اقدامات فنی، اداری و مدیریتی در طول چرخه عمر تجهیزات ثابت و متحرک به منظور بازگرداندن یا ترمیم وضعیت آن به وضعیتی است که بتواند وظیفه مورد انتظارش را به انجام رساند. نگهداری و تعمیرات به سه روش مهم زیر انجام می‌شوند:

- ۱- نگهداری و تعمیرات بمنظور پیشگويانه^۳،
- ۲- نگهداری و تعمیرات اصلاحی^۴،
- ۳- نگهداری و تعمیرات پیشگیری^۱،

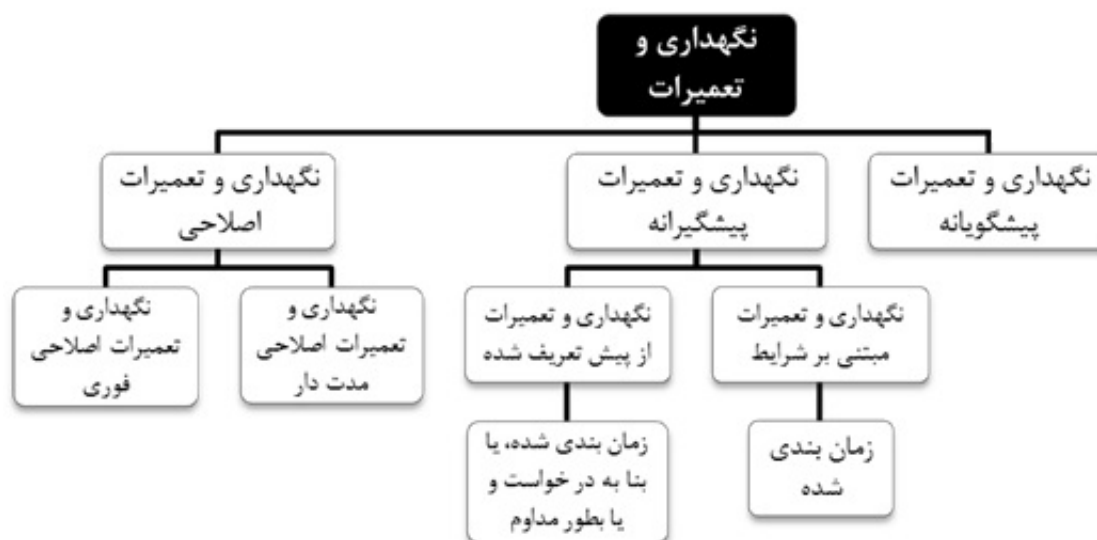
1 Maintenance

2 Repairs

3 Predictive Maintenance(PdM)

4 Corrective Maintenance(CM)

در ذیل شماتیکی از انواع عملیات نگهداری و تعمیرات مربوطه به سیستم حمل و نقل ریلی شهری ارائه شده است. جهت کسب اطلاعات تکمیلی به یادداشت (الف-۱) از پیوست (الف) رجوع شود.



شکل ۱-۱- دیاگرام انواع عملیات نگهداری و تعمیرات

۱-۲-۴-۲- اهداف نگهداری و تعمیرات

اهداف نگهداری و تعمیرات شبکه ریلی شهری (مترو) به شرح زیر می‌باشد. بنابراین طراحان می‌باید با شناخت و درک مناسب از این اهداف، رهیافت مناسبی را به منظور نیل به آنها در طراحی زیرساخت‌ها، خط مشی خود قرار دهند.

- افزایش دوره آماده به کاری،
- عملکرد مناسب و با ایمنی بالا در حین سرویس،
- کاهش میزان هزینه‌های نگهداری و تعمیرات،
- افزایش میزان قابلیت اعتماد در حین سرویس،
- کاهش نرخ تعمیرات اتفاقی،
- تخصیص بهینه منابع مالی، انسانی و تجهیزاتی،

۱-۲-۴-۳- استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات در دپوها

استراتژی نگهداری و تعمیرات در دپوها با دو دیدگاه قابل بررسی می‌باشد. نگاه اول با توجه به اصول مطرح شده در راهنمای طراحی VDV 823 و VDV 824 و همچنین با توجه به توانمندی‌ها و پتانسیل موجود نسبت به تعیین اهداف

انجام تعمیرات به صورت کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت مطرح می‌گردد. نتیجه شناخت این دیدگاه‌ها می‌تواند سطوح تعمیراتی مورد نیاز ناوگان ریلی را برای دپو تعیین نماید.

دیدگاه دوم نیز مربوط به سیاست‌های کارفرمای پروژه در مورد انجام فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات پس از ساخت دپوها است که بهره‌برداران می‌توانند با برونسپاری برخی از فعالیت‌های مورد نیاز نگهداری و تعمیرات تجهیزات ثابت و متحرک سیستم حمل و نقل ریلی شهری، میزان سرمایه‌گذاری در ساخت دپوها را تعیین نمایند.

بنابراین شناخت و تصمیم‌سازی هر یک از دیدگاه‌های گفته شده توسط کارفرمای پروژه و طراحان دپو می‌تواند نقش بسزایی را در ابعاد، گستردگی خدمات، تعداد و نوع تجهیزات و در نهایت میزان سرمایه‌گذاری دپوها ایفا نماید.

۱-۲-۴-۴- سطوح تعمیراتی

به منظور بهینه‌سازی توان نیروی انسانی و همچنین دستیابی به تعمیرات با بهره‌وری بالای تجهیزات ثابت و متحرک سیستم حمل و نقل ریلی شهری، فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات بر اساس استاندارد اروپایی EN 13306 و استاندارد FD X60-000 فرانسه به پنج سطح، تقسیم می‌گردد. این تقسیم‌بندی بر اساس شرایط ذیل صورت گرفته است:

- پیچیدگی روبه‌های نگهداری و تعمیر،
- پیچیدگی استفاده از ابزارهای مورد نیاز برای پیاده‌سازی روبه‌های نگهداری و تعمیرات،
- مهارت مورد نیاز کارکنان،

پنج سطح نگهداری و تعمیرات ناوگان ریلی قطار شهری در ادامه شرح داده می‌شوند،

۱-۲-۴-۴-۱- شناخت سطح ۱ تعمیرات

اقدامات ساده‌ای جهت بهره‌برداری و پیش بردن کار بر روی قطعات با دسترسی آسان و ایمنی بالا مورد نیاز است. فعالیت‌های این سطح متشکل از تمامی فعالیت‌هایی است که نیاز به هیچگونه ابزار یا تجهیزات کنترلی ندارند. این فعالیت‌ها می‌توانند توسط کارکنان با حداقل دانش و آموزش‌های فنی به اجرا درآیند. این فرآیند بطور کلی شامل امور خدمات‌رسانی نظیر نظافت، بازرسی چشمی تجهیزات مشخص، جایگزینی چراغ‌ها یا اجزاء تزئینات داخلی واگن‌ها، همچنین تعمیرات جزئی و تنظیمات می‌باشد. از آنجاییکه اکثر فعالیت‌های این سطح تعمیراتی شامل عملیات نظارت و بازدیدهای چشمی می‌باشد. از دیدگاه زمانی می‌توان این سطح تعمیرات را بازبازدیدهای روزانه و یا هفتگی محسوب کرد.

۱-۲-۴-۴-۲-ب- شناخت سطح ۲ تعمیرات

اقداماتی که نیازمند روش ساده تعمیراتی و یا تجهیزاتی با کاربرد ابزارهای عمومی کارگاهی باشد، در این سطح نگهداری و تعمیرات دسته‌بندی می‌شوند. این سطح تعمیرات بر روی تجهیزات نصب شده ناوگان شامل عملیاتی است که در کارگاه‌های تعمیراتی ناوگان انجام می‌شوند.

برخی ویژگی‌های این سطح تعمیراتی به شرح ذیل می‌باشد:

- عملیاتی که فرآیند انجام آن زیاد پیچیده نمی‌باشد،

- زمان انجام این عملیات کمتر از یک شیفت کاری می‌باشد،
 - این عملیات معمولاً به صورت دوره‌ای انجام می‌گردد و توسط افراد صلاحیت‌دار انجام می‌شود،
 - اغلب فعالیت‌های این سطح مربوط به تعویض قطعات و تجهیزات ساده می‌باشد،
- این قبیل عملیات می‌تواند توسط تکنسین‌هایی با حداقل دانش نسبت به سیستم، اسناد نگهداری و تعمیرات، مواد مصرفی، قطعات و ابزار ضروری انجام شود. برای ناوگان نقلیه ریلی شهری معمولاً فعالیت‌های این سطح بصورت ماهانه تا سالانه قابل انجام و تکرار می‌باشد و آماده به کار (سرویس) قطار نیازمند کنترل عملیات انجام شده می‌باشد.

۱-۲-۴-۴-ت- شناخت سطح ۳ تعمیرات

سطح ۳ نگهداری و تعمیرات متشکل است از اقداماتی است که نیازمند استفاده از تجهیزاتی با تکنولوژی بالا و فرایندهای نسبتاً پیچیده بوده که انجام آن می‌باید در کارگاه‌های تعمیراتی صورت پذیرد؛ این رویه‌ها مستلزم داشتن دانش درباره تکنولوژی ویژه قطار و یا به کارگیری تجهیزات خاص می‌باشند. انجام این گونه فعالیت‌ها توسط یک تیم آموزش دیده با مدیریت فردی مجرب صورت می‌گیرد. پشتیبانی لجستیک آنها شامل دستورالعمل‌های نگهداری و تعمیرات، سوابق چون ساخت^۱، مواد مصرفی، قطعات و ابزار ضروری می‌باشد.

همچنین برای انجام این سطح تعمیرات احتیاج به تجهیزات ویژه و ابزار کنترلی خاص برای راه‌اندازی مجدد تجهیزات می‌باشد. فعالیت‌های صورت گرفته در این سطح معمولاً طی دوره‌های یکساله بر روی ناوگان انجام می‌گیرد.

فعالیت‌های مربوط به این سطح شامل بازرسی عملکرد سیستمها و تعویض قطعات مصرفی مانند فیلتر، روغن، لنت ترمز و تعمیر قطعات معیوب می‌باشد. از ویژگیهای این سطح تعمیراتی جدا نمودن بوژی از واگن به منظور انجام برخی اقدامات نظارتی و تعمیراتی می‌باشد. شایان ذکر است این گونه تعمیرات به نام "تعمیرات نیمه سنگین" نیز معروف می‌باشند. سیستم‌های ذیل (به عنوان نمونه) مورد تست و تعمیرات در صورت خرابی قرار خواهند گرفت:

- ترکشن موتور
- گیربکس
- کمپرسور
- مکانیزم دربها
- سیستم تهویه مطبوع
- سیستم‌های کنترلی و رادیویی
- سیستم تعلیق اولیه و ثانویه
- کوپلر
- سیستم تغذیه انرژی (کفشک جمع‌کننده جریان یا پانتوگراف)

¹ As built Records

- سیستم ترمز

- چرخ و محور

برخی فعالیت‌هایی که ذیلاً به آنها اشاره می‌شود در این سطح انجام می‌شوند:

- فعالیت‌های مربوط به تراش چرخ

- گریس‌کاری

- آچارکشی اتصالات

- کنترل ارتفاع قطار نسبت به سطح ریل از طریق تنظیم ارتفاع سیستم تعلیق

۱-۲-۴-۴-ث- شناخت سطح ۴ تعمیرات

این سطح از تعمیرات شامل تمامی عملیات اورهال^۱ و تعمیرات سنگین می‌شود. در این سطح ضمن نیاز به تجهیزات ویژه و خاص، احتیاج به تجهیزات کنترلی و اندازه‌گیری متناسب نیز می‌باشد؛ همچنین بکارگیری کارکنان مجرب از نیازمندی‌های اولیه انجام این گونه فعالیت‌ها می‌باشد. فعالیت‌های این سطح متشکل است از:

- عملیات انجام شده در کارگاه‌های تخصصی بر روی زیر سیستم‌ها و یا آیتم‌های جدا شده از

تجهیزات در طی عملیات سطوح ۲ و ۳،

- بازرسی جهت بازسازی،

لازم است که عملیات سطح ۴ توسط تکنسین‌های کاملاً متخصص با استفاده از ابزارهای مخصوص انجام شود. کار آنها بطور کلی بر پایه تجزیه و تحلیل اسناد طراحی می‌باشد. از ویژگی‌های این سطح تعویض برخی تجهیزات و قطعات می‌باشد که علیرغم کارکرد صحیح آنها بر اساس توصیه سازنده می‌بایست تعویض شود. لازم به ذکر است از دیدگاه زمانی و کیلومتراژ طی شده توسط قطار، برای انجام این سطح تعمیرات، این اقدامات در بازه حدود ۵ الی ۷ سال و یا کیلومتراژ حدود ۵۰۰۰۰۰ تا ۷۰۰۰۰۰۰ انجام می‌گیرد.

برخی فعالیت‌هایی که ذیلاً به آنها اشاره می‌شود در این سطح انجام می‌شوند:

- بازدید از سقف واگن و دریچه‌ها از نظر کارکرد روان و پوسیدگی

- بررسی پوسیدگی رنگ

- بررسی لاستیک‌های آب‌بندی

- عملیات نقاشی

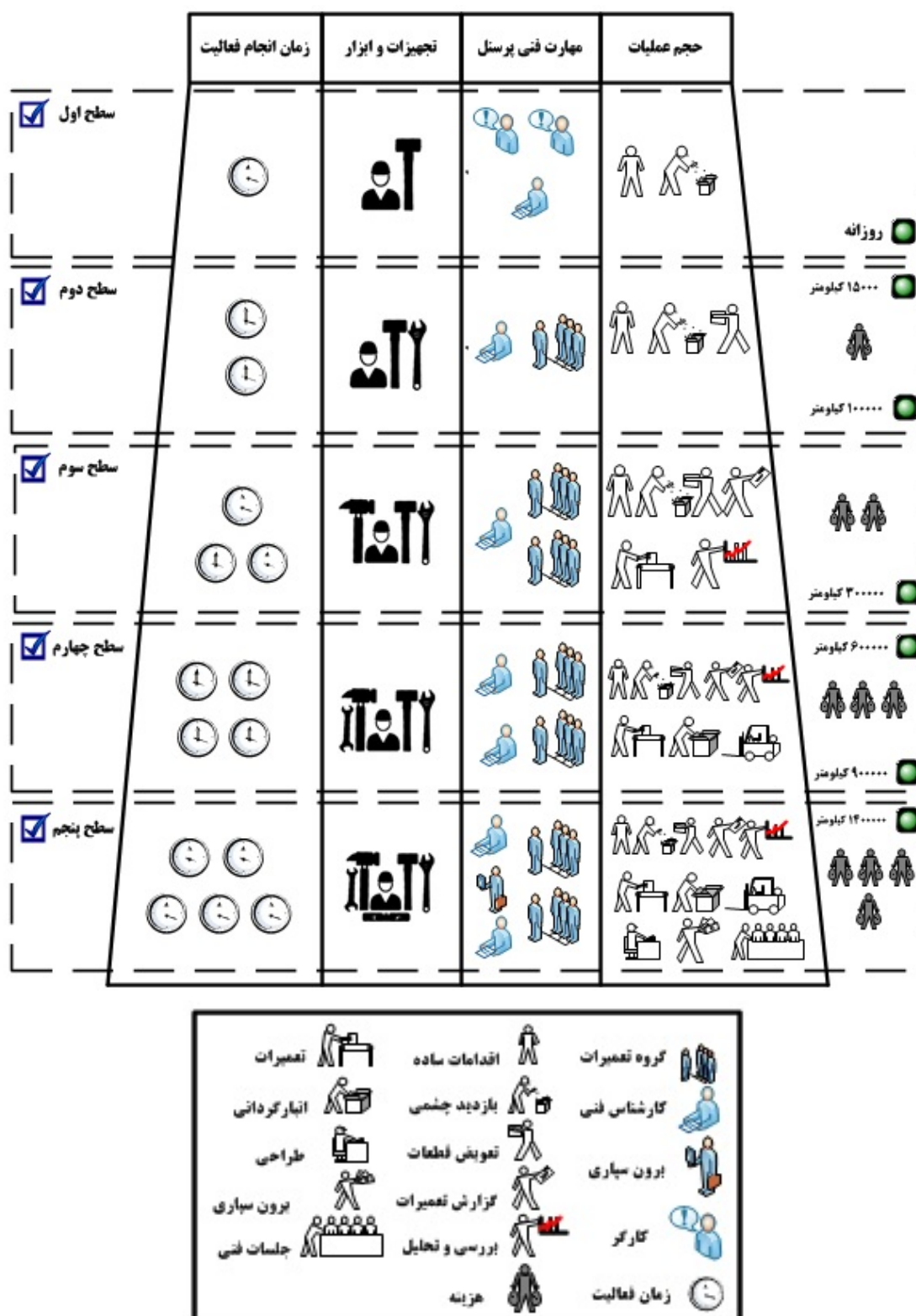
- سایر عملیات‌های ترمیمی و اصلاحی

۱-۲-۴-۴-ج- شناخت سطح ۵ تعمیرات

^۱ واژه اورهال برگرفته از واژه لاتین Overhaul بوده و به معنی پیاده‌سازی کامل تجهیزات جهت انجام تعمیرات اساسی می‌باشد.

سطح ۵ نگهداری و تعمیرات متشکل از عملیاتی است که نیازمند دانش بر پایه تکنیک‌های خاص، تکنولوژی و فرآیند یا پشتیبانی تجهیزات می‌باشد. تغییرات برای بهبود در دسترس‌پذیری تجهیزات و بازسازی داخلی ناوگان، از جمله نمونه‌های عملیات انجامی در سطح ۵ نگهداری و تعمیرات می‌باشد. تمام فعالیت‌هایی که در راستای بازسازی ناوگان صورت می‌گیرد در این دسته جای خواهند گرفت. معمولاً این اقدامات در میانه عمر مفید وسیله نقلیه انجام می‌گیرد تا ناوگان برای طی نیمه دوم کاربری، آمادگی لازم را از نظر صحت و سلامت عملکرد تجهیزات خود داشته باشد. انجام این فعالیت‌ها ضمن بکارگیری نیروی انسانی مجرب و تجهیزات ویژه و مکفی، نیازمند در اختیار داشتن فضای تعمیرگاهی خاص برای انجام این فعالیت‌ها می‌باشد.

در این عملیات کلیه تجهیزات و ادوات قطار از قبیل صندلی‌ها، درب‌ها، تجهیزات زیر قطار، تجهیزات روی سقف، کوپلر و غیره دمونتاز می‌گردد تا هر یک جهت بازسازی روانه کارگاه مخصوص خود شود. بدنه واگن نیز مشابه یک واگن آهنگری شده زیرسازی و نقاشی می‌گردد. لازم به ذکر است تمامی تجهیزات دمونتاز شده نیز هر یک پس از تعویض قطعات و ادوات بر اساس دستورالعمل موجود تست شده و مجدداً بر روی بدنه قطار نصب می‌گردند.



شکل ۲-۱- هرم طبقه‌بندی سطوح مختلف نگهداری و تعمیرات

۱-۲-۴-۵- فعالیتهای بازرسی و تعمیرات ناوگان

فعالیت‌های بازرسی و تعمیرات ناوگان ریلی کاملاً وابسته به توصیه سازنده ناوگان بوده و می‌باید مستندات و دستورالعمل‌های سازنده ناوگان ملاک عمل قرار گیرد. لیکن فعالیت‌های بازرسی و تعمیرات ناوگان یک خط ریلی به طور نمونه در جداول ذیل ارائه شده است. لازم به ذکر می‌باشد که این اطلاعات بصورت نوعی ارائه و می‌باید در هر پروژه با توجه به نیازمندیهای ناوگان مورد استفاده و تکنولوژی سازنده، نسبت به تعیین فعالیت‌های بازرسی و تعمیرات و تکمیل اطلاعات اقدام گردد.

جدول ۱-۲- معرفی بخشی از بازدیدهای روزانه / هفتگی

فعالیت	ایستگاه کاری	عملیات اصلاحی
نظافت داخل واگن‌ها	ساختمان پارکینگ	-
کنترل چشمی بیرونی قطار	ساختمان پارکینگ	اصلاح در محل و یا انتقال به سالن بازرسی/تعمیرات سبک در صورت نیاز به رسیدگی
کنترل سطح مایع شوینده شیشه جلوی قطار	ساختمان پارکینگ	پر کردن مخزن در صورت نیاز
بررسی عیبه‌ها از طریق دستگاه عیب یاب در کابین راننده	ساختمان پارکینگ	اصلاح در محل و یا انتقال قطار به خط تست و یا سالن بازرسی/تعمیرات سبک در صورت ضرورت
فعالیت	ایستگاه کاری	عملیات اصلاحی
کنترل‌های عملکردی اجزاء قطار از طریق چک نمودن صداها/ غیر نرمال (تجهیزات داخل واگن (A/C)، فن‌ها، غیره)	ساختمان پارکینگ	انتقال قطار به خط تست و یا سالن بازرسی/تعمیرات سبک در صورت ضرورت
کنترل عملکردی درب‌های مسافری	ساختمان پارکینگ	انتقال قطار به سالن بازرسی/تعمیرات سبک در صورت ضرورت
کنترل عملکرد ترمز	ساختمان پارکینگ	یا انتقال قطار به سالن بازرسی/تعمیرات سبک در صورت ضرورت
کنترل کارکرد برف پاک‌کن‌ها در کابین راننده	ساختمان پارکینگ	اصلاح در محل و یا انتقال قطار به خط تست و یا سالن بازرسی/تعمیرات سبک در صورت ضرورت
کنترل چراغ‌های روشنایی قطار	ساختمان پارکینگ	اصلاح در محل و یا انتقال قطار به خط تست و یا سالن بازرسی/تعمیرات سبک در صورت ضرورت
کنترل دوربین‌های مدار بسته قطار	ساختمان پارکینگ	انتقال قطار به سالن بازرسی/تعمیرات سبک در صورت ضرورت
کنترل کارکرد دستگاه تهویه مطبوع واگن‌ها در فصل گرما	ساختمان پارکینگ	انتقال قطار به سالن بازرسی/تعمیرات سبک در صورت ضرورت
کنترل کارکرد هیترها در فصل زمستان و کنترل سیستم تنظیم دما	ساختمان پارکینگ	انتقال قطار به سالن بازرسی/تعمیرات سبک در صورت ضرورت
کنترل سالم بودن صندلیهای سالن مسافری	ساختمان پارکینگ	انتقال قطار به سالن بازرسی/تعمیرات سبک در صورت ضرورت
کنترل کپسول آتش‌نشانی، چکش شکستن شیشه بهنگام شرایط اضطراری	ساختمان پارکینگ	اصلاح در محل
شستشوی قطار در دستگاه شستشوی اتوماتیک قطار	ساختمان شستشوی اتوماتیک	-

جدول ۱-۳- معرفی بخشی از بازدهای ۱۵,۰۰۰ کیلومتر پیمایش

فعالیت (سطح تعمیرات)	ایستگاه کاری	عملیات اصلاحی	تخمین زمان
کنترل تجهیزات روی سقف (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	انجام تعمیرات جزئی در صورت ضرورت	۱ ساعت
کنترل تجهیزات زیر شاسی و یوژی (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	انجام تعمیرات جزئی در صورت ضرورت	۱ ساعت
کنترل وضعیت کفشک‌های ترمز (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تعویض در صورت نیاز	۱ ساعت
کنترل کفشک‌های جمع کننده جریان / پانتوگراف (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	جایگزینی اجزاء قابل تعویض در صورت نیاز	۱ ساعت
کنترل سیستم تهویه مطبوع کابین و فیلترها (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	نظافت و یا تعویض فیلترها در صورت نیاز	۱ ساعت
نظافت و روان کاری درب‌های مسافری (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	-	۱ ساعت
تست تجهیزات سیگنالینگ نصب شده در کابین (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تصحیح ایرادات جزئی در صورت وجود	۱ ساعت
کنترل و گریسکاری کوپلرهای اتوماتیک / نیمه اتوماتیک (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تصحیح ایرادات جزئی در صورت وجود	۲.۵ ساعت
کنترل وضعیت چرخ و محور و ثبت سوابق (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	انتقال قطار به سالن تراش چرخ زیرزمینی در صورت ضرورت	۱ ساعت
کنترل سنسورهای اعلام حریق و دود (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تصحیح ایرادات جزئی در صورت وجود	۱ ساعت
کنترل شیر تراز کف واگن از نظر نشتی هوا (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تصحیح نشتی در صورت وجود	۱ ساعت
کنترل لوله‌های هوای فشرده، شیلنگ‌ها و اتصالات یوژی (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تعویض و یا رفع نشتی در صورت وجود	۲ ساعت
کنترل نشتی تعلیق هوایی (ثانویه) (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تصحیح نشتی در صورت وجود	۱.۵ ساعت
کنترل کارکرد و سطح روغن کمپرسور (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	اضافه کردن روغن در صورت نیاز	۱.۵ ساعت
کنترل مخازن هوای فشرده (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	جایگزینی در صورت آسیب دیدگی	۲.۵ ساعت
بازدید دقیق چشمی جعبه محور از نظر نشت گیریس (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تصحیح ایرادات جزئی در صورت وجود	۲ ساعت
کنترل فشردگی واشرهای فنی و همچنین اشپیل‌ها از نظر سالم بودن اتصال آنها در نقاط مورد نظر (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	جایگزینی در صورت آسیب دیدگی	۱ ساعت
کنترل کارکرد صحیح تابلوهای اطلاع رسانی (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تصحیح ایرادات جزئی در صورت وجود	۱ ساعت
جمع			۲۴ ساعت

جدول ۴-۱ - معرفی بخشی از باز دیده های ۳۰,۰۰۰ کیلومتر پیمایش

فعالیت - سطح تعمیراتی	ایستگاه کاری	عملیات اصلاحی	تخمین زمان
کنترل وضعیت دیسک های ترمز (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	انتقال قطار به سالن تراش چرخ زیرزمینی در صورت نیاز	۲.۵ ساعت
کنترل و تست عملکرد سیستم ترمز و ثبت سوابق (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	-	۱ ساعت
بازرسی راهروهای میانی انصال دهنده واگن ها ^۱ (۲)	سالن پارکینگ	انتقال قطار به سالن بازرسی/تعمیرات سبک در صورت نیاز به انجام عملیات خاص	۱ ساعت
کنترل کنتاکتورهای باتری ها (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تعویض قطعات قابل جایگزینی در صورت نیاز	۲.۵ ساعت
کنترل وضعیت عملکردی باتری ها (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	اضافه کردن سطح مایع الکترولیت در صورت نیاز	۱ ساعت
کنترل ساکت دریافت توان ^۲ (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تعویض قطعات قابل جایگزینی در صورت نیاز	۲.۵ ساعت
کنترل تابلو کلیدهای قطع جریان در کابین ^۳ (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تعویض قطعات قابل جایگزینی در صورت نیاز	۱ ساعت
کنترل روشنایی اضطراری (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تعویض چراغ ها در صورت نیاز	۲.۵ ساعت
کنترل بونیت های تهویه مطبوع از نظر سطح نویز و ارتعاشات (۲ و ۳)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	آزاد سازی یونیت تهویه مطبوع و انتقال آن به کارگاه تخصصی در صورت نیاز	۲.۵ ساعت
کنترل فیلترهای یونیت تهویه مطبوع (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تعویض فیلترها در صورت نیاز	۲.۵ ساعت
کنترل سنسور سرعت و کابل های موتورهای ترکشنی (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تعویض قطعات قابل جایگزینی در صورت نیاز	۱ ساعت
تست اینترلاکینگ دربها (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	انجام تنظیمات در صورت نیاز	۱ ساعت
کنترل درب های کابین راهبر (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	انجام تنظیمات در صورت نیاز	۲ ساعت
کنترل اینورترهای ترکشنی (۲ و ۳)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	آزادسازی باکس اینورتر ترکشنی و ارسال به کارگاه تخصصی در صورت نیاز	۲.۵ ساعت
کنترل شارژر باتری (۲ و ۳)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	آزادسازی باکس شارژر و ارسال به کارگاه تخصصی در صورت نیاز	۱ ساعت
تست سیستم هشدار علائم حیاتی راهبر (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	انجام تنظیمات و یا تعویض در صورت نیاز	۱ ساعت
تست سیستم اینترلاکینگ سیستم رانش (۲ و ۳)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	انجام تنظیمات و یا تعویض در صورت نیاز	۲ ساعت
کنترل فریم بوژی (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	انتقال قطار به خطوط آزاد سازی بوژی در صورت نیاز	۲.۵ ساعت
کنترل سازه زیر شاسی (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	انتقال به بخش جداسازی واگن در صورت نیاز به رسیدگی خاص	۱ ساعت

¹ Interconnection Gangways² Shore/Workshop Supply Socket³ Cab Circuit Breaker Panel

فعالیت - سطح تعمیراتی	ایستگاه کاری	عملیات اصلاحی	تخمین زمان
کنترل، گریسکاری و تنظیم کوپلرها اتوماتیک/نیمه اتوماتیک (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	-	۲.۵ ساعت
کنترل دیواره‌های جانبی قطار (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	جداسازی واگن در صورت نیاز به رسیدگی خاص	۱ ساعت
کنترل کابین و تجهیزات نصب شده (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	انجام نظافت، تعویض صندلی و یا تجهیزات معیوب در صورت نیاز	۱ ساعت
کنترل سالن مسافری و تجهیزات نصب شده (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	انجام نظافت، تعویض صندلی و یا تجهیزات معیوب در صورت نیاز	۱ ساعت
جمع			۳۸ ساعت

جدول ۵-۱- معرفی بخشی از بازدیدهای ۵۰,۰۰۰ کیلومتر پیمایش

فعالیت - سطح تعمیراتی	ایستگاه کاری	عملیات اصلاحی	تخمین زمان
نظافت مبدل حرارتی کمپرسور هوای فشرده و فیلتر و کنترل سطح روغن (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تعویض فیلتر و اضافه کردن روغن در صورت نیاز	۵ ساعت
تخلیه هوا و رطوبت مخازن هوای فشرده (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تعویض شیر معیوب تخلیه در صورت نیاز	۵ ساعت
کنترل زه‌کش درب‌های سالن مسافری (۲)	سالن پارکینگ	رفع مسدودی در صورت نیاز	۱ ساعت
افزایش سطح الکترولیت باتری‌ها (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	-	۱ ساعت
کنترل سیگنال رادیو کابین (۲ و ۳)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	جایگزینی قطعه و یا تجهیز قابل تعویض در صورت نیاز	۱ ساعت
نظافت پرها و باله‌های کندانسور سیستم تهویه مطبوع کابین (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	-	۱ ساعت
نظافت پرها و باله‌های کندانسور سیستم تهویه مطبوع کابین (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	-	۵ ساعت
تست اتوماتیک کن سیستم تهویه مطبوع (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	جایگزینی قطعه و یا تجهیز قابل تعویض در صورت نیاز	۱ ساعت
کنترل عملکرد صندلی راهبر (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	انجام تنظیمات	۱ ساعت
کنترل عملکرد یکپارچه درب‌های مسافری (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	انجام تنظیمات اینترلاکینگ دربها در صورت نیاز	۱ ساعت
تست سیستم هشدار علائم حیاتی راهبر (۲ و ۳)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	انجام تنظیمات، رفع خطاها و یا تعویض در صورت نیاز	۱ ساعت
جمع			۲۳ ساعت

جدول ۶-۱- معرفی بخشی از بازدیدهای ۱۰۰,۰۰۰ کیلومتر پیمایش

فعالیت - سطح تعمیراتی	ایستگاه کاری	عملیات اصلاحی	تخمین زمان
آزمون و تست مخازن هوای فشرده و کمپرسور (۳)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تعمیر یا تعویض قطعات معیوب در صورت نیاز	۱۰ ساعت
کنترل بوق‌ها (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تعویض در صورت ضرورت	۱ ساعت
تعویض فیلترهای سیستم ترمز (۲ و ۳)	سالن پارکینگ	-	۵ ساعت
کنترل کالیبرها و سیلندرها ترمز (۲ و ۳)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تعویض در صورت ضرورت	۵ ساعت
کنترل سویچ‌ها و شیرهای پنل کنترلی سیستم ترمز (۲ و ۳)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تعویض در صورت ضرورت	۵ ساعت
کنترل علائم و برچسب‌های نصب شده در بیرون قطار (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	جایگزینی در صورت ضرورت	۲.۵ ساعت
کنترل و تست باتری‌ها (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	اضافه کردن سطح الکترولیت	۲.۵ ساعت
کنترل و تست سیستم رادیو در کابین (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	انجام تنظیمات و یا جایگزینی قطعات معیوب در صورت ضرورت	۱ ساعت
کنترل و نظافت سایر سیستم‌های ارتباطی در کابین (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تعویض قطعات معیوب در صورت نیاز	۲.۵ ساعت
کنترل کنتاکتورهای الکترومغناطیسی (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تعویض قطعات معیوب در صورت نیاز	۲.۵ ساعت
کنترل، تست و دانلود اطلاعات سیستم ضبط وقایع ^۱ (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تعویض سیستم در صورت ضرورت	۱ ساعت
کنترل لامپ‌های جلو کابین (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	انجام تنظیمات	۱ ساعت
کنترل سوکت شارژر باتری (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تعویض در صورت ضرورت	۱ ساعت
بررسی کابل‌های اتصالی میان واگن‌ها ^۲ (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تعویض در صورت ضرورت	۱ ساعت
آزمون، تست و روانکاری سیستم جمع‌آوری جریان (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تعویض در صورت ضرورت	۲.۵ ساعت
کنترل و تست سیستم کنترل لغزش (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تعویض ماژول در صورت ضرورت	۱.۵ ساعت
کنترل سیستم تهویه مطبوع سالن مسافری (۲ و ۳)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	آزادسازی یونیت و انتقال به کارگاه تعمیرات تخصصی	۲.۵ ساعت
کنترل سیستم تهویه مطبوع کابین (۲ و ۳)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	آزادسازی یونیت و انتقال به کارگاه تعمیرات تخصصی	۱ ساعت
بررسی و کنترل کابل‌های داخلی (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	-	۱ ساعت
کنترل عملکرد صندلی کابین (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	انجام تنظیمات در صورت ضرورت	۰.۵ ساعت
کنترل و بررسی آب بند بودن مهر و موم پنجره‌های سالن مسافری (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	انجام عملیات اصلاحی در صورت ضرورت	۱ ساعت
کنترل علائم و نوشته‌ها نصب شده داخل سالن (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تعویض در صورت ضرورت	۲ ساعت
کنترل پانل قطع کننده‌های جریان کمکی (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تعویض قطعات معیوب در صورت نیاز	۲.۵ ساعت
تست تجهیزات سیگنالینگ نصب شده در کابین (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تعویض ماژول در صورت ضرورت	۱ ساعت
تعویض روغن گیربکس‌ها (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	-	۲.۵ ساعت

^۱ Event Recorder^۲ Inter-car Jumper Cables

فعالیت - سطح تعمیراتی	ایستگاه کاری	عملیات اصلاحی	تخمین زمان
کنترل گریسکاری و تنظیمات کوپلر اتوماتیک / نیمه اتوماتیک (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	-	۲.۵ ساعت
کنترل فریم بوژی ها و اطمینان از تمیز بودن و باز بودن مسیرهای خروج آب (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	انتقال به سالن آزاد سازی بوژی در صورت ضرورت	۱ ساعت
کنترل کوپلرهای نیمه دائم و گریسکاری (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	انجام تنظیمات در صورت ضرورت	۱ ساعت
کنترل برآش های زمین کردن (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	-	۲.۵ ساعت
کنترل کابینت تجهیزات کنترلی در کابین (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	انجام تنظیمات در صورت ضرورت	۱ ساعت
کنترل و تست سنسورهای سناسایی دود و آتش (۲)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تعویض قطعات معیوب در صورت ضرورت	۳ ساعت
جمع			۷۰ ساعت

جدول ۷-۱ - معرفی بخشی از بازدیدهای ۳۰۰,۰۰۰ کیلومتر پیمایش

فعالیت - سطح تعمیراتی	ایستگاه کاری	عملیات اصلاحی	تخمین زمان
تعویض کمپرسور - تعویض فیلترهای خشک کن هوا (۳)	سالن تعمیرات نیمه سنگین	انجام تعمیرات در کارگاه تخصصی پنوماتیک	۱۰ ساعت
تعویض دیافراگم های بوق های بادی (۳)	سالن تعمیرات نیمه سنگین	انجام تعمیرات در کارگاه تخصصی پنوماتیک	۵ ساعت
تمیزکاری چراغ های سالن مسافری (۳)	سالن پارکینگ	تعویض حباب ها و کاور مات چراغ ها در صورت نیاز	۴ ساعت
تعویض باتری های کنترل یونیت سیستم برق رسانی (۳)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	-	۵ ساعت
تست و نظافت کامپیوترهای کابین (۳)	سالن تعمیرات نیمه سنگین	تعویض کامپیوترها در صورت نیاز	۵ ساعت
تعویض باتری های اضطراری (۳)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	-	۴ ساعت
تست و تعمیرات ادوات مکانیکی زیرمجموعه سیستم کنترل لغزش و سیستم ترمز (۳)	سالن تعمیرات نیمه سنگین	انجام عملیات در کارگاه تخصصی ترمز	۵ ساعت
نظافت، آزمون و تست فیلترهای سیستم های الکتریکی ^۱ (۳)	سالن تعمیرات نیمه سنگین	باز کردن فیلتر و ارسال به کارگاه تخصصی الکتریکال	۲.۵ ساعت
آزمون و تست شارژر باتری ها (۳)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تعویض در صورت نیاز	۲.۵ ساعت
آزمون و تست مقاومت های ترمزی (۳)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	کنترل اتصالات و سفت کردن آنها در صورت نیاز	۵ ساعت
آزمون و تست قطع کننده های با سرعت بالا در اینورترهای رانشی (۳)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	کنترل اتصالات و سفت کردن آنها در صورت نیاز	۵ ساعت
تعویض چهار چرخ یک بوژی (۴)	سالن تعمیرات نیمه سنگین / سنگین	انجام عملیات در کارگاه تخصصی تعمیرات بوژی	۱۰۰ ساعت
آزمون و تست کنتاکتورها و اتصالات سیستم اینورتر کمکی (۳)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تعویض قطعات معیوب در صورت نیاز	۱۰ ساعت

¹ Filter Reactors

فعالیت - سطح تعمیراتی	ایستگاه کاری	عملیات اصلاحی	تخمین زمان
آزمون و تست رله‌های برق‌رسانی کمکی (۳)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	تعویض قطعات معیوب در صورت نیاز	۱۰ ساعت
بررسی و کنترل ترمینال‌های ارتینگ (۳)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	کنترل اتصالات و سفت کردن آنها در صورت نیاز	۱۰ ساعت
نظافت کانال هوارسانی در کابین‌ها	سالن تعمیرات نیمه سنگین	-	۵ ساعت
کنترل عملکرد یکپارچه درب‌های مسافری (۳)	سالن تعمیرات نیمه سنگین	انجام تنظیمات اینترلاکینگ دربها	۵ ساعت
کنترل و تست سیستم اطلاع رسانی به مسافران (۳)	سالن تعمیرات نیمه سنگین	تعویض ماژول در صورت ضرورت	۵ ساعت
تعمیرات سیستم‌های جمع‌آوری جریان (۳-۴)	سالن تعمیرات نیمه سنگین	-	۴۰ ساعت
جمع			۲۳۷ ساعت

جدول ۸-۱- معرفی بخشی از بازدیدهای ۶۰۰,۰۰۰ کیلومتر پیمایش

فعالیت - سطح تعمیراتی	ایستگاه کاری	عملیات اصلاحی	تخمین زمان
آزمون و تست مخازن هوای فشرده از نظر داخلی و خارجی (۳)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	انجام کار در کارگاه تخصصی پنوماتیک	۵ ساعت
تعمیرات اساسی شیرهای فشار شکن (۳-۴)	سالن تعمیرات سنگین	انجام کار در کارگاه تخصصی پنوماتیک	۱۰ ساعت
تعمیرات اساسی موتور برف پاکنها (۳-۴)	سالن تعمیرات سنگین	انجام کار در کارگاه تخصصی پنوماتیک	۱۰ ساعت
تعویض شیلنگهای هوای فشرده (۳)	سالن تعمیرات سنگین	انجام بخشی از عملیات در کارگاه تخصصی پنوماتیک	۵ ساعت
تعمیرات اساسی کمپرسورهای هوای فشرده (۴)	سالن تعمیرات سنگین	انجام کار در کارگاه تخصصی پنوماتیک	۵ ساعت
تعمیرات اساسی کنترل یونیت شیرها هوایی و سیستم ترمز (۴)	سالن تعمیرات سنگین	انجام کار در کارگاه تخصصی ترمز	۱۰ ساعت
آزادسازی بشقاب زیرین راهروهای میانی ارتباطی واگن‌ها و انجام آزمون و کنترل (۴)	سالن تعمیرات سنگین	-	۵ ساعت
تعویض لامپ‌های سالن مسافری (۳)	سالن پارکینگ	-	۴ ساعت
بررسی و کنترل ترمینال‌های ارتینگ (۴)	سالن تعمیرات سنگین	کنترل اتصالات و سفت کردن آنها در صورت نیاز	۲۰ ساعت
تعمیرات سوکت باتری شارژرها (۴)	سالن تعمیرات سنگین	انجام کار در کارگاه تخصصی الکتریکال	۵ ساعت
تعویض لاستیک آب بندی یاکس‌های الکتریکال (۳-۴)	سالن تعمیرات سنگین	-	۱۰ ساعت
تعویض فن‌ها کامپیوترهای کابین (۴)	سالن تعمیرات سنگین	-	۵ ساعت
تعمیرات اساسی یونیت‌های تهویه مطبوع (۴)	سالن تعمیرات سنگین	انجام تعمیرات در کارگاه تخصصی یونیت تهویه مطبوع	۲۰ ساعت
تعمیرات اساسی عملگرهای درب‌های مسافری (۴)	سالن تعمیرات سنگین	انجام تعمیرات در کارگاه تخصصی درب	۴۰ ساعت
نظافت و کنترل اینورتر رانشی (۳)	سالن تعمیرات سنگین	انجام عملیات در کارگاه تخصصی الکتریکال	۵ ساعت
بازرسی و کنترل شارژرهای باتری (۳)	سالن بازرسی / تعمیرات سبک	انجام تنظیمات در صورت ضرورت	۵ ساعت
اندازه گیری و سنجش مقاومت الکتریکی مقاومت‌های ترمزی (۳)	سالن تعمیرات سنگین	تعویض مقاومت‌ها در صورت ضرورت	۵ ساعت
بررسی و کنترل ترمینال‌های ارتینگ زیر شاسی (۳-۴)	سالن تعمیرات سنگین	کنترل اتصالات و سفت کردن آنها در صورت نیاز	۵ ساعت
تعمیرات اساسی کلیه بوژی‌های یک قطار (۴-۵)	سالن تعمیرات سنگین	انجام عملیات و تعمیرات در کارگاه تخصصی تعمیرات بوژی	۲۰۰ ساعت
تعمیرات اساسی کوپلرهای نیمه دائم (۴)	سالن تعمیرات سنگین	انجام تعمیرات در کارگاه تخصصی کوپلر	۱۰ ساعت
تعمیرات اساسی کالیپرها و سیلندرهای ترمزی (۴)	سالن تعمیرات سنگین	انجام تعمیرات در کارگاه تخصصی ترمز	۲۰ ساعت
جمع			۴۰۴ ساعت

جدول ۹-۱- معرفی بخشی از بازدیدهای ۹۰۰,۰۰۰ کیلومتر پیمایش

تخمین زمان	عملیات اصلاحی	ایستگاه کاری	فعالیت - سطح تعمیراتی
۲۰ ساعت	انجام عملیات تعمیراتی در کارگاه باتری	سالن تعمیرات سنگین یا نیمه سنگین	تعمیرات اساسی شیرهای کنترلی (۴)
۵۰ ساعت	انجام عملیات تعمیراتی در کارگاه الکتریکال	سالن تعمیرات سنگین یا نیمه سنگین	تعمیرات و جایگزینی سیستم‌های اینورترهای کمکی (۴)
۵۰ ساعت	انجام عملیات تعمیراتی در کارگاه الکتریکال	سالن تعمیرات سنگین یا نیمه سنگین	تعمیرات و جایگزینی سیستم‌های اینورترهای اصلی (۴)
۴۰ ساعت	انجام عملیات تعمیراتی در کارگاه کوپلر	سالن تعمیرات سنگین یا نیمه سنگین	تعمیرات اساسی کوپلرهای اتوماتیک/نیمه اتوماتیک (۴)
۱۴۰ ساعت	انجام عملیات تعمیراتی در کارگاه تعمیرات بوزی / کارگاه سیستم‌های هوایی	سالن تعمیرات سنگین یا نیمه سنگین	تعمیرات اساسی سیستم تعلیق هوایی (ثانویه) (۴)
۳۰۰ ساعت	جمع		

جدول ۱۰-۱- معرفی بخشی از بازدیدهای ۱,۴۰۰,۰۰۰ کیلومتر پیمایش

تخمین زمان	عملیات اصلاحی	ایستگاه کاری	فعالیت - سطح تعمیراتی
۵۰ ساعت	انجام عملیات در کارگاه تخصصی ترمز	سالن بازسازی کامل	تعمیرات اساسی کنترل یونیت شیرها هوایی و سیستم ترمز (۴-۵)
۱۰۰ ساعت	انجام عملیات در کارگاه تخصصی ترمز	سالن بازسازی کامل	تعمیرات اساسی لوله‌های هوای فشرده (۴-۵)
۱۰۰ ساعت	انجام عملیات در کارگاه تخصصی چرخ-محور	سالن بازسازی کامل	تعویض بیرینگهای سرمحور (۵)
۱۰ ساعت	-	در تمامی سالنها قابل انجام می‌باشد.	تعویض کامپیوتر و یونیت نمایشگر راهبر (۴-۵)
۱۰۰ ساعت	-	سالن بازسازی کامل/سالن بازرسی/تعمیرات سبک	نوسازی موتورهای دمپر دود (۴)
۱۰ ساعت	-	سالن بازسازی کامل/سالن بازرسی/تعمیرات سبک	تعویض باتری‌ها (۴)
۲۰۰ ساعت	انجام عملیات در کارگاه تخصصی الکتریکال	سالن بازسازی کامل	تعمیرات اساسی اینورترهای کمکی (۴-۵)
۱۰۰ ساعت	انجام عملیات در کارگاه تخصصی پنوماتیک/ترمز	سالن بازسازی کامل	انجام تست فشاری منابع هوای فشرده (۴)
۱۰۰ ساعت	-	سالن بازسازی کامل/سالن بازرسی/تعمیرات سبک	جایگزینی فیلترهای سیستم‌های الکتریکی ^۱ (۳)
۱۰۰ ساعت	انجام عملیات در کارگاه تخصصی کوپلر	سالن بازسازی کامل	تعمیرات اساسی کوپلرها اتوماتیک (۴-۵)
۱۰۰ ساعت	-	سالن بازسازی کامل	جایگزینی منابع هوای فشرده (۴)
۶۰۰ ساعت	انجام عملیات در سالن آماده‌سازی و رنگ	سالن بازسازی کامل	آماده‌سازی و رنگ بدنه واگن‌ها (۵)
۱۵۷۰ ساعت	جمع		

^۱ Filter Reactors

فصل ۲

نیازمندیها و اصول طراحی

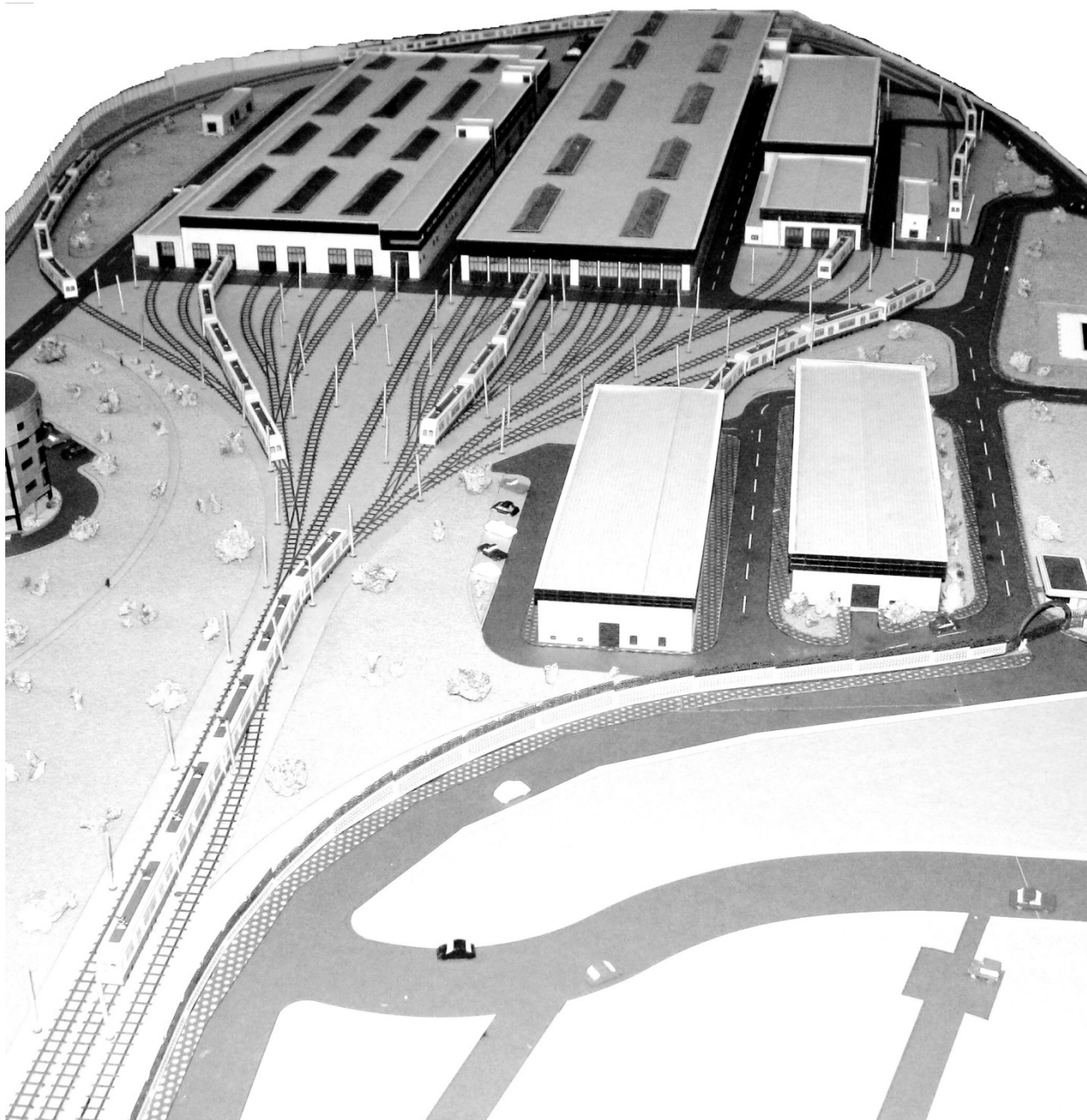
۲-۱- نیازمندیهای دپو

هدف اصلی در دپو فراهم آوردن امکان پارک، قبول و اعزام، بازرسی و تشخیص عیوب، تعمیرات قطار و دیگر تجهیزات الکترومکانیکال و زیرساخت می‌باشد. جهت طراحی و ساخت یک دپو به صورت بهینه و موفق، قدم نخست شناخت نیازمندیهای طراحی عمومی و انحصاری آن می‌باشد.

دپوهای قطار شهری/حومه‌ای برای سازمان‌های بهره‌بردار، نقش کلیدی در تعمیرات و تضمین بهره‌برداری روزمره با قابلیت اطمینان بالا خواهند داشت. طراحی هر دپو فرآیندی منحصر به فرد بوده و در انطباق با شرایط خاص پروژه و نیازمندی‌های تعریف شده می‌باشد. بنابراین ارائه الگویی واحد برای لی‌اوت عملکردی، تعیین تجهیزات تعمیرگاهی و جانمایی آنها در دپو امکان پذیر نمی‌باشد.

نیازمندیهای دپو شامل کلیه زیرساخت‌های مورد نیاز مشتمل بر ابنیه، خطوط ریلی، محوطه، مستحداثات برای تجهیزات ثابت و متحرک خطوط ریلی شهری به شرح ذیل می‌باشد:

- قبول، اعزام و پارک قطارها
 - محوطه خطوط دسترسی، بارانداز و مدور ریلی (شاتینگ یارد)
 - بازرسی، نگهداری و تعمیرات قطارها
 - سرویس، نگهداری و تعمیرات تاسیسات زیربنایی مسیر اصلی و دپوها
 - پارک، سرویس، نگهداری و تعمیرات ماشین آلات ناقله ریلی
 - بادگیری و شستشوی قطار
 - خط تست دینامیک ترمز قطار
 - استقرار پرسنل و تجهیزات امداد و نجات
 - مراکز اداری، پشتیبانی و خدماتی
 - مرکز کنترل و مخابرات خطوط ریلی مسیر اصلی و دپوها
 - انبارهای روباز و سرپوشیده قطعات یدکی، تجهیزات و ضایعات
 - پست‌های انتقال، توزیع و تبدیل برق فشار ضعیف و قوی
 - تاسیسات زیربنایی مشتمل بر تامین و توزیع آب، ذخیره و توزیع سوخت، فاضلاب صنعتی و بهداشتی، سیستم‌های سرمایش و گرمایش، روشنایی، دفع آب‌های سطحی و ...
 - حصارکشی، دیوار، فضای پارک خودرو، فضای سبز، جاده‌های دسترسی و ورودی‌های جاده‌ای
- عملیات اصلی در دپو شامل پارک قطارها، سرویس‌رسانی و تعمیرات قطارها است؛ همچنین بسته به استراتژی نگهداری و تعمیرات، امکان انجام تعمیرات سنگین و بازسازی کامل برای ناوگان و هم برای سایر تجهیزات و زیرساخت‌ها امکان‌پذیر می‌باشد.



شکل ۱-۲- نمونه سه بعدی فضاها و ساختمان‌های دپو

بر این اساس به طور کلی می‌توان پشتیبانی و تعمیرات ناوگان ریلی در دپو را به سه مرحله شامل موارد ذیل تقسیم نمود:

- قبول، پارک و اعزام قطارها (سطح تعمیراتی ۱ و نه محدود به آن)
- تعمیرات سبک (بازرسی‌ها و سرویس‌ها)، نیمه سنگین و سنگین (سطوح تعمیراتی ۲، ۳ و نه محدود به آن)
- تعمیرات اساسی و نیمه عمر (سطوح تعمیراتی ۴، ۵ و نه محدود به آن)

هر یک از مراحل بالا در دپوها عملکردهای گوناگونی بر روی ناوگان ریلی داشته که در تقابل با یکدیگر و در موقعیت خاص خود می‌باید مورد توجه قرار گیرد.

- موقعیت پارک قطارها: در این موقعیت ضمن امکان قبول، پارک و اعزام قطارها توصیه می‌شود انجام بازدیدهای روزانه و برخی از فعالیت‌های نگهداری شامل تعویض قطعات مصرفی مانند تعویض لامپ‌های پیشانی قطار و یا لامپ‌های روشنایی داخل سالن و کابین راننده، پر کردن مخازن مواد مصرفی مانند آب شیشه شوی، بازدید روغن‌ها، شن سیستم شن‌پاش و ... که عمدتاً رفع عیوب بدون نیاز به نیروی انسانی با تخصص ویژه دارند، به انجام رسد.

- موقعیت تعمیرات سبک، نیمه سنگین و سنگین: در این موقعیت بازدیدهای تخصصی دوره‌ای و تعمیرات قطارها به کمک تجهیزات تعمیرگاهی کامل صورت می‌گیرد. تعمیرات سبک مشتمل بر فعالیت‌های تعمیراتی است که با زمان محدود بوده و در زمان غیر سرویس‌دهی قطارها به انجام خواهند رسید. تعمیرات نیمه سنگین و سنگین نیز عمدتاً پس از دمونتاژ تجهیزات و ادوات از روی قطارها، به سرویس و تعمیرات آنها اقدام خواهد شد.

- تعمیرات اساسی و نیمه عمر: در این موقعیت که امکان اشتراک آن با موقعیت تعمیرات سنگین نیز می‌باشد، انجام عملیات ضروری برای آسیب دیدگی‌ها و به روزرسانی سیستم‌ها امکان‌پذیر می‌باشد. در این رده از تعمیرات معمولاً مجموعه اقداماتی زمان‌بر بوده و امکان بهره‌برداری قطار در سرویس روزانه در طی این دوره میسر نخواهد بود.

لازم به ذکر است که رده‌بندی بالا، با تمرکز بر روی دپوهای انتهایی خطوط ریلی بوده که در آنها مجموعه‌ای از تجهیزات، امکانات و ساختمان‌های تعمیرگاهی فعال می‌باشند. با این وجود ممکن است در یک خط ریلی خطوط کناری و پارکینگ‌های با ظرفیت محدود در میانه خط و یا یکی از دو انتهای خط وجود داشته باشند که پارک شبانه قطارها و انجام محدود برخی عملیات مرتبط با تعمیرات سبک نیز در آنها صورت پذیرد. اصول تبیین شده در این راهنمای طراحی برای این خطوط کناری نیز کاربرد خواهند داشت.

در مورد سایر نیازمندی‌ها، یک دپو مناسب باید حائز شرایط ذیل باشد:

- امکان استقرار تجهیزات، پرسنل، فضای نگهداری و تعمیر و اعزام گروه‌های بازرسی، نگهداری و تعمیرات خط ریلی و تجهیزات مربوطه، تجهیزات سیگنالینگ و مخابرات، شبکه برق فشار قوی، ابنیه فنی و کلیه تاسیسات مکانیکی و برقی ساختمان‌ها و تونل میسر باشد. طراحان دپو می‌باید نظر به سیاست‌های بهره‌برداری (برون‌سپاری/کارسپاری برخی خدمات) نسبت به درک نیاز زیرساخت‌های این بخش توجه داشته باشند،

- در یک دپو می‌باید امکان پارک و سرویس‌دهی به تمامی وسایط ناقله ریلی موجود در دپو شامل کشنده‌های دیزلی، کشنده‌های الکتریکی، کشنده‌های دو منظوره دیزلی-الکتریکی، درزین‌ها، واگن‌های کفی و دیگر وسایط ناقله نگهداری و تعمیرات خطوط ریلی را فراهم نماید،
- در یک دپو می‌باید امکان شستشوی خودکار قطار میسر باشد. همچنین می‌توان شستشوی دستی قطارها را نیز در کنار شستشوی خودکار پیش‌بینی نمود. بر اساس تکنولوژی ساخت ناوگان و نیازمندیهای بهره‌برداری قطار امکان بادگیری بخش‌های مکانیکی و برقی پیشران قطار را نیز می‌توان فراهم ساخت،
- در یک دپو می‌باید استقرار تجهیزات و پرسنل امداد و نجات ریلی در فضای مجزا با امکان اعزام سریع و بدون تداخل با سایر خطوط ریلی محوطه فراهم گردد. بدین ترتیب قابلیت واکنش پذیری سریع عوامل دپو در شرایط اضطراری میسر می‌گردد،
- در یک دپو می‌باید محل استقرار کارکنان، شامل کارکنان تعمیراتی تا راهبران قطارها و نیروهای ستادی فراهم بوده که می‌توان آنها را به صورت متمرکز و یا محلی در محل کارشان مستقر نمود،
- موقعیت قرارگیری تجهیزات و پرسنل کنترل عملیات، ارتباطات، برنامه‌ریزی و مسیر دهی قطارها در دپو می‌باید در موقعیت مناسب و امکان دید به خطوط محوطه ریلی پیش‌بینی گردد. امکان استقرار آنها در بخشی از ساختمان اداری که محل استقرار کارکنان دپو است نیز میسر خواهد بود،
- می‌باید دارای محدوده مطلوبی از تجهیزات و امکانات به منظور تحقق نیازمندیهای بهره‌برداری و تعمیراتی ناوگان ریلی و سایر تجهیزات الکترومکانیکال باشد،
- دسترسی آسان کارکنان تعمیراتی و مدیریتی را فراهم آورده و امکانات آسایش و ایجاد محیطی ایمن و با کارایی بالا را برای آنها فراهم آورد،
- با اهداف بلند مدت طراحی شده تا نیازمندی‌های آتی را نیز فراهم نموده و یا امکان توسعه آن را غیرممکن نسازد،
- در یک دپو مطلوب عوامل ایجادکننده خطر می‌باید به حداقل رسیده و این عوامل حذف شوند؛ به عنوان مثال در دپوهایی که شیوه برق‌رسانی از طریق ریل سوم فراهم شده است، شرایط طراحی می‌باید به گونه‌ای باشد که اطمینان حاصل شود که عملیات و اقداماتی توسط نیروی انسانی در نزدیکی خطوط گرم و برق‌دار صورت نخواهد پذیرفت،

۲-۲- اصول کلی انتخاب زمین دپو

اساسی‌ترین نیازمندی طراحی یک دپو در اختیار داشتن زمین مناسب می‌باشد. انتخاب زمین نامناسب تاثیر بسزایی در میزان سرمایه‌گذاری اولیه و نیز شرایط و هزینه‌های بهره‌برداری در سالهای پس از راه‌اندازی خواهد داشت. مهمترین معیارهای انتخاب زمین مناسب برای احداث دپو که بایستی مورد بررسی و پایش قرار گیرد به شرح ذیل می‌باشند:

- ابعاد
- شکل هندسی
- شرایط استملاک زمین
- عوارض طبیعی و غیر طبیعی
- دسترسی‌های جاده‌ای
- نزدیکی به تاسیسات زیربنایی
- حداقل فاصله نسبت به آخرین ایستگاه
- محدوده همسایگی موقعیت زمین و کاربری‌های همجوار
- مشخصات فیزیکی و مکانیک خاک
- تراز آب‌های زیر سطحی، سطحی و روان آبها
- پوشش گیاهی و زیستگاه‌های طبیعی
- استقرار در ابتدا و یا انتهای یک مسیر قطار شهری

به طور کلی مناسب‌ترین موقعیت برای جانمایی سایت تعمیراتی و دپوهای قطار شهری، محلی در نزدیکی خط اصلی بوده که پس از ایستگاه ترمینالی واقع شود. در واقع سرویس دهی روزانه در آن ایستگاه ترمینالی خاتمه یابد. لذا توصیه اکید می‌گردد که قرار گیری دپوی مرکزی و پارکینگ اصلی در میانه مسیر و یا ایستگاه ترمینالی که امکان توسعه خط ریلی پس از آن وجود داشته باشد انتخاب مناسبی نبوده و در دوره بهره‌برداری و بویژه در افق طرح مشکلات و معضلات بسیاری را جهت مدیریت اعزام و قبول قطارها به خط اصلی (بویژه برای خطوط طراحی شده با سر فاصله زمانی کوتاه) به همراه خواهد داشت.

جهت در نظر گرفتن موقعیت اراضی پیشنهادی برای دپوهای جدید، پیشنهاد می‌گردد به طبیعت زمین و رقوم ارتفاعی آن نیز توجه شود تا هزینه‌های خاکبرداری و تسطیح نیز منطقی باقی بمانند. همچنین احداث دپو در محوطه با پوشش گیاهی فشرده و جنگلی، سبب تخریب محیط زیست بوده و در صورت امکان پیشنهادی جایگزین برای اراضی دپو توصیه می‌گردد. با توجه به اینکه تملک زمین‌های بایر، آزاد یا زراعی نسبت به بناهای احداث شده از نظر نحوه تملک و هزینه دارای سهولت بیشتری می‌باشد، لذا انتخاب اراضی با حداقل مستحقات در صورت امکان توصیه می‌شود.

از جانمایی دپوها در محیط شهری و اقامتی افراد و یا سایر محیطهای حساس به آلودگی صوتی، می باید تا حد ممکن پرهیز شود. همچنین به منظور جاییابی زمین دپو می باید به طرح تفصیلی توسعه شهری نیز توجه شود. زیرا ممکن است در زمان طراحی و ساخت دپو، شهر به صورت کاملاً توسعه نیافته باشد. لیکن در سالهای بعدی، توسعه شهری تکمیل شده و به مجاورت سایت دپو برسد. بدین ترتیب عملیات تعمیرات و تردد قطارها باعث ایجاد آلودگی صوتی برای ساکنین منطقه بوده و مشکلاتی را به هنگام بهره برداری از دپو ایجاد نماید.

پارامترهای مهمی که در ابعاد و شکل هندسی زمین نقش بسزایی را ایفا می کنند به شرح ذیل می باشند:

– شعاع قوس افقی

مهمترین عامل که در ابعاد زمین موثر است، عامل شعاع قوس افقی ریلها در طراحی شبکه خطوط ریلی دپو می باشد. حداقل شعاع قوسهای افقی در دپو که قابل پیمایش توسط ناوگان می باشد تاثیر بسزایی در طراحی لی اوت و آرایش خطوط ریلی و نهایتاً ابعاد اراضی دپو خواهد داشت. حداقل شعاع افقی مناسب یک دپو مطابق با تجربیات جهانی در بخشهای بعدی این سند تشریح گردیده است. شعاع قوسهای افقی نسبتاً بزرگ در دپوهای مترویی، سبب می گردد که امکان ساخت خط/خطوط لوپ (ارتباط دهنده ساختمانهای اصلی در دپو) بسیار مشکل تر در مقایسه با دپوهای تخصیص یافته به مود حمل و نقل قطار سبک شهری/تراموا شود. به این ترتیب بطور معمول در دپوهای مترویی قطارها از همان جهتی که وارد دپو و ساختمانهای اصلی می شوند از همان جهت نیز دپو را به سمت خط اصلی ترک می نمایند

– خط تست

عامل مهم دیگری که ابعاد زمین را تحت شعاع قرار می دهد، طول خط تست دینامیک ترمز ناوگان ریلی می باشد. به طور معمول جانمایی این خط یکی از عوامل اصلی تعیین کننده طول زمین خواهد بود. بنابراین ضروری است که طراحان دپو بر مبنای الزامات طراحی این خط، شرایط تست ناوگان و ملاحظات خاص شرکت های بهره برداری نسبت به بررسی این عامل قبل از نهایی سازی ابعاد زمین دپو اقدام نمایند.

– طول ناوگان

یکی دیگر از عوامل مهم موثر در ابعاد زمین، طول ناوگان ریلی مورد بهره برداری می باشد. بدیهی است طول خطوط ریلی در ساختمان پارکینگ و سالنهای تعمیراتی در مود قطار سبک شهری/تراموا و مترو متفاوت بوده که علت آن طول واگنها و آرایش ناوگان می باشد. بطور معمول در خطوط مترو طول قطار از ۶۰ تا ۱۵۰ متر متغیر بوده، این در حالیست که طول قطارها در مود تراموا معمولاً در بازه ۳۰ الی ۴۵ متر می باشد. البته شایان ذکر است که تعداد ایستگاههای پارک قطار در خطوط ریلی ساختمان پارکینگ نیز در شکل هندسی و ابعاد آن بسیار مهم می باشد.

– خطوط مدور

یکی از مهمترین خطوط ریلی دپوها خطوط ریلی مدور می‌باشد. ناوگان ریلی به وسیله این خطوط می‌توانند ضمن دور زدن کامل (حرکت دو جهت قطارها)^۱ می‌توانند بدون انقطاع یا اشغال سایر خطوط و جاده‌های دسترسی، به زیرساخت‌های مختلف از جمله سالن پارکینگ و سالن تعمیرات مرکزی وارد و یا از آن‌ها خارج شوند، همچنین پیش‌بینی دسترسی جایگزین ریلی در یک دپو یک مزیت محسوب می‌شود (به اشکال (۱-۱) و (۲-۱) رجوع شود).



شکل ۲-۲- نمونه دپوی مترویی - ورود و خروج قطارها به خطوط پارکینگ از یک سمت انجام می‌شود.



شکل ۳-۲- نمونه دپوی تراموا - ورود و خروج قطارها به خطوط پارکینگ از دو سمت مختلف انجام می‌شود.

- موقعیت ریل ورودی

¹ bidirectional train movement

یکی دیگر از عوامل بسیار مهم در ابعاد زمین، موقعیت ورود ریل از خط اصلی به محدوده دپو می‌باشد. به جهت جانمایی بهینه ساختمان‌ها و خطوط ریلی محوطه دپوها با حداکثر استفاده از مساحت زمین تملیک شده، بهترین گزینه در دپوهای مترویی آن است که راستای ورود ریل به محدوده زمین در راستای طول زمین انتخاب شده باشد.

۲-۲-۱- شرایط محیطی

شرایط اقلیمی و محیطی که در آن محدوده دپو احداث خواهد شد، در جانمایی زمین، طرح استقرار ساختمان‌ها، محوطه‌سازی، معماری ساختمان‌ها، سیستم‌های تهویه و تهویه مطبوع ساختمان‌ها، انتخاب روشهای اجرایی و مصالح کاملاً موثر خواهد بود. لذا لازم است طراح با توجه به نشریات سازمان هواشناسی کشور، نسبت به استخراج شرایط اقلیمی منطقه اقدام نماید. توصیه اکید می‌گردد، به منظور بهینه سازی روند بهره برداری و ممانعت از بروز خلل در آن، تمهیدات لازم جهت تعامل ساختمانها و محوطه دپو با عوامل محیطی در نظر گرفته شود. لازم است عوامل ذیل در طراحی مورد بررسی و پایش قرار گیرد.

- میزان نزولات آسمانی
- محدوده تغییرات دمایی در فصول سرد و گرم سال
- رطوبت نسبی
- جهت و سرعت باد و مشخصات باد غالب
- توپوگرافی زمین
- شرایط جغرافیایی زمین
- صاعقه و شدت آن
- آلودگی‌های جوی
- سایر شرایط محیطی دیگر که ممکن است در محدوده منطقه مورد نظر دارای اهمیت باشد.

۲-۲-۲- بررسی اثرات زیست محیطی دپو

با توجه به ابعاد و انواع فعالیت‌های مختلف دپو قطار شهری، زیرساخت‌های موجود در آن و در نهایتاً موقعیت عمومی استقرار در همجواری شهرها، توجه به اثرات زیست محیطی آن بسیار حائز اهمیت است. بر این اساس ضروری است که موارد به شرح ذیل در طراحی و احداث دپوها مورد بررسی و پایش قرار گیرد. همچنین لازم است که نتایج این مطالعات در قالب نقشه‌های اجرایی، تکنولوژی ساخت و انتخاب مصالح و تجهیزات دپو پیاده سازی و مورد ارزیابی مداوم قرار گیرد.

- روشهای مناسب تصفیه هوای اگزاست کارگاهی و ماشین‌آلات و تهویه مطبوع ساختمان‌ها و فضاهای دپو مطابق استاندارد و شرایط کار.

- نحوه استفاده از انرژی‌های نو برای سیستم‌های روشنایی، گرمایشی و ... در طراحی ساختمان‌ها و محوطه
- روش‌ها و مصالح مختلف عایق سازی حرارتی فضاها بر اساس نوع کاربری ساختمان‌ها و شرایط محیطی محل دیپو.
- روش‌ها و مصالح عایق‌بندی صوتی فضاها، تعمیرگاهی، شبکه خطوط ریلی در محوطه دیپو، بویژه ارائه راهکارهای عملی جهت کاهش صدا و ارتعاش در دیپوهای مستقر در شهرها.
- روش‌های مناسب تصفیه پساب صنعتی دیپو و تعیین مشخصات آن بر اساس الزامات شبکه فاضلاب شهری.
- طرح فضاها، سبز محوطه دیپو بر اساس شرایط و اقلیم منطقه با در نظر گرفتن حداقل مصرف آب.
- مناسب‌ترین روش جمع‌آوری و دفع ضایعات صنعتی، نخاله‌های ساختمانی، زباله‌های اداری و بهداشتی و... در دیپو.
- مناسب‌ترین روش جلوگیری از آلودگی محیط زیست طی انجام فعالیت‌های تعمیراتی در دیپو نظیر رنگ آمیزی و بادگیری ناوگان.

۲-۳- نیازمندی‌های ساختمان‌های اصلی در دپو

ساختمان‌های تعمیرگاهی، انبارها، مرکز اداری و کنترل عملیات به عنوان ساختمان‌های اصلی دپو می‌باشند که نقش اساسی را در طرح جانمایی ابنیه دپو ایفا می‌کنند. از آنجایی که ضروری است تاسیسات پشتیبانی نظیر روشنایی، هوای فشرده، سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی، پیچینگ، اعلام و اطفاء حریق و ... در این ساختمان پیش‌بینی گردند، بنابراین سایر ساختمانها و ابنیه‌های جنبی و پشتیبانی نظیر تاسیسات آبرسانی و فاضلاب صنعتی، فضای سبز، تاسیسات ذخیره و توزیع سوخت، تاسیسات برق فشار قوی و ضعیف، تاسیسات سرمایش، گرمایش و تولید هوای فشرده مرکزی نیز بر اساس نیازمندیهای سالن‌ها در دپوها طراحی و اجرا خواهند شد.

۲-۳-۱- پارکینگ/توقفگاه

فضایی است که برای نگهداری موقت قطارها حین بهره‌برداری روزانه یا نگهداری شبانه در دپو در نظر گرفته می‌شود. ساختمان پارکینگ با تمامی الزامات لازم برای توقف، بازدیدهای روزانه درب، تجهیزات داخل و زیر واگن‌ها و نیز نظافت روزانه داخلی (شامل جاروب زدن روزانه کف، تمیزکردن صندلی‌ها و شیشه‌ها) ضروری است که در یک دپو قطار شهری یا حومه‌ای در نظر گرفته شود. همچنین امکان انجام برخی عملیات محدود، مانند پرکردن دستی و تست مخازن شن و روغن ترمز واگن‌ها برای شروع فعالیت روزانه بر حسب دستورالعمل سازنده را نیز می‌توان پیش‌بینی نمود. در این صورت تمهیداتی نظیر احداث چال سرویس مرکزی و جانبی، سکوهای دسترسی به تراز کف و سقف قطار، امکان تردد وسایط نقلیه بین خطوط (نظیر لیفتراک) و ... لازم است توسط طراح در سالنهای این ساختمان پیش‌بینی شود. در صورت نیاز به پیش‌بینی پمپ شن و شارژ مخازن شن مربوط به قطارها، توصیه می‌گردد که این امکانات بیرون از محدوده پارک قطارها پیش‌بینی شوند.

فضاهای پشتیبانی این سالن مشتمل بر اتاق استقرار کارکنان نظافت، بازرسی‌های روزانه و انجام برخی از عملیات تعمیراتی، انبار ادوات نظافت، انبار قطعات یدکی مصرفی، فضای اداری، رختکن و سرویس بهداشتی، اتاق حراست، اتاق کمک‌های اولیه و ... می‌باشد.

خطوط ریلی سالن پارکینگ برق‌دار بوده و در وضعیت نرمال بهره‌برداری، قطارها با نیروی رانش خود در این خطوط تردد می‌نمایند. فضای مورد نیاز جهت محدوده پارک قطارها وابسته به تعداد ایستگاه‌های پارک، طول ناوگان و نیازمندی‌های عملیاتی مربوط به خطوط پارکینگ می‌باشد.

لازم به ذکر است که تصمیم‌گیری نهایی در خصوص شیوه ساخت محدوده پارکینگ ناوگان (پارکینگ روباز، مسقف یا کاملاً محصور) وابسته به هزینه‌های ساخت و رویکرد اقتصادی این موضوع و با توجه به شرایط اقلیمی منطقه و ملاحظات اقتصادی دوره ساخت و هزینه‌های بلندمدت بهره‌برداری و تعمیراتی می‌باشد. لیکن با توجه به هزینه‌های بالای تأمین ناوگان ریلی و لزوم حراست از آنها و نیز شرایط عمومی اقلیمی کشور، توصیه اکید می‌گردد احداث سالن پارکینگ

به صورت کاملاً محصور در طراحی مدنظر قرار گیرد. جهت کسب اطلاعات تکمیلی به یادداشت (ب-۱) از پیوست (ب) رجوع شود.

۲-۳-۲- تعمیرگاه ناوگان

به منظور انجام فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات سطوح ۲ تا ۵ ناوگان، این ساختمان بطور معمول از سه بخش اصلی مشتمل بر سالن تراش چرخ^۱، سالن بازدید دوره‌ای یا تعمیرات سبک و مجموعه تعمیرگاه سنگین و اساسی (سالن‌ها و کارگاه‌ها) طراحی و ساخته خواهد شد. البته شایان ذکر است که با توجه به مساحت زمین موجود، سیاست‌های بهره‌برداری، تعداد ناوگان و ... می‌توان سطوح تعمیراتی سبک، نیمه سنگین، سنگین و اساسی را در چند ساختمان طراحی و احداث نمود.

فعالیت‌های مورد نیاز نگهداری و تعمیرات ناوگان که می‌باید در ساختمان‌های تعمیرگاهی پیش‌بینی نمود به صورت ذیل دسته‌بندی می‌گردند:

- بازدیدهای دوره‌ای و تعمیرات سبک،
- عملیات دمونتاز، تعویض، تعمیر و مونتاژ بوژی، چرخ و محور و ترمز واگن،
- جوشکاری، تستهای غیر مخرب بر روی شاسی واگن و بوژی،
- تراش چرخ و محور و دیسک ترمز،
- تعمیرات ترکشن‌ها و باتری‌های واگن،
- تعمیرات سیستم‌های برق، الکترونیک، کنترل و ارتباطات صوتی،
- تعمیرات پانتوگراف و تجهیزات وابسته،
- تعمیرات سیستم‌های سرمایش و گرمایش واگن (تهویه مطبوع)،
- تعمیرات المان‌های بدنه و تزئینات داخلی واگن،
- عملیات ترمیم، اصلاح و رنگ آمیزی بدنه،
- انبارش قطعات یدکی و مصرفی واگن،

در سالن‌های تعمیراتی و به منظور انجام عملیات بازرسی و تعمیراتی، تمهیداتی نظیر وجود چال سرویس مرکزی (و بسته به نظر طراح، چال سرویس جانبی)، سکوها، دسترسی به تراز کف و سقف قطار، کانال‌های تأسیساتی مناسب برای عبور لوله‌ها، کابل‌ها، شبکه هوای فشرده و ... می‌باید در طراحی پیش‌بینی شود.

^۱ امکان جداسازی فضای تراش چرخ از ساختمان تعمیرگاه مرکزی ناوگان وابسته به شرایط و نظر طراح/کارفرمای پروژه وجود دارد.



شکل ۲-۴- نمونه‌هایی از طراحی و کف‌سازی مناسب سالن‌های تعمیراتی

به منظور انجام تست‌های استاتیک سیستم‌های تهویه مطبوع، برقی، الکترونیکی و مخابراتی و همچنین تست‌های ۸ نقطه‌ای گسترده‌ی بار بر روی محورهای بوژی، در سالن بازدید دوره‌ای حداقل یک خط ریلی به عنوان خط تست استاتیک قطار به همراه تمهیدات مورد نیاز جهت تامین برق قطار در مجاورت سالن‌های تعمیرات سبک و سنگین توصیه می‌گردد.

به طور معمول به منظور اصلاح پروفیل چرخ‌ها بدون نیاز به دمونتاز واگن‌ها از روی قطار، چال دستگاه تراش چرخ زیر زمینی با یک خط ریلی مجزا پیش‌بینی می‌گردد.

پیش‌بینی تمهیدات لازم برای اصلاح و ترمیم ورق‌ها و رنگ بدنه واگن‌ها توصیه می‌گردد. سالن‌های آماده‌سازی سطح و رنگ‌آمیزی بدنه و قطعات واگن‌ها می‌باید مجهز به خط ریلی حداقل به طول یک واگن و به صورت مجزا از سایر بخش‌های ساختمان طراحی و احداث گردند. توصیه اکید می‌شود که تاسیسات لازم جهت جمع‌آوری و جلوگیری از انتشار غبار ناشی از این فرایندها مد نظر قرار گیرد.

خطوط ریلی مربوط به سالن تعمیرات سبک و اضطراری معمولاً به شیوه‌های غیر دائمی (Socket Work Shop or Stinger System) برق‌دار بوده و توصیه می‌شود که در وضعیت نرمال بهره‌برداری، قطارها با نیروی رانش خود در این خطوط تردد نمایند. در خطوط تعمیرات سنگین و اساسی نیز خطوط ریلی بطور معمول بی‌برق بوده و جهت مانور لازم است از شانترهای ریلی یا ریلی-جاده‌ای استفاده شود.

۲-۳-۳- ساختمان تعمیرات زیربنایی/تجهیزات ثابت

ساختمان تعمیرات زیربنایی / تجهیزات ثابت جهت انجام فعالیت‌هایی نظیر امور نگهداری و تعمیرات ریل‌ها، سوزن‌ها، باکس‌های کنار خط و شبکه برق بالاسری و نیز جهت سرویس و نگهداری تأسیسات زیربنایی مشتمل بر تجهیزات مرتبط با ایستگاه‌ها نظیر آسانسورها و پله برقی‌ها، سیستم‌های مربوط به علائم و سیگنالینگ و کنترل و مخابرات، ادوات تامین

توان، تأسیسات ثابت و دوار نصب شده در دپو و ایستگاه‌ها (نظیر سیستم‌های روشنایی، تأسیسات مکانیکی، تزئینات و مانند آن) احداث می‌گردد.

مطالعه امکانات تعمیراتی در منطقه و بررسی بخشی از فعالیت‌های تعمیراتی به صورت برون‌سپاری و کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری با توجه به امکانات دپوهای مشابه تجربه متداول بوده، اما اغلب انجام فعالیت‌هایی نظیر بازرسی، سرویس و تعمیرات ریل و سوزن، شبکه برق بالاسری و پست‌های ترکشن، علائم و سیگنالینگ به دلیل نوع و حجم فعالیت، حفظ قابلیت اطمینان و آماده به کار بودن تجهیزات فوق، توسط سازمان بهره‌بردار صورت گرفته و یا با وجود زیرساخت‌های این سالن به پیمانکاران، کارسپاری می‌گردد. از طرفی با مطالعه امکانات تعمیراتی در منطقه و بررسی بخشی از فعالیت‌های تعمیراتی نظیر سرویس، نگهداری و تعمیرات تأسیسات زیربنایی مشتمل بر تأسیسات برق، مکانیک و ابنیه دپو، خط و ایستگاه‌ها مشتمل بر آسانسورها، پله برقی و گیت‌های تردد، قابل واگذاری بوده و برون‌سپاری این فعالیت‌ها به پیمانکاران واجد شرایط، سبب کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری خواهد شد.

توصیه می‌گردد با توجه به اینکه تجهیزات، اکیپ‌ها و شرح کار هر یک از فعالیت‌های تعریف شده در نگهداری و تعمیرات تأسیسات زیربنایی در سطح اصلاح، سرویس، نگهداری و تعمیر می‌باشد، ناگزیر فعالیت‌های تخصصی و تعمیرات و بازسازی اساسی به سازندگان اصلی تجهیز و یا تعمیرکاران تخصصی برون‌سپاری شود. خطوط ریلی منتهی به ساختمان تعمیرات زیربنایی بی‌نیاز از تغذیه ترکشنی می‌باشند. در نظر گرفتن بخشی از این ساختمان به عنوان پارکینگ و تعمیرگاه سرویس و نگهداری انواع دیزل نیز تجربه متداول می‌باشد.

۲-۳-۴- ساختمان پارک و تعمیر وسایط نقلیه ریلی

به منظور پارک، سرویس، نگهداری و تعمیرات انواع لکوموتیو، درزین و سایر وسایط نقلیه ریلی دیزلی یا ریلی-جاده‌ای این ساختمان با خطوط ریلی، چال‌های سرویس، کارگاه‌های تخصصی و تجهیزات سوخت‌رسانی در دپوها پیش‌بینی می‌گردد. توصیه می‌گردد که این ساختمان به نحوی در سایت جانمایی و طراحی شود که در کوتاهترین زمان و کمترین مانور، امکان اعزام وسایط ناقله ریلی به خط اصلی/ خطوط تعمیرگاهی وجود داشته باشد. فعالیت‌های قابل انجام در این بخش مشتمل بر موارد ذیل است:

- پارک وسایط نقلیه ریلی،
- سوخت‌گیری درزین‌ها و لکوموتیوها (در مجاورت و بیرون از ساختمان تعمیرات زیربنایی)،
- بازدیدها و تعویض روغن، گریس‌کاری و تعویض تمامی فیلترهای روغن، هوا و سوخت وسایط نقلیه ریلی و لیفتراک‌ها،
- عملیات دمونتازژ، تعویض، سرویس و مونتاژ بوژی، چرخ و محور لکوموتیو،
- تعمیرات ژنراتور لکوموتیوها،
- سرویس، نگهداری و تعمیرات سیستم‌های ترمز، کمپرسور و هوای فشرده،

- تعمیرات سیستم‌های برق، الکترونیک، کنترل و مخابرات وسایط نقلیه ریلی،
- سرویس و نگهداری ترکشن‌ها و باتری‌های نقلیه ریلی،
- سرویس و نگهداری موتور دیزل و گیربکس،
- عملیات ترمیم، اصلاح و رنگ آمیزی بدنه و شاسی،
- تهیه، تدارک و انبارش قطعات یدکی و مصرفی،

لازم به توضیح است، به طور معمول کلیه تجهیزات، اکپ‌ها و شرح کار هر یک از فعالیت‌های تعریف شده در نگهداری و تعمیرات انواع دیزل ریلی در دیوهای قطار شهری در سطح اصلاح، سرویس، نگهداری و تعمیر می‌باشد. بنابراین توصیه می‌گردد فعالیت‌های تخصصی، تعمیرات و بازسازی اساسی به سازندگان اصلی تجهیز و یا تعمیرکاران تخصصی برون‌سپاری شود. از این جهت در طراحی این ساختمان می‌باید با مطالعه امکانات تعمیراتی در منطقه و بررسی بخشی از فعالیت‌های تعمیراتی به صورت برون‌سپاری، به سرمایه‌گذاری بهینه در این بخش اندیشیده شود.

