

מכניקה הנדסית ט'

(לטכנאי מכונות)

הוראות לנבחן

- א. משך הבחינה: ארבע שעות.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמישה פרקים ובהם עשר שאלות. עליך לענות על שאלה אחת מכל אחד משלושת הפרקים הראשונים ועל שתי שאלות נוספות, לפי בחירתך, מכל השאלון. בסך-הכול עליך לענות על חמש שאלות. לכל שאלה – 20 נקודות ובסך-הכול – 100 נקודות.
- ג. חומר עזר מותר לשימוש: כל חומר עזר כתוב בכתב יד או מודפס, כלי סרטוט ומחשבון בעל תצוגה של אותיות וספרות בלבד.
- ד. הוראות מיוחדות:
 1. בטרם תתחיל לענות על השאלות, קרא בעיון את כל השאלון וודא שההנחיות בדף השער מובנות לך היטב.
 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. ציין בתשובתך 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. המידות בסרטוטים נתונות במ"מ, אלא אם כן צוין אחרת.
 6. לנוחותך, לשאלון זה מצורף מילון מונחים בשפות עברית, ערבית, אנגלית ורוסית. תוכל להיעזר בו בעת הצורך.

בשאלון זה 17 עמודים ו-2 עמודי נספחים.

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

השאלות

בשאלון זה חמישה פרקים ובהם עשר שאלות.

עליך לענות על שאלה אחת מכל אחד משלושת הפרקים הראשונים, ועל שתי שאלות נוספות, לפי בחירתך, מכל השאלון.
בסך-הכול עליך לענות על חמש שאלות (לכל שאלה – 20 נקודות).

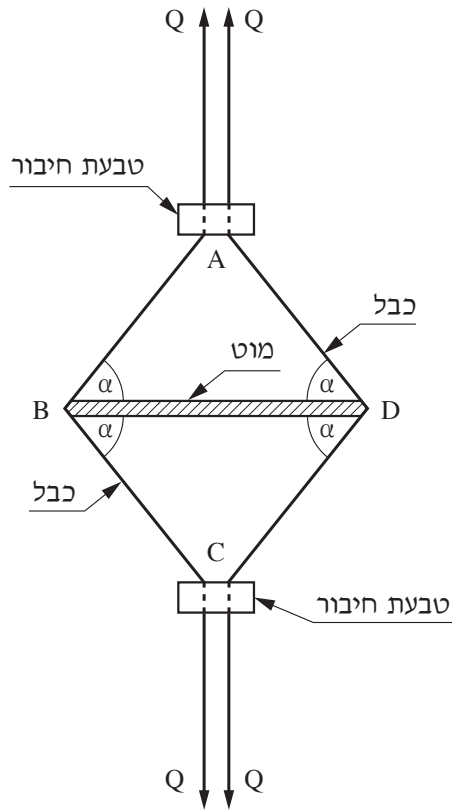
פרק ראשון: סטטיקה וחוזק חומרים במכונות

שאלה 1

באיור לשאלה זו מתוארת מערכת הכוללת שני כבלים זהים. הכבלים עשויים מחוטי פלדה ומופרדים ביניהם על-ידי מוט BD .
כל כבל נמתח על-ידי כוח Q .

נתונים:

- מספר חוטי הפלדה בכל כבל: $n = 50$
- הקוטר של כל חוט פלדה: $d = 1 \text{ mm}$
- מאמץ המתיחה הקיים בכל חוט פלדה: $\sigma = 100 \text{ MPa}$
- מאמץ הלחיצה המותר בחומר המוט: $\sigma = 120 \text{ MPa}$
- $BD = 150 \text{ mm}$, $AB = BC = CD = DA = 250 \text{ mm}$



איור לשאלה 1

א. חשב את הכוח Q .

