



משרד החינוך

אגף בכיר בחינוך

המנהל הפדגוגי

מחברת בחינה

לנבחנים ולנבחנות שלום,

נא לקרוא את ההוראות בעמוד זה ולמלא אותן בדיוקנות. אי-מילוי ההוראות עלול לגרום לתקלות ואף להביא לידי פסילת הבחינה. הבחינה נועדה לבדוק הישגים אישיים, ולכן יש לעבוד עבודה עצמית בלבד. בזמן הבחינה אין להיעזר בזולת ואין לתת או לקבל חומר בכתב או בעל פה.

אין להכניס לחדר הבחינה חומר עזר — ספרים, מחברות, רשימות — פרט ל"חומר עזר מותר בשימוש" המפורט בגוף השאלון או בהוראות מוקדמות של המשרד. כמו כן אין להכניס לחדר הבחינה טלפונים או מחשבים ניידים. שימוש בחומר עזר שאינו מותר יוביל לפסילת הבחינה. כל חומר עזר שאינו מותר בשימוש, יש למסור למשגיח לפני תחילת הבחינה. לאחר סיום כתיבת הבחינה יש למסור את המחברת למשגיח ולעזוב בשקט את חדר הבחינה.

יש להקפיד על טוהר הבחינות !

הוראות לבחינה

- יש לוודא כי במדבקות הנבחן שקיבלת מודפסים הפרטים האישיים שלך, ובמדבקות השאלון שקיבלת מודפסים פרטי השאלון המיועד לך.
- אם לא קיבלת מדבקה, יש למלא בכתב יד את הפרטים במקום המיועד למדבקת הנבחן.
- אסור לכתוב בשולי המחברת (החלק המקווקו) משום שחלק זה לא ייסרק.
- לטייטה ישמשו אך ורק דפי מחברת הבחינה שיועדו לכך.
- אין לתלוש או להוסיף דפים. מחברת שתוגש לא שלמה תעורר חשד לאי-קיום טוהר הבחינות.
- אין לכתוב שם בתוך המחברת, משום שהבחינה נבדקת בעילום שם.
- אין להוסיף או לשנות שום פרט במדבקות, כדי למנוע עיכוב בזיהוי המחברת וברישים הציונים.

בהצלחה !

12 סמל שאלון 17 رقم النموذج שם השאלון اسم النموذج יש להדביק כאן ↑ מדבקת שאלון يجب هنا ↑ إلصاق ملصقة نموذج امتحان	18 מועד 21 موعد 23 31 32 37 رقم المدرسة رقم الهوية יש להדביק כאן ↑ מדבקת נבחן (ללא שם) يجب هنا ↑ إلصاق ملصقة مختن (بدون اسم)	מדבקות לנבחן ملصقة مختن
---	---	------------------------------------

* הוראות בשפה הערבית מעבר לדף
* التعلیمات باللغة العربية على ظهر الصفحة

יש לסמן במשבצת ☐ אם ניתן שאלון נוסף
يجب الإشارة في المربع إذا أُعطي نموذج امتحان إضافي

وزارة التربية والتعليم

الإدارة التربويّة

القسم الكبير للامتحانات

دفتر امتحان

تحية للممتحنين وللممتحنات !

الرجاء قراءة التعليمات في هذه الصفحة والعمل وفقاً لها بدقة. عدم تنفيذ التعليمات قد يؤدي إلى عواقب مختلفة وحتى إلى إلغاء الامتحان. أُعدّ الامتحان لفحص تحصيلاتك الشخصية، لذلك يجب العمل بشكل ذاتي فقط. أثناء الامتحان، لا يُسمح طلب المساعدة من الغير ويُمنع إعطاء أو أخذ موادّ مكتوبة أو شفهيّة.

لا يُسمح إدخال موادّ مساعدة - كتب، دفاتر، قوائم - إلى غرفة الامتحان، باستثناء "موادّ مساعدة يُسمح استعمالها" المفصّلة في نموذج الامتحان أو في تعليمات مسبقة من الوزارة. كما لا يُسمح إدخال هواتف أو حواسيب محمولة إلى غرفة الامتحان. استعمال موادّ مساعدة غير مسموح بها يؤدي إلى إلغاء الامتحان.

يجب تسليم كلّ مادة مساعدة لا يُسمح استعمالها للمراقب قبل بدء الامتحان. بعد الانتهاء من كتابة الامتحان، يجب تسليم الدفتر للمراقب، ومغادرة غرفة الامتحان بهدوء.

يجب التقيد بنزاهة الامتحانات !

تعليمات للامتحان

1. يجب التأكد بأن تفاصيلك الشخصية مطبوعة على ملصقات الممتحن التي حصلت عليها، وبأن تفاصيل نموذج الامتحان المعدّ لك مطبوعة على ملصقات نموذج الامتحان التي حصلت عليها.
2. في حال عدم حصولك على ملصقة، يجب ملء التفاصيل في المكان المعدّ لملصقة الممتحن، بخطّ يد.
3. لا يُسمح الكتابة في هوامش الدفتر (في المنطقة المخطّطة)، لأنّه لن يتم مسح ضوئي لهذه المنطقة.
4. للمسوّدة تُستعمل أوراق دفتر الامتحان المعدّة لذلك فقط.
5. يُمنع نزع أو إضافة أوراق. الدفتر الذي يُسلم ناقصاً يُثير الشكّ بعدم الالتزام بنزاهة الامتحانات.
6. لا يُسمح كتابة الاسم داخل الدفتر، لأنّ الامتحان يُفحص بدون ذكر اسم.
7. لا يُسمح إضافة أو تغيير أيّة تفاصيل في الملصقات، وذلك لمنع عواقب في تشخيص الدفتر وفي تسجيل العلامات.

نتمنّى لكم النجاح!



סוג הבחינה: בגרות לבתי-ספר על-יסודיים
מועד הבחינה: קיץ תשע"ט, 2019
סמל השאלון: 838381
נספח: נוסחאון

מדינת ישראל

משרד החינוך

מכניקה הנדסית

הוראות לנבחן

- א. משך הבחינה: שלוש שעות.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שלושה פרקים.
עליך לענות על שאלה אחת מכל אחד משלושת הפרקים, ועל שתי שאלות נוספות על-פי בחירתך. בסך-הכול עליך לענות על חמש שאלות.
לכל שאלה – 20 נקודות, סה"כ – 100 נקודות.
- ג. חומר עזר מותר לשימוש: כלי כתיבה, כלי סרטוט ומחשבון.
- ד. הוראות מיוחדות: אין.
- ה. הוראות כלליות:
 1. ענה על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא ויעריך את מספר התשובות הנדרש בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברתך, ולא יתייחס לתשובות נוספות.
 2. שאלון זה משמש כמחברת בחינה. כתוב בו את כל תשובותיך, במקום הריק, בשורות או במשבצות שליד כל שאלה.
בסוף המחברת יש עמודים ריקים שניתן להשתמש בהם כדפי טיוטה.
תוכל להקצות עמודים אלו לכל מה שברצונך לכתוב כטיוטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ לשאלון זה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

בשאלון זה 22 עמודים ו-14 עמודי נספח.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר, אך מכוונות הן לנבחנות והן לנבחנים.