۲-۳-۵- ساختمان امداد و نجات

در نظر گرفتن پرسنل تخصصی و تجهیزات امداد و نجات به منظور جلوگیری از تداخل در سرفاصله‌های زمانی اعزام ناوگان در دوره بهره‌برداری، حفظ شرایط ایمن در مواقع بروز حادثه در زمان خروج از خط ناوگان، برای هر یک از خطوط قطار شهری نقش مهمی دارد. بنابراین توصیه اکید می‌گردد جهت استقرار پرسنل و تجهیزات مربوطه، فضای مناسب و مجزا در نظر گرفته شود. همچنین به منظور انجام واکنش سریع، توصیه می‌گردد که حداقل یک خط ریلی متصل به شبکه ریلی دپو، برای این ساختمان پیش‌بینی گردد.

مهمترین تجهیز در نظر گرفته شده برای امداد رسانی، خودروی ریلی-جاده ای امداد و نجات با تجهیزات مربوط به ^۱ Re-Railing و سایر تجهیزات امدادی نظیر، جک‌های بالابر، فک و قیچی برش هیدرولیکی، بالشک‌های هوا، چرخ جانداژ بوژی و ... می‌باشد. لازم به توضیح است که تمامی اقدامات این گروه مربوط به جمع‌آوری سوانح مرتبط با ناوگان و خطوط ریلی بوده و اطفاء حریق، به کمک تجهیزات اعلام و اطفاء داخل تونلها میسر می‌باشد.

امکان تلفیق این ساختمان با سایر ساختمان‌های دپو و اختصاص بخشی جداگانه از آن ساختمان‌ها به امکانات امداد و نجات وجود داشته که در صورت لزوم این استفاده مشترک توسط طراح و مطابق نظر سازمان بهره‌بردار، قابل انجام می‌باشد.

^۱ زمان حادثه که قطارها از خط ریلی خارج شده‌اند.

۲-۳-۶- ساختمان شستشوی خودکار ناوگان

به منظور انجام عملیات شستشوی بیرونی قطار به صورت خودکار، این ساختمان مشتمل بر یک سالن با یک خط ریلی به منظور استقرار دستگاه شستشوی اتوماتیک قطارها در نظر گرفته می‌شود. بدین ترتیب که می‌باید قرارگیری یک رام قطار بدون درگیری سوزن‌های ابتدایی و انتهای خط ریلی ورودی- خروجی به/از این سالن میسر باشد. بهترین گزینه جانمایی این ساختمان در دپوها، در ورودی ریلی از خط اصلی می‌باشد تا بدین ترتیب امکان شستشوی خودکار قطار قبل از ورود قطار به محل پارک و یا بعد از خروج قطار از محل پارک، بدون جابجایی‌های مکرر (مانور اضافه) در شبکه خطوط ریلی دپو میسر گردد. همچنین طول خط مستقیم قبل و بعد از سالن می‌باید بیش از فاصله مرکز به مرکز بوژی‌های یک واگن پیش‌بینی شود تا الزاماً واگن ورودی به سالن به صورت کاملاً مستقیم و بدون بیرون زدگی نسبت به وضعیت نرمال وارد سالن و دستگاه شستشوی خودکار شود.

توصیه اکید می‌گردد که قطار جهت عبور از سالن شستشوی خودکار، بدون کمک از شانت‌ر یا دیگر امکانات کمکی و با نیروی رانش خود حرکت نماید. بنابراین خط ریلی سالن شستشوی خودکار برق‌دار بوده و در وضعیت نرمال بهره‌برداری، قطارها با نیروی رانش خود در این خط تردد می‌نمایند. پیش‌بینی کلیدهای ایزولاتور (سکسیونر) ترکشنی در ورود و خروج این سالن به منظور بی‌برق کردن محدوده داخلی سالن در صورت لزوم توصیه می‌شود.

تمامی المان‌های مربوطه نظیر اتاق پمپ و سایر تجهیزات، اتاق کنترل و اتاق قرارگیری مخازن و تصفیه پساب شستشو در مجاورت دستگاه پیش‌بینی می‌گردد. امروزه دستگاه‌های شستشوی خودکار، با خشک‌کن طراحی می‌شوند به گونه‌ای که اطمینان حاصل شود قطار پس از شستشو خشک بوده و به هنگام ورود به سالن پارکینگ و یا سالن‌های تعمیراتی، چکه کردن قطرات آب در ایستگاه‌های کاری کارکنان اتفاق نمی‌افتد. همچنین وجود سیستم خشک‌کن قطار به هنگام فصل سرما و یخبندان، جهت پیشگیری از یخ زدگی دربها و ممانعت از باز شدن آنها ضروری می‌باشد.

فضاهای در نظر گرفته شده در این ساختمان بطور کلی مشتمل بر فضای کنترلی، عملیاتی و اداری می‌باشد.

امکان تلفیق این ساختمان با سایر ساختمان‌های دپو و اختصاص بخشی جداگانه از آن ساختمان‌ها به تجهیزات شستشوی خودکار قطار در صورت طراحی جانمایی مناسب آن در سایت دپو وجود داشته دارد.

هر چند که بطور معمول در دپوهای قطارهای شهری/حومه‌ای دستگاه شستشوی خودکار در نظر گرفته می‌شود، با این حال توصیه می‌گردد که یک خط ریلی جهت انجام شستشوی دستی قطارها نیز پیش‌بینی شود. علت این امر عدم امکان شستشوی مناسب پیشانی جلویی و عقبی، سقف و زیرشاسی قطار توسط دستگاه شستشوی خودکار و همچنین وجود لکه‌هایی بروی دیواره‌های جانبی بوده که نیازمند عملیات دستی جهت رفع آنها می‌باشد. همچنین بطور معمول نظافت داخلی واگن‌ها در سالن پارکینگ به انجام می‌رسد، لیکن در صورت نیاز به نظافت و شستشوی سنگین‌تر فضای داخلی و محل استقرار مسافران، قطارها به این خطوط ریلی اعزام می‌شوند.

در این سالن تمهیداتی نظیر چال سرویس مرکزی (و بسته به نظر طراح چال سرویس جانبی)، سکویای دسترسی به تراز کف و سقف قطار، کانال‌های تأسیساتی مناسب برای عبور لوله‌های آب و شبکه جمع‌آوری پساب شستشو و ... لازم

است توسط طراح پیش‌بینی شود. فضاهای پشتیبانی این سالن مشتمل بر اتاق استقرار پرسنل شستشوی دستی و انبار تجهیزات و ملزومات شستشو است.

بطور معمول ساختمان شستشوی خودکار، از نظر ابعاد می‌باید مناسب برای نصب تجهیزات پیش‌بینی شود. نظر به طول متداول این دستگاه‌ها، طول این سالن جهت نصب تجهیزات حداقل ۵۰ متر پیش‌بینی گردد. البته پیشنهاد می‌گردد در صورت امکان، وجود ایستگاه کاری جهت لکه‌گیری و خشک کردن دستی توسط کارکنان بلافاصله پس از محل استقرار این دستگاه پیش‌بینی گردد.

۲-۳-۷- انبار مواد شیمیایی و خطرزا

به منظور پشتیبانی مناسب مواد مصرفی کارگاه‌های تعمیراتی و عملیات تعمیراتی ناوگان، توصیه می‌شود که ساختمان انبار مواد شیمیایی و مواد خطرزا در نزدیکی ساختمان تعمیرگاه مرکزی در نظر گرفته شود. گازها و بخارات قابل اشتعال متصاد شده از مواد، براساس قابلیت پخش‌کنندگی شعله توسط آنها، خطرزا محسوب می‌گردند. به منظور رعایت شرایط ایمن، انبارش این نوع از مواد می‌باید جدا از انبار مرکزی ناوگان پیش‌بینی گردند. مواد قابل انبارش در این ساختمان مشتمل بر مواد شیمیایی، رنگ، رزین، محلول الکترولیت و روغن‌های مخصوص می‌باشد. توصیه اکید می‌شود به منظور حفظ شرایط ایمنی انبارش مواد شیمیایی و خطرزا در زمان بروز حوادث، این ساختمان به صورت جداگانه و با حفظ حریم مناسب در مجاورت ساختمان تعمیرگاه مرکزی ناوگان جانمایی شود.

۲-۳-۸- انبار مرکزی

این انبار جهت انبارش تجهیزات و قطعات یدکی و ترجیحاً در مجاورت سالن تعمیرات زیربنایی لازم است پیش‌بینی شود. همچنین حفظ کوتاه‌ترین فاصله تا وروی اصلی جاده‌ای دپو، سبب کاهش مسیر چرخش تریلی‌ها و کامیون‌های انتقال دهنده تجهیزات، مواد اولیه و قطعات یدکی به دپو می‌باشد.

به منظور پشتیبانی مناسب تجهیزات و قطعات یدکی کارگاه‌های تعمیراتی و عملیات تعمیراتی ناوگان و حفظ و انبارش تجهیزات و قطعات یدکی سایر تجهیزات الکترومکانیکال توصیه می‌شود که ساختمان انبار مرکزی در دپو پیش‌بینی گردد. پیشنهاد می‌گردد که محوطه بارانداز روباز به عنوان انبار ریل و سوزن و سایر ادوات مربوطه در مجاورت این انبار در نظر گرفته شود که در این صورت توصیه می‌گردد یک خط ریلی به این محدوده نیز جهت پهلو گرفتن واگن کفی و بارانداز اقلام پیش‌بینی شود. همچنین لازم است طراح موقعیت این ساختمان را به گونه‌ای جانمایی نماید تا مرکزیت نسبت به محل مصرف اقلام یدکی و مصرفی، وجود داشته باشد و از طرفی ارتباط مناسب با جاده‌های پیرامونی نیز پیش‌بینی شود تا به سهولت از طریق حمل و نقل جاده‌ای امکان تغذیه انبار میسر شود.

۲-۳-۹- ساختمان مرکز کنترل دپو

ساختمان مرکز کنترل دپو (D.C.C.^۱) به منظور کنترل عملیات جابجایی ناوگان، شبکه توزیع برق، عبور و مرور وسایط ناقله ریلی و ... در شبکه خطوط ریلی دپو و بر اساس برنامه‌ریزی فعالیت‌ها در زمان بهره‌برداری می‌باید پیش‌بینی گردد. توصیه می‌گردد که این ساختمان با اشراف بصری نسبت به شبکه اصلی خطوط ریلی دپو و به ویژه خطوط اصلی ورودی و خروجی از آن جانمایی گردد. علاوه بر استقرار پرسنل تخصصی کنترل عملیات در این ساختمان، می‌باید فضای لازم جهت نصب کلیه سیستم‌های برقی، سیگنالینگ، مخابرات و ... بر اساس شرایط خاص طراحی این سیستم‌ها، پیش‌بینی گردد. همچنین با توجه شرایط حساس و ویژه کاری کارکنان این ساختمان، توصیه می‌گردد تمهیدات رفاهی لازم در این ساختمان به منظور آماده‌بکاری حداکثری آنها مد نظر قرار گیرد.

امکان تلفیق این ساختمان با ساختمان اداری مرکزی دپو و اختصاص طبقات جداگانه از آن ساختمان به امکانات مرکز کنترل وجود دارد و در صورت لزوم این استفاده مشترک، توسط طراح و مطابق نظر سازمان بهره‌بردار، قابل انجام می‌باشد.

۲-۳-۱۰- ساختمان‌های اداری، خدماتی و پشتیبانی

به منظور استقرار مدیریت، پرسنل ستادی، مرکز آموزش، آرشیو و ... ساختمان اداری مرکزی در دپوها پیش‌بینی می‌گردد. توصیه اکید می‌گردد که تا حد ممکن جانمایی این ساختمان، کمترین فاصله را نسبت به ورودی جاده‌ای دپو داشته باشد. در مجاورت این ساختمان می‌باید پارکینگ خودروها پیش‌بینی گردد.

به منظور حراست از امکانات دپو، اقلام انبارها، کنترل رفت و آمد پرسنل و مراجعین، ساختمان نگهبانی در مجاورت ورودی جاده‌ای دپو پیش‌بینی می‌گردد.

سایر ساختمان‌های خدماتی و پشتیبانی نظیر غذاخوری، نمازخانه، سالن کنفرانس و ... نیز می‌تواند به صورت مجزا و یا در ساختمان اداری مرکزی پیش‌بینی گردد.

۲-۴- پلان بهره‌برداری در دپو

۲-۴-۱- مقدمه

پلان بهره‌برداری برای ناوگان ریلی در یک دپو، بیانگر این موضوع می‌باشد که چه عملیاتی در دپو و با چه ترتیب و توالی به انجام خواهد رسید.

¹ Depot Control Center

تولید و تهیه سند و مدل بهره‌برداری از دپو به منظور رسیدن به اهداف پلان تعمیرات، صحیح‌ترین روش برای تعیین لی‌اوت عملکردی و چیدمان ساختمان‌های اصلی، ساینینگ خطوط ریلی مورد نیاز و نقشه آرایش خطوط ریلی در محدوده دپو می‌باشد.

برای تمام فعالیت‌هایی که در دپو برنامه‌ریزی و به انجام خواهند رسید، چه این فعالیت‌ها ساده باشند (نظیر پله‌های ثابت یا متحرک جهت دسترسی نفرات نظافت به داخل قطار) و یا فعالیت‌های بسیار پیچیده (نظیر آزادسازی بوژی به منظور تعمیرات دوره‌ای و یا تعمیرات اساسی موتور دیزل کشنده‌های ریلی) می‌باید به تعریف فرآیند مورد نظر طی گزارشی به نام گزارش پلان بهره‌برداری و تعمیرات در دپو پرداخته شود که مشخصاً در این گزارش (یا گزارشات) به مفاهیم عملکردی و مرتبط با تکنولوژی پرداخته خواهد شد.

۲-۴-۲- گردش و چرخش قطارها در دپو

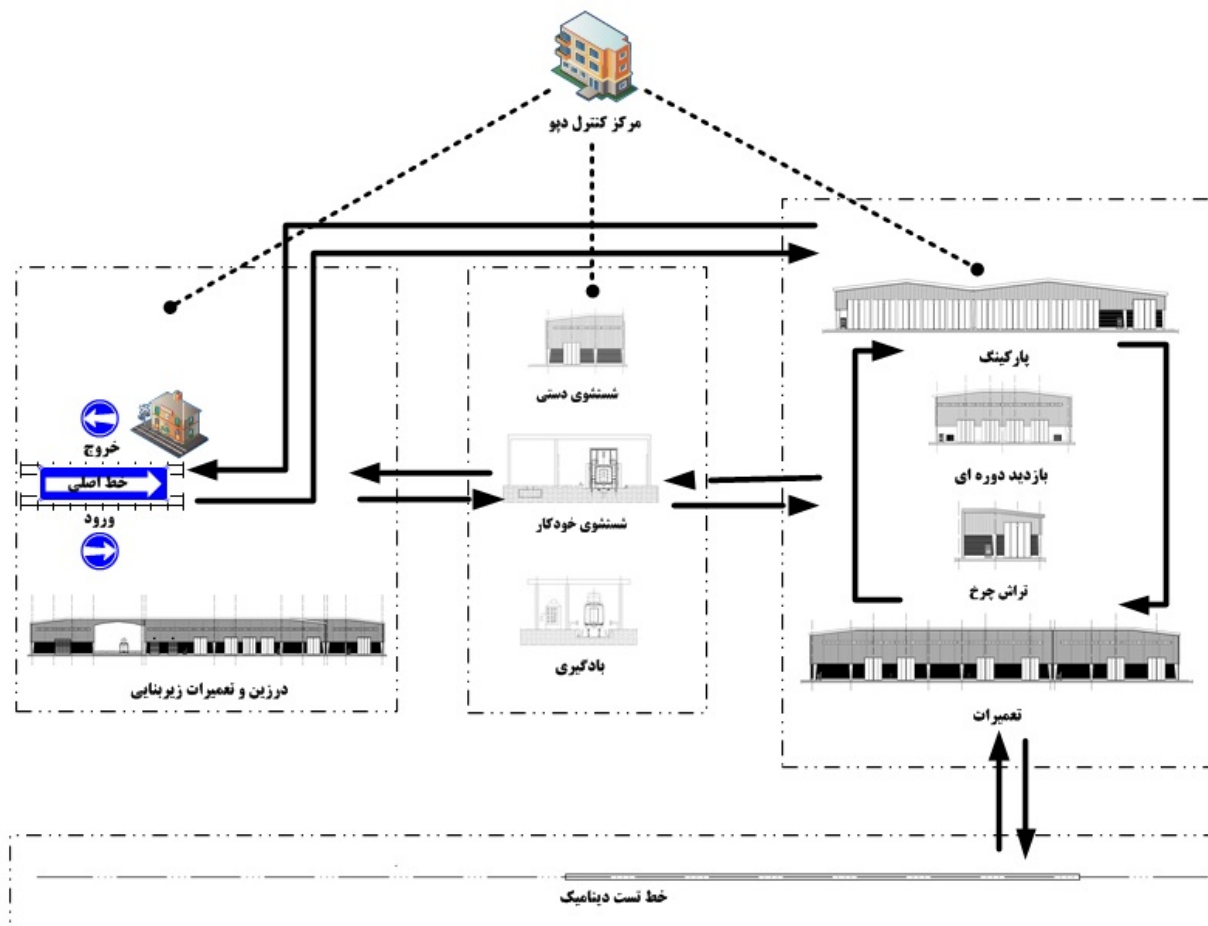
نظام نگهداری و تعمیرات ناوگان ریلی عبارت است از "یک فرآیند گام به گام که با ورود قطار به محوطه دپو شروع شده و تا جایی که فعالیت قطار به اتمام می‌رسد ادامه پیدا می‌کند". مهمترین فعالیت‌های تعمیرگاهی در نظر گرفته شده در یک دپو قطار شهری/حومه‌ای همانطور که پیش‌تر در فصل اول توضیح داده شد در ۵ سطح تعمیراتی به انجام می‌رسد.

بر این اساس سیکل‌های مهم چرخش ناوگان در ذیل بر شمرده می‌شود:

- ورود- پارکینگ،
- پارکینگ- خروج،
- ورود- شستشوی خودکار/شستشوی دستی- پارکینگ،
- ورود- بادگیری- بازدید دوره‌ای- پارکینگ،
- ورود- بادگیری- بازدید دوره‌ای - تعمیرگاه - شستشوی خودکار، پارکینگ،
- ورود- بادگیری- تعمیرگاه - شستشوی اتوماتیک - پارکینگ،
- ورود- پارکینگ - بادگیری- تعمیرگاه- شستشو خودکار- پارکینگ،
- ورود- بادگیری- بازدید دوره‌ای - تراش چرخ- پارکینگ،
- ورود- تعمیرگاه- تراش چرخ- پارکینگ،
- تعمیرگاه- خط تست دینامیک- پارکینگ،
- بازدید دوره‌ای- خط تست دینامیک- تعمیرگاه- پارکینگ،
- ورود- تعمیرات زیربنایی،
- تعمیرات زیربنایی - تعمیرگاه- تراش چرخ،
- تعمیرات زیربنایی- پارکینگ- بازدید دوره‌ای،

- تعمیرات زیربنایی - پارکینگ - تعمیرگاه،

در شکل ذیل نمونه‌ای از چرخش ناوگان در دپو بر اساس رویکرد مجموعه‌های عملیاتی ارائه شده است.



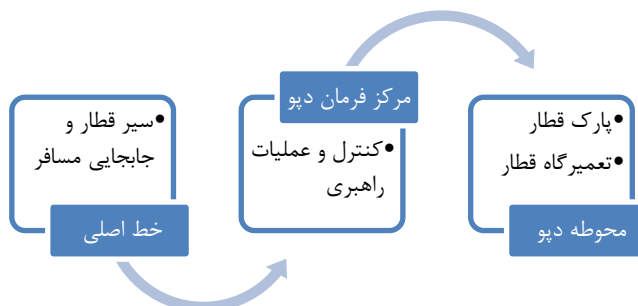
شکل ۲-۵- چرخش ناوگان در دپو

در شرایط تنزل یافته^۱ جهت اطمینان از بهره‌برداری روان در خطوط اصلی و محوطه دپو هنگام ایجاد خرابی‌ها، روش‌های جایگزین بهره‌برداری توسط طراح می‌باید پیشنهاد شود. به عنوان مثال:

- در حالتی که منبع تامین انرژی کشنده قطار در دپو دچار خرابی شود، برای جلوگیری از اختلال در بهره‌برداری باید امکان تامین انرژی از خط اصلی وجود داشته باشد.
- هنگام خرابی یکی از سوزنها، ورود و خروج قطارها از خط مربوطه نباید دچار اشکال شود. هر چند این شرایط منجر به بروز اختلالاتی در فعالیت‌های دپو شود.
- هنگام خرابی خط شستشوی خودکار، باید امکان دور زدن این خط وجود داشته باشد.
- ...

¹ Degraded Modes

بنابراین مطابق دیاگرام ذیل مرکز کنترل دپو ملزم به ایجاد حداکثر دسترسی به فضاهای مختلف دپو برای برقراری ارتباط موثر بین بخشهای مختلف با یکدیگر و با خط اصلی می باشد.

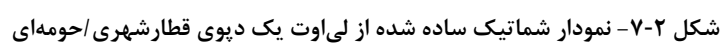


شکل ۲-۶- طرح کلی ارتباط دپو و خط اصلی

۲-۵- اصول جانمایی ساختمانهای اصلی

اساساً کاهش نیاز به جابجایی و مانور قطارها در دپو، نقطه قوت طراحی یک دپوی مطلوب تلقی می گردد. طراحی صحیح دپو و آرایش خطوط ریلی با در نظر گرفتن گردش صحیح قطارها جهت تحقق و انجام سطوح تعمیراتی مختلف برای ناوگان در کوتاه ترین زمان و بدون مانورهای اضافی، مهمترین عامل جهت افزایش بهره وری در یک دپو خواهد بود. پیش بینی مسیرهای دسترسی به دپو و آرایش صحیح خطوط ریلی در ورودی به دپو، نقش موثری بویژه به هنگام تغییر سرفاصله زمانی اعزام در خط اصلی خواهد داشت.

ایجاد ارتباطات مستقیم بین ساختمانهای اصلی در دپو به شرح نمایش داده شده در شکل ذیل مورد نیاز بوده و به منظور جلوگیری از شانت های غیر ضروری توصیه می شود.



جریان بدون وقفه و منظم اعزام قطارها از ساختمان پارکینگ به خط اصلی، اهمیتی معادل قبول قطارها از خط اصلی به دپو دارد. بنابراین اصلی‌ترین موضوع در چیدمان ساختمان‌های تعمیرگاهی در دپو، جانمایی ساختمان پارکینگ می‌باشد. به منظور دستیابی به سرفاصله زمانی مورد نیاز اعزام از محل پارک قطارها به خطوط اصلی سرویس رسانی و بالعکس، ضروری است که این ساختمان کمترین فاصله را از ورودی خطوط ریلی اصلی به محدوده دپو و بدون پیچ و تاب در آرایش خطوط ریلی باشد. برای خطوط ریلی مربوط به سالن پارکینگ، ظرفیت پارک بیش از یک قطار در هر خط تجربه متداول بوده، لیکن توصیه می‌گردد که در صورتیکه خطوط پارکینگ برای بیش از ۳ قطار پیش‌بینی شده است، خطوط پارکینگ با انتهای بسته^۱ در نظر گرفته نشده و از دو طرف امکان خروج قطار و اعزام به خط اصلی امکان‌پذیر باشد تا در صورت خرابی یک قطار و عدم امکان جابجایی آن، امکان استفاده از ۲ قطار دیگر وجود داشته باشد. اما چنانچه هر خط با ظرفیت ۲ قطار پیش‌بینی شده باشد، دسترسی دو طرفه این سالن بدلیل هزینه‌های زیرساخت و تامین تجهیزات، ضروری نبوده و در نظریه‌گیری این الزام منوط به نظر کارفرمای پروژه (با در نظر گرفتن هزینه‌های اضافی در دوره تامین، بهره‌برداری، نگهداری و همچنین تملک اراضی مورد نیاز) امکان‌پذیر می‌باشد.

ضرورت وجود دستگاه شستشوی خودکار در یک دپو، سبب تمیزی ناوگان اعزامی به خط اصلی و همچنین ورود قطار بدون وجود آلودگی‌های محیطی به سالن‌های تعمیراتی می‌باشد؛ به منظور مدیریت صحیح شستشو، توصیه می‌شود که سالن شستشو در مسیر انحرافی به گونه‌ای پیش‌بینی شود که قطارهای برگشتی که نیاز به شستشو دارند در پایان سرویس روزانه بدون اشغال خطوط اصلی، وارد دالان شستشو شده و سپس به ساختمان توقفگاه و پارکینگ اعزام شوند تا در صبح روز بعد کاملاً تمیز و خشک اصلی جهت سرویس‌دهی به خط اعزام شوند. توصیه اکید می‌شود که جانمایی ساختمان شستشوی خودکار، بگونه‌ای صورت پذیرد که امکان اعزام مستقیم به سالن‌های پارکینگ و سالن‌های تعمیراتی/بازرسی فراهم شده به نحویکه از مانورهای غیرضروری پیشگیری شود.

پس از جانمایی ساختمان‌های پارکینگ و شستشوی خودکار که نقش بسزایی در بهره‌برداری از دپوها دارند، محل استقرار ساختمان تعمیرگاه باید پیش‌بینی گردد. نظر به اینکه خطوط ریلی این سالن عموماً بدون برق (اصطلاحاً سرد) می‌باشند، لذا جانمایی آن می‌باید به طور مجزا از خطوط اصلی ورودی دپو و خطوط قبول و اعزام قطار به محل پارک پیش‌بینی گردد.

در نهایت امکان دسترسی مستقیم از خط اصلی به تمامی خطوط ریلی منتهی به ساختمان‌های اصلی، بدون انجام مانور اضافه در دپو، توصیه می‌گردد.

¹ Dead End

۲-۶- اصول طراحی فضاها و ساختمان‌های تعمیرگاهی

در این بخش به شناخت و اصول کلی طراحی ساختمان‌های اصلی مورد نیاز در دپو پرداخته خواهد شد. فضاها و ایستگاه‌های کاری در ساختمان‌های تعمیرگاهی مورد توجه قرار خواهد گرفت و متناسب با فضاهای مربوطه، الزامات و اصول طراحی آن فضا شامل نیازمندیهای اولیه، گردش کاری تعمیرات و تجهیزات کاربردی تشریح می‌گردد.

در ساختمان‌های تعمیرگاهی که عملیات مختلف کاری همگی در یک ساختمان صنعتی و زیر یک سقف در حال انجام می‌باشد، توصیه می‌شود که فضاهای کاری متفاوت (از نظر سطح تعمیرات) و کارگاه‌ها از یکدیگر به صورت تفکیک شده در نظر گرفته شوند.

در طراحی هر یک از ساختمان‌های اصلی دپو، الزامات کلی به شرح جدول ذیل می‌باید در نظر گرفته شود:

اجزا ساختمانی	نام فضا عنوان	سالن های پارک و تعمیرگاهی ناوگان										کارگاه، اداری و پشتیبانی سالن ها										فضاهای پشتیبانی و انبار				فضاهای جانبی و اداری				
		ساختمان یادگیری ناوگان ریلی	سالن تستی	ساختمان تستی خودکار	ساختمان امداد و نجات ریلی	سالن بارش چرخ	ساختمان تعمیرات زیربنایی و دیزل شاپ	ساختمان بازدید و تعمیرات سبک	ساختمان تعمیرات سنگین	ساختمان پارکینگ	کارگاه های تعمیرات ریلی و برق ناوگان	کارگاه های الکترونیک، کنترل، سنسورینگ و مغایرات	کارگاه چهارچوب مکانیکی و پمپه مطبوع	کارگاه بافاری	کارگاه مونتاژی	اتاق سبز کارگاهی	کارگاه رنگ و آماده سازی سطوح	کارگاه بوری و چرخ و محور	سرویس بهداشتی، دوش و رختکن	رستوران (فناخوری)	ساختمان یادگیری ناوگان ریلی	سالن تستی	ساختمان تستی خودکار	ساختمان امداد و نجات ریلی	سالن بارش چرخ	ساختمان تعمیرات زیربنایی و دیزل شاپ	ساختمان بازدید و تعمیرات سبک	ساختمان تعمیرات سنگین	ساختمان پارکینگ	
سقف	سقف کاذب	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	نورگیری طبیعی	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	تمهیدات خروج دود و غبار	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
کف سازی	سکوی بازدید معلق	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	کف شور	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	بوشش ضد لغزندگی و روغن	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
جداره ها	کف کاذب	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	عایق رطوبتی	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	عایق صوتی	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
عوامل و عناصر	بوشش قابل شستشو	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	چرخش سقفی	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	سکوی دسترسی	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
تاثیرگذار در ساختمان	شبکه بالاسری	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	چاله سرویس	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	ریمب دسترسی به سکو یا جاله	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
درب	ریل	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	چک بالابر	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	وسایل نقلیه حمل بار سنگین	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

✓ نیاز دارد

○ بستگی به شرایط پروژه دارد

جدول ۲-۱- جدول الزامات ساختمانی و تکنولوژی سالن‌ها و ساختمان‌های دپو

در مورد جدول بالا موارد به شرح ذیل می‌باید مد نظر قرار گیرد:

- در نظر گرفتن تمهیدات لازم مانند مانع ورود گرد و غبار در بازشوهای جداره بیرونی ساختمان جهت جلوگیری از ورود گرد و غبار به ویژه در مناطقی که باد موجب جابجایی گرد و خاک در محدوده می‌شود لازم است. به این منظور ضروری است مطالعات لازم در خصوص باد غالب منطقه و تاثیرات اقلیمی و خرد اقلیمی و ویژگیهای آن بررسی و در طراحی لحاظ شود.
- دربهای خروج اضطراری مطابق دستورالعمل‌های ایمنی حریق برای مواقع خاص در نظر گرفته شود.
- تامین درب‌های نفر رو در سالنها جهت کاهش پرت حرارتی و صرفه‌جویی در انرژی لحاظ شود.

- نورگیری طبیعی از جداره‌های بیرونی و سقف با در نظر گرفتن تمهیدات ایمنی، بهره‌برداری، نگهداری و نظافت آن لحاظ شود.
- نصب علائم هشدار دهنده، خبری و راهنما در سالن‌ها بر اساس روش بهره‌برداری و عملکرد سالن ضروری است.
- در نظر گرفتن تمهیدات لازم برای تامین دسترسی به اجزاء ثابت ساختمانی و تاسیسات آن جهت نگهداری، تعمیرات و نظافت به گونه‌ای که در روند عادی بهره‌برداری از سالن تداخل و یا توقف ایجاد ننماید ضروری است.
- در مواقعی که استفاده از بالابرها و جک‌ها در سالن‌های تعمیرات ضرورت دارد، تمهیدات لازم جهت استحکامات سازه‌ای و پوشش کف‌سازی به جهت بهینه سازی بهره‌برداری و انجام نگهداری و تعمیرات تجهیزات در طراحی لحاظ شود.

۲-۶-۱- ابعاد فضاهای تعمیراتی

تعریف برنامه تعمیراتی اجرایی در دپو، بسیار ضروری و مهم می‌باشد. انجام استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات و سیاست‌گذاری‌های کوتاه مدت، میان مدت و به ویژه بلند مدت سازمان بهره‌بردار در تعیین تعداد خطوط تعمیراتی، کارگاه‌های متناسب کاری و متعاقباً ابعاد ساختمان‌ها موثر می‌باشد. توصیه می‌گردد مطالعه جامعی به منظور وجود امکانات خدماتی و کارگاهی منطقه یا شهر محل احداث دپو به منظور برون‌سپاری و یا کارسپاری برخی فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات صورت گیرد.

پوشش سطوح تعمیراتی در دپو قابل تقسیم‌بندی به شرح ذیل می‌باشد.

- بخش عمده از اقدامات سطح ۱ تعمیرات در ساختمان پارکینگ قطارها انجام می‌شود،
- سطح ۲ در کارگاه‌های اصلی ساختمان تعمیرات ناوگان (بخش تعمیرات سبک) و در بعضی موارد در پارکینگ قطارها انجام می‌شود،
- سطح ۳ در کارگاه‌های تعمیراتی ساختمان تعمیرات ناوگان (اشتراک بین تعمیرات سبک، نیمه سنگین و سنگین) انجام می‌شود،

ممکن است سطوح تعمیرات ۴ و ۵، بدلیل نیاز به مهارت فنی بالا و ابزار تعمیراتی ویژه، به صورت برونسپای انجام شوند. با این حال، تعریف سازماندهی (پرسنل، فضاها، پشتیبانی و ...) برای اطمینان از فعالیت‌های برونسپاری شده، بسیار ضروری است.

بدیهی است که جهت تعیین تعداد خطوط تعمیراتی و ابعاد ساختمان‌های اصلی، لازم است اطلاعات اولیه جهت انجام محاسبات تعیین شوند. این اطلاعات به شرح ذیل لازم است از طرف کارفرمای پروژه مشخص شوند:

- تعیین مشخصات عملکردی تعمیرات ناوگان و ویژگی‌های کلیدی آن،

- متوسط کیلومتر اژ پیمایش شده سالانه برای هر قطار،
- تعیین تعداد روزهای کاری در دپو،
- تعیین تعداد شیفت‌های کاری در دپو،
- تعیین ساعات یک شیفت کاری،
- تعیین میزان ساعات توقف قطار در هر ایستگاه،
- تعیین تعداد نفرات مشغول در هر ایستگاه کاری (مسئول انجام بازدیدها و تعمیرات یک قطار)،
- پیش‌بینی سایر زمان‌ها نظیر زمان شانتینگ، هماهنگی اپراتوری و ...
- تعیین ضرایب اصلاحی در محاسبات (در صورت وجود عدم قطعیت‌های محاسباتی)،
- تعیین تعداد قطارهای نیازمند به تعمیرات در تمامی سطوح تعمیراتی،

۲-۱-۶-۱- فعالیت‌های نظافتی

جهت محاسبه تعداد خطوط مورد نیاز جهت انجام فعالیت‌های نظافتی و شستشو، پیروی از جدول ذیل به عنوان یک نمونه پیشنهاد می‌شود.

جدول ۲-۲- معرفی فعالیت‌های نظافتی

فعالیت نظافتی	دوره تکرار	محل انجام	واحد	زمان توقف ^۱	تعداد پرسنل فعال / شیفت ^۲
نظافت روزانه داخل قطارها	روزانه	پارکینگ قطارها	قطار	...	...
شستشوی هفتگی بدنه بیرونی ناوگان	هفتگی	ساختمان دستگاه شستشوی خودکار قطارها	قطار	...	...
شستشوی دستی ناوگان	ماهانه	خط شستشوی دستی	قطار	...	...

^۱ زمان توقف می‌باید بر اساس نوع ناوگان، دستورالعمل بهره‌برداری و دستورالعمل نگهداری و تعمیرات وسایل شرايط، توسط طراح برآورد و تعیین گردد.

^۲ تعداد پرسنل می‌باید بر اساس میزان منابع در دسترس در مفروضات طراحی هر پروژه، توسط طراح برآورد و تعیین گردد.

۲-۱-۶-۲- فعالیت‌های تعمیراتی

اطلاعات ارائه شده در جداول این بخش بر مبنای تجربیات داخلی و جهانی بوده و صرفاً جهت ارائه یک نمونه آورده شده است. بدیهی است که هرگونه الزامات خاص باید توسط تامین‌کننده ناوگان و طراح دپو در زمان طراحی دپو تعیین شود.

جدول ۳-۲- ظرفیت سنجی بازرسی‌های دوره‌ای و انجام بخشی از اقدامات تعمیرات سبک

سطح تعمیرات	تعمیرات پیشگیرانه	بازه	واحد	زمان تعمیرات (ساعت) ^۱	تعداد پرسنل/شیفت ^۲	مدت توقف (ساعت) ^۳	محل انجام	توضیحات
سطح ۱	بازرسی روزانه	روزانه	قطار	...	...	...	پارکینگ قطارها	یادداشت ۱
سطح ۲	بازرسی‌های اول	15,000 km	قطار	...	...	...	خطوط	یادداشت ۲
	بازرسی‌های اول	30,000 km	قطار	...	...	...	بازدید	
	بازرسی‌های دوم	50,000 km	قطار	...	...	...	دوره‌ای (تعمیرات)	
	بازرسی‌های دوم	100,000 km	قطار	...	...	...	سبک	

یادداشت ۱: وجود چال سرویس یا سکوه‌های دسترسی به تراز سقف قطار بسیار مفید است ولیکن مطابق تجربیات جهانی الزامی نمی‌باشد.
یادداشت ۲: نیازمند جک زنی یا بلند کردن واگن از روی بوژی به روشهای دیگر نمی‌باشد. چال سرویس میانی و کناری و ترازهای دسترسی به کف و سقف قطار ضروری می‌باشد. قطارها در این خطوط با نیروی رانش خود تردد می‌نمایند و نیازمند شانت‌ر جهت انجام مانور نمی‌باشند.

جهت تعیین ظرفیت تعمیراتی و تعداد خطوط ریلی در موقعیت تعمیرات سنگین، پیشنهاد می‌شود در انطباق با جداول (۳-۲) و (۴-۲) محاسبات و ابعاد فضاهای تعمیراتی تعیین شود.

^۱ زمان تعمیرات می‌باید بر اساس نوع ناوگان، دستورالعمل بهره‌برداری و دستورالعمل نگهداری و تعمیرات وسایل شرايط، توسط طراح برآورد و تعیین گردد.

^۲ تعداد پرسنل می‌باید بر اساس میزان منابع در دسترس در مفروضات طراحی هر پروژه، توسط طراح برآورد و تعیین گردد.

^۳ زمان توقف می‌باید بر اساس نوع ناوگان، دستورالعمل بهره‌برداری و دستورالعمل نگهداری و تعمیرات وسایل شرايط، توسط طراح برآورد و تعیین گردد.

جدول ۲-۴- ظرفیت سنجی اقدامات تعمیراتی پیشگیرانه (سبک و سنگین)

سطح تعمیرات	تعمیرات پیشگیرانه	بازه	واحد	زمان تعمیرات (ساعت)	تعداد پرسنل/شیفت	مدت توقف (ساعت)	محل انجام	توضیحات
سطح ۳	تعمیرات نیمه سنگین	300,000 km	قطار	...	...	...	تعمیرات سنگین	یادداشت ۱
	تعمیرات نیمه سنگین		قطار	...	...	...	تعمیرات سبک	یادداشت ۲
	تعویض بوژی و چرخ و محور		قطار	...	...	...	تعمیرات سنگین	یادداشت ۳
سطح ۴	عملیات تراش چرخ	30,000 km	قطار	...	...	...	خط تراش چرخ	یادداشت ۴
	تعمیرات سنگین		واگن	...	...	...	تعمیرات سنگین	یادداشت ۵
	تعمیرات سنگین	600,000 km	قطار	...	...	...	تعمیرات سبک	یادداشت ۲
	تعمیرات اساسی		قطار/واگن	...	...	...	خطوط تعمیرات سنگین	یادداشت ۱
سطح ۵	تعمیرات اساسی	900,000 km	واگن	...	...	...	تعمیرات سنگین	یادداشت ۶
	تعمیرات نیمه عمر		واگن	...	...	...	تعمیرات سنگین	یادداشت ۶

یادداشت ۱: وجود چال میانی و جک‌های بالابر همزمان برای یک رام قطار توصیه می‌شود. همچنین استفاده از جرثقیل سقفی با ظرفیت مناسب متداول می‌باشد. دسترسی به تراز سقف از طریق سکوهای پرتابل توصیه می‌گردد. این خطوط برق‌دار نبوده و معمولاً جهت تردد قطار از شانتر استفاده می‌شود. پیش بینی برق تراکشن موقت به صورت سوکت/استینگر پیشنهاد می‌گردد.

یادداشت ۲: نیازمند جک زنی یا بلند کردن واگن از روی بوژی به روشهای دیگر نمی‌باشد. چال سرویس میانی و کناری و ترازهای دسترسی به کف و سقف قطار ضروری می‌باشد. قطارها در این خطوط با نیروی رانش خود تردد می‌نمایند و نیازمند شانتر جهت انجام مانور نمی‌باشند.

یادداشت ۳: وجود چال میانی و کناری و سیستم‌های تخصصی متناسب با روش انتخابی جهت آزادسازی سریع بوژی توصیه می‌شود. همچنین استفاده از جرثقیل سقفی با ظرفیت متناسب با وزن بوژی متداول می‌باشد. این خطوط برق‌دار نبوده و معمولاً جهت تردد قطار از شانتر استفاده می‌شود.

یادداشت ۴: وجود چال میانی و کناری به طول حداقل یک واگن پس از چاله تراش چرخ توصیه می‌شود. همچنین استفاده از جرثقیل سقفی با ظرفیت متناسب با وزن بوژی توصیه می‌گردد.

یادداشت ۵: وجود چال میانی و سیستم‌هایی جهت بلند کردن واگن و ثابت کردن آن بروی استندهای نگهداری واگن ضروری می‌باشد. همچنین استفاده از جرثقیل سقفی با ظرفیت مناسب لازم می‌باشد. دسترسی به تراز سقف از طریق سکوهای پرتابل توصیه می‌گردد. این خطوط برق‌دار نبوده و معمولاً جهت تردد قطار از شانتر استفاده می‌شود.

یادداشت ۶: وجود چال میانی در تمامی خطوط الزامی نبوده و سیستم‌هایی جهت بلند کردن واگن و ثابت کردن آن بروی استندهای نگهداری واگن ضروری می‌باشد. همچنین استفاده از جرثقیل سقفی با ظرفیت متناسب با وزن واگن تجربه متداول می‌باشد. دسترسی به تراز سقف از طریق سکوهای پرتابل پیشنهاد می‌گردد. این خطوط برق‌دار نبوده و معمولاً جهت تردد قطار از شانتر استفاده می‌شود.

جدول ۲-۵- ظرفیت سنجی اقدامات تعمیراتی اصلاحی (سبک و سنگین)

سطح تعمیرات	تعمیرات پیشگیرانه	بازه	واحد	زمان تعمیرات (ساعت)	تعداد پرسنل/شیفت	مدت توقف (ساعت)	محل انجام	توضیحات
سطح ۲	تعویض قطعات قابل جایگزینی در خط	سالانه	قطار	...	...	...	تعمیرات سبک	یادداشت ۱
سطح ۳	تعویض قطعات قابل جایگزینی در کارگاه تعمیر قطعات قابل جایگزینی در خط	سالانه	قطار	...	...	...	تعمیرات پیش‌بینی نشده	یادداشت ۲
سطح ۴	تعمیر قطعات قابل جایگزینی در کارگاه	همه فعالیت‌ها	WRU	...	...	...	تعمیرات سنگین	یادداشت ۴
سطح ۵	بازسازی قطعات قابل جایگزینی در کارگاه	همه فعالیت‌ها	WRU	...	...	...	تعمیرات سنگین	یادداشت ۵

یادداشت ۱: مطابق توضیحات یادداشت ۲ در جدول ۲-۲.

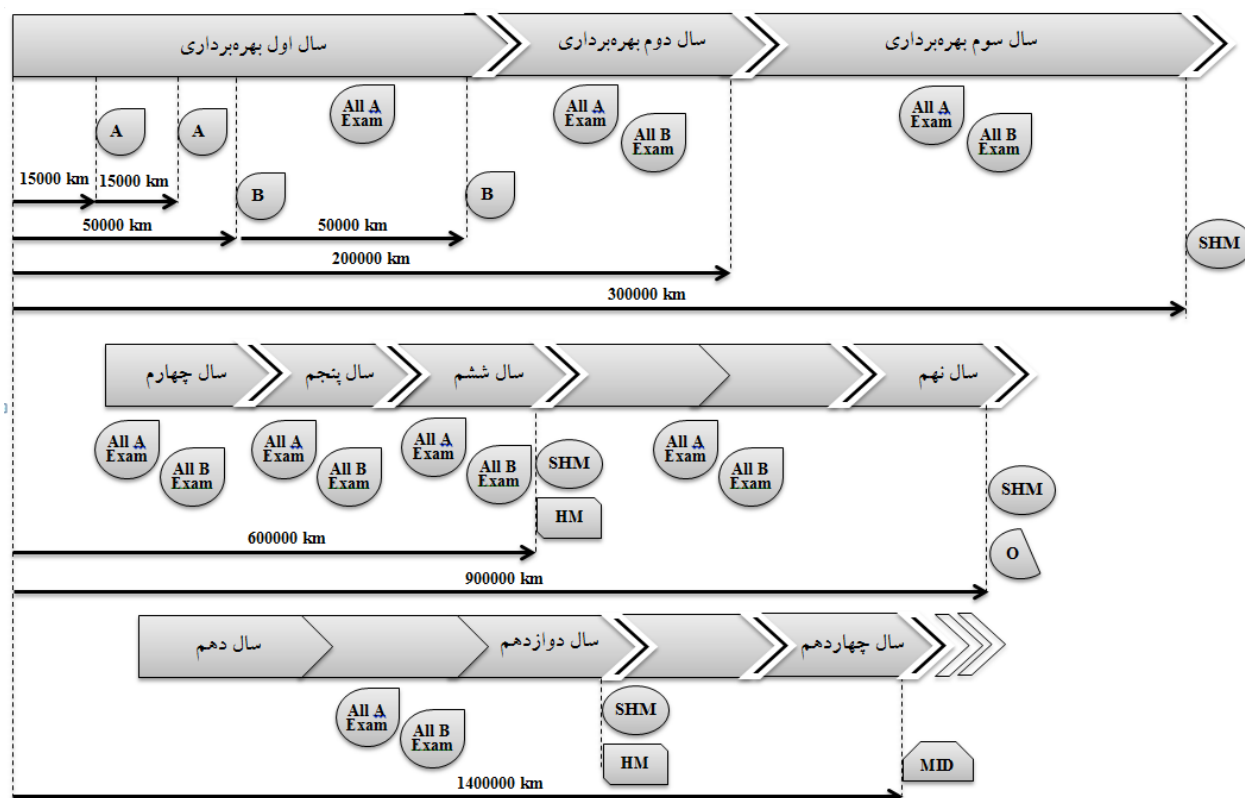
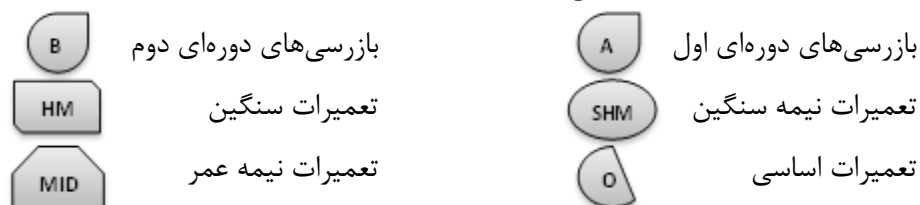
یادداشت ۲: در دپوهایی که تعمیرات تا سطوح ۴ و ۵ به انجام می‌رسد/دپوهای جامع، در نظر گرفتن یک خط ریلی مابین سالن تعمیرات سبک و تعمیرات سنگین بعنوان خط تعمیرات پیش‌بینی نشده، توصیه می‌شود. هرچند که این خط بصورت دائمی برق‌دار نمی‌باشد لیکن پیشنهاد می‌شود که روش برق‌رسانی موقت برای خط در نظر گرفته شود به نحویکه قطارها با نیروی رانش خود در این خط تردد نمایند.

یادداشت ۳: انجام این عملیات در کارگاه‌های مجاور خطوط تعمیرات سبک و سنگین به انجام می‌رسد.

یادداشت ۴: انجام این عملیات در کارگاه‌های تخصصی مجاور خطوط تعمیرات سنگین به انجام می‌رسد.

یادداشت ۵: این عملیات معمولاً به پیمانکاران تخصصی برونسپاری می‌شوند.

به منظور درک صحیح از فعالیتهای تعمیراتی، به دیاگرام شماتیک شکل ذیل و راهنمای حروف اختصاری و علامتهای استفاده شده در آن رجوع شود:



شکل ۸-۲- دیاگرام شماتیک تعمیرات تا نیمه عمر قطار

۲-۶-۲- الزامات طراحی فضاهای تعمیرگاهی

۲-۶-۲-۱- کارگاهها

با توجه به معیارهایی چون استراتژی انجام تعمیرات، طراحی با افق ۱۰۰ ساله و میزان برون سپاری عملیات کاری، ابعاد هر کارگاه و دفاتر کاری کارکنان می باید تعیین گردد. لازم به ذکر است که در بسیاری از موارد، حتی با فرض برون سپاری تعمیرات، انجام عملیات کاری در کارگاههای تعبیه شده در دپو انجام خواهد شد. لذا توصیه می گردد فضای کاری مناسب و حتی تأمین تجهیزات اصلی تعمیرگاهی برای این دست از عملیاتها پیش بینی گردد. توصیه می گردد که برای هر یک از کارگاههای مهم تعمیراتی، انبار کالا و ابزار و اتاق آرشو فنی پیش بینی گردد.

- کارگاه‌های مورد نیاز وابسته به سطوح تعمیراتی تعریف شده در هر دپو شامل موارد ذیل خواهند بود:
- کارگاه‌های مکانیکی و الکتریکال به صورت عمومی که خود می‌تواند شامل فضاهای تفکیک شده نظیر کارگاه جوشکاری، کارگاه ماشینکاری، کارگاه کامپوزیت و تزئینات داخلی (شامل شیشه، پنجره، صندلی)، کارگاه عمومی برق و ... بوده که در آنها ماشین آلات تخصصی جانمایی و نصب خواهند شد،
 - کارگاه مربوط به ترکشن موتورها،
 - کارگاه پانتوگراف و یا کفشک جمع‌کننده جریان،
 - کارگاه برق قدرت جهت تعمیرات جعبه‌های ولتاژ بالا، اینورترهای ترکشنی و کمکی،
 - کارگاه الکترونیک مجهز به اتاق تمیز جهت تست و تعمیرات قطعات و بردهای الکترونیکی حساس،
 - کارگاه سیستم تامین هوای فشرده/ هیدرولیک و کارگاه ترمز مجهز به اتاق تمیز جهت تست و تعمیرات سیستم‌های ترمزی نظیر شیرهای پنوماتیک/هیدرولیک و ...،
 - کارگاه کوپلر،
 - کارگاه باتری،
 - کارگاه تعمیرات بوژی که می‌تواند دارای فضاهای تفکیک شده نظیر کارگاه چرخ و محور، کارگاه سیستم تعلیق و ... در نظر گرفته شود،
 - کارگاه‌های آماده‌سازی سطوح قبل از رنگ بدنه و رنگ واگن،
 - کارگاه رنگ آمیزی فریم بوژی و قطعات کوچک شامل کابین سندبلاست قطعات کوچک،
 - کارگاه سیستم تهویه مطبوع،

۲-۶-۲-۲- انبارها

پیش‌بینی ملاحظات در خصوص مدیریت مواد اولیه و قطعات یدکی، یکی از اصول طراحی دپو می‌باشد. بر این اساس انبارها در دپو یکی از اجزای مهم (حیاتی) دپو بوده و جانمایی صحیح آن‌ها می‌باید مد نظر قرار گیرد. ویژگی مهم یک انبار، آماده‌سازی موارد درخواستی از سالن‌های تعمیراتی در کوتاه‌ترین زمان و به طور موثر می‌باشد؛ چیدمان قفسه‌ها و قطعات، وابسته به نوع قطعات و شیوه دسترسی کارکنان به قفسه‌ها می‌باشد. توصیه می‌شود تمامی انبارها سرپوشیده بوده و حتی برای قطعات بزرگ و سنگین نیز، انبارها به صورت مسقف در نظر گرفته شوند. تفکیک اقلام انبارش شده بر اساس جنس و حساس بودن اقلام می‌تواند راهکار مناسبی برای اطمینان از شرایط مناسب انبارش اقلام باشد.

تعیین ابعاد انبارها وابسته به سطوح تعمیراتی پیش‌بینی شده برای دپو، استراتژی بهره‌بردار جهت میزان انبارش مواد مصرفی و قطعات یدکی، نوع ناوگان، تعداد ناوگان و ... خواهد بود.

تحلیل موقعیتیابی مکان انبارها و لی‌اوت داخلی آنها، مسیرهای دسترسی لیفتراک و ورود ماشین‌های سنگین و کفی‌های کمرشکن به داخل انبار جهت باربرداری و تحویل قطعات یدکی و سپس انتقال و توزیع آنها به موقعیت انبارش آنها و نهایتاً انتقال در مواقع لزوم به محل استفاده در سالن‌های تعمیراتی، متضمن افزایش کارایی در بهره‌برداری از دپو خواهد بود؛ در طراحی و چیدمان قطعات در انبار، لازم است طراح شناخت صحیح از قطعات ریز مصرفی با زمان تناوب کوتاه و قطعات بزرگ با دوره زمانی مصرف طولانی‌تر داشته و بر این اساس نسبت به چیدمان قطعات در انبارها و قفسه‌بندی‌های مربوطه اقدام شود.

پیشنهاد می‌شود چنانچه قطعات با ارزش مالی زیاد و یا حساس در انبار نگهداری می‌شوند، این قطعات در فضای مجزا انبار شوند و برای فضای نگهداری آنها تمهیدات ویژه‌ای نظیر سیستم کنترل دسترسی و یا سیستم‌های امنیتی دیگر در نظر گرفته شود.

به طور معمول انبارهای سرپوشیده و محافظت شده که محل نگهداری اقلام مربوط به ناوگان و تجهیزات الکترومکانیکال می‌باشند، نیازمند دسترسی ریلی نخواهند بود و صرفاً دسترسی جاده‌ای برای آنها کفایت خواهد کرد، لیکن انبار ریل و سوزن نیازمند خط ریلی جهت ورود واگن کفی می‌باشد.

جهت انبارش مواد اولیه و ضایعات قابل احتراق و خطرناک، لازم است انبار مجزا و با حفظ فاصله ایمن از سایر ساختمان‌ها و امکانات دپو در نظر گرفته شود.

در نظر گرفتن فضای آزاد در انبار، جهت انبارش و مانور برخی آیتم‌های حجیم نظیر مازول‌های الکتریکی و باکس‌های مربوطه مفید به نظر می‌رسد. همچنین توصیه می‌شود که فضایی مشخص در انبار در نظر گرفته شود که متصدیان این فضا بتوانند اقلام دریافتی/تحویلی را شماره‌گذاری، مرتب و آماده انبارش یا تحویل نمایند.

در خطوط قطار شهری و حومه‌ای که شن برای سیستم شن‌پاش قطارها مورد نیاز می‌باشد، لازم است محل نگهداری شن کاملاً خشک بوده تا به هنگام شارژ مخازن نصب شده روی قطارها، رطوبت اضافی شن منجر به عملکرد نامناسب نگردد.

توصیه می‌گردد که اقلامی نظیر چرخ و محور و بوژی (اقلام متحرک و حجیم بوژی) بجای انبارها، در مجاورت فضاهای کاری مرتبط (کارگاه بوژی و کارگاه چرخ و محور)، نگهداری شوند.

۲-۶-۳- محل جمع‌آوری ضایعات

تحلیل در خصوص انواع ضایعاتی که در دپو حاصل می‌شوند، شروع مناسبی برای بازیافت این ضایعات (در صورت امکان) خواهد بود؛ به طور کلی می‌توان ضایعات در دپو را شامل موارد ذیل دانست:

- تجهیزات و قطعات ناوگان که از کار افتاده بوده و طی عملیات تعمیرات و بازسازی تعویض شده‌اند و قابل استفاده مجدد نمی‌باشند،

- مواد آلوده که می‌باید از سایر ضایعات جدا شوند (مانند کهنه‌های روغن و دستمال‌های پاک کننده آلودگی‌های دیگر)،
 - پلیسه و براده‌های ناشی از عملیات تراشکاری و ماشینکاری که به طور معمول در مخازن جمع‌آوری پلیسه ذخیره می‌شوند،
 - اشغال‌های تولید شده در ساختمان‌های اداری و دفاتر کاری،
 - ضایعات تولیدی پس از نظافت و شستشوی ناوگان،
 - اجسام حجیم اسقاطی باقی مانده از ناوگان (نظیر چرخ و محور و ...).
- توصیه اکید می‌گردد که به منظور بازیافت و معدوم سازی ضایعات بجا مانده، در طراحی دپو محل خاصی برای ذخیره ضایعات با بکارگیری تجهیزات مناسب پیش‌بینی گردد.
- با توجه به محل تولید ضایعات، می‌توان یک موقعیت (و یا بیشتر) در دپو به انبار و محل جمع‌آوری ضایعات اختصاص داد. همچنین می‌توان ضایعات متفاوت را در محل‌های متفاوت نگهداری نمود و به این ترتیب طی روند مناسبی فرایند بازیافت به انجام خواهد رسید.

۲-۶-۲-۴- جانمایی خطوط ریلی در ساختمانها

طول سالنهای تعمیرگاهی در دپو متناسب با طول خطوط ریلی نصب شده در آنها است. بر این اساس می‌باید طول خطوط ریلی و ایستگاه‌های کاری در سالن‌های تعمیرگاهی متناسب با بیشترین طول قطار که نیازی به جداسازی واگن‌ها نباشد، پیش‌بینی گردد. در خطوطی که واگن‌ها دیکوپله خواهند شد، لازم است که در محاسبه طول خط، فضای خالی ۳ متری مابین دو واگن (پشت سر هم) دیکوپله شده، در نظر گرفته شود.

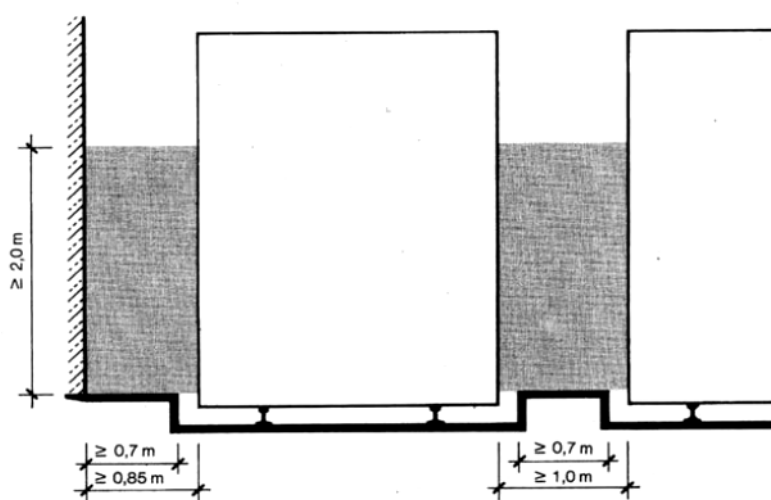
مهمترین گزینه‌هایی (در صورت وجود) که می‌باید در محاسبه طول سالن‌های تعمیراتی مد نظر قرار گیرد به شرح ذیل است:

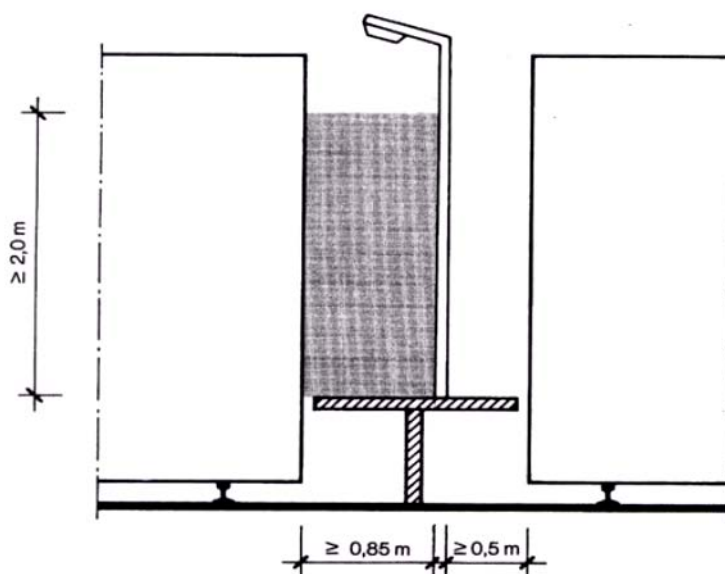
- طول یک رام قطار.
- فضای مورد نیاز جهت تردد پرسنل و مسیر عبور ماشین‌آلات حمل بار.
- فضای مورد نیاز باز شوی درب‌های ورودی سالن .
- فضای مورد نیاز نصب علائم سیگنالی (در خطوط با شبکه برق بالاسری).
- فضای مورد نیاز استقرار رمپ‌ها، پله‌ها و پیاده‌روها جهت دسترسی به چاله‌ها، سکوها و راهروها.
- فضای مورد نیاز نصب استاپرهای انتهایی.
- فضای مورد نیاز به منظور ایجاد دسترسی عرضی مابین چاله سرویس‌های کناری و میانی .
- فضای اشغال شده کارگاه‌های تعمیراتی در انتهای خط.
- طول مورد نیاز جهت عدم توقف دقیق قطار به میزان حداقل ۱ متر.

توجه به گاباری قطار عبوری از خطوط ریلی با توجه به شرایط قوس‌های مربوطه و پیش‌بینی عدم تداخل با اجزای سازه‌ای، پیاده‌روها و جاده‌های محوطه دیو می‌باید مورد توجه قرار گیرد تا فاصله ایمن خطوط ریلی از ابنیه‌های فنی حاصل گردد.

فاصله خطوط ریلی کناره که محل توقف قطارها می‌باشد، باید به گونه‌ای در نظر گرفته شود که راهبر امکان عبور مابین دو قطار پارک شده جهت دسترسی به کابین را داشته باشد.

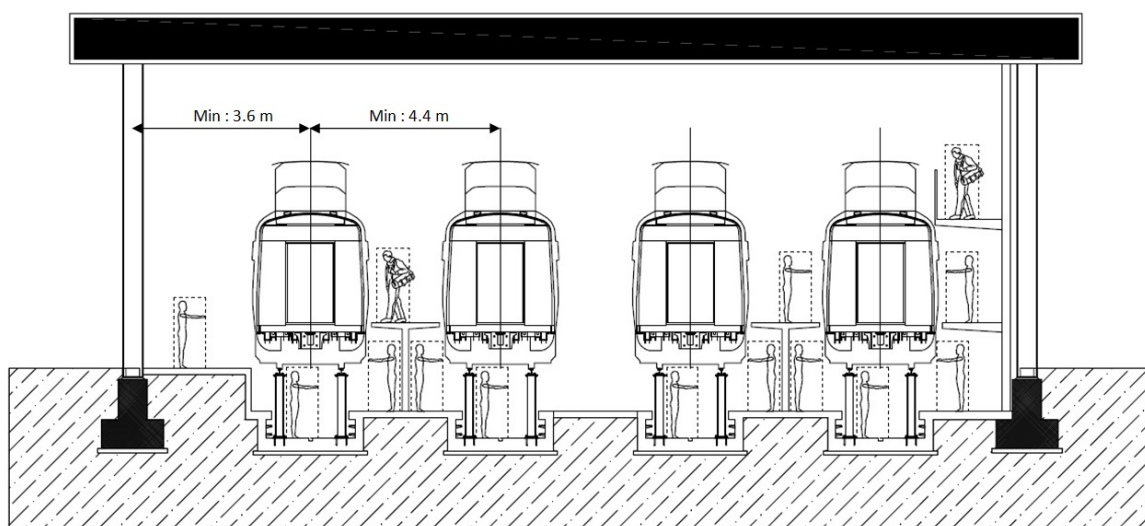
در خطوط کناره و پارکینگ‌های روباز، توصیه می‌شود که حداقل عرض پیاده‌رو (مابین قطار و موانع ثابت) ۰.۵ متر در نظر گرفته شود و در شرایطی که دو قطار در کنار یکدیگر پارک شده‌اند حداقل عرض ۱ متر لازم است در نظر گرفته شود. چنانچه به هر دلیلی در مسیر پیاده‌رو میان دو قطار، یک المان سازه‌ای نظیر پایه‌های برق بالاسری، روشنایی و ... در نظر گرفته شده باشد، توصیه می‌شود حداقل عرض معبر عبور پیاده از یک طرف ۰.۸۵ متر و فاصله آزاد از سمت دیگر تا قطار مجاور نیز ۰.۵ متر در نظر گرفته شود؛ در صورت پارک قطار در سالن پارکینگ یا دیگر سالن‌های تعمیراتی، تامین حداقل فاصله ۰.۸۵ متری تا دیواره جانبی جهت عبور پیاده ضروری می‌باشد.





شکل ۹-۲- عرض معبر عبور پیاده در فضاهای توقف قطار

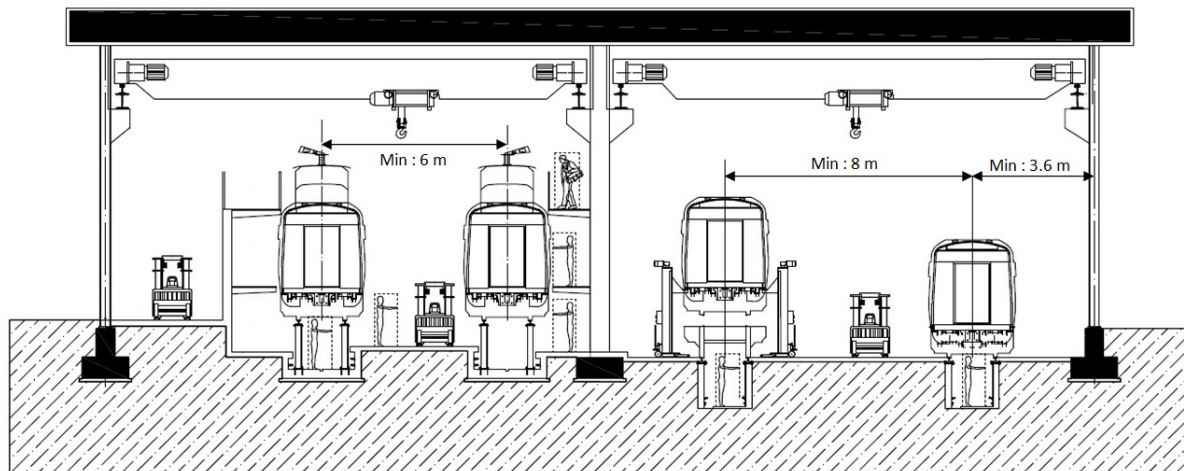
فاصله خطوط ریلی از یکدیگر و از دیوارهای جانبی در ساختمان‌های اصلی موضوعی است که می‌باید بر مبنای طرح استقرار و شیوه بهره‌برداری و عملیات تعمیرات انجام شده در هر یک از سالن‌های پارکینگ و یا تعمیرات، تعیین شوند. در ساختمان‌های پارکینگ که در آنها علاوه بر توقف قطار، برخی فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات در سطح ۱ صورت می‌گیرد، حداقل فواصل عرضی مطابق شکل ذیل است:



شکل ۱۰-۲- حداقل فواصل عرضی ساختمان پارکینگ

فاصله محور به محور قطارها در خطوط پارکینگ که مجهز به سکویهای دسترسی است (مطابق شکل فوق)، حداقل ۴.۴ متر و فاصله بین محور قطار تا دیوارهای جانبی حداقل ۳.۶ متر توصیه می‌شود.

در ساختمان‌های تعمیراتی که در آنها فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات تا سطح ۵ صورت می‌گیرد، حداقل فواصل عرضی به قرار شکل ذیل می‌باشد:



شکل ۱۱-۲- حداقل فواصل عرضی ساختمان تعمیرات

فاصله محور به محور قطارها در خطوط تعمیرگاهی که مجهز به سکوها دسترسی می‌باشد، حداقل ۶ متر و فاصله بین محور قطار تا دیواره‌های جانبی حداقل ۳.۶ متر توصیه می‌شود. فاصله عرضی در خطوط تعمیرگاهی سطوح ۴ و ۵ که در آنها جک زنی و تعمیرات بدنه صورت می‌گیرد، فاصله محور به محور قطارها حداقل ۸ متر توصیه می‌گردد (شکل فوق).

۲-۶-۵- ترازهای دسترسی

به منظور دسترسی به کلیه بخش‌های قطار در ساختمان‌های تعمیراتی و پارکینگ در دپو می‌باید، ترازهای مختلف دسترسی ایجاد نمود. بر این اساس، ۵ تراز اصلی در ساختمان‌های تعمیراتی به قرار جدول ذیل تعیین می‌گردد:

جدول ۲-۶- ترازهای دسترسی

ردیف	شرح	توضیحات
۱	سطح عمومی سالن	- برابر با تراز روی ریل . - مجراهای ارتباطی و عبوری پرسنل و تجهیزات به تمامی نقاط در ساختمان‌ها. - محل نصب استاپرها .
۲	کنار قطار	- به منظور دسترسی پرسنل بازرسی و تعمیراتی به چرخ و محور، بوژی و سایر متعلقات. - محل عبور و مرور پرسنل و تجهیزات مربوطه در چاله کناری.
۳	زیر قطار	- به منظور دسترسی پرسنل بازرسی و تعمیراتی به تجهیزات زیر قطارها . - محل عبور و مرور پرسنل و تجهیزات مربوطه در چاله میانی.
۴	داخل قطار	- به منظور دسترسی پرسنل بازرسی و تعمیراتی به کلیه تجهیزات و مبلمان داخلی و پنجره‌های قطارها به کمک سکو .
۵	سقف قطار	- به منظور دسترسی پرسنل بازرسی و تعمیراتی به المان‌های سقف قطارها به کمک سکو.

در سالن‌های تعمیراتی هدف از حضور کارکنان در چال، انجام عملیات کاری و تعمیرات بوده و به این ترتیب تراز ارتفاعی این مسیر باید به گونه‌ای باشد که دسترسی مناسب کارکنان با قد نرمال (در محدوده جغرافیایی مورد نظر) وجود داشته باشد. بر این اساس، چال سرویس‌های میانی با عمق ۱۶۰ سانتی متر برای سالن‌های تعمیرگاهی و عمق ۱۷۰ سانتی متر برای ساختمان پارکینگ (صرفاً بازرسی) پیشنهاد می‌گردد. دسترسی آزاد از دو طرف چال سرویس می‌باید توسط پله فراهم شود، بنحویکه تداخلی با قطار و بافر استاپ انتهایی ایجاد نگردد. همچنین طول چال سرویس می‌باید به اندازه کافی بلندتر از قطار پیش‌بینی شود تا رواداری‌های توقف قطار را نیز پوشش داده و عدم توقف دقیق قطار منجر به مسدودی مسیر دسترسی به چال سرویس میانی از یک انتها نگردد. وجود دسترسی در میانه چال سرویس به صورت جانبی نیز توصیه می‌گردد. چاله‌های جانبی را به دو دسته می‌توان تقسیم نمود؛ مواردی که فقط جهت تردد کارکنان استفاده می‌شوند و مواردی که به صورت مشترک توسط کارکنان و به منظور تردد لیفتراک مورد بهره‌برداری قرار خواهند گرفت. در طراحی چاله‌های کناری که صرفاً کارکنان در آن تردد خواهند داشت، توجه به سرگیر نبودن و ارتفاع مناسب گالری جهت عبور افراد با قد نرمال (در محدوده جغرافیایی مورد نظر) ضروری می‌باشد؛ همچنین برای چاله‌های کناری که عبور لیفتراک در آنها صورت می‌پذیرد می‌باید توجه شود که شیب مناسب برای عبور لیفتراک‌ها با بار حداکثر ۱:۱۲ پیش بینی گردد. همچنین می‌باید توجه شود که سطح اجرا شده برای رمپ با ضریب اصطکاک بالا پیش‌بینی شود.

طول سکوه‌های دسترسی در تراز بالای سطح عمومی سالن‌ها می‌باید برای یک قطار معادل طول یک یونیت عملیاتی در وضعیت نرمال بهره‌برداری قطار به اضافه ۲ متر بیشتر از طول قطار باشد. توصیه می‌گردد که این سکوها از جنس ورق فولادی مسطح و آجدار ساخته شده و به صورت مشبک فلزی نباشد. کارکنانی که مشغول عملیات کاری در تراز سقف می‌باشند، می‌باید با انجام تمهیداتی از سقوط آنها جلوگیری شده و ایمنی آنان حفظ شود؛ روش‌های محافظت این کارکنان، پیش‌بینی نرده‌ها در موقعیت‌هایی که احتمال سقوط وجود داشته و یا با استفاده از کابل متصل به کمر آن افراد آنها را می‌توان از سقوط مصون داشت.



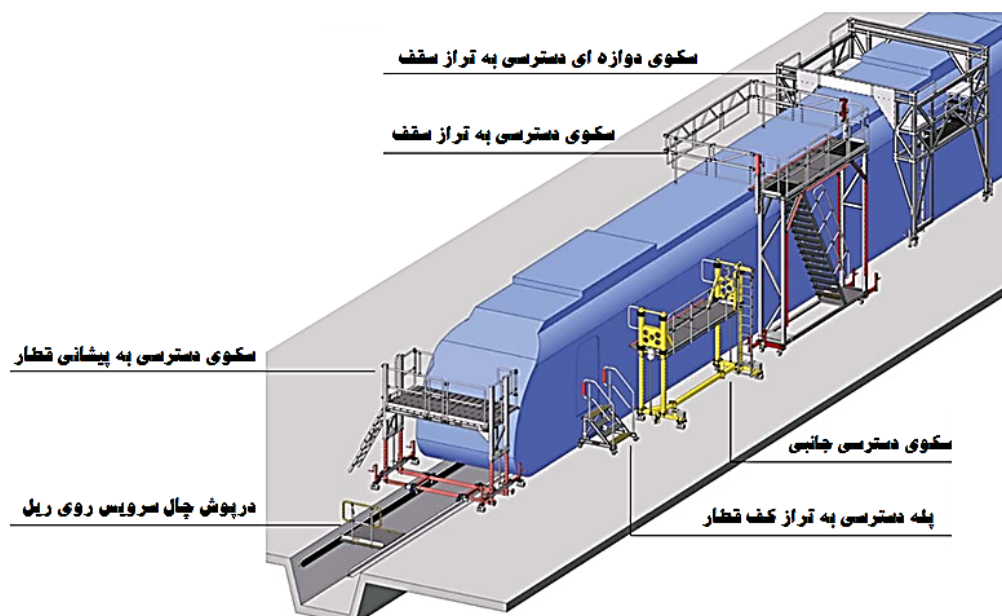
شکل ۲-۱۲- سیستم‌های محافظت از سقوط

چنانچه روش برق‌رسانی به قطار، شبکه بالاسری بوده و این شبکه در داخل سالن‌های تعمیراتی نیز امتداد یافته باشد، جهت دسترسی به سقف قطار می‌باید سیستم اینترلاکینگ مناسب جهت قطع برق، ایزوله کردن و زمین شدن هادی جریان اتفاق افتد. ضمناً توصیه می‌گردد که به جهت کاهش خطاهای احتمالی و سهل‌انگاری کارکنان، برای دسترسی به تراز سقف قطار، تنها یک راه دسترسی اصلی (پله یا سکو مشابه شکل ذیل) در نظر گرفته شود.



شکل ۲-۱۳- سکوی دسترسی به پانتوگراف همراه سیستم اینترلاکینگ

لازم به توضیح است که در مواردی که دسترسی به تراز خاصی به صورت دائمی ضروری نبوده و تردد کارکنان به طور متناوب صورت نمی‌گیرد، به جای پیش‌بینی سکوهای فلزی سرتاسری و ثابت توصیه می‌گردد که از سکوهای متحرک استفاده شود؛ همچنین می‌توان سکوها را نیز به صورت معلق (آویزان از سقف) نیز پیش‌بینی کرد. مزیت این روش اینست که فضای کمتری را از محوطه عملیاتی اشغال کرده و امکان تردد مناسب‌تر سیستم‌های حمل و نقل نظیر لیفتراک‌ها وجود دارد. وجود سیستم اینترلاکینگ مناسب و زمین کردن هادی تماس در این شیوه توصیه می‌شود. و باید ملاحظات ایمنی، سازه‌ای سقف سالن و همچنین مسیر عبور جرثقیل‌های سقفی و یا سایر تاسیسات در نظر گرفته شود.



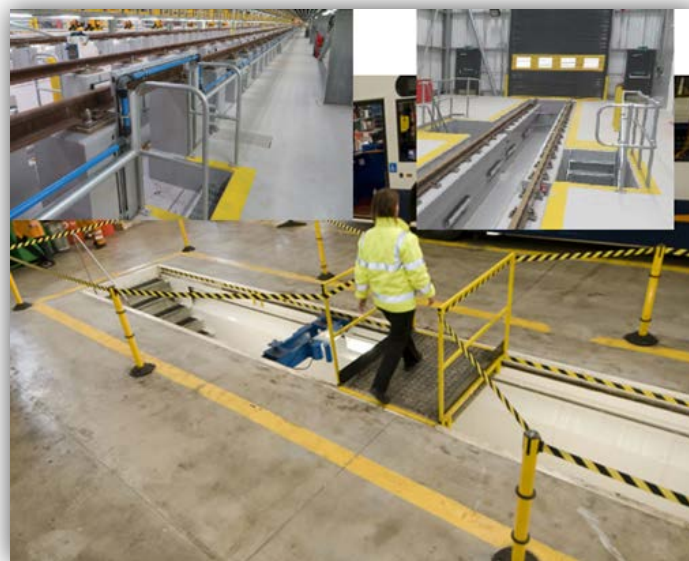
شکل ۲-۱۴- سکوی‌های متحرک دسترسی به ترازهای مختلف کاری

پیش‌بینی روش‌های دسترسی مناسب جهت انجام عملیات تعمیرات و سرویس‌رسانی به اجزاء ساختمان‌های دپو و دیگر تجهیزات (به غیر از ناوگان) نیز حائز اهمیت بوده بنحویکه در انجام عملیات نرمال تعمیرات در دپو و ساختمان‌ها، خللی ایجاد نشود. برخی از عملیات سرویس و تعمیرات در دپو و ساختمان‌ها عبارتند از:

- تمیز کردن و تعویض قاب‌ها و لامپ‌های روشنایی که از سقف سالن‌ها معلق بوده و یا متصل در ارتفاع می‌باشند،
- تمیز کردن شیشه‌ها و سایر سطوح شفاف نورگیر در ارتفاع،
- تمیز کردن سطوح خارجی ساختمان‌های اصلی،
- امکان خدمات‌رسانی و تعمیرات به سیستم‌های الکتریکی نصب شده در ارتفاع (نظیر جعبه تقسیم‌ها و کابینت‌های مخابراتی و ...)،
- امکان انجام تعمیرات شبکه بالاسری و کلیدهای قطع جریان مربوطه،
- امکان انجام تعمیرات جرثقیل‌های سقفی،

نظافت و تعمیرات کانال‌های هوارسانی و ادوات سیستم تهویه،
- تعمیرات و به روزرسانی سیستم خروج دودهای ناشی از سوخت وسایط ناقله دیزلی.

تمامی مسیرهای دسترسی به ترازهای مختلف کاری که امکان سقوط کارکنان از کناره‌های آنها وجود خواهد داشت (نظیر پله‌های دسترسی به ترازهای مختلف کاری مرتفع و یا پله‌های جانبی دسترسی به چال سرویس میانی) جهت پیشگیری از سقوط کارکنان نیازمند حفاظ‌کشی و وجود موانع فیزیکی (مشابه شکل ذیل) می‌باشد.

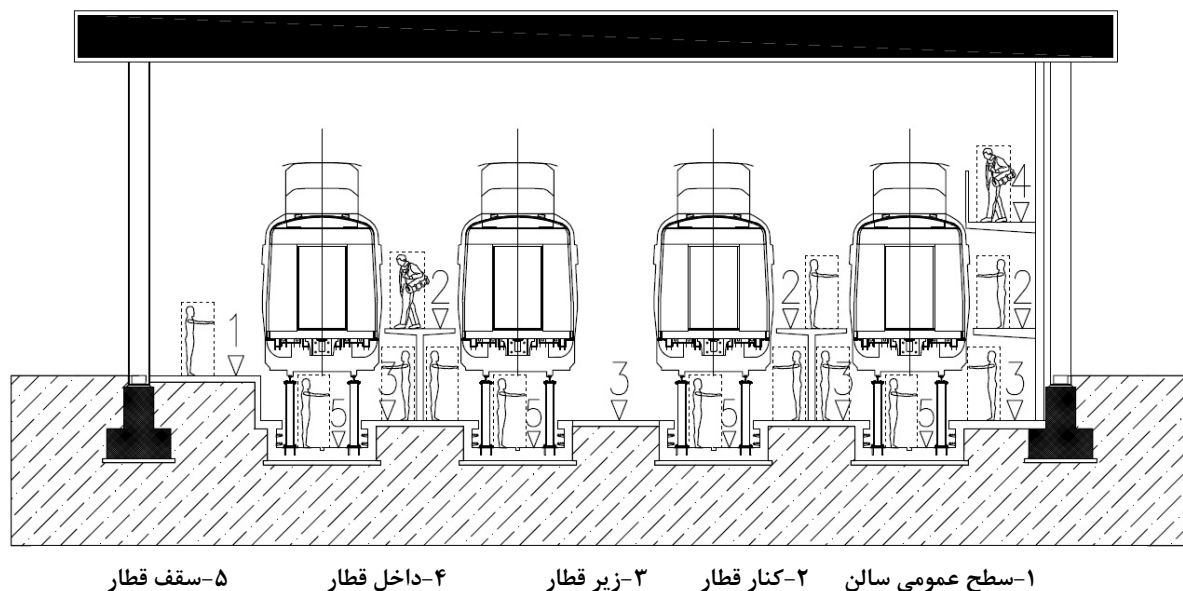


شکل ۲-۱۵- موانع فیزیکی جهت پیشگیری از سقوط افراد

الف) ساختمان پارکینگ

از آنجایی که کاهش شانت قطارها (جابجایی قطارها مابین خطوط مختلف تعمیرگاهی) هدف اصلی چرخش مطلوب قطار در دپو می‌باشد، پیش‌بینی انجام برخی فعالیت‌های مربوط به بازرسی در سطوح ۱ و ۲ تعمیرات در سالن پارکینگ در دستیابی به این هدف بسیار کمک کننده است. به همین منظور وجود چال سرویس مرکزی جهت بازرسی زیرشاسی و بوژی، و چال کناری جهت امکان بازرسی از طرفین قطار و امکان عبور وسایط نقلیه نظیر لیفتراک در وضعیت نرمال سرویس‌دهی توصیه می‌شود. بنابراین در سالن پارکینگ چال‌های دسترسی به زیر قطار برای تمامی قطارهای پارک شده توصیه می‌گردد. همچنین جهت استفاده کارکنان بازرسی و نظافت روزانه قطار و امکان انتقال تجهیزات مورد نیاز آنها به داخل قطار (نظیر جاروبرقی و چرخ دستی جهت حمل ادوات نظافت)، توصیه می‌گردد حداقل از یک سمت قطار، سکوی دسترسی پرسنل به داخل قطارها (تراز کف درب‌های قطار) در نظر گرفته شود. لازم به توضیح است که دسترسی به این سکو از یک طرف و به صورت سطح شیب‌دار، بنحویکه امکان جابجایی ادوات چرخ دار توسط کارکنان نظافت و بازدید فنی وجود داشته باشد پیشنهاد می‌گردد.

تعیین تراز ارتفاعی مربوط به چال سرویس‌ها کاملاً وابسته به ناوگان مورد بهره‌برداری بوده و نمی‌توان ارقامی را برای ترازهای کاری به طور مشخص الزام نمود، لیکن به عنوان یک مثال برای قطار مترویی به طول ۱۰۰ متر و با تراز کف ۱۱۰۰ میلی‌متر، می‌توان به وضعیت نمایش داده شده در شکل ذیل رجوع نمود که نمونه‌ای از شرایط طراحی می‌باشد.



