



69

גליון חגיגי ליום חיל-החימוש הי-3

תחת קורת גג אחת

עתה לאספקה ישירות מהיבואן
הבלעדי לישראל מגוון מלא של ציוד
ריתוך לכל היישומים התעשייתיים
מהגדולים והידועות שבחברות
העולמיות.

ציוד לריתוך התנגדות מתוצרת SCHLATTER שווייץ

- ריתוך נקודות חד ותלת-פזי.
 - ריתוך תפר
 - ריתוך אוטומטי לרשתות.
 - ריתוך הבזקה לפלדה ואלומיניום.
 - ציוד לריתוך נקודות תעופתי.
 - ציוד אוטומטי לריתוך מגעים.
 - ציוד אוטומטי ליצור רכיבים אלקטרוניים.
- מלקוחותינו: תדיראן, תעשייה צבאית, תעשייה אווירית,
טלדר, חמת, נילי, הפת, פרג, בנית, ברזורין, רשתות יהודה
ועוד.



גדול יצרני מכונות ריתוך-קשת ותחת גז-מגן

HOBART

ציוד לריתוך קשת מתוצרת HOBART. ארה"ב והולנד

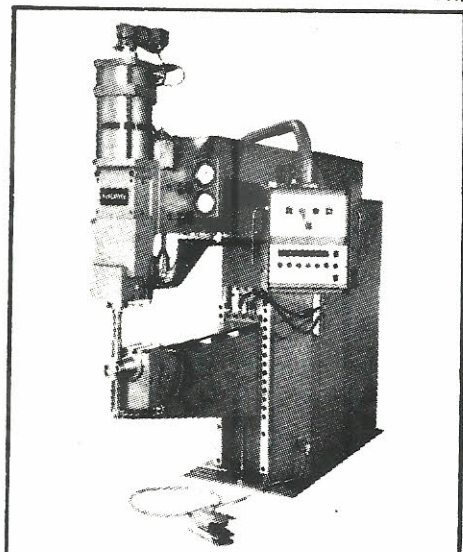
- ספקי זרם ישר לריתוך באלקטרודות.
 - מכונות ריתוך MIG עד 750 אמפר.
 - מכונות לריתוך בארגון TIG.
 - ראשי ריתוך אוטומטים לצנרת.
 - מכונות אוטומטיות לריתוך בקשת אטומה.
 - אלקטרודות וחומרים לריתוך.
- מלקוחותינו: צה"ל, תעשייה צבאית, תעשייה אווירית, נצרסינג,
מפעלים המלח, חברת החשמל ועוד מאות לקוחות שונים.

שרות: מח' שרות שבה טכנאי חשמל ואלקטרוניקה
מאומנים עומדת לרשות לקוחותינו בכל רחבי הארץ.

אל-אור

רח' ז'בוטינסקי 10, בני-ברק (8-795127)

יבואנים ומכיצים בלעדים בט"מ



SCHLATTER

השם המכובד בציוד לריתוך התנגדות



בתוכן:

3 תותחים אוטומטיים 20—30 מ"מ בשימוש חי"ר ממונע

אוריאל אברון

10 הנדסת-אנוש בתכנון מושבים ברכב

יוסף וייסנר

20 ראיון עם קצין-החימוש-הראשי

ריאיון: אילן שחורי

23 שיפורים ופיתוחים בחיל-החימוש — פירסום ראשון

24 חיל-החימוש — מאז ועד היום

26 חטיבות-כוח לטנק-המערכה (ב')

30 מחשבות על אמינות רכיבים ומערכות

שי קדרון

38 תצפית ארוכת-טווח

אליעזר מנור

מדורים

14 אצלנו בחיל

16 צבאות-עולם

34 מעניין ומועיל

העורך: רס"ר נסים נפתלי

עיצוב השער: אפי

בית ההוצאה של
צבא הגנה לישראל

מערכות

עורך ראשי: סא"ל יעקב ויסקינד

מערכות: עורך — סא"ל דני אשר

קשר ואלקטרוניקה: קצינת עריכה — לנה גרי



פקודת-יום מאת קצין-החימוש-הראשי, תא"ל בן-ציון בן-בשט

קציני חיל-החימוש, חיילים ואזרחים עובדי-צה"ל!

בחודש זה משלים חיל-החימוש את השנה הראשונה בעשור הרביעי לקיומו. לא יהיה זה עשור הדומה לשלושה שקדמו לו בתחום כלשהו מהתחומים המאפיינים את פעילותו של החיל. מדינת ישראל עומדת כיום בפני מבחנים מדיניים, בטחוניים, כלכליים וחברתיים, במיגוון ובעוצמה שטרם נתנסתה בשכמותם. למבחנים אלה תהיה השלכה מכרעת על דמותו ועל מטלותיו של צה"ל בכלל, ועל חיל-החימוש, שהוא ליבו המקצועי, בפרט.

