

בקרה במכונות – מוגבר

הוראות לנבחן

- א. משך הבחינה: שלוש שעות.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שלושה פרקים ובהם שש שאלות. עליך לענות על **ארבע** שאלות על-פי בחירתך מכל השאלון. לכל שאלה – 25 נקודות, סה"כ – 100 נקודות.
- ג. חומר עזר מותר לשימוש: כלי סרטוט, מחשבון.
- ד. הוראות מיוחדות:
 1. עיין בשאלון, הכר את חלקיו, ורק אז ענה על השאלות בסדר הנראה לך.
 2. ענה על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא ויעריך את **מספר התשובות הנדרש בלבד**, לפי סדר כתיבתן במחברתך, ולא יתייחס לתשובות נוספות.
 3. בכל שאלה ניתנו הנתונים לפתרונה. אם לדעתך חסר נתון, הוסף אותו על-פי שיקול דעתך, ופתור בעזרתו את השאלה. כתוב במחברתך את הנתון שהוספת.
 4. בתשובה על שאלה חישובית, עליך להציג את שלבי הפתרון באופן מפורט ולהסבירם בקצרה. קבלת מרב הנקודות מותנית במילוי דרישה זו.
 5. לנוחיותך, בנספח מובאות חלק מן הנוסחאות הדרושות לפתרון השאלות.

כתוב במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב כ**טייטה** (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).

כתוב "טייטה" בראש כל עמוד טייטה. כתיבת טייטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה!

בשאלון זה 11 עמודים ו-7 עמודי נספח.

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

בהצלחה!

השאלות

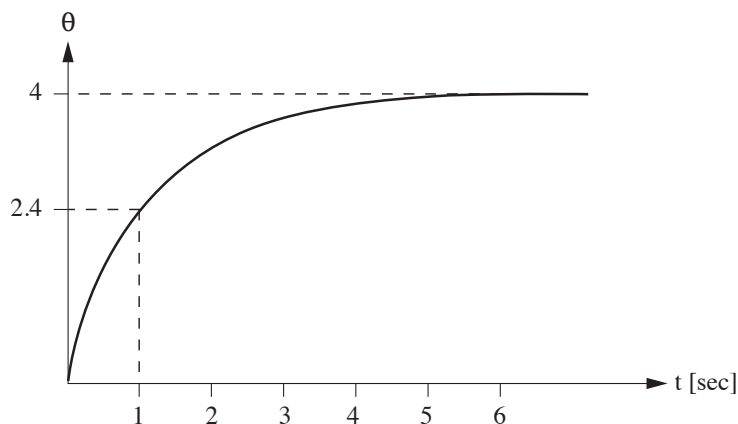
בשאלון זה שלושה פרקים ובהם שש שאלות.

עליך לענות על ארבע שאלות לפי בחירתך, מכל השאלון (לכל שאלה - 25 נקודות).

