

چگونه ریل واگن مناسب کار خود را انتخاب کنیم؟



پیشتر با برخی از مکانیزم های هدایت کننده خطی همچون لیداسکرو، بال اسکرو و بیرینگ خطی آشنا شدیم. در این مقاله قصد داریم تا درخصوص یکی دیگر از مهم ترین عملگرهای خطی مورد استفاده در صنایع مختلف به نام ریل واگن و ویژگی های مختلف آن صحبت کنیم. همچنین به شما روش انتخاب یک ریل واگن مناسب برای کار خود را نیز آموزش می دهیم. پس با ما در ادامه این مقاله همراه باشید!

مهم ترین خصوصیات یک ریل واگن مناسب برای خرید

امروزه شرکت های زیادی در سراسر دنیا اقدام به تولید و عرضه انواع متنوع ریل واگن به منظور استفاده در کاربردهای مختلف می کنند. این ما هستیم که باید مناسب ترین ریل واگن برای استفاده در کار خود را از بین گزینه های موجود انتخاب کنیم. برای آنکه بتوانیم انتخاب خوبی داشته باشیم، ابتدا باید ویژگی های یک ریل واگن مناسب را بشناسیم. این ویژگی ها عبارت اند از :

اصطکاک پایین و دقت عملکرد بالای ریل واگن در بازه های زمانی طولانی

واضح است که هر چه قدر مقدار اصطکاک ریل واگن کم تر باشد، دقت عملکرد آن بالاتر رفته و قابل اعتمادتر خواهد بود. این پارامتر به عنوان یکی از ویژگی های اصلی در انتخاب ریل واگن مناسب باید در نظر گرفته شود. معمولا ریل واگن هایی که با استفاده از گریس و یا روغن، روغن کاری می شوند در این خصوص عملکرد بهتری دارند.

استحکام بالا

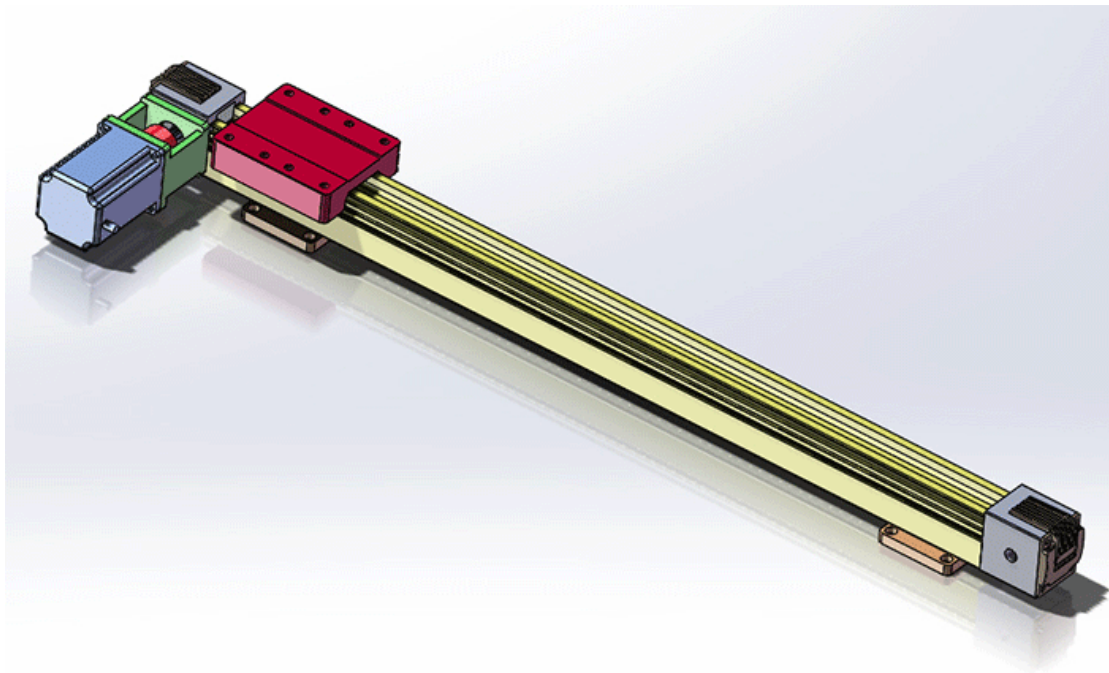
هر چه قدر جنس و استحکام بیشتر باشد، توانایی تحمل نیروهای محیطی بیشتر بوده و پرکاربردتر است. در صورتیکه طراحی ریل واگن و نحوه جایگذاری آن در مکانیزم به گونه ای باشد که هر چهار نوع نیروی (محوری، شعاعی و دو نیروی جانبی) را تحمل کند، بهتر خواهد بود. همچنین ریل واگن هایی که در آن ها قابلیت پیش بارگذاری واگن ها و امکان افزایش تعداد آن ها وجود داشته باشد به عنوان ریل واگن مناسب شناخته می شوند.