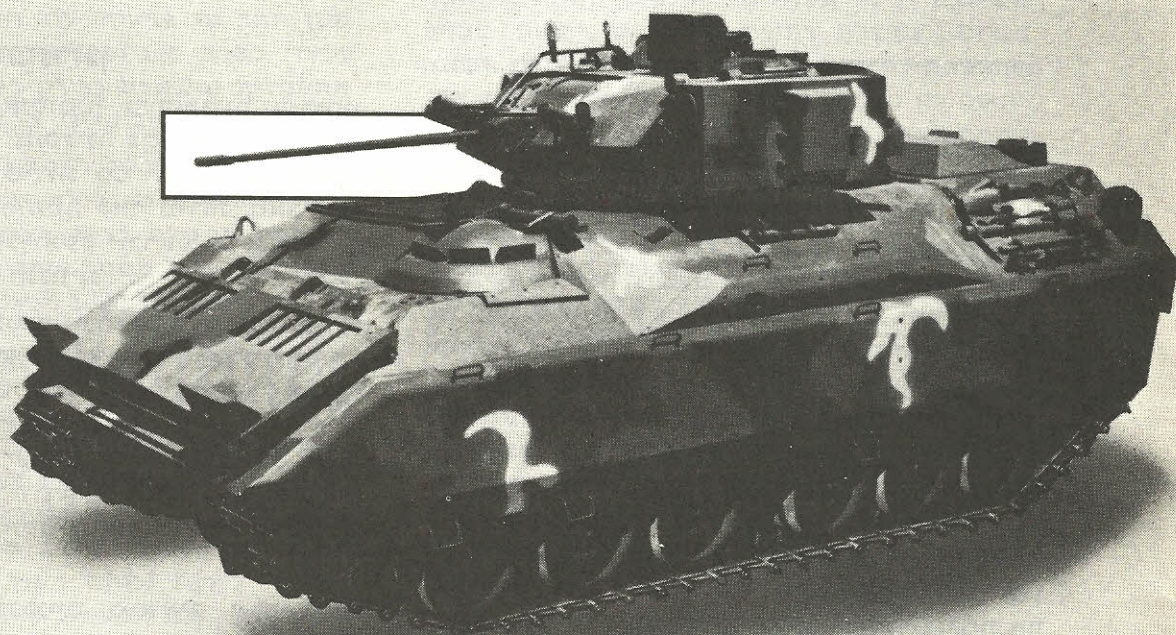
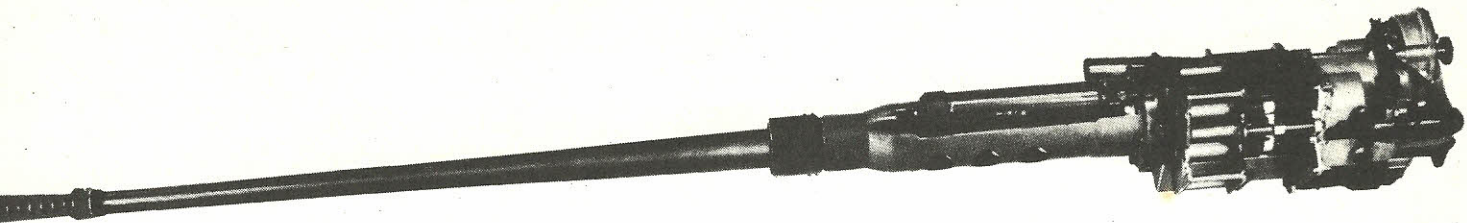
בהיערכות הכללית לקראת השלום נידרש כולנו לעשות יותר, ויותר טוב, כשירותנו יעמדו פחות משאבים, פחות תקציבים ופחות אנשים. בהתמודדות המתמדת עם ההתפתחות הדוהרת של הטכנולוגיה, ומול היתרון הכמותי של האויב מצד אחד והתהליכים מרפיה-הידיים המתרחשים בחברה הישראלית מצד שני, תישאר בידינו משענתנו העיקרית — איכות האדם. בשנים הקרובות נקדיש את מירב המרץ, המחשבה והדימיון לטיפול המשאב היקר ביותר המצוי ברשותנו — האדם המשרת בחיל-החימוש; נשפר את מיומנותו המקצועית, נגביר את המוטיבציה שלו לשרת ונחזק את הרגשת השתייכותו למשפחה המופלאה העושה במלאכה.

הקצינים, החיילים והאזרחים בחיל-החימוש, בסדיר ובמילואים, רשאים להעיף לאחור מבט מלא סיפוק על תרומתם להתעצמותו של הצבא, בקליטה ובפיתוח של אמצעי-לחימה ובהבטחת כשירותם של האמצעים האלה. להעיף לאחור מבט חטוף בלבד, כי את העיניים יש להישיר קדימה; אין פנאי לנוח על זרי-הדפנה. עלינו להסתער על העומד בפנינו באותה מידה של מסירות, התמדה ומיומנות מקצועית שציינה אותנו ב-31 השנים שעברו.