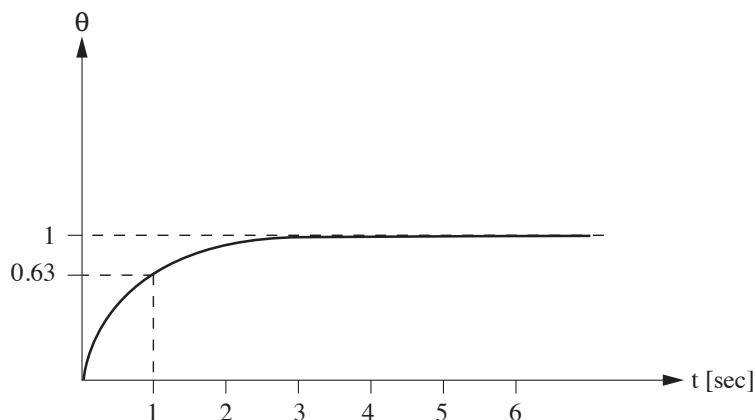
פרק ראשון: בקרה

שאלה 1

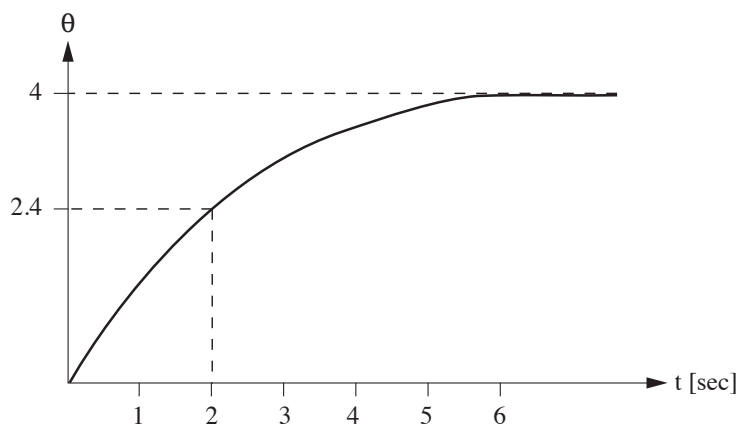
באיורים א' - ג' לשאלה זו נתונים שלושה גרפים, שכל אחד מהם מייצג תגובה של מערכת שונה לאילוף מדרגה שגודלה שתי יחידות. תגובת כל מערכת מאופיינת כהליך עם פיגור מסדר ראשון.



איור א' לשאלה 1



איור ב' לשאלה 1



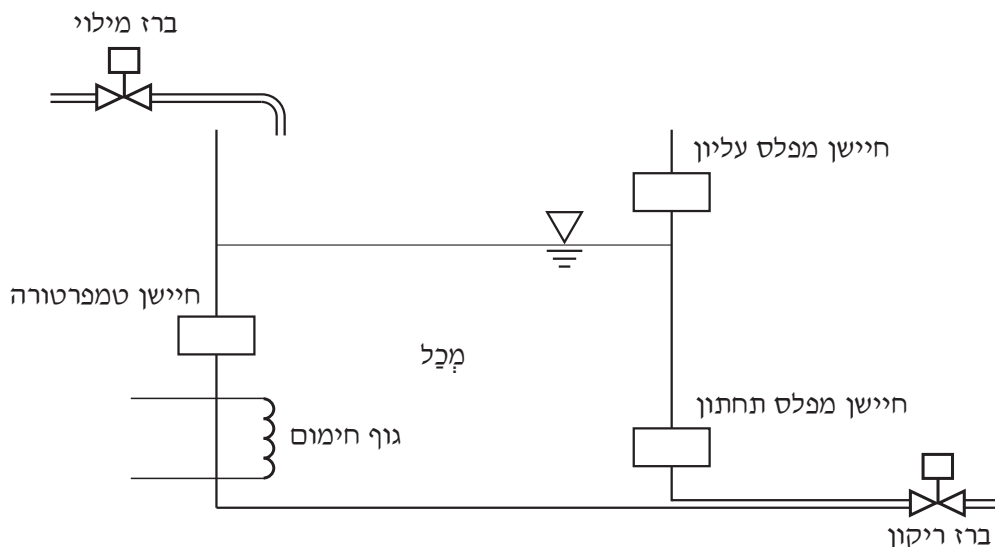
איור ג' לשאלה 1

קבע לגבי כל אחד מההיגדים שלהלן אם הוא **נכון** או **לא נכון**. נמק בקצרה את קביעתך.

- א. (6 נק') הגבר המערכת בתהליך המתואר באיור א' גדול מהגבר המערכת בתהליך המתואר באיור ב'.
- ב. (6 נק') כל שלושת התהליכים המתוארים באיורים א' - ג' מתייצבים במצב המתמיד על אותו ערך.
- ג. (7 נק') קבועי הזמן של התהליכים המתוארים באיורים ב' ו-ג' זהים.
- ד. (6 נק') תגובת המערכת המתוארת באיור א' הגיעה לערך הסופי שלה בזמן קצר יותר מתגובת המערכת המתוארת באיור ג'.

שאלה 2

באיור לשאלה זו מתוארת מערכת לחימום כמות קבועה של נוזל עד לטמפרטורה מסוימת.



איור לשאלה 2

רכיבי המערכת:

- לחצן הפעלה מסוג P.B. (אינו מתואר באיור)
- ברז פנאומטי למילוי נוזל בִּמְכָל. הברז מופעל על-ידי שסתום 5/2 חשמל-חשמל
- ברז פנאומטי לריקון המכל. הברז מופעל על-ידי שסתום 5/2 חשמל-חשמל
- גוף חימום
- חיישן טמפרטורה הסוגר מגע חשמלי כאשר הטמפרטורה של הנוזל מגיעה לערכה הרצוי
- חיישן מפלס עליון מסוג N.O.
- חיישן מפלס תחתון מסוג N.O.