شکل ۲-۱۶- نمونه‌ای از ترازهای مختلف کاری در سالن پارکینگ

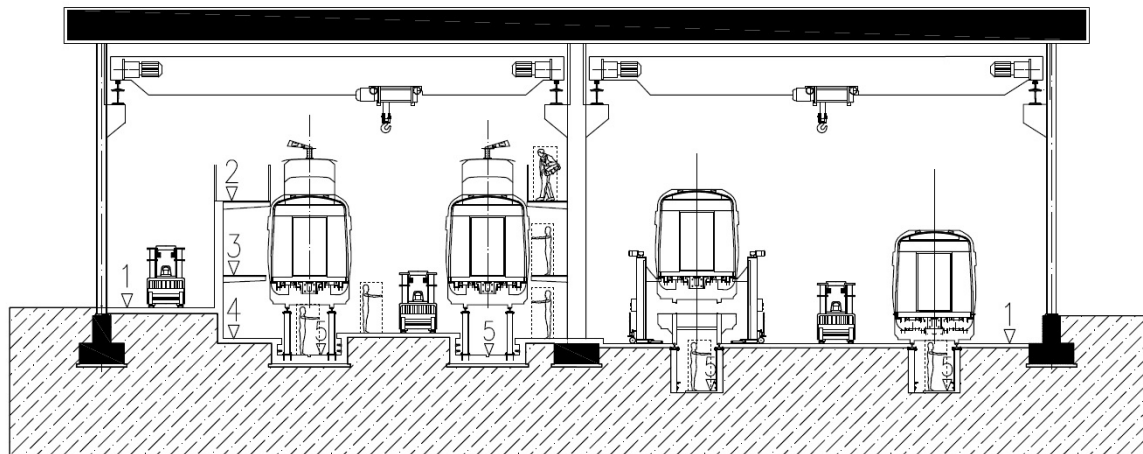
لازم به ذکر است که هدف از تعبیه چال سرویس میانی در سالن پارکینگ، انجام تعمیرات و عملیاتی تخصصی نبوده، بلکه اغلب نظارت چشمی و بازدیدهای دوره‌ای می‌باشد؛ به همین دلیل توصیه می‌شود که تراز ارتفاعی این مسیر به گونه‌ای در نظر گرفته شود که یک شخص با قد نرمال (در محدوده جغرافیایی مورد نظر) امکان عبور از زیر قطار به صورت آزادانه (بدون سرگیر بودن) را داشته باشد.

برای قطارهایی که اغلب تجهیزات کمکی آن در زیر شاسی نصب شده‌اند، ایجاد دسترسی به تراز سقف قطار الزامی نبوده، هر چند که پیشنهاد می‌شود برای برخی خطوط در سالن پارکینگ (در صورت امکان) این مورد در نظر گرفته شود. لیکن برای قطارهایی که تجهیزات کمکی و زیرسیستم‌های قطار (نظیر جعبه‌های الکتریکال، کمپرسور و ...) روی سقف قطار نصب شده‌اند، توصیه می‌گردد سکوی دسترسی به تراز سقف برای حداقل ۱۰ درصد از خطوط ریلی سالن پارکینگ پیش‌بینی شود. برای این منظور لازم است تمهیدات مناسب نظیر رعایت فاصله کافی خطوط ریلی از هم مد نظر قرار گیرد.

(ب) سالن‌های تعمیراتی

در سالن‌های تعمیراتی، وابسته به خطوط ریلی پیش‌بینی شده، جهت انجام عملیات تعمیرات سبک (سطوح ۲ و ۳)، عملیات تعمیرات نیمه سنگین (سطوح ۳ و ۴)، عملیات تعمیرات سنگین (سطوح ۴ و ۵) و عملیات تعمیرات اساسی و بازسازی کامل (سطح ۵) نیازمندی‌های مربوط به ترازهای کاری متفاوت می‌باشد. تعیین نیاز و یا عدم نیاز به سطوح کاری بر اساس گردش کاری تعمیرات ناوگان مورد استفاده و فرآیندهای کاری تعریف می‌گردد.

در سالن تعمیرات سبک و بازرسی‌های دوره‌ای، وجود سکویی با تراز دسترسی به سقف قطار ضروری می‌باشد. همچنین برای این خطوط وجود سکوهایی دسترسی سراسری به کف قطار توصیه می‌شود. وجود چال سرویس میانی و جانبی نیز برای این خطوط لازم می‌باشد.



۱-سطح عمومی سالن ۲-کنار قطار ۳-زیر قطار ۴-داخل قطار ۵-سقف قطار

شکل ۲-۱۷- نمونه‌ای از ترازهای مختلف کاری در سالن تعمیراتی

در طراحی سکوهایی دسترسی به تراز سقف، لازم است معیارهای ذیل جهت طراحی در نظر گرفته شود:

- ارتفاع آزاد مسیر عبور کارکنان از کف سکو ≤ 2 متر
- عرض سکو در محل تردد کارکنان ≤ 0.8 متر
- عرض سکو در موقعیت کاری ≤ 1.2 متر
- فاصله افقی بین لبه سکوی تراز سقف تا بدنه ≥ 0.2 متر (کاهش این فاصله در صورت تایید سازند ناوگان مطلوب می‌باشد)
- نرده‌های محافظ به ارتفاع ۱ متر بنحویکه حداقل از ۳ ردیف در موقعیت‌های پایین، میانی و بالایی متشکل شود و قابلیت تحمل بار افقی حداقلی 500 N/m را داشته باشد.
- مسیر دسترسی پله‌هایی با عرض ۱ متر و با شیب 30° درجه
- مسیر خروج اضطراری با توجه به وجود یک ورودی اصلی به عنوان مسیر دسترسی، لازم است نردبان با عرض بزرگتر از 0.3 متر و با پله‌های تخت در موقعیت مناسب، جهت خروج اضطراری کارکنان در مواقع ضروری پیش‌بینی شود.
- فاصله ایمن هوک جمع شده جرثقیل ≤ 0.5 متر در تمامی جهات نسبت به فضای کاری و موقعیت‌های (در صورت وجود) حضور کارکنان

۶-۲-۶-۲- کف سازی

کف سازی مناسب با کاربری هر یک از فضاهای تعمیراتی دپو نقش بسزایی در راندمان، ایمنی و سهولت بهره برداری ایفاء می نماید. از اینرو در کف سازی موارد به شرح ذیل می باید مورد توجه قرار گیرد:

- کف کارگاه ها می باید تحمل فشار و بارگذاری وارده به واسطه تمامی فعالیت های تعمیراتی تعریف شده در فضای مذکور را داشته باشد.
 - تمامی سطوح در کارگاه ها و چال سرویس ها می باید غیر لغزشی و هموار بوده تا تجمع روغن، گریس و یا سایر آلودگی های محیطی کاهش یابد و شستشوی کف به شیوه مکانیکی و یا استفاده از فشار قوی آب تسهیل شود. همچنین لازم است سطوح نسبت به نفوذ آب، مقاوم طراحی شوند.
 - سطوح که در تماس با فشار سنگین و در معرض سایش زیاد به واسطه عبور لیفتراک و چرخش آن در فضای محدود و با شعاع انحنای کوچک می باشند. در نتیجه این امر سبب افزایش تنش و کرنش وارد بر سطوح خواهند شد؛ لذا ضروری است که در این بخش از سالن از مصالح با مقاومت تنشی و سایشی مطلوب استفاده شود تا کف سالن ساییده و تخریب نگردد.
 - کانال های عبور تأسیساتی در کف کارگاه ها و سالن های تعمیراتی، محل تجمع آلودگی های محیطی خواهند بود؛ وجود این کانال ها در موارد ضروری (به ویژه در راستای طولی) اجتناب ناپذیر می باشد، در هر حال لازم است سرپوش پیش بینی شده بر روی این کانال ها مقاومت کافی جهت عبور لیفتراک و بارهای اعمالی را داشته باشند.
- تصاویر نمایش داده شده در ذیل بیانگر برخی تجربیات مرتبط در خصوص طراحی کف می باشد.



شکل ۲-۱۸- نمونه پوشش و کف سازی مناسب فضاهای تعمیراتی

در خطوطی که جک‌های بالابر تعبیه می‌شود، توصیه می‌شود که محل استقرار جک و موقعیت کاری آنها به صورت علائم روی زمین مشخص شود و همچنین استحکام کافی جهت بلند کردن واگن و قطار ایجاد شود. هر کانال یا کاندوئیت پیش‌بینی شده در کف، محل جمع‌آوری هر مایع پخش شده در سالن می‌گردد. بنابراین توصیه اکید می‌گردد که تمهیدات مناسب برای زهکشی و تخلیه مایعات تجمع یافته در این کانال‌ها می‌باید در نظر گرفته شود. توصیه می‌گردد که کف سالن‌های تعمیراتی با کدهای رنگی (مشابه شکل ذیل) به صورتی مشخص شوند که مسیر عبور پیاده و مسیر عبور لیفتراک‌ها یا دیگر وسایط نقلیه، کاملاً مجزا بوده و همچنین موقعیت جانمایی تجهیزات اصلی مانند جک‌های بالابر کاملاً مشخص و یا با نوارهای رنگی تفکیک شده باشند. همچنین توصیه می‌گردد که حریم طولی و عرضی توقف ناوگان در سالن‌ها با خطوط هشدار مشخص شود.



شکل ۲-۱۹- نمونه کدهای رنگی

تجهیزات ثابتی که در سالن یا کارگاه‌ها نصب می‌شوند، می‌باید حداقل ۵۰ سانتی متر از موانع پیرامونی (شیر آب، شیر هوای فشرده، جعبه‌های آتش‌نشانی و ...) فاصله داشته تا به هنگام نصب تجهیز و یا بهره‌برداری، این موانع تداخل با حرکت اپراتور ایجاد نکنند؛ همچنین پیرامون تجهیز می‌باید به خوبی روشن شده باشد و حتی‌الامکان تجهیز در مسیرهای عبوری کارکنان و آلات متحرک جانمایی و نصب نشده باشند. در شرایطی که تجهیز در کنار دیوار نصب شده است، توصیه می‌شود فاصله حداقل ۱.۵ متر بین دیوار و تجهیز پیش‌بینی تا مسیر گردش افراد، فضای سرویس و نگهداری و یا دسترسی جهت فرار امکان‌پذیر باشد. در شرایطی که دو دستگاه روبروی همدیگر نصب شده‌اند و اپراتورها به صورت پشت به پشت مشغول به کار می‌باشند، حداقل فاصله جانمایی تجهیزات از یکدیگر ۲ متر توصیه می‌گردد^۱.

۲-۶-۲- الزامات طراحی درب‌های صنعتی در دپو

انتخاب صحیح درب‌های صنعتی در ساختمان‌های تعمیرگاهی و پشتیبانی دپو نقش بسیار بسزایی در بهره‌برداری سریع و ایمن را ایفا می‌نمایند. با توجه به تعدد زیاد درب‌های صنعتی مورد استفاده در ابنیه‌های دپو، توصیه می‌گردد درب‌های صنعتی مورد استفاده در دپو توسط طراحان دسته‌بندی شده تا از چند نوع درب یک شکل در طرح معماری

^۱ البته شرایط کاری و بهره‌برداری تجهیز و گردش کاری پیش‌بینی شده ممکن است نیازمند فواصل بیشتری باشد؛ بنابراین اعداد پیشنهاد شده به صورت حداقلی می‌باشد.

ساختمان‌ها بهره گرفت. بدین ترتیب ضمن هماهنگی بصری مطلوب در طرح معماری ساختمان‌ها، کمک شایانی به یکسان‌سازی مشخصات و نیازمندیهای تعمیراتی آنها در زمان بهره‌برداری می‌گردد. طبقه‌بندی درب‌های هر یک از فضای تعمیرگاهی دپو به شرح ذیل توصیه می‌گردد:

درب‌های عبور قطار: برای دپوها با شبکه برق بالاسری توصیه می‌گردد از نوع تاشونده اتوماتیک (با عملکرد دستی) و برای دپوها با شبکه ریل سوم توصیه می‌گردد از نوع بالارونده اتوماتیک (با عملکرد دستی) در طراحی مدنظر قرار گیرد. حداقل عرض درب عبوری ناوگان می‌باید برابر عرض ناوگان بعلاوه ۱۷۰ سانتی متر در نظر گرفته شود.

درب‌های کارگاهی: توصیه می‌گردد ابعاد کلیه درب‌های کارگاهی مناسب برای تردد وسایط نقلیه موتوری نظیر لیفتراک، پالت‌تراک و ... پیش‌بینی گردد. عرض این نوع درب‌ها نمی‌باید کمتر از ۳ متر پیش‌بینی گردد. نوع بازشو این درب‌ها وابسته به موقعیت استقرار آنها می‌باشد. لیکن توصیه می‌گردد که نوع بازشوندگی آنها می‌باید طوری باشد که تداخلی در فضای بیرونی و یا درونی درب ایجاد ننماید. به طور عموم در صورت انتخاب نوع اتوماتیک این نوع از درب‌ها پیشنهاد می‌گردد، امکان تردد از درب نفر رو نیز در مجاور و یا میان آنها پیش‌بینی گردد. جنس درب‌ها می‌باید در برابر ضربه مقاومت مطلوبی داشته باشد. توصیه می‌گردد که این درب‌ها مجهز به سیستم قفل باشند.

درب پرسنل کارگاهی: این نوع درب‌ها صرفاً برای عبور پرسنل و ابزارآلات همراه آنها در فضاهای کارگاهی و سالن‌های تعمیرگاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد. پیشنهاد می‌گردد عرض بازشو درب‌ها حداقل ۱۰۰ سانتی متر پیش‌بینی گردد. توصیه می‌گردد که این درب‌ها مجهز به سیستم قفل باشند. با توجه به محل استقرار این درب‌ها، توصیه می‌گردد که جنس این درب‌ها فلزی باشد.

درب‌های انبارها: توصیه می‌گردد درب انبارها از نوع فلزی مقاوم به ضربه و ضد نفوذ گرد و غبار در نظر گرفته شوند. توصیه می‌گردد که درب‌های با عرض حداقل ۵ متر و ارتفاع حداقل ۴.۵ متر برای درب‌های اصلی ورود و خروج کالا و تجهیزات پیش‌بینی گردد.

درب‌های پست برق: این درب‌ها از نوع فلزی و باید ضد نفوذ گرد و غبار باشند. با توجه به نوع تجهیزات پست‌های برق، باید امکان گردش هوا به طور مناسب در داخل این فضا و با نصب تجهیزات بر روی این درب‌ها وجود داشته باشد.

درب‌های اداری: این درب‌ها در فضاهای اداری و خدماتی دپو نصب می‌گردند. پیشنهاد می‌گردد این درب‌ها مانند سایر فضاهای اداری معمول، از نوع غیر فلزی انتخاب گردد. حداقل بازشوی آنها نیز ۸۰ سانتی متر پیش‌بینی گردد.

درب‌های اضطراری: این درب‌ها بر اساس الزامات استانداردهای اطفاء حریق و پدافند غیرعامل در ساختمان‌ها جانمایی می‌گردند. این درب‌ها مقاوم در برابر حریق بوده و به صورت نرمال بسته می‌باشد. سایر الزامات آن می‌باید مطابق استانداردهای ملی و بین‌المللی مدنظر قرار گیرد.

۲-۶-۲-۸- موقعیت‌های استقرار کارکنان

سطح زیربنای پیش‌بینی شده برای استقرار کارکنان در یک دپو، کاملاً وابسته به استراتژی‌های انجام تعمیرات بوده و برای هر دپو/پروژه می‌تواند متفاوت باشد. لذا با توجه به استراتژی بهره‌بردار اصلی (جهت برون‌سپاری و یا کارسپاری تعمیرات)، عملیات تعمیرات می‌تواند به یک شرکت و یا به چندین شرکت مختلف واگذار شود و یا بخشی از عملیات کاری توسط کارکنان سازمان بهره‌بردار به انجام رسد.

پیش‌بینی فضاهای خدماتی و بهداشتی نظیر سالن‌های غذاخوری، سرویس بهداشتی، رختکن و ... به صورت متمرکز و تکمیل شده صرف‌نظر از جایگاه کاری افراد، موجب پیشگیری از هزینه‌های اضافی جهت ساخت فضاهای مشابه خواهد بود و انجام آن در صورت امکان توصیه می‌شود. در نظر گرفتن فضاهای اداری مرتبط به کارکنان سالن‌های تعمیراتی، در سالن اصلی و نزدیک‌ترین موقعیت به کارگاه‌ها و محل‌های انجام عملیات کاری می‌باید مد نظر قرار گیرد. پیش‌بینی موقعیت صحیح استقرار کارکنان، سبب جلوگیری از اتلاف زمان و عدم آسایش کارکنان در پیاده‌روی در مسیرهای طولانی بوده، لیکن چنانچه به هر علت این امکان فراهم نگردد، لازم است روش حمل و نقل مناسب جهت انتقال کارکنان مد نظر قرار گیرد.

به منظور حفظ ایمنی، توصیه می‌شود فضاهای اداری در نزدیک‌ترین موقعیت به فضای باز در نظر گرفته شوند تا امکان فرار در شرایط اضطراری در کوتاه‌ترین و کم‌خطرترین مسیر ممکن میسر شود.

پیش‌بینی نیازمندی‌های ذیل به عنوان موقعیت‌های استقرار کارکنان و فضاهای کاری می‌باید مدنظر طراح دپو قرار گیرد:

- کارکنان مربوط به راهبری ناوگان و دیگر وسایط ناقله ریلی،
- کارکنان ستادی و بهره‌برداری که مسئول انجام برنامه‌ریزی‌های کاری و امور اداری می‌باشند،
- کلیه کارکنانی که متصدی انجام امور تعمیرات ناوگان بوده، شامل کارکنان بازرسی‌های روزانه و تیم‌های تعمیراتی و مدیریتی شامل نفرات فنی و ستادی،
- کارکنان مربوط به بهره‌برداری و تعمیرات زیرساخت شامل کارکنان سازمان بهره‌بردار (شامل تیم‌های عملیاتی و مدیریتی) و یا کارکنان شرکت‌هایی که انجام عملیات کاری با آنها برون‌سپاری شده است،
- پیش‌بینی کارگاه‌های کافی و موقعیت‌های غذاخوری برای پیمانکارانی که انجام عملیات کاری با توجه به استراتژی نگهداری و تعمیرات به آنها برون‌سپاری شده است،
- پیش‌بینی موقعیت‌های پارک خودرو به تعداد کافی برای تمامی کارکنان مشغول در دپو شامل نفرات سازمان بهره‌برداری و پیمانکاران جزء،
- ورودی‌های مخصوص کارکنان و بازدیدکنندگان از دپو،
- اتاق‌های کمک‌های اولیه در سراسر دپو و ساختمان‌های اصلی،
- اتاق‌های استقرار پرسنل حراست،

- اتاق‌های جلسات و کلاس‌های پیش‌بینی شده جهت آموزش کارکنان، پیش‌بینی موقعیت مجزا برای آموزش راهبران و یا جانمایی دستگاه شبیه‌ساز حرکت ناوگان در صورت نیاز توصیه می‌شود،
- دفاتر اداری به منظور ثبت سوابق کاری آموزش کارکنان، اتاق‌های کنفرانس و اتاق کاری کارگاه‌های تعمیراتی،
- فضای اداری استقرار نفرات مرتبط با فناوری اطلاعات و خدمات کامپیوتری،
- پیش‌بینی رستوران مرکزی در دپو و یا غذاخوری‌های محلی در ساختمان‌های اصلی،
- پیش‌بینی اتاق تعویض لباس کارکنان، دوش و دستشویی و همچنین آبدارخانه در کلیه ناحیه‌های یک ساختمان اصلی،
- نماز خانه،
- محل استقرار کارکنان ایمنی، سلامت و بهداشت محیط،

۲-۶-۲-۹- خط تست دینامیک

انجام تست‌های ترمز و رانش قطار در خط اصلی هر چند در ساعات غیر بهره‌برداری ممکن است، ولیکن بسیار پرهزینه و از نظر بهره‌برداری تحقق و هماهنگی انجام چنین تست‌های مشکل می‌باشد؛ به همین دلیل در نظر گرفتن یک خط با طول مناسب به عنوان خط تست دینامیک ناوگان ریلی در دپوهایی که در آنها تعمیرات سنگین و تعمیرات اساسی بوژی و جدا کردن (دیکوپله) واگن‌ها به انجام می‌رسد، ضروری می‌باشد. حداقل الزامات طراحی خط تست دینامیک که می‌باید توسط طراح مد نظر قرار گیرد:

- خط ریلی بدون شیب و فراز،
- خط ریلی بدون تقاطع‌ها، سوزن و انشعابات،
- خط ریلی بدون شعاع قوس افقی و عمودی،
- خط ریلی با سیستم سیگنالینگ مجزا،
- خط ریلی با سیستم توزیع تامین برق فشار قوی مجزا و قابل کنترل از مرکز فرمان دپو،
- خط ریلی با احداث چاله سرویس میانی حداقل به طول یک رام قطار در انتهای خط،
- خط ریلی مجهز به بافر استاپرهای مناسب در انتهای خط،
- دسترسی جاده‌ای در طول خط تست،
- رعایت حریم حداقل ۳ متر از مرکز خط ریلی با کلیه مستحذات، تاسیسات و ابنیه فنی اطراف،
- حریم خط ریلی مجزا شده با فنس یا دیوار

توصیه می‌گردد که به منظور انجام تست ترمز اضطراری قطار به هنگام بی‌برقی، امکان طراحی بخشی از شبکه بالاسری/ریل سوم به منظور قطع جریان و زمین کردن آن و اعمال اتوماتیک ترمز اضطراری قطار در خط تست وجود داشته باشد.

محاسبه طول خط تست تابع شرایط عملکردی ناوگان (شتاب شروع به حرکت، شتاب ترمزی، سرعت بهره‌برداری و ... مورد استفاده در خط اصلی بهره‌برداری است. بنابراین توصیه می‌گردد که طول خط تست توسط سازنده ناوگان تدقیق گردد؛ با توجه به اینکه طول ایده‌آل خط تست الزام‌آور نیست، در شرایطی که امکان تأمین طول ایده‌آل برای خط تست وجود ندارد (با توجه به محدودیت اراضی اختصاص یافته به دپو)، مطابق اصول مطرح شده در راهنمای طراحی VDV823 رسیدن سرعت قطار به ۶۰٪ حداکثر سرعت بهره‌برداری در خط تست قابل قبول می‌باشد.

اصول تعیین طول ایده‌آل خط تست:

$$x = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + 2x_5 + 2x_6 + x_7$$

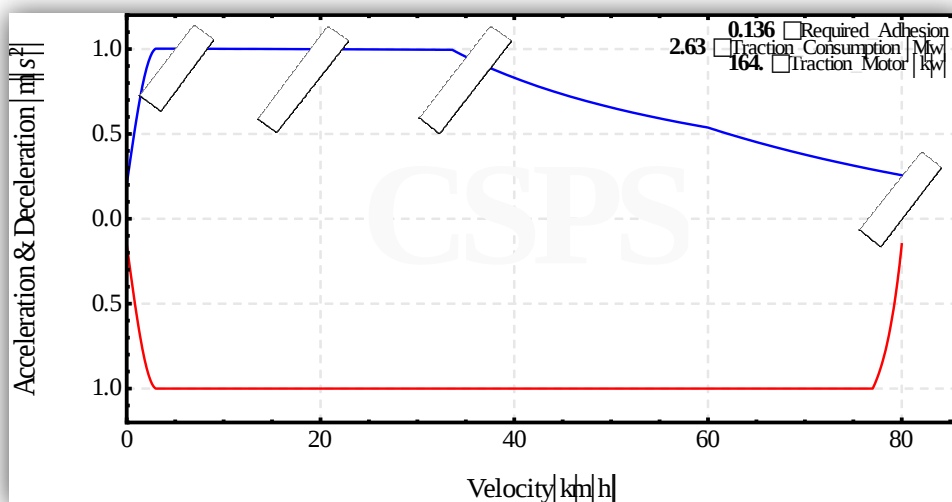
که در آن:

- x_1 طول مورد نیاز جهت رسیدن قطار به سرعت حداکثری که قطار لازم است در آن سرعت تست شود (معمولاً حداکثر سرعت بهره‌برداری) که تعیین این طول وابسته به حداکثر شتاب شروع به حرکت و شتاب لحظه ای قطار در بازه‌های سرعتی متفاوت می‌باشد،
- x_2 طول مورد نیاز جهت ادامه سیر قطار با سرعت ثابت،
- x_3 مسافت پیموده شده در سرعت حداکثر از زمان پاسخ^۱، تا لحظه صدور فرمان ترمز و فعال شدن سیستم ترمز،
- x_4 مسافت پیموده شده قطار از سرعت حداکثر تا رسیدن به سرعت صفر که تابع شتاب منفی ترمز قطار بصورت لحظه‌ای می‌باشد،
- x_5 فاصله ایمن توقف قطار تا استاپر انتهایی خط تست،
- x_6 طول مورد نیاز جهت عملکرد استاپر انتهایی خط تست،
- x_7 تفرانس.

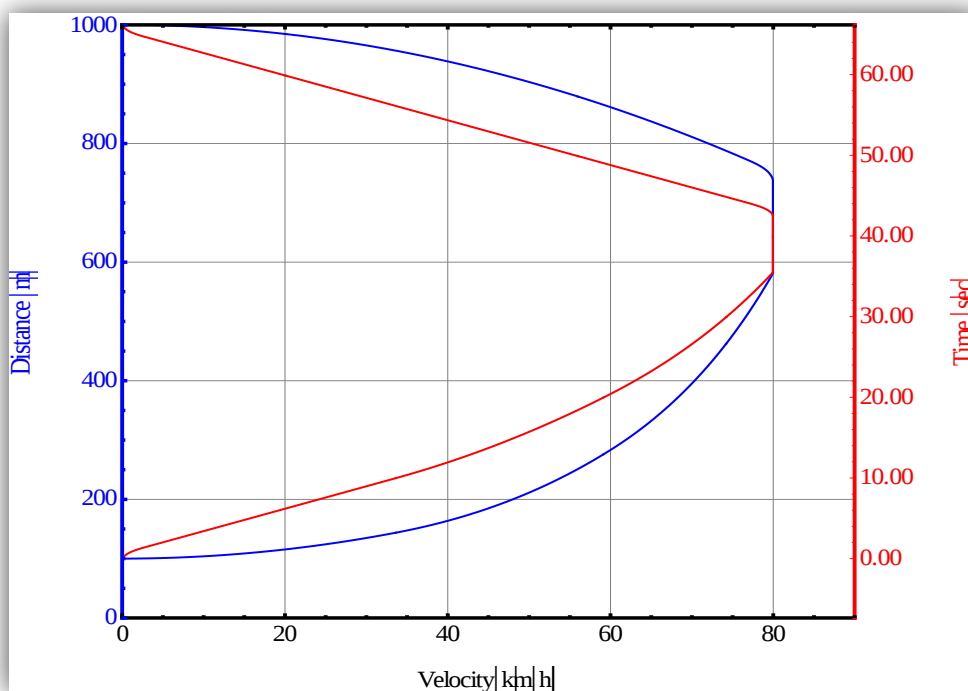
به عنوان نمونه^۲ جهت محاسبه طول ایده‌آل خط تست برای قطار مترویی با ویژگی‌های عملکردی ذیل:

^۱ Response Time

^۲ محاسبات انجام شده نوعی می‌باشد و الزام آور نخواهد بود.



شکل ۲-۲۰- نمودار نوعی شتاب شروع به حرکت و ترمزی برای قطاری با ترکیب 4M1T در شرایط نرمال



شکل ۲-۲۱- نمودار نوعی سیر قطار در فاصله ۱ کیلومتری برای قطاری با ترکیب 4M1T

مطابق شبیه‌سازی نشان داده شده در شکل فوق، در شرایط نرمال بهره‌برداری و مسیر بدون شیب و قوس، طول خط

تست برابر است با:

$$x = 580 + 130 + 35 + 255 + 2(10) + 2(15) + 50 = 1100 \text{ m}$$

۷-۲- پیش‌بینی توسعه‌ها و تغییرات آتی

از آنجائیکه طول عمر طراحی یک دپو مانند سایر زیرساخت‌های مرتبط برای یک خط ریلی در حدود ۱۰۰ سال پیش‌بینی می‌گردد، و همچنین نظر به اینکه سطح تکنولوژی (سخت‌افزار و نرم‌افزار) با سرعت زیاد در حال تغییر و پیشرفت بوده و معمولاً طول عمر تجهیزات و ناوگان حدود ۳۰ سال در نظر گرفته می‌شود، لذا امکان توسعه و یا تغییرات آتی در دپو دور از ذهن نمی‌باشد.

به طور کلی در صورتیکه اراضی پیش‌بینی شده برای سایت دپو با دید توسعه در آینده در نظر گرفته شوند، امکان انجام تغییرات با انعطاف‌پذیری بیشتر میسر خواهد بود. البته در نظر گرفتن اراضی وسیع برای سایت و ساخت ساختمان‌های بزرگ بدون وجود توجیه فنی-اقتصادی، نه تنها کمکی در توسعه‌های آتی نمی‌باشد بلکه زمینه‌ساز ایجاد مشکلات در بهره‌برداری و نگهداری از دپو نیز خواهند بود؛ هدف از بیان این نکته صرفاً انتخاب اراضی مناسب و ساختمان‌های با قابلیت توسعه منطقی بوده که مشاور صاحب صلاحیت، پیمانکار اصلح و سازمان بهره‌بردار با تجربه، بخوبی امکان شناسایی و رسیدن به نقطه تعادل در پیاده‌سازی این الزام را خواهند داشت. آنچه سبب نیاز به توسعه اراضی دپو می‌گردد را می‌توان بطور کلی به شرح ذیل برشمرد:

- افزایش تعداد اعزام‌ها و یا کاهش سرفاصله زمانی اعزام (افزایش تعداد ناوگان)
- افزایش طول قطارها (به عنوان مثال بهره‌برداری از قطارهای با قابلیت یونیت‌های چندگانه)
- افزایش تعداد ناوگان به دلیل توسعه و ازدیاد طول مسیر

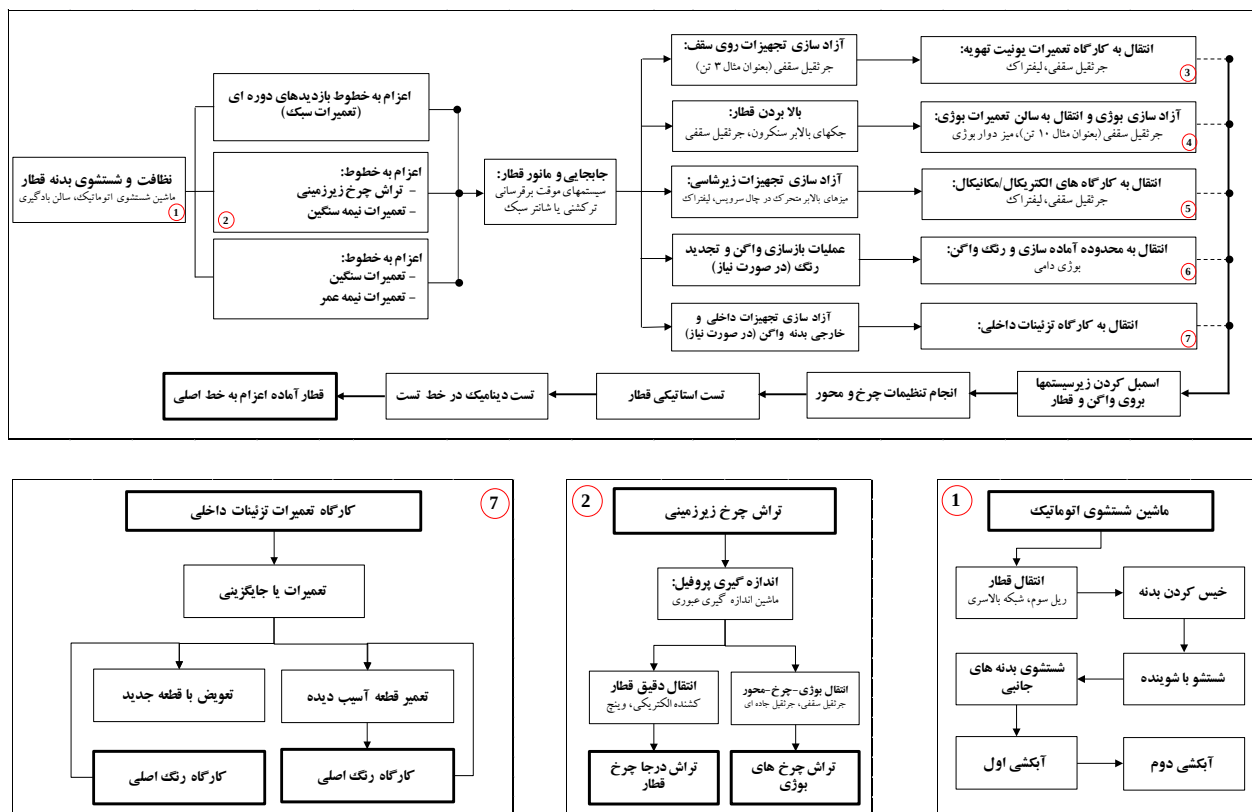
فصل ۳

تجهيزات ویژه و رعایت تداخلات

۳-۱- تجهیزات تعمیرگاهی ویژه

۳-۱-۱- تعیین لیست تجهیزات تعمیرگاهی با تعریف گردش کاری تعمیرات

به منظور تعیین تجهیزات تعمیرگاهی مورد نیاز در فضاهای کاری و کارگاه‌های تعمیراتی، لازم است طراح با شناخت صحیح از عملیات کاری انجام شده در هر فضا و کارگاه و تبیین گردش کاری مشخص از زمان ورود قطار/اجزاء به فضاهای کاری/کارگاه‌های تعمیراتی تا خروج آن اقدام نماید. سپس به طور مشخص نسبت به انتخاب تجهیزات تعمیرگاهی، ظرفیت و تعداد آنها اقدام نماید. بعنوان مثال برای انجام یک عملیات کاری نظیر آزادسازی بوژی، روشهای متعددی وجود دارد. روشهایی نظیر استفاده از جک‌های بالابر سنکرون، چال آزادسازی بوژی، اربه آزادسازی بوژی و یا استفاده از جرثقیل سقفی، انواع این روشها می‌باشد. انتخاب هر یک از روش‌های فوق به تعداد نیاز به آزاد سازی بوژی ناوگان (متناسب با سطح تعمیرات پیش‌بینی شده در یک دیو) و منابع مالی تامین این تجهیزات بستگی دارد. در شکل (۳-۱) صرفاً نمونه‌ای از گردش کاری عملیات تعمیراتی بر روی یک قطار در بخش‌های محدودی ارائه شده است. بدیهی است که جهت تعیین لیست تجهیزات تعمیرگاهی لازم است طراح نسبت به تبیین گردش کاری در تمامی فضاها و کارگاه‌های تعمیراتی مبادرت نموده و پس از آن نسبت به ارائه لیست تجهیزات و مقادیر، ظرفیت کاری تجهیزات، تخصیص به فضاهای کاری و متعاقباً جانمایی آنها در فضاهای کاری و کارگاه‌های تخصصی تعمیراتی اقدام نماید.



شکل ۳-۱- نمونه‌ای از گردش کاری تعمیرات در برخی از فضاهای تعمیراتی

۳-۱-۲- شستشوی خودکار قطار

جانمایی صحیح تجهیزات شستشوی خودکار در سایت، سبب سهولت و تسریع در اعزام قطار بلافاصله پس از ورود به این ساختمان شستشوی خودکار و قبل از اعزام به ساختمان پارکینگ و یا تعمیرات (و انجام عملیات کاری) خواهد بود. به منظور پوشش الزامات جانمایی ساختمان شستشوی خودکار، رویکرد متداول طراحی، اصطلاحاً طراحی کیفی شکل (طرح ذوذنقه‌ای جمع‌شونده) بوده بنحویکه ورودی اصلی ریلی پس از رسیدن به سالن شستشوی خودکار پخش شده و به سایر سالن‌ها، نظیر ساختمان پارکینگ و تعمیرات ناوگان خواهند رسید؛ البته این رویکرد الزام‌آور نبوده بلکه کاملاً وابسته به وضعیت اراضی بوده و امکان بکارگیری طرح‌های جایگزین نیز ممکن می‌باشد.

در جانمایی سالن شستشوی خودکار دقت شود که طول مسیر انحرافی جهت ورود به سالن شستشو، می‌باید به اندازه کافی و بیش از طول یک قطار با در نظرگیری الزامات سیگنالینگ، دگاژ و فاصله‌ی ورود به سالن بوده تا به هنگام انجام فرایند شستشو و مراحل قبل از آن، قطار متوقف در خط انحرافی منجر به مسدودی خطوط اصلی نگردد.

طراحی ماشین شستشوی خودکار به صورت دو طرفه امکان شستشوی قطار در دو جهت را فراهم می‌آورد. هر چند این ویژگی الزام‌آور نبوده و قطارها معمولاً به هنگام برگشت از خط اصلی شستشو می‌شوند. لیکن در برخی از دپوها با توجه به استراتژی‌های خاص تعمیراتی و یا وضعیت جانمایی ساختمان‌ها، این شیوه دسترسی توسط طراح توصیه می‌شود. همچنین در صورت طراحی به این شیوه، لازم است تمهیدات مربوط به سیگنالینگ و کنترل عبور قطار به این سالن از دو جهت پیش‌بینی شود.

توصیه می‌گردد که به طور معمول سرعت عبور قطار در دالان شستشوی این دستگاه حدود ۲ الی ۵ کیلومتر بر ساعت پیش‌بینی گردد. همچنین پیشنهاد می‌گردد که قابلیت شستشوی کامل قطار، شامل دیواره‌های جانبی و پیشانی و تمام سطوح خارجی میسر باشد. در نظر گرفتن سیستم نمایش سرعت و هشدار به راهبر در صورت تجاوز از حداکثر سرعت بهره‌برداری جهت شستشو، اقدام مفیدی خواهد بود.

به منظور عبور قطار از سالن شستشوی خودکار، لازم است تمهیداتی در این خصوص در نظر گرفته شود. از آنجاییکه پیش از ورود قطار به سالن لازم است مجوز ورود به سالن صادر شود، لذا توقف قطار پیش از ورود به سالن دور از انتظار نبوده و بنابراین ضروری است قطار متوقف پیش از ورود به سالن سبب انسداد مسیرهای جاده‌ای، پیاده‌روها و یا سایر مسیرهای ریلی عملیاتی نگردد؛ به هنگام خروج از سالن نیز چنانچه توقفی پیش‌بینی شود، الزام مشابهی لازم است در نظر گرفته شود.

در طراحی فضاهای کاری، لازم است در مجاورت دستگاه شستشوی خودکار اتاق کنترل، اتاق پمپ خانه، انبار شوینده‌ها و سیستم بازیابی آب استفاده شده (حداقل ۷۰ درصد)، پیش‌بینی شود. همچنین طراحی صحیح و مناسب

سالن و گاترهای جمع‌آوری آب‌های مصرفی و مواد شیمیایی استفاده شده و در نظر گرفتن سیستم تصفیه فاضلاب مناسب^۱، متضمن حفظ محیط زیست خواهد بود.

لازم است برای این سالن جاده دسترسی مناسب جهت امکان تردد و دور زدن وسایل نقلیه به منظور سرویس، تعمیرات و تحویل مواد شوینده و همچنین تخلیه فاضلاب و لجن در مخازن پسماند ماشین فراهم شود. تامین دسترسی مناسب جهت استفاده کارکنان بدون تداخل با حریم ریلی، سبب افزایش ایمنی و امنیت کارکنان خواهد بود.

۳-۱-۳- بادگیری

در نظر گرفتن سیستم خودکار بادگیری زیر شاسی قطار (به ویژه برای آب و هوا و شرایط اقلیمی در ایران) گزینه مناسبی برای عاری ساختن قطار از آلودگی‌ها قبل از ورود به سالن‌های تعمیراتی و انجام عملیات کاری بر روی قطار می‌باشد. در عین حال لازم است توجه شود که پیش‌بینی بادگیری خودکار هزینه قابل توجهی را هم از نظر ساختمانی و هم از نظر تامین تجهیزات ایجاد خواهد کرد. همچنین بادگیری به صورت دستی به ویژه برای کابینت‌های الکتریکی داخل واگن، مکانیزم‌های درب و جعبه‌های نصب شده زیر شاسی و یا روی سقف و ... قطار نیز پیشنهاد می‌گردد. خاطرنشان می‌گردد که هرچند نصب دستگاه خودکار بادگیری زیر شاسی در این راهنمای طراحی توصیه شده است ولی استفاده از آن همچنان الزام‌آور نمی‌باشد. برای این سالن حداقل فاصله دیوار تا ریل، ۳ متر توصیه می‌شود.

دیوارهای این سالن حداقل تا ارتفاع ۲ متر از روی ریل می‌باید قابل شستشو در نظر گرفته شود. کفشوهای پیش‌بینی شده در سالن و در چال سرویس می‌باید به گونه‌ای پیش‌بینی شود که ورود گرد و غبار و آلودگی‌های درشت، منجر به مسدودی آبراه‌ها نگردد؛ همچنین لازم به ذکر است که جهت دفع فاضلاب این سالن می‌باید تمهیدات ویژه‌ای در نظر گرفته شود، زیرا فاضلاب این سالن برای محیط زیست خطرناک محسوب می‌گردد. توصیه اکید می‌گردد به منظور جمع‌آوری غبار، کانال‌هایی در سالن تعبیه گردد و غبار حاصله توسط تجهیزات پیش‌بینی شده (غبارگیر) جمع‌آوری گردد.

برای این سالن لازم است مسیرهای دسترسی ایمن برای تردد وسایل نقلیه جاده‌ای و تعمیرات و تخلیه مخزن فاضلاب پیش‌بینی شود.

^۱ جهت آگاهی از الزامات مربوط به سیستم‌های تصفیه صنعتی آب در دپو و شرایط مربوطه، به پیوست ۷ راهنمای طراحی VDV 823 می‌توان رجوع نمود.

۳-۱-۴- پمپ سوخت‌گیری آلات ناقله دیزلی

به طور معمول توصیه می‌شود که موقعیت پمپ سوخت در فاصله ایمن و نزدیک به سالن توقف آلات ناقله دیزلی در نظر گرفته شود. لازم است پمپ توزیع سوخت و نازل سوخت‌رسانی در سمتی در نظر گرفته شود که ورودی باک اغلب وسایط نقلیه ریلی دیزلی در آن سمت واقع شده است و به این ترتیب عملیات سوخت‌رسانی تسهیل خواهد شد؛ جانمایی صحیح و حفظ فاصله مناسب تجهیزات تا ریل حرکتی، متضمن بهره‌برداری ایمن و صحیح از این تجهیزات خواهد بود. توصیه می‌شود که جایگاه تجهیزات سوخت‌رسانی به صورت مسقف و محفوظ از شرایط آب و هوایی در نظر گرفته شوند. پیشنهاد می‌گردد به منظور تردد آسان پرسنل تعمیراتی و رانندگان برای سوخت‌گیری، در محل سوخت‌گیری به عرض مناسب پوشش بتنی اجرا شود.

پیشنهاد می‌شود برای جاده دسترسی تانکر حمل سوخت به سمت مخزن ذخیره برای تخلیه سوخت، آسان‌ترین راه در نظر گرفته شود. پیش‌بینی روش تخلیه سوخت در فاصله ایمن از طریق لوله‌گذاری تا محل توقف تانکر توصیه می‌شود. ظرفیت مخزن سوخت می‌باید به گونه‌ای باشد که در وضعیت کاری نرمال آلات ناقله ریلی دیزلی در دپو، تا ظرفیت ۱۲۰٪ حجم پیش‌بینی شده مصرف حداقل یک هفته‌ای تمامی وسایط موتوری دیزلی را تامین نماید. توصیه اکید می‌گردد که محل ذخیره‌سازی سوخت مطابق استانداردهای مورد نظر شرکت ملی پخش و پالایش فرآورده‌های نفتی ایران طراحی و اجرا گردد.

۳-۱-۵- شارژ شن

وجود سیستم شن‌پاش برای خطوطی که روباز نبوده و خط اصلی در معرض عوامل محیطی مانند باران، برف و یخبندان نبوده، معمولاً موضوعیت ندارد؛ در هر حال برای خطوطی که در محوطه روباز یا خطوط شیب‌دار چون حرکت قطار روی پل، استفاده از سیستم شن‌پاش روی قطار (جهت افزایش چسبندگی بین چرخ و ریل) کاربردی خواهد بود. لذا به منظور شارژ مخازن شن نصب شده روی قطار، لازم است از طریق لوله‌کشی مناسب، شن به محل توزیع و مخزن انتقال یابد.

در دپوهایی که تغذیه قطارها از طریق ریل سوم صورت می‌گیرد، محل شارژ شن نباید به ریل سوم مجهز شود، و همچنین به هنگام شارژ شن لازم است قسمت‌های زنده و برق‌دار قطار نظیر کفشک‌های جمع‌کننده جریان نیز بدون برق بوده و یا به نحوی محافظت شوند.

۳-۱-۶- تراش چرخ زیرزمینی

به منظور جلوگیری از وجود گرد و غبار در مجاورت دستگاه تراش چرخ زیر زمینی توصیه اکید می‌شود که این سالن به صورت کاملاً محصور پیش‌بینی گردد. پیشنهاد می‌گردد طول این سالن پس از چال تراش چرخ حداقل به میزان یک رام قطار و طول سیستم کشنده آن امتداد یابد. همچنین توصیه می‌گردد در این خط ریلی پس از چال دستگاه تراش چرخ، یک چال مرکزی سراسری در نظر گرفته شود تا بتوان عملیات یا تعمیرات محدود نظیر انجام برخی بازدیدها یا تست‌های زیر شاسی، شیم‌گذاری بعد از عملیات تراش به علت تغییر قطر چرخ‌ها و ... انجام داد. همچنین پیشنهاد می‌گردد طول سالن قبل از چال تراش به اندازه‌ای پیش‌بینی گردد که حداقل یک بوژی مانده به دستگاه تراش در داخل سالن قرار داشته باشد. با توجه به اینکه در برخی خطوط ریلی قطارها با یونیت چندگانه^۱ بهره‌برداری خواهند شد، لازم است طول سالن حداقل به اندازه بلندترین یونیت مورد بهره‌برداری در حالت نرمال، طراحی شود تا نیازمند به دیکوپله کردن واگن‌ها جهت عملیات تراش چرخ نباشد.



شکل ۳-۲- تراش چرخ زیرزمینی

جهت استقرار دقیق قطار به روی دستگاه ممکن است از روش‌های مختلفی نظیر استفاده از وینچ، کشنده الکتریکی باطری‌دار (به صورت ریموتی و یا دستی)، شانتِر دیزلی و ... استفاده شود. نظر به تکنولوژی‌های امروزی، استفاده از کشنده الکتریکی در اولویت نخست توصیه می‌شود. در هر حال ممکن است استفاده از وینچ روش متداول دیگر بوده و به همین منظور لازم است که طول خط مستقیم پیش از ورود به سالن به اندازه کافی جهت استفاده از سیستم وینچ نیز فراهم شود.

¹ Multiple Unit

توصیه اکید می‌گردد که قطار متوقف به روی دستگاه تراش چرخ (در حین عملیات) نباید منجر به مسدودی مسیر ریلی و یا مسیر جاده‌ای اصلی شود و تمهیدات مناسب در این خصوص لازم است پیش‌بینی شود.

تجربه متداول در استفاده از دستگاه تراش چرخ، انتقال براده‌های تراش از طریق یک سیستم انتقال دهنده به بیرون ساختمان و به یک مخزن جمع‌آوری پلیسه می‌باشد تا بتوان از طریق جاده دسترسی پیش‌بینی شده برای این منظور، نسبت به انتقال این پلیسه‌ها به مکان دیگر نظیر انبار ضایعات اقدام نمود.

عملیات تراش بوژی و یک چرخ و محور به تنهایی در این سالن نیز متداول بوده و به همین منظور لازم است که تمهیدات لازم (جرثقیل، لیفتراک و ...) جهت بلند کردن از روی واگن کفی ریلی حمل‌کننده آنها و انتقال آنها به روی دستگاه در نظر گرفته شود. به طور معمول برای انجام این مهم استفاده از جرثقیل سقفی در سالن یا استفاده از جرثقیل موبایل جاده‌ای (به شرط امکان دسترسی به کل سالن) امکان‌پذیر بوده و بسته به نظر طراح و کارفرمای پروژه، روش مناسب انتخاب خواهد شد.

به منظور عملکرد مناسب و صحیح دستگاه، می‌باید فرآیند کنترل و اندازه‌گیری نظیر اندازه‌گیری پروفیل چرخ، قطر و شعاع تمام‌شده، ارتفاع و ضخامت فلنچ، ابعاد پشت به پشت چرخ و میزان تشخیص بیضوی شدن در دستگاه پیش‌بینی شده باشد.

تعیین تعداد دستگاه تراش چرخ مورد نیاز و یا انتخاب تک محور یا دو محور بودن آن، نیازمند تعیین تعداد قطارهای مورد نیاز جهت بهره‌برداری (و نیازمند این سرویس) و با توجه به دستورالعمل‌های سازنده ناوگان و تجربه متداول بهره‌برداران می‌باشد.

۳-۱-۷- میز آزادسازی بوژی^۱

یکی از روش‌های آزادسازی بوژی از زیر واگن، استفاده از دستگاه میز آزادسازی بوژی در چال سرویس می‌باشد. لذا چنانچه از این روش برای آزادسازی بوژی استفاده شود، لازم است در یکی از خطوط مربوط به تعمیرات سنگین، این دستگاه نصب شود. استفاده از این دستگاه باعث می‌شود که قطار از روی ریل بلند نشود؛ این موضوع به خودی خود سبب افزایش ایمنی در هنگام بهره‌برداری و تعمیرات خواهد بود. مکانیزم عملکردی این تجهیز استفاده از سیستم هیدرولیکی قیچی و یا استفاده از سیستم پیچ قدرت به صورت کنترل هوشمند می‌باشد. قفل بودن و اینترلاکینگ تیر اصلی با حرکت عمودی، سبب افزایش ایمنی در مواقع عدم استفاده از این سیستم خواهد بود. توصیه می‌گردد در طول این خط تعبیه چال مرکزی و کناری به منظور انجام سایر عملیات تعمیراتی نظیر آزادسازی تجهیزات زیر شاسی و غیره مد نظر قرار گیرد.

^۱ Bogie Drop Pit

لازم است سالن مربوط به این خط حداقل طولی معادل یک یونیت با طول حداکثر در بهره‌برداری نرمال را داشته باشد و در حالت ایده‌آل چنانچه امکان‌پذیر باشد تمام قطار به هنگام تعویض بوژی درون سالن قرار گیرد و درب ورودی ریلی مربوطه کاملاً بسته شود.^۱ در ضمن لازم است چنانچه به هنگام تعویض بوژی بخشی از واگن بیرون سالن متوقف شود، این توقف منجر به انسداد مسیر ریلی دیگر و یا جاده دسترسی اصلی نگردد.

تجربه متداول در طراحی خط آزادسازی بوژی، پیش‌بینی خط ریلی دیگری در کنار این خط بوده به نحوی که بوژی آزاد شده از زیر قطار به راحتی از طریق این خط ریلی امکان اعزام به سالن تعمیرات بوژی را داشته باشد؛ در شرایطی که تعمیرات اساسی بوژی در سایت انجام نمی‌شود (برون‌سپاری) نیز می‌باید امکان بارگیری بوژی بر روی کامیون و کفی‌های جاده‌ای در نظر گرفته شود.

۳-۱-۸- جرثقیل‌ها

پیش‌بینی جرثقیل‌ها و بالابرها در دیو و ساختمان‌ها، نیازمند شناخت صحیح عملیات کاری شامل سرویس‌دهی و تعمیرات در دیو بوده و به همین منظور لازم است گردش کاری تعمیرات به ویژه در سالنها و کارگاه‌های ساختمان‌های تعمیراتی کاملاً مشخص باشد؛ به عنوان نمونه تجهیزاتی چون پانتوگراف، یونیت تهویه مطبوع، موتور دیزل شانترها، بوژی، واگن و ... به منظور جابجایی یا بلند کردن نیازمند بکارگیری جرثقیل می‌باشند.

پیش‌بینی لی‌اوت مناسب و فضاهای کاری ایمن، متضمن بهره‌برداری صحیح از جرثقیل‌ها در حین عملیات تعمیرات می‌باشد. ارتفاع کاری جرثقیل‌ها در سالن‌های تعمیرگاهی دپوهای قطار شهری حداقل ۶ متر می‌باید در نظر گرفته شود. از نظر حرکت طولی نیز سالن می‌باید به نحوی طراحی شود که امکان بلند کردن بوژی از دو انتها توسط جرثقیل (در خطوطی که بوژی بلند می‌شود) وجود داشته باشد.

برای بلند کردن تجهیزات کمکی روی واگن و یا سایر موارد، بسته به حداکثر وزن مورد نیاز بالابری، لازم است ظرفیت جرثقیل‌ها تعیین شود؛ به طور معمول جرثقیلهای مربوط به بلند کردن تجهیزات کمکی نظیر سیستم تهویه مطبوع، حدود ۳ تن و در فضاهایی که نیاز به بلند کردن بوژی دارد، متناسب با وزن بوژی در نظر گرفته می‌شوند. هرچند که استفاده از جرثقیل بمنظور بلند کردن واگن ممکن است، اما توصیه می‌شود به منظور افزایش سطح ایمنی، تا حد ممکن عملیات بلند کردن واگن از طریق جرثقیل صورت نگیرد یا با استفاده از جرثقیل‌ها و تجهیزات با قابلیت اطمینان بسیار بالا و با در نظر گرفتن دستورالعمل‌های خاص ایمنی، صورت پذیرد.

^۱ این توصیه الزام‌آور نمی‌باشد.

در سالن‌ها و خطوطی که نیازمند وجود شبکه بالاسری و به صورت همزمان استفاده از جرثقیلهای سقفی می‌باشند، استفاده از شبکه صلب^۱ تاشو توصیه می‌شود. وجود جرثقیل در تمامی کارگاه‌های تعمیراتی که در آنها قطعات سنگین مورد سرویس‌دهی و تعمیرات خواهند بود، تجربه مفیدی بوده و توصیه می‌شود^۲.

۳-۱-۹- جک‌های سنکرون بالابر

یکی دیگر از روشهای آزادسازی بوژی و کار کردن زیر شاسی، استفاده از جک‌های بالابر سنکرون می‌باشد. توصیه می‌گردد در خطوط جک زنی در دپوهای مترویی، امکان جک زنی کل یک رام قطار به صورت همزمان پیش‌بینی گردد. همچنین در خطوط جک‌زنی در دپوهای تراموا، امکان جک‌زنی حداقل به میزان یک یونیت پیش‌بینی گردد. جک‌های سنکرون را می‌توان به دو دسته کلی رو سطحی و زیر سطحی تقسیم بندی نمود؛ جک‌های روسطحی به صورت ثابت و یا متحرک (به صورت طولی یا عرضی-طولی) موجود می‌باشند. جک‌های زیر سطحی مزیت عدم اشغال فضا توسط جک‌ها در سالن و در زمان عدم استفاده از جک‌ها را در پی خواهد داشت. اما از جمله معایب آنها عدم قابلیت تغییر موقعیت جک‌زنی و تنظیم آنها بوده و ضمناً در صورت خرابی حین کار، حتماً می‌باید توسط نیروی متخصص و بصورت دستی در زیر سطح آنها را پایین آورد؛ به طور کلی هزینه نگهداری و تعمیرات این نوع جک‌ها بسیار بالاتر به نسبت انواع جک‌های روسطحی می‌باشد. جک‌های روسطحی نیز بعد از هر بار استفاده نیازمند تنظیم فواصل به منظور پیشگیری از تداخل با ناوگان می‌باشند.

استفاده از یک پنل کنترلی رو سطحی (که می‌تواند به صورت صفحه لمسی باشد) بنحویکه کنترل فرمان‌های هر جک را به صورت مستقیم داشته باشد، متضمن بهره‌برداری ایمن و صحیح از این سیستم‌های بالابر می‌باشد. پیشنهاد می‌گردد که به منظور بهره‌برداری اصولی و ایمن به هنگام عملیات بلند کردن واگن/قطار، محدوده‌های کاری جک و محل قرارگیری آن از طریق علامت‌گذاری روی زمین (رنگ کردن) مشخص گردد. در تعیین ارتفاع سالن‌های تعمیراتی، حداکثر ارتفاع واگن پس از بلند شدن توسط جک‌ها که عموماً به منظور آزادسازی بوژی از زیر قطار می‌باشد حائز اهمیت خواهد بود.

توصیه اکید می‌گردد به منظور آزادسازی یک بوژی، واگن‌ها می‌باید به اندازه کافی بلند شوند تا بدون دمونتاز تجهیزات زیر شاسی، بوژی آزاد شده و امکان حرکت و خروج از زیر قطار را داشته باشد؛ توصیه می‌گردد که در خطوط جک زنی از شبکه برق بالاسری و یا ریل سوم برای تردد ناوگان استفاده نشود و جابجایی قطار با کشنده‌ها صورت گیرد.

^۱ Retractable rigid OCS

^۲ می‌توان از طریق جرثقیلهای سقفی مشترک در کارگاه‌های مجاور، این الزام را محقق نمود.

۳-۱-۱۰- تجهیزات ثابت و متحرک تعمیرگاهی

داشتن برنامه تعمیرات و مونتاژ و دهمونتاژ زیر سیستم‌های قطار نظیر باکس‌های الکتریکی، کمپرسور هوای فشرده و ... و تهیه گردش کاری تعمیرات به منظور تعیین لیست تجهیزات و جانمایی آن‌ها در سالن‌های تعمیراتی ضروری می‌باشد. بطور معمول تجهیزاتی نظیر میزهای بالارونده هیدرولیکی در چال سرویس‌ها و یا از جوانب قطار در خطوط بدون چال، تجهیز پرکاربردی در مونتاژ و دهمونتاژ تجهیزات نصب شده زیر شاسی قطار به ویژه در خطوط جک‌زنی می‌باشند. اطمینان از وجود خطوط مجهز به تجهیزات مناسب جهت دسترسی آسان و ایمن با در نظر گرفتن ملاحظات ذیل توصیه می‌شود:

- امکان دسترسی جانبی به تجهیزات کمکی نظیر جعبه باطری، جعبه‌های الکتریکی و ولتاژ بالا، کمپرسور و ...،
- امکان دسترسی به تجهیزات روی سقف از طریق سکوها یا متحرک،
- امکان دسترسی به زیر شاسی و بوژی از طریق چال سرویس‌های میانی،
- امکان دسترسی به پیشانی قطار و شیشه جلو از طریق سکوی متحرک روی ریل (در صورت نیاز)،
- پیش‌بینی مسیرهای دسترسی وسایل حمل، نظیر لیفتراک‌ها و باربرهای برقی به نحوی که ارتباط مناسب بین کارگاه‌ها و فضاهای تعمیراتی و انبارها ایجاد شود؛ این مسیرهای دسترسی می‌باید از طریق علائم گذاری و رنگ کردن مسیر مشخص شوند. همچنین نصب ضربه گیرها روی ستون‌ها و میله‌های عمودی در سالن توصیه می‌شود،
- اطمینان حاصل کردن از آنکه درپوش‌های پیش‌بینی شده به روی کانالها و ترنچ‌ها، مقاومت مکانیکی کافی بارهای اعمالی بر روی آنها را خواهند داشت (نظیر لیفتراک با بار و ...)، متضمن کارکرد بلند مدت آن‌ها بدون خرابی خواهد بود.

۳-۱-۱۱- تامین هوای فشرده

در تمامی سالن‌های تعمیراتی و سرویس‌دهی به قطارها، وجود هوای فشرده ضروری می‌باشد؛ به عنوان مثال برای تست سیستم ترمز، کارکرد ابزار و تجهیزات بادی ثابت و متحرک و بادگیری، نیازمند هوای فشرده تمیز و خشک است. به منظور تعیین ظرفیت، تعداد و انتخاب مخازن هوای فشرده، طراح نیازمند دانستن فرآیندهای تعمیراتی و نیازمندی‌های بهره‌بردار می‌باشد.

توصیه می‌گردد که اتفاقی مجزا جهت کمپرسور ثابت در سالن‌های اصلی [که مجهز به دیوارهای عایق صدا که باعث کاهش آلودگی‌های صوتی و آسایش کارکنان در مجاورت این فضای تجهیزاتی خواهد بود]، به منظور نصب کمپرسورها در نظر گرفته شود.

مخازن هوای فشرده هر ساله می‌باید تحت تست و بازرسی از نظر الزامات ایمنی مطابق آیین‌نامه‌های ملی و استانداردهای بین‌المللی واقع گردند و بنابراین دسترسی مناسب به فضای نصب این تجهیزات از نظر امکان سرویس‌رسانی و نگهداری و تعمیرات می‌باید فراهم شود.

وابسته به مفاهیم عملکردی و تکنولوژی به کار گرفته شده در ناوگان (بویژه در سیستم هوای فشرده)، ممکن است لازم باشد در سالن پارکینگ تمهیداتی جهت آماده به کار بودن قطار در اعزام به خط اصلی وجود داشته تا جهت آماده‌سازی‌های قبل از اعزام، زمانهای آماده‌سازی حداقل شود (به عنوان نمونه برخی قطارها نیازمند اتصال هوای فشرده جهت شارژ مخازن هوای فشرده و کاهش زمان آماده به کار می‌باشند). لذا ضروری است که در سالن‌های پارک قطار، نیازمندی‌های تامین هوای فشرده قبل از اعزام ناوگان، بر اساس دستورالعمل‌های سازنده ناوگان و نظام بهره‌برداری خط اصلی نیز توسط طراح مورد بررسی و ملاک عمل قرار گیرد.

۳-۱-۱۲- کارگاه شارژ باتری‌های قطار

پیش‌بینی فضای کاری مجزا برای شارژ باتری‌های قطار در سالن تعمیرات سبک ضروری می‌باشد. در نظر گرفتن شارژرهای متحرک و سخت‌کار به شارژرهای ثابت اولویت خواهند داشت؛ به این ترتیب امکان شارژ باتری‌ها بدون بیرون آوردن از باکسهای باتری قطار نیز امکان‌پذیر می‌گردد (وابسته به توصیه سازنده ناوگان). شارژرهای ثابت می‌باید دارای مد شارژ سریع و آرام برای شارژر یا دشارژر باتری‌ها باشند. در صورت استفاده از باتری‌های تر، تجهیزاتی به منظور افزایش سطح آب الکترولیت باتری‌ها پیشنهاد می‌گردد.

توصیه می‌گردد که طراحان بر اساس نوع باتری‌های استفاده شده در قطارها نسبت به طراحی و تجهیز فضای تعمیرات باتری‌ها اقدام نمایند. توصیه اکید می‌شود که در صورت استفاده از هر دو نوع باتری‌های اسیدی و قلیایی، ضروری است که محل شارژ و شبکه تخلیه فاضلاب سکوها تعمیراتی آنها مجزا باشد. در طراحی فضای کاری مجزای پیش‌بینی شده برای شارژ باتری‌ها، پیش‌بینی تمهیدات خاصی نظیر سیستم تهویه مناسب، پوشش کف و دیوارهای ضد اسید، زهکشی مناسب و دوش شستشوی بدن، صورت و چشم (با سرعت عمل بالا) متضمن افزایش ایمنی کارکنان این فضای کاری خواهد بود.

۳-۱-۱۳- آماده سازی سطح و رنگ آمیزی

به منظور تعیین فضای کاری مناسب، تعیین استراتژی انجام پروسه رنگ‌آمیزی با توجه به کاربرد محدود آن در نیمه عمر قطار و یا زمان طولانی‌تر و همچنین به هنگام آسیب دیدن بدنه (نظیر برخورد و تصادف)، ضروری می‌باشد. این استراتژی می‌تواند در قالب موارد ذیل دسته‌بندی شود:

- آماده‌سازی و رنگ کردن یک واگن کامل، احتمالاً پس از نیمه عمر آن،
- در نظر گرفتن فضای کاری محدود، جهت لکه گیری بدنه و در صورت لزوم فریم بوژی،

- عدم پیش‌بینی فضای رنگ آمیزی برای بدنه و فریم بوژی.

در صورت پیش‌بینی دپوی جامع برای یک شهر، و با توجه به تعداد کل قطارهای در حال بهره‌برداری و ظرفیت‌سنجی مناسب توسط طراح، در نظر گرفتن فضای کاری رنگ آمیزی برای یک واگن کامل (با در نظر گرفتن انواع قطارهای در حال بهره‌برداری در آن شهر) توصیه می‌شود.

برای سالن رنگ جهت خروج گازها و بخارات مربوطه، باید سیستم تهویه مناسب و سیستم گرمایش جهت خشک شدن رنگ پیش‌بینی شود؛ انتشار گازهای ناشی از عملیات آماده‌سازی و رنگ می‌باید در انطباق با آیین‌نامه‌ها و قوانین محیط زیستی محلی و بین‌المللی باشد. همچنین سطح روشنایی مناسب (حداقل ۷۰۰ Lux) برای این فضاهای کاری لازم است در نظر گرفته شود.

در صورتیکه از رنگهای پایه آبی جهت عملیات رنگ‌آمیزی استفاده شود، نیازی به پیش‌بینی تهویه خاص به همراه تجهیزات ضد آتش و ضد انفجار نخواهد بود.

سالن آماده‌سازی سطح به منظور عملیات صافکاری، تعویض ورق، جوشکاری و پرچ‌زنی بدنه ناوگان در نظر گرفته شده و عملیات وت بلاست جهت رنگ‌زدایی، زنگ‌زدایی و ... پیش‌بینی می‌گردد.

برای سالن آماده‌سازی سطح، تجهیزات و امکانات به شرح موارد ذیل پیش‌بینی می‌شود:

- تجهیزات عملیات جوش و سایر ابزار آلات پرچ‌زنی و برش ورق به منظور انجام امور صافکاری و ترمیم ورق،

- دستگاه و کیوم دستی پرتابل و یا جاروب دستی جهت جمع‌آوری ملات،

- سکوی فلزی قابل حمل جهت دسترسی به سطوح بالایی بدنه قطار،

- پله - سکوی فلزی جهت دسترسی به سقف واگن،

- کفشوی مناسب در کف سالن.

جهت جمع‌آوری مواد ناشی از شستن (بلاست) و بازگشت آن به مخزن دستگاه، کف سالن کاملاً صاف و صیقلی در نظر گرفته می‌شود. درب‌های سالن با قابلیت درزبندی کامل و محل استقرار پنجره‌ها در ارتفاع بالا و در مجاورت سقف سالن در نظر گرفته می‌شود. در کارگاه‌هایی که جهت آماده‌سازی سطح قبل از رنگ، عملیات سند/شات بلاست به انجام خواهد رسید، لازم است فضا کاملاً از هر طرف محصور و پوشیده بوده و در برابر صدا عایق باشد تا آلودگی‌های صوتی و سایر آلودگی‌ها به کارگاه‌های مجاور سرایت نکنند. همچنین سیستم تهویه ویژه جهت جمع‌آوری گرد و غبار و فیلترینگ ذرات ریز (نظیر پوشش رنگ‌های قدیمی) که برای محیط زیست و کارکنان خطرناک می‌باشند در نظر گرفته شود.

چنانچه در کارگاهی، عملیات شستشو و گریس‌زدایی توسط حلالهای پایه نفتی به انجام می‌رسد، از جانمایی این فضا در مجاورت کارگاه‌هایی که در آنها از شعله مستقیم استفاده می‌شود می‌باید پرهیز شود؛ همچنین برای چنین فضاهایی سیستم تهویه یا هود مناسب جمع‌آوری گازهای آتش‌زا می‌باید در نظر گرفته شود.

۳-۱-۱۴- خروج دود

در شرایطی که وسایط نقلیه دیزلی در سالن سرپوشیده و محصور به کار گرفته می‌شود، لازم است سیستمی جهت خروج دودهای احتراق و تامین هوای تازه در نظر گرفته شود. توصیه می‌گردد که امکان استفاده اشتراکی بین خطوط پارک این ماشین آلات از این سیستم پیش‌بینی گردد.



شکل ۳-۳- نمونه‌ای از هودهای سقفی خروج دودهای موتورهای دیزلی

۳-۱-۱۵- سیستم‌های حفاظتی و ایمنی

الزامات مربوط به حفاظت و ایمنی در دپو غالباً وابسته به عملکرد و بهره‌برداری دپو بوده که لازم است طراح درک صحیحی از فرآیندهای کاری و گردش قطارها در سایت داشته و بر اساس تجربه و دانش نسبت به خطرهای محتمل در حین بهره‌برداری در دپو در فرآیندهای مختلف کاری آگاهی داشته باشد. در نظر گرفتن تمهیداتی جهت فعال‌سازی خودکار هشدارهایی به صورت صوتی و بصری به هنگام ورود قطار به سایت دپو، موجب افزایش ایمنی کارکنان و آگاهی آنان از ورود و جابجایی قطارها به دپو و برعکس می‌باشد. پیش‌بینی چنین سیستم‌هایی بخشی از مطالعات مربوط به ارزیابی ریسک در دپو خواهد بود که لازم است توسط طراح مورد توجه قرار گیرد. لازم به توضیح می‌باشد که این عوامل خطرزا لزوماً در تمامی دپوها یکسان نبوده و وابسته به هر پروژه و براساس مطالعات ارزیابی ریسک آن پروژه خاص، شناسایی شده و تمهیدات مناسب جهت رفع آنها طراحی و اجرا خواهند شد.

یکی از نیازهای ابتدایی، وجود سیستم‌های حفاظتی و هشدارهای صوتی و بصری برای خطوط ریلی منتهی به ساختمان‌های اصلی نظیر ساختمان تعمیرات ناوگان و سالن تراش چرخ می‌باشد؛ این سیستم‌های امنیتی، تداخلات کاری با سیستم‌های سیگنالینگ و تامین توان ترکشنی داشته که لازم است توسط طراح این ملاحظات در نظر گرفته شوند.

یکی از مواردی که جهت ایمنی کارکنان دپو لازم است در نظر گرفته شود، سکوهای دسترسی به تراز سقف قطار در خطوط مجهز به شبکه بالاسری در سالن‌های سرویس‌دهی و تعمیراتی می‌باشد؛ در این شرایط لازم است که سیستم اینترلاکینگ مناسب جهت اطمینان از بی‌برقی شبکه بالاسری به هنگام حضور کارکنان در سکوی تراز سقف پیش‌بینی شود که شرایط مربوطه در سایر بخش‌های این راهنمایی طراحی نیز تشریح شده است. توجه شود که به منظور پیاده‌سازی سیستم مناسب، لازم است طراح تمامی سناریوهای ممکن جهت حضور کارکنان در تراز سقف و یا اشتباهات نیروی انسانی را در شرایط نرمال و اضطراری (نظیر آتش سوزی) بررسی کرده تا امکان بروز خطا و عملکرد نامناسب سیستم پیش‌بینی شده، به حداقل ممکن کاهش یابد.

در دپوهایی که قطارها از ترکیب ماژول‌های مختلف به خط اصلی اعزام می‌شوند، لازم است ملاحظات ایمنی در تمامی وضعیت‌های طولی قطار مدنظر طراح قرار گیرد.

در شرایطی که در مجاورت سالن‌های تعمیراتی، خطوط کناری وجود داشته که به صورت دائمی بخشی از عملیات کاری تعمیرات و سرویس‌دهی در آن خطوط انجام می‌پذیرد، لازم است تمهیدات مربوط به حفاظت و ایمنی کارکنان این بخش، بر اساس مطالعات ارزیابی ریسک به انجام رسد. از جمله مواردی که نیازمند توجه می‌باشد، امکان قطع جریان برق ترکشنی در این خطوط بوده به نحویکه ایمنی کارکنان در حال انجام عملیات کاری، با خطاهای انسانی در مخاطره قرار نگیرد.

۳-۱-۱۶- سیستم مانیتورینگ و مدیریت دپو

امروزه قطارهای ساخته شده بر اساس تکنولوژی روز دنیا، مجهز به سیستم‌های عیب‌یابی و تشخیص خودکار بوده که علاوه بر خود قطار، امکان عیب‌یابی در شبکه ریلی را نیز ممکن می‌سازند؛ در شرایطی که چنین قطارهایی برای یک خط ریلی درون شهری/حومه‌ای پیش‌بینی شده است، طراحان نیز می‌باید پیش‌نیاز چنین سیستم‌هایی را مهیا نموده و امکان انتقال اطلاعات تشخیصی و عیب‌یابی ذخیره شده روی قطار و شناسایی موقعیت وقوع این خرابی‌ها و ارتباط با سیستم مدیریت نگهداری و تعمیرات در دپو را داشته باشند. این انتقال اطلاعات از طریق سیستم‌های وای‌فای و بلوتوث و یا سایر بسترهای مخابراتی و از طریق تجهیزات نصب شده در دپو میسر بوده و اطلاعات انتقال یافته مواردی نظیر آیتم‌های ذیل می‌باشند:

- اطلاعات شناسایی عیوب قطار، عملکرد راهبر و وضعیت زیرساخت خطوط ریلی که از طریق سیستم مانیتورینگ و کنترل قطار (TCMS) و یا سیستم ثبت وقایع قطار^۱ به سرورهای نصب شده در دپو منتقل می‌شوند،
- مصرف انرژی قطار در طول مسیر،

^۱ Event Recorder

- اطلاعاتی نظیر تصاویر دوربین‌های مدار بسته قطار به ویژه دوربین جلویی کابین (نمای دید راهبر).
به منظور پیاده‌سازی چنین سیستمی، لازم است تمهیدات مناسب جهت ذخیره اطلاعات، اینترنتیسی مناسب با سیستم مدیریت تعمیرات در دپو و آنالیز اطلاعات دریافتی و تجهیزات مخابراتی جهت داندود آسان و سریع اطلاعات قطارهای ورودی به دپو، در نظر گرفته شوند. همچنین امکان ارتباط و اینترنتیسی بین نرم‌افزارهای مدیریت تعمیرات و برنامه‌ریزی تامین مواد اولیه و قطعات یدکی و پیاده‌سازی برنامه‌ریزی‌های بلندمدت دپو در این خصوص ممکن خواهد بود.

جهت طراحی صحیح چنین سیستم‌هایی ارتباط تنگاتنگ بین طراح دپو و سازنده ناوگان و سازمان بهره‌بردار اجتناب ناپذیر می‌باشد.

۲-۳- سیگنالینگ

مهمترین بخش سیستم هوشمند راههای ریلی، سیگنالینگ است که مدیریت تردد قطارها و ترافیک را بر عهده دارد. سیگنالینگ مجموعه‌ای از سیستم‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری است که برای کنترل و اجرای دستورهای صادر شده انسانی بدون نیاز به شخص مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای بهره‌برداری، کنترل و راهبری تجهیزات و سیستم‌های دپو و نیز نگهداری و تعمیرات آنها، فضاها، ادارای و عملیاتی در نظر گرفته شده است که در محدوده دپو قرار خواهند گرفت. بخشی از تجهیزات سیگنالینگ دپو در این فضاها واقع خواهند شد که در ادامه تشریح می‌گردد.

سیستم سیگنالینگ دپو شامل مجموعه‌های زیر می‌باشد:

- سیستم کنترل و راهبری قطارها (شامل کنترلرها و پانل بهره‌برداری) که به سیستم اینترلاکینگ موسوم است،
- تجهیزات کنار خط که توسط سیستم اینترلاکینگ کنترل می‌شوند،
- واسط ارتباط سیستم اینترلاکینگ با سیستم ATS،
- سیستم حفاظت خودکار نصب شده روی قطار (ATP)،
- سیستم تغذیه بدون وقفه،
- تجهیزات سیگنالینگ در خط تست،

توصیه اکید می‌گردد که سخت‌افزارهای سیستم سیگنالینگ دپو از نوع استاندارد و موجود در بازار بوده و دارای طراحی و ساخت منحصر به فرد نباشد. همچنین این سخت‌افزارها باید به گونه‌ای انتخاب شود که متناسب با شرایط محیطی منطقه مورد بهره‌برداری بوده و قابلیت ارتقای سطح، متناسب با سخت‌افزارهای به‌روز را نیز داشته باشد. پیشنهاد می‌گردد که مشخصات فنی و کارایی تجهیزات سیگنالینگ بر اساس استاندارد EN 50125-1:3 در نظر گرفته شود.

طول عمر سیستم سیگنالینگ دپو معمولاً برابر با طول عمر مفید سیستم ATC خط اصلی در نظر گرفته می‌شود.

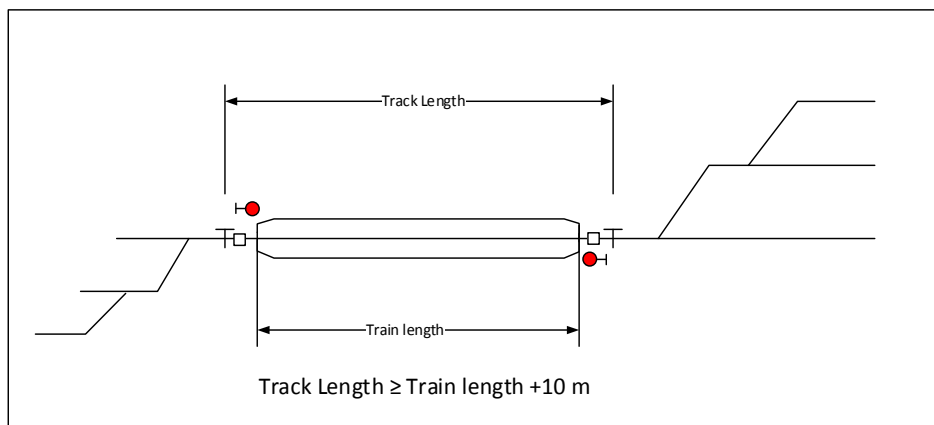
در قطارهای شهری/حومه‌ای، راهبری قطارها در دپو توسط راهبر قطار انجام می‌گیرد و سیستم حفاظت خودکار نصب شده روی قطار (ATP) فقط برای جلوگیری از سرعت بیش از حد ثابت و مجاز (به عنوان مثال ۱۵ کیلومتر بر ساعت) و نیز جلوگیری از عبور از چراغ قرمز (عدم اجازه عبور) می‌باشد.

۳-۲-۱- الزامات سیگنالینگ برای طراحی خطوط دپو

سیستم سیگنالینگ دپو مبتنی بر مسیرگیری از یک چراغ سیگنال تا چراغ سیگنال بعدی می‌باشد. چراغ سیگنال باید در سمت راست خط جانمایی شود به نحوی که حداقل فاصله ایمن از گاباری دینامیکی^۱ قطار را داشته باشد.

توصیه می‌شود حداکثر ارتفاع چراغهای سیگنال دپو از سطح ریل ۱۱۰ سانتیمتر و حداکثر فاصله عرضی چراغ سیگنال ۴۰ سانتیمتر در نظر گرفته شود.

طراحی خطوط باید بر میدان دید مستقیم راهبر قطار^۲ از چراغ سیگنال باشد که به او امکان تصمیم‌گیری صحیح بدهد. در واقع طراحی خطوط باید به نحوی باشد که راننده در سریع‌ترین زمان ممکن، چراغ سیگنال را ببیند. مطابق شرایط نشان داده شده در شکل زیر، در طراحی خطوط دپو برای توقف قطار، باید یک تراک بدون سوزن در نظر گرفته شود که حداقل ۱۰ متر طویل‌تر از طول قطار باشد.



شکل ۳-۴- شرایط محل توقف قطار در خطوط دپو

مرز تراک، محل نصب محور شمار خواهد بود که روی یکی از دو ریل خط نصب می‌شود. پیشنهاد می‌شود برای جلوگیری از اختلال در عملکرد بوبین‌های محور شمار، به عرض ۵۰ سانتیمتر و عمق ۲۰ سانتیمتر، زیر محل نصب محور شمار، از بکار بردن میلگرد خودداری شود.

^۱ Dynamic Envelope

^۲ میدان دید مستقیم محدوده‌ای است که راننده بدون چرخاندن سر بتواند آن محدوده را ببیند.

با توجه به اینکه محور شمار داخل ریل نصب می‌شود باید بازشوی مناسب جهت انتقال کابل محور شمار به خارج ریل در نظر گرفته شود.

چراغ سیگنال می‌تواند در راستای محور شمار نصب شود و نصب آن به فاصله حداکثر یک متر قبل از محور شمار (به سمت داخل تراک) بلامانع است.

ترانسپوندر/بالیز جلوگیری از عبور قطار از چراغ سیگنال، در راستای چراغ سیگنال و بین دو ریل نصب می‌گردد؛ با توجه به اکتیو بودن این ترانسپوندر، باید مسیر لازم برای کابل کشی تا داکت سیگنالی‌نگ در نظر گرفته شود.

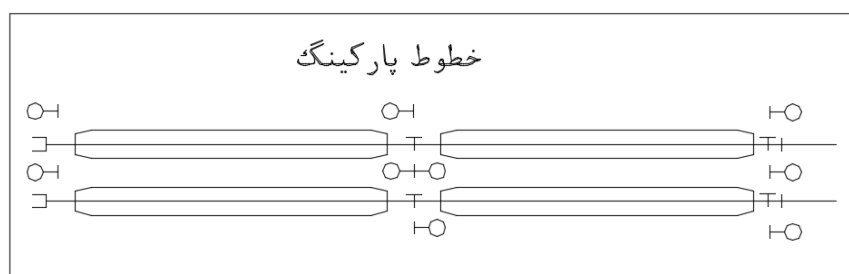
با توجه به حداکثر سرعت قطار و الزامات نصب محور شمار و نیز فراهم آوردن امکان مشاهده تیغه سوزن توسط راهبر قطار، توصیه می‌شود که مزر تراک حدود ۱۲ متر قبل از تیغه سوزن از جهت روبرو در نظر گرفته شود.

جهت جانمایی دو خط ریلی مجاور یکدیگر، باید فضای لازم به منظور عدم تداخل با گاباری دینامیک دو قطار مجاور به اضافه یک چراغ سیگنال پایه کوتاه، در انطباق با دیگر شرایط مربوط به طراحی خطوط ریلی و پیاده‌رو مابین دو خط (در صورت نیاز) در نظر گرفته شود.

تراک‌بندی ماهیچه‌های ریلی باید بر اساس پلان بهره‌برداری، تامین حفاظت جانبی^۱ و تامین میدان دید- فاصله از چراغ سیگنال انجام گیرد.

خطوط ریلی داخل سالن‌های تعمیراتی خارج از محدوده سیگنالی‌نگ دپو قرار می‌گیرند و بنابراین ضرورتی به وجود سیستم‌های تشخیص حضور قطار نمی‌باشد. آخرین مرز تراک، چراغ سیگنال و تجهیزات مربوطه دیگر قبل از ورود به سالن‌های تعمیراتی/سالن شستشو/سالن تراش چرخ می‌باشد.

در خطوط پارکینگ توصیه می‌شود طول هر تراک حداقل ۱۰ متر بیشتر از طول قطار در نظر گرفته شود، لیکن تدقیق این فواصل با نظر سازنده سیستم سیگنالی‌نگ دپو موثرتر خواهد بود. ضمناً با توجه به سرعت مجاز ATP، عملاً امکان استفاده از ترانسپوندر در خطوط داخل پارکینگ‌های با انتهای مسدود وجود ندارد و لازم است در انتهای خطوط این پارکینگ‌ها بافر استاپر مناسب در نظر گرفته شود. لیکن استفاده از چراغ سیگنال در انتهای خط الزامی است.



شکل ۳-۵- وضعیت در خطوط پارکینگ

¹ Flank protection

لازم است برای سیگنال‌های خروج از پارکینگ، ترانسپوندر در نظر گرفته شود. در صورتیکه نصب چراغ‌های سیگنال روی زمین برای فرآیندهای کاری پارکینگ مشکل ایجاد نماید، می‌توان چراغ‌های سیگنال را با ساپورت مناسب از سقف در ارتفاع نصب نمود.