חיל-החימוש, בין הגדולים שבחילות-צה"ל כיום, מציין את יום הולדתו ה-31. אני מאחל לכל אחד מאלפי הקצינים, החיילים והאזרחים המשרתים בו התמודדות מוצלחת, רבת סיפוק והישגים עם תפקידו.

בן-ציון בן-בשט — תא"ל
קצין-החימוש-הראשי





תותחים אוטומטיים 20-30 מ"מ בשימוש חי"ד ממונע

מאת אוריאל אברון

כל הצבאות בעולם שואפים מאז ומתמיד לפגוע רחוק יותר, מדויק יותר ובעוצמה גדולה יותר. השאיפות האלה קשות כיום להשגה יותר מבעבר בשל ההתפתחות שחלה בכלי-הנשק ובניידותם. בין כלי-הנשק החדשים בולטים כיום טילי-הנ"ט למיניהם, המופעלים על-ידי צוות-חי"ר מצומצם והמסוגלים להשמיד כוחות-שיריון בטווח של 2000 מטר ויותר. בשדה-הקרב המודרני יפעל גם מסוק-הנ"ט, המסוגל בעזרת טילים להשמיד כוחות-שיריון בטווח רחוק, ביעילות ובמהירות.

כדי להתמודד ביעילות במסוקי-נ"ט ובצוותי-חי"ר המפעילים טילי-נ"ט חייב הכוח המשוריין להיות מצויד בנשק הפוגע בדיוקנות במטרות בטווח של 2000 מטר ויותר. תשובה אפשרית לבעיה הזו ניתן למצוא בתותחים האוטומטיים בעלי קליבר 20 עד 30 מ"מ, שניתן לשלבם בנגמ"שים, בטנקים, ברכב "רד" ואף בכלי-שיט קטנים.

בעיות התקנה ופתרון

בעת התקנת תותח אוטומטי גדול-מידות בצריחון של נגמ"ש או טנק נתקלים בבעיות-נפח שבגללן חייבים להגביל את מידות כלי-הנשק, את מידות העריסה שבה הוא מותקן, את מידות האביזרים החיוניים לתיפעולו של הנשק, ובראש ובראשונה — את כמות התחמושת הנלווית.

על המגבלות הללו ניתנו תשובות שונות: נפח התותח הוקטן על-ידי תיכנון מיוחד של המערכת הנעה. מידות העריסה ומשקלה הוקטנו לאחר שכוו-הרתיעה של התותח הוקטן באמצעות "ירי-צף" (ראה הסבר להלן). הגברת יעילות האש, באמצעות ויסות נכון של קצב-האש, וברירת התחמושת בהתאם למטרות, איפשרה להקטין את כמות התחמושת הנלווית.

פתרונות טכניים מהפכיים בנושאים אלה ניתנו בעיקר במערב. במדינות נאט"ו פותחו תותחים יעודיים לפגיעה במטרות-קרקע, ברכב-רד", בנגמ"שים ובמסוקי-תקיפה; תותחים אלה הותאמו להתקנה בצריחוני נגמ"שים וטנקים. בריה"מ ומדינות ברית-ורשה, לעומת זאת, הלכו בדרך שונה וניצלו תותחי-נ"מ מעולים שנוסו בקרבות והסבו אותם לנשק-קרקעי שטוח-מסלול. דוגמאות לכך הם ה-KPV בן 14.5 מ"מ וה-ZU-2 בן 23 מ"מ. התותחים האלה מותקנים בצריחוני נגמ"שים, ובשל כושר-החדירה הגדול שלהם הם משמשים תשובה הולמת לתותחים המערביים החדשים.

לצורך המאמר, נעמוד כאן על כמה מושגים הנוגעים למבנה ולעקרונות-הפעולה של התותחים האוטו-מטיים.

ירי-צף — המערכת הנעה של התותח (סדן, מחלק ולעתים גם קנה), שמשקלה גבוה בדרך כלל, נעה בעת הירי לפני ולחור ומכה בגוף התותח בכוח רב. המכה הזו עוברת לעריסת-התותח דרך פינים המחב-רים את התותח לעריסה. בנוסף לרתיעת המערכת

הנעה, רותע גם התותח כתוצאה מהירי וגם הרתיעה הזו מועברת לעריסה.