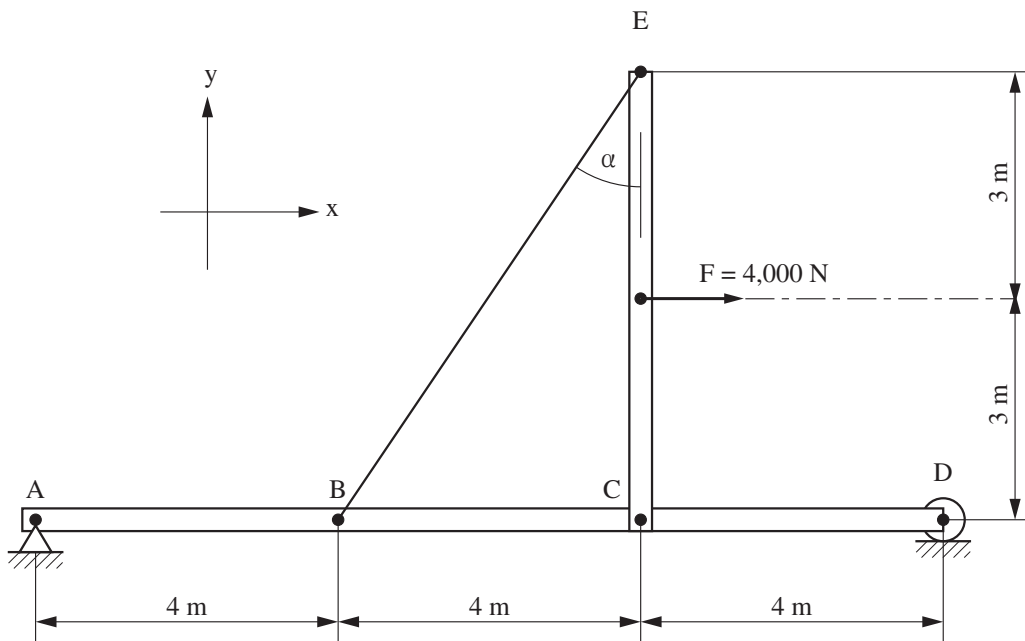
ב. ללא קשר לתוצאה שקיבלת בסעיף א', הנח בסעיף זה ש- $Q = 3 \text{ kN}$.

1. חשב את כוח הלחיצה במוט BD.

2. חתך המוט BD הוא ריבוע בעל צלע באורך a . מה צריך להיות ערכו המינימלי של a כדי שהמוט יעמוד בכוח הלחיצה שחישבת בסעיף ב'?

שאלה 2

באיור לשאלה זו מתואר מנגנון שמורכב מקורה ABCD וממוט EC המחברים ביניהם באמצעות פרק C וכבל BE. כוח $F = 4,000 \text{ N}$ פועל על EC, כמתואר באיור. מסת המוט EC ומסת הקורה ABCD זניחות.

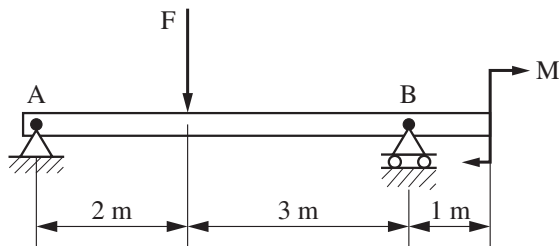


איור לשאלה 2

- א. חשב את הזווית α .
- ב. סרטט דג"ח (דיאגרמת גוף חופשי) למוט EC ודג"ח לקורה ABCD. סמן בכל אחד מהסרטוטים את הכוחות המתאימים.
- ג. חשב את כוח המתיחה בכבל BE.
- ד. חשב את רכיבי כוח התגובה בסמך A.

שאלה 3

באיור לשאלה זו מתוארת קורה בעלת חתך עגול מלא, הנתמכת על-ידי שני הסמכים A ו-B. על הקורה פועלים כוח F ומומנט M , כמתואר באיור.