בהצלחה!

המשך מעבר לדף ◀

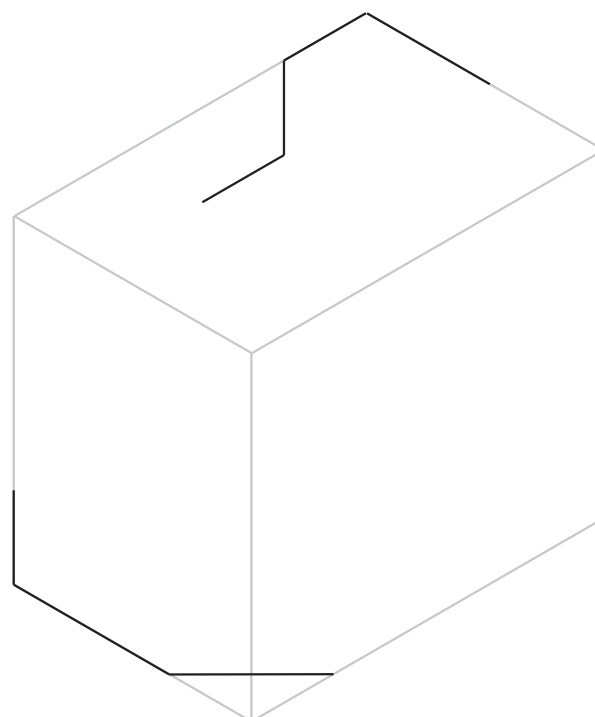
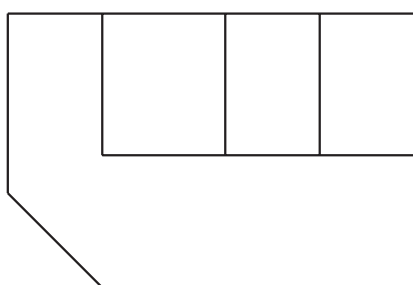
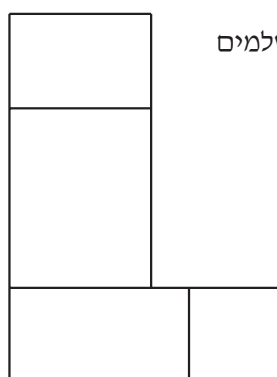
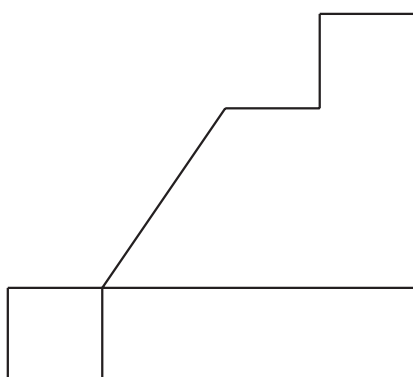
השאלות

בשאלון זה שלושה פרקים.
עליך לענות על שאלה אחת מכל פרק ועל עוד שתי שאלות, על-פי בחירתך.
בסה"כ, עליך לענות על חמש שאלות (לכל שאלה – 20 נקודות).

פרק ראשון: סרטוט טכני

שאלה 1

באיור לשאלה 1 נתונים שלושה היטלים שלמים של גוף, והיטל איזומטרי חלקי של הגוף. השלם את התיאור האיזומטרי של הגוף.

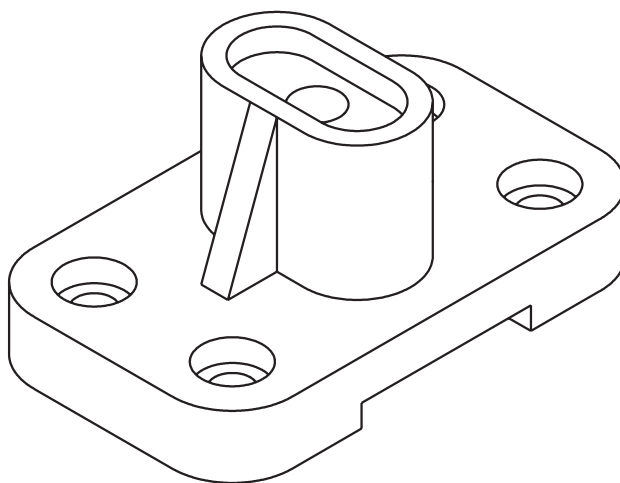
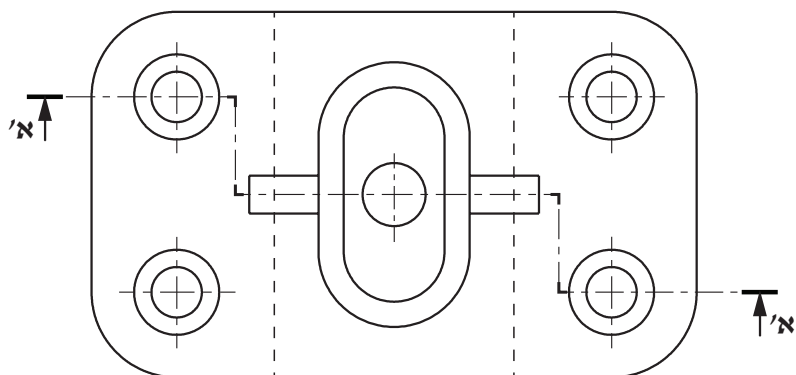
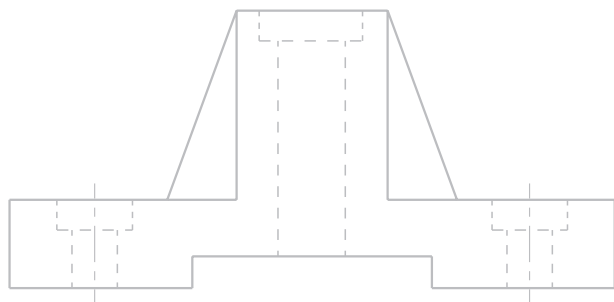