בתותח היורה בשיטת "הירי-הצף" קיים תזמון נכון בין תנועת המערכת הנעה ופעולת הירי, או בין תנועת התותח בתוך העריסה לבין הירי, או שניהם גם יחד. תזמון כזה, כפי שיוסבר להלן, גורם להקטנת כוח-הרתיעה במידה ניכרת ביותר. באפשרות הראשונה של ירי-צף (תזמון בין תנועת המערכת הנעה והירי) גורמים לכך שהמכה של המערכת הנעה תאזן על-ידי הרתיעה הנגרמת בעקבות הירי. האיזון הזה ניתן להשגה אם הירי מתבצע כאשר המערכת הנעה נמצאת בתנועתה לפני. בצורה זו, חלק ניכר מעוצמת הרתיעה נספג במהלך פעולת הבלימה של המערכת הנעה ובעקבות זאת קטן במידה ניכרת העומס המ-עבר לעריסה. באפשרות השניה של ירי-צף, גורם התיזמון הנכון בין תנועת התותח בעריסתו ובין פעולת הירי לכך, שהרתיעה בעקבות הירי בולמת את תנועת התותח. מימושן של שתי האפשרויות גם יחד (כמו בתותחים M693 ו-RH202 MK20) מאפשר שימוש בעריסה קלה וקטנה יחסית.

מזין — המזין היא מערכת נפרדת המתווספת לתותח אוטומטי כדי לקלוט את סרט הכדורים, לחלץ את הכדורים מהחוליות ולהעבירם לסט-ההזנה של התותח. מערכת ההזנה במקלעים בינוניים וכבדים (עד 0.5") אינה מותקנת בנפרד, אלא היא מורכבת במכסה-הגוף של המקלע או בגוף עצמו. המבנה של המערכת הזאת אינו מתאים במיוחד לתאוצות בתו-תחים 20-30 מ"מ שהן גבוהות יותר. יש אומנם דוגמאות לתותחים שבהם קיימת מערכת הזנה פנימית (ה-KAA למשל) הדומה במבנה שלה לזו המותקנת במקלעים עד 0.5", אך אין ספק שהיא מורכבת מאוד, בשל הצורך לעמוד בתאוצות גבוהות יותר, ומורכבות זו תורמת כמובן לסירבול. למזין, כמערכת נפרדת, יש יתרונות על פני המערכת הפנימית מבחינת כושר-הגרירה של סרט הכדורים, אפשרויות ההזנה (הזנה מסרט או מתיפזורת) ואפשרויות ברירת

תחמושת — נושאים שבהם מערכת ההזנה הפנימית נופלת מהמזין לאין ערוך.

בלס-הלוע — בלס-הלוע הוא התקן המורכב בקצה הקדמי של הקנה ותפקידו להקטין את כוח-הרתיעה של הנשק. בצידי בלס-הלוע קיימים חריצים מיוחדים; כאשר הקליע עובר דרך בלס-הלוע גורמים החריצים להטיית הגזים לאחור, ובעקבות זאת, למשיכת בלס-הלוע לפנים. מאחר שבלס-הלוע מחובר לקנה, והקנה — לגוף התותח, כל התותח נמשך לפנים ועומס הרתיעה על העריסה קטן. בלס-הלוע עשוי להקטין את כוח-הרתיעה ב-20—40 אחוז.

רתיעה-ארוכה — ברוב כלי-הנשק הקלים האוטו-מטיים (רובים, אקדחים, מקלעים ותותחים אוטו-מטיים), מוגבלת רתיעת הקנה או רתיעת בוכנת-הגזים למידה המאפשרת פתיחת-נעילה בלבד. מערכת רתיעה כזו נקראת מערכת בעלת רתיעה-קצרה. לעומת זאת, אפשר לתכנן רתיעת-קנה ארוכה יותר (כאורך הכדור) עד לפתיחת הנעילה. במערכת בעלת רתיעה-ארוכה כזו, המסה הגדולה של הקנה נבלמת בזמן ארוך יותר מזה שבמערכת הקודמת וכתוצאה מכך קטן העומס על עריסת התותח. מאידך יש למערכת הזאת מגרעת בכך שהיא גורמת לירידה בולטת בקצב-האש של התותח; דוגמה אופיינית לכך משמש התותח הבריטי "ררדן".

לפנינו כעת סקירה של כמה תותחים מערביים בני 20—30 מ"מ המתארת נקודות-איפיון עיקריות של התותחים האלה.

תותח אוטומטי M 693 דגם F1 בן 20 מ"מ

התותח M693, מתוצרת Manufacture Nat. D'armes de Tulle, הוא התותח האוטומטי התקני של כוחות היבשה בצבא-צרפת והוא מותקן ברוב הנגמ"שים והסיירות בצבא זה.