איור לשאלה 3

נתונים:

$F = 3 \text{ kN}$ –

$M = 2,000 \text{ N} \cdot \text{m}$ –

המאמץ המותר של חומר הקורה: $[\sigma] = 140 \text{ MPa}$ –

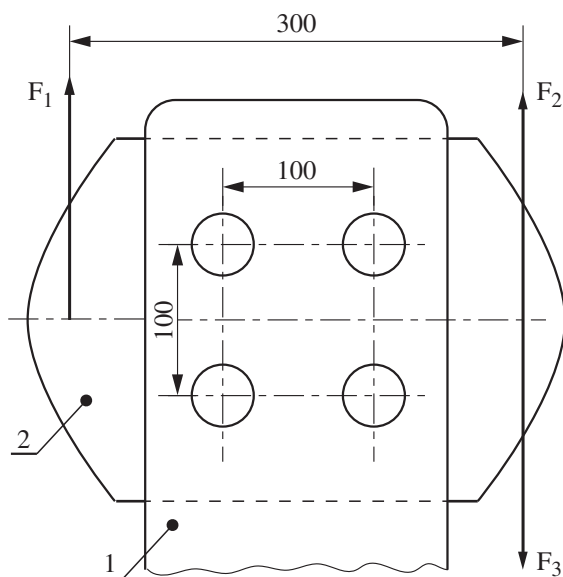
- א. חשב את כוחות התגובה בסמכים A ו-B.
- ב. סרטט את המהלך של כוחות הגזירה ואת המהלך של מומנטי הכפיפה ומצא את החתך המסוכן בקורה.
- ג. ללא קשר לתוצאות שקיבלת בסעיפים א' ו-ב', הנח שמומנט הכפיפה המקסימלי שפועל בחתך המסוכן בקורה הוא $M_{\max} = 2.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$.
חשב את הקוטר המינימלי הדרוש לחתך הקורה.

פרק שני: חלקי מכונות

שאלה 4

באיור לשאלה זו מתואר מבנה שבו לוח 1 מסומרר ללוח 2.

על המבנה פועלים הכוחות F_1 , F_2 ו- F_3 .



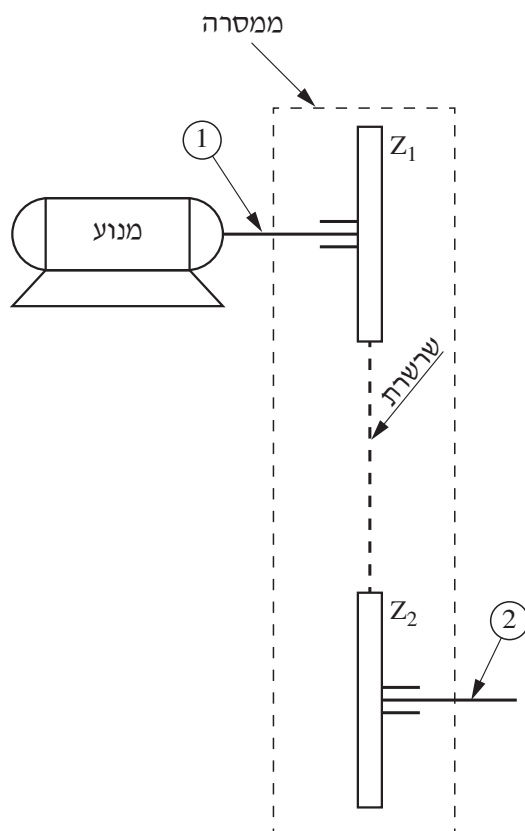
איור לשאלה 4

נתונים:

- כל המסמרות בעלות עובי d .
 - עובי הלוחות: $t = 6 \text{ mm}$
 - מאמץ הגזירה המותר לחומר המסמרות: $\tau = 100 \text{ MPa}$
 - מאמץ המעיכה המותר לחומר הלוחות: $\sigma_{lc} = 180 \text{ MPa}$
 - לרשותך מסמרות בקטרים אלו: 8 mm , 10 mm , 12 mm , 16 mm
- א.** הכוחות הפועלים על המבנה הם: $F_1 = F_2 = 10 \text{ kN}$, $F_3 = 0$.
חשב את הקוטר המינימלי הדרוש למסמרה לשם עמידה בתנאי החוזק לגזירה ולמעיכה.
בחר את המסמרה המתאימה מבין המסמרות הנתונות.
- ב.** הנח בסעיף זה שהכוחות הפועלים על המבנה הם: $F_2 = 0$, $F_1 = F_3 = 10 \text{ kN}$.
חשב את הקוטר המינימלי הדרוש למסמרה לשם עמידה בתנאי החוזק לגזירה ולמעיכה.
בחר את המסמרה המתאימה מבין המסמרות הנתונות.
- ג.** 1. מהי התכונה המכנית העיקרית הנדרשת מחומר שמייצרים ממנו מסמרות?
2. מדוע מחממים מסמרות פלדה בעלות קוטר גדול (מעל 10 mm) לפני סמרון?

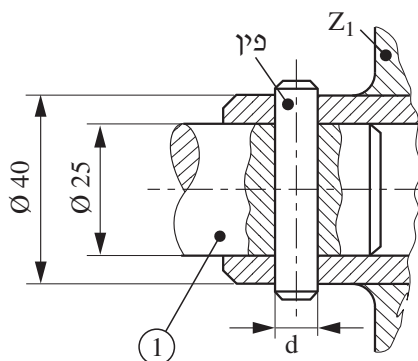
שאלה 5

באיור א' לשאלה זו מתוארת ממסרת שרשרת בעלת נצילות של 100%.



איור א' לשאלה 5

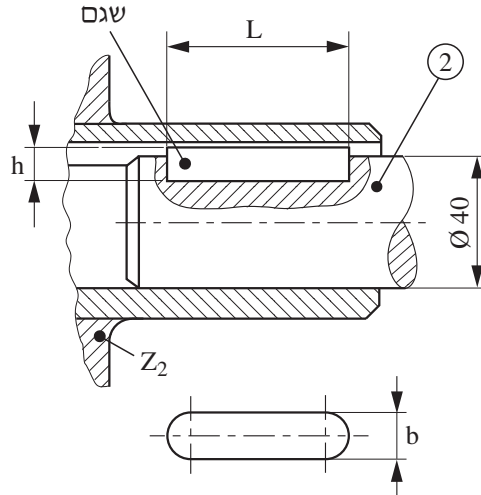
הגלגל Z_1 הוא בעל 15 שיניים והוא מחובר לגל (1) באמצעות פין, כמתואר באיור ב' לשאלה.



איור ב' לשאלה 5

הגלגל Z_2 הוא בעל 42 שיניים והוא מחובר לגל (2) באמצעות שגם פריסמתי גבוה, כמתואר באיור ג' לשאלה.

המנוע מעביר לגל (1) הספק של 20 kW ב-1000 RPM.



איור ג' לשאלה 5

נתונים נוספים:

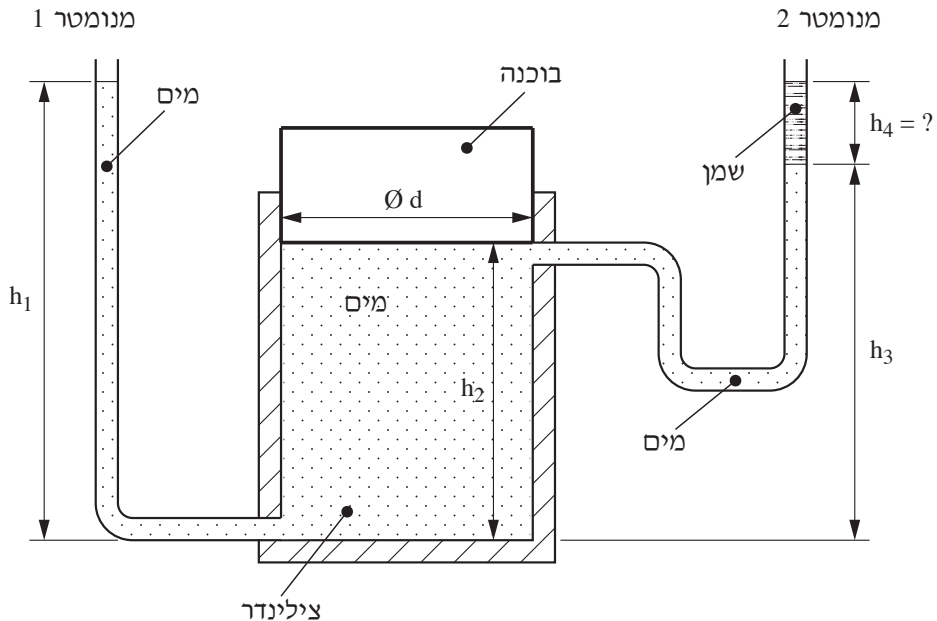
- המאמץ המותר לגזירה בחומר השגם והפין: $\tau = 100 \text{ MPa}$
- המאמץ המותר למעיכה בחומר השגם והפין: $\sigma_{lc} = 200 \text{ MPa}$

- א. חשב את המומנטים בגלים (1) ו-(2).
- ב. חשב את הקוטר המינימלי הדרוש לפין כדי לעמוד בתנאי החוזק לגזירה ולמעיכה.
- ג. מידות חתך השגם הן: $b \times h = 12 \text{ mm} \times 9 \text{ mm}$.
חשב את האורך המינימלי הדרוש לשגם כדי לעמוד בתנאי החוזק לגזירה ולמעיכה.

פרק שלישי: הידרוליקה

שאלה 6

באיור לשאלה זו מתוארת מערכת הידרולית הכוללת צילינדר ובוכנה.



איור לשאלה 6

המנומטרים 1 ו-2 מחוברים לצילינדר.

במנומטר 1 יש נוזל מסוג אחד – מים.

במנומטר 2 יש שני סוגים של נוזלים – מים ושמן.

נתונים:

$h_1 = 40 \text{ cm}$ -

$h_2 = 20 \text{ cm}$ -

$h_3 = 30 \text{ cm}$ -

$d = 8 \text{ cm}$ -

$\gamma_w = 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$ - המשקל הסגולי של מים:

$\gamma_o = 0.88 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$ - המשקל הסגולי של שמן:

א. חשב את הלחץ המנומטרי על תחתית הצילינדר.