תיאור פעולת המערכת:

- לפני הפעלת המערכת – ברז המילוי וברז הריקון סגורים והמכל ריק.
- לחיצה על לחצן P.B. פותחת את ברז המילוי.
- כאשר המפלס מגיע לחיישן המפלס העליון, ברז המילוי נסגר.
- גוף החימום מופעל עד שהטמפרטורה במכל מגיעה לטמפרטורה הרצויה.
- ברז הריקון נפתח ונשאר פתוח עד שהמפלס מגיע אל חיישן המפלס התחתון.

(10 נק') א. בחר בקר מתוכנת שיבקר את פעולת המערכת. כתוב את שם הבקר שבחרת, ואת מספרי הייחוס של כתובות הכניסה ושל כתובות היציאה המתאימים לבקר הזה.

(10 נק') ב. כתוב תוכנית או סרטט דיאגרמת סולם שתבצע את פעולת המערכת. שפת התכנות נתונה לבחירתך.

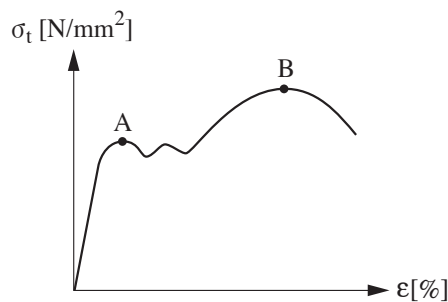
(5 נק') ג. באחד ממחזורי הפעולה של המערכת, לאחר שהבקר הורה לפתוח את ברז הריקון, חיישן המפלס העליון נשאר סגור, כלומר הוא המשיך להורות שהמכל מלא. בהנחה שהחיישן תקין, ציין תקלה אפשרית במערכת שגרמה למצב הזה.

פרק שני: פרקי הנדסה ומדע

שאלה 3

בכל אחד מהסעיפים א' – ה' שלהלן נתונות ארבע תשובות, שרק אחת מהן נכונה. העתק למחברתך את מספרה של התשובה הנכונה בכל סעיף.

באיור לשאלה 3 מתוארת דיאגרמת מאמץ-מעוות של דגם העשוי מחומר משיך. האיור מתייחס לסעיפים א' – ג'.



איור לשאלה 3

5 נק' א. מה מייצג הציר האופקי $[\epsilon]$ בדיאגרמה?

1. את ההתארכות היחסית של הדגם
2. את ההתארכות של הדגם
3. את ההשתנות של שטח החתך של הדגם
4. את המאמץ בחומר הדגם

5 נק' ב. מה מסמנת הנקודה A בדיאגרמה?

1. מאמץ קיים, σ_t
2. מאמץ של תחילת הרס, σ_{uts}
3. מאמץ מותר, $[\sigma_t]$
4. מאמץ כניעה, σ_y

ג. (5 נק') מה מסמנת הנקודה B בדיאגרמה?

1. מאמץ קיים, σ_t
2. מאמץ של תחילת הרס, σ_{uts}
3. מאמץ מותר, $[\sigma_t]$
4. מאמץ כניעה, σ_y

ד. (5 נק') מהו אחוז הפחמן בפלדה SAE 4340 ?

1. 43%
2. 40%
3. 0.43%
4. 0.40%

ה. (5 נק') מהי התכונה המאפיינת פלדת פלב"מ ביחס לפלדות אחרות?

1. משקל סגולי גבוה יותר
2. קשיות גבוהה יותר
3. עמידות טובה יותר בשיתוך
4. עמידות גבוהה יותר בחום

