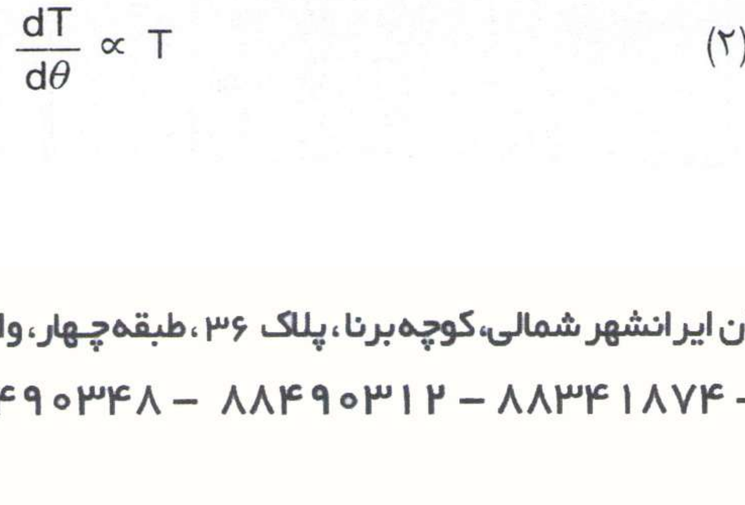
٤

٤. محاسبهٔ کشش‌های وارد بر تسمه‌نقاله و محاسبهٔ توان موتور

تجزیه و تحلیل نیروهای وارد بر تسمه‌نقاله دقیقاً به شکل، نحوه قرار گرفتن پولی (درام) جلوبر، تعداد پولی‌های جلوبر و... بستگی دارد. روشهای مختلفی برای محاسبه این نیروها وجود دارد ولی از نظر تئوری همهٔ این روشها با رابطه اویلر- ایتل‌وین که در زیر شرح داده می‌شود شروع می‌شوند.

با توجه به شکل ۷ :

شکل ۷ (شمای نیروهای وارد بر تسمه)



$$T_1 - T_2 = T_e \qquad (1)$$

T_1 : کشش سمت سفت تسمه (سمتی که بار بر روی آن قرار می‌گیرد).

T_2 : کشش سمت شل تسمه (سمت برگشت تسمه).

T_e : کشش مؤثر یا کششی که موتور به تسمه می‌دهد.

از طرف دیگر هر تغییر جزیی در نیرویی که به تسمه وارد می‌شود نسبت به زاویه‌ای که تسمه حول پولی (درام) جلوبر می‌سازد (در شکل ۷ زاویه θ) متناسب با نیرویی است که موتور به تسمه وارد می‌کند. یعنی:

$$\frac{dT}{d\theta} \propto T \qquad (2)$$

چنانچه رابطه (۲) را به تساوی تبدیل کنیم باید f که ضریب اصطکاک بین پولی و تسمه است را در تناسب اثر داده و در نتیجه رابطه (۳) بدست می‌آید.

$$\frac{dT}{d\theta} = fT \qquad (3)$$

با انتگرال‌گیری و وارد کردن حدود انتگرال خواهیم داشت:

$$\frac{dT}{T} = f\, d\,\theta$$

$$\int_{T_2}^{T_1} \frac{dT}{T} = f \int^{\theta} d\,\theta$$

$$\ln T \Big|_{T_2}^{T_1} = f\,\theta \Big|^{\theta}$$

$$\ln \frac{T_1}{T_2} = f\theta \qquad (4)$$

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{f\theta}$$

با جایگزین کردن T_1 از رابطه (۱) در رابطه (۴) خواهیم داشت:

$$\frac{T_2}{T_e} = \frac{1}{(e^{f\theta} - 1)} \qquad (5)$$

C_w را فاکتور پیچشی می‌نامند.

$$C_w = \frac{1}{e^{f\theta} - 1}$$

$$T_2 = C_w T_e \qquad (6)$$

مقادیر C_w در جدول ۱۲ درج شده است.

جدول ۱۲ (مقادیر C_w)

نوع جلوبر	زاویه پیچشی (درجه)	وسیله کششی خودکار		وسیله کششی دستی	
		پولی لُخت	پولی پوششدار	پولی لُخت	پولی پوششدار
تسمه‌نقاله بدون پولی خفتگیر	۱۸۰	۰/۸۴	۰/۵	۱/۲	۰/۸
تسمه‌نقاله با پولی خفتگیر	۲۰۰	۰/۷۲	۰/۴۲	۱/۰	۰/۷
	۲۱۰	۰/۶۶	۰/۳۸	۱/۰	۰/۷
	۲۲۰	۰/۶۲	۰/۳۵	۰/۹	۰/۶
	۲۴۰	۰/۵۴	۰/۳	۰/۸	۰/۶
تسمه‌نقاله با دو پولی جلوبر	۳۸۰	۰/۲۳	۰/۱۱	۰/۵	۰/۳
	۴۲۰	۰/۱۸	۰/۰۸	–	–

داشتن رابطه‌های (۱) و (۶) برای یافتن T_1 و T_2 و T_e کافی نیست. T_e از رابطه منطقی ـ تجربی زیر بدست می‌آید. (۷)

$$T_e = LK_tK_x + LK_tK_yW_b + ۰/۰۱۵LK_tW_b + LK_yW_m \pm HW_m + T_{Accessories}$$

هنگامی می‌توانید از رابطه (۷) استفاده کنید که شرایط زیر در طراحی اعمال شوند.

- فاصله بین مراکز دو پولی سر و ته بیش از ۱۰۰۰ متر نباشد.
- شکم تسمه بین دو هرزگرد متوالی از ۳٪ فاصله هرزگردها تجاوز نکند.
- بارگیری تسمه، دائمی و یکنواخت باشد.
- ماشین تسمه‌نقاله بیش از یک نوع شیب نداشته باشد.

در رابطه (۷) نمادها به صورت زیر تعریف می‌شوند:

L : فاصله بین مراکز دو پولی (درام) سر و ته (متر).

K_t : فاکتور دمای محیط (نمودار ۴)

$$K_x = ۰/۰۰۰۶۸ (W_b + W_m) + ۰/۴۵۳۶ \frac{a_i}{S_i}$$

a_i : نیروی اصطکاک هرزگردها (کیلوگرم) (جدول ۱۳)

S_i : فاصله بین دو هرزگرد متوالی (جدول ۹)

W_b : وزن خطی تسمه (کیلوگرم بر متر) (جدول ۱۰)

W_m : وزن خطی بار (کیلوگرم بر متر) از رابطه‌ای که در بخش ۳ـ۲. است محاسبه می‌شود.

K_y : فاکتور تصحیح لغزش بار و تسمه بر روی هرزگردها (جدول ۱۴)

H : ارتفاع ماشین نقاله. در صورتی که بار به بالا حمل شود (+) و چنانچه بار به پایین حمل شود (−) خواهد بود.

در چندجمله‌ای سمت راست رابطه (۷) جملات، مفاهیم زیر را دارند.

LK_tK_x : کشش لازم برای به حرکت درآوردن هرزگردهای زیر سطح حامل تسمه (کیلوگرم)

$LK_tK_yW_b$: کشش لازم برای به حرکت درآوردن وزن تسمه بر روی هرزگردهای زیر سطح حامل آن (کیلوگرم)

$۰/۰۱۵LK_tW_b$: کشش لازم برای به حرکت درآوردن وزن تسمه بر روی هرزگردهای زیر سطح برگشت (کیلوگرم)

LK_yW_m : کشش لازم برای به حرکت درآوردن وزن بار بر روی هرزگردهای زیر سطح حامل تسمه (کیلوگرم)

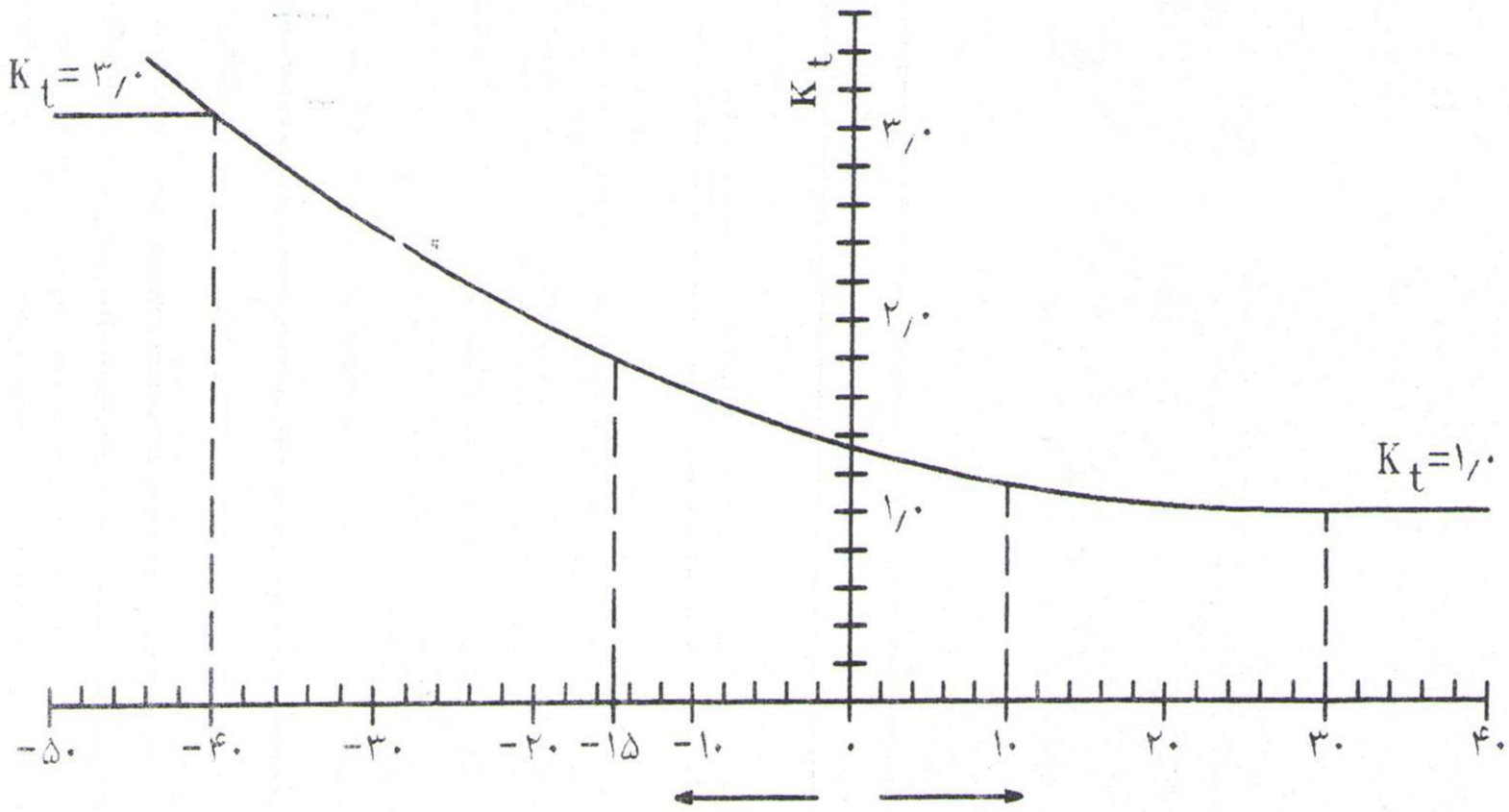
HW_m : کشش لازم برای به حرکت درآوردن بار در جهت عمودی تا ارتفاع H (کیلوگرم)

تهران، خیابان کریمخان زند، خیابان ایرانشهر شمالی، کوچه برنا، پلاک ۳۶، طبقه چهار، واحد۷
تلفکس: ۸۸۳۴۰۹۹۶ – ۸۸۳۴۱۸۷۴ – ۸۸۴۹۰۳۱۲ – ۸۸۴۹۰۳۴۸

جدول ۱۳ (نیروی اصطکاک هرزگردها «کیلوگرم»)

قطر هرزگردها (سانتی‌متر)	اندازه شافت (سانتی‌متر)	نیروی اصطکاک (a_i)
۱۰	۲	۱/۲۶
۱۲/۵	۲	۱/۰۸
۱۵	۲	۰/۹۰
۱۵	۳/۵	۲/۱۴
۱۷/۵	۳/۵	۱/۸۰

نمودار ۴ (تغییرات فاکتور دما K_t با دما)



دمای محیط ماشین نقاله (°F)

تهران، خیابان کریمخان زند، خیابان ایرانشهر شمالی، کوچه برنا، پلاک ۳۶، طبقه چهار، واحد ۷
تلفکس: ۸۸۳۴۰۹۹۶ - ۸۸۳۴۱۸۷۴ - ۸۸۴۹۰۳۱۲ - ۸۸۴۹۰۳۴۸

جدول ۱۴ (مقادیر فاکتور K_v)