M693

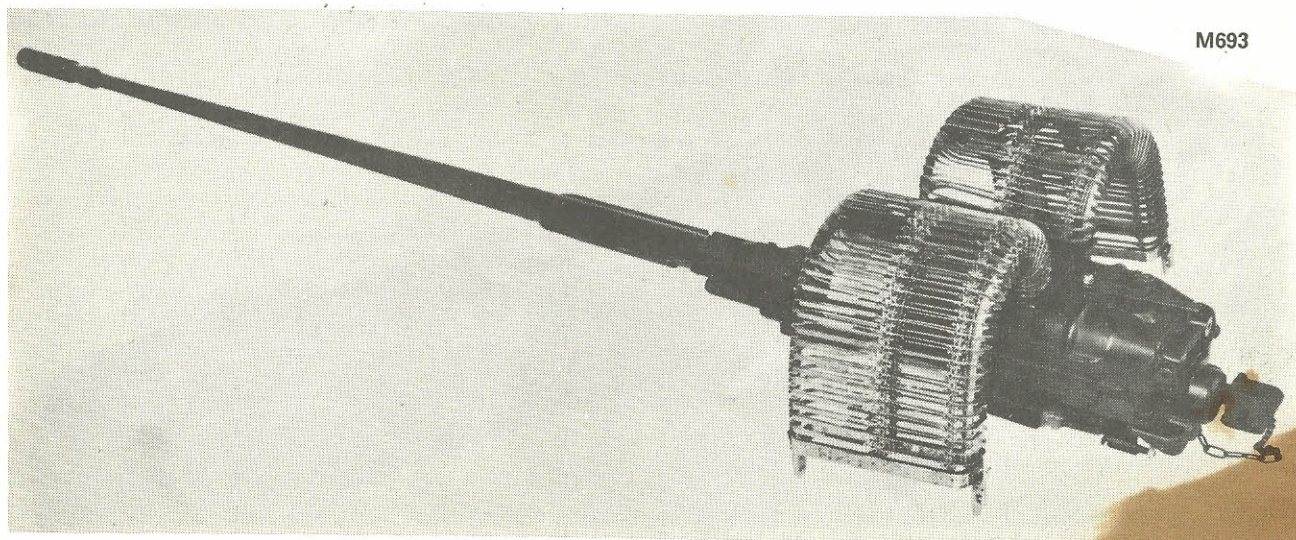
התותח מותקן במאָז מחוץ לנגמ"ש, ואל התותח מחובר מקלע-מקביל; ההתקנה החיצונית של התותח פותרת כמובן את בעיית הנפח. עריסת התותח מצוידת בבלס-זעזועים קפיצי והתותח נע בתוכה בצורה חופשית. כאשר התותח יורה, החלקים הנעים מתקדמים לפנים וגורמים בעת הרתיעה לבלימת תנועת התותח בתוך העריסה; עובדה זו מאפשרת להשתמש בעריסה קטנה יותר.

ה-M693 מצויד במזין שאליו נכנסים שני סרטי-תחמושת, נ"ט ונפיץ, בעת ובעונה אחת. הברירה בין שני הסוגים נעשית בשליטה מרחוק, או ידנית תוך כדי הירי. ברירת התחמושת מיעלת את הירי בכך שהיא מקנה לתותח סיכוי-השמדה גבוה יותר במספר קטן יותר של פגיעות. עוד חיסכון בתחמושת מושג על-ידי בקרת קצב-האש של התותח. תיבת הבקרה החשמלית מאפשרת ברירה בין מצב נצור, "בודדת", צרורות קצרים ומבוקרים, או צרורות ארוכים.

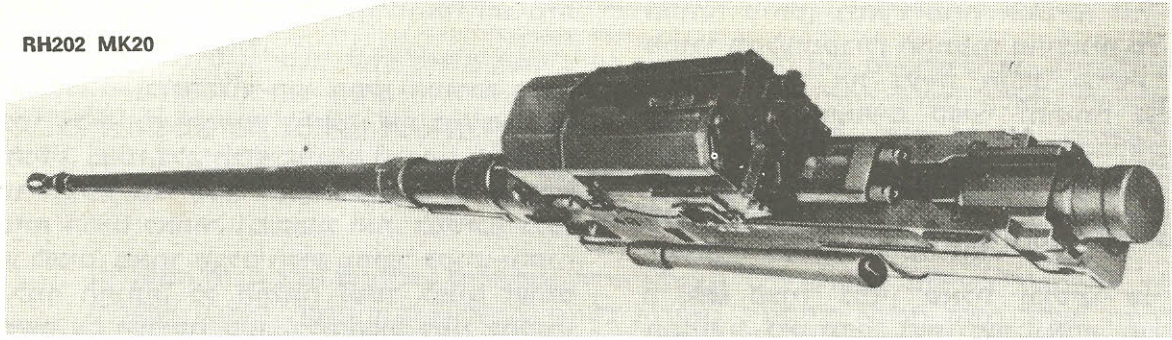
מידות התחמושת של ה-M693 הן 20×139 (139 מ"מ אורך התרמיל) וזו בדרך כלל התחמושת התקנית לתותחי 20 מ"מ בצבא הצרפתי. כדור ח"ש/מינעל בתחמושת הזו מסוגל לחדור פלדת-שיריון בעובי 20 מ"מ מטווח של 1000 מטר, בזווית-פגיעה של 60°.