امکان استفاده در سرعت های بالا

هر چه قدر امکان استفاده در سرعت های بالاتر میسر باشد، ریل واگن مناسب تری خواهد بود.

قابلیت نصب، تعویض و تعمیر و نگهداری آسان

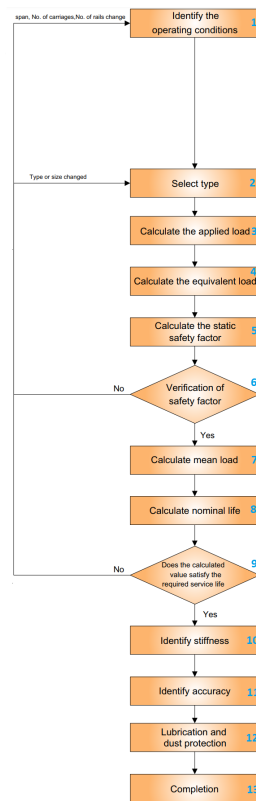
در صورتیکه هزینه های مالی و زمانی هر یک از مراحل نصب، تعویض و تعمیر و نگهداری کمتر باشد، با ریل واگن مناسب تری مواجه هستیم.



همین حالا ریل واگن خطی مناسب کار خود را از صنعت بازار تهیه کنید!

مراحل و فرایند انتخاب یک ریل واگن مناسب

در اینجا مراحل انتخاب ریل واگن مناسب برای استفاده در هر کاری را به صورت کامل و در قالب یک نمودار نشان داده ایم. به شما قول می دهیم در صورتیکه در انتخاب ریل واگن مناسب کار خود از مراحل ذکر شده در این نمودار پیروی کنید، بهترین انتخاب ممکن را خواهید داشت!



انجام برخی از مراحل ذکر شده در این نمودار جهت انتخاب ریل واگن مناسب نیازمند آگاهی از روابط حاکم بر ریل واگن های خطی است که در ادامه این مقاله به صورت کامل به توضیح آن ها پرداخته شده است.

مرحله 1 : تعیین شرایط عملکرد مورد نظر سیستم و ریل واگن : در این مرحله لازم است تمامی پارامترهای کاری سیستم همچون ابعاد و اندازه ها، فضای در دسترس برای نصب، سرعت و فرکانس کاری سیستم، محل و جهت نصب، دقت عملکرد و شرایط محیطی به طور کامل شناسایی شوند.

مرحله 2 : انتخاب یک ریل واگن مناسب با در نظر گرفتن شرایط عملکرد مورد نظر در مرحله 1

مرحله 3 : محاسبه نیرو و بار وارد بر هر واگن (با توجه به تعداد آن ها از مرحله 2)

مرحله 4 : تبدیل نیروی کل وارد بر روی هر واگن به مولفه های مختلف آن

مرحله 5 : محاسبه ضریب ایمنی استاتیکی (با توجه به نیروهای ماکزیمم موجود بر روی ریل واگن و ضریب بار استاتیکی آن)

مرحله 6 : صحت سنجی ضریب ایمنی استاتیکی محاسبه شده در مرحله قبل و حرکت در نمودار با توجه به نتایج به دست آمده

مرحله 7 : تبدیل نیروهای مختلف وارد شده به ریل واگن در طول عملکرد آن به یک نیروی میانگین واحد

مرحله 8 : محاسبه مقدار مسافت یا ساعات کار مکانیزم ریل واگن با استفاده از رابطه سرویس-عمر (این رابطه در ادامه توضیح داده شده است).