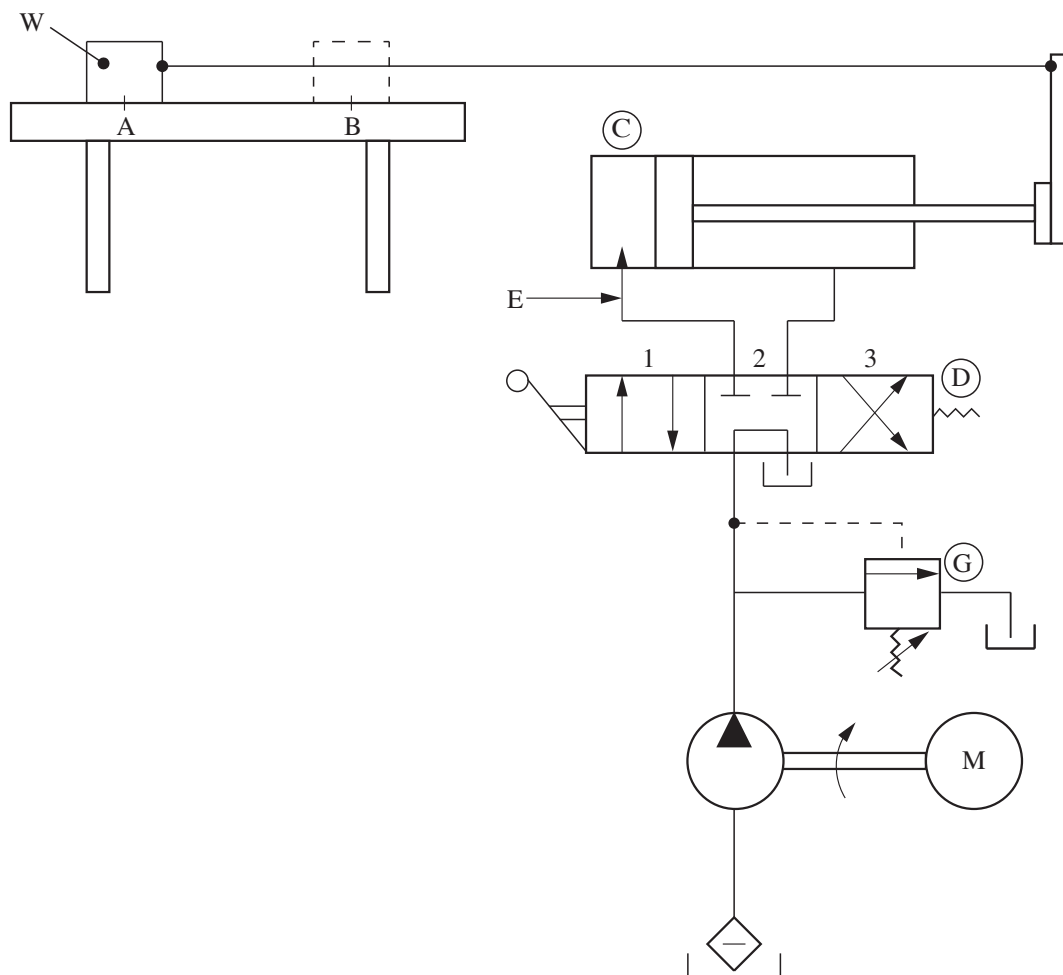
ב. חשב את הלחץ המנומטרי על תחתית הבוכנה.

ג. חשב את משקל הבוכנה.

ד. חשב את הגובה של עמוד השמן במנומטר 2, h_4 .

שאלה 7

באיור לשאלה זו מתוארת מערכת הידרולית שתפקידה להעביר מוצר מנקודה A לנקודה B במהירות קבועה, באמצעות הבוכנה C.



איור לשאלה 7

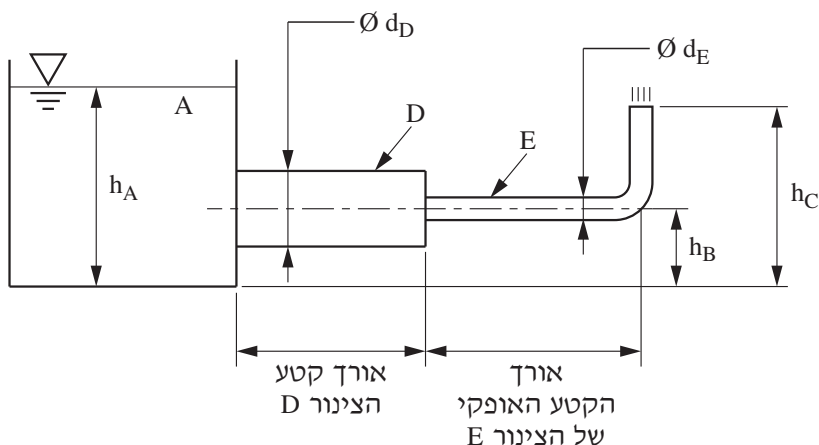
נתונים:

- קוטר הבוכנה: $D = 40 \text{ mm}$
- קוטר הצינור E: $d_E = 10 \text{ mm}$
- מהירות הנוזל בצינור E: $v_E = 0.8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

- א.** חשב את מהירות הבוכנה.
- ב.** באיזה מצב ממצבי השסתום – D או E – יש לבחור כדי לעצור את תנועת הבוכנה? נמק את תשובתך.
- ג.** מבקשים לעצור את תנועת הבוכנה באמצעות שסתום הפריקה G. האם לשם כך יש להגדיל את הלחץ בקפיץ שלו או להקטין אותו? נמק את תשובתך.