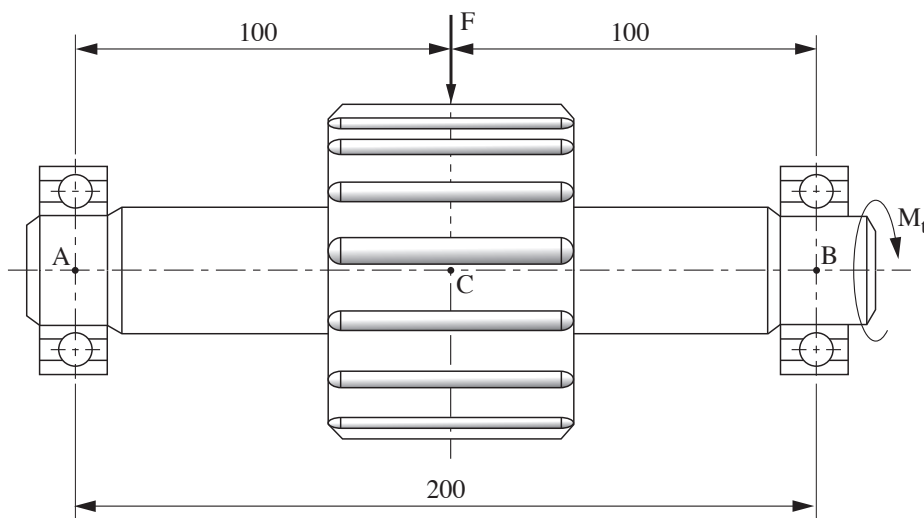
שאלה 4

באיור א' לשאלה זו מתואר גל שנשמך על שני מסבים ומורכב עליו גלגל שיניים. על הגל פועל מומנט פיתול חיצוני (M_t), ועל גלגל השיניים פועל כוח F בכיוון אנכי לגל. מידות האורך באיור נתונות במילימטרים.

נתונים:

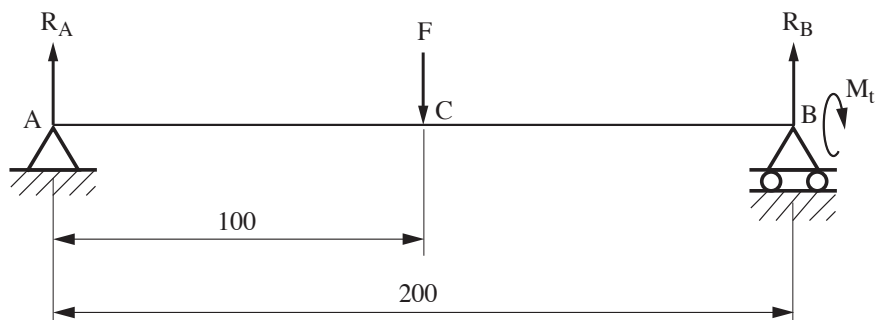
מומנט הפיתול החיצוני המועבר לגל הוא: $M_t = 28,000 \text{ Nmm}$

הכוח האנכי הפועל על גלגל השיניים הוא: $F = 3,000 \text{ N}$



איור א' לשאלה 4

באיור ב' לשאלה 4 נתון הדג"ח של הגל:



איור ב' לשאלה 4

- (7 נק') א. חשב את מומנט הכפיפה (M_b) המרבי הפועל בגל.
- (7 נק') ב. חשב את המומנט המורכב (האקוויולנטי) (M_e) המרבי הפועל בגל.
- (7 נק') ג. נתון שמומנט ההתנגדות (מודול החתך) של הגל לכפיפה הוא: $Z_b = 1,600 \text{ mm}^3$.
חשב את המאמץ המרבי הכולל (σ_e) בחומר הגל.
- (4 נק') ד. נתון שהמאמץ המותר בחומר הגל הוא: $[\sigma_t] = 100 \text{ MPa}$.
קבע אם הגל יעמוד במאמץ המרבי הכולל. נמק את קביעתך.

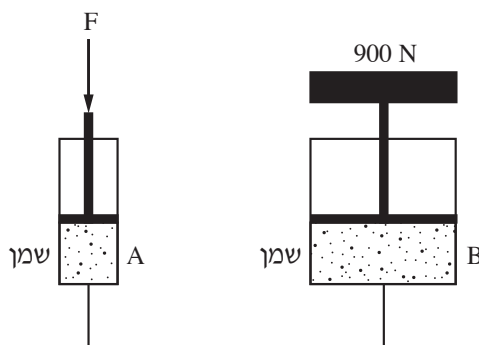
פרק שלישי: מערכות מיכון

שאלה 5

באיור לשאלה זו מתוארת מערכת הידראולית הכוללת שתי בוכנות, A ו-B, המחוברות זו לזו באמצעות צינור.

נתונים:

- שטח החתך של בוכנה A הוא 300 mm^2 , ועליה פועל כוח F .
- שטח החתך של בוכנה B הוא 900 mm^2 , ועליה מונח גוף שמשקלו 900 N .
- המערכת נמצאת בשיווי משקל.



