

דף נוסחאות - מערכות רכב

מומנט מקסימלי עבור מצמד חיכוך דיסקתי - חישוב ע"פ כח הצמדה

מומנט מקסימלי עבור מצמד חיכוך דיסקתי.	$M =$	108.0	[N·m]	$M = 2 \cdot F \cdot \mu \cdot r \cdot z$
כח.	$F =$	2,000	[N]	
מקדם חיכוך בין הדיסקה לרפידות המצמד.	$\mu =$	0.40		
רדיוס ממוצע של דיסקה.	$r =$	0.0675	[m]	$r = \frac{D+d}{4}$
מס' דיסקאות.	$z =$	1		

מומנט מקסימלי עבור מצמד חיכוך דיסקתי - חישוב ע"פ לחץ שטח

מומנט מקסימלי עבור מצמד חיכוך דיסקתי.	$M =$	299.4	[N·m]	$M = 2 \cdot 10^{-6} \cdot P \cdot \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot \mu \cdot \left(\frac{D+d}{4}\right) \cdot z$
לחץ שטח.	$P =$	250	[kPa]	
קוטר חיצוני מצמד.	$D =$	200	[mm]	
קוטר פנימי מצמד.	$d =$	130	[mm]	
מקדם חיכוך בין הדיסקה לרפידות המצמד.	$\mu =$	0.4		
מספר דסקאות.	$z =$	1		

לחץ שטח.	$P =$	200	[kPa]
		250	[kPa]
		500	[kPa]

לחץ שטח מותר עבור:
 רפידה אורגנית יבשה
 רפידה אנאורגנית יבשה
 מצמד רטוב

מאפיין ממסרה פלנטרית

מאפיין ממסרה.	$U =$	3		$U = \frac{z_{Ring}}{z_{Sun}}$	$1.4 \leq U \leq 4$
מספר שיניים בגלגל"ש טבעת (Ring).	$Z_{Ring} =$	63			
מספר שיניים בגלגל"ש שמש (Sun).	$Z_{Sun} =$	21			

מצבים ממסרה פלנטרית

מצב	החלק העצור	תוצאה	נוסחה לחישוב יחס מסירה	יחס מסירה
1	טבעת	הפחתה חזקה של המהירות - מתאים להילוך 1	$i = 1 + U$	4.00
2	שמש	האטה בינונית - מתאים להילוך 2	$i = 1 + \frac{1}{U}$	1.33
3	נושא המזלות שינוי כיוון סיבוב - מתאים להילוך אחורי		$i = -U$	-3.00
4	שמש	הגברה בינונית של מהירות - מתאים להילוך יתר (overdrive)	$i = \frac{U}{1+U}$	0.75
5	טבעת	הגברה חזקה של מהירות (לא שימושי ברכב)	$i = \frac{1}{1+U}$	0.25
6	נושא המזלות שינוי כיוון סיבוב+הגברה של מהירות. (שימושי בטרקטור חקלאי)		$i = -\frac{1}{U}$	-0.33
7	אין, אך שני רכיבים מרותקים זה לזה	הילוך ישיר	$i = 1$	1.00
8	אין	הילוך סרק	$i = \infty$	

יחס מסירה

	יחס סל"ד	יחס מומנט
יחס מסירה.	$i = 0.3111$	3.214
מספר שיניים בגלגל"ש מניע.	$Z_{input} = 14$	
מספר שיניים בגלגל"ש מונע.	$Z_{output} = 45$	

$$i = \frac{Z_{input}}{Z_{output}}$$

יחס מסירה כולל

	יחס סל"ד	יחס מומנט
יחס מסירה כולל.	$i_{total} = 0.0746$	13.398
יחס מסירה בממסרת ההילוכים - בהילוך המשולב.	$i_{Gear} = 0.2785$	3.591
יחס מסירה בדיפרנציאל.	$i_{Axle} = 0.2680$	3.731

$$i_{total} = i_{Gear} \cdot i_{Axle}$$

	יחס סל"ד	יחס מומנט
יחס מסירה כולל	$i_{total} = 0.0274$	36.447
יחס מסירה בממסרת ההילוכים - בהילוך המשולב	$i_{gear} = 0.2785$	3.591
יחס מסירה בתיבת ההעברה	$i_{transfer} = 0.3676$	2.720
יחס מסירה בדיפרנציאל	$i_{Axle} = 0.2680$	3.731