۳-۲-۲- سیستم اینترلاکینگ دپو

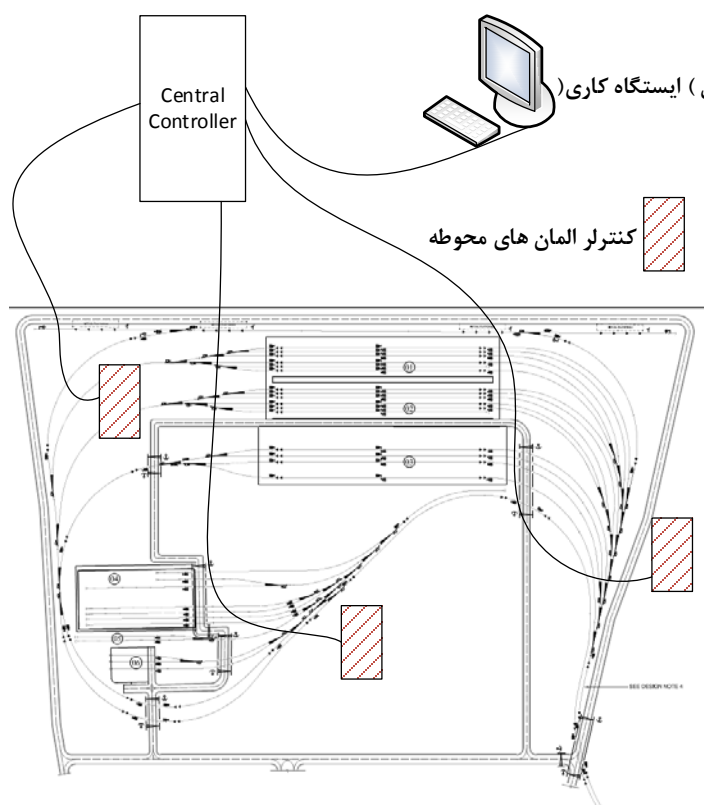
سیستم اینترلاکینگ برای هدایت ایمن و مطمئن قطارها و جلوگیری از برخورد و یا از ریل خارج شدن آنها در نظر گرفته شده و با کنترل کلیه مانورها در دپو، استفاده بهینه از خطوط ریلی را ممکن می‌سازد. سیستم هدایت قطارها در دپوهای قطار شهری، مبتنی بر مسیریابی و استفاده از چراغ سیگنال به عنوان اینترفیس بین سیستم سیگنالینگ و راهبر قطار می‌باشد. مسیر حرکت قطار در دپوها از پشت یک چراغ سیگنال آغاز شده و به پشت چراغ سیگنال مقصد خاتمه می‌یابد. سیستم اینترلاکینگ باید پیش نیازهای تامین ایمنی مسیر حرکت را فراهم آورد. برای جلوگیری از خطاهای انسانی در راهبری قطار و با توجه اینکه سیستم ایمنی مبتنی بر عدم عبور راهبر قطار از چراغ قرمز می‌باشد، توصیه می‌شود از سیستم توقف خودکار قطار در عبور از نقطه خطر در دپو استفاده شود. در این مد، چراغ سیگنال قرمز با اعمال دستور توقف و فعال کردن زیرسیستم ترمز اجرا می‌شود. این شیوه بهره‌برداری سبب توقف قطار پیش از عبور از ماشین سوزن قفل نشده می‌شود.

سیستم اینترلاکینگ دپو باید دارای ترکیب بندی کلی زیر باشد:

- تجهیزات کنترل مرکزی که در اتاق فنی نصب می‌شوند،
 - تجهیزات کنترل المانهای محوطه که می‌توانند بر اساس تجمع المان‌های تحت کنترل در محوطه توزیع شوند،
 - ایستگاه کاری اینترلاکینگ که در اتاق بهره‌برداری نصب شده و به شبکه ارتباطی تجهیزات کنترل مرکزی متصل می‌شود،
 - تجهیزات محوطه،
 - سیستم ارتباطی بین تجهیزات کنترل مرکزی و تجهیزات کنترل المان‌های محوطه.
- سیستم اینترلاکینگ دپو باید از نوع الکترونیکی و بر اساس سیستم‌های میکروپروسسوری با قابلیت اطمینان بالا باشد. استفاده از رله‌های مکانیکی فقط برای جداسازی سیگنال‌ها (ایزولاسیون) مجاز می‌باشد.
- سیستم اینترلاکینگ باید چند بخشی (مدولار) باشد و در طراحی تمام بخش‌ها می‌باید سادگی تعمیرات، دسترسی و تعویض آسان بخش‌های تعویض شدنی که در فرآیند بهره‌برداری نیاز به بازرسی، تست و در صورت نیاز تعویض دارند، در نظر گرفته شود. سیستم اینترلاکینگ باید قابل توسعه باشد و تمهیدات لازم سخت‌افزاری و نرم‌افزاری توسعه اینترلاکینگ در نظر گرفته شود.

ایستگاه کاری (پانل محلی) اینترلاکینگ برای مسیریابی جهت حرکت قطارها استفاده می‌شود.

سیستم اینترلاکینگ دپو از سیستم اینترلاکینگ مسیر مستقل بوده، اما دارای اینترفیس با سیستم‌های ATS و ATP می‌باشد. برای وسایط نقلیه ریلی مجهز به سیستم Onboard، عبور از چراغ قرمز به واسطه استفاده از ترانسپوندرهای (بالیزها) متناظر با چراغ‌های سیگنال میسر نمی‌باشد. در تراک‌بندی، جانمایی سیگنال‌ها و طراحی مسیرها می‌باید فاصله مناسب جهت همپوشانی^۱ بعد از چراغ قرمز در نظر گرفته شود. ضمناً توصیه می‌شود که کنترل المانها به صورت محلی (توزیع شده) باشد تا در هزینه‌های کابل‌کشی صرفه‌جویی شود.



شکل ۳-۶- نمای کلی و شماتیک اینترلاکینگ دپو

تجهیزات محوطه که تحت کنترل اینترلاکینگ دپو هستند به شرح زیر می‌باشد:

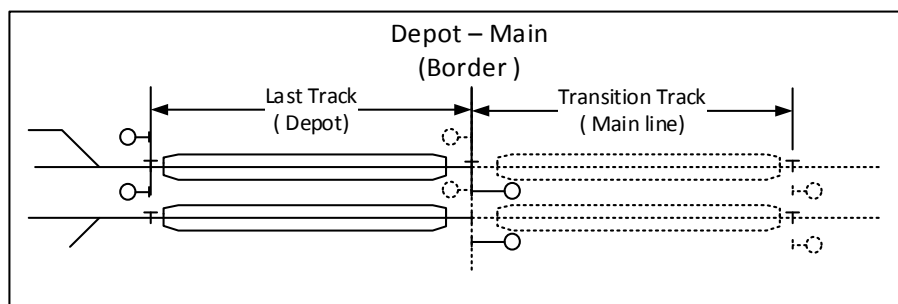
- ماشین سوزن الکتریکی: در صورت استفاده از سیستم جابجایی قطارها، این سیستم باید در کنترل سیستم سیگنالینگ بوده و در منطق سیگنالینگ جابجایی قطار در تراک‌های متناظر دیده شود،
- گرمکن سوزن،
- سیستم تشخیص حضور قطار (محور شمار)،
- چراغ سیگنال،
- ترانسپوندرهای جلوگیری از عبور از چراغ قرمز،

¹ Overlap

توصیه می‌شود در داخل سالن‌های خدمات و تعمیرات قطار، هشدارهای صوتی و بصری نیز پیش‌بینی شود تا در صورت مسدود شدن مسیر به داخل سالن و یا حرکت قطار به سمت داخل سالن، این هشدارها فعال شوند. جهت کسب اطلاعات بیشتر به یادداشت (ج-۱) از پیوست (ج) رجوع شود.

۳-۲-۳- آخرین تراک خطوط دپو

قبل از ورود به تراک‌های مسیر اصلی، یک تراک بدون سوزن برای کنترل ورود قطار به خط اصلی و پذیرش قطار از خط اصلی در نظر گرفته می‌شود؛ این تراک قبل از تراک انتقال بین خطوط اصلی و دپو می‌باشد که تحت کنترل سیستم سیگنالینگ مسیر اصلی بوده و عملاً خارج از خطوط دپو (از نظر سیستم سیگنالینگ) محسوب می‌شود.^۱



شکل ۳-۷- مرز دپو و خط اصلی

آخرین تراک دپو به سمت خطوط اصلی دارای یک چراغ سیگنال پایه بلند می‌باشد تا راهبر قطار کاملاً آگاه به ورود به مسیر اصلی باشد. این تراک به سمت دپو هم دارای چراغ سیگنال پایه کوتاه (دو نما) بوده و مبدأ مسیرهای به سمت داخل دپو را نشان می‌دهد.

- حرکت قطار از تراک گذار به دپو تحت کنترل سیستم سیگنالینگ مسیر اصلی است.

- حرکت قطار از دپو به تراک گذار تحت کنترل سیستم سیگنالینگ دپو می‌باشد.

با توجه به سیستم اعزام و پذیرش قطار دپو، سیستم سیگنالینگ دپو و سیستم سیگنالینگ خطوط اصلی در این نقطه باهم در ارتباط هستند.

۳-۲-۴- سیگنالینگ خط تست دینامیک

در دپو باید یک خط تست برای تست‌های رانش، ترمز و سیستم ATP قطارها در نظر گرفته شود. ورود و خروج به خط تست باید توسط سوزن، چراغ سیگنال و ترانسپوندر محافظت شود. انتهای خط تست باید مجهز به بافر استاپ باشد تا در صورت عدم کارکرد صحیح سیستم ترمز و ATP، قطار متوقف شود.

¹ Transition Tracks between Main Tracks and Yard Tracks

پس از هر فرآیند تعمیراتی مرتبط با سیستم رانش، ترمز یا ATP قطارها، عملیات تست می‌باید در خط تست دینامیک انجام شود. تست عملیات مربوط به ATO در خط تست دپو اختیاری است.

اینترلاکینگ خط تست باید مجهز به پانل مخصوص به خود باشد که بهتر است در اتاق کنترل مجاور این خط نصب شود. توصیه می‌گردد که اینترلاکینگ خط تست از اینترلاکینگ سایر خطوط جدا باشد.

۳-۲-۵- ایمنی سیستم سیگنالینگ در دپو^۱

سیستم سیگنالینگ خطوط دپو باید بر اساس سطح ایمنی SIL-2 طراحی شود. سیستم سیگنالینگ دپو باید قابل اطمینان و ایمن باشد، بطوریکه با الزامات مربوط به قابلیت اعتماد، در دسترس بودن و تعمیر پذیر بودن (RAMS) در SIL2 مطابقت داشته باشد. طراحی سیستم سیگنالینگ دپو باید منطبق بر الزامات EN 50129 باشد. الزامات منطبق با استاندارد EN 50126-1 باید جهت الزامات RAMS در سیستم سیگنالینگ دپو حاصل و حفظ شود.

در دسترس بودن^۲ سیستم سیگنالینگ دپو نیز باید مطابق با الزامات کلی خطوط اصلی باشد. سیستم سیگنالینگ دپو باید دسترس پذیری بالاتر از ۹۹/۹۹ درصد داشته باشد.

ضروری است که طراحان با بررسی و پایش هر یک از پارامترهای ذیل نسبت به طراحی یکپارچه و با حفظ تداخلات بین آنها اقدام نمایند.

- به منظور ایجاد یک اینترفیس ماشین-انسان مناسب بین سیستم سیگنالینگ دپو و سایر سیستم‌های کنترل در اتاق کنترل، می‌باید تداخلات با سیستم مدیریت یکپارچه اطلاعات دپو مد نظر قرار گیرد.
- به منظور امکان بلوکه کردن بخشی از خط برای قطاری که در حال نزدیک شدن به دپو است و یا برق دپو قطع است، می‌باید تداخلات با سیستم اسکادا مد نظر قرار گیرد. همچنین بررسی این تداخلات برای پایش وضعیت نشانگرهای وضعیت تامین توان ترکشنی بخش‌های مختلف در خطوط دپو، ضروری می‌باشد.
- به منظور اعلان ورودی قطار به داخل سالن‌ها می‌باید تداخلات با سیستم‌های هشدار صوتی و بصری مد نظر قرار گیرد.
- به منظور نصب و عبور شبکه سیگنالینگ ضروری است که تداخلات آن در ساختمان‌ها و مجاور روسازی و زیرسازی ریلی در محوطه دپو مورد پایش قرار گیرد. بررسی تداخل با پارامترهایی نظیر داکت‌های عبور کابل‌های محوطه، فضاها، نصب کنترلر امان‌های محوطه، منهل‌های تخلیه آب روسازی ریلی، محل نصب ماشین سوزن و چراغ سیگنال‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

¹ Yard Safety Critical System Requirements

² Availability

- به منظور جلوگیری از برخورد قطار با درب‌های ورودی سالن‌های تعمیراتی و نیز سایر موانع موجود در آنها ضروری است که نحوه اینترلاکینگ آنها با شبکه سیگنالینگ مورد پایش قرار گیرد.
- به منظور هماهنگی با عملگردهای ناوگان و امکان گذر ایمن قطارها و اطلاعات مرتبط با عبور قطار بین دپو و خط اصلی، می‌باید تداخل با زیرسیستم‌های ATC-ATS مورد بررسی و پایش قرار گیرد.

۳-۲-۶- سیگنالینگ ساختمان‌های تعمیراتی

خطوط سالن تعمیرات نیمه‌سنگین، سنگین و اساسی نیازی به تجهیزات تشخیص قطار بصورت مدارراه یا محور شمار ندارند. پیشنهاد می‌گردد که ماشین سوزن‌های با عملکرد برقی در این محدوده وجود داشته که مجهز به نشانگر الکتریکی یا مکانیکی وضعیت سوزن باشد. برای این خطوط چراغ سیگنال ضروری نیست.

۳-۳- کنترل و مخابرات

بستر مخابراتی یکپارچه باید امکان ارسال مطمئن تمامی اطلاعات ویدئویی، صوتی، داده سیستم‌های کنترلی، سیگنالینگ و مخابرات بین OCC و مرکز کنترل دپو را با قابلیت اطمینان بالا فراهم نماید. جهت این امر توصیه می‌شود رسانه انتقال، کابل فیبر نوری بوده و این کابل بین نودهای اصلی قرار گیرد و تکنولوژی انتقال اطلاعات نیز براساس استاندارد فیبر نوری مناسب فراهم شود.

لازم به ذکر است که معیارهای انتخاب سیستم انتقال اطلاعات شبکه ریلی دپو بخشی از سیستم انتقال اطلاعات شبکه کلی مترو محسوب شده و تکنولوژی انتقال اطلاعات در دپو از تکنولوژی کل خط تبعیت می‌نماید. توضیح اینکه این بخش به منظور تکمیل اطلاعات سیستم مخابراتی دپو و هماهنگی الزامات با شبکه‌های مختلف مترو ارائه شده است. بستر مخابراتی یکپارچه توسط کامپیوترهای مرکز بهره‌برداری شبکه (NOC) توسط تیم تخصصی مخابرات و انفورماتیک نظارت می‌گردد. در ساختمانها، مرکز کنترل و سایر کارگاههای دپو، LAN در نظر گرفته شود.

۳-۳-۱- سیستم رادیویی

یک سیستم رادیویی جهت مخابرات بین مرکز کنترل فرمان (OCC)، دپو، قطارها، ایستگاهها و کارکنان تعمیرات به صورت سیار بکار می‌رود. مخابرات رادیویی بین هر گروه کاری، می‌باید قابل تنظیم باشد. تمام قطارها و وسایط ناقله موتوری دارای سیستم مخابراتی نصب شده در کابین به عنوان یک بخش یکپارچه از سیستم مخابرات صوتی و داده می‌باشند.

انتقال صوتی راه دور بین مقرهای ایستگاه رادیویی و مرکز کنترل بایستی از طریق لینک‌های MSN صورت گیرد.

سیستم رادیویی در دپو بایستی قابلیت‌های ذیل را فراهم نماید:

- انتقال صوت و داده بین رانندگان قطار و درزین‌ها، مرکز فرمان و بی‌سیم‌های رادیویی دستی.
 - ارتباطات صوتی از مرکز فرمان به سیستم اعلان عمومی روی قطارها.
 - ارتباطات صوتی بین جعبه‌های تماس اضطراری روی قطار و مرکز فرمان.
 - ارتباط بی‌سیم مرکز فرمان یا بی‌سیم دستی پرتابل برای کارکنان بازرسی، نگهداری و تعمیرات شامل بخش‌های محوطه و ساختمان‌های دپو.
 - ارتباط داده بین قطار و مرکز کنترل.
- سیستم شبکه رادیویی باید شامل ابزارهایی جهت پایش، کنترل و مدیریت، مشابه با شبکه مخابراتی یکپارچه باشد. کامپیوترهای اپراتوری NOC بر شبکه رادیویی نظارت می‌نمایند.
- سیستم مخابرات رادیویی خطوط مترو در هر شهر می‌باید با خطوط قبلی اجرا شده در آن شهر حتی الامکان تطابق داشته باشد.
- کاربرد سیستم‌های دیجیتال مدرن بر سیستم‌های آنالوگ برتری دارد. این موضوع در تمامی خطوط ریلی جدید به عنوان یک الزام اساسی رعایت می‌گردد. سیستم‌های رادیویی ریلی اصولاً از نوع دو طرفه می‌باشند.
- با توجه به تجارب موجود، سیستم‌های رادیویی معمول در شبکه‌های مترو، سیستم‌های P25، DMR و TETRA می‌باشند. با توجه به مشخصات، قابلیت‌ها و نیز تنوع سازنده‌ها، سیستم‌های تترا بر دو سیستم مذکور برتری نسبی دارند. به هر حال، انتخاب نهایی نوع سیستم رادیویی به کاربرد نهایی هر پروژه وابسته است و در این سند، سیستم تترا توصیه می‌گردد.
- در یک خط ریلی از یک یا چند ایستگاه رادیویی ثابت (BS) به منظور فراهم سازی ارتباط رادیویی و تعدادی تکرار کننده برای اتصال ایستگاه‌ها و دپو استفاده می‌شود. توصیه می‌گردد که برای دپو یک برج رادیویی طراحی شود تا بتواند ساختمان‌های مختلف را پوشش دهد. پوشش رادیویی دپو در محوطه دپو برای پوشش تمامی مسیرهای ریلی که قطار یا سایر وسایط ناقله ریلی حرکت می‌نمایند، توصیه می‌شود.
- همچنین پوشش رادیویی ساختمان‌های مهم دپو شامل برج کنترل، اتاق‌های مدیریت، اتاق سیگنالی‌نگ و مخابرات، پست‌های برق و ساختمان دیزل، ساختمان اداری، ساختمان حراست، پارکینگ، سالن‌های تعمیرات سبک، نیمه سنگین و سنگین مورد نیاز می‌باشد.

۳-۱-۳- سیستم رادیویی فواصل کوتاه:

در رنج محدوده کوتاه، سیستم‌های شبکه بی‌سیم^۱، مشخصات و قابلیت‌های برتری نسبت به سیستم‌های ترا دارند. بطور خاص، حجم انتقال دیتا در شبکه‌های بی‌سیم وای‌فای بسیار بالا می‌باشد. در جدول ذیل، باند فرکانسی و نرخ اطلاعات براساس انواع مختلف شبکه وای‌فای ارائه شده است:

جدول ۱-۳- باند فرکانسی و نرخ اطلاعات براساس انواع مختلف شبکه Wifi

نوع	پهنای باند تئوریک	باند فرکانسی
a	54 Mbps	5 GHz
b	11 Mbps	2.4 GHz
g	54 Mbps	2.4 GHz
n	450 Mbps	2.4 GHz / 5 GHz
ac	several Gbps	5 GHz

در دپوها به منظور تخلیه اطلاعات و تصاویر ویدئویی ضبط شده از روی ناوگان به شبکه دپو به صورت اتوماتیک، استفاده از شبکه بی‌سیم برد کوتاه با تکنولوژی وای‌فای توصیه می‌شود. با توجه به حجم بالای اطلاعات، به منظور دستیابی به حداکثر راندمان، کاربرد شبکه بی‌سیم از نوع ac یا n مورد نیاز می‌باشد. در پارکینگ از طریق شبکه بی‌سیم برد کوتاه اطلاعات ذخیره شده در قطارها بر روی سیستم ضبط تصاویر آپلود می‌گردند. به این منظور می‌باید Access point های مناسب نسبت به قطارها در داخل پارکینگ چیدمان گردند.

۳-۳-۲- سیستم تلفن

برای ارتباط قسمتهای مختلف سالنها و ساختمان‌های مختلف یک دپوی ریلی با یکدیگر و همچنین برای برقراری ارتباطات شهری و بین شهری می‌باید از یک مرکز تلفن اصلی تحت بستر شبکه (VOIP) واقع در مرکز کنترل دپو استفاده شود.

تلفن‌های خطوط مستقیم می‌باید در کناره خط در تونل (منتهی به دپو) با اتصال دائم به مرکز فرمان و ساختمان کنترل مرکزی دپو در نظر گرفته شود.

سیستم شبکه تلفن نیز بایستی شامل ابزارهای کنترل، پایش و مدیریت مشابه با شبکه مخابراتی یکپارچه (MSN) داشته باشد و کامپیوترهای اپراتوری NOC براین شبکه نظارت نمایند.

دستگاه‌های تلفن تحت شبکه را براساس نوع کاربرد می‌توان به صورت زیر دسته‌بندی نمود:

- ساده، استاندارد و مدیریتی^۲: برای فضاهای اداری
- دستگاه‌های تلفن محکم یا سخت کار^۱: برای فضاهای صنعتی و محوطه

^۱ Wireless^۲ Basic, Standard & Executive

۳-۳-۱- تعداد خطوط تلفن

تعداد تلفن داخلی:

تعداد دستگاههای تلفن در دپو بستگی به چیدمان، کاربری، تعداد و نوع ساختمانها و فضاهای فنی، کارکنان و اداری دارد.

حداقل تعداد خطوط خارجی:

به منظور تضمین ایمنی شبکه دپو در مقابل شرایط مختلف، علاوه بر خطوط تلفن شهری لازم است متناسب با تعداد پرسنل، یک سری خطوط شهری اختصاصی برای دپو نیز فراهم شود. حداقل تعداد مورد نظر برای ارتباطات بیرونی دپو ۶ خط به شرح ذیل می باشد:

- یک خط برای ارتباط با شهرداری یا مدیریت بحران شهری
- یک خط جهت ارتباط با پلیس
- یک خط برای تماس با آتش نشانی
- دو خط برای اتصال به مرکز فرمان خط اصلی
- یک خط برای ارتباط با نزدیک ترین ایستگاه ترمینالی^۲ در خط ریلی

۳-۳-۳- سیستم دوربینهای مدار بسته (CCTV)

شبکه دوربینهای مدار بسته شامل ضبط کننده های ویدئویی، مانیتورها و دوربینها می باشد. این شبکه می باید پوشش تصویری اماکن ذیل را فراهم نماید:

- نواحی عمومی فضاهای دپو
 - ساختمانهای تعمیرگاهی و پشتیبانی دپو
- دسترسی به آرشیو تصاویر صرفاً از مرکز تعمیرات و اتاق NOC میسر خواهد بود. از طرف دیگر دسترسی به تصاویر آنلاین از محل های زیر میسر شود:
- مرکز حراست دپو
 - مرکز فرمان دپو
 - اتاق رئیس یا کنترل دپو
 - مرکز تعمیرات (تنها برای تیم تعمیرات دوربین مدار بسته)
- دوربینهای مدار بسته دو نوع از تصاویر را ارائه می دهند:

¹ Rugged^۲ ایستگاههای مشترک بین دو خط قطار درون شهری

- تصاویر بهره‌برداری: تصاویر بهره‌برداری به منظور نظارت بر ترافیک بکار رفته و جهت مدیریت قطار (اساساً برای راهبران، اپراتورهای ترافیک OCC و کارکنان بهره‌برداری) بکار می‌روند.
- تصاویر ایمنی: تصاویر ایمنی به منظور تضمین تجهیزات نظارت تصویری برای افزایش ایمنی کارکنان (برای اپراتور دپو، اپراتور مرکز فرمان، اپراتورهای اتاق CCTV) بکار می‌روند.
- بخشهایی از دپو دارای عملکردهایی می‌باشند که موجب می‌شود در طبقه‌بندی با ریسک بالا قرار گیرند. ساختمان‌هایی از دپو مانند مرکز کنترل، اتاق‌های فنی خاص مانند سیگنالی‌نگ، مخابرات و نیز ساختمان‌هایی مانند پست‌های برق دارای عملکردهای خاصی می‌باشند و نفوذ غیر مجاز به آنها می‌تواند عملکرد شبکه ریلی را نه تنها در دپو بلکه بخشی از خط دچار مشکل نماید.
- بایستی دوربین‌های کافی و مناسب برای نظارت بر ساختمان‌های مهم نصب گردد بگونه‌ای که امکان شناسایی هویت هر فردی که به ساختمان وارد می‌شود میسر شود. علاوه بر این دوربین‌ها بایستی نظارت بر اماکن خاص در محوطه مانند پست‌های برق، ورودی به دپو، محل‌های احتمالی که مسیر جاده‌ای داخل دپو با مسیر ریلی تداخل دارند و ... را فراهم سازند. لازم به ذکر است که در پست‌های برق، الزام یا مقرراتی برای نصب دوربین در اتاق‌های پست نمی‌باشد. با این حال جهت بهبود ایمنی، توصیه می‌گردد دوربین مدار بسته در پست‌های برق نیز نصب شود. کابل‌ها می‌باید درون ساختمان و یا زیرزمین در غلافهای غیر فلزی و یا روی سینی و نردبان کابل نصب گردند.
- به منظور بررسی وضعیت عمومی دپو در مرکز فرمان (اتاق مرکز فرمان، اتاق حوادث، سالن بازدیدکنندگان) انواع مختلفی از تصاویر (نما یا زوایای دید) به شرح ذیل کاربرد خواهد داشت:
- نماهایی از دپو
- نماهایی از ناحیه دپو و محل پارک قطارها بگونه‌ای که اپراتور بتواند بطور دیداری توقفگاه قطارها و برخی از سوزن‌ها/کراس‌اورهای پرتردد را بررسی نماید.
- نماهایی از قطارها در دپو در موقعیت اعزام بگونه‌ای که اپراتورها بتوانند بطور دیداری در دسترس بودن قطارها را بررسی نمایند
- در خصوص نمایش تصاویر می‌باید:
- تصاویر در صفحه نمایشگر VCP و کنسول اپراتور قرار گیرند.
- نرم‌افزار سیستم دوربین مدار بسته می‌باید به صورت هوشمند باشد.

۳-۳-۴- سیستم اعلان عمومی

- این سیستم شامل بلندگوها، آمپلی‌فایرها، مدارات پایش، میکروفن‌ها و تجهیزات انتقال پیغام‌های از پیش ضبط شده برای پیغام‌های معمول و اضطراری می‌باشد. این سیستم امکان اعلانات صوتی از اماکن ذیل را فراهم می‌سازد:
- مرکز فرمان به دپو با قابلیت انتخاب مجزای هر منطقه

– مرکز کنترل دپو به نواحی مختلف دپو و محوطه‌های دپو

همچنین امکان استفاده سیستم اعلان حریق جهت فعال‌سازی روال‌های تخلیه اضطراری فضاهای خاص دپو را میسر می‌نماید.

سیستم PA باید سازگار با استاندارد NFPA 130 طراحی، تامین و نصب شود. سیستم اعلان عمومی با سیستم کشف حریق (اعلان تخلیه) مرتبط می‌شود. سیستم اعلان عمومی باید با سیستم‌های تلفن و رادیویی نیز اینترفیس داشته باشد تا به کاربران از پیش تعیین شده‌ای که دارای اختیارات خاصی می‌باشند، امکان پخش اعلان پیام‌های اضطراری از طریق دستگاه‌های تلفن یا بی‌سیم‌های رادیویی آنها توسط سیستم PA را میسر سازد.

الزامات سیستم اعلان عمومی دپو در مقایسه با ایستگاه از لحاظ موارد ذیل تفاوت دارد:

– تفاوت نوع بهره‌برداری

– تفاوت نوع افراد (صرفاً کارکنان)

– تفاوت در خصوص افراد دارای مشکلات شنوایی

از آنجایی که دپو یک سایت مجزا از خط است که در آن مسافری وجود ندارد، بنابراین الزاماتی که در خصوص مسافرین ایستگاه بکار می‌روند، در دپو کاربرد ندارند. از طرف دیگر بزرگی فضای دپو مساله پوشش صوتی را بسیار متفاوت و خاص می‌نماید. مساله دیگر این است که در ایستگاه‌ها احتمال وجود افراد کم شنوا و ناشنوا بایستی در نظر گرفته شوند در حالی که در دپو با توجه به استخدام کارکنان با توانایی‌های خاص، می‌توان مساله افراد کم شنوا را صرف‌نظر نمود یا اینکه نهایتاً به فضاهای خاصی محدود نمود.

بلندگوهای دپو در داخل ساختمان‌های دپو (اداری، تعمیرگاهی، پارکینگ، پست برق و ...) و نیز محوطه دپو نصب می‌گردند. توصیه می‌گردد که در ساختمان‌های اداری بلندگوها به صورت سقفی و توکار باشند. در فضاهای تعمیرگاهی و پارکینگ، بلندگوهای نوع ستونی توصیه می‌گردند. در محوطه دپو نیز توصیه می‌گردد که بلندگوها به صورت بلندگوهای شیپوری (بوقی)^۱ نصب می‌گردند.

۳-۳-۵- سیستم کنترل دسترسی

سیستم کنترل دسترسی یک سیستم کامپیوتری برای کشف ورود کارکنان غیرمجاز به فضاها و اتاق‌های تجهیزات با اهمیت بکار می‌رود. نواحی بحرانی در دپو شامل برج کنترل، مرکز راهبری شبکه (NOC)، پست‌های برق، اتاق‌های سیگنالینگ و مخابرات و نیز اتاق تعمیرات تجهیزات سیگنالینگ و مخابرات (به علت امکان نصب نرم‌افزار نامناسب بر روی سیستم‌های در حال تعمیر) می‌باشد.

¹ Horn loudspeakers

این سیستم که به نمایشگر مجهز می‌باشد، در اتاق مدیریت و کنترل و یا اتاق حراست دپو برای تضمین امنیت تجهیزات مهم قرار گرفته خواهد شد. این سیستم با سیستم دوربین مدار بسته و سایر سیستم‌ها جهت تشکیل یک سیستم ایمنی یکپارچه مرتبط می‌گردد.

فضاهای دپو می‌باید توسط یک سیستم هشدار امنیتی و کنترل دسترسی یکپارچه شده محافظت شوند. این سیستم دارای چندین ناحیه هشدار/آلارم بوده و چندین ناحیه برای فعال و غیر فعال کردن قفل‌ها (arm/disarm) داشته باشد.

۳-۳-۶- سیستم برق اضطراری بدون وقفه (UPS)

به منظور اینکه تمام سیستم‌های مخابراتی و کنترلی در صورت بروز قطع برق، امکان عملکرد حداقل ۴ ساعته را داشته باشند، از UPS بدون نیاز به نگهداری و تعمیر استفاده می‌گردد. مقدار بار مرتبط سیستم‌های مخابراتی در UPS به دقت و با لحاظ ۲۰٪ اضافه (ظرفیت) لازم است محاسبه شود.

۳-۳-۷- کابل کشی

با توجه به اینکه فضاهای دپو بطور معمول به صورت روزمینی می‌باشد، کابل‌های مخابراتی دپو می‌باید از نوع شیلددار، کم دود، مقاوم در مقابل شعله^۱ باشد. کابل‌های سیستم‌های ایمنی مانند PA و ACS می‌باید مقاوم در مقابل حریق^۲ باشد.

توصیه اکید می‌شود که تمام کابل‌های مخابراتی باید از کابل‌های برق با استفاده از جداسازی مسیرهای کابل یا سینی‌های مجزا، تفکیک شوند. به خصوص بین کابل‌های مخابراتی و کابل‌های ترکشن و همچنین سایر کابل‌های تامین توان فشار متوسط جداسازی کابل مطابق با استانداردها و الزامات بین‌المللی مرتبط صورت گیرد.

توصیه اکید می‌شود که کابل کشی در داخل محوطه تا حد امکان در کانال کابل چند منظوره یا داکت‌های اختصاصی مرتبط با سیستم‌ها صورت گیرد. در کانال کابل چند منظوره، کابل‌ها با تفکیک‌بندی مناسب براساس نوع سیستم و نیز سطح ولتاژ بر روی چندین ردیف براکت نصب گردند. کابل‌های مخابراتی در کل سیستم باید روی سینی‌های کابل سخت‌کار نصب گردند.

تمام کابل‌های بیرون ساختمان باید دارای زره بوده و در مقابل خوردگی و حمله حیوانات جونده و موزی مقاوم باشند. اتصال زمین^۳، زره^۴ و حفاظ کابل‌ها باید بطور مناسب با توجه به شرایط EMC و عملکرد DC صورت گیرد. کابل‌هایی که روی دیوار نصب می‌شوند باید مطابق با الزامات مشخصات عمومی باشد تا ریسک گسترش آتش را کاهش دهند.

¹ Flame retardant

² Fire resistant

³ Earthing

⁴ Armour

کابل کشی در ساختمان‌های پارکینگ، تعمیرات سبک و سنگین می‌باید از طریق سینی‌ها و نردبان‌های کابل و نیز غلاف‌های مدفون صورت گیرد. توصیه می‌گردد که نقاط ورود کابل به ساختمان به روش مناسب درزبندی شود.

۳-۳-۸- سیستم مدیریت هوشمند ساختمان (BMS)

سامانه مدیریتی (BMS) یک سیستم سخت‌افزاری و نرم‌افزاری جامع بوده که عهده‌دار نظارت و کنترل بر تجهیزات مکانیکی و الکتریکی مانند تهویه مطبوع، گرمایش، سرمایش، روشنایی، قدرت، آتش‌شانی و سیستم‌های ایمنی می‌باشد.

برنامه نرم‌افزاری BMS معمولاً به صورت طبقه‌بندی شده و اختصاصی تدوین می‌گردد. موارد پایه در طراحی سیستم مدیریت هوشمند ساختمان بر اساس یکپارچه‌سازی تمامی اجزاء، سادگی کاربرد و نگهداری، قابلیت اعتماد و اطمینان بالا می‌باشد. جهت برآورده کردن این نیاز تمامی اجزا بصورت یکپارچه عمل می‌کنند و می‌توانند اطلاعات لازم را بصورت نرم‌افزاری با یکدیگر تبادل نمایند.

قابل ذکر است که از طریق کامپیوتر مرکزی می‌توان به تمامی نقاط این شبکه دسترسی داشت و از این طریق نیز فرمان صادر نمود. نحوه نمایش اطلاعات بر روی کامپیوتر باید بصورت گرافیکی باشد.

به طور عمومی یک سیستم کنترلی هوشمند BMS در سه لایه به شرح ذیل تعریف می‌گردد:

- شبکه لایه مدیریت: این لایه وظایف اپراتوری اطلاعات، آنالیز نتایج، هماهنگی، تعریف اهداف و اجرای فرمان به تمامی نقاط و سرویس‌ها و تاسیسات ساختمانی را برعهده دارد.
- شبکه لایه اتوماسیون: در این لایه وظایف پردازش اطلاعات، تشخیص و ارسال اطلاعات، لوپ کنترلی بسته باز و وظایف بهینه‌سازی در تاسیسات ساختمان صورت می‌گیرد.
- شبکه لایه فیلد: این لایه در عملکردهایی مانند اندازه‌گیری، شمارش، سیگنالینگ، سوئیچینگ و فعال‌سازی استفاده می‌شود.

سیستم BMS دپو در برگرنده سرویس‌های الکتریکی، مکانیکی و حفاظتی ساختمان‌ها می‌باشد. این سرویس‌ها شامل گرمایش، سرمایش، تهویه مطبوع، ساختمان‌های LPS و TPS، کنترل روشنایی، کنترل ورود، اعلام و اطفای حریق، ماشین‌های تحت سرویس و می‌باشد.

نمونه سیستم‌های عمومی قابل کنترل و مانیتورینگ در برخی فضاهای دیو به شرح ذیل می‌باشد.

جدول ۳-۲- نمونه سیستم‌های عمومی قابل کنترل و مانیتورینگ در برخی فضاهای دیو

نام فضا	سیستم تحت BMS									
	CCTV		تهویه		اطفای حریق		اعلام حریق		روشنایی	
	مانیتور	کنترل	مانیتور	کنترل	مانیتور	کنترل	مانیتور	کنترل	مانیتور	کنترل
محوطه	✓	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓
ساختمان نگهداری	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-
سالن پارکینگ	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	✓
ساختمان اداری و عملیات	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-
ساختمان تعمیرات ناوگان	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	✓
ساختمان پست LPS	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	✓
انبار مواد خطرزا	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	✓
تاسیسات تامین آب	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	✓
موتورخانه مرکزی	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	✓
ساختمان پست TPS	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	✓

جدول ۳-۳- نمونه سیستم‌های قابل مانیتورینگ در قسمت‌های تعمیراتی (دستگاه شستشو قطار)

نام فضا	سیستم تحت BMS							
	نشانهگر پر بودن منبع آب		دستگاه شستشو تحت سرویس		خطای عمومی		باز بودن مسیر شستشو	
	مانیتور	کنترل	مانیتور	کنترل	مانیتور	کنترل	مانیتور	کنترل
شستشو اتوماتیک	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-

۳-۴- برق دیو

۳-۴-۱- تامین توان

بخش تامین توان مشتمل بر دو بخش اصلی تغذیه پست‌های ترکشن به منظور تامین برق قطار (TPS) و بخش تغذیه مربوط به روشنایی فضاها و تجهیزات تعمیرگاهی نصب شده در دیو (LPS) می‌باشد.

۳-۴-۱-۱- پست‌های تامین توان روشنایی و تجهیزات (LPS)

پست‌های توزیع برق در دپو وظیفه دریافت انرژی از شبکه برق و پخش آن در نقاط مختلف مصرف را برعهده دارند. از این رو در طراحی و احداث آنها می‌باید جنبه‌های مختلف دپو در کنار مسائل مهندسی از جمله امکان تغذیه با قابلیت اطمینان مناسب، لحاظ نمودن توسعه آتی دپو و مسائل اقتصادی در آن گنجانده شوند.

۳-۴-۱-۲- معیارهای تعیین مشخصه‌های اصلی پست

انتخاب پست مورد نظر از میان گزینه‌های استاندارد یا ترکیب‌های ویژه‌ای که در این مجموعه ارائه می‌گردد می‌باید با دقت فراوان و بر اساس نیازها و امکانات موجود انجام شود. در این امر سه عامل اصلی یعنی تعیین ظرفیت پست، برآورد وسعت و موقعیت زمین قابل دسترس از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هر یک از این سه عامل می‌باید به دقت مورد بررسی قرار گیرند:

ظرفیت: تعیین ظرفیت پست با توجه به نیازهای موجود و امکانات توسعه آینده، نخستین گام در انتخاب گزینه مورد نظر است. در انتخاب ظرفیت تجهیزات پست باید عوامل محیطی موثر در کاهش ظرفیت مانند درجه حرارت و ارتفاع از سطح دریا را مورد توجه قرار داد. همچنین توصیه می‌گردد انتخاب ترانس طبق استاندارد IEC 60046 صورت پذیرد. در خصوص سایزینگ سایر تجهیزات پست باید با توجه به استانداردهای بین‌المللی اقدام نمود.

برآورد وسعت و موقعیت زمین: وسعت پست LPS باید طوری در نظر گرفته شود که امکان انجام عملیات نگهداری و تعمیرات براحتی صورت پذیرد. توصیه اکید می‌گردد تا الزامات نشریه ۱۳ و ۳۷۵ سازمان برنامه و بودجه در طراحی و چیدمان اجزاء پست لحاظ شود. در ضمن با توجه به وجود تعداد زیاد کابل این پست، می‌باید دارای کف کاذب و نیمه طبقه جهت عبور کابلها باشد. موقعیت زمین پست باید با توجه به موقعیت بارهای مصرفی دپو تعیین شود. به عبارتی باید موقعیت پست در نقطه مرکزی مصرف الکتریکی دپو قرار گیرد تا میزان افت ولتاژ و کابل‌کشی به حداقل کاهش یابد.

۳-۴-۱-۳- تعداد LPS و سطح ولتاژ تغذیه

تعداد پست‌های روشنایی و تجهیزات کارگاهی و عملیات در دپو باید با توجه به فضای دپو مشخص گردند. در این خصوص دو موضوع قابل بررسی است.

- میزان پراکندگی سالن‌های تعمیراتی و تجهیزات
- قابلیت استفاده از سطح ولتاژ ۲۰ کیلوولت در پهنه دپو

در صورت پراکندگی ساختمان‌های دپو و امکان بروز افت ولتاژ بالا در صورت انتقال توان با استفاده از ولتاژ ۴۰۰ ولت، توصیه می‌گردد از چند پست ۲۰ کیلوولت استفاده شود. به منظور تامین قابلیت اطمینان مناسب در هر پست باید از دو ترانس استفاده شود و هر ترانس از یک ورودی ۲۰ کیلوولت مجزا تغذیه شود. هر ترانس باید قابلیت تامین توان محدوده لحاظ شده جهت پست را به تنهایی داشته باشد.

در برآورد مصرف الکتریکی دپو می‌باید شرایطی پیش‌بینی شود تا در آینده احتمال کمبود توان مصرفی وجود نداشته باشد؛ به تعبیر دیگر حتی اگر طراح نسبت به تأمین برخی تجهیزات تعمیرگاهی با مصرف بالا در ابتدای تأمین تجهیزات دپو و بهره‌برداری اولیه اقدام نمی‌نماید، تمهیدات لازم نظیر موقعیت نصب و مصرف انرژی آن را برای کارکرد در آینده می‌باید در نظر بگیرد.

۳-۴-۱- تعیین اولویت بارهای اضطراری در دپو و نوع تغذیه (UPS، دیزل ژنراتور و ..)

بارهای اضطراری به بارهایی اطلاق می‌گردد که در صورت قطع برق آنها، عملیات اعزام و برگشت قطارها و یا فرآیند تعمیرات ویژه دچار اختلال گردند. لذا توصیه می‌شود در این خصوص ساختمان‌ها و بارهای ارائه شده در ذیل از برق اضطراری نیز تغذیه گردند. بنابراین ضروری است که دیزل ژنراتور اضطراری برای مصارف اضطراری و تأمین توان بدون وقفه برای مصارف کنترلی و هر عاملی که موجب ایجاد اختلال در اعزام و قبول قطار در دپو می‌گردد، توسط طراح پیش‌بینی گردد. در ذیل به بررسی بارهایی که لازم است برای آنها برق اضطراری پیش‌بینی گردد پرداخته می‌شود:

- روشنایی کل محوطه. (۱۰۰٪)،
- روشنایی اضطراری (حدود ۳۰٪ از چراغ‌ها و در فضاهای حساس مانند ساختمان کنترل دپو به صورت ۱۰۰٪)،
- پریزهای حساس ساختمان کنترل مرکزی،
- تجهیزات سیگنالینگ،
- تجهیزات مخابراتی،
- تجهیزات کنترلی سیستم تأمین توان شامل تمامی دژنکتورها و کلیدهای DC و AC،
- سیستم گرمایش سوزن و خط بالاسری (برای نقاط پر بارش و سردسیر کشور)،
- سیستم CCTV،
- برق ورودی کلیه UPSها،
- سیستم آبرسانی و آتش‌نشانی،
- تعدادی از پریزها جهت مصارف حساس،
- برخی از تجهیزات سیستم تهویه مطابق با نیاز بخش تأسیسات مکانیک،
- آسانسورها،

در این خصوص تمامی بارهای ذکر شده به ترتیب اولویت تعیین شده توسط طراح، باید از دیزل ژنراتور یا UPS برق‌دار گردند. در صورت استفاده از UPS باید UPSها به باس اضطراری که دیزل ژنراتور به آن متصل است برق‌دار گردند و بار UPS به همراه شارژ باتری باید در محاسبات دیزل لحاظ شود.

به منظور تعیین ظرفیت توان دیزل ژنراتور باید ضرایب همزمانی بارهای مختلف اضطراری دپو مشخص شود و با استفاده از نرم افزارهای مرتبط با سایزینگ دیزل ژنراتور این امر انجام شود. با توجه به وجود بارهای متنوع با توان بالا و زمان استفاده کم برخی مصارف، باید لیست کامل بارها به همراه توان و زمان بهره‌برداری مشخص شود تا بتوان به سایزینگ بهینه دیزل ژنراتور دست یافت.

۳-۴-۱-۵- پست‌های کشش - ترکشنی (TPS)

پست کشش پستی است که انرژی الکتریکی را از شبکه فشارقوی دریافت و با تبدیل سطح و نوع ولتاژ، آنرا برای مصرف در خطوط ریلی آماده می نماید.

تجهیزات الکتریکی مختلفی در پست‌های کشش مورد استفاده قرار می‌گیرند که در قسمتهای بعد معرفی خواهند شد. معمولاً کلید دژنکتور فیدر ورودی پست ترکشن، مرز بین این پست و شبکه تغذیه کننده اصلی بشمار می رود. بنابراین هنگام تنظیم رله‌های حفاظتی، رله حفاظتی که این کلید را کنترل می‌کند باید با رله‌های شبکه تغذیه کننده اصلی هماهنگ باشد.

به طور معمول روش تغذیه پست ترکشن و سطح ولتاژ و نوع آن تابع وضعیت در نظر گرفته شده در خط اصلی خواهد بود.

به طور معمول برای دپوهای که همزمان با خط اصلی ساخته خواهند شد، کنترل برق‌رسانی ترکشنی در دپو نظیر ایزوله‌سازی دپو و دستورالعمل‌های اضطراری در وضعیت‌های پیش‌بینی نشده، از طریق مرکز کنترل فرمان به انجام خواهد رسید. لیکن توصیه می‌شود امکان انجام مدیریت برق‌رسانی ترکشنی از طریق ایجاد یک اتاق کنترل محلی در دپو نیز (با در نظر گرفتن اینترفیس‌های لازم با وضعیت پیش‌بینی شده در خط اصلی) امکان‌پذیر باشد.

لازم به ذکر است که طراحی تفصیلی و اجرای سیستم برق‌رسانی ترکشنی در دپو بعهده طراح شبکه تامین توان در خط اصلی خواهد بود و صرفاً لازم است طراحان این بخش در دپو با توجه به اینترفیس‌های موجود نسبت به انجام وظایف خود اقدام نماید.

از آنجا که پست کشش مانند قلب یک شبکه تغذیه راه آهن برقی است، طراحی صحیح پست کشش و مدار تغذیه آن می‌تواند ضمن تضمین کارکرد سیستم با ضریب اطمینان قابل قبول، آثار سوء راه آهن برقی بر شبکه تغذیه اصلی را به حداقل برساند. نتیجه محاسبات تابع پارامترهای بسیاری از جمله: پروفیل خطوط دپو، حجم ترافیک، نوع تغذیه (مستقیم، بوستر ترانسفورماتور و اتوترانسفورماتور)، قدرت و تعداد قطارها می‌باشد.

۳-۴-۱-۶- اصول تعیین مصارف ترکشنی در دپو و محدوده‌بندی:

به منظور عملکرد صحیح و مناسب دپو با رویکرد تغذیه ترکشنی، لازم است که دپو را به محدوده‌ها/بخش‌های مشخصی تقسیم نمود تا در صورت ایجاد خرابی یا حادثه در یک محدوده، کل دپو از نظر تامین توان ترکشنی مختل

نگردد. انجام این محدوده‌بندی ترکشنی در دیو از طریق کلیدهای اصلی HSCB در پست ترکشنی (تحت نظارت و کنترل سیستم اسکادا) اختصاص یافته به دیو میسر می‌گردد. جهت تعیین این محدوده‌بندی روش استاندارد مشخصی وجود نداشته، بلکه این انتخاب وابسته به شرایط هر پروژه و بر اساس تجربه طراح و نظر کارفرمای پروژه لازم است در نظر گرفته شود. در اینجا به تبیین اصول تعیین چنین محدوده‌هایی با تعیین حداقلی این محدوده‌ها به شرح ذیل می‌پردازیم:

الف) خط تست: با توجه به اینکه برای قطار تحت تست ممکن است خطاهایی صورت گیرد که منجر به بی‌برقی این محدوده گردد، لذا امکان تلفیق خط تست با محدوده دیگری از دیو وجود نخواهد داشت.

ب) خطوط ریلی منتهی به ساختمان تعمیرات ناوگان: با توجه به اینکه در طراحی لی‌اوت عملکردی، یکی از معیارهای طراح، جداسازی خطوط گرم (خطوط برق‌دار پر تردد) و خطوط سرد (خطوط کم تردد) که امکان بی‌برقی آنها در بازه‌های زمانی در طول روز بدون تاثیر بر بهره‌برداری روزانه وجود دارد می‌باشد، لذا یک محدوده برای تامین توان ترکشنی، خطوط سرد دیو بوده که عمده‌تاً این خطوط به ساختمان تعمیرات ناوگان منتهی می‌شوند.

ج) خطوط برق‌دار داخل سالن تعمیرات ناوگان: بطور معمول خطوط ریلی داخل سالن تعمیرات ناوگان بدلیل ایمنی، کارکرد تجهیزات تعمیرگاهی و حفظ جان کارکنان بصورت روش‌های مرسوم برق‌رسانی در سایر خطوط دیو، برق‌دار نبوده بلکه در صورت لزوم توسط سایر روش‌های ایمن برق‌رسانی ترکشنی نظیر (سوکت کارگاه، استینگر، شبکه بالاسری صلب تاشو و...) این برق‌رسانی به منظور جابجایی‌های محدود قطار و یا فراهم نمودن امکان تست مصرف‌کننده‌های کمکی قطار به انجام می‌رسد. لذا از آنجاییکه انجام این تست‌ها ممکن است در صورت وجود خرابی قطار منجر به قطع جریان توسط کلید HSCB این محدوده گردد، توصیه می‌شود که برای این خطوط برق‌دار، محدوده مجزایی پیش‌بینی شود.

د) خطوط دسترسی اصلی محدوده دیو و منتهی به سالن پارکینگ: برق‌دار بودن این خطوط جهت امکان سرویس‌رسانی به خط اصلی در طول بهره‌برداری روزانه اجتناب ناپذیر بوده و به همین دلیل به نام خطوط گرم در دیو شناخته می‌شوند. لذا جداسازی این محدوده از سایر محدوده‌های تامین توان ترکشنی در دیو از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد.

ه) خطوط سالن پارکینگ: این سالن محل پارک قطارها بوده که امکان بی‌برقی برای هر خط ریلی داخل آن (یا مجموعه‌ای از خطوط) از طریق کلیدهای ایزولاتوری محلی (سکسیونر) وجود دارد. با توجه به تردد بالای قطارها به این سالن و امکان بروز خرابی برای این تعداد بالای قطارها در این سالن، این خرابی که ممکن است موجب عملکرد HSCB گردد، نباید سبب اختلال در بهره‌برداری از دیگر محدوده‌های دیو شود.

به منظور تعیین ظرفیت کلیدهای HSCB و سایر کلیدهای قدرت و نهایتاً تعیین ظرفیت پست TPS بکارگرفته شده در دیو، لازم است که مصارف هر بخش و محدوده با توجه به روش بهره‌برداری و رفتار پیش‌بینی شده برای قطارها

بدست آیند. به این منظور، در ادامه ۶ سناریو معرفی شده است که هر کدام جهت تعیین مصارف در محدوده‌های مختلف تعریف شده در بندهای فوق‌الذکر (الف تا ه) قابل استفاده خواهند بود.

- سناریو اول: رسیدن به حداکثر مصرف ترکشنی و کمکی قطار که معمولاً در سرعت پایه^۱ قطار (در سرعتی حدود ۴۰٪ از سرعت ماکزیمم بهره‌برداری قطار وابسته به طراحی قطار) به وقوع می‌پیوندد،
- سناریو دوم: حداکثر مصرف ترکشنی و کمکی قطار که جهت رسیدن به حداکثر سرعت مجاز بهره‌برداری در محوطه دپو (معمولاً تا سرعت ۲۵ کیلومتر بر ساعت) مورد نیاز می‌باشد،
- سناریو سوم: حداکثر مصرف ترکشنی و کمکی قطار که جهت حفظ حداکثر سرعت مجاز بهره‌برداری در دپو مورد نیاز می‌باشد،
- سناریو چهارم: حداکثر مصرف ترکشنی و کمکی قطار که جهت رسیدن به حداکثر سرعت مجاز بهره‌برداری در سالن‌های پارکینگ و تعمیرات ناوگان (معمولاً تا سرعت ۱۰ کیلومتر بر ساعت) مورد نیاز می‌باشد،
- سناریو پنجم: حداکثر مصرف ترکشنی و کمکی قطار که جهت حفظ حداکثر سرعت مجاز بهره‌برداری در سالن‌های پارکینگ و تعمیرات ناوگان (معمولاً تا ۱۰ کیلومتر بر ساعت) مورد نیاز می‌باشد،
- سناریو ششم: حداکثر مصرف برای قطاری که ساکن بوده و فقط مصارف کمکی قطار فعال و قطار در حال آماده‌سازی جهت شروع سیر می‌باشد.

^۱ Base Speed

میزان مصرف قطار در هر یک از سناریوهای ذکر شده وابسته به نوع قطار بوده و لازم است این مصارف توسط طراح تعیین و مبنای عمل قرار گیرد.

جدول ۳-۳- روش رسیدن به مصرف ترکشنی هر محدوده در انطباق با ۶ سناریو معرفی شده

ردیف	محدوده	سناریوهای مورد استفاده	تعداد قطار جهت محاسبه مصرف کل
الف	خط تست	سناریوی اول	یک قطار در حال تست
ب	خطوط ریلی منتهی به ساختمان تعمیرات ناوگان	سناریوی دوم سناریوی سوم	وابسته به ظرفیت و تعداد خطوط ساختمان تعمیرات ناوگان می باشد. توصیه می شود حداقل ۳۰٪ از تعداد خطوط ریلی این ساختمان در سناریوی دوم و حداقل ۲۰٪ در سناریوی سوم بصورت همزمان فرض شود.
ج	خطوط برق دار داخل سالن تعمیرات ناوگان	سناریوی چهارم سناریوی پنجم سناریوی ششم	وابسته به ظرفیت و تعداد خطوط سالن تعمیرات سبک (خطوط برق دار ساختمان تعمیرات ناوگان) می باشد. توصیه می شود حداقل ۲۵٪ از تعداد خطوط ریلی این سالن در سناریوی چهارم و حداقل ۲۵٪ در سناریوی پنجم و ۵۰٪ باقیمانده در سناریوی ششم بصورت همزمان فرض شوند.
د	خطوط دسترسی اصلی محدوده دپو و منتهی به سالن پارکینگ	سناریوی دوم سناریوی سوم	توصیه می شود که در این محدوده حداقل ۲ قطار در سناریوی دوم و حداقل ۳ قطار در سناریوی سوم بصورت همزمان فرض شود.
ه	خطوط سالن پارکینگ	سناریوی چهارم سناریوی پنجم سناریوی ششم	وابسته به ظرفیت و تعداد خطوط ساختمان پارکینگ و سرفاصله زمانی اعزام قطارها می باشد. بعنوان مثال توصیه می شود در خطی که در سرفاصله زمانی اعزام ۲ دقیقه می باشد حداقل ۱ قطار در سناریوی چهارم و ۱ قطار در سناریوی پنجم و حداقل ۴ قطار در سناریوی ششم بصورت همزمان فرض شوند.

به منظور افزایش در دسترس پذیری در خطوط پرتردد در دپو توصیه می شود که سکسیونرهای قابل قطع زیر بار ۱ بین دو محدوده حساس نظیر سالن پارکینگ (ردیف ه جدول فوق) و خطوط دسترسی به اصلی به محدوده دپو و منتهی به سالن پارکینگ (ردیف د) در نظر گرفته شود. به این ترتیب در صورت خرابی یکی از کلیدهای HSCB این محدوده ها سکسیونر واسط عمل کرده و برق هر دو محدوده از طریق HSCB سالم تامین خواهد شد.

لازم به ذکر است که آنچه در این بخش به آن اشاره گردید صرفاً روش تعیین مصارف ترکشنی در دپو بوده و پرداختن به جزئیاتی نظیر تعیین ساینینگ کلیه کلیدهای قدرت استفاده شده در دپو، پست ترکشنی و تجهیزات مربوطه و تعیین همزمانی مصارف در محدوده های مختلف دپو، لازم است توسط مشاور طراح صورت پذیرد.

۳-۴-۱-۷- جریان سرگردان

وجود جریان های سرگردان که در اثر نشتی و خروج از ریل های دپو بدلیل ضعف عایق بندی ریل ها نسبت به زمین بوجود می آیند، موجب اثرات مخربی بر روی سازه های فلزی، لوله ها و کابل های دفن شده در اطراف ریل ها خواهد شد. جریان های سرگردان بعد از خروج و بر حسب شدتی که دارند اثرات نامطلوب زیر را خواهند داشت:

– خوردگی الکتروشیمیائی در سازه ها و استراکچرهای فلزی (مهمترین اثر نامطلوب)،

¹ Load Break Switch

- تداخل جریان سرگردان با سیستم‌های سیگنالینگ، کنترلی و ارتباطی خط ترکشن،
- تداخل جریان سرگردان با عملکرد تجهیزات الکتریکی،
- نشت جریان DC به تجهیزات AC در پست‌های خط ترکشن،
- اثرات تخریبی بر روی حفاظت‌های کاتدیک ساختارهای فلزی که متعلق به خطوط ریلی نمی‌باشند.

خوردگی الکتروشیمیایی در سازه‌های فلزی مهمترین اثر نامطلوب جریانهای سرگردان می‌باشد و بخشهایی که ممکن است توسط این خوردگی الکتروشیمیایی تاثیر پذیرند عبارتند از:

- سازه‌های بتن مسلح (بتن تقویت شده با آرماتورهای فلزی)،
- خطوط لوله فلزی و سازه‌های دفن شده در خاک،
- اجزاء روسازی خط ریلی (ریل، تراورس، پایند و ...)،
- تانکرها و مخازن مجاور خط در دپو،

برای قسمتهای تونلی خط یا بخش‌هایی که دارای سازه‌ها و ابنیه ساخته شده با بتن مسلح (بتن تقویت شده با آرماتور) می‌باشند و بستر خط نیز از جنس بتن مسلح^۱ می‌باشد، مهمترین اثر ناشی از جریانهای سرگردان، خوردگی الکتروشیمیایی در آرماتورهای این سازه‌های بتنی می‌باشد ولی برای قسمتهای از خط که فاقد سازه فلزی آرماتوردار می‌باشند مانند خطوط روزمینی یا بخشهایی از خط که روباز و فاقد سازه تونلی بوده و بستر خط نیز از جنس بالاست (سنگهای خرد شده) می‌باشد، عمده‌ترین خطر خوردگی ناشی از جریان سرگردان به خوردگی لوله‌های فلزی و کابلها و دفن شده در مجاورت یا نزدیک آن مربوط می‌شود؛ بنابراین می‌باید اطمینان حاصل شود که کلیه لوله‌های فلزی، کابلها و سایر سازه‌های فلزی تا آنجا که ممکن است از شبکه مترو و ریل‌های حرکت دور نگه داشته شوند که طبق استاندارد EN50122-2 حداقل فاصله یک متری برای این منظور باید در نظر گرفته شود.

۳-۴-۱-۸- الزامات حفاظتی

دو ریل مربوط به هر خط حداکثر در هر ۵۰۰-۳۰۰ متر می‌باید به یکدیگر متصل و همبند شوند. دو خط رفت و برگشت هر ۵۰۰-۳۰۰ متر به یکدیگر همبند می‌شوند؛ همبندی ریلها و خطوط تنها وقتی که از نظر سیستم سیگنالینگ مجاز باشد، انجام می‌شود. نوع ریل حرکتی و مقاومت آن، مسیر مناسبی جهت عبور جریان برگشت ایجاد می‌کند و لذا باعث کاهش جریان سرگردان می‌شود. لازم است اتصال الکتریکی در سوزنها و نقاطی که ریل به دو قسمت تقسیم می‌شود توسط دو کابل مسی روکش‌دار معمولاً به سطح مقطع ۲۴۰ میلی‌متر مربع برقرار شود. ریلها توسط پد پلاستیکی به تراورس اتصال می‌یابد بطوریکه هیچ اتصالی بین ریل و سازه برقرار نشود.

¹ Slab track

تمامی کلیدهای DC، رکتیفایرها و تابلوهای منفی و تابلوی حفاظت ولتاژ باید نسبت به زمین عایق شوند. در دپو لازم است تابلوی حفاظت در برابر اضافه ولتاژ نصب شود و طبق استاندارد EN50122-2 ولتاژ باید کمتر از 120 ولت باشد. از اتصال کلیه لوله‌ها به سیستم جمع‌آوری جریانهای سرگردان و یا ریل حرکت باید پرهیز شود و باید حداقل ۱ متر از این سیستم فاصله داشته باشد. چنانچه عبور لوله‌های فلزی در فاصله کمتر از ۱ متری سیستم جمع‌آوری جریانهای سرگردان امکان ناپذیر باشد، بایستی حتماً نسبت به سیستم جمع‌آوری جریان سرگردان عایق شوند یا حفاظت کاتدی مناسب (از نظر فنی و اقتصادی) در مورد آنها اعمال شود.

کلیه لوله‌های فلزی که از تونل خارج می‌شوند مخصوصاً در ورود به سطح زمین و دپو و پارکینگ، باید با فلنج عایقی ایزوله شوند. هیچگونه دستگاهی در دپو (ماشین سوزن، چراغ سیگنال و غیره) نباید اتصالی به ریل حرکت و سیستم جمع‌آوری جریانهای سرگردان داشته باشد.

ریل‌های حرکت خط اصلی و خطوط دپو و پارکینگ بوسیله مفصل عایقی باید از یکدیگر جدا شوند (دو مفصل عایقی باید نصب شود). سیستم جمع‌آوری آبهای سطحی باید در دپو به نحوی اجرا شود که اطراف ریل حرکت و سیستم جمع‌آوری جریانهای سرگردان آب جمع نشود.

۳-۴-۱-۹- سیستم‌های برق‌رسانی به قطار

در طراحی دپو در خطوط قطار شهری معمولاً از دو نوع شبکه تامین انرژی برق، مشتمل بر شبکه برق بالاسری و ریل سوم برق استفاده می‌گردد. شرایط به کارگیری شبکه بالاسری و ریل سوم در حین بهره‌برداری به قرار ذیل است:

- به منظور انجام عملیات کاری در دپو و یا ساختمان‌ها، لازم است خطوط برق‌دار، بی‌برق شوند؛ لذا چیدمان صحیح کلیدهای الکتریکی برای انجام این عملیات ضروری می‌باشد،
- رواداری^۱ کافی از نظر الکتریکی بین خطوط گرم (زنده) به منظور حفظ ایمنی کارکنان و دیگران لازم است در نظر گرفته شود. در استاندارد EN50122-1 حداقل توصیه‌های فنی جهت تعیین این رواداری‌ها موجود می‌باشد،
- جهت منع دسترسی به خطوط برق‌دار، استفاده از موانع به همراه دستورالعمل‌های اینترلاکینگ توصیه می‌شود،
- چنانچه عملیات کاری در مجاورت خطوط گرم و برق‌دار اجتناب‌ناپذیر باشد، می‌باید توجیه لازم از طریق ارزیابی ریسک و نصب علائم هشدار دهنده و استفاده از ملزومات حفاظتی صورت پذیرد،
- اقدامات لازم جهت همبندی هم پتانسیل به منظور پیشگیری از وجود ولتاژ خطرناک توصیه می‌گردد،

¹ Clearance

- ملاحظات طراحی، مربوط به هادی برگشت جریان ترکشنی می‌باید در نظر گرفته شود.
- تامین توان پیوسته و بدون قطعی برای خط اصلی و دپو می‌باید پیش‌بینی شود و به این منظور پیش‌بینی‌های لازم توسط طراح در خصوص فیدرهای مطمئن تامین توان و استراتژی‌های جایگزین جهت تامین توان به هنگام وقوع حالت‌های خرابی مختلف می‌باید پیش‌بینی شود، در شرایطی که تامین توان دپو از طریق خط اصلی صورت پذیرد، لازم است طراح دپو از استانداردهای خط اصلی تبعیت نماید و صرفاً استفاده از منبع تامین توان مستقل برای دپو، توصیه می‌گردد.

۳-۴-۱-۹-۱- شبکه بالاسری

شبکه تماس بالاسری، مدار الکتریکی است که انرژی الکتریکی را از پست کشش به سمت قطار منتقل می‌کند. در خطوط ریلی داخل ساختمان‌های تعمیراتی، وجود سیستم نمایش ایمن در مقابل خرابی جهت نمایش دادن برق‌دار بودن شبکه و یا بی‌برقی آن سبب افزایش ایمنی در مقابل برق‌گرفتگی کارکنان تعمیراتی خواهد بود. توصیه می‌شود که طراحی شبکه برق‌رسانی ترکشنی در دپو، به اقتصادی بودن طرح از نظر المان‌های سازه‌ای نظیر ستون‌ها، دروازه‌ها و فونداسیون مربوطه، لی‌اوت شبکه هادی تماس نیز توجه لازم صورت گیرد و اینترفیس‌های آن با شبکه خط اصلی مورد نظر قرار گیرد.

پیش‌بینی کلیدهای ایزوله‌سازی بصورت ناحیه‌بندی شده برای شبکه داخل ساختمان‌ها و همچنین روش ارتینگ مناسب، متضمن افزایش ایمنی به هنگام عملیات کاری نگهداری و تعمیرات به روی شبکه بالاسری و بهره‌برداری صحیح در دپو خواهد بود.

در نظر گرفتن موقعیت مناسب و چیدمان صحیح کلیدهای ایزوله‌سازی شبکه بالاسری سبب می‌گردد که در فرآیندهای تعمیراتی تجهیزات ثابت در دپو، میزان ایزوله‌سازی ترکشنی به حداقل ممکن کاهش یابد. استفاده از موانع پوشش دهنده بر روی تجهیزات ثابت که نیازمند بازرسی و تعمیرات می‌باشند و در مجاورت سیم هادی جریان قرار گرفته‌اند (در موقعیت‌هایی که امکان‌پذیر می‌باشد)، موجب عدم نیاز به ایزوله‌سازی برق‌رسانی ترکشنی خواهد بود؛ همچنین جانمایی صحیح و مناسب جعبه الکتریکی کلیدهای ایزوله‌سازی، متضمن عبور بدون تداخل قطارها از مجاورت آن‌ها و افزایش ایمنی کارکنان در حال کار کردن به روی این جعبه‌های الکتریکی خواهد بود.

وجود درب‌های خودکار همزمان شده با هشدارهای صوتی-بصری و سیستم اینترلاکینگ مناسب، سبب سهولت دسترسی و افزایش ایمنی حرکت قطارها و عبور و مرور پرسنل در دپو خواهد بود. همچنین توصیه می‌شود که جهت باز و بسته کردن درب‌های مربوط به خطوط ریلی، سیستم مدیریت دسترسی از طریق فعال‌سازی با کارت‌های هوشمند و یا پنل کددهی به صورت دستی نیز در نظر گرفته شود.

فاصله سیم هادی جریان برای خطوط 25 kv AC، وابسته به ارتفاع قطار و ارتفاع کاری پانتوگراف می‌باشد، لیکن پیشنهاد می‌گردد، ارتفاع ۵.۲ تا ۶ متر در طراحی مد نظر قرار گیرد. همچنین لازم است فاصله و رواداری مناسب تا سازه‌ها و سایر المانهای در سالن، مطابق استانداردهای مربوطه رعایت شود.

۳-۴-۱-۹-ب- ریل سوم

در صورتیکه برق‌رسانی خط اصلی از طریق ریل سوم تامین شود، لازم است در مطالعات ارزیابی ریسک، مشاور خطراتی را که ریل سوم برق‌دار ایجاد خواهد کرد مورد بررسی قرار دهد. این مطالعات چنانچه انجام عملیات کاری در دپو در مجاورت ریل سوم برق‌دار مخاطره‌آمیز تشخیص داده شود، لازم است دستورالعمل‌های لازم جهت بی‌برقی ترکشی و اتصال به زمین در آن ناحیه به اجرا گذاشته شود.

با توجه به اینکه طراحی و نصب و اجرای ریل سوم توسط سازنده این سیستم در خط اصلی به انجام می‌رسد، لازم است اینترفیس‌های خط اصلی و دپو نیز در این فرآیند مورد توجه قرار گیرد. در دپوهایی که روش برق‌رسانی ترکشی از طریق ریل سوم می‌باشد، می‌باید تمهیدات خاصی در خصوص فاصله خطوط ریلی از یکدیگر و حفظ فاصله ایمن مسیرهای پیاده یا عبور ماشین‌آلات متحرک نظیر لیفتراک بین خطوط در نظر گرفته شود. لذا توصیه می‌شود به ویژه در خطوط پارکینگ در صورت امکان، فاصله خطوط ریلی از یکدیگر نسبت به پروژه‌هایی که از طریق شبکه بالاسری تغذیه می‌شوند بیشتر در نظر گرفته شوند.

در خطوط تعمیراتی، تامین نمایشگر ایمن در مقابل خرابی، جهت نمایش برق‌دار بودن یا بی‌برقی ریل سوم، متضمن افزایش ایمنی کارکنان ضروری می‌باشد.

برای جاده‌ها و مسیرهای دسترسی و پیاده‌روهایی که در مجاورت ریل سوم قرار گرفته‌اند علاوه بر پوشش ریل سوم، توصیه می‌شود موانع جدا کننده بین این مسیرها و ریل سوم پیش‌بینی شود. به این ترتیب امکان برخورد و تماس ادوات متحرک و کارکنان با ریل‌های هادی جریان از بین خواهد رفت.

در شرایطی که در سالن‌های تعمیراتی و خطوط ریلی مربوطه، برق‌دار کردن قطار لازم باشد، استفاده از سیستم برق‌رسانی سوکتی متحرک معروف به استینگر یا سوکت کارگاه ضروری می‌باشد؛ همچنین لازم است برای این سیستم ویژگی‌های ذیل مدنظر قرار گیرد:

- سیستم نمایشگر و هشدار دهنده وضعیت برق‌دار یا بی‌برق بودن استینگر
- نگهدارنده اصلی می‌باید در ارتفاع نصب شود و امکان حرکت استینگر در راستای طولی را فراهم نماید.
- سوکت استینگر می‌باید به صورت معلق در ارتفاع مناسب قرار گیرد، بنحویکه با کشیدن آن به سمت پایین افزایش طول یافته و تا محل اتصال کشیده شود.
- لازم است نحوه اتصال ایمن و با اینترلاکینگ مناسب در نظر گرفته شود تا اطمینان حاصل شود که به هنگام برق‌دار بودن استینگر، اتصال قطع نخواهد شد.
- توصیه می‌شود که سیستم الکتریکی و قدرت قطار به گونه‌ای در نظر گرفته شود تا به هنگامی که قطار از طریق استینگر برق‌دار می‌شود، کفشک‌های جمع کننده جریان برق‌دار نگردند. چنانچه این

ویژگی در قطار پیش‌بینی نشده است، لازم است طراح تمهیداتی نظیر در نظر گرفتن محافظ برای کفشک‌ها و ارائه دستورالعمل‌های خاصی به هنگام برق‌دار کردن قطار از طریق استینگر ارائه نماید. توصیه می‌شود که امکان ایزوله‌سازی ریل‌های هادی جریان از طریق کنترل محلی دپو و با فرمان رئیس دپو پس از هماهنگی با مرکز کنترل بهره‌برداری خط اصلی، جهت عکس‌العمل سریع و به هنگام نیاز و مواجهه با وضعیت‌های اضطراری در نظر گرفته شود.

در طراحی دپوها توصیه می‌شود موارد ذیل مد نظر قرار گیرند:

- تمامی خطوط ریلی داخل ساختمان‌ها می‌باید به صورت مجزا برق‌دار یا بی‌برق شوند. ضرورت این الزام به دلیل انجام تعمیرات و عملیات کاری بر روی ناوگان و هم تعمیرات ریل سوم می‌باشد. چنانچه ایزوله‌سازی خطوط طی یک رویه منظم و به صورت دائمی مورد نیاز باشد، پیشنهاد می‌گردد این ایزوله‌سازی به صورت کنترل از راه دور صورت پذیرد، هرچند تابلو کنترل محلی نیز می‌باید در دسترس قرار گیرد؛ البته لازم به ذکر است که این تابلوی محلی، می‌باید به صورت ایمن در دسترس کارکنان قرار گیرد به نحوی که امکان اشتباهات انسانی در برق‌دار کردن بی‌موقع قطار و مخاطره برای کارکنان وجود نداشته باشد. تمهیدات مناسب برای رعایت این موضوع می‌باید توسط طراح پیش‌بینی و ارائه شود.
 - واضح است که تغذیه الکتریکی دپو می‌باید کاملاً مستقل از خط اصلی در نظر گرفته شود تا در دسترس بودن خط اصلی بواسطه ایزوله‌سازی برخی خطوط در دپو خدشه دار نگردد. همچنین ایزوله کردن خط اصلی به علت وقوع حوادث یا تعمیرات، نباید اخلاقی در برق‌رسانی دپو ایجاد نماید.
 - توصیه می‌شود که سیستم‌های حفاظتی و اینترلاکینگ مناسبی بین دسترسی به چال سرویس‌ها، ایزوله‌سازی برق‌رسانی ترکشنی نظیر نصب علائم بصری هشدار دهنده و در ورودی چال سرویس‌ها پیش‌بینی شود.
 - به منظور افزایش دسترس‌پذیری، امنیت و سهولت در ایزوله‌سازی خطوط توصیه می‌شود دستورالعمل‌های ایزوله‌سازی و انجام عملیات کاری تدوین شود.
- پیش‌بینی ایزوله‌سازی خط برای شبکه بالاسری سبب افزایش ایمنی و انعطاف‌پذیری در بهره‌برداری و مدیریت مناسب در شرایط خاص خواهد شد. جهت تأمین ایمنی افراد هنگام ورود به سکوها، درب ورودی به پلت فرم می‌باید دارای قفل برقی بوده که تنها در صورت قطع برق بالاسری و تخلیه ولتاژ باقیمانده دستور باز شدن قفل توسط رله ولتاژی و مدار فرمان مربوطه ارسال شود. همچنین ضروری است که چراغ سیگنال برای زمان برق‌دار بودن و بی‌برقی در ابتدای پله نصب گردد.

در محل تقاطع خطوط ریلی با مسیرهای جاده‌ای و پیاده‌روها و یا محل تعویض سمت ریل سوم (راست یا چپ بودن نسبت به مسیر ریلی) به ویژه در محل سوزن‌ها، لازم است طراح با توجه به وضعیت قطار و طراحی الکتریکی آن، نسبت به تعیین فواصل انقطاع اقدام نماید، بنحویکه این فواصل تا جایی افزایش یابد که قطار به طور کامل از نظر ترکش‌نی بی‌برق نگردد.

در محل‌هایی که احتمال حضور کارکنان و انجام عملیات کاری چه در سالن‌های سرویس‌دهی و تعمیراتی و چه در خطوط کناره محوطه وجود داشته باشد، می‌باید تا حد امکان انقطاع ریل سوم و حذف اجزاء برق‌دار صورت پذیرد و به روی کفشک‌های برق‌دار نیز کاور مناسب و ایمن پیش‌بینی شود و یا موانع ایمن بین ریل هادی جریان و محل کار کارکنان نصب و استفاده شود.

در خطوط فشرده ریلی در محوطه، چنانچه دو ریل هادی جریان در مجاورت یکدیگر قرار گرفته‌اند، توصیه می‌شود که حداقل فاصله ۱.۸ متر بین دو ریل سوم در نظر گرفته شود تا در صورت حضور افراد، امکان حرکت ایمن آنها فراهم شود.

در خطوط سرویس‌دهی به قطار (نظیر خطوط پارکینگ و یا شارژ جعبه‌های شن قطار)، لازم است برای کفشک‌های برق‌دار در سمت مخالف ریل هادی جریان محافظ‌های ایمن و مناسبی جهت جلوگیری از برق گرفتگی کارکنان پیش‌بینی شود. توصیه می‌شود این کاورهای مستحکم به طول حداقل ۷۰ سانتی متر در نظر گرفته شود تا خطای توقف قطار در موقعیت مورد نظر را پوشش داده و ایجاد مخاطره برای کارکنان را از بین ببرد.

با توجه به وجود تعداد زیاد سوزن در دپوها و منقطع شدن ریل سوم، باید غلافها و ترنج در زمان انجام عملیات زیرسازی و روسازی پیش‌بینی و لحاظ شود تا امکان ایجاد اتصالات بین ریل سوم با استفاده از کابل مهیا شود. نوع پوشش یا کاور ریل سوم در دپوها باید مقاوم در مقابل اشعه خورشید انتخاب شود. اقلام فلزی باید از جنس فولاد ضد زنگ یا گالوانیزه مقاوم در برابر زنگ زدگی باشند.

۳-۴-۲- تأسیسات الکتریکی دپو

۳-۴-۲-۱- سیستم توزیع LV

به منظور انتقال انرژی الکتریکی به تابلوهای برق اصلی موجود در ساختمان‌ها و تجهیزات مستقر در مجموعه دپو، می‌باید مسیرهای لازم در محوطه از پست‌های برق LPS تا هر کدام از ساختمان‌های مجموعه دپو پیش‌بینی شود.

۳-۴-۲-۲- تابلوهای توزیع فشار ضعیف

تمامی مصرف‌کننده‌ها در نقاط مختلف دپو توسط تابلوهای توزیع فرعی تغذیه می‌شوند. مصارف روشنایی، پریزها، تأسیسات تهویه مطبوع و ... از طریق تابلوهای روشنایی و یا موتوری تغذیه شده که آنها نیز از تابلوهای بالادست در پست برق LPS تغذیه خواهند شد.

در تمامی تابلوهای روشنایی و تأسیسات مکانیکی، تمامی فیدرها می‌باید دارای کلید حفاظت جان باشند. با توجه به اینکه سیستم توزیع به صورت افزونه می‌باشد، جهت تغذیه تمامی تابلوهای اصلی ساختمان‌ها، دو عدد فیدر در پست LPS در نظر گرفته شود. همچنین توصیه می‌شود در تمامی تابلوهای اصلی ساختمان، دو ورودی و کولپینگ با منطق ۲ از ۳ در نظر گرفته شود. ضمناً لازم است جهت تغذیه تابلوهای توزیع فرعی ساختمان‌ها نیز دو عدد فیدر اضافی پیش‌بینی شود.

مناطق خطرزا:

در فضاهای خطرزا توصیه اکید می‌گردد تا تمامی تأسیسات الکتریکی بر اساس استاندارد IEC 60079 انتخاب گردند. در دپوهای قطار شهری فضاهای خطرزا معمولاً به شرح ذیل می‌باشند:

- اتاق و کارگاه تعمیرات باتری،
- سالن و اتاق رنگ آمیزی،
- انبار مواد خطرزا (رنگ، رزین، روغن و الکترولیت‌ها)

سیستم روشنایی:

چیدمان چراغ‌ها در فضاها به نحوی انجام شود که تفاوت چشمگیر در میزان روشنایی قسمت‌های مختلف به وجود نیاید و یکنواختی روشنایی در حد مطلوبی باشد تا از خیرگی و یا کوری دید جلوگیری کند. کنترل مدارهای روشنایی در فضاهایی که پرسنل حضور مستمر دارند توسط کلیدهای محلی انجام شود. در مداربندی چراغ‌ها در سالن‌ها و فضاهای عمومی، زیرساخت لازم به نحوی فراهم شود که امکان کنترل چراغ‌ها از یک مرکز کنترل (LCP) در همان ساختمان وجود داشته باشد. علاوه بر آن امکان ارتباط با سیستم BMS ساختمان نیز پیش‌بینی شود. بدین ترتیب مدیریت سیستم روشنایی توسط سیستم مرکزی امکان پذیر خواهد بود.

نوع لامپ:

توصیه می‌شود در تمامی فضاهای اداری، صنعتی و خارجی جهت صرفه جویی در مصرف انرژی، عمر طولانی‌تر، و همچنین زیبایی ظاهری از چراغهای با لامپ LED استفاده شود. استفاده از چراغهای LED باعث صرفه‌جویی به میزان حدوداً ۵۰٪ در مصرف انرژی می‌گردد. ضمناً با توجه به عمر طولانی‌تر چراغهای LED، هزینه‌های نگهداری و تعمیرات پروژه نیز کاهش مناسبی خواهد داشت.

نوع چراغ:

- نوع چراغ با توجه به کاربری فضا و ارتفاع سقف و جلوگیری از خیرگی و ... از جدول ذیل انتخاب شود.
- در اتاق رنگ جهت تأمین روشنایی بر روی بدنه قطار، بخشی از چراغها بر روی دیوار در طرفین قطار نصب خواهد شد و نیز جهت روشنایی سقف قطار، به تعداد مورد نیاز چراغ در زیر سقف سالن قرار می‌گیرد.
 - در فضاهای مرطوب مانند سالن شستشو و ... از چراغهای ضد رطوبت استفاده می‌شود.

– در فضاهای خطرزا می‌باید از چراغ‌های ضد انفجار استفاده شود.

جدول ۳-۴- نوع چراغ در فضاهای مختلف

ردیف	شرح فضا	نوع چراغ
۱	دفاتر اداری عمومی	چراغ LED متناسب با نوع سقف
۲	اتاق‌های مدیریت	چراغ LED متناسب با نوع سقف
۳	راهروها	چراغ LED متناسب با نوع سقف
۴	آبدارخانه و سرویس‌های بهداشتی	چراغ LED متناسب با نوع سقف
۵	دوش و توالت	چراغ LED متناسب با نوع سقف
۶	انبارها	چراغ LED متناسب با نوع سقف - چراغ LED صنعتی (در ارتفاع بیش از ۴ متر)
۷	کارگاه‌های با سقف بلند (بیشتر از ۴ متر)	چراغ LED صنعتی با شیشه سکوریت
۸	کارگاه‌های با سقف کمتر از ۴ متر	چراغ LED متناسب با نوع سقف
۹	چاله سرویس‌ها	چراغ LED با حباب پلاستیک (پلی کربنات) شفاف (واترپروف)
۱۰	اتاق ترانسفورماتورها	چراغ تونلی LED
۱۱	پست برق	چراغ LED متناسب با نوع سقف
۱۲	سر درب سالن‌ها و محوطه	چراغ خیابانی LED با بازوی قابل نصب روی دیوار و یا پایه خیابانی
۱۳	موتورخانه	چراغ LED صنعتی با حفاظ و شیشه سکوریت - چراغ LED
۱۴	مناطق خطرزا	چراغ فلورسنت ضد انفجار

شدت روشنایی مورد نیاز با توجه به جدول ذیل که براساس استاندارد DIN و استاندارد ملی ایران تهیه شده است محاسبه گردد.

جدول ۳-۵- شدت روشنایی پیشنهادی در فضاهای مختلف

ردیف	شرح فضا	ارتفاع سطح کار یا موقعیت اندازه گیری	شدت روشنایی پیشنهادی LUX
۱	ساختمان اداری و عملیات		
۱-۱	دفتر اداری	ارتفاع از سطح میز کار	۳۰۰-۴۰۰
۲-۱	ماشین نویسی و کامپیوتر و حسابداری	ارتفاع از سطح میز کار	۳۰۰-۴۰۰
۳-۱	اتاق های مخابرات سیگنالینگ و کنترل	ارتفاع از سطح میز کار	۳۰۰-۵۰۰
۴-۱	سالن اجتماعات	کف	۲۵۰-۴۰۰
۵-۱	سالن ورزشی	یک متر از سطح زمین	۱۵۰-۳۰۰
۶-۱	اتاق کنفرانس و آموزش	ارتفاع از سطح میز کار	۳۰۰-۴۰۰
۷-۱	پلکان	سطح پله	۱۵۰-۲۰۰
۸-۱	راهرو، سرسرا و آسانسور	کف	۱۵۰-۲۰۰
۹-۱	توالت و دستشویی	کف	۱۰۰-۱۵۰
۱۰-۱	غذاخوری	یک متر از کف	۱۵۰-۲۰۰
۱۱-۱	آشپزخانه	یک متر از کف	۲۰۰-۳۰۰
۱۲-۱	کمک های اولیه	یک متر از سطح زمین	۴۰۰-۵۰۰
۱۳-۱	اتاق رختکن	یک متر از سطح زمین	۱۵۰-۲۰۰
۱۴-۱	اتاق استراحت و کارکنان	یک متر از سطح زمین	۱۵۰-۲۰۰
۱۵-۱	اتاق مدیران	ارتفاع از سطح میز کار	۴۰۰-۵۰۰
۲	کارگاه ها		
۱-۲	کارگاه های عمومی	ارتفاع از سطح میز کار	۲۰۰-۳۰۰
۲-۲	کارگاه برق و الکترونیک	ارتفاع از سطح میز کار	۲۵۰-۳۰۰
۳-۲	کارگاه الکتروموتور	ارتفاع از سطح میز کار	۲۵۰-۳۰۰
۴-۲	کارگاه سیستم های بادی و تهویه مطبوع	ارتفاع از سطح میز کار	۲۵۰-۳۰۰
۵-۲	کارگاه ورقکاری و جوشکاری	ارتفاع از سطح میز کار	۲۰۰-۲۵۰
۶-۲	کارگاه ماشینکاری و تراشکاری	ارتفاع از سطح میز کار	۲۵۰-۳۰۰
۷-۲	کارگاه شستشو	ارتفاع از سطح میز کار	۲۵۰-۳۰۰
۸-۲	کارگاه بوژی و چرخ و محور	ارتفاع از سطح میز کار	۲۰۰-۲۵۰
۹-۲	سالن تراش چرخ	ارتفاع از سطح میز کار	۲۵۰-۳۰۰
۱۰-۲	چاله سرویس های بازدید	در تراز ریل	۲۰۰-۲۵۰
۱۱-۲	اتاق رنگ	روی بدنه قطار	۳۰۰-۵۰۰
۳	انبار - توقفگاه - محوطه		
۱-۳	انبار	کف	۱۰۰-۱۵۰
۲-۳	سالن توقفگاه	یک متر از کف	۲۰۰-۲۵۰
۳-۳	محوطه عمومی	کف	۱۵-۲۰
۴	پست برق و ساختمان های تاسیسات		
۱-۴	اتاق تابلوهای فشار ضعیف، LV و فشار متوسط	۱/۵ متر از کف	۲۰۰-۳۰۰
۲-۴	اتاق ترانسفورماتور قدرت و یکسوساز	۱/۵ متر از کف	۲۰۰-۳۰۰
۳-۴	اتاق کنترل	ارتفاع از سطح میز کار	۴۰۰-۵۰۰
۴-۴	اتاق گاز	ارتفاع از سطح میز کار	۱۵۰-۲۰۰
۵-۴	فضاهای تاسیساتی به طور کلی	ارتفاع ۰/۷ متر از کف	۲۰۰-۲۵۰
۶-۴	فضاهای جلوی درب های سالن ها و ساختمان ها	کف	۵۰-۱۰۰

روشنایی ایمنی:

در مواردی که قطع نیروی برق ممکن است برای افراد خطر ایجاد کند، لازم است روشنایی برق ایمنی مطابق مبحث ۱۳ مقررات ملی ساختمان در محل تأمین شود.