مرحله 9 : صحت سنجی مقدار مسافت یا ساعات محاسبه شده برای کارکرد ریل واگن با مقدار مد نظر و حرکت در نمودار با توجه به تایید یا عدم تایید آن

مرحله 10 : تعیین سختی با محوریت : 1) انتخاب پیش بارگذاری 2) تعیین روش نصب 3) تعیین سفتی و سختی ناحیه نصب

مرحله 11 : تعیین دقت با محوریت : 1) انتخاب گرید (رتبه) دقت مورد نیاز 2) مشخص نمودن دقت محل نصب

مرحله 12 : تعیین چگونگی روغن کاری و محافظت از ریل واگن با محوریت : 1) تعیین نوع گریس یا روغن مورد استفاده 2) روش روغن کاری که به صورت دوره ای یا یک بار برای همیشه باشد. 3) طراحی محافظ گرد و غبار

مرحله 13 : پایان مراحل انتخاب ریل واگن مناسب

نرخ بارگذاری و عمر کاری ریل واگن

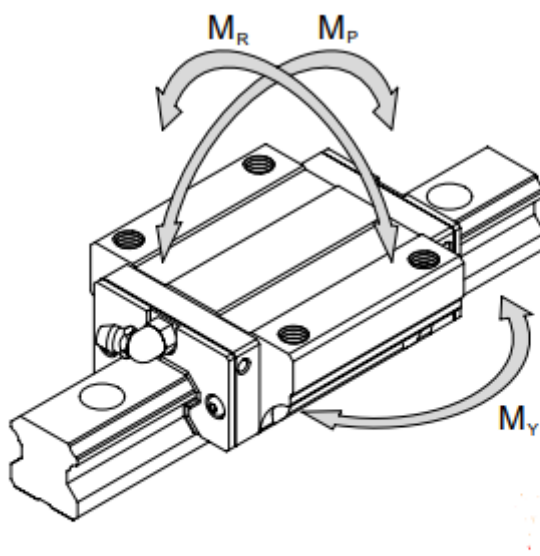
مانند دیگر مکانیزم های هدایت کننده خطی، برای ریل واگن نیز مجموعه ای از روابط و فرمول ها برقرار است. آگاهی از این روابط شرط اصلی در انتخاب ریل واگن مناسب برای هر کاری است. چرا که با استفاده از آن ها ضریب ایمنی عملکرد محاسبه شده و تخمین مقدار عمر میسر می شود. برای معرفی این روابط نخست لازم است تا با چند تعریف مهم در این ارتباط آشنا شویم :

نرخ بارگذاری استاتیکی پایه (C_0)

نرخ بارگذاری استاتیکی پایه عبارت است از مقدار بار استاتیکی که باید به در یک جهت مشخص و در نقطه ای با بیشترین تنش بین توپ های فلزی تعبیه شده بر روی واگن و ریل در ریل واگن وارد شود تا تغییر شکلی به مقدار 0.0001 برابر قطر توپ های فلزی در ریل ایجاد شود.

ممان استاتیکی مجاز (M_0)

زمانی که یک ممان استاتیکی به مکانیزم ریل واگن اعمال می شود، بیشترین تنش را گوی های فلزی که در دو انتهای واگن تعبیه شده اند تحمل می کنند. ممان استاتیکی مجاز عبارت است از بیشترین ممانی که می توان به یک ریل واگن به گونه ای وارد کرد که در محلی با بیشترین تنش بین گوی های فلزی واگن و ریل، تغییر شکلی به اندازه 0.0001 قطر گوی ها در ریل ایجاد شود. هر یک از سه راستای مکانیزم ریل واگن دارای یک ممان استاتیکی مجاز مختص خود است که در شکل زیر نشان داده شده است.



همین حالا ریل واگن خطی مناسب کار خود را از صنعت بازار تهیه کنید!

ضریب ایمنی استاتیکی (f_s)

ضریب ایمنی استاتیکی از تقسیم نرخ بارگذاری استاتیکی پایه (C_0) بر مقدار بار کاری موجود بر روی ریل واگن به دست می آید. این ضریب را می توان به صورت مشابه

برای ممان استاتیکی مجاز نیز بیان کرد.

$$f_s = \frac{C_0}{P} \quad \text{or} \quad f_s = \frac{M_0}{M}$$

f_s : Static safety factor

C_0 : Basic static load rating (N)

M_0 : Static permissible moment (N · m)

P : Calculated working load (N)

M : Calculated moment (N · m)

در جدول زیر مقدار ضریب ایمنی استاتیکی مجاز برای ریل واگن ها با در نظر گرفتن شرایط ماشین کاری انجام شده بر روی آن ها آمده است.