איור לשאלה 1



שאלה 2

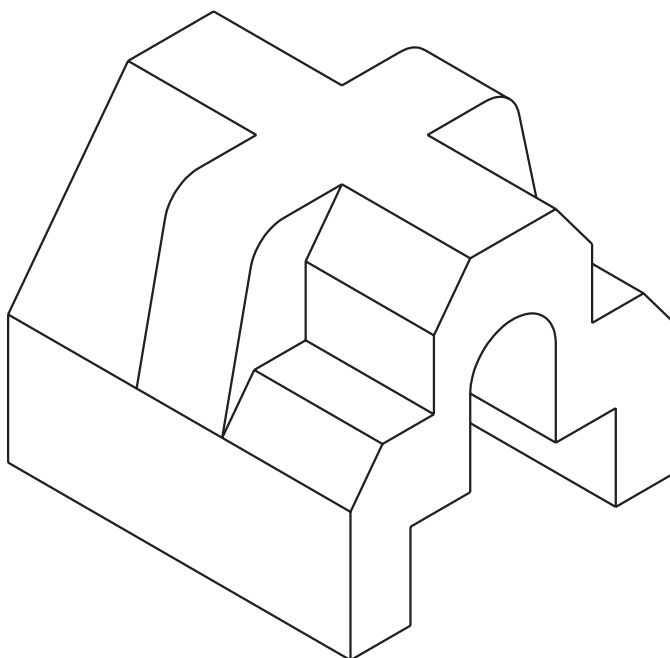
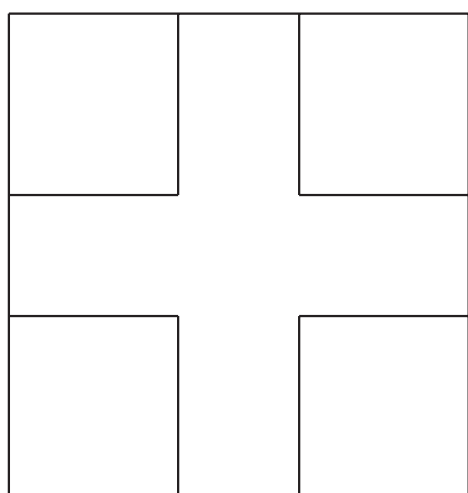
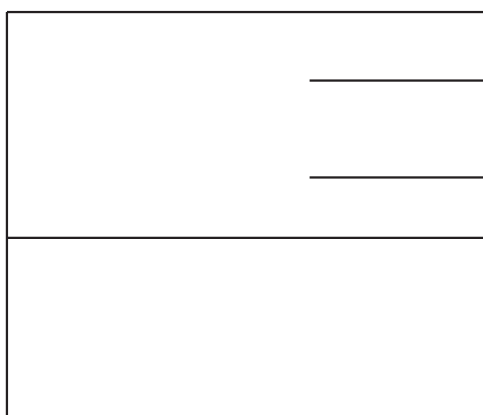
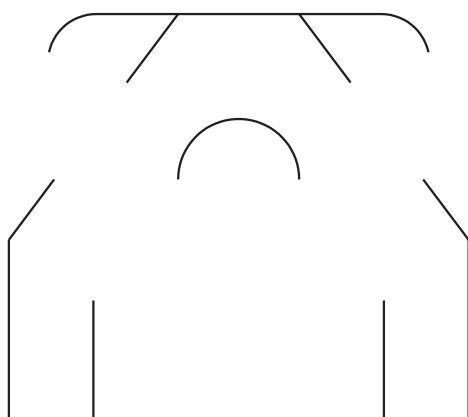
באיור לשאלה 2 נתונים היטל-על שלם, היטל איזומטרי שלם והיטל-פנים חלקי של גוף. השלם את היטל הפנים לחתך מדורג א'-א', על-פי התוואי המסומן בהיטל העל.



איור לשאלה 2

שאלה 3

באיור לשאלה 3 נתון היטל איזומטרי מלא של גוף בעל חריץ פנימי העובר לכל אורכו. השלם את הקווים החסרים והנסתרים בהיטל הפנים, בהיטל הצד ובהיטל העל של הגוף.