جهت مسیرهای خروجی و فضاهای پر اهمیت نظیر اتاق کنترل و پست‌های برق و ... می‌باید از چراغهای باتری‌دار استفاده شود. این چراغها موقع قطع برق به صورت خودکار روشن خواهد شد و ضمناً تغذیه باتری آنها از فیدر تابلوی اضطراری می‌باشد. همچنین چراغهای مربوط به علائم خروج (Exit) از نوع باتری‌دار می‌باید در نظر گرفته شود.

۳-۴-۲-۳- ایستگاه‌های نور آبی

ایستگاه‌های نور آبی (BLS) مطابق با ویژگی‌های مورد نیاز آن می‌باید در مکان‌های ذیل در نظر گرفته شود. لازم به توضیح می‌باشد که ایستگاه‌های نور آبی مکان‌هایی در امتداد راه‌های نجات و امداد هستند که با نور آبی مشخص می‌شوند و در آنها کارکنان آموزش دیده و یا آتش‌نشانی می‌توانند با بخش کنترل برق دپو ارتباط برقرار کنند تا نسبت به قطع برق سیستم ترکشن در یک ناحیه اقدام شود.

- بر روی دیوار بیرونی بخشی از ساختمان‌ها که ورود و خروج ماشین آلات از آن صورت می‌پذیرد.
- در انتهای انبار تجهیزات ریلی
- در نزدیکی خطوط ریلی که مجاور ورودی‌های نرمال و اضطراری سایت هستند.
- در فواصل مناسب از فضاهای تعمیراتی و پارکینگ قطارها به نحوی که دسترسی به این ایستگاه‌ها حداکثر با طی مسافتی به طول ۱۵۰ متر میسر شود.

۳-۴-۲-۴- سیستم پرریز**۳-۴-۲-۴-۱- پرریزهای عمومی برق**

برای تامین مصارف عمومی و نیازهای تعمیراتی، ابزارهای سیار، چراغ‌های سیار و ... لازم است مدارهای پرریز یک فاز و سه فاز در کلیه فضاهای کارگاهی طراحی شود. توصیه می‌گردد که کلیه پرریزها در فضاهای اداری از نوع توکار، ارت دار و در فضاهای صنعتی از نوع روکار، ارت دار و واترپروف باشد. توصیه می‌گردد که درجه حفاظت پرریزها در فضاهای صنعتی IP54 و در فضاهای شستشو حداقل IP66 باشند.

- در کلیه سالن‌های تعمیرگاهی، در هر ۲۴ متر یک جعبه پرریز مجهز به ۲ عدد پرریز تک فاز ۱۶ آمپر صنعتی و یک عدد پرریز سه فاز ۲۵ آمپر صنعتی نصب گردد.
- در فضاهای صنعتی، در هر ۱۰۰ متر یک جعبه پرریز مجهز به ۲ عدد پرریز تک فاز ۱۶ آمپر صنعتی و یک عدد پرریز سه فاز ۶۳ آمپر صنعتی در نظر گرفته شود.

- در اتاق‌های برق، پست‌های LSP و تراکشن، اتاق‌های تاسیسات و فضاهای مشابه به تعداد مورد نیاز پریزهای تک فاز ۱۶ آمپر صنعتی و در هر یک از محل‌های فوق یک عدد پریز سه فاز ۲۵ آمپر نصب گردد.
- در کانال‌های کابل نیز در هر ۵۰ متر یک پریز واترپروف ۱۶ آمپر تک فاز و یک پریز ۲۵ آمپر سه فاز نصب گردد.
- در چاله‌های سرویس، در هر ۲۴ متر یک پریز واترپروف ۱۶ آمپر تک فاز و یک پریز ۲۵ آمپر سه فاز نصب گردد.
- در فضاهایی که به عنوان محیط‌های خطرزا معرفی شده‌اند، پریزها و کلیه تأسیسات الکتریکی از نوع ضد انفجار می‌باشند. پیشنهاد می‌گردد در صورت امکان پریزها و کلیدها به خارج از فضا انتقال تا در هزینه‌های انتخاب از نوع ضد انفجار، صرفه جویی حاصل گردد.
- در خصوص دستگاه‌های ثابت (مانند دست خشک کن، آبخوری و ...) پریز اختصاصی با مدار مجزا با قدرت متناسب پیش‌بینی شود.

۳-۴-۲-ب- تغذیه پریزها

در دیپو تغذیه پریزها عموماً از برق عادی خواهد بود، مگر در فضاهای خاص که برخی از پریزها جهت مصارف ضروری از برق اضطراری تغذیه می‌شوند. همچنین در فضاهای اداری لازم است که از سیستم UPS برای تغذیه پریزهای کامپیوترهای اداری استفاده شود.

جهت حفاظت تمامی مدارهای روشنایی، تأسیسات مکانیکی، پریزهای تک فاز و سه فاز توصیه می‌شود که از کلیدهای مجهز به جریان نشتی (حفاظت جان) استفاده شود. همچنین توصیه می‌گردد که در جعبه پریزهای مستقر در فضاهای صنعتی نیز جهت حفاظت هر فیدر پریز از کلیدهای مجهز به جریان نشتی (حفاظت جان) استفاده شود.

۳-۴-۲-۵- کابل کشی و برق رسانی به تجهیزات

لازم است که لوله کشی برق در فضاهای صنعتی از نوع روکار و در فضاهای اداری از نوع توکار در نظر گرفته شود. لازم است کلیه مدارهای تک فاز، ۳ سیمه و مدارهای سه فاز، ۵ سیمه طراحی شوند. لازم است که در تمامی فضاها در صورت توزیع برق به صورت روکار، از کابل بر روی سینی کابل و یا درون لوله استفاده گردد. در فضاهایی که سیستم توزیع به صورت توکار باشد از سیم و لوله استفاده شود. در داخل ساختمان‌ها برق رسانی به تابلوهای فرعی و تجهیزات، از طریق سینی یا نردبان کابل انجام شود.

۳-۴-۲-۵-أ- مسیرهای کابل کشی

در محوطه دپو به منظور ایجاد سهولت در نگهداری و تغییرات احتمالی آینده، برای تغذیه و توزیع انرژی الکتریکی و همچنین سیگنالهای جریان ضعیف در مجموعه دپو، در مسیرهای اصلی از کانال برق آدم رو و در مسیرهای فرعی از کانال بتنی کابل با در پوش قابل برداشت استفاده شود. درون این کانالها و ترنچها، لازم است که متناسب با حجم کابلها از چند طبقه سینی کابل برای سطح ولتاژ LV، MV و جریان ضعیف استفاده گردد. ضمناً در مسیرهایی که به اجبار برخورد با ریل یا سایر تأسیسات زیربنایی اتفاق می افتد می توان از سیستم منهول و لوله در آن قسمت استفاده شود.

۳-۴-۲-۵-ب- کابل فشار ضعیف

کابل های LV فشار ضعیف در داخل ساختمان ها با عایق PVC و یا XLPE انتخاب گردند که این کابل ها به صورت تک یا چند رشته بر روی سینی یا نردبان کابل قرار می گیرد.

توصیه می گردد که کابل های مورد استفاده در کانالهای آدم رو و داخل پست های برق از نوع XLPE، LSFOH و آرموردار در نظر گرفته شوند. کابل های مورد استفاده در محوطه از نوع آرموردار و با عایق PVC و یا XLPE انتخاب شود.

۳-۴-۲-۶- سیستم زمین و صاعقه گیر

برای ایمنی کارکنان و برای جلوگیری از صدمات جانی به افراد و بروز خسارات مالی، استفاده از سیستمهای زمین و صاعقه گیر در کل مجموعه ضروری است که در این قسمت به شرح مبانی طراحی برای این سیستم ها پرداخته می شود.

۳-۴-۲-۶-أ- سیستم زمین

سیستم زمین برای حفاظت در برابر برق گرفتگی و قطع به موقع مدارات قدرت در صورت بروز اتصال، در مصرف کننده های الکتریکی و بروز صدمات بیشتر در تمامی قسمتهایی که تحت پوشش شبکه توزیع قرار دارند اجرا می شود. ملاحظات مربوط به ارتینگ و همبندی می باید در انطباق با استانداردهای بین المللی و با رفرنس اصلی استاندارد EN 50122-1 پیاده سازی شود.

مبنای کلی مورد استفاده در طراحی سیستم زمین دپو استفاده از روش TN-C-S بوده و سیستم توزیع برای سطح مقطع 10 mm^2 و بزرگتر TN-C می باشد. سیستم نیرو از خروجی های پست تا ورودی تابلوهای اصلی واقع در ساختمان ها به صورت سیستم TN-C و از خروجی تابلوهای یاد شده به صورت سیستم TN-S در نظر گرفته شود. سیستم زمین مورد نیاز برای ساختمان ها و تأسیسات الکتریکی پروژه جهت زمین حفاظتی و زمین الکتریکی اجرا می گردد که موارد زیر را پوشش خواهد داد:

- حفاظت الکتریکی تجهیزات

- حفاظت و ایمنی افراد

- حفاظت در برابر جریان های سرگردان

- حفاظت در برابر صاعقه

زمین حفاظتی: زمین حفاظتی (همبندی) جهت تأمین ایمنی در برابر برق گرفتگی می‌باشد تا قسمتهای زیر را به همدیگر وصل کند:

- بدنه‌های هادی
- قسمتهای هادی بیگانه
- ترمینال اصلی زمین
- الکتروود زمین
- نقطه زمین منبع (نقطه خنثی)

در این راستا، از ایجاد سطوح هم پتانسیل به وسیله ارتباط مجموعه تأسیسات مانند ستون‌های قابل دسترس، درب‌های فلزی، بدنه تابلوها و بدنه‌های فلزی دستگاهها به یکدیگر و در نهایت به زمین صفر استفاده می‌شود. توصیه اکید می‌گردد که در تمامی فضاها شینه‌های ارت به نحوی نصب شوند که بتوان از آنها برای همبندی و اتصال قسمتهای فلزی قابل تماس استفاده نمود.

زمین الکتریکی: عبارت است از زمین کردن نقطه‌ای از سیستم توزیع نیرو به منظور:

- تثبیت ولتاژ فازها
- سالم ماندن عایق‌بندی تجهیزات
- کاهش ولتاژ برق گرفتگی

نقطه خنثی سیستم می‌باید مستقیماً به زمین وصل شود (توسط الکتروودهای زمین). در سیستم‌های کم قدرت مانند روشنایی و مصرف کننده‌های کوچک می‌توان زمین الکتریکی و حفاظتی را در یک ارتباط خلاصه نمود.

ساختار سیستم زمین مورد استفاده:

سیستم زمین مورد نیاز از مجموعه الکتروودهای زمین (راد) و شبکه سیم مسی تشکیل شده که در عمق مناسب، حدود یک متر، اجرا می‌گردد. کلیه نقاط اتصال شبکه سیم مسی در محل‌هایی که بعدها غیر قابل دسترسی می‌باشند به صورت ایزوترمیک (Cad Weld) اجرا خواهد شد. بدنه کلیه تجهیزات با سیم مسی مناسب به ترمینال اتصال زمین که در محل‌های مناسب پیش بینی شده متصل خواهد شد.

برای تجهیزات اصلی مانند ترانسفورماتورها و تابلوها این ارتباط حداقل از دو نقطه مجزا باید انجام پذیرد. بخش‌های فلزی ساختمان‌ها نیز با استفاده از سیم مسی به شبکه زمین متصل شود.

زمین الکتریکی مورد نیاز تأسیسات الکتریکی به خصوص تابلوها، ژنراتورها و ترانسفورماتورها توسط سیم ارت روکش سبز و زرد و ترجیحاً مستقیماً از الکتروود زمین به نقاط مورد نیاز متصل شود.

۳-۴-۲-۶-ب- سیستم صاعقه گیر

در طراحی و توجیه نیاز به سیستم صاعقه گیر موارد متعددی می‌باید در نظر گرفته شود که می‌توان به عواملی نظیر ارتفاع ساختمان، وجود ساختمان‌های مشابه و هم ارتفاع در مجاورت آن، جنس سقف و استراکچر و ... اشاره نمود.

ساختمان‌هایی که در سطح زمین قرار گرفته است نیاز به حفاظت در مقابل صاعقه دارد. توصیه می‌گردد که سیستم صاعقه‌گیر سایت مطابق با استاندارد NFC 17-102 برای نوع الکترونیک و یا استاندارد BS 6651 , NFPA780 برای نوع قفس فاراده طراحی شود. ضمناً توصیه می‌شود که الزامات نشریه ۱۱۰ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور جهت طراحی صاعقه مد نظر قرار داده شود.

۳-۴-۷- منابع تامین برق بی‌وقفه (UPS)

با توجه به وجود برخی مصارف حساس در دیو و فاصله زمانی بین قطع برق شبکه اصلی و وصل برق دیزل ژنراتورها استفاده از UPS برای حداقل ۶۰ دقیقه پیش‌بینی می‌گردد. (UPS مربوط به پریزهای برق جدا از UPS تغذیه کننده سیستم‌های سیگنالینگ، کنترل و مخابرات است)

کلیه مصارف مشروحه زیر در هر ساختمان از طریق UPS تغذیه خواهند شد:

- پریزهای برق تغذیه کننده کامپیوترها،
 - پریزهای برق تغذیه کننده سایر مصارف حساس.
- پیشنهاد می‌شود که جهت کاهش مسائل نگهداری و تعمیرات، باتری‌های مورد استفاده از نوع اسیدی کاملاً بسته (Sealed Lead-Acid) و یا نیکل کادمیوم در نظر گرفته شود. بدیهی است در مواردی که نیاز به استفاده از ولتاژ VDC۱۱۰ و VDC۲۴ برای مدارهای فرمان و کنترل باشد از شارژر DC با ولتاژ مورد نیاز و باتری‌های پشتیبان مناسب استفاده می‌شود. مجدداً توصیه می‌گردد که سیستم‌های حفاظت و کنترل تابلوها و مصارف مربوط به رله‌های تابلوهای اصلی در پست برق از سیستم شارژر و باتری با پشتیبانی ۴ ساعته تغذیه شوند.

۳-۵- تأسیسات مکانیکی دیو

تأسیسات مکانیکی ساختمان‌ها و محوطه دیو به شرح موارد ذیل می‌باشد:

- آب بهداشتی و آب صنعتی،
- دفع پساب صنعتی و فاضلاب بهداشتی،
- سیستم هوای فشرده،
- تامین سوخت گازوئیل خودروهای دیزلی،
- گازرسانی شهری،
- سیستم‌های سرمایش، گرمایش، تهویه و تخلیه هوای ساختمان‌ها،

۳-۵-۱- آب بهداشتی

آب بهداشتی دپوها معمولاً از شبکه آب شهری تامین می‌شود. به منظور حصول اطمینان از تامین آب بهداشتی ساختمان‌ها در مواقع قطع آب شهر و با توجه به کافی نبودن فشار آب شبکه شهری و گستردگی محوطه دپو، برای توزیع آب بهداشتی در محوطه و تامین آب ساختمانها، منبع ذخیره زمینی با ظرفیت مناسب (مصرف حداقل دو روز) و سیستم پمپاژ و یا منبع آب هوایی (با پیش‌بینی تمهیدات پدافند غیرعامل) در نظر گرفته می‌شود. در ضمن باید تمهیدات لازم نیز برای مراقبت و پیشگیری از آلودگی آب ذخیره شده در منبع و اطمینان از ضد عفونی بودن آب به عمل آید.

۳-۵-۲- آب صنعتی، آب فضای سبز، آب آتش‌نشانی

برای تامین آب مورد نیاز برای شستشوی قطارها، نظافت و شستشوی عمومی کارگاه‌ها (که اصطلاحاً آب صنعتی نامیده می‌شوند)، آبیاری فضای سبز و آب آتش‌نشانی معمولاً در محوطه دپو اقدام به حفر چاه آب و ذخیره آب در یک منبع بتنی دوقلوی مدفون و یا نیمه مدفون می‌شود.

حجم منبع می‌باید متناسب با مقدار حداقل نیم ساعت آب مورد نیاز برای اطفای حریق احتمالی، آب مورد نیاز فضای سبز (مصرف یک شبانه روز) و آب مورد نیاز برای مصارف عمومی و شستشوی ناوگان (مصرف یک شبانه روز) در نظر گرفته شود. مقدار آب مورد نیاز برای اطفای حریق احتمالی می‌باید همواره به عنوان ذخیره آب آتش‌نشانی در منبع نگهداری شود.

در مجاورت منبع آب یک ایستگاه پمپاژ برای تامین آب فضای سبز، آب صنعتی و آب آتش‌نشانی طراحی می‌شود. در این ایستگاه پمپاژ، علاوه بر الکتروپمپ‌های مجزا و مستقل برای شبکه آب فضای سبز و آب صنعتی (یک شبکه) و شبکه آب آتش‌نشانی، می‌باید تمهیدات لازم برای نصب دیزل پمپ آتش‌نشانی (اضطراری برای مواقع قطع برق) نیز پیش‌بینی گردد.

۳-۵-۳- جمع‌آوری و دفع فاضلاب بهداشتی و صنعتی

- برای جمع‌آوری فاضلاب بهداشتی (انسانی) و پساب‌های صنعتی ساختمان‌ها، در محوطه دپو یک شبکه جمع‌آوری و دفع فاضلاب در نظر گرفته می‌شود.

- فاضلاب صنعتی ساختمان‌ها عمدتاً شامل فاضلاب چال سرویس‌های تعمیرات ناوگان، شستشوی بوژی، شستشوی اتوماتیک قطار، کارگاه تعمیرات باطری، آماده‌سازی بدنه قطار برای رنگ آمیزی و ... می‌باشد که برای پساب‌های خروجی حاوی روغن و آلاینده‌های مشابه باید از دستگاه‌های چربی‌گیر استفاده نمود.

- فاضلاب بهداشتی ساختمان‌ها مستقیماً به شبکه محوطه متصل می‌شوند ولی پساب صنعتی ساختمان‌ها پس از تصفیه (آشغال‌گیری و چربی‌گیری) در این شبکه تخلیه می‌شوند.

- سیستم شستشوی اتوماتیک قطارها می‌باید مجهز به تجهیزات بازیافت پساب فاضلاب باشد که از آب بازیافتی آن برای آبکشی اولیه قطارها استفاده می‌شود. فاضلاب سنگین حاصل از سیستم بازیافت نیز در حوضچه‌هایی جمع‌آوری و به بیرون از دپو منتقل می‌شود.
- در کارگاه تعمیرات و شارژ باتری، برای جمع‌آوری پساب‌های اسیدی و قلیایی می‌باید دو شبکه فاضلاب جداگانه با دو منبع نگهداری پساب اسیدی و قلیایی در نظر گرفت که محتویات این منابع توسط تانکرهای مخصوص به بیرون دپو منتقل می‌شود.
- چنانچه در محدوده اطراف محوطه دپو، شبکه فاضلاب شهری وجود داشته باشد، شبکه جمع‌آوری فاضلاب دپو به شبکه مذکور متصل می‌شود.
- چنانچه شبکه فاضلاب شهری در محدوده اطراف دپو وجود نداشته باشد، فاضلاب دپو با رعایت ملاحظات زیست محیطی (استاندارد فاضلاب خروجی ST-04/00 سازمان حفاظت محیط زیست) در چاه‌های جذبی داخل محوطه دپو تخلیه می‌شود. البته در صورت غیر قابل نفوذ بودن لایه‌های خاک (سنگی و یا رسی بودن لایه‌های زیرزمینی) از سپتیک تانک استفاده می‌شود که در زمان‌های معین نیز فاضلاب داخل آن‌ها توسط تانکرهای مخصوص تخلیه و به بیرون از دپو حمل می‌گردد.

۳-۵-۴- تامین سوخت خودروهای دیزلی

خودروهای دیزلی (لکوموتیو شانتر، امداد و نجات، لیفتراک و ...) در محوطه دپو سوخت‌گیری می‌کنند، برای این منظور منبع گازوئیل دفنی به ظرفیت حداقل ۲۰۰۰۰ لیتر و یک دستگاه تلمبه سوخت (Dispenser) به ظرفیت ۴۰ لیتر در دقیقه در مجاورت سالن تعمیراتی و نزدیک خطوط ریلی در نظر گرفته می‌شود. طرح و اجرای منبع گازوئیل می‌بایستی مورد تایید شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران باشد.

۳-۵-۵- گاز شهری

با توجه به در دسترس بودن گاز شهری در اکثر شهرهای کشور، برای تامین آب گرم مصرفی و گرمایش ساختمان‌ها و همچنین موارد پخت و پز در غذاخوری و آبدارخانه‌ها، از سوخت گاز شهری در دپو استفاده می‌شود. طراحی شبکه لوله‌کشی گاز محوطه و ساختمان‌ها، تهیه مصالح و اقلام لوله‌کشی و اجرای شبکه لوله‌کشی گاز بر اساس ضوابط شرکت ملی گاز ایران و توسط شرکت‌های مورد تایید شرکت ملی گاز ایران انجام می‌شود.

۳-۵-۶- سیستم‌های سرمایش، گرمایش، تهویه و تخلیه هوا ساختمان‌ها

بر اساس مشخصات آب و هوایی منطقه محل احداث دپو و شرایط تعیین شده در استانداردها و آیین‌نامه‌ها برای فضاهای مختلف در ساختمان‌های واقع در دپو و با در نظر گرفتن هزینه‌های تامین انرژی (سوخت گاز، گازوئیل و برق) می‌باید سیستم مناسب سرمایش، گرمایش، تهویه و تخلیه هوای ساختمان‌ها طراحی شود.

مواردی که در طراحی و انتخاب سیستم‌های ساختمان‌ها می‌باید مد نظر قرار گیرند به شرح ذیل می‌باشد:

- ساختمان پارکینگ: با توجه به اینکه ساختمان پارکینگ با کاربری بازدید و سرویس‌های روزانه بوده و دارای چال سرویس و بعضاً سکویهای دسترسی در ترازهای مختلف می‌باشد، بنابراین در مناطق سردسیر می‌باید سیستم گرمایش سالن طوری طراحی گردد که کلیه پرسنل مشغول به کار در پایین و روی پلتفرم‌ها و چال‌های سرویس در آسایش قرار داشته باشند. در مناطق سردسیر، در نظر گرفتن سیستم سرمایش در تابستان برای سالن پارکینگ ضرورتی نداشته و روش تهویه هوای سالن (Ventilation) کافی خواهد بود. در مناطق گرمسیری مانند مناطق جنوب کشور، در نظر گرفتن سیستم سرمایش مناسب، برای سالن پارکینگ ضروری می‌باشد.
- ساختمان‌های تعمیرگاهی: نظر به حضور مداوم پرسنل تعمیراتی در سالن‌ها و کارگاه‌های این ساختمان ضروری است که در مناطق سردسیری کشور، سیستم گرمایش مناسب بر اساس شرایط آب و هوایی منطقه برای این ساختمان پیش‌بینی گردد. همچنین در فضای سر پوشیده کارگاه‌ها و اتاق‌های اداری علاوه بر سیستم گرمایش، سیستم سرمایش نیز پیش‌بینی گردد. در مناطق گرمسیری مانند مناطق جنوب کشور نیز می‌بایستی طراحی سیستم سرمایش برای سالن‌های تعمیراتی این ساختمان بر اساس شرایط خاص آب و هوایی منطقه مد نظر قرار گیرد. انتخاب سیستم‌های مناسب گرمایش و سرمایش توسط مهندس مشاور طراح انجام می‌شود. نظر به انجام برخی فعالیت‌های تعمیرگاهی نظیر تعویض روغن، جوشکاری، رنگ‌آمیزی و ... ضرورت دارد که سیستم تخلیه هوا (Exhaust) مناسب برای فضاهای تعمیراتی این ساختمان پیش‌بینی گردد. لازم است که در محل‌های خطرناک نظیر کارگاه تعمیرات و شارژ باتری، هواکشها از نوع EX¹ انتخاب شوند.

- انبار مواد خطرناک: با توجه به اینکه ساختمان انبار مواد شیمیایی و خطرناک شامل فضاهایی نظیر انبار نگهداری باتری و محلول الکترولیت، انبار نگهداری رنگ و رزین، انبار نگهداری روغن صنعتی و ... می‌باشد، لذا بر اساس شرایط محیطی مناسب برای نگهداری انواع باتری، رنگ، رزین و محلول

¹ Explosion Proof

الکترولیت، می‌بایستی سیستم مناسب تهویه مطبوع در نظر گرفته شود. تجهیزات سیستم تخلیه هوا از جمله هواکش‌ها باید از نوع EX پیش‌بینی گردد.

- ساختمان‌های انبار سرپوشیده: ضروری است برای کلیه سالنها و فضاهای محصور انبارش کالا و قطعات یدکی، سیستم تهویه هوا پیش‌بینی گردد. و سیستم گرمایش در بخش‌هایی که پرسنل انبار مستقر بوده و یا تردد می‌نمایند، در نظر گرفته شود. طراحی سیستم سرمایش برای این ساختمان بر اساس شرایط خاص آب و هوایی محل دپو و در صورت نیاز مبرم (آب و هوای گرم و مرطوب مانند جنوب کشور) و یا شرایط خاص نگهداری قطعات مد نظر قرار گیرد.
- ساختمان اداری و کنترل: ضروری است که در مرکز کنترل و مخابرات دپو به دلیل نوع تجهیزات داخل آنها و همچنین اتلافات حرارتی این تجهیزات، از سیستم لوله کشی آب مبرد (Chilled Water) اجتناب نموده و از سیستم‌های سرمایشی مناسب (مثلاً دستگاه‌های اسپلیت یونیت) استفاده شود (ضرورت استفاده از سیستم سرمایش برای اتاق کنترل در فصل زمستان به دلیل اتلافات حرارتی تجهیزات). لازم است که کلیه فضاهای اداری مجهز به سیستم گرمایشی و سرمایشی مناسب (مطابق با شرایط آب و هوایی منطقه دپو) بوده و فضاهای استقرار پانل‌های الکترونیکی، مخابراتی، شبکه داده‌ها، اتاق‌های باتری و ... دارای هواکش مناسب باشند.

۳-۵-۶-۱- شرایط طرح داخل ساختمان‌ها

شرایط طرح داخل ساختمان‌ها (دما، رطوبت نسبی و میزان تعویض هوا) برای دپوهای مناطق سردسیری و مناطق گرمسیری در جداول ذیل ارائه شده است.

جدول ۶-۳- شرایط طرح داخل - مناطق با آب و هوای معتدل و سردسیر

ردیف	نام ساختمان	شرایط تابستان		شرایط زمستان	میزان تعویض هوا (Ventilation Rate)
		درجه حرارت (°f)	رطوبت نسبی (%)	درجه حرارت (°f)	
۱	سالن‌های تعمیرات اساسی و سنگین	Ventilation		64	1.5 Cfm/ft2
۲	سالن‌های بازدید روزانه و تعمیرات دوره‌ای	Ventilation		64	1.5 Cfm/ft2
۳	فضاهای کارگاهی و تعمیراتی سقف کوتاه	86	30~60	64	---
۴	فضاهای کارگاهی و تعمیراتی عمومی با سقف بلند	Ventilation		64	1.5 Cfm/ft2
۵	سالن رنگ	86~95		---	---
۶	سالن آماده سازی سطح	75~86		---	---
۷	سالن تراش چرخ	86	30~60	64	---
	سایر فضاهای کارگاهی سالن	Ventilation		64	1.5 Cfm/ft2
۸	فضاهای اداری، رفاهی و خدماتی جنبی فضاهای صنعتی و تعمیرگاهی	75	30~55	72	---
۹	سالن توقفگاه و بازدید روزانه قطار	Ventilation		64	1.5 Cfm/ft2
۱۰	سالن شستشوی قطار (دستی و اتوماتیک)	Ventilation		64	1.5 Cfm/ft2
۱۱	سالن اصلی تعمیرات خط و سوزن و تعمیرات زیربنایی	Ventilation		64	1.5 Cfm/ft2
۱۲	سالن بادگیری قطار	Ventilation		64	1.5 Cfm/ft2
۱۳	سالن اصلی تعمیرات و پارک درزین	Ventilation		64	1.5 Cfm/ft2
۱۴	سالن اصلی تعمیرات و پارک ماشین امداد و نجات	Ventilation		64	1.5 Cfm/ft2
۱۵	فضای دیپوی مصالح و انبار عمومی	Ventilation		64	0.75 Cfm/ft2
۱۶	انبار مواد شیمیایی و خطرزا	77~86	30~65	50	---
۱۷	فضاهای اداری	75	30~55	72	---
	فضاهای کنترل و مانیتورینگ	65~72	30~55	65~72	---
	اتاق‌های سرور	65	30~55	65	---
	اتاق‌های باتری و UPS	86	30~55	65	1 c.f.m/charging Ampere Or Min:6 A.ch./hr
۱۸	اتاق‌های تابلو برق	86	30~55	65	---
	اتاق‌های باتری و UPS	86	30~55	65	1 c.f.m/charging Ampere Or Min:6 A.ch./hr
	اتاق‌های ترانسفورماتور	Ventilation		---	*
	اتاق‌های دیزل ژنراتور	Ventilation		---	Min:6 A.ch./hr
۱۹	ساختمان نگهبانی	75	30~55	72	---

ردیف	نام ساختمان	شرایط تابستان		شرایط زمستان	میزان تعویض هوا (Ventilation Rate)
		درجه حرارت (°f)	رطوبت نسبی (%)	درجه حرارت (°f)	
۲۰	اتاق کمپرسور هوا	104		Ventilation	---

* میزان تعویض هوای اتاق ترانسفورماتورها براساس سائز ترانس و شرایط آب و هوایی مکان دپو توسط طراح تعیین می گردد.

جدول ۳-۷- شرایط طرح داخل - مناطق با آب و هوای گرمسیر

ردیف	نام ساختمان	شرایط تابستان		شرایط زمستان	میزان تعویض هوا (Ventilation Rate)
		درجه حرارت (°f)	رطوبت نسبی (%)	درجه حرارت (°f)	
۱	سالن های تعمیرات اساسی و سنگین	86		64	---
۲	سالن های بازدید روزانه و تعمیرات دوره ای	86		64	---
۳	فضاهای کارگاهی و تعمیراتی سقف کوتاه	86	30~60	---	---
۴	فضاهای کارگاهی و تعمیراتی عمومی با سقف بلند	86		64	---
۵	سالن رنگ	86~95		---	---
۶	سالن آماده سازی سطح	75~86		---	---
۷	سالن تراش چرخ	86	30~60	64	---
	سایر فضاهای کارگاهی سالن	Ventilation		64	1.5 Cfm/ft2
۸	فضاهای اداری، رفاهی و خدماتی جنبی فضاهای صنعتی و تعمیرگاهی	75	30~55	72	---
۹	سالن توقفگاه و بازدید روزانه قطار	86		64	---
۱۰	سالن شستشوی قطار (دستی و اتوماتیک)	86		64	---
۱۱	سالن اصلی تعمیرات خط و سوزن و تعمیرات زیربنایی	86		64	---
۱۲	سالن بادگیری قطار	Ventilation		64	1.5 Cfm/ft2
۱۳	سالن اصلی تعمیرات و پارک درزین	86		64	---
۱۴	سالن اصلی تعمیرات و پارک ماشین امداد و نجات	86		64	---
۱۵	فضای دپوی مصالح و انبار عمومی	Ventilation		64	0.75 Cfm/ft2
۱۶	انبار مواد شیمیایی و خطرزا	77~86	30~65	Ventilation	Min:6 A.ch/hr
۱۷	ساختمان اداری و کنترل	75	30~55	72	---
		65~72	30~55	65~72	---
		65	30~55	65	---
		86	30~55	65	1 c.f.m/charging Ampere Or Min:6 A.ch./hr
۱۸	ساختمان پست برق و اتاق های تابلو برق	86	30~55	65	---

ردیف	نام ساختمان		شرایط تابستان		شرایط زمستان	میزان تعویض هوا (Ventilation Rate)
			درجه حرارت (°f)	رطوبت نسبی (%)		
	فضاهای جنبی آن	اتاق‌های باتری و UPS	86	30~55	65	1 c.f.m/charging Ampere Or Min:6 A.ch./hr
		اتاق‌های ترانسفورماتور	104		---	*
		اتاق‌های دیزل ژنراتور	Ventilation		---	Min:6 A.ch/hr
		ساختمان نگهداری		75	30~55	72
۲۰	اتاق کمپرسور هوا	104		Ventilation	---	

* میزان تعویض هوای اتاق ترانسفورماتورها براساس سائز ترانس و شرایط آب و هوایی مکان دپو توسط طراح تعیین می‌گردد.

۳-۵-۷- سیستم هوای فشرده

در بخش‌های مختلف دپو از جمله ساختمان پارکینگ، ساختمان شستشوی خودکار و نظافت قطار، سالن بادگیری، سالن‌ها و کارگاه‌های تعمیراتی، چال سرویس‌ها و سکویهای طبقاتی و ...، سیستم تامین هوای فشرده می‌باید پیش‌بینی گردد.

کاربرد هوای فشرده در سالن پارکینگ برای پرکردن مخزن هوای ناوگان (جهت تسریع در راه‌اندازی و اعزام ناوگان) و همچنین ابزارهای بادی مورد استفاده در بازدیدها و تعمیرات روزانه (داخل چال سرویس‌ها و سکویهای طبقاتی) می‌باشد. در کارگاه‌های تعمیراتی (ساختمان تعمیرگاه مرکزی، ساختمان تعمیرات چندمنظوره و ...)، سالن رنگ و سالن شستشوی خودکار نیز هوای فشرده برای تست ترمز قطارها، ابزارهای بادی، تجهیزات خط رنگ و تجهیزات شستشوی خودکار قطارها مورد استفاده قرار می‌گیرد. باتوجه به وسعت محوطه‌های دپو، سیستم مرکزی تولید و توزیع هوای فشرده توصیه نشده و پیشنهاد می‌شود برای تامین هوای فشرده هر ساختمان در داخل همان ساختمان یک اتاق کمپرسور (ترجیحاً دارای یک دیوار بیرونی به منظور تامین هوای تازه و دفع حرارت ناشی از کارکرد کمپرسور) و شبکه لوله‌کشی مناسب ساختمان در نظر گرفته شود.

موارد مهمی که در طراحی شبکه هوای فشرده و انتخاب کمپرسور می‌بایستی مد نظر قرار گیرد عبارتند از:

- فشار مورد نیاز برای شبکه هوای سالن پارکینگ براساس مشخصات ناوگان (۸ bar یا ۱۰ bar)
- ضروری است که این موضوع بر اساس مشخصات بهره‌برداری ناوگان در نظر گرفته شود.
- در سالن پارکینگ (در چال سرویس‌ها و سکویهای طبقاتی) شیرهای هوای فشرده در ترازهای مختلف کاری (تراز داخل چال سرویس، تراز بالای ۱۱۰+ سانتیمتر و تراز بالای ۳۶۰+ سانتیمتر) در دسترس باشد.

- ظرفیت کمپرسور هوا (F.A.D) براساس تراز (ارتفاع از سطح دریا) منطقه دیو و دمای هوای محل نصب تعیین گردد.
- در شبکه لوله کشی، برای لوله های افقی شیب مناسب جهت جمع آوری و تخلیه آب در نظر گرفته شود.

۳-۶- سیستم اعلام حریق

۳-۶-۱- سیستم اعلام حریق خودکار

- به منظور کسب اطلاع به موقع از وقوع حریق و اقدام سریع جهت اطفاء آن، برای فضاهای مختلف دیپوی ریلی از سیستم اعلام حریق خودکار آدرس پذیر متشکل از دتکتورهای دودی و حرارتی، شعله، بیم دتکتور، سیستم مکنده دود و کابل حرارتی خطی و داکت دتکتور استفاده می گردد. همچنین آژیر و زنگ اعلام حریق به همراه چراغ چشمک زن و شستی های فشاری به همراه تابلوی کنترل آدرس پذیر نیز جزئی از این سیستم می باشد.
- ساختمان ها بر اساس قابلیت سوختن مواد موجود، مقدار مواد قابل اشتعال، ارتفاع کالای انبار شده و نرخ حرارت آزاد شده به پنج دسته تقسیم می شوند.
- ساختمان ها بر اساس قابلیت سوختن مواد موجود، مقدار مواد قابل اشتعال، ارتفاع کالای انبار شده و نرخ حرارت آزاد شده به پنج دسته تقسیم می شوند:
- محیط کم خطر: ساختمان یا بخشی از آن که مقدار، قابلیت اشتعال و نرخ حرارت آزاد شده مواد موجود در آن کم باشد. ساختمان های اداری و مسکونی در این دسته قرار می گیرند.
 - محیط خطر معمولی، گروه یک: ساختمان یا بخشی از آن که قابلیت اشتعال مواد موجود در آن کم باشد، مقدار و نرخ حرارت آزاد شده مواد موجود در آن متوسط و ارتفاع مواد انبار شده از ۸ فوت کمتر باشد. مکان هایی مانند رستوران ها و پارکینگ ها در این کلاس هستند.
 - محیط خطر معمولی، گروه دو: ساختمان یا بخشی از آن که مقدار و قابلیت اشتعال مواد موجود در آن بالاتر از متوسط، نرخ حرارت آزاد شده مواد آن متوسط تا زیاد بوده و ارتفاع مواد انبار شده با نرخ حرارت بالا از ۲.۵ متر کمتر و ارتفاع مواد انبار شده با نرخ حرارت متوسط از ۳.۷ متر بیشتر نشود.
 - محیط پر خطر، گروه یک: ساختمان یا بخشی از آن که مقدار و قابلیت اشتعال مواد موجود در آن بسیار بالاست و نرخ حرارت آزاد شده و سرعت گسترش حریق در این گروه ناشی از ذرات معلق، بخارات و گازها زیاد است ولی مقدار مایعات قابل اشتعال در آن بسیار کم است. کارگاه های رنگ و آماده سازی پیش از رنگ در این گروه قرار می گیرند.

- محیط پر خطر، گروه دو: ساختمان یا بخشی از آن که در آن مایعات قابل احتراق و اشتعال در آن زیاد است. انبار رنگ، انبار روغن و مواد خطرزا، مخازن ذخیره گازوئیل برای موتورخانه و یا دیزل ژنراتور در این گروه قرار می‌گیرند.
- طراحی شبکه آب‌فشان (اسپرینکلر) شامل چگالی مورد نیاز و مساحت عملکرد آب‌فشان‌ها بایستی با توجه به دسته‌بندی ساختمان‌ها صورت پذیرد. همچنین نوع تصرف بر اساس تعاریف ذکر شده در دسته‌بندی ساختمان‌ها و جدول (۵-۳) تعیین شده و حداقل الزامات مطابق جدول (۶-۳) رعایت گردد.

جدول ۵-۳- دسته بندی تصرفات سه گانه

نوع ساختمان	کلاس تصرف
کاربری اداری، ارتفاع کمتر از ۲۳ متر و مساحت کمتر از ۴۸۳۰ متر مربع	S1
کاربری اداری، ارتفاع کمتر از ۲۳ متر و مساحت از ۴۸۳۰ تا ۱۰۰۰۰ متر مربع	S2
کاربری اداری، ارتفاع کمتر از ۲۳ متر و مساحت ۱۰۰۰۰ متر مربع و بیشتر	S3
کاربری اداری، ارتفاع از ۲۳ تا ۳۰ متر و مساحت کمتر از ۴۸۳۰ متر مربع	S2
کاربری اداری، ارتفاع از ۲۳ تا ۳۰ متر و مساحت ۴۸۳۰ متر مربع و بیشتر	S3
کاربری اداری، ارتفاع بیش از ۳۰ متر	S3
کاربری صنعتی و انبار کم خطر و خطر معمولی و مساحت کمتر از ۱۰۰۰ متر مربع	S2
کاربری صنعتی و انبار خارج از شرایط ردیف فوق	S3

جدول ۶-۳- حداقل الزامات سیستم اطفای حریق تصرفات سه گانه

ردیف	شرح	تصرف S1	تصرف S2	تصرف S3
۱	پایش سطح مخزن آب و ارسال سیگنال خطا به سیستم اعلام	✓	✓	✓
۲	شیر قطع کن از نوع OS&Y ابتدای رایزر	-	✓	✓
۳	شیر قطع کن از نوع OS&Y در خط مکش پمپ	-	✓	✓
۴	شیر قطع کن مجهز به نشانگر و قابلیت ارسال سیگنال نظارت در متعلقات ابتدای خط اسپرینکلر	-	✓	✓
۵	زنگ هشدار مکانیکی در ابتدای رایزر	-	-	✓
۶	طراحی سیستم به روش محاسبات هیدرولیکی	-	-	✓
۷	فلوسوئیچ	فهرست شده	فهرست شده	فهرست شده
۸	شیرهای یکطرفه متعلقات ابتدای خط	استاندارد	فهرست شده	فهرست شده
۹	سایر شیرهای یکطرفه	استاندارد	استاندارد	استاندارد
۱۰	شیرهای قطع کن متعلقات ابتدای خط	استاندارد	فهرست شده	فهرست شده

۱۱	شیر قطع کن OS&Y	-	فهرست شده	فهرست شده
۱۲	پمپ و شیرآلات و متعلقات مربوطه	استاندارد	استاندارد	فهرست شده
۱۳	پرشر سوئیچ پمپ	استاندارد	فهرست شده	فهرست شده
۱۴	شیرآلات داخل جعبه (۱-۱/۲ اینچ و ۳/۴ اینچ)	استاندارد	استاندارد	استاندارد
۱۵	اتصال شیر به شیلنگ داخل جعبه	استاندارد	استاندارد	استاندارد
۱۶	شیلنگ	استاندارد	استاندارد	فهرست شده
۱۷	اسپرینکرها	فهرست شده	فهرست شده	فهرست شده
۱۸	مانومترها	استاندارد	استاندارد	استاندارد
۱۹	نازل شیلنگ	-	-	فهرست شده
۲۰	خاموش کننده دستی	استاندارد	استاندارد	استاندارد

ضروری است که تابلوی کنترل مرکزی سیستم اعلام حریق از نوع آدرس پذیر و دارای باتری پشتیبان بوده و محل نصب آن در مرکز کنترل دپو بوده و دارای یک تکرارکننده در بخش آتش نشانی و یا نگهبانی باشد. جانمایی این تابلو می باید بنحوی بوده که در کلیه ساعات شبانه روز تابلوی مذکور قابل بازدید و در دسترس باشد. توصیه اکید می گردد که این تابلو به کمک ارتباط مستقیم و خودکار با مرکز تلفن، به مرکز آتش نشانی شهر نیز متصل باشد.

نوع دتکتورها بر اساس نوع مواد آتش زای موجود در هر فضا و هم چنین مشخصات هندسی فضای مربوطه انتخاب می گردند. نوع دتکتورهای اتوماتیک اعلام حریق در فضاهای مختلف مطابق جدول ذیل انتخاب می گردد^۱:

جدول ۳-۸- نوع دتکتورهای اعلام حریق برای فضاهای مختلف

نوع دتکتور اتوماتیک اعلام حریق							ردیف	شرح فضا
داکت دتکتور	کابل حرارتی	دتکتور حرارتی	دتکتور مکنده	دتکتور شعله ای	بیم دتکتور	ترکیبی (دودی- حرارتی)		
						*	۱	فضاهای اداری
			*			*	۲	اتاق دیتا سنتر
	*	*		*			۳	اتاق ترانسفورماتور
						*	۴	اتاق تابلوهای برق
						*	۵	کارگاه های برق- الکترونیک
						*	۶	موتورخانه
						*	۷	کارگاه الکتروموتور
						*	۸	آرشیو مدارک فنی
						*	۹	کارگاه ورقکاری و فلز و ماشین کاری
						*	۱۰	کارگاه تزئینات و بدنه
						*	۱۱	کارگاه جوشکاری
						*	۱۲	اتاق های پست کشش و LPS

^۱ در ردیف هایی که به بیش از یک نوع دتکتور اشاره شده است، نظر طراح با توجه به شرایط فضای مربوطه ملاک انتخاب نوع دتکتور خواهد بود

نوع دتکتور اتوماتیک اعلام حریق							شرح فضا	ردیف
داکت دتکتور	کابل حرارتی	دتکتور حرارتی	دتکتور مکند	دتکتور شعله‌ای	بیم دتکتور	ترکیبی (دودی - حرارتی)		
						*	فضاهای کنترل و مانیتورینگ	۱۳
						*	باتری خانه	۱۴
						*	اتاق‌های تاسیسات	۱۵
			*	*	*	*	انبارها	۱۶
						*	موتورخانه آسانسور	۱۷
						*	چال آسانسور و کابین	۱۸
*							هواسازها	۱۹
		*					آبدارخانه	۲۰
					*	*	سالن‌های تعمیراتی	۲۱
				*		*	سالن رنگ و سند بلاست	۲۲
					*		سالن بادگیری	۲۳
	*						کانالهای عبور کابل	۲۴

توصیه می‌گردد که کلیه کابل‌کشی‌های مربوطه بوسیله کابل مقاوم در برابر حریق^۱ و به صورت شیلددار انجام شود. از لوله فلزی گالوانیزه نیز به عنوان غلاف کابل لازم است استفاده شود. ضروریست که رعایت تداخلات سیستم اعلام حریق با سیستم‌های HVAC, BMS, PA, ACS, CCTV نیز در نظر گرفته شود.

۳-۶-۲- ایمنی در مقابل حریق

در صورت بروز حریق، سیستم اعلام حریق می‌باید متناسب با شرایط، با یک یا چند مورد از سیستم‌های کنترل مذکور ارتباط برقرار نماید. این ارتباط از طریق سیستم مدیریت ساختمان (BMS) صورت می‌پذیرد. در صورتی که یک ناحیه مجهز به دوربین مدار بسته باشد، سیستم CCTV می‌تواند ناحیه در حال حریق را نشان دهد تا امکان تایید دیداری حریق توسط اپراتور میسر شود. در صورتیکه فضای در حال حریق دارای کنترل دسترسی باشد، می‌باید سیستم ACS قفل‌های خودکار فضاهای مرتبط را باز نماید.

در هنگام حریق از طریق ارتباط سیستم اعلام حریق با سیستم اعلام عمومی، لازم است تا امکان پخش اعلانات از پیش ضبط شده برای کارکنان جهت هشدار دادن به آنها از وقوع شرایط جدید یا در صورت لزوم تخلیه یک ساختمان یا سالن خاص میسر می‌گردد.

² Fire Resistant Cable

در صورتی که سالنی از دپو مجهز به سیستم تهویه و خروج دود باشد، سیستم اعلام حریق بطور مستقیم و نیز با نظارت BMS می‌باید با سیستم تهویه جهت کنترل تجهیزات تهویه و تخلیه دود ارتباط برقرار نماید. البته با توجه به نوع سیستم تهویه سالن‌های دپو، موضوع فوق بیشتر مخصوص ساختمان مرکز کنترل دپو می‌باشد.

پانل کنترل آسانسور ساختمان مرکز کنترل دپو، می‌باید با سیستم اعلام حریق دپو از طریق اینترفیس در ارتباط بوده تا در شرایط حریق امکان کنترل آن (حرکت به طبقه از پیش تعریف شده) وجود داشته باشد.

۳-۶-۲-۱- شبکه تامین و توزیع آب

لازم است تأمین آب مورد نیاز سامانه اطفای حریق آبی دپو، دو منبع مجزای تأمین آب مطمئن و با ظرفیت کافی در نظر گرفته شود. همچنین مجموعه‌ای از تعداد کافی شیر هیدرانت و با موقعیت مناسب بر اساس مقررات سازمان‌های ملی و یا استانداردهای بین‌المللی می‌باید پیش‌بینی شود.

۳-۶-۲-۲- خروجی‌های اضطراری

خروجی‌های اضطراری برای تمامی ساختمان‌های دپو، محدوده انبارها و محوطه می‌باید در نظر گرفته شود. همچنین:

- دسترسی به هر ساختمان می‌باید از طریق راه‌های اصلی میسر باشد.
- دسترسی به محدوده دپو و ساختمان‌های تعمیراتی می‌باید طوری در نظر گرفته شود که امکان تردد امداد و نجات توسط مجموعه‌های شهری از طریق راه‌های با عرض معبر مناسب میسر گردد.
- بر این اساس روسازی راه‌های دسترسی به دپو بایستی قابلیت بهره‌برداری در هر شرایط آب و هوایی را دارا باشند و حداقل عرض معبر ۶ متر و در پیچ‌ها ۸ متر پیشنهاد می‌گردد تا امکان عبور ماشین‌های عملیاتی میسر باشد. توصیه اکید می‌گردد که جاده‌های دسترسی به صورت بن بست پیش‌بینی نگردند.
- با توجه به ابعاد ساختمان‌های تعمیرگاهی و پشتیبانی، ضروری است که علاوه بر درب‌های ورودی و خروجی ساختمان‌ها، درب‌های خروج اضطراری با فواصل توصیه شده در استاندارد NFPA و مباحث مقررات ملی ساختمان و مقررات سازمان آتش‌نشانی ملی، پیش‌بینی گردد.
- روشنایی اضطراری می‌باید برای تمامی خروجی‌ها و خروجی‌های اضطراری ساختمان‌های تعمیراتی لحاظ شود.

۳-۶-۲-۳- سیستم‌های تخلیه فاضلاب

در فضاهایی که پتانسیل وقوع حریق و یا انفجار وجود دارد، استفاده از لوله‌کشی قابل سوختن، مجاز نمی‌باشد.

چربی‌گیرها، تله‌های روغن و ماسه‌گیرها می‌باید برای تمامی شبکه‌هایی که فاضلاب را از کف کارگاه‌های تعمیرات جمع‌آوری می‌کنند، لحاظ شود تا روغن و گریس‌های مضر برای شبکه فاضلاب عمومی تفکیک شده و مخاطرات حریق آنها برای ساختمان کنترل شود. می‌باید فضای کافی برای نگهداری و تعمیرات و تخلیه تجهیزات مذکور لحاظ شود.

۳-۶-۲-۴- کف ساختمان‌ها

لازم است که مواد استفاده شده به منظور ضد لغزش نمودن کف کارگاه‌های تعمیراتی و انبارها می‌باید از مواد غیر قابل سوختن و شعله‌وری انتخاب شوند.

۳-۶-۲-۵- سقف‌ها

پوشش سقف‌ها بایستی منطبق بر استانداردهای ملی و بین‌المللی بوده و آزمایش‌های مورد نیاز در خصوص آن صورت پذیرد. براین اساس ضروری است که از مواد غیر قابل اشتعال و شعله‌وری (کند سوز) استفاده شوند.

۳-۶-۲-۶- چال‌های تعمیراتی

نظر به اینکه مایعات قابل سوختن و یا مواد خطرزا در محدوده چال‌های تعمیراتی وجود داشته باشد؛ این فضاها می‌باید بر اساس استانداردهای ویژه نظیر NEC و یا موارد مندرج در ذیل طراحی و ساخته شود.

- دیوارها و کف چال‌ها بایستی با استفاده از مصالح بنایی و یا بتن ساخته شود.
- هر چال می‌باید حداقل دو خروجی داشته باشد. توصیه می‌گردد که پله‌ها از نوع بتنی ساخته تا در مقابل حریق مقاومت بیشتری داشته باشند.
- روشنایی اضطراری بایستی برای تمامی چال‌ها در نظر گرفته شود تا مسیر و امکان فرار میسر باشد.

۳-۶-۲-۷- سیستم‌های تهویه

توصیه می‌شود طراحی و اجرای سیستم تهویه مکانیکی عمومی ساختمان‌های تعمیراتی بر اساس استاندارد NFPA 90A صورت پذیرفته و سیستم تهویه‌ای که برای حذف بخارها و ذرات معلق قابل احتراق طراحی می‌گردد، می‌باید منطبق بر استاندارد NFPA 91 باشد.

سیستم تهویه فضاهایی که به منظور شارژ و تعمیرات باتری اختصاص می‌یابد، می‌باید بر اساس استاندارد NFPA 91 طراحی شده و هوای خروجی آن به فضای خارجی تخلیه شده و میزان تعویض هوا به نحوی باشد تا بیشینه غلظت گاز هیدروژن همواره کمتر از حد پایینی انفجار هیدروژن باشد. سیستم تأمین قدرت فن‌های تهویه می‌باید مجهز به سنسورهای کنترل جریان هوا بوده و این مجموعه با سیستم شارژ باتری اینترلاک داشته باشد. توصیه می‌گردد زمانیکه

فیدر تأمین قدرت فن‌ها بی‌برق است و یا میزان دبی خروجی از داکت تهویه کمتر از میزان طراحی است، از شارژ باتری‌ها جلوگیری شود.

۳-۷- سیستم اطفاء حریق

با توجه به تنوع کاربری ساختمان‌های موجود در سایت دپو، طراحی سیستم‌های اطفاء حریق باید متناسب با کاربری ساختمان‌های دپو باشد. سیستم‌های متداول جهت اطفاء حریق به شرح زیر می‌باشد:

۳-۷-۱- شبکه لوله‌کشی آب آتش‌نشانی ایستاده (Stand Pipe)

این سیستم شامل یک شبکه لوله‌کشی آب در داخل ساختمان‌ها است که از شبکه لوله‌کشی آب آتش‌نشانی محوطه تغذیه می‌گردد. شبکه داخلی شامل یک خط لوله اصلی و تعبیه جعبه‌های آتش‌نشانی و شیلنگ قرقره در طبقات و با فواصل مختلف جهت پوشش سطح زیربنای تحت حفاظت می‌باشد.

جعبه‌های آتش‌نشانی منظور شده در ساختمان‌های اداری و رفاهی و خدماتی و نیز بخش‌های خدماتی و اداری جنبی ساختمان‌های صنعتی و تعمیرگاهی، مطابق استاندارد NFPA14 باید از کلاس II و در سالن توقفگاه، سالن تعمیرات و سایر ساختمان‌های صنعتی و تعمیراتی و نیز ساختمان‌های انبار و دپوی مصالح، باید از کلاس III باشند که بر این اساس قطر لوله اصلی برای شبکه جعبه‌های کلاس II، ۴ اینچ و برای شبکه جعبه‌های کلاس III، ۶ اینچ بوده و سائز انشعابات جعبه‌ها به ترتیب ۱/۲ و ۲/۲ اینچ در نظر گرفته می‌شوند.

بنابر استاندارد NFPA14، فشارکار شبکه برای جعبه‌های کلاس II، 65psi (4.5 bar) و برای جعبه‌های کلاس III، 100 psi (6.9 bar) در نظر گرفته می‌شود، ولی با توجه به بند (۵-۷) استاندارد NFPA14 که برای جعبه‌های آتش‌نشانی کلاس III، حداقل فشار 65psi نیز مجاز اعلام گردیده، لذا فشارکار کل شبکه‌های آب آتش‌نشانی کلیه ساختمان‌ها و سالن‌ها 65psi (4.5 bar) در نظر گرفته خواهد شد.

همچنین طبق بند ۷ استاندارد "NFPA14"، حداقل زمان لازم به منظور محاسبه میزان آب ذخیره در مخزن جهت اطفاء حریق حداقل ۳۰ دقیقه عنوان گردیده است که در می‌باید در محاسبات مد نظر قرار گیرد.

۳-۷-۲- کپسول‌های آتش‌نشانی قابل حمل

از آنجایی که از آب نمی‌توان جهت اطفای حریق‌های کلاس B و C (مایعات قابل اشتعال و تجهیزات الکتریکی) استفاده کرد لذا در هنگام وقوع آتش‌سوزی و تا زمان حضور اکیپ‌های آتش‌نشانی در محل، می‌بایستی اقدام به کنترل آتش نموده و از پیشرفت آن جلوگیری کرد.

بدین منظور در کنار استفاده از جعبه‌های آتش‌نشانی و شیلنگ قرقره، لازم است کپسول‌های آتش‌نشانی قابل حمل پودر خشک و گاز و همچنین CO2 نیز در فواصل مناسب و در محفظه‌های پوشیده نصب و مورد استفاده قرار گیرند.

۳-۷-۳- شبکه لوله کشی آتش نشانی آبپاش (اسپرینکلر)

سیستم اطفای حریق آبپاش (اسپرینکلر) متشکل از یک سیستم لوله کشی متصل به یک منبع تأمین آب است که لوله ها در زیر سقف و یا بر روی دیوارها اجرا شده و آبپاش ها به فواصل مناسب (براساس نوع فضاها) به روی لوله ها نصب می گردند. هنگام بروز آتش سوزی، حرارت ایجاد شده موجب تخریب المنت دمایی حساس سر آبپاش (اسپرینکلر) شده و آب به شکل پودری روی آتش پاشیده می شود.

در نوع دیگر آبپاش اتوماتیک، از المنت دمایی حساس استفاده نمی شود و شبکه و لوله آتش نشانی هر فضا توسط یک شیر برقی که از یک دتکتور حرارتی و یا دودی فرمان می گیرد، تغذیه می شود.

حداکثر فاصله آبپاش ها و سطح زیر بنایی که توسط یک آبپاش (اسپرینکلر) تحت پوشش قرار می گیرد، بر حسب دسته بندی فضاها از نظر شدت خطر آتش سوزی متفاوت است.

سیستم آبپاش اتوماتیک معمولاً برای فضاهایی که احتمال آتش سوزی کلاس A در آنها بیشتر بوده و از درجه خطرپذیری بیشتری برخوردار باشند و نیز سرعت عمل در اطفای حریق در آنها مهم است، مورد استفاده قرار می گیرد.

۳-۷-۴- سیستم اطفای حریق اتوماتیک گازی

سیستم های اطفاء حریق اتوماتیک گازی مورد استفاده جهت فضاهای دپو را می توان به دو گروه کلی شامل خانواده گازهای پاک (clean agent) و گاز CO₂ تقسیم بندی نمود. خانواده گازهای پاک (clean agent) را نیز می توان به دو گروه گازهای هالوکربن (Halocarbon) و گروه گازهای بی اثر (Inert Gas) دسته بندی کرد.

۳-۷-۴-۱- گروه گازهای هالوکربن (Halocarbon)

گروه گازهای هالوکربن، شامل گازهای شیمیایی می باشد که در ترکیب خود عناصری مانند Fluorine, Chlorine دارند. از مهمترین گازهای این خانواده می توان به گاز FM200 اشاره نمود.

گاز FM 200 (HFC 227ea) یک عامل مؤثر، پاک و ایمن جهت اطفای حریق خودکار، از خانواده هالوکربن ها می باشد و می توان از آن به صورت کاملاً اتوماتیک در محیط های مختلف و همینطور فضاهای عمومی که افراد حضور دارند نیز (به علت عدم ایجاد خفگی) استفاده نمود. در شرایط عادی FM200 گازی بی رنگ و بی بو و با چگالی تقریبی ۶ برابر بیشتر از هوا است. این گاز رسانای الکتریکی نبوده و جهت اطفای حریق های ناشی از مایعات قابل اشتعال، گازهای قابل اشتعال و تجهیزات الکتریکی (حریق کلاس B و C) طراحی شده است.

گاز FM 200 حریق را بوسیله جذب گرما از آتش (خنک کردن) و تأثیر شیمیایی بر واکنش زنجیره ای شعله، اطفاء می کند. این گاز دارای ذرات بجای مانده و یا حالت روغنی نمی باشد، لذا پس از انجام عملیات اطفاء نیازی به تمیزکاری محیط نیست.

۳-۷-۴-۲- گروه گازهای بی اثر (Inert Gas)

گروه گازهای بی‌اثر شامل گازهای خنثی بوده که در اتمسفر بصورت عادی وجود داشته و شامل ترکیب گازهایی چون آرگون و نیتروژن بوده و از مهمترین گازهای این خانواده می‌توان به گاز IG55 اشاره نمود. گاز IG55 ترکیبی از دو گاز طبیعی بی‌اثر آرگون به میزان ۵۰ درصد و نیتروژن به میزان ۵۰ درصد است و دارای چگالی مشابه هوا بوده و تاثیری بر گرم شدن زمین و اثرات مخرب بر لایه ازن ندارد. گاز IG55 در برابر تمام حریق‌های ناشی از مواد قابل سوختن، مایعات، گازهای قابل اشتعال و مخصوصاً تجهیزات الکتریکی موثر است. این گاز جهت اطفای حریق در محیط‌هایی که نیاز به یک عامل خاموش‌کننده پاک و غیررسانای الکتریکی بوده مفید است.

این گاز به روش کاهش میزان غلظت اکسیژن در محیط (به میزان ۱۰ الی ۱۴ درصد) حریق را اطفاء می‌نماید. در این شرایط میزان اکسیژن جهت ادامه حیات افراد برای یک مدت کوتاه کافی می‌باشد و به همین دلیل استفاده از گاز IG55 در محیط‌های عمومی که افراد حضور دارند، بی‌خطر می‌باشد. این گاز دارای ذرات بجای مانده و یا حالت روغنی نمی‌باشد، لذا پس از انجام عملیات اطفاء نیازی به تمیزکاری محیط نیست.

۳-۷-۳- گاز CO2

از سیستم اطفاء اتوماتیک گازی CO2 جهت اطفای حریق‌های ناشی از مواد قابل اشتعال، مایعات و گازهای قابل اشتعال و تجهیزات الکتریکی (کلاس B و C) استفاده می‌شود. گاز CO2 بواسطه کاهش میزان اکسیژن در محیط، حریق را اطفاء می‌کند.

همچنین در فضاهایی که جهت خاموش کردن حریق، مقدار زیادی از گاز CO2 انباشته شده است، اکسیژن به میزان کافی جهت تنفس و ادامه حیات افراد وجود نداشته و بنابراین ورود و یا توقف در محیطی که گاز CO2 در آن تخلیه شده است خطرناک بوده و منجر به مرگ افراد خواهد شد. لذا این عامل جهت اطفاء حریق محیط‌هایی که در آنها افراد به صورت دائم مشغول به کار بوده مناسب نمی‌باشد. این گاز غیرخورنده بوده و دارای ذرات بجا مانده و یا حالت روغنی نمی‌باشد، به همین دلیل پس از انجام عملیات اطفاء نیاز به تمیزکاری محیط نیست.

۳-۷-۵- جدول انتخاب نوع سیستم آتش‌نشانی

با توجه به نوع کاربری فضاهای موجود در دپوی قطار شهری، انتخاب نوع سیستم آتش‌نشانی جهت پوشش فضاهای مذکور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. انتخاب نوع سیستم اطفاء حریق به تفکیک هر یک از فضاها مطابق با جدول ذیل می‌باشد.

با استناد به استاندارد بین‌المللی NFPA جهت اطفای حریق اتوماتیک در اتاق‌های دیزل ژنراتور، اتاق‌های ترانسفورماتور و نیز اتاق‌های پمپاژ (ردیف‌های ستاره‌دار جدول ذیل)، می‌توان از هر یک از سیستم‌های آبی و یا گازی در جدول ذیل استفاده نمود. لذا انتخاب نهایی نوع سیستم توسط طراح انجام خواهد شد.

جدول ۳-۹- سیستم‌های آتش‌نشانی بر اساس نوع کاربری فضاهای دیپو قطار شهری

ردیف	نام فضا	Fire Class	Manual Fire Suppression		Automatic Fire Suppression	
			Fire Box	Portable Fire Extinguisher	Water Base	Gas Base
۱	سالن‌های تعمیرات اساسی و سنگین	A , B , C	✓	✓	---	---
۲	سالن‌های بازدید روزانه و تعمیرات دوره‌ای	A , B , C	✓	✓	---	---
۳	فضاهای کارگاهی و تعمیراتی سقف کوتاه	A , C	✓	✓	---	---
۴	فضاهای کارگاهی و تعمیراتی عمومی با سقف بلند	A , C	✓	✓	---	---
۵	سالن رنگ	A , C	✓	✓	✓ Foam - Water	---
۶	سالن آماده سازی سطح	A , B , C	✓	✓	---	---
۷	سالن تراش چرخ	A , C	✓	✓	---	---
۸	فضاهای اداری، رفاهی و خدماتی جنبی فضاهای صنعتی و تعمیرگاهی	A , C	✓	✓	---	---
۹	سالن توقفگاه و بازدید روزانه قطار	A , B , C	✓	✓	✓ Sprinkler	---
۱۰	سالن شستشوی قطار (دستی و اتوماتیک)	A , C	✓	✓	---	---
۱۱	سالن اصلی تعمیرات خط و سوزن و تعمیرات زیربنایی	A , B , C	✓	✓	---	---
۱۲	سالن بادگیری قطار	A , C	✓	✓	---	---
۱۳	سالن اصلی تعمیرات و پارک درزین	A , B , C	✓	✓	---	---
۱۴	سالن اصلی تعمیرات و پارک ماشین امداد و نجات	A , B	✓	✓	---	---
۱۵	فضای دیپو مصالح و انبار	A , B , C	✓	✓	---	Area < 3000 ft2

Automatic Fire Suppression		Manual Fire Suppression		Fire Class	نام فضا		ردیف
Gas Base	Water Base	Portable Fire Extinguisher	Fire Box				
---	✓ Sprinkler	✓	✓	A , B , C	Area ≥ 3000 ft2	عمومی	
---	✓ Foam - Water	✓	✓	A , B	انبار مواد شیمیایی و خطرزا		۱۶
---	---	✓	✓	A , C	فضاهای اداری	ساختمان اداری و کنترل	۱۷
✓ Clean Agents	---	✓	---	A , C	فضاهای کنترل و مانیتورینگ		
✓ Clean Agents	---	✓	---	A , C	اتاق‌های سرور و دیتا سنتر		
✓ Clean Agents	---	✓	---	B , C	اتاقهای باتری و UPS		
✓ Clean Agents Or CO2	---	✓	---	C	اتاقهای تابلو برق	ساختمان پست برق و فضاهای جنبی آن	۱۸
✓ Clean Agents	---	✓	---	B , C	اتاق‌های باتری و UPS		
✓ Clean Agents	✓ Water Spray	✓	---	C	اتاق‌های ترانسفورماتور*		
✓ Clean Agents	✓ Water Spray Or Foam - Water	✓	---	B , C	اتاق‌های دیزل ژنراتور*		
---	---	✓	---	A , C	ساختمان نگهبانی		۱۹
---	---	✓	---	A , B , C	اتاق‌های تاسیساتی (موتورخانه، اتاق هواساز و ...)		۲۰
---	---	✓	✓	A , B , C	کارگاه باتری		۲۱
✓ Clean Agents	✓ Water Spray Or Foam – Water Or Sprinkler	✓	---	B , C	اتاق پمپاژ *		۲۲
---	---	✓	✓	A , C	اتاق کمپرسور هوا		۲۳

۳-۸- مخازن ذخیره و پمپ خانه اطفای حریق

گنجایش و ارتفاع مفید مخزن می باید به نحوی تعیین شود که پاسخگوی بیشینه نیاز آبی زون های مختلف باشد. حجم ذخیره شده مخزن به اضافه حجم آبی که به صورت مطمئن و خودکار از منابع آب در حین فرآیند اطفاء قابل تأمین است، می باید برابر با میزان آب مورد نیاز (دبی × زمان عملیات) باشد.

حداقل زمان پشتیبانی سیستم اطفاء می باید بر اساس مقررات ملی و استانداردهای بین المللی و با در نظر گرفتن فاصله دپو تا ایستگاه آتش نشانی تعیین شود. لیکن توصیه می شود حداقل زمان برای مخزن ذخیره از ۳۰ دقیقه کمتر نگردد. موقعیت مخازن آتش نشانی می باید به نحوی انتخاب شود که از آسیب های ناشی از حریق در سایت کاملاً ایمن باشد.

طراحی مصالح ساخت مخزن و سازه مخزن می باید بر اساس استانداردهای مخازن ذخیره آتش نشانی NFPA 22 صورت پذیرد.

چنانچه در پمپ‌خانه آتش‌نشانی، دیزل پمپ و مخزن سوخت روزانه نصب شده باشد، می‌باید این فضا مطابق گروه فضاهای "محیط پر خطر-گروه دو" طراحی شده و شبکه آب‌فشان (اسپرینکلر) متناسب پیش‌بینی شود.

چنانچه پمپ‌خانه آتش‌نشانی تنها شامل پمپ‌های الکتریکی باشد، می‌باید این فضا مطابق گروه فضاهای "محیط خطر معمولی-گروه یک" طراحی شده و شبکه آب‌فشان (اسپرینکلر) متناسب پیش‌بینی شود.

پمپ‌خانه آتش‌نشانی و راه‌های دسترسی به آن می‌باید به نحوی جانمایی و طراحی شود که دسترسی به آن در شرایط بحران به سهولت ممکن بوده و از حوادث ناشی از حریق سایت محفوظ باشد. در این راستا بهتر است پمپ‌خانه در طبقه همکف با دسترسی از بیرون ساختمان لحاظ شود.

فضای پمپ‌خانه از بخش‌های دیگر می‌باید به نحو مطلوب تفکیک و محافظت شود. در این راستا توصیه می‌گردد که پمپ‌خانه را در فاصله ۵۰ فوت (معادل ۱۵.۳ متر) از سایر فضاها اجرا نمود و در غیر اینصورت می‌باید پمپ‌خانه با سازه‌ای که مقاومت حریق آن ۲ ساعت است از سایر بخش‌ها تفکیک شود (در صورتیکه پمپ‌خانه و ساختمان تحت پوشش کامل شبکه آب‌فشان (اسپرینکلر) باشند، مقاومت حریق ۱ ساعت قابل قبول است).

تجهیزاتی که مربوط به سیستم اطفای حریق نبوده و مخاطرات وقوع حریق را افزایش می‌دهند (نظیر بویلرها)، نباید در فضای پمپ‌خانه آتش‌نشانی جانمایی گردند.

فضای پمپ‌خانه آتش‌نشانی می‌باید به نحوی طرح شود که تمامی تجهیزات سیستم اطفای حریق به نحو مطلوب در آن جانمایی شوند و فواصل مناسب مابین اجزاء با یکدیگر و اجزاء با دیوارهای ساختمانی بر اساس الزامات نصب و تعمیر تجهیزات لحاظ شود. همچنین فواصل مابین المان‌های برقی و سایر تجهیزات بر اساس NFPA 70 رعایت شده و الزامات لوله‌کشی پمپ‌ها نیز پوشش داده شود.

یک روش مطمئن برای گرمایش فضای پمپ‌خانه می‌باید طراحی و تأمین شود تا دمای آن را همواره بالاتر از ۴ درجه سانتیگراد حفظ نماید. شایان ذکر است دمای مذکور حداقل دمای اتاق بوده تا فاصله مناسب تا نقطه انجماد آب را رعایت نموده و نواسانات و تفاوت دمایی نقاط مختلف اتاق، منجر به بروز آسیب نشود و چنانچه عملکرد مطلوب تجهیزات نیازمند دمای بالاتری باشد؛ طرح سیستم گرمایش بر اساس دمای مذکور خواهد بود.

علاوه بر اینکه روشنایی نرمال برای اتاق پمپ‌خانه طراحی و تأمین می‌گردد، می‌باید روشنایی اضطراری با توجه به الزامات ذیل نیز پیش‌بینی شود:

- سیستم پشتیبان برق اضطراری بایستی توان مورد نیاز سیستم روشنایی را حداقل برای ۲ ساعت

تأمین نماید و اتصال چراغ‌های اضطراری به باتری‌های راه‌انداز موتورهای مجاز نیست.

تهویه پمپ‌خانه می‌باید مورد توجه ویژه قرار گیرد و الزامات احتراق موتورهای احتراق داخلی، زدودن گرمای اضافی آنها از محیط، حداقل تعویض مورد نیاز فضای پمپ‌خانه با توجه به وجود مخزن سوخت روزانه و یا باتری و ... پیش‌بینی شود.

فضای پمپ‌خانه می‌باید خشک و عاری از یخ زدگی باشد و سیستم فاضلاب اتاق به نحوی طراحی شود که تجهیزات حساس مانند موتورها و ... را در مقابل تجمع آب محافظت نماید.

۳-۹- فصل مشترک^۱ دپو

دپوها به عنوان یک مجموعه صنعتی است که سطح زیادی از زمین را اشغال می‌کند و نیازمند به تاسیسات پشتیبانی متنوع که حتماً با اراضی اطراف و تاسیسات شهری یا بین شهری مجاور خود دارای فصل مشترک می‌باشد. بر این اساس ضروری است، ملاحظات و الزامات اینترفیسی دپو با شبکه‌های ذیل از طرف طراحان مورد بررسی و پایش قرار گیرد:

- اراضی اطراف دپو
- خط اصلی شامل: مشخصات و محل ریل ورودی، سیستم سیگنالینگ، شبکه کنترل و رادیویی و برق تراکشنی
- ارتباط جاده‌ای دپو با شبکه راههای دسترسی اطراف آن
- شبکه گاز شهری/بین شهری
- شبکه فاضلاب شهری
- شبکه مخابرات شهری/بین شهری
- شبکه برق شهری/بین شهری
- خطوط لوله آب شهری/بین شهری

با توجه به وسعت زمین دپو و پارکینگ‌های راه‌آهن شهری، به طور معمول محدوده زمین انتخاب شده با اراضی اطراف تداخلاتی مشتمل بر جاده‌های اطراف و جاده اصلی دسترسی به دپو، پلاک ثبتی مالکان شخصی، حریم سبز شهری را دارد. لذا ضروری است که حین طراحی و تعیین دقیق محدوده زمین، ملاحظات مربوط به این موارد مورد بررسی قرار گیرد. به منظور جلوگیری از اتصال (همسایگی) مستقیم فنس و یا دیوار اطراف دپو با سایر اراضی اطراف توصیه می‌گردد که خارج از مرز دپو (فنس کشی و یا دیوارکشی اطراف دپوها) فاصله مناسبی از سایر اراضی جهت تعیین محدوده زمین دپو، مد نظر قرار گیرد.

یکی دیگر از مهمترین مسائل مطرح در اینترفیس دپو و پارکینگ‌ها، نقطه اتصال شبکه ریلی خط اصلی با دپو به عنوان محل ورود/خروج ناوگان می‌باشد. مشخصات ریل، طرح هندسه خطوط و نوع روسازی ریلی خط اصلی و دپو می‌باید به صورت یکپارچه طراحی گردد. این امر باعث حضور به موقع قطار در ایستگاه ترمینالی در شروع بهره‌برداری و یا بهنگام تغییر در سرفاصله زمانی اعزام قطارها است. متقابلاً دپو نیز مرکز پذیرش قطار در ایستگاه کاری مناسب آن بوده تا بتوان سرویس‌های روزانه و یا تعمیراتی قطار را به موقع و مطابق برنامه‌ریزی به انجام رساند. در تمامی دپوها در یک یا چند بازه زمانی مشخص، اعزام و قبول قطارها با ظرفیت اسمی پیش‌بینی شده صورت می‌گیرد. بنابراین ضروری است که طراحی یک دپو با مدنظر قرار دادن انعطاف‌پذیری در پذیرش قطار، ریسک انباشت قطارها در محدوده پذیرش را

کاهش دهد. انجام این مهم به منزله مدیریت صحیح گردش قطارها و اعزام و قبول قطارها از خط اصلی به دپو و برعکس می‌باشد.

قطاری که از خط اصلی به دپو وارد می‌شود تحت کنترل، هدایت و نظارت سیستم سیگنالینگ در خط اصلی می‌باشد. پس از آن سیستم‌های نصب شده در دپو و تیم کنترلی خاص مستقر در دپو عهده‌دار کنترل و نظارت سیر قطار خواهند بود. لذا سازندگان و تامین‌کنندگان سیستم‌های سیگنالینگ می‌باید طراحی مناسبی به منظور تلفیق و یکسان‌سازی تکنولوژی در خط اصلی و دپو را در نظر بگیرند.

یکی دیگر از سامانه‌هایی که در این فصل مشترک می‌باید مورد توجه قرار طراحان قرار گیرد، کنترل و سوئیچینگ سیستم‌های تامین توان بخش دپو و خط اصلی می‌باشد. یک رویکرد این است که کنترل تامین توان به طور مستقل در دپو صورت گیرد و دیدگاه دیگر کنترل این موارد از طریق مرکز فرمان خط اصلی بوده و سوئیچینگ را به این شیوه صحیح می‌دانند؛ لذا لازم است در این خصوص مقررات خاصی در دپو وضع شود.

نحوه دسترسی به شبکه گاز شهری به عنوان یکی از نیازمندیهای تاسیسات پشتیبانی دپو می‌باید مورد بررسی قرار گیرد. نظر به اینکه تهیه، نصب، نگهداری و تعمیرات تجهیزات ایستگاه توسط شرکت ملی گاز ایران و یا شرکت‌های مورد تأیید صورت می‌گیرد لذا ضروری است که تاسیسات گاز دپو در حاشیه محوطه دپو و در مجاور جاده اطراف احداث گردد تا امکان دسترسی مستقیم پرسنل شرکت ملی گاز، بدون نیاز به ورود به محدوده دپو، میسر شود.

شیوه دفع فاضلاب و پساب صنعتی خروجی دپوها یکی از مهمترین مسائلی است که طراحان دپو و پارکینگ راه‌آهن شهری می‌باید مورد پایش قرار دهند. از اینرو بررسی وضعیت فاضلاب صنعتی فضاهایی از دپو که باید توسط شبکه فاضلاب شهری دفع گردد، بسیار حائز اهمیت می‌باشد. بنابراین ضروری است که تصفیه فاضلاب صنعتی دپو و تخلیه آن به شبکه فاضلاب شهری براساس استانداردها در حد مجاز آلودگی مورد تأیید سازمان حفاظت محیط زیست صورت گیرد. همچنین ضروری است که موقعیت و تراز ارتفاعی شبکه فاضلاب شهری و بکارگیری تدابیر لازم جهت خروج فاضلاب صنعتی از دپو مورد بررسی قرار گیرد.

مشابه کلیه سایت‌های صنعتی، مجموعه دپو نیز مجهز به شبکه مخابراتی می‌باشد که لزوماً می‌باید با شبکه مخابرات شهری متصل باشد. لذا محل دسترسی و نیازمندیهای تجهیزاتی نقطه اتصال به شبکه مخابراتی مجاور زمین می‌باید مورد بررسی قرار گیرد.

علاوه بر برق تامین توان مورد نیاز ناوگان، مصارف الکتریکی سایر بخش‌های دپو، از شبکه برق مجاور (شهر/بین شهری) محدوده دپو تامین می‌گردد. محل دسترسی و مشخصات شبکه برق به منظور تامین زیرساخت‌های مناسب دپو، می‌باید مورد پایش و بررسی قرار گیرد.

تامین آب صنعتی، شرب و بهداشتی دپو یکی از مهمترین بخش‌هایی است که می‌باید در مطالعه اینترفیس دپو مورد ارزیابی قرار گیرد. امکان استفاده از چاه آب، وجود خط لوله با ظرفیت مناسب، موقعیت و تراز ارتفاعی خطوط آب اطراف، مشخصات آب و ... می‌باید در این مطالعات مورد ارزیابی و پایش قرار گیرد.

به منظور تامین مسیر حرکت زمینی و جاده‌ای جهت تردد افراد و انتقال وسایل و مایحتاج دپو لازم است مسیر دسترسی جاده‌ای دپو با راههای دسترسی اطراف آن فراهم گردد تا اینکه حمل و نقل تجهیزات و وسایل بوسیله کامیون و تریلی براحتی فراهم گردد. نکته قابل توجه آنکه به لحاظ ایمنی لازم است این دسترسی جاده‌ای حداقل در دو نقطه به راههای اصلی متصل گردد.

فصل ۴

کارهای ساختمانی دیو

به طور کلی ابنیه دیوهای قطار شهری و حومه، از جمله ساختمان‌های صنعتی محسوب شده و می‌باید الزامات طراحی صنعتی برای این ساختمان‌ها مد نظر قرار گیرد. نظر به این موضوع، تمامی ضوابط و آیین‌نامه‌های معماری و سازه‌ای داخلی و بین‌المللی که در سایر پروژه‌های صنعتی کشور مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد می‌تواند به عنوان مبنای طراحی این ساختمان‌ها نیز قرار گیرد. از اینرو در این بخش صرفاً توصیه به الزامات خاصی که علاوه بر استانداردهای فوق می‌باید مد نظر طراحان قرار گیرد، مورد توجه می‌باشد.

بنابراین هدف از تدوین این بخش، تکمیل و یا تدقیق نحوه به کارگیری برخی ضوابط، آیین‌نامه‌ها و استانداردهای منتشر شده توسط سازمان برنامه و بودجه کل کشور و همچنین استانداردها، آیین‌نامه‌ها و مباحث مقررات ملی ساختمان تدوین شده توسط وزارت راه و شهرسازی، برای طراحی معماری، سازه‌ها و محوطه‌سازی در دیوهای ریلی می‌باشد. حدود کاربرد این استاندارد طراحی معماری، سازه ساختمان‌ها و تمامی مستحذات دیوهای قطار شهری شامل ساختمان‌ها، مخازن آب، فونداسیون تجهیزات، چال‌های تعمیراتی، سکویهای دسترسی و بازدید، نگهدارنده‌های تأسیساتی و ...، همچنین طراحی کارهای عمرانی محوطه دپو از جمله سیستم‌های جمع‌آوری آبهای سطحی، راه‌های دسترسی در محوطه و ... است.

۴-۱- سازه و سیویل ابنیه

۴-۱-۱- شناسایی عوارض و مشخصات زمین

۴-۱-۱-۱- شناسایی خاک

دیوها و پایانه‌های قطار شهری به دلیل ماهیت خود سطح وسیعی از اراضی شهری را در بر می‌گیرند، لذا به دلیل وسعت زیاد این مناطق و اهمیت پروژه‌های قطار شهری، انجام مطالعات کامل ژئوتکنیک و حسب لزوم مطالعات ژئوفیزیک و لرزه خیزی ضروری می‌باشد.

ضمن رعایت ضوابط مندرج در مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان ایران در تعیین تعداد و پراکندگی گمانه‌های شناسایی بستر، توصیه می‌گردد که تعداد گمانه‌های آزمایشی به گونه‌ای باشد که برای هر ساختمان حداقل دو گمانه حفاری در امتداد یکی از قطرهای آن لحاظ شده و رُخِمنون خاک در دو راستای اصلی متعامد برای طراح و هر یک از فضاها مشخص شود.

با توجه به آنکه دیوها و پارکینگ‌های ریلی عموماً در اراضی حاشیه شهرها ساخته می‌شوند، ضروری است در خصوص وجود خاک‌های دستی در موقعیت احداث ساختمان‌ها و خطوط ریلی، بررسی‌های لازم انجام گیرد. در این ارتباط علاوه بر گمانه‌های ماشینی، اجرای چاهک‌های شناسایی خاک به روش دستی نیز در شناسایی و بررسی وجود خاک‌های دستی پیشنهاد می‌گردد. همچنین گزارش ژئوتکنیک بایستی دربر گیرنده نتیجه بررسی‌های محلی و شواهد تاریخی مربوط به

زمین محل احداث پروژه بوده و بخصوص وجود قناتها یا چاه‌های قدیمی فعال یا راکد را بررسی نماید. چنانچه حسب شواهد و برداشت‌های محلی وجود حفره، چاه و قنات محتمل باشد، انجام مطالعات ژئوفیزیک الزامی خواهد بود. مطالعات ژئوتکنیک بایستی هرگونه عملیات خاکبرداری و خاکریزی آتی در دپو و پایانه و همچنین بارهای ناشی از عبور قطار و احداث ساختمان‌ها را در تعیین ظرفیت‌های باربری خاک مد نظر قرار دهد.