$$i_{total} = i_{gear} \cdot i_{transfer} \cdot i_{axle}$$

יחס מסירה כולל עבור רכב הנעה כפולה בעל תמסורת טבורית

	יחס סל"ד	יחס מומנט
יחס מסירה כולל	$i_{total} = 0.0165$	60.745
יחס מסירה בממסרת ההילוכים - בהילוך המשולב.	$i_{gear} = 0.2785$	3.591
יחס מסירה בתיבת ההעברה.	$i_{transfer} = 0.3676$	2.720
יחס מסירה בדיפרנציאל.	$i_{axle} = 0.2680$	3.731
יחס מסירה בממסרת טבורית.	$i_{wheelHub} = 0.6000$	1.667

$$i_{total} = i_{gear} \cdot i_{transfer} \cdot i_{axle} \cdot i_{wheelHub}$$

סל"ד גלגלים

סל"ד גלגלים.	$n_{wheels} = 223.8$	$n_{wheels} = n_{engine} \cdot i_{total}$
סל"ד מנוע.	$n_{engine} = 3000$	
יחס מסירה כולל.	$i_{total} = 0.0746$	

חישוב קוטר חיצוני של הגלגלים לפי מידת צמיג

קוטר חיצוני של הגלגל/צמיג.	$D_{wheel} = 524.8$	[mm]	$D_{wheel} = (TireWidth) \left(\frac{TireSideWall}{100} \cdot 2 \right) + (RimOD \cdot 25.4)$
רוחב הצמיג.	$TireWidth = 200$	[mm]	
דופן הצמיג.	$TireSideWall = 55$	[%]	
קוטר חישוק (אינץ').	$RimOD = 12$	[inch]	

מהירות משיקית גלגלים

(מהירות משיקית גלגלים) = (מהירות הרכב) בתנאי שאין החלקה

מהירות הרכב.	$v =$	158	$\left[\frac{km}{h}\right]$
קוטר חיצוני גלגל.	$D_{wheel} =$	750.5	$[mm]$
סל"ד גלגל.	$n_{wheels} =$	1116.864	$[RPM]$

$$v = \frac{\pi D_{wheel} \cdot n_{wheel} \cdot 3.6}{60,000} \approx 188.5 \cdot 10^{-6} (D_{wheel} \cdot n_{wheel})$$

נצילות מערכת הינע

נצילות כל מערכת הינע.	$\eta_{Trans} =$	0.80
נצילות תמסורת.	$\eta_{Gear} =$	0.85
נצילות תיבת העברה (רלוונטי עבור רכב הנעה כפולה).	$\eta_{Transfer} =$	0.97
נצילות דיפרנציאל.	$\eta_{Axle} =$	0.97

$$\eta_{trans} = \eta_{Gear} \cdot \eta_{Transfer} \cdot \eta_{Axle}$$

הספק בגלגלים

הספק בגלגלים (כל הגלגלים המניעים).	$P_{wheels} =$	167.2	$[kW]$
הספק מנוע.	$P_{engine} =$	209.0	$[kW]$
נצילות מערכת הינע.	$\eta_{trans} =$	0.80	

$$P_{wheels} = P_{engine} \cdot \eta_{trans}$$

מומנט בגלגלים

מומנט בגלגלים (כל הגלגלים).	$M_{wheels} =$	8,383.3	$[N \cdot m]$
הספק בגלגלים.	$P_{wheels} =$	196.46	$[kW]$
סל"ד גלגלים.	$n_{wheels} =$	223.8	$[RPM]$

$$M_{wheels} = \frac{9550 \cdot P_{wheels}}{n_{wheels}}$$

$$1[kW] = 1.34102[HP]$$

כח הנעה

כח הנעה - סה"כ עבור כל הגלגלים המניעים.	$F_{motive} =$	12.61	$[kN]$
מומנט מנוע.	$M_{engine} =$	250	$[N \cdot m]$
יחס מסירה כולל.	$i_{total} =$	0.040	
נצילות מערכת הינע.	$\eta_{transmission} =$	0.95	
מסת רכיבי הנעה מסתובבים.	$m' =$	50	$[kg]$
מסת הרכב.	$m =$	1000	$[kg]$
רדיוס גלגל.	$r =$	448.6	$[mm]$

$$F_{motive} = \frac{M_{eng} \cdot \frac{1}{i_{total}} \cdot \eta_{trans}}{\left(1 + \frac{m'}{m}\right) \cdot r}$$

$$F_{motive_max} \leq \mu \cdot F_z$$

סל"ד תדר עצמי עבור גל-הינע

בהנחת גל עגול, עשוי פלדה (לא משנה אי)