طول ماشین نقاله (متر)	$W_b + W_m$ (کیلوگرم بر متر)	درصد شیب						
		۰	۳	۶	۹	۱۲	۲۴	۳۳
		شیب (درجه)						
		۰	۲	۳/۵	۵	۷	۱۴	۱۸
تا ۷۵	۳۰	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۴	۰/۰۳۱	۰/۰۳۱	۰/۰۳۴	۰/۰۳۵
	۷۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۴	۰/۰۳۳	۰/۰۳۲	۰/۰۳۱	۰/۰۲۸	۰/۰۲۷
	۱۱۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۴	۰/۰۳۲	۰/۰۳۲	۰/۰۳۰	۰/۰۲۷	۰/۰۲۵
	۱۵۰	۰/۰۳۵	۰/۰۳۳	۰/۰۳۲	۰/۰۳۱	۰/۰۳۰	۰/۰۲۶	۰/۰۲۳
	۲۲۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۴	۰/۰۳۳	۰/۰۳۱	۰/۰۲۵	۰/۰۲۱
	۳۰۰	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۲	۰/۰۲۴	۰/۰۱۸
	۳۷۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۳	۰/۰۲۱	۰/۰۱۸
	۴۵۰	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۲	۰/۰۱۹	۰/۰۱۸
۷۵ تا ۱۲۰	۳۰	۰/۰۳۵	۰/۰۳۴	۰/۰۳۲	۰/۰۳۰	۰/۰۳۰	۰/۰۳۰	۰/۰۳۰
	۷۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۳	۰/۰۳۱	۰/۰۲۹	۰/۰۲۹	۰/۰۲۶	۰/۰۲۵
	۱۱۵	۰/۰۳۴	۰/۰۳۳	۰/۰۳۰	۰/۰۲۹	۰/۰۲۸	۰/۰۲۴	۰/۰۲۱
	۱۵۰	۰/۰۳۴	۰/۰۳۲	۰/۰۳۰	۰/۰۲۸	۰/۰۲۸	۰/۰۲۲	۰/۰۱۹
	۲۲۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۴	۰/۰۳۱	۰/۰۲۸	۰/۰۲۷	۰/۰۱۹	۰/۰۱۶
	۳۰۰	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۳	۰/۰۳۰	۰/۰۲۷	۰/۰۱۶	۰/۰۱۴
	۳۷۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۴	۰/۰۳۰	۰/۰۲۶	۰/۰۱۷	۰/۰۱۶
	۴۵۰	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۴	۰/۰۲۹	۰/۰۲۴	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸
۱۲۰ تا ۱۵۰	۳۰	۰/۰۳۵	۰/۰۳۳	۰/۰۳۱	۰/۰۳۰	۰/۰۳۰	۰/۰۳۰	۰/۰۳۰
	۷۵	۰/۰۳۴	۰/۰۳۲	۰/۰۳۰	۰/۰۲۸	۰/۰۲۸	۰/۰۲۴	۰/۰۲۳
	۱۱۵	۰/۰۳۳	۰/۰۳۲	۰/۰۲۹	۰/۰۲۷	۰/۰۲۷	۰/۰۲۱	۰/۰۱۹
	۱۵۰	۰/۰۳۳	۰/۰۳۱	۰/۰۲۹	۰/۰۲۸	۰/۰۲۶	۰/۰۱۹	۰/۰۱۶
	۲۲۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۳	۰/۰۳۰	۰/۰۲۷	۰/۰۲۴	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۳۰۰	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۰	۰/۰۲۷	۰/۰۲۳	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۳۷۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۰	۰/۰۲۵	۰/۰۲۱	۰/۰۱۶	۰/۰۱۵
	۴۵۰	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۲۹	۰/۰۲۴	۰/۰۱۹	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸
۱۵۰ تا ۱۸۰	۳۰	۰/۰۳۲	۰/۰۳۰	۰/۰۳۰	۰/۰۲۹	۰/۰۲۹	۰/۰۳۰	۰/۰۳۰
	۷۵	۰/۰۳۳	۰/۰۳۰	۰/۰۲۹	۰/۰۲۷	۰/۰۲۶	۰/۰۲۳	۰/۰۲۱
	۱۱۵	۰/۰۳۲	۰/۰۳۰	۰/۰۲۸	۰/۰۲۶	۰/۰۲۴	۰/۰۲۰	۰/۰۱۶
	۱۵۰	۰/۰۳۲	۰/۰۳۰	۰/۰۲۷	۰/۰۲۵	۰/۰۲۲	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۲۲۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۱	۰/۰۲۶	۰/۰۲۴	۰/۰۱۹	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۳۰۰	۰/۰۳۵	۰/۰۳۱	۰/۰۲۶	۰/۰۲۱	۰/۰۱۷	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۳۷۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۱	۰/۰۲۴	۰/۰۲۰	۰/۰۱۷	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۴۵۰	۰/۰۳۵	۰/۰۳۱	۰/۰۲۳	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸
۱۸۰ تا ۲۵۰	۳۰	۰/۰۳۵	۰/۰۳۱	۰/۰۳۰	۰/۰۲۹	۰/۰۲۹	۰/۰۲۹	۰/۰۲۹
	۷۵	۰/۰۳۲	۰/۰۲۹	۰/۰۲۸	۰/۰۲۶	۰/۰۲۵	۰/۰۲۱	۰/۰۱۸
	۱۱۵	۰/۰۳۱	۰/۰۲۹	۰/۰۲۶	۰/۰۲۴	۰/۰۲۲	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۱۵۰	۰/۰۳۱	۰/۰۲۸	۰/۰۲۵	۰/۰۲۲	۰/۰۲۰	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۲۲۵	۰/۰۳۴	۰/۰۲۸	۰/۰۲۳	۰/۰۱۹	۰/۰۱۷	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۳۰۰	۰/۰۳۵	۰/۰۲۷	۰/۰۲۱	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۳۷۵	۰/۰۳۵	۰/۰۲۶	۰/۰۲۰	۰/۰۱۷	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۴۵۰	۰/۰۳۵	۰/۰۲۵	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸
۲۵۰ تا ۳۰۰	۷۵	۰/۰۳۱	۰/۰۲۸	۰/۰۲۶	۰/۰۲۴	۰/۰۲۳	۰/۰۱۹	۰/۰۱۶
	۱۱۵	۰/۰۳۰	۰/۰۲۷	۰/۰۲۴	۰/۰۲۲	۰/۰۱۹	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۱۵۰	۰/۰۳۰	۰/۰۲۶	۰/۰۲۲	۰/۰۱۹	۰/۰۱۷	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۲۲۵	۰/۰۳۳	۰/۰۲۴	۰/۰۱۹	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۳۰۰	۰/۰۳۲	۰/۰۲۳	۰/۰۱۷	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۳۷۵	۰/۰۳۳	۰/۰۲۲	۰/۰۱۷	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۴۵۰	۰/۰۳۳	۰/۰۲۱	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸

(ادامه جدول ۱۴)

طول ماشین نقاله (متر)	$W_b + W_m$ (کیلوگرم بر متر)	درصد شیب					
		۰	۳	۶	۹	۱۲	۲۴	۳۳
		شیب (درجه)						
		۰	۲	۳/۵	۵	۷	۱۴	۱۸
۳۰۰ تا ۴۰۰	۷۵	۰/۰۲۹	۰/۰۲۶	۰/۰۲۴	۰/۰۲۲	۰/۰۲۱	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۱۱۵	۰/۰۲۸	۰/۰۲۴	۰/۰۲۱	۰/۰۱۹	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۱۵۰	۰/۰۲۸	۰/۰۲۳	۰/۰۱۹	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۲۲۵	۰/۰۲۹	۰/۰۲۰	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۳۰۰	۰/۰۳۰	۰/۰۲۱	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۳۷۵	۰/۰۳۰	۰/۰۲۰	۰/۰۱۷	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۴۵۰	۰/۰۳۰	۰/۰۱۹	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸
۴۰۰ تا ۵۰۰	۷۵	۰/۰۲۷	۰/۰۲۴	۰/۰۲۲	۰/۰۲۰	۰/۰۱۸	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۱۱۵	۰/۰۲۶	۰/۰۲۱	۰/۰۱۹	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۱۵۰	۰/۰۲۵	۰/۰۲۰	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۲۲۵	۰/۰۲۶	۰/۰۱۷	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۳۰۰	۰/۰۲۴	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۳۷۵	۰/۰۲۳	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۴۵۰	۰/۰۲۲	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸
۵۰۰ تا ۷۵۰	۷۵	۰/۰۲۶	۰/۰۲۳	۰/۰۲۱	۰/۰۱۸	۰/۰۱۷	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۱۱۵	۰/۰۲۵	۰/۰۲۱	۰/۰۱۷	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۱۵۰	۰/۰۲۴	۰/۰۱۹	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۲۲۵	۰/۰۲۴	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۳۰۰	۰/۰۲۱	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۳۷۵	۰/۰۲۱	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۴۵۰	۰/۰۲۰	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸
۷۵۰ تا ۱۰۰۰	۷۵	۰/۰۲۴	۰/۰۲۲	۰/۰۱۹	۰/۰۱۷	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۱۱۵	۰/۰۲۳	۰/۰۱۹	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۱۵۰	۰/۰۲۲	۰/۰۱۷	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۲۲۵	۰/۰۲۲	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۳۰۰	۰/۰۱۹	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۳۷۵	۰/۰۱۸	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
	۴۵۰	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸

$T_{Accessories} = T_T + T_P + T_S + T_{SK} + T_D$

T_T : کشش مربوط به گردشگرها (کیلوگرم) (جدول ۱۵).

T_P : کشش مربوط به گوه‌های تخلیه بار (کیلوگرم) (جدول ۱۶).

T_S : کشش مربوط به پاک‌کن‌ها به ازای هر سانتی‌متر از عرض تسمه‌نقاله ۰/۴ تا ۰/۶ کیلوگرم کشش اضافی لازم دارد.

T_{SK} : کشش اضافی برای هدایت‌کننده‌های مواد (کیلوگرم).

$T_{SK} = ۰/۵۰۸۶\ C_S\ L_b\ h_S^۲$

C_S : ضریب اصطکاک هدایت‌کننده‌ها با مواد (جدول ۱۷).

L_b : طول هدایت کننده‌های مواد (متر).

h_S : عمق تماس مواد با هدایت کننده‌های مواد (سانتی‌متر).

T_D : کشش مربوط به پولی‌ها، برای پولی‌های سر و ته ۲۰ کیلوگرم و برای پولی‌های دیگر ۱۵ کیلوگرم در نظر بگیرید.

باید توجه داشت در همه شرایط $T_۱$ برابر T_{max} نیست. طراح باید کوشش کند T_{max} را بدست آورد و به طور کل برای یافتن T_{max} باید راهی را انتخاب کند که منجر به T_{max} شود، نه این که $T_۱$ را بدست آورد.

تهران، خیابان کریمخان زند، خیابان ایرانشهر شمالی، کوچه برنا، پلاک ۳۶، طبقه چهار، واحد ۷
تلفکس: ۸۸۳۴۰۹۹۶ - ۸۸۳۴۱۸۷۴ - ۸۸۴۹۰۳۱۲ - ۸۸۴۹۰۳۴۸

جدول **۱۵** (کشش تسمه‌های گردشگر بدون کاسه نمد برای قیف، قیف سه‌راهی یا دوراهی استاندارد T_T)

عرض تسمه (سانتی‌متر)	کشش اضافی تسمه برای گردشگر (کیلوگرم)
۴۰	۲۲/۵
۴۵	۳۰
۶۰	۵۰
۷۵	۶۵
۹۰	۶۵
۱۰۵	۷۰
۱۲۰	۷۰
۱۳۵	۸۰
۱۵۰	۸۰

جدول ۱۶ (کشش گوه‌های تخلیه T_P)

انواع گوه	کشش اضافی گوه (کیلوگرم بر سانتی‌متر عرض تسمه)
گوه V کامل یا تک شیب که همه مواد را از روی تسمه تخلیه می‌کند	۰/۲۱۵
گوه V ناقص یا تک شیب که نیمی از مواد را از روی تسمه تخلیه می‌کند	۰/۱۵

جدول ۱۷ (ضریب اصطکاک هدایت کننده مواد C_S)

مواد	ضریب C_S	مواد	ضریب C_S	مواد	ضریب C_S
اکسید آلومینیوم خشک	۰/۱۲۱۰	کک نرم	۰/۰۴۵۲	سنگ آهک خشک	۰/۱۲۸
خاکستر زغال‌سنگ خشک	۰/۰۵۷۱	کک کلوخ	۰/۰۱۸۶	کلرومنیز بوم خشک	۰/۰۲۷۶
بوکسیت	۰/۱۸۸۱	خرده شیشه	۰/۰۸۳۶	جو	۰/۰۲۱۹
حبوبات	۰/۰۷۹۸	غله	۰/۰۴۳۳	سنگ فسفات خشک	۰/۱۰۸۶
بوراکس	۰/۰۷۳۴	شن	۰/۱۱۴۵	نمک معمولی	۰/۰۸۱۴
سبوس دانه‌ای	۰/۰۲۳۸	ژیبوم ۴ سانتی‌متری	۰/۰۹۰	ماسه بادی	۰/۱۳۷۸
سیمان پورت‌لند خشک	۰/۲۱۲۰	سنگ معدن آهن	۰/۲۷۶۰	خاک اره	۰/۰۰۸۶
سیمان کیلینکر	۰/۱۲۲۸	آهک ۰/۳ سانتی‌متری	۰/۱۱۶۶	کربنات سدیم	۰/۰۷۰۵
خاک رس خشک	۰/۰۹۲۴	آهک هیدراته	۰/۰۴۹	نشاسته	۰/۰۶۲۳
زغال‌سنگ آنتراسیت	۰/۰۵۳۸	سنگ معدن مس	۰/۰۲۰۳	شکر دانه‌ای خشک	۰/۰۳۴۹
زغال‌سنگ بیتوفینوس	۰/۰۷۵۴	آرد گندم	۰/۰۲۶۵	خرده چوب	۰/۰۰۹۵

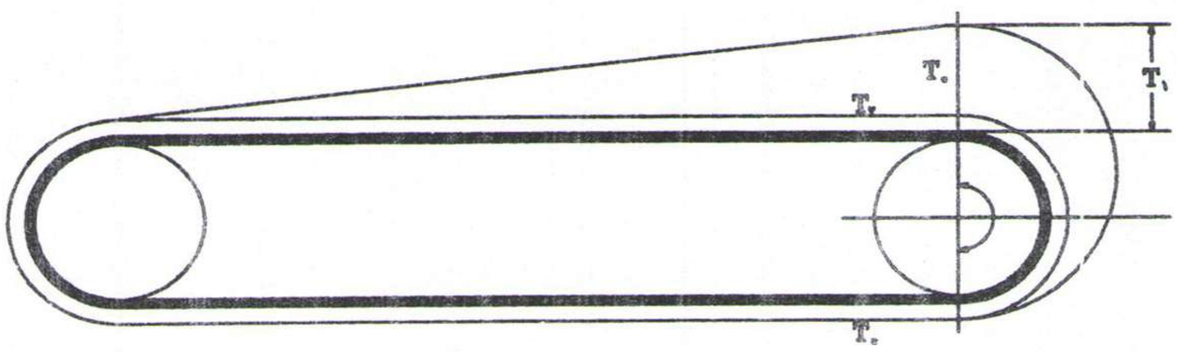
به مقادیر کشش هدایت‌کننده‌های مواد می‌بایست ۴/۵ کیلوگرم برای هر متر از هدایت‌کننده مواد اضافه کرد. این مقدار برای اصطکاک لبه‌های لاستیکی هدایت‌کننده مواد است که با سطح تسمه در تماسند.

تهران، خیابان کریمخان زند، خیابان ایرانشهر شمالی، کوچه برنا، پلاک ۳۶، طبقه چهار، واحد ۷
تلفکس: ۸۸۳۴۰۹۹۶ - ۸۸۳۴۱۸۷۴ - ۸۸۴۹۰۳۱۲ - ۸۸۴۹۰۳۴۸

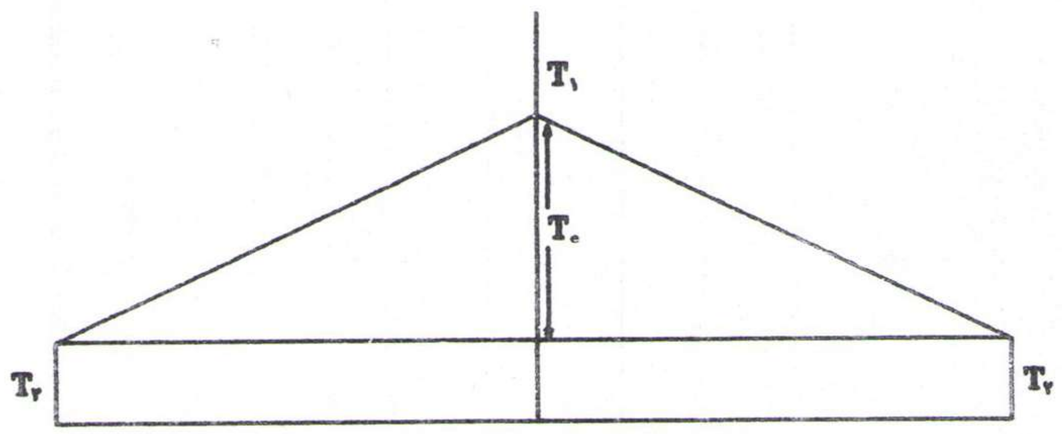
٤ـ١. نمودار کششهای وارد بر تسمه‌نقاله و نمودار تشریحی آنها

برای درک بیشتر نقاط تأثیر کششها بر تسمه‌نقاله دو نوع ماشین نقاله افقی و ماشین نقاله بالابر را انتخاب می‌کنیم و نمودار کششهای وارد بر آنها را در زیر نشان می‌دهیم.