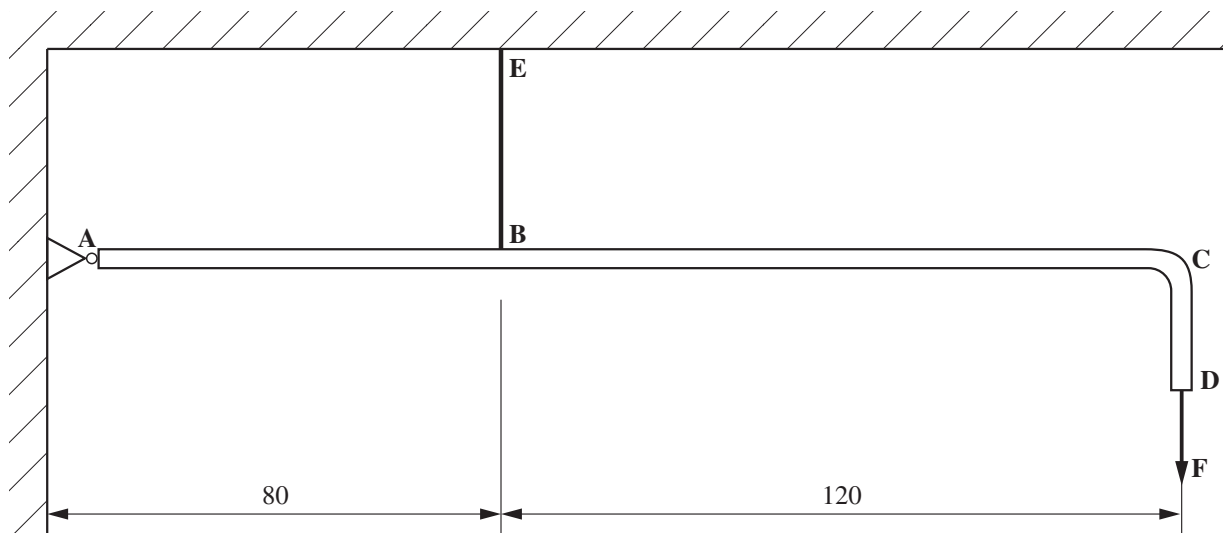
איור לשאלה 3



פרק שני: תורת החוזק ופרקי מכונות

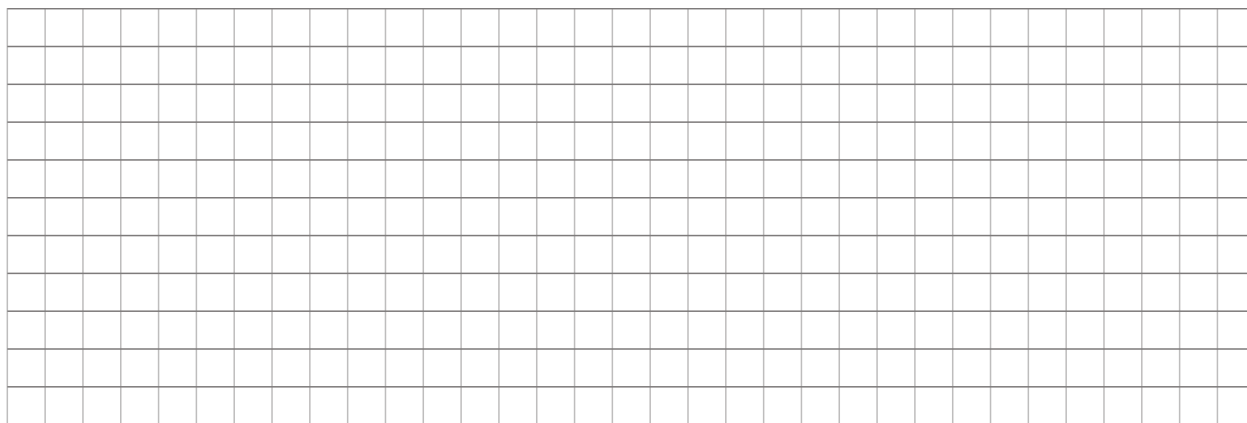
שאלה 4

באיור לשאלה 4 מתואר מוט מכופף. המוט מחובר לקיר בנקודה A באמצעות סמך ניח. כבל אנכי היוצא מן התקרה, מנקודה E, מחובר למוט בנקודה B. בנקודה D פועל על המוט כוח אנכי $F = 8,000 \text{ N}$. המשקל של המוט המכופף ושל הכבל זניחים. המידות נתונות במילימטרים.



איור לשאלה 4

6 נק' (6 נק') א. סרטט דג"ח (דיאגרמת גוף חופשי) של המוט המכופף.

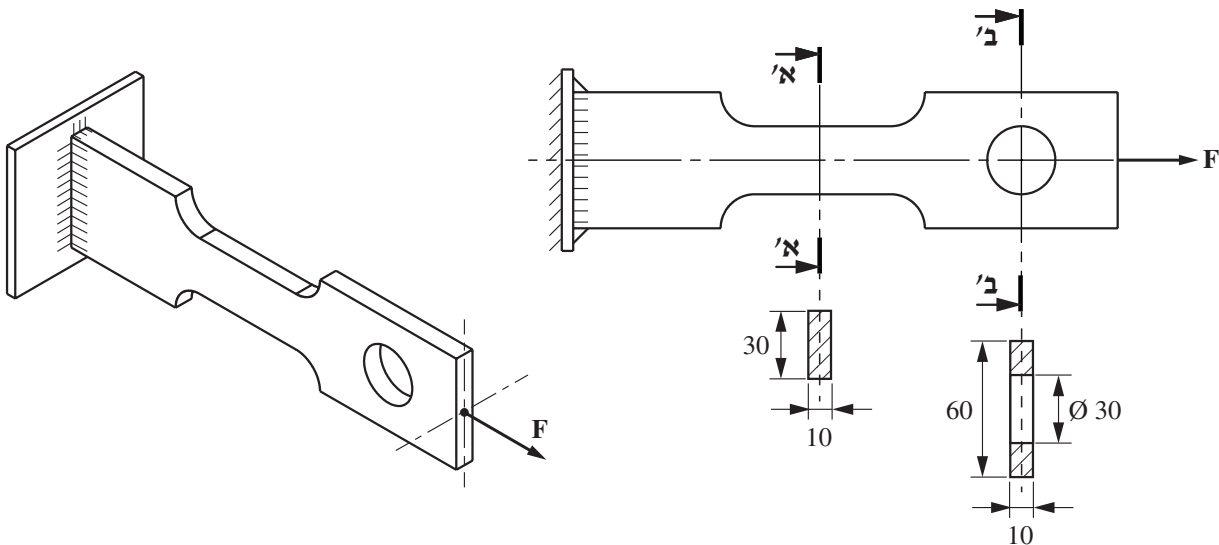


[illegible][illegible]

שאלה 5

באיור א' לשאלה 5 מתואר מוט פלדה, המרותך לקיר, בעל חתך מלבני הכולל קדח. המוט נמתח על-ידי כוח $F = 30,000 \text{ N}$ כמתואר באיור.

כל המידות באיור נתונות במילימטרים.



איור א' לשאלה 5

(5 נק') א. חשב את מאמץ המתיחה הנוצר בחתך א'-א'.

[illegible]

(5 נק') ב. חשב את מאמץ המתיחה הנוצר בחתך ב'-ב'.

[illegible]

[illegible]

A full-page sheet of white graph paper with a light gray grid. The grid consists of small squares, approximately 10 units wide by 10 units high. There are no margins or additional markings on the page.

[illegible][illegible][illegible]

שאלה 8

ארבעה גנרטורים (D - A) מספקים אנרגייה לבית חולים. להלן ההספק של כל גנרטור:

- גנרטור A : 80 kW

- גנרטור B : 140 kW

- גנרטור C : 160 kW

- גנרטור D : 260 kW

ניתן להפעיל את הגנרטורים בצירופים שונים. לא כל הגנרטורים חייבים לפעול בו־זמנית. בבית החולים יש גנרטור חירום E , והוא מופעל כאשר ההספק הכולל של הגנרטורים נמוך מ־390 kW .

נסמן את המשתנים הלוגיים:

- גנרטור A פועל: $A = 1$

- גנרטור B פועל: $B = 1$

- גנרטור C פועל: $C = 1$

- גנרטור D פועל: $D = 1$

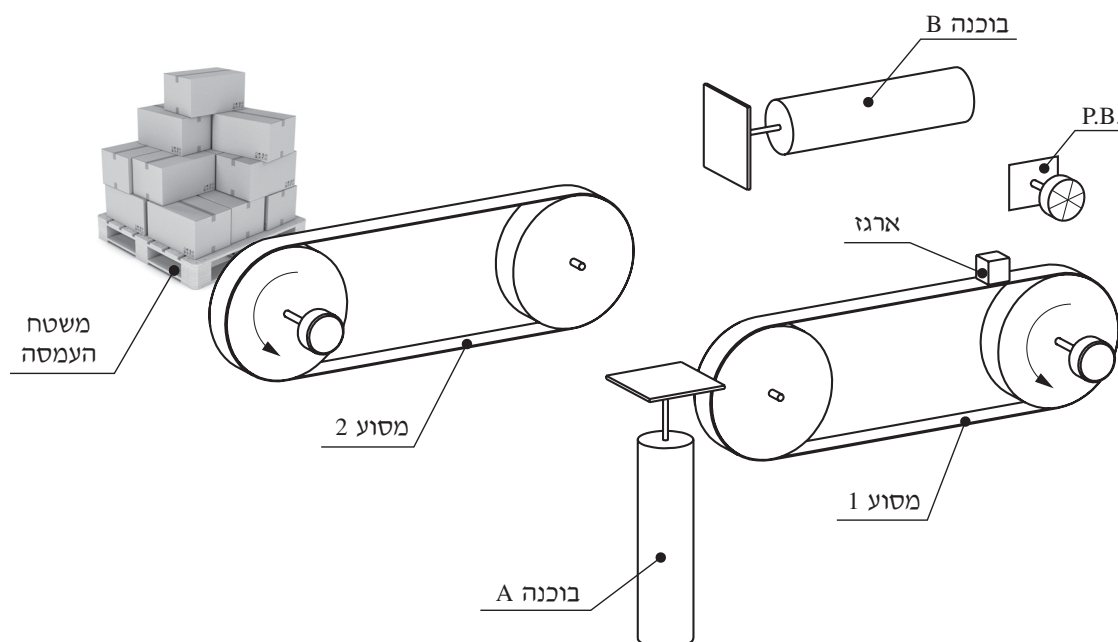
- גנרטור החירום E פועל: $E = 1$

A	B	C	D	E
0	0	0	0	
0	0	0	1	
0	0	1	0	
0	0	1	1	
0	1	0	0	
0	1	0	1	
0	1	1	0	
0	1	1	1	
1	0	0	0	
1	0	0	1	
1	0	1	0	
1	0	1	1	
1	1	0	0	
1	1	0	1	
1	1	1	0	
1	1	1	1	