סל"ד קריטי עבור תדר עצמי.	$n_{Critic} =$	6,142.8	$[RPM]$
סל"ד מותר מקסימלי.	$n_{Allow} =$	4,914.2	$[RPM]$
אורך הגל.	$L =$	155.0	$[cm]$
קוטר חיצוני של הגל.	$D =$	8.80	$[cm]$
קוטר פנימי של הגל.	$d =$	8.30	$[cm]$

$$n_{Critic} = \frac{1.22 \cdot 10^7}{L^2} \sqrt{D^2 + d^2}$$

$$n_{Allow} = 0.8 \cdot n_{Critic}$$

חישוב מאמצי גזירה בגל הינע (כתוצאה מפיתול)

מאמצי גזירה ברדיוס חיצוני של הגל.	$\tau =$	1760.69	[MPa]	$\tau = \frac{M_{torque} \cdot R}{I_p} = \frac{M_{torque}}{\pi \frac{(D^4 - d^4)}{16D}}$	בהנחה שהגלגל תקוע ומפעיל קונטר
מומנט פיתול המופעל על הגל.	$M_{torque} =$	11,064,785	[N·mm]		
קוטר חיצוני גל.	$D =$	31.75	[mm]		
קוטר פנימי גל. (עבור גל חלול)	$d =$	0.00	[mm]		

מומנט פיתול הפועל על הגל

מומנט פיתול המופעל על הגל.	$M_{torque} =$	11,064,785	[N·mm]	$M_{torque} = M_{engine} \cdot i \cdot N$
מומנט מנוע.	$M_{engine} =$	353,000	[N·mm]	
יחס תמסורת.	$i =$	31.3450		
מקדם בטיחות דינמי	$N =$	1.0		

מפרק קרדן - מידת אי-קציבות

מידת אי-קציבות	$\delta_m =$	0.10	[deg]	$\delta_m = \frac{1}{\cos \phi} - \cos \phi$	$0 < \delta_m < 0.2887$
זווית בין שני הגלים	$\phi =$	18.0			

העברת משקל בבלימה - סרן קדמי

ריאקציה דינמית (ריאקציה סטטית פלוס העברת משקל ל מסת הרכב.	$F_{z_front} =$	8,355	[N]	$F_{z_front} = mg \cdot \left(\frac{l_R}{l}\right) + ma \cdot \left(\frac{h}{l}\right)$	מתייחס לכח הפועל על כל הסרן. עבור גלגל בודד יש לחלק ב-2
תאוצת הכובד.	$m =$	900	[kg]		
מרחק סרן אחורי ממרכז הכובד.	$g =$	9.81	$\left[\frac{m}{s^2}\right]$		
מרחק סרנים.	$l_R =$	1890	[mm]		
תאוצת הרכב.	$l =$	2385	[mm]		
גובה נק' מרכז הכובד.	$a =$	6.00	$\left[\frac{m}{s^2}\right]$		
	$h =$	600	[mm]		

העברת משקל בבלימה - סרן אחורי

ריאקציה דינמית (ריאקציה סטטית מינוס הפחתת משקל ל מסת הרכב.	$F_{z_rear} =$	474	[N]	$F_{z_rear} = mg \cdot \left(\frac{l_F}{l}\right) - ma \cdot \left(\frac{h}{l}\right)$	מתייחס לכח הפועל על כל הסרן. עבור גלגל בודד יש לחלק ב-2
תאוצת הכובד.	$m =$	900	[kg]		
מרחק סרן קדמי ממרכז הכובד.	$g =$	9.81	$\left[\frac{m}{s^2}\right]$		
מרחק סרנים.	$l_F =$	495	[mm]		
תאוצת הרכב.	$l =$	2385	[mm]		
גובה נק' מרכז הכובד.	$a =$	6.00	$\left[\frac{m}{s^2}\right]$		
	$h =$	600	[mm]		

כח בלימה מכסימלי שגלגל יכול להפעיל מבחינת אחיזה (חיכוך)

$F_{Brake} =$	3680.00	[N]
$\mu =$	0.92	
$F_z =$	4000.00	[N]

$$F_{Brake} = \mu \cdot \frac{F_z}{2}$$

כח בלימה מקסימלי.

מקדם חיכוך בין צמיג לקרקע.

כח תגובה אנכי (כולל העברת משקל) קרקע-גלגל (עבור ס

כח הצמדה של הרפידות לדיסקה (מופעל ע"י בוכנת הקאליפר)

$F_p =$	6935.46	[N]
$P =$	10.50	[MPa]
$d =$	29.00	[mm]

$$F_p = P \cdot A = P \cdot \frac{\pi d^2}{4}$$

כח הצמדה של הרפידות לדיסקה.