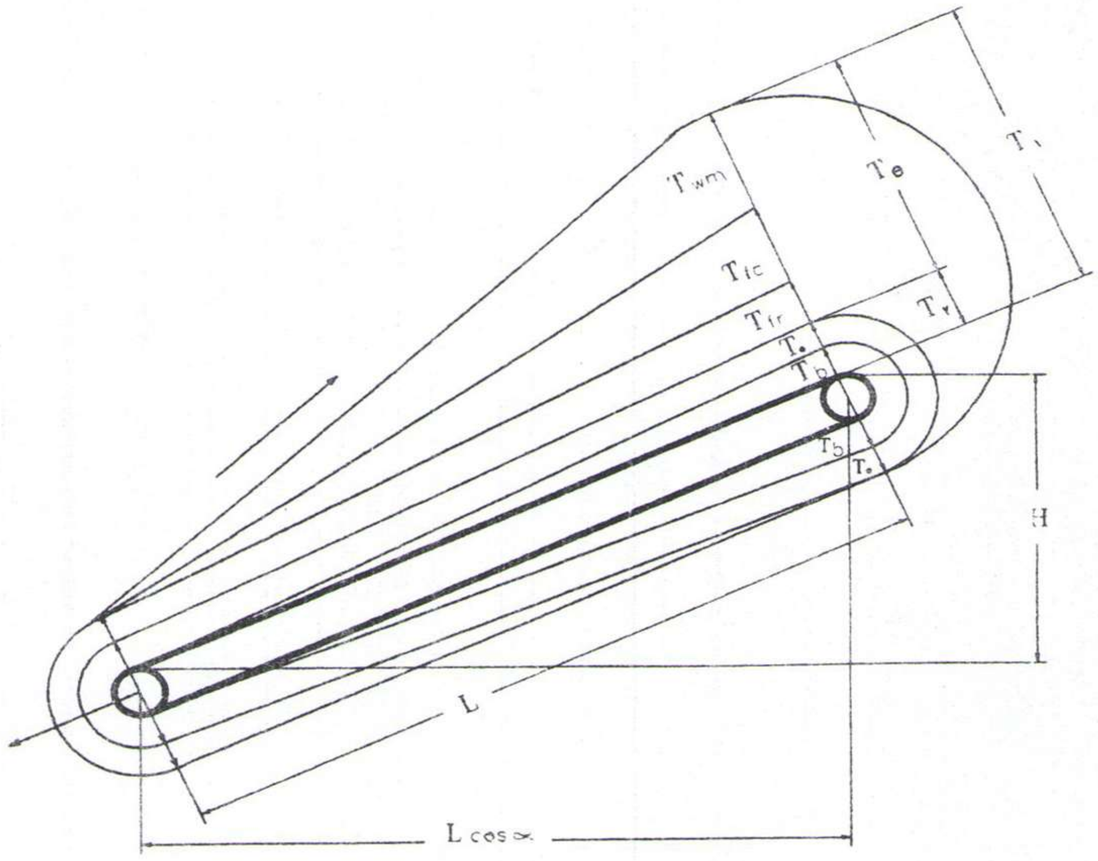
نمودار ۵ (تسمه افقی)



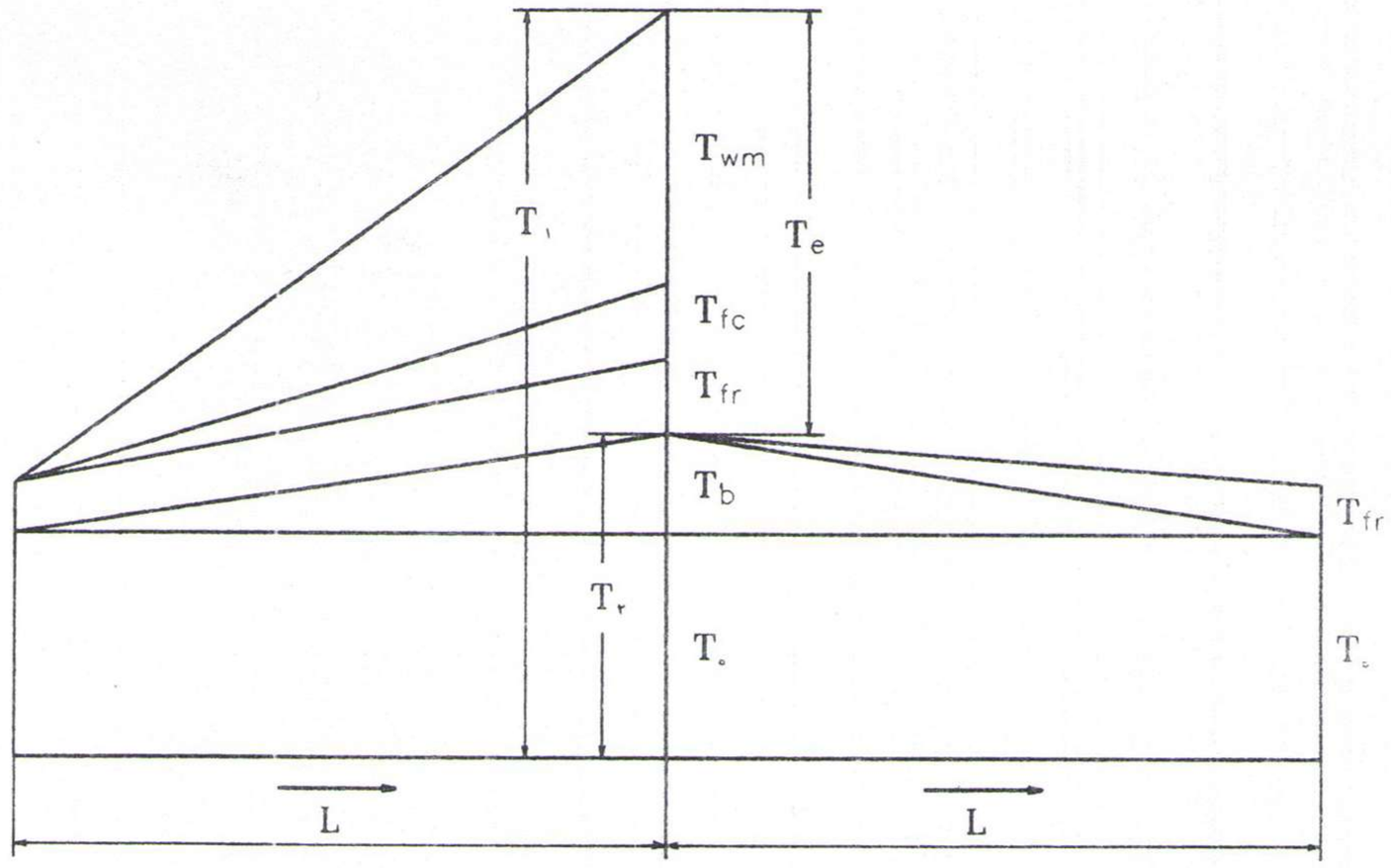
نمودار ٦ (تشریح تسمه افقی)



نمودار ۷ (تسمه بالابر)



نمودار ۸ (تشریح تسمه بالابر)

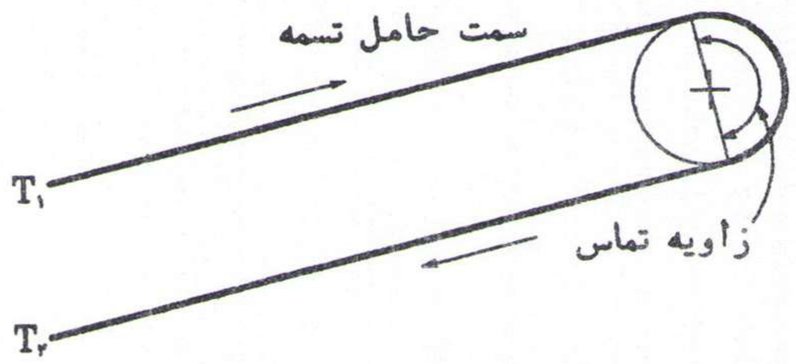


٤ـ ۲. انـــواع مـــاشین نـقاله و فـرمول‌های محاسبهٔ کششهای وارد بر تسمه آنها

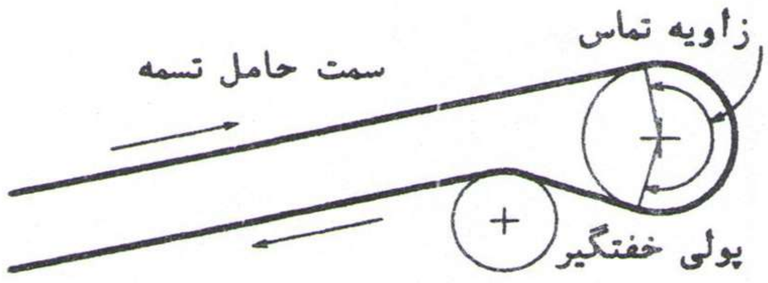
ماشین‌های نقاله انواع گوناگون دارند؛ این گوناگونی به سبب افقی، بالابر یا پایین‌بر بودن ماشین نـقاله و محل قرار گرفتن پولی (درام) جلوبر (درامی که نیرو به آن وارد می‌شود) و همچنین تعداد جلوبرها است.

٤ـ ۲ـ ۱. انواع ماشین نقاله و محل قرارگرفتن پولی جلوبر آنها

شکل ۸
(یک پولی جلوبر در سر، بدون استفاده از پولی خفتگیر)



شکل ۹
(یک پولی جلوبر در سر، با پولی خفتگیر)



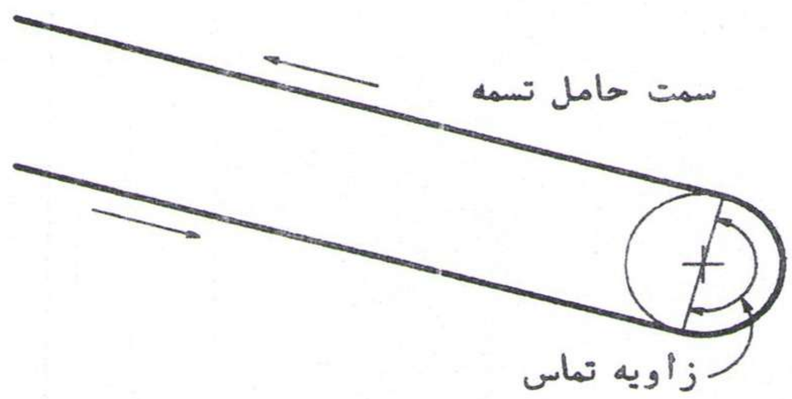
www.niksadrasanat.ir

تهران، خیابان کریمخان زند، خیابان ایرانشهر شمالی، کوچه برنا، پلاک ۳۶، طبقه چهار، واحد۷
تـلفـکس: ۸۸۳۴۰۹۹۶ – ۸۸۳۴۱۸۷۴ – ۸۸۴۹۰۳۱۲ – ۸۸۴۹۰۳۴۸

نیک صدرا صنعت

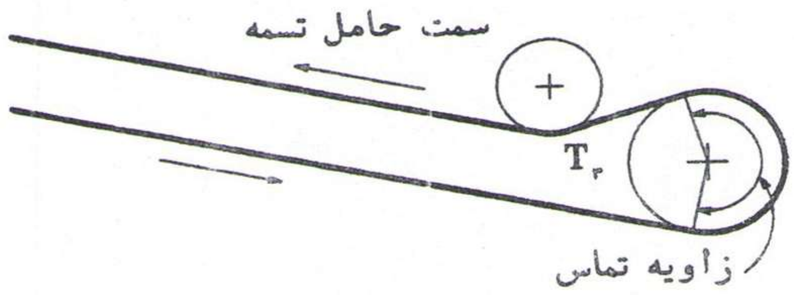
شکل ۱۰

(یک پولی جلوبر در انتها. بدون استفاده از پولی خفتگیر)



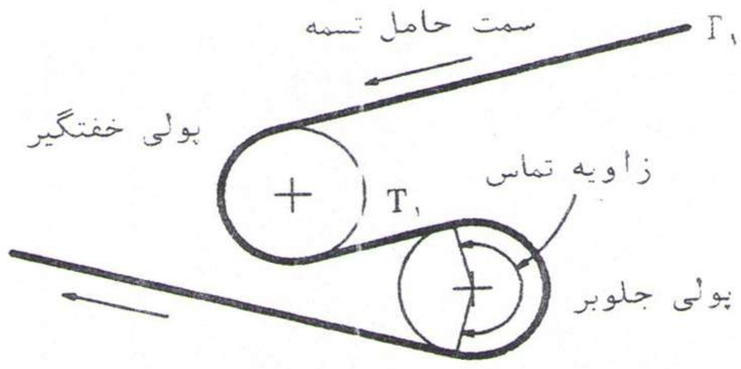
شکل ۱۱

(یک پولی جلوبر در انتها، با استفاده از پولی خفتگیر)



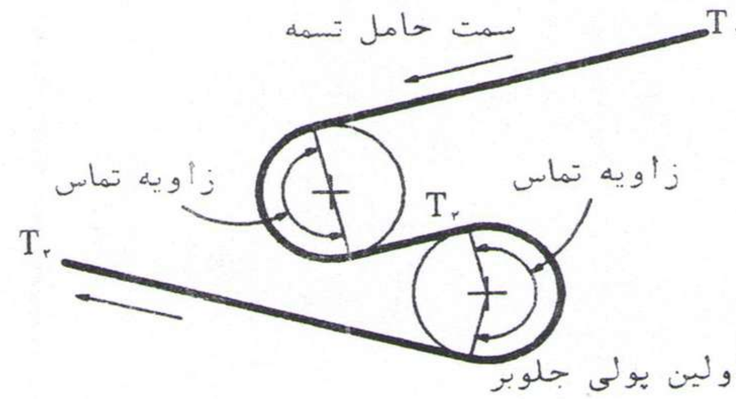
شکل ۱۲

(یک پولی جلوبر در سمت برگشت تسمه)



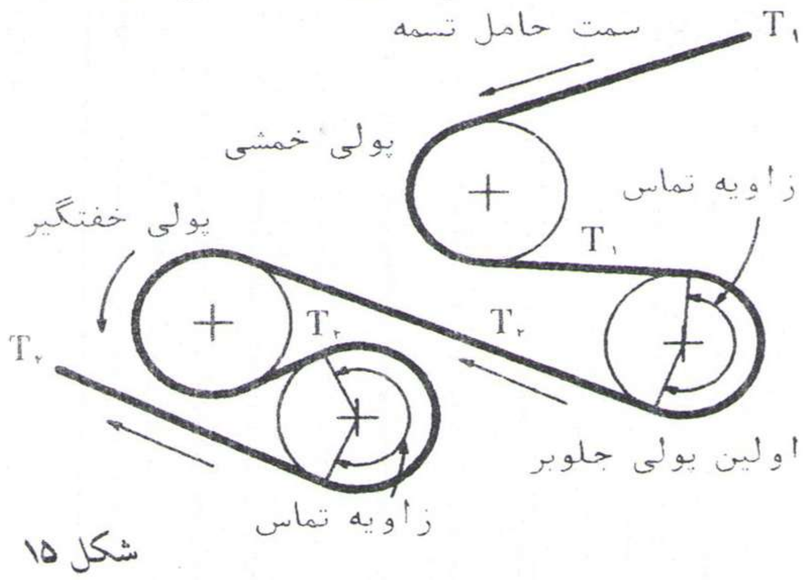
شکل ۱۳

(دو پولی جلوبر پشت سر هم در سمت برگشت تسمه)



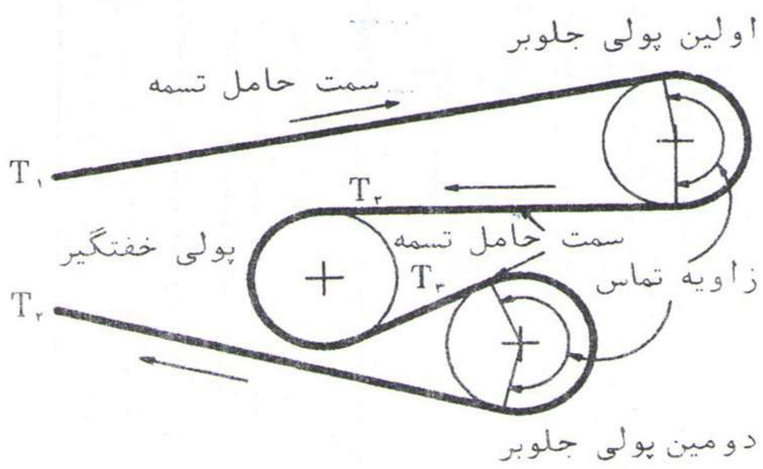
شکل ۱۴

(دو پولی جلوبر، در سمت برگشت تسمه)