Machine Type	Load Condition	fs (Lower limit)
Regular industrial machine	Normal loading condition	1.0~1.3
	With impact and vibration	2.0~3.0
Machine tool	Normal loading condition	1.0~1.5
	With impact and vibration	2.5~7.0

نرخ بارگذاری دینامیکی پایه (C)

برای آنکه تعریف نرخ بارگذاری دینامیکی پایه (C) را بدانیم، لازم است تا با تعریف عمر اسمی (L) آشنا شویم. عمر اسمی در ریل واگن عبارت است از میزان عمری که 90 درصد از مجموعه ای از ریل واگن های خطی که تحت شرایط کاری یکسان قرار دارند می کنند، پیش از آنکه اولین علائم خرابی در آن ها ظاهر شود. بر این اساس، نرخ بارگذاری دینامیکی پایه عبارت است از مقدار بار دینامیکی که می تواند با اندازه ای مشخص و در یک جهت خاص به مجموعه ای از ریل واگن های خطی در شرایط یکسان وارد شود، به گونه ای که عمر اسمی این مجموعه معادل با 50 کیلومتر باشد.

محاسبه عمر اسمی (L) در ریل واگن های خطی

عمر اسمی یک ریل واگن متأثر از مقدار نیروی اعمال شده به آن در شرایط کاری است که در آن قرار دارد. همچنین، عمر اسمی می تواند تحت تاثیر عوامل و شرایط محیطی که در آن کار می کند (همچون سختی مسیر حرکت واگن، دمای محیط، شراط حرکت واگن و . . .) نیز قرار بگیرد. به همین دلیل، با در نظر گرفتن مهم ترین این عوامل، رابطه محاسبه عمر اسمی به دست آمده است.

$$L = \left(\frac{f_H \times f_T}{f_W} \times \frac{C}{P} \right)^3 \times 50$$

L : Nominal life (km)

C : Basic dynamic load rating (N)

P : Working load (N)

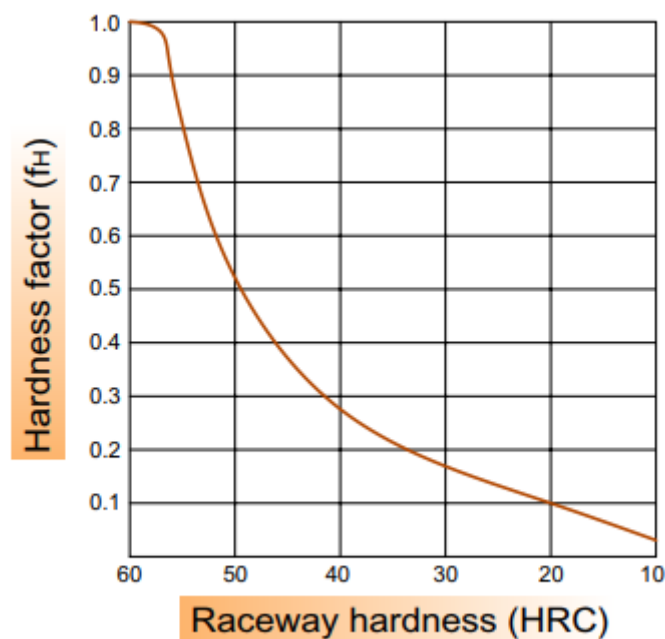
f_H : Hardness factor (see Fig.2)

f_T : Temperature factor (see Fig.3)

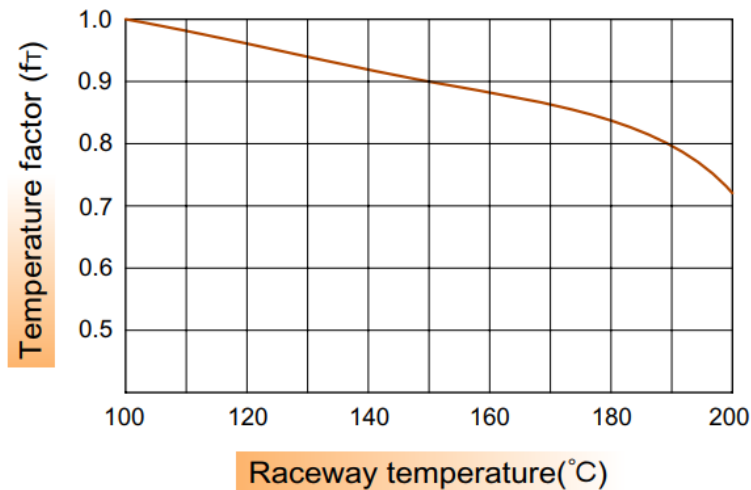
f_W : Load factor (see Table 2)

تعیین و اندازه گیری مقدار عددی هر یک از پارامترهای معرفی شده در رابطه عمر اسمی به روشی مشخص صورت می گیرد که در ادامه در خصوص هر یک صحبت شده است.