A, B C, D	00	01	11	10
00				
01				
11				
10				

[illegible]

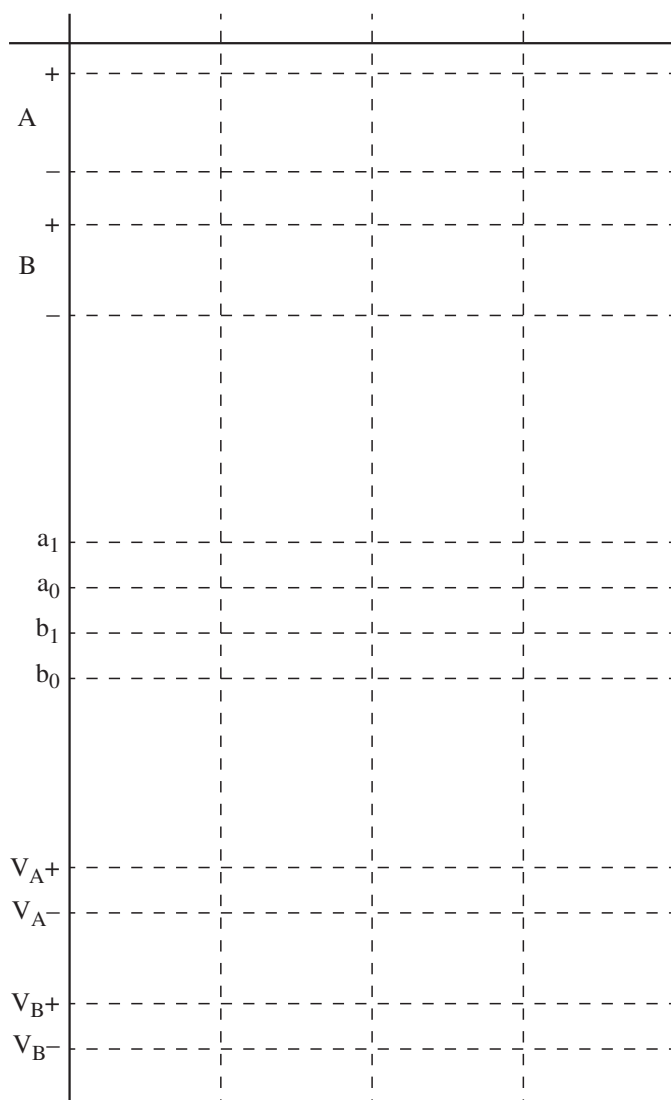
בכל מחזור פעולה מניחים ארגו **אחד** על מסוע 1. כאשר הארגו מגיע לבוכנה A, פועל לוחץ על הלחצן P.B. הלחצן P.B. מפעיל מערכת פנימטית אשר שולטת על פעולת הבוכנות בלבד. עקב אילוצי בטיחות, בוכנה A חייבת לחזור למצבה הראשוני (המתואר באיור) **לפני** שבוכנה B חוזרת גם היא למצבה הראשוני.



6 נק') א. רשום את מחזור הפעולות (דיאגרמת חיצים) המתאר את פעולת המערכת. התייחס לפעילות הבוכנות A ו-B וללחצן P.B. בלבד.

[illegible]

(8 נק') ב. השלם באיור שלפניך את דיאגרמת זמן-תנועה של מחזור הפעילות שרשמת בתשובתך לסעיף א'.



איור ב' לשאלה 9

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל.
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך.



טיוטה

טיוטה



טיוטה



מדבקת משגיח

ملصقة مراقب

"אתך בכל מקום, גם בבגרות.
בהצלחה, מועצת התלמידים והנוער הארצית"
"معك في كل مكان، وفي البجروت أيضاً.
بالنجاح، مجلس الطلاب والشبيبة القطري"

يُمنع نقل ورقة القوانين هذه
إلى مُمتَحِنٍ آخر

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

נוסחאון במכניקה הנדסית (14 עמודים)

ورقة قوانين في الميكانيكا الهندسية (14 صفحة)

1. מתיחה – לחיצה

[MPa]	מאמץ גבול הכניעה	–	σ_y	
	מקדם בטיחות	–	s	$[\sigma_t] = \frac{\sigma_y}{s}$
[MPa]	מאמץ מותר	–	$[\sigma_t]$	$\sigma_t = \frac{F}{A} \leq [\sigma_t]$
[MPa]	מאמץ	–	σ_t	$\sigma_t = \varepsilon E$
[N]	כוח	–	F	$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$
[mm ²]	שטח החתך למתיחה	–	A	$\Delta L = \frac{FL}{EA}$
[mm]	אורך החלק הנתון למאמץ	–	L	
[mm]	התארכות החלק הנתון למאמץ	–	ΔL	
[MPa]	מודול אלסטיות	–	E	

2. גזירה ומעיכה

[mm ²]	השטח לגזירה	–	A	
[MPa]	מאמץ הגזירה	–	τ_s	$\tau_s = \frac{F}{A} \leq [\tau_s]$
[N]	כוח הגזירה	–	F	$[\tau_s] = 0.6[\sigma_t]$
	מספר השכבות	–	i	גזירה רצויה:
[mm]	עובי הגזירה	–	t	$A = i t L$
[mm]	אורך החיתוך (היקף)	–	L	מעיקה:
[mm]	השטח למעיכה	–	$A_{\ell c}$	$\sigma_{\ell c} = \frac{F}{A_{\ell c}} \leq [\sigma_{\ell c}]$
[mm]	אורך השטח למעיכה	–	ℓ	$[\sigma_{\ell c}] = 2[\sigma_t]$
[MPa]	מאמץ מעיקה	–	$\sigma_{\ell c}$	

