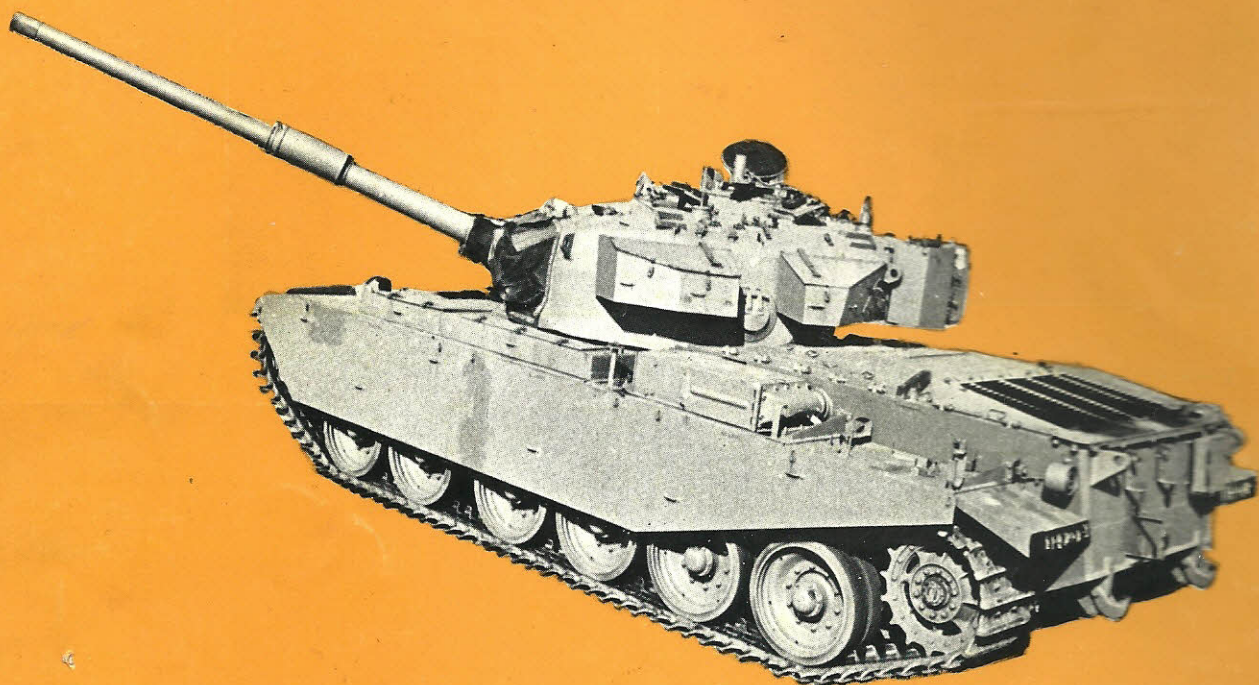


מערכות חינוע

חוברת 48-49



1973



1948



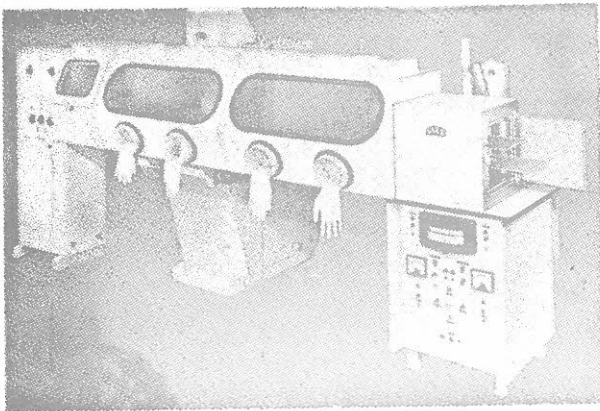
20 לפברואר 1973 - אדר א' תשל"ג



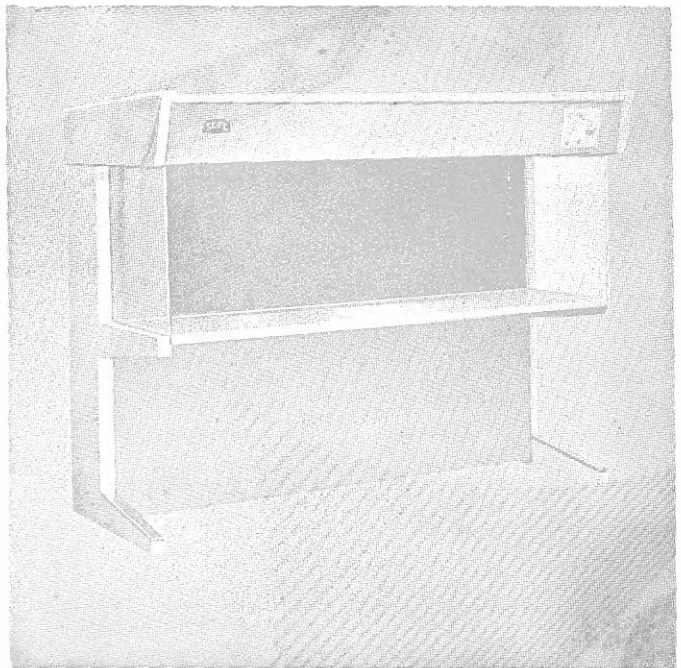
חדרים נקיים מאבק



מכשירי רתוך לעבודה עדינה



ציוד לסגירת טרנסיסטורים



שולחנות עבודה נקיים מאבק

הנציג בישראל:

בפקס בע"מ

ציוד מדעי ושרותים טכניים

תל-אביב, רח' דיזנגוף 280 א'

ת.ד. 2098 טלפון 448502

מערכות הינדוא

חוברת מס' 48-49 • אדר א' תשל"ג • פברואר 1973

תוכן הענינים:

- 2 דבר המפקד .
- 4 ככה זה התחיל .
- 8 שיפור, הסבה וקליטה של כלי-הנשק .
- 11 פרס בטחון ישראל . ד. אברהם
- 15 ה"סנטוריון" המשופר . אברהם דושניצקי
- 22 רכב השלל .
- 27 הכשרת כח-אדם מקצועי לחיל החימוש . ה. אבירם
- 32 ה"שרמן" סיפורה של הצלחה (חלק ב') . גבי שמיר
- 37 אמינות טכנית ומשמעותה . דוד בניה
- 42 המניעים להשגת איכות . מ. בן-נפתלי
- 46 תותח הטנק לאן? . טוביה מרגלית
- 51 מצברים הידרוליים ושימושיהם . י. שלמון
- 58 המלגזה ומערכת השינוע במפעל (חלק ב') . יצחק ארבל
- 62 מניעת קורוזיה במנועי שריפה פנימית (חלק ב') . יצחק גרף

תמונת השער: מן ה"סנדוויץ'" עד ה"סנטוריון"
המשופר — 25 שנים לחיל החימוש.

מערכות בית הוצאה של צבא הגנה לישראל

עורך ראשי: אל"מ גרשון ריבלין
 צוות המערכת: סא"ל מ. ברימר, מ. קוכנובסקי
 א. גולדברשטט
 מרכזת המערכת: מ' דרורי
 "מערכות": קצין-עריכה רס"ג א. פלד
 "מערכות-שריון": קצין-עריכה סרן י. פנט
 "מערכות-פלס": קצין-עריכה מהנדס דן גורדון
 "מערכות-ים": קצין עריכה רס"ג י. ירבלום
 "קשר ואלקטרוניקה": קצין-עריכה סא"ל מהנדס י. בעל-שם

כתובת המערכת: ד"צ 2128 צה"ל

קצין עריכה: רס"ג (מיל') יעקב להט
 עורך משנה: אברהם דושניצקי
 גרפיקה: מרדכי פלנקביץ



מדור המנויים: הקריה, רח' ב', מס' 29, תל. 210516
 הודפס באמצעות משרד הבטחון — ההוצאה לאור
 דפוס א. מוזס בע"מ



דבר המפקד

חיל החימוש יחד עם צה"ל עומד בסימן עשרים וחמש שנים למדינת ישראל. אולם ראשיתו של חיל החימוש החלה שנים רבות קודם הקמת המדינה. „סליקרים“ שפעלו ללא ליאות, תוך הסתכנות רבה, דאגו להסתרת הנשק המועט שהיה לנו מעיני השלטונות. נשקים שעשו לילות כימים תוך מיצוי ידיעותיהם ותושייתם הטכנית למען ספק נשק אמין לשוב המתגונן. פעילי-רכש שנעו בארצות-העולם ותררו אחר מקור-רות-נשק ודאגו להעברתו, בדרך-לא-דרך, ארצה. אלה אפיינו את ראשית החיל.

מאז נשתנה חיל-החימוש ללא הכר בכל התחומים. שמו הוחלף מ„שירות החימוש, של ההגנה, ל„שירות הנדסת חימוש“ דרך „חיל-טכנאים“ עד „חיל-חימוש“ של היום. עדיפויות ודגשים מקצועיים נשתנו. נסיוננו גדל והעמיק. התמחותינו המקצועית התרחבה. אולם, תכונתו הראשונית של החיל לא נשתנתה, ואותה רוח מסירות ונאמנות שלוותה את ראשוני החיל מלווה את הממשיכים.

שתי אמות-מידה, השלובות זו בזו, מנחות אותנו בבואנו להעריך את השגי החיל. האחת — באיזה מידה הצליח חיל-החימוש להדביק את קצב השינויים של צה"ל והשיפורים בכלי-הלחימה שלו, והאחרת — מה היתה תרומתו של חיל-החימוש במכלול הישגי צה"ל. יכולים אנו לציין בסיפוק כי ידענו להיכנס להילוך הנכון ובזמן המתאים ועל-ידי-כך שימשנו גורם תומך ומסייע בתהליך ההתעצמות של צה"ל. להרגשת סיפוק זו שותפים כל אנשי חיל-החימוש, קצינים כחיילים, ותיקים כצעירים, אנשי-מערך-המילואים ואזרחים עובדי צה"ל.

גאוותנו המקצועית מקורה בעובדה כי אנו שוקדים על איכות נשקו, רכבו ושריונו של צה"ל. הצלחנו למצות עד

תום את הציוד הקיים, ואף לשפרו, לפתחו ולהגיע באמצעות ציוד-לחימה מיושן להישגים משמעותיים מבחינת עוצמת האש ודיוקה, ומבחינת האמינות והניידות.

נשק השלל הרב, שנפל בחלקו של צה"ל, „נכנע“ לנו מבחינה טכנית והוכנס לשימוש סדיר ביחידות צה"ל.

חיל-החימוש גאה על תרומתו בטיפול הייצור המקומי וב- העמקתו, בביסוס התשתית התעשייתית של המדינה והע- לאתה על מסלול של יצרן בין-לאומי מבחינת רמת הביצוע הטכני. כן תרם החיל רבות בתחום הכשרת כוח-אדם מקצו- עי לכל ענפי התעשייה.

ציוד הלחימה של יחידת המילואים נמצא בכוננות גבוהה, מוכן לצאת בכל עת ממקום אחסונו לזירת הקרב. חיילינו מסוגלים להתגבר על תקלות טכניות בעת תנועת כלי הנשק תוך החדרת „אורך נשימה טכני“ לאמצעי הלחימה אף במ- צבים חריגים ומשתנים.

המערך הטכני בכל הדרגים, החל מיחידה בשדה וכלה בב- סיסים ומרכזים ארציים ומטכ"ליים, מנצלים שיטות מת- קדמות של ארגון, ביצוע ופיקוח, והוכיחו עצמם בקליטה מושלמת של מערכות-נשק חדשות ומתוחכמות שנרכשו לאחרונה.

עלי לציין במיוחד את חיילי-המילואים, שהם בסיס עצמתו של החיל לשנים רבות. מערך זה הוכיח את עצמו היטב במלחמת ששת-הימים ובמשכי-שירות הארוכים אליהם נקרא לאחריה.

נעלה היום את זכרם של אלה שצעדו עמנו בדרכנו ולא זכו להמשיך. זכרם ותרומתם ילוו תמיד את הממשיכים בדרך אותה סללנו יחד.

הנני מאחל לכל אחד מכם סיפוק רב בעתיד והשגים רבים ונוספים בהמשך דרכנו.

ל. א.

חיים דומי – תא"ל
קצין חימוש ראשי

כבה זה החיל...

פרקים בתולדות חיל החימוש

„רק אתמול“ התיישבה ב„בית-הדר“ השוכן בקרן הרחובות דרך פתח-תקוה והרכבת בתל-אביב, חבורה מצומצמת של בעלי-מקצוע טכניים. סליחה, הם לא התיישבו ב„בית-הדר“, שהיה גדול עליהם, אלא רק במרתפו. חלקם היו יוצאי הצבא הבריטי שרכשו נסיון וידע בתורת החימוש בקנה-מידה רחב ומסודר „שהכל דפק בו“, כדברי בוגריו. חלקם האחר היו יוצאי מחלקת החימוש של ה„הגנה“ שנטשו את הס-ליקים המוסתרים היטב, עזבו את בתי המלאכה לתי-קון נשק שהוסתרו בפרדסים או בבתיים פרטיים. „מי שאמר לך שהמפקדה הראשונה של חיל החימוש — או כפי שקראו לו אז „שרות הנדסת חימוש“ — התמקמה ביפו ברח' בוסטרוס, אות הוא כי אינו מהראשונים“, יאמר לך בלהט של ותיקים סא"ל י. ליוצאי „ההגנה“ שחונכו על ברכי קדושת הנשק היה קשה בתחילה להשתלב בצבא מסודר וגלוי, ואומנם מחלקת החימוש היתה עדיין בגדר „סודית“ אף לאחר התארגנות צה"ל. ראשי המחלקה שבראשה עמד אל"מ אשר (אושרקה) (ויינברג) פלד ז"ל — המ-שיכו להשתמש בטפסים הישנים ורישום האפסניה נערך בסודיות מוחלטת לפי קוד שהיה ידוע לראשו בלבד.

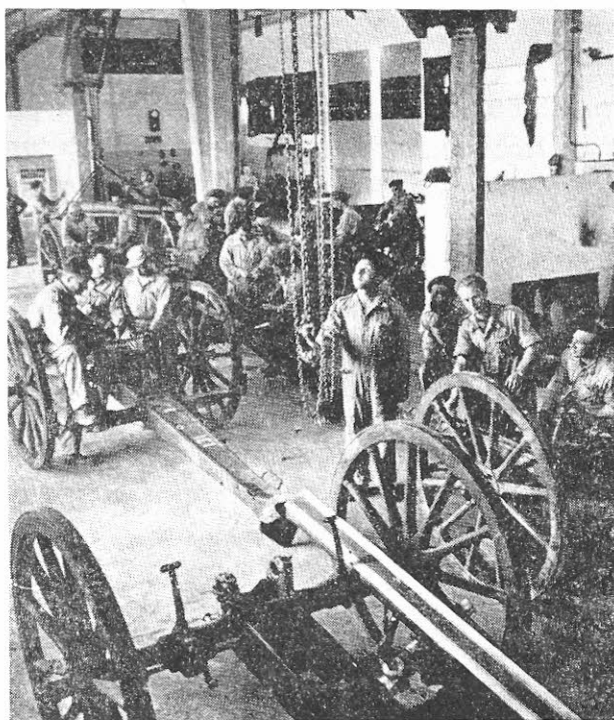
שמעון (אנטיון) הרנין שהיה סגנו ויד-ימינו של ראש המחלקה זוכר — על אף הזמן שעבר — לציון במדוייק, „היה לנו רישום מרכזי של כל הנשק שהיה מאוחסן ב-24 מחסנים מרכזיים. מה הפלא שהוא זוכר — הרי כבר ציינו כי „זה היה רק אתמול“.

וכיצד הגיעה אותה חבורה מצומצמת ל„בית-הדר“, כדי להקים חיל אשר שם טרם ניתן לו? „כיצד? גם כן שאלה?“ — יבטלוח הותיקים. על-פי השמועה נת-קבצו. אין זו מליצה בעלמא. אחד משך את השני וכן הלאה. היום כבר דורשים תעודות מקצועיות, אישו-רים על סיום בתי-ספר וכד', אבל מי שמע על כך אז. מיקא כץ, למשל, כיצד היתה היא למזכירתו הראשו-נה של מפקד החיל? פקידות לא למדה מימיה, במז-כירות לא השתלמה כלל. להיפך, היא עמדה בפני סיום לימודיה... בפיסיכולוגיה. כיצד? פשוט מאד: „ירדתי מירושלים עם השיירה האחרונה לתל-אביב, ושם

עבור אל"מ ירח, אל"מ ד"ר מ', סא"ל י', שמעון אנטיון ועוד רבים רבים אחרים, זה היה „רק אתמול“. כן, כן, „רק אתמול“ יאמרו לך ותיקי החיל בשמץ כזה של בטחון — עד כי הנך נוטה להאמין להם. אך הפדחת המתפשטת של סא"ל י', או פניו החרו-שים תלמים של שמעון (אנטיון) הרנין, מוכיחה כאלף עדים שזה בדיוק „לא היה רק אתמול“.

על השאלה „כיצד את זוכרת כל פרט“ עונה מיקא (אוריאל) כץ — שהיתה מזכירתו הראשונה של קצין החימוש הראשי הראשון אל"מ מנס (פרנסקי) פרת — בתרעומת חביבה: „מה זאת אומרת כיצד? הרי זה היה רק אתמול“. וכשהפתענו את נחמיה בן-אברהם — לימים עתונאי ושדרן-ספורט — בגילוי כי היה סמל הסעד הראשון של החיל, הפטיר: „נו, מה הפלא, ברור שאני זוכר. הרי זה היה רק אתמול“.

ימים ראשונים בבית המלאכה לשיקום ואחזקת טנקים
כאשר טרם היו לצה"ל טנקים



התחלנו כמחלקת החימוש ב"הגנה"
דרך שרות הנדסת חימוש וחיל
הטכנאים ועד לחיל החימוש.

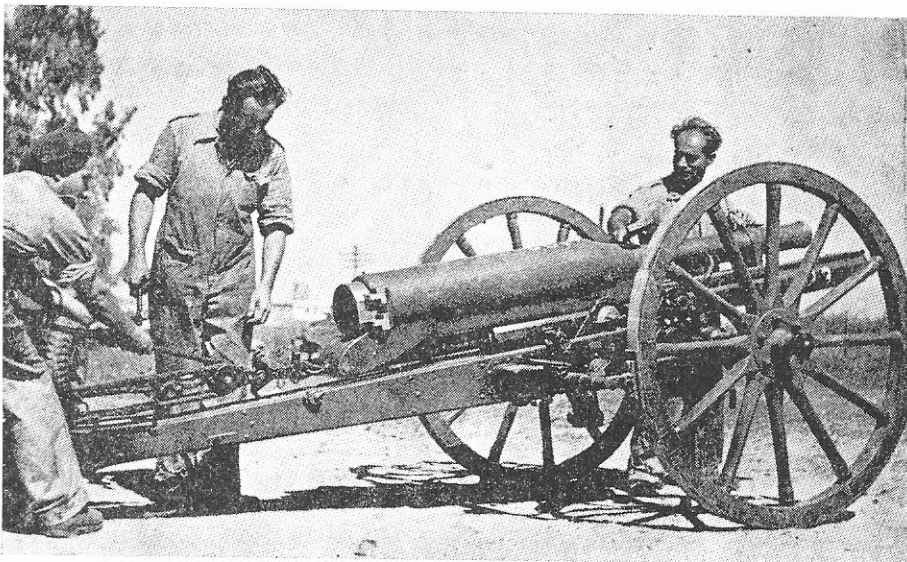


הוא היה מוכן לשלם עבור נשק מימי... עבדול חמיד,
ורק עקשנות מצדו ריככה את הישובים שהורגלו לש-
מור בלהט על הנשק, אף אם לא צלח כלל למלאכת
הגנה.

קמה המדינה. הוחלט על הקמה חיל טכני שהיה
דומה במתכונתו ל-REME הבריטי. ובראשו הועמד
מנס פרת, מהנדס בנין מיוצאי הצבא הבריטי. חסל
סדר התושייה העצמית, חסל סדר רכישת נשק עצ-
מית שהושג כתוצאה מקשרים אישיים שנרקמו ב-
מחתרת. נשק הוא דבר יקר וגם מסוכן, ויש להכין
תקנים מוגדרים ופקודות ברורות לכל דבר. כיצד עו-
שים זאת? פשוט מאוד, יושבים ימים ולילות, עוברים
על כל התקנים שהיו בצבא הבריטי, "נעזרים" בכוח
הזכרון שהיה טרי עדיין, מתאימים שיטות עבודה
המתאימות לצבא ההגנה לישראל, מתעניינים בנע-
שה בצבאות זרים וכך לאט לאט מכינים תקנים ברו-
רים ומוגדרים לכל פריט ולכל כלי-נשק. מיקא כץ
שעשתה בתוקף תפקידה שעות רבות — אף לאחר
שעות העבודה הקבועות — עם ראשי החיל מלאת
התפעלות נוכח, "התשבץ" שהחל להתמלא, שכלל נוהלי
עבודה פנימיים, נוהלי-עבודה מפורטים על קבלת ציוד
והנפקתו, סדרי בחינת ציוד-לחימה, הוראות בטיחות,
מפרטים טכניים וארגון קטלוגים ואף כתיבת ספרי
הדרכה ואחזקה אפילו על... אופניים. כן, גם אלה היו
אז באחריות חיל החימוש. סא"ל י' קצין-המנהלה
הראשון: "הפכתי לקצין מנהלה לאחר תאוונה, אך

פגשתי את אושר'קה ז"ל (איש לא יקרא לו אל"מ
פלד), והוא שהכיר את הורי לחש לי אם ברצוני לה-
יות מזכירתו של מפקד חיל חדש, ולמחרת כבר הייתי".
כך מספרת מיקא כץ. או כיצד גוייס אל"מ ד"ר מ' ?
— "פשוט ביותר. אל"מ מנס פרת הביא עמו מהצבא
הבריטי את סא"ל הרץ רפופורט, שהיה ראש הענף
הטכני הראשון, זה האחרון הכיר אותי מהימים בהם
עבדנו יחד בחברת החשמל והוא גייס אותי". וכך,
אחד לאחד, מפה לאוזן, הועברה השמועה על החיל
החדש.

כישוריו המקצועיים של כל אחד מהחבורה המצומצ-
מת היו ידועים גם כן. הם לא הביאו עמם תעודות
ואישורים על סיום קורסים מקצועיים; לאלה שהיו
תעודות-גמר של בית ספר מקצועי או שנעלמו להם
במרוצת הקרבות והניתוק מהבית, או שלא ראו צו-
רך להוכיח בתעודה את כישוריהם. כיצד אם כן עמ-
דו על כישוריהם של כל אלה? פשוט מאוד, מי מיוצאי
הצבא הבריטי ששירת ב-REME לא זכר שאל"מ ירח
למד והשתלם בתורת תיקון התותחים והגיע לדרגת
סמל. או יחזקאל אובריגר (חשקו), שהיה מראשוני
בוחני התחמושת שהביא מסמכים על היותו קצין
חימוש בצבא האוסטרי כבר במלחמת העולם הראשו-
נה... מי מאנשי מחלקת החימוש של "ההגנה" לא
הכיר את מקס שנע בין כל הישובים וביקש, "תנו לי
את כלי הנשק הישנים והמקולקלים כדי להשתמש
בקנים הטובים ל,סטן". אבל קשה היתה מלאכתו,



התותחים הראשונים שלא היה
צורך למלא אויר בצמיגיהם

נוכחתי לדעת שזו עבודה קשה יותר. כבוגרי הצבא הבריטי חונכנו על אמות-פעולה של סדר ודייקנות ואותם הכנסנו לחיל. יחד עם יוצאי ה"הגנה", שהיו אמונים על ברכי התושיה הטכנית, הצלחנו לשלב שתי תפיסות מנוגדות ולהעלותם על מישור משותף". אל"מ ירח שהיה מפקד בית המלאכה הראשון לתות-חיים בקרית-מטלון (גשו למוסד המרכזי של וולוו בקרית-מטלון, אולי יימצא שם איזה תותח עתיק", עומד בדבריו על הדיוק בהגדרות לשימוש ותחזוקה, על תקני הבחינה ושיטותיה, הקמת בתי-מלאכה ל-

שיקום וייצור נשק, על הקמת בי"ס למקצועות חימוש. "הקורס הראשון לנשקים של צה"ל נערך בשרונה", מוסיף רס"נ לוצי, גם הוא מהראשונים. מי הדריך בו? "בעיה! אלכסנדר היה מפקד הקורס, איצ'ה, מקס, מולכו ועוד. הוא שאמרנו "זה היה רק אתמול".

כששואלים היום את אל"מ ד"ר מ': "האם היה מקום להקפיד על לוח זמנים מדוייק בייצור או בב-חינות קבלה חמורות של ציוד, בעוד המדינה נאבקת במחסור בציוד-לחימה"? הוא ענה בפשטות: "כמובן".

מט"ל / אמת

רשימת הקצינים
במחזור הראשון
במחזור השני

דרגה	שם	תפקיד	הערה
10	יחזקאל	מנהל	מנהל הכללי
9	מרדכי	מנהל	מנהל הכללי
8	אלון	מנהל	מנהל הכללי
7	רחל	מנהל	מנהל הכללי
6	שלמה	מנהל	מנהל הכללי
5	יהודה	מנהל	מנהל הכללי
4	משה	מנהל	מנהל הכללי
3	אברהם	מנהל	מנהל הכללי
2	דוד	מנהל	מנהל הכללי
1	שלמה	מנהל	מנהל הכללי
11	משה	מנהל	מנהל הכללי
12	יחזקאל	מנהל	מנהל הכללי
13	מרדכי	מנהל	מנהל הכללי
14	אלון	מנהל	מנהל הכללי
15	רחל	מנהל	מנהל הכללי
16	שלמה	מנהל	מנהל הכללי
17	יהודה	מנהל	מנהל הכללי
18	משה	מנהל	מנהל הכללי
19	אברהם	מנהל	מנהל הכללי
20	דוד	מנהל	מנהל הכללי
21	שלמה	מנהל	מנהל הכללי

רשימת המומלצים לקצונה כפי שד הועברה למטכ"ל/אג"א לקראת סכס השבעת הקצינים הראשונים לצה"ל. ברשימה מופיעים שני מספרים סיי דוריים, בשל העובדה כי בתחילה חלקו את הרשימה לפי המוצא, 11 הראשוני נים היו יוצאי ה"הגנה" והיתר היו בוגי רי הצבא הבריטי. לאחר מכן שונו ה' מספרים לפי סדר הא"ב.

ומי ברשימה:
 וינברג אשר — אשר פלד
 אנטין שמעון — שמעון הרנין
 אלוני מרדכי
 בן-יעקב צבי
 זליגמן יצחק
 לנדמן ישראל
 ברוך משה
 ליבל מרדכי (מקס)
 ריכטר זאב
 אובריגר יחזקאל (חשקו)
 ניקרוג שלמה
 פרנסקי מנט — מנט פרת
 דימנשטיין נחום
 רפפורט הרץ
 בלנדר יעקב
 רייס יוסף
 ברנשטיין אביחיל
 איציקסון יעקב — יעקב דן
 זק אברהם
 כץ ירחמיאל (ירח)
 לוטטר מאיר



סירת הנשקים הראשונה

במה עסק החיל החדש? בכל כמו היום, רק בהיקף קטן יותר. בתכנון, בייצור, בפיתוח, בניסוי, בבחינה — ממש כמו היום, יאמרו לך ותיקו בארשת גאוה. ראשית עשה החיל מאמץ להביא לידי אחידות בציד. עשרות סוגים של כלים היו אז ברשותו של צה"ל, ירושה שנמסרה לו מה"הגנה" שרכשה, כמובן, מכל הבא ליד. לאחר-מכן הושם הדגש על הכשרת כוח-אדם מקצועי שיוכל להתמודד עם נשק חדיש ומתוחכם, והקמת מרכזים לשיקום ואחזקה. בתקופה מאוחרת יותר עוסקים כבר בייצור מקומי ובתכנון הסבת כלי-נשק מיושנים לצרכי המיוחדים של צה"ל.

לאחר זמן מה הופך החיל מ"שירות הנדסת חימוש" ל"חיל טכנאים". מדוע? לאחד ממפקדיו הראשונים פירוש לכך: "באותה עת היה מחסור חמור בעבודה, ראשוני החיל השתחררו ולא מצאו את מקום בשוק העבודה האזרחי. איש לא הכיר אז ב"שירות הנדסת חימוש" ובפעילויותיו. אנו שדאגנו לעתיד החלטנו לקרוא לחיל "חיל טכנאים". בוגר חיל כזה יוכל להשלב ללא ספק בשוק העבודה". מצחיק? כיום אולי זה נשמע כך. אך באותם ימים חשבו על כך ברצינות גמורה. עם שינוי השם לא שונה תפקידו של החיל שהפך לימים "חיל חימוש". אושרקה ז"ל הוא שהמציא את השם הזה. למה, אינני יודע, סתם בא לו", אומר בני-מת תרעומת סא"ל י' המתגעגע ל"חיל הטכנאים". וכיצד אפשר להכיר איש חימוש? אם תראה אדם אווז בורג בידו, מסתכל עליו מכל צדדיו ובודקו היטב כאילו היה אוצר, אתה הוא כי בוגר חיל החימוש הוא. כי זאת לדעת, לדידם הבוגר הקטן הוא המפעיל את המערכת המתוחכמת והמסובכת ביותר.

כתב: אברהם דושניצקי

אבל מאחורי תשובה סתמית זו מסתתר מאבק רציני, רצוף ועיקש. "ראינו צורך להקים בארץ תשתית תעשייתית הפועלת על פי תקנים בינלאומיים ולכן היינו חייבים גם לנקוט בשיטות בחינה הנהוגות בעולם". אבל לא רק הוא נהג כך. כל ראשי החיל הכירו בעובדה כי נשק חייב להיות ברמת בטיחות ודייקנות גבוהה ביותר. שוב אין מקום לאילתורים הטומנים בחובם סכנה למפעיל או לצוות וכד'.

ומי היו הקצינים הראשונים של החיל? בבקשה: סא"ל י' מוציא ממקום-סתר (כוחו של הרגל) רשימה דהוייה של עשרים ואחד קצינים, אותה נצר עשרים וחמש שנה. כל שם ברשימה מוכר ומעורר זכרונות. נו, מה הפלא, "הרי זה היה רק אתמול". "הראשון ברשימה (לפי סדר א"ב) אובריגר יחזקאל, כן כן, זה שאמר שהיה קצין בצבא האוסטרי. ואחריו שמעון אנטין (בטח, היום הרנין) הוא היה סגנו של אושרקה, ליבל מרדכי, תרשום שזהו מקס. וכך הלאה כל שם מוכר על פרטי פרטיו כולל שם האשה והחותן, ועד דור עשירי מגיע סא"ל י'.

אך לא רק במרתף של "בית-הדר" התנהלה פעילות חיל החימוש פרש את זרועותיו הטכניות על-פני כל יחידות צה"ל. ה"סליקרים" הותיקים, בוגרי הקורסים המקצועיים של הצבא הבריטי, מאות בעלי המקצועות הטכניים, שעלו ארצה עם קום המדינה, השתלבו במערך החיל. שכם אל שכם עשו מלאכתם באמונה. הם לא נזקקו לקטלוגים מפורטים שהוכנו על-ידי מחשב, די היה במשלוח מכתב: "דרושים לנו בדחיפות ברגים קטנים לרובה" ובאפסנאות הטכנית כבר הבינו.

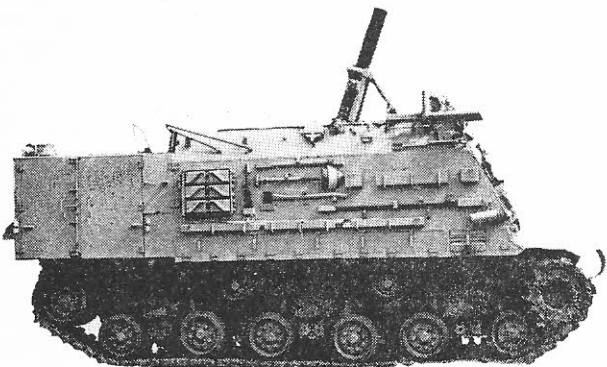
וכך, רחוקים מזוהר הקרב ונטולי ברק, עשו ימים ולילות למען ספק ליחידות המבצעיות של צה"ל נשק אמין.

שיפור

הסבה

קליטה

מרגמה כבדה מתנייעת 160 מ"מ



המרגמה הכבדה המתנייעת 160 מ"מ נחשבת לגדולה מסוגה בעולם. המרגמה המותקנת על הטנק „שרמן“ היא, למעשה, מערכת נשק שלמה בהיותה עונה על הדרישות הבאות: אפשרות טעינה וירי מכלי הרכב, בעלת קצב-אש גבוה, פריסה והתקפלות מהירים, ניידות ועבירות זהים לאלה של טנק, דיוק ירי, תחום הגבהה וציוד מקסימליים, מלאי תחמושת עצמי, עצמאות בירי בתנועה ובאחזקה שוטפת.

שתי הבעיות העקריות שנתעוררו בעת התכנון היו: חיבור המרגמה הכבדה לטנק וצורת הטעינה (יש להטעים כי מרגמה נטענת בצידה הקדמי וכאן מצוי קצה הקנה בגובה של 3 מטרים לערך). הבעייה הראשונה נפתרה על-ידי חיבור קשיח בדומה לפעולה שנעשתה במרגמה 120 מ"מ, והשנייה על-ידי הכנסת מערכת-כוח הידראולית ה„מקפלת“ את המרגמה למצב המאפשר את טעינת הפגז.

מרגמה 120 מ"מ על זחל"מ

מתכנני חיל החימוש הצליחו בפעם הראשונה בעולם לנייד מרגמה 120 מ"מ על זחל"מ. עיקר הבעייה שנתעוררה כאן היתה

במשך עשרים וחמש שנות פעילותו של חיל החי-מוש, עלתה עוצמת צה"ל עשרת מונים. להישגי-עוצמה אלה שותפים קצינים, אזרחים וחיילים המ-שרתים בחיל, אשר על-אף היותם נטולי-תהילת קרב, ורחוקים מזרקורי הפרסום הרי שפעולותיהם זוכות להוקרה בקרב הכוחות המבצעיים.

המצב הפוליטי המיוחד בזירתנו גורם לכך שההת-מודדות בינינו לבין אויבינו אינה שקולה; בעוד שהם זוכים בשפע של נשק חדיש נאלץ צה"ל להפעיל תוש-יה טכנית רבה כדי שידו תהיה על העליונה.

חיל החימוש איננו עוסק רק בתכנון ובפיתוח של כלי-נשק. הוא דואג גם לאחזקת כלי הנשק ושיקומם, הסבתם לפי הצורך וקליטת כלי-נשק חדשים.

נוסף להיותם אנשי-מקצוע חייבים אנשי החיל לה-יות מודעים לבעיות התעשייה המקומית וכוח-האדם המקצועי במשק האזרחי. תפקיד נוסף הוא בדיקת יכולת הייצור בארץ ברמה גבוהה שתוכל לעמוד בת-קנים בין-לאומיים.

להפעלת מערכת טכנית רבת-היקף מעין זו דרושה בראש ובראשונה אמונה — אמונה בעוצמת צה"ל, אמונה שיש מי שבידיהם ניתן להפקיד כלים יקרים ומתוחכמים ואמונה כי כל כלי מגביר את בטחוננו.

מתוך מיגוון כלי הנשק המצויים בצה"ל ואשר פותחו או הוסבו על-ידי חיל החימוש, נציין אחדים בלבד, לא נוכל להציג, במסגרת זו, את כל עוצמתו של צה"ל הן מטעמי ביטחון והן מטעמים טכניים הקשורים בעריכת הבטאון. בכל אחד מכלי-הנשק המתוארים כאן הושקעה עבודה רבה מצד גורמים רבים שאימצו לעצמם סיסמה: אם אין אני לי — מי לי?

155 מ"מ שהיה במקורו תותח נגרר. כדי לאפשר לצוות המתפעל נוחות הפעלה נאלצו למקם את התותח בחלקו האחורי. דבר זה חייב את הזזת המנוע לחלק הקדמי של התומ"ת. דבר נוסף שתרם לנוחות הצוות והגדיל את קצב פעולתו היה ציוד התותח במערכת הגבהה הידראולית.

טנק דחפור

טנק דחפור מסייע לכוחות השריון לבצע עבודות הנדסיות תוך כדי קרב. הטנק מסוגל לפרוץ דרכים בשטח בלתי-עביר לטנקים, לפרוץ מחסומים, ולסייע בהתחפרות בשטחים שונים. הדגם שפותח בנוי על תובת טנק „שרמן” M1-A1.

טנק חילוץ

טנק החילוץ שנבנה על תובת „שרמן” M-4A1 מסוגל לחלץ כל סוג רכב שבזירה. חיל החימוש הסב את מנוע הטנק למנוע „קמינס” הותקן בו מזקו"מ רחב וכן ציוד באזרים נוספים המסייעים עם לפעולות החילוץ.

ה„שרמן” — שיפורים

צה"ל רכש בשנות החמישים את טנקי המערכה הותיקים „שרמן” ובשל מגרעות רבות הוא נאלץ לשפרם ולהסבם לצרכיו. על אחדים מהם נספר להלן:

כוח-אש: התקנת התותח M-50 ולאחר-מכן M-51 על



הטנק „שרמן”. הבעייה העיקרית בפניה נצבו מתכנני החיל נוכח שינויים אלו היתה שבגלל אורך הרתיעה נאלצו לשנות את מיקום אצילי התותח ולהוציאם מחוץ לצריח בחלק הקדמי. חלקו האחורי של הצריח הוסר והוספה לו „גיבנת” ששימשה להוספת משקולות איזון ומיקום למכשירי הקשר. בעקבות הסבה זו שונה גם מערך התחמושת והתקנה מערכת צידוד הידראולית.

ניידות: בעקבות התקנת התותחים M-50 ו-M51 עלה משקל הטנק וכושר עבירותו ירד. חיל החימוש נאלץ לפיכך להסב את המזקו"מ הצר 16.5 אינץ' למזקו"מ רחב 23 אינץ'.

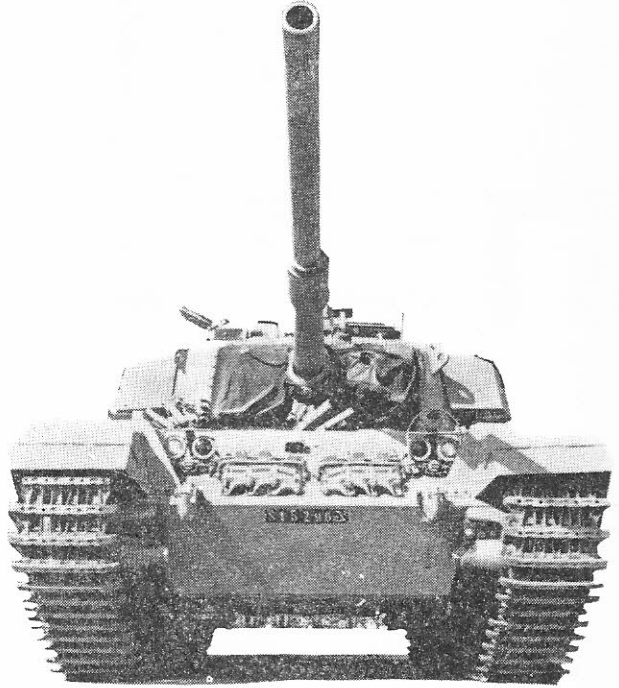
החלפת המנוע: החלפת התותח והמזקו"מ העלו את משקל הטנק ל-38 טונה. המנוע המקורי בעל 353 כ"ס לא היה מספיק חזק למשקל כזה. לאחר שורת ניסויים הותקן בטנק מנוע דיזל „קמינס” בעל 460 כ"ס.

שיטת החיבור של המרגמה — שהיא כידוע נטולת מנגנון רתיעה — לחזל"מ.

עלידי פיתוח הישובים מקוריים ובלתי-שגרתיים הצליחו להת-קין את המרגמה על החזל"מ — שלא ניזוק כלל.

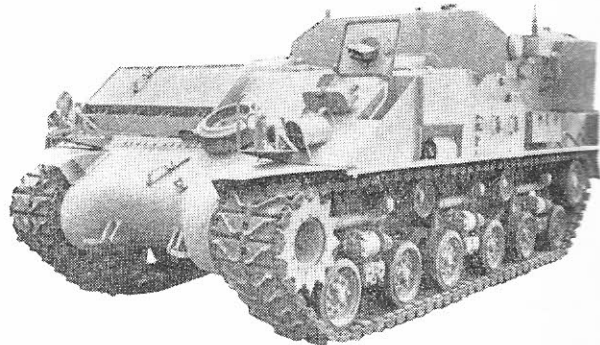
צה"ל הוכיח כי הוא מסוגל להוסיף, בלא השקעה כספית רבה, כלי סיוע בעל כוח אש גדול ליחידות המבצעיות.

„סנטוריון” משופר



פעולת ההסבה של הטנק „סנטוריון” יכולה לשמש מקור גאווה לחיל החימוש. הטנק המקורי, שלא התאים עצמו לתנאי הזירה והלחימה של צה"ל, עבר מאות שינויים והסבות והפך לטנק הי-כול להתמודד עם טנקי-מערכה מודרניים (ראה מאמר בחוברת זו).

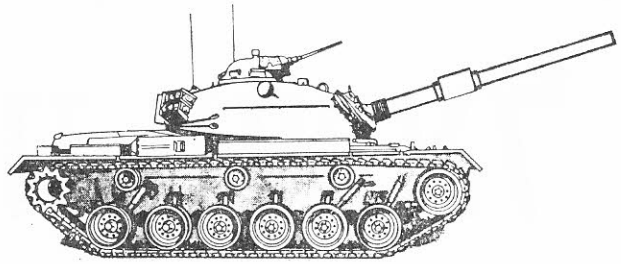
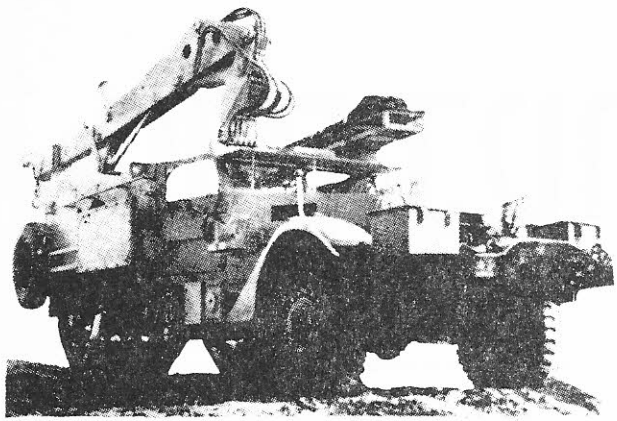
טנק פינוי רפואי



הטנק בנוי על תובת „שרמן” כאשר המנוע הוצב לפניו. בחלקו האחורי של הטנק נבנה תא לפינוי פצועים הדומה במתקונו ל-אמבולנס. כן הוספו התקנים המאפשרים לצוות הרפואי לבצע ניתוחים קלים.