۴-۱-۱-۲- نقشه‌برداری زمین

با توجه به ابعاد قابل توجه زمین در دپوهای قطار شهری و تأثیر بسزای رقوم نهایی دپو در هزینه‌های ساخت، ضروری است پیش از شروع مطالعات دپو، مطالعات توپوگرافی و عملیات نقشه‌برداری از سایت مورد نظر و کلیه مسیرهای دسترسی پیرامون سایت حداقل با مقیاس ۱:۵۰۰ توسط گروه نقشه‌برداری انجام پذیرد.

۴-۱-۱-۳- عوارض و حریم زمین

توصیه اکید می‌گردد که پیش از شروع مطالعات دپو، نقشه‌های چون ساخت تمامی تأسیسات زیرسطحی در محدوده زمین دپو مورد بررسی و پایش قرار گرفته و حریم‌های ساخت و ساز در مجاور شبکه‌های زیرسطحی (در صورت وجود) از سازمان‌ها و مبادی ذیربط استعلام شود.

۴-۱-۲- بارگذاری

ضروری است تمامی بارهای سرویس نظیر بارهای مرده، بار زنده فضاهای داخلی و تجهیزاتی، بار ناوگان، بارهای ناشی از فشار استاتیکی خاک و آب و بار ناشی از تأسیسات در طراحی سازه مد نظر قرار گیرد. همچنین بایستی اثر بارهای غیر دایمی نظیر بار باد طرح، بار زلزله، فشار دینامیکی ناشی از خاک و آب و برخورد خودروهای سنگین در طراحی سازه‌ها لحاظ گردند.

بارهای تاثیرگذار در طراحی سازه‌های دپو شامل موارد ذیل است که بر حسب نیاز و کاربری ساختمان به سازه وارد می‌شوند:

- بار مرده تجهیزات و اعضای مختلف سازه‌ای،
- بار زنده وارده بر سازه‌های مختلف،
- بار برف یا بار زنده بام،
- بار زنده جرثقیل در ساختمان‌های تعمیرگاهی،
- بار ماشین‌آلات عبوری در داخل سالن‌ها،
- بار ناوگان طرح و تجهیزات مرتبط با ناوگان (شامل بارهای مربوط به نقاط اتصال و تکیه‌گاه‌های شبکه برق رسانی به ناوگان از قبیل ریل سوم و یا شبکه برق بالاسری)،
- بار باد،

- بار زلزله طرح،
- فشار هیدرواستاتیکی و هیدرودینامیکی خاک و آب،
- اثر بار حرارتی.

با توجه به این موضوع که عمده بار وارده بر روی سکوهاى بازديد در ساختمان‌هاى صنعتى دیو مربوط به رفت و آمد کارگران و پرسنل فنى به همراه وسایل و ابزارآلات مى‌باشد، لذا توصیه مى‌گردد که حداقل بار زنده سکوها برابر 250 kg/m^2 در نظر گرفته شود. در سکوهایی که امکان قرارگیری بخش‌های از تجهیزات جدا شده از سقف (مانند بخش تهویه) یا بدنه قطار بر روی سکوها وجود دارد بار اضافه ناشی از این تجهیزات نیز بایستی بصورت بار زنده در طراحی سکو دیده شود.

در خصوص اعمال بار زلزله بر روی ساختمان‌های دیو، با توجه به اهمیت بالای ساختمان‌های پارکینگ و تعمیرگاه مرکزی ناوگان در دیو و به منظور حفظ سرمایه‌های ملی، توصیه مى‌گردد ساختمان‌های مذکور را در رده ساختمان‌های با اهمیت زیاد در زلزله در نظر گرفت. در این ارتباط مابقی ساختمان‌های تعمیرگاهی، اداری و پشتیبانی مطابق با بند ۱-۶ آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) متناسب با رده اهمیتی خود طراحی می‌شوند.

۴-۱-۳- ملاحظات عمومی در تحلیل و طراحی سازه‌های دیو

طراحی سازه تمامی ساختمان‌ها و مستحداثات دیو بایستی منطبق بر تکنولوژی و معماری طرح بوده و نیازهای تأسیسات مکانیکی، برقی، تجهیزاتی و هندسه خطوط ریلی را نیز تأمین نمایند.

در طراحی سازه، فونداسیون و کف‌سازی ساختمان‌های کارگاهی دیو بایستی تمهیدات لازم در خصوص بارگذاری و جانمایی تجهیزات مرتبط با ناوگان نظیر شبکه برق بالاسری، جک‌های بالابر، بوژی گردان‌ها، چاله تعمیراتی دستگاه تراش چرخ و ... مد نظر قرار گرفته و پیش‌بینی‌های لازم برای تأمین یوتیلیتی‌های مربوطه از قبیل آب، برق و ... به عمل آید.

ضروری است تغییرمکان جانبی ناشی از زلزله تمامی سازه‌های دیو در هر دو جهت ساختمان مطابق محدودیت‌های مندرج در بخش ۳-۵ آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) کنترل شود.

باتوجه به فراوانی کانال‌های تجهیزاتی در محوطه و اطراف فونداسیون‌ها، ضروری است در جهت اطمینان و در تطابق با شرایط اجرایی کار، فشار مقاوم جانبی خاک پشت فونداسیون‌ها در محاسبات نیرو و لنگر مقاوم پایداری ساختمان حذف شود. در این حالت استفاده از پی‌های نواری پیشنهاد می‌گردد.

ضروری است در طراحی فونداسیون ساختمان‌های ریلی دیو، تراز روی فونداسیون‌ها به گونه‌ای انتخاب شود که با جزییات و ضخامت روسازی خطوط ریلی مطابقت داشته و از طرفی با توجه به عبور ناوگان از روی فونداسیون، باربری آن در طراحی فونداسیون‌ها لحاظ شود.

جهت پوشش کف‌سازی سالن‌های کارگاهی ضروری است از پوشش‌های سخت استفاده شود. این پوشش‌ها بایستی در برابر ضربه، نفوذ مواد شیمیایی و سایش مقاوم بوده و قابلیت شستشو داشته باشند. نحوه رنگ بندی هر یک از کف فضاها بر اساس کاربری آنها بایستی مطابق با نیازهای تکنولوژی مندرج در این دستورالعمل باشد.

۴-۱-۴- ملاحظات ویژه سازه‌ای

با توجه به ابعاد بزرگ برخی ساختمان‌های دپو نظیر ساختمان‌های پارکینگ و تعمیرات ناوگان، ضروری است درزهای انبساط طولی و عرضی ساختمان مطابق نشریه ۳۲۵ سازمان برنامه و بودجه در نظر گرفته شود. با توجه به اهمیت ساختمان‌های دپو از جمله ساختمان‌های پارکینگ و مرکز کنترل از منظر آتش سوزی، ضروری است درجه مقاومت این ساختمان‌ها در برابر حریق (بر حسب ساعت) مطابق آیین‌نامه محافظت ساختمان‌ها در برابر آتش (شماره نشر ض-۶۸۲ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی) معین و مطابق راهنمای آیین‌نامه محافظت ساختمان‌ها در برابر آتش (شماره نشر گ-۴۴۵ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی) راهکار لازم جهت مقاومت ساختمان در برابر حریق تعیین شود.

۴-۱-۵- طراحی سیویل محوطه

در تمامی طراحی‌های کارهای عمرانی محوطه، بایستی الزامات مسیرهای تأسیساتی ویژه و ناویژه موجود در محوطه تأمین شود. اینترفیس تأسیسات ویژه و ناویژه محوطه دپو بایستی با یکدیگر و همچنین با سیستم جمع‌آوری آب‌های سطحی، شبکه‌های زیرسطحی و جاده‌های دسترسی سایت بررسی و از یکدیگر رفع معارض گردند.

۴-۱-۵-۱- جمع‌آوری آب‌های سطحی

با توجه به وسعت زیاد زمین‌های دپو و حجم بالای رواناب آن و از طرفی به منظور طراحی سیستم جمع‌آوری آب‌های سطحی دپو و تعیین نحوه و محل اتصال آن به شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی منطقه، ضروری است پیش از شروع مطالعات نسبت به اخذ اطلاعات و مستندات جمع‌آوری سیلاب‌های منطقه‌ای اقدام شده و شرایط بالادست و پایین دست سایت در طراحی سیویل دپو مورد بررسی و پایش قرار گیرد. همچنین ضروری است مطالعات هیدرولوژی بالادست سایت به منظور بررسی تأثیرات سیلاب‌های فصلی و سالیانه در طراحی دپو مدنظر طراحان قرار گیرد.

ضروری است اجزای سیستم جمع‌آوری آب‌های سطحی محوطه داخل دپو (از جمله کانال‌ها، منهول‌ها، لوله‌های مدفون و ...) حداقل برای سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ ساله طراحی شوند مگر آنکه در مطالعات جامع هیدرولوژی خط، حداقل دوره بازگشت بزرگتری توصیه شده باشد. لیکن سیستم‌های کنترل و انحراف سیلاب و آب‌های سطحی بالادستی (سیل بندها، بندها، مسیرهای هدایت آب در بالادست، سازه‌های آبگیر بالادست و ...) بایستی برای سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله طراحی شوند. همچنین توصیه می‌شود چنانچه جانمایی فضاها و شیب بندی پروژه ایجاب نماید، رقوم مسیرهای سواره‌رو به گونه‌ای در نظر گرفته شوند تا در صورت هرگونه آب جمع شدگی (ناشی از بسته شدن احتمالی و یا گرفتگی

مسیرها، آسیب دیدگی شریانها و ... خیابانها و مسیرها بتوانند به عنوان یک کانال هدایت آب عمل نموده و جریان آب را به سمت خارج محدوده و یا دور از فضاهاى اصلی هدایت نمایند، بگونه ای که اخلاقی در بهره‌برداری از ساختمان‌های دیو بوجود نیامده و حتی‌الامکان ادوات و تجهیزات اصلی آسیب نبینند.

با توجه به آنکه در دیوها شیب ابنیه فنی تابع موقعیت زمین محوطه و هندسه خطوط ریلی می‌باشد، لذا ضروری است شیب‌بندی زمین و تراز عمومی دیو و پایانه به گونه‌ای در نظر گرفته شوند که ضمن حفظ طبیعت زمین (در نواحی خارج از فضاهاى ریل‌گذاری شده)، ملزومات خطوط ریلی و بهینه بودن احجام خاکی را اقلان نماید. بهتر است شیب بندیها بگونه‌ای باشند تا آب از ساختمانها دور شده و به سمت ساختمانها حرکت ننماید. در این ارتباط با توجه به اینکه تراز کف تمام شده ساختمان‌های دارای خطوط ریلی (مانند پارکینگ و تعمیرات مرکزی) عموماً با تراز روی ریل ناوگان برابر می‌باشد، لذا تراز بیرون و داخل اینگونه ساختمان‌ها همسان بوده و در این حالت ضروری است به منظور پیشگیری از ورود آب‌های سطحی (ناشی از آبهای سطحی نما، روسازی ریلی و جاده دسترسی پیرامون فضا) به داخل این ساختمان‌ها از کانال سرتاسری در محاذات دربه‌ای بیرونی ساختمان استفاده نمود. لوله‌های تخلیه این کانال‌ها بایستی به داخل شبکه آب سطحی دیو متصل شود.

ضروری است با توجه به وسعت کانال‌های تجهیزاتی و تاسیساتی در محوطه، تمهیدات لازم جهت دفع آب‌های سطحی وارد شده به داخل این کانالها و هدایت آن به شبکه آب سطحی دیو و یا مجاری مطمئن انجام گردد. همچنین این مجاری خروج آب بایستی امکان دفع آب‌های ناشی از سرویس و نگهداری و یا ترکیدگی‌های احتمالی لوله‌های تاسیساتی را داشته باشند.

طراحی شبکه بایستی بگونه‌ای باشد که آب‌های سطحی موجود در مجاورت تجهیزات ریلی و حساس نظیر سوزن‌ها را نیز جمع‌آوری نماید، بگونه‌ای که قابلیت بهره‌برداری ایمن از تجهیزات در هنگام بارشهای دوره‌ای و متوالی فراهم باشد.

۴-۱-۵-۲- راه‌های دسترسی

برای دیو یک ورودی اصلی شامل پیاده‌رو و سواره‌رو توصیه می‌شود. به نحوی که جاده دسترسی تا ورودی اصلی توسط فنس‌ها محافظت شود^۱. همچنین ورودی دوم در محوطه نیز به عنوان ورودی اضطراری در زمان‌های بحران با هماهنگی کامل با کارکنان حفاظتی و نگهبانی مستقر در ورودی اصلی دیو، توصیه اکید می‌گردد.

ورودی اصلی به دیو می‌باید منشعب از خیابان اصلی با قابلیت تردد وسایل نقلیه سنگین باشد لذا با توجه به نیازهای بهره‌برداری ارجح است که دیو در کنار خیابان اصلی واقع شود و یا یکی از کنج‌های زمین دیو قابلیت ورود از خیابان اصلی با کمترین فاصله و قوس را داشته باشد. ورودی اصلی دیو و جاده دسترسی در نظر گرفته شده برای این منظور می‌باید به اندازه کافی عریض در نظر گرفته شود که امکان ورود و خروج تمامی ماشین‌آلات پیش‌بینی شده جهت ورود

^۱ در نظر گرفتن دو ورودی اصلی، به عنوان مثال یک ورودی اضافه برای پیاده، سبب سردرگمی مراجعین خواهد بود.

به سایت و دور زدن آنها امکان پذیر باشد. در این خصوص تردد وسایل حمل و نقل جاده‌ای مفصلی (کمرشکن و تریلی) با ظرفیت بیش از ۳۰ تن محتمل بوده و ضروری است برای چرخش و دور زدن آنها نیز تمهیدات لازم در نظر گرفته شود؛ توصیه می‌گردد جاده دسترسی به دپو به گونه‌ای طراحی شود که ورود، خروج و مسیر طی شده تا ساختمان‌ها و انبارها و همچنین مسیر پیاده‌رو در کوتاه‌ترین مسیر ممکن فراهم شود. تردد وسایل جابه‌جایی مکانیکی با بار و سایر وسایل نقلیه‌ای که بار حمل می‌کنند، نظیر کفی‌های حمل بارهای حجیم و سنگین، می‌بایست در حد امکان در مسیر مستقیم و بدون عوارض طبیعی و مصنوعی (برخلاف نمونه شکل ذیل) صورت پذیرد.



شکل ۴-۱- نمونه‌ای از جاده اصلی دسترسی به دپو به صورت زیرگذر و با محدودیت ارتفاع

به منظور تامین دسترسی خودرویی و پیاده‌رو به داخل ساختمان‌هایی که دارای خط ریلی می‌باشند (مانند ساختمان‌های پارکینگ و تعمیرات مرکزی)، بایستی جلوی ساختمان حداقل در عرض ۶ متر مسیر هم سطح با تراز روی ریل ایجاد گردد. این مسیر بایستی در دو انتها به شبکه جاده‌های دسترسی دپو متصل باشد.

پیش‌بینی انبارها در مجاورت جاده‌های اصلی دپو و نزدیک به ورودی، سبب تسریع انتقال و جابجایی کالا و کاهش تردد در سطح جاده‌های دپو می‌گردد. همچنین این امر منجر به افزایش امنیت تردد و ایمنی در کار می‌شود. جاده‌های دسترسی می‌باید به اندازه کافی عریض پیش‌بینی شوند تا جهت عبور دو وسیله نقلیه، نیاز به مدیریت ترافیک و توقف یکی جهت عبور دیگری نباشد؛ تمامی تجهیزات و ادوات دپو نظیر ستون چراغ‌های روشنایی، پایه‌های شبکه برق بالاسری و موانع، نباید در عرض جاده‌ها و پیاده‌روها در نظر گرفته شوند. پیش‌بینی گیت‌های ورودی برای مراجعین و جدایی ورودی پیاده از مسیر جاده‌ای اصلی ضروری می‌باشد.

پیاده‌روهای ایمن و مسیرهای دسترسی کارکنان بهره‌برداری و تعمیرات می‌باید مطابق مقررات و آیین‌نامه‌های بین‌المللی و ملی در خصوص ایمنی و سلامت پیش‌بینی شوند. ایجاد پیاده‌روهای دائم بین خطوط ریلی متناوب در خطوط کناره، در سطح ریل توصیه می‌گردد، همچنین ایجاد پیاده‌روهای دائم و بدون عوارض (مانند ترنچ، کانال، پایه روشنایی و ...) در حداقل یک طرف از کلیه جاده‌های سطح دپو توصیه اکید می‌گردد.

جهت حفظ ایمنی بواسطه وجود ریل سوم در دیو (در صورت وجود)، مناسب است که در صورت امکان از پیش‌بینی جاده‌های مجاور ریل سوم پرهیز شود مگر در شرایطی که جاده یا مسیر مذکور با استفاده از فنس و یا موانعی از ریل سوم محافظت شده باشند.



شکل ۴-۲- نمونه ای از مانع دابل پیش‌بینی شده بین پیاده‌رو و ریل سوم

به منظور حفظ ایمنی لازم است در حالیکه تغذیه قطارها از طریق ریل سوم انجام می‌شود و در محل تقاطع جاده‌ها با خطوط ریلی در فاصله مناسب و ایمن بر مبنای مبانی ذکر شده در استاندارد BS EN 50122-1 انقطاع ریل سوم صورت پذیرد؛ توصیه می‌گردد فاصله انقطاع ریل سوم تا جاده و یا پیاده‌رو، حداقل ۲ متر باشد.

طراحی مسیرهای دسترسی کارکنان در دیو می‌باید بر مبنای مسیرهای متداول کارکنان بین ساختمان‌ها و به هنگام بهره‌برداری نرمال از دیو پیش‌بینی شوند؛ این مسیرها در انطباق با توضیحات بخش "طراحی لی‌اوت عملکردی و اصول جانمایی ساختمان‌های اصلی" می‌باید در کوتاه‌ترین مسیر ممکن و به صورت سراسر پیش‌بینی شوند تا کارکنان از انتخاب سایر مسیرهای جایگزین که طول کوتاه‌تر ولیکن با ایمنی پایین‌تر می‌باشند، منصرف شوند. توصیه می‌گردد که به منظور طراحی صحیح مسیرهای دسترسی در ساختمان‌های اصلی دیو، شناخت صحیح جریان کاری و فعالیت‌های روزمره در بهره‌برداری نرمال مورد بررسی قرار گرفته تا با طراحی مسیرها در کوتاه‌ترین و سراسرترین وضعیت ممکن، انتقال وسایل، مواد (و یا ضایعات) به محل استفاده (و یا محل تجمع ضایعات) میسر گردد. از آنجایی که ضروری است در برخی از شرایط وسایل و مواد سنگین توسط کارکنان در مسیرهای طولانی با بهره‌گیری از روش‌های جایگزین حمل، نظیر استفاده از وسایل نقلیه باتری‌دار صورت گیرد، بنابراین طراحی مسیرهای دسترسی بدون شیب در راستای طولی ضروری می‌باشد.

در شهرهای سردسیر چنانچه موقعیت قرارگیری ساختمان‌های بزرگ (مانند پارکینگ و تعمیرات مرکزی) بگونه‌ای باشد که به دلیل وجود سایه (سایه ساختمان و یا ابنیه مجاور) امکان ذوب شدن یخ و برف در مسیرهای پر اهمیت نفر رو برای مدت طولانی وجود نداشته باشد پیشنهاد می‌شود از سیستم‌های گرمایش کف استفاده شود.

جریان و چرخش حرکت وسایل نقلیه دورتادور سایت بدون وجود محدودیت از نظر تداخل ارتفاعی می‌باید صورت پذیرد. بنابراین ارتفاع شبکه بالاسری در تقاطعات جاده‌ای می‌باید به نحوی در نظر گرفته شود تا مانعی جهت عبور وسایل نقلیه در تردد در جاده پیرامونی دپو ایجاد نگردد؛ به همین منظور جهت تردد وسایل نقلیه با حداکثر ارتفاع ۵ متر، ارتفاع سیم تماس شبکه بالاسری تا سطح زمین ۵.۸ متر در محل تقاطعات توصیه می‌شود. خیابان‌های داخل محوطه بایستی به گونه‌ای طراحی شوند که امکان عبور ماشین‌های امداد و آتش نشانی و دسترسی دائمی در اطراف تمامی ساختمان‌ها فراهم گردد.

۴-۱-۵-۳- کانالهای تاسیساتی

ایجاد شبکه یکپارچه عبوری تاسیسات دپو در محوطه می‌باید مدنظر طراحان قرار گیرد. ضروری است که در این طراحی یکپارچه، به منظور جلوگیری از بروز تداخل در حین ساخت، امکان سرویس و نگهداری این تاسیسات پس از ساخت و رسیدگی به آنها در زمان اضطرار، تدابیر لازم اندیشیده شود. به همین منظور موارد ذیل می‌باید مورد توجه قرار گیرد:

- لوله‌های تأسیساتی، کابل‌های برق (فشار ضعیف، متوسط، قوی و کنترلی) و لوله‌های هوای فشرده می‌باید در مسیرهای ایمن و کانال‌های با درپوش مستحکم و به دور از فونداسیون تجهیزات تعمیرگاهی و یا در ارتفاع (بدون تداخل با تجهیزات متحرک و عابران) در نظر گرفته شوند. در این راستا ضروری است که متناسب با شرایط هر پروژه، کانال آدرو (انرژی)، ترنچ‌های تاسیساتی، کاندوئیت‌ها در محوطه و سالنها و یا سینی‌های مخصوص در ساختمان‌ها برای عبور تاسیسات پیش‌بینی گردد. به غیر از مواردی که طبق آئین نامه‌ها و استانداردهای خاص طراحی آنها، مسیر عبوری به صورت دفنی نیز پیش‌بینی شده، توصیه اکید می‌گردد که از دفنی بودن مسیر عبور تاسیسات برقی و مکانیکی در دپو پرهیز گردد. ضروری است که دریچه‌های بازدید، مسیرهای تخلیه هوا و سیستم روشنایی برای کانال‌های آدرو پیش‌بینی گردد. توصیه اکید می‌گردد که دریچه‌های بازدید کانالهایی که به ضرورت در جاده‌ها، پیاده‌روها و یا مسیرهای تردد پرسنل در سالنها نصب شده‌اند، می‌باید طوری تعبیه گردند که مزاحمت جهت تردد ایجاد ننماید.
- مسیرهای عبور تاسیسات برقی و مکانیکی در سالن‌ها می‌باید طوری طراحی گردد که ضمن رعایت فاصله ایمن و صحیح از فضای کاری پرسنل تعمیراتی، دسترسی برای بازدید، سرویس و تعویض آنها امکان پذیر باشد.
- تا حد ممکن می‌باید مسیر عبور تاسیسات از فونداسیون‌های اصلی ساختمان‌ها، زیر و یا بالای تراز فونداسیون بوده و از عبور مابین فونداسیون‌های اصلی (به کمک غلاف گذاری) پرهیز گردد.

- ضروری است که از اشتراک مسیر عبوری جمع‌آوری آب سطحی و تاسیسات مکانیکی و برقی در یک کانال پرهیز گردد. همچنین ضروری است فواصل مناسب و ایمن در زمان عبور مجاوری و عبور تقاطعی این کانالها با هم مد نظر قرار گیرد. لوله‌های جمع‌آوری آب باران ساختمان‌ها می‌باید به نحوی به کانال‌های جمع‌آوری آب سطحی متصل گردند که امکان فرار آب به محوطه، پیاده‌روها و کانال‌های تاسیساتی مجاور وجود نداشته باشد.

فصل ۵

خطوط ریلی و انشعابات

۵-۱- ضوابط طرح هندسی خطوط

۵-۱-۱- مقدمه

در خطوط قطار شهری، به منظور اطمینان از تأمین سرفاصله زمانی مورد نیاز در تمام مدت روز، جلوگیری از خرابی غیر قابل پیش‌بینی قطارها در مسیر و در نتیجه مسدودی خط، افزایش بازدهی مجموعه خط و نیز جلوگیری از حوادث ریلی، احداث مجموعه‌هایی در ابتدا یا انتهای خطوط راه‌آهن شهری به منظور ارائه خدمات نگهداری و تعمیرات به قطارها به منظور نیل به اهداف طرح امری بایسته و ضروری است.

خدمات نگهداری و تعمیرات شامل طیف گسترده‌ای از فعالیتها می‌باشد و تمام اجزا و عوامل تاثیرگذار باید در جهت بهینه کردن و تسهیل اجرای این برنامه عملیاتی صورت پذیرد. از جمله تاثیرگذارترین اجزا یک دپوی قطار شهری مجموعه خطوط ریلی و نحوه چیدمان و اتصال آنها به قسمتهای مختلف دپو می‌باشد. در حقیقت عامل مهم در تعیین کارآمدی مجموعه پارکینگ و نگهداری و تعمیر ناوگان، نحوه چیدمان خطوط ریلی می‌باشد.

مجموعه خطوط ریلی داخل محوطه دپو و پارکینگ خطوط قطار شهری به منظور فراهم نمودن ارتباطی ایمن و روان بین ساختمانها و قسمتهای مختلف دپو طراحی می‌گردد. پارامترهای هندسی تاثیرگذار بر نحوه طراحی این خطوط بستگی مستقیم به ناوگان مورد استفاده در این محوطه دارد. عواملی همچون طول واگن‌ها، فاصله بین مراکز بوژی‌های هر واگن و ... نقشی اساسی را در این بخش ایفاء می‌کند.

یکی از الزامات طراحی ریلی که می‌باید در محدوده دپو مد نظر طراحان باشد، قادر بودن قطارها پس از ورود به محوطه دپو به شیوه‌ای ساده و کارآمد بوده که ضروری است با کمترین مقدار تغییر خط به سالن‌های مختلف دپو (مثل پارکینگ، سالن تعمیرات سبک و سنگین و ...) دسترسی داشته باشند. ضروری است که قطارها بتوانند به سادگی پس از اتمام عملیات نگهداری و تعمیرات در سطوح مختلف و در سالنهای مختلف به مسیر اصلی برگشته و در چرخه بهره‌برداری قرار گیرند.

از مهمترین معیارهای طراحی دسترسی‌های ریلی محدوده دپو، طرح هندسی آرایش خطوط و نحوه چیدمان خطوط و دستگاه‌های خطوط (سوزن، کراس اور، چلیپا و ...) است. به منظور ایجاد شبکه‌ای کارآمد و ایمن از خطوط و دستگاه‌های خطوط باید الزامات چیدمان آنها بر اساس استانداردها و دستوالعمل‌های متناسب با نوع ناوگان مدنظر قرار گیرد تا نتیجه مطلوب حاصل شود. از جمله این الزامات می‌توان به شرایط افقی و قائم جانمایی دستگاه خطوط و همچنین حداقل فاصله بین دستگاه‌ها با یکدیگر و با قوسهای افقی و قائم اشاره نمود.

اهدافی که باید در طراحی آرایش خطوط ریلی و دستگاه خطوط دپوهای قطارهای شهری به عنوان یکی از مهمترین و تاثیرگذارترین اجزای مجموعه دپو، مد نظر قرار داد به طور کلی به شرح ذیل توصیه می‌گردد:

- دسترسی به سالنهای مختلف با کمترین مانور مورد نیاز،
- ایمن و روان بودن حرکت بین خطوط مختلف،

- مقرون به صرفه بودن مجموعه طراحی شده،
- هماهنگی مناسب با برنامه بهره‌برداری،
- پرهیز از مانورهای معکوس به خصوص در روی خطوط اصلی مسیر،
- فراهم آوردن شرایطی که قطارها به صورت ناخواسته حرکت نکنند،
- در نظر گرفتن تمهیدات ایمنی مناسب برای جلوگیری از خسارات سنگین در صورت بروز اتفاقات کنترل نشده،
- استفاده از ادواتی که تهیه و اجرای آن در کشور آسان باشد،
- اجتناب از گلوگاه‌ها در مجموعه خطوط دپو،

از آنجا که کارایی مجموعه دپو در گرو هماهنگی مناسب بین عملکردهای مختلف در مجموعه دپو است، آرایش خطوط ریلی دپوها باید به گونه‌ای طراحی شود که هماهنگی مناسبی با عوامل مهم دیگر در محوطه از جمله شبکه جاده‌های دسترسی را داشته باشد. از طرف دیگر نحوه آرایش خطوط و در نظر گرفتن المانهای مختلف هندسی خطوط می‌تواند باعث افزایش هزینه‌های ساخت یا ایجاد دشواری در انجام عملیات نگهداری و تعمیرات شود و طراحی باید به گونه‌ای صورت پذیرد که تا حد ممکن از این مشکلات پرهیز شود.

اهداف اولیه ضوابط طرح هندسی برای دپوهای حمل و نقل ریلی شهری فراهم نمودن حمل و نقلی کارآمد، مقرون به صرفه و ایمن با توجه به عملکرد کلی، نگهداری و تعمیرات و پایداری وسیله نقلیه خواهد بود. ضوابط طرح هندسی دپوی حمل و نقل ریلی شهری با ضوابط مربوط به راه‌آهن باری و سنگین در بسیاری از ابعاد مهم، متفاوت می‌باشد علی‌رغم اینکه که قواعد کلی شبیه است.

در تعیین نمودن المانهای هندسی مسیر ریلی در دپو، سطوح مختلفی از ضوابط ممکن است لحاظ شود. به طور کلی سه سطح و شرایط باید مد نظر قرار گیرد: شرایط مطلوب، شرایط قابل قبول و شرایط حدی یا مرزی که به صورت خلاصه عبارتند از:

- شرایط مطلوب: این ضابطه بر اساس حداکثر ایمنی، هزینه ساخت اولیه و ملاحظات نگهداری و تعمیرات است. همچنین می‌توان در نظر گرفتن محافظه کارانه‌ترین شرایط ممکن در آینده را، مبنای این موضوع قرار داد،
- شرایط قابل قبول: این شرایط تعیین‌کننده سطحی است که با اینکه از مطلوب فاصله دارد اما به قدر کافی مناسب هست که اهداف بهره‌برداری را بدون تحت تاثیر قرار دادن ایمنی یا استفاده از توانایی نهایی وسائط نقلیه فراهم نماید،
- شرایط مرزی: جایی که محدودیتهای فیزیکی مانع دستیابی به شرایط مطلوب و یا قابل قبول می‌شود، از شرایط مرزی استفاده خواهد شد. این حالت اولاً بر اساس مشخصات ناوگان و سپس بر

اساس ایمنی مشخص می‌گردد. استفاده از این شرایط فقط باید در شرایط خاص و به عنوان آخرین گزینه مجاز باشد.

موارد ذکر شده در این قسمت در محدوده‌های مختلف مسیر از نظر نوع بهره‌برداری و کاربری متفاوت خواهد بود. خطوط داخل محوطه دپو در دسته خطوط فرعی قرار می‌گیرند که سرعت سیر در آن پایین است. ضوابط مربوط به این خطوط بر اساس مشخصات وسائط نقلیه و ایمنی صورت می‌گیرد. البته خطوط ورود و خروج دپو که اتصال به مسیر اصلی را فراهم می‌نمایند در صورت داشتن طول زیاد از این قاعده مستثنی بوده و باید از ضوابط مربوط به خطوط اصلی تبعیت نمایند.

استفاده از حداقل یا حداکثرهای مرزی، به خصوص در پلان افقی خطوط، تأثیرات بالقوه در افزایش هزینه تعمیرات سالانه، ارتعاش، سایش چرخ و عمر کوتاه‌تر اجزای خط خواهد داشت. استفاده از این شرایط مرزی باید با احتیاط کامل صورت پذیرد.

۵-۱-۲- الزامات طرح هندسی خطوط در راستای افقی

به دلیل پایین بودن سرعت مجاز حرکت در محدوده دپو و همچنین وجود سوزن‌های متعدد و محدودیت فضا برای جانمایی خطوط و ادوات، استفاده از ضوابط هندسی مربوط به مسیر اصلی برای محوطه دپو منجر به افزایش چشمگیر ابعاد دپو شده و اقتصادی نمی‌باشد. از اینرو استانداردهای مختلف ریلی، برای محدوده خطوط فرعی و دپوها، ضوابط هندسی جداگانه‌ای را مشخص کرده‌اند.

در محدوده‌های خطوط فرعی در مناطق شهری یا محوطه‌های دارای فشردگی خطوط و ادوات و در حالتی که سرعت سیر کمتر از ۳۰ کیلومتر بر ساعت، زاویه کوپلرها در حد مجاز و بریلندی اعمال نشده باشد، می‌توان از الزامات مربوط به خطوط اصلی چشم پوشی کرد. برای محوطه‌های دپو بسیار رایج است که نتوان طول مطلوب المانهای هندسی را بدست آورد.

۵-۱-۲-۱- سرعت حرکت در محوطه دپو و خطوط ورودی و خروجی

سرعت سیر قطارها در محدوده دپوها به علت وجود تعداد زیاد دستگاه خطوط از یک سمت و نیاز به انجام مانورهای متعدد و عبور از روی دستگاه خطوط به این منظور از طرف دیگر در کنار الزامات ایمنی مربوط به انجام مانورها با توجه به سیستم سیگنالینگ و علائم مورد استفاده در محدوده دپو محدود می‌باشد.

با توجه به تجربیات موجود در کشور و در سایر کشورها و با توجه به مشخصات ناوگان و سیستم‌های تأمین ایمنی در این محوطه‌ها، سرعت سیر ۲۵ کیلومتر بر ساعت سرعت قابل قبول خواهد بود. از آنجا که طراحی اجزای موجود در دپو متأثر از سرعت سیر قطارها در دپو می‌باشد، در نظر گرفتن سرعت‌های بیشتر باعث افزایش چشمگیر هزینه‌های تجهیزات مورد نیاز خواهد گردید.

۷-۱-۲-۲- حدافل شعاع و طول قوس افقی

حداقل شعاع قوس افقی در مسیرهای قطار شهری تأثیر پذیری مستقیم از سرعت سیر قطارها و مشخصات حرکتی ناوگان و میزان راحتی سفر مورد نظر خواهد داشت. با توجه به مطرح نبودن مقوله راحتی سفر در محدوده دپو، دو پارامتر ابتدایی موارد تعیین کننده خواهد بود.

با توجه به ناوگان موجود در کشور در حال حاضر و مشخصات عملکردی و حرکتی این ناوگان و با توجه به دستگاه خطوط متعارف در طراحی خطوط مترو می توان حداقل شعاع قوس افقی را مطابق جدول (۵-۱) در نظر گرفت:

جدول ۵-۱- مقادیر حداقل شعاع قوسهای افقی در محدوده دپو

شعاع قوس افقی (متر)	توضیحات
حداقل مطلوب	این عدد به منظور به حداقل رساندن تأثیر وجود قوس بر روانی حرکت و کیفیت بهره‌برداری در نظر گرفته شده است.
حداقل قابل قبول	این عدد به منظور هماهنگی با سوزنهای متعارف در طراحی آرایش خطوط دپو با همین شعاع در نظر گرفته شده است و در عین حال تأثیر نامطلوب حداقلی بر کیفیت بهره‌برداری مجموعه دپو خواهد داشت.
حداقل مطلق	این عدد با در نظر گرفتن حداقل شعاع قابل گردش توسط ناوگان فعلی متروی کشور در نظر گرفته شده و همچنین به منظور هماهنگی با سوزنهایی با همین شعاع که ممکن است تحت شرایط سخت و محدود بودن زمین مورد استفاده قرار گیرد.

این اعداد با بررسی انواع مختلف ناوگان مورد بهره‌برداری در شهرهای مختلف جهان و بررسی دستوالعمل‌های مربوطه در نظر گرفته شده است. طراح می‌تواند با بررسی دقیق خصوصیات عملکردی ناوگان منتخب برای بهره‌برداری در پروژه در حال طراحی، اعداد متفاوتی لحاظ نماید.

۵-۱-۲-۲- قوس پیوندی و اعمال بر بلندی

در محدوده دپو با توجه به پایین بودن سرعت سیر معمولاً بر بلندی مورد نیاز در محدوده قابل تحمل ناوگان قرار می‌گیرد و عملاً نیازی به اعمال بر بلندی و استفاده از قوس پیوندی نمی‌باشد.

همچنین در خصوص استفاده از قوس پیوندی در خطوط داخلی دپو، توجه به نکات زیر راهگشا خواهد بود:

- طول قوسهای افقی در محوطه دپو معمولاً کوتاه بوده و برای اعمال قوس پیوندی از یک طرف باید از طولهای کوتاه برای این قوسها استفاده کرد و از طرف دیگر قوس افقی دارای طول بسیار ناچیز خواهد شد که با توجه به عدم نیاز به اعمال بر بلندی واقعی، توصیه نمی‌گردد.
- در صورت استفاده از قوسهای پیوندی با طول معقول و حفظ طول هر چند کوتاه قوسهای افقی، نیازمند به فضایی بسیار وسیع برای جانمایی خطوط و ادوات خواهیم بود.

با توجه به تمام موارد مذکور طراح موظف است که بر بلندی مورد نیاز قوس‌های محدوده دپو را بررسی نماید و با توجه به میزان بر بلندی قابل تحمل ناوگان نیاز یا عدم نیاز به اعمال بر بلندی را مشخص نماید و در صورت نیاز به اعمال

بربلندی تمام الزامات طراحی را رعایت نماید.

موارد فوق‌الذکر مربوط به قوسهای قرار گرفته در محوطه دپو می‌باشد. در خصوص قوسهای قرار گرفته در مسیرهای ورودی به دپو موارد بالا کاربرد نداشته و برای این دسته از خطوط باید از حداقلهای مربوط به مسیر اصلی استفاده شود.

۵-۱-۲-۳- حداقل طول خط مستقیم بین قوسهای افقی

در خصوص حداقل طول مستقیم بین قوسهای متوالی بخصوص قوسهای معکوس عوامل تاثیر گزار عبارتند از:

- سرعت سیر قطارها،
- اعمال یا عدم اعمال بربلندی،
- زاویه کوپلرها.

دو پارامتر ابتدایی در بندهای پیشین مورد بررسی قرار گرفت. در خصوص زاویه کوپلرها عامل مهم و قابل توجه مولفه نیرویی است که قطار معیوب را در طول خط می‌کشد یا هل می‌دهد. در زاویه‌های بزرگ این مولفه نیرو از مولفه‌ای که در جهت عرضی به قطار وارد می‌شود کمتر خواهد بود و می‌تواند منجر به خروج از خط قطار شود. این حالت در قوسهای معکوس با شعاع کوچک پیش می‌آید.

در خصوص محاسبه طول مورد نیاز خط مستقیم بین قوسهای معکوس معادله زیر قابل استفاده است:

$$L_{slim} = q_{slim} \cdot V$$

معادله (۱-۵)

که در آن :

L_{slim} : طول خط مستقیم بین قوسهای افقی معکوس (m)

q_{slim} : ضریب ثابت

V : سرعت سیر بر حسب (km/h)

ضریب q_{slim} برای سرعت‌های کمتر از ۷۰ کیلومتر بر ساعت (که در محدوده دپو متعارف می‌باشد) در حالت مطلوب برابر ۰/۲ و در حالت حداقل برابر ۰/۱ در نظر گرفته می‌شود. بر اساس این رابطه، حداقل طول مسیر مستقیم بین دو قوس متوالی معکوس برای سرعت ۲۵ کیلومتر بر ساعت در حالت مطلوب برابر ۵ متر و در حالت حداقل برابر ۲/۵ متر خواهد شد.

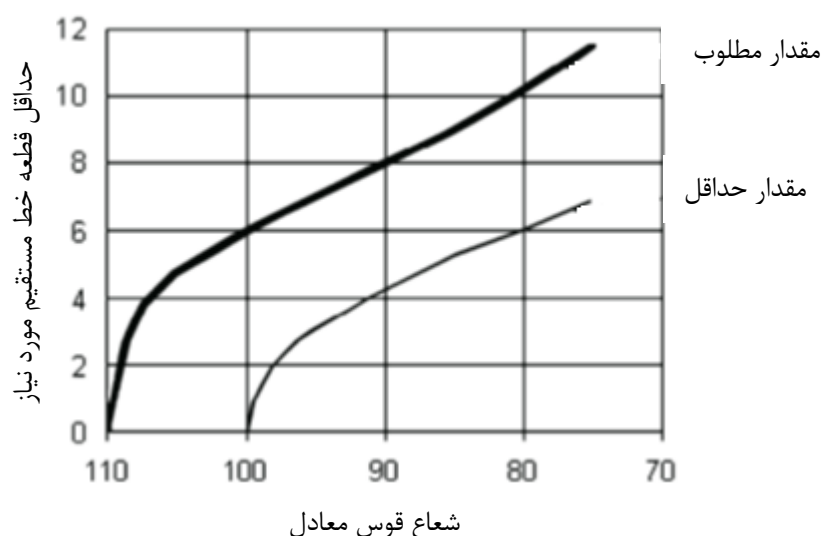
فاکتور مهم دیگری که برای محاسبه این حداقل طول باید لحاظ شود پدیده قفل شدن بافرها در سرعت سیر کم می‌باشد. برای این منظور ابتدا با استفاده از معادله شماره (۲-۵) یک شعاع قوس معادل، به جای دو قوس افقی معکوس را محاسبه می‌نمایند:

$$R_{id} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

معادله (۲-۵)

که در این رابطه R_1 و R_2 شعاع‌های دو قوس معکوس متوالی هستند.

سپس بر اساس این قوس، معادل حداقل طول خط مستقیم در دو حالت مطلوب و حداقل مشخص می‌گردد. طراح باید با توجه به حداقل شعاع منتخب برای محدوده دپو شعاع قوس معادل را محاسبه نموده و سپس با توجه به نمودار شکل (۱-۵)، طول مورد نیاز خط مستقیم را برای دو حالت حداقل مطلوب و حداقل قابل قبول را بدست آورد. این نمودار شعاع قوسهای معکوس کوچکتر از ۱۴۰ متر (حداقل قابل قبول شعاع قوس در محدوده دپو) را پوشش نمی‌دهد. با توجه به فرمول بالا و در نظر گرفتن دو قوس افقی معکوس با شعاع ۱۴۰ متر، شعاع قوس معادل برابر ۷۰ متر بدست آمده و حداقل طول مستقیم مورد نیاز در حالت مطلوب برابر ۱۴ متر و در حالت حداقل برابر ۷ متر بدست می‌آید.



شکل ۱-۵- طول قطعه خط مستقیم بر اساس شعاع قوس معادل

بر اساس نمودار هر چقدر شعاع قوسهای معکوس بزرگتر باشد طول خط مستقیم مورد نیاز کمتر خواهد شد. این نمودار برای قوسهای با شعاع بزرگتر از ۲۰۰ متر طول قطعه خط مستقیم را صفر در نظر گرفته است.

۱-۵-۳- الزامات طرح هندسی خطوط در راستای قائم

مسیر خطوط ریلی در راستای طولی متشکل از پاره خطهای مستقیم (با شیب طولی ثابت) و منحنیهای مشخص (قوسهای قائم دایره‌ای یا سهمی‌شکل) است. در ترسیم پروفیل طولی مسیر خطوط ریلی، تراز ارتفاعی محور خط، مبنا قرار میگیرد و رقوم ارتفاعی از سطح روی ریل سنجیده می‌شود. ضوابط مسیر در راستای قائم توسط کارایی، ابعاد و رواداری وسائط نقلیه در رابطه با تنشهای خمشی قائم تعیین می‌شود.

۵-۱-۳-۱- حدافل و حداکثر شیب طولی

در محوطه دپو، خطوط ترجیحاً باید به صورت مسطح و بدون شیب طراحی شوند. این مسئله برای جلوگیری از حرکت خودبخود قطارها در محوطه دپو می‌باشد. قطارهایی که آماده به سرویس هستند به علت کارآمد بودن ترمزهایشان به صورت خودبخود حرکت نخواهند کرد ولی قطارهایی که در سالنهای تعمیرات قرار دارند یا در محوطه منتظر انتقال به تعمیرگاه هستند و ترمز کارآمدی ندارند شرایط ایمنی نخواهند داشت. همچنین معمولاً در محوطه‌های دپو از لکوموتیوهای برای جابجا کردن قطارهای معیوب استفاده می‌شود و حداکثر شیب خطوط در دپو باید به گونه ای لحاظ شود که توان کششی این لکوموتیوها برای جابجا کردن یک قطار خالی از مسافر کافی باشد.

توصیه اکید می‌گردد که تمام خطوط در محوطه باز دپو بدون شیب، دارای شیب معکوس نسبت به خط اصلی و یا دارای تقعر باشند تا از حرکت قطارها به سمت مسیر اصلی جلوگیری شود.

خطوط پارکینگ می‌تواند دارای یک شکم دادگی در وسط قطار باشد (تأکید می‌گردد که در وسط هر یک از قطارها نه در بین دو قطار متوالی) تا از حرکت قطار به هر دو سمت جلوگیری شود. همچنین در خطوطی که انتهای آن مسدود است، مطلوب است که یک شیب جزئی رو به پایین به سمت انتهای مسدود اعمال شود و اگر این خطوط در کنار خطوط ورودی و خروجی یا خطوط اصلی باشند باید علاوه بر شیب، به صورت افقی نیز قوس دار شوند تا از آن خطوط دور گردند. در صورتیکه که ناچار به اعمال شیب رو به بالا در جهت انتهای مسدود شده باشیم، این شیب هرگز نباید بیشتر از ۲ در هزار در دپوها باشد.

خطوطی که وارد سالنهای تعمیرگاهی می‌شوند نیز معمولاً بدون شیب طراحی می‌گردد. با این حال طراح می‌تواند با بررسی تمام موارد مربوط به سهولت اجرا و هزینه‌های مربوطه به منظور جلوگیری از ورود آب‌های ناشی از بارندگی شدید به داخل سالن تعمیرات، یک شیب جزئی رو به بالا در کفسازی به سمت سالن تعبیه نماید. این شیب معمولاً تا ستون دوم تعمیرگاه که تقریباً بین ۶ تا ۸ متر می‌باشد ادامه می‌یابد.

طراح موظف است با بررسی تمام موارد فنی و اقتصادی مربوط به محدوده دپو، شیب طولی مناسب برای هر یک از قسمت‌های دپو را محاسبه نماید.

۵-۱-۳-۲- حدافل شعاع و طول قوس قائم

از مهمترین فاکتورهای مطرح در محاسبه شعاع و حداکثر طول قوس‌های قائم، شتاب قائم وارد شده به وسیله نقلیه می‌باشد. در قوسهای قائم شتاب قائم باید محدود شود. به طور عمومی این معیار بین 0.2° تا 0.4° متر بر مجذور ثانیه در نظر گرفته می‌شود. برای نیل به سطح بالای راحتی سفر این مقدار در دامنه پایینی این بازه در نظر گرفته می‌شود. اما در محدوده دپو به علت مطرح نبودن راحتی سفر، می‌توان اعداد در دامنه بالایی این بازه را مد نظر قرار داد.

در مورد قوسهای قائم در طول مسیر قطارهای شهری دو عامل مهم همیشه باید مورد بررسی قرار گیرد که این دو مورد به طور محسوس بر کیفیت بهره‌برداری و هزینه‌های نگهداری و تعمیرات تاثیر خواهند گذاشت. این دو عامل

عبارتند از طول قوس قائم و شعاع قوس قائم که باید با دقت کافی مورد بررسی قرار گرفته و برای هر قسمت از مسیر محاسبه گردد.

در خصوص حداقل طول قوسهای قائم به طور کلی رابطه زیر برای محاسبه طول قابل استفاده می‌شود:

$$T = \frac{R_v \Delta i}{2000} \quad \text{رابطه شماره (د-۱)}$$

که در آن:

T : نصف طول افقی قوس بر حسب متر

Δi : اختلاف جبری دو شیب دنبال هم بر حسب در هزار

R_v : شعاع قوس بر حسب متر

این طول قوس باید به گونه‌ای باشد که در تطابق با اعداد ذکر شده در جدول (د-۱) نیز باشد:

جدول ۵-۲- حداقل طول قوس قائم در محدوده دپو

قوس محدب	قوس مقعر
حداقل مطلوب طول قوس قائم	60 A
حداقل قابل قبول طول قوس قائم	30 A
حداقل مطلق طول قوس قائم	$L=AV^2/215$
	$L=AV^2/387$

* L حداقل طول قوس بر حسب متر، A اختلاف جبری دو شیب و V سرعت طرح بر حسب کیلومتر بر ساعت می‌باشد.

در مورد این پارامتر حالت بهینه این است که از روابط مربوط به حداقل مطلوب استفاده گردد اما چون در محوطه دپو سرعت سیر پایین بوده و مقوله راحتی سفر مطرح نمی‌باشد، می‌توان از اعداد مربوط به حداقل‌های مطلق استفاده نمود. همچنین طراح باید طول بدست آمده را کنترل نماید که از طول یک واگن قطار مورد بهره‌برداری در محوطه دپو بیشتر باشد.

در مورد شعاع قوس قائم، سازنده وسیله نقلیه معمولاً توانایی محصول خود را در رابطه با توان نقاط اتصال واگن‌ها (کوپلرها) به صورت شعاع یا حداکثر زاویه قابل تحمل بیان می‌دارد. با توجه به اینکه اختلاف شیبهای طولی در محدوده دپو معمولاً ناچیز می‌باشد و از طرفی حداکثر شتاب قابل قبول در این محدوده‌ها مقدار بالایی دارد، شعاع قابل قبول به طور قابل ملاحظه‌ای می‌تواند کوچک‌تر در نظر گرفته شود.

شعاع قوس قائم را می‌توان بر اساس معادله زیر محاسبه نمود:

$$R_v = \frac{L_v}{0.01 A} \quad \text{معادله (۵-۳)}$$

در این رابطه R_v شعاع قوس قائم (m)، L_v طول قوس قائم (m) و A اختلاف جبری دو شیب متوالی بر حسب در

هزار است. توسط همین فرمول و در جایی که شعاع قوس قائم مشخص باشد می‌توان طول قوس قائم را محاسبه نمود.

همچنین برای شعاع قوس قائم فرمول زیر را می‌توان استفاده نمود:

$$R_v = 0.35 V^2 \quad \text{معادله (۵-۴)}$$

برای خطوطی که تعداد مسافرین ایستاده زیاد می‌باشد پیشنهاد می‌شود که ضریب $0/35$ در فرمول بالا بیشتر از $0/77$ لحاظ شود. و در شرایط خاص مانند محوطه دپو که بحث راحتی سفر جایگاهی ندارد، این ضریب می‌تواند برای قوس مقعر به $0/13$ و برای قوس محدب به $0/16$ کاهش یابد.

۵-۱-۳-۳- تداخل قوس افقی و قائم

طراح باید تلاش کند که تا آنجایی که ممکن باشد از تداخل قوس قائم و افقی بپرهیزد. در جایی که امکان پذیر نباشد باید تغییرات راستای افقی و قائم بسیار ملایم صورت پذیرد و ترجیحاً اندازه‌ها نزدیک به حداقل نباشند. این ابعاد باید در تطابق با مشخصات فنی ناوگان مورد استفاده باشد. همچنین طراح باید این موضوع را به شیوه‌ای کنترل نماید که قوس قائم به هیچ وجه در داخل قوس پیوندی (در صورت وجود) قرار نگیرد. در مواردی که قرار گرفتن قوس قائم در داخل قوس افقی اجتناب ناپذیر باشد طراح باید تلاش کند و به گونه‌ای طراحی نماید که شعاع هیچ یک از قوسهای افقی و یا قائم در نزدیکی حداقل مطلق نباشد.

۵-۱-۳-۴- حداقل فاصله بین قوسهای قائم

یکی از مهمترین پارامترهای مربوط به طراحی مسیر قطارهای شهری در راستای قائم، نحوه جانمایی قوسهای قائم معکوس در نزدیکی یکدیگر است که با توجه به وجود محدودیت‌های فراوان در محدوده‌های مانند دپوها اجتناب ناپذیر خواهد بود. وجود قوسهای قائم معکوس در نزدیکی یکدیگر باعث ایجاد فشار مضاعف بر ادوات اتصال واگن‌ها به یکدیگر خواهد شد که در طول زمان ممکن است خطراتی را به همراه داشته باشد.

حداقل طول مسیر با شیب ثابت بین قوسهای قائم بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$L = 0.57 V \quad \text{رابطه شماره (د-۲)} \quad \text{حداقل مطلوب}$$

$$L = 12 \text{ m} \quad \text{حداقل مطلق}$$

در این رابطه V سرعت حرکت ناوگان (m/s) می‌باشد.

این مقادیر مربوط به مسیر اصلی می‌باشد و در محوطه دپو که بدلیل عدم حضور مسافر ملاحظات مربوط به راحتی سفر مد نظر قرار نمی‌گیرد و همچنین به علت محدود بودن سرعت، میزان شتاب قائم وارد شده به قطار کم می‌باشد، می‌توان از حداقل مطلق با اطمینان بیشتری استفاده نمود.

طراح موظف که هنگام طراحی و جانمایی قوسهای قائم در محوطه دپو تلاش نماید تا حداکثر فاصله ممکن را بین قوسهای قائم لحاظ نماید اما در جایی که این امکان فراهم نباشد حداقل طول مسیر با شیب ثابت بین دو قوس قائم برابر با طول یک واگن در نظر گرفته شود.

۵-۱-۳-۵- قوس قائم در سیستم برق بالاسری

آرایش خطوط دپو در بعضی موارد به دلیل ملاحظات آرایش خطوط و جاده‌کشی این محوطه می‌تواند برای متخصصین برق بالاسری و طراح خط بسیار چالش برانگیز باشد. به همین دلایل گروه‌های مختلف طراحی باید همکاری تنگاتنگی داشته باشند تا اطمینان حاصل نمایند که فاصله بین خطوط با یکدیگر و با جاده‌ها کافی باشد تا پایه‌های برق بالاسری بدون نیاز به سازه خاص نصب شوند.

۵-۱-۴-۵- دستگاه خطوط

انتخاب نوع مناسبی از دستگاه خطوط و جانمایی آنها به شیوه مطلوب تضمین کننده گردش مطلوب قطارها در محوطه دپو و دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده برای دپو خواهد بود.

۵-۱-۴-۱-۵- انواع دستگاه خطوط

با توجه به نیاز شبکه خطوط ریلی برای دسترسی به خطوط مختلف، دستگاه خطوط مختلفی ابداع شده که متداول‌ترین آنها سوزن یا انشعاب و کراس‌اور می‌باشد. به طور کلی دو شاخصه مهم دستگاه خطوط شعاع قوس و زاویه انحراف بوده که باعث تنوع می‌شود. جهت کسب اطلاعات بیشتر به یادداشت (د-۱) از پیوست (د) رجوع شود. در مجموعه خطوط دپوهای قطارهای شهری به علت تردد زیاد قطارها بر روی دستگاه خطوط توصیه اکید می‌گردد تا از جانمایی این دستگاه‌ها بر روی قوس خودداری شود و طراح موظف است که در صورت نیاز به استفاده از نوع خاصی از دستگاه خطوط با بررسی تمام موارد فنی، اقتصادی و نگهداری و تعمیر، نسبت به عدم تأثیر نامطلوب این ادوات بر روی بهره‌برداری مجموعه دپو اطمینان حاصل نماید.

۵-۱-۴-۲-۵- انتخاب دستگاه خطوط

طراحان هندسه مسیر خطوط ریلی، همواره در امر انتخاب نوع و ابعاد انشعاب‌ها با گستره وسیعی مواجه می‌شوند. از آنجایی که در طراحی هندسی خطوط ریلی، الزامی مبنی بر استفاده از یک نوع خاص از انشعابات و تقاطعات وجود ندارد، معمولاً طراح می‌تواند به راحتی یکی از انواع انشعاب‌ها و تقاطعات را برای طرح خود برگزیند. اما در این انتخاب باید توجه نمود که ادوات انتخاب شده از مصالح استاندارد و مطمئن بوده و در آینده نیز به حداقل عملیات نگهداری و تعمیر نیازمند باشد.

استفاده از انشعابات و تقاطعاتی که به لحاظ ابعادی یا جنس مصالح، استاندارد نمی‌باشند نیز تنها در صورت وجود توجیه فنی و اقتصادی امکان پذیر است. گزارشات توجیهی مذکور باید مشتمل بر موارد زیر باشند:

- دلایل نیاز به انشعاب غیر استاندارد،
- بیان و معرفی انواع دستگاه خطوط استاندارد که بررسی شده است و جوابگوی نیازها نبوده‌اند،
- دلایل عدم کارایی نمونه‌های استاندارد،

- بیان تأثیرات استفاده از یک انشعاب با ابعاد کوچک‌تر بر بهره‌برداری از وسایل نقلیه، سیستم علائم و ارتباطات و سیستم برق بالاسری،

۵-۴-۳- الزامات جانمایی افقی و قائم دستگاه خطوط

یکی از الزامات اساسی در مورد عملکرد انشعاب‌ها، هدایت تدریجی چرخ‌ها از مسیر اصلی به مسیر انشعابی است. بهترین روش برای آن که از هدایت صحیح و تدریجی چرخ‌ها به مسیر انشعابی اطمینان حاصل شود، آن است که حداقل قبل و بعد از انشعاب، مسیر ریلی کاملاً مستقیم و بدون هرگونه قوس و انحنای افقی یا قائم باشد. در مواقعی که طراح مسیر با محدودیت فضا رو به رو باشد، می‌توان انشعاب‌ها را در قوس نصب نمود. لیکن باید در نظر داشت که در زمان بهره‌برداری، نصب این ادوات در قوس موجب کاهش کیفیت سیر و حرکت می‌گردد. همچنین کارشناسان نگهداری و تعمیرات خطوط ریلی نیز بر این عقیده‌اند که چنین وضعیتی، موجب تحمیل هزینه‌های اضافی می‌شود. طراحی انشعاب‌ها در قوس باید ساده بوده و انتقال تدریجی وسیله نقلیه ریلی را به مسیر انشعابی در نهایت سهولت امکان پذیر سازد.

همچنین در خصوص راستای قائم دستگاه خطوط، مطلوبست تا حد امکان انشعابات و تقاطعات در مقاطعی از مسیر خط ریلی قرار داده شوند، که هیچ‌گونه تغییر شیب طولی در خط وجود نداشته باشد. علت این امر آن است که مهم‌ترین اجزای یک انشعاب (سوزن و تکه مرکزی) بسیار صلب می‌باشند و نمی‌توان به راحتی آن‌ها را با اختلاف شیب طولی مسیر، تطبیق داد. شاید به لحاظ تئوری بتوان قسمت میانی (فاصله بین ریل‌های سوزن و تکه مرکزی) انشعاب را در محلی قرار داد که در آن اختلاف شیب طولی روی می‌دهد. اما در عمل به دلیل وجود رواداری‌های مورد نیاز در مرحله ساخت، برقرار نمودن چنین سازگاری بین ریل‌های میانی و تغییرات شیب طولی مسیر بسیار دشوار است. چنانچه طراح ناگزیر از تعبیه انشعاب در محل تغییر شیب طولی مسیر باشد، باید نهایت دقت را در مورد اجزای مورد استفاده (ریل‌های سوزن و تکه مرکزی) به کار برد تا از استاندارد بودن آن و سازگاری با انحنای قوس قائم، اطمینان یابد.

حتی اگر مسیر اصلی در محدوده انشعابات و تقاطعات در محل قوس قرار گرفته باشد، نباید برابندی در این مکان تعبیه شود. علت این امر آن است که هرگونه برابندی برای یکی از خطوط موجود در محدوده انشعابات و تقاطعات، برای خط دیگر نامناسب خواهد بود. بدترین شرایط ناپایداری، زمانی به وجود می‌آید که یک انشعاب بر روی قوس قرار گرفته و انحنای مسیر انشعابی بر خلاف جهت انحنای قوس در مسیر اصلی باشد. در چنین حالتی، نه تنها برابندی مورد نیاز برای حرکت وسیله نقلیه در مسیر انشعابی تأمین نمی‌گردد، بلکه در صورت وجود برابندی در مسیر اصلی به ناپایداری و احتمالاً واژگونی وسیله نقلیه ریلی منجر می‌گردد. در مواقعی که تعبیه برابندی بلافاصله پس از یک انشعاب یا تقاطع ضرورت داشته باشد، باید نقطه شروع آن در خطوط بالاستی بعد از بلندترین تراورس انشعاب در نظر گرفته شود. همچنین در خطوط بدون بالاست (بتنی) می‌توان در فاصله کم‌تری از انتهای انشعاب، برابندی را تعبیه نمود، اما این فاصله باید به گونه‌ای باشد که حداقل ۵۰۰ میلی متر از درز اتصال پاشنه تکه مرکزی جلوتر قرار گیرد.

۵-۴-۱-۴- الزامات جانمایی دستگاه خطوط با توجه به جهت قرارگیری نسبت به یکدیگر

موقعیت قرارگیری انشعابات و تقاطعات نسبت به یکدیگر از چند منظر باید مورد توجه خاص واقع شود:

- محدودیت‌های ساخت؛ بدین معنی که هیچ گونه تداخلی میان یک انشعاب با سایر انشعاب‌ها، تقاطع‌ها و یا قوس‌هایی که به منظور هدایت بهتر چرخ‌ها مجهز به ریل‌های محافظ می‌باشند، وجود نداشته باشد،
 - محدودیت گاباری (قواره) خط ریلی؛ بدین معنی که باید همواره فاصله کافی و مشخصی بین انشعاب و معارض جانبی خط ریلی وجود داشته باشد،
 - در مکان‌هایی که بیش از یک انشعاب یا تقاطع وجود دارد، حداقل فاصله بین دو انشعاب متوالی (فاصله بین ریل‌های سوزن تا سوزن دو انشعاب) در خطوط مربوطه طوری منظور شود که تضمین کننده تعبیه درز مناسب برای اهداف سیستم علائم باشد.
- فاصله بین دستگاه‌های خطوط در محوطه دیو و خطوط فرعی از مهمترین عوامل تعیین کننده نحوه چیدمان خطوط محوطه دیو می‌باشد و از این رو باید به بررسی حالت‌های مختلف قرارگیری انشعابات نسبت به یکدیگر پرداخته شود. جهت کسب اطلاعات بیشتر به یادداشت (د-۲) از پیوست (د) رجوع شود.
- به طور کلی توصیه می‌گردد که حداقل فاصله مطلوب بین سوزن‌ها دارای انحراف هم جهت برابر ۶/۲۵ متر و بین سوزن‌های دارای انحراف غیر هم جهت ۱۲/۵ متر لحاظ شود. طراح موظف است که با توجه به شرایط حاکم بر پروژه بیشترین فاصله ممکن را بین دستگاه خطوط لحاظ نماید و در شرایط خاص و با در نظر گرفتن ایمنی سیر قطارها در دیو از حداقل‌های مطلق استفاده نماید.

۵-۴-۱-۵- الزامات و محدودیتهای هندسی در مجاورت دستگاه خطوط در راستای افقی

همانطور که پیشتر اشاره گردید، قبل و بعد از دستگاه خطوط، طول مشخصی از مسیر باید بدون انحناء باشد تا کارکرد مناسب و ایمن دستگاه خطوط تضمین شود. به طور کلی در خطوط قطارهای شهری حداقل فاصله مطلوب بین دستگاه خطوط و قوسهای افقی برابر با ۱۵ متر است. در خصوص حداقل فاصله بین ابتدا یا انتهای دستگاه خطوط با قوسهای افقی، مجدداً جهت انحنای قوس افقی و دستگاه خطوط نسبت به یکدیگر تعیین کننده خواهد بود و باید حداقل فواصل ذکر شده در آن قسمت، در این مورد نیز رعایت شود. تنها در مورد قوسهای افقی که جهتی مشابه با جهت انحنای دستگاه خطوط دارند می‌توان حداقل مطلق فاصله مستقیم را برابر ۳ متر در نظر گرفت.

۵-۴-۱-۶- الزامات و محدودیتهای هندسی در مجاورت دستگاه خطوط در راستای قائم

در خصوص حداقل فاصله مستقیم مسیر در راستای قائم در مجاورت دستگاه خطوط نیز الزاماتی وجود دارد. در این بخش بحث هم جهت بودن یا نبودن قوس قائم با دستگاه خطوط مطرح نمی‌باشد. توصیه می‌گردد که فاصله بین شروع

سوزن تا ابتدای قوس قائم با $V/2$ در نظر گرفته شود. در صورت عدم وجود فضای کافی، حداقل فضای بین ابتدای سوزن و ابتدای قوس قائم برابر با طول یک بوژی در نظر گرفته خواهد شد. به عنوان یک توصیه کلی، پیشنهاد می‌گردد که حداقل ۵ متر در طرفین سوزن دارای شیب ثابت باشد.

۵-۱-۴-۷- الزامات و محدودیتهای اعمال بر بلندی در دستگاههای خطوط

طراح موظف است بر اساس سرعت سیر قطار در داخل دپو و شعاع قوسهای افقی جانمایی شده در آن محاسبات مربوط به بر بلندی مورد نیاز هر یک از قوسها را انجام دهد و در صورتی که بر بلندی مورد نیاز در محدوده کسری بر بلندی قابل تحمل ناوگان مورد استفاده بود، از اعمال بر بلندی در دستگاه خطوط صرف نظر نماید. در صورتی که اعمال بر بلندی در انشعابات ضروری باشد، طراح باید تمام موارد مربوط به ایمنی که به طور خلاصه در بخش مرتبط با قوسهای پیوندی ذکر شد را در نظر بگیرد.

۵-۱-۴-۸- سایر الزامات و محدودیتهای جانمایی دستگاه خطوط

از دیگر مواردی که طراح باید مد نظر قرار دهد این است که شعاع قوس افقی پس از سوزن در مسیر انشعاب بهتر است که دارای شعاعی برابر یا بزرگتر از شعاع انحنای خود سوزن بوده و اگر استفاده از قوس با شعاع کوچکتر از شعاع سوزن اجتناب ناپذیر باشد، طراح موظف است که فاصله بین قوس و سوزن را بیشتر از حداقل مطلوب ذکر شده در بخش مربوطه در نظر بگیرد و از حداقلهای مطلق استفاده ننماید.

۵-۴-۹- ملاحظات ایمنی در جانمایی انشعابات

مسئله ایمنی در خطوط دپو و عملکرد روان انشعابات و مسیرها همزمان با ایمن بودن عملیات جابجایی قطار بین خطوط دپو از موارد بسیار مهم و حیاتی در آرایش خطوط ریلی دپو می‌باشد. در خصوص تامین ایمنی در محدوده انشعابات پارامترهای مختلفی تاثیر گذارند. از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- **نقطه امان:** طراح موظف است با در نظر گرفتن قواره قطارهای مورد بهره‌برداری در محدوده دپو نسبت به محاسبه فاصله‌ای بین خطوط که در صورت توقف قطار بر روی مسیر انشعاب مسیر مستقیم به صورت ایمن قابل استفاده باشد (جهت کسب اطلاعات بیشتر به یادداشت (د-۳) از پیوست (د) رجوع شود).
- **فاصله بین خطوط:** از دیگر موارد موثر در ایمنی سیر قطار در محدوده دپو حداقل فاصله بین خطوط بعد از جدایش خطوط می‌باشد. در این مورد مطلوبست که پس از جدایش خطوط و رسیدن فاصله بین آنها به نقطه امان، این حداقل فاصله تا انتهای خطوط رعایت شود و در هیچ قسمتی از آن کمتر نشود. این مهم برای خطوط مستقیم صادق خواهد بود. با توجه به قوس‌های با شعاع کم در دپو، در مناطقی که خطوط در قوس به موازات هم قرار می‌گیرند فواصل بین خطوط باید بیشتر افزایش یابد و این مورد نیز باید با در نظر گرفتن قواره قطار وقتی بر روی قوسهای محوطه دپو قرار می‌گیرد محاسبه شود.

۵-۲- روسازی ریلی دپو

۵-۲-۱- مقدمه

مهم‌ترین وظیفه یک سیستم روسازی ریلی اعم از بالاستی یا بدون بالاست به عنوان یک سازه مهندسی، هدایت ایمن ناوگان حمل و نقل ریلی و حفظ پایداری لازم در مقابل بارهای تکرار شونده‌ای است که در راستای قائم، جانبی و طولی در دوره بهره‌برداری خط ریلی، همواره به آن وارد می‌شود. سطح پایداری خط ریلی باید به اندازه‌ای باشد که در هندسه و ساختار خط خرابی و اختلالی ایجاد نشود. پایداری یک سیستم روسازی ریلی تا حد زیادی به اجزای تشکیل دهنده آن، تناژ و سرعت بار عبوری، کیفیت عملیات نگهداری و تعمیر و پاره‌ای دیگر از عوامل محیطی همچون درجه حرارت محیط بستگی دارد.

از مهم‌ترین آیین‌نامه‌های مذکور می‌توان به استانداردهای اتحادیه اروپا (EN)، راهنمای انجمن مهندسی و نگهداری و تعمیر راه‌آهن آمریکا (AREMA)، فیش‌های اتحادیه بین‌المللی راه‌آهن‌ها (UIC)، راهنمای طراحی راه‌آهن سبک (گزارش ۱۵۵ TCRP) و همچنین نشریات و ضوابط تهیه شده توسط سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور همچون مشخصات فنی عمومی روسازی بالاستی راه‌آهن (نشریه شماره ۳۰۱)، دستورالعمل نظارت بر اجرای روسازی راه‌آهن

(نشریه شماره ۳۵۵)، مشخصات فنی عمومی زیرسازی راه آهن (نشریه شماره ۲۷۹) و آیین نامه بتن ایران (نشریه شماره ۱۲۰) اشاره نمود.

۵-۲-۲- انواع روسازی

سیستم های روسازی خطوط راه آهن بسته به ساختار آنها به دو دسته کلی زیر تقسیم بندی می شوند:

۱- سیستم روسازی بالاستی یا روسازی سنتی یا متعارف

۲- سیستم روسازی بدون بالاست یا دالخط یا روسازی مدرن

در محوطه دپوهای قطارهای شهری با توجه به کاربرد هر یک از فضاها از منظر تعمیراتی و حرکتی، نوع متفاوتی از روسازی استفاده خواهد شد. متداول ترین دسته بندی روسازی در داخل محوطه دپو شامل موارد زیر می باشد:

- روسازی خطوط محوطه (فضای باز محوطه دپو)

- روسازی داخل سالنها

- روسازی همسطح (داخل سالنها و در تقاطع با خیابان کشی)

۵-۲-۲-۱- روسازی خطوط محوطه

خطوط ریلی در محوطه های روباز دپو، وظیفه اتصال خطوط اصلی ورود و خروج دپو به سالنهای متنوع را بر عهده دارند. این دسته از خطوط در ارتباط مستقیم با عوامل محیطی و جوی همچون بارندگی و یخ زدگی قرار دارند و باید به گونه ای طراحی گردند که حداکثر کارایی را در شرایط مختلف دارا باشند و در عین حال هزینه اجرا و نگهداری و تعمیر مناسبی هم در تمام طول عمر خود داشته باشند. از سوی دیگر این نوع روسازی عمدتاً در تقابل با دستگاه خطوط تعریف خواهد شد که در این زمینه نیز باید الزامات مورد نیاز در نظر گرفته شود. این نوع روسازی همانند مسیر اصلی می تواند از نوع بالاستی و یا انواع مختلف بتنی در نظر گرفته شود.

۵-۲-۲-۲- روسازی سالنها

یکی از موارد مهم در طراحی روسازی خطوط دپو، سیستم روسازی داخل سالنها می باشد. به دلیل نیاز به بازدید و نگهداری و تعمیرات، می باید در برخی از خطوط بین دو ریل فضای خالی فراهم باشد بطوری که یک فرد بتواند براحتی در داخل آن تردد نماید. در این سیستم می توان با طراحی یک سازه یک پارچه، یک چال سرویس مناسب را ارائه نمود. نکته مهم در طراحی چال سرویس، ابعاد و اندازه ها و الزامات داخلی آن به منظور انجام عملیات نگهداری و تعمیرات است. از طرف دیگر، تردد ماشین آلات کمکی (چرخ لاستیکی) باید در داخل سالنها امکان پذیر باشد. لذا در مورد روسازی داخل سالنها سه حالت قابل تصور می باشد:

- سیستم چال سرویس بتنی،

- سیستم چال سرویس متکی بر ستونک های فولادی،

- سیستم روسازی همسطح یا مدفون،

۵-۲-۳- روسازی همسطح

این نوع از روسازی به منظور فراهم نمودن امکان تردد وسائط نقلیه گوناگون و همچنین پرسنل مجموعه از عرض خطوط ریلی و دسترسی به نقاط مختلف مجموعه دپو می‌باشد. از مهمترین وسائط نقلیه که در این مورد قابل ذکر است، لزوم دسترسی ماشین‌های آتش نشانی به مقابل سالن‌های پارکینگ و تعمیرات می‌باشد.

روسازی مدفون یا همسطح به طرق مختلف قابل طراحی و اجرا می‌باشد که با توجه به شرایط محیطی و ملاحظات فنی و اقتصادی باید انتخاب شود. در این روش‌ها تمامی سطح روسازی توسط مواد مختلفی (که بسته به نوع روسازی انتخاب شده) پر می‌گردد و تنها شیار باریکی برای عبور بال چرخ قطار در نزدیکی تاج ریل خالی خواهد ماند تا از یک طرف امکان تردد ایمن قطار را فراهم نماید و از طرف دیگر با ایجاد یک سطح صاف و بدون مانع جهت عبور ترافیک امکان تردد ایمن سایر وسائط نقلیه و پرسنل مجموعه به نحوی مطلوب فراهم شود.

۵-۲-۳- طراحی روسازی

۵-۲-۳-۱- نیروهای اعمالی

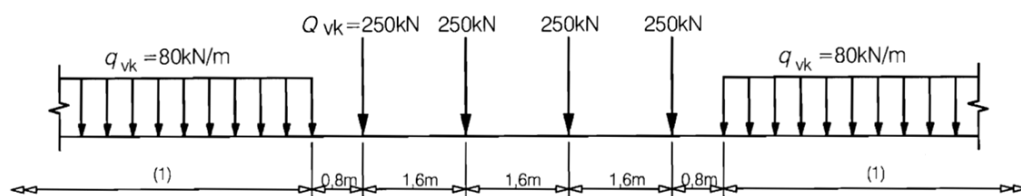
اولین مرحله در طراحی هر سازه، تعیین و محاسبه نیروهای وارده به سازه در طول دوره بهره‌برداری از آن سازه خواهد بود.

در طرح روسازی از نقطه نظر محاسبه نیروهای وارده به خط و ضرایب دینامیکی، سرعت طرح با توجه به مطالعات بهره‌برداری بسیار حائز اهمیت است که به صورت متعارف در خطوط مترو این سرعت در خطوط اصلی بین ۸۰ تا ۹۰ کیلومتر بر ساعت و در محدوده دپو بین ۲۰ تا ۳۰ کیلومتر بر ساعت در نظر گرفته می‌شود. همچنین بار محوری از دیگر پارامترهای مهم طراحی بوده که با توجه به شرایط پروژه و ناوگان مورد استفاده در آن پروژه، این پارامتر باید با دقت بررسی شده و محاسبه شود. شایان ذکر است که در محوطه دپو وزن مسافر نباید در محاسبه بار محوری لحاظ شود.

۵-۲-۳-۲- نیروهای قائم

نیروی قائم وارده به خط عمدتاً ناشی از نیروی چرخ وسایل نقلیه ریلی عبوری می‌باشد که به عنوان بار زنده معرفی می‌گردد. بار زنده به علت وزن ناوگان به خط ریلی وارد می‌شود. از آنجا که بارگذاری زنده عموماً تابعی از شرایط احتمال خالی بودن واگن‌ها است و همچنین نحوه قرارگیری واگن‌ها نیز در آن مؤثر است، معمولاً در طراحی سازه‌های ریلی سعی می‌شود که از یک الگوی بارگذاری اسمی استفاده شود. در مجموعه خطوط ریلی ایران، الگوی بارگذاری مورد استفاده الگوی LM71 با استفاده از ضرایب کاهش بوده (دلیل استفاده از ضریب کاهش در این قسمت به دلیل کمتر بودن بار

محوری خطوط قطار شهری نسبت به بار محوری مفروض در این الگوی بارگذاری می‌باشد. و در صورت نیاز بار ناوگان های عبوری باید توسط سازنده ارائه شده و در طراحی استفاده شود.



شکل ۵-۲- مدل بارگذاری LM71

۵-۲-۳-۲-۵- نیروهای افقی یا عرضی (جانبی)

بارهای جانبی ایجاد شده توسط وسایل نقلیه ریلی از طریق چرخ به ریل وارد شده و توسط سیستم پابند، تراورس‌ها و بالاست یا اسلب بتنی تحمل می‌گردد.

سختی جانبی ریل، نیروهای جانبی را به پابندها و تراورس‌های متصل به آنها انتقال می‌دهد. مقاومت سازه‌ای پابندها و تراورس‌ها موجب حفظ عرض خط می‌گردد. جرم تراورس، اصطکاک بین تراورس و بالاست یا اسلب بتنی و بستر زیرین، مساحت سطح جانبی در دو انتهای تراورس‌ها و بالاخره جرم بالاست یا اسلب بتنی، همگی در مقابل حرکت جانبی خط مقاومت می‌کنند.

مقدار بارهایی که خط ریلی باید در راستای جانبی در مقابل آنها مقاومت کند، تنها به ابعاد، نحوه قرارگیری و چیدمان اجزای خط، وزن، سرعت و مشخصات سایر تجهیزات وابسته نیست، بلکه به هندسه خط ریلی نیز بستگی دارد. هندسه کلی خط، به لحاظ وجود یا عدم وجود قوس و همچنین شدت انحنای قوس و هم هندسه موضعی خط همچون ناهمواری‌ها و سایر انحرافات از آنچه که از قبل در طراحی مشخص بوده است، در مقدار بار جانبی تأثیر می‌گذارد. مسئله بار جانبی و تعیین مقدار آن از منظر تحلیل بسیار پیچیده می‌باشد. از این رو در راه‌آهن‌های مختلف از فرمول‌های تجربی استفاده می‌گردد. بخش استاتیکی آن از کسری برابندی در قوس‌ها و بخش دینامیکی آن ناشی از حرکت قطار می‌باشد. روابط دقیقی برای محاسبه بخش دینامیکی موجود نمی‌باشد. لذا روابط تجربی تقریبی برای محاسبه این نیروها ارائه شده است که به شرح ذیل محاسبه می‌گردند:

نیروی جانبی استاتیکی

این نیروها از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$H_s (KN) = \frac{P \cdot NT}{1500} \quad \text{معادله (۵-۵)}$$

در این رابطه:

P: بار محوری

NT: عبارت است از میزان انحراف جانبی. اگر قطار بر روی یک خط مستقیم باشد برابر با ۲۵ میلیمتر (بیش از مقدار

واقعی) و اگر در قوس باشد برابر با میزان کسری برابندی اعمال شده به خط $h_{d \max}$.

نیروی جانبی دینامیک

این نیروها بصورت رابطه تجربی زیر بیان می‌شود:

$$H_s (KN) = \frac{P.NT}{1500} \quad \text{معادله (۶-۵)}$$

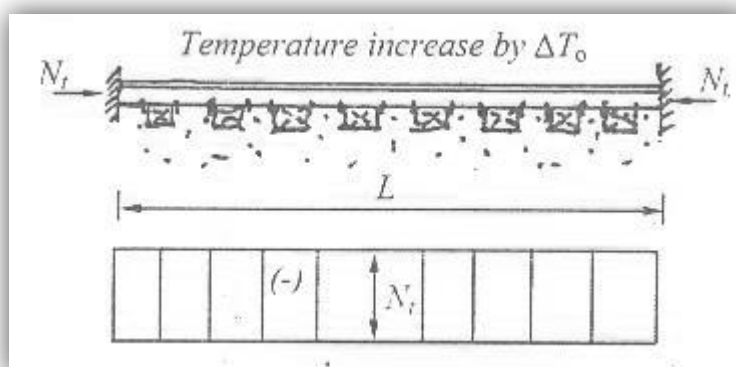
۵-۲-۳-ب- نیروهای طولی

نیروهای طولی بیش از حد، عامل اصلی کمانش ریل می باشند. علل ایجاد نیروهای طولی عبارتند از:

- نیروهای ایجاد شده به دلیل تغییر دما،

- نیروهای ناشی از حرکت قطار.

نیروهای حرارتی: نیروی گیرداری ایجاد شده در ریل که ناشی از افزایش یکنواخت دما به اندازه ΔT_0 است، مورد بررسی قرار می‌گیرد. نیروهای گیرداری وقتی ایجاد می‌شوند که ریل تمایل دارد در جهت طولی واقع بر تراورس‌هایی که در بالاست یا دال بتنی مدفون شده‌اند، حرکت نماید. لذا تغییر مکان محوری و نیروی گیرداری در سراسر ریل برابر صفر است.



شکل ۵-۳- قسمتی از خط به طول L

طول مقطع انتخابی خط (L)، در رابطه نیروی محوری ناشی از تغییر دما دخیل نمی‌باشد. بنابراین نیروی طولی ایجاد شده N_t در اثر تغییر دمایی ΔT_0 برای هر طولی از ریل یکسان خواهد بود. وضعیت مشابهی برای یک ریل مستقیم طولانی CWR وجود دارد. تغییر دمایی یکنواخت باعث ایجاد نیروی فشاری یا کششی ثابت N_t می‌شود اما نیروی گیرداری بوجود نمی‌آید. این نیرو بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$N_t = EA\alpha T$$

در این رابطه :

E: مدول الاستیسیته مقطع ریلی (N/mm^2)

A: سطح مقطع ریل (mm^2)

α : ضریب انبساط حرارتی ریل ($1/^\circ C$)

T: میزان تغییر درجه حرارت

۵-۲-۳-۲-ت- نیروی ناشی از حرکت قطار:

مطابق آئین نامه بارگذاری پل های راه آهن ایران، نیروهای طولی ناشی از ترمز و شتاب معادل $\frac{1}{7}$ وزن قطار در نظر گرفته می شود. بارگذاری مربوط به ترمز و شتاب در ضریب ضربه ضرب نمی شود. این نیروها باید بوسیله اصطکاک دال بتنی با بستر زیرین یا اندرکنش تراورس با بالاست مستهلک شود.

۵-۲-۳-۲-ث- ضریب ضربه

در طراحی اجزای خطوط ریلی مناسب ترین رابطه محاسبه ضریب ضربه (DAF)، ضریب ضربه آیزنمن می باشد که در آن سرعت قطار، کیفیت خط و فاکتور حساسیت با هم در نظر گرفته شده است. فرمول ضریب ضربه آیزنمن به شرح ذیل می باشد:

$$DAF = 1 + t\phi \quad V < 60 \text{ km/h}$$

$$DAF = 1 + t\phi \left(1 + \frac{V - 60}{140} \right) \quad 60 \leq V \leq 140 \text{ km/h}$$

که در آن:

احتمال	t	محل استفاده	شرایط خط	ϕ
۶۸/۳%	۱	تنش تماسی، زیرسازی	بسیار خوب	۰/۱
۹۵/۴%	۲	بار جانبی، بستر بالاست	خوب	۰/۲
۹۹/۷%	۳	تنش های ریل، سیستم پابند، تیکه گاه ها	ضعیف	۰/۳

همانطور که مشخص است سرعت سیر در محوطه دپو کمتر از ۶۰ کیلومتر بر ساعت می باشد و قسمت اول رابطه فوق برای محاسبه ضریب ضربه در طراحی روسازی محوطه دپو مورد استفاده قرار خواهد گرفت. نکته مهم در این زمینه سطح نگهداری و تعمیر خط بوده که تأثیر بسزایی روی ضریب ضربه دارد. در رابطه فوق در مورد روسازی بتنی ضرایب ارائه نشده است. در خصوص روسازی بتنی به لحاظ بحرانی تر بودن ضریب ضربه، این پارامتر برابر با ۲ (۲۰۰ درصد) در نظر گرفته می شود.

۵-۲-۳-۲-ج- خستگی

به دلیل طبیعت تکرار شونده بارهای ریلی که به صورت مداوم روسازی را تحت بارگذاری و باربرداری قرار می دهد، پدیده خستگی از اهمیت بسزایی برخوردار خواهد بود.

در حقیقت خستگی نوعی از نیروهای وارده به روسازی ریلی نمی باشد و همانطور که ذکر شد می تواند تأثیر هر یک از نیروهای وارده به روسازی را تشدید کند. می توان اینگونه بیان کرد که در سازه های تحت بارگذاری متناوب، میزان

حداکثر تنش مجاز در نظر گرفته شده برای اجزای سازه‌ای کمتر از حداکثر تنش مجاز برای طراحی در حالت معمول خواهد بود که این مهم باید توسط طراح در روند طراحی در نظر گرفته شود.

۵-۲-۴- الزامات طراحی

طراحی روسازی خط ریلی به عنوان یک سازه مقاوم در مقابل بارهای وارده انجام می‌گردد. برای طراحی باید معیارهای زیر مدنظر قرار بگیرد:

- مقاومت در مقابل بارهای وارده،
 - تأمین پارامترهای خدمت‌پذیری (کنترل تغییر شکلها و ...)،
 - کارایی دراز مدت و قابلیت سرویس‌دهی در طول عمر بهره‌برداری (ترافیک).
- جهت طراحی سیستم روسازی برای شرایط فوق نیاز به یک سری فرضیات به منظور بارگذاری و تحلیل سازه‌ای وجود دارد.