לחץ במערכת הבלימה.

קוטר בוכנה בקאליפר.

מומנט בלימה שמפעיל בלם דיסקה

$M_{Brake} =$	1,289,324.74	[N·mm]
$F_p =$	6395.46	[N]
$\mu_{pads} =$	0.56	
$r_m =$	180.0	[mm]

$$M_{Brake} = 2 \cdot (\mu_p \cdot F_p) \cdot r_m$$

מומנט בלימה שמופעל על דיסקת הבלימה.

כח הצמדה של רפידות לדיסקה.

מקדם חיכוך בין רפידות הבלימה לדיסקה.

רדיוס דיסקה ממוצע.

$$0.4 < \mu_{pads} < 0.6 \quad \text{ברטוב מקדם החיכוך יכול לרדת ל 0.2}$$

מומנט שמפעיל הגלגל על דיסק הבלימה בזמן בלימה

$M_{wheel} =$	1,323,000	[N·mm]
$\mu =$	0.92	
$F_z =$	8000.00	[N]
$R =$	359.51	[mm]

$$M_{wheel @ brake} = \mu \cdot \frac{F_z}{2} \cdot R$$

מומנט שמפעיל הגלגל על דיסק הבלימה.

מקדם חיכוך בין צמיג לקרקע.

כח תגובה אנכי (כולל העברת משקל) קרקע-גלגל (ריאקצי

רדיוס גלגל פעיל (רדיוס חיצוני של הצמיג)

הגברת כח של מגבר בלם פניאומטי שלם

$F_{Amp} =$	2250.9	[N]
$\Delta P =$	0.062	[MPa]
$D =$	215.000	[mm]

$$F_{Amp} = \Delta P \cdot D$$

כח הגברה.

הפרש לחצים.

קוטר בוכנת המגבר (דיאפרגמה)

כח הפועל על בוכנת משאבת הבלם הראשית

$\Sigma F =$	4750.9	[N]
$F_{Amp} =$	2250.9	[N]
$F_{Pedal} =$	2500.0	[N]

$$\Sigma F = F_{Amp} + F_{Pedal}$$

סה"כ כח הפועל על בוכנת משאבת הבלימה הראשית.

כח הגברה שמקורו במגבר הבלם.

כח שמקורו בכח המופעל על דוושת הבלימה ע"י הנהג.

לחץ שנוצר במערכת הבלימה

$P_{BrakeLines} =$	10.502	[MPa]
$\Sigma F =$	4750.9	[N]
$d =$	24.0	[mm]

$$P_{Brake} = \frac{\Sigma F}{\frac{\pi d^2}{4}}$$

לחץ שנוצר בצינורות הבלימה.

סה"כ כח הפועל על בוכנת משאבת הבלימה הראשית.

קוטר בוכנת משאבת בלם ראשית.

היגוי ידות - תנאי גיאומטרי

זווית הפניית גלגל חיצוני	$\delta_{out} =$	29.00	
מרחק בין צירי ידות הסרן.	$b =$	1790.0	[mm]
מרחק סרנים.	$l =$	3000.0	[mm]
זווית הפניית גלגל פנימי.	$\delta_{in} =$	39.63	[deg]

$$\delta_{out} = \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{1}{\frac{b}{l} + \operatorname{tg}(\delta_{in})} \right)$$

$$\delta_{in} = \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{1}{-\frac{b}{l} + \operatorname{tg}(\delta_{out})} \right)$$

$$\frac{1}{\operatorname{tg}(\delta_{outer})} - \frac{1}{\operatorname{tg}(\delta_{inner})} = \frac{b}{l}$$

רדיוס הפנייה חיצוני

רדיוס הפנייה חיצוני.	$R_{out} =$	6338.00	[mm]
מרחק בין ציר יד הסרן לבין מישור אמצעי גלגל.	$C =$	150.00	[mm]
מרחק סרנים.	$l =$	3000.00	[mm]
זווית הפניית גלגל חיצוני.	$\delta_{out} =$	29.00	[deg]

$$R_{out} = C + l \sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2(\delta_{out})}$$

רדיוס חיצוני מינמלי יש להוסיף חצי רוחב גלגל

הגברת כח - הגה הידראולי המבוסס על ממסרת היגוי מסוג סבבת ומוט משונן

כח היגוי מוגבר.	$F =$	5635.78	[N]
לחץ שמן.	$P =$	6.30	[MPa]
קוטר פנימי צילינדר.	$D =$	42.00	[mm]
קוטר מוט משונן.	$d =$	25.00	[mm]

$$F = P \cdot \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$