תותח מתנייע M-50

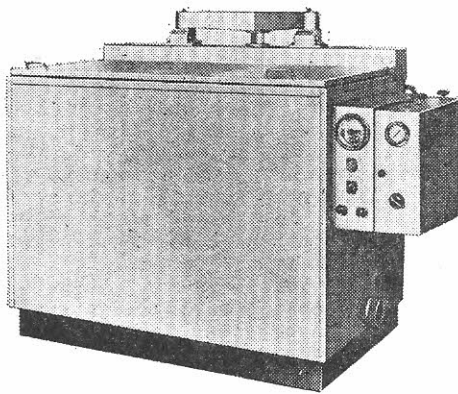
תכנונו של תותח זה הושלם בשלהי שנות החמישים. הכלי הוכיח את עצמו במלחמת ששת הימים. התותח המתנייע צוייד בתותח



עבודת ההסבה של הטנק „פטון” M-48 בחיל החימוש הציבה בפני הצוות אתגרים טכניים רציניים. הקשיים בוטאו בהיקף הע"בודה, בפעולות הסבה מסובכות ומדויקות ביותר, בלימוד נושאים חדשים בתחום האופטיקה, בעיבוד שבבי, בבדיקה ובבחינה. המתכננים קבעו לעצמם את שתי המטרות הבאות: החלפת פריטים מינימלית, ייצור מקסימלי של הפריטים הדרושים בארץ. עבודת ההסבה של ה-M-48 בסדנות חיל החימוש היתה כרוכה בכמה שינויים: התקנת תותח 105 מ"מ, הכנסת מנוע דיזל, הסבת הממסרת, החלפת מערכת הקשר מ-G.R.C ל-V.R.C. עבודת הסבה גדולה הושקעה בתותח, מגן התותח עובד לשם התאמתו לתותח 105 מ"מ.

ייעודו ותפקידו של זחל"מ זה לסייע בשירותי האחזקה של יחידות החימוש הנלוות לגייסות השריון. לזחל"מ עגורן הידראולי המותקן בתא-הנהג והמסוגל להרים את רוב מנועי הטנקים. נוסף לעגרון מותקנים על דפנות הזחל"מ כלי-עבודה שונים הניתנים לשימוש באחזקה בשדה. בין הכלים הצמודים לזחל"מ: שלחן-עבודה, מלחציים, מערכת-ריתוך וכלי-עבודה שונים.

אם אתה מחפש פתרון לבעיות ניקוי חלקי מתכת



אנו מציעים לך מבחר מכונות ניקוי מודרניות, בשיטות שונות, הניתנות להתאמה מירבית לצרכיך הספציפיים.

מכונות הניקוי שאנו מספקים מבוססות על מתקנים שונים לניקוי חלקים, במחירים נוחים, ממתקנים רגילים ועד אוטומטיים, בהם נעשית פעולת הניקוי ללא מגע יד אדם.

מכונות הניקוי מאפשרות לך הסרת כל לכלוך תוך חסכון מירבי בזמן ובחומרי ניקוי, ובטיחות ויעילות מירביות.

צוות מחלקת המכירות שלנו עומד לרשותך בייעוץ, להתאמת מכונות הניקוי לצרכיך המיוחדים.

passaponti

פירנצה, איטליה, סוכנים בלעדיים:

אל-אור אספקה לרכב בישראל בע"מ

קרליבך 29, תל-אביב טלפון 7-282176 (03)

פרס בטחון ישראל

מאת: ד. אברהם

ב־1958 קבע שר הבטחון את הענקת פרס „בטחון ישראל“ שיינתן „עבור מוחקרים מודעיים או השגים טכניים בולטים לרבות השגים מיוחדים בשטח הבטחוני, שתרמו להגדלת בטחון המדינה ולביצורה“. עד כה זכו בפרס זה שלושה קצינים נוחיל החינוש. להלן סיפוריהם:

גישה מקורית לבעיה מוכרת



מדינת ישראל
משרד הבטחון

פרס בטחון ישראל

על סמך המלצתה של וועדת השופטים

הוענק

פרס בטחון ישראל לשנת תשכ"ב

סגן-אלוף דוד

ולעדות ניתנת תעודה זאת

10-11

ד. בן-גוריון

ראש הממשלה ושר הבטחון

ירושלים, יום הקונפטיית, תשכ"ב (1962)

שבע שנים עברו על סא"ל דוד מאז החל בעבודות הפיתוח ועד שקיבל את פרס בטחון-ישראל לשנת 1962. את הפרס קיבל על הצלחתו לנייד את המרגמה 120 מ"מ על זחל"מ. אלוף עמוס חורב, קצין חימוש ראשי דאז, מציין במכתבו לוועדה למתן פרס בטחון-ישראל כי „הפתרון שמצא סא"ל דוד הוא מקורי-ישראלי, ומאפשר ירי מתוך הזחל"מ ממש, ללא צורך בהצבת המרגמה על הקרקע. ידוע לנו שאף צבא אחר לא השיג פתרון זה, והצגתו בפני משלחות צבאות זרים עורר ענין והתפעלות“.

ב-1955 החל סא"ל דוד (אז רס"נ) שהיה קצין מחקר, בתכנון הנושא. יש להטעים כי באותה עת היה ציודו הארטילרי של צה"ל דל ביותר. האנ-שים שעמדו בראשו השכילו להבחין כי המלחמה הבאה תהיה ממוכנת וניידת, ולכן יש לגשר על-פני הפער בין ניידותם של הכוחות הלוחמים לבין יחידות הסיוע הארטילרי. סיוע ארטילרי נגרר אינו מסוגל להגיע לידי בטוי בלחימה ניידת ומהירה. אולם על-אף החשיבות המכרעת בניוד תותחי-שדה ומרגמות, לא הצליח אף צבא לנייד את המרגמה 120 מ"מ. המרגמה הקטנה — 81 מ"מ — הותקנה על זחל"מ אך ה-120 מ"מ נשארה בגדר מרגמה נגררת.

סא"ל דוד לא נרתע נוכח כשלונותיהם של מומחי הצבא הצרפתי שניסו להתקין את המרגמה על הטנק AMX-13. הוא חשב על פתרון מקורי שטרם נוסה בעולם. אנשים לא מעטים פקפקו בהצלחת הרעיון המקורי וניסו לבטל את גישתו. המרגמה — להבדיל מהתותח — היא נטולת מנגנון-רתיעה; לפיכך מועבר כל כוח הרתיעה ישירות אל הבסיס וממנו אל הקרקע. במרגמה 120 מ"מ קיים בשעת הירי כוח רתיעה בסדר



הניסוי המוצלח הראשון שנעשה בהתקנת המרגמה 120 מ"מ על זחל"מ. על הזחל"מ מימין רס"ן (מיל) פ. עשת, סא"ל דוד ליד הזחל"מ משמאל.

גודל של 120 טונה לערך (הלחץ המקסימלי). סא"ל דוד טען שיש לחבר את המרגמה לזחל"מ באורח קשיח. כל קודמיו סברו שרק חיבור אלסטי — שיפזר את הכוחות — יתאים למקרה כזה. בכך טעו ולכן גם נכשלו.

לא כאן המקום להביא את חישוביו של סא"ל דוד. באופן כללי, גישתו היתה כי ככל שתגדל המסה הרוטת, על-ידי חיבור מסת הזחל"מ אל הקנה והבסיס הרוטעים, כך תקטן האנרגיה שיש לספוג. תקוותו היתה כי אם יצליח לקשור היטב את מסת הזחל"מ — הגדולה עשרות פעמים ממסת (משקל) המרגמה, אזי יוכל להגיע לאנרגיות קטנות שתוכלנה להיבלם על-ידי מערכת הקפיצים של הזחל"מ. סא"ל דוד מציין את עזרתו של אלוף עמוס חורב שסייע בידו להביא את פיתוחו משולחן השרטוטים לשדה הניסויים. זאת על-אף הדיעות השליליות שהשמיעו באזניו קצינים בחיל.

נוסף לתרומה המכרעת להגברת עוצמתו של צה"ל, הכניסה המרגמה הניידת גישה טקטית ולוגיסטית חדשה. בעת הניסויים הרבים שעברה המרגמה, המותקנת על הזחל"מ, לא חלו כל תקלות באף אחד ממקומות הירי בהם נוסתה המערכת. היא הוצגה בפני יחידת תותחנים, שנדהמה מהעוצמה החדשה. בעוד שקודם נאלצו החיילים להתחפר במשך ימים אחדים, הנה כעת הופיעה בפניהם מרגמה שתוך דקות ספורות כילתה כמות תחמושת רבה, ואחר-כך הסתלקה מהשטח.

על-אף שהאמריקנים טוענים כי „מרגמה מיועדת לצבא עני" הוכיח צה"ל כי מסוגל הוא להוסיף — בלא השקעה כספית רבה — כלי סיוע בעל כוח אש גדול ליחידות המבצעיות. כלי זה מוסע באותו סוג רכב משוריין בכל השטחים וצמוד אליו. נוסף על-כך, הירי נעשה מעל גבי הרכב, ולכן איננו תלוי בסוג הקרקע. ניתן גם לירות, איפוא, כאשר הזחל"מ מצוי על קרקע קשה וסלעית. זמן הפריסה וההתקפלות מהיר מאוד, ועם התגלות סכנה — כגון אש נגד-סוללות — ניתן לזוז מיד מהשטח.

סא"ל דוד היה כה בטוח בגישתו, עד כי עוד ב-1962 העז לכתוב כי בעתיד אפשר יהיה לנייד כלים ארטילריים אחרים. ניבא וידע מה ניבא.

המרגמה המתבנייעת הגדולה מסוגה



המרגמה הכבדה המתבנייעת 160 מ"מ נחשבת לגדולה מסוגה בעולם. פיתוחה הינו מקורי לחלוטין וצבאות רבים, על-אף נסיונותיהם, לא הצליחו לנייד מרגמת כבדות.

שינויים בדרכי הלחימה של צה"ל, מציבים בפני מתכנני חיל-החימוש אתגרים טכניים רבי-עוצמה. המתכנן חייב לספק, במהירות האפשרית, כלי-נשק אמין ומתוחכם העונה על דרישות הכוחות המבצעיים. מצבה המיוחד של המדינה אינו מאפשר רכישת נשק זה באורח חופשי. לכן נדרשים אנשי החיל למצוא פתרונות מקוריים.

צה"ל, בדומה לצבאות מודרניים אחרים, החל לנייד את כוחותיו. ניוד הכוחות אפשר לוחמה תוך כדי תנועה מהירה ויכולת להגיע לעומק מערכי האויב. תכונות הניידות מצאה ביטוי מכריע במלחמת ששת הימים ובפשיטות לעומק שאחריה.

שלוש שנים שקד צוות מתכננים בראשות סא"ל צבי ממפקדת קצין חימוש ראשי, עד שהצליח להעמיד לרשות צה"ל כלי-נשק מודרני ואמין, העומד בכל הדרישות הלוגיסטיות והמבצעיות. הכלי — מרגמה כבדה מתנייעת 160 מ"מ — הינו מקורי ואין דומה לו בצה"ל ובצבאות זרים. בנוסף על-כך, נתן הצוות את דעתו גם על אפשרויות ייצורו של הכלי בארץ, ללא ייעוץ או עזרה מחו"ל. זאת מתוך מגמה לאפשר את ייצורו השוטף באמצעים הקיימים בתעשייה המקומית.

כאשר החליט הצוות על ניווד המרגמה הכבדה על-גבי טנק „שרמן“, לא חסרו בעיות טכניות. אולם אף כאן — בדומה לתכנונים רבים בחיל — נתגלתה בצוות רוח עקשנות ורצון עז חסר פשרות. בעיית הרתיעה נפתרה כאן כפי שנפתרה במרגמה 120 מ"מ המותקנת על זחל"מ — על-ידי חיבור קשיח של הבסיס המקבל את מכת הירי. על-ידי כך משתתף כל הטנק ברתיעה ויכול לעמוד בה. שוני נוסף המבדיל אותה מהמרגמה 120 מ"מ היא צורת הטעינה. בעוד שתותחים נטענים בחלקם האחורי (הנמוך) של הקנה, הרי שרוב המרגמות נטענות בצידן הקדמי. עובדה זו הינה בעלת משמעות קטנה כאשר מדובר במרגמות קלות בעלות קנה קצר ופצצה קטנה יחסית. אולם במרגמה כבדה כ-160 מ"מ, נודעה לעובדה זו משמעות מכרעת. נוכח העובדה שקצה הקנה נמצא במצבי הגבהה מסויימים בגובה של 3 מטרים לערך, ואם נתחשב גם באורך הפצצה ובמשקלה, יתברר לנו שכדי לאפשר ירי בקצב-אש סביר, יש הכרח לתכנן מנגנון מיוחד להטענה.



מדינת ישראל
משרד הביטחון

פרס בטחון ישראל

על סמך המלצתה של ועדת השופטים
היועק

פרס בטחון ישראל לשנת תשכ"ט

סגן-אלוף צבי

באומרנו כי הצוות שקד שלוש שנים תמימות על „הקניית נייודות“, אין זה מדוייק. הצוות, בראשות סא"ל צבי, עסק גם בפיתוח מערכת נשק שלמה שחייבת היתה לענות על הדרישות הבאות: ● אפשרות טעינה וירי מכלי הרכב ● קצב-אש מקסימלי ● פריסה והתקפלות מהירים ● נייודות ועבירות זהים לאלה של טנק ● דיוק ירי ● תחום הגבהה וצידוד מקסימליים ● מלאי תחמושת עצמי ● מתן הגנה לצוות ולציוד ● עצמאות בירי בתנועה ובאחזקה שוטפת.

ולעדות ניהוטת תעודה זאת

אזגם נבנה בבית המלאכה לשיקום טנקים של חיל-החימוש, שלא חסך להוציא תחת ידו כלי אמין בפרק-זמן שהוקצב לכך. המרגמה הכבדה עברה סידרות ניסויים רבות הן בקרב החיל — בדיקה טכנית — והן בקרב הכוחות המבצעיים שרצונם הושבע. אולם פרק השכלול והפיתוח לא תם, במשך הזמן נוספו במרגמה זו שיפורים ושכלולים, נלמדו לק-חים והוסקו מסקנות, והיא תרמה רבות לתגבור עוצמת צה"ל.

משה דיין
סגן המפקח

יום הקופטיות, תשכ"ט (1969)

ההגנה על הטבע...

על-אף שכל ימי שירותו הצבאי של אל"מ ישראל עוברים עליו בתכנון, פיתוח ושכלול מערכות-טנקים הרי שכותלי משרדו אינם מעידים על כך. בעוד שבמשרדים השכנים ללשכתו עטורים הכתלים בשרטוטים, תצלומים ודגמים המעידים על תפקיד דייריהם, מעוטר משרדו של אל"מ ישראל בצילומי-נוף ופרחים. „מה לאלה במשרדך? — „זהו הטבע עליו אני מגן באמצעות כלי-נשק אותם אני שוקד לפתח ולשכלל“ הוא עונה בקצרה.

„לְיִשְׂרָאֵל נְשׂוּי לְטַנְקִים” — יאמרו לך כל אלה הסובבים אותו. על מיגוון ידיעותיו והיקפם אין עוררים. כולם מכירים בגדולתו הטכנית. למען האמת בתחילה חששנו לראיינו על פרס בטחון-ישראל בו זכו הוא וצוותו בשנת 1970. חששנו לא נבע מהיותו אדם מסוגר, אדרבה ההיפך מזה הנכון, אך לא רצינו לבטל מזמנו היקר ולהוציאו ממבוך השרטוטים והנוסחות החביבים עליו.

ב-1970, זכה אל"מ ישראל וצוותו בפרס בטחון-ישראל על פיתוח ושכ- לול מערכות בטנקים שבשירות צה"ל. עדיין אין לכתוב מהם הטנקים ומהן המערכות שבהם עשו אל"מ ישראל וצוותו ובגללם זכו בפרס. הם ממשיכים בהתמדה ובעקשנות לשכלל ולשפר מערכות בטנקים.

אל"מ ישראל מדבר בבהירות ובשטף: „אני מאמין שאנו מסוגלים לב- צע דברים שיהיה להם הד בעולם הטכנולוגי. על-אף היותנו מדינה קטנה בעלת פוטנציאל תעשייתי מצומצם, מסוגל המוח היהודי לעמוד בשורה אחת עם כל מתכנן צבאי של מדינה אדירה. יש להבין מה מדרבן אותנו לשקוד ימים ולילות על שיפור אמצעי ההגנה שלנו. אנו איננו מתכננים כדי לזכות בתהילה מקצועית, אנו מפתחים את כלי הנשק בגלל מצבנו המיוחד בזירה. למדינת-ישראל אין אפשרות לבחור באורח חופשי את ספקי הנשק שלה. אנו קונים מכל הבא ליד ושומה עלינו להתאים כלים מיושנים לצורכי המדינה ולאופי הזירה”.

משפטיו של אל"מ קולחים, מילותיו סדורות לפניו, מבט ספקני בלבד וכבר הוא מסביר ומרחיב. „המתכנן הישראלי מכיר היטב את האקלים והמצב הטופוגרפי של האוייב המוצב מולו, שברשותו שפע של נשק חדיש ומתוחכם. מלחמת ששת-הימים הוכיחה לכל הספקנים כי הצלחנו להעמיד נשק מיושן, שהוסב על-ידינו, מול נשק חדיש. אנו מודעים היטב למגבלות תעשייתיות ולמצבים פוליטיים. אך על-אף הכל הצלחנו להת- גבר על בעיות טכניות סבוכות. יש טוענים כי אנו פועלים בתעוזה רבה מדי כאשר אנו מתמודדים במעשינו עם מעצמות בעלות מסורת תעשייתית ומשאבים טכנולוגיים בלתי-נדלים. אבל אנו איננו אנשי דמיון. אנו מעוגנים היטב במציאות המרה וזו כופה עלינו לאלתר פתרונות טכניים מיידיים. כל פתרון כזה נוסך בנו תוספת בטחון. יש לזכור כי המלחמה שלנו אינה מתנהלת הרחק, ביבשות אחרות. המל- חמה שלנו מתנהלת מול הבית, החנות, המשרד והמפעל.

מצב מיוחד זה כופה עלינו שיטות תכנון מיוחדות. רק מדינה אדירה כמו ארה"ב למשל, מסוגלת להתאים כלי-נשק לזירת המלחמה תוך-כדי ניהול הקרבות. אנו חייבים לתכנן נשק אמין יותר ולטווחי-זמן ארוכים יותר. טנק שלנו שאינו מוכן, עם כל ציודו, לקרב לפני המלחמה לא יוכל לשמש באותה מלחמה. כשנשק שלנו יוצא לקרב עליו להפגין עליו- נות תוך זמן קצר ביותר. בצוות הטנק הישראלי משרתים פקידים, סוחרים ומורים, הנלקחים לקרב היישר ממקום עבודתם. צוות כזה חייב להיות מתורגל ומאומן ואנו חייבים לספק לו טנק אמין בעל מערכות פשוטות לתפעול, ועל הצוות להכיר את הטנק — עמו הוא יוצא לקרב — כשם שהוא מכיר את משרדו, מכוניתו ומפתחותיו”.

המשופר

ה"סנטוריון"



אברהם דושניצקי

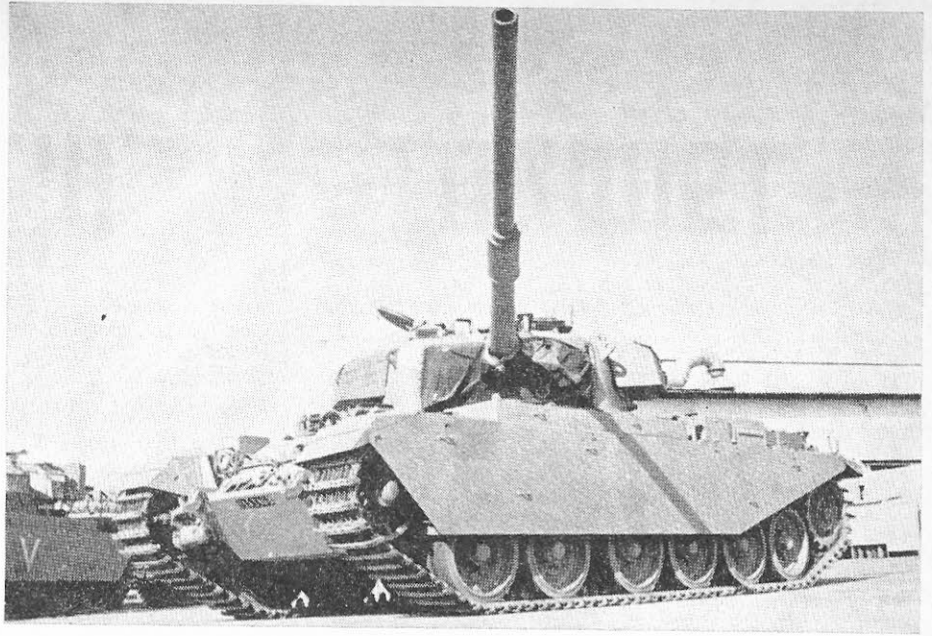
לבחור ציוד-לחימה באורח חופשי נאלצנו לקלוט את הטנק למערך צה"ל. כבר בראשית קליטת הטנקים — בשלהי שנות ה-50 — ידעו מתכנני החיל כי יש לבצע בטנק שיפורים והסבות שנתחייבו נוכח מצבו המיוחד של צה"ל בזירה ותנאי הלחימה שלו. ואכן בתחילת שנות ה-60 החל הצוות בתכנון ההסבה. לאנשים שעבדו בשיפור הטנק לא חסרו ימי מתח רבים ועבודה ללא מנוחה. לא היה זה בגלל היקף העבודה העצום שהם נטלו על עצמם ועז היה רצונם להוכיח לגורמים צה"ליים רבים כי אכן ניתן לבצע מלאכה זו בחיל החימוש. המתח נבע בעיקר בשל הסיכון הרב שהם נטלו על עצמם באמצעות שיטות-עבודה בלתי שגרתיות אף בקרב מעצמות בעלות מסורת ותיקה בתכנון טנקים. על כמה מהשיטות מספר משה בניית טנקים דוללת את הפעולות הבאות לפי הסדר הבא:

בניית אב-טיפוס, תכנון, ייצור-דגם, ניסוי טכני, שינויים ושיפורים כתוצאה מהניסוי, ניסוי מבצעי, שינויים ושיפורים, דגם-עבודה, סידרה-מובילה (הסידרה הראשונית הכוללת מספר מצומצם של כלים) וסידרה סופית. חיל החימוש היה דחוק ביותר בלוח הזמנים שהוקצב לו ולכן נאלצנו לנקוט בשיטות עבודה הטומנות בחובן סכנה טכנית; לדוגמה: ייצרנו את הדגם לפני שסיימנו את כל פעולות התיכון והתחלנו בייצור הסידרה המובילה לפני גמר הניסוי המבצעי. עבדנו במקביל ולשמחתנו לא שגינו. פעולה נוספת שגרמה לנו, "לדפיקות לב" לא מועטות היתה הזמנת החלקים מארה"ב. ב"סנטוריון" המ-שופר הוכנסו כ-2,000 חלקים שחציים הוזמנו בארה"ב והיו זהים לטנק "פטון" שבשירות צה"ל. כבר באמצע 1968, היינו במצב בו נאלצנו להגיש הזמנות חלקים בארה"ב, בגלל מועדי-אספקה ארוכים. אולם באותה תקופה היינו רק בראשית התכנון. עשינו ימים כלילות ועברנו בדקדקנות על כל הקטלוגים של ה"פטון" ודלינו מהם את כל החלקים הדרושים.

ב-1970 ניתן לצוות מתכננים ממפקדת קצין החימוש הראשי פרס "בטחון-ישראל". מאחורי הפרס מסתתר סיפור ארוך של מאמצים ואתגרים שתוצאתם הסופית היתה "סנטוריון משופר". מאמר זה הינו פרסום ראשון על מלאכת ההסבה, השיפור והשכלול שנעשו בטנק "סנטוריון". העבודה הטכנית שנעשתה בטנק היתה הגדולה בהיקפה ובמיגוון תחומיה; חברו כאן אלמנטים של תושייה, אלתור, רצון עיקש, ועמידה בפני אתגרים בלתי-מוכרים, מתח וידע טכני מעמיק. חיל החימוש, הפעיל במסגרת פעולה זו, טכנולוגיות ייצור מודרניות, תוך שימוש בשיטות עבודה מתקדמות ביותר שידעה התעשייה המקומית עד כה. בעבודת ההסבה השתתפו מהנדסים, טכנאים ובעלי-מקצועות טכניים שחלקם הגדול היה נטול ניסיון מעשי, אך הודות ללהט הרצון שאחז בכל אחד מאנשים אלו הצליח חיל החימוש להעמיד לרשות צה"ל טנק מודרני אמין ובעל מערכות חדישות, היכול להתמודד עם הטנקים של שנות ה-70.

הצוות

המישה מהנדסים במפקדת קצין החימוש הראשי ששמו להם למטרה לשפר את הטנק "סנטוריון". ומדוע? מה הביא אותם לשקוד, נוסף על עבודתם הרגילה במפקדה, ימים כלילות, אחוזה תזוית עשייה על שיפור הטנק הבריטי? עונה על כך משה שהיה מהראשונים שריכזו את הנושא "נוכחנו לדעת כי הטנק "סנטוריון" לא יוכל לעמוד בעתיד בפני הטנקים הרוסיים T-54, ו-T-55 שהגיעו לזירתנו. נוסף על כך, תכונותיו המקוריות של הטנק היו נחותות ולא התאימו לצרכי צה"ל מהבחינה הלוגיסטית והמבצעית, אולם בשל אי-היכולת



בהגבהה

מנוע: הטנק המקורי היה בעל מנוע „מיטאור“ הנחשב כבר למיושן ואף אינו מיוצר יותר מאז שנות החמישים. משך הזמן בפסלים במנוע זה יותר ויותר חלקים יסודיים ומושקעים מאמצי צים בתיקונו, בחידושו ובייצור חלקי-חילוף עבורו. אך על-אף פעולות אלה אורך „חיי“ המנוע קטן והולך. יתר על-כן בשל עקרון המבנה שלהם „סובלים“ המנועים משעור בלאי גבוה, בגלל התנאים המיוחדים השוררים בארץ. בין התקלות המאפיינות מנוע זה ניתן לציין:

- נזילות מים ושמן בין הגושים, הנובעות בעיקר מתנאי פעולה וטמפרטורת סביבה גבוהה במיוחד.
- צריכת שמן גבוהה, הנובעת מבלאי טבעות, בוכנות וציילינדרים, בגלל תנאי האבק הקשים.
- בלאי התעייפות ושחיקה של מערכות שסתומים ותת-מכל-ליים, בגלל העומסים בפעולה מאומצת.

גם מערכות העזר של המנוע סובלות ממגבלות: קירור-סתימת רדיאטורים באבק ובשמן, שחיקת גלגלות מניפה בתנאי-אבק, קריעת רצועות המאוררים ועוד.

חיל החימוש השקיע מאמצים גדולים מהרגיל כדי להעמיד את טנקי ה„סנטוריון“ במצב שמיש מאמצים אלה כוללים, בין היתר, עבודות תיכנון וביצוע שיפורים מתמידים בכל המערכות, החזקת צוותי-אחזקה גדולים, החסנת כמות עצומה של מנועים וחלפים אחרים. מתכנני החיל הגיעו למסקנה כי לו צריכים היו לייצר אותו מנוע על כל מגבלותיו מחדש, היה מגיע מחירו ודאי למחיר מנוע דיזל חדיש, וזמן ההספקה היה גדול פי חמישה.

מערכת הקירור: מערכת הקירור שהיתה בטנק המקורי השריפה-רצון, אולם רק כאשר היתה נקייה ומטופלת כראוי. השמירה על מצב זה מהייבת שימת-לב מיוחדת למחזור פעולות האחזקה. לאלה שאינם בקיאים בפעולות אחזקה, הכרוכות בהפעלת טנקים, נתאר את הפעולות שהיו כרוכות באחזקת מערכת הקירור במצב תקין. בדיקות לפני התנעה, כולל הזמן הדרוש להרמת מכסי-סיפון ורדיאטורים. פעולה זו בלבד גוזלת כ-5 דקות. יש לעצור את הטנק לאחר 20 הדקות הראשונות של נסיעה ולערוך

חששנו כי אנו עלולים להזמין בשל הימור זה — פריטים שאינם דרושים כלל או שמא נחסיר בהזמנת הפריטים הדרושים, לשמחתנו לא טעינו גם כאן וההזמנה תאמה את כל החלקים הדרושים“.

הרקע לפיתוח ה„סנטוריון הנושופר“

רק סיבות משכנעות מאוד יכולות להצדיק מבצע כה גדול ורב-החומים. נציין להלן את הרקע שהביא לפיתוח הטנק החדש ונעמוד בתחילה על מגרעותיו של הטנק המקורי.

טווח הלחימה: הנסיון מלמד שבלחימה בזירת המערכה של צה"ל והדברים אמורים במיוחד במדבריות ובשטח הררי, קשה במיוחד לספק את הצרכים הלוגיסטיים של הטנק. צרכים אלה נקבעים במיוחד בכמויות העצומות של דלק ותחמושת, וזאת מחמת העבירות המוגבלת וחסר תוואי כבישים באזורי-לחימה רבים. מכאן משתמע כי טנקים חייבים להיות בעלי „טווחי-נשימה“ ארוכים במיוחד. הטנק המקורי צורך כמויות עצומות של דלק, בגלל היותו בעל מנוע בנזין — הפועל בשיטת האידוי (קרבורציה). נוסף על-כך מכילי מוגבלים לכמות-דלק מעטה. בעבר, נעשו אומנם שיפורים בטנק וחיל החימוש הצליח להגדיל את כמות הדלק בטנק, אך גם תוספת זו לא הספיקה לטנק להשלים יום-לחימה ממוצע ללא תספוקת. לפני מבצע ההסבה והשיפור הצליח חיל החימוש להגדיל את כמות הדלק במיכלים, להגדיל את טווח הנסיעה בכביש, ולהגדיל את טווח הלחימה בשדה. אולם גם שיפורים אלו לא סיפקו את מתכנני החיל.

סוג הדלק: רוב הטנקים במערך צה"ל פועלים בדלק-דיזל, ואי-לו ה„סנטוריון“ המקורי צורך בנזין. יש להטעים כי כמויות הבנזין (מבחינת-נפח) הדרושות לבצוע משימה מסוימת גדולות פי 1.7 יותר, מאלה הדרושות בשימוש בדיזל. לדבר זה נודעת השלכה חשובה ביותר בהובלה הלוגיסטית. יתרון נוסף וחשוב המתבטא על-ידי שימוש בדיזל הוא ההתאיידות הנמוכה יותר, ולכן סכנת התלקחות קטנה יותר.

מחפר / מעמיס MF50B

הטרקטור עם האפשרויות הרבות
להעמסה * לחפירה * להובלה * לעבודות פיתוח
למשק החקלאי * לטיפעול במחסנים ובמפעלי חרושת.



מפיצים בלעדיים:

חברה ישראלית למוכילים בע"מ

חיפה: רח' הנאמנים 5-7, טל. 523206 * תל-אביב: רח' המסגר 62, טל. 35882



רחוב העליה 75 - טל. 825861

יהושע וסרברוט ובניו בע"מ

עבודות

נירוסטה

ואלומוניום

ציוד למטבחים, למוסדות, קבוצים
בתי חולים ובתי הבראה

א. אדליך

נוסד 1922

רח' סלמה 53-47, תל-אביב, טלפון 823386

יצוא ושחר מתכות אל ברזליות

יבואן שווק פחים ומוטות

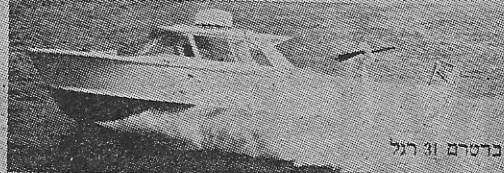
● פליז מכל המידות והסוגים

● פחי פליז מצופים

● קניות גרוטאות מתכות אל ברזליות
(נחושת, אלומיניום ופליז)

נמדע חברה בע"מ

בית אמריקה, תל-אביב, טל. 341-252 ת.ד. 33319



ברטרם 31 רגל



ברטרם 29 רגל



ברטרם 38 רגל

סוכנים בלעדיים:

BERTRAM YACHT - USA

PATROL BOATS ● SPEED BOATS ● SERVICE BOATS

חברת טכנו בע"מ

הספקת ציוד טכני

- אטמים תוצרת פרקר ארצות-הברית
- מלאי של טבעות "O" תוצרת פרקר
- בדים מגוממים תוצרת דורפונט
- מוצרי טפלון. בדים מצופים טפלון

PARKER HANNIFIN SEALS AND FITTINGS
STOCK OF "O" RINGS



חיפה, רח' הנמל 30, ת.ד. 1230, טל. 661681

מערכת ההיגוי: מערכת ההיגוי בטנק מודרגת לרדיוסי-מפנה — (סיבוב) שונים, בהתאם להילוך המשולב. במהירות קטנה רדיוס המפנה הוא אופטימלי, אולם במהירות גדולה רדיוס הסיבוב האפשרי לביצוע הוא גדול יותר מזה הקיים בכ" בישים ראשיים, כדי לבצע פניות אלה יש לשלב הילוכים יורדים על-אף שאין כל סכנה בביצוע פניות במהירות הגבוהה.

לפיכך, לעתים קרובות קורה שהטנק המקורי היה „בורח" מ- הכביש בעת ביצוע פניות חדות. הפעלת ההיגוי מבוצעת באמצעות שני מנופי-שליטה, אחד לכל כיוון סיבוב. מנופי-שליטה אלה מובטחים בפני הפעלת שני הצדדים בעת ובעונה אחת, וזאת כדי למנוע נזק למערכת ההיגוי. המנגנון המבטיח פעולה זו גורם לא אחת ל„תפיסת" ידיות ההיגוי ואבדן הש-ליטה. מערכת ההיגוי מורכבת מתופי בלמים „יבשים" ובלתי מקוררים.

מערכת הבלימה: מערכת זו בנויה מתופי בלמים ומגשישי בלמים „יבשים" — ללא קירור — המופעלים באורח מכני. יש לציין כי הבלימה יעילה, אולם מוגבלת בשימוש חוזר או למשך זמן רב, הדרוש לעתים בשטחים מבוטרים. במקרים כאלה דרושים כוונונים חוזרים — לעתים קרובות תוך כדי פעולה — שאם לא כן קיימת תמיד הסכנה של אבדן הבלימה. אורך החיים של מערכת הבלימה קצר יחסית, ונוהגים לחדשה לאחר כל 50 שעות פעולה.

מערכת כיבוי האש: כמות חומר הכיבוי בטנק המקורי היתה קטנה מזו שבכל הטנקים האחרים שבמערך צה"ל, על-אף העובדה שתא-המנוע גדול יחסית. גם הפעלת מערכת כיבוי האש אינה יעילה, מאחר שהיא פולטת את חומר הכיבוי מייד והחומר מתפזר במאווררי הקירור — לפני שהמנוע מדומם לחלוטין.

המזווג: מערכת הקישור בין המנוע לבין תיבת ההילוכים כוללת מזווג המופעל מכנית על-ידי הנהג, באמצעות דוושת-רגל. הנהג צריך להפעיל את המזווג בכל עת שהטנק נעצר, מתחיל בנסיעה, או בעת החלפת הילוכים. בטנקים, מערכת מעין זו אינה רצויה. נוסף על-כך סובלת מערכת המזווג מתנאי-

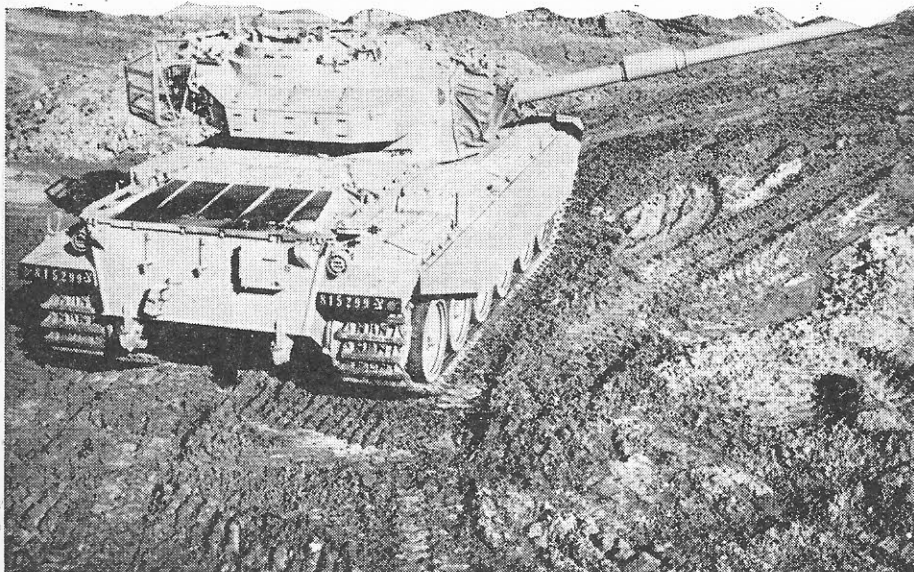
בדיקה חוזרת של מי הקירור והמאווררים. בתנאי-סביבה קשים יש למלא מי תוספת כל 80 דקות פעולה. מדי שבוע יש לבקור את הרדיאטורים בקיטור או במי-סבון כדי להסיר מהם את כל החול והמשקעים. החלפת רצועות המאווררים בכל 50 שעות פעולה. טיפול יסודי במערכת הקירור כולל הסרת אבן וחול כל 100 שעות.

מסננות האויר: מסננות האויר המקוריות אינן יעילות בתנאי-אבק קשים, במיוחד בנסיעה בשיפועים חדים בהם נשאף האבק הצף על-פני השמן וחודר לסעפות היניקה. הטיפול במסננות האויר מצריך רחיצתם בדלק, טיפולים ומילוי בשמן נקי בתדירות גבוהה המגיעה לכדי טיפול יומי ובתנאי-אבק קשים יש להגדיל את תדירות הטיפולים. הזנחת הטיפול, עקב מבצעים למשל, מסכנת את „חיי" המנוע ומצריכה את החלפתו כעבור מספר ימי פעולה.

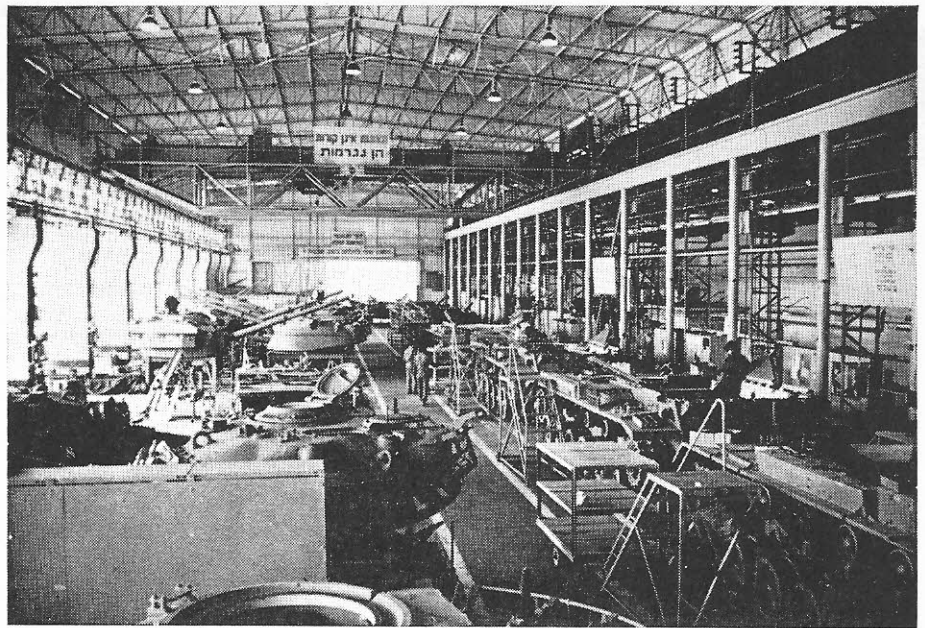
צריכת החשמל: ככל שמתרחב השימוש בחידושים נוספים באמצעי הליחמה כגון: זרקור ירי, תאורה תת-אדומה ואמצעי הגנה אטומיים, ביולוגיים וכימיים, הולכת וגדלה הצריכה בחשמל בטנק. חיל החימוש נקט אומנם במספר שיפורים שנועדו לספק את הדרישות לצריכת החשמל המוגברת. בין השיפורים נציין את הגדלת הקיבול של אמפר-שעות מ-150 ל-180, והגדלת עוצמת הזרם (הבלתי מעודף) מ-50 ל-100.

מהירות הנסיעה: ה„סנטוריון" המקורי נחשב לטנק האטי ביותר במערך צה"ל; מהירותו המקסימלית הגיעה לכדי 35 קמ"ש בלבד. גם כאן נעשו בעבר נסיונות להגדיל את המהירות, אך לכדי הכנסתם לשימוש במערך צה"ל הם לא הגיעו. הדבר הראוי לציון במיוחד הוא המהירות הממוצעת הנמוכה בתנאי-שטח מש-תנים, ואחת הסיבות לכך היא שמערכת ההילוכים מופעלת היד מצריכה החלפת הילוכים בלתי-פוסקת בשטחים מבוטרים.

תיבת ההילוכים: ברירת ההילוכים בטנק „סנטוריון" געשית ביד. יש חמישה הילוכים, כל תחום הילוך מוגבל להפרש קטן של מהירות נסיעה בתנאי-שטח קשים ומצריכה החלפת הילוך בתדירות גבוהה, דבר הגורם להפסד זמן, מהירות ולעתים מגיע הדבר לכדי עצירה מוחלטת. דבר המצריך התחלה מחדש. עובדה זו מחייבת אימון רב בנהיגה כדי להשיג תוצאות טובות במיוחד.



בניסוי



בבית המלאכה

פה, בטנק זה מורכבת ביותר. היא מצריכה 5 אנשי-מקצוע מיומנים, ונמשכת למעלה מעשרים שעות בממוצע. פעולה זו נחשבת לארוכה ביותר מכל הידוע בטנקים בעולם, בטנקים מודרניים נמשכת פעולה זו לא יותר מאשר 2-4 שעות. תיאור מגבולותיו של הטנק המקורי, ממחיש בודאי לקורא את העבודה הרבה שנטלו על עצמם מתכנני החיל, שהחליטו להעמיד טנק זה בשורה אחת עם טנקים מודרניים של שנות ה-70.

בעיות היסוד בתכנון ה"סנטוריון" המשופר

זכרת המגבלות והבנתן אין בה עדיין פתרון הבעיות, אולם היא מאפשרת ראייה נכונה לקראת העתיד. ראשית החליט הצוות כי חשוב להחליף המנוע המיושן למנוע דיזל בעל רמת ביצועים גבוהה יותר. מספר המנועים המצויים בעולם מבחינת ההספק, הסיבובים והגדלים הגיאומטריים, העשויים להחליף את המנוע בטנק המקורי, מצומצם ביותר ומגיע לכדי 6 מנועים. כל אחד מהמנועים הקיימים, כפי שהוא מיוצר במפעל, אינו מתאים להחלפה ישירה במנוע המקורי, וכל אחד מאלה מצריך שינויים יסודיים הכרחיים במנוע עצמו ובטנק, כדי להתאימו ולקלוט אותו בתוך תא המנוע הקיים בטנק.

למרות הברירה המצומצמת במספר המנועים, צריכה היתה הבחירה להבטיח בשיקוליה הישגים מבטיחים ובני-ביצוע, הערכת התוצאות הסופיות, מקורות הרכישה, האפשרות לסיכום על שינויים ותהליך הסבה שיוכל להתבסס על יכולת התעשייה המקומית. הקשורה בהתקנת המנוע בתקופת-זמן סבירה. בן-ציון, שהיה בצוות התכנון מראשיתו מוסיף, התובה של הטנק המקורי לעומת טנקים אחרים צרה וגם תא המנוע צר בממדיו. הבעיה הראשונה שצצה בפנינו כאשר חשבנו על החלפת המנוע היתה כיצד להכניס מנוע-שעמד לבחירה — לתוך תא בגודל זה. דבר זה הביא אותנו לביצוע "גיתוחים" בתובה ופיתוח שינויים במנוע עצמו. כן תכננו מכלי-דלק מיוחדים ומסובכים בצורתם המשמשים — בנוסף לתפקידם המגודר — גם תעלות

אבק קשים ובמיוחד מרטיבות, בגלל היותה בלתי-מוגנת בפני אבק ומים.