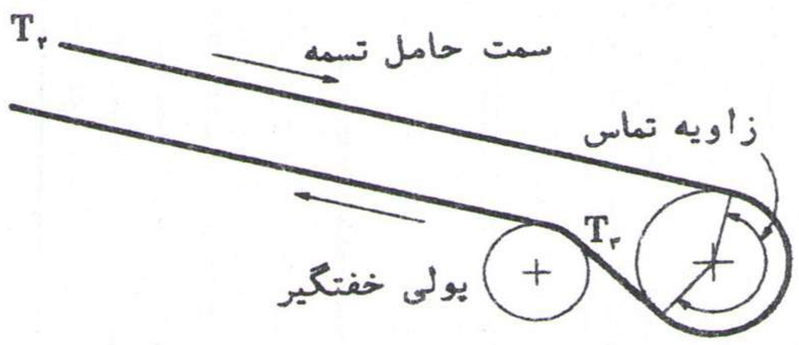
شکل ۱۵

(دو پولی جلوبر، یکی از آنها پولی سر است)



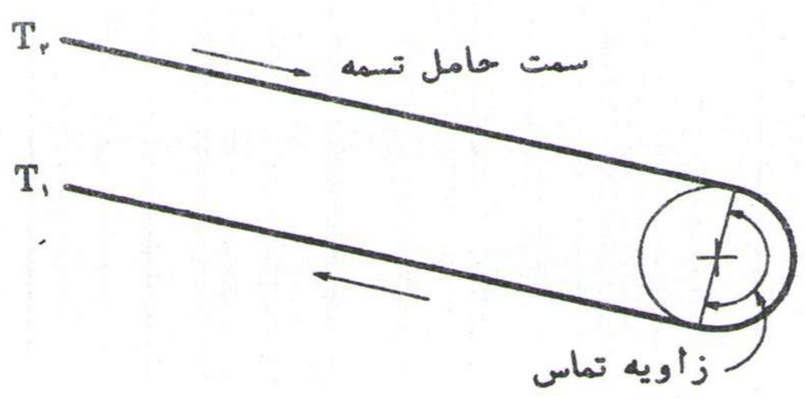
شکل ۱۶

(یک پولی جلوبر در سر، با استفاده از پولی خفتگیر)



شکل ۱۷

(یک پولی جلوبر در سر، بدون استفاده از پولی خفتگیر)



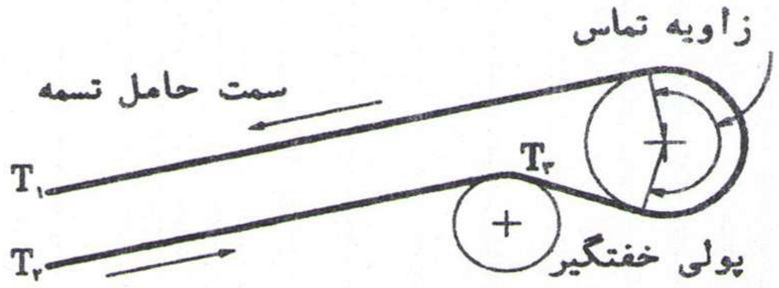
www.niksadrasanat.ir

تهران، خیابان کریمخان زند، خیابان ایرانشهر شمالی، کوچه برنا، پلاک ۳۶، طبقه چهار، واحد ۷
تلفکس: ۸۸۳۴۰۹۹۶ - ۸۸۳۴۱۸۷۴ - ۸۸۴۹۰۳۱۲ - ۸۸۴۹۰۳۴۸

نیک صدرا صنعت

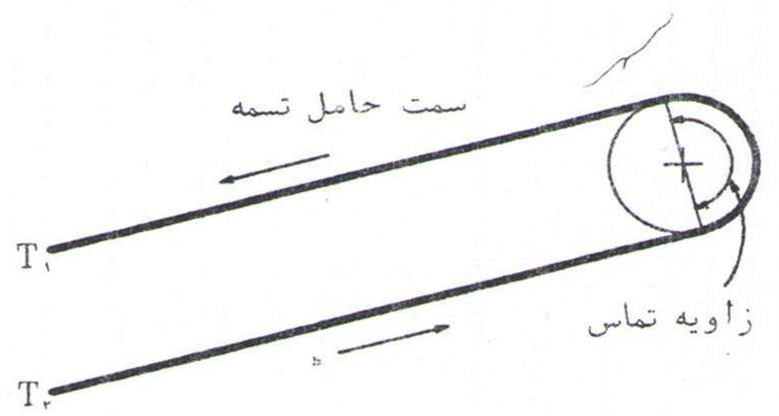
شکل ۱۸

(یک پولی جلوبر درانتها، از پولی خفتگیر استفاده شده است)



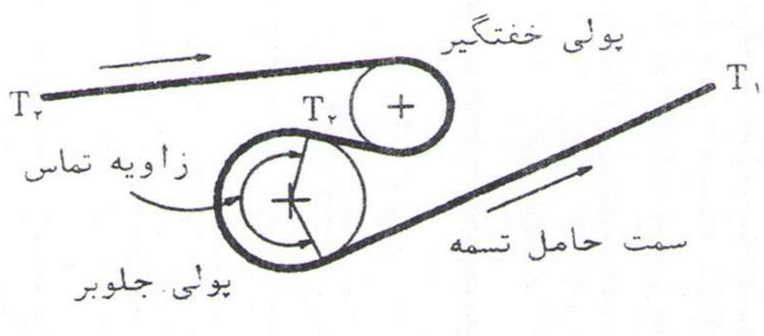
شکل ۱۹

(یک پولی جلوبر درانتها، از پولی خفتگیر استفاده نشده است)



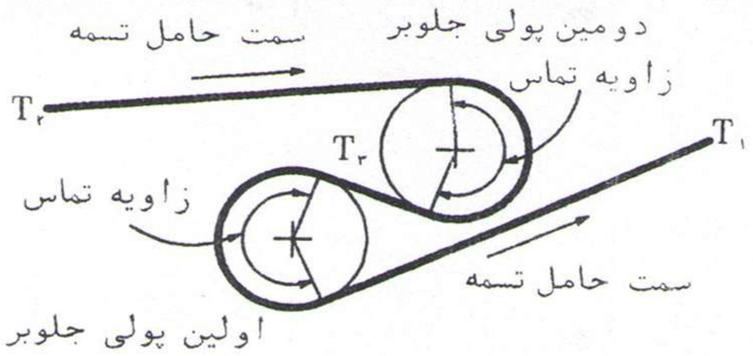
شکل ۲۰

(یک پولی جلوبر در سمت برگشت تسمه)



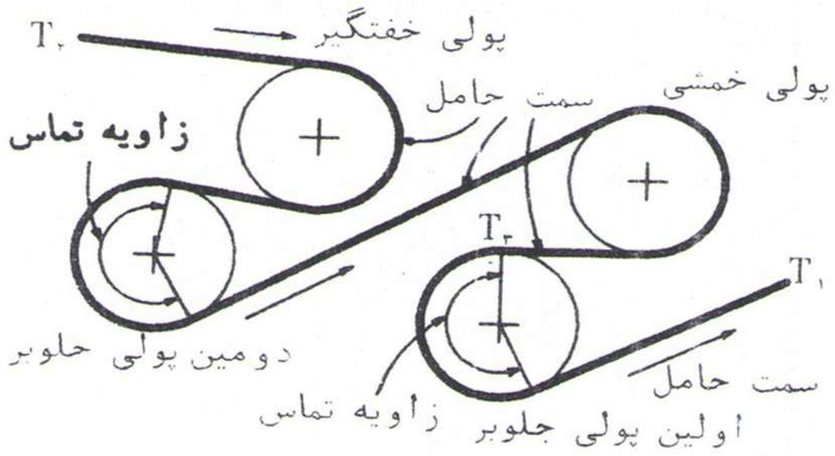
شکل ۲۱

(دو پولی جلوبر پشت سر هم، در سمت برگشت تسمه)



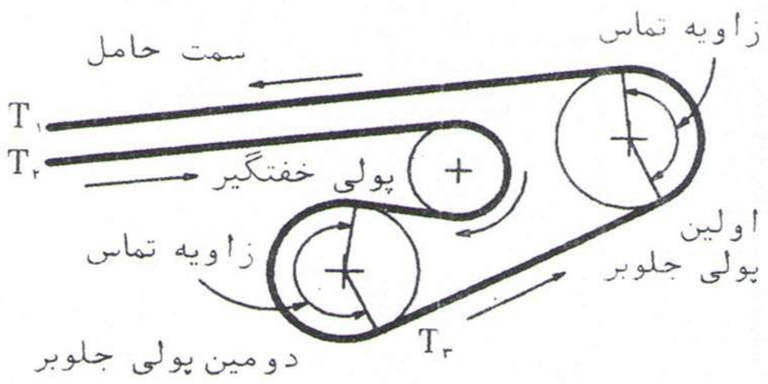
شکل ۲۲

(دو پولی جلوبر در سمت برگشت تسمه)



شکل ۲۳

(دو پولی جلوبر، پولی اولیه در انتها ماشین نقاله قرار دارد)



www.niksadrasanat.ir

تهران، خیابان کریمخان زند، خیابان ایرانشهر شمالی، کوچه برنا، پلاک ۳۶، طبقه چهار، واحد ۷
تلفکس: ۸۸۳۴۰۹۹۶ - ۸۸۳۴۱۸۷۴ - ۸۸۴۹۰۳۱۲ - ۸۸۴۹۰۳۴۸

٤ـ٢ـ٢. انواع ماشین نقاله و فرمول‌های محاسبهٔ آنها

$T_2 = T_1 + T_b - T_f$ (مقدار ماکزیمم را انتخاب کنید)

یا

$T_2 = C_W \times T_e$

$T_e = T_1 - T_2$

$T_t = T_2 - T_0 + T_f$ (مقدار ماکزیمم را انتخاب کنید)

یا

$T_t = T_0$

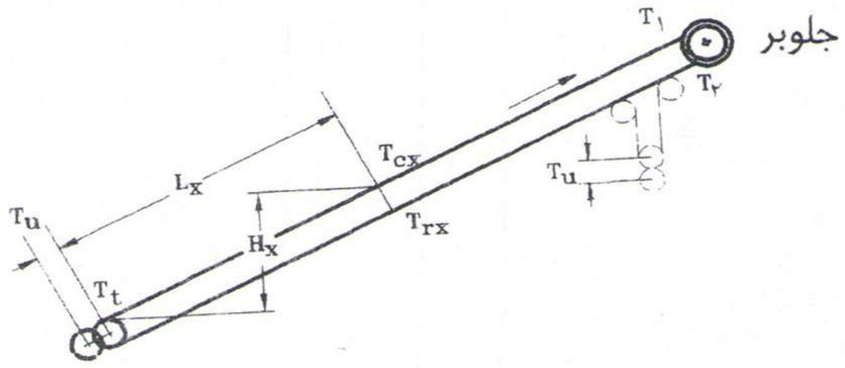
$T_1 = T_{max}$

$T_2 = T_{min}$

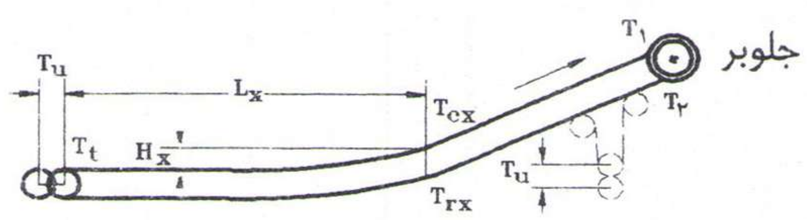
$T_{rx} = T_t + T_{wrx} - T_{frx}$

$T_{cx} = T_{fcx} + T_{wcx} + T_t$

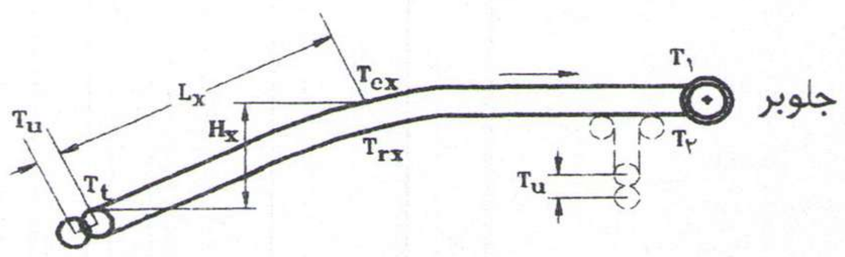
شکل ۲۴ (ماشین نقاله بالابر، با پولی جلوبر در سر)



شکل ۲۵ (ماشین نقاله با انحنای کاو، با پولی جلوبر در سر)



شکل ۲۶ (ماشین نقاله با انحنای کوژ و پولی جلوبر در سر)



* TU نماد Take Up محل وسیله کششی است.

www.niksadrasanat.ir

تهران، خیابان کریمخان زند، خیابان ایرانشهر شمالی، کوچه برنا، پلاک ۳۶، طبقه چهار، واحد۷
تـلفـکس: ۸۸۳۴۰۹۹۶ – ۸۸۳۴۱۸۷۴ – ۸۸۴۹۰۳۱۲ – ۸۸۴۹۰۳۴۸

$T_e = T_1 - T_2$

$T_2 = C_w \times T_e$ یا $T_2 = T_0 - T_e$

(مقدار ماکزیمم را انتخاب کنید)

$T_t = T_{max} = T_2 + T_b + T_f$ یا $T_t = T_e + T_2$

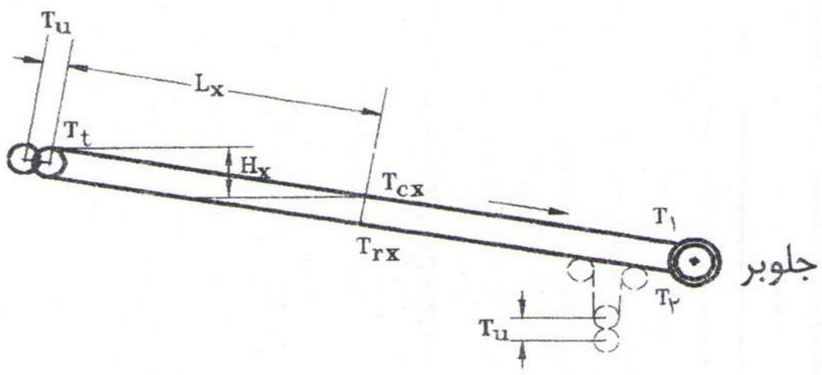
$T_{max} = T_t = T_1$

$T_{cx} = T_{fcx} - T_{wcx} + T_t$

$T_{rx} = T_t - T_{wrx} - T_{frx}$

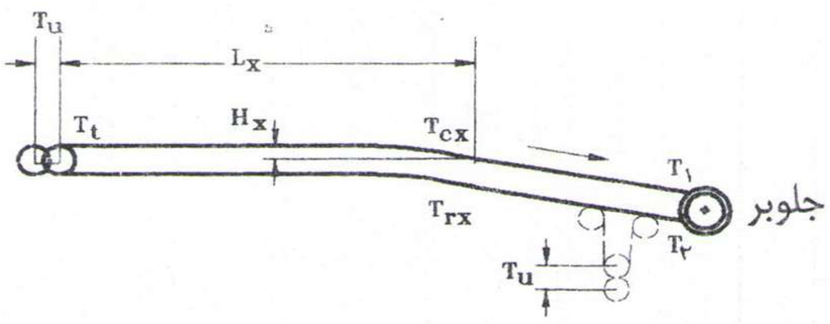
شکل ۲۷

(ماشین نقاله پایین‌بر با پولی جلوبر در سر)