برای تعیین ضریب سختی (f_H) در رابطه عمر اسمی از نمودار زیر استفاده می کنیم. همان طور که مشخص است، مقدار این ضریب به میزان سختی مسیر حرکت واگن بستگی دارد. در صورتیکه مقدار این ضریب از نمودار زیر قابل تعیین نباشد، مقدار آن را برابر 1 قرار می دهیم.



برای تعیین ضریب دما (f_T) در رابطه عمر اسمی واگن از نمودار زیر استفاده می شود. همان طور که پیداست، برای دماهای کمتر از 100 درجه سانتیگراد مقدار این ضریب برابر 1 و برای مقادیر بیشتر آن از این نمودار استفاده می شود.



سومین ضریبی که باید مقدار آن را در رابطه عمر اسمی لحاظ کرد، ضریب عمر (f_w) است. این ضریب به دلیل وجود شرایط مختلف بارگذاری همچون وجود ارتعاشات زیاد و یا حرکات ضربه ای سنگین بر روی ریل واگن در هنگام کار در محاسبه عمر اسمی اعمال می شود که مقدار آن با استفاده از جدول زیر تعیین می شود.

Motion Condition	Operating Speed	f_w
No impact & vibration	$V \leq 15$ m/min	1.0~1.2
Slight impact & vibration	$15 < V \leq 60$ m/min	1.2~1.5
Moderate impact & vibration	$60 < V \leq 120$ m/min	1.5~2.0
Strong impact & vibration	$V \geq 120$ m/min	2.0~3.5

محاسبه عمر کاری ریل واگن خطی بر حسب زمان (L_h)

با محاسبه عمر اسمی ریل واگن، امکان تعیین عمر کاری آن نیز میسر می شود. برای این منظور از رابطه زیر استفاده می شود.

$$L_h = \frac{L \times 10^3}{2 \times l_s \times n_1 \times 60}$$

L_h : Service life in hours (hr)

L : Nominal life (km)

l_s : Stroke length (m)

n_1 : No. of reciprocating cycles per minute (min^{-1})

در صورتیکه مفهوم هر یک از متغیرهای معرفی شده در فرمول ها بالا برای شما نامفهوم است، به آموزش های دیگر ما که برای انتخاب لیداسکرو، بال اسکرو و بیرینگ خطی در بخش آموزش مکانیک سایت قرار داده ایم مراجعه کنید.

محاسبه بار کاری اعمال شده بر روی ریل واگن

همان طور که مشاهده کردید، آگاهی از مقدار بار اعمال شده بر روی واگن در محاسبات مربوط به ریل واگن بسیار ضروری است. در سیستم هایی که از چند واگن استفاده شده است، مقدار بار کاری موجود بر روی هر یک از واگن ها به چگونگی قرارگیری اجزاء سیستم بستگی دارد و حالات مختلفی را شامل می شود. در شکل های زیر نحوه محاسبه مقدار بار موجود بر روی واگن ها در شرایط مختلف نشان داده شده است. شما می توانید از این شکل ها و روابط ارائه شده در هر حالت برای انجام محاسبات مربوط به سیستم ریل واگن مورد نظر خود استفاده کنید.