מערכת התחמושת: ההסבות שבוצעו בטנק זה כללו בשלב הראשון הכנסת התותח המודרני 105 מ"מ במקום התותח המיושן 20 ליטראות. תותח, מעין זה, מצוי בטנקי-המערכה המודרניים ביותר דוגמת ה-M-60 האמריקני, ה-AMX-30 הצרפתי, וה"ליאופרד" הגרמני (בענין זה ראה מאמרו של ט. מרגלית, "תותח הטנק לאן?" המתפרסם בחוברת זו). אבל החלפת התותח-בשלב הראשון של ההסבה-גררה בעקבותיה גם את החלפת מחסני התחמושת, וסידורו מחדש של סל הצריח. דא-עקא הפתרונות היו דחוקים והתעוררו מספר מגבלות בכל הקשור למיקום המחסנים. חלוקת התחמושת היתה בלתי-מאוזנת בעת הירי לכיוונים שונים. כתוצאה מכך, היה הכרח לצודד את הצריח-הלוך וחזור, כדי להוציא תחמושת דרושה מרצפת הטנק או מהזיטה. נוסף על-כך כמות התחמושת התורה נית לא איפשרה גיוון מלא של תחמושת מוכנה לידי מכל הסוגים בכמות מספקת לכל מקרה.

סל הצריח: עמידתו של הטען-קשר בטנק המקורי אינה קשורה עם צידוד הצריח, ובעת פעולה חייב הטען/קשר להקפיד לנוע אחרי תנועת הצידוד, או להפסיק את פעולתו ולשבת במושבו המחובר אל החלק המסתובב של הצריח.

הכנת הטנק לתנועה: אחד הדברים שהכבידו על פעולת הצוות בטנק המקורי היתה הביקורת והטיפול הנדרשים לפני התנועה. זאת הן בגלל המאמץ הרב הכרוך בביצוע הביקורת והטיפול והן בגלל משך הזמן המושקע לקראת כל תנועה של הטנק. כדי לערוך ביקורת שמן, מים, נוזילות ונוקים, יש לפתוח ולסגור עשרה מכסים כבדים שמשקלם כ-80 ק"ג, בשיטה וב-צורה מיוחדת, תוך כדי צידוד הצריח הלוך וחזור. משך הזמן הארוך והמאמץ המושקע, אינם עומדים כלל ביחס הנדרש, לפעולה דומה, בטנקים אחרים.

החלפת מנוע: אורך החיים הקצר של מנוע ה"סנטוריון" המ-קורי הצריך החלפת מנועים רבים בתנאי-שדה. פעולת ההחל-

בגלל מיכל הדלק האחורי לא ניתן להוציא את האויר החם מבעד הדופן האחורית; הפתרון נמצא על-ידי שינוי בכוון זרימת האויר בתעלה מיוחדת כלפי מעלה. אחד היתרונות החשובים של מנוע הדיזל הוא החיסכון בדלק. תוספת כמות הדלק בטנק מאפשרת "הקפצת" טווח הלחימה של הטנק פי שתיים, גודלו של המנוע ובמיוחד הצורך בתעלות אויר קירור מגבילות את הנפח הנותר לשם התקנת מכלי-דלק. אולם הבעייה נפתרה על-ידי בניית מכלי-דלק צורתיים בתוך תא המנוע משני צדיו תוך ניצול כל פינה ופינה. גם כאן ניתנה הדעת על אפשרויות הפיתוח והייצור בארץ.

צוות התכנון, פיתח גם מערכת סגורה יעילה המונעת חדירת-אבק בעת זעזועים לתוך מסננות האויר. מבנה הסיפון החדש, מעל תא המנוע, הצריך שינוי במערכת הבקרה של התותח, כדי שהתותח יוכל לעבור מעל הסיפון מבלי להתנגש בו. הפתרון לבעיה זו הושג תודות לתכנון של בקרה אוטומטית המקבלת אותות מכיוון התותח ופוקדת על הגבהת התותח בעת הציוד, לאחור. גם מערכת זו, בדומה לקודמותיה, פותחה בארץ.

נוסף לבעיות שצינו לעיל היו עוד בעיות אחדות שנלמדו מלקחי גסיון העבר, מלקחי המלחמה ועוד. כל הבעיות נפתרו על הצד היותר טוב.

בקצב נוהיר

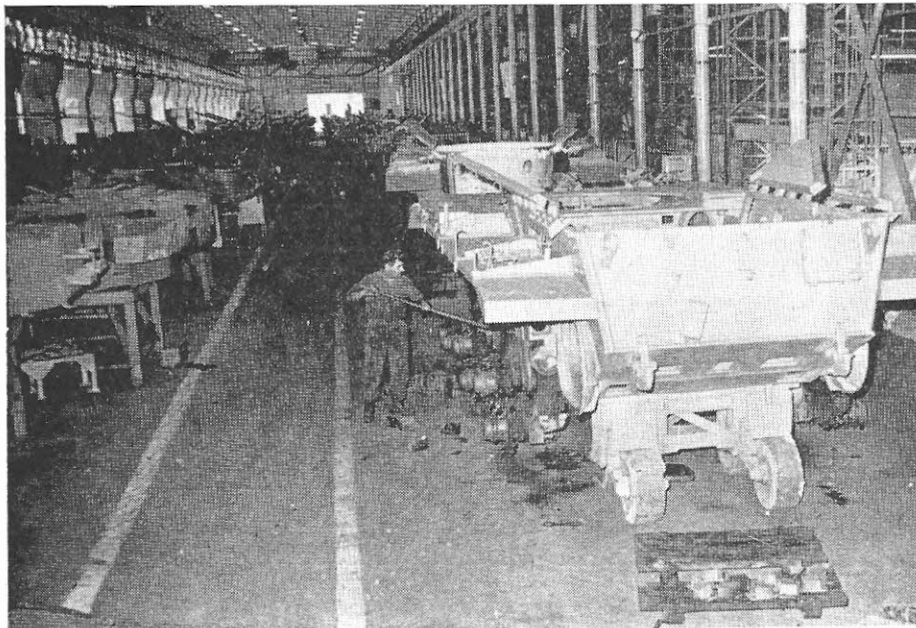
העבודה הרבה נעשתה במסירות חסרת-תקדים בבית המלאכה לשיקום ואחזקת טנקים של חיל החימוש. אליעזר, שרכז את הנושא הטכני באותה עת בבית המלאכה מלא התפעלות נוכח העבודה המהירה והמדוייקת שנעשתה. גם בבית-המלאכה ננקטו שיטות-עבודה מיוחדות וחדשות, נעזרו רבות במהנדסי-ייצור במהלך העבודה. עבודת הריתוכים, שהצריכה דייקנות ומיומנות. נעשתה ללא דופי ובפעם הראשונה נעזרו לצורך זה ב"מתקני-היפוך" (מניפולטורים) המבטיחים למפעיל ריתוך

זרימה לאויר הקירור. הבחירה נפלה לבסוף על מנוע "קונטיננטל-טל" אולם אנו בדקנו גם מנועים נוספים, שכל אחד מהם שונה בגודלו, צורתו ואופן קירורו, ואת המנועים הצלחנו להכניס לתוך תא-המנוע הצר. פעולה זו היתה אחת מהקשות ורבות האתגר בכל מהלך הפיתוח. לצורך התקנת המנוע בטנק נעשו בו כ-300 שינויים, דבר המבדילו מהמנוע המקורי המתקן בטנק המערכה M-60. בחירת המנוע נבעה גם מבדיקת היכולת לפיתוח הייצור בארץ של מערכות הדרושות להסבה, הבטחת הספקה סדרתית של מנועים, ממסרות וחלפים. "ישראל שכב חודשים בתוך תא המנוע לצרכי ניסויים" מוסיף בן-ציון.

בעיה עיקרית נוספת שעמדה בפני הצוות היתה שינוי כיוון הסיבוב, ועל-כך מספר בן-ציון: "נוכח העובדה שכיוון הסיבוב בוב במערכת המקורית של המנוע ותיבת ההילוכים היה הפוך לזה שנתקבל במנוע החדש — שכלל תיבת הילוכים חדשה — ובגלל ההגדלה הניכרת בהספק המנוע ומומנט ההנעה, נאלצו המתכננים לשנות את כיוון התנועה ולהתאים את כל החלקים המשתתפים בהעברת ההילוכים מתיבת ההילוכים לגל המניע למאמצים מוגדלים. האתגר שעמד בפנינו היה להשיג את התוצאות הדרושות מבלי להיכנס להשקעות הגדולות הכרוכות בפיתוח ובהחלפה של מערכת ההינע הסופי.

במילים אחרות: היה עלינו להשאיר את הבית של ההינע הסופי הקיים, ובתוכו-לנסות להפוך את כיוון הסיבוב ולחזק את המיטוב ואת השינויים לרמה הדרושה. אין עוררין כי זה נחשב לאתגר טכני". הבעיה נפתרה לאחר לימוד דרך התכנון של ייצור דגמים ולאחר שורת ניסויים מבלי להחליף את בתי ההינעים הסופיים וללא כל תוספת של ממסרות היצוניות, תופי הנעה, צירי יציאה או גלים-מניעים. הדברים האלה נפתרו תודות לתכנון מקורי של המערכת במינימום השקעות הכרוכות בייצור חדש, המבוסס כולו על ייצור בארץ.

בעיה נוספת היתה מערכת הקירור ותעלות זרימת האויר. רוחב התובה אינו מותר משטח מספיק בשביל סורגי יניקת האויר, ללא היווצרות מפל-לחץ גבוה למדי. הפתרון לבעייה זו הושג על-ידי תוספת סורגים ליניקה מתא הממסרות.



תהליך ההסבה

נות, ובעל אטימות מקסימלית. קצב העבודה המוגבר הצריך הזמנות עבודה בהיקף גדול ביותר. היקף כה גדול שהשוק האזרחי טרם הכיר. צוות העובדים בבית המלאכה לשיקום ואחזקת טנקים למד את הנושא החדש והגדול בשלושה שלבים: בשלב הראשון שכלל חיתוך התובה של ה"סנטוריון" המקורי (כדי לנסות ולהכניס בתוכה מנוע חדש) למדו הסגל הטכני אודות ה"מפלצת" החדשה. בשלב השני, שהיה כבר בעת ייצור האב-טיפוס, למדו הבוחנים, מנהלי העבודה, ואנשי הדגמים את הטנק החדש תוך כדי עבודה מעשית טהורה. אורי מספר על שלב זה, "יכולת לראות כיצד שני אנשים עובדים על הטנק וסביבם מתרכזים כ-15 עובדים ומנהלי עבודה ועוקבים אחר כל תזווה שלהם". יתר האנשים למדו על הטנק בשלב

השלישי שכלל את הסידרה המובילה. בסידרה המובילה יוצרו 5 טנקים וצוות העובדים התארגן כבר לסידרה הראשית. עיקר גאותו של אליעזר, שאינו שוכח להזכיר את יתר עמיתיו, חיים מקס ועוד, היא העובדה כי בשל העבודה המסורה והמדוייקת עבר הטנק — טרם קליטתו בצה"ל — שתי בחינות בלבד, "הישג כזה אני עוד לא ראיתי" מוסיף אליעזר. מובן שעלינו לציין את תרומתה של התעשייה האזרחית בארץ. בכל הפיתוחים הושם הדגש על הרחבת הייצור המקומי. לתכלית זו תדרכו אנשי החיל את התעשייה המקומית, סיפקו ידע לאופן הייצור ופיקחו על ייצור הדגמים. כל המערכות להוציא המנוע, תיבת-ההילוכים והמסננת, מיוצרות בארץ. במסגרת פעולת ההסבה והשיפורים יצקו — בפעם הראשונה במפעל אזרחי

השוואת תכונות ונתונים בין "סנטוריון" מקורי לבין "סנטוריון משופר"

הנתון הטכני או התכונה	"סנטוריון" מקורי	"סנטוריון" משופר
א. מידות ומשקלות משקל ערוך לקרב (טונות)	51	53
ב. נשק ותחמושת	20 ליטראות	105 מ"מ
תותח	0.3"	7.62 מ"מ
מקלע מקביל	0.3"	7.62 מ"מ
מקלע נ"מ	—	כמות הוגדלה
תחמושת תותח	—	כמות הוגדלה
תחמושת תורנית לתותח	—	—
ג. מנוע ראשי	בריטי, "מטאור"	אמריקני, "קונטיננטל"
תוצר	בנוזין	סולר
סוג הדלק	מים	אוויר
הקירור	גלילות ורצועות	מכני
הנעת מאוררים	650	750
הספק ברטו (כ"ס)	—	—
ד. קיבול שמן ומים	64	68
מנוע שמן מנוע ראשי (ליטרים)	9	אינ
שמן מסננת אויר	4	אינ
שמן מטען עזר	0.5	אינ
שמן מסננת אויר מטען עזר	150	אינ
מי קירור (ליטרים)	—	—
ה. תיבת הילוכים	מכנית	הידראולית-אוטומטית
סוג	5	2
מספר הילוכים קדימה	2	1
מספר הילוכים אחורה	—	מוט יחיד
מנופי בקרה	ארבעה מוטות	אינ
דוושת מזווג	יש	—
ו. היגוי	תופי בלמים, "יבשים"	דיסקות חיכוך, "רטובות"
סוג	שתי ידיעות הפעלה	מוט יחיד
הפעלה ובקרה	40 מטר	13 מטר
רדיוס סיבוב במהירות מקסימלית	—	—
ז. בלמים	תופי בלמים, "יבשים" ללא קירור	דיסקות חיכוך מקוררות שמן
סוג	—	—
ח. קיבול צריכת דלק	107	82
צריכת דלק לשעה ממוצע (ליטרים)	28	9
צריכת דלק בפעולות סרק לשעה	—	הוכפל
טווח נסיעה (ק"מ)	—	הוכפל
שעות נסיעה בתדלוק אחד	—	—
ט. מערכת השמל	4	6
מספר המצברים	6	12
מתח למצבר אחד	150	300
קיבול אמפר — שעות	מנוע ראשי 1 מטען עזר	1
מספר הגנרטורים	100 (מטען עזר)	300
עצמת הזרם (המעודף)	—	—
י. מערכת כיבוי אש	2	3
מספר מכלי הכיבוי	אינ	11 ק"ג
כמות משקל כוללת של חומר כיבוי המתנה לעצירה מוחלטת של המנוע	6 ק"ג	10 שניות
אטימת מים ואש בין תא המנוע ותא לחימה	אינ	יש
יא. מהירויות	35	43
מהירות מקסימלית (קמ"ש)	12	17
מהירות ממוצעת בשדה	—	—
יב. סינון אויר	אמבט שמן	יבש
סינון אויר	מחזור יומי מצריך דלק ושמן	ניקוי עצמי
ניקוי וטיפול	—	—

הערה: בנתונים העיקריים שאינם מצוינים בטבלה לא חלו שינויים עקב ההסבה, או שאין השינוי מהווה שיפור עקרוני

של 45 קמ"ש בדרכים, לטפס במהירות של 30 קמ"ש בשיפועים של 3% ולנוע במהירות של 15 קמ"ש בשיפועים של 16%. כן מסוגל הטנק לטפס בקלות ובמהירות בשיפועים של 60%. ה"סנטוריון" המשופר מסוגל לטפס מדרגה ולצלוח במים בעומק 1.40 מטר, ללא הכנות מוקדמות — גם כאשר תא המנוע שקוע בתוך מים. טווח הלחימה של הטנק הוגדל בכביש ור בשדה. חטיבת הכוח ומערכות העזר מאפשרות פעולה סדירה בכל תנאי הארץ כמו הכפור בצפון או השרב שבבקעת הירדן, בתנאי-אבק קשים, ללא כל צורך באמצעים ובאחזקה מיוחדים. מערך התחמושת ומשטה הסל בתא הלחימה מאפשרים החסנת סוגים וכמות גדולה של תחמושת מוכנה לירי בנוחות ובכל כיווני הירי. השימוש במערכות חדישות והתכנון הקפדני והמ-עמיק הגדילו לאין שיעור את כושר הסבילות של הטנק לעמוד בתנאים קשים ביותר לתקופת-זמן ארוכה ללא צורך בהשקעה מרובה של שעות-עבודה בטיפולים ובביקורת — ללא כל יחס למקובל בטנקים מסוגים אחרים. תודות לתכנון, שנתבסס על נסיון והשקעה רבה בניסויים, הושגה אמינות גבוהה שתאפשר לטנק לפעול תקופות ארוכות ללא תקלות.

שיפורים שבוצעו במערך הציוד וההתקנים, לרבות התוספות שנבעו מלקחי המלחמה, יקלו על הצוות המפעיל להשיג רמה גבוהה ויעילה בביצוע המשימות. גם ההשלכה האחזקתית של הטנק הובאה בחשבון בעת התכנון, מיקום המערכות והשינויים שבוצעו. הליכי האחזקה הדרושים לטנק בדרג השדה קצרים ופשוטים לעומת אלה שהיו דרושים בטנק המקורי. מימסרת-ההילוכים האוטומטית שהוכנסה, מפשטת באורח משמעי את הנחיגה ובעיקר את רענון ידע הנהגים שברובם הם אנשי-מילואים.

סיכום

לאחר שלוש שנות עבודה מתישה הצליח חיל החימוש להעמיד לרשות צה"ל טנק מודרני וחדיש. היה בזה משום המשכת מסורת ותיקה שנרששה בחיל מראשית קיומו. ניתן לציין בגאווה כי נעשתה כאן עבודה העולה על מה שמשמע מהמו-שג "הסבה ושיפור". אם נעמיד את הטנק החדש מול עמיתו המקורי, ספק אם "יכירו". בן-ציון מוסיף "רק קליפת הפלדה של הצריח וזה והמבנה הכללי של קליפת הפלדה של התובה והמוקו"מ דומות". מתכנני החיל הצליחו ל"הקפיץ" טנק מיושן לעבר שנות ה-70, המסוגל לעמוד בשורה אחת עם הטנקים המודרניים בעולם.

מקומי בארץ — חלקי-שריון שעברו בדיקות בליסטיות ותכונות ברמה בין לאומית. התעשייה הצבאית תרמה את חלקה בייצור גלגלי-שיניים, עיבוד שבבי, טיפול תרמי ועוד. גם כאן נעשתה, בפעם הראשונה בארץ, עבודה מסובכת ברמה גבוהה ובסדר-גודל שטרם היה כדוגמתו. מפעל אחר של התעשייה הצבאית התמחה בעבודות מדוייקות מאלומיניום כגון: מכלי-דלק בעלי צורה מסובכת שדרשו ריתוכים וחייתוכים מיוחדים. על נושא הייצור המקומי וטיבו מוסיף משה, "פריט מסויים הוזמן במקביל במספר מדינות בחו"ל, ובישראל, לאחר בחינה ובדיקה נבחר הפריט שיוצר בארץ על-ידי התעשייה הצבאית".

כדי להמחיש את היקף העבודה העניפה נציין כי בעבודות הפיתוח וההסבה הושקעו כ-40 אלף שעות עבודה שכללו, בין השאר, הכנת 2,000 גליונות שרטוט ו-40 אלף העתקות-אור.

"ביד אחת נוהגים..."

ה"סנטוריון" המשופר הינו פרי פיתוח שנשך לאורך שלוש שנים ומתבסס על נסיון שנרכש בהפעלתם של טנקי "סנטוריון" מקוריים וטנקים אחרים בתנאי הארץ בקרבות השריון לרבות מלחמת ששת הימים. הטנק עבר שלבים רבים של ניסויים להוכחת הפתרונות ההנדסיים שפותחו בנושאים העקרוניים, ולקראת סוף פיתוחו נערכו בו מבחני תפעול בתנאים השווים לתנאי-קרב. בכל המבחנים והניסויים שנערכו עמד הטנק ב"הצלחה רבה ונמצא כשיר ויעיל למלא את כל המטרות שיועדו לו ולהשיג את כל הביצועים שתוכננו מראש.

כהוכחה ניצחת לטיב הטנק ונוחות תפעולו נצטט את דבריו של חייל בחיל השריון, שענה לצוות מתכננים של חיל החימוש, על השאלה: כיצד אתה כחייל מתרשם מהטנק? "אני נוהג בטנק ביד אחת". ענה החייל מניה וביה, מדוע?? שאלו המתכננים, בנימת חרדה, ואז הוסיף בחיוך, "ביד אחת נוהגים וביד השנייה מלקקים את האצבעות".

בנוסף ל"יתרון" זה טמונים ב"סנטוריון" המשופר יתרונות רבים. על-ידי הכנסת הטנק למערך צה"ל הושגה האחדת סוג המנוע, תיבת-ההילוכים, מערכת סינון האויר ומירב מערכות השליטה עם המערכות המקובלות בטנק "פטון". עובדה זו תקל, ללא ספק, על רכוז הידע המקצועי ותאפשר התעמקות יתר בתפעול ובאחזקה. דבר זה ניכר במיוחד בפישוט המערך הלוגיסטי, בכל הקשור להספקת-דלק, שמנים, תחמושת, חלקי-חילוף נצרכים ומכללים עיקריים. הטנק מסוגל לנוע במהירות



רכב השלל



סיפור קליטתם של הטנקים זכלי-הרכב

לאחרונה פורסם בעתונות על קליטת טנקי-שלל רוסיים בחיל השריון. אולם, מבחינת חיל החימוש מתחיל סיפור הקליטה במלחמת ששת הימים. תוך כדי המלחמה כבר הופעלו הטנקים הרוסיים על-ידי חוליות טכניות של חיל החימוש והם שולבו בקרבות. יתר-על-כן, ביום השלישי אחרי המלחמה נגררו הטנקים הישראליים שנפגעו, על-ידי טנקי-חילוץ רוסיים. אולם חיל החימוש לא הסתפק ב„מתנה“ כפי שניתנה. תוך זמן קצר של עבודה מאומצת, כדברי אל"מ א', יצא מה־סדנא טנק חדש המתאים לתנאים המיוחדים של צה"ל. זאת בניגוד לצבאות ערב שלא נקטו כל פעולה להסבת הטנקים הרוסיים לצרכיהם, והשאירו אותם כפי שנתקבלו.

פעולת הקליטה וההסבה של נשק-שלל יכולה לשמש מקור גאווה לחיל החימוש, שכן הוא הצבא היחיד בעולם שהצליח בתקופה כה קצרה להסב ולקלוט טנקים שתיכונם ומבנם היו חדשים לו; עד אז התבסס צה"ל על נשק מערבי שתיכונו שונה לחלוטין. ידוע כי ב-1943 התקשו הגרמנים לקלוט 5,000 טנקים רוסיים שנפלו שלל וגם הרוסים, בתחילת 1944, לא הצליחו לארגן דביזיה של טנקי-שלל גרמניים.

שלבי הקליטה

ט ימור קליטת הטנקים ארוך, ומתמשך על-פני שלבים אחדים. בכל שלב נכללו עבודה מאומצת, תושיה טכנית ורצון עז להתגבר על אתגרים חדשים ובלתי מוכרים. השלב הראשון מתחיל כאמור עוד במלחמה. השלב השני היה כבר אחרי המלחמה. בשלב זה אספו את השלל ורכזהו בקרבת מקום שיקומו. כאן נעשו בטנקים תיקור נים ראשוניים, כדי לאפשר להם לנוע למקום הריכוז. לצורך משימה זו נאלץ בח"ק א' לטוס כארבעים שעות במרחבי-סיני וברמה הסר-רית. החולות הנוודים כיסו טנקים רבים וקשה היה לאתרם. היה גם צורך להכשיר דרכים ושבילים להוצאת הטנקים שאותרו.

במקביל לפעולה זו הוקם במפקדת קצין חימוש ראשי צוות טכני מיוחד בראשותו של בח"ק א'. הצוות החל בבדיקה טכנית יסודית של כל טנק וטנק, ולבסוף המליץ אם, "לצרפו" למערך צה"ל או לא. שלב זה כלל גם הקמת צוות טכני שהצליח בעבודה מאומצת ללא ליאות כאשר סדנת חיל החימוש בגייסות השריון, על קציניה, חייליה ואזרחיה נרתמים בעוז להצלחת המשימה — לבנות את הדגם הראשון של טנק השלל המתאים לייעודי צה"ל. בדגם זה בוצעו ניסויים רבים כדי לקבוע את השינויים המינימליים הדרושים להפעלת טנק.

ההסבה

כ בר בשלב הראשון, נוכחו מתכנני החיל לדעת כי הטנקים הרוסיים אינם מתאימים לתנאי הלחימה ולזירת הלחימה של צה"ל. לא רק מהבחינה הטכנית נתגלתה כאן תפיסה חדשה, אלא גם מהב-חינה הלוגיסטית. דוגמה בולטת לכך היא אמצעי החימום בהם צוידו הטנקים הרוסיים. אמצעי-חימום אלה, המתאימים אולי לתנאי האקלים של ערב-סביב, "תפסו" מקום רב, ובמרחבי סיני לא היה בהם כל צורך.

נוסף לבעיות טכניות רבות, שנבצעו מהצורך להסיר מכללים שונים, או להוסיף מכללים מדגם צה"ל, נתקל חיל החימוש כאן בבעיות של חלקי חילוף וזיווד. כאן המקום להטעים כי כל שינוי טכני, גורר בעקבותיו בעיות סבוכות, ועל המתכנן לספק תשובה נאותה על-כך. בעיית חלקי-חילוף נפתרה בחלקה על-ידי הוצאת מכללים מטנקים פגועים כללי, שלא צלחו לאף מטרה, היו גם חלקים שיוצרו בארץ על-ידי מפעלים אזרחיים וצבאיים בהנחיית חיל החימוש.

בשלב ההסבה הראשון הוחלט על שלושה שיפורים ראשיים:

□ החלפת מערכת הנשק המשנית בנשק-קל תקני.

□ החלפת כל המתקן הפנימי לציוד של צה"ל.

□ שינויים חיצוניים שכללו, לדוגמה: הסרת המשאבה למילוי

דלק ושמן, הגדלת כמויות התחמושת והגדלת כמות המים (לשתיה ולמנוע).

חרף הבעיות הטכניות שנתעוררו הצליח בח"ק א' וצוותו בשיתוף אל"מ א' וגורמים נוספים בצה"ל להוציא טנק, "חדש".

עם גידול היקף העבודה הוחלט על הקמת גוף מיוחד שיעסוק בארגון נשק-שלל. הגוף בראשות בח"ק א' הכין סקרים ונוסחות לקביעת צרכי-חלקי-חילוף לאחזקת הטנקים, והכין מפרטים טכניים לכל המכללים. משימת הקליטה וההסבה נעשתה בבית המלאכה של חיל החימוש לשיקום ואחזקת טנקים. גם בבית המלאכה ראו בעבודה זו משימה ואתגר ואכן ההוכחה הניצחת לקצב העבודה היתה העובדה כי במצעד יום העצמאות לשנת 1968, "צעדו" טנקי השלל עם עמיתיהם.

בד-בבד נתן חיל החימוש דעתו גם על הכשרת כוח-אדם מקצועי לתפעול הטנקים ואחזקתם. הקורס הראשון נערך בנובמבר 1967, בסדנת גייסות השריון לא היה מקיף. תלמידי הקורס למדו תוך עבודה מעשית, בשל המחסור בספרי הדרכה ועזרי-לימוד. סגן ר', מבוגרי הקורס הראשון מספר: "ספרי הדרכה לא היו בנמצא וגם ידיעותיהם של המדריכים היו דלים מבחינה תיאורטית, לא היתה ברירה, טפסנו על הטנקים ולמדנו תוך כדי עבודה מעשית את מכלליהם ומבנם. עם תום הקורס יצאו הטנקים למסע ארוך בליווי הצוות הטכני שהשכיל להתגבר על כל התקלות בדרך". בוגרי הקורס הראשון הפכו למדריכים ועם הניסיון שנצטבר עלתה רמתם המקצועית והשתפרה.

בשורה אחת

ט נקי השלל לא אוחסנו במחסנים. חיל החימוש הצליח להעמיד לרשות גייסות השריון טנק מבצעי שהשתתף בפעולות-קרב רבות. סגן ר' שיצא, כאיש החוליה הטכנית, עם הכוחות המבצעים לפשיטה בספט' 1969 מספר: "הכנו את הטנקים לצליחה ויצאנו עם מינימום חלקי-חילוף (בח"ק א' מוסיף בגאווה, "הייתי בטוח שהטנקים אמיינים ואין צורך בחלקי-חילוף רבים") כי דאגנו למלא כל חלל בתחמושת. הטנקים הוכיחו עצמם בפשיטה על הצד היותר טוב ועוררו התפעלות בקרב הכוחות המבצעים".

הטיפול בטנקים נמשך. במשך הזמן נלמדו כל בעיות האחזקה והטיפול בטנקים. מכל אימון, מכל פשיטה ומכל פעולה הוסקו לקחים ונלמדו הבעיות.

בכל השלבים השתתף הצוות הטכני של חיל החימוש שכלל אזרחים וחיילים רבים שפעלו ללא ליאות, תוך מסירות רבה ועיקשת. נוסף לבח"ק א', שריכוז את הנושא, השתתפו במשימה סא"ל נ', רס"ן ט', בח"ק אבנר, סגן צ' ועוד רבים. ראוי גם לציין כאן את תרומתם של מפעלי התעשייה בארץ, שתרמו רבות לפיתוח הטנק. בין המפעלים הרבים נציין את "שמשון", "וולקן הנדסה", "וולקן יציקה", התעשייה הצבאית ועוד רבים.

עבור בח"ק א' לא היתה משימת הקליטה בגדר עבודה טכנית שגרתית המחוייבת מכורח ידיעותיו. הוא זכה בהרגשת הסיפוק העלאי של קצין שהצליח להסב טנקים רוסיים שישמשו להגנת מדינת ישראל.

קליטת כלי הרכב והסבתם

סוגים יש לקלוט? התשובה לשאלה הראשונה היתה חיובית, אולם ההחלטה לגבי השאלה השנייה היתה הרבה יותר מסובכת. היא חייבה מאנשי מקצוע בחיל החימוש בדיקות טכניות רבות כדי לאתר את מידת ההתאמה לצה"ל של כל אחד מסוגי הרכב וגם לקבוע את אפשרויות ההכשרה והאחזקה של הרכב. חיל החימוש נאלץ להכין סקרים רבים שבהם פורטו תכונותיו של כל סוג רכב, הכמויות מכל סוג, מידת האחידות בין כלי-רכב מאותו סוג, מצבם הטכני של כלי-הרכב וההשקעות (בכוח-אדם ובכסף), הנדרשות כדי להביא את כלי-הרכב לרמת הביצועים והמיומנות הנדרשים בצה"ל. ממצאי הבדיקות הובילו לקבלת החלטות בדרג המטה הכללי שהחליט על הרכב וכמויותיו שיקלטו במערך צה"ל.

הכשרת הרכב

ההליך הכשרת רכב השלל היה מבצע ארגוני וטכני רב-היקף שנמשך חודשים רבים. מצב הרכב, כפי שנתגלה לצוותים הטכניים, היה ירוד ביותר — גם בגלל רמת האחזקה הירודה של האויב וגם בגלל התלאות שעברו על הרכב בעת הקרבות והפינוי. מלכתחילה היה ברור כי כדי למנוע הידרדרות נוספת במצב הרכב, יש לאחסנו במהירות האפשרית. סדנות חיל החימוש, עסקו באותה עת במלוא המרץ בשיפוץ ובתיקון הרכב הצה"לי שהשתתף בקרב, והיה איפוא צורך להתקשר עם מוסכים אזרחיים. הקושי

נוסף לפעילות הקליטה של טנקים רוסיים, נערך חיל החימוש לקליטת כלי-רכב רוסיים. כבר בימי הלחימה הראשונים השתלטו יחידות מבצעיות שונות על רכב האויב, שנותר בשטח והפכוהו ל"ציוד תקיני". בתום המלחמה נתברר כי צה"ל, "רכש" אלפי כלי-רכב מסוגים שונים. חיל החימוש נערך מיד לפעולה טכנית מקיפה שנעשתה בשלושה שלבים עיקריים:

- מיון הרכב ובדיקתו, ומתן החלטה על הסוגים שיקלטו בצה"ל.
- הכשרת הרכב לקראת הכנסתו למערך צה"ל.
- התארגנות לקראת אחזקת רכב השלל בצה"ל.

מיון הרכב

אחר ריכוז רכב השלל נסתבר כי לצה"ל נוספו אלפי כלי-רכב מסוגים שונים. שתי שאלות עמדו בפני צה"ל: האם יש לקלוט את רכב השלל ולצרפו למערך הרכב של צה"ל? ואם כן, איזה

נגמ"ש B.T.R.-152



גרת זו נעשו הסבות ושינויים כדי לאפשר את התקנת כלי-הנשק, מכשירי הקשר עם שאר המכשירים התקניים בצה"ל.

גם כאן נתעוררו בעיות של חלקי-חילוף שנפתרו במרוצת הזמן. חלק מהבעיות נפתר על-ידי שימוש במכללים שלמים של כלים פגועים. אולם את הפריטים המיועדים לצריכה שוטפת אי-אפשר היה להפיק בדרך זו. כדי לפתור בעייה זו נאלצו אנשי המקצוע הטכניים לעמול קשות. הפתרון נמצא בייצור מקומי של חלפים (תכנון, ייצור דגמים ובדיקות), מציאת תחליפים לתת-מכללים. הסבת מערכות או חלקים זמינים על-ידי ביצוע שינויים בצורה, במידות.

באותו פרק-זמן בוצע גם שיקום של מכללים ראשיים ותת-מכללים לסוגי הרכב העיקריים שאפשרו את „העמדת הרכב על רגליו“. מההתיאור התמציתי היבש, שהובא לעיל, על הכשרת רכב השלל, קשה ללמוד על היקף המבצע האדיר. אך אלפי האנשים שפעלו במבצע מכירים אותו. נציין רק שבסך הכל נקלטו אלפי כלי-רכב מ-20 סוגים לערך. חמישה סוגים היו של רכב-קרב משוריין. שמות הדגמים הם: משאיות „זיל“, „גאז“, „נגמ"ש B.T.R.-152 ורכב עם נשק רקיטי.

ההתארגנות לקליטת הרכב

במקביל לתהליך הכשרת רכב השלל במוסכים ובמרכזי השיקום, החלה בצה"ל התארגנות עניפה לאחזקת הרכב. למעשה, היווה האספקט התחזוקתי את אחד השיקולים המרכזיים כבר בשלבי הבדיקה הראשוניים. גם בשלב זה ניצב החיל בפני בעיית הצורך בחלפים ובידע טכני.

הפתרון לבעיה הראשונה כבר צויין לעיל, אולם העבודה הטכנית נמשכת עד היום. העבודה הטכנית כוללת בדיקות, סקרים, מפר"טים רבים לייצור, הסבה, הכשרה ושיקום מכללים וכד'.

הידע הטכני שנאגר הופץ בקרב אנשי המקצוע באמצעות חוברות והוראות טכניות שפורסמו על-ידי החיל. אין אפשרות להקיף במסגרת מאמר זה את כל נושא ההתארגנות. הוכחה להצלחת המבצע ניתן לראות בעובדה שהרכב מצוי בידי צה"ל והוא מתפעל אותה.

כתב: אברהם דושניצקי

הגדול בכל המבצע היה החוסר בחלקי-חילוף והחוסר בידע טכני על כלי-הרכב. לאחר איסוף כלי-הרכב וריכוזו נתברר, למרבה ההפתעה, כי לא נמצאו כלל חלקי-חילוף.

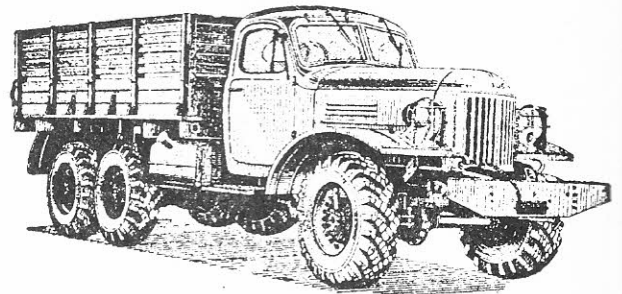
אנשי החיל נרתמו במרץ ללימוד הכלים ובדיקה מעשית של מכללי-לים ומערכות. הושקעה עבודה רבה בהבנת התכנון, המבנה ואורח הפעולה של כל כלי. ראוי לציין כי על-אף הדעה הרווחת במערב בדבר נחיתות הציוד בגוש המזרחי, נתגלו כלי-רכב בעלי תכנון חדיש ומתוחכם.

מבצע שיפוץ הרכב החל במלוא התנופה במספר רב של מוסכים אזרחיים, שטיפלו בכמה סוגי רכב. לכל סוג רכב קבע חיל החימוש, לאחר הלימוד כמובן, את המפרט הטכני המדוייק. מוסכים רבים התקשו לעמוד, מבחינה מקצועית, ברמה הטכנית שדרש מהם חיל החימוש. בוחני החיל נשתכנו בקביעות במוסכים ועזרו בפתרון הבעיות הטכניות שנתעוררו שם מדי זמן.

הסבת הרכב

במקביל לפעילות עניפות אלו, הוחל גם בשיפוץ של רכב-קרב משוריין, זאת במרכזי השיקום והאחזקה של צה"ל. נוסף לתיקון האוטומוטיבי של הרכב נדרשה כאן עבודה מרובה בביצוע המתקון הייעודי, כדי להתאים את רכב-הקרב לדרישות המבצעיות. במס-

משאית רוסיית „זיל“



לוקטיט® LOCTITE

- ✱ למניעת נזילות בצנרת
- ✱ לחיבורי צנרת בכל זווית
- ✱ לאיטום מוחלט
- ✱ לאיטום שטחים
- ✱ לאיטום לחץ גבוה
- ✱ לאיטום מערכות הידראוליות
- ✱ לאיטום צנרת
- ✱ לאיטום צנרת פניאומטית
- ✱ לאיטום מערכות ואקום

לקבלת אינפורמציה נוספת — פנה ליבואנים ומפיצים לישראל

רוטל תעשיות ומסחר בע"מ

תל-אביב, רחוב מרמורק 21 ✱ טלפון 233735, 220375 ✱ ת.ד. 33106

גנרטורים ומנועי דיזל "דויטץ"

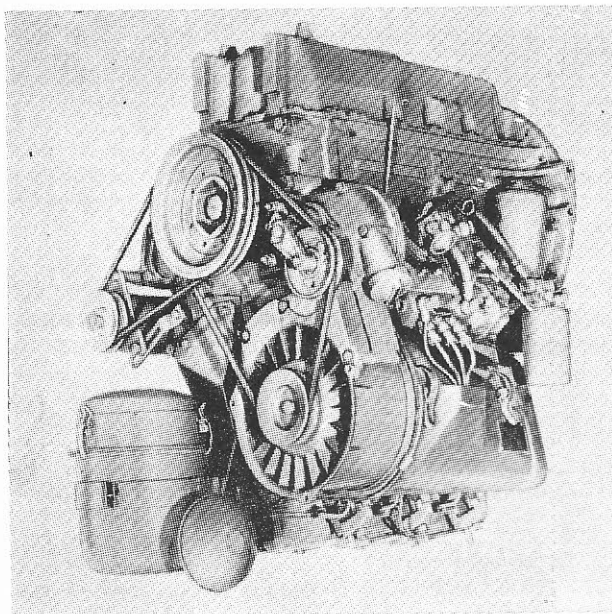


מנועים צינון אויר מ-8 — 500 כ"ס

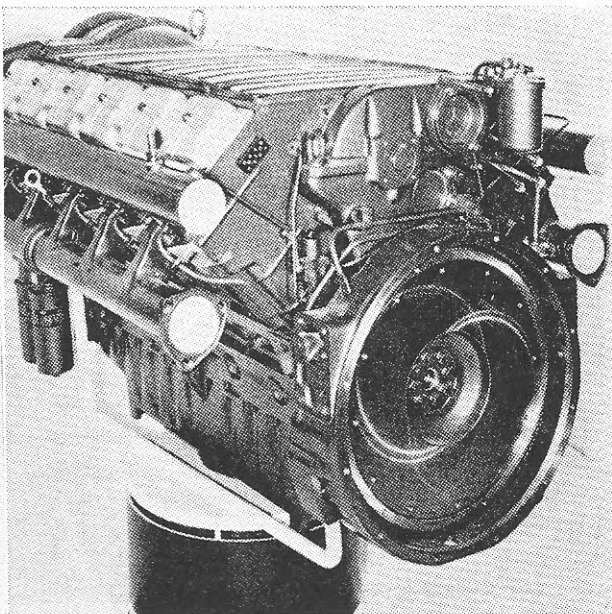
מנועים צינון מים מ-60 — 5400 כ"ס

גנרטורים צינון אויר מ-5 KVA — 185 KVA

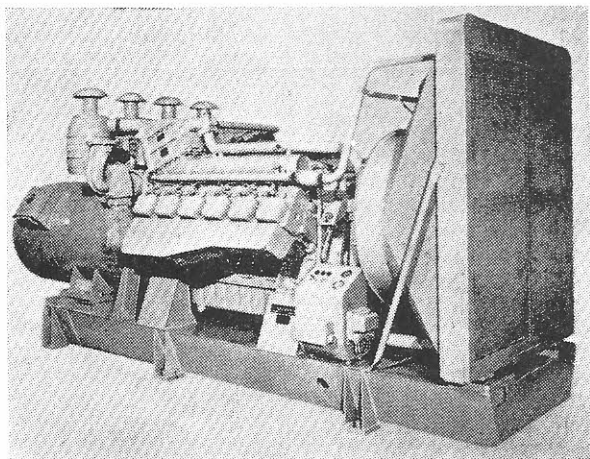
גנרטורים צינון מים מ-200 KVA — 1300 KVA



דיזל 3 צילינדרים דגם F3L912
צינון אויר



דיזל 12 צילינדרים דגם F12L413
צינון אויר



גנרטור 425 KVA

חברה להנדסה ולתעשייה בע"מ
תל-אביב שד' רוטשילד 7 טלפון 51511 ת.ד. 1191

את מי יש להכשיר ולאיזו מטרה

בבואנו לדון בנושא הכשרת כוח-אדם לחיל החימוש, עלינו לקבוע ראשית את מי יש להכשיר ולאיזו מטרה. יש להטעם עים כי כל כלי מורכב ממערכות רבות ושונות. אם ניטול לדוגמה טנק נוכח לדעת כי הוא כולל מגוון רב-עוצמה החייב לפעול בתנאים קשים ומערכת ממסרת המעבירה את התנועה מהמנוע לזחלים, וכוללת לעתים גם תיבת-הילוכים אוטו-מטית. יש בטנק מערכת-נשק הכוללת תותח, מגננוני צידוד והגבהה, ומכשירי כינון. נראה, איפוא, כי הטנק כולל מערכות אוטומוטיביות, מכניות חשמליות, אלקטרוניות, הידר-אוליות ועוד. מיד צצה השאלה: "כמה בעלי מקצוע צריכים לטפל בטנק? האם די לנו באדם אחד, מעין "טכנאי טנק", המכיר את כל מערכתו?" סביר שאיש כזה חייב להיות בעל מיגוון ידיעות עצום. שאלה נוספת היא: "איזה איש צריך לבחור לתפקיד זה וכמה זמן דרוש כדי להכשירו?" ברור שזה בלתי-אפשרי ואי אפשר כלל לחשוב כאן על "כלבוי-ניק", אולם השאלה בעינה עומדת: "כמה אנשים יאחזקו את הטנק? שניים? שלושה? ארבעה? או יותר?" הקביעה הסופית תהיה מושפעת מגורמים אחדים:

- מספר המערכות שבציוד וסוגיהם ● זהות המערכות
- שיטת האחזקה ● כמות כוח-האדם ואיכותו שניתן להפנות לאחזקת הציוד ● הזמן העומד לרשות הצבא להכשרת כוח-האדם וכד'.