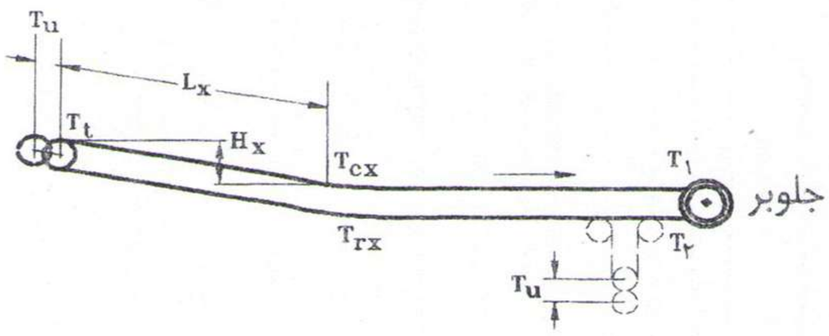
شکل ۲۸

(ماشین نقاله با انحنای کوژ، پولی جلوبر در سر)



شکل ۲۹

(ماشین نقاله با انحنای کاو، پولی جلوبر در سر)



$T_e = T_1 - T_2$

$T_2 = C_w \times T_e$ یا $T_2 = T_0$

(مقدار ماکزیمم را انتخاب کنید)

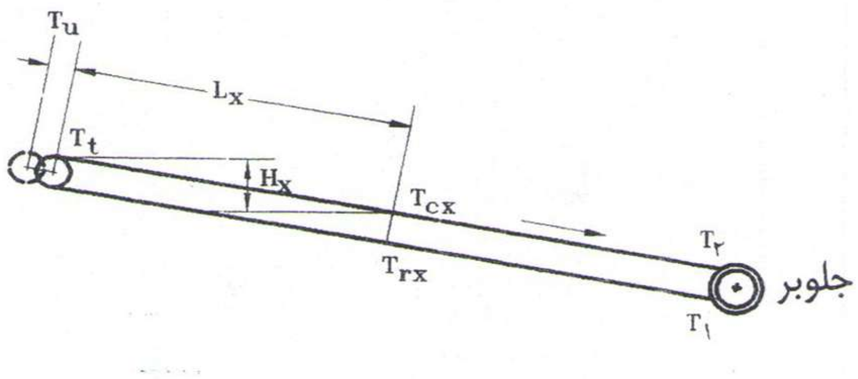
$T_t = T_{max} = T_2 + T_b + T_f$

$T_{cx} = T_{fcx} - T_{wcx} + T_t$

$T_{rx} = T_t - T_{wrx} - T_{frx}$

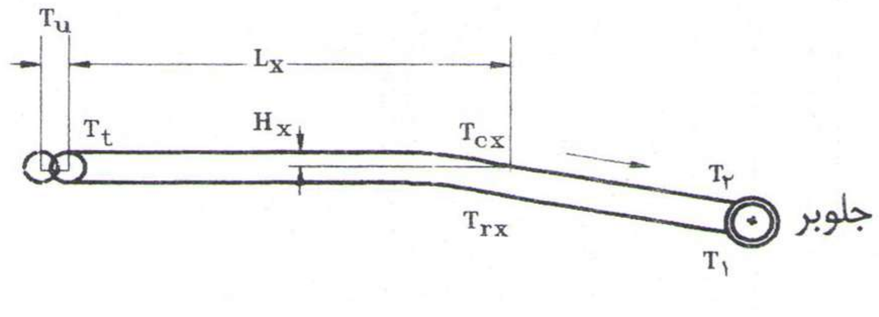
شکل ۳۰

(ماشین نقاله پایین‌بر با پولی جلوبر در سر)



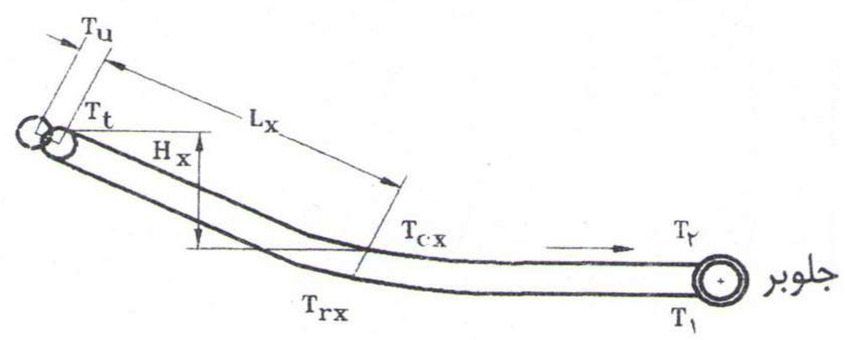
شکل ۳۱

(ماشین نقاله با انحنای کوژ، پولی جلوبر در سر)



شکل ۳۲

(ماشین نقاله انحنای کاو، پولی جلوبر در سر)



www.niksadrasanat.ir

تهران، خیابان کریمخان زند، خیابان ایرانشهر شمالی، کوچه برنا، پلاک ۳۶، طبقه چهار، واحد ۷

تلفکس: ۸۸۳۴۰۹۹۶ - ۸۸۳۴۱۸۷۴ - ۸۸۴۹۰۳۱۲ - ۸۸۴۹۰۳۴۸

$T_e = T_1 - T_2$

$T_2 = T_.$ (مقدار ماکزیمم را انتخاب کنید)

$T_{max} = T_1$

$T_{min} = T_2$

$T_t = T_2$

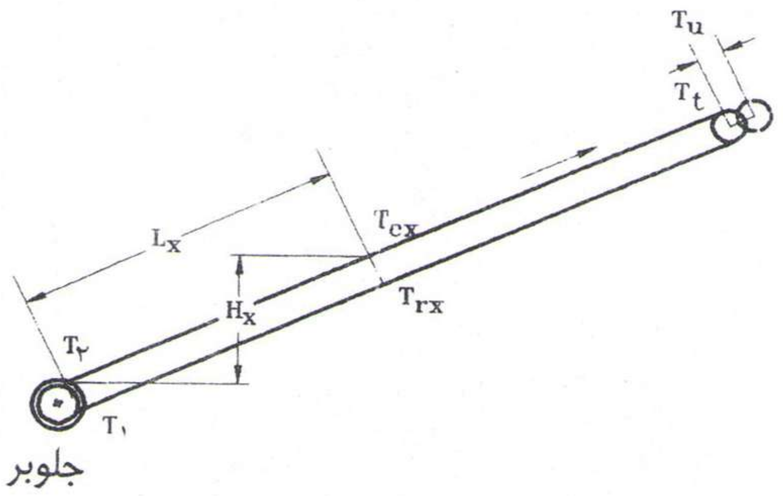
$T_h = T_1 - T_f + T_b$

$T_{cx} = T_2 - T_{wcx} + T_{fcx}$

$T_{rx} = T_1 - T_{wrx} - T_{frx}$

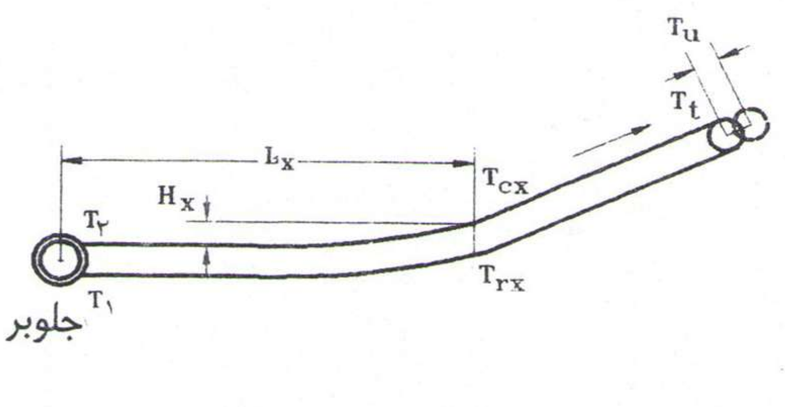
شکل ۳۳

(ماشین نقاله بالابر با پولی جلوبر در ته)



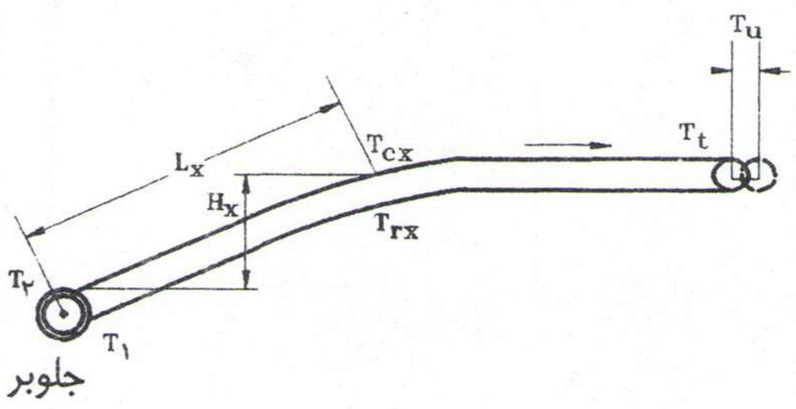
شکل ۳۴

(ماشین نقاله با انحنای کاو، با پولی جلوبر در انتها)



شکل ۳۵

(ماشین نقاله با انحنای کوژ، با پولی جلوبر در انتها)



$T_e = T_1 - T_2$

$T_2 = C_w \times T_e$ یا $T_2 = T_h + T_b + T_f - T_e$ (مقدار ماکزیمم را انتخاب کنید)

$T_h = T_.$ یا $T_h = T_t - T_b - T_f$ (مقدار ماکزیمم را انتخاب کنید)

$T_h = T_{min}$

$T_b = H \times W_b$

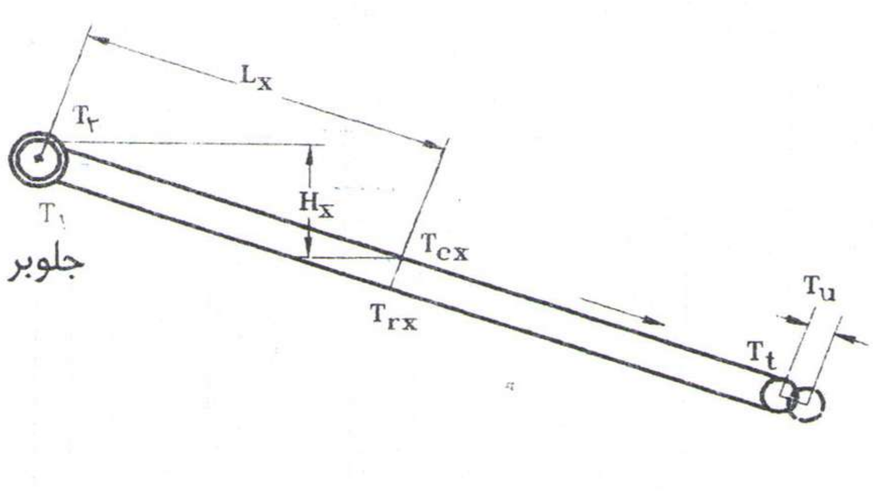
$T_t = T_{max} = T_2 + T_e$

$T_{cx} = T_2 - T_{wcx} + T_{fcx}$

$T_{rx} = T_1 - T_{wrx} - T_{frx}$

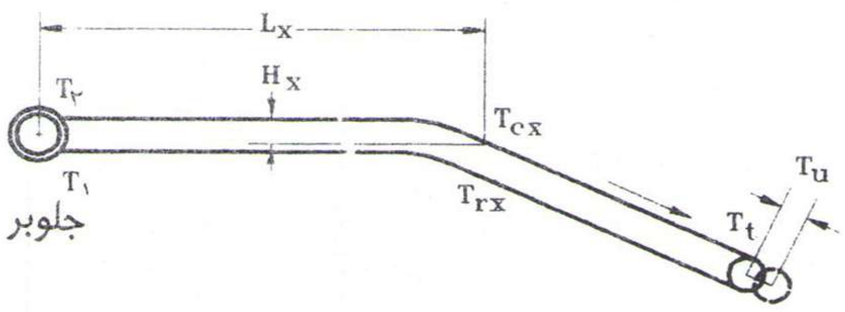
شکل ۳۶

(ماشین نقاله پایین‌بر، با پولی جلوبر در انتها)



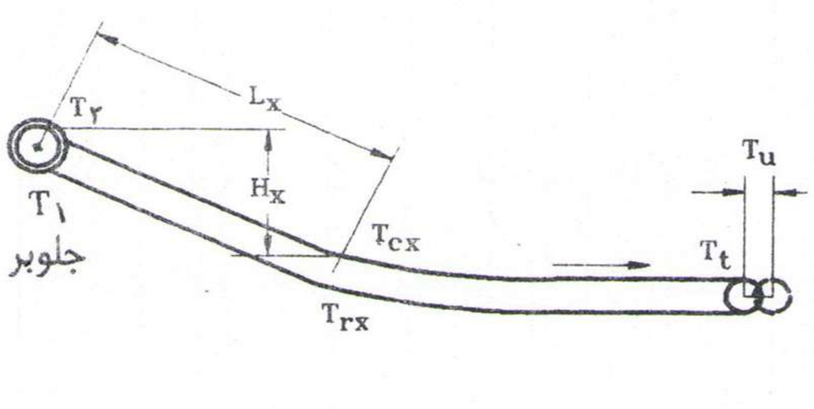
شکل ۳۷

(ماشین نقاله با انحنای کوژ، با پولی جلوبر در انتها)



شکل ۳۸

(ماشین نقاله با انحنای کاو، با پولی جلوبر در انتها)



www.niksadrasanat.ir

تهران، خیابان کریمخان زند، خیابان ایرانشهر شمالی، کوچه برنا، پلاک ۳۶، طبقه چهار، واحد ۷
تلفکس: ۸۸۳۴۰۹۹۶ - ۸۸۳۴۱۸۷۴ - ۸۸۴۹۰۳۱۲ - ۸۸۴۹۰۳۴۸

$T_e = T_1 - T_2$

$T_2 = C_w \times T_e$ یا $T_2 = T_0 + T_b + T_f$

(مقدار ماکزیمم را انتخاب کنید)

$T_h = T_0$ یا $T_h = T_t - T_b - T_f$

(مقدار ماکزیمم را انتخاب کنید)

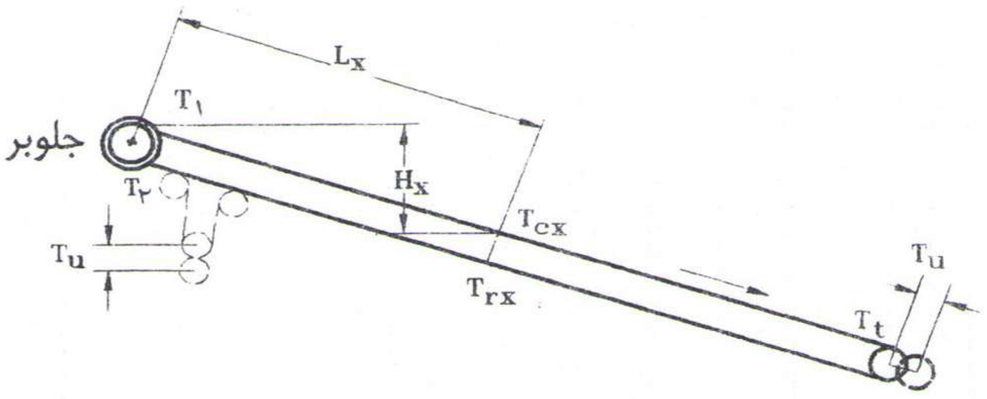
$T_h = T_{min}$ $T_t = T_{max} = T_2 + T_e$