۵-۲-۴-۱- شرایط محیطی

به این دلیل که روسازی ریلی مخصوصاً در محوطه‌های باز مانند محوطه دپو قطارهای شهری در ارتباط دائم با شرایط محیطی که شامل تغییرات دما، بارندگی و یخ زدگی و ... قرار دارند، طراحی روسازی به گونه‌ای که کارایی آن تحت شرایط مختلف محیطی تحت تاثیر قرار نگرفته و بتواند به شیوه‌ای مطلوب وظایف خود را به انجام برساند، انجام گیرد. به علت گوناگونی شرایط آب و هوایی در قسمت‌های مختلف کشور، طراح موظف است تا با در نظر گرفتن دقیق تمام خصوصیات محیطی منطقه اجرای پروژه، روسازی را در تطابق با این شرایط طراحی نماید. این موارد می‌تواند شامل موارد ذیل باشد:

- سیکل یخ زدگی - آب شدگی در روسازی،
- عمق یخبندان،
- زهکشی،
- خصوصیات تهاجمی محیط و اثر آن بر روی اجزای روسازی،
- سطح آب زیرزمینی،
- تمامی سوزن‌های کلیدی در دپو می‌باید مجهز به گرمکن با قابلیت اطمینان بالا بوده و مصرف الکتریکی این گرمکن‌ها می‌باید در مطالعات تأمین توان پیش‌بینی شود.

۵-۲-۴-۲- تقابل با دیگر الزامات طراحی (جریان سرگردان - شبکه برق بالاسری)

طراحی روسازی خطوط ریلی به صورت مجزا و بدون در نظر گرفتن الزامات و فصل مشترک با سایر عوامل تاثیرگذار فاقد اعتبار بوده و نمی‌تواند اهداف مورد انتظار از ساخت آن را فراهم نماید. این دسته از الزامات نیز باید با دقت مورد بررسی و کنترل قرار گیرد تا در نهایت یک طراحی یکپارچه که توان برآورده نمودن اهداف از پیش تعیین شده برای روسازی خطوط را داشته باشد، بدست آید. از مهمترین این فصول مشترک می‌توان به بحث جریان‌های سرگردان و شبکه برق بالاسری اشاره نمود.

سیستم‌های حمل و نقل ریلی برقی، چه راه‌آهن سبک چه سنگین، سیستم خط و مسیر را به عنوان قسمت منفی مدار الکتریکی در سیستم‌های شبکه برق کشش منظور می‌کنند. از آنجا که عایق کامل برق موجود نیست، جریان‌های الکتریکی از این مدار نشت کرده و از طریق خاک عبور می‌کند تا مسیری با کمترین مقاومت را برای بازگشت به پست پیدا کند. مقدار چنین جریان‌های انحرافی به طور معکوس با کارایی عایق برق و بطور مستقیم به هدایت پذیری خاک و هر مسیر جریان متناوب بازگشتی به پست برق مثل لوله‌ها، کابل‌ها، فولاد تقویت شده و غیره بستگی دارد.

از طرف دیگر شبکه برق بالاسری در مجموعه خطوط دپو قطار شهری بسیار حائز اهمیت بوده و به خاطر محدود بودن فضا و نزدیک بودن تعداد زیادی از خطوط به یکدیگر و همچنین وجود تعداد زیاد دستگاه خطوط، جانمایی پایه‌های برق بالاسری در بسیاری از موارد ارتباط تنگاتنگی با سیستم روسازی خطوط دارد و در بسیاری از فضاهای دپو، مخصوصاً در نزدیکی دستگاه خطوط، احتمال تداخل وجود داشته و باید تمهیدات لازم برای ایجاد یک مجموعه کارآمد در نظر گرفته شود. لذا طراح موظف است در هر یک از مراحل طراحی هماهنگی کامل با سایر گروه‌های طراحی را داشته و الزامات تاثیر گذار بر کار روسازی را لحاظ نماید.

۵-۲-۴-۳- ریل

ریل اصلی‌ترین جزء روسازی راه‌آهن می‌باشد، که در تماس مستقیم با چرخ وسایل نقلیه ریلی قرار داشته و تحت بارهای متعددی در جهات قائم، طولی و جانبی می‌باشد. تحلیل و طراحی ریل به عنوان یک جزء سازه مهندسی از بخش‌های مختلفی تشکیل شده است که پرداختن به تک تک این بخش‌ها در رسیدن به یک درک مناسب از طراحی و ارائه یک روش مدون، ضروری می‌باشد. جهت کسب اطلاعات تکمیلی به یادداشت (د-۴) از پیوست (د) رجوع شود.

۵-۲-۴-۴- پابند

واژه پابند تمامی قطعات و اجزای اتصال بین ریل و تراورس را در بر می‌گیرد. انواع سیستم‌های اتصال ریل به تراورس را می‌توان به دو گروه صلب و ارتجاعی طبقه‌بندی نمود.

انتخاب یک سیستم پابند مناسب در روسازی بالاستی و بدون بالاست بر اساس پارامترهای متفاوتی صورت می‌گیرد. در یک سیستم بالاستی، بالاست موجود در خط قسمت زیادی از خاصیت ارتجاعی خط را به منظور جذب نیروهای

دینامیکی وارده تأمین می‌کند و مابقی خاصیت ارتجاعی باید توسط سیستم پابند تأمین شود در صورتی که با حذف بالاست در سیستم روسازی بتنی، تمام این خاصیت ارتجاعی می‌باید توسط پابند تأمین شود که نیازمند به توانایی ارتجاعی بالاتر پابند در روسازی بتنی می‌باشد.

پیش نیاز تحلیل سیستم اتصالات ریل به تراورس و محاسبه نیروها و تغییر مکان‌های بوجود آمده در آن، آگاهی از مقدار نیروهایی است که بر اثر شرایط بهره‌برداری از خط آهن به این ادوات وارد می‌شود که در غالب بارهای قائم، جانبی و بارهای طولی می‌باشد. جهت کسب اطلاعات تکمیلی به یادداشت (د-۵) از پیوست (د) رجوع شود.

ضریب سختی یا فنریت پابند به خصوص در خطوط بتنی از اهمیت بسزایی برخوردار است. این ضریب فنریت از تنوع زیادی برخوردار است که بر اساس گزارش شماره ۱۵۵ آیین‌نامه TCRP سه دسته عمومی آن به شرح ذیل است:

– $8/800 \text{ N/mm}$ تا 14000 N/mm با ارتجاعیت بالا،

– $15/800 \text{ N/mm}$ تا $500/24 \text{ N/mm}$ با ارتجاعیت استاندارد،

– 42000 N/mm تا 56000 N/mm با سختی بالا.

بار محوری سنگین‌تر نیازمند سختی خط بالاتری است چرا که تغییر شکل خط به منظور اجتناب از خستگی در سیستم پابند باید به میزان مشخصی محدود شود. علاوه بر این، فنریت پایین در بعضی از انواع طرح‌های پابند به ریل این امکان را خواهد داد که در برابر بار جانبی چرخش نموده و در نتیجه باعث افزایش عرض خط شود. در آیین‌نامه AREMA مقدار ۶ میلیمتر برای کل تغییر مکان عمودی در نظر گرفته شده است. ولی این مقدار برای خطوط بتنی بسیار بالا بوده و عمدتاً در پروژه‌های دال بتنی راه‌آهن شهری این مقدار به ۳ میلیمتر محدود شده است. لذا به منظور تعیین نوع ریل در سیستم تیر بر روی بستر الاستیک، تغییر مکان ۲ میلیمتری به منظور رعایت حاشیه اطمینان توصیه می‌شود.

پارامتر تاثیرگذار و بسیار مهم دیگر در این خصوص مباحث اقتصادی و هزینه خرید و نصب هر یک از سیستمهای مختلف پابند می‌باشد که باید با دقت مورد بررسی قرار گرفته و انتخاب نهایی صورت پذیرد.

۵-۴-۲-۵- تراورس

تراورس یکی از اجزای روسازی خطوط می‌باشد که در خطوط بالاستی و بتنی با اهداف و کارکردهای متفاوتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگر چه می‌توان معیارهای متعددی همچون شکل و ابعاد هندسی، نحوه و موقعیت قرارگیری در طول خط آهن و ... را جهت طبقه بندی تراورس‌ها در نظر گرفت، مهم‌ترین و متداول‌ترین معیاری که برای طبقه بندی تراورس به کار می‌رود جنس آنها می‌باشد. بر این اساس تراورس‌ها به چهار گروه چوبی، فلزی، بتنی و کامپوزیت طبقه بندی می‌شوند. هر یک از این انواع، مزایا و معایبی دارند که می‌توانند برای قسمت‌های مختلفی از خطوط ریلی مناسب باشند. در حال حاضر تراورس‌های بتنی یک تکه و دو تکه از متداول‌ترین انواع تراورس در خطوط قطار شهری می‌باشند. جهت کسب اطلاعات تکمیلی به یادداشت (د-۶) از پیوست (د) رجوع شود.

۵-۲-۴-۶- سوزن

سوزن‌ها به منظور انتقال قطار از یک خط به خط دیگر استفاده می‌گردد و به علت وجود تعداد خط بسیار زیاد در محوطه دپو، تعداد سوزنهای مورد نیاز بسیار زیاد خواهد بود. زاویه انحراف یک سوزن تاثیر بسیار زیادی بر محوطه مورد نیاز جهت جانمایی خطوط خواهد داشت. هر چقدر زاویه انحراف بزرگتر باشد، از یک طرف مساحت کوچکتري برای جانمایی خطوط مورد نیاز خواهد بود و از طرف دیگر به علت کوچک تر بودن شعاع قوس، سرعت حرکت ناوگان کمتر خواهد بود. و هر چقدر زاویه انحراف کوچکتر باشد به علت بزرگتر بودن شعاع قوس، سرعت حرکت بیشتر شده و در عین حال مساحت مورد نیاز جهت جانمایی خطوط بیشتر خواهد بود. به همین دلیل توصیه می‌گردد بر روی خطوط اصلی داخل محوطه که سرعت حرکت از اهمیت بالایی برخوردار است از سوزنهای با شعاع قوس بیشتر استفاده گردد.

کراس‌اورها ترکیبی از دو سوزن مقابل یکدیگر هستند که برای انتقال قطار بین دو خط موازی با فاصله کم مورد استفاده قرار می‌گیرند. این نوع از دستگاه خطوط در دپوها از اهمیت بالایی برخوردار است. در جایی که ممکن است طراح باید از کراس اورهای با زاویه انحراف کوچک و شعاع قوس بزرگ بر روی خط اصلی استفاده نماید که تردد روان و سریع قطارها بر روی مسیر اصلی تضمین شود.

۵-۲-۵- طراحی روسازی

۵-۲-۵-۱- خطوط بالاستی

در خصوص طراحی روسازی خطوط ریلی بالاستی علاوه بر ابعاد و فاصله بین تراورس‌ها، عمق بالاست و مدول بستر نیز بر نحوه توزیع و انتقال بار قائم در یک خط ریلی مشخص، مؤثر است. افزایش عمق بالاست موجب می‌گردد تا بارهای انتقال یافته از تراورس‌ها بر سطح وسیع‌تری از بستر توزیع شود و در نتیجه بار وارد بر واحد سطح بستر و نشست خط کاهش یابد. می‌توان بیان داشت که تأثیر افزایش عمق لایه بالاست در کاهش نیروهای وارده به بستر خط با رعایت محدودیت موجود در این زمینه، نسبت به کاهش فاصله بین تراورس‌ها بیش‌تر است.

طراح باید از عدم تجاوز مقادیر تنش وارد بر لایه‌های بالاست و بستر از مقادیر مجاز اطمینان داشته باشد. بدین منظور لازم است تا عواملی همچون بار چرخ‌ها، ضریب توزیع بار، ضریب افزایش دینامیکی بار، ظرفیت باربری بالاست و بستر و ابعاد و فواصل بین تراورس‌ها مد نظر قرار گیرد.

در طراحی بالاست پارامترهای زیر باید محاسبه شود:

- ضخامت لایه بالاست در زیر تراورس باید به اندازه‌ای انتخاب شود که بتواند تنش موجود در زیر تراورس را به میزانی که قابل تحمل توسط بستر روسازی باشد کاهش دهد. توزیع تنش توسط بالاست را می‌توان با روش‌های تحلیل خطی بوسینسک یا مدلسازی آن به کمک اجزاء محدود و یا هر روش دقیق دیگر محاسبه کرد.

- عرض شانه بالاست باید به اندازه‌ای باشد که بتواند پایداری عرضی خط را در برابر نیروهای ناشی از نوسانات جانبی و نیروهای گریز از مرکز در قوس‌ها حفظ کند.
- شیب‌های طرفین بالاست بر چگونگی انتقال بار از سطح زیر تراورس به روی زیربلاست تأثیر می‌گذارند. این شیب‌ها با توجه به نوع مصالح بالاست به کار رفته، باید محاسبه گردند.
- طراح می‌تواند برای تعیین پارامترهای بالا به بخش مربوطه در نشریه شماره ۳۰۱ مراجعه نماید.
- آیین‌نامه AREMA برای محاسبه تنش تماسی بین بالاست و بستر زیرین رابطه زیر را ارائه می‌دهد.

$$P_c = \frac{969.35 P_a}{h^{1.25}} \quad \text{معادله (۷-۵)}$$

پارامترهای رابطه فوق به شرح زیر است:

Pa : تنش تماسی وارد بر بالاست توسط تراورس بر حسب mpa

Pc : تنش وارده بر بستر بر حسب mpa

h : ضخامت مصالح دانه‌ای بر حسب mm

حداکثر تنش تماسی بین بالاست و ساب‌گرید مطابق با این آیین‌نامه برابر با ۱۸۰ مگاپاسکال تعیین گردیده است.

۵-۲-۵-۲- خطوط دال خط

یک رویه بتنی مسلح پیوسته، رویه یا دال بتنی بدون درز انقباض و انبساط با سیمان پرتلند است که آرماتورهای متقاطع جهت تسلیح به صورت متناوب متناظر با فاصله پابندهای ریل به منظور جذب بارهای وارده در دال (در ناحیه اتصال پابند به ریل) در نظر گرفته می‌شود. طراحی یک روسازی بتنی می‌باید موارد ذیل را در بر داشته باشد:

- روند طراحی دال بتنی روی بستر ارتجاعی همانند طراحی بتن مسلح است. به علاوه طراحی دال بتنی پیوسته باید براساس تکنولوژی ساخت موجود و ملاحظات حین ساخت انجام گیرد.
- فرمولاسیون طراحی با استفاده از مدول عکس‌العمل بستر (Ks) و تکنیک‌های آنالیز تئوری الاستیک قابل انجام است.

ملاحظات طراحی که در ادامه به آنها اشاره می‌گردد باید در مورد هر نوع سیستم دال خط بتنی در نظر گرفته شود:

- خط باید از لحاظ سازه‌ای به جهت حفظ تراز و راستا و پروفیل مناسب باشد.
- ساخت و اجرای سیستم باید از لحاظ اقتصادی مناسب و به صرفه باشد.
- نصب پابندها به صورتی که به اندازه مجاز قابلیت حرکت جانبی و قائم را داشته باشد، از اهمیت زیادی برخوردار است.
- به منظور ایجاد شرایط مناسب جهت اتصال ریل سوم (در صورت نیاز)، باید در دال بتنی تمهیدات لازم اندیشیده شود.

- در طراحی روسازی بتنی، سیستم روسازی باید در مقابل بارهای دینامیکی در مدت زمان بسیار طولانی مقاوم باشد. از این رو سیستم باری در نظر گرفته شده باید به گونه‌ای باشد که جوابگوی این مهم باشد. به عنوان مثال در طراحی روسازی نباید از بارگذاری حدی استفاده نمود.

با توجه به این که اکثر ضوابط فوق‌الذکر در استانداردهای طراحی سازه‌های بتنی نظیر AREMA ارائه گردیده، طراح باید برای طراحی و کنترل روسازی بتنی به بخشهای مربوطه در مراجع مزبور مراجعه نماید. نقطه حائز اهمیت اینکه طراحی دال بتنی در روسازی ریلی همانطور که پیشتر ذکر گردید باید به روش تنش مجاز انجام پذیرد.

۵-۲-۶- موانع انتهایی (بافر استاپ)

موانع انتهایی ابزاری است که در انتهای خطوط ریلی جانمایی می‌گردد تا از خروج قطار از خط در حالتی که نتواند توقف نماید جلوگیری نماید. این خروج از خط علاوه بر وارد کردن صدمه به خود ناوگان، امکان صدمه زدن به سازه‌های مجاور یا مسدود کردن خطوط مجاور وجود دارد. از این رو استفاده از این ادوات در محل‌های مورد نیاز ضروری می‌باشد. هدف از این بخش معرفی انواع این موانع و سپس ارائه ضوابط مربوط به انجام محاسبات مورد نیاز آن می‌باشد. شایان ذکر است که معمولاً این محاسبات توسط سازنده این ادوات انجام می‌گیرد.

بسته به اینکه این ادوات در چه دسته‌ای از خطوط قرار می‌گیرند باید خصوصیات متفاوتی داشته باشند. از این رو انواع مختلفی از موانع انتهایی تا به امروز تولید و مورد استفاده قرار گرفته‌اند. موانع انتهایی را می‌توان از جهات گوناگون طبقه بندی نمود ولیکن رایج‌ترین نوع طبقه‌بندی از منظر نوع کارکرد آن می‌باشد. از این رو موانع انتهایی به دو دسته ذیل تبدیل می‌گردند:

- موانع انتهایی ثابت (صلب یا استاتیک)،
- موانع انتهایی متحرک (دینامیک).

۵-۳- زیرسازی

۵-۳-۱- کلیات

۵-۳-۱-۱- دامنه کاربرد

ضوابط این بخش دربردارنده الزامات کلی و مبانی طرح زیرسازی خاکی خطوط دال خط بتنی دپوهای قطار شهری می‌باشد. باید توجه داشت که ضوابط این بخش، آیین‌نامه و استاندارد طراحی نبوده و برای سایر انواع خطوط ریلی نیز قابل تعمیم نمی‌باشند.

۵-۳-۱-۲- معیار کلی

در خطوط اسلب ترک (دال خط) لازم است تغییر شکل‌های ماندگار به وجود نیایند و تغییر شکل‌ها در محدوده الاستیک باقی بمانند. بدین منظور لازم است حدود طراحی زیرسازی خط بتنی برای این منظور محاسبه شود و در زمان ساخت نیز تست‌های لازم برای حصول اطمینان از پاسخ مناسب جابجایی‌ها نسبت به بار (تراکم، ظرفیت باربری، پایداری، نفوذپذیری، یخ زدگی و ...) انجام پذیرد.

۵-۳-۱-۳- فصل مشترک

مقدار تنش وارد بر زیرسازی خطوط بتنی وارده از سیستم روسازی بتنی تحت بار ترافیک بهره‌برداری نباید از مقدار $0/05$ نیوتن بر میلی متر مربع (مطابق استاندارد EN 16432-1) تجاوز نماید. (۱) به هر حال زیرسازی باید تحمل و باربری حداکثر تنش قائم وارده از بار ترافیک را داشته باشد. ضروری است نشست تحکیمی زیرسازی خط بتنی قبل از شروع ساخت روسازی بتنی کامل شده باشد. همچنین عملکرد زیرسازی باید به گونه‌ای باشد که چرخه‌های یخ زدگی و ذوب، اثری بر عملکرد خط بتنی نداشته باشد.

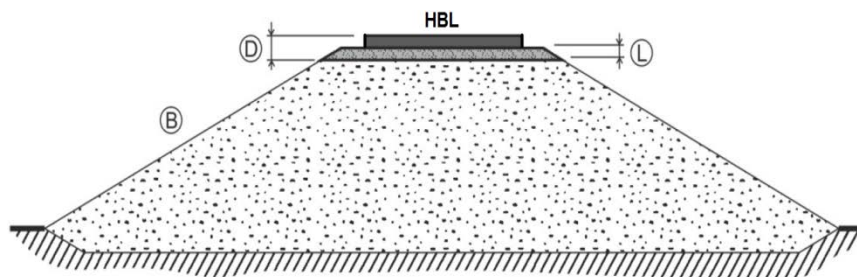
۵-۳-۱-۴- ساختار زیرسازی خطوط بتنی

زیرسازی خاکی خطوط بتنی از دو بخش کلی تشکیل شده است. قسمت نخست بستر خاکریز و بدنه خاکریز بوده که ضوابط طرح و اجرای آن مشابه خاکریزهای خطوط معمول راه‌آهن (خطوط بالاستی) بوده و تفاوتی با خاکریزهای خطوط بالاستی ندارد. لذا برای این بخش از خاکریز طراحی بر اساس ضوابط نشریه ۲۷۹ - مشخصات فنی عمومی زیرسازی راه‌آهن - و یا آیین‌نامه‌های معتبر اروپایی بلامانع خواهد بود. در بخش دوم خلاصه مشخصات فنی عمومی بستر و بدنه خاکریز ارائه گردیده است. قسمت دوم، بخش فوقانی خاکریز شامل لایه پوشش (surface (blanket) Layer) که منظور از آن لایه فوقانی و سطحی زیرسازی خاکی است) و لایه باند هیدرولیکی (HBL) می‌باشد. ضوابط مربوط به بخش فوقانی که خاص خطوط بتنی بوده در فصل سوم بیان شده اند.

B: بدنه خاکریز

D: بخش فوقانی

L: لایه پوشش (قسمتی از بخش فوقانی)



شکل ۵-۴- ساختار و بخش‌های تشکیل دهنده زیرسازی خاکی خطوط بتنی

۵-۳-۲- بستر و بدنه خاکریز

۵-۳-۱-۲-۱- بستر زیرسازی

بستر زیرسازی به کف آماده شده جهت اجرای زیرسازی اطلاق می‌گردد. حداقل تراکم نسبی در بستر زمین طبیعی بایستی ۹۰ درصد آشتوی اصلاح شده باشد. چنانچه حصول تراکم نسبی فوق به هر دلیل مقدور نباشد باید نسبت به تعویض و یا اصلاح آن و یا اختلاط با خاک مناسب اقدام شود. همچنین جهت حصول اطمینان از کفایت در لایه‌های زیر سطحی بستر زمین طبیعی بایستی تا عمق ۶ متری در موقعیتهای به تشخیص دستگاه نظارت، چاهک‌های دستی حفر و تراکم در لایه‌های زمین گرفته شود. در صورتی که تراکم لایه‌ها تا عمق حدود ۶ متری کمتر از ۹۰٪ آشتوی اصلاح شده باشد لایه خاکی بایستی مورد مطالعه قرا گیرد و در صورت لزوم بهسازی خاک (تراکم دینامیکی، تزریق و ...) صورت گیرد.

۵-۳-۲-۲- بدنه خاکریز

بخشی از خاکریز قرار گرفته بالای بستر و زیر لایه پوشش، که به علت اختلاف تراز بین رقوم خط پروژه و رقوم بستر با عنایت به ضخامت بخش فوقانی خاکریز، باید اجرا شود، بدنه خاکریز نامیده می‌شود. مشخصات فنی بدنه خاکریز توسط طراح و بر اساس ضوابط نشریه ۲۷۹ و یا استانداردهای سری EN 1992 و سری EN 16907 و یا سایر آیین‌نامه‌های مورد تایید دستگاه نظارت و کارفرما تعیین شود.

خاک‌های نمکدار، گچدار (در صورتی که میزان نمک NaCl و گچ CaSO_4 محلول در آب آن‌ها به ترتیب بیشتر از ۵ و ۱۰ درصد وزنی باشد) گل سنگ‌ها با خاصیت خمیری زیاد، رسوبات زغالی، تورب‌ها، خاک و خاشاک گیاهی و لجنی، خاک‌های آلوده با مواد آلی خاک‌های سطحی و نباتی و خاک‌های اشباع شده برای مصرف در خاکریزها مناسب نیستند. مشخصات فنی خاک‌های مناسب در ادامه ارائه شده است.

خاک‌های رده QS2 (مطابق طبقه بندی UIC 719) و بالاتر، برای بدنه خاکریز مناسب می‌باشد که مشخصات آن به شرح زیر است:

- خاک‌های با مواد رد شده از الک ۲۰۰ بین ۵ تا ۱۵٪،
- خاک‌های یکنواخت دارای کمتر از ۵٪ مواد رد شده از الک ۲۰۰ با $(\text{Cu} > 6)$ ،
- سنگ‌های با سختی متوسط مانند سنگ‌هایی که میکرودوال آنها بین ۲۵ تا ۴۰ و سایش لوس آنجلس آن بین ۳۰ تا ۴۰ باشد.

از سوی دیگر CBR اشباع خاک با تراکم نسبی ۹۵٪، نباید کمتر از ۳ باشد. حداکثر وزن مخصوص خشک خاک در تراکم ۱۰۰٪ آزمایشگاهی نباید کمتر از ۱/۵۵ گرم بر سانتیمتر مکعب باشد و میزان مواد آلی خاک نباید از ۱۰٪ وزنی تجاوز نماید.

ضخامت لایه‌های کوبیده شده خاگری با درشت‌ترین ابعاد مصالح مصرفی متناسب باشد و از ۲۰ سانتیمتر در حالت کوبیده تجاوز نکند. پس با توجه به امکان انجام آزمایش‌های استاندارد برای اندازه‌گیری تراکم نسبی در کل ضخامت لایه، استفاده از ضخامت بیشتر مشروط به انجام قطعات آزمایشی، کاربرد مصالح و غلتک‌های مناسب برای تامین تراکم منطبق با مشخصات و دستیابی به نتایج قابل قبول و مورد تایید دستگاه نظارت است.

۵-۳-۳- بخش فوقانی خاگریز

لایه‌های فوقانی زیرسازی باید به گونه‌ای باشد که معیارهای کلی معرفی شده در بخش اول (کلیات) را به طور کلی تأمین نماید. ضخامت، ابعاد، جنس و مشخصات فنی لایه‌ها باید به صورت ویژه توسط طراح تعیین گردند، لیکن الزامات حداقلی این فصل رعایت شود.

برای خطوط بتنی، بخش فوقانی زیرسازی شامل لایه پوشش و در صورت نیاز لایه باند هیدرولیکی (HBL) می‌باشد.

۵-۳-۳-۱- الزامات لایه پوشش

- تراکم پروکتور حداقل ۱۰۳ درصد (مطابق استاندارد EN 16432-2) در صورت استفاده از لایه HBL باشد.
- حداقل مدول برجهنگی (مدول تغییر شکل) E_{v2} برابر با ۱۲۰ مگاپاسکال باشد.
- وزن ذرات ریزتر از الک ۲۰۰ باید کمتر از ۵ درصد وزن مخلوط خاک و کمتر از ۷ درصد وزن لایه نهایی اجرا شده باشد.
- نفوذپذیری بیشتر از $5 \times 10^{-5} m/s$ باشد.
- ضخامت لایه پوشش به گونه‌ای باشد که حداقل در دو لایه اجرا شود.
- لایه قرار گرفته در زیر لایه پوشش یکنواخت و یکدست باشد. (ناهمترازی حداکثر ۲ سانتیمتر در طول ۴ متر)

۵-۳-۳-۲- لایه باند هیدرولیکی (HBL)^۱

جنس این لایه به صورت ترکیبی از سنگدانه، سیمان (یا هر ماده گیرش هیدرولیکی دیگر جایگزین سیمان)، آب و افزودنی‌های دیگر در صورت نیاز می‌باشد. این لایه می‌تواند از جنس اساس سیمانی، بتن غیر مسلح، بتن آسفالتی، اساس آهکی، اساس قیری و ... باشد. مشخصات ترکیب و ابعاد این لایه مطابق با استانداردهای EN 14227-1 و EN 16907-4 و وابسته به ماده گیرش مورد استفاده تعیین می‌شود. لایه HBL باید همانند اساس‌های تثبیت شده با سیمان (CTB) یا لایه‌های بتنی طرح گردند. (۲)

^۱ HYDRAULICALLY BOUND LAYER

HBL باید جهت کنترل ترک و ریسک ترک‌های بازتابی در روسازی بتنی به صورت شکافدار (درزدار) طرح و اجرا شود. چنانچه روسازی بتنی بر روی HBL درزدار (انبساطی) نباشد، HBL می‌تواند بدون درز باشد ولی می‌باید پس از اجرای HBL و قبل از اجرای روسازی روی آن، لایه HBL از جهت ترک‌های احتمالی کنترل و بازرسی شود. (۲)

تبصره: چنانچه روسازی بتنی از نوع درزدار (انبساطی) باشد، اجرای HBL به صورت درزدار زیر روسازی الزامی است. (۲) فواصل درزهای لایه HBL و درزهای دال روسازی باید به گونه‌ای تعیین شود که از نشست روسازی جلوگیری شود.

۵-۳-۳-۲-ا- لایه HBL اساس سیمانی (CTB)

الزامات لایه HBL در صورت استفاده از اساس سیمانی از قرار زیر می‌باشد:

- تراکم پروکتور حداقل ۹۸ درصد.
- مقاومت فشاری حداقل ۱۵ مگاپاسکال با استفاده از نمونه تست پروکتور (استوانه‌ای) به قطر ۱۵۰ میلیمتر و ارتفاع ۱۲۵ میلیمتر.
- حداقل درصد سیمان مخلوط ۳ درصد.

۵-۳-۳-۲-ب- لایه HBL بتنی

الزامات لایه HBL در صورت استفاده از بتن از قرار زیر است:

- کلاس مقاومتی بتن حداقل C 12/15 باشد. (مقاومت نمونه استوانه‌ای ۱۲ تا ۱۵ مگاپاسکال)
- سنگدانه‌ها مطابق الزامات استاندارد EN 12620 و یا آیین‌نامه بتن ایران (آبا) باشد.

فصل ٦

سایر موارد

۶-۱- دپوهای مشترک مودهای مختلف حمل و نقل

یکی از مسائل روز در دنیا امکان ساخت و بهره‌برداری از دپوهای مشترک برای مودهای متفاوت حمل و نقل نظیر تراموا و اتوبوس‌های برقی/دیزلی می‌باشد. دلیل این امر استفاده حداکثری از امکانات، تجهیزات و زیرساخت و هم‌افزایی این پتانسیل‌ها جهت رسیدن به کارایی اقتصادی موثرتر می‌باشد.

تأثیرات اقتصادی و مزایا این شیوه طراحی دپو در یک شهر به شرح ذیل می‌باشد:

استفاده مشترک از کارگاه‌های تعمیراتی و بکارگیری تجهیزات و امکانات آن کارگاه برای دو نوع وسیله حمل و نقل شامل:

- آماده‌سازی‌های قبل از اعزام قطار/اتوبوس و انجام عملیاتی نظیر پر کردن آب شیشه‌شوی، نظافت داخلی و ... توسط کارکنان مشترک در دو نوع مود حمل و نقل مورد استفاده،
- امکان استفاده مشترک از سالن‌های رنگ و آماده‌سازی پیش از رنگ،
- استفاده مشترک دستگاه‌های شستشوی خودکار از سیستم‌های بازیابی آب و تصفیه فاضلاب،
- امکان انجام تعمیرات پیشگیرانه برای هر دو مود حمل و نقل با استفاده از تجهیزات و امکانات دپو،
- طراحی و استفاده از فضاهای اداری و تعمیراتی مشترک به زیربنای موثرتر،
- انجام اقدامات تدارکاتی با کارایی بیشتر،
- تامین موثرتر تجهیزات تعمیرگاهی، انبارش قطعات و برنامه‌ریزی موثرتر جهت گردش کاری تعمیرات،
- مدیریت مناسب‌تر منابع انسانی و استفاده مشترک از این افراد وابسته به نیازمندیهای ناوگان ریلی / جاده‌ای،

شایان ذکر است که امکان تلفیق دپوهای سیستم‌های حمل و نقل متفاوت در تمامی شرایط وجود نداشته و در هر شهر وابسته به شرایط حاکم، امکان‌سنجی پیش‌بینی دپو مشترک لازم است به انجام رسیده و تصمیم مقتضی توسط کارفرمای اصلی پروژه اخذ شود.

۶-۲- مفاهیم دپوی جامع ریلی

نظر به اینکه در شهرها چندین خط قطار شهری وجود دارد، لذا به طور معمول چند دپو تعمیراتی احداث می‌گردد. از آنجایی که فراهم ساختن زیرساخت‌های دپو، تجهیزات تعمیرگاهی و پرسنل تخصصی تعمیرات برای دپوها نیاز به صرفه هزینه و زمان زیادی است، لذا توصیه می‌شود که برخی از عملیات تعمیراتی که دائمی و به صورت روزمره نمی‌باشد به صورت متمرکز در یک دپوی جامع تخصصی صورت پذیرد. به طور معمول عملیات سطوح بالاتر که نیاز به توقف قطار بیش از چند هفته است، توصیه می‌گردد که در دپوی جامع پیش‌بینی گردند. این عملیات نظیر رنگ آمیزی بدنه در

هنگام وقوع حوادث و یا بعد از نیمه عمر قطار، تعمیرات اصلاحی تجهیزات و زیر سیستم‌های بوژی و چرخ و محور ناوگان می‌باشد. بنابراین رویکرد نیاز به تأمین برخی تجهیزات گران قیمت برای تمامی دپوها در یک شبکه ریلی شهری منتفی بوده و ضمناً کارکنان متخصص و آموزش دیده صرفاً در یک دپو با تعدد عملیات کاری و حجم کار مناسب مشغول به کار خواهند شد.

نکته حائز اهمیت این است که طراحی دپو جامع نیازمند طراحی یکپارچه خطوط قطار شهری می‌باشد تا نیازمندیها و تمهیدات لازم برای جابجایی قطار مابین خطوط مختلف یک شهر، در طراحی‌ها مد نظر قرار گیرد. با توجه به توضیحات داده شده، آنچه در یک شبکه ریلی شهری در تعیین تعداد دپوهای مورد نیاز و سطح سرویس هر یک موثر بوده، وضعیت فعلی و افق طرح در بلندمدت خواهد بود؛

۳-۶- چارت سازمانی کارکنان دپو

هدف از طراحی یک دپو به ویژه در بخشی که نیروی انسانی مشغول به کار می‌باشند، شناخت تعداد نفرات و نیازمندی‌های ایشان و ارتباطات کاری با یکدیگر می‌باشد. به منظور تعیین فضاهای کاری تعمیراتی، فضاهای اداری و محل استقرار کارکنان شاغل در دپو (شامل نیروی انسانی سازمان بهره‌بردار و نیروی انسانی پیمانکاران جزء که در دپو مشغول به فعالیت می‌باشند)، لازم است طراح نسبت به معرفی چارت سازمانی، تعریف جایگاه شغلی، شرح وظایف شغل، مسئولیت‌ها و موقعیت استقرار و امکانات مورد نیاز به تفکیک تمامی ساختمان‌ها، فضاهای کاری و کارگاه‌های تعمیراتی اقدام نماید. این چارت مبنای طراحی معماری و تعیین فضاهای کاری مورد نیاز می‌گردد. سایر نیازمندی‌های رفاهی پرسنلی (نظیر آبدارخانه و غذاخوری، نمازخانه، اتاق کمک‌های اولیه و ...)، تعیین مساحت فضاهای پشتیبانی (نظیر پارکینگ، اتاق نظافت، انبار و ...)، تعیین فضاهای خدماتی مورد نیاز جهت پرسنل (نظیر سرویس بهداشتی، رختکن، و ...) و تعریف برنامه فیزیکی می‌باید بر اساس این چارت در نظر گرفته شود.

۴-۶- امنیت، حراست و پدافند غیر عامل

پدافند غیرعامل عواقب ثانویه از یک حمله یا تهدید می‌باشد. مکان‌یابی مناسب سایت، پیش‌بینی دسترسی‌های صحیح، آرایش بهینه ساختمان‌های اصلی، جانمایی داخلی هر فضای کاری و الزامات طراحی در بخش‌های سیویل، تأسیسات و تجهیزات می‌تواند سهم مهمی در کاهش این عواقب و خسارات داشته باشد. بر این اساس بررسی نیازمندیها، الزامات و خصوصیات پدافند غیر عامل، توصیه می‌گردد در طراحی دپو مورد توجه قرار گیرد.

۶-۵- ملاحظات پدافند غیرعامل در طراحی طرح استقرار دپو

یکی از اساسی ترین عوامل بررسی ضوابط و الزامات پدافند غیرعامل در طراحی لی اوت عملکردی و معماری دپو، انتخاب موقعیت اراضی دپو در شهرها و یا مجاور شهرها می باشد. ویژگی هایی که می باید از منظر پدافند غیر عامل در انتخاب زمین مورد بررسی قرار گیرد، به شرح ذیل می باشد:

- خارج از محدوده گسل های فعال و حرکات شدید زمین،
- خارج از پهنه سیل گیر منطقه و خارج از بسترهای فعال مسیل ها و رودخانه ها،
- دوری از مراکز مخازن و مراکز توزیع سوخت، کارخانه های شیمیایی و ...،
- اجتناب از مجاورت با سازه های بلند (نظیر برج ها و دکل های برق فشار قوی) و محل های مستعد ریزش کوه،
- حفظ حریم از خطوط اصلی انتقال گاز و آب،
- دور از مناطق بحران خیز اجتماعی،
- در صورت امکان نزدیکی به مراکز انتظامی، آتش نشانی و مراکز درمانی،
- در صورت امکان در موقعیتی که در بهنگام اضطرار، دسترسی زمینی به دپو با سهولت و بدون ترافیک همراه باشد (جاده دسترسی با عرض معبر مناسب و در مسیری سراسر است)،

۶-۵-۱- دسترسی های سواره

محوطه دپو و پارکینگ باید حداقل دارای دو ورودی و خروجی جاده ای باشد تا بتوان در در مواقع بحرانی و در صورت تخریب و انسداد ورودی اصلی، استفاده از ورودی اضطراری امکان پذیر شود.

طراحی مسیر جاده ای: جهت به حداقل رساندن سرعت وسایل نقلیه در محوطه دپو باید از طراحی سواره رو به صورت مسیر مستقیم و کاملاً هموار بین دو یا چند نقطه اجتناب شود و برای این منظور میتوان از سرعتگیر، تغییر روکش آسفالت به سنگفرش و ... استفاده نمود. همچنین توصیه میشود که عرض معابر اصلی به طور مناسبی پیش بینی شود که مسیرهای ویژه جهت دسترسی ماشینهای آتشنشانی یا سایر وسایل امدادی، بخصوص در دسترسی به ساختمان های مهم، در نظر گرفته شود.

حداقل فاصله ایمنی مسیرهای دسترسی از ساختمان برای کاهش خطر ریزش آوار برابر $\frac{1}{3}$ ارتفاع ساختمان می باشد.

توصیه می شود جهت پیشگیری از ورود وسایل نقلیه ناخواسته در حملات تروریستی، در مسیرهای ورودی به دپو انحراف و مانع ایجاد شود. در این موارد استفاده از موانع ثابت و متحرک مطابق نظر طراح توصیه می شود.

درب‌های ورودی خودروها معمولاً با استفاده از موانع زنجیری یا بازوهای متحرک خودکار کنترل می‌شوند. در انتخاب بازوهای متحرک خودکار لازم است موتور و تمامی متعلقات بازوهای متحرک خودکار در داخل باکس حفاظت شده قرار گیرند؛ این بازوها لازم است به صورت دستی نیز قابل باز و بسته شدن باشند تا در مواقع اضطراری امکان بهره‌برداری از آن وجود داشته باشد.

توصیه می‌شود که مراکز ذیل به دور از ورودی‌ها، مسیر اصلی عبور وسایل نقلیه، پارکینگ خودرو و محل باراندازی مکان‌یابی شوند:

- مخازن سوخت،
- مراکز کنترل،
- سامانه‌های UPS که دارای عملکردهای حساس هستند،
- ژنراتورهای اضطراری، تابلوهای برق اصلی و اضطراری.

۶-۵-۱-۱- پارکینگ خودرو

در صورت امکان پارکینگ عمومی خارج از سایت قرار گیرد و در محدوده دپو، سیستم حمل و نقل عمومی جایگزین وسایل شخصی شود. بنابراین فقط وسایل نقلیه‌ی کارکنان مجاز که دارای تاییدیه امنیتی می‌باشند، امکان تردد در محدوده دپو خواهند داشت.

پارکینگ خودروها حتی‌الامکان با فاصله مناسب از ساختمان‌های مهم پیش‌بینی شوند. پارک کردن خودرو در مبادی ورودی دپو و خیابانهای اصلی ممنوع شود.

در طراحی و احداث پارکینگ اصلی خودرو در یک دپو، خط ارتباطی اضطراری (تلفن) به حراست دپو فراهم شود. در طراحی و احداث پارکینگ اصلی خودرو در یک دپو، توصیه می‌شود سیستم‌های امنیتی و حفاظتی نظیر دوربینهای مدار بسته و ... فراهم شود.

از ورود خودروهای شخصی به ساختمان‌های اصلی دپو، و سایر زیرساخت ممانعت بعمل آید.

۶-۵-۱-۲- حفظ حریم

موثرترین و بهترین روش کاهش تهدیدات به وجود آمده توسط انسان رعایت فاصله است. اگرچه کافی بودن فاصله‌ی لازم همیشه امکان‌پذیر نیست اما به حداکثر رساندن این فاصله می‌تواند راه حل مناسبی باشد.

۶-۵-۱-۳- محل شریان‌های حیاتی

تاسیسات عمومی و شریان‌های حیاتی در اثر شوک یا موج انفجار می‌توانند متحمل خسارت و خرابی‌های تاثیرگذار شوند. برای به حداقل رساندن خسارت ممکن نکات ذیل می‌تواند مورد توجه باشد:

- بمنظور اطمینان از پشتیبانی امنیتی سایت، تأسیسات پشتیبان بر اساس نظر طراح تامین شود.
- محل‌های اصلی ذخیره سوخت باید دور از محل‌های بارگیری و ورودی‌ها قرار گیرد و دسترسی آنها باید محدود و حفاظت شده باشد.
- توصیه می‌شود محل قرائت کنتورهای برق، گاز و آب در مجاورت درب ورودی سایت قرار داشته باشند تا نیاز به ورود افراد متفرقه به محوطه تأسیسات وجود نداشته باشد.

۶-۵-۱-۴- محوطه سازی

تمرکز پوشش گیاهی در نزدیکی یک مکان با ریسک بالا یا دیگر ساختمان‌های مهم نظیر ساختمان انبار مواد خطرزا، مرکز کنترل دپو، انبار اصلی ناوگان، خطوط ریلی اصلی منتهی به خط اصلی و ... می‌تواند باعث پنهان ماندن برخی فعالیت‌های مشکوک شود. بنابراین لازم است در طراحی از نوعی پوشش گیاهی بهره گرفت که امکان اختفا و جاسازی مواردی نظیر بمب منتفی شود.

در طراحی مسیرهای پیاده‌رو در محوطه و فضای باز باید موانع و عوامل محدود کننده فرار از خطر، حذف شوند. سهولت حرکت به ویژه در مواقع بحرانی یکی از عوامل مهم در تامین محافظت یا دسترسی سریع و آسان به نقاط امن می‌باشد.

کف معابر نباید ناهموار و مملو از برآمدگی باشد تا در مواقع بحران، حرکت سریع (دویدن) و فرار امکان پذیر باشد. محل استقرار جان‌پناه‌ها باید خارج از محدوده ریزش آوارهای ساختمانی تعیین شود. وجود جان‌پناه‌های پراکنده با ظرفیت محدود به مراتب بهتر از وجود جان‌پناه‌هایی متمرکز با ظرفیت زیاد می‌باشد.

تمامی شیرآلات، آدم‌روها و زیرساخت موجود در سایت لازم است به شکل مناسبی محصور شوند. به منظور کاهش خسارات و اثرات انفجار، توصیه می‌شود در طراحی محوطه، بین ساختمان و راه دسترسی اصلی، فضاهای حائل با استفاده از فضای سبز، ایجاد اختلاف سطح مناسب جهت پناه گیری و ... ایجاد شود.

پیش‌بینی یک محوطه آزاد بین دیوار پیرامونی و ساختمان‌ها/تأسیسات امکان استفاده از دوربین‌های مدار بسته و دید مستقیم برای پایش هرگونه ورود یا فعالیت غیرمجاز را ممکن می‌سازد. در این ناحیه نباید هیچگونه مانعی برای دید مستقیم وجود داشته باشد.

این نواحی آزاد لازم است در بخش‌های زیر در نظر گرفته شوند:

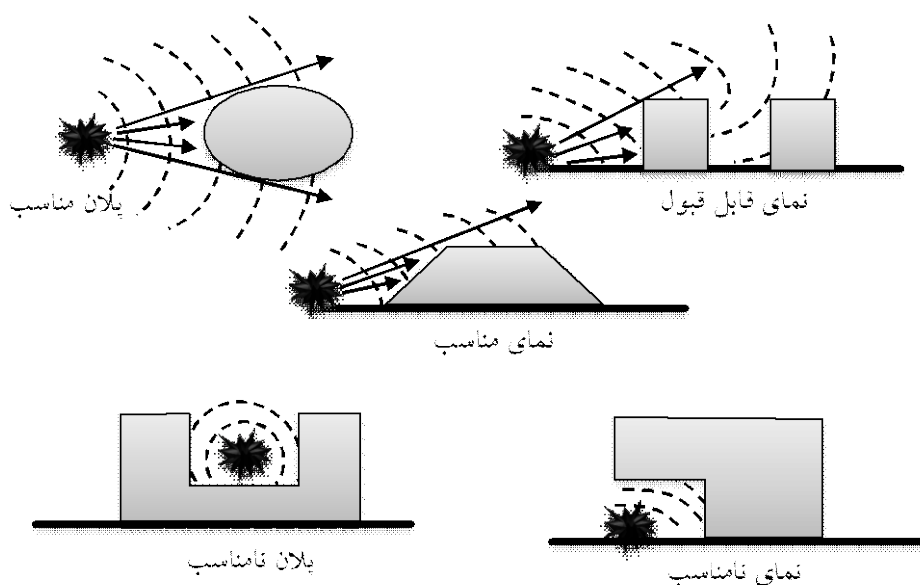
- در دو طرف دیوار یا حصار پیرامونی،
 - بین دیوار یا حصار پیرامونی و تأسیسات و ساختمان‌های مهم،
 - اطراف ساختمان‌ها و تأسیسات مهم.
- پهنای ناحیه آزاد باید بر اساس اهمیت تأسیسات انتخاب شود ولی برای ایجاد یک ایمنی حداقل، پهنای این ناحیه نباید کمتر از ۶ متر باشد.

۵-۱-۵-۶- جانمایی و طراحی ساختمان‌ها

باید توجه شود که تمرکز افراد، سرمایه‌ها و فعالیت‌ها در یک محدوده، امکان هدفگیری محیط را افزایش می‌دهد. همچنین همجواری ساختمان‌ها و تمرکز آنها در یک محوطه فشرده موجب افزایش خطرپذیری و تاثیرات جانبی آنها می‌گردد. طرح کلی محیط بهتر است به صورت غیرمتمرکز باشد، تا جایی که اصول جانمایی لیاوت نیز رعایت شود. در هر صورت جانمایی اصولی ساختمان‌ها و حفظ گردش کاری مطلوب در طی دوره عمر، الویت بالاتری داشته و لازم است طراح در الویت اول به طراحی بر این اساس اقدام نماید.

زاویه‌های تند و عناصر پیرامونی ساختمان می‌تواند شوک موج انفجار را به دام انداخته و اثر انفجار را تشدید نماید. زاویه‌های باز یا تدریجی نسبت به زاویه‌های بادگیر یا تند تاثیر کمتری دارند.

هنگام استفاده از سطوح منحنی، فرمهای محدب به فرمهای مقعر برتری دارند. شدت فشار منعکس شده بر سطح ساختمان محدب و مدور نیز کمتر از ساختمان مسطح است.



شکل ۱-۶- تاثیر شکل ساختمان در پلان و نما در برابر موج انفجار

توصیه می‌شود از فرم مورب یا پلکانی و تغییرات ارتفاع در حجم ساختمان (با حفظ تقارن نسبی) به منظور کنترل خطر ریزش آوار به فضای باز استفاده شود.

عناصر الحاقی سست باید از نمای ساختمان‌ها حذف شوند.

در بکارگیری تزئینات در نما بخصوص در ترازهای بالاتر بهتر است از مصالح سبک مانند چوب، پلاستیک، آلومینیوم یا پلیمر و کامپوزیت استفاده شود.

اعضای سازه‌ای کلیدی ساختمان در بیرون ساختمان قرار نگیرند.

فضای خروجی باید با ایجاد سقف و یا هر گونه حایل مقاوم در برابر ریزش آوار، محفوظ و ایمن سازی شود.

به کارگیری عناصر سست و شکننده پنجره‌های وسیع در محیط بیرونی و در سطح نمای ساختمان ممنوع می‌باشد. جهت استفاده از شیشه به عنوان نمای ساختمان، باید شیشه‌ها الیاف دار و دارای لایه منسجم باشند و همچنین نماهای شیشه‌ای ساختمان باید تثبیت شوند.

استفاده از بام هم‌رنگ با محیط توصیه می‌شود.

پلکان‌های لازم جهت خروج اضطراری باید تا حد ممکن از فضاهای پرخطر دور باشند. درب‌های ورودی ساختمان‌ها باید فولادی و جنس آن منطبق با شرایط امنیتی باشد. تمامی درب‌های بیرونی لازم است پس از باز شدن به صورت خودکار بسته شوند. تمامی درب‌های ورودی بخش‌های تأسیساتی می‌باید از نوع مقاوم در برابر حریق باشند. تمامی پنجره‌ها می‌باید دارای حفاظ آهنی باشند.

۶-۵-۱-۶- امداد رسانی به مجروحان احتمالی

جهت امداد رسانی به مجروحان احتمالی، توصیه می‌شود مکان‌هایی در فضای باز جهت استقرار واحدهای آتش‌نشانی، اورژانس، امداد و نجات پیش‌بینی شود که در صورت امکان دارای ویژگی‌های زیر باشد:

- در نزدیکترین موقعیت به ساختمان‌های مهم و با جمعیت کارکنان بیشتر در نظر گرفته شود،
- کاملاً خارج از محدوده ریزش آوار باشد،
- در صورت امکان از اثر عوامل نامساعد اقلیمی مصون باشد،
- کفسازی هموار و محکمی داشته باشد.

۶-۵-۲- ملاحظات پدافند غیرعامل در سیستم‌های حفاظتی-امنیتی

۶-۵-۲-۱- دیوار و حصارکشی پیرامونی

هدف از دیوار و حصارکشی تعیین محدوده دپو، جلوگیری یا ایجاد تأخیر در ورود غیرقانونی افراد می‌باشد. همچنین، دیوارها می‌توانند مانع از دید مستقیم تأسیسات و فعالیت‌ها شوند. با احداث دیوار یا حصار، یک فضای خالی و حریم مناسب بین تأسیسات و محیط اطراف تعریف می‌شود که با وجود نور در شب و سامانه دوربین مداربسته، حفاظت بیشتری را برای تأسیسات ایجاد خواهد کرد. از طرف دیگر حفاظ پیرامونی، یک فاصله حداقل بین تأسیسات مهم و محیط اطراف ایجاد می‌کند.

حداقل ارتفاع کل دیوار یا حصار، با در نظر گرفتن ارتفاع سیم خاردار روی آن، لازم است ۳ متر باشد. ضخامت دیوار نیز نباید از ۲۰ سانتیمتر کمتر باشد. مشخصات و فواصل ستون‌های نگهدارنده دیوار یا حصار لازم است بر اساس مشخصات بادخیزی و لرزه‌خیزی و همچنین ظرفیت باربری محل اجرا، طراحی شوند.

در مواردی لازم است برای محدوده‌های مهم در داخل سایت (نظیر خط تست)، دیوار یا حصار مجزایی طراحی و احداث شود. در این مواقع می‌توان از تور سیمی نیز استفاده کرد. به طور کلی ارتفاع این تورها بین ۱/۸ تا ۲/۴ انتخاب می‌شود. جنس تورها لازم است از فولاد گالوانیزه باشد. در مناطقی که احتمال خوردگی فولاد زیاد است می‌توان از پوشش اضافی پلی وینیل کلراید (PVC) نیز استفاده کرد. ابعاد سوراخ‌های شبکه توری باید ۵ سانتیمتر یا کمتر و شماره سیم حداقل ۹ باشد. فاصله این ستون‌های نگهدارنده بهتر است کمتر از ۳ متر باشد. در مواقعی که به علت عوارض زمین در زیر توری بازشدگی‌ای با مساحت بیش از ۶۰۰ سانتی متر مربع ایجاد می‌شود، لازم است این بازشدگی توسط شبکه اضافی توری یا فلزی مسدود شود.

۶-۵-۲-۲- علائم امنیتی مهم

علائم عمومی مثل راهنماهای اختصاصی و دیگر علائم، جزئی مهم از اجزای امنیتی هستند. افرادی که به آنها اجازه‌ی ورود داده نشده است، باید بیرون از منطقه‌ی محصور شده قرار گیرند، علائم ناکافی می‌تواند باعث سردرگمی در بیرون محوطه و فضاهای ورودی شود.

با توجه به مداومت کاری روزانه در بخشهای مختلف دپو و پارکینگ، استفاده از برچسب و شبرنگ (با رنگهای تعریف شده) و چراغهای اضطراری جهت راهنمایی کارکنان الزامی است.

علائم باید در بیرون ورودی‌ها تعبیه شوند.

نکات هشدار دهنده روی علائم باید معنایی صریح داشته باشد و فاصله علائم هشداردهنده نباید بیشتر از صد قدم باشد.

۶-۵-۲-۳- سامانه‌های حفاظت الکترونیکی

دپو و پارکینگ نیز یکی دیگر از بخشهای مهم یک سامانه قطار شهری / حومه‌ای می‌باشد که می‌تواند سطحی یا زیر سطحی باشد. با توجه به اینکه این بخش از حساسیت زیادی برخوردار است، به عنوان لایه دوم حفاظتی یک شبکه مترو، اصول پدافند غیرعامل در این قسمت نیز اجرا می‌گردد.

به منظور کاهش ریسک دسترسی‌های غیر مجاز به دپو که محل نگهداری ناوگان و تجهیزات گران قیمت نگهداری و تعمیراتی‌باشد، لازم است تمهیدات امنیتی مناسبی پیش‌بینی شود؛ برای این منظور می‌توان از ترکیب روش‌هایی نظیر دیوارکشی، سیستم‌های کنترل دسترسی، نوردهی مناسب محوطه و ورودی سالن‌های اصلی و نظارت توسط دوربین‌های مدار بسته استفاده نمود.

با توجه به آسیب پذیر بودن یک خط ریلی از محدوده دپو، چنانچه ورودی ریلی از خط اصلی تا دپو در محدوده به صورت روزمینی اجرا شده است، لازم است این محدوده ریلی به صورت کامل حصارکشی شده و علائم هشدار دهنده خاصی برای آن پیش‌بینی شود تا خطر تجاوز به حریم و خرابکاری حداقل شود.

پیش‌بینی سیستم‌های نظارتی دوربین مداربسته در انطباق کامل با روشنایی محوطه دپو و ساختمان‌ها، از نظر ارائه تصاویر مطلوب و پوشش تصویری کافی به ویژه در دیوارهای پیرامونی دپو توصیه می‌شود. همچنین به کارگیری سیستم‌های نظیر روشنایی فروسرخ و سنسورهای شناسایی حرکت در برخی نقاط، امکان شناسایی تجاوز به حریم و افزایش امنیت دپو را ممکن می‌سازد.

به صورت ایده‌آل دوربین‌های مداربسته می‌باید قابلیت نمایش موقعیت، ثبت زمان و تاریخ را داشته باشد. سیستم‌های کنترل دسترسی دپو می‌باید به صورت الکترونیکی و پیشرفته در نظر گرفته شوند؛ همچنین استفاده از سیستم‌های پیشرفته دوربین‌های مداربسته که پس از شناسایی متجاوزان به حریم دپو اطلاع رسانی کرده و علائم هشدار دهنده صادر نمایند، عامل بازدارنده در تجاوز به حریم دپو خواهد بود.

در تأسیسات، بخش‌ها و واحدهای مختلف سایت، خصوصاً در محل درب ورودی سایت (به گونه‌ای که تمامی تردد‌های جاده‌ای کنار گذر قابل شناسایی باشد)، محل ورودی ساختمان‌ها، ورودی پست برق و محوطه اطراف آن، بایستی دوربین نصب شود.

با توجه به آنکه نمایش همزمان تمام دوربین‌ها مشکل و غیرممکن است بنابراین لازم است نرم‌افزار سیستم مداربسته به گونه‌ای برنامه‌ریزی شود تا مانیتور بر روی تصاویر دوربین‌های ورودی‌های اصلی سایت، ساختمان اصلی و مرکز کنترل ثابت باشد و در صورت لزوم تصاویر مربوط به سایر دوربین‌ها نمایش داده شود.

توصیه می‌شود ملاحظات لازم (از لحاظ سخت‌افزاری و نرم‌افزاری) به منظور توسعه سیستم نظارت تصویری، سیستم کنترل دسترسی، سیستم تشخیص نفوذ غیرمجاز، سیستم تحلیل محتوای ویدئویی، آشکار کننده صدای غیرعادی و سایر سیستم‌های امنیتی-حفاظتی دیده شود.

با توجه به عدم نمایش دائمی دوربین‌های ثابت مستقر در اتاق‌ها، لازم است در این مراکز حسگرهای تشخیص ورود غیرمجاز نصب شود تا در صورت بروز حوادث، هشدارهای لازم به مرکز کنترل داده شده و کاربر با تعیین کد سنسور، محل آن را تشخیص و تصاویر دوربین آن نقطه را در مانیتور نمایش دهد. فناوری‌های رایج در ساخت حسگرهای تشخیص ورود غیرمجاز شامل استفاده از حسگرهای با عملکرد امواج مادون قرمز فعال، میکروویو، فناوری دوگانه و حسگرهای حساس به لرزش، حسگرهای باز شدن درب و پنجره و حسگرهای شکستن شیشه می‌باشند.

وابسته به نظر کارفرما و طراح و میزان بکارگیری از سیستم‌های هوشمند، لزوم پیش‌بینی برج‌های نگهبانی جهت پایش مداوم محوطه دپو، توسط طراح بررسی خواهد شد. در هر حال طراح موظف به ارائه راه حلی مناسب و مقرون به صرفه، برای حفاظت از فضا و ساختمان‌های دپو می‌باشد.

با توجه به اینکه اراضی دپو وسیع می‌باشد، دستورالعمل مشخصی جهت کنترل و حراست و چک کردن عملکرد صحیح تجهیزات حفاظتی، توسط سازمان بهره‌بردار می‌باید وجود داشته باشد؛ برای این منظور توصیه می‌شود که این دستورالعمل‌ها با مشورت پلیس و با همکاری و استفاده از پیشنهادات ایشان تهیه و تدوین شود.

۶-۵-۲-۴- حفاظت در مقابل حملات NBC

در دپو با توجه به میزان حضور افراد حملات خاص NBC بسیار بعید است زیرا هدف حملات مذکور آسیب مستقیم به افراد است. با توجه به تعداد بسیار کم افراد نسبت به مساحت دپو، خود محوطه و ساختمان‌های دپو یک هدف بسیار نامناسب برای حملات مذکور به نظر می‌رسد، اما با توجه به اینکه قطارها در ایستگاههای بعدی دپو مسافرگیری می‌نمایند، امکان استفاده از قطارهای آلوده شده برای آسیب به مسافران وجود دارد. بنابراین استفاده از سنسورهای مذکور در یک نقطه خاص برای چک قطارها توصیه می‌شود.

امروزه دتکتورهای خاصی برای مقابله با عوامل شیمیایی ساخته شده‌اند. دتکتورهایی تولید شده است که در اصل برای کاربردهای نظامی ساخته شده بودند ولی امروزه برای کاربردهای عمومی نیز در دسترس قرار داده شده‌اند. برای مثال دتکتور Smith detection می‌تواند جهت کشف عوامل شیمیایی بکار رود. همچنین دستگاهها امکان نمونه برداری جهت بررسی آزمایشگاهی دقیق‌تر را فراهم می‌سازند. در صورتی که در هر کدام از مراحل نمونه آلوده‌ای کشف شد، به افراد برای بررسی دقیق‌تر و حضوری نمونه آلارم داده می‌شود تا تحت تاثیر قرار نگیرد.

۶-۵-۲-۵- سایر الزامات

در طراحی داکت‌های عبور کابل‌های برق، حداقل ۲۵ درصد فضای مازاد بر نیاز به صورت رزرو پیش‌بینی شود. هرچند که در طراحی لازم است تقاطعات ریلی و جاده‌ای حداقل شوند، لیکن در محل تقاطع جاده و ریل وابسته به میزان تردد و نظر طراح استفاده از راهبند ممکن می‌باشد. حریم ایمن در اطراف خطوط به وسیله نصب علائم خطر، چراغ خطر و استفاده از خطوط رنگی هشدار دهنده مشخص شود.

تمهیدات لازم جهت پوشش سراسری بیسیم در تمامی نقاط سایت در نظر گرفته شود. گشت‌های پیاده و سواره جهت پایش محوطه تأسیسات در طول ساعات شبانه‌روز در نظر گرفته شود. دوره‌ها و مانورهای عمومی و تخصصی مدیریت بحران، پدافند غیرعامل، اطفای حریق، امداد و نجات و ... به صورت دوره‌ای برای پرسنل و بهره‌برداران برگزار شود. با توجه به تعداد نفرات قابل توجه شاغل در دپو و به منظور حفاظت از پرسنل و کارکنان مستقر در دپو و پارکینگ، توصیه می‌شود یکی از ساختمان‌های اداری جهت بهره‌برداری چند منظوره (پناهگاه) در نظر گرفته شود. اقدامات لازم در این خصوص شامل مقاوم‌سازی سازه ای و در نظر گرفتن حداقل ملزومات مورد نیاز در فضای پناهگاهی می‌باشد. تمهیدات لازم جهت امکان برقراری ارتباط صوتی دو طرفه با مراکز شهری از قبیل آتش‌نشانی، پلیس و ... در زمان بحران در نظر گرفته شود.

مسیرهای خروج و خروج اضطراری به وسیله تابلوها و علائم راهنما با قابلیت دید در شب مشخص گردند.

۶-۵-۳- ملاحظات پدافند غیرعامل در زیرساخت‌های الکتریکی-مکانیکی

الزامات مذکور در این بخش به هیچ وجه ناقض الزامات مندرج در آیین‌نامه‌های داخلی و استانداردهای بین‌المللی نمی‌باشد و در مواردی که تناقض وجود دارد، الزاماتی که سختگیرانه‌تر می‌باشند در اولویت اجرا قرار دارند.

۶-۵-۳-۱- سیستم‌های الکتریکی

به منظور کاهش آسیب‌پذیری، توصیه می‌شود کابل تغذیه اصلی سایت به صورت دفنی (و یا به طریقی که در دسترس عموم نباشد) طراحی شود.

لازم است محل استقرار ترانسفورماتورهای اصلی قدرت، بعنوان اماکن طبقه‌بندی شده تلقی شود و تمامی الزامات حفاظت فیزیکی اعم از دوربین‌های نظارتی، سیستم‌های کنترل دسترسی و ضدنفوذ و تمامی تمهیدات لازم جهت ممانعت از ورود غیر مجاز به این فضاها به نحو مطلوب لحاظ شود. لازم است حتی‌الامکان این فضاها دور از دسترس و دید عموم قرار گیرند.

به منظور کاهش آسیب‌پذیری در برابر حوادثی مانند آتش‌سوزی و ... ترجیحاً تمامی ترانسفورماتورها از نوع خشک انتخاب شوند.

به منظور حفاظت از تجهیزات در برابر آسیب‌پذیری‌های ناشی از انفجار و یا آتش‌سوزی‌های احتمالی در ترانس‌ها، می‌باید تمهیدات سازه‌ای و ملاحظات ایمنی در اطراف ترانس‌ها در نظر گرفته شود. توصیه می‌شود ترانس‌ها در اتاق‌های مقاوم در برابر موج انفجار قرار گیرند.

در صورت در نظر گرفتن فضای پناهگاهی در سایت، پیش‌بینی مولد برق اضطراری جهت تأمین بارهای ضروری این فضا الزامی می‌باشد.

دیوارهای محل استقرار مولد برق اضطراری می‌باید مقاوم در برابر حریق باشند.

جهت سهولت بازسازی و ترمیم، توصیه می‌شود تابلوهای توزیع اصلی و ایستاده از نوع کشویی بوده و تجهیزات یدکی آنها به منظور استفاده در شرایط بحران در انبار ذخیره شوند.

برای بازیابی سریع سیستم در شرایط بحران، باید از قبل یک سری از قطعات مهم بعنوان یدکی جهت راه‌اندازی مجدد تابلوها پیش‌بینی شوند. لوازم یدکی باید با مشخصات قطعات اصلی تابلو متناسب بوده و بدون هیچگونه تغییری قابلیت جایگزینی را داشته باشند.

تابلوهای برق نرمال و اضطراری، لوله‌های برق و تابلوهای توزیع و حفاظتی فشار ضعیف، فشار متوسط و جریان ضعیف باید به صورت مجزا و در محل‌های مختلف (با رعایت حریم هر یک بر طبق استانداردهای معتبر) اجرا گردند.

به منظور تسریع عملیات تعمیر و بازتوانی سیستم‌ها در شرایط وقوع تهدید، توصیه می‌شود در طراحی، انتخاب و نصب انواع تجهیزات و دستگاه‌های برقی و قطعات یدکی، تشابه طرح‌ها، برندها و نوع کارکرد مورد توجه قرار گیرد.

در تابلوهای توزیع اصلی، طراحی ماژولار (به معنی استفاده از تجهیزات تیپ مانند کلیدهای خودکار و تابلوهای کشویی و اراپه‌ای) لحاظ شود.

هیچ یک از تابلوهای برق نباید در دسترس عموم قرار گیرد و درب تمامی تابلوها می‌باید مجهز به قفل ایمنی مناسب باشند.

کابل کشی بدون استفاده از محافظ (لوله، سینی و نردبان) مجاز نمی‌باشد.

سیستم‌های الکتریکی زیر باید توسط لوله‌های جداگانه و یا با تقسیم‌بندی‌های متفاوت انجام پذیرد:

- سیستم برق‌رسانی به پریزهای عمومی،
- سیستم برق‌رسانی به پریزهای اضطراری،
- سیستم برق‌رسانی به فن کویل‌ها،
- سیستم روشنایی،
- سیستم برق اضطراری (در فضای پناهگاهی)،
- سیستم برق ایمن (UPS)،
- سیستم مخابرات،
- سیستم اطلاع رسانی،
- سیستم نظارت تصویری،
- سیستم اعلام حریق،
- سیستم کنترل تأسیسات مکانیکی،
- سیستم شبکه رایانه و سیستم چند رسانه‌ای،
- سیستم ساعت مرکزی،
- سیستم علائم،
- سیستم پوشش شبکه صاعقه‌گیر در دپو،
- سیستم اتصال زمین (همبندی)،

در تمامی فضاهای سایت افزون بر روشنایی عادی، می‌باید چراغ‌های روشنایی اضطراری با مداری جداگانه در نظر گرفته شوند که علاوه بر برق شهری از UPS نیز تغذیه گردند (به منظور اطمینان از وجود روشنایی در زمان‌های بحران، استفاده از چراغ‌های باتری‌دار در مسیرهای خروج توصیه می‌شود).

چراغ‌های روشنایی باید دارای اتصال قوی و محکم به سقف اصلی یا دیوارها باشند.

تمامی فضاهای دربرگیرنده تجهیزات الکتریکی (تجهیزات الکتریکی مانند تابلوهای توزیع برق، تجهیزات مخابراتی، کنترلی، علائم، پست‌های برق و از این قبیل) می‌باید مجهز به درب‌های مقاوم در برابر حریق باشند.

تأسیسات تأمین، تبدیل و انتقال برق سایت به هیچ وجه نباید در معرض تماس با عناصر اشتعال پذیر (مخازن سوخت) یا هادی‌های جریان برق (مخازن آب و سایر مایعات) قرار گیرند.

نگهداری نقشه‌های چون ساخت تأسیسات الکتریکی در محلی امن و قابل دسترس، برای تعمیر و تقویت احتمالی سیستم‌ها الزامی است.

ایجاد فشار مثبت در محل تجهیزات حساس الکتریکی، الکترونیکی و مخابراتی برای جلوگیری از ورود دود و گرد و غبار به درون آنها توصیه می‌شود.

به منظور مقاوم‌سازی سیستم‌های مخابراتی، الکترونیکی و الکتریکی، در برابر امواج الکترومغناطیسی مخرب، توصیه می‌شود الزامات مربوط به حفاظت الکترومغناطیسی (شیلدینگ، فیلترینگ و ارتینگ) در اتاق کنترل اصلی خط اعمال شود (در صورت تأمین منابع مالی، لازم است محاسبات و طراحی‌های لازم در این خصوص، توسط شرکت‌های مشاور ذی صلاح صورت پذیرد).

به منظور حفظ کارکرد سیستم‌های ارتباطی، کنترلی و نظارت تصویری در زمان وقوع تهدیدات الکترومغناطیسی، توصیه می‌شود تمامی کابل‌های انتقال داده در این سیستم‌ها از نوع فیبر نوری انتخاب شود (الزامات مربوط به حفاظت الکترومغناطیسی تجهیزات جانبی این سیستم‌ها می‌باید رعایت شود).

در تمامی سیستم‌های کامپیوتری موجود در سایت می‌باید تمهیدات لازم (رمزهای امنیتی، فایروال، آنتی ویروس، مسدود کردن مبادی ورود اطلاعات و ...) جهت مقابله با تهدیدات سایبری اجرا شود.

۶-۵-۳-۲- سیستم‌های مکانیکی

تأسیسات مکانیکی در یک دپو می‌باید به گونه ای طراحی شوند که حداقل نیازهای پدافند غیر عامل را نیز مرتفع نمایند.

الزامات پدافند غیرعامل برای اجزاء شبکه آبرسانی بخش دپو و پارکینگ را می‌توان به صورت زیر ارائه نمود:

- تمامی مسیر لوله کشی شبکه اصلی آبرسانی می‌باید از منبع تأمین و توزیع تا اتصال به موقعیت‌های مصرف، به صورت مدفون (از طریق کانالهای مدفون یا ترنچ) اجرا شود.
- با توجه به گستردگی شبکه آبرسانی دپو و پارکینگ سامانه‌های ریلی، ضروری است هر بخش از شبکه دارای شیر قطع و وصل بوده تا در صورت صدمه دیدن بخشی از شبکه آبرسانی، سایر نقاط دچار اختلال نشود. لذا ارائه تمهیدات لازم در هنگام طراحی شبکه و توجه به لوپ‌های مسیر، جهت نیل به هدف ذکر شده الزامی است.
- با توجه به تأمین آب صنعتی بخش دپو و پارکینگ از مخازن ذخیره آب، ضروری است این مخازن به صورت مدفون اجرا شود.

- تعداد مخازن آب صنعتی می‌بایست بر اساس حجم محاسباتی آب مصرفی تعیین شود. بر این اساس توصیه می‌شود به منظور افزایش ضریب ایمنی، حداقل از دو مخزن استفاده شود.
 - مسیر پر کن مخازن ذخیره آب باید به گونه ای طراحی شوند که در صورت وقوع انفجارات سطحی دچار کمترین آسیب گردند.
 - در صورت استفاده از مخازن فولادی می‌باید به این نکته توجه نمود که با توجه به گذر زمان، این مخازن دچار خوردگی و پوسیدگی شده، لذا ضروری است که الزامات حفاظت کاتدیک در نظر گرفته شود.
 - میزان آب شرب و بهداشتی ذخیره برای هر فرد بر مبحث شانزدهم قابل محاسبه بوده و در زمان بحران تا نصف نیز می‌تواند کاهش یابد.
 - محل قرارگیری مخازن آب شرب و بهداشتی و صنعتی باید توسط افراد ذیصلاح (کارشناسان مورد تایید سازمان پدافند غیر عامل) تایید شود.
 - محدوده حریم مخازن باید به صورت فیزیکی و نامحسوس تحت مراقبت قرار گیرد، لذا رعایت اصول پدافندی چون اختفا، استتار و فریب در طراحی موقعیت آنها الزامی است.
 - در مخازن مدفون به منظور جلوگیری از جمع شدن آب‌های سطحی و نفوذ آن به داخل مخزن یا سطح جانبی آن، باید در کف چاهک دسترسی به دریچه آدم رو مخزن، لوله تخلیه آب پیش بینی شود.
 - مخازن زیرزمینی (نوع فلزی) باید دارای سیستم ارت باشند.
- الزامات پدافند غیرعامل برای اجزاء تاسیسات جمع‌آوری و دفع فاضلاب دیو به شرح ذیل می‌باشد:
- در صورتی که بر محل عبور فاضلاب عمومی بار اعمال شود (وجود تاسیسات سنگین)، لوله‌های فاضلاب باید در بلوک بتنی داخل کانال قرار گیرند.
 - کانال قرارگیری لوله‌های فاضلاب عمومی باید توسط دال بتنی پوشانده شده و در هر ۱۵ متر یک دریچه باز تعبیه شود.
 - در صورت جانمایی دیو و پارکینگ در مسیر سیل و سیلاب (در صورت وجود الزامات فنی مستند و مستدل) می‌باید میزان و حجم سیل و سیلاب برای یک دوره حداقل ۵۰ ساله مطالعه و بیشترین حجم مبنای طراحی قرارگیرد.
 - بر اساس استاندارد NFPA، به هنگام آتش سوزی در فضای دیو و پارکینگ سامانه‌های قطار شهری می‌بایست حجم آب مورد استفاده برای بالاترین درجه اطفاء (در اینجا مایعات و موارد قابل اشتعال نظیر: سوخت‌های مایع، روغن صنعتی و گریس و ...) برای مدت زمان حداقل ۳۰ دقیقه در نظر

گرفته شود. لذا با توجه به حجم بالای آب ورودی به محوطه، این فاضلاب از نوع سطحی در نظر گرفته می‌شود.

- شیب کانالهای جمع‌آوری آب‌های سطحی باید از اجزاء اصلی به یک سمت دورترین نقطه محوطه و یا در صورت استقرار فضاها و اماکن در مرکز دیو و پارکینگ از طرفین به سمت دورترین نقطه طراحی شود.

- در احداث سیستم جمع‌آوری و دفع فاضلاب، باید به محل آب‌های زیرسطحی توجه شود، و فاضلاب بگونه‌ای ساخته نشود که آب‌های زیر سطحی را آلوده نماید.

فاضلاب صنعتی عموماً مخصوص بخشهای صنعتی دیو و پارکینگ سامانه ریلی نظیر بخشهای تعمیراتی و کارگاهی می‌باشد. در این فضاها عموماً به دلیل استفاده از انواع روغن، گریس و مواد شیمیایی، این قبیل مواد جمع‌آوری شده بصورت مجزا جمع‌آوری و از طریق کانال یا مسیر لوله کشی دفع می‌گردد. لذا با توجه به اهمیت این بخش خصوصاً از دیدگاه اطفاء حریق، الزامات اشاره شده ذیل قابل توجه می‌باشد.

- کلیه مواد قابل اشتعال و شیمیایی استفاده شده و دور ریز بخش صنعتی می‌بایست پس از جمع‌آوری در درون بشکه‌های فلزی مناسب ذخیره سازی شده و در فضایی دور از سایر اماکن که توسط افراد ذیصلاح تعیین می‌گردد ذخیره سازی شود.

- ذخیره سازی مواد قابل اشتعال و شیمیایی دورریز بخش صنعتی دیو و پارکینگ سامانه‌های ریلی باید برای مدت زمان کوتاه تعریف شده و موارد مربوطه در دوره‌ها و فواصل زمانی کوتاه از محوطه دیو و پارکینگ تخلیه شود.

- بخش فاضلاب صنعتی باید در زون بندی اطفاء حریق در منطقه با خطر بالا قرار گیرد.

- فاضلاب صنعتی نباید با فاضلاب سطحی و عمومی ارتباط داشته باشد. لذا تخلیه آن در درون فاضلاب‌های یاد شده ممنوع می‌باشد.

- اطفاء حریق بخش فاضلاب صنعتی باید برای بالاترین درجه خطر (اشتعال مواد هیدروکربنی) طراحی شود.

۳-۳-۵-۶- الزامات و ملاحظات طراحی سیستم اطفاء

با توجه به اهمیت بالای بخش دیو و پارکینگ سامانه‌های ریلی و اجزاء آن، ضروری است این بخش دارای طرح اطفاء و محدوده‌بندی خطر بر اساس استاندارد NFPA باشد. بر این اساس با توجه به بخشهای مختلف می‌بایست در مرحله نخست کلیه فضاها، اماکن و انبارها بر اساس استاندارد یاد شده از نقطه نظر خطر، محدوده‌بندی شده و سپس الزامات آتش‌نشانی در آنها در نظر گرفته شود. بر این اساس سایر الزامات مورد نظر از نقطه نظر پدافند غیر عامل عبارتست از:

- بخش دیو و پارکینگ سامانه‌های ریلی باید مجهز به سناریوی مقابله با حریق بر اساس طراحی محدوده‌بندی خطر باشد. کلیه الزامات و طرحهای اطفاء حریق باید متناسب با محدوده خطر هر فضا ارائه شود.
- سناریوی اطفاء حریق بر اساس محدوده‌بندی خطر باید به تایید افراد ذیصلاح (بخش فنی سازمان آتش‌نشانی و کارشناسان مورد تایید سازمان پدافند غیر عامل) برسد.
- کلیه مسیرهای لوله کشی آتش‌نشانی باید به صورت مدفون و در کانالهای انتقال صورت پذیرد. لازم به توضیح است کلیه کانالها باید توسط دال بتنی محافظت شوند.
- شبکه آتش‌نشانی باید مجهز به پمپ رزرو و برق اضطراری (یا دیزل پمپ) باشد.
- با توجه به قرارگیری مدفون لوله‌های آتش‌نشانی، باید به منظور حفاظت خطوط در برابر بارهای انفجاری علاوه بر افزایش مناسب ضخامت، از اتصالات قابل انعطاف و لرزه‌گیرهای لاستیکی استفاده شود.
- لوله اصلی آتش‌نشانی در فصل مشترک فضاهای سطحی و مدفون باید دارای اتصالات قابل انعطاف باشند.
- محل قرارگیری کپسول‌ها باید به گونه‌ای انتخاب شود که در صورت ورود موج انفجار به سازه، کمترین آسیب را متوجه کپسول نماید و موجب انفجار کپسول یا آسیب جدی افراد نشود.
- کلیه انبارهای ذخیره‌سازی مواد قابل اشتعال شامل انواع رنگ، مواد شیمیایی، روغن‌های صنعتی، گریس و باید دور از سایر بخشهای دیو و پارکینگ جانمایی شده و تمهیدات لازم برای اطفاء حریق آنها با توجه به حجم مواد ذخیره شده در نظر گرفته شود.

۶-۵-۳-۴- الزامات و ملاحظات طراحی سیستم تهویه و تهویه مطبوع

- با توجه به قرارگیری دیو و پارکینگ در سطح زمین و از طرفی موقعیت جغرافیایی و اقلیم منطقه، این سامانه با توجه به اهمیت خود از نقطه نظر پدافند غیر عامل دارای رتبه و درجه اهمیت کمتری نسبت به سایر زیرساخت یاد شده می‌باشد. لذا در این بخش فقط به مهمترین الزامات پدافندی پرداخته می‌شود. بر این اساس الزامات این بخش را می‌توان به صورت زیر ارائه نمود:
- فضای موتورخانه تاسیسات تهویه و تهویه مطبوع فضاهای مختلف دیو، پارکینگ و انبارها می‌باید به صورت مدفون و یا در طبقات زیرین ساختمان‌ها و اماکن اداری تعبیه شود.
 - در صورت وجود فواصل طولانی میان موتورخانه و فضاهای نیازمند به تهویه و تهویه مطبوع، بهتر است کانالهای مربوطه به صورت مدفون و پوشیده شده با دال بتنی اجرا گردند.

- با توجه به لزوم رعایت اصل پراکندگی در پدافند غیر عامل، تاسیسات تهویه و تهویه مطبوع سالنهای اصلی تعمیرات از موتورخانه فضاهای اداری مجزا شود،
- در صورت افزایش تاسیسات تهویه و تهویه مطبوع فضاهای مختلف دپو، پارکینگ و انبارها، بهتر است با توجه به جانمایی و تعداد فضاها، موتورخانه بخش اداری از صنعتی جداسازی شده و اصل پراکندگی در این امر مورد توجه قرار گیرد،
- استفاده از اتصالات قابل انعطاف، لرزه‌گیرها و جاذب شوک فنری در نگهدارنده‌ها، آویزها و اتصالات خرطومی به منظور مقابله با شوک و لرزش برای کانال‌ها الزامی است،
- استفاده از سیستم ارت در تمامی اتصالات تأسیسات شامل کانال، لوله‌های سرمایش و گرمایش و سیستم‌های اطفاء حریق لازم می‌باشد،
- کانالهای تهویه باید توسط عایق‌های حرارتی ضد حریق پوشانده شود.

۵-۳-۵- الزامات و ملاحظات طراحی سیستم سوخت‌رسانی

- سامانه سوخت‌رسانی دپو و پارکینگ می‌تواند به دو صورت گازی و گازوئیل طراحی شود. لیکن با توجه به مقرون به صرفه بودن سوخت گازوئیل نسبت به گاز و همچنین ایمنی بالاتر آن، استفاده از سوخت گازوئیل جهت تامین برق اضطراری پیشنهاد می‌گردد. لازم به توضیح است با توجه به پیشرفت تکنولوژی، می‌توان از ژنراتورهای مجهز به سوخت گازوئیل-گاز نیز استفاده نمود.
- موقعیت مخازن تامین سوخت برق اضطراری و تامین سوخت وسایط ناقله ریلی دیزلی باید در تحلیل خطر و محدوده‌بندی مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به نتایج تحلیل، باید در فضایی ایمن از سایر اجزاء دپو و پارکینگ جانمایی شود.
- مخازن سوخت باید به صورت مدفون طراحی و احداث گردند.
- مخازن سوخت باید مجهز به سیستم ارت باشند.
- در صورت سیلان سوخت به هر دلیل، سوخت باید توسط کانالهای بتنی به چال سوخت هدایت شود.
- در تعیین موقعیت چال‌های سوخت باید جهت وزش باد غالب منطقه (به منظور جلوگیری از ورود دود به درون ساختمان‌های دپو) در نظر گرفته شود.
- طراحی مخازن سوخت باید بر اساس استانداردهای مورد تایید شرکت ملی نفت ایران صورت پذیرد.
- رعایت الزامات کلیه مباحث مقررات ملی ساختمان، استانداردهای بین المللی معماری و آئین نامه ۲۸۰۰ زلزله در طراحی و احداث موقعیت مخازن ضروری است.
- موقعیت احداث مخازن سوخت زیر زمینی نباید در مسیر عبور سیل و آبهای سطحی باشد.
- موقعیت احداث مخازن زیرزمینی سوخت نباید در مجاورت چاه آب، قنات، آبراهه‌های اصلی، چشمه، رودخانه، دکل برق، خطوط لوله و یا مشرف به آنها باشد.

موقعیت احداث مخازن زیرزمینی نباید بر روی گسل یا در نزدیکی آن و یا بر روی خاک دستی و محل انباشت نخاله‌های ساختمانی باشد.

موقعیت احداث مخازن زیرزمینی سوخت باید حداقل ۱۵ متر از سایر اماکن فاصله داشته باشد. رعایت الزامات اشاره شده در استانداردهای NFPA 30,30A در احداث مخازن سوخت زیرزمینی ضروری است. کلیه لوله‌کشی‌های مسیر سوخت‌رسانی از مخزن تا تلمبه توزیع سوخت باید به صورت مدفون و در داخل کانال بتنی پوشیده شده با دال بتنی باشد. لوله‌های سوخت داخل کانال‌های بتنی باید بر روی ماسه بادی قرار گیرند.

ضمیمہ (الف)

مکمل فصل ۱

۷-۱- یادداشت (الف-۱)

نگهداری و تعمیرات اصلاحی/واکنشی^۱:

این استراتژی بدین صورت بیان می‌گردد که "تعمیرات پس از وقوع خرابی انجام شود". در این روش بعد از وقوع خرابی نسبت به تعمیر ماشین و بازگشت وضعیت به حالت اولیه اقدام می‌گردد. از این روش با عنوان تعمیرات پس از خرابی یا از کارافتادگی نیز یاد شده و در ایران نیز این سبک تعمیرات را، تعمیرات اصلاحی یا تعمیرات اضطراری می‌نامند.

این سیستم در سالهای آغازین تکامل نت مورد استفاده قرار می‌گرفته و بدین سبب با ساختار امروزی ماشین‌آلات و تجهیزات همخوانی چندانی نداشته و معایب زیر را با خود به همراه دارد:

- کاهش ایمنی کار با ماشین‌آلات.
- عدم برنامه ریزی دقیق به علت بروز مشکلات کمی و کیفی.
- نیاز به گروه تعمیراتی قوی و آماده به کار.
- افزایش زمان تعمیرات به علت مشاهده خرابی‌های فرعی.
- نیاز به ذخیره و انبار کردن وسیع قطعات.