תותח אוטומטי RH202 MK 20 בן 20 מ"מ

התותח RH202 MK20 מיוצר על-ידי "רינמטל", מערב-גרמניה. הוא נמצא בשימוש בצבאות גרמניה, נורבגיה ואיטליה, ויעודיו הם הגנת-נ"מ והשמדת מטרות-קרקע בטווח ארוך. ההזנה הסימולטנית בתותח זה שוכללה לדרגה גבוהה מאוד. לכל אחד מהיעודים שצינו ישנו דגם של מזין מתאים. מזין דגם 3 קולט שלושה סוגי-תחמושת; מימין ומשמאל שני סרטים, ומלמעלה עוד מחסנית בת 6—10 כדורים. האפשרות הזו לברור שלושה סוגי-תחמושת תוך כדי ירי שימור שית במיוחד בהגנת-נ"מ, אך אינה יעילה בנגמ"שים



RH202 MK20



רצוף של קצב-האש מ-100 עד 600 כדור בדקה. מזין התותח קולט סרט אחד, שניתן להזנה משמאל, מימין, או מלמעלה, בלי לבצע שינוי כלשהו במזין.

התותח מופעל בשיטת "הירי-הצף" ומצויד בבלס-לוע. אלה תורמים כמובן להקטנת ממדי העריסה ולהקטנת הנפח שתופס מיכלל התותח. עוד חידוש מעניין בתותח הזה הוא אופן הובלת הגזים לאחר. ברוב התותחים האוטומטיים, הגזים מובלים לאחר בתוך צילינדר-גזים ויוצאים מחריר מעבר-גזים הנמצא בערך בחצי האורך של הקנה. לעומת זאת, ב-MK20 הגזים מובלים לאחר דרך חריצים הנמצאים מסביב לתותב בית-הבליעה ויוצאים ישר מהקצה הקדמי של בית-הבליעה. היתרון בשיטה הזו הוא שהגזים מגיעים לתותב בית-הבליעה בלחץ גבוה ומנקים כל הזמן את החריצים; בכך מובטחת פעולה תקינה של התותח גם בתנאי-סביבה קשים.

ה-מאוזר MK20 יורה תחמושת 20x139; כדור ח"ש/מינעל בתחמושת הזו מסוגל לחדור פלדת-שיריון בעובי 2.5 מ"מ בפגיעה ניצבת מטווח של 1000 מטר.

מאוזר MK27 בן 27 מ"מ (בשימוש אוירי)

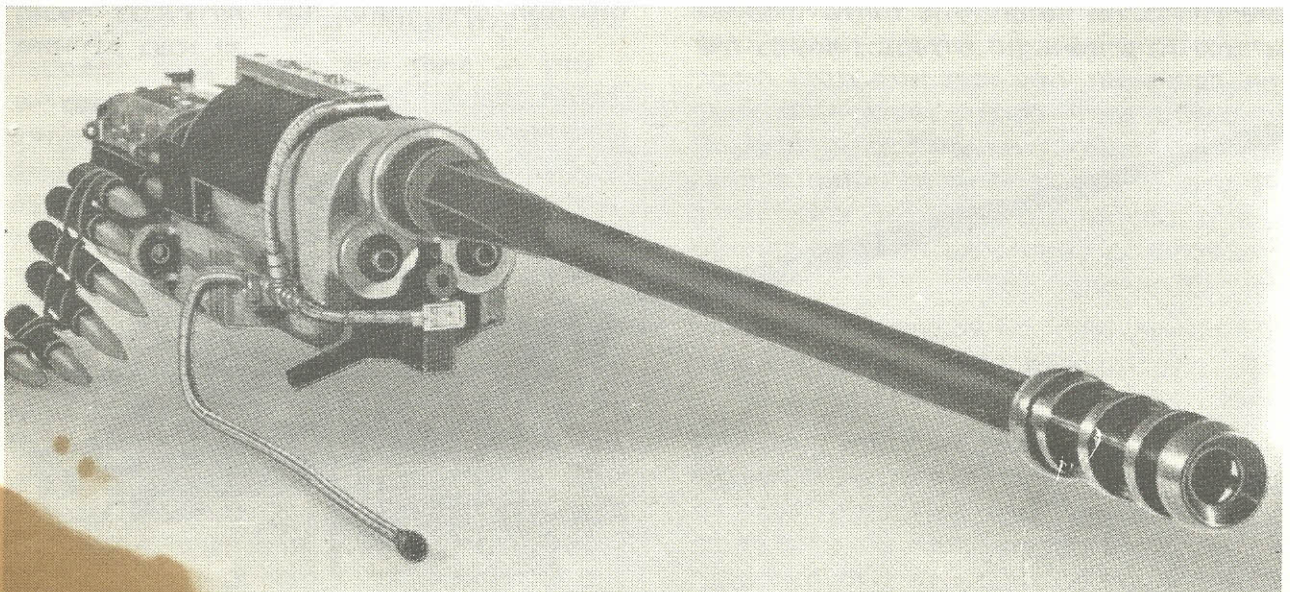
או בטנקים מאחר שהיא דורשת נפח רב. לכן משתמשים בנגמ"שים במזין דגם 2, שאליו נכנסים מלמעלה שני סרטי-תחמושת. עריסת-התותח בנויה מצינורות של סגסוגת-אלומיניום ומצוידת בבלס-זעזועים. זו עריסה קטנה וקלה יחסית והשימוש בה התאפשר הודות לשיטת "הירי-הצף" של התותח הזה, הגורמת, כפי שהסברנו, להקטנת כוח-הרתיעה של התותח. תותח זה מצויד גם בבלס-לוע התורם אף הוא להקטנת כוח-הרתיעה.