האופטימום במקרים המקובלים — טנק למשל — הוא שאנו זקוקים למכונאי שיטפל במערכות האוטומוטיביות, חשמלאי שיטפל במערכות החשמליות/אלקטרוניות, חמש שיטפל במערכת הנשק, ומכשירן שיטפל במכשירים האופטיים. כדי להכשיר כל אחד מבעלי המקצוע הנ"ל, הכרחי שיהיו להם הכשרות קודמות מתאימות. פירוש הדבר הוא כי למקצוע של מכונאי-טנק, ראוי ביותר להסב בוגר ב"ס מקצועי במגמות מכונאות-רכב ואגרומכניקה. לקיחת כוח-אדם מקצועי המתאים להסבה תאפשר הכשרה מקצועית מהירה ויעילה. כל שינוי בבחירת כוח האדם תגרום להארכת משך ההכשרה והגדלת כמות האמצעים הדרושים לה; במקרים רבים עלולה טעות בבחירה גם לגרום לבעיות מורליות בשל העדר צפוי של מוטיבציה.

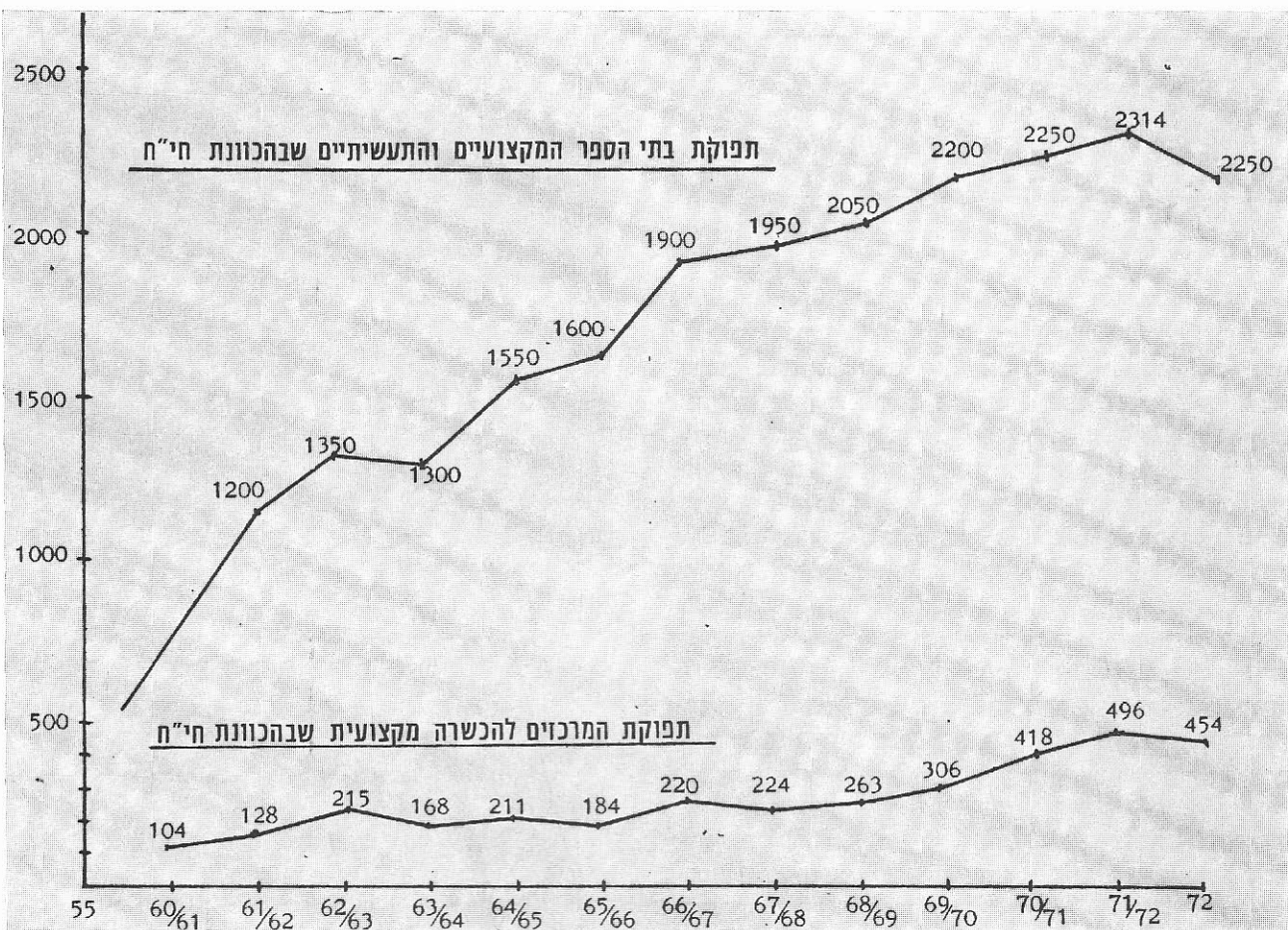
עומת זאת יש הגורסים כי "ניתן להוריד אדם מעצי הג'ונגל ולהכשירו כחשמלאי טנק — זו רק שאלה של זמן ואמצעים". אינני מוכן להמר על-כך שאי-אפשר לבצע זאת, אך מטרתנו איננה לעסוק ב"פסיכואנליזה של סוציולוגיה אנטרופולוגית", אלא להכשיר בעלי-מקצוע טובים בכמות גדולה, בזמן קצר ובמועדים נתונים — וכל זאת באמצעים סבירים. מכאן נקל להבין עד כמה חשובה ההכשרה הקודמת להכשרה המקצועית.



בין הגורמים החשובים, הקובעים את עוצמתו של צבא, ניתן בודאי למנות את הכמות והאיכות של ציוד הלחימה שברשותו. במיור חד חשוב שיוכחו עצמם בשעת מבחן. האימרה החדשה, "גם הטנק הטוב והחדש ביותר אינו שווה יותר מהפלדה ממנה נוצר, אם אינו מסוגל לירות ולנוע", ממחישה היטב את החשיבות הרבה של המערכת שמבטיחה את כוננותו הטכנית של הציוד. צה"ל נחשב לצבא מודרני, שברשותו מצוי ציוד לחימה חדיש ומתוחכם, אשר לתקינותו ואחזקתו דואגת מערכת עצומה ויעילה המורכבת מידע, אמצעים וכושר ביצוע. הגורם החשוב ביותר בהפעלת מערכת זו הוא כוח-האדם הטכני הכולל: מהנדסים, טכנאים ובעלי מקצועות טכניים רבים שיש צורך להכשירם לתפקידם.

תפוקת בתי הספר המקצועיים והתעשייתיים שבהכוננת חי"ח

תפוקת המרכזים להכשרה מקצועית שבהכוננת חי"ח



גדול נוהג לפעמים בדרך זו, אולם הוא איננו יכול לבסס את הפוטנציאל המקצועי שלו על דרך הכשרה כזו, והוא זקוק לבעלי-מקצוע מוכנים אותם יקלוט מבחוץ. אם המפעל גדול מאוד ואין באפשרותו להשיג די בעלי מקצוע מוכנים, הוא דואג להכשיר אנשים במסגרת בית-ספר תעשייתי שיקים במיוחד למטרה זו.

מסגרת ארגונית כמו צה"ל, החייבת להבטיח כוח-אדם טכני מעולה ברמה מוגדרת, במועדים הנקבעים מראש — לעיתים תוך זמן קצר, חייבת לבסס את ההכשרה המקצועית על שיטה ממוסדת. ההכשרה צריכה להיות מופקדת בידי גופים המתמחים בנושא ואשר יעודם המוגדר הוא — **הכשרה**.

עד כאן הזכרנו רק את הטיפול בצידוד צבאי, אולם אין להתעלם מכך שבצה"ל מצוי גם צידוד אזרחי מובהק כרכב, מכשירים אופטיים וכדו'. צידוד זה מאוחזק בשוק האזרחי על-ידי בעלי-מקצוע שרכשו את השכלתם במסגרת חוק החניכות, המרכיזים להכשרה מקצועית ובתי הספר המקצועיים. פוטנציאל זה השכיל צה"ל לנצל לצרכיו וחסך בכך הכשרה מקצועית. חיל החימוש הקים מערכת מיוחדת הדואגת לקיים קשר עם גופים אזרחיים העוסקים בהכשרת כוח-אדם טכני, לכוון הכשרה זו לאפיקים הרצויים ולהתעכך באורח שוטף על היקפה, סוגיה ומגמותיה.

כיצד יש להכשיר כוח-אדם טכני?

קשה לתאר מצב שבו כל סדנה או גדוד יכשירו לעצמם את בעלי-המקצוע הדרושים להם. מצב כזה עלול לגרום שההכשרה המקצועית לא תהיה אחידה ומוגדרת, רמתה לא מושלמת, המפקדות הממונות לא תדענה על הרמה המקצועית של כוח-האדם שלהן, החיילים עצמם לא יתקדמו בקצב הדרוש בסיווג המקצועי ולכן ייפגעו גם תנאי השרות שלהם. כל זה יביא לבסוף לידי מצב בו היחידות עצמן תאלצנה לעסוק בנושא ההכשרה על-חשבון הנושאים שלמענם הוקמו. אולם אין לשלול שיטה זאת בכל המקרים. על-אף התיאור הנ"ל יש מקום לכך שיחידות מקצועיות כמו סדנות למשל, תקלוטנה כמויות מסוימות של כוח-אדם — שלא הוכשר

קיימות שתי שיטות עיקריות להכשרת בעלי-מקצוע טכניים: השיטה הראשונה והותיקה היא הכשרה תוך כדי עבודה; השיטה השנייה היא הכשרה במסגרת לימודית מיוחדת.

בעל בית-מלאכה קטן, לדוגמה, יכול להכשיר, תוך כדי עבודה, שוליה אשר במרוצת הזמן ייהפך לבעל-מקצוע, גם מפעל

ביעודם ובהיקפם, דעות ודרישות שונות לגבי בעל המקצוע. דבר המקשה על מנתח העסוקים, שתפקידו לקבוע תאור מקצוע אחד לכל בעל-מקצוע נתון. חשוב מאוד כי נהיה מציאותיים בקביעת תאור המקצוע; הפרזה בדרישות תגרום בהכרח להארכה מיותרת של משך ההכשרה. בעוד ש"צניעות-יתר" תאפשר אמנם את קיצור משך ההכשרה, אך תגרום להחטאת המטרה — הבוגר לא ידע את מלאכתו.

● ברירת משימות להדרכה: שלב זה בא לאור תיאור המקצוע ובהתחשב בדיעותיהם ובכישוריהם הקודמים של העומדים להכשרה. בין נושאי האימון יש לכלול רק את אותם הנושאים התורמים ישירות לענין כמובן רק את אלה אשר החניכים לא ידעו קודם.

● ניתוח ותכנון ההדרכה: קביעת שיטה להדרכה והכנת תכנית האימונים עצמה לאור נתוני המועמדים מצד אחד, והאמצעים שאפשר להעמיד לרשות מערכת ההדרכה מצד שני. מטרת האימון חייבות להיות מנוסחות ומוגדרות היטב ובמונחים הניתנים לביצוע ולמדידה. את הזמן הדרוש להכשרה חשוב לחלק נכונה בין החלק העיוני לבין החלק המעשי. יש לחפש אחר דרכים שיבטיחו את קליטת החומר העיוני בזמן קצר ויאפשרו תרגול מעשי מקסימלי לכל חניך.

● הכנת חומר ואמצעי הדרכה: שלב זה הינו שלב טכני גרידא, אשר מדיניותו הכללית נקבעת כבר בשלב הקודם. חשיבותו להצלחת המשימה רבה מאוד והזמן והמאמצים המושקעים בו אינם מבוטלים. הוא כולל: הכנת המדריכים, עזרי אימון וחומר הדרכתי כתוב עבור המדריכים והחניכים.

● הכנת חומר ואמצעי בחינה: שלב זה מבוצע בדרך-כלל במקביל לשלב הקודם. יש לקבוע מראש את אמות-

מראש — וזאת לעבודות-עזר מקצועיות שאינן דורשות התמחות מיוחדת. ואמנם, פעולה זו נעשתה בסדנות אחדות של חיל החימוש במסגרת הקליטה של "נוער שוליים". למפ- על זה שתי מטרות עיקריות:

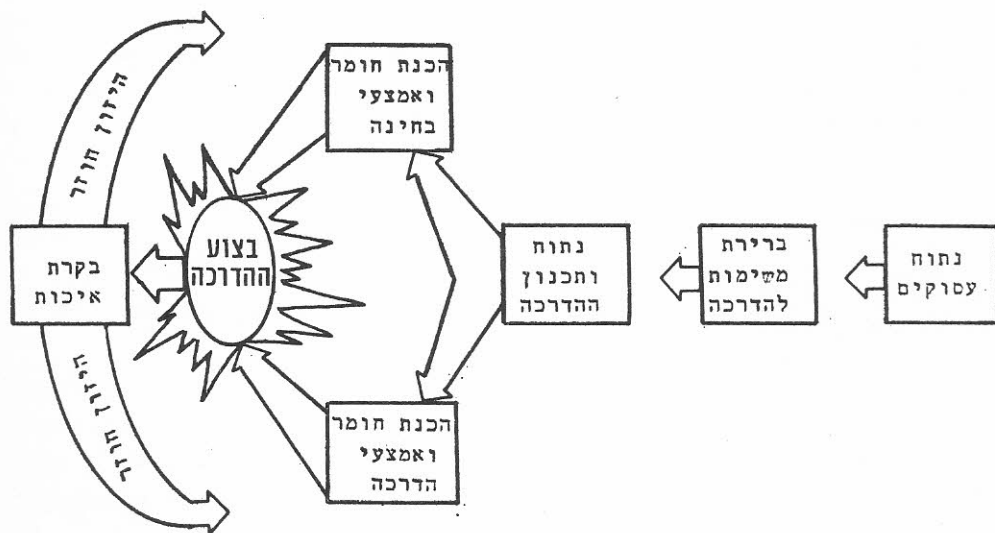
- תוספת כוח-אדם ליחידה לביצוע עבודות-עזר מקצועיות.
- קליטת נוער אשר לא מצא את מקומו בשום מסגרת מסודרת והכשרתו לחיי עבודה מסודרים.

תכנון הקורס

כאשר ציינו לעיל את הדרכים להכשרת כוח-אדם טכני לחיל החימוש, היתה כוונתנו לקבוצות חיילים או שוחרים, ולא לחיילים בודדים. הכשרה מעין זו ניתן לבצע על-ידי מערכת או גוף המופקד על מתן הכשרה בסיסית לאנשים ודואג לקידום המקצועי, גוף מקצועי החוקר ומתמחה במיוחד בנושא ההכשרה.

ההכשרה עצמה תבצע במסגרת לימודית הקרויה "קורס". תהליך עיצוב הקורס נוכח המטרה (טוב, מהר וזול) חייב לכלול את השלבים הבאים:

● ניתוח העיסוקים והגדרת המקצוע: שלב זה כולל את חקירת המקצוע וקביעת המטרות שעל בעל-המקצוע להיות מסוגל לבצע ובאיזו רמה של עצמאות. כן כולל שלב זה את קביעת הידע העיוני הדרוש לו לשם כך. תכנון שלב זה, אינו פשוט כלל והוא דורש התמחות מיוחדת. מחקר-רים בתחום זה הוכיחו כי למנהלים שונים של מפעלים הזוהים



סכמה של תהליך עיצוב הקורס הכולל את השלבים הבאים: ניתוח העיסוקים והגדרת המקצוע; ברירת משימות להדרכה; ניתוח ותכנון ההדרכה; הכנת חומר ואמצעי הדרכה; הכנת חומר ואמצעי בחינה; ביצוע ההדרכה; בקרת איכות; והיזון חוזר.

המידה לבחינה והאמצעים הדרושים לכך. אם לא — לא נדע לוודא כי אכן השיגה ההדרכה את מטרותיה.

● **ביצוע ההדרכה:** אם השלבים הקודמים בוצעו כהלכה, אזי לפחות 50% מהצלחת שלב זה מובטחים מראש. אך כמובן שיש צורך לוודא את השגת 50% הנוותרים ולשם כך יש להקפיד על יישוב נכון של עקרונות ההדרכה ולדאוג לסדרי ארגון ומנהלה נאותים. חשוב מאוד לעקוב ולפקח על הביצוע מקרוב וגם זאת יש לתכנן היטב מראש.

● **בקרת איכות:** שלב זה יכול מבחני-רמה תקופתיים, המבחן הסופי בתום ההכשרה, ואם ניתן גם לאחריה. רצוי מאוד שהמבחנים יבוצעו על-ידי גוף נפרד בבית-הספר ולא על-ידי המדריכים שהדריכו.

● **היזון חוזר:** מתוך מבחני הגמר ולאחריהם (תוך כדי ביצוע התפקיד לאחר סיום ההכשרה), יש לשאוף לקבלת מידע שבעקבותיו ניתן לבחון מחדש כל אחד מהשלבים הקודמים.

מתוך דאגה מתמדת להיות צמודים למטרה הכללית, יש הכרח לבדוק ולבחון, באורח שוטף, כל אחד מהשלבים. יש להטעים כי מה שהיה טוב בעבר לא בהכרח מתאים להווה ומה שמתאים להווה לא יתאים לעתיד ועל אלה המופקדים על נושאי ההדרכה, מוטלת החובה להתעדכן באורח מתמיד אודות שינויים בכלים, בשיטות ההדרכה, באמצעי-העזר וכדו'.

נראה לי שבתחום זה צועדת מערכת ההדרכה בחיל החימוש עם הזמן. תכניות האימונים מבוקרות ומעודכנות באורח שוטף. שיטות ההדרכה נבחנות מדי פעם כשלא נרתעים גם "ממה פיכות". חיל החימוש נוקט בשימוש נרחב בעזרי-אימון המקיילים על הלומד את הפעולה הטכנית של כל כלי. יש להטעים כי עזרי-אימון רבים מתוכננים ומיוצרים בחיל עצמו.

הנקורות לכוח-אדם לחיל החינוש

הנקורות מהם שואב חיל החינוש את כוח האדם המקצועי שלו רבים ומגוונים. חלק מכוח-האדם מופנה ישירות לעסוק במקצועו וחלק אחר עובר הכשרה נוספת עמה נמנים הסוגים הבאים:

● בוגרי בתי-ספר מקצועיים (בפיקוח משרד החינוך) — חלקם הגדול עובר הכשרה מקצועית נוספת בבית-הספר לחי"מ, מוש, שם הם מתמחים בתחום מקצועי מובהק.

● בוגרי המרכזים להכשרה מקצועית (בפיקוח משרד העבודה) — חלקם הגדול מופנה ישירות למקצוע, וחלק אחר עובר הכשרה נוספת בבית-הספר לחימוש.

● בוגרי חוק החניכות (בפיקוח משרד העבודה) — חלקם הגדול מופנה ישירות למקצוע, וחלק אחר עובר הכשרה נוספת בבית-הספר לחימוש.

● חיילים ללא הכשרה מקצועית מושלמת: מקבלים הכשרה למקצועות מסויימים בבית-הספר לחימוש.

● נערים ללא הכשרה מקצועית או תיכונית מושלמת: מקבלים הכשרה במסגרת קדם-צבאית בפנימייה הטכנית של חיל החימוש. לאחרונה נפתח גם בי"ס תעשייתי בסדנת חיל-החי"מ בייסוס השריון.

● נוער שוליים: מקבל הכשרה מקצועית-חלקית תוך כדי עבודה בסדנות, ומשמש כוח-עזר.

על כל אלה יש להוסיף, כמובן, את בוגרי המוסדות להשכלה הנדסית גבוהה המשתבצים בעיקר במסלול הקצונה ואזרחים בעלי מקצועות טכניים שונים.

תרוכות בוגרי חיל-החינוש לתעשייה האזרחית

עד כה הודגשה התועלת הרבה אותה מפיק צה"ל וחיל החי"מ מוש מכוח-האדם הטכני שרכש את השכלתו בבתי-ספר או רחיים. אולם התועלת היא גם הפוכה — גם השוק האזרחי זוכה לקבל אנשי מקצועות טכניים בעלי נסיון וידע, וזאת אף אם התמחו בתחום טכני-צבאי גרידא. בעל מקצוע שהוכשר לאחזק טנק או כל ציוד צבאי אחר, והגיע להישגים טובים בתחום זה, יוכל להשתמש בידעו ובנסיונו לצורך השתלבותו במשק האזרחי באחזקת ציוד כמו: רכב, טרקטורים, ציוד בתי-מלאכה וכדו'.

יוצאי חיל-החימוש — חוגרים וקצינים — נקלטים היטב בדרג המנהלי של המשק התעשייתי. התמחותם המקצועית ונסיונם הארגוני העשיר מביטיח הקלטות מהירה וברכה למפעלים הקולטים אותם.

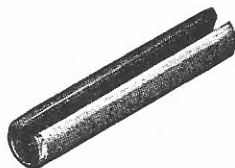
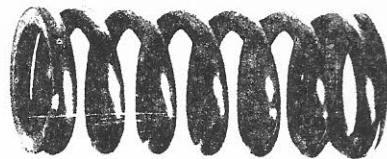
סיכום

ניסיתי במאמר זה להאיר רק חלק קטן ממכלול הנושאים שבתחום ההכשרה הטכנית. זהו תחום שכו-לם מכירים בחשיבותו הרבה. פתגם סיני עתיק אומר „אם אתה מתכנן לטווח של שנה — זרע אורז. אם אתה מתכנן לטווח של חמש שנים נטע עץ. אך אם אתה מתכנן לטווח של 20 שנה — חנך דור!“

היום, אחרי 25 שנה מאז קום המדינה וצה"ל, ניתן לציין בסיפוק שאכן השכיל חיל החינוש לחנך דור טכני.

מרכז הקפיץ

תעשיית קפיצים מכניים



במלאי לרשותכם: קפיצים, טבעות סגר, פינים קפיציים, סרטי פלדה וחוט פלדה במידות וסוגים שונים.

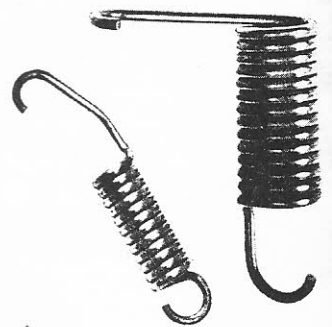
לתעשיה, לחקלאות, רכב, טקסטיל

ייצור קפיצים: מקוטר חוט מ-0,2 מ"מ עד 20 מ"מ מפלדה שטוחה במידות שונות

מחלקת שרות: לשרותכם עומדת מחלקה מיוחדת לייצור קפיצים בכמויות קטנות, בזמן אספקה קצר (2 עד 3 ימים).

לנוחיות לקוחותינו מתקבלות הזמנות טלפונית לייצור קפיצים רגילים, לחץ ומשיכה עם אפשרות משלוח לכל חלקי הארץ,

כתובת: תל-אביב, רח' העליה 47, טל. 827476



מפעלי מתכת ג. שפירא

חיתוך פחים למידה ועבודות מתכת

תל-אביב, רחוב התחיה 21 (באסה) טלפון 827065

ה"שרמן" סיפורה של הצלחה

חלק ב'



נאמת גבי שני

תובה במקום חרכי תצפית וכן מקלע-תובה המותקן על תפוח המאפשר את צידודו.

בשלבים הראשוניים הגיעו ארצה הדגמים M⁴ ו-M⁴A1 בעלי מנוע "קונטיננטל" בנוזן בעל 350 כ"ס, זחל צר ותותח 75 מ"מ M³. אחר-כך הגיעו ה-M⁴ ו-M⁴A1 בעלי מנוע "קונטיננטל" בנוזן, זחל צר ותותח הוביצר 105 מ"מ M⁴. מהירות הלוע של התותח היתה 470 מטר לשניה ומשקל הפגז 15 ק"ג. לטנקים אלו היו מגרעות רבות ביניהן: כוח-אש קטן, ניידות גרועה וטווח נסיעה קצר, מנוע בעל אורך-חיים נמוך וצללית גבוהה.

בקליטת טנקי ה"שרמן" הראשונים ב-צה"ל הושם דגש על לימוד מבנה הטנק. הטנקים נרכשו כעודפי ציוד שנותרו ב"שדות הקרב באירופה. חלקם חובל ולא צלח לכל מטרה ונמכרו על-יכן "על המש"קל". המשימה הראשונה בפניהם עמדו אנשי החימוש היתה החזרתם לכשירות. בחלק מהטנקים היה צורך להוסיף טבעת פלדה סביב קנה התותח כדי לסתום חורי שנקדחו בו — דבר הפוסל את התותח לשימוש קרבי. בשלבים הראשונים נקבעו אמות-מידה אחדות לבחירת הטנקים. אחת מהן היתה שהטנק יהיה בעל מנוע "קונטיננטל". דרישה נוספת, שהת-ייחסה לדגמים מאוחרים יותר, היתה שיש להעדיף טנקים בעלי בתי-פריסקופים ב-

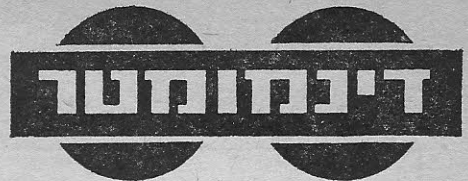
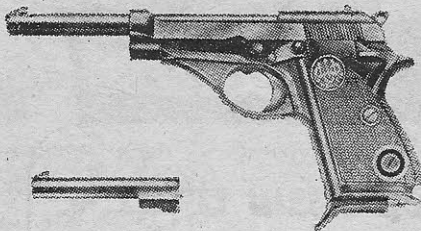
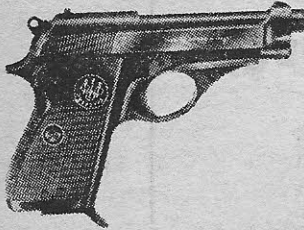
במאמר הראשון (חוברת 47), סקרנו את התפתחותו של ה"שרמן". במאמר זה, נסקור את שלבי קליטתו של הטנק במערך צה"ל, והפיתוחים וה-הסבות שטנק זה עבר בחיל החימוש. על-אף הזמן הרב ש-ה"שרמן" מצוי בשרות מבצע, עדיין לא נס ליחו וניתן, באמ-צעות הסבות שונות, להפכו ל-טנק-מערכה אמין וטוב. השנה חוגג ה"שרמן" 30 שנות הצ-לחה, ללא היסוס ניתן לק-בוע שגם ביום הולדתו ה-40, הוא ימשיך לנוע בשדות ה-קרב.

דרך פתח-תקוה 28,

טל. 36423



נשק תחמושת ואביזרים
חומר נפץ ומכשירי פיצוץ



ציוד למוכוני-רכב בע"נו

תל-אביב, רח' מרדכי 62 טל': 33574

< * >

- יצרני מכשירים לבדיקות רכב
- בודקי בלמים — BRAKE TESTERS
- לכל סוגי הרכב
- דינמומטרים לרכב ומנועים עד 450 כ"ס
- מכשירי כיוון גלגלים
- ציוד לבדיקת יציבות הרכב בנסיעה

הציוד מיוצר ומשווק
למוסדות רבים כגון:

אל-על, התעשייה האוירית
משרדי הרישוי, סולל-בונה ועוד.



MECHANICAL PACKINGS AND SEALS
FOR INDUSTRY

חבלי אטימה ואטמים מכניים
לכל מטרה

יעוץ והפצה:

טרנסטכניקה בע"מ, רח' השרון 8, ת.ד. 325
תל-אביב, טל. 38213, 38616, 34456

לוחות אטימה

(Compressed Asbestos Jointings)

"Klingerit"

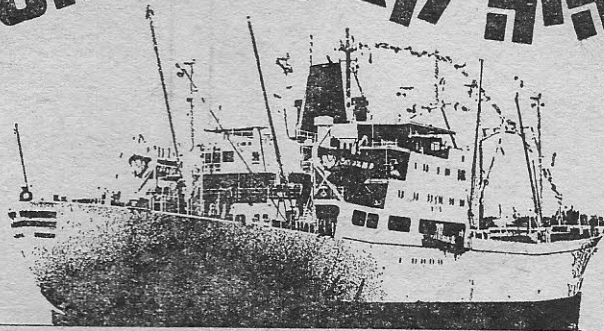
מכל הסוגים ולכל המטרות,
בלוחות או אטמים מוכנים,
מתוצרת חברת:

Rich. Klinger

יעוץ והפצה:

טרנסטכניקה בע"מ, רח' השרון 8, ת"א,
טל. 38213, 38616, 34456

חייל משתחרר! תכנו את עתידך כעת היה לצין בציי הסוחר!



הרשם בהקדם לאחד הקורסים הבאים:

* קורס שט לקציני סיפון (נפתח מדי חודש):

מתקבלים: בעלי השכלה תיכונית של 10 שנות לימוד לפחות במגמה ריאלית או 11 שנות לימוד בכל מגמה תיכונית אחרת.

* קורס שט לקציני מכונה (נפתח מדי חודש):

מתקבלים: בעלי השכלה של 3 שנים בבייס מקצועי (פרט לחניכות), או בעלי השכלה תיכונית של 11 שנות לימוד לפחות במגמה ריאלית.

* קורס קציני חשמל (נפתח באוקטובר 1973):

להכשרה מעשית יתקבלו מועמדים באופן שוטף עד לפתיחת הקורס. מתקבלים: בוגרי בתי"ס מקצועיים במגמת חשמל (פרט לחניכות), מסיימי 3 שנות לימוד בנושא חשמל.

* הכשרה לקציני קירור

מועמדים מתקבלים להכשרה כצוערים בודדים במשך כל השנה. מתקבלים: בוגרי בתי"ס מקצועיים במגמת חשמל (פרט לחניכות). מסיימי 3 שנות לימוד

כל המועמדים חייבים להיות מסיימי שירות צבאי ובעלי בריאות תקינה.

לקצינים בציי הסוחר, בעלי נתונים מתאימים, יאפשרו לימודים אקדמאיים או הנדסיים לפי צורכי חברות הספנות.

פרטים נוספים (בכתב או בע"פ) והרשמה:

בחיפה — ברשות לחינוך והכשרה ימיים, ר' נתן (קייזרמן) 11, קומה ג', ליד כיכר פריס, כל יום משעה 8.00 — 14.00;

בתל-אביב — במשרדי החבל הימי לישראל, רח' אחד העם 15, קומה ג', בימי ב' משעה 9.00 — 13.00.

בירושלים ובבאר-שבע — במשרדי הלשכות להכוננת חיילים משוחררים, בימים ובשעות המתפרסמים בעתוני הערב.

הצטרף לציי הסוחר!



הטנק עם תותח M51

עם הצרפתים פותחה מערכת ל- הסבת הצריח M-3 של התותח 75 מ"מ קצר. הבעייה העיקרית שניצבו בפניה הייתה, שבגלל אורך הרתיעה נאלצו לשנות את מיקום אצילי התותח ולהוציאם מחוץ לצריח בחלק הקדמי. חלקו האחורי של הצריח הוסר והוספה לו "גיבנת" ששימשה להוספת משקולות איזון ומקום למכשירי הקשר. בעקבות הסבה זו שונה גם מערך התחמושת. הותקנה מערכת ציוד הידראולית, ולאחר ההסבות זכה הטנק החדש לכינוי M-50. הטנק הספיק ליטול חלק במבצע קדש.



הופעת ה-T-54 בזירתנו, נאלצו אנשי החימוש לחפש אחר תותח שיעמוד בכבוד מול טנק זה. התותח שנבחר למטרה זו היה התותח הצרפתי M-51, שפותח בצרפת בשלהי שנות החמישים. התותח שקוטרו 105 מ"מ, היה הראשון מסוגו. ניתן לומר עליו כי היה זה תותח מודרני בעל כושר דיוק וחדירה רב שהיה הטוב ביותר בזירה עד הופעת התותח האנגלי 105 מ"מ.

בשילוב הצרפתים תוכנן השלב הבא — תכנון מערכת להסבת הצריח T-23 של תותח 76 מ"מ M-1. ההסבה כללה את הכנת אצילי התותח ומגן התותח כדי שיוכלו לקלוט את התותח החדש, והוספת משקולת איזון בחלקו האחורי של הצריח. במקביל לפעולה זו הוחלפה גם מערכת הציוד וההגבהה במערכת הידראולית מודרנית. הסבה זו גררה בעיקבותיה שינוי מערך התחמושת ובנייתו של צריח חדש.

שיפורים

בצה"ל

תוך כדי קליטה ולימוד על ה"שרמן" בצה"ל, אותרו מגרעות והוחל בהיפוש אחר פתרונות. כגורם מדרבן לשיפור הטנק שימשו הטנקים הסובייטים T-34 ומאוחר יותר T-54, שנשלחו לצבא מצרים ו"עלו" על ה"שרמן" בביצועיהם. בתחילה התרכזו בפתרון הבעיות הבאות:

- כוח-אש — דהיינו החלפת התותח
- ניידות — שיפור המזקו"מ ● אמינות המערכת האוטומוטיבית — החלפת המנוע.

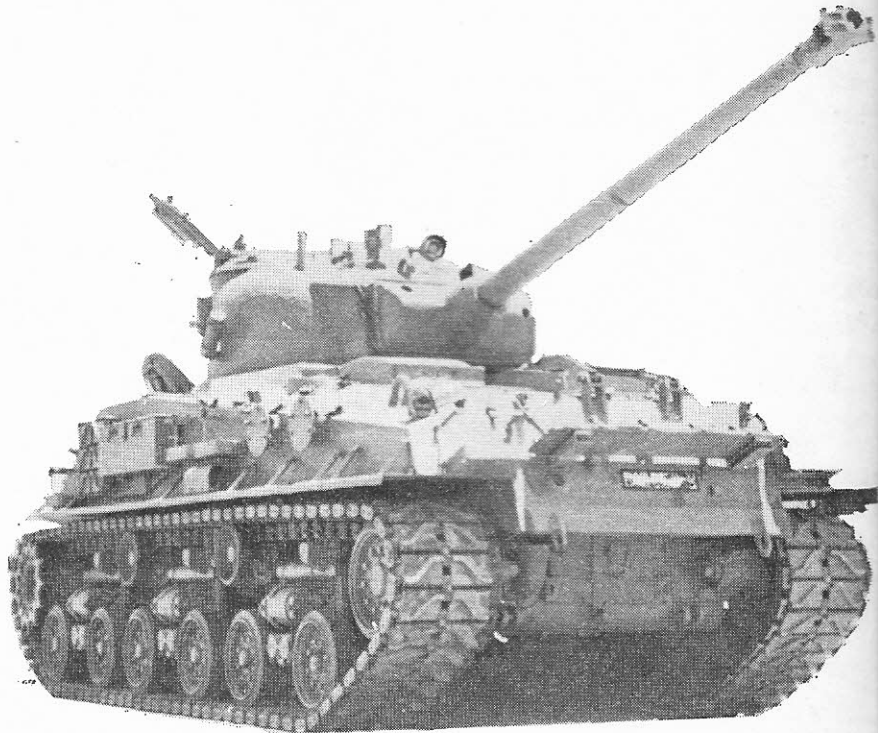
כוח

אש

תשובה לתותחי הטנקים הסובייטים באיזור נבחר התותח M-50 שנחשב לטוב ביותר באותם הימים. התותח שהותקן על הטנק הצרפתי AMX-13 היה ארוך-קנה בקוטר 75 מ"מ. מהירות-הלוע שלו הייתה 1,000 מטר לשנייה. בשיתוף פעולה

אמת-מידה נוספת שהוכנסה במשך השנים "דרשה" תותח שהיה החדיש בתקופתו 76.2 מ"מ, M-1, בעל מהירות לוע של 880 מטר לשניה ומשקל פגזיו 7 ו-5.8 ק"ג. טנקים אלו — שרובם היו על תותח M4A1 היו בעלי כוח-אש גדול יותר אך מבחינת הניידות, טווח הנסיעה, ואורך החיים של המנוע, לא חל כל שיפור לעומת קודמיהם.

ב-1955 עם הוצאת ה"שרמנים" מהצבא האמריקני, ותחילת שלב הוצאתם מאירופה, החל השלב השלישי של קליטת הטנק בצה"ל. טנקים אלו היו בעלי שיפורים וכללו תותח 76.2 מ"מ, מייצב-תותח, צריח משופר, ומזקו"מ רחב. בארץ הם זכו לכינוי "סופר שרמנים", בגלל ניידותם המשופרת שנבעה מהכנסת הוחל הרחב. נוסף לדגמים אלה נקלטו דגמי רק"מ אחדים על בסיס ה"שרמן". הידועים בהם היו: משחית הטנקים M-10 שנבנה על תותח ה-M4A2 וכלל צמד מנועי "G.M." ותותח ארוך-קנה בריטי בקוטר 17 ליברות, בעל מהירות-לוע של 875 מטר-לשניה וכושר חדירת שריון מעולה. תוח מתנייע M-7 בעל תותח 105 מ"מ.



הטנק "שרמן" M-50

בעיית ניירות הטנק — שאף קודם לא היתה מהמעולות — הלכה והחריפה עם הכנסת השיפורים בכוח האש. ההסבות לתותח M-50 ו-M-51, העלו את משקל הטנק וגרמו להגדלת לחץ הקרקע והקטנת היחס של כ"ס לטון. התותחים החדשים גרמו גם להקטנת כושר העבירות של הטנק, ירידת מהירותו הממוצעת והגדלת העומס על מכללי המערכת, דבר שגרם לבלאי מופרז של המזקו"מ והמנועים הראשיים.

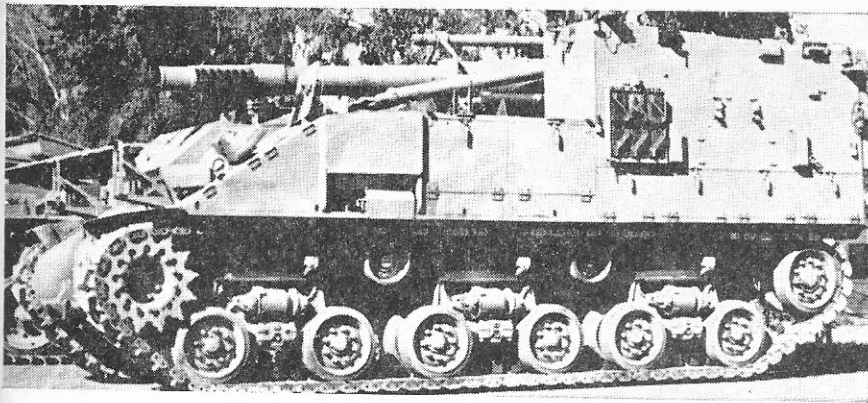
טנקי ה"שרמן" האחרונים, היו כבר בעלי מזקו"מ רחב — 23 אינץ' במקום 16.5 אינץ'; לאחר תקופת ניסוי קצרה הוכיח מזקו"מ זה את יעילותו. נוכח הצ"לחה זו הוחל בהסבת המזקו"מ גם בטנקים שכבר היו במערך צה"ל. החל משנות ה-60 הוסב המזקו"מ בכל הטנקים בעלי התותח M-50 ו-M-51.

החלפת

המנוע

החלפת התותח והמזקו"מ העלו את מ"ש קל הטנק ל-38 טונה. מנוע ה"קונטיננטל" בעל ההספק של 353 כ"ס, לא היה מספיק חזק למשקל כזה. בשלב זה נמצא כבר בשלבי ניסוי מתקדם מנוע-דיזל חדש בעל הספק של 460 כ"ס מתוצרת "קמינס". מנוע זה נבחר לאחר שורת ניסיונות שער-כה שנים אחדות. המנועים שעברו תהליכי ניסוי היו: מנוע תוצרת "פרט אנד ויטני", "מרצדס", "V2T34", "פורד" G.M. חלק מהמנועים נבדקו פיזית על הטנק וחלק נבדק רק מבחינה חישובית. לאחר סידרה נסיונית ארוכה ולאחר הכנסת שיפורים אחדים הותקן המנוע בטנק. מנוע זה מש"מש כיום ברוב סוגי הרק"מ על בסיס "שרמן" המצויים בצה"ל.

1 במסגרת המגמה לניוד הארטי-לריה, הושקעו מאמצים רבים בחיפוש אחר פתרונות להתקנת ארטילריה על תובות טנקים. דבר זה יאפשר לכוחות הארטילריה לנוע בקצב השריון, למגמה זו יש יתרונות אחדים; העיקריים שב-



תותח מתנייע M-50 בעל תותח 155 מ"מ

הם: התותח המתנייע הופך על-ידי-כך לבעל הנעה עצמית ואינו נזקק לרכב גורר. התותח המתנייע נע בצמוד לטנקים ויכול לשמש כ-כוח סיוע ארטילרי לטנקים המס-תערים. זמן ההצבה של התותח ב-עמדת-ירי קטן לאין שיעור מזה של תותח נגרר.

האמריקנים היו הראשונים שה-כירו ביתרונות אלו ופיתחו כמה תותחים מתנייעים על בסיס ה"שר-מן". המפורסמים בהם היו: תותח מתנייע "פריסט" M-7 בעל תותח 105 מ"מ, שנבנה על ה"שרמן" M-4 בעל מנוע "קונטיננטל" ומזקו"מ צר. היה זה אחד התותחים המת-נייעים הראשונים שצה"ל צויד בו.

M-40 המוכר בכינוי "LONG TOM", הותקן על תובת "שרמן". לתומ"ת היה מנוע "קונטיננטל" בעל הספק מוגבר של 400 כ"ס ה-מוכר בשם C-4 ומזקו"מ רחב. משקל הכלי הגיע ל-40 טונה.

לימוד

לקחים

בעקבות לקחי מבצע-קדש, שם הוכח כי לא מיצו את עיקר כוחה של הארטיל-ריה בגלל אי-כושרה לנוע בקצב השריון, הוחל בצה"ל בלימוד נושא התותחים מתנייעים והמרגמות הכבדות המתנייעות. התקנת תותח על תובת טנק הינה בעייה טכנית סבוכה ומורכבת. הבעיות הטכניות העיקריות הן: שיש למקם את התותח כך שנקבל כלי שלא יעלה בממדיו הכלליים על זה של הטנק. מתן אפשרות לרתיעת

התותח ללא הגדלת כושר צידודו והגב-תו. מתן מקום לצוות המפעיל והגנה מספקת עליו. בשל סבך הבעיות נמצאו פתרונות שאינם דומים בין התומ"תים.

תותח מתנייע M-50

1 זלתי שנות החמישים הושלם תכנונו של תותח זה, וכבר בתחילת שנות ה-60 היו הכלים מוכנים לפעולה. הכלי נטל חלק נכבד במלחמת-ששת-הימים ול-אחריה, והוכיח כי יש מקום לארטילריה המתנייעת.

ה-M-50 צויד בתותח 155 מ"מ — M-50 — תוצרת צרפת שהיה במקורו תותח נגרר. בתחילת ייצורו נבנה הכלי על מזקו"מ צר ומנוע בנוזל "קונטיננטל". עם השלמת ההסבה של מערך הטנקים למנוע "קמינס" דיזל ומזקו"מ רחב הוסבו אף התומ"תים.

כדי לאפשר לצוות התפעול נוחות הפ-עלה, נאלצו למקם את התותח בחלקו ה-אחורי. דבר זה חייב את הזזת המנוע לחלק הקדמי של התומ"ת (קודם הותקן המנוע בחלקו האחורי של הכלי). דבר נוסף ש-תרם לנוחות הצוות והגדיל את קצב פעו-לתו היה ציוד התותח במערכת הגבהה הידראולית.