Type	Operation Conditions	Equations
Transportation of material at one end		$F = \frac{W}{L} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2}$ $F = \frac{W}{L} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2}$ $F = \frac{W}{L} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2}$ $F = \frac{W}{L} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2}$
Quarrying operation at one end		$F = \frac{W}{L} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2}$ $F = \frac{W}{L} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2}$ $F = \frac{W}{L} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2}$ $F = \frac{W}{L} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2}$
Single wagon operation		$F = \frac{W}{L} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2}$ $F = \frac{W}{L} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2}$ $F = \frac{W}{L} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2}$ $F = \frac{W}{L} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2}$
Single wagon operation at one end		$F = \frac{W}{L} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2}$ $F = \frac{W}{L} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2}$ $F = \frac{W}{L} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2}$ $F = \frac{W}{L} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2}$
Multiple wagon operation		$F = \frac{W}{L} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2}$ $F = \frac{W}{L} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2}$ $F = \frac{W}{L} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2}$ $F = \frac{W}{L} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2}$
Multiple wagon operation at one end		$F = \frac{W}{L} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2}$ $F = \frac{W}{L} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2}$ $F = \frac{W}{L} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2}$ $F = \frac{W}{L} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2}$
Multiple wagon operation at one end		$F = \frac{W}{L} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2}$ $F = \frac{W}{L} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2}$ $F = \frac{W}{L} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2}$ $F = \frac{W}{L} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{2}$

محاسبه بار معادل اعمال شده بر روی ریل واگن

ریل واگن ها می توانند در هر لحظه، تحت تاثیر چندین نیرو و ممان که در جهات مختلف به آن ها وارد می شوند قرار بگیرند. در این حالت، لازم است تا تاثیر تمامی این نیرو و ممان ها در بار کاری که در روابط و فرمول های حاکم بر ریل واگن مورد استفاده هستند لحاظ شوند. برای این منظور می توان از روابط و شکل های زیر جهت محاسبه این بار کاری واحد استفاده نمود.

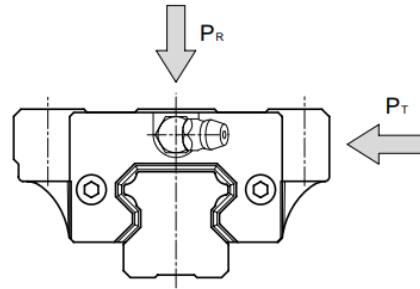
زمانی که ریل واگن تحت تاثیر نیروهای جانبی و شعاعی قرار دارد :

$$P_E = |P_R| + |P_T|$$

P_E : Equivalent load (N)

P_R : Radial or reverse-radial load (N)

P_T : Lateral load (N)



زمانی که ریل واگن علاوه بر نیروهای شعاعی و جانبی، تحت تاثیر ممان نیز قرار دارد:

$$P_E = |P_R| + |P_T| + C \cdot \frac{|M|}{M_R}$$

P_E : Equivalent load(N)

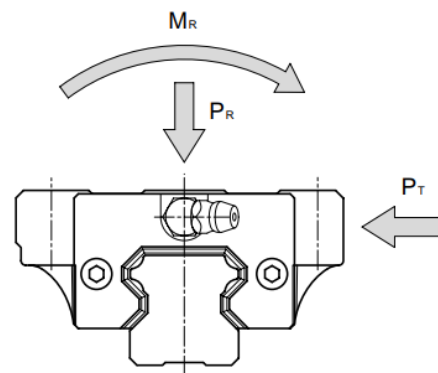
P_R : Radial or reverse-radial load(N)

P_T : Lateral load (N)

C : Basic static load rating (N)

M : Calculated moment (N · m)

M_R : Permissible static moment (N · m)



محاسبه بار میانگین اعمال شده بر روی ریل واگن

در برخی موارد، ریل واگن تحت تاثیر بارهایی موضعی با اندازه های متفاوت قرار می گیرد که در بازه های زمانی مشخصی در یک جهت یکسان به آن اعمال می شوند. در این شرایط، می توان با استفاده از مجموعه روابط و نمودارهای زیر، مقدار بار معادل این نیروهای متناوب را محاسبه کرد و در روابط قبل مورد استفاده قرار داد.

Types of Varying Load		Calculation of Mean Load
Loads that change stepwise		$P_m = \sqrt{\frac{L}{L} (P_1^3 \cdot L_1 + P_2^3 \cdot L_2 + \dots + P_n^3 \cdot L_n)}$ P_m : Mean load (N) P_n : Varying load (N) L : Total running distance (mm) L_n : Running distance under load P_n (mm)
Loads that change monotonously		$P_m = \frac{L}{3} (P_{min} + 2 \cdot P_{max})$ P_m : Mean load (N) P_{min} : Minimum load (N) P_{max} : Maximum load (N)
Loads that change sinusoidally		$P_m \cong 0.65 \cdot P_{max}$ P_m : Mean load (N) P_{max} : Maximum load (N)

همین حالا ریل واگن خطی مناسب کار خود را از صنعت بازار تهیه کنید!