$T_{cx} = T_1 - T_{wcx} + T_{fcx}$

$T_{rx} = T_2 - T_{wrx} - T_{frx}$

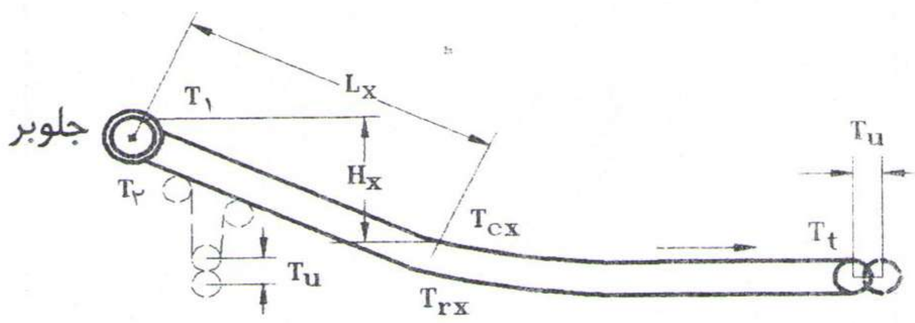
شکل ۳۹

(ماشین نقاله پایین‌بر با پولی جلوبر در انتها)



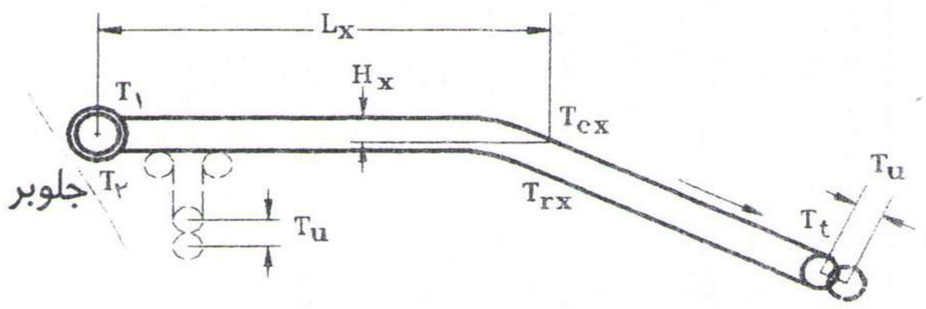
شکل ۴۰

(ماشین نقاله با انحنای کاو با پولی جلوبر در انتها)



شکل ۴۱

(ماشین نقاله با انحنای کوژ با پولی جلوبر در انتها)



$T_e = T_1 - T_2$

$T_2 = C_w \times T_e$ یا $T_2 = T_0 - 0/015 \times W_b \times L_d + W_b \times H_d$

H_d = (ارتفاع از پولی جلوبر) (مقدار ماکزیمم را انتخاب کنید)

$T_t = T_{min}$ $T_t = T_0$ یا

$T_t = T_2 + 0/015 \times W_b \times L_d - W_b \times H_d$

(مقدار ماکزیمم را انتخاب کنید)

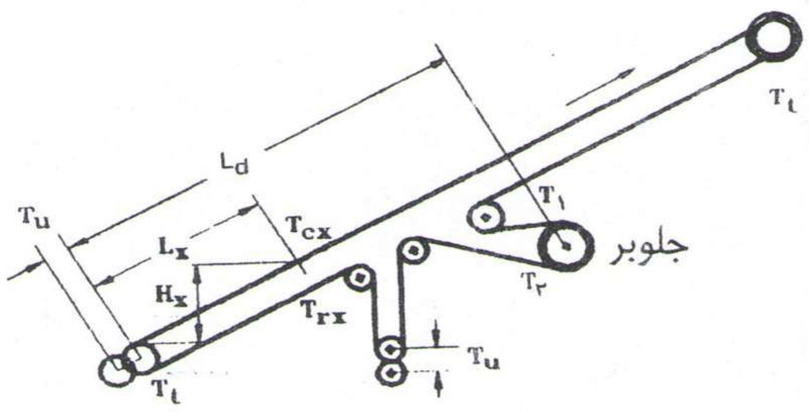
$T_h = T_{max}$ $T_h = T_t + T_{wcx} + T_{fcx}$

$T_{cx} = T_t + T_{wcx} + T_{fcx}$

$T_{rx} = T_t + T_{wrx} - T_{frx}$

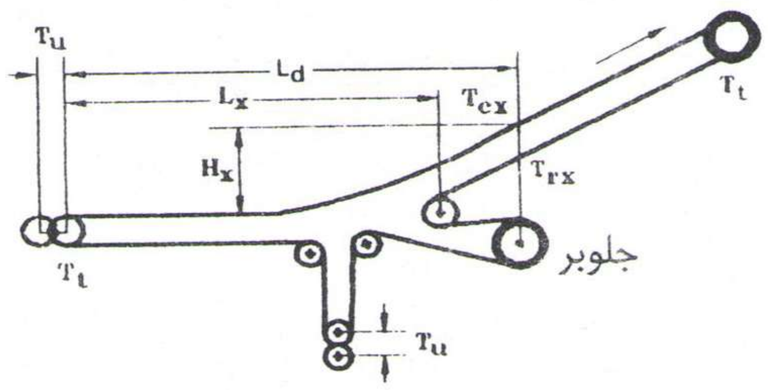
شکل ۴۲

(ماشین نقاله بالابر با پولی جلوبر در سمت برگشت تسمه)



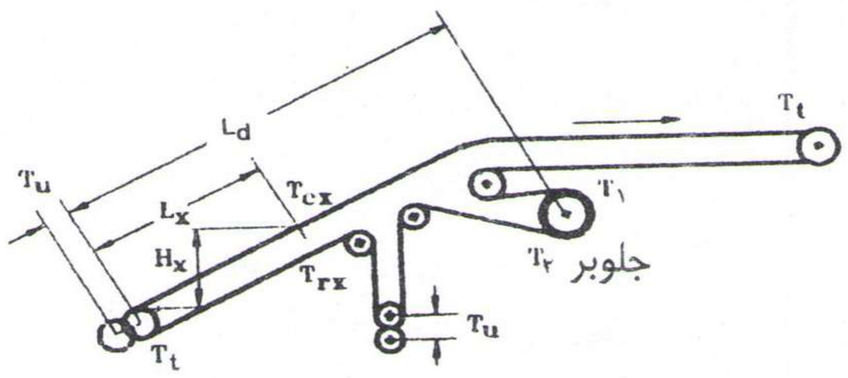
شکل ۴۳

(ماشین نقاله با انحنای کاو و پولی جلوبر در سمت برگشت تسمه)



شکل ۴۴

(ماشین نقاله با انحنای کوژ و پولی جلوبر در سمت برگشت تسمه)



www.niksadrasanat.ir

تهران، خیابان کریمخان زند، خیابان ایرانشهر شمالی، کوچه برنا، پلاک ۳۶، طبقه چهار، واحد ۷

تلفکس: ۸۸۳۴۰۹۹۶ - ۸۸۳۴۱۸۷۴ - ۸۸۴۹۰۳۱۲ - ۸۸۴۹۰۳۴۸

$T_e = T_1 - T_2$

$T_2 = C_w \times T_e$ یا $T_2 = T_. - T_e$

(مقدار ماکزیمم را انتخاب کنید)

$T_t = T_e + T_2$ یا $T_t = T_.$

$T_t = T_2 + ۰/۰۱۵ \times W_b \times L_d - W_b \times H_d$

(مقدار ماکزیمم را انتخاب کنید)

$T_{max} = T_t$ یا $T_{max} = T_1$ (مقدار ماکزیمم را انتخاب کنید)

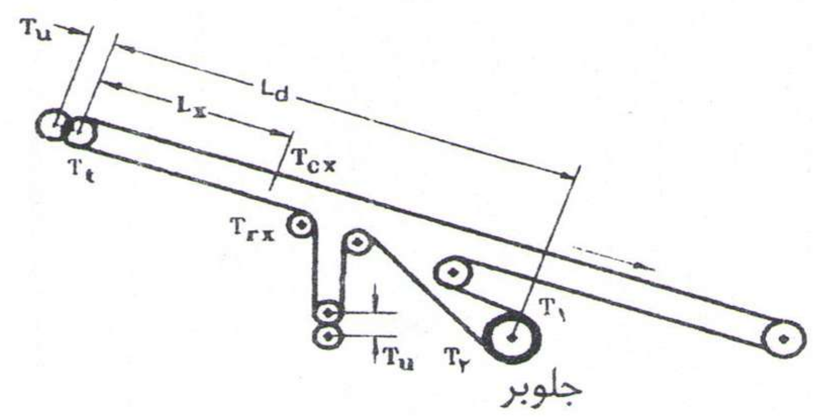
$T_{min} = T_1$ یا $T_{min} = T_t$ (مقدار ماکزیمم را انتخاب کنید)

$T_{cx} = T_t - T_{wcx} + T_{fcx}$

$T_{rx} = T_t - T_{wrx} - T_{frx}$

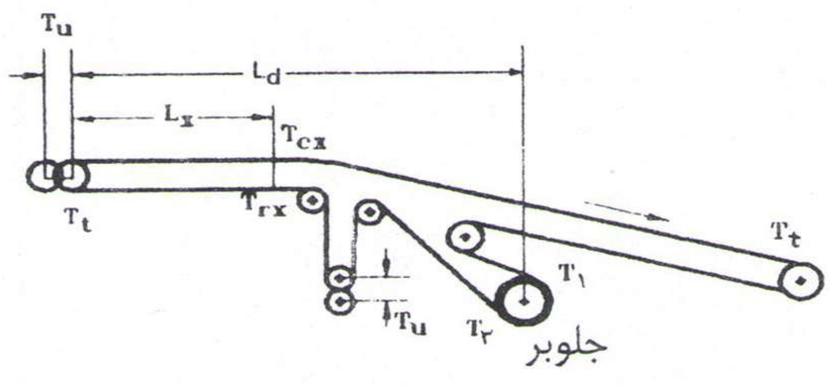
شکل ۴۵

(ماشین نقاله پایین‌بر با پولی جلوبر در سمت برگشت تسمه)



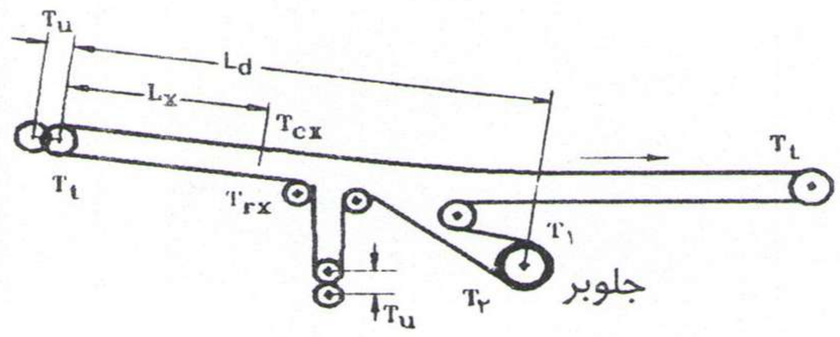
شکل ۴۶

(ماشین نقاله با انحنای کوژ با پولی جلوبر در سمت برگشت تسمه)



شکل ۴۷

(ماشین نقاله با انحنای کاو با پولی جلوبر در سمت برگشت تسمه)



$T_e = T_1 - T_2$ $T_2 = C_w \times T_e$ یا $T_2 = T_.$

(مقدار ماکزیمم را انتخاب کنید)

$T_t = T_e + T_2$

$T_t = T_{max} = T_2 + ۰/۰۱۵ \times W_b \times L_d \times H_d$

(مقدار ماکزیمم را انتخاب کنید)

$T_h = T_.$

$T_h = T_t - ۰/۰۱۵ \times W_b \times (L - L_d) - W_b \times (H - H_d)$

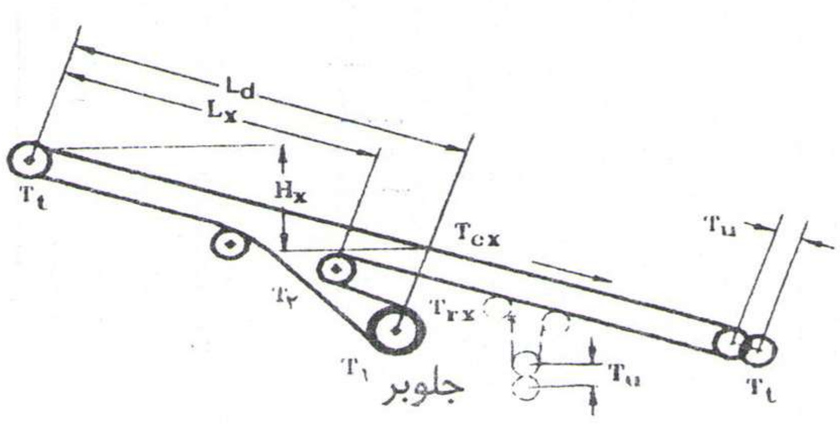
(مقدار ماکزیمم را انتخاب کنید)

$T_{cx} = T_t - T_{wcx} + T_{fcx}$

$T_{rx} = T_t - T_{wrx} - T_{frx}$

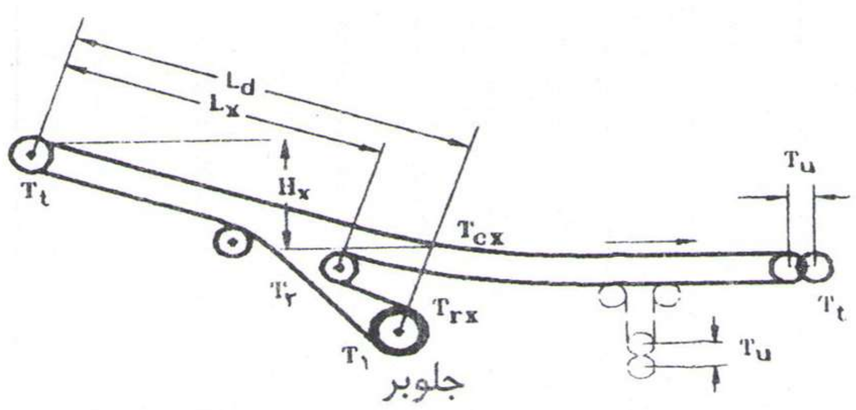
شکل ۴۸

(ماشین نقاله پایین‌بر با پولی جلوبر در سمت برگشت تسمه)



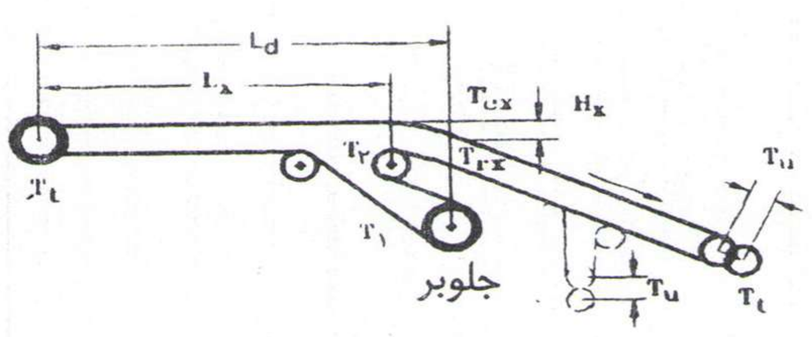
شکل ۴۹

(ماشین نقاله با انحنای کاو و پولی جلوبر در سمت برگشت تسمه)



شکل ۵۰

(ماشین نقاله با انحنای کوژ و پولی جلوبر در سمت برگشت تسمه)



www.niksadrasanat.ir

تهران، خیابان کریمخان زند، خیابان ایرانشهر شمالی، کوچه برنا، پلاک ۳۶، طبقه چهار، واحد ۷

تلفکس: ۸۸۳۴۰۹۹۶ - ۸۸۳۴۱۸۷۴ - ۸۸۴۹۰۳۱۲ - ۸۸۴۹۰۳۴۸

نمادهای جدیدی که در فرمول‌های صفحات قبلی آمده به شرح زیر است.