מרגמה כבדה מתנייעת

160 מ"מ

1 יוד שהתקנת תותחי-שדה על תובות טנקים, היא תופעה מוכרת. הרי שהת-קנת מרגמה כבדה מתנייעת הינה תופעה בלתי-מתקבלת וחריגה בהחלט. אולם נוכח צרכיו המיוחדים של צה"ל, נאלצו מתכנני חיל-החימוש לחשוב גם בכיוון זה. עיקר

בשלב מאוחר יותר, פותח דגם נוסף שנבנה על תובת M4 A3 עם מזקו"מ רחב ותותח 76 מ"מ.

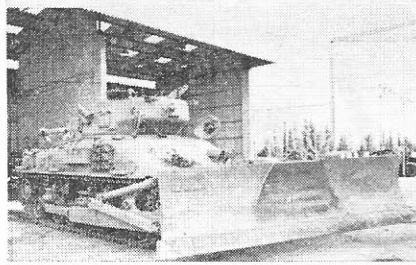
הדגם שהוכנס לצה"ל היה בעל מגרעות רבות והחלט לפתח דגם צה"ל שישרת את היעודים הבאים:

- פריצת דרכים בשטח בלתי-עביר לטנקים.
- פריצת מחסומים.
- סיוע בהתחפרות בשטחים שונים.

הדגם שפותח בנוי על תובת M1 עם מנוע "קמינס", מזקו"מ רחב, ותותח בן 76 מ"מ. המערכת הייעודית כוללת: סכין "קטרפילר" דגם A8, ומערכת הידראולית שפותחה במיוחד בשביל הטנק ותפקידה הורדת הסכין והרמתה.

טנק פינוי: בעת מלחמת ההתשה, היו כידוע הדרכים מהמעוזים וביניהם מטווחים חים תחת אש אויב. האש החזקה שכסתה את הדרכים גרמה להפרעות בחילוף הפצוצים. כדי להתגבר על הפרעות אלו וכדי לקצר את זמן פינוי הפצוצים נבנה טנק הפינוי.

הטנק בנוי על תובת "שרמן" כאשר ה- מנוע הוצב לפנים. המערכת האוטומוטיבית בית דומה לזו של תומ"ת M-50-155 מ"מ. בחלקו האחורי של הטנק נבנה תא



טנק דחפור

את טעינת הפגז. המערכת ההידראולית מסייעת גם בהפעלת שריון החזית ובהרמת המרגמה.

כאמור, קוטר המרגמה 160 מ"מ והיא מיוצרת בארץ. טווח המרגמה 9 ק"מ. פיתוח הכלי הושלם ב-1967, במלחמת ההתשה השתתף הכלי בשימוש מבצעי.

טנקים יעודיים על תובת "שרמן"

טנק דחפור: כדי לסייע לכוחות השריון לבצע עבודות הנדסיות תוך כדי קרב, פיתחו האמריקנים טנק דחפור על בסיס "שרמן". הדגם הראשון נבנה על תובת M-4 עם מנוע "קונטיננטל", מזקו"מ צר, ותותח בן 75 מ"מ M-3. דגם זה נרכש על-ידי צה"ל.

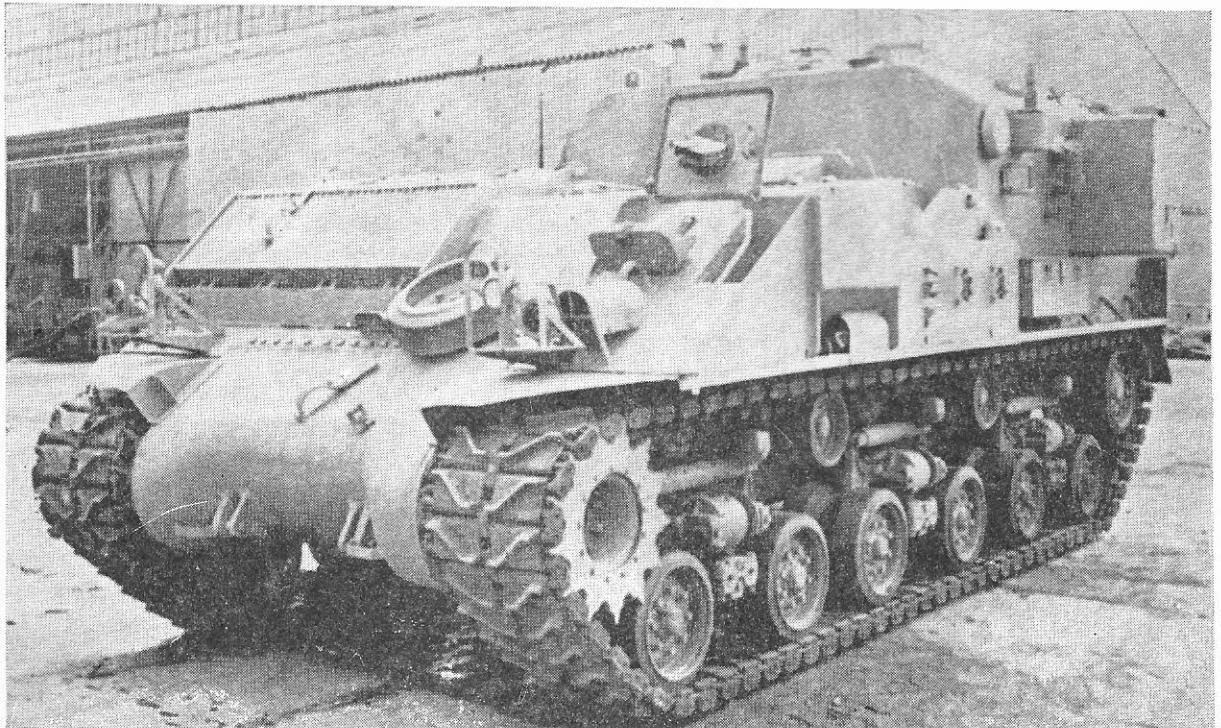
טנק פינוי רפואי על בסיס "שרמן"

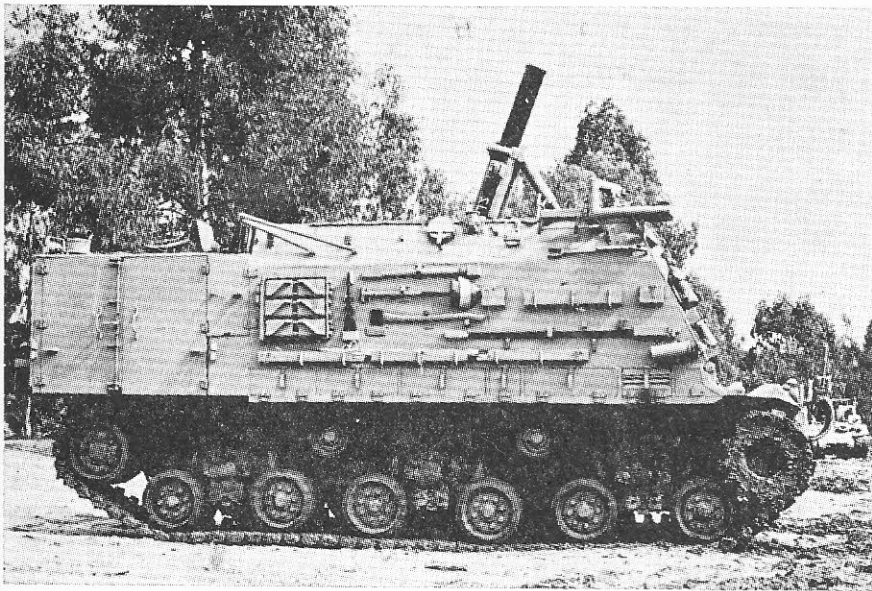
הבעייה בניוד מרגמה נעוצה בהבדל היסודי בין תותח למרגמה, באחרונה נעדר מנגנון רתיעה. עובדה זו גורמת להעברת כל מכת הירי ישירות למרכב, בלי שחלק מאנרגיה זו "נבלע" במנגנון הרתיעה. לפיכך גדל סדר גודל הכוחות פי-10 ומשך פעולתם קטן פי-50 לערך. הבדל נוסף הוא צורת הטעינה. התותחים, נטענים כידוע בחלק האחורי (הנמוך) של הקנה, ורוב המרגמות נטענות בצידן הקדמי — לעתים מצוי קנה המרגמה בגובה של 3 מטרים.

סיבות עיקריות אלה, ורבות משניות אחרות, גרמו לכך כי עד היום טרם פתחו בעולם (להוציא ישראל) מרגמות-כבדות מתנייעות מבצעיות.

המערכת האוטומוטיבית של המרגמה, וזה לזו של טנקי "שרמן" וכוללת מזקו"מ רחב ומנוע "קמינס", הכלי מוקם על בסיס הקולט את מכת הירי ומעבירה לתובת הטנק. כל הבסיס מרותק לתובת הטנק והתוצאה שנתקבלה היא שמנגנון הרתיעה משמש למעשה כל הטנק על מערכת קפיצי המזקו"מ.

כדי לייעל ולהקל על הצוות המפעיל, צויידה המרגמה במערכת-כוח הידראולית ה"מקפלת" את המרגמה למצב המאפשר





מרגמה כבדה מתנייעת 160 מ"מ

יים של צה"ל כלי-נשק אמרי-
נים וטובים, כל זאת תוך מי-
צוי האפשרויות הטכניות ה-
טמונות בטנק „שרמן" המופ-
על כבר מעל שלושים שנה ב-
זירות הקרב.

מזקו"מ רחב, וכן צוייד באבזורים נוספים
המסייעים לפעולות חילוץ.

ס כ ו ס

חיל החימוש השכיל להע-
מיד לרשות הכוחות המבצע-

לפינוי פצועים — הדומה במיתקונו ל-
אמבולנס — וכן הוסיפו התקנים שיאפשרו
לצוות הרפואי לבצע ניתוחים קלים. טנקי
הפינוי הראשונים נטלו חלק בהודשים
האחרונים של מלחמת ההתשה.

מבנה תא הפינוי מאפשר קליטת 4
אלונקות וצוות רפואי הכולל: רופא, שני
חובשים, מפקד ונהג.

טנק חילוץ: הצורך ברכב-קרב-משוריין
שהיה בעל כושר חילוץ כל סוגי הרכב
שבזירה, חייב את פיתוחו של טנק ה-
חילוץ.

הדגם הראשון שפיתחו האמריקנים
כונה M-32. הטנק נבנה על תובת M4A1
עם מזקו"מ צר ומנוע „קונטיננטל". הטנק
כלל כננת לגרירה וחילוץ-טנקים ועגורן
לצרכי הרמה. דגם זה נרכש על-ידי צה"ל.
הדגם השני היה מוצלח יותר וכונה
M-74 ורק לאחרונה הוצא הטנק מה-
שרות בצבאות נאט"ו, הטנק צוייד במנוע
„פורד" — 500 כ"ס ומזקו"מ רחב. הטנק
צוייד בכננת לגרירה בעלת עומס מותר
של 45 טון וכן כננת הרמה של 25 טון.
הדגם הראשון, שנרכש על-ידי צה"ל,
מנועו הוסב למנוע „קמינס", הותקן בו

אורדן מפעלי מתכת בע"מ

טלפון 053-23432/3

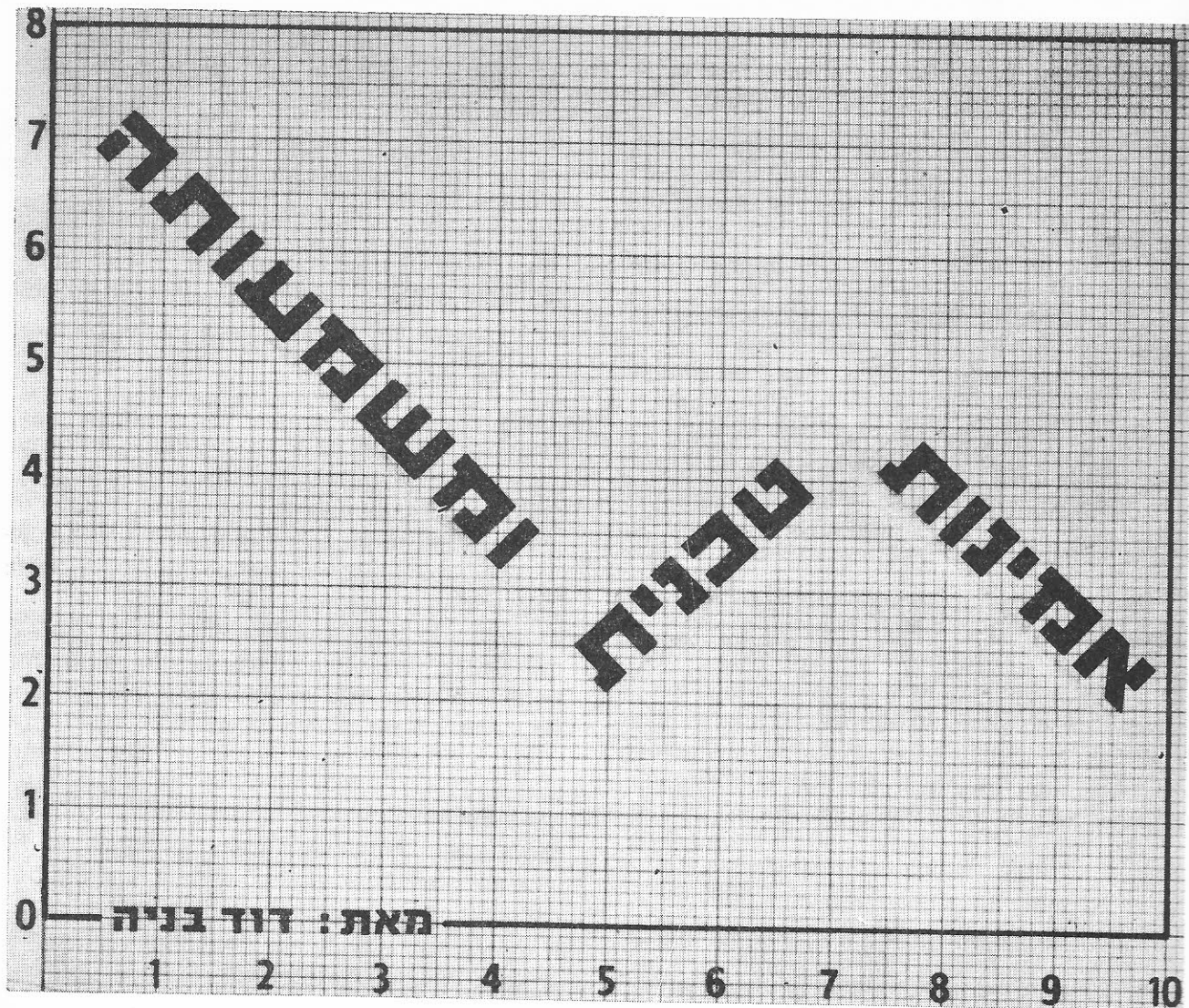
אזור התעשייה, נתניה



יוצקים:

1. פלדות פחמניות.
2. " מנגן.
3. " שריון.
4. " כרום גבוה.
5. ברזל ספרואידלי ומינהייט לפי ידע מחו"ל — חב' „סורבו-מאט".

לרשות לקוחותינו מעבדה משוכללת כולל ספקטרומטר.
מחלקת תכנון עומדת לרשות הלקוחות לייעוץ.



אמינות

את המושג "אמינות" אנו מגדירים כסיכוי שפריט כלשהו ימלא משימה מוגדרת בתנאי סביבה ידועים ובמשך זמן מוגדר. בחיי יום יום כשאנו אומרים "זו מערכת אמינה" אנו מתכוונים למשהו בלתי מסויים, אבל ברוח הגדרה זו. מההגדרה נובע שצריכה להיות משימה מוגדרת שעל המערכת לבצע, בתנאים מוגדרים וקביעה של משך זמן הפעולה הנדרש. לגבי פריטים מסויים אפשר להגדיר זאת בקלות; ניקח לדוגמא גורת חשמל. המשימה — להאיר, כשמחברים אותה למקור מתח של 220 וולט; תנאי סביבה — באזורים קרים עד 40°C — ובאזורים חמים עד 50°C , זמן הפעולה הנדרש מהגורה הוא 2,000 שעות לדוגמא. הגדרת המשימה של מערכות מורכבות תדרוש מאמץ גדול יותר, אבל אי אפשר להימנע מכך מאחר והגדרת המשימה היא תנאי הכרחי למדידת אמינות מערכת. אם נפעיל מערכת מורכבת ונרשום את קצב התקלות (מספר התקלות ליחידת זמן עבודה) כפונקציה של זמן ההפעלה, מרגע שהמערכת ירדה מפסי הייצור ועד שהיא מתבלה נקבל עקומה (ציור 1) הנראית בעמוד הבא:

הפעילות המבצעית כרוכה בהפעלת מערכות-נשק ומ-ערכות תקשורת עניפות. ביצוע המשימות תלוי ביכולת האדם ובאמינות נשקו. במאמר זה, איננו דנים בגורם האנושי, נציין רק שקיים קשר בין רמת הביצוע של הלוחם לבין טיב ואמינות הנשק שבידו. מטרת מאמר זה, להביא בפני הציבור המופקד על חימוש צה"ל מושגי-יסוד בנושא האמינות הטכנית. כמו-כן נטפל במסגרת המאמר במשמעויות התחזוקתיות והמבצע-יות של האמינות הטכנית. על-מנת שרוב הציבור יבין את המאמר, מוצג הנושא בפישוט מקסימלי.

תקלה ונמצא לפי נוסחה (1) או לפי ציור 2, $R(t) = 0.905$, זאת אומרת: קיים סיכוי של 90.5 אחוזים שהמנוע יעבוד 50 שעות ללא תקלה מהתיקון האחרון.

באותה שיטת חישוב נקבל שהסיכוי שהמנוע יעבוד 200 שעות ללא תקלות הוא 70 אחוזים בקירוב. המסקנה היא שכל זמן העבודה יחסית ל"זמב"ת t/λ גדל — האמינות יורדת. אפשר לנסח מסקנה זו גם בצורה אחרת — המערכת אמינה יותר ככל שה"זמב"ת גדול יותר.

כמו־כן מאפשרת לנו נוסחה זו (או ציור 2) לתרגם את המשמעות של המשימה המבצעית לשפת המפרט הטכני. למשל כאשר המשימה של זרקאור מוגדרת כ"עשרים שעות עבודה ללא תקלות בהסתברות של 95 אחוז" — הדרישה הטכנית תהיה לזרקאור בעל זמב"ת העולה על 380 שעות. דרישה מבצעית לאמינות גבוהה יותר, נגיש של 99 אחוז, תגרום להחמרת הדרישה במפרט הטכני — במקרה זה נדרוש שלזרקאור יהיה זמב"ת העולה על 2,000 שעות.

זמינות

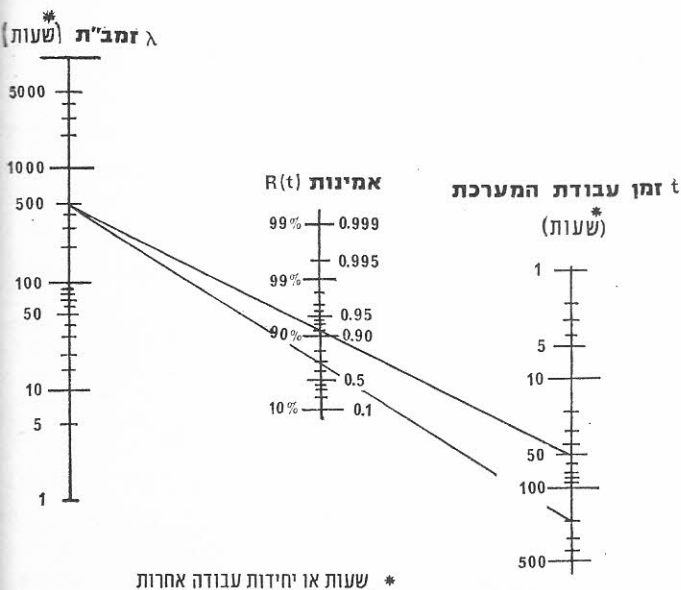
גדיר מושג נוסף, הבא לתאר את מידת הכוונות לשימוש של פריט בודד, מערכת נשק ואף של כל מערכות הנשק במערך הלוגיסטי. זמינות, מוגדרת כמידה בה המערכת נכונה לבצע את המשימה המוטלת עליה, כאשר הדרישה לביצוע יכולה לבוא בזמן כלשהו באופן אקראי. בהמשך נפרט שני סוגים של זמינות:

זמינות עצמית — זמינות

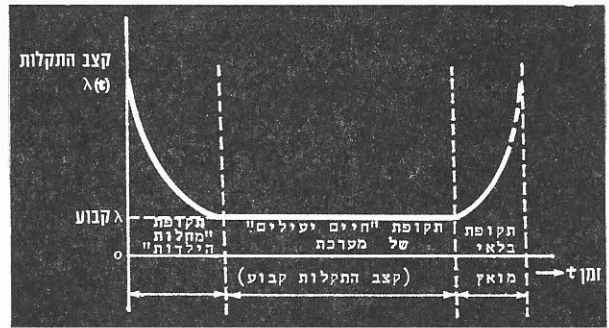
זמינות עצמית של פריט — זמינות עצמית של ציוד

זמינות עצמית של פריט — זמינות לוגיסטית.

ציור 2: נומוגרמת אמינות לקצב תקלות קבוע



* שעות או יחידות עבודה אחרות



ציור 1: קצב התקלות לאורך חיי המערכת.

בציור 1 אנו מבחינים בשלוש תקופות בחיי המערכת:

תקופת ההרצה: הרבה תקלות, בתקופה קצרה, שמ"תקנים אותן מיד עם התגלותן. קצב התקלות מואט ככל שהמערכת (והמפעילים) מתרגלים לעבודה.

תקופת העבודה היעילה: בזמן זה, בו עובדת המערכת כסדרה, אפשר לראות שתקלות קורות, בממוצע, אחת לפרק-זמן קבוע. בתקופה זו ניתן לחזות מראש כל כמה זמן תקרה תקלה, ולתכנן בהתאם לכך את פעולות האחזקה ואת עבודת המערכת.

תקופת הבלאי המואץ: לקראת סוף חיי המערכת, אנו מוצאים תקלות לעיתים תכופות יותר ויותר. המערכת מתקלקלת פעמים רבות לפני פעולות האחזקה המתוכננות, נוצרות הפרעות, שגרת העבודה מופרעת ולבסוף אין ברירה אלא להחליף אותה.

את אמינות המערכת מודדים באופן כמותי בתקופת העבודה היעילה, דהיינו: כאשר קצב התקלות קבוע. יחידת המדידה המקובלת לאמינות היא הזמב"ת (זמן ממוצע בין תקלות) והוא נמדד ביחידות של זמן עבודת המערכת, לרוב שעות עבודה. בספרות האנגלית והאמריקנית מופיע כ"MTBF" - "M.T.B.F."

כאשר הזמב"ת של המערכת ידוע — ניתן לחשב את האמינות לפי הנוסחה: —

$$R(t) = e^{-t/\lambda} \quad (1)$$

כאשר:

- t — האמינות — ז"א הסיכוי שהמערכת תפעל ללא
- $R(t)$ — הוא הזמב"ת כשהוא מבוסס בשעות עבודה.
- λ — מספר שעות עבודה הנדרשות מהמערכת ללא תקלות. פיתרון גראפי לנוסחה (1) נראה בציור 2.

להדגמת חישוב האמינות, ניקח דוגמה מספרית. נניח שיש מנוע שלגביו ידוע שבממוצע כל 500 שעות (עבודת מנוע) מתגלה בו תקלה. זאת אומרת שהזמב"ת שלו הוא 500 שעות. נחשב עכשיו מה הסיכוי שהמנוע הזה יעבוד 50 שעות ללא

* Mean Time Between Failures

זמינות עצמית של פריט בודד או מערכת אפשר להגדיר כסיכוי שהמערכת תימצא בעבודה (לא בתהליך של תיקון). כאשר לצורך הגדרה זו לוקחים בחשבון רק זמני עבודה וזמני תיקון. הדוגמה הטובה ביותר היא של גנרטור הנדרש לספק חשמל בעבודה רצופה, ובכל פעם שהגנרטור מתקלקל — מתקנים אותו מיד וללא דחוי. אם מסכמים במשך זמן רב את שעות העבודה הפעילות של הגנרטור ואת שעות התיקונים הפעילים יהיה הסיכוי שבזמן כלשהו הגנרטור ימצא בעבודה:

$$\text{סה"כ שעות תיקונים} + \text{סה"כ שעות עבודה} = Pz = (א2)$$

את הזמינות העצמית ניתן לחשב גם מתוך ידיעת הזמב"ת וזמ"ת — שהוא זמן ממוצע לתיקון. זמן זה מתקבל על-ידי רישום זמן העבודה הדרוש לתיקון התקלות (מכל הסוגים); הקורות לפריטים מסוג מסויים וחישוב בזמן העבודה הממוצע. מן הראוי להדגיש שיש לקחת בחשבון זמן עבודה ממש ויש להתעלם מזמן המתנה לחלקים וכד'. הזמינות העצמית המחושבת מזמב"ת וזמ"ת. תהיה:

$$Pz = \frac{\text{זמ"ת} + \text{זמב"ת}}{\text{זמב"ת}} \quad (ב2)$$

הזמינות העצמית של פריט תלויה בעיקר בטיב התיכון ההנ"דסי ובטיב המוצר. כדי להגיע לזמינות עצמית גבוהה צריך לדאוג בתיכון גם לאפשרות של ביצוע התיקונים ההכרחיים בשעת קלקול בצורה נוחה ומהירה. כן יש לדאוג מראש להוראות טכניות ברורות ולכלי עבודה ההכרחיים לביצוע התיקון. המשמעות היא שהזמינות העצמית של המוצר תלויה במתכנן וביצרן, ועל מנת להבטיח קבלת ציוד בעל זמינות עצמית גבוהה יש לכלול במפרט הטכני דרישה המבטיחה זאת על-ידי קביעת הזמ"ת (זמן ממוצע לתיקון) הנדרש. מהנסיון ההנדסי המצטבר, ניתן ברוב המקרים להעריך, עוד בשלב התיכון, מה יהיה הזמ"ת. הבדיקה המעשית שלו תעשה בשלבים השונים של הניסויים, כפי שנפרט בהמשך.

בעוד שהזמינות העצמית של הציוד, הינה תכונה ספציפית לכל סוג ונקבעת בשלב התיכון והייצור, הרי זמינות הציוד במערך הלוגיסטי הינה פונקציה בלעדית של מדיניות האחזקה במערך. בנושא מדיניות האחזקה דן במאמרו מ. ניצן «פרקי מחשבה באחזקה צבאית» (מערכות חימוש מס' 41). לצרכים שלנו, ומנקודת המבט של המשתמש נגדיר את זמינות הפריט (מבלי להתיחס למדיניות אחזקה מסוימת), כסיכוי שבזמן כלשהו, הציוד נמצא במצב שמיש ומוכן לביצוע המשימה. לגבי ציוד הנמצא בכוננות מתמדת ניתן לחשב את הזמינות כדלקמן:

$$Pz = \frac{\text{זמן כשיר}}{\text{זמן בלתי כשיר} + \text{זמן כשיר}} \quad (3)$$

את משך הזמן בו הציוד בלתי כשיר נוכל לחלק באופן כללי לזמן מינהלי ולזמן תיקון. זמן התיכון כולל בתוכו בדרך-כלל את הזמן הנדרש לאיתור התקלה, ביצוע התיקון, ניקוי אחרי התיקון ובהינה, בהנחה שכל הפעולות האלו נעשות ברציפות ללא ביטול זמן ביניהן. זמן מינהלי כולל בתוכו את הזמן הנדרש להובלה למקום התיקון וחזרה ליחידה. זמן המתנה לחלקי-

חילוף, פעולות רישום לצורך התיקון והבחינה וכן זמן ההולך לאיבוד במעגל האחזקה מכל סיבה שהיא.

נדגים כאן את התלות של זמינות הציוד, Pz , במדיניות האחזקה על-ידי הצגת מספר אפשרויות: ראשית אנו רואים שכדי להגיע לזמינות של 100 אחוז ($Pz=1$) צריכים להגיע למצב שמשך הזמן בו הציוד בלתי כשיר שואף לאפס. דבר זה ניתן להשיג על-ידי החלפה מידית של כל פריט שמתקלקל, כאשר מערך האחזקה מאורגן כך שהזמן המינהלי הנדרש להחלפת הפריטים אף הוא שואף לאפס. (קיימת כמובן גם האפשרות התיאורטית של רכישת ציוד שאינו מתקלקל ושנמצא בכוננות תמידית). מדיניות אחזקה מסוג אחר הוא של «תיכון מידתי של כל תקלה» כאשר היא קורית. במקרה זה זמינות הציוד היא הזמינות העצמית ($Pz=Pz$) זה נכון בתנאי שמערך האחזקה מאורגן כך שהתיכון מתבצע במקום בו ארעה התקלה, ללא כל «בזבוז זמן» על פעילות מינהלית, וזה הגבול האידיאלי של מדיניות אחזקה כזו. במציאות מחולק מערך האחזקה לדרגי תיקון; את הפריט המקולקל מעבירים לדרג התיכון המתאים לחומרת התקלה, פעולה הדורשת לפעמים העברה בין יחידות, על כל הכרוך בכך. ומתקבל על הדעת שהזמן המינהלי הנוסף על זמן התיכון הולך וגדל ככל שדרג התיכון עולה. מכאן אנו רואים שזמינות הציוד Pz תהיה תמיד קטנה מהזמינות העצמית Pz .

משמעות מבצעית

לדעיה כמותית של אמינות וזמינות מאפשרות הערכה כמותית של כוננות היחידה והסיכויים לבצע משימה מסוימת מבחינה טכנית. כדי לבצע חישובים כמותיים יש להגדיר את המשימה המבצעית מבחינה טכנית, על-ידי נתונים הבאים: שעות עבודה, מרחקים, מספר ממוצע של כדורים לירי כלי נשק אחד, זמן הארה ממוצע של זרקאור וכדומה. להדגמת חישובים אלה ניקח יחידה בת 100 טנקים לפי תקן, נניח שזו יחידת כוננות הנמ"צאת בפעילות מבצעית שגרתית של בטחון שוטף, ונגדיר לה משימת כוננות אופיינית שכוללת נסיעה של 12 שעות של זחלים, וירי של 20 פגזים בממוצע מכל תותח.

נחשב כמה טנקים מתוך 100 (בתקן) יבצעו את המשימה הזו, כאשר יש לנו את הנתונים הבאים:

$$Pz \text{ זמינות הטנקים ביחידה} - 90 \text{ אחוז.}$$

מכאן אנו מחשבים:

מספר הטנקים בכוננות (שהוא מספר הטנקים הממוצע שימצאו בכוננות וכשיצאו למשימה בזמן כלשהו)

$$0.90 \times 100 = \% \text{ טנקים}$$

זמב"ת (זמן ממוצע בין תקלות) אוטומוטיבי של טנק — 100 שעות עבודה.

זמב"ת של מערכת הנשק — 500 יריות.

את נתוני האמינות, אנו מוצאים בעזרת נומוגרמות האמינות ומקבלים:

$$R(12) \text{ אוטומוטיבי} - 0.90$$

$$R(20) \text{ תותח} - 0.96$$

המספר הצפוי של טנקים שיוכלו לנסוע 12 שעות, ולירות 20 פגזים ללא תקלות יהיה:
 $90 \times 0.96 \times 0.90 \approx 79$ טנקים

נתוני אמינות מאיין ?

נתוני אמינות מהימנים ביותר מתקבלים אחרי שימוש ממושך בציוד, כאשר נערך רישום מדויק של כל התקלות הקורות במשך הזמן. שיטה זו מקוימת הלכה למעשה בתעופה, שטח בו יש נוהלי אחזקה, רישום וביקורת מוסכמים. את האמינות של ציוד חדש יש לבדוק על-ידי עריכת ניסוי אמינות. הנתונים המתקבלים מניסוי אמינות פחות מדויקים ופחות מהימנים, מאשר הנתונים שמקבלים לאחר שימוש ממושך בציוד. זאת במיוחד בגלל המחיר הגבוה של ניסוי אמינות, וכתוצאה מכך השאיפה לקצרם ככל האפשר. מאידך, תוצאות של ניסוי אמינות מהימנים בהרבה מאשר הערכת אמינות גרידא. ניתן להעריך אמינות מתוצאות כל ניסוי דגם ובחינה ראשונית אפילו אם ניסויים אלו אינם נערכים כניסוי אמינות, בתנאי שמקפידים ברישום התקלות המתגלות בהם.

עריכת ניסוי אמינות

המטרה של ניסוי אמינות היא לבדוק אם המפתח/היצרן עמד בדרישות האמינות שנדרשו במשימת הפיתוח. בזמן ניסוי מינימלי. כתנאי מוקדם לניסוי אמינות יש להגדיר את הנקודות הבאות:

תנאי סביבה בה נדרש הציוד לעבוד;

תקלה המונעת ביצוע המשימה והדורשת תיקון;

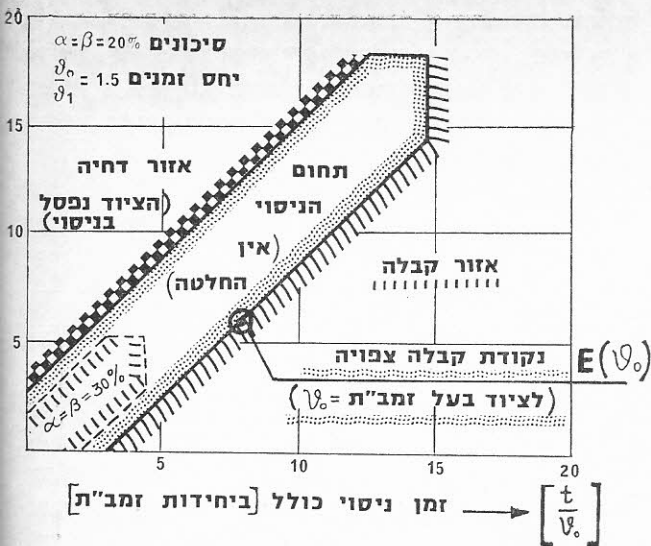
זמב"ת נומינלי (V_0) — הזמן הממוצע בין תקלות שנדרש נומינלית.

זמב"ת מינימלי (θ_1) — זמב"ת מינימלי שהמשתמש מוכן עדיין להסתפק בו.

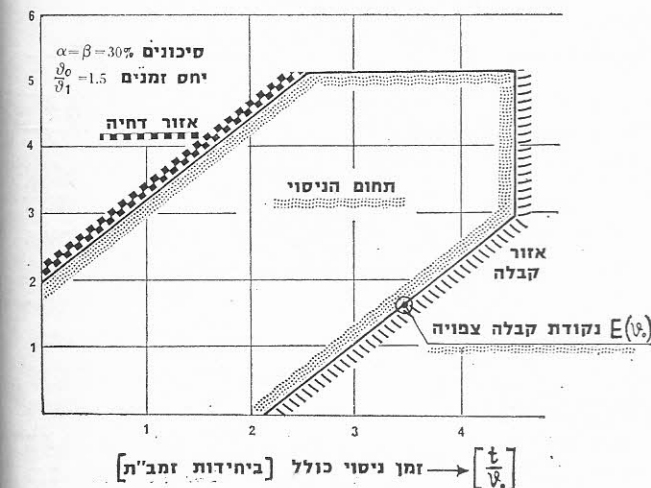
יחסי זמנים (θ_0) — יחס זמנים בין זמב"ת נומינלי לזמב"ת מינימלי.

סיכון המשתמש (β) — הוא הסיכוי לקבל ציוד שהזמב"ת האמיתי שלו שווה ל- θ_1 (הסיכוי לקבל ציוד עם זמב"ת קטן מ- θ_1 הוא קטן β).

סיכון המפתח/היצרן (α) — הוא סיכון המפתח/היצרן שציוד ושכל בחינה למרות שהזמב"ת האמיתי שלו שווה ל- θ_0 . מההגדרות משתמע האופי הסטטיסטי של ניסוי האמינות. את ניסוי האמינות מבצעים על-ידי הפעלת מספר יחידות בתנאי סביבה משתנים (כפי הנדרש על-ידי תחום העבודה המיועד של הציוד), ורישום התקלות כפונקציה של מספר שעות העבודה. את הניסוי מפסיקים בהתאם לקריטריונים הנובעים מההגדרה שהוגדרו לעיל. התקן האמריקני מגדיר סוגים שונים של תוכניות ניסוי. אנו ניתן כאן רק שניים מהם לדוגמה, בצירים 3, 4. ההבדל בין שתי תוכניות הניסוי הוא ברמת הסי-



ציור 3: נתוני החלטה לניסוי אמינות סיכונים „נמוכים“.



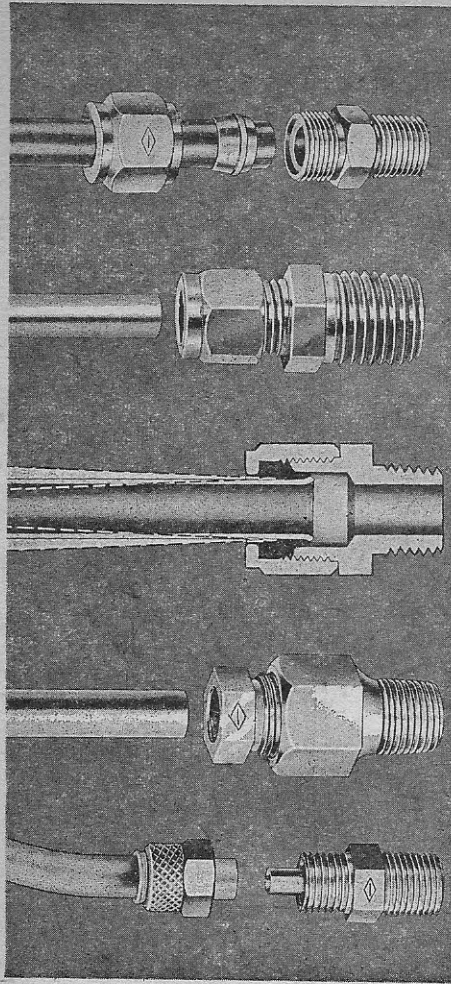
ציור 4: נתוני החלטה לניסוי אמינות סיכונים „גבוהים“.

כון שמוכנים לקחת. במקרה הראשון $\alpha = \beta = 20\%$ ובמקרה השני $\alpha = \beta = 30\%$ אנו רואים במשך הניסוי הצפוי $E(\theta_0)$ — כאשר הזמב"ת האמיתי הוא V_0 — עד לקבלת החלטה חיובית יורד מ-7.5 זמב"תים ל-3.4 זמב"תים. משמעות הדבר קיצור זמן הניסוי עד לקבלת החלטה במחיר של הסתכנות בשעור של 54 אחוזים בקבלת החלטה לא נכונה.

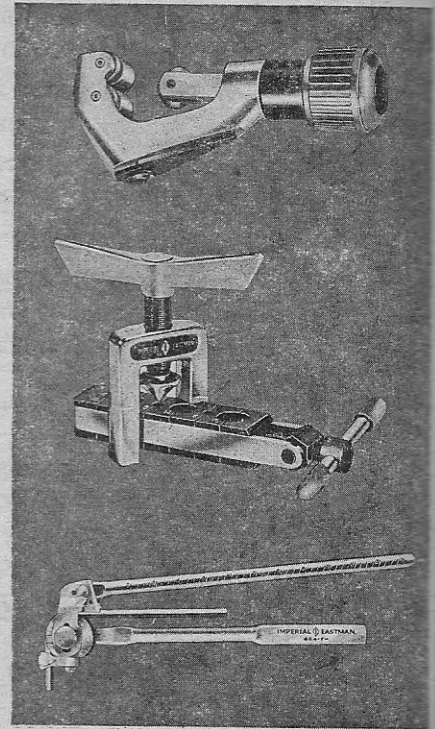
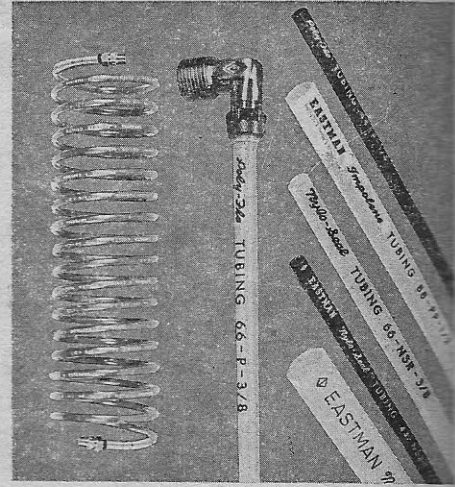
הערכת אמינות מניסוי דגם

ניתן לבצע הערכת אמינות מנתונים שנאספו בניסוי דגם, לצורך זה יש לבצע רישום של כל התקלות הקורות בניסוי כפונקציה של זמן עבודת המערכת (או כפונקציה של המרחק,

IMPERIAL EASTMAN CORPORATION



- מבחר צנורות POLY FLOR ופיטינגים 11 NYLON למערכות הדראוליות ופנאומטיות באיכות גבוהה.
- מתאים ובשמוש בתעשייה, חקלאות מעבדות ובתי ספר.
- ניתן לחבור ונתוק עשרות אלפי פעמים.
- בעת תקלה במכונה הבדיקה לוקחת שניות.
- מחירם אינו יקר מצנורות הנתונים לחבור חד-פעמי בלבד.
- כלי עבודה — הטובים בעולם: לחתוך, כפוף הרחבה והפשלה לכל סוגי המתכות ולצנורות פלסטיים.



קנה הטוב ביותר דרוש תוצרת אמפריאל



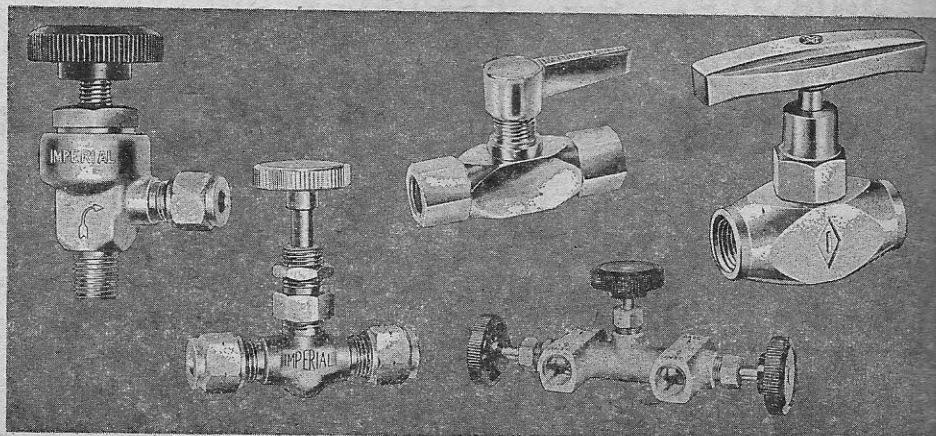
אחים פולק

סוכנים לישראל:

לינקולן 11, ת.ד. 884

תל-אביב, טל. 8-1811236

ברזי פיקוד מינאטוריים
למכשירים כולל ברזי
דיאפרגמה, מחט וכדוריים
במבחר גדול.