שאלה 8

באיור לשאלה זו מתואר מכל מים גדול (A). המים זורמים מהמכל דרך צינור מדורג בעל שני קטרים ויוצאים לאטמוספירה כסילון חופשי. הנח שהפסדי הזרימה זניחים.



איור לשאלה 8

נתונים:

- גובה מפלס המים במכל A: $h_A = 2.5 \text{ m}$
- גובה הצינור D והקטע האופקי של הצינור E: $h_B = 1 \text{ m}$
- גובה פתח יציאת המים מהצינור E: $h_C = 1.5 \text{ m}$
- קוטר הצינור D: $d_D = 20 \text{ mm}$
- קוטר הצינור E: $d_E = 10 \text{ mm}$
- המשקל הסגולי של המים: $\gamma = 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$
- הצמיגות הדינמית של המים: $\mu = 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$
- תאוצת הכובד: $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

א. חשב את מהירות היציאה של סילון המים לאטמוספירה.

ב. חשב את מהירות המים בקטע הצינור D.

ג. חשב את לחץ המים המנומטרי בקטע הצינור D.

- ד. 1. באיזה קטע של הצינור מספר ריינולדס הוא הקטן ביותר? חשב את ערכו של מספר זה.
2. האם הזרימה בכל הצינור היא למינרית או טורבולנטית? נמק את תשובתך ללא חישוב.

פרק רביעי: חומרים ועיבודם

שאלה 9

נתון דגם מתיחה סטנדרטי העשוי פלדה SAE 4340, ללא טיפול תרמי של חיסום והרפיה. שטח החתך של הדגם הוא 200 mm^2 , ואורכו הנבדק הוא 50 mm .
הדגם נבחן בניסוי מתיחה, ונמדדו התוצאות הבאות:

- כוח הכניעה: $F_y = 98,000 \text{ N}$
- אורך הדגם בעומס הכניעה: $L_y = 50.13 \text{ mm}$
- כוח המתיחה המקסימלי: $F_{UTS} = 168,000 \text{ N}$
- אורך הדגם בעומס המתיחה המקסימלי: $L_{UTS} = 64.00 \text{ mm}$
- קשיות הפלדה: HB 217

- א. חשב את מאמץ הכניעה (σ_y) ואת מאמץ המתיחה המקסימלי (σ_{UTS}).
- ב. חשב את מודול יאנג (E) של הפלדה SAE 4340.
- ג. דרישת הלקוח היא שמוט פלדה העשוי מפלדה זו יורכב במתקן הנדסי ויוכל לשאת מאמץ מתיחה חד-צירי של 550 MPa לאורכו של המוט.
קבע אם ניתן להרכיב את מוט הפלדה במתקן ההנדסי הזה. הסבר את קביעתך.
- ד. קשיות הפלדה נבדקה לאחר שבוצע טיפול תרמי של חיסום והרפיה.
להלן שלושה ערכים של קשיות: HB 180, HB 217, HB 331.
איזה מהם אמור להתקבל לאחר הטיפול התרמי של חיסום והרפיה? נמק את תשובתך.

פרק חמישי: אנגלית טכנית

שאלה 10

קרא את הקטע שלהלן וענה במחברתך על השאלות VII – I.
אין להעתיק את השאלות, אך יש למספר את התשובות בהתאם למספרי השאלות.
מותר לענות על כל השאלות בעברית.

Why power transmission shafts have both keys & keyways?

Keys and keyways prevent the shaft from rotating on the bore and can assist in torque transmission between two connected shafts.