3. פיתול ותנועה סיבובית

v	-	מהירות היקפית של מעגל
[m/sec]		מסתובב
F	-	כוח
[N]		
M	-	מומנט סיבוב
[Nmm]		
L	-	זרוע הסיבוב
[mm]		
τ	-	מאמץ הפיתול בחתך המפותל
[MPa]		
$[\tau]$	-	מאמץ הפיתול המותר
[MPa]		
M_t	-	מומנט הפיתול
[Nmm]		
Z_o	-	מומנט התנגדות (מודול חתך) קוטבי
[mm ³]		
I_o	-	מומנט התמד קוטבי
[mm ⁴]		
d	-	קוטר ; קוטר פנימי
[mm]		
P	-	הספק
[kW]		
n	-	מהירות סיבוב
[rpm]		
D	-	קוטר חיצוני
[mm]		
φ	-	זווית פיתול
[deg]		
G	-	מודול זיחה
[MPa]		

$$v \cong \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60 \times 1000}$$

$$M = L \times F$$

$$\tau_t = \frac{M_t}{Z_o} \leq [\tau_t]$$

לחתך עגול מלא:

$$Z_o \cong 0.2 d^3$$

$$M_t = 9,550,000 \frac{P}{n}$$

$$I_o \cong 0.1 d^4$$

לחתך עגול חלול:

$$Z_o \cong \frac{0.2(D^4 - d^4)}{D}$$

$$\varphi = \frac{M_t \cdot L}{G \cdot I_o} \frac{180}{\pi}$$

$$[\tau_t] = 0.7[\sigma_t]$$

4. כפיפה

σ_b	-	מאמץ כפיפה, ביחס לציר x
[MPa]		
M_b	-	מומנט כפיפה
[Nmm]		
Z_x	-	מומנט התנגדות (מודול החתך)
[mm ³]		
d	-	קוטר
[mm]		
b	-	רוחב החתך
[mm]		
h	-	גובה החתך
[mm]		
F	-	כוח
[N]		
L	-	זרוע
[mm]		

$$\sigma_b = \frac{M_b}{Z_x} \leq [\sigma_b]$$

$$M_x = L \times F$$

לחתך מלבני:

$$Z_x = \frac{bh^2}{6}$$

לחתך עגול מלא:

$$Z_x = \frac{\pi d^3}{32} \cong 0.1 d^3$$

$$[\sigma_b] = 1.2[\sigma_t]$$

המשך בעמוד 3

التتمة في الصفحة 3

d	-	קוטר	[mm]
b	-	הממד המקביל למישור הניטרלי	[mm]
h	-	הממד הניצב למישור הניטרלי	[mm]

מומנטי התמד (אינרציה) ציריים
לחתך עגול:

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = 0.05 d^4$$

לחתך מלבני:

$$I_{\max} = \frac{bh^3}{12}$$

5. קריסה

F_{cr}	-	הכוח המינימלי שיגרום לקריסה, לפי שיטת אוילר	[N]
E	-	מודול האלסטיות של החומר	[MPa]
$I_{\min}$	-	מומנט ההתמד הצירי המינימלי של חתך המוט	[mm ⁴]
L	-	אורך המוט	[mm]
μ	-	מקדם האורך התלוי בשיטת הריתום של המוט:	

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{(\mu L)^2}$$

$$\lambda = \frac{\mu L}{i_{\min}} > \lambda_y$$

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}}$$

$$[F]_p = \frac{F_{cr}}{K}$$

א. פרקים בשני הקצוות: $\mu = 1$

ב. קיבוע בקצה אחד והקצה השני חופשי: $\mu = 2$

ג. קיבוע בשני הקצוות: $\mu = 1/2$

ד. קיבוע בקצה אחד ופרק בקצה השני: $\mu = 2/3$

λ	-	תמירות המוט	
$i_{\min}$	-	רדיוס ההתמד (אינרציה) המינימלי	[mm]
A	-	שטח החתך	[mm ²]
$[F]_p$	-	הכוח המותר בקריסה	[N]
K	-	מקדם הבטיחות בקריסה	

$\lambda_y = 100$ - פלדה דלת-פחמן

$\lambda_y = 80$ - פלדת פחמן

כאשר: $\lambda < \lambda_y$, קיים

נדרש להשתמש בנוסחה:

$$\sigma_{cr} = a - b\lambda$$

פלדה דלת-פחמן: $a = 310 \text{ MPa}$

$b = 1.14 \text{ MPa}$

פלדת פחמן: $a = 589 \text{ MPa}$

$b = 3.82 \text{ MPa}$

6. מסמרות ; פינים

$\tau = \frac{F}{A_s} = \frac{4F}{\pi d^2 \cdot n \cdot i}$	d - קוטר המסמרה/הפין	(mm)
$\sigma_{lc} = \frac{F}{A_{lc}} = \frac{F}{d \cdot t \cdot i_1} \leq [\sigma_{lc}]$	i - מספר שטחי הגזירה	
$[\sigma_{lc}] = 2[\sigma_t]$	t - אורך הקטע הנמעך	[mm]
	i ₁ - מספר שטחי המעיכה	
	n - מספר המסמרות/הפינים	
	A _s - השטח הנגזר	[mm ²]
	A _{lc} - השטח הנמעך	[mm ²]

7. שגמים

מאמץ מעיכה:	F - כוח	
$\sigma_{lc \max.} = \frac{F}{0.5 h \times \ell_1}$	h - גובה השגם	
מאמץ גזירה:	ℓ_1 - אורך יעיל של השגם	
$\tau_s = \frac{F_t}{b \times \ell_1} \leq [\tau_s]$	b - רוחב השגם	
$[\tau_s] = 0.6[\sigma_t]$		

8. מסבים

אורך חיים של מסבי גלגול:

למסב כדורים:

$$L = \left[\frac{C}{P} \right]^3$$

$$L_h = \frac{L \cdot 10^6}{n \cdot 60}$$

$$\frac{C}{P} = \sqrt[3]{L}$$

$$C = P \sqrt[3]{L}$$

$$c_o \approx 1.8 p_o$$

$$P = \frac{C}{\sqrt[3]{L}}$$

למסב גלילים:

$$L = \left[\frac{C}{P} \right]^{10/3}$$

מסבי החלקה:

$$p = \frac{F}{d \cdot \ell}$$

$$v = \frac{\pi d n}{60,000}$$

$$pv \leq [pv]$$

L - אורך החיים של המסב

[mil · rev] במיליוני סיבובים

L_h - אורך החיים של מסב בשעות [h]

P_o - העומס הסטטי על המסב [N]

C_o - הכושר הסטטי של המסב [N]

C - הכושר הדינמי של המסב [N]

P - העומס השקול על המסב [N]

p - לחץ שטח במסב החלקה [MPa]

d - הקוטר הפנימי של מסב ההחלקה [mm]

ℓ - אורך מסב ההחלקה [mm]

F - הכוח הפועל על מסב ההחלקה [N]

n - מהירות סיבוב [rpm]

v - מהירות קווית [m/s]

[pv] - מכפלת התחממות מותרת [MPa · $\frac{m}{s}$]