א. קופפר בע"מ

FLEX-LINE

יצרני צנרת לחץ גמישה וקשיחה

על כל אביזריה,

לתעשייה, תחבורה וחקלאות

- * אביזרי צנרת מפליז ופלדה באוטובוסים
- * צנרת גמישה לחצים גבוהים
- * עבור טרקטורים וכלים כבדים (מחלקת שירות מיוחדת).
- * צנרת גמישה לקיטור
- * צנורות טלפון לכימיקלים
- * טמפרטורות גבוהות.
- * צנורות ניילות לחצים גבוהים
- * ובקטרים שונים
- * צנרת פלדה (בציפוי נחושת) לחצים של 1000 אטמ' עד 3/4" ואביזרי ארמטו.
- * צנורות לאינז'קטורים עם אביזריהם
- * צנורות בלמים שמן וגריז
- * ומבחר צנרת הידראולית פניאומטית
- * ואביזרים לרכב, תעשייה וחקלאות

בהשגחת מכון התקנים

לשרותכם המחלקה הטכנית בייעוץ הנדסי
ושרות בכל נושאי הצנרת

נציגים ונופיצים של:

WEATHERREAD U.S.A.

UNIROYAL U.S. RUBBER

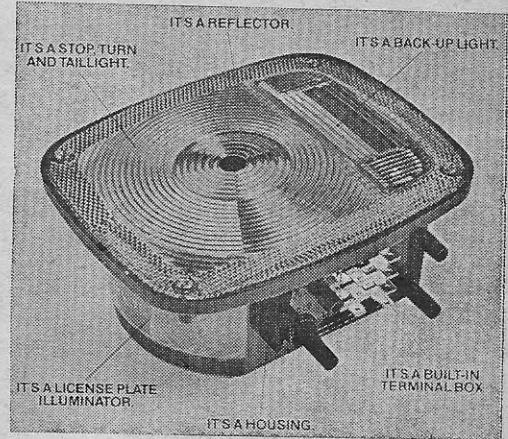
TECALEMIT LTD. ENGLAND

א. קופפר בע"מ

רח' תושיה 22, תל-אביב,

טלפונים 33019 — 32176

How INTERNATIONAL HARVESTER MAKES the MOST of LEXAN



לקסון בלתי שביר

לקסון, החומר המאפשר השגת תכונות אופטי-יות מופלאות ועמידה מעולה בחום, התנגדות בפני מכות ובלתי שביר.

בית-המנורה הרב תכליתי החדש של INTERNATIONAL HARVESTER הוא דוגמא לנצול אופטימי של הלקסון.

בית-המנורה — קל במשקל, עמיד בפני קורוזיה ומיוצר בהזרקה ביחד עם קופסת החבורים כיחידה אחת.

עמידותו המצוינת של הלקסון בחום והיותו בלתי שביר, בשל התנגדותו הגדולה למכות, מאפשר הסתפקות בעדשה דקה יותר בהשוואה לעדשת אקריליק, שהיתה בשימוש קודם אצל INTERNATIONAL HARVESTER ושמסקלה 25% יותר מעדשת לקסון.

קשיחותו של הלקסון מקטינה אפשרויות השבירה כתוצאה מהברגת יתר. באופן כללי ישנן דרכים רבות לשימוש בלקסון ובנצול תכונותיו על-פני חומרים אחרים. רתוך אלקטרו-סוני מבטל השמוש בברגים, אטמים, מונע בע"יות הרכבה וחוסך ככה עבודה.

יחידה אחת — עדשות ומסגרות בצפוי מתכתי חוסכים בהוצאות ההרכבה. ניתן להשתמש בלקסון, שהוא בלתי שביר, לעדשות בלבד ולבטל על-ידי כך הטפול המיוחד בעדשה בטמפרטורות גבוהות, דבר שאינו ניתן להעשות לגבי אקריליק.

בסיכום — חסכון בזמן, בממון ובעיקר מניעת סיכויי השבירה של העדשה.

התוצאה הסופית — יחידה חזקה, טובה וזולה יותר מקודמתה.

סוכית בע"מ

רחוב המסגר 62 טל. 31990, 30244, ת"א.

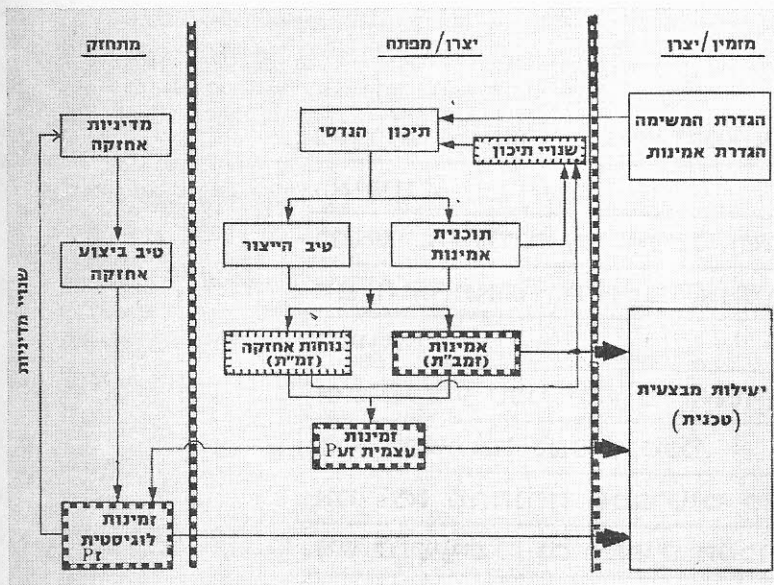


סיסמתנו — שרות, פתרון בעיות יעוד

- הדגמת אמינות על-ידי עריכת ניסויים מתאימים בנוסף לתחזית.
- אמינות לוגיסטית הכוללת זמ"ת (זמן ממוצע לתיקון), הש"פעת אחסון, אריזה, שינוע ואחזקה על האמינות והזמינות הכוללת.
- בנק אמינות בו מרוכזים נתוני אמינות על מרכיבים ופרייטים סטנדרדיים הנמצאים בשימוש כללי.
- נתוני תקלות שהם נתונים של כל התקלות שארעו במשך ניסויי הפיתוח וניתוח משמעות התקלות.

סיכום

אנו מקווים כי במסגרת המאמר הובהרו מספר מושגים הקשורים באמינות טכנית והומחש שהשגת יעילות מבצעית (מבחינה טכנית) מהצידוד תלויה בשיתוף הפעולה בין המזמין (המייצג גם את הצרכן), היצרן והגורם המתחזק. הקשרים הקיימים בין גורמים אלה הינם סבוכים למדי, אבל בקשר לנושא האמינות ניתן לתאר את הזיקה ביניהם בדיאגרמה ציור 5.



ציור 5: חלוקת האחריות בנושא אמינות בין הגורמים השונים

רמת הטכנולוגיה בימינו מאפשרת לבנות מערכות נשק אמינות ביותר. השגת האמינות הגבוהה אינה כרוכה בהכרח במחיר גבוה, לעומת זאת היא בלתי ניתנת להשגה אם הגדרת המשימה לקויה, כמו כן התועלת המבצעית שניתן להפיק ממערכת נשק תלויה לא רק באמינותו המתוכננת אלא גם במדיניות האחזקה ובפעולות מערך התחזוקה. מיקוד תשומת הלב על האמינות והזמינות של מערכות נשק החל משימת הפיתוח, דרך ניסויי הדגם ובחינת הקבלה וכלה באחזקה השוטפת יתרום לניצול מלוא הפוטנציאל של החימוש המופקד בידינו. ●

מספר הירות וכד') והזמן הנדרש לתיקון תקלה (זמן תיקון כפי שהוגדר לעיל). על-מנת לחשב אמינות יש להגדיר מה הן התקלות הרלוונטיות, לדוגמה, עבור טנק אלו יכולות להיות: איור (אי התהוות יריה מסיבה כלשהיא).

תקלה במערכת ההגבהה או הצידוד המונעת ביצוע הגבהה/צידוד.

תקלה אוטומוטיבית המונעת נסיעה בשטח. את הזמ"ת למערכת נחשב לפי נוסחה 4.

$$(4) \quad \lambda = \frac{2T}{\chi^2[(2n+1); (1-\alpha)]}$$

כאשר:

λ — הוא הזמ"ת המשוער (ביחידות של T).

T — מספר שעות עבודה (או קילומטרים או יירות וכד').

n — מספר התקלות שקרו במערכת במשך זמן T.

α — רמת מובהקות (בד"כ 90%).

χ^2 — ערך של פילוג χ^2 (עבור $2n+1$, שהן דרגות חופש ורמת מובהקות) כאשר הערך נלקח מהטבלאות המתאימות.

את הזמינות העצמית Pz ניתן לחשב לפי נוסחה 2ב/

אמינות של מערכות בפיתוח

אמינות של מערכות-נשק תלויה ישירות בדרישות האמינות של המשתמש והמשקל הניתן לבדיקות אמינות במשך פיתוח וניסויי המערכת ובעת קבלת ההחלטה על עמידת המערכת בדרישות הפיתוח. מכאן נובעת המסקנה שבמשימת הפיתוח יש להגדיר את האמינות הנדרשת מהמערכת ולדרוש מהמפתח תוכנית פעולה להשגת האמינות הנדרשת. תוכנית פעולה כזו צריכה לכלול את הנקודות הבאות:

- הגדרת המשימה הכוללת פרופיל-משימה מבחינת תנאי סביבה לדרישות בצוע.
- הגדרת התקלות המונעות ביצוע המשימה.
- דיאגרמת משבצות לאמינות המתארת את הקשרים בין חלקי המערכת מבחינת אמינות.
- משוואת חזוי אמינות שהינה תרגום דיאגרמת המשבצות לנוסחה מתמטית וחזוי האמינות הצפויה.
- ניתוח תקלות מבחינת אופי והשפעה על אמינות המערכת. ניתוח כזה מאפשר איתור הפריטים הקריטיים במערכת מבחינת אמינות והכנסת שינויים בתכנון בזמן מוקדם ככל האפשר.

איכות



ההינשים

מאת: מ.בן-נפתלי

בספרות המקצועית ניתן למצוא הגדרות רבות ושונות למושג
„איכות“.

במאמר זה נגדיר „איכות“ כהתאמה לשימוש.
המלה „התאמה“ מחייבת אותנו, על-פי ההגיון, לנקוט פעולת
השוואה.

איש-מקצוע טכני יודע כי כאשר דנים בהשוואה הרי שהמדובר
הוא בהשוואה למפרט טכני.

אנו נצא מההנחה שמפרטים טכניים קיימים ברוב המקרים
(יש להטעים כי גם המפרט הטכני כשלעצמו מחוייב בבדיקות
של התאמה לשימוש).

לצערנו, תודעת האיכות עדיין מעטה ובלתי מושרשת בקרב
העוסקים במקצועות הטכניים.

תופעה זו אינה נובעת כולה מרצון רע, אלא בחלקה מחוסר-ידע.
הגורם החשוב ביותר בהשגת איכות, הוא איש המקצוע
שפרנסתו ועיקר עיסוקו הינם בתחום השגת האיכות
(אנשי בקרת-איכות, בוחני הצרכנים וכד').

במאמר זה, כמעט ולא נדון בגורמים אלה, אלא נתרכז,
בדרך-כלל, ביצרנים ובצרכנים בלבד.

הצרכן ודרישותיו

נסקור תחילה את מניעי הצרכן, כי הוא הגורם המסוגל להניע את המערכת להקפיד על איכות הייצור. אם יעמיד הצרכן בפני היצרן, דרישות איכות, יאלץ האחרון לנקוט בצעדים להשגתה. אולם, הצרכן הישראלי הממוצע, כמעט ואינו מעמיד דרישות כאלו. על-מנת לקבל מוצרים בעלי איכות גבוהה, על הצרכן לנקוט בסדרת פעולות לפני רכישת המוצר, בעת הרכישה ולאחריה. צרכנים גדולים ישימו דגש על הצגת דרישות לפני הרכישה; צרכנים קטנים ישימו את הדגש על בדיקה בעת הרכישה ומעקב בעת השימוש.

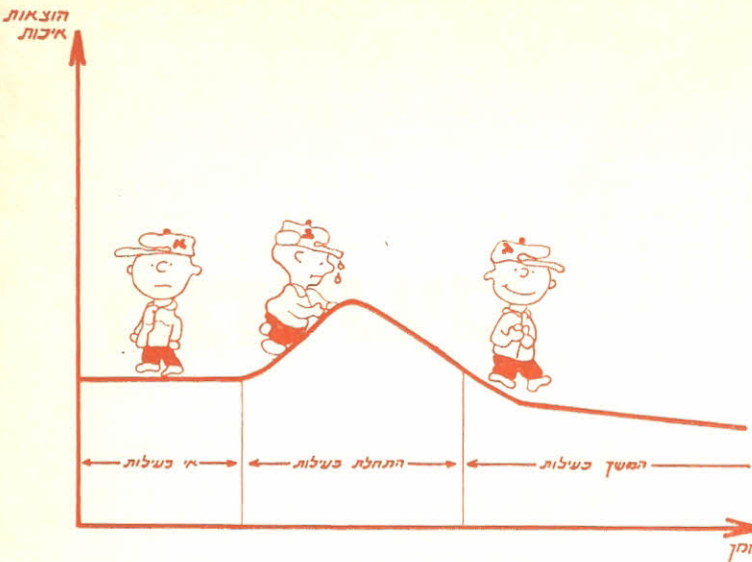
על הצרכן לדעת מה הוא צריך ומה הוא רוצה לקבל. דרישות אלו עליו להציג במפורט בפני היצרן. נוסף על כך, עליו גם לעמוד על זכויותיו ולוודא כי הוא אכן מקבל את אשר דרש. אולם לא די בכך, על הצרכן לנהל גם מעקב שוטף על דרך פעולתו של המוצר כדי שיוכל להתאונן, אם צריך, על ליקויים, לדאוג לתיקונים, ולהחליט אם ירכוש בעתיד את אותו המוצר. צרכן יסודי בודק גם תחליפים הקיימים בשוק, והמתאימים לצרכיו. בדיקה כזו עשויה להועיל לו והדבר יתבטא אולי במציאת מוצר מתאים יותר, או במציאת יצרן טוב יותר. עירנות והקפדה מצד הצרכן משמשים "איום" על היצרן ומניעים אותו למאמץ יתר להשגת איכות. רשלנות בקניה עלולה לדרדר את הקונה וכשלונותיו ברכישת מוצרים ירדפוהו. כאשר יחליט אותו צרכן להקפיד על איכות, יהיה זה לאחר הפסדים כספיים ניכרים.

מוניעי היצרן

היצרן מונע לפעילויות להשגת איכות על-ידי דרבון הנעשה על-ידי הצרכן. מציאות זו מקורה באי-הבנת המושג איכות על-ידי חלק מהיצרנים ומחוסר אמונתם בתועלת שיפיקו מייצור מוצר באיכות נאותה. בעיני היצרן מצטיירת הפעולה להשגת איכות כפעולה הכרוכה בהשקעה כספית. ואכן, פעילות האיכות דורשות הקצאת כוח-אדם מעולה, שכלול כלי-עבודה והקדשת זמן לנושא.

במקרים רבים קיים אצל היצרן הרצון לייצר מוצרים באיכות נאותה, אולם רצון זה "נעלם" לו אי-שם בין הדרג המנהלי הזוטר לבין העובדים. לכן, רק מנגנון קבוע ואמצעים מיוחדים שיוקדשו לנושא האיכות ישאו פרי (בהמשך נדון בשיטת ההפעלה של מנגנונים להשגת איכות).

יש שני גורמים היכולים לחייב יצרן להקדיש מאמץ לפיקוח על איכות תוצרתו: הגורם הראשון, הוא התמודדות בתחרות ייצור. במקרה כזה, שומה על המפעל לבדוק עצמו מבחינת השקעותיו והפסדיו בייצור ולבחון את העלאת יכולת המכירה של מוצריו. ללא מעקב אחר פעולות אלה, עלול היצרן לאבד את השוק למוצריו. גורם נוסף לכך הוא דרישה מפורשת מטעם הצרכן לקיום פיקוח על האיכות, והדבר מופיע בחוזה העבודה.



הוצאות איכות = הוצאות בגלל כשלונות + הוצאות על כשלויות להשגת איכות

בציור 1, אנו רואים שלושה יצרנים: יצרן א' אינו יודע עד כמה הוצאות האיכות שלו גבוהות, הוא רואה רק את ההוצאה המיידית הטמונה בפעילויות להשגת האיכות, ולכן אינו עושה דבר בנידון. יצרן ב', מחליט לנסות לשפר את איכות מוצריו. בתחילה זה קשה, אך בסופו של דבר הגמול מובטח לו. יצרן ג', הגיע כבר לשלב מתקדם ומתחיל לראות ברכה בעמלו.

ידועים מקרים בהם ההקפדה על איכות ופיקוח היתה בתחילה תוצאה של דרישה עקשנית מצד הצרכן. ולאחר מכן נשתרשה מערכת בקרת האיכות במפעל.

קיים סוג נוסף של יצרנים אשר במתכוון אינם פועלים להגברת האיכות. הם מודעים לעובדה שניתן לעמוד בקלות על מחיריהם, לוחות הזמנים והכמויות שהם מייצרים. קשה יותר לבוא בטענות על איכות מוצריהם כי אפשר תמיד להוכיח ולהאשים את המשתמש במוצרם.

מנגנון בקרת האיכות

הכלי היעיל ביותר שבאמצעותו יכול היצרן לפקח על איכות מוצריו הוא מנגנון בקרת-האיכות. כדי שמנגנון זה יפעל חייבים להתקיים שלושה תנאים יסודיים:

- על היצרן לדעת במדויק מה הוא אמור לעשות (מפרט טכני).
- על היצרן לדעת מה הוא עושה למעשה (יכולת מדידה והשוואה).
- על היצרן להקצות כוח-אדם ואמצעים מיוחדים

נקודת השקפתו של הצרכן

גם לרשות הצרכן עומדים כלים רבים ומגוונים להבטחת איכות התוצרת אותה הוא רוכש. עליו לדעת לבחור בדרך המתאימה לו על-פי אופי המוצר הדרוש לו; מחירו, תדירות רכישתו, הכמויות הנרכשות, והאמצעים הכספיים.

הדרך הפשוטה ביותר הינה מעקב אחר מוניטין של יצרנים ורכישת מוצרים אך ורק מיצרנים שתוצרתם הוכחה כבעלת איכות. שיטה זו היא אמנם שטחית, אך עדיפה על-פני אי-בדיקה כלל; שכן לצרכן בודד קשה לקיים מעקב אחר יצרן. דרך נוספת ומקובלת אצל צרכנים פרטיים היא הבטחה מפני תקלות באמצעות אחריות, פיצויים או אחזקה שוטפת על חש-בון היצרן. שיטה זו מקילה אמנם על הצרכן, אך היא טומנת בחובה חסרונות רבים: מחיר מתן האחריות ויתר השרותים יזקפו בעקיפין על הצרכן, היצרן לא יפצה את הצרכן על כל הנזקים העקיפים שנגרמו עקב התקלות. שיטה זו גם פותחת פתח למיקוח משפטי "מי אחראי".

אמצעי נוסף הוא ביצוע בחינות מדגמיות. כאן לא נפרט ב-איזה מקרים ובאילו שיטות מבצעים בחינות אלו. אולם רק בדרך זו ניתן לערוך בדיקה מקיפה וטובה על כמות קטנה של מוצרים ולהסיק מהם על כל המוצרים. שיטה זו דורשת לימוד ושימוש זהיר כי היא עלולה להיהפך למכשול גם ל-יצרן וגם לצרכן אם אינה מיושמת בצורה הנכונה.

השיטה האחרונה, שנציין בהקשר זה, היא בדיקת כל פריט בנפרד. על-אף יסודיותה היא בעלת יתרונות ומגבלות. נוק-טים בשיטה זו כאשר יש צורך לייצר פריטים בטיחותיים יקרים, מסוככים או מעטים. חסרונה העיקרי, של השיטה, מתבטא בחוסר היכולת להתמיד בבדיקות כמות גדולה של מוצרים ולבצע זאת כהלכה ל-אורך זמן.

תיאום בין היצרן לצרכן

בארצות מתועשות ומפותחות מסתמנת מגמה לשלב את פעי-לויות אבטחת האיכות של היצר-נים והצרכנים. הקושי העיקרי ב-יישום שיטה זו נעוץ בתכנון מדוי-יק מאוד של "חוקי משחק". אמ-נם, פותחו תורות סטטיסטיות ה-מאפשרות לשני הצדדים לדעת את הסיכונים שהם נוטלים על עצמם בכל סוג של תכנית

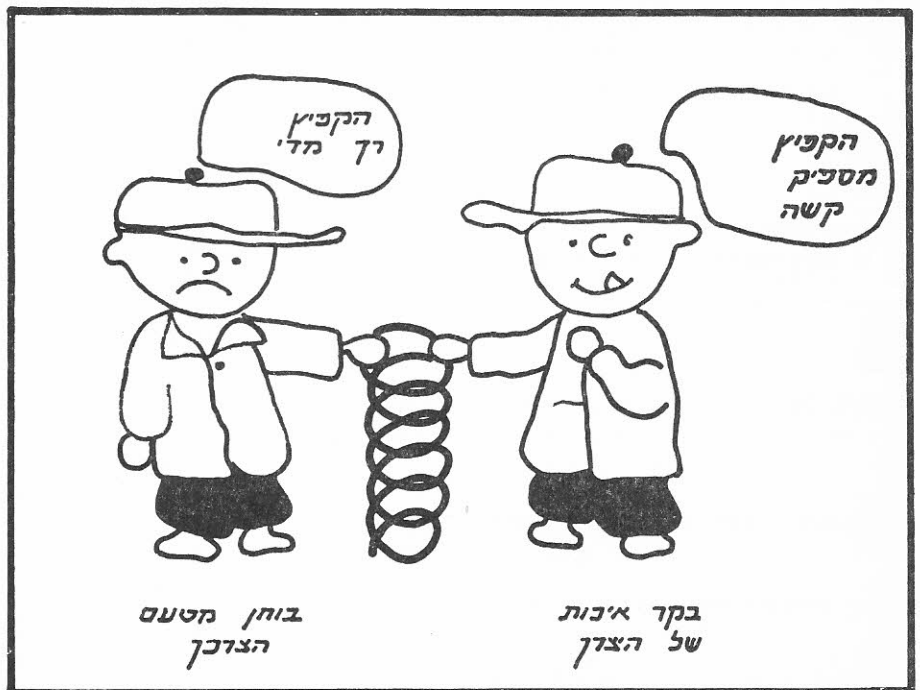
לנושא בקרת האיכות על-מנת שיעסקו בו בנושא עיקרי.

למושג "בקרה" בדומה למושג "איכות", יש פרושים רבים בספרות המקצועית; להלן אחד מהם: "מערכת פעולות ל-תיקון הסטיות מהדרישות"; מכאן נבין שהגדרת המושג בק-רת-איכות פירושה: "מערכת פעולות לתיקון הסטיות מהדרי-שות במגמה להשיג התאמה לשימוש". כאן המקום להטעים כי בקרת האיכות המודרנית גורסת פעילויות של בקרת-איכות בכל שטחי התעסוקה במפעל. לפי גירסה זו, מנהל בקרת האיכות הוא יד-ימינו של מנהל המפעל. במסגרת ה-מאמר, לא נפתח את הנושא ונצטמצם במערכת העוסקת בצד הטכני של איכות המוצר.

כדי להקל על היצרן את ההתלבטויות הכרוכות בהחלטה להקים יחידה לבקרת-איכות, ניתן להלן נקודות אחדות ל-מחשבה.

- השגת איכות טובה יותר, אין פירושה ייצור יקר יותר.
- אין צורך להשתמש בחומר יקר מהנדרש.
- תן דעתך. אולי אתה משתמש במכונה או בתה-ליך יקרים מהמינימום הדרוש.
- חשוב, ייתכן והוטלו עליך טולרנסים, "צפופים מדי" בהשוואה לדרוש.
- אולי אתה זורק יותר מדי חומר גלמי או מעובד.
- בדוק עצמך, אולי אתה מייצר בסיכום מוצר יקר מדי בהשוואה לדרוש.
- חסוך כסף, הקם מערכת בקרת-איכות במפעלך.

שיתוף פעולה בין היצרן או נציגו לבין הצרכן או נציגו, הינם ערובה לאיכות.



עצמי, והאחר, הגדלת צוות העוסקים בשיפור האיכות. להפעיל את שיטה זו דרושים: „משוגע לדבר“, תימוכין מצד ההנהלה ותקציב זעיר.

אבטחת-איכות בה הם נוקטים. העיקרון בשיטה זו הוא: יותר פעילויות אבטחת-איכות מצד היצרן מאשר פעילות מצד הצרכן.

עמדנו במאמר זה על החשיבות המכרעת ה-טמונה בהפעלת מערכת לבקרת איכות. אולם רק שיתוף-פעולה אמיץ מצד הצרכן והיצרן, ה-ניזון גם משיתוף פעולה של העובד, יוכלו להעלות את הנושא על „פסים מעשיים“. חשוב להדגיש כי הפעלת פעילויות מסוג זה אינן דורשות השקעה כספית רבה מצד היצרן, אלא דורשת ממנו הכרה כי רק בדרך זו יוכל לעלות על פסים יצרניים בין-לאומיים. יצרן שעדיין מתלבט האם כדאי לו ליצר מוצרים בעלי איכות, או צרכן שטרם החליט האם כדאי לעמוד בתוקף על דרישותיו, יעשו זאת בהקדם. מי שהחל בפעילויות להשגת איכות, ימשיך ואל נא ירפה אף אם הגמול המיידי אינו נראה ב-אופק.

פעילויות הצרכן מתרכזות באימות מהימנות פעילויות היצרן. יש להטעים כי בשיטה זו אין הצרכן מבטיח את איכות המוצר באופן ישיר, אלא עקיף, באמצעות בקרה על היצרן. בשיטה זו חשוב מאוד לקבוע את מקומם הנכון של כל הישגים שותפים בייצור וברכישה במערכת. יש לדאוג לכך שגורמים כגון: ספקים, תמחירנים, מנהלי-ייצור, מחסנאים ודומיהם, לא יפריעו לבקרי האיכות של היצרן ולבוחנים מטעם הצרכן ולנהל מגע-טכני ישיר ביניהם.

נסיונות שנעשו בארץ להפעלת שיטה זו, הצליחו רק במקרים בהם הגדרת המוצר (מפרט טכני) היתה מפורטת ומדוייקת. בכל יתר המקרים, נוצרו מיד חיכוכים בין היצרן לבין היצרן, כי הרי לא ייתכן שמערכות בקרת-איכות תהיינה יעילות ללא הגדרה מדוייקת של המוצר. יש לראות חיכוכים אלה כטבעיים, וברוב המקרים הינם תוצאה טבעית של נקודת-מבט סובייקטיבית על נושאים טכניים.

בעייה זו מביאה לידי סתירה, כי מערכות שלמות של ייצור, ובעיקר שיקום, נמנעות מלהיכנס לפעילויות של אבטחת האיכות, בהעדר מפרטים טכניים ועל-ידי-כך מאבדות את הסיכוי ל„נצל“ את יתרונותיהן של מערכות בקרת האיכות להורדת מחיר תוצרתם ולשיפור תהליכי העבודה שלהם. קיימים מקרים בהם גם המערכות היצרניות (או המשוקמות) וגם מערכות הבחינה מטעם הצרכן כפופות לגורם אחד בלבד (צה"ל ומערכת הבטחון הינם דוגמה טובה לכך). במקרים אלה יש לנסות ולפתח מערכת בקרת-איכות משולבת, אף בהיעדר מפרטים טכניים מדוייקים. הדבר אפשרי מבחינה מעשית כי תמיד ניתן למצוא „כתובת“ שתקבע ותחליט החלטות.



* כל שעה יפה לביטוח — כל שעה יפה לביטוח *

פרחי

סוכנות לביטוח בע"מ

ל ש ר ו ת כ ם

כוחות הביטוח

בטח דירתך, בטח רכבך וסיכונים אחרים,
דאג לביטוח עתידך ולעתיד
בני משפחתך וילדיך.

הצטרף לביטוח חיים משלים כולל כל הסיכונים
עם השתתפות מס הכנסה בפרמיה.
מקסימום ביטוח — מינימום תשלום

גם אתה הצטרף עתה!

לביטוח הנושפה

תשלומים חודשיים ע"י מת"ש.
המשרד לשרותכם משעה 8.30 עד 19.00 ללא הפסקה.
רח' ויצמן 13, ת.ד. 60 גבעתיים, טל. 726-656-733-110

מגיע למשפחתך יותר!
יותר ביטוח חיים, יותר תשומת לב,
יותר ביטוח חיים!

* כל שעה יפה לביטוח — כל שעה יפה לביטוח *

העובד כגורם באבטחת האיכות

על כה ייחדנו את נושא אבטחת-האיכות לציבור היצרנים, אולם אסור להתעלם מהדרג היצרני הנמוך — העובד — ויש לעודדו ולהניעו למען ייתן דעתו על הפעילויות לאבטחת-איכות.

שיטה זו קרוייה „אפס ליקויים“. במסגרת הפעילויות מוזמן העובד להגיב על ליקויים בסביבתו הקרובה. על תגובותיו הוא זוכה גם לפרס צנוע מטעם המפעל. במקרים אחרים, נקבעים לעובד או לקבוצת העובדים יעדי-איכות הדרגתיים. גם כאן העמידה ביעדים מביאה בעקבותיה סימני הכרת תודה מטעם צמרת המפעל. לשיטה זו שני יתרונות בולטים: האחד, „הוצאת“ העובד מהשגרה האפורה ומתן הרגשת ערך

טוביה נורגלית

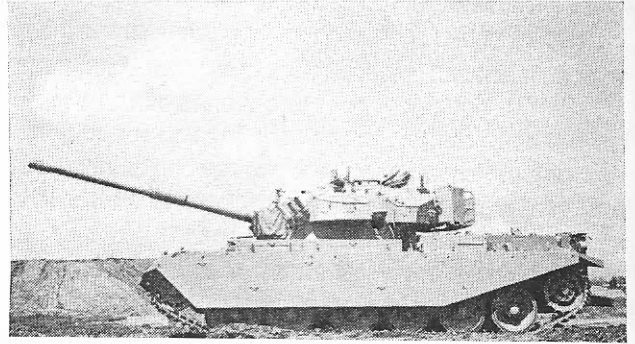


אחד הדברים האופייניים בהתפתחות הטנק במשך עשרות השנים האחרונות הוא המאבק הצמוד בין עצמת האש של התותח לבין כושר ההגנה של שריון הטנק. שינויים בתחום האחד, גררו כתגובה, שינויים בתחום האחר. לשאלה, הנשאלת בתדירות בקרב המומחים, „היוכל התותח לשריון שממולו?” טרם ניתנה תשובה חד-משמעית. תחילה יש להגדיר את התנאים המיוחדים של זירת הקרב הנדונה כגון: טווח, זווית-תקיפה וכד'.

במאמר זה, נסקור את תותחי הטנקים הבולטים, תוך התייחסות להתפתחויות הצפויות בתחום זה בעתיד הקרוב.

תותח בריטי 105 מ"מ

תותח הבריטי בקוטר 105 מ"מ, נחשב לתותח הרק"מ הנפוץ ביותר, ואומץ על-ידי מספר רב של מדינות כמערכת-נשק עיקרית בטנקי המערכה שלהן. נוסף על היותו מותקן בטנק



הבריטי "סנטוריון" (ראה תמונה למעלה), הוא מצוי גם בשימוש ה"לאופרד" הגרמני, ה-M48A3 הישראלי, הטנק השוודי "S", ה-M60 האמריקני, ה-PZ61/68 השווייצרי וה-"STB" היפני ועוד.

בתחילה פותחו על-ידי הבריטים, עבור תותח זה, שני סוגים עיקריים של תחמושת: חודר שריון/מנעל ונפיץ/מעריך. האמריקנים הוסיפו על אלה את הנ"ט/נפיץ (על עקרון המטען החלול). כיום מצוייד התותח במגוון רב יחסית של סוגי תחמושת, דבר המאפשר למפקד הטנק לבחור בפגז המתאים ביותר לכל מטרה.

מהירות-הלוע הגבוהה, בעיקר של תחמושת חודרת שריון/מנעל (1,500 מטר לשניה בקירוב), מקנה לתותח דיוק מקסימלי ורגישות נמוכה לסטיות מהתנאים עבורם חושב לוח הטווחים. אף כי התותח ותחמושתו נחשבים למרכיבים הבסיסיים בקביעת עוצמת האש של הטנק, יש להטעים בהקשר זה גם את מערכת בקרת האש התורמת רבות לשמירת רמת הביצועים של מערכת הנשק.

ואכן, במציאות ניתן לפגוש את תותח ה-105 מ"מ כשהוא מותקן בהרכבי מערכות בקרת-אש שונים, החל מהמערכת הפשוטה המצוייה ב"סנטוריון" והכוללת פריסקופ בלבד, דרך ה-"M48" הכולל בנוסף מד-טווח, וכלה בדגמים האחרונים של ה-"M60" שהוא בעל מערכת בקרת-אש משוכללת הכו-ללת: מד-טווח לייזר, מחשב-ירי ומערכת-ייצוב.

תרומת מד-הטווח לדיוק הפגיעה, איננה מבוטלת כלל. ניתן להמחיש זאת על-ידי הנתונים הבאים: שגיאה של 20% בהערכת הטווח — הנחשבת לסטיה מקובלת — גורמת לסטיה אנכית בנקודת הפגיעה במטרה בטווח של אלפיים מטר בש"עור של 2.2 מטרים עבור תחמושת חודרת-שריון ומנעל, 6.4 מטרים עבור נ"ט/חלול, ו-20 מטרים עבור נפיץ/מעריך.

תרומתה העיקרית של מערכת הייצוב הינה בתחום תפעול התותח תוך כדי תנועה. העובדה כי התותח נשאר מכוון פחות או יותר אל המטרה, ללא תלות בתנועות שעושה הטנק, משפרת את מהירות ההפעלה, גורם בעל חשיבות מכרעת בלוחמת שריון.

תותח בריטי 110 מ"מ

תותח זה מצוי עדיין בשלבי פיתוח ואין עליו כרגע פרטים רבים. נראה, כי תותח זה בא במקום התותח בקוטר 120 מ"מ שלא סיפק את הבריטים בשל כוחות רתיעה גדולים יחסית, משקל הטנק המתחייב מכך, הצורך בטיפול בתחמושת נפרדת ועוד. הקליבר בן 110 מ"מ נמצא אופטימלי לתותח נגד-טנקי בעל עוצמת אש מקסימלית, ללא המגבלות והסרבול שהיו קשורים בתותח 120 מ"מ.

תותח רוסי 100 מ"מ

תותח הרוסי בקוטר 100 מ"מ מותקן בטנקי המערכה T-54 (ראה תמונה למטה), ו-T-55 המצויים גם בשרות ארצות-ערב. תותח זה התבסס על שני סוגים עיקריים של תחמושת: חודר-שריון וחודר-שריון-נפיץ, שהינם מיושנים מב-

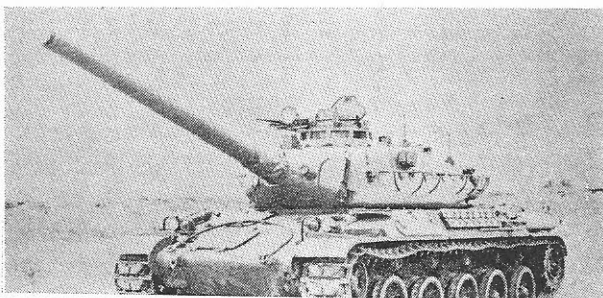


חינת עקרון פעולתם. גם מהירות הלוע המגיעה לכדי 900 מטר לשניה, נחשבת כיום לנמוכה עבור תותח נ"ט מודרני. לאחרונה נודע על קיומה של תחמושת נ"ט/נפיץ (חלול) עבור תותח זה, כך שבצועי המערכת מבחינת חדירת שריון, השתפרו בהרבה.

מערכת בקרת האש המותקנת בטנקי T-54 ו-T-55, מיושנת אף היא וכוללת אמצעי תצפית וכינון בלבד. כדי להקל על הערכת הטווח, שהינה הבעייה העיקרית בירי נ"ט, מצוייד הטלסקופ בסימון "עקומת טווחים" המאפשרת לתותחן לקבוע בדיוק רב יחסי אל הטווח אל מטרת טנק תקני שגובהה 2.7 מטרים. ב-T-55, המתקדם יותר, קיימת גם מערכת-ייצוב.

תותח צרפתי 105 מ"מ

תותח הצרפתי בקוטר 105 מ"מ, פותח על-ידי הצרפתים במערכת הנשק העיקרית של טנק המערכה AMX-30. (ראה תמונה למטה).



הצרפתים כהרגלם מימים ימימה נתגלו גם במקרה זה כחסידי פגז הנ"ט/נפיץ (חלול) כתחמושת עיקרית ללוחמת שריון. לפגז זה מהירות-הלוע של 1,000 מטר לשניה ודיוק יחסי גבוה, אף שאיננו מגיע לרמת הדיוק של חודר-שריון/מנעל בריטי.

הבליעה בנפרד, מאפשרים לטען לטפל ביהירות-משקל קטן נות יחסית. גם המטען בתותח זה שונה מהמקובל בתחמושת לתותחי רכב-קרב; הוא אינו כולל תרמיל, אלא ארוז בשקית-בד, כאשר בעיית אטימת מערכת המכנס — שהינה כה פשוטה בתרמיל (דפנות התרמיל מתפשטות כתוצאה מלחץ הגזים ונצמדות אל בית הבליעה), נפתרת כאן באמצעות טבעות-מתכת מיוחדות הקבועות בסדן ובחלקו האחורי של הקנה. בשעת הירי, כאשר הסדן סגור, גלחצות הטבעות זו כנגד זו ויוצרות את האטימה הנדרשת.

התותח מצויד בשרוול בידוד תרמי להקטנת תופעת כיפוף הקנה. במקום מד-טווח, שהינו האמצעי המקובל למדידת טווח חים, משתמשים הבריטים במקלע-טיווח תירגולת הירי הנה כדלקמן: יורים במקלע הטיווח עד להשגת פגיעה במטרה ורק אז יורים בתותח. יתרונה של שיטת טיווח זו, מתבטא בכך שהיא מביאה בחשבון תיקונים הנובעים משינויים אט-מוספריים: רוחות לדוגמה. חסרונותיה, לעומת-זאת, הינם משך הזמן הארוך הדרוש עד להוצאת כדור ראשון, והעובדה שה-טיווח על-פי שיטה זו מוגבל בטווח.

תותח גרמני 120 מ"מ

א' תותח הגרמני בקוטר 120 מ"מ, מצוי עדיין בשלבי פיתוח ואין עליו פרטים רבים. תותח זה עתיד להיות מותקן בדגמים החדשים של טנק המערכה "ליאופרד". על-פי המידע הקיים, מותקן בו קנה חלקיקדה ותחמושת מיוצבת סנפירים.

תותח רוסי 155 מ"מ

א' תותח הרוסי בקוטר 115 מ"מ, מותקן בטנק המערכה T-62. (ראה תמונה למטה).

הדבר המאפיין במיוחד תותח זה, היא העובדה כי יושם בו לראשונה הרעיון של קנה חלקיקדה. בכך התאפשר השימוש באבקת-שריפה "חמות" יותר ללא חשש לבלאי גדול, מגבלה הקיימת בקנה המקובל בעל החריקים.

הרוסים אמצו במערכת-נשק זו טכניקות מודרניות לייצור תחמושת המקובלות במערב, ואכן סוגי הפגזים העיקריים בתותח הם: חודר-שריון/מנעל ונ"ט/נפיץ. כדי להתגבר על בעיית הייצוב, הנפתר בקנה מקובל בעל חריקים על-ידי



סחרור, תוכננו הקליעים עם סנפירים המקנים לקליע יציבות אווירודינמית בעת המעוף. תחמושת התותח אחידה ובעלת רמת ביצועים שאיננה נופלת כנראה מרמת הביצועים של תותחי הנ"ט המתקדמים במערב.

יתרונו הבולט של פגז זה, נעוץ בעובדה שכושר חדירת השר-יון שלו (כ-400 מ"מ בזווית פגיעה של 0°), איננו תלוי בטווח אל המטרה (בתנאי שהושגה כמובן פגיעה).

אמוץ תחמושת הנ"ט/נפיץ, העמיד בפני מתכנניה בעיה קשה: סחרור הפגז, שהינו חיוני לצורך ייצובו במסלול תעופתו, משפיע באופן שלילי על יעילות החדירה של המטען החלול (סילון הגזים מתבדר כתוצאה מכוחות צנטריפוגליים). בעייה זו נפתרה על-ידי בניית הפגז כך שחלקו החיצון מסתחרר על מיסבים, בעוד שחלקו הפנימי, הנושא את מטען הנפיץ החלול, קבוע וכמעט שאיננו מקבל תנועה סיבובית (לא ניתן למנוע באופן מוחלט העברת תנועה סיבובית למטען החלול עקב חיכוך במיסבים, אך ניתן להקטינה עד למצב בו השפעתה איננה משמעותית).

ב-AMX-30 מותקן מד-טווח ליזר מדויק, שבאמצעותו ניתן למדוד טווחים עד 6.000 מטרים בדיוק מקסימלי של 5 מטרים. כן צויד התותח בשרוול בידוד תרמי העוטף את הקנה, ומבטיח חלוקת-חום אחידה בהיקפו ומקטין את תופעת כיפוף הקנה (תופעה הנוצרת כתוצאה מהבדלי טמפרטורות בהיקף הקנה עקב קרינה או רוח).

תותח בריטי 120 מ"מ

במגמה לשפר את עצמת האש של הטנק, בהשוואה לזו של התותח 105 מ"מ, פיתחו הבריטים תותח 120 מ"מ המותקן בטנק המערכה "צ'יפטין" (ראה תמונה למטה).



גם תותח זה מצויד בשני סוגים עיקריים של תחמושת: חודר-שריון/מנעל ונפיץ/מעיד. כדי לשמור על גדלם של כוחות הרתיעה בתחום סביר, ולא לעלות יותר מדי במשקל הטנק, נאלצו המתכננים להגביל את מהירות הלוע של קליע החודר-שריון/מנעל ל-1,400 מטר לשניה (יחסית ל-1,500 מטר לשניה בקירוב בתחמושת המקבילה בתותח 105 מ"מ).

כתוצאה מהגדלת משקל הקליע, תוך כדי הקפדה על מקדם בליסטי גבוה ככל האפשר, שופר כושר חדירת השריון בסדר גודל של 10%—20 (המקדם הבליסטי, הינו מושג המתייחס למידת השפעת כוחות הגרר האווירודינמיים על תנועת הקליע, ככל שהמקדם הבליסטי גבוה יותר מפסיד הקליע פחות ממהירותו — כתוצאה מהתנגדות האויר).