מידות התחמושת לתותח הן 20x139; כדור ח"ש בתחמושת הזו מסוגל לחדור פלדת-שיריון בעובי 8 מ"מ מטווח של 1000 מטר, בזווית-פגיעה של 60°.

תותח אוטומטי מאוזר MK 20 בן 20 מ"מ

ה-מאוזר MK20 נבדק לפני כשלוש שנים על-ידי הצבא המערב-גרמני, ולפי הידוע עד כה טרם הצטיידה בו מדינה מערבית כלשהי.

אחד המאפיינים הבולטים של התותח הזה היא מערכת חדשנית ביותר לבקרת קצב-האש. עורפך התותח ניתן להרכבה עם בלם מיוחד המאפשר שינוי

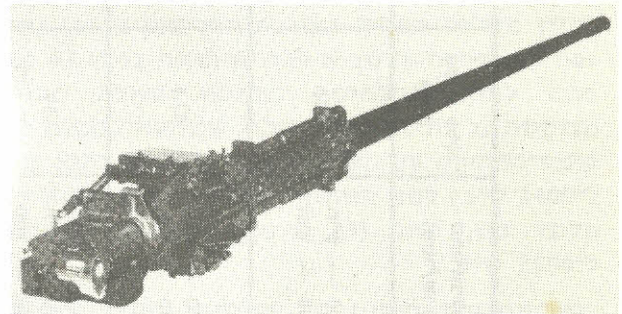


תותח אוטומטי ארליקון KAA בן 20 מ"מ

בדומה למאוזר MK20, גם ה-KAA של ארליקון הוא תותח שנבחן בזמנו על-ידי גרמניה, שוויצריה ובלגיה, אך לפי הידוע עד כה טרם הצטיידו בו.

ה-KAA מיועד להגנת-נ"מ ולתקיפת מטרות-קרקע "רכות". לצרכים אלה מצויד התותח במיגוון רחב של תחמושת 20 מ"מ מתוצרת ארליקון אשר אינה זהה לתחמושת 20x139. כדי להקטין את מידות התותח ולפשט את מבנהו ויתרו המתכננים על מזין, ובמקום זאת מוזן התותח ישירות מהצד (מימין או משמאל), בדומה להזנה בכל המקלעים הבינוניים והכבדים. תחמושת התותח כוללת כדור ח"ש/מינעל החודר פלדת-שיריון בעובי 76.2 מ"מ בפגיעה ניצבת מטווח של 100 מטר.

תותח אוטומטי ארליקון KBA-B בן 25 מ"מ



ה-ארליקון KBA-B בן 25 מ"מ הוא תותח שנבחן בזמנו על-ידי צבאות באירופה ואף על-ידי צבא-ארה"ב, וכיום ידוע שהוא מותקן על נגמ"שים בצבא ההולנדי. תותח זה פותח על-ידי חברת ארליקון מהתותח TRW25 שתוכנן על-ידי יוג'ין סטונר, ויעודו הוא להשמיד נגמ"שים בטווחים שמעל 2000 מטר.

השיפור העיקרי בתהליך פיתוח התותח נעשה במערכת הנעה, המופעלת על-ידי מכת-גזים על ראש-בוכנה, במקום הפעלה על-ידי רתיעת הקנה בתותח TRW. ה-KBA-B אינו מצויד במזין ואת התחמושת הוא קולט ישירות מלמעלה. ההזנה נעשית בשני סרטים והברירה ביניהם נעשית בפיקוד מרחוק או ידנית. בתותחים אוטומטים עם מזין המעבר מסוג תחמושת אחד למשנהו מחייב תמיד לירות עוד כדור אחד מהסרט הקודם לפני הכדור הראשון מהסרט השני וזאת בשל מבנה המזין. ב-KBA-B, לעומת זאת, לאחר שעוברים לסרט אחר לא נותרת על טסה-הזנה כל תחמושת מהסרט הקודם. בנוסף לחיסכון המושג כאן, יש למערכת ההזנה גם יתרון בטיחותי מאחר שניתן להזיזה למצב-ביניים (בין שני הסרטים) ואז, גם אם הסדן ישתחרר במקרה, לא ייפלט כדור מהתותח.