L_x : فاصله افقی پولی انتها تا نقطه مورد نظر x (متر)

L_d : فاصله افقی پولی انتهایی تا پولی جلوبر (متر)

H_x : فاصله عمودی پولی انتها تا نقطه مورد نظر x (متر)

T_{cx} : کشش وارد بر تسمه در نقطه x از سطح حامل تسمه (کیلوگرم)

T_{rx} : کشش وارد بر تسمه در نقطه x از سطح برگشت تسمه (کیلوگرم)

T_t : کشش تسمه بر روی پولی انتها (کیلوگرم)

T_{wcx} : کشش وارد بر تسمه در نقطه x روی سطح حامل تسمه حاصل از وزن بار و تسمه (کیلوگرم)

T_h : کشش تسمه بر روی پولی سر (کیلوگرم)

T_{fcx} : کشش در نقطه x سطح حامل تسمه حاصل از اصطکاک هرزگردها (کیلوگرم)

T_{wrx} : کشش تسمه در نقطه x بر روی سطح برگشت تسمه حاصل از وزن تسمه (کیلوگرم)

T_{frx} : کشش تسمه در نقطه x بر روی سطح برگشت تسمه حاصل از اصطکاک هرزگردها (کیلوگرم)

T_b : کشش لازم برای به حرکت درآوردن وزن تسمه در جهت عمودی (کیلوگرم)

$$T_{wcx} = H_x (W_b + W_m)$$

$$T_{fcx} = L_x K_t (K_x + K_y W_b) + L_x K_y W_m$$

$$T_{wrx} = H_x W_b$$

$$T_{frx} = ۰/۰۱۵ L_x W_b K_t$$

$$T_b = H W_b$$

باید توجه داشت که وقتی ماشین نقاله دارای دو پولی جلوبر است، C_W از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$C_W = \frac{(C_{WP})(C_{WS})}{۱ + C_{WS} + C_{WP}}$$

C_W : فاکتور پیچش کل

C_{WP} : فاکتور پیچش مربوط به جلوبر اول

C_{WS} : فاکتور پیچش مربوط به جلوبر دوم

٤ـ ۳. محاسبهٔ استحکام عملی پارچه منجید و تسمه

پس از آن که T_{max} محاسبه شد، باید مطابق استاندارد استحکام عملی تسمه نیز محاسبه شود. استحکام عملی تسمه برحسب کیلوگرم بر سانتی‌متر و یا نیوتون بر متر بیان می‌شود.

استحکام پارچه منجید $(Kg/cm) = \frac{T_{max}}{bn} S_f$

T_{max} : کشش ماکزیمم (کیلوگرم)

b : عرض تسمه (سانتی‌متر)

n : تعداد لایه‌های تسمه

S_f : ضریب اطمینان

استحکام تسمه $(Kg/cm) = \frac{T_{max}}{b} S_f$

مقادیر استاندارد S_f را از جدول ۱۸، ۱۹ و ۲۰ می‌توان بدست آورد.

جدول ۱۸ (مقادیر S_f برای تسمه‌های پارچه‌ای چندلایه)

زمان یک دور تسمه	مواد	A		B	
	اندازه کلوخه	کوچک	بزرگ	کوچک	بزرگ
	کوچکتر از ۱/۰	۱۱	۱۱	۱۱	۱۲
	۱/۰ تا ۳/۰	۱۰	۱۱	۱۱	۱۱
	۳/۰ تا ۱۰/۰	۹	۹	۱۰	۱۰
	بزرگتر از ۱۰/۰	۸	۸	۸	۸

A : غلات، خمیر کاغذ، کاغذ، براده چوب، سود، خاک رس، آهک، ماسه، نمک، ماسه بادی، سیمان، بوراکس.

B : زغال سنگ، سنگ آهک، شن، کک، خرده‌شیشه، سنگ معدن مس، سنگ معدن آهن، فسفات، سنگ معدن منگنز، دولامیت.

جدول ۱۹ (مقادیر S_f برای تسمه‌های پارچه‌ای یک‌لایه)

زمان یک دور تسمه	مواد	A		B	
	اندازه کلوخه	کوچک	بزرگ	کوچک	بزرگ
	کوچکتر از ۱/۰	۱۳	۱۴	۱۴	۱۵
	۱/۰ تا ۳/۰	۱۲	۱۳	۱۳	۱۴
	۳/۰ تا ۱۰/۰	۱۱	۱۱	۱۲	۱۲
	بزرگتر از ۱۰/۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰

جدول ۲۰ (مقادیر S_f برای تسمه‌های فلزی)

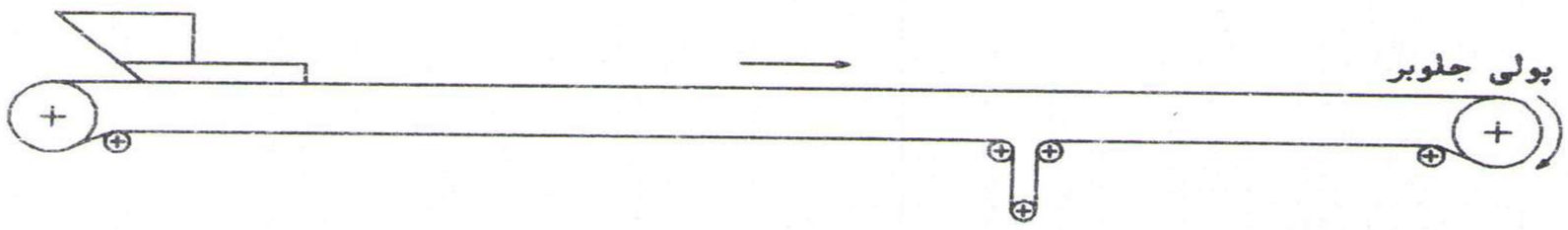
مواد	A		B	
اندازه کلوخه	کوچک	بزرگ	کوچک	بزرگ
کوچکتر از ۳/۰	۸	۸	۸	۸
۳/۰ تا ۱۰/۰	۷	۷	۷	۷
بزرگتر از ۱۰/۰	۶/۷	۶/۷	۶/۷	۶/۷

زمان یک دور تسمه

در جدولهای ۱۸، ۱۹ و ۲۰ کلوخه‌های کوچک یعنی کوچک‌تر از ۳۰ میلی‌متر و بزرگ یعنی بزرگ‌تر از ۳۰ میلی‌متر. همچنین باید توجه داشت که برای تسمه‌نقاله‌های مقاوم در مقابل حرارت و تسمه‌نقاله‌هایی که به صورت عمودی کار می‌کنند S_f به نسبت زمان دور تسمه باید بیشتر از ۲۰ در نظر گرفته شود و نیز وقتی دو سر تسمه با بست‌های فلزی به هم بسته شده باشند باید S_f را بیش از ۱۲ در نظر گرفت.

مسأله ۱

شکل ۵۱. ماشین تسمه‌نقاله به شکل زیر است :



حساب کنید : کشش مؤثر T_e، کشش سمت شل T_2، کشش ماکزیمم T_{max}، کشش سمت سفت T_1، کشش روی پولی انتهایی T_t و همچنین استحکام پارچه و تسمه‌نقاله.

مشخصات ماشین تسمه‌نقاله :

L : ۶۵۰ متر

V : ۱۵۰ متر در دقیقه

H : صفر

Q_t : ۳۴۰۰ تن در ساعت

b : ۱۰۰ سانتی‌متر

W_b : ۱۱/۵ کیلوگرم بر متر

دمای محیط : ۲۰ °C

مواد : سنگ معدنی با دانسیته ۲/۲ (تن در متر مکعب)

جلوبر : روکش شده و زاویه تماس تسمه و پولی ۲۲۰ درجه

هرزگردهای زاویه‌دار به قطر ۱۵ سانتی‌متر، شافت ۳/۵ سانتی‌متر، زاویه ۲۰ درجه و فاصله آنها از هم یک متر است. دستگاه ماشین نقاله به یک گردشگر متصل است و برای تخلیه مواد از گوه v کامل استفاده می‌شود. همچنین پاک‌کن در سر راه تسمه است و وسیله کششی خودکار است و هدایت‌کننده مواد به طول ۱/۵ متر و عمق تماس ۱۰ سانتی‌متر بر روی تسمه نصب شده است.

تجزیه و تحلیل مسأله :

با توجه به دمای محیط و نمودار ۴

$K_t = ۱$

$W_m = ۱۶/۶ \frac{Q_t}{V}$

$W_m = ۱۶/۶ \frac{۳۴۰۰}{۱۵۰}$

$W_m = ۳۷۶/۲۶۶ \ Kg/m$

$K_x = ۰/۰۰۰۶۸ (W_m + W_b) + ۰/۴۵۳۶ \frac{a_i}{S_i}$

$K_x = ۰/۰۰۰۶۸ (۳۷۶/۲۲۶ + ۱۱/۵) + ۰/۴۵۳۶ \frac{۲/۱۴}{۱}$

$K_x = ۱/۲۳۴۳$

با توجه به جدول ۱۴

$K_y = ۰/۰۲۰۸$

اکنون جملات سمت راست رابطه (۷) را محاسبه می‌کنیم تا T_e را بدست آوریم.

$LK_tK_x = ۶۵۰ \times ۱ \times ۱/۲۳۴۳ = ۸۰۲/۲۹۵ \ (Kg)$

$LK_tK_yW_b = ۶۵۰ \times ۱ \times ۰/۰۲۰۸ \times ۱۱/۵ = ۱۵۵/۴۸ \ (Kg)$

$T_f = ۰/۰۱۵ \ LK_tW_b = ۰/۰۱۵ \times ۶۵۰ \times ۱ \times ۱۱/۵ = ۱۱۲/۱۲۵ \ (Kg)$

$LK_yW_m = ۶۵۰ \times ۰/۰۲۰۸ \times ۳۷۶/۲۶۶ = ۵۰۸۷/۱۱۶ \ (Kg)$

$HW_m = ۰ \times ۳۷۶/۲۶۶ = ۰$

از جدول ۱۵

$T_T = ۷۰ \ (Kg)$

از جدول ۱۶

$T_P = ۰/۲۱۵ \times ۱۰۰ = ۲۱/۵ \ (Kg)$

$T_S = ۱۰۰ \times ۰/۶۰ = ۶۰ \ (Kg)$

$T_{SK} = ۰/۵۰۸۶ \ C_SL_bh'^2_S$

$T_{SK} = ۰/۵۰۸۶ \times ۰/۲۷۶۰ \times ۱/۵ \times ۱۰^۲$

$T_{SK} = ۲۱/۰۵۶ \ (Kg)$

T_{SK} برای دو هدایت‌کننده مواد که معمولاً در طرفین تسمه قرار می‌گیرد.

$T_{SK} = ۲ \times ۲۱/۰۵۶ = ۴۲/۱۱۲ \ (Kg)$

به سبب لبه‌های لاستیکی هدایت‌کننده‌ها

$T_{SK} = ۴۲/۱۱۲ + ۲ \times ۱/۵ \times ۴/۵ = ۵۵/۶۱۲ \ (Kg)$

$T_D = ۵ \times ۱۵ + ۲ \times ۲۰ = ۱۱۵ \ (Kg)$

$T_{Accessories} = ۳۲۲/۱۱۲ \ (Kg)$

$T_e = ۶۴۷۹/۱۲۸ \ (Kg)$

$T_۲ = C_WT_e = (۰/۳۵) \ (۶۴۷۹/۱۲۸) = ۲۲۶۷/۶۹۴۸ \ (Kg)$

$T_۱ = T_e + T_۲ = ۶۴۷۹/۱۲۸ + ۲۲۶۷/۶۹۴۸ = ۸۷۴۶/۸۲۲۸ \ (Kg)$

$T_t = T_۲ + ۰/۰۱۵ \ LK_tW_b + T_D = ۲۲۶۷/۶۹۴۸ + ۱۱۲/۱۲۵ + ۱۰۰ = ۲۴۷۹/۸۱۹۸ \ (Kg)$

استحکام تسمه $= \frac{۸۷۴۶/۸۲۲۸}{۱۰۰} \times ۱۱ = ۹۶۲/۱۵ \ (Kg/Cm)$

$S_f = ۱۱$

استحکام پارچه منجید $= \frac{۸۷۴۶/۸۲۲۸}{۴ \times ۱۰۰} \times ۱۱ = ۲۴۰/۵۳۷۶ \ (Kg/Cm)$

۴ = تعداد لایه‌های پارچه

تهران، خیابان کریمخان زند، خیابان ایرانشهر شمالی، کوچه برنا، پلاک ۳۶، طبقه چهار، واحد ۷
تلفکس: ۸۸۳۴۰۹۹۶ - ۸۸۳۴۱۸۷۴ - ۸۸۴۹۰۳۱۲ - ۸۸۴۹۰۳۴۸

٤ـ ٤. محاسبه حداکثر کشش وارد بر تسمه ماشین نقاله‌های عمودی

٤ـ ٤ـ ١. محاسبه‌ی تناژ یا ظرفیت

$$Q_t = \frac{۶۰ \nu.\gamma.e.V}{B_P}$$

٤ـ ٤ـ ٢. محاسبه‌ی کشش ماکزیمم وارد بر تسمه

$$T_{max} = T_e + \frac{B_g H}{B_P} + HW_b \qquad (۱)$$

یا (۲) $T_۱ = T_{max} = T_e + T_۲$

$$T_e = HW_m \qquad (۳)$$

هر یک از دو روابطه (۱) و (۲) که T_{max} بزرگتری را به دست داد، انتخاب می‌کنیم.

$T_۲ = T_e C_w$

نمادها عبارتند از:

ν : حجم هر قاشقک (مترمکعب)

e : حجم مؤثر بار هر قاشقک (جدول ۲۱)

B_P : فاصله قاشقکها از یکدیگر (متر)

Bg : وزن هر قاشقک با بار (کیلوگرم)

γ : وزن مخصوص مواد (تن بر مترمکعب)

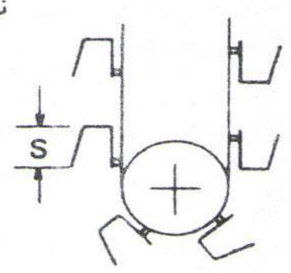
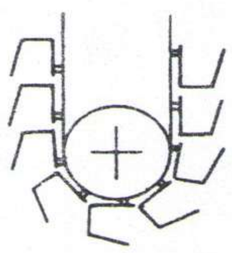
V : سرعت ماشین نقاله (متر در دقیقه)

H : ارتفاع (متر)

W_b : وزن خطی تسمه (کیلوگرم در متر)

W_m : وزن خطی بار (کیلوگرم در متر)

جدول ۲۱ (مقادیر e)

اندازه کلوخه (میلی‌متر)	مقدار e	نوع قاشقک
کوچکتر از ۱۰	۰/۸۵	نوع با فاصله $B_p > S$ 
بزرگتر از ۱۱	۰/۷۵	
کوچکتر از ۱۰	۰/۸۵	$B_p = S$ 
بزرگتر از ۱۱	۰/۶۰	

٤ـ ٥. کشش اولیه تسمه و طول کشش اولیه

اصولاً دو نوع وسیله کششی در ماشین‌های نقاله به کار گرفته می‌شوند. وسیله کششی دستی و وسیله کششی اتوماتیک یا خودکار. در ماشین‌های نقاله کوتاه (تا ۶۵ متر) معمولاً از وسیله کششی دستی و در ماشین‌های نقاله بلند از وسیله کششی اتوماتیک (خودکار) استفاده می‌کنند.