לתותח זה תכונות אופייניות, המייחדות אותו מתותחים אחרים. בשל הקליבר הגדול ומשקל התחמושת אומצה התפיסה של "תחמושת נפרדת" שהינה חדשנית במערכות-נשק בטנ-קים. ההפרדה בין הפגז לבין המטען, הנטענים כל אחד לבית

אסבסטוס וכימיקלים חברה בע"מ

יצרני סרטי בלמים, מעצורי דיסק
ובטנות למצמדים לרכב אזרחי וצבאי
חוטי, חבלי, סרטי ובדי אסבסט

ת.ד. 86 תל-אביב טל. 778121-3

מטרסו ושות' בע"מ

תל-אביב, רחוב הרצל 154
טל. 820720 — 822834

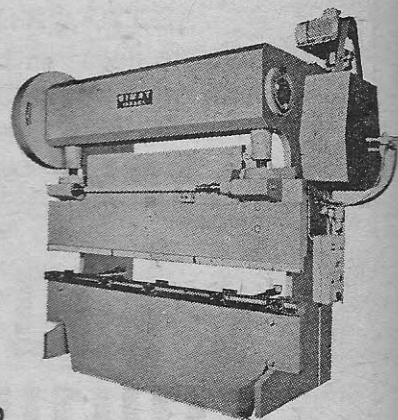


אספקה טכנית
כלי עבודה
ברגים נוכל הסוגים

מרכז הסתדרות המורים בישראל

בן סרוק 8, תל-אביב

סימת חולון



מכבש כיפוף

יצרני:

• מכבשי כיפוף עד 3600 מ"מ רוחב
וכח לחץ 140 טון

• גליוטינות לחיתוך פח עד 3050 מ"מ רוחב
ועובי הפח 1/4" (6.35 מ"מ)

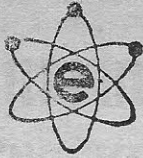
• גלגלות הרמה 1/2 טון : 1 טון

• אספקה מידית • שרות תקונים מהיר

מח' המכירות: "סימת" אזור התעשייה חולון.
טל. 03-849111

הסוכן: ד. רעיון סוכנויות בע"מ, רח' עקרון 7 ת"א.
טל.: 03-262356

כור מתכת בע"מ
מפעל סימת חולון



אלקטרונית בע"מ

ייצור וחידוש חלקי חשמל
למכוניות רכב כבד ומרקטורים



עוגנים כותנעים, דינמו,
אלטרנטורים



עמנואל טרכנון,

המשרד: תל-אביב, רח' שלמה 40, טל. 826172
המפעל: קרית שמונה, איזור התעשיה
טלפון 067-40475

בית יציקה הידרו לחץ

- יציקות אל ברזליות
- יציקות לחץ
- יציקות מבלטייד (קוקיליים)



רח' שלמה 46, תל-אביב, טל. 825113

„נל"בו אלומיניום"

חברה לשווק פרופילים
ואביזרים בע"מ

רח' הזרם 5 יפו (ע"י בלומפילד)
טל. 827538



"ALUMINIUM WAREHOUSE"
PROFILES & ACCESSORIES MARKETING
LTD.

Str. Azerem 5 (Blumfeld)
JAFFA Tel. 827538



אסקו חברה להספקה הנדסית בע"מ

תל-אביב, טלפון: 621792, 613472

ESCO

ENGINEERING SUPPLIES LTD.

Tel-Aviv, phone 613472, 621792

ספקי ציוד ליטוש, ציוד מוסכים
ומשאבות מופעלות באויר דחוס

M.B.T-70 — שפיתוחו עורר סערה בארה"ב. ל-XM-81 פגז נ"ט/נפיץ בעל מהירות-לוע נמוכה יחסית, 690 מטר לשניה וטיל נ"ט מטיפוס "שיללה". ל-XM-150, בעל הקנה הארוך יותר, בנוסף לפגז הנ"ט/נפיץ וטיל "שיללה", תחמושת חודרת-שריון/מנעל בעלת מהירות לוע גבוהה.

בטנק האמריקני M.B.T-70, שפיתוחו הופסק כתוצאה מחריגה בתקציבי הפיתוח, הותקנה מערכת טעינה אוטומטית שחסכה את איושו של איש צוות רביעי (טען) והקנתה למערכת הנשק כושר תפעולי גבוה. זאת כמובן בנוסף לתכונות הדיוק וכושר חדירת השריון בהם מצטיין תותח זה. תכונות נוספות שמן הראוי לציין הן: התרמיל המתכלה, המקטין את משקל התחמושת ופותר את בעיית האחסון של תרמילים לאחר הירי. בעיית אטימת מערכת המכנס נפתרה כאן על-ידי סדן בורגי המופעל אוטומטית באמצעות מערכת-חשמלית.

סיכום

רבע מגמות בולטות כיום בהתפתחות הנשק הנגד-טנקי:

- גדול בקליבר
- שיפור ביעילות התחמושות
- העלאת שיעורי מהירות-הלוע
- שיפור מערכות בקרת האש

האפשרויות הטמונות בשתי המגמות הראשונות כבר מוצגו; הן קליבר האופטימלי של תותח מקור-בל הוא בין 110—120 מ"מ; ותחמושת חודרת-שריון/מנעל ונ"ט/נפיץ תמשיכנה כנראה לשלוט בכיפה גם בעתיד. עיקר ההתפתחות צפוי דוקא בשני התחומים האחרונים. אימוץ קנה חלקיקדה יעלה, ללא ספק, את מהירות הלוע לערכים קרובים ל-2.000 מטר לשניה. בתחום בקרת האש צפויות מערכות מתוחכמות שתכלולנה מדי-טווח לייזר, מערכת-ייצוב מדוייקת, שתאפשר ניהול-אש תוך כדי תנועה, ומחשב-ירי שיבטיח תפעול מהיר ומדוייק של התותח. כל אלה יגבירו את עצמת האש של הטנק ויגדילו לו את הטווח היעיל של נשקו. ●

ומגבלות של התותח המקובל, בעיקר בטווחים הארוכים (מעל אלפיים מטר), שבהם יורדים סיכויי הפגיעה באופן ניכר, עוררו שוב ושוב את השאלה האם לא עדיף ליישם טילי נ"ט כמערכת-נשק עיקרית בטנקים. תכונתם של טילי הנ"ט מונחים היא שרמת דיוקם איננה כה רגישה לעלית הטווח כמקובל בתחמושת תותחים. על-כן הטווחים הארוכים הינם בעלי סיכויי פגיעה, הרבה יותר גבוהים.

סקרים שנערכו במטרה לאסוף מידע על שכיחות קרבות "ש" ב"ש" בטווחים השונים הוכיחו שמרביתם מתקיימים בטווחים הקצרים. פילוג אופייני של טווחי-מגע, על-פי מחקר נאט"ו, מצביע על הנתונים הבאים:

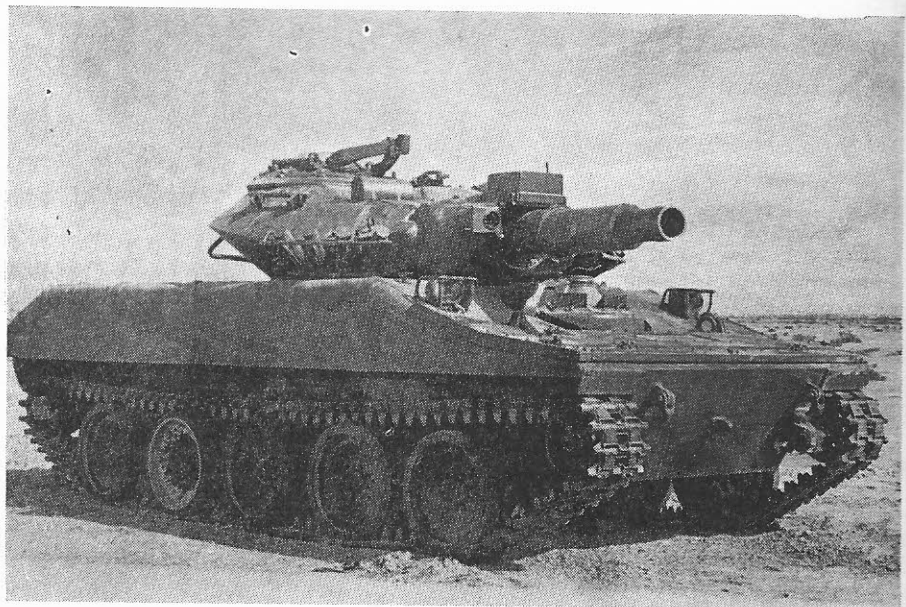
50% מהקרבות נערכו בטווחים עד אלף מטרים; 25% מהקרבות נערכו בטווחים בין אלף לאלפיים מטרים; 19% מהקרבות נערכו בטווחים בין אלפיים לשלושת אלפים מטרים; 6% מהקרבות נערכו בטווחים מעל לאחרון.

נתונים אלה חזקו את עמדת המצדדים בתותח, מה גם שמחיר הטיל גבוה בסדר-גודל של פי 20 מזה של כדור מקובל. כדי לעקוף את הבעייה וליהנות מיתרונות שתי המערכות; פיתחו האמריקנים את תותח ה-152 מ"מ. התותח משמש כמערכת-נשק דו-תכליתית המאפשרת בחירה בין ירי בתחמושת מקור-בלת מחד-גיסא, וטילים מונחים מאידך-גיסא.

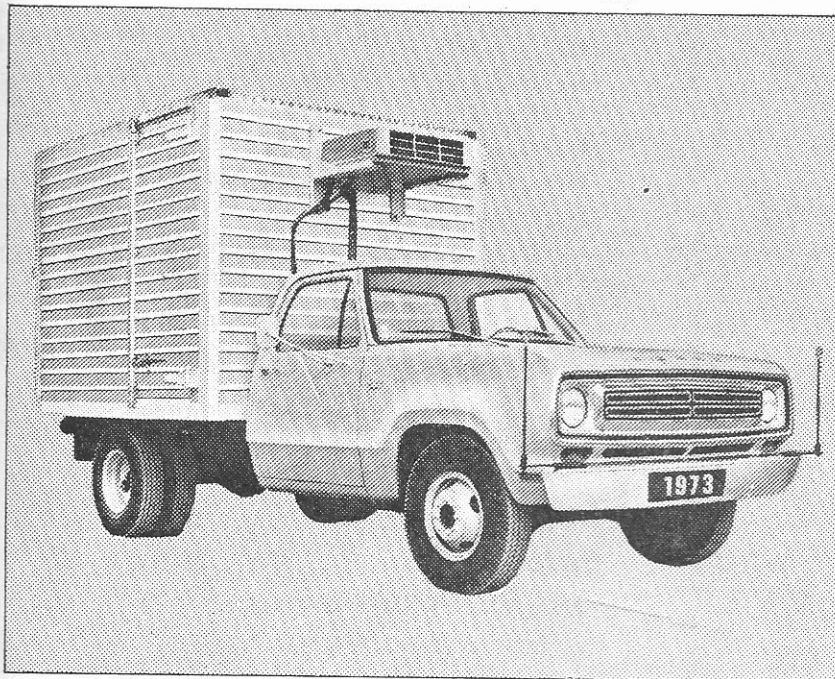
התותח בן 152 מ"מ קיים בשתי מתכונות:

- XM-81 המותקן בטנקי ה"שרידן" ובדגמים האחרונים של ה-M-60; ● וה-XM-150 שהותקן בטנק המערכה האמריקני

תותח 152 מ"מ XM-81 המותקן בטנק "שרידן"



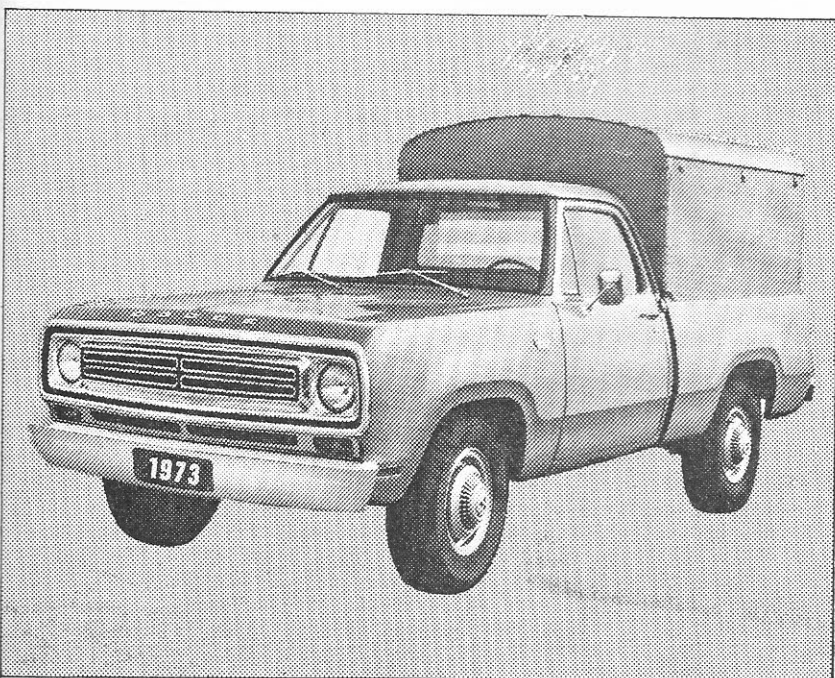
סמוך על הדוג.



D-300

מנוע 6 צילינדר גדול
משקל כולל 4550 ק"ג
אורך הארגז 274 ס"מ או 365 ס"מ
רוחב כללי 240 ס"מ
4 הילוכים והילוך אחורי

חדוש בלעדי עולמי:
הצתה אלקטרונית Electronic Ignition
(ללא פלמינוח)



D-100

מנוע 6 צילינדר
משקל כולל 2500
(ממען מורשה 800-900 ק"ג)
אורך ארגז למעט 200 ס"מ
3 הילוכים סינכרוניים
חספר נוסעים 8 בארגז
3 בתא הנהג.



בית קרייזלר מכשירי תנועה בע"מ.

תל-אביב: מכשירי תנועה בע"מ.
דרך פתח תקוה 74. טלפון 36115

מכונית טובה
מבית טוב

חיפה: מכשירי תנועה בע"מ.
דרך העצמאות 104. טלפון: 04-524475

המפעלי

תעשיות רכב בע"מ

נצרת עלית



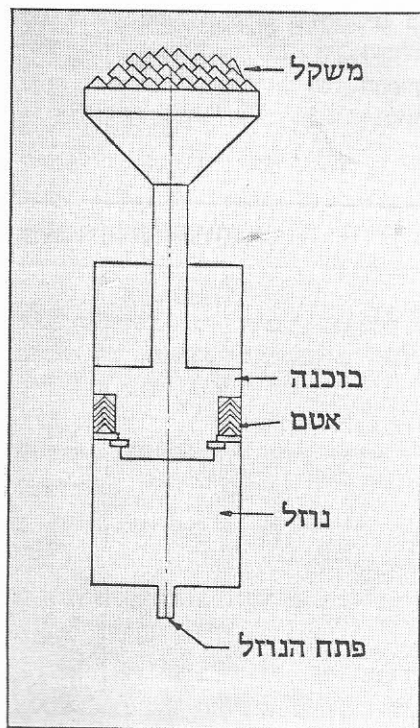
דחף

מצברים, הלחץ ההידרולי מוקטן במידה התלויה בנפח הנוזל היוצא מהמצבר. יתרון נוסף של סוג זה, הוא יכולתו לספק נפח גדול של נוזל הנמצא בלחץ גבוה ביותר.

חסרונותיו העיקריים הם: מידותיו הגדולות של המצבר ומשקלו הרב, שהופכים אותו לבלתי מתאים בעבור ציוד מתנייע. מידותיו הגדולות ומחירו הגבוה, מונעים התקנתם של יותר ממצבר אחד במערכת מתוכננת של מכונות הידרוליות ומכשירים. ברור שתקלה במצבר כזה — מכל סיבה שהיא — תגרום לתקלה בכל המכונות ההידרוליות שבמערכת, דבר שיגרום הפסד ניכר בייצור.

מצבר טעון קפיץ

מצבר זה (ציור 2) מורכב מגליל מלוטש ובוכנה מחליקה עם אטם מתאים. הבוכנה נלחצת כנגד קפיץ או מספר קפיצים. כושר ההתכווצות או האלסטיות של הקפיץ המכני, הוא מקור הכוח הפועל כנגד הבוכנה, ודוחפת בכוח את הנוזל לתוך המערכת. הלחץ הנוצר בסוג זה של מצבר, תלוי באורכו של הקפיץ ובכושר התכווצותו. הלחץ המופעל על



ציור 1: מצבר טעון משקל

עם בוכנה; עם דיאפגרמה; עם שלפוחית.

מצברים טעוני משקל

המצברים הללו (ציור 1) הם הישנים ביותר מבחינה הסטורית ומשתמשים בהם בדרך-כלל כייחידה המפעילה מערכת של מכונות הידרוליות. המצבר טעון המשקל מורכב מגליל חלול אנכי, בעל דופן פלדה וקדח מלוטש המכיל בוכנה עם מילוא (אטם) מתאים. על ראש הבוכנה מורכב סל שמטרתו להכיל את המשקלות. הכוח הגרוויטציוני של המסה אשר בסל מספק את האנרגיה הפוטנציאלית של המצבר. אנרגיה זו גורמת לכוח קבוע, הפועל באופן אחיד על הנוזל, ויוצר לחץ הידרולי קבוע. הלחץ בסוג זה של מצבר משתנה לפי כמויות המשקלות שהועמסו בסל. יתרונו הגדול של המצבר מסוג זה הוא, שהלחץ הנובע ממנו נשמר קבוע ללא תלות בקצב ובנפח הנוזל היוצא. בסוגים אחרים של

מצברים

הידרוליים

ונשימרשיהם

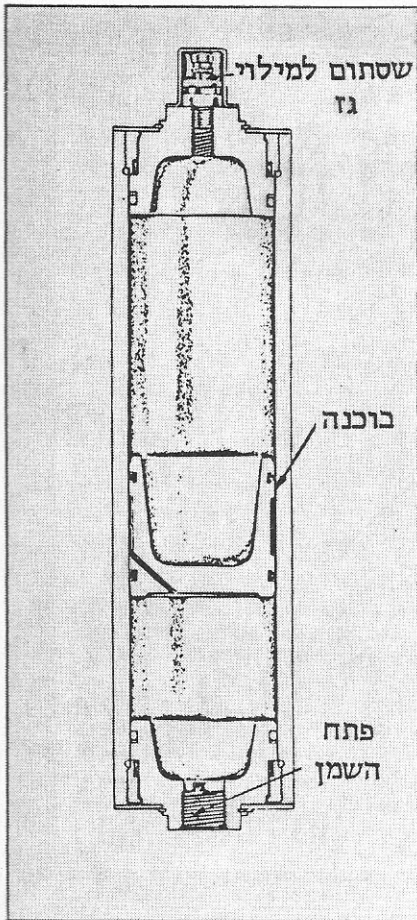
מאת: י. שלמון

מצבר הידרולי, להבדיל ממצבר כב, הוא מכשיר מכני פשוט, הנוצר בר את האנרגיה הפוטנציאלית של נוזל בלתי-ידחוס המצוי תחת לחץ הנובע מקור היצונו, נגד כוח דינמי מסוים. כוח דינמי זה יכול להיות: כוח גרוויטציוני, אלסטיות של קפיצים מכניים, או דחיסה של גזים.

האנרגיה הפוטנציאלית הנאגרת במצבר, מוכנה לשימוש מיידי, כמקור משני מהיר של כוח הידרולי — כשיש צורך לעשות עבודה מועילה, לפי דרישות המערכת אותה הוא משמש.

סוגי מצברים: להלן סוגי המצברים העיקריים בהם משתמשים במערכות הידרוליות:

- מצבר טעון משקל
- מצבר טעון קפיץ
- מצבר טעון גז (המתחלק לשני סוגי משנה):
 - סוג אחוד
 - סוג מופרד (המתחלק לשלושה סוגי משנה):



ציור 4: מצבר עם בוכנה

שרותו לשמור את הגז כלוא ביצילות בחלק העליון של המיכל.

כדי למנוע מהגז לזרום החוצה, לתוך המערכת ההידרולית, מנוצלים רק שני שליש מקיבול המצבר. על נפח הנוזל הנותר להישאר במכל כמחיצה שתמנע את זרימת הגז לתוך המערכת בקצב זרימה טורבולנטית. לא רצוי להשתמש במצבר מסוג זה במשאבות בעלות מהירות גבוהה, כי הגז הכלוא בנוזל יכול לגרום למעור (קוויטציה) ונוק למערכת.

סוגים מופרדים. המבנה המוכר מהסוג המופרד. בסוג זה של מצבר יש מחיצה פיזית בין הגז לנוזל, המנצלת הרגיל הוא של מצברים הידרופנאומטיים ביצילות את דחיסות הגז. הסוגים העיקריים של המצברים המופרדים הם:

- עם בוכנה
- עם דיאפרגמה — (קרומית)
- עם שלפוחית.

שמחוץ למצבר, כאשר לחץ המערכת יורד, כתוצאה לדוגמא מהפעלת אחד היצורים.

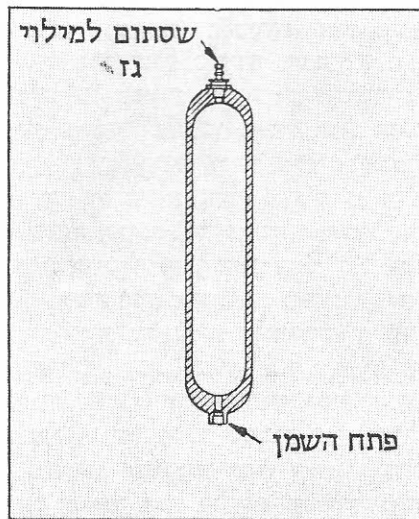
בשעת הצורך קולט המצבר נפחים עודפים של נוזל בלחצים גבוהים, הנדחים על ידי המערכת. הנפחים העודפים דוחסים את הגז וטוענים את המצבר.

קיימים שני סוגים של מצברים טעונים בגז:

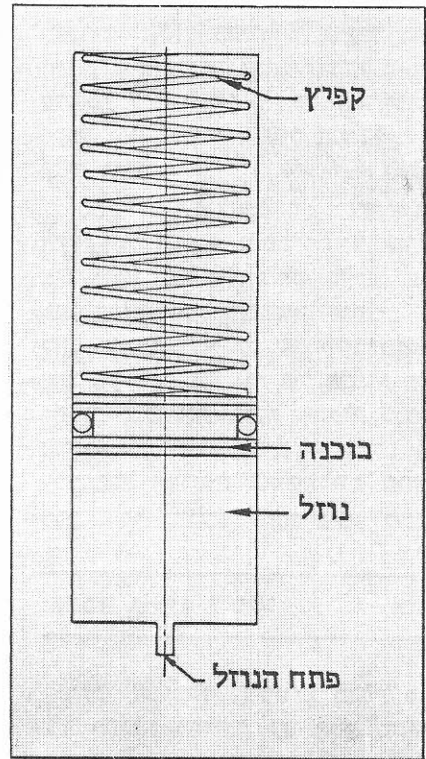
- סוג אחד
- סוג מופרד.

סוג אחד (ציור מס' 3): מורכב ממיכל אטום, המכיל פתח מוצא לנוזל בתחתיתו, ושסתום טעינה פניאומטי ביצילותו. הגז כלוא בחלקו העליון של המיכל ואילו הנוזל בתחתיתו. הגז פועל באופן ישיר על הנוזל ללא כל מחיצה מפרידה ביניהם. היתרון החשוב ביותר של הסוג האחד הוא יכולתו לספק גזים גדולים של נוזל.

חסרונו העיקרי הוא המסת הגז על ידי הנוזל כתוצאה מכך שאין כל מחיצה ביניהם. יתר-על-כן, אם לחץ המערכת מגיע לגבולו הנמוך, הגז המומס חוזר שוב למצבו הגזי ונלכד במערכת הנוזל. מצב בלתי רצוי זה גורם לספוגיות והשהיות בפעולת המערכת. בכמה מקרים נגרם נזק לרכיבים על-ידי מעור (קוויטציה). חסרון נוסף הוא, שיש לבדוק בקביעות את לחץ הגז בגלל התמוססותו ההדרגתית בנוזל. סוג זה של מצבר מוגבל למתקן אנכי בלבד, שבאפ-



ציור 3: מצבר טעון-גז מסוג אחד



ציור 2: מצבר טעון קפיץ

הנוזל, אינו נשמר בקביעות כפי שבמצבר טעון משקל. המצבר טעון הקפיץ משחרר רק נפח קטן של שמן בלחץ נמוך יחסית. הוא נוטה להיות כבד וגמי-לונגי עבור מערכות בהם משתמשים בלחץ גבוה ונפחים גדולים. זמן השרות שלו תלוי בכושר עמידותו של הקפיץ. כי הקפיץ מתעייף, מאבד את האלסטיות שלו והופך את המצבר לבלתי יעיל.

מצבר טעון גז

מצברים טעוני גז, הוכחו כשימושיים הרבה יותר מהמצברים מהסוגים הקודמים. הם מופעלים לפי העקרון המנוסח בחוק הגזים של בויל: "לחץ הגז משתנה באופן הפוך לשינוי בנפחו כאשר הטמפרטורה נשמרת קבועה".

עבור מצבר זה פרושו לדוגמא: אם נפח נתון של גז כלוא ידחס כדי מחצית, או לחץ הגז יוכפל, בתנאי שהטמפרטורה תישמר קבועה.

דחיסות הגזים בסוג זה של מצבר, משמשת כמקור לאנרגיה פוטנציאלית. אנרגיה זו מנוצלת כדי לאלץ בכוח את הנוזל לזרום אל רכיבי המערכת

המצבר מהסוג עם בוכנה (ציור 4) מורכב מגליל חלול מלוטש שהוא בוכנה צפה בחופשיות בעלת מילואים (אט"מ) מים) מתאימים המשמשים כמפרידים, או כמחיצה. את השסתומים בקצות הגליל אפשר לקבוע בשיטות רבות, כגון: על-ידי טבעת נעילה בורגית, או טבעת גזירה. אלו הן נעילות אופייניות המונעות מהמפעיל את פירוק המצבר כאשר הוא טעון. יש גם דיסקת בטחון גמישה המונעת התפוצצות. היא נמצאת לרוב בקצה הגזי של המכל כדי להגן על ה-מצבר מלחץ עודף ולמנוע תאונות רציניות.

החסרונות העיקריים של מצברים עם בוכנה הם: יוקר בנייתם, ומגבלות מעט שיות מבחינת גודלם. נוסף לכך, חיכוך הבוכנה וחיכוך המילואים (אטמים), גורמים להפסדים ניכרים במערכות המווסתות — בלחץ נמוך. כן נמצא שכעבור זמן מסויים מורגשת דליפה הגורמת לה-כך שיש צורך לטעון מחדש את המצבר לעתים קרובות. יתר-על-כן, המילואים (אטמים) מתבלים, וכיון שאסור להזניח את הדליפה הנובעת מכך יש להחליף את המילואים מיד.

אי-נכיון המצבר יחיש את התבלות המילואים (אטמים), וישפיע על פניו המושחזים של קדה הגליל. בסופו של דבר והפכו גורמים אלה את המצבר לבלתי-יעיל. כן יקר לאחזק מצבר כזה. ההתבלות, השריטות והחריצים בדרך פן הגליל כה חמורים לעתים, עד שאי אפשר לתקנם, והמצבר מוצא מכלל שימוש. אין זה רצוי להשתמש במצברים עם בוכנה כמשככי-פעילות או בולמי-זעזועים, בגלל האינרציה של הבוכנה וחיכוך המילואים. היתרון העיקרי של סוג זה הוא יכולתו לפעול במערכות המכילות נוזלים בטמפרטורות גבוהות או נמוכות ביותר, על-ידי שמוש במילואים (אטמי) טבעות "0" מתאימים.

מצבר עם בוכנה משתנית (דיפרנציאלית)

המצבר מהסוג עם הבוכנה המשתנית (ציור 5) מורכב מגליל אויר חלול בעל

קוטר רחב, המוצב על גליל שמן חלול בעל קוטר קטן יותר, עם בוכנה קטנה הלוחצת בקצה העליון את בוכנת האויר. חלל האויר כולל מקבע אליו אפשרי לחבר קו-אויר, או מדחס.

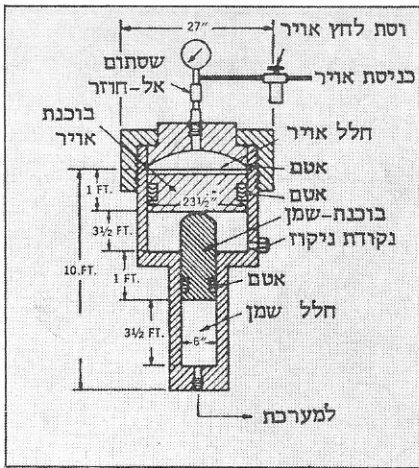
מצבר עם דיאפרגמה (קרומית)

מצברי דיאפרגמה (ציור 6) הינם לרוב בעלי צורת כדורית. הם מורכבים משני חצאי כדור הנעולים מכנית, או מוברגים יחד סביב היקפם האופקי.

הדיאפרגמה העשויה גומי סינטטי פרוסה במרכזם, ונתפסת למקומה על-ידי פעולת המלחציים של שני חצאי הכדור. בפתח היציאה של השמן יש מסננת המונעת מהדיאפרגמה להשתרבב החוצה. היתרון העיקרי של מצבר זה הוא משקלו הנמוך ביחס לנפחו. תכונה זו מאפשרת את נצולו הכמעט בלעדי בכלי טיס.

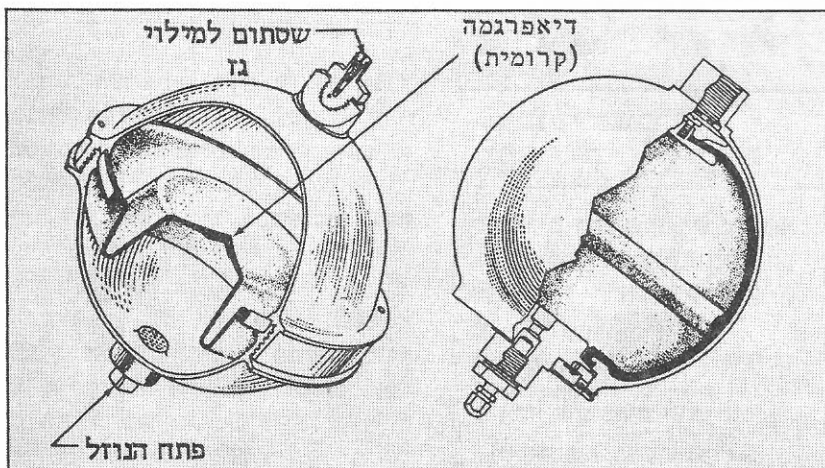
מצבר עם שלפוחית

סוג זה של מצבר (ציור מס' 7) מורכב ממכל הומוגני, חסר תפר, גלילי בצורתו, וחצי כדורי בשני קצותיו. למכל פתח ב"אחד מקצותיו, בו קבועים שסתום טוען גז, ופתח בקצהו השני דרכו אפשר להחדיר את השלפוחית. השלפוחית אטומה, צורתה



ציור 5: מצבר עם בוכנה משתנית

כאגס, ועשויה מגומי סינטטי גמיש. היא מחוברת לקנה גזי מתכתי בפתחה העליון. השלפוחית מוכנסת לתוך המצבר ונעלת על-ידי אום ומפעילה לחץ בקצה העליון של המכל. קרקעית המכל נאטמת על-ידי מגוף שמן מורכב. מגוף מורכב זה כולל שסתום מפולש קפיצי, המאפשר לשמן להיכנס ולצאת מהמכל, אך מונע מהשלפוחית להשתרבב דרך פתח השמן. מגוף השמן המורכב נקבע בתחתית המכל על-ידי החדרתו לתוך המכל ואבטחתו בעזרת טבעת הצויה מונעת התפשטות. מבנה זה של שסתום שומר על הבטיחות במונעו את פירוק המצבר כל עוד השלפוחית טעונה. מתקן אחר לשמירת הבטיחות במצבר מאפשר לפני המכל להתפשט בלחץ מסוים, יים, הנמוך מלחץ ההתפוצצות, טבעת ה"0" נדחקת החוצה ולחץ השמן משתחרר, על-ידי כך נמנעת התפוצצות המכל.



ציור 6: מצבר עם דיאפרגמה (קרומית)

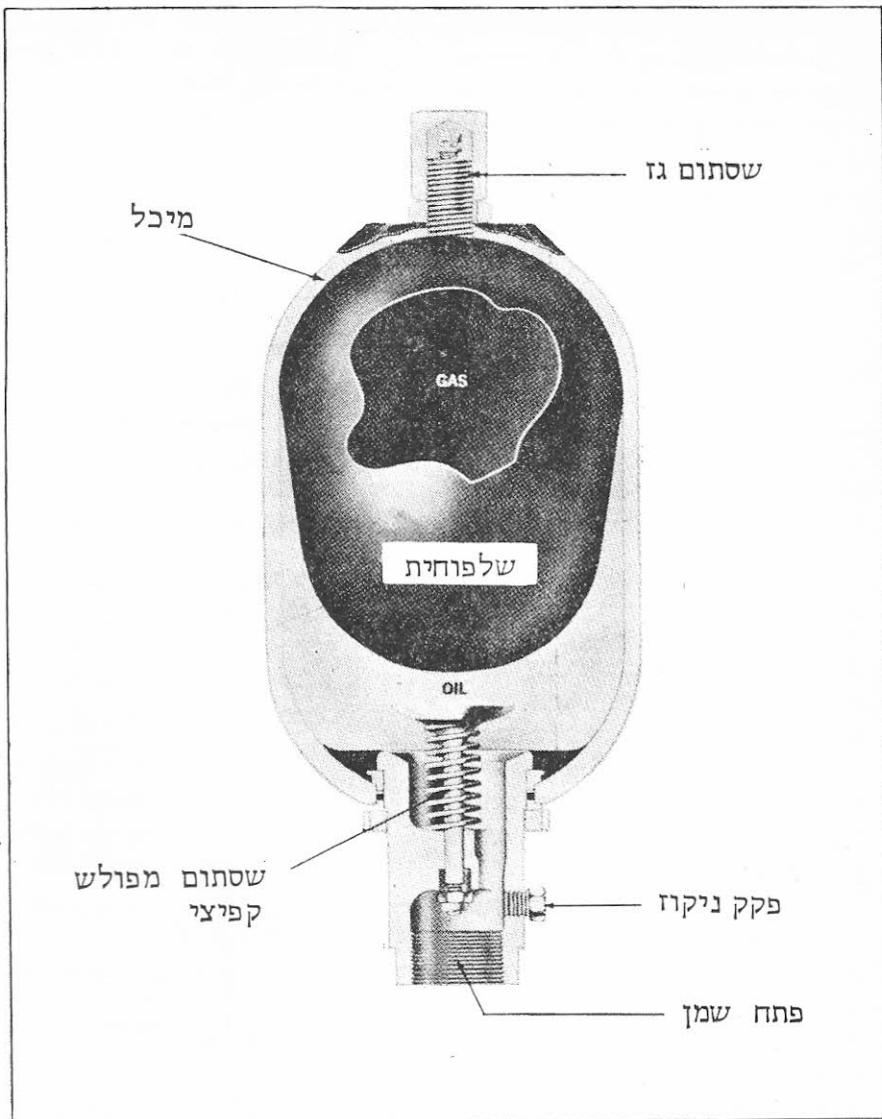
- מקור כוח במעגלי לחץ כפולים.
- מכשיר השומר על לחץ קבוע במערכת.
- מעביר לחצים בין נוזלים שונים.
- ספק נוזלים וחומרי סיכה.

מקור כוח מסייע

השימוש הנפוץ ביותר למצברים הידריים הוא כמקור כוח מסייע (ציור 8). בתפקידו זה, אוגר המצבר את הנוזל הידרולי המזוורם על-ידי המשאבה בחלק מזמן מחזור עבודה. בעת הצורך משחרר המצבר את הנוזל האגור, ומשלים את מחזור העבודה. על-ידי כך הוא משמש כמקור כוח מסייע למשאבה.

במערכת הידרולית כאשר הפעולות נעשות לסירוגין ובהפסקות, השימוש במצבר יקטין את גודלה של יחידת הכוח הידרולית.

בציור 8 מצורף אל המצבר שסתום ארבע דרכי, דו-מצבי. כאשר ידית השסתום מוזנת, השמן זורם מהמצבר לעבר הצד העיוור של הגליל. הבוכנה מתקדמת עד הגיעה לקצה המהלך. כאשר הפעולה הנדרשת מתרחשת (לדוגמה: לחיצה, יציקה) נטען המצבר על-ידי המשאבה. בגמר הפעולה מוזז השסתום הארבע-דרכי, שמן מהמצבר והמשאבה זורם במהירות לצד מוט הבוכנה בגליל ומחזיר את הבוכנה למצבה ההתחלתית. גודל המצבר נבחר כך שיוכל לספק



בת לחץ מהירה. האינרציה שלה נמוכה ביחס למצברים עם בוכנה ולכן המצבר יכול לשמש ביעילות גם כבולם זעזועים ומשכך פעימות.

שימושי מצברים במערכות הידרוליות

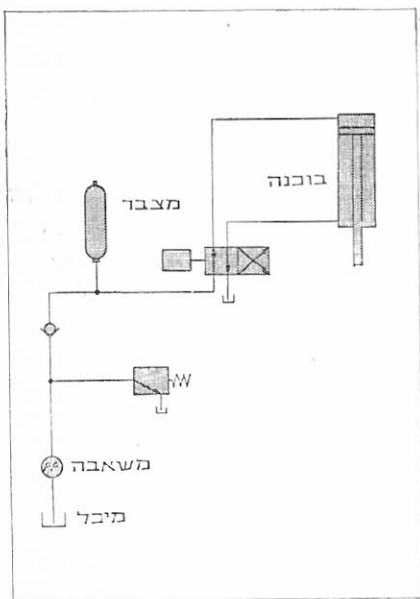
למצברים הידרוליים יש שימושים אחדים במערכות הידרוליות. להלן העיקריים שבהם:

- מקור כוח מסייע.
- מקוזז דליפות.
- מקוזז התפשטות תרמית.
- מקור כוח בשעת חרום.
- משכך פעימות, ובולם זעזועים הידראוליים.

ציור 7: (למעלה) מצבר עם שלפוחית. ציור 8: (ממשאל) מצבר הידרולי בשימוש כמקור-כוח מסייע

מבנה השלפוחית בסוג זה של מצבר מאפשר נצילות נפחית גבוהה. השלפוחית מתרחבת תחילה בחלקה העליון, מקום בו קוטר גדול ביותר, ועובי הדופן דק ביותר. היא נמתחת כלפי מטה וכנגד דפנות המכל בהדרגה כשהיא מאלצת את השמן כולו לצאת החוצה.

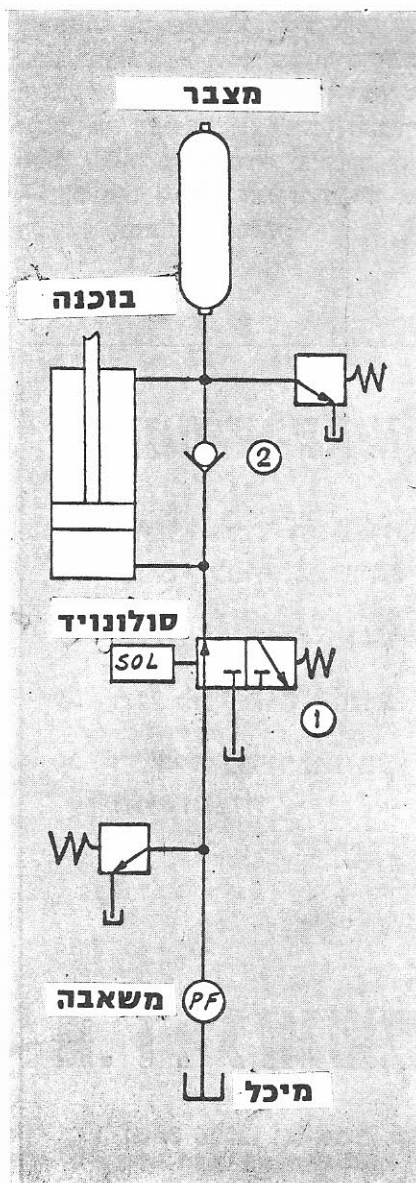
יתרון גדול של מצבר זה הוא האטימה הטובה. השלפוחית יוצרת מחיצה קבועה בין הגז והשמן ומונעת דליפה. זוהי תכונה חשובה שהופכת סוג זה של מצברים לאידאלי להעברת לחצים בין נוזלים שונים. השלפוחית שמשקלה נמוך מספקת תגובת



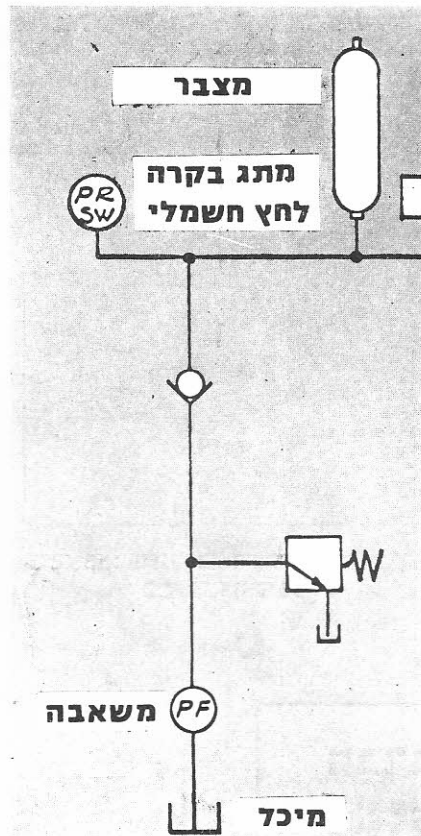
ביא ללחצים שיגיעו לגבול הבטיחות, או שיגרמו נזק ברכיבי מערכות עדינים וי-יקרים. בתנאים אלה, התקנתו של מצבר בעל קיבול מתאים, הטעון בלחץ נורמלי של עבודת המערכת, תביא לכך שהוא יקבל כל גידול בנפח הנוזל, וימנע עליית לחץ המערכת מעבר לגבולות הבטוחים. המצבר גם יחזיר את הנוזל הנדרש אל המערכת כאשר היא תתקרר ותתכווץ.

מקור כוח בשעת חרום

במערכות הידרוליות מסוימות נדרש מסיבות בטיחות להחזיר את השמן של



- ציור 9: (מימין) המצבר כקזז דליפות היצוניות או פנימיות.
- ציור 10: (למטה) המצבר כקזז התפשטות תרמית
- ציור 11 (משמאל): מצבר כמקור כוח בשעת חירום



יפעיל את מתג בקרת הלחץ החשמלי. המתג יסגור את המעגל החשמלי של מנוע המשאבה ויפעיל את יחידת הכוח שתשלים את טעינת המערכת. בתפקידו זה חוסך המצבר הספק חשמלי ומפחית את חום המערכת שהיה גדל, אילו המשאבה היתה ממשיכה לפעול כנגד שסתום ה-פריקה.

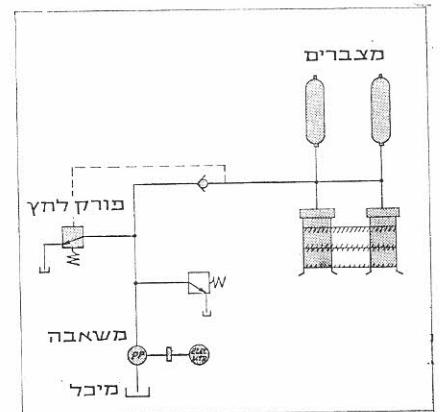
מקזז התפשטות תרמית

כאשר מערכת הידרולית (ציור מס' 10) במעגל סגור נמצאת בתנאי חום, צינורי המערכת והנוזל ההידרולי מתפשטים תרמית נפחית. אך כיוון שמקדם התפשטות התרמית הנפחית של רוב הצינורים גדול יותר מהמקדם של החומר ממנו עשויים הצינורות, נפח הנוזל גדל יותר מנפח המערכת. מצב זה יכול לה-

כמות שמן המספיקה לפחות למחזור אחד, והוא נטען מחדש בין המחזוריים.