لازم به ذکر است انجام چنین عملیاتی در هر سیستم اجتناب ناپذیر می‌باشد و اصولاً علیرغم به کارگیری تمامی تمهیدات، ممکن است برخی عملیات تعمیراتی به صورت عملیات اصلاحی انجام پذیرد.

نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه^۲:

این استراتژی بدین صورت بیان می‌گردد که "تعمیرات قبل از وقوع خرابی انجام شود". به زبان ساده تعمیرات پیشگیرانه به معنای حفظ سلامت مطلوب از عملکرد و بهره‌برداری نظیر انجام عملیات تنظیمی، نظافت و تمیزکاری خارجی و داخلی، پر کردن مواد مصرفی نظیر شن در سیستم‌های شن‌پاش، تعویض و پر کردن روغن، محلولهای شستشوی شیشه جلو، تعویض قطعات مصرفی، انجام تست‌های عملکردی، بازدیدهای چشمی نظیر صدمات وارده به داخل و خارج قطار، روشنایی داخل سالن و کابین، عملکرد دربها، علائم و نوشته‌ها، کفشکهای جمع‌کننده جریان/پانتوگرافها، کنترل سیستم‌های الکتریکی کنترلی در کابین و سایر عملیات مربوط به تعمیرات پیشگیرانه برای یک قطار می‌باشد.

نت پیشگیرانه بر اساس تناوب اجرای فعالیت‌ها برنامه ریزی اجرا گردیده و به همین دلیل عبارت "تعمیرات بر اساس زمان کارکرد" نیز به این دسته از فعالیت‌ها اطلاق می‌گردد.

¹ Corrective/Reactive Maintenance

² Preventive Maintenance

نگهداری و تعمیرات پیشگویانه^۱:

این استراتژی بدین صورت بیان می‌گردد که "تعمیرات بر اساس شرایط و وضعیت مشخص انجام شود".
نت پیشگویانه به مجموعه فعالیت‌هایی اطلاق می‌گردد که جهت تعیین شرایط فنی کارکرد اجزاء ماشین (اندازه‌گیری میزان فرسایش اجزاء) در حین بهره‌برداری انجام گردیده و بر اساس نتایج حاصله از آن، زمان و نوع فعالیت نت مورد نیاز تعیین می‌گردد.

نت پیشگویانه بر اساس شرایط کارکرد اجزاء ماشین، برنامه‌ریزی و اجرا گردیده و به همین دلیل عبارت تعمیرات بر پایه وضعیت^۲ نیز به این دسته از فعالیت‌ها اطلاق می‌گردد.

فعالیت‌های نت پیشگویانه به شرح زیر قابل تقسیم می‌باشند:

- بازرسی فنی توسط حواس انسانی: بازرسی فنی توسط کارکنان ماهر نت با استفاده از حواس پنجگانه انسانی (همچون بازرسی سر و صدای غیرعادی یا گرم شدن بیش از حد اجزاء) انجام می‌پذیرد،
- اندازه‌گیری فرسایش با استفاده از ابزار توسط انسان: بازرسی فنی اجزاء ماشین و اندازه‌گیری فرسایش با استفاده از ابزارهایی همچون ارتعاش‌سنج، حرارت‌سنج، آنالایزر روغن و ... انجام می‌پذیرد. در این روش بازرسی در فواصل زمانی مشخص و در حین کارکرد ماشین، با استفاده از ابزار نسبت به اندازه‌گیری میزان فرسایش اجزاء اقدام و نتایج به دست آمده را با محدوده کارکرد مجاز اجزاء مقایسه می‌نمایند. تصمیم جهت ادامه کار ماشین و یا توقف آن جهت انجام فعالیت‌های نت بر اساس نتایج حاصله از این تحلیل خواهد بود،
- بازرسی و اندازه‌گیری پیوسته توسط ابزار: امروزه استفاده از روش کنترل پیوسته توسط طراحان ماشینهای صنعتی به عنوان روشی جهت جلوگیری از خطاهای برنامه‌ریزی نت مورد توجه قرار گرفته است. فیلترهای هوا، مجهز به سنسورهایی جهت تعیین زمان دقیق تعویض فیلتر شده‌اند؛ برای یاتاقان‌ها سنسورهای حرارتی طراحی گردیده تا زمان دقیق روان‌سازی آنها مشخص و به اپراتورها اعلام گردد.

۲-۷- یادداشت (الف-۲)

۱-۲-۷- تجهیزات ولتاژ بالا

شامل ایستگاه‌های تبدیل ولتاژ از ۱۳۲/۶۶ کیلوولت به ۲۰ کیلوولت و توزیع آن به پست‌های ترکشنی و روشنایی کل خط می‌باشد.

^۱ Predictive Maintenance

^۲ Time Based Maintenance

تعمیرات تجهیزات ولتاژ بالا، اغلب تعمیرات پیشگیرانه می‌باشد. به همین منظور لازم است که بصورت منظم این ادوات مورد بازرسی و نظافت قرار گیرند.

تعمیرات اصلاحی برای این تجهیزات به مفهوم دمونتاژ زیربخش معیوب و انتقال آن به کارگاه‌های مربوطه جهت تعمیرات در دیو و یا به صورت برونسپاری به پیمانکاران تخصصی می‌باشد.

۷-۲-۲- پست‌های برق ترکشنی

این پست‌ها شامل ترانسفورماتورها، یکسوکننده‌ها، کلیدها و ... می‌باشد که به منظور انتقال و توزیع برق فشار قوی مورد نیاز ناوگان در خط اصلی و دیوها احداث می‌گردند.

تجهیزات مرتبط و زیرسیستم‌های پست ترکشنی شامل موارد ذیل خواهد بود:

- کلیدهای DC،
- فیوزها،
- رله‌ها،
- کلیدهای قطع کننده جریان - CB،
- ایزولاتورهای ترکشنی،
- مبدل‌ها،
- ...

اهداف برنامه تعمیرات این پست‌های برق‌رسانی به شرح ذیل می‌باشند:

- افزایش قابلیت اعتماد تجهیزات و زیرسیستم‌ها به منظور کاهش حداکثری وابستگی به سیستم‌های طراحی/اجرا شده بصورت افزونه،
- به منظور افزایش قابلیت اعتماد به سیستم‌های طراحی/اجرا شده بصورت افزونه در مواقع اضطرار،
- به منظور اطمینان حاصل کردن از اینکه در شرایط اضطرار، تامین توان ترکشنی بصورت فوری و به سهولت کارگشا خواهد بود،
- به منظور انجام کلیدزنی ایمن مطابق با دستورالعمل‌های سازمان بهره‌بردار جهت انجام امور تعمیراتی زیرساخت ریلی.

تعمیرات پیشگیرانه بصورت منظم شامل بازرسی‌ها و نظافت در سایت، در برنامه روزانه سازمان بهره‌بردار قرار خواهد گرفت. برنامه نهایی تعمیرات پیشگیرانه بر اساس توصیه سازنده تجهیزات لازم است که تعیین شود. در هر حال به عنوان یک مثال نوعی از اقدامات، تناوب انجام این اقدامات و میزان وقت سپری شده توسط نیروی انسانی متخصص، جدول ذیل مورد توجه می‌باشد.

جدول ۷-۱- فعالیتهای مربوط به تعمیرات پیشگیرانه - پستهای برق ترکشی

عملیات	تناوب زمانی انجام	توضیحات
بازدیدهای عمومی پست	۱ ماه	شامل بازدید از شرایط کابل‌های برق‌رسانی، مبدل‌های ولتاژی، باتری‌ها و شارژرها می‌باشد.
نظافت عمومی پست	۶ ماه	-
کنترل و تست ترانسفورماتور	۶ ماه	شامل تست نشت سیال (در صورت وجود)، تست شکست عایقی و ...
کنترل و تست یکسوکننده	۶ ماه	بررسی عملکرد یکسوکننده شامل عملکرد سیستم خنک کننده و گردش هوا
بازرسی‌های ایمنی یکسوکننده	۱۲ ماه	بازرسی‌های ایمنی سالانه در خصوص شرایط یکسوکننده و عملکرد آن
کنترل عملکرد باتری / شارژر	۳ ماه	شامل تست سطح ولتاژ، دمای کاری و ...
کنترل عملکرد تامین توان بدون وقفه - UPS	۱ ماه	شامل بازرسی و نظافت بردها و کنترل سطح ولتاژ
کنترل و بازرسی تأسیسات و تغذیه الکتریکی آنها	۱۲ ماه	شامل شرایط و عملکرد این تجهیزات

۷-۲-۳- پستهای برق فشار ضعیف

تجهیزات پستهای فشار ضعیف شامل موارد ذیل می‌باشد:

- پست‌های ۲۰ کیلوولت روشنایی،
- ترانسفورماتورها و تابلوهای توزیع برق در ایستگاه‌ها و دپو،
- باتری شارژر و تابلوهای توزیع ۱۱۰ ولت،
- تابلو توزیع اضطراری،
- کابل‌های LV و سایر متعلقات.

سیاست‌گذاری تعمیرات تجهیزات ولتاژ پایین نیز مطابق تجهیزات ولتاژ بالا بوده و برنامه‌ریزی جهت انجام تعمیرات پیشگیرانه بویژه در ایستگاه‌های زیرزمینی در الویت سازمان بهره‌بردار می‌باشد.

۷-۲-۴- سیستم سیگنالینگ

زیرسیستم‌های این سیستم شامل موارد ذیل می‌باشند:

- سیستم هدایت اتوماتیک و حفاظت اتوماتیک قطارها،
- اینترلاکینگ شامل ماشین سوزن‌ها،
- ادوات شناسایی موقعیت قطار،
- سایر تجهیزات کنارخطی شامل چراغ سیگنالینگ، بالیز و ...

سیاست‌گذاری تعمیرات برای تجهیزات سیگنالینگ تعمیرات اصلاحی می‌باشد. با این وجود، برخی بازرسی‌های دوره‌ای جهت تشخیص عیوب پنهان که سبب از دست رفتن ایمنی و عدم عملکرد صحیح سیستم و در دسترس‌پذیری سیستم می‌باشد نیز توصیه می‌شود.

در این نوع تعمیرات اصلاحی بطور معمول پس از شناسایی قطعه معیوب، این قطعه با قطعه یدکی مشابه تعویض و عملیات تعمیراتی برای قطعه معیوب توسط پیمانکار تخصصی یا سازنده اصلی به انجام می‌رسد. در هر حال عملیات تعمیرات در خصوص تجهیزات موثر بروی ایمنی بهره‌برداری، می‌باید در نهایت دقت و احتیاط کامل به انجام رسد و به منظور اطمینان از عملکرد صحیح پیش از کارکرد در خط اصلی، توسط تجهیزات و امکانات آزمایشگاهی و تست از صحت عملکرد قطعات تعمیر شده اطمینان حاصل گردد.

تعمیرات پیشگیرانه برای سیستم سیگنالینگ و زیرسیستم‌ها شامل موارد ذیل می‌باشد:

- تست‌های عملکردی،
 - اندازه‌گیری سطح دریافت و انتقال اطلاعات بین قطار و تجهیزات کنارخطی،
 - کنترل سیستم‌های تامین توان برای زیرسیستم‌های سیگنالینگ،
 - واریسی بردهای الکترونیکی.
- تناوب انجام این اقدامات بازرسی و واریسی متغیر و وابسته به نتایج مطالعات و آنالیز ایمنی در دوره طراحی تفصیلی و منطبق با الزامات سازنده می‌باشد. کنترل‌های عملکردی شامل واریسی کارکرد تجهیزات با استفاده/عملکرد ناچیز می‌باشد:
- واریسی عملکرد تجهیزات از طریق کنترل محلی و یا دستی،
 - استفاده از مسیرهای پیشنهادی در وضعیت مختلف تنزل یافته بهره‌برداری از خط اصلی،
 - سایر دستورالعمل‌های اضطراری.

برخی از این کنترل‌ها و واریسی‌ها توسط کارکنان سازمان بهره‌بردار به انجام رسیده که این اقدامات تمرینی برای مواجهه با شرایط واقعی در وقوع اضطرار و مدیریت صحیح بهره‌برداری تنزل یافته در کوتاه‌ترین زمان می‌باشد.

تعمیرات اصلاحی سیستم‌های کنترل اتوماتیک شامل شناسایی و جایگزینی قطعات قابل تعویض در محل نصب/استفاده (LRU) (سطح ۳ تعمیرات) می‌باشد. قطعه معیوب LRU به کارگاه‌های تخصصی جهت عیب‌یابی تخصصی و تعویض کوچکترین اجزاء قابل جایگزینی یا قطعات موسوم به LLRU در قطعه معیوب LRU (سطح تعمیرات ۵) ارسال می‌شود.

ابزار مخصوص لازم جهت انجام این نوع بازرسی‌ها توسط سازنده سیستم پیشنهاد خواهد شد. بعنوان نمونه می‌توان به برخی از این ادوات به شرح ذیل اشاره داشت:

- ابزار تست تجهیزات ثابت سیستم کنترل اتوماتیک قطار (Wayside ATC)،
- ابزار تست تجهیزات سیستم کنترل اتوماتیک نصب شده روی قطار (Onboard ATC)،

- ابزار تست انتقال اطلاعات از خط به قطار،
- ابزار تست برای سرعت سنج و مسافت سنج نصب شده روی قطار،
- ابزار تست برای آنتن و بالیز،
- ...

۷-۲-۵- تجهیزات مخابرات شامل دوربین‌های مدار بسته

تعمیرات پیشگیرانه برای تجهیزات مخابراتی به منظور حفظ عملکرد نامی این تجهیزات تعریف شده است. تعمیرات پیشگیرانه بر اساس توصیه سازندگان زیرسیستم‌ها و دستورالعمل‌های نگهداری و تعمیرات به انجام خواهند رسید. بطور معمول این اقدامات شامل واریسی‌های عملکردی، بازرسی سیستم‌های تامین توان، نظافت و ... می‌باشند. عملکرد ناصحیح سیستم‌های مخابراتی، احتمالاً یا از طریق اقدامات پیشگیرانه شناسایی شده و یا از طریق سیستم‌های ارسال خطا تعبیه شده در سیستم‌های الکترونیکی، شناسایی می‌شوند. کارکنان و تکنسین‌های مسئول انجام تعمیرات بر اساس مشاهدات و خطاهای دریافتی نسبت به شناسایی عیوب اقدام کرده و بطور معمول رفع عیب از طریق جایگزینی قطعات قابل تعویض در محل نصب/استفاده (LRU) به انجام رسیده و متعاقباً قطعه معیوب به کارگاه تخصصی جهت بررسی عمیق‌تر و شناسایی علت خرابی اعزام و نهایتاً رفع عیب و تعمیرات در کارگاه تخصصی تعبیه شده در دپو و یا در کارگاه پیمانکار تخصصی/سازنده اصلی به انجام می‌رسد. خلاصه‌ای از شرایط برای انجام تعمیرات اصلاحی بصورت نوعی در جدول ذیل ارائه شده است.

جدول ۷-۲- فعالیت‌های مربوط به تعمیرات اصلاحی - سیستم‌های مخابراتی

موقعیت	زمان و شرایط اقدامات
مرکز کنترل فرمان، ساختمان‌های دپو و ساختمان اداری	ترجیحاً در ساعات بهره‌برداری با اطمینان حاصل کردن از عدم تأثیرپذیری بهره‌برداری ایمن و عملکرد صحیح سیستم
فضاهای عمومی در ایستگاه‌ها	ترجیحاً خارج از ساعات بهره‌برداری
تجهیزات کنارخطی	- ترجیحاً خارج از ساعات بهره‌برداری - تنها در صورتی لازم است در ساعات بهره‌برداری اقدامات صورت پذیرد که به دستور و درخواست مرکز فرمان بوده و قبل از آن دستورالعمل‌های ایمنی جهت حضور پرسنل در مسیر اجرا شده باشد.
تجهیزات نصب شده در قطار	در توافق و هماهنگی با تیم تعمیراتی ناوگان

۷-۲-۶- تجهیزات فروش و جمع‌آوری اتوماتیک بلیط

- سیستم‌هایی که نیازمند تعمیرات بوده به شرح ذیل می‌باشند:
- تجهیزات در اتاق بلیط فروشی هر ایستگاه،
 - دستگاه خودکار فروش بلیط در مبادی ورودی ایستگاه،

– گیت‌های اتوماتیک جهت استفاده از بلیط‌های غیرتماسی و سایر انواع.

به این ترتیب زیرسیستم‌های تجهیزات فروش و جمع‌آوری کرایه، سیستم‌های الکترونیکی پیچیده‌ای بوده که از طرفی عملکرد حفاظتی داشته و از طرف دیگر مجهز به سیستم‌های مکانیکی که در معرض خرابی خواهند بود، می‌باشند. اهمیت در دسترس‌پذیری سیستم‌های فروش و جمع‌آوری کرایه اتوماتیک در عملکرد ایستگاه بسیار مهم و ضروری می‌باشد؛ از اینرو توجه ویژه‌ای جهت انجام عملیات تعمیراتی پیشگیرانه برای این سیستم‌ها به منظور کاهش عملیات تعمیرات اصلاحی و خارج از دسترس شدن این سیستم‌ها لازم است صورت پذیرد. به این ترتیب عملیات تعمیراتی نیازمند یک رویه منظم از اقدامات به منظور اطمینان حاصل ساختن از عملکرد صحیح و نرمال سیستم می‌باشد.

عملیات تعمیرات پیشگیرانه شامل بازرسی، عیب‌یابی و تعمیرات انجام شده به منظور اطمینان حاصل کردن از عملکرد نرمال سیستم می‌باشد. بر مبنای برنامه منظم و زمان‌بندی شده تعمیرات مطابق شرایط ذیل صورت می‌پذیرد:

- حتی‌الامکان تجهیزات در سایت نصب شده، تعمیرات شوند و از انتقال و جابجایی‌های غیر ضروری به هنگام عملکرد تنزل یافته و خرابی‌های جزئی اجتناب گردد،
- در کارگاه تعمیراتی تخصیص یافته برای این منظور و با استفاده از ابزار مخصوص و میز تست‌های تخصصی به انجام رسد.

۷-۲-۷- سیستم‌های تهویه و تهویه مطبوع ایستگاه‌ها و تونل

تجهیزات و سیستم‌های تهویه مطبوع به منظور کنترل عوامل محیطی در ایستگاه‌ها و تونل‌ها می‌باشند. زیرسیستم‌ها به شرح ذیل می‌باشند:

- تجهیزات تهویه (فن‌ها، دمپرها و ...)
- تجهیزات مربوط به خنک‌سازی هوا
- تجهیزات کنترلی

سیستم‌های تهویه بصورت نوعی سیستم‌های الکترومکانیکال می‌باشند. تعمیرات پیشگیرانه منطبق با دستورالعمل‌های ارائه شده توسط سازنده لازم است به انجام رسند. شبکه فن‌ها بصورت دوره‌ای لازم است نظافت شوند. فیلترهای پاکسازی هوا و سیستم‌های خنک کننده نیازمند جایگزینی (بصورت نوعی هر ۳ تا ۶ ماه وابسته به شرایط اقلیمی و محیطی) می‌باشند.

تعمیرات اصلاحی نیز مطابق رویه جاری برای تجهیزات الکترومکانیکال و توصیه سازنده اصلی لازم است به انجام رسد.

ضمیمہ (ب)

مکمل فصل ۲

۸-۱- یادداشت (ب-۱)

مزایا و معایب هر یک از انواع پارکینگ در یک خط ریلی شهری یا حومه‌ای به شرح ذیل خواهد بود:

پارک قطارها در محوطه به صورت آزاد (روباز):

مزایای این نوع پارکینگ‌ها هزینه‌های اولیه کم جهت احداث ساختمان و عدم وجود هزینه‌های مربوط به دوره بهره‌برداری و تعمیرات برای ساختمان پارکینگ بوده و به عنوان معایب می‌توان به تولید نویز و آلودگی‌های صوتی برای همسایگان دپو، هزینه‌های مربوط به دوره زمستان شامل برف‌روبی و یخ‌زدایی خطوط، شرایط نامطلوب کاری برای کارکنان خدماتی (نظیر امور نظافت)، هزینه‌های مصرف انرژی جهت گرم کردن واگن‌ها در زمستان و خنک کردن آنها در تابستان و احتمالاً هزینه‌های اولیه خرید سیستم‌های تامین توان ترکشنی با ظرفیت بالاتر، افزایش هزینه‌های تعمیرات ناوگان نظیر تجدید رنگ بدنه و رفع خوردگی‌های روی بدنه و شستشوی بیشتر ناوگان (به دلیل مجاورت با آلودگی‌های محیطی)، هزینه‌های اضافی مربوط به حفاظت از اموال جهت پیشگیری از خرابکاری با توجه به قیمت بالای ناوگان اشاره داشت.

چنانچه پارک قطارها به صورت روباز به دلیل کاهش هزینه‌های دوره ساخت مورد توجه طراح و کارفرمای پروژه قرار گرفته شود، توصیه می‌شود که امکان ساخت سوله و سرپوشیده کردن خطوط پارکینگ در آینده نیز در نظر گرفته شود.

پارکینگ مسقف:

از جمله مزایای این نوع پارکینگ، حفاظت قطارها از عوامل محیطی به صورت مستقیم است. استفاده از این نوع پارکینگ سبب کاهش قابل توجه نویز و آلودگی‌های صوتی نمی‌گردد. از نظر هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه‌های دوره بهره‌برداری، این شیوه احداث محوطه پارکینگ بین پارکینگ‌های کاملاً محصور و محوطه‌های پارک روباز طبقه‌بندی می‌گردد.

در این روش در زمستان همچنان فضای سالن مسافری بسیار سرد بوده و لازم است قبل از سرویس‌رسانی به خط اصلی، سالن مسافری به دمای آسایش مسافران برسد و این موضوع نیازمند مصرف انرژی در بلندمدت طی دوره بهره‌برداری می‌باشد که در تابستان با توجه به عدم تابش نور مستقیم بروی قطار، سالن مسافری دمای بسیار بالایی نداشته و زمان آماده‌سازی پیش از اعزام نیز کاهش می‌یابد. چنانچه روش ساخت پارکینگ به منظور کاهش هزینه‌های دوره ساخت مطابق این روش انتخاب گردد، همچنان توصیه می‌شود که امکان تکمیل و محصور کردن این فضا در آینده پیش‌بینی گردد.

پارکینگ در سالن (کاملاً محصور):

از مزایای این نوع پارکینگ می‌توان به کاهش سر و صدا و آلودگی‌های صوتی، کاهش تعداد درب‌های ورودی سالن پارکینگ، افزایش در دسترس‌پذیری ناوگان در تمام فصول، امکان انجام بازرسی‌ها و برخی از عملیات تعمیرات در شرایط کاری مطلوب، امکان پارک قطار پس از خروج از شستشوی اتوماتیک در تمامی فصول بدون یخ زدگی آب باقی مانده روی قطار، شرایط مطلوب دمای سالن مسافری و آسایش مسافران در بهره‌برداری فوری و بلافاصله پس از اعزام، حفاظت مناسب از اموال و ناوگان (که هزینه تامین آنها بسیار بالا می‌باشد) اشاره داشت.

عیب عمده این شیوه ساخت پارکینگ، هزینه‌های احداث این ساختمان است.

این شیوه پارک قطارها منطبق با شرایط ذکر شده در استاندارد DIN EN 13816 نیز می‌باشد. دمای آزاد شده از قطارها سبب می‌شود که این محیط مصون از یخ‌زدگی در سرمای زمستان باقی بماند. چنانچه برای این سالن کاربری انجام تعمیرات محدود و جزئی نیز نظر گرفته شود لازم است دمای محیط در فصل زمستان بیشتر از ۱۲ درجه سانتیگراد تنظیم گردد و برای این منظور تجهیزات لازم جهت گرمایش سالن می‌باید در نظر گرفته شود.

ضمیمہ (ج)

مکمل فصل ۳

۹-۱- یادداشت (ج-۱)

۹-۱-۱- الزامات منطقی مرتبط با تعیین مسیر حرکت

هدایت قطار در دپوها بر اساس مسیرگیری می‌باشد و طراح پلان بهره‌برداری و خطوط ریلی باید به این مسئله توجه کافی داشته باشد.

طراح سیستم اینترلاکینگ باید بر اساس خطوط ریلی و پلان بهره‌برداری، مسیرهای ممکن، همپوشانی و حفاظت جانبی آنها را در قالب یک فایل جدول مسیرها^۱، آماده و به تایید بهره‌بردار برساند.

توقف قطار فقط در تراک‌های بدون سوزن مجاز است به عبارت دیگر تراک توقف قطار باید به اندازه طول قطار به اضافه ۱۰ متر باشد. برای تغییر کابین فعال قطار حتما باید قطار در تراک فوق‌الذکر متوقف شده باشد.

مسیرگیری از یک چراغ سیگنال تا چراغ سیگنال بعدی یا خطوط کور خارج از سیگنالینگ (کارگاه‌ها) انجام می‌شود. برای مسیرگیری باید قبل از تغییر نمای چراغ حرکت موارد زیر تامین گردد:

- برای هر مسیر، باید همپوشانی بعد از مسیر و حفاظت جانبی در نظر گرفته شود،
- تمام تراک‌های مسیر و همپوشانی آزاد باشند. قبل از گرفتن مسیر این تراک‌ها برای مسیر قفل می‌شوند،
- تمام سوزن‌های مسیر، همپوشانی و حفاظت جانبی در جهت مناسب قرار گرفته و قفل شوند،
- سیگنال‌های حفاظت جانبی باید قفل شوند.

اگر برای رسیدن به مقصد راه‌های مختلفی وجود داشته باشد، اپراتور اینترلاکینگ می‌تواند هر یک از آنها را انتخاب نماید.

با عبور قطار از هر تراک مسیر، این تراک پشت قطار آزاد می‌شود تا بتوان با مسیرگیری روی آن در جابجایی قطارها در دپو، قدرت مانور بیشتری ایجاد نمود.

در صورت نیاز اپراتور، اینترلاکینگ می‌تواند مسیر گرفته شده را ابطال نماید. شرایط ابطال آن است که قطار وارد مسیر نشده باشد. اگر قطار در تراک قبل از مسیر باشد سیستم باید زمان لازم برای احتمال ورود قطار به مسیر را در نظر گرفته و سپس در صورت عدم ورود مسیر را ابطال نماید.

در صورت وجود هر خطایی در المان‌های مسیر و یا بروز اشکال در توالی اشغال تراک‌ها، مسیر آزاد نمی‌شود و اپراتور باید مسیر را باطل نماید.

گرچه حرکت قطار فقط با مسیرگیری ممکن است، اپراتور می‌تواند با فرمان جداگانه‌ای سوزن‌ها را در صورت عدم اشغال و قفل شدن، تغییر داده و یا قفل نماید.

¹ Route Table

اپراتور می‌تواند سیگنال‌ها را نیز، قرمز نموده و قفل نماید. در اینصورت فرمان مسیریابی هم نمی‌تواند رنگ چراغ را تغییر داده و عملاً مسیر گرفته نخواهد شد.

۹-۱-۲- پانل کنترل

پانل کنترل دپو در واقع یک ایستگاه کاری می‌باشد که به سیستم کنترل مرکزی اینترلاکینگ متصل شده و عملیات بهره‌برداری از سیستم را بر اساس فرامین اپراتور انجام می‌دهد که اهم آنها عبارت از موارد ذیل می‌باشد:

- گرفتن مسیر،
- ابطال مسیر،
- تغییر انفرادی سوزن،
- بلاک کردن سوزن، سیگنال و تراک،

پانل کنترل باید دارای کامپیوترهای صنعتی و دو مانیتور LEDهای صنعتی با قابلیت کار شبانه روزی در ۷ روز هفته باشد.

اینترلاکینگ دپو باید دارای حداقل یک پانل بهره‌برداری باشد.

۹-۱-۳- ایستگاه کاری نظارت و تعمیرات

سیستم سیگنالینگ دپو باید مجهز به سیستم نظارت داخلی برای مانیتورینگ دائم وقایع و سلامت سیستم باشد. تمام نشانه‌ها^۱ باید به صورت نشانگرهای رنگی و یا متن باشد و باید تا حد ممکن از کدهای کاراکتری اجتناب گردد. این ایستگاه کاری باید گزارش‌های مورد نیاز را بر اساس تنظیمات ممکن برای المان‌های محوطه و سایر مدول‌های اینترلاکینگ فراهم آورد.

در ایستگاه کاری نظارت و تعمیرات باید از کامپیوترها و LEDهای صنعتی با قابلیت کار شبانه روزی در ۷ روز هفته استفاده شود.

برای این ایستگاه کاری باید یک پرینتر مناسب جهت پرینت گزارشات در نظر گرفته شود.

۹-۱-۴- تجهیزات قطار

در دپو فقط کنترل پیوسته یک سرعت ثابت برای حرکت قطار اعمال می‌گردد که این کنترل توسط سیستم ATP قطار انجام می‌شود. بنابراین در دپو سیستم کنترل قطار در مُد محدودیت سرعت^۲ ثابت قرار می‌گیرد.

^۱ Indications

^۲ Restricted Limited Speed Mode

در مُد محدودیت سرعت ثابت حرکت و ترمز قطار تحت کنترل راننده می‌باشد اما با اعمال محدودیت حداکثر سرعت مجاز (سرعت مجاز قطار در دپو) که بوسیله‌ی سیستم Onboard ATC کنترل می‌شود در صورت تخطی از سرعت مجاز، قطار با اعمال ترمز اضطراری متوقف می‌گردد.

تجهیزات Onboard مورد نیاز برای دپو می‌تواند مشترک با تجهیزات ATC Onboard خط اصلی باشد که تجهیزات دریافت اطلاعات از ترانسپوندرهای دپو به آن اضافه شده است.

۹-۱-۵- تجهیزات کنار خط

۹-۱-۵-۱- چراغ‌های سیگنال

چراغ‌های سیگنال دپو به غیر از چراغ ورود به خط اصلی، دو نمای پایه کوتاه می‌باشد. رنگ نماها می‌تواند قرمز / زرد و یا آبی / سفید (برای تمایز از خط اصلی) باشد. چراغ‌های سیگنال ورود به خط اصلی دو نمای پایه بلند می‌باشند. لازم است رنگ نماها قرمز و سبز در نظر گرفته شود.

باید فاصله لازم از خطوط ریلی مجاور^۱ با توجه به مفاهیم گاباری قطار و دیگر آلات ناقله ریلی رعایت شده باشد. حداقل سطح نفوذپذیری^۲ برای چراغ سیگنالهای دپو حداقل برابر IP54 باشد. برای هر چراغ سیگنال باید یک جعبه تقسیم^۳ جهت اتصال کابل‌های کنترلر به کابل‌های چراغ سیگنال نصب گردد. سطح درجه حفاظتی برای این جعبه‌ها بسته به شرایط محیطی و نیز نظر کارفرما و شرایط بهره‌برداری (با توجه به قرارداد) بین مقادیر IP65 تا IP66 متغیر است. با توجه به طول عمر و هزینه‌های نگهداری و تعمیرات، نوع چراغ‌ها LED پیشنهاد می‌شود.

۹-۱-۵-۲- تشخیص حضور قطار

با توجه به اتصال ریل‌ها به زمین جهت حفاظت از کارکنان شاغل در دپو، توصیه می‌شود برای تشخیص حضور قطار در محدوده ریلی از سیستم محور شمار استفاده گردد. سیستم محور شمار باید دارای گواهی‌نامه SIL4 از موسسات معتبر باشد. سیستم محور شمار باید توان تشخیص چرخ‌های قطار یا سایر وسایط نقلیه ریلی با حداقل قطر چرخ ۳۸۰ mm را داشته باشد.

^۱ Clearance

^۲ Ingress Protection Code ~ IP Code

^۳ Junction box

در مرز تراک باید یک مجموعه سنسور دوگانه نصب شود تا امکان تشخیص عبور محور و نیز جهت حرکت آن را داشته باشد.

مکانیزم عملکرد سنسورهای محور شمار باید مبتنی بر فرکانس / تغییر فاز یا سایر پارامترهای مستقل از شرایط آب و هوایی باشد. استفاده از سنسورهای محور شمار مبتنی بر دامنه موج دریافتی ممنوع است.

اتصال محور شمار به ریل باید به صورت گیره‌ای^۱ بوده و نیازی به سوراخکاری ریل نداشته باشد. محور شمار باید با بتن مسلح اسلب ترک هماهنگی داشته باشد و نیازی به تغییر در چیدمان میلگردهای بتن مسلح وجود نداشته باشد.

سیستم محور شمار باید قابلیت راه‌اندازی مجدد یک سنسور محوطه را با حداقل تداخل با تراک‌های دیگر داشته باشد. سیستم محور شمار باید دارای دستورالعمل راه‌اندازی مجدد با سطوح عملکردی متفاوت باشد تا راه‌اندازی و بهره‌برداری از سیستم آسان گردد.

تجهیزات محوطه محور شمار باید با رعایت فاصله ایمن از خطوط ریلی نصب گردند. ارتباط تجهیزات کنار خط به سنسورهای متصل به ریل باید به صورت لوله‌گذاری داخل سطح دیو انجام گیرد.

۹-۱-۵-۳- ماشین سوزن

مسیرهای موجود در فضای دیو، توسط کنترل‌رلهایی در مرکز کنترل توسط نمایشگرهای سیگنالینگ ایستگاه‌های کاری نظارت می‌شوند.

تمام مسیرهای دیو به جز خطوط کارگاهی، توسط کنترل‌رلهای راه‌دور متصل به نمایشگرهای سیگنالینگ مورد نظارت قرار می‌گیرند. این کنترل‌رها در واقع ماشین سوزن‌های خطوط را کنترل می‌کند.

ماشین سوزن دیو می‌باید از نوع ۳ phase / 380 VAC / 4 Wire باشد.

جهت کاهش هزینه‌های تامین و نگهداری و همچنین با توجه به تردد محدود به سمت خطوط تعمیرات نیمه سنگین و سنگین، امکان استفاده از ماشین سوزن‌های با عملکرد دستی و غیرخودکار (با استفاده از اهرم توسط تکنسین‌های نگهداری) وابسته به طراحی لی‌اوت عملکردی وجود خواهد داشت، اما دریافت نظرات سازمان بهره‌بردار نیز در این خصوص تعیین‌کننده است.

در طراحی دیو با توجه به تردد وسایط نقلیه ریلی مختلف و سرعت پایین حرکت قطارها، استفاده از ماشین سوزن‌های برگشت‌پذیر^۲ در خطوط دیو مجاز می‌باشد. البته در تراک گذار بین خطوط دیو و خط اصلی استفاده از ماشین سوزن‌های متداول برای خط اصلی، یعنی از نوع غیر قابل برگشت^۳ الزامی می‌باشد.

^۱ Clamp

^۲ Trailable

^۳ Non-Trailable

برای هر ماشین سوزن باید یک جعبه تقسیم با درجه حفاظت IP65 تا IP67 بسته به شرایط محیطی، شرایط بهره‌برداری و الزامات قراردادی (اتصال کابل‌های کنترلر به کابل‌های ماشین سوزن نصب گردد). معمولاً با توجه به محدودیت زمین و فشردگی خطوط در دپو، استفاده از ماشین سوزن‌های بین دو ریل پیشنهاد می‌شود. البته لازم به ذکر است که هزینه‌ی پیاده‌سازی این ماشین سوزن‌ها معمولاً بالاتر از ماشین سوزن‌های خارج ریلی است؛ از اینرو، در صورتی که فضای دپو اجازه دهد، استفاده از ماشین سوزن‌های خارج ریلی نیز مجاز می‌باشد. با توجه به نیاز به مانور حداکثری در حداقل زمان، استفاده از ماشین سوزن‌های الکترو-هیدرولیک که زمان جابجایی کوتاه‌تری دارند مناسب‌تر است. پیشنهاد می‌شود سطح نفوذپذیری ماشین سوزن‌ها در دپو با درجه حفاظت IP65 تا IP67 بسته به شرایط محیطی، شرایط بهره‌برداری و الزامات قراردادی (در نظر گرفته می‌شود).

۹-۱-۵-۴- گرمکن سوزن

در صورتیکه دمای دپو در مواقعی از سال کمتر از صفر درجه سلسیوس باشد باید برای ماشین سوزن‌ها از گرمکن استفاده نمود.

تعبیه گرمکن سوزن توسط سازنده سوزن، نسبت به نصب جداگانه آن ارجحیت دارد. برای هر گرمکن سوزن باید یک جعبه تقسیم جهت اتصال کابل‌های تغذیه به کابل‌های گرمکن سوزن نصب گردد. گرمکن سوزن باید به صورت منفرد و یا منطقه‌ای به سنسور برف / یخ و سنسور دمای هوا مجهز باشد. کنترلر گرمکن‌های محوطه باید به سیستم کنترل نشستی جریان تیغه گرمکن متصل باشد. اتصال گرمکن سوزن مستقل از سوزن باید توسط بسط‌های فلزی گیره‌ای در فاصله‌های مناسب روی ریل سوزن انجام گیرد.

طول تیغه گرمکن سوزن باید متناسب با شدت سرمای هوا و طول تیغه سوزن باشد. تغذیه گرمکن‌های سوزن توسط برق شهر انجام می‌گیرد. این تغذیه باید مجهز به کنترلرهای اتصال کوتاه و محافظت جریان نشستی باشد.

وضعیت کنترلر باید به دو صورت دستی و اتوماتیک قابل دسترسی باشد. در حالت دستی روشن و خاموش کردن گرمکن سوزن توسط اپراتور و در حالت اتوماتیک بر اساس دمای هوا و یخ زدگی می‌باشد. تابلوی ورودی تغذیه گرمکن سوزن باید مجهز به کلید قطع زیر بار باشد. ساینینگ تجهیزات براساس تعداد گرمکن‌های سوزن و توان هر یک انجام می‌گیرد. استفاده از گرمکن‌های سوزن با ولتاژ ۳۸۰ VAC متداول نمی‌باشد.

کنترلر گرمکن سوزن باید توسط رله‌های فرمان به سیستم اینترلاکینگ دپو متصل شده و فرامین توسط اپراتور توسط پانل اینترلاکینگ قابل اعمال باشد.

۹-۱-۵-۵- باکس‌های تجهیزات

تمام باکس‌های تجهیزات و جعبه تقسیم‌های نصب شده در محوطه دپو باید دارای درجه حفاظت IP65 تا IP67 (وابسته به شرایط محیطی، شرایط بهره‌برداری و الزامات قراردادی) باشند. بدنه‌ی تمام باکس‌ها و جعبه تقسیم‌ها باید با کابل مناسب به زمین (ترمینال Earth) متصل باشد. ورود و خروج کابل‌ها از باکس‌ها و جعبه تقسیم‌ها باید با استفاده از گلند مناسب باشد تا درجه حفاظت IP65 تا IP67 (وابسته به شرایط محیطی، شرایط بهره‌برداری و الزامات قراردادی) در نظر گرفته شود.

۹-۱-۵-۶- کابل‌ها، داکت‌ها و کاندوئیت

کابل‌های سیگنالینگ باید به صورت زره‌دار بوده و کابل‌های دیتا به صورت شیلددار باشد. کابل‌ها نباید بطور مستقیم روی خطوط بالاست یا غیربالاست قرار گیرند، و همچنین روی زمین قرار گرفته یا در زمین مدفون شوند. کابل‌های دپو باید داخل داکت‌های بتونی و یا لوله‌های PVC فشار بالا نصب گردد تا استحکام لازم را برای محیط دپو فراهم کنند. تمام کابل‌های سیگنالینگ و کنترلی باید از کابل‌های برق با استفاده از جداسازی مسیرهای کابل یا پارتیشن‌های مجزا، تفکیک شوند. در شرایطی که کابل‌های برق با ولتاژ بالاتر از ۱۲۵ ولت از داخل داکت‌ها عبور می‌کنند، این کابل‌ها باید بصورت فیزیکی مجزا از کابل‌های سیگنالینگ و مخابرات در کاندوئیت‌های جداگانه نصب گردند. اگر در محلی کاندوئیت‌ها یا داکت‌های کابل با خطوط ریلی تقاطع دارند، این تقاطع باید بصورت عمود بر ریل‌ها پیاده‌سازی شود. برای نصب کابل‌ها داخل داکت، باید داخل داکت نردبان کابل با ارتفاع حداقل ۱۰ سانتیمتر نصب شده و کابل‌ها روی نردبان کابل به صورت مرتب فرم داده شده با بست مناسب محکم شود. استفاده از نردبان کابل برای جلوگیری از غوطه‌وری دائمی کابل در آب می‌باشد. در هر متر از روی کابل‌های سیگنالینگ باید کلمه سیگنالینگ درج شده و در فواصل حداکثر ۲ متری برچسب مشخص کننده ابتدا و انتهای کابل از جنس مناسب که با شرایط محیطی از بین نرود، نصب گردد.

۹-۱-۵-۷- ترانسپوندرها

ترانسپوندرها (بالیزها) برای ارسال فرمان توقف به سیستم ATSD قطار استفاده می‌شوند. طراحی ترانسپوندرها از نظر اندازه‌ی فیزیکی آن‌ها، توان انتقال و نرخ انتقال داده باید سازگار با آنتن ترانسپوندر نصب شده بر روی ناوگان باشد که قرار است از روی این ترانسپوندرها با سرعت مجاز در دپو عبور نمایند.

امکان اتصال مستقیم کابل از اتاق اینترلاکینگ / چراغ سیگنال به ترانسپوندر وجود دارد و اجباری به استفاده از جعبه تقسیم نمی‌باشد.

۹-۱-۶- منابع تغذیه بدون وقفه

تأمین توان سیستم سیگنالینگ- به غیر از گرمکن سوزن‌ها، باید توسط $3/3$ VAC Online UPS 380 با فرکانس ورودی و خروجی 50 Hz انجام شود.

برای تجهیزات ولتاژ پایین متصل به ترانسفورمرها، باید مدار قطع جریان تعبیه شود.

ورودی UPS باید تابلوی برق ورودی با کلید قطع چاقویی داشته باشد.

توان UPS سیگنالینگ باید توانایی راه‌اندازی همزمان حداقل ۴ دستگاه ماشین سوزن دپو را داشته باشد.

زمان پشتیبانی باتری‌ها باید حداقل ۴ ساعت باشد.

وضعیت منبع تأمین توان و باتری‌ها باید از راه‌دور از طریق سیستم ATS و یا OCC مشخص شود. همچنین قطع

توان سیگنال و نیز وضعیت باتری‌ها باید در سیستم کنترل دپو نیز مشخص شود.

برای اتصال باتری به UPS از تابلوی مخصوص باتری با کلید قطع‌کننده استفاده می‌شود.

وضعیت کاری UPS ها باید از طریق پروتکل SNMP برای سایر سیستم‌های کنترلی قابل دسترسی باشد.

ضمیمہ (د)

مکمل فصل ۵

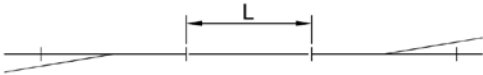
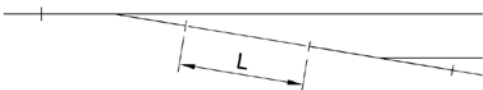
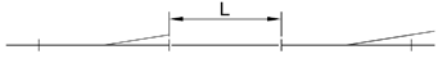
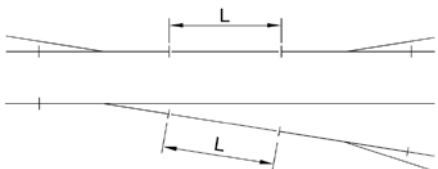
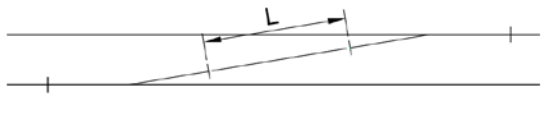
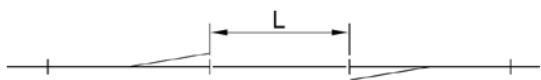
۱۰-۱- یادداشت (د-۱)

سوزن‌ها به منظور انتقال قطار از یک خط به خط دیگر استفاده می‌گردد و به علت وجود تعداد خط بسیار زیاد در محوطه دیو، تعداد سوزنهای مورد نیاز بسیار زیاد خواهد بود. زاویه انحراف یک سوزن تاثیر بسیار زیادی بر محوطه مورد نیاز جهت جانمایی خطوط خواهد داشت. هر چقدر زاویه انحراف بزرگتر باشد، از یک طرف مساحت کوچکتری برای جانمایی خطوط مورد نیاز خواهد بود و از طرف دیگر به علت کوچک تر بودن شعاع قوس، سرعت حرکت ناوگان کمتر خواهد بود. و هر چقدر زاویه انحراف کوچکتر باشد به علت بزرگتر بودن شعاع قوس، سرعت حرکت بیشتر شده و در عین حال مساحت مورد نیاز جهت جانمایی خطوط بیشتر خواهد بود. به همین دلیل بهتر است بر روی خطوط اصلی داخل محوطه که سرعت حرکت از اهمیت بالایی برخوردار است از سوزنهای با شعاع قوس بیشتر استفاده گردد.

کراس‌اورها ترکیبی از دو سوزن مقابل یکدیگر هستند که برای انتقال قطار بین دو خط موازی با فاصله کم مورد استفاده قرار می‌گیرند. این نوع از دستگاه خطوط در دیوها از اهمیت بالایی برخوردار است. در جایی که ممکن است طراح باید از کراس اورهای با زاویه انحراف کوچک و شعاع قوس بزرگ بر روی خط اصلی استفاده نماید که تردد روان و سریع قطارها بر روی مسیر اصلی تضمین شود.

۱۰-۲- یادداشت (۲-د)

جدول ۱۰-۱- فواصل بین سوزن‌ها با توجه نحوه قرارگیری نسبت به یکدیگر

وضعیت سوزن‌ها	شکل کلی	نوع خط	فاصله بین سوزن‌ها	
			شرایط معمولی	شرایط سخت
جهت مخالف		خط اصلی	۱۲/۵	۶/۲۵
		خط فرعی	۴/۵	۰
هم جهت		خط اصلی	۶/۲۵	۴/۵
		خط فرعی	۴/۵	۰
معکوس سوزن ساده		خط اصلی	۶/۲۵	۰
		خط فرعی	۴/۵	۰

۱۰-۳- یادداشت (۳-د)

مطابق آیین‌نامه طرح هندسی راه‌آهن ایران (بند ۶-۲-۱۳) در هر دوراهی، اولین نقطه در مرکز دو خط مجاور که فاصله محور به محور آن به ۴ متر می‌رسد (مطابق شکل د-۱)، نقطه امان (دگاژ) نام دارد. این نقطه ایمنی تردد قطار از خط مجاور را تضمین می‌کند.



شکل ۱۰-۱- نقطه امان

با توجه به اینکه این آیین‌نامه بر اساس قواره ناوگان موجود راه‌آهن، فاصله خطوط در نقطه امان را ۴ متر مشخص کرده است و از آنجا که قواره قطارهای راه‌آهن بزرگتر از قطارهای مترو می‌باشد، برای محدوده دپو متروها نقطه امان را

باید بر اساس قواره قطارهای شهری محاسبه نمود. این نقطه جایی است که قطاری که از مسیر انشعاب عبور نموده است، مانعی برای عبور قطار دیگر از روی مسیر مستقیم ایجاد ننماید.

۴-۱۰- یادداشت (۴-د)

مشخصات هندسی و خواص مکانیکی و شیمیایی ریل‌های مورد استفاده باید مطابق ضوابط مشخصی باشد. عوامل متعددی بر انتخاب ریل مناسب موثرند که مهمترین این عوامل شامل بار محوری واگن‌ها، سرعت ناوگان عبوری و بار ناخالص عبوری سالیانه است.

از مهمترین پارامترها تعیین کننده عملکرد ریل می‌توان به وزن واحد ریل و مشخصات هندسی مقطع ریل (سطح مقطع، ممان اینرسی، مرکز سطح، عرض، ارتفاع، ضخامت و سایر ابعاد) اشاره نمود که تأثیر مستقیمی بر توان باربری ریل دارد. برای بدست آوردن پارامترهای مورد نیاز برای ریل باید از بین مقاطع مختلف ریل ساخته شده در جهان که هر یک مشخصات خاصی را دارا می‌باشند انتخاب نمود. با توجه به مشخصات ریل‌های در حال تولید در دنیا، طراح می‌تواند با بررسی مشخصات هندسی و مکانیکی هر مقطع نسبت به انتخاب مقطع مناسب اقدام نماید.

جدول (۳-د) پارامترهای مذکور را برای تعدادی از پرکاربردترین مقاطع ریل در خطوط قطار شهری بیان می‌دارد.

جدول ۳-۱۰- مشخصات هندسی تعدادی از پرکاربردترین مقاطع ریل در ایران

مدول مقطع	ممان اینرسی حول محور قوی	مساحت سطح مقطع	ارتفاع محور خنثی	ارتفاع کلاهدک	ضخامت جان	عرض کلاهدک	عرض پاشنه	ارتفاع ریل	
mm ^۳	cm ^۴	mm ^۲	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
۳۳۵/۵	۳۰۵۵	۷۶۸۷	۸۰/۹	۵۱	۱۶/۵	۷۴/۳	۱۵۰	۱۷۲	60E1 (UIC 60)
۱۱۹	۲۳۴۶	۶۹۳۴	۷۴/۹۷	۴۹/۴	۱۶	۷۲/۲	۱۴۰	۱۵۹	54E1 (UIC 54)
۲۴۰	۱۸۱۹	۶۲۹۷	۷۳/۳	۵۱/۵	۱۴	۷۰	۱۲۵	۱۴۹	49E1 (S 49)

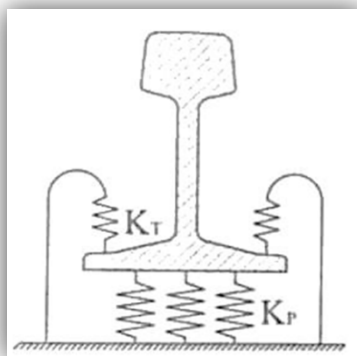
* نام ذکر شده برای ریل بر اساس استاندارد EN13674-1 می‌باشد و اسامی داخل پرانتز نام متداول مقاطع ریل مذکور می‌باشد.

مراحل طراحی ریل از یک سو با انتخاب الگوی بارگذاری مناسب اعمال بارهای مختلف در راستای قائم، افقی و طولی به ریل و از سوی دیگر با انتخاب مدل ریاضی جهت محاسبه نیروهای داخلی و تغییر مکان‌های ایجاد شده در ریل انجام می‌گیرد.

۵-۱۰- یادداشت (۵-د)

ساده‌ترین مدل برای تحلیل سیستم اتصالات ریل به تراورس را می‌توان مطابق با شکل (۵-۳) در نظر گرفت. بر اساس این مدل صفحه زیر ریل و هر یک از گیره‌های سیستم اتصالات با یک فنر خطی، شبیه‌سازی می‌شوند. مدل تحلیلی نشان داده شده در شکل زیر را می‌توان با انتخاب مناسب مقادیر سختی هر یک از فنرها به طور جامعی برای تمامی سیستم‌های صلب و ارتجاعی اتصال ریل به تراورس به کار برد. فرضیات حاکم بر این سیستم تحلیلی عبارتند از:

- سیستم اتصالات ریل به تراورس، فنر به سختی K_t
- صفحه لاستیکی زیر ریل، فنر به سختی K_p
- ریل و تراورس به صورت اجسام صلب با تغییر مکان سازگار با سیستم اتصالات ریل به تراورس



شکل ۱۰-۳- الگوی تحلیل سیستم اتصالات ریل به تراورس

سیستم اتصالات مورد استفاده باید قادر به مقاومت در برابر بار طولی ناشی از عواملی همچون تغییرات درجه حرارت محیط، شتاب‌گیری و یا ترمزگیری، عبور ناوگان از محل قوس‌ها و... باشد. مقاومت اصطکاکی بین ریل و فنر پابند، بین ریل و صفحه زیر ریل و بین صفحه زیر ریل و تراورس، تامین کننده مقاومت مورد نیاز برای سیستم پابند در راستای طولی خواهد بود. در صورتی که مقادیر اصطکاک بین هر جفت از اعضای نامبرده معلوم باشد، حداکثر نیروی طولی قابل تحمل توسط سیستم پابند برابر خواهد بود با:

$$N = n \times P_{d \text{ total}} (2\mu_{rc} + \mu_{rp} + \mu_{ps})$$

در این رابطه :

N : حداکثر مقاومت طولی تامین شده توسط سیستم پابند در طولی معادل با طول قطار (KN)

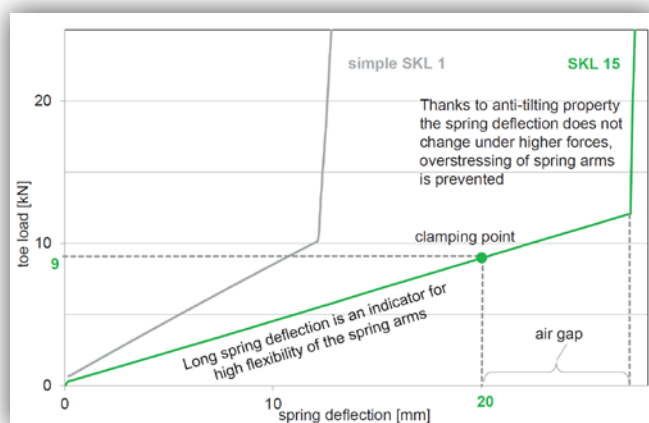
$P_{d \text{ total}}$: مجموع بار شبه استاتیکی کلیه چرخ‌های قطار که به یکی از دو ریا وارد می‌شود (KN)

μ_{rc} : ضریب اصطکاک بین ریل و فنر پابند (ضریب ۲ نشان دهنده وجود دو فنر در طرفین ریل می‌باشد)

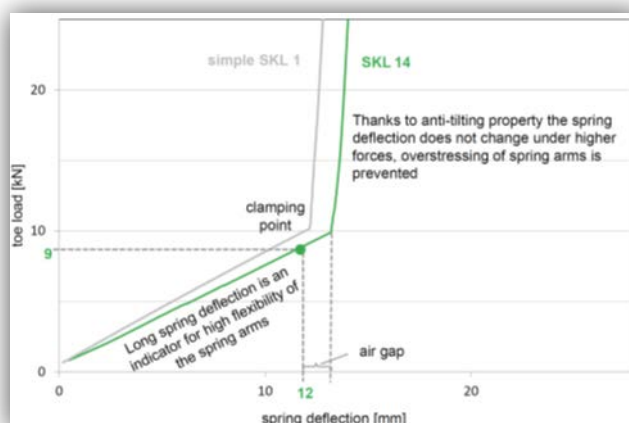
μ_{rp} : ضریب اصطکاک بین ریل و صفحه لاستیکی زیر ریل

μ_{ps} : ضریب اصطکاک بین صفحه لاستیکی زیر ریل و تراورس

به منظور کنترل تغییر مکان قائم فنر پابنداز یک منحنی به نام منحنی مشخصه که توسط کارخانه سازنده پابند ارائه می‌گردد استفاده می‌شود. این منحنی یک نمودار بار-تغییر مکان است که نشان دهنده تغییر مکان قائم بوجود آمده در پابند بر اساس نیروی پیش فشردگی فنر پابند می‌باشد. دو نمونه از این منحنی‌ها برای دو نوع از فنر سیستم‌های وسلو در اشکال (د-۴) و (د-۵) نمایش داده شده است. شیب منحنی مشخصه مقدار سختی فنر پابند (KT) را نشان می‌دهد. تغییر مکان قائم فنر باید در محدوده مجاز ترسیم شده در نمودارهای مذکور باشد.



شکل ۴-۱۰- منحنی مشخصه فنر پابند وسلو System 300 مورد استفاده در روسازی بتنی



شکل ۴-۱۰- منحنی مشخصه فنر پابند وسلو SKL14 مورد استفاده در روسازی بالاستی

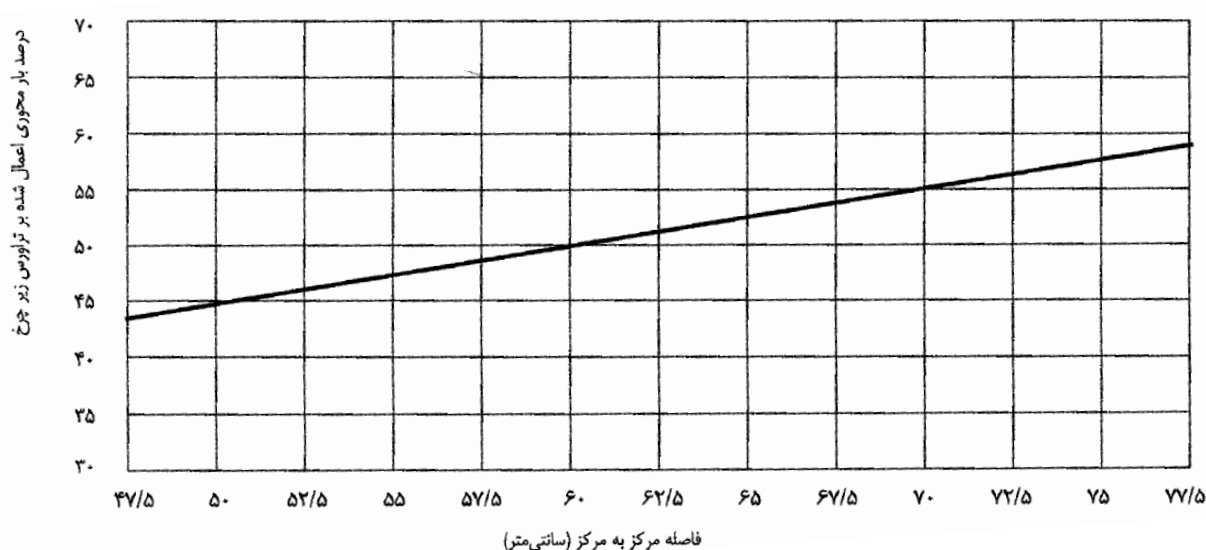
۱۰-۶- یادداشت (د-۶)

همانگونه که در نشریه شماره ۳۰۱ سازمان برنامه و بودجه نیز ذکر گردیده است، انتخاب نوع تراورس باید بر حسب شرایط محیطی، نحوه بهره‌برداری و نگهداری، مشخصات هندسی مسیر، منابع موجود و ملاحظات اقتصادی صورت گیرد.

طراح موظف است با بررسی دقیق خصوصیات هر یک از انواع تراورس و با توجه به موارد مذکور اقدام به انتخاب نوع مناسب تراورس برای محدوده‌های مختلف دپو نماید.

هدف از آشنایی و تحلیل تراورس‌ها به عنوان یک سازه مهندسی، تعیین الگوی بارگذاری وارد بر آن و پس از آن محاسبه نیروهای داخلی ایجاد شده در تراورس می‌باشد. در تعیین الگوی بارگذاری تراورس‌ها، تحلیل اندرکنش ریل-تراورس از یک سو و تراورس-بالاست از سوی دیگر، الزامی است. پس از تعیین نیروهای داخلی، مراحل طراحی تراورس آغاز می‌گردد. محاسبه تنش‌های مختلف به وجود آمده در تراورس و سپس کنترل مقادیر این تنش‌ها با مقادیر مجاز، روند کلی طراحی یک تراورس را تشکیل می‌دهد.

بار انتقال یافته از چرخ به ریل، علاوه بر آنکه در راستای قائم به تراورس زیر بار منتقل می‌گردد، بخشی از آن نیز بر روی چندین تراورس مجاور توزیع می‌گردد. به عبارت دیگر چندین تراورس در تحمل بارهای قائم انتقال یافته از چرخ به ریل سهیم می‌باشد. سهم هر تراورس از این بار به فاصله آن از محل اعمال بار بستگی دارد. عوامل متعددی در تعیین سهم هر تراورس از بار چرخ موثرند اما برای مقاصد طراحی و به منظور ایجاد سهولت در تعیین سهم هر تراورس از بار چرخ، در نظر گرفتن تمامی عوامل تأثیر گذار پیچیده خواهد بود. از میان عوامل تأثیر گذار در نحوه توزیع بار بر روی تراورس، عمدتاً فاصله بین تراورس‌ها به عنوان مهم‌ترین عامل مطرح می‌باشد. نمودار زیر برگرفته از نشریه شماره ۳۰۱ سازمان برنامه و بودجه که درصد بار انتقال یافته به تراورسی که دقیقاً در زیر محل اعمال بار قرار دارد را بر اساس فاصله بین تراورس‌ها نمایش می‌دهد.

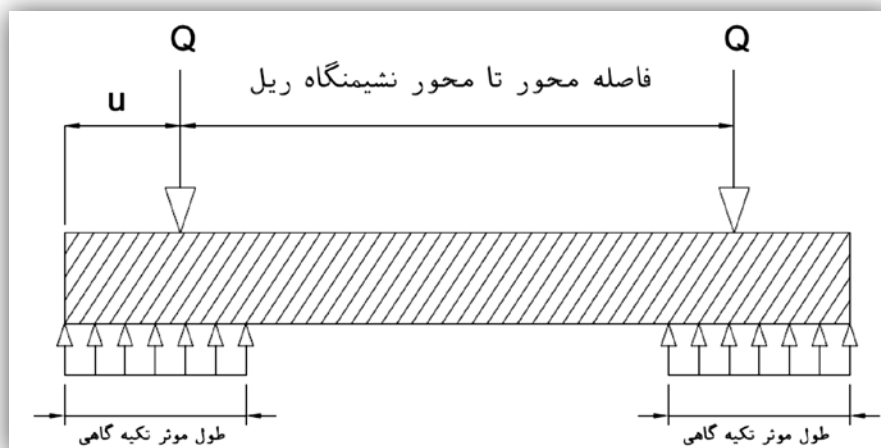


شکل ۱۰-۵- نمودار توزیع بار بر روی تراورس‌های زیر چرخ

آیین نامه مهندسی راه آهن آمریکا AREMA نیز در این زمینه نمودارهایی را ارائه نموده است که جنس تراورس و مدول بستر را نیز لحاظ نموده است و طراح در صورت نیاز می تواند به آن ارجاع نماید.

به جهت ساده سازی روند انجام محاسبات، طراح می تواند میزان بار اختصاص یافته به تراورسهای اطراف محل بار به این صورت تخصیص دهد که 50° درصد بار به تراورسی که دقیقاً زیر چرخ قرار دارد وارد شده و به هر یک از دو تراورس طرفین این تراورس ۲۵ درصد وارد گردد.

در نتیجه انتقال بارهای وارد از ریل به تراورس از یک سو و تماس مستقیم تراورس و بالاست از سوی دیگر، فشار تماسی بین تراورس و بالاست در قسمت زیرین تراورس به وجود می آید. به طور کلی می توان انتظار داشت که مقادیر تنش در دو انتهای تراورس بیشتر از مقادیر تنش در قسمت مرکزی آن باشد. از این رو در دو انتهای تراورس مطابق شکل (د-۶) زیر ناحیه موثر تکیه گاهی بوجود می آید.



شکل ۱۰-۶- ناحیه موثر تکیه گاهی در دو انتهای تراورس

مساحت ناحیه موثر تکیه گاهی بین تراورس و بالاست به عنوان طول موثر تکیه گاهی تعریف می شود. مقدار این طول برابر فاصله لبه انتهایی تراورس تا دورترین محل در قسمت میانی تراورس که تحت تاثیر عملیات زیرکوبی قرار می گیرد، در نظر گرفته می شود.

بار وارد شده از ریل به تراورس باید به صورت بار دینامیکی لحاظ شده و ضریب ضربه مناسب آن محاسبه و مورد استفاده قرار گیرد. بر این اساس حداکثر نیروی وارد شده بر تراورس بر روی یک نشیمنگاه مجزا ریل برابر است با:

$$F_{max} = DAF \cdot F_{mean}$$

در این رابطه برای محاسبه نیروی میانگین وارد شده به تراورس در نشیمنگاه ریل از رابطه زیر می توان استفاده نمود:

$$F_{mean} = \frac{Qa}{2L} = \frac{Q}{2} \sqrt{\frac{k_d a^3}{4EI}}$$

در این رابطه :

Q: نیروی موثر یک چرخ (KN)

a: فاصله بین تراورس ها (m)

k_d : سختی یک پابند یا مدول خط معادل مربوط به نیمی از تراورس (KN/m)

EI: مقاومت خمشی یک ریل (Nm²)

مشخصاً فاصله بین تراورس ها تاثیر بسیار زیادی بر این نیرو دارد. برای محل وارد شدن نیرو که در شکل (د-۶) مشخص شده است، حداکثر لنگر بوجود آمده در تراورس برابر خواهد بود:

$$M_{max} = \frac{1}{4} \cdot F_{max} \cdot u$$

تنش تماسی بین ریل و تراورس بر روی نشیمنگاه ریل در تراورسی که تحت بیشترین بار وارده قرار دارد توسط رابطه زیر قابل محاسبه می باشد:

$$\sigma_{rs} = \frac{F_{max} + F_0}{A_{rs}}$$

در این رابطه:

F_0 : تمام نیروی پیش تنیدگی سیستم پابند بر روی ریل (N)

A_{rs} : سطح موثر تکیه گاه ریل بر روی تراورس (m²)

* (در مواردی که صفحه زیرسری یا زینچه در روسازی به کار رفته باشد، سطح موثر برابر با مساحت همین صفحه خواهد بود.)

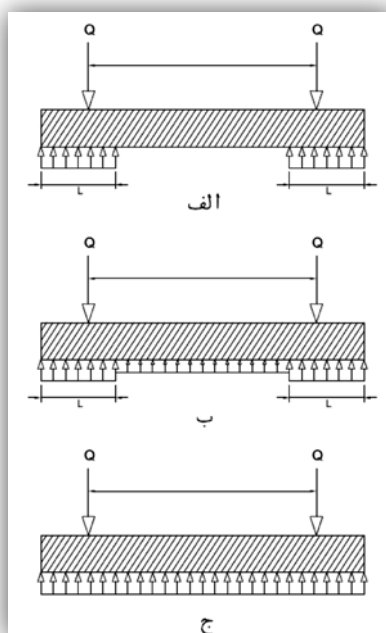
حداکثر تنش تماسی مجاز بین ریل و تراورس اینگونه تعریف می گردد:

تراورس چوبی نرم : $\sigma_{rs} \leq 1.0 - 1.5 \text{ N/mm}^2$

تراورس چوبی سخت : $\sigma_{rs} \leq 1.5 - 2.5 \text{ N/mm}^2$

تمام تراورس های بتنی : $\sigma_{rs} \leq 4 \text{ N/mm}^2$

در خصوص تنش تماسی بین تراورس و بالاست، باری که از ریل به تراورس منتقل می شود باعث ایجاد تنش تماسی گسترده ای در قسمت زیرین تراورس می گردد که به لحاظ مقدار برابر با بار وارده از سوی چرخ ها و در خلاف جهت آن بوده و در واقع عکس العمل لایه بالاست در مقابل بارهای وارده از تراورس می باشد. مشخصات مکانیکی تراورس، کیفیت عملیات نگهداری و تعمیرات، حجم ترافیک عبوری و کیفیت مصالح دانه ای لایه بالاست از جمله مهم ترین عوامل تاثیرگذار بر نحوه توزیع این تنش تماسی است. به منظور تحلیل و محاسبه نیروها و لنگرهای خمشی تراورس، معمولاً شکل ساده شده ای در نظر گرفته می شود که در شکل (د-۷) سه حالت آن نمایش داده شده است.



شکل ۱۰-۷- شکل توزیع ساده شده تنش تماسی زیر تراورس

به منظور لحاظ نمودن اثرات نوع و جنس تراورس و همچنین وضعیت کیفی خط آهن و در راستای تامین حاشیه اطمینان مناسب، مقدار تنش تماسی در ضریبی بزرگتر از یک که معمولاً برابر با ۲ در نظر گرفته می‌شود ضرب می‌گردد. این کار سبب می‌گردد تا مقدار حداکثر تنش تماسی بین تراورس و بالاست در شرایطی که تراورس از تکیه گاه یکنواختی برخوردار نیست به طور کاملاً دقیق محاسبه شود.

برای محاسبه مقدار تنش تماسی بین تراورس و بالاست رابطه‌های متعددی در آیین نامه‌های مختلف ذکر شده است که متداول‌ترین آنها برای خطوط بالاستی قطار سبک شهری بر اساس آیین نامه TCRP به شرح زیر محاسبه می‌گردد.

$$\sigma_{sb} = \frac{Q}{\frac{2}{3} * A_{sb}}$$

در رابطه فوق:

σ_{sb} : تنش تماسی بین تراورس و بالاست (MPa)

A_{sb} : سطح زیرین تراورس (mm^2)

Q : نیروی قائم وارد شده به تراورس در محل نشینگاه ریل (N)

همچنین روش دیگر محاسبه تنش تماسی بین تراورس و بالاست استفاده از رابطه زیر و تقسیم نیروی وارد شده از چرخ بر تراورس بر سطح زیرین تراورس می‌باشد. در این روش فرض بر توزیع یکنواخت نیرو بر سطح زیرین تراورس می‌باشد. از این رو حداکثر تنش تماسی بین تراورس و بالاست برابر خواهد بود با:

$$\sigma_{sb \max} = \text{DAF} \cdot \sigma_{sb \text{ mean}}$$

که تنش تماسی میاگین بین تراورس و بالاست برابر خواهد بود با:

$$\sigma_{sb \text{ mean}} = \frac{F_{\text{mean}}}{A_{sb}} = \frac{Qa}{2LA_{sb}} = \frac{Q}{2A_{sb}} \sqrt[4]{\frac{k_d a^3}{4EI}}$$

در این رابطه:

A_{sb} : سطح تماس بالاست و تراورس برای نصف تراورس (m^2)

در این روش حداکثر مجاز تنش تماسی بین تراورس و بالاست:

$$\sigma_{sb} \leq 0.5 \text{ N/mm}^2$$

پس از محاسبه تنش تماسی بین تراورس و بالاست، اطلاعات کافی برای محاسبه نیروهای داخلی تراورس بتنی مانند نیروی برشی و لنگر خمشی حداکثر در دسترس خواهد بود و طراح به منظور محاسبه و کنترل مقادیر هر یک از این پارامترها باید به فصل دوم آیین نامه AREMA مراجعه نماید.

مباحث ذکر شده تا این قسمت مربوط به طراحی و کنترل تراورس برای روسازی بالاستی بوده است. در روسازی بتنی مهم‌ترین مسئله تامین و حفظ عرض خط بر روی روسازی می‌باشد. از این رو در برخی از انواع متداول روسازی بتنی برای این منظور از تراورس استفاده می‌گردد. این نوع تراورس‌ها معمولاً دو تکه بوده و با المان خرابایی به یکدیگر متصل می‌گردند. این المان خرابایی علاوه بر ساده سازی اجرای روسازی، باعث ایجاد یکپارچگی بین تراورس و دال بتنی می‌گردد. در این نوع از روسازی مهم‌ترین پارامتری که باید در حین طراحی و کنترل مد نظر قرار گیرد تنشهای ناشی از حمل تراورس و نیروهای درونی تحت اثر وزن می‌باشد. برای بدست آوردن اطلاعات لازم جهت کنترل این موارد، طراح باید به فصل دوم آیین نامه AREMA مراجعه نماید.

در خصوص فاصله محور به محور دو تراورس در روسازی بالاستی یا فاصله پابندها با یکدیگر در روسازی بتنی که تأثیر بسزایی در تنش تماسی بین تراورس و بالاست دارد، مطابق با نشریه شماره ۳۰۱ باید عوامل متعددی همچون سرعت، بار محوری، نوع ریل و مقاومت آن، نوع تراورس، جنس بالاست و ضخامت آن، شرایط هندسی مسیر و نحوه نگهداری و تعمیرات خط مورد نظر قرار گیرد. با استناد به این نشریه این فاصله باید بین ۵۰ تا ۷۰ سانتی متر انتخاب گردد. در خصوص اطلاعات بیشتر در این حوزه، طراح می‌تواند به بخش مربوطه در نشریه مذکور مراجعه نماید.

جهت تعیین دقیق فاصله بین پابندها، همانطور که در بخش پابند اشاره شد، این فاصله را به عنوان یکی از متغیرهای مورد نیاز در کنار نوع ریل و سختی پابند برای مدلسازی لحاظ نموده و با تغییر این پارامترها بهترین حالت انتخاب می‌گردد.

منابع و مراجع

منابع فارسی:

- [۱]. نشریه شماره ۲۷۱ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور: شرایط طراحی برای محاسبات تأسیسات گرمائی، تعویض هوا و تهویه مطبوع
 - [۲]. نشریه شماره ۱۲۸ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور: مشخصات فنی عمومی تأسیسات مکانیکی ساختمان‌ها.
 - [۳]. نشریه شماره ۲۷۲ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور: عملکرد، نگهداری و بهینه‌سازی سیستم‌های گرمائی، تعویض هوا و تهویه مطبوع.
 - [۴]. نشریه شماره ۱۲۸ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور: مشخصات فنی عمومی تأسیسات مکانیکی ساختمان‌ها.
 - [۵]. نشریه ۱-۱۱۰ و ۲-۱۱۰ (مشخصات عمومی و اجرایی تأسیسات برقی کارهای ساختمانی منتشره از سوی معاونت فنی دفتر امور فنی و تدوین معیارهای سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور).
 - [۶]. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. نشریه ۲۷۹ - مشخصات فنی و عمومی زیرسازی راه‌آهن. تهران: دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی؛ ۱۳۸۳.
 - [۷]. مقررات ملی ساختمان مباحث ۱ الی ۲۲.
 - [۸]. آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله - استاندارد ۲۸۰۰ (ویرایش ۴).
 - [۹]. آیین‌نامه بتن ایران (آبا) - نشریه ۱۲۰.
 - [۱۰]. ضوابط طرح و محاسبه ساختمان‌های صنعتی فولادی - نشریه ۳۲۵.
 - [۱۱]. آیین‌نامه اتصالات در سازه‌های فولادی - نشریه ۲۶۴.
 - [۱۲]. آیین‌نامه جوشکاری ساختمانی ایران - نشریه ۲۲۸.
 - [۱۳]. ضوابط و معیارهای طرح و محاسبه مخازن آب زمینی - بازنگری نشریه ۱۲۳.
 - [۱۴]. راهنمای طراحی دیوارهای حائل - نشریه ۳۰۸.
 - [۱۵]. آیین‌نامه طراحی و اجرای سازه‌های فولادی سرد نورد - نشریه ۶۱۲ و ۶۱۳.
 - [۱۶]. مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی - نشریه ۵۵.
 - [۱۷]. آیین‌نامه محافظت ساختمان‌ها در برابر آتش - نشریه ض-۶۸۲.
 - [۱۸]. راهنمای آیین‌نامه محافظت ساختمان‌ها در برابر آتش - نشریه گ-۴۴۵.
 - [۱۹]. مشخصات فنی و عمومی راه‌ها (نشریه ۱۰۱).
 - [۲۰]. آیین‌نامه طراحی هندسی راه‌ها (نشریه ۱۶۱).
 - [۲۱]. آیین‌نامه طرح هندسی راه‌های ایران (نشریه ۴۱۵).
 - [۲۲]. آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران (نشریه ۲۳۴).
 - [۲۳]. معیارهای هیدرولیکی طراحی کانال آبیاری و زهکشی روباز (نشریه ۱۶۶).
 - [۲۴]. استاندارد ملی ایران (ISO 21193-6):
- سیستم‌های حمل و نقل ریلی درون شهری - ایمنی - قسمت ۶:
- الزامات مهندسی عوامل انسانی در طراحی مراکز کنترل

- [۲۵]. استاندارد ملی ایران (INSO 21193-3) :
- سیستم‌های حمل و نقل ریلی درون شهری - ایمنی - قسمت ۳:
- الزامات تجهیزات ایمنی، امدادسانی، سامانه‌ها و تجهیزات پیش‌گیری و مقابله با حریق و دود
- [۲۶]. شرکت ملی گاز ایران-استاندارد لوله کشی گاز طبیعی برای ساختمان‌ها
- [۲۷]. استاندارد خروجی فاضلاب ST-04/00: سازمان حفاظت محیط زیست.

منابع انگلیسی:

- [28]. ALBERT S. RICHEY E. E., Electric Railway Handbook, McGRAW-HILL, New York.
- [29]. CHRISTOS N. PYRGIDIS, Railway Transportation Systems: Design, Construction and Operation, CRC Press, New York.
- [30]. Clifford F Bonnett, Practical Railway Engineering, Imperial College Press, London.
- [31]. CIBSE Guide M, "Maintenance engineering and management: A guide for designers, maintainers, building owners and operators, and facilities managers", CIBSE, London.
- [32]. Halcrow, Design Guidelines for the Upgrade and Construction of New and Existing Train Stabling Yards and Turnback Sidings, RailCorp
- [33]. Department of Transport (2014), "Light Rail Security Recommended Best Practice".
- [34]. VDV823 (2007), "Recommendation on the Design of Depots for LRVs and Tramcars".
- [35]. VDV824 (2006), "Recommendations on the Design of Metro Depots".
- [36]. VDV820 (1996), "Workshop Facilities for the Maintenance of Low-Floor Vehicles".
- [37]. BS EN 13306 (2010), "Maintenance - Maintenance terminology".
- [38]. FD X 60-000 (2002), "Industrial maintenance - Maintenance function".
- [39]. BS EN 292 (1991), "Safety of machinery - Basic concepts, general principles for design".
- [40]. BS EN 294 (1992), "Safety of machinery - Safety distances to prevent danger zones being reached by the upper limbs".
- [41]. BS EN 1050 (1997), "Safety of machinery - Principles for risk assessment".
- [42]. BS EN 50122 (2011), "Railway applications - Fixed installations - Electrical safety, earthing and the return circuit".
- [43]. BS EN 60529 (2013), "Degree of protection provided by enclosure (IP Code)".
- [44]. Arema (2002), "Communications & signals manual".
- [45]. APTA RT-RMT-RP-001-10 (2010), "Rail Vehicles Maintenance Training Standards".
- [46]. GB 50157 (2003), "National Standard of the People's Republic of China".
- [47]. L1-CHE-STD-001 (2011), "MTM requirements metropolitan train stabling".
- [48]. GIGN7621 (2018), Guidance Note for the Development and Design Considerations of Passenger Rolling Stock Depots".
- [49]. TramStore21 Technical Note, "Building sustainable and efficient tram depots for cities in the 21st century".
- [50]. TramStore21 Technical Note (2012), "Automatic Depot Management System".
- [51]. TramStore21 Technical Note (2012), "Capacity of the Tram Stabling & Maintenance".
- [52]. TramStore21 Technical Note (2012), "Sanding".
- [53]. TramStore21 Technical Note (2012), "Track Map & Track Specifications".
- [54]. Ernst Neufert ARCHITECTS' DATA.
- [55]. AISC-Specification for Structural Steel Buildings
- [56]. AISC-Steel Design Guide Series
- [57]. AWS D1.1-Structural Welding Code-Steel
- [58]. ACI318-Building Code Requirements for Structural Concrete
- [59]. ACI350.3-Seismic Design of Liquid-Containing Concrete Structures
- [60]. ACI360-Design of Slabs-on-Ground
- [61]. ACI543-Design, Manufacture, and Installation of Concrete Piles
- [62]. AASHTO-Geometric Design of Highways and Roads

- [63]. ASTM Standards-American Society for Testing and Materials
- [64]. ACI 325-Guide for Design of Jointed Concrete Pavements for Streets and Local Roads BSI-British Standard Institution
- [65]. ASHRAE Handbooks: Fundamentals,HVAC Systems and Equipment,HVAC Application
- [66]. Handbook of Air Conditioning System Design (Carrier)
- [67]. CAPITOLINE –Design Manual& Standard Design Details
- [68]. National Standard Plumbing Code Handbook
- [69]. AWWA – American Water Works Association
- [70]. ISO 8573-1- COMPRESSED AIR CONTAMINANTS AND PURITY CLASSES
- [71]. IPS –E-PR-330- DESIGN OF COMPRESSED AIR SYSTEMS
- [72]. NFPA 10 : STANDARD FOR PORTABLE FIRE EXTINGUISHERS
- [73]. NFPA 12 : STANDARD OF CARBON DIOXIDE EXTINGUISHING SYSTEM
- [74]. NFPA 13 : STANDARD FOR THE INSTALLATION OF SPRINKLER SYSTEMS
- [75]. NFPA 14 : STANDARD FOR THE INSTALLATION STANDPIPE, HYDRANT AND HOSE SYSTEMS
- [76]. NFPA 80 : STANDARD FOR FIRE DOORS AND FIRE WINDOWS
- [77]. NFPA 101 : LIFE SAFETY CODE
- [78]. NFPA 130 : STANDARD FOR FIXED GUIDE WAY TRANSIT AND PASSENGER RAIL SYSTEMS
- [79]. IEC60947 - Low-voltage switchgear and control gear
- [80]. IEC60529 - Degrees of protection provided by enclosures (IP Code.)
- [81]. EN50122-1 - requirements for the protective provisions relating to electrical safety in fixed installations associated with a.c. and/or d.c. traction systems
- [82]. VDE 0100 - ELECTRICAL INSTALLATIONS OF BUILDINGS.
- [83]. IEC60076 - Power Transformers.
- [84]. IEC60354 - Loading guide for oil-immersed power transformers.
- [85]. IEC60439 - Low-voltage switchgear and control gear assemblies.
- [86]. IEC60664-1 -Insulation coordination for equipment within low-voltage supply systems.
- [87]. IEC61000-4 -Electromagnetic compatibility (EMC.)
- [88]. EN50091-1 -Uninterruptible power systems (UPS) - Part 1: General and safety requirements.
- [89]. EN50091-2 - Specification for Uninterruptable power systems (UPS) Part 2. EMC requirements..
- [90]. IEC157 - Circuit Breakers, Low Voltage Switch.
- [91]. VDE 0276-1000 - Current-carrying capacity, general; conversion factors..
- [92]. IEC60228 - conductors of insulated cables.
- [93]. IEC60287 - Electric cables – Calculation of the current rating
- [94]. IEC60502 - Power cables with extruded insulation and their accessories.
- [95]. IEC60811 - Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables.
- [96]. IEC60885 PART 1, 2&3 Electrical test methods for electric cables.
- [97]. IEC311 - Toxin free, zero-halogen and fire resistant cables.
- [98]. IEC332 - Test on electric cables on the fire conditions.
- [99]. IEC1034 - Measurement Of Smoke Density Of Electric Cables.
- [100]. VDE 0100 - ELECTRICAL INSTALLATIONS OF BUILDINGS.
- [101]. NFC17_102 - Protection against lightning

- [102]. BS-CP1013 - EARTHING.
- [103]. BS 6651 - Lightning protection standard
- [104]. BS-5839 - Fire detection and fire alarm systems for buildings.
- [105]. BSI Standards Publication. BS EN 16432-1: 2017 Railway applications - Ballastless track systems. 2017; Part 1 (General requirements).
- [106]. BSI Standards Publication. BS EN 16432-2:2017 Railway applications - Ballastless track systems. 2018; Part 2 (System design, subsystems and components).
- [107]. CEN-European Committee for Standardization. EN 16907-1:2016 Earthworks. 2016; Part 1 (Principles and General Rules).

خواننده گرامی

امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه، با گذشت بیش از چهل سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر هشتصد عنوان نشریه تخصصی - فنی، در قالب آیین نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تألیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. ضابطه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت های عمرانی به کار برده شود. به این لحاظ برای آشنایی بیشتر، فهرست نشریات منتشر شده در سال های اخیر در سایت اینترنتی **nezamfanni.ir** قابل دستیابی می باشد.

Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization

Guidelines for Urban and Sub-Urban Depot and Parking Design

No. 803

**Deputy of Technical and Infrastructure
Development Affairs**

**Department of Technical and Executive
Affairs, Consultants and Contractors**

nezamfanni.ir

2021

این ضابطه

با عنوان "راهنمای طراحی دپو و پارکینگ قطار شهری و حومه" در راستای معرفی و آشنایی با دپو و پارکینگ خطوط ریلی شهری و حومه‌ای و جهت دستیابی به اصول طراحی در این سامانه‌های حمل و نقل عمومی و حتی‌الامکان پرهیز از اعمال سلیق در طراحی این زیرساخت مهم تهیه شده و شامل شش فصل و چهار پیوست می‌باشد.

مفاهیم مقدماتی و تعاریف تعمیرات، نیازمندیهای طراحی، کاربری فضاها و هم‌خوانی در فصل مشترک‌ها، کارهای ساختمانی، خطوط ریلی و انشعابات و سایر موارد تاثیر گذار در طراحی از فصل‌های مختلف این ضابطه می‌باشند.

دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این ضابطه به عنوان راهنمای طراحی استفاده نمایند.