9. קפיצים

$$C = \frac{F}{\Delta f}$$

לקפיץ בורגי בעל חתך עגול:

$$C = \frac{G \cdot d^4}{8 D^3 \cdot n}$$

$$\tau_{\text{emax}} = K \frac{8 F_{\text{max}} D}{\pi d^3} \leq [\tau_t]$$

לקפיץ בורגי בעל חתך מלבני

או לקפיץ עלה הרתום בצד אחד:

$$\sigma_b = \frac{6 F \ell}{b \times t^2}$$

$$\Delta f = \frac{4 F \ell^3}{b t^3 E} = \frac{F \ell^3}{3 E I}$$

$$W = \frac{\Delta f}{2}$$

$$n = \frac{\Delta f \cdot G \cdot d^4}{8 F \cdot D^3}$$

לקפיץ מוט פיתול:

$$[\tau_t] = \frac{0.6 \sigma_y}{s}$$

$$M_{t \max} = [\tau_t] \cdot Z_o$$

$$\varphi_{\text{rad}} = \frac{M_t \cdot L}{G \cdot I_o}$$

$$W = U_{e \ell} = \frac{M_t \cdot \varphi_{\text{rad}}}{2}$$

G - מודול האלסטיות לגזירה [MPa]

d - קוטר התיל [mm]

D - קוטר ממוצע של הקפיץ [mm]

K - מקדם תיקון המאמץ

n - מספר הכריכות הפעילות של הקפיץ

F - העומס החיצוני על הקפיץ [N]

Δf - מידת שקיעת הקפיץ [mm]

C - קבוע הקפיץ [N/mm]

ℓ - אורך הקפיץ (עלה) [mm]

b - רוחב הקפיץ (עלה) [mm]

t - עובי הקפיץ (עלה) [mm]

E - מודול האלסטיות [MPa]

I - מומנט התמד צירי של החתך [mm⁴]

W - עבודה [Nmm]

s - מקדם בטיחות

σ_b - מאמץ כפיפה [MPa]

σ_y - מאמץ גבול הכניעה [MPa]

$[\tau_t]$ - מאמץ מותר לפיתול [MPa]

$\tau_{e \max}$ - מאמץ שקול מרבי בחתך התיל [MPa]

Z_o - מודול החתך לפיתול (קוטבי)
(מומנט התנגדות לפיתול) [mm³]

$U_{e \ell}$ - אנרגיה אלסטית בקפיץ [Joule]

L - אורך המוט [mm]

M_t - מומנט פיתול [Nm]

I_o - מומנט התמד קוטבי [mm⁴]

φ_{rad} - זווית הפיתול [רדיאנים]

המשך בעמוד 7

التتمة في الصفحة 7

10. ברגים

$$\tan \gamma = \frac{iP}{\pi d_2}$$

$$\tan \varphi = \mu$$

בורגי הידוק:

$$\sigma_e = \frac{1.25 Q}{A_i} \leq [\sigma_t] = \frac{\sigma_y}{s}$$

$$M_t = Q \cdot \tan(\gamma \pm \varphi) \frac{d_2}{2}$$

$$M_t = 0.2 \cdot Q \cdot d$$

בתברג ריבועי:

$$d_2 = d - \frac{P}{2} = d - h$$

בורגי הנעה:

$$M_t = 0.1 \cdot Q \cdot d$$

σ_y - מאמץ בגבול הכניעה [MPa]

$[\sigma_t]$ - מאמץ מותר למתיחה [MPa]

σ_e - מאמץ שקול בבורג [MPa]

Q - כוח צירי בבורג [N]

A_i - שטח החתך של הבורג [mm²]

s - מקדם בטיחות

M_t - מומנט סיבוב, מועבר על-ידי בורג [Nmm]

γ - זווית המעלה [deg]

φ - זווית חיכוך [deg]

μ - מקדם חיכוך

d_2 - קוטר ממוצע של הבורג [mm]

P - פסיעת התברג [mm]

d - הקוטר החיצוני של הבורג [mm]

h - גובה השן של התברג [mm]

i - מספר התחלות בתברג

11. מצמידים

$$F_f = \mu Q$$

F_f - כוח חיכוך כתוצאה מהידוק

[MPa] בורג אחד במצמד

μ - מקדם חיכוך

M_f - מומנט כתוצאה מכוחות החיכוך [Nm]

i - מספר הברגים

D_f - קוטר מעגל החלוקה שעליו

[mm] הברגים ממוקמים

M_t - מומנט הסיבוב המועבר

[Nm] בתנועה סיבובית

P - הספק [kW]

n - מהירות סיבוב [rpm]

Q - כוח צירי בבורג [N]

$$M_f = i \cdot F_f \cdot \frac{D_f}{2}$$

$$M_t = 9550 \frac{P}{n}$$

12. גלים

M_e - מומנט מורכב [Nm]

M_b - מומנט כפיפה [Nm]

M_t - מומנט פיתול [Nm]

σ_e - מאמץ מורכב [Nm]

Z_b - מומנט התנגדות

(מודול החתך) לכפיפה [mm³]

$$M_e = \sqrt{M_b^2 + M_t^2}$$

$$\sigma_e = \frac{M_e}{Z_b} \leq [\sigma_t]$$

13. גלגלי שיניים

$$i = \frac{z_1}{z_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2}$$

i - יחס התמסורת

[rpm] n, n₁, n₂ - מהירות סיבוב של גלגל

z, z₁, z₂ - מספר השיניים בגלגל

[mm] m - מודול השן

$$D = mz = \frac{1}{\pi} z$$

[mm] D - קוטר מעגל החלוקה

[mm] D_i - קוטר מעגל העיקרים

$$D_e = m(z + 2)$$

[mm] D_e - קוטר מעגל הראשים

$$D_i = m(z - 2.4)$$

[mm] D₁, D₂ - קוטר הגלגל

$$A_1 = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}$$

λ - מקדם רוחב הגלגל

[mm] b - רוחב הגלגל

$$\lambda = \frac{b}{m}$$

[mm] A - המרחק בין צירי הגלגלים

[mm] h - גובה השן

[mm] t - פסיעת הגלגל (השיניים)

[mm] h₁ - גובה ראש השן

$$h = h_1 + h_2$$

[mm] h₂ - גובה עיקר השן

$$h_1 = m$$

f - מקדם עומס־יתר

$$h_2 = 1.2 m$$

q - מקדם מספר השיניים

[MPa] [σ] - מאמץ מותר לכפיפה

$$m = 490 \sqrt[3]{\frac{P \cdot f \cdot q}{n \cdot z \cdot \lambda \cdot [\sigma]}}$$

[N] F_t - כוח היקפי לגלגל שיניים

$$P = \left(\frac{m}{490}\right)^3 \frac{n \cdot z \cdot \lambda \cdot [\sigma]}{f \cdot q}$$

[N] F - כוח שילוב בין גלגלי השיניים

[deg] α - זווית הלחץ

$$M_t = 9550 \frac{P}{n}$$

z_{min} - מספר שיניים מינימלי (שן תקנית)