Imagine that you have started a car. You may have even heard the starter motor engaging and starting, but then, when the transmission finally became engaged, there was no forward motion. Most of the time, when this occurs, there are few things that you can check, such as the transmission fluid, transmission shift cable, or the transmission shaft key. But let's explain this a bit further.

A. Power transmission

As the term easily implies, power transmission is the transfer of energy from a place of generation to a place where it performs useful work. For example, steam turbine transfers the power generated by steam into a generator, and the generator creates electricity. The shaft connects the steam turbine with the generator.

B. Shaft

A shaft is an element used to transmit both the power and rotary motion from a driving device to a load. Shafts mostly tend to have circular cross-sections that are either solid or tubular shaped. Shafts can carry gears, pulleys and sprockets in order to transmit rotary motion and power via mating gears, belts and chains. When needed, a shaft may be connected to another shaft via a coupling mechanism. In order to rotate with a shaft, couplings, gears and other elements often are connected to a shaft by means of a key.

C. Key, keyway, and key-seat

A key is a piece of metal used to connect a rotating machine element to the shaft. A key prevents a relative rotation between the two parts, and may enable torque transmission to occur. For a key to function properly, both the shaft and the rotating element (gear, pulley, coupling) must have a keyway and a key-seat. Usually the term key-seat is referred to a groove or pocket on a shaft, and a keyway is a slot in a hub in which the key fits into. The complete system is called a keyed joint.

Keys are made of varied types of materials, and also come in different shapes and sizes. The most common key shapes are rectangular or tapered, and are typically made of steel. So, to conclude, the primary function of keys and keyways on a power transmission shaft is to prevent the shaft from rotating in the bore, and to enable power transmission through the torque.

Questions:

- I. (Introduction): You tried to start an engine, and engage the gear, but nothing happened. Which components of the transmission system could be the reason for the failure?
- II. (Paragraph A): What is the meaning of the term "power transmission"?
- III. (Paragraph B): What is the role of the shaft in the transmission system?
- IV. (Paragraph B): Which elements might be attached to a shaft?
- V. (Paragraph C): How are keys connected to the shaft and the hub?
- VI. (Paragraph C): What are the most common key shapes?
- VII. (Paragraph C): What is the role of keys in the transmission system?

בהצלחה!

לשאלון 710001, אביב תשע"ז

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
piston	Поршень	كَبَّاس	בוכנה
shear	Срез	قَصّ	גזירה
power	Мощность	قدرة	הספק
transfer ratio	Передаточное отношение	نسبة النقل	יחס תמסורת
reaction force	Реакция	قوة ردّ الفعل	כוח תגובה
manometric pressure	Манометрическое давление	ضغط مانومتر	לחץ מנומטרי
yield stress	Предел текучести	إجهاد الخضوع	מאמץ כניעה
allowable stress	Допустимое напряжение	الجهد المسموح	מאמץ מותר
torque	Крутящий момент	عزم الدوران	מומנט פיתול
rivet	Заклепка	دسار / لقمة	מסמרה
local compression	Смятие	هَرَس / تحطّم	מעיקה מקומית
factor of safety	Коэффициент безопасности	مُعَامِل الأمان	מקדם בטיחות
static coefficient of friction	Коэффициент Трения покоя	مُعَامِل الاحتكاك الإستاتي	מקדם חיכוך סטטי
specific weight	Удельный вес	الوزن النوعي	משקל סגולי
tension	Растяжение	شدّ	מתיחה
efficiency	Эффективность	الكفاءة	נצילות
free jet	Свободная струя	الدفق النفاث الحرّ	סילון חופשי
volume flow	Объем жидкости в единицу времени	الضخّ الحجمي	ספיקה נפחית
relative strain	Относительная деформация	إقحام	עיבור יחסי

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
dynamic viscosity	Динамическая вязкость	لزوجة ديناميكية	צמיגות דינמית
density	Плотность	كثافة	צפיפות