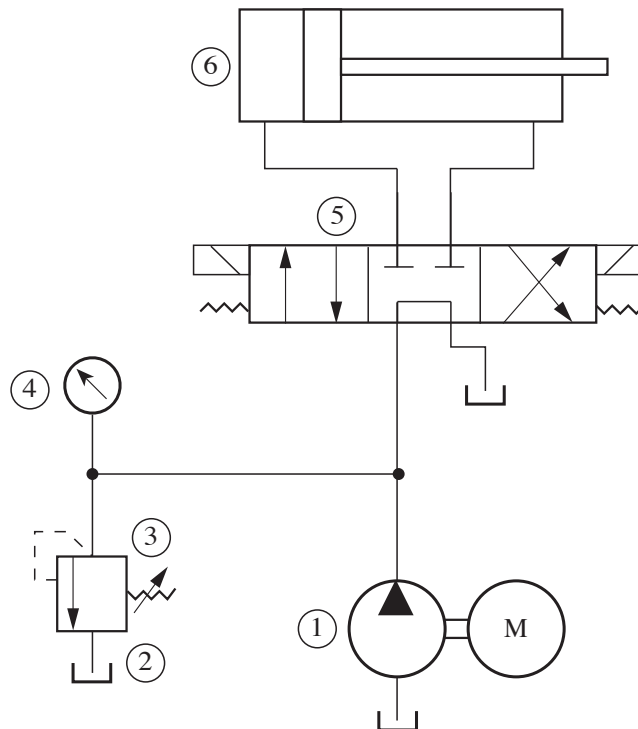
איור לשאלה 5

קבע לגבי כל אחד מההיגדים שלהלן אם הוא **נכון** או **לא נכון**. נמק בקצרה את קביעתך.

- (6 נק') **א.** הלחץ בצילינדר B הוא 10 bar .
- (6 נק') **ב.** כאשר בוכנה A נעה כלפי מטה למרחק 30 mm , בוכנה B נעה כלפי מעלה למרחק 90 mm .
- (6 נק') **ג.** כאשר המערכת נמצאת בשיווי משקל, $F = 300 \text{ N}$.
- (7 נק') **ד.** כאשר מפעילים על בוכנה A כוח $F = 250 \text{ N}$ כלפי מטה, הבוכנה A נעה כלפי מעלה.

שאלה 6

באיור לשאלה זו מתוארת מערכת הידראולית.



איור לשאלה 6

- א. (8 נק') כתוב את שמותיהם המלאים של הרכיבים המסומנים באיור בִּסְפָּרוֹת ①, ②, ④ ו-⑥.
- ב. (6 נק') שמו המלא של רכיב ⑤ הוא "שסתום 4/3 בעל מרכז חצי־פתוח, מופעל חשמלית ומוחזר קפיץ". כתוב מה מבטא כל אחד מן הפרטים שלהלן, המצוינים בשמו של הרכיב:

1. שסתום 4/3

2. מרכז חצי־פתוח

3. מופעל חשמלית ומוחזר קפיץ

ג. (7 נק') תאר את פעולת המערכת הגורמת ליציאת הבוכנה.

ד. (4 נק') מהו תפקידו של רכיב ③ במערכת?

בהצלחה!

נוסחאון לבקרה במכונות (7 עמודים)

לשאלונים 819381, 819282, קיץ תשפ"א

ورقة قوانين في المراقبة في الماكينات (7 صفحات)

للمؤدجين 819381, 819282, صيف 2021

לנוחותך, תמצא בנספח זה חלק מהנוסחאות הדרושות לפתרון השאלות.
من أجل التسهيل عليك، أوردنا في هذا الملحق قسمًا من المعادلات المطلوبة لحل الأسئلة.