[kW] P - הספק מועבר על־ידי הגלגלים

$$F_t = F \cos \alpha = \frac{2 M_t}{m z}$$

[Nm] M_t - מומנט מועבר

$$z_{\min} = \frac{2}{\sin^2 \alpha}$$

המשך בעמוד 10

التتمة في الصفحة 10

בגל כוכב:

$$M_e = \frac{M_T}{k}$$

$$F = M_e \frac{2}{d_m}$$

$$d_m = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

$$A = \frac{d_2 - d_1}{2} \cdot L$$

k - מספר השיניים בגל כוכב

M_e - המומנט לשן בגל כוכב [Nm]

d_m - קוטר ביניים בגל כוכב [mm]

d_1 - קוטר פנימי בגל כוכב [mm]

d_2 - קוטר חיצוני בגל כוכב [mm]

A - שטח השן הנמעת [mm²]

L - אורך השן הנמעת [mm]

14. רצועות

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2}$$

$$F = \frac{1000 P}{v}$$

$$S_1 = k_e \cdot F_t$$

$$S_2 = S_1 - F_t$$

F_t - כוח היקפי (משיקי) [N]

P - הספק נמסר [kW]

P_E - הספק אפקטיבי [kW]

v - מהירות קווית של הרצועה [m/s]

S_1 - כוח מתיחה בענף הפעיל [N]

S_2 - כוח מתיחה בענף הסביל [N]

k_e - מקדם כוח מתיחה

d - קוטר הגלגל המניע [m]

D_1, D_2, D_3 - קוטר גלגל בממסרת [m]

M_t - המומנט הנמסר [Nm]

η - נצילות

n_1, n_2 - מהירות סיבובית של גלגל [rpm]

i - יחס התמסורת בין גלגלי הרצועה

k_d - מקדם תנאי העבודה

L - אורך הרצועה [m]

d_0 - קוטר חיצוני בגלגל הקטן [m]

A - מרחק בין מרכזי הגלגלים [m]

D_0 - קוטר חיצוני בגלגל הגדול [m]

$$P_E = k_d \cdot P \cdot \eta$$

$$L = 1.57(D_0 + d_0) + 2A + \frac{(D_0 - d_0)^2}{4A}$$

$$v = \frac{\pi D_1 n_1}{60 \times 1000}$$

המשך בעמוד 11

التتمة في الصفحة 11

מומנט התמדה קוטבי, [mm ⁴]I _o	מומנט התמדה, I [mm ⁴]	מומנט התנגדות לפיתול, [mm ³]Z _o (מודול החתך)	מומנט התנגדות לכפיפה, [mm ³]Z _y (מודול החתך)	A, שטח [mm ²]	היקף [mm]	
	$I_x = I_y = \frac{a^4}{12}$		$Z_x = Z_y = \frac{a^3}{6}$	a^2	4 a	
	$I_x = \frac{bh^3}{12}$ $I_y = \frac{hb^3}{12}$		$Z_x = \frac{bh^2}{6}$ $Z_y = \frac{hb^2}{6}$	b · h	2 (h + b)	
$I_o = \frac{\pi D^4}{32} \approx 0.1 D^4$	$I_x = I_y = \frac{\pi D^4}{64} \approx 0.05 D^4$	$Z_o = \frac{\pi D^3}{16} \approx 0.2 D^3$	$Z_x = Z_y = \frac{\pi D^3}{32} \approx 0.1 D^3$	$\frac{\pi \cdot D^2}{4}$	$\pi \cdot D$	
$I_o = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32} \approx 0.1(D^4 - d^4)$	$I_x = I_y = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} \approx 0.05(D^4 - d^4)$	$Z_o = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{16} \approx 0.2 \frac{(D^4 - d^4)}{D}$	$Z_x = Z_y = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32} \approx 0.1 \frac{(D^4 - d^4)}{D}$	$\frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$	$\pi(D + d)$	

נוסחאות בבקרה

1. הגבר סטטי:

$$K = \frac{\Delta \Theta_o}{\Delta \Theta_i} = \left(\frac{\text{שינוי בתגובה}}{\text{שינוי במאלץ}} \right)$$

2. תמסורת של מלבן בודד:

$$\frac{\Theta_o}{\Theta_i} = G$$

Θ_o - אות מוצא (תגובה)

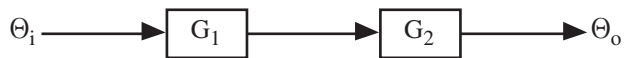
Θ_i - אות מבוא (אילוצ)

G - פונקציית תמסורת



3. תמסורת של שני מלבנים בטור:

$$\frac{\Theta_o}{\Theta_i} = G_1 G_2$$

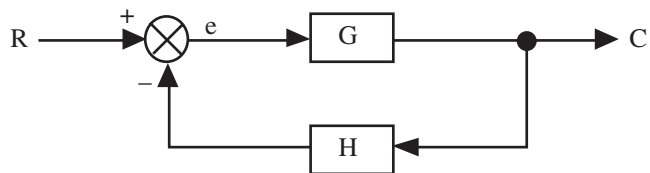


4. תמסורת, T , בחוג סגור (עם משוב H):

R - ערך רצוי

C - ערך מצוי

$$T = \frac{C}{R} = \frac{G}{1 + GH}$$



המשך בעמוד 13

التتمة في الصفحة 13

נוסחאות בהידרוליקה

5. ספיקת זורם דרך שטח A:

$$Q = v \cdot A$$

v - מהירות הזורם

$$\left[\frac{\text{m}}{\text{sec}} \right]$$

A - שטח

$$[\text{m}^2]$$

Q - ספיקה

$$\left[\frac{\text{m}^3}{\text{sec}} \right]$$

6. לחץ:

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

F - כוח

$$[\text{N}]$$

P - לחץ

$$[\text{Pa}]$$

$$[\text{Pa}] = \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right] = 10^{-5} \text{ bar} = 9.869 \times 10^{-6} \text{ atm}$$

7. הספק הידרולי:

$$N = Q \cdot P$$

8. הספק של משאבה:

N - הספק מכני המסופק למשאבה

$$[\text{W}]$$

Q - ספיקה דרך משאבה

$$\left[\frac{\text{m}^3}{\text{sec}} \right]$$

ΔP - הפרש לחץ על-פני משאבה

$$\left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$$

η - נצילות משאבה

9. ספיקת משאבה:

$$Q = n \cdot C$$

n - קצב (מהירות) סיבוב $\left[\frac{\text{rev}}{\text{sec}} \right]$

C - הדחק משאבה $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{rev}} \right]$

10. הספק מכני:

$$N_{\text{mech}} = F \cdot v$$

N_{mech} - הספק מכני $[W]$

F - כוח הפועל על גוף נע $[N]$

v - מהירות הגוף הנע $\left[\frac{\text{m}}{\text{sec}} \right]$

בהצלחה!
نتمنى لك النجاح!