מקזז דליפות

שימוש נוסף של המצבר הוא כקזז דליפות היצוניות או פנימיות, כאשר המערכת נמצאת זמן ממושך תחת לחץ אך אינה מופעלת. ציור 9, מראה מערכת הידרולית בה משמש המצבר כקזז דליפות. המשאבה טוענת את המצבר ואת המערכת עד ש מגיעים ללחץ מקסימלי המפעיל את מתג בקרת הלחץ החשמלי. או נפתחות המגנות במתג בקרת הלחץ החשמלי ומפסקי קות את פעולת המנוע והמשאבה באופן אוטומטי. הלחץ במערכת יהיה קבוע וי מתואם לתקופה ארוכה על-ידי המצבר עד רגע מסוים בו יגיע ללחץ מינימלי ש-

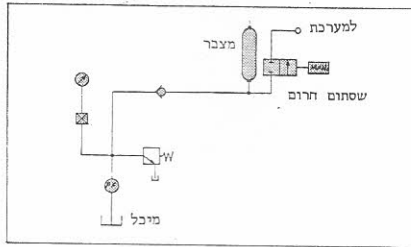


משכך פעימות, ובלם זעזועים הידרולי

רום), שנע במהירות הקול במעלה הזרם עד לקצה הצינור וחזרה, ומגדיל את ה" לחץ בקו. גל זה נע הלוך וחוזר לאורך הצינור הקווי, ולבסוף מתפזר ונעלם כ" תוצאה מתיכוך. פעימות הלחץ המהירות או תנודות הלחץ הנוצרות במערכת יכו" לות לגרום לתקלה בצינור המשאבה, ל" שבירת צינורות קוויים, לדליפות חיצו" ניות ונזקים קשים לשסתומים ומכשירים אחרים. עליידי התקנת מצבר בקו הצי" נור, קרוב לשסתום מהיר-סגירה (שסתום חירום — שהוא מקור הזעזוע) הזעזוע יכול להבלם. ציור 12 מראה מעגל בו משתמשים במצבר כבולם זעזועים.

אחד השימושים התעשייתיים העיקריים של מצברים הוא ביטולן או הפחתתן של פעימות בלחץ גבוה, או זעזועים הידרו" ליים קוויים. זעזועים הידרוליים, או פטיש מים, נגרמים כתוצאה מעצירתה או הא" טתה של זרימת נוזל, הזורם במהירות גבוהה בצינור קווי. הזעזוע ההידרולי ה" קווי יוצר גל לחץ במקורו (שסתום חי"

גלילים מסויימים לנקודות ההתחלה, ב" עיקר כאשר תקלה במשאבה או במערכת מונעת זאת. לפעולות אלו יש להשתמש במצבר בעל קיבול מתאים ממקור כוח בשעת חרום. מערכת פשוטה בה משתמ" שים במצבר כמפעיל בשעת חרום ניתן לראותה בציור 11. במערכת זו סולנואיד מפעיל שסתום דו-מצבי שלוש דרכי (1). שטח החתך של מוט הבוכנה שווה למח" צית שטח החתך של קדח הגליל. כאשר הסולנואיד — (1) מופעל, זורם שמן לצד העיוור של הגליל, עובר גם דרך השסתום החד-כיווני (2), ומכוון את השמן הנמצא תחת לחץ אל המצבר ואל הצד — עם המוט — של הגליל.



ציור 12: מעגל בו משתמשים במצבר כבולם זעזועים.

המצבר נטען בעוד הבוכנה שבגליל מתקדמת. אם המשאבה ההידרולית מפ" סיקה לפעול בגלל תקלה במקור מתח ה" חשמל, יופעל הסולנואיד בכיוון הפוך ו" יעביר את השסתום (1) למצבו המקורי. השמן האגור בלחץ נדחף מהמצבר לצד — עם מוט — של הגליל ומחזיר את הבוכנה למצבה ההתחלית.

סקרנו במאמר זה את הסו" גים העיקריים של המצברים ה- הידרוליים, ושימושיהם החשו- בים במערכות הידרוליות. כל צרכן יבחר לעצמו מצבר הידרולי העונה לדרישותיו וצרכיו, בהת- אם לאופי השימוש, עלות הת- קנת המצבר וכד'.

חברת

יעקב גלס בע"מ

הספקה טכנית כלי עבודה, סחורות ברזל, מכשירי מדידה וחקלאות

תל-אביב, רח' הגדוד העברי 22
טלפונים: 614831, 612366



JACOB GLASS LTD.

Iron Goods, Working Tools, Technical
Supplies & Agricultural Implements
TEL-AVIV, 22 Hagdud Haivri St.
Tel. 61 23 66 — 61 48 31

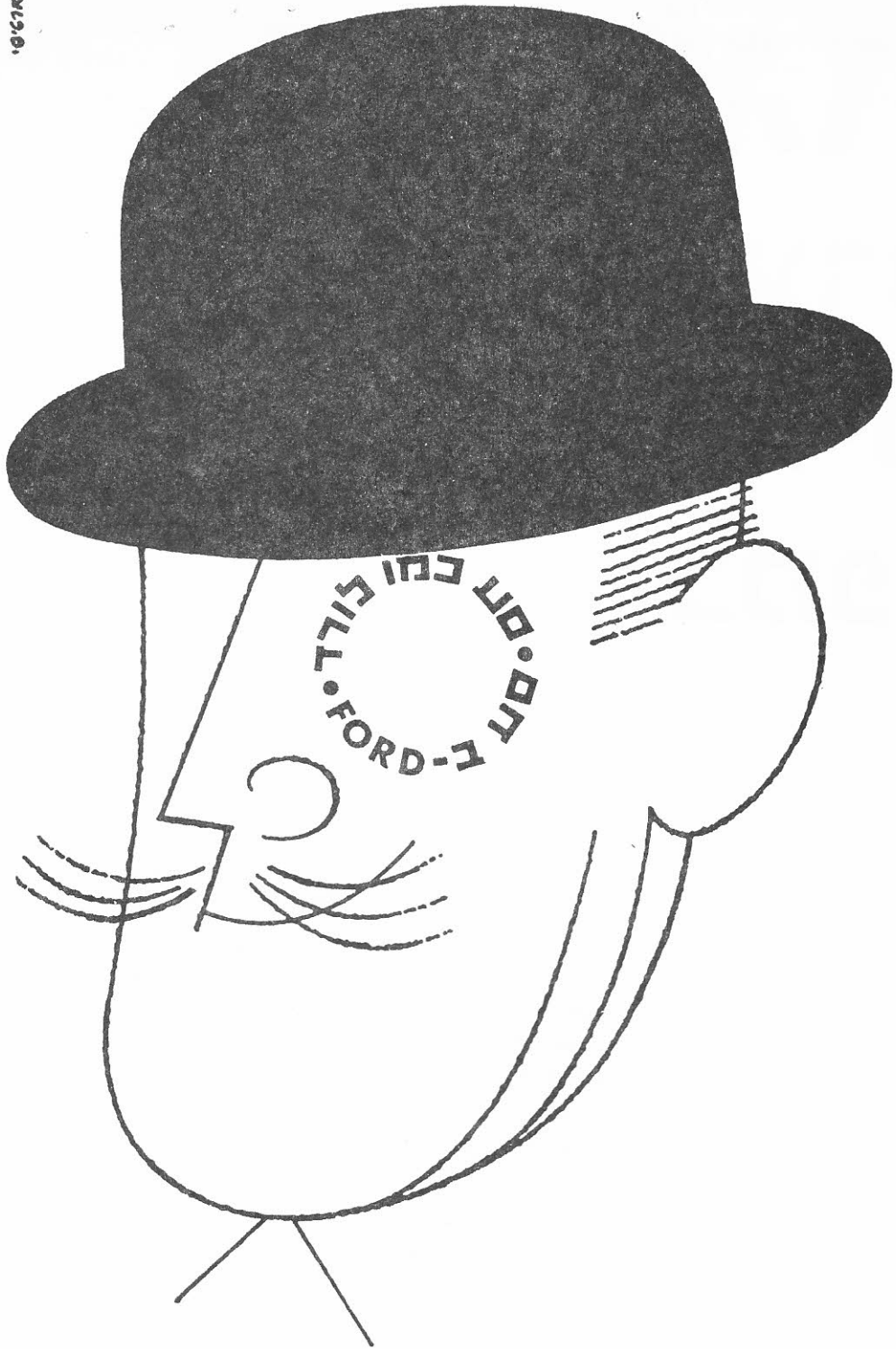
מכונות אריזה אוטומטיות

- ✳ חומרי בדוד חשמליים
- ✳ וחוטי לפוף למטרות מיוחדות
- ✳ מונים ורושמי אימפולסים
- ✳ מדי לחץ חום ולחות
- ✳ רכיבים למערכות בקרה ואוטומציה



מ.ד. לוונשטיין בע"מ

ת. ד. 1926, תל-אביב, טל. 622787



שירות מוסמך תמיד מובטח



המלגזה

ומערכת

השינוע

במפעל

חלק ב'

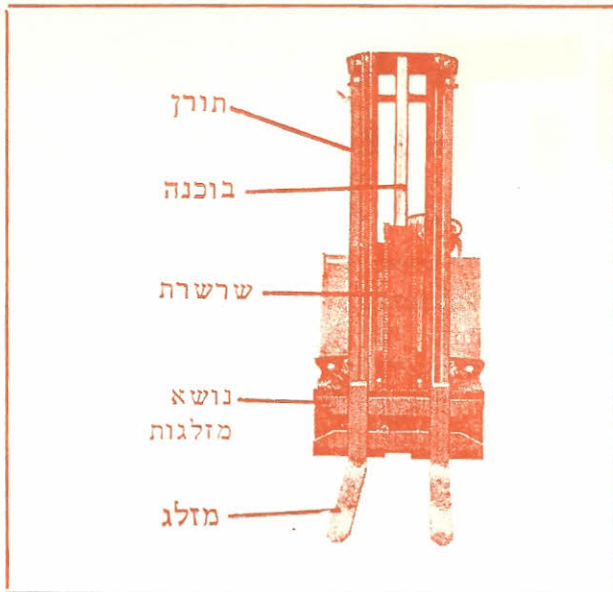
יצחק ארבל

במאמר הראשון (חוברת 47) עסקנו בהסברת המושג „שינוע” והשלכתו על המערכת התעשייתית. יש להטעים כי מפעלים תעשייתיים רבים נותנים דעתם על הכנסת מערכת שינוע מודרנית, המתוכננת היטב על-ידי בעלי-מקצוע מיוחדים שהוכשרו לכך, תורמת רבות להגברת פריון העבודה של המפעל.

עם התפתחות תחום זה תוכננו גם מלגזות מיוחדות לכל יעוד כגון: מלגזות-שדה, מלגזות-חצר, מלגזות-פנים, מלגזות-פנים לעבודות קבועות וכ"ד. כל מפעל, העומד לרשות מלגזה, חייב לערוך בדיקה יסודית המתעכבת על הנקודות הבאות: קביעת תרשימי זרימה של המפעל, קביעת מקומות הפעולה של המלגזות וצורת השתלבותן בתרשימי הזרימה, קביעת גודל המטענים, קביעת ספיקת המטענים, בדיקת תנאי הקרקע, רשימת פעילויות המלגזה, מהירותה ולוח-הזמנים שלה, בדיקת תנאי-בטיחות הסביבה מבחינת הצתה ופיצוץ.

במאמר זה נסביר על כל אחד ממרכיבי המלגזה ואורח פעולתו.

מערכת העברת הנווננט [נונסרות]



מערכת ההרמה

אופנים

האופנים מותאמים למלגזה בהתאם ליעודה. קיימים כיום ארבעה סוגי אופנים: אופני פלדה, אופנים מצופים גומי קשה, אופנים מצופים גומי רך (Cushion) ואופנים בעלי צמיגים פנימטיים.

האופנים הקשים (פלדה, גומי קשה) משמשים במקומות סלולים ומרוצפים-חלקים, כאשר אין סכנה שהתנודות יועברו לשאר המכללים. באופנים אלו קיימים הפסדים מינימליים בגלל ההתנודות לגלילה.

מאפיין חשוב של אופנים מצופים גומי רך (Cushion) הוא שהם תנאי השטח קשים יותר. קיימת אומנם התנודות גדולה יותר לגלילה, אך שיכוך התנודות באופנים אלה, טוב יותר, וכושר העבירות שלהם גבוה יותר.

מערכת ההרמה

מערכת היעודית במלגזה בנויה מהמרכיבים הבאים: מערכת הכוח, התורן, שרשרת ההרמה, מזלג.

מערכת הכוח: הפעלת מערכת ההרמה ניתנת לביצוע בכל השיטות המוכרות: מיכנית, הידראולית, פנימטית, חשמלית וכו'. השיטה המיכנית היתה בשימוש זמן רב. הפעלת השרשרת והמזלג נעשתה על-ידי מערכת מיכנית פשוטה, עם התפתחות המערכות ההידרוסטטיות עברו כל יצרני המלגזות להשתמש

העברת המוננט מן המנוע לאופנים, ניתנת לביצוע על-ידי סוגים שונים של ממסרות. בין השאר נציין את: המזווג המקובל ותיבת הילוכים; מצמד הידראולית עם מזווג ותיבת הילוכים; ממיר-מוננט הידרו-קינטי עם תיבת הילוכים; תמסורת הידרו-סטטית.

במלגזות — שם התנועות קצרות יחסית, הבלים והזינוקים חדשים ותיירים, שינויי הכיוון תכופים ונסיעה למשך פרק זמן ארוכים ב"קדמה אטית" (inching) — לא תתאים השיטה המקובלת המקובלת של מזווג ותיבת הילוכים. המזווג מתבלה לאחר פרקי-זמן קצרים ביותר ותיבת ההילוכים נפגמת. לכן נוהגים להשתמש במלגזות בממסרות הידראוליות (הידרו-סטטיות והידרו-קינטיים).

לאחרונה נפוץ השימוש בממסרות הידרו-סטטיות, אלה העדיפות למטרה זו על-פני האחרות בשל הסיבות הבאות:

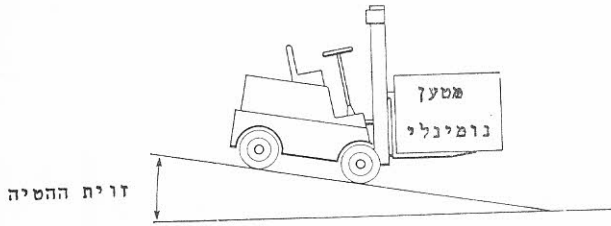
- שינוי כיוון הנסיעה נעשים בקלות רבה באמצעות דוושה אחת או שתיים.
- תנועה אטית (inching) מווסתת על-ידי הדוושה לפי זווית משאבת השמן, ואינה גורמת כל תקלה או פגם.
- אין צורך בתיבת הילוכים ובגלגלי-שיניים.
- שינויי המהירות רציפים וניתן לשמור על מומנט גבוה לאורך תחום רחב של סיבובי המנוע.

מערכת ההיגוי

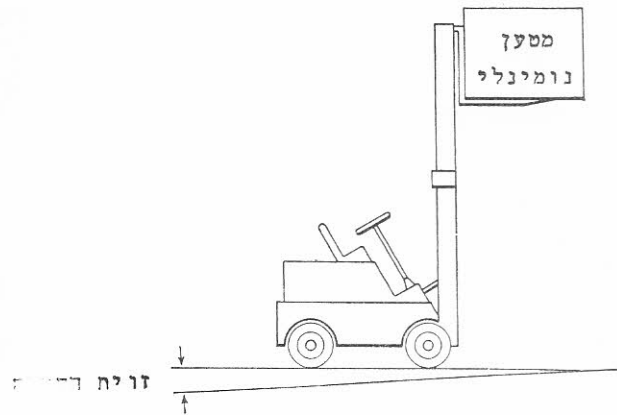
כדי לאפשר למלגזה כושר תמרון מקסימלי — דבר החשוב במיוחד בגלל תנועתה של המלגזה בתוך מבנים ומעברים וגישה למטענים — מתבסס ההיגוי על הסרן האחורי. שיטת ההיגוי עצמה היא אוטומטית עם או בלי הגה-כוח — בהתאם לגודל המלגזה ולתנאי פעולתה. לאחרונה מועדף ברוב המלגזות השימוש בהגה-כוח כדי להקל על המפעיל.

במלגזות מיוחדות, בהן דרוש כושר תמרון רב, משתמשים בשיטות נוספות דוגמת היגוי פרקי במרכז המלגזה או סיבוב כל הסרן האחורי. במקרים מסוימים משתמשים אף בהיגוי כפול של שני הסרנים. מבחינת אופטימיזציה של המערכות המכניות ושל האופנים עדיף, ללא ספק השימוש בהיגוי אוטו-מטיבי על סרן אחד. בשיטות האחרות קיימים הפסדים שמתבטאים בהחלקה ובלאי מוגבר של הצמיגים בהתאם לתכנון, אולם קיים גם סדר קדימות שונה המתאים לדרישות התפעול.

הסרנים בעת העמסה ופריקה. מרכז הכובד המקורי וחלוקת המשקל המקורית חייבים להיבדק בקפידה בעת הייצור והתכנון כדי להבטיח פעולה בטוחה ויציבה. כדי להבטיח את היציבות נבחנים הכלים, על-פי תקנים בין-לאומיים, במישורים משו-פעים בזוויות שונות שמייצגות את המומנטים הפועלים על הכלים בעת העבודה. מכל מקום כדי לחשב בחישוב גם די לבדוק אם המומנט המייצב יעלה על המומנט המהפך פי 1.25.



בדיקת יציבות דינמית על-פי תקנים בינלאומיים



בדיקת יציבות סטטית על-פי תקנים בינלאומיים

בחירת נולגזות

כדי לאפשר בחירתה של מלגזה אופטימלית יש לבדוק ביסודיות מספר גורמים: נתוני היצרן, כושר הביצוע של המלגזה, טיב הייצור, אופן התכנון, בטיחות הפעלה ונוחות הפעלה. תמחיר וכו'.

השיטה המומלצת לצורך זה היא חלוקת כל המידע הדרוש לראשי פרקים ולסעיפי-משנה המגדירים את כל תכונות המלגזה, הדרישות, נתונים אובייקטיביים כנוחות, נתוני אחזקה ותמחיר. לכל סעיף יש לתת ניקוד בהתאם לערכו היחסי בכלל הרשימה. עם בדיקת הכלים יש לתת ציונים, באחוזים, לכל תכונה ולכל סעיף. ציון זה יוכפל בניקוד. סיכום השקלול וחלוקתו בסכמ הניקוד, יתן את הציון הממוצע לכלי. בהמשך ניתן לקבל גם תמחיר אפקטיבי — על-ידי חלוקת המחיר הכולל בציון — נקבל מחיר יחסי לתכונות הכלי, אשר הוא כשלעצמו ב-השוואה בין הכלים השונים.

בשיטה זו וכיום זוהי השיטה הנהוגה בייצור המלגזות. המערכת ההידרו-סטטית כוללת: מכל ומשאבה, בוכנות-הרמה, הטיה צידוד וכו', שסתומים ווסתים בהתאם לתיכנון.

בחירת המשאבה: בחירת סוג המשאבה וגודלה נעשית יחד עם קביעת הבוכנות, לחצי העבודה (בהתאם למטען הנומינלי), מהירות הרמה וכו'.

בלחצים עד 100—150 אטמ' ניתן להשתמש במשאבות גלגלי שיניים שהן זולות ופשוטות יותר. למשאבות-הבוכנה הרדיא-ליות רמת עיבוד גבוהה יותר והן אף יקרות, אולם ניתן להפעילן בלחצים גבוהים. בחלק גדול של המלגזות משתמשים במשאבות גלגלי-שיניים בלחצים עד 100 אטמ'.

בדיקת בוכנות: מוטות-הבוכנות חייבות לעמוד בדרישות החזק, כאשר בבוכנות ההרמה הנקודה הקריטית היא הקריסה, ויש לבדוק זאת מלכתחילה. מבחינה הידראולית מבוצעת הבדיקה על-פי נוסחות ברלו וליין.

בוכנת ההרמה מופעלת בדרך-כלל בצורה הדיכוונית, כאשר הירידה מבוצעת על-ידי שחרור הלחץ והפחתת כוח הכובד. שסתום מיוחד מווסת את מהירות הירידה משיקולי בטיחות. שאר הבוכנות הן דיכווניות ומסוגלות לשנות את כיוון ההפעלה בעת הצורך.

כל המערכת ההידראולית נבדקת בעומסים גדולים יותר מן המותר (פי שלושה); זאת כדי להבטיח את תקינות המכללים ואת המפעיל מפני תקלות ותאונות.

התורן: התורן מיוצר בדרך-כלל מפרופילים I, I מיוחדים, שעברו טיפול תרמי ולהבטחת חווקם המתאים. קיימות אפשרויות אחדות בייצור התורן:

- תורן חד-שלבי בו עולה ויורד רק המזלג.
- תורן דו-שלבי ותלת-שלבי, בהתאם לדרישות.

על התורן פועלים מאמצי כפיפה בלבד (הקריסה מעוברת לבוכנה), אשר נבדקים בעומס נומינלי בהטיה מקסימלית.

המזלג: המזלג הוא אחד המרכיבים החשובים במערכת. בשל מבנהו פועלים על זוויתיו כוחות ומאמצים גדולים ביותר. הדרישה הפונקציונלית היא לשטח חתך קטן ככל האפשר, במקום בו המומנט מקסימלי. מסיבה זו יש לייצר את המזלג בחישול עם טיפול תרמי מיוחד.

כל מערכת ההרמה נבדקת — להבטחת טיב הייצור ובטיחות העבודה — בעומס הגדול פי שלושה מהעומס הנומינלי, ואסור שתיווצר דפורמציה שירית.

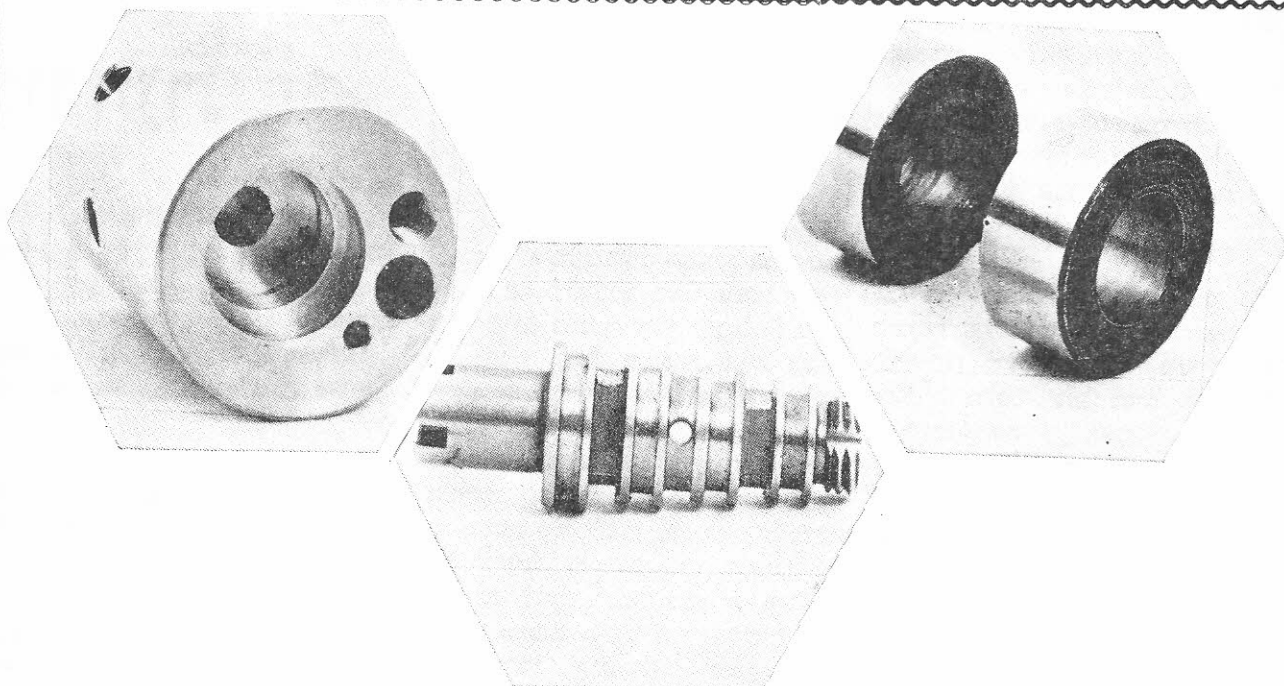
יציבות הנולגזות

אחד התחומים הרגישים ביותר בתחום המלגזות הוא תחום היציבות, זאת עקב שינויים קיצוניים בחלוקת העומסים על

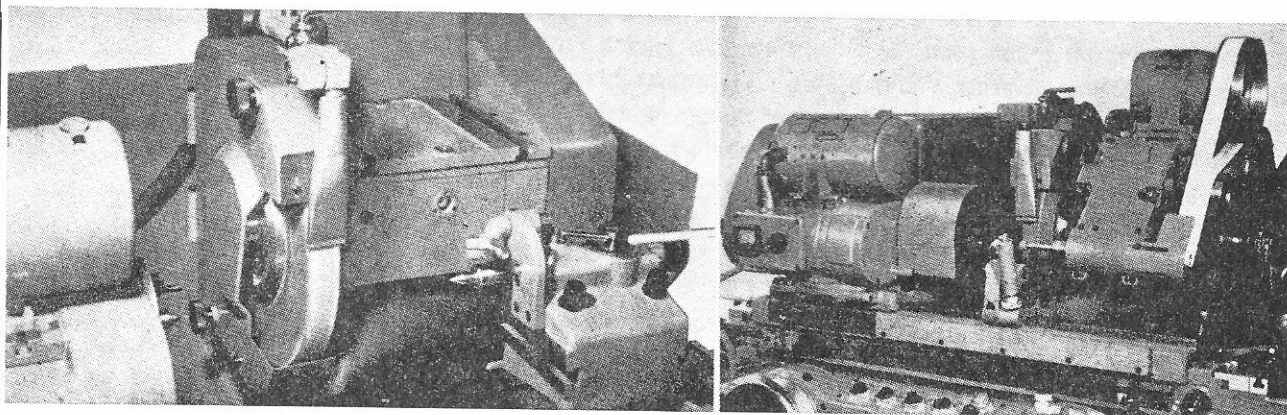
המשפץ מפעל מתכת בע"מ

תל-אביב, רח' לבנדה 36, טל. 31426, Tel Aviv, Levanda St. 36

HAMESHPETS METAL INDUSTRIES Ltd.



מימין: מכונות בעלי קשיות גבוהה, באמצע: שסתומים ממתכת קשה לשימושים הידראוליים, משמאל: דוגמת הונינג במבחר חורים עם שתי פתיחות.



(מימין), השחזות פנימיות מדוייקות בעלי טיב שטח מעולה, (משמאל), השחזה עגולה פני שטח חלקים לחלוטין.

אנו מעמידים לרשותך את הידע ההנדסי, הנסיון והמיומנות המעשית בתכנון וביצוע עבודות בכל סוגי העיבוד השבבי. ● חריטה, השחזה, כרסום והונינג מ-3 מ"מ ($\frac{1}{8}$ אינץ') ● ייצור ושיקום חלקי-חילוף ● בניית מכונות ומתקנים ● השחזה ויישור טלטלים ● ציפויים אלקטרוליטיים – כרום קשה, ניקל קשה, נחושת, כסף ועוד ● ציפויים קשים בריתוך.

כל העבודות נעשות באחריות מלאה ובמועדי אספקה קצרים

מניעת קורוזיה במערכות קירור של מנועי אוטו

(חלק ב')

במאמר הראשון (חוברת 47) עמדנו על הנזק הנגרם כתוצאה מ-קורוזיה במערכות-קירור של מנועי שריפה פנימית. תארנו את הגור-מים לקורוזיה והדרכים למניעתה (אינהיביצטיה). מאמר זה נעמוד על האמצעים למניעת קורוזיה במנועי-בנזין. יש להטעים כי אין אמצעים אלו מתאימים לשימוש במנועי דיזל.

אינהיביטורים לנוועי בנזין

מנגנון האינהיביציה המקובל במערכות קירור של כלי-רכב בעלי מנועי בנזין (לעיתים גם במנועי דיזל קטנים), מבוסס על סודיום בורט בתוספת כמות קטנה של מרקפטובנזוזיאזול (MBT). הבורקס משמש ככפר אלקליני, בעוד שה-MBT גורם, בו זמנית, לאינהיביציה קורוזית הנחושת שבמערכת. לכך חשיבות מר-בה משום ויש למנוע את הפרציפיציה של הנחושת על חלקי ברזל היציקה כי הנחושת עלולה לשמש כקתודה מקומית ותיצור גימום או קורוזיה מקומית מ-אצת. סיבה נוספת שיש להוסיף MBT היא מאחר ותמיסות בורקס מצויות עם גליקול (המצוי באינטיפריז) גורם לג-לווניזציה של ברזל בקצב גבוה בטמפ-רטורות נמוכות ובקצב נמוך בטמפ-רטורות גבוהות; ה-MBT מאפשר לנו ל-עבוד בטמפרטורות נמוכות.

במנועי בנזין מועדף אינהיביטור זה בעוד שבמנועי דיזל מועדף לא להשתמש בו — בשל הסיבות שאוזכרו לעיל. אינהיביטור נוסף שאף הוא שימושי הוא מסוג ה"סודיום בנזואט" (SODIUM BENZOATE). הרכב של 1.5% סודיום בנזואט ו-0.1% סודיום ניטרט, ייתן תו-צאות טובות. העדר הבנזואט ניטריט יתן אומנם הגנה על ברזל יציקה אך יגדיל את ההתקפה על חיבורי הסולדר. יש ל-הטעים כי הבנזואט אינו מגן על חמרן. אינהיביטור נוסף שנוסה ומצוי כיום ב-שימוש ברכב האנגלי "טריומף" הוא ה-BMSL שהרכבו: בורקס $B_2O_7 \cdot 10H_2O$ ו- Na_2 — 30 חלקי משקל. מרקפט (MBT) $C_7 H_8 NS_2$ 1 חלקי משקל. סודיום מטסיליקט $Na_2 SiO_3 \cdot 5H_2O$ 1 חלקי משקל.

ליים (LIME) CaO 0.3 חלקי משקל. בניסוי שנערך במשך 5 שנים במנוע 1.200 של "טריומף", נקבע כי הגנתו היתה כמעט מושלמת. לא היתה כל קו-רוזיה בחלקי הפליז, החמרן, נחושת. על אמפלור משאבת המים (מברזל יציקה), נראו נקודות בודדות של קורוזיה. נקודות אלו היו כה מעטות שבשום אופן לא יכלו למנוע את המשך פעולתה של מש-אבת המים.

אינהיביטורים נוספים שמצויים בשי-מוש במנועי בנזין הם: הכרומטים וה-שמן המסיס הפועלים גם במנועי דיזל, ופעולתם דומה בשני המנועים.

בניסוי השוואתי של ששה סוגי אינ-היביטורים שנמשך 14 יום בטמפרטורה של 170° פרנהייט: בורט, ניטריט, בנ-זואט, דיכרומט, שמן מסיס, הוסקו ה-מסקנות הבאות:

- כל ששת האינהיביטורים הגנו על פלדה.
 - השמן המסיס לא הגן על פליז (בנוסף לצנרת הגומי).
 - עבור נחושת היה ה-MBT הטוב ב-יותר מבחינת הגנה, אך גם הבנזואט ו-הדיכרומט נתנו תוצאות טובות.
 - הניטריט, הבנזואט והבנזואט הגנו על חמרן.
 - כל סוג האינהיביטורים, להוציא MBT ובנזואט, הגנו על ברזל יציקה
 - השמן המסיס והניטריט לא הגנו על חיבורי הסולר.
- בצבא ארה"ב משתמשים באינהיביטור הקרוי "נמבט" (Na MBT), שהדרישות ממנו חמורות עוד יותר. עליו לעמוד בדרישות החמורות גם לאחר אחסון ב-משך שנה — כאשר הוא אינו מחומם — ובכל תנאי מזג-אוויר.

חומר נוועי-קיפאון

דזאנטי פריז — חומר מנוע-קיפאון — משמש תוספת לנוזל הקירור, תפקי-דו למנוע קפיאת המים בטמפרטורת הק-פיאה הרגילה, על-ידי הורדת נקודת ה-קיפאון. רוב החומרים הללו מבוססים על אטילן גליקול שהוא קורוזיבי לכן יש בכל נוזל מנוע קיפאון אנהיביטור. השפעת האנטיפריז היא בהורדת נקו-

גליקולים אחרים (%) (משקל) — 5% מקסימום.
 מים (להוציא מי בורקס) — 5% מקסימום.
 בורקס $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ — $\pm 0.2\%$ 2.5 מקסימום.
 סולפטים, קרבונטים, כלורידים — 0.
 אפר (ASH) — 1% מקסימום.

תחום PH

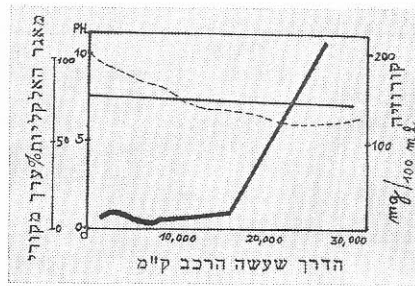
חומר לא מהול 6.5 ± 0.5 .
 תמיסה מימית 30% (נפחי) $7.5 \div 8.0$.
 מאגר האלקליות מינימום 13.5.
 נקודת רתיחה 149 מעלות צלסיוס.
 נקודת קיפאון נוזל בלתי מהול — לא מעל 17° — צלסיוס.

ריכוז 30% — לא מעל 13° — צלסיוס.
 ריכוז 60% — לא מעל 64° — צלסיוס.

סיכום

בחירת אינהיביטור למנוע שריפה פנימית מושפעת מהגורמים הבאים:

- המתכות המצויות במגע עם נוזל הקירור.
- קיום או אי קיום נוזל מונע קיפאון.
- התנאים השוררים (טמפרטורה, זרימה וכו') שהינם דומים כמעט בכל סוגי מינועי שריפה פנימית.
- רוב האינהיביטורים למנועי שריפה פנימית הם אנודיים ולכן יש להקדיש שימת לב לכמות מספקת של האינהיביטור למערכת הקירור.
- יש חשיבות מרובה לאינהיביטציה של מנועי דיזל בשל אורך חייהם.



עליה בקורוזיה וירידה במאגר האלקליות לקשיים בהעברת החום, וליצור על-ידי כך חום יתר.

האינהיביטור הנפוץ ביותר באנטיפריז אטילן גליקול הוא הבורקס. לאחר משך עבודה הוא מאבד מייעילותו. בציור למעלה ניתן לראות שעם הזמן חלה עליה בקורוזיה וירידה במאגר האלקליות וירידה קלה ב-PH.

אינהיביטורים אחרים המצויים בשימוש עם אטילן גליקול הם הטריאנולימין פוספט (TEP) וה-MBT. ל-TEP תכונות אינהיביטציה טובות; אך כאשר יש בחומר נחושת הוא גורם להתקפה על-ידי יצירת Cupramine Complexes המתפזר על פלדה או חמרן, וגורם לקורוזיה מקומית. כאן המקום לציין כי ד"ר אוונס מצא כי שימוש ב-NaMBT עם אטילן גליקול גורם לתן את האינהיביטציה הטובה ביותר עבור ברזל, נחושת, חמרן וסולדר. בבריטניה מקובל השימוש של בנוזאט ניטריט יחד עם האטילן גליקול. להלן דוגמא של דרישות כימיות ופיסיקליות מנוזל מונע קיפאון על בסיס אטילן גליקול השימושי במנועי שריפה פנימית.

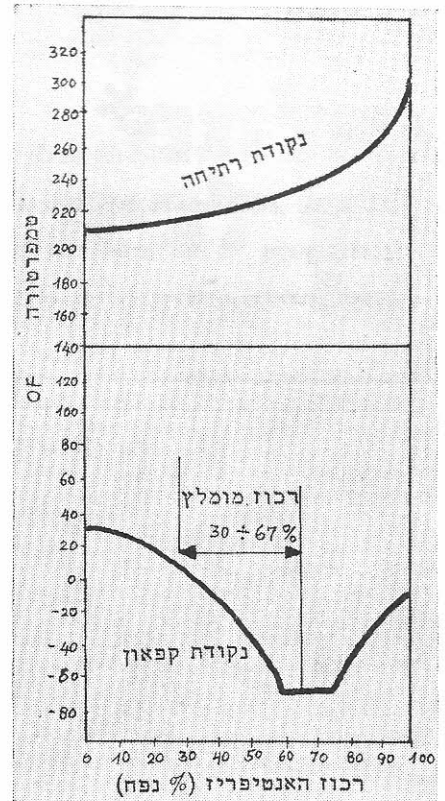
הרכב

אטילן גליקול (%) (משקל) — 77.5% מינימום.

דת הקיפאון, אך תוצאת הלוואי שלו מעלה את נקודת הרתיחה. את השפעת הריכוז של האנטיפריז על טמפרטורות אלה ניתן לראות בציור הבא.

בבדיקות הוכח שעבור החומר שבציור התחתון מומלץ תחום ריכוז של 30% עד 67%. לריכוז מעל זה יש השפעה שלילית על יעילות מעבר החום ומניעת החיפאון. השימוש של אטילן גליקול אסור עם כרומטים, ניטריטים ומוליבדטים, משום שיווצר אז כרומיום הידרוקסיד הידוע ב"כינוי GREEN SLIME" העלול לגרום

השפעת הריכוז של האנטיפריז



דוד כהן - קידום ופיתוח הנדסי בע"מ

מערכות וחלקים מכניים

תכנון ■ הכנת דגמים



שדרות רוטשילד 112 תל-אביב ■ טלפון: 226820

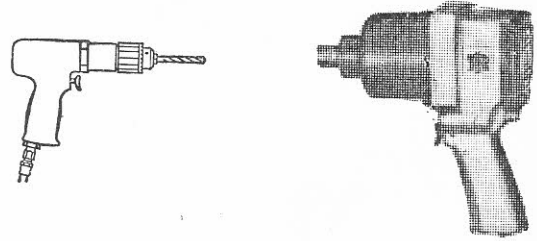
מפעלי ע. שנפ ושות' בע"מ נחניה

- מצברים לרכב
 - מצברים תעשייתיים ומיוחדים
- לכל הגדלים לפי הזמנה



המשרד הראשי: תל-אביב, דרך פתח-תקוה 64, טל. 34214
סניף חיפה: רחוב משה אהרון מס. 1, טלפון 664873
בית-החרושת: נתניה, אזור התעשיה, טלפון 22544

שרות תיקונים לכלים פנאומטיים

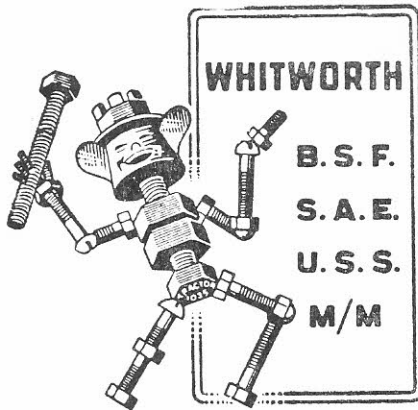


מפתחות ברגים פנאומטיים נבדקים במכשיר
חדיש המודד עד LB-FT 1500

(207 מטר - ק"ג) לשני כוונים - פתיחה וסגירה.
חשוב למעוניינים בביקורת תקינות הכלים.
בדיקה זו מבוצעת לכל כלי אחרי שיפוץ אצלנו.



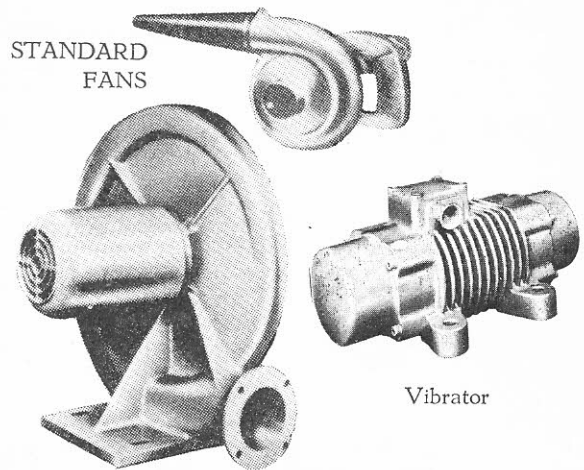
בלמים לתחבורה * פנאומטיקה לתעשייה
תל-אביב, רחוב בר-יוחאי 14, טלפון 82 28 01



חסר לך בורג ?! פנה ל...

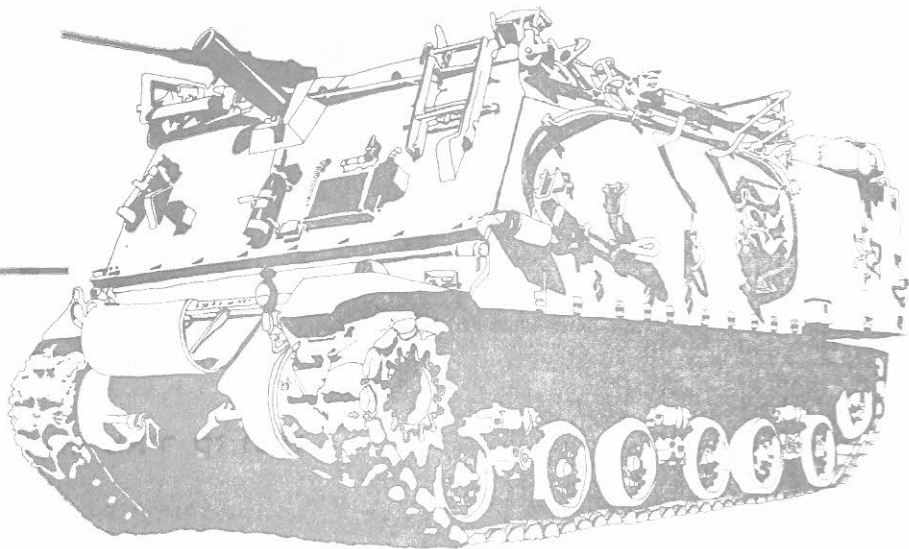
החברה התל-אביבית
לשווק ויצור ברגים בע"מ

ת"א, רח' לוינסקי 56 - טל. 823731



רתתים חשמל (ויברטורים)
ומפוחים אלקטרוור ELECTROR
להשיג אצל

יצחק מ. צרפתי ובנו בע"מ
תל-אביב, דרך שלמה 44
טלפון: 823555 - 824555



מרגמה כבדה מתנייעת (מכמ"ת) 160 מ"מ - סולתם

סולתם... מוצרי מתכת עלית לביית, לשדה ולסדנא.



סולתם - חיפה, ת.ד. 1371; טל. 993151 - 04



בוש

שרות

- תקוני חשמל ודיזל ברכב ובציוד
- חלקי חלוף, „בוש“ מקוריים
- ציוד חדיש
- מומחי בית החרושת „בוש“ מחו"ל
- למוסכים - יעוץ והדרכה
- גנרטורים לכח ולריתוך

לדיקו בע"מ

רח' המלאכה 15 חולון (ע"י ביח"ר טמפו), טל. 840920 - 841975
כביש א.פ.ס., מפרץ חיפה, טל. 722011

"מאיר"

חברה למכונות ומשאיות בע"מ

בבעלות מאיר קז ובניו,

הסוכנים הבלעדיים בישראל של

VOLVO

תל-אביב, רח' קרליבך 23, טל. 289191

חברתנו מפעילה עתה גם מכונות כשיטת

LEASING

כתנאים נוחים

תל-אביב, רח' אבן גבירול 9, טל. 222205

מוסך מרכזי מודרני לשרותים
"מאיר" בע"מ

חולון, אזור התעשייה, טלפון 856125

טרקטורים ומנועים

בולינדר - פנטה