נוסחאות בבקרה

1. $\Theta(t)$, התגובה בזמן t לאילוץ מדרגה D של תהליך בעל פיגור מסדר ראשון:

$$\Theta_o(t) = K \cdot D \left[1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right]$$

τ – קבוע הזמן

K – הגבר סטטי

D – גודל המדרגה

2. הזמן, t , הדרוש למערכת כדי להגיע לתגובה, $Y(t)$, בתהליך בעל קבוע זמן τ :

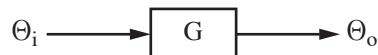
$$t = \tau \cdot \ln \left(\frac{Y(\infty) - Y(0)}{Y(\infty) - Y(t)} \right)$$

3. ההגבר הסטטי:

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

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

4. התמסורת של המלבן הבודד:



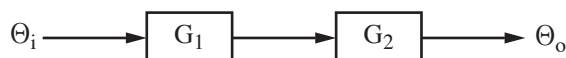
Θ_o – אות המוצא (התגובה)

Θ_i – אות המבוא (האילוץ)

G – פונקציית התמסורת

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

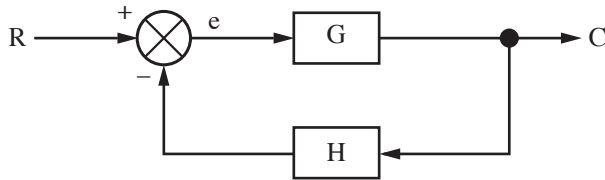
5. התמסורת של שני מלבנים בטור:



המשך בעמוד 2

التَّمتة في الصفحة 2

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



6. התמסורת, T, בחוג סגור (עם משוב H):

R – הערך הרצוי

C – הערך המצוי

$$\frac{e}{R} = \frac{1}{1 + GH}$$

7. השגיאה, e, בחוג סגור (עם מערכת משוב):

נוסחאות בהידרוליקה

8. שטח של חתך עגול:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

D [m] – קוטר העיגול

9. ספיקת הזורם דרך השטח A :

מהירות הזורם – $v \left[\frac{m}{sec} \right]$

A [m²] – השטח

Q $\left[\frac{m^3}{sec} \right]$ – ספיקה

$$Q = v \cdot A$$

10. הגדרת הלחץ:

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

$$1 \text{ bar} = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$$

11. הכוח F, הפועל על השטח A, בשל לחץ:

P $\left[\frac{N}{m^2} \right]$ – הלחץ על השטח

$$F = P \cdot A$$

המשך בעמוד 3

التَّيْمَةُ فِي الصَّفْحَةِ 3

$$F = \mu \cdot \frac{\Delta u}{\Delta h} \cdot A$$

12. הכוח F, הפועל על השטח A, בשל הצמיגות:

$$\mu \left[\frac{\text{N} \cdot \text{sec}}{\text{m}^2} \right] - \text{הצמיגות הדינמית של הזורם}$$

$$\Delta h [\text{m}] - \text{עובי שכבת הזורם}$$

$$\Delta u \left[\frac{\text{m}}{\text{sec}} \right] - \text{ההפרש שבין מהירות הזורם מעל השכבה ובין מהירות הזורם מתחת לשכבה}$$

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

13. הגדרת הצמיגות הקינמטית:

$$\rho \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right] - \text{צפיפות הזורם (המסה הסגולית שלו)}$$

$$\mu = \frac{F}{A} \cdot \frac{\Delta h}{\Delta u}$$

14. הגדרת הצמיגות הדינמית:

$$\text{Re} = \frac{v \cdot D}{\nu} = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

15. מספר ריינולדס:

$$\nu \left[\frac{\text{m}^2}{\text{sec}} \right] - \text{הצמיגות הקינמטית של הזורם}$$

$$Z + \frac{P}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} = \text{const.}$$

16. לפי חוק ברנולי, כשהצמיגות זניחה מתקיים:

$$Z [\text{m}] - \text{גובה}$$

$$\gamma \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^3} \right] - \text{משקל סגולי}$$

$$g \left[\frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \right] - \text{תאוצת הכובד, ערכה הוא כ-} 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

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

$$N = Q \cdot P$$

17. הספק הידרולי:

$$N = \frac{Q \cdot \Delta P}{\eta}$$

18. הספק של משאבה:

$$N \text{ [Watt]} - \text{ההספק המכני המסופק למשאבה}$$

$$Q \left[\frac{\text{m}^3}{\text{sec}} \right] - \text{הספיקה דרך המשאבה}$$

$$\Delta P \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right] - \text{הפרש הלחץ על פני המשאבה}$$

$$\eta - \text{נצילות המשאבה}$$

$$Q = n \cdot C$$

19. ספיקת משאבה:

$$n \left[\frac{\text{rev}}{\text{sec}} \right] - \text{קצב הסיבוב בשנייה}$$

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

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

20. הספק מכני:

$$P_{\text{mech}} \text{ [Watt]} - \text{ההספק המכני}$$

$$F \text{ [N]} - \text{הכוח הפועל על גוף נע}$$

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

נוסחאות בחשמל

21. חוק אוהם:

מתח – V [Volt]

התנגדות – R [Ω]

זרם – I [A]

$$V = R \cdot I$$

22. הספק:

הספק – P [Watt]

$$P = VI = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

נוסחאות במכניקה הנדסית

23. מאמץ:

מאמץ – σ_t [MPa]

כוח – F [N]

שטח – A [m²]

מאמץ מותר – $[\sigma_t]$ [MPa]

$$1[\text{Pa}] = 1\left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right]$$

$$1[\text{MPa}] = 10^6\left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right] = 1\left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right]$$

$$\sigma_t = \frac{F}{A} \leq [\sigma_t]$$

24. מקדם בטיחות:

S – מקדם בטיחות

σ_y [MPa] – מאמץ גבול הכניעה

$$[\sigma_t] = \frac{\sigma_y}{S}$$

25. כוח ההתנגדות של קפיץ:

$$F_s = K_s \cdot \Delta X$$

$$K_s \left[\frac{N}{m} \right] \quad - \quad \text{קבוע הקפיץ}$$

$$\Delta X [m] \quad - \quad \text{תזוזה}$$

$$F_s [N] \quad - \quad \text{כוח ההתנגדות של הקפיץ}$$

26. שינוי אורך:

$$L [m] \quad - \quad \text{אורך התחלתי}$$

$$F [N] \quad - \quad \text{כוח}$$

$$E [Pa] \quad - \quad \text{מודול אלסטיות}$$

$$A [m^2] \quad - \quad \text{שטח חתך}$$

$$\Delta L [m] \quad - \quad \text{שינוי האורך כתוצאה מפעולת הכוח}$$

$$\Delta L = \frac{F \cdot L}{E \cdot A}$$

27. מומנט פיתול:

$$\tau_t [MPa] \quad - \quad \text{מאמץ הפיתול}$$

$$M_t [N \cdot m] \quad - \quad \text{מומנט הפיתול}$$

$$Z_o [m^3] \quad - \quad \text{מומנט ההתנגדות לפיתול של החתך}$$

$$[\tau_t] [MPa] \quad - \quad \text{מאמץ הפיתול המותר}$$

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

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

28. הספק המועבר על-ידי גל:

$$P [kW] \quad - \quad \text{ההספק המועבר}$$

$$M [N \cdot m] \quad - \quad \text{המומנט}$$

$$n [RPM] \quad - \quad \text{מהירות סיבוב הגל}$$

$$P = \frac{M \cdot n}{9550}$$

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

29. מאמץ כפיפה מקסימלי:

$$\sigma_b \left[\frac{N}{m^2} \right] - \text{מאמץ הכפיפה המקסימלי בחתך}$$

$$M_b [N \cdot m] - \text{מומנט הכפיפה בחתך}$$

$$Z_x [m^3] - \text{מודול החתך}$$

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

30. שגמים

$$[\sigma_{lc}] [MPa] - \text{מאמץ המעיכה המותר}$$

$$F [N] - \text{הכוח היוצר את מומנט הפיתול}$$

$$h [mm] - \text{גובה השגם}$$

$$L [mm] - \text{אורך יעיל של השגם}$$

$$b [mm] - \text{רוחב השגם}$$

$$\sigma_{lc} [MPa] - \text{מאמץ המעיכה}$$

$$[\tau_s] MPa - \text{מאמץ גזירה מותר}$$

מאמץ מעיכה:

$$\sigma_{lc} = \frac{F}{0.5 h \times L} \leq [\sigma_{lc}]$$

$$[\sigma_{lc}] = 2 [\sigma_t]$$

מאמץ גזירה:

$$\tau_s = \frac{F}{b \times L} \leq [\tau_s]$$

$$[\tau_s] = 0.6 [\sigma_t]$$

31. פינים

$$d [mm] - \text{קוטר הפין}$$

$$n - \text{מספר שטחי גזירה}$$

$$\tau_s = \frac{F}{A_s} = \frac{F}{n \cdot \frac{\pi d^2}{4}} \leq [\tau_s] - \text{מאמץ גזירה}$$

בהצלחה!

نتمنى لك النجاح!