٤ـ ٥ـ ١. وسیله کششی دستی

وسیله کششی دستی از نظر اقتصادی مقرون به صرفه و کاربرد آن آسان است. ولی همواره به مراقبت نیاز دارد و مشکل اساسی این است که هیچ مرجع و منبعی وجود ندارد تا مقدار کشش اولیه را دقیقاً تعیین کرده باشد.

رابطه $\frac{WS_i^۲}{۸ T_۰}$ = درصد شکم بین دو هرزگرد متوالی

که در بخش ۳ـ ۲. ذکر شده است، می‌تواند مرجع خوبی باشد تا $T_۰$ را که کشش اولیه است، بدست آورد.

در مورد طول حرکت وسیله کشش دستی مقادیر جدول ۲۲ پیشنهاد می‌شود.

جدول ۲۲ (طول حرکت وسیله کشش دستی)

طول ماشین نقاله (متر)	حداقل حرکت (سانتی‌متر)	شرایط عادی (سانتی‌متر)
۱۰ یا کمتر	۲۰	۲۰
۱۵	۲۰	۳۵
۲۰	۳۰	۴۵
۲۵	۳۵	۷۵
۳۰	۴۵	۹۰
۶۵	۹۰	۱۸۰

تهران، خیابان کریمخان زند، خیابان ایرانشهر شمالی، کوچه برنا، پلاک ۳۶، طبقه چهار، واحد ۷
تلفکس: ۸۸۳۴۰۹۹۶ – ۸۸۳۴۱۸۷۴ – ۸۸۴۹۰۳۱۲ – ۸۸۴۹۰۳۴۸

٤ـ ۵ـ ۲. وسیله کشش خودکار

برای وسیله کشش خودکار حداقل طول حرکت از جدول ۲۳ بدست می‌آید.

جدول ۲۳ (حداقل طول حرکت وسیله کشش خودکار)

طول ماشین نقاله (متر)	شرایط (درصد از طول ماشین نقاله)		
	الف	ب	پ
تا ۳۵	۳	۳	۳
۶۵	۱/۷	۲/۳	۲/۹
۱۶۵	۱/۶	۲/۱	۲/۸
۲۶۵	۱/۵	۲	۲/۵
۳۵۰	۱/۵	۲	۲/۵
طویل‌تر از ۳۵۰	*	*	*

* به پیشنهاد کارخانه سازنده ماشین نقاله:

الف: هیچ رطوبت یا حرارت بیش از ۶۵ درجه در محیط کار ماشین نقاله نباشد و کشش شروع به کار تسمه بیش از ۱۵۰٪ کشش ماکزیمم وارد به تسمه نباشد.

ب: هیچ رطوبت یا حرارت بیش از ۶۵ درجه در محیط کار ماشین نقاله نباشد و کشش شروع به کار تسمه بیش از ۲۰۰٪ کشش ماکزیمم وارد به تسمه نباشد.

پ: ماشین نقاله در محیط مرطوب یا حرارت بیش از ۶۵ درجه کار می‌کند و کشش شروع به کار تسمه بیش از ۲۰۰٪ کشش ماکزیمم وارد به تسمه نباشد.

کشش اولیه برای وسیله کشش خودکار را با توجه به شکل ماشین نقاله و محل قرارگیری وسیله کششی می‌توان محاسبه کرد. اصولاً اگر اطلاعات مکتوبی از کشش اولیه نداشتیم بهترین انتخاب دو برابر کشش وارد بر تسمه در نقطه‌ای است که می‌خواهیم وسیله کششی را نصب کنیم.

$$W_g = \frac{2T + W_f - W_P}{R}$$

W_g : کشش اولیه برای وسیله کشش خودکار (کیلوگرم)

W_f : نیروی لازم برای اصطکاک وسایل کششی مثل سیمها و وسایل دیگر(کیلوگرم)

W_P : نیروی مربوط به وسایل کششی که به صورت افقی حرکت می‌کنند مثل چرخها، پولی‌ها، شافت‌ها و... در صورتی که این وسایل عمودی حرکت کنند W_P صفر خواهد بود.

R : مزیت مکانیکی است، در صورتی که وجود داشته باشد.

T : کشش در نقطه‌ای که وسیله کششی اولیه نصب می‌شود.

مسأله ۲

کشش اولیه را برای ماشین نقاله مسأله ۱ حساب کنید در صورتی که وسیله کشش اولیه در ۴۰۰ متری از پولی انتهایی قرار داشته باشد و هیچ مزیت مکانیکی وجود ندارد و از نیروهای اصطکاکی وسیله کشش بتوان صرف نظر کرد.

حل: با توجه به محاسبات مسأله ۱ و داده‌های این مسأله

$$W_g = \frac{2T + W_f - W_P}{R}$$

$$W_g = 2T$$

$$T = T_{rx} = T_t + T_{wrx} - T_{frx} = T_t + H_x W_b - 0/015\, K_t\, L_x W_b$$

$$T_{rx} = 2479/8198 + 0 \times 11/5 - 0/015 \times 1 \times 400 \times 11/5$$

$$T_{rx} = 2479/8198 - 69 = 2410/8198 \text{ (Kg)}$$

$$W_g = 2T = 2 \times 2410/8198 = 4821/6396 \text{ (Kg)}$$

٤ـ ۶. شتاب و واشتاب ماشین نقاله

در هنگامی که دستگاه ماشین نقاله شروع به کار می‌کند، به علت شتابی که دستگاه می‌گیرد کشش وارد به تسمه چند برابر کششی است که هنگام حمل بار به تسمه وارد می‌شود. همچنین در ماشین‌های تسمه نقاله بلند هنگام ترمز و توقف دستگاه کشش اضافی به تسمه وارد می‌شود. به این علت باید از این نیروهای اضافی اطلاعات کافی داشته باشیم تا بیش از حد مجاز به تسمه کشش وارد نشود.

٤ـ ۶ـ ۱. کشش وارد بر تسمه هنگام شروع به کار (شتاب تسمه)

کشش وارد بر تسمه هنگام شروع به کار از شتاب دستگاه ایجاد می‌شود.

جدول ۲۴ کشش مجاز شروع به کار را برای تسمه‌های گوناگون توصیه می‌کند.

تهران، خیابان کریمخان زند، خیابان ایرانشهر شمالی، کوچه برنا، پلاک ۳۶، طبقه چهار، واحد ۷
تلفکس: ۸۸۳۴۰۹۹۶ – ۸۸۳۴۱۸۷۴ – ۸۸۴۹۰۳۱۲ – ۸۸۴۹۰۳۴۸

جدول ۲۴ (کشش مجاز شروع به کار تسمه)

شرایط	درصد مجاز کشش بر حسب ماکزیمم کشش وارد بر تسمه
تسمه نقاله‌هایی که بر هر لایه منجید آنها ۱۰ (Kg/Cm) نیرو بیشتر وارد نمی‌شود.	**ماکزیمم ۲۰۰٪ ـ ترجیحاً ۱۸۰٪**
تسمه نقاله افقی که بر هر لایه منجید آنها ۱۵ (Kg/Cm) نیرو بیشتر وارد نمی‌شود.	**ماکزیمم ۲۰۰٪ ـ ترجیحاً ۱۸۰٪**
تسمه نقاله‌هایی بالابر با ۱۵ تا ۱۸ درجه شیب که بر هر لایه منجید آنها ۱۵ (Kg/Cm) نیرو بیشتر وارد نمی‌شود.	**ماکزیمم ۲۰۰٪ ولی مقدار WR^2 معمولاً آن را غیر ممکن می‌کند.**
تسمه نقاله‌هایی که بر هر لایه منجید آنها بیش از ۱۵ (Kg/Cm) نیرو وارد می‌شود.	**ماکزیمم ۱۵۰٪ ـ ترجیحاً ۱۳۵٪**

$$F_a = (A \times b \times T_n \times n) - (T_{max})$$

$$t = \frac{M}{F_a} \frac{(V_1 - V_0)}{60}$$

F_a : نیروی شتاب یا واشناب (کیلوگرم)
A : درصد مجاز کشش
b : عرض تسمه (سانتی‌متر)
V_1 : سرعت نهایی (متر در دقیقه)
V_0 : سرعت اولیه (متر در دقیقه)
T_n : کشش وارد بر هر لایه تسمه (Kg/Cm)
n : تعداد لایه‌ها
t : زمان شتاب (ثانیه)
M : وزن کل ماشین نقاله و بار که در حرکت‌اند بجز موتور و اجزاء آن (کیلوگرم). (این اطلاعات را باید از کارخانه سازنده ماشین نقاله بدست آورد.)

٤ـ ۶ـ ۲. زمان لازم برای توقف تسمه (زمان واشتاب)

برای محاسبه زمان واشتاب از روابط زیر استفاده می‌کنیم :

$$t = \frac{E}{\frac{1}{2} V.F}$$

$$E = \frac{1}{2} MV^2$$

$$F = \frac{P}{V}$$

E : انرژی جنبشی دستگاه (J)
t : زمان لازم برای واشتاب یا ترمز دستگاه (ثانیه)
M : وزن معادل همه اجزاء متحرک دستگاه (Kg)
P : توان موتور (W)
V : سرعت تسمه (m/s)

مسأله ۳

نیروی شتاب و زمان آن را برای ماشین نقاله مسأله ۱ حساب کنید. همهٔ اطلاعات مسأله ۱ داده شده است و اطلاعات لازم دیگر به شرح زیر است:

وزن بار = ۳۷۶/۲۶۶ × ۶۵۰ = ۲۴۴۵۷۲/۹ (Kg)

وزن تسمه = ۱۱/۵ × ۶۵۰ = ۷۴۷۵ (Kg)

وزن قسمتهای متحرک ماشین نقاله = ۷۷۷۴۷/۹ (Kg)

M = ۳۲۹۷۹۵/۸ (Kg)

از مسأله ۱ داریم :

T_1 = ۸۷۴۶/۸۲۲۸ (Kg)

حال چنانچه تسمه‌ای انتخاب کنیم که نیروی وارد بر هر لایه آن ۱۵ (Kg/Cm) و شش لایه باشد و درصد مجاز کشش اولیه ۱۸۰٪ حداکثر نیروی وارد بر آن باشد، خواهیم داشت:

$$F_a = (\frac{180}{100} \times 100 \times 15 \times 6) - (8746/8228) =$$
۷۴۵۳/۱۷۷۲ (Kg)

$$t = \frac{M}{F_a} \frac{(V_1 - V_0)}{60} = \frac{329795/8}{7453/1772} \times (\frac{150 - 0}{60}) = 110/62 \text{ (s)}$$

این نتیجه بدین معنی است که وقتی حداکثر کشش وارد بر تسمه (Kg/Cm) ۸۷۴۶/۸۲۲۸ است زمان شتاب نباید کمتر از ۱۱۰/۶۲ ثانیه باشد.

تهران، خیابان کریمخان زند، خیابان ایرانشهر شمالی، کوچه برنا، پلاک ۳۶، طبقه چهار، واحد ۷
تلفکس: ۸۸۳۴۰۹۹۶ – ۸۸۳۴۱۸۷۴ – ۸۸۴۹۰۳۱۲ – ۸۸۴۹۰۳۴۸

٤ـ ۷. محاسبهٔ توان موتور

توان موتور ماشین نقاله از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$$

در این رابطه:

P_t : توان کل (W)

P_1 : توان لازم برای به حرکت درآوردن بار و تسمه و وسایل جانبی (مانند گردشگر، پولی‌ها، گوه‌ها، و...) و توان لازم برای فائق آمدن موتور بر اصطکاک هرزگردها است. این توان از رابطه

$$P_1 (W) = ۱/۶۳۴ \times ۱۰^{-۱} T_e(Kg)\ V\ (m/min)$$

بدست می‌آید که (T_e) از رابطه (۷) بخش ۳ محاسبه می‌شود.

P_2 : توان لازم برای شتاب تسمه‌نقاله و بار و وسایل دیگر از حالت سکون است. این توان در بخش ۴ـ۶ـ۱ مورد بحث قرار گرفته است.

$$P_2 = \frac{۱}{۶۰} F_a \frac{V}{۲}$$

P_3 : توان لازم برای شتاب مواد (W)، معمولاً وقتی مواد بر روی تسمه تغذیه می‌شوند سرعتی کمتر از سرعت تسمه‌نقاله دارند و تا آن که سرعتی معادل سرعت تسمه به خود بگیرند باعث مصرف توان اضافی می‌شوند. وقتی سرعت تسمه کم است این تأثیر قابل ملاحظه نیست مگر آن که تناژ بسیار زیاد باشد. P_3 از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$P_3 = ۷/۷۱۶\ Q_t\ (V^۲ - V^۲_m)\ ۱۰^{-۵}$$

Q_t : تناژ (تن در ساعت)

V : سرعت تسمه (متر در دقیقه)

V_m : سرعت مواد در جهت حرکت تسمه هنگام برخورد با تسمه (متر در دقیقه)

P_4 : توان اضافی مربوط به تأخیر درام نسبت به موتور؛ معمولاً نیروی موتور به وسیله تسمه‌های (V شکل) یا زنجیر به درام انتقال می‌یابد و همیشه بین موتور و درام تأخیر وجود دارد، تقریباً ۵٪ کل توان حاصل از P_1، P_2 و P_3 را برای P_4 منظور می‌کنند.

$$P_4 = ۵ \times ۱۰^{-۲}(P_1 + P_2 + P_3)$$

مسأله ۴

توان موتور لازم برای ماشین نقاله مسأله ۱ را حساب کنید. همه اطلاعات مسأله ۱ داده شده است.

$$P_1 = ۱/۶۳۴ \times ۱۰^{-۱}\ T_e.V = ۰/۱۶۳۴ \times ۶۴۷۹/۱۲۸ \times ۱۵۰ = ۱۵۸۸۰۳/۴۳\ (W)$$

$$P_2 = F_a \frac{V}{۲ \times ۶۰} = ۷۴۵۳/۱۷۷۲ \times \frac{۱۵۰}{۲ \times ۶۰} = ۹۳۱۶/۴۷۱۵\ (W)$$

$$P_3 = ۷/۷۱۶\ Q_t\ (V^۲ - V^۲_m)\ ۱۰^{-۵} = ۷/۷۱۶ \times ۳۴۰۰\ [\ ۱۵۰^۲ - (\frac{۱۵۰}{۲})^۲\ ]\ ۱۰^{-۵} = ۴۴۲۷\ (W)$$

$$P_4 = ۰/۰۵\ (P_1 + P_2 + P_3) = ۰/۰۵\ (۱۵۸۸۰۳/۴۳ + ۹۳۱۶/۴۷۱۵ + ۴۴۲۷) = ۸۶۲۷/۳۴۵۱\ (W)$$

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$$

$$P_t = ۱۸۱۱۷۴/۲۵\ (W) = ۲۴۲/۸۶\ (HP)$$

تهران، خیابان کریمخان زند، خیابان ایرانشهر شمالی، کوچه برنا، پلاک ۳۶، طبقه چهار، واحد ۷
تلفکس: ۸۸۳۴۰۹۹۶ – ۸۸۳۴۱۸۷۴ – ۸۸۴۹۰۳۱۲ – ۸۸۴۹۰۳۴۸