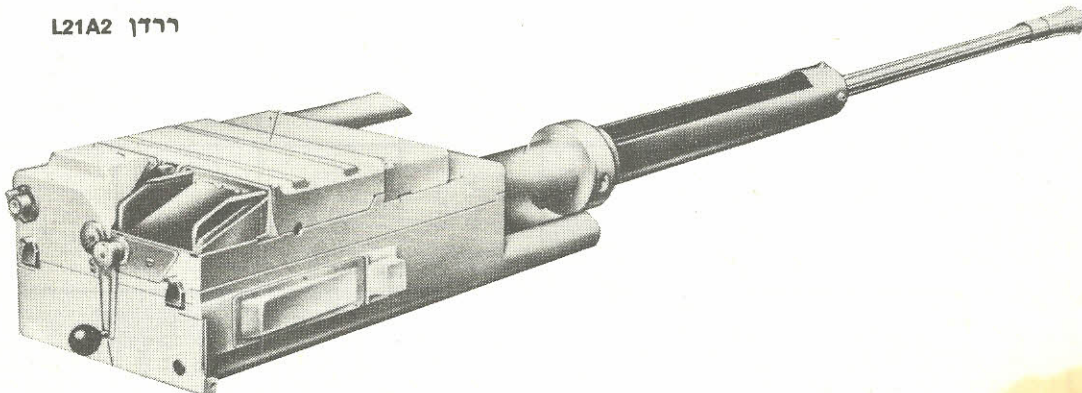
ממדיו הגדולים של התותח ורתיעתו החזקה במיוחד (כ-2.5 טון) לא איפשרו התקנתו בתוך צריחון והוא הותקן במארז-חיצוני, מעל הנגמ"ש. במארז נמצאת גם התחמושת וכן מערכות הדריכה, הירי וברירת התחמושת. כל הפעולות הנדרשות לטיפול התותח ניתנות לביצוע בבקרה מרחוק באמצעות תיבת-בקרה חש-מלית. בהתאם ליעודו — השמדת נגמ"שים בטווחים שמעל 2000 מטר — מצויד התותח בתחמושת ח"ש/מינעל מיוחדת המסוגלת לחדור פלדת-שיריון בעובי 25 מ"מ מטווח של 1000 מטר, בזווית-פגיעה של 60°.

תותח חצי-אוטומטי ררדן L21A2 בן 30 מ"מ

התותח החצי-אוטומטי ררדן L21A2 מיוצר על-ידי החברה הבריטית ENFIELD בשיתוף משרד הביטחון הבריטי. יעודו של התותח להשמיד נגמ"שים בטווחים ארוכים (עד 3000 מטר) וכן לפגוע בטנקים.

השילוב של פעולה חצי-אוטומטית וקליבר קטן עם היעדים שצינו מצביע על מהפכה בשטח זה; שכן, עד עתה היה מקובל, שלפגיעה בטנקים משתמשים בנשק

ררדן L21A2



סוג תחמושת	חזית שריון מ-1000 מטר (מ"מ)	סווח יעיל (מטר)	כוח-דחיפה (ק"ג)	קצב-אש (כדור לדקה)	מהירות-לוע (מטר/שניה)	משקל כללי (ק"ג)	גובה (ס"מ)	רוחב (ס"מ)	אורך (מטר)	קוטר (מ"מ)	תוצרת	סימון
20x139 נפיץ, ח"ש ח"ש/מינעל	20 בזיית 60°	2000	450	740	ח"ש — 1300 נפיץ — 1050	106	26.6	20.5	2.7	20	"ניאט" — צרפת	M693
20x139 נפיץ, ח"ש	32 בזיית 0°	2000	700—550	1000—800	ח"ש — 1100 נפיץ — 1050	92.5	25.9	24.1	2.6	20	"רינמטל" — גרמניה	RH202 MK20
20x139 נפיץ, ח"ש ח"ש/מינעל	25 בזיית 0°	2000	620	שי מצבים — בשינוי רצוף 600—100 1050—650	ח"ש — 1100 נפיץ — 1050	59 ללא מזין	25.4	22.2	2.46	20	"מאזר" — גרמניה	MK20
20 מ"מ — "ארליקון" ח"ש, נפיץ	40 מ-800 מטר בזיית 0°	2000	2400	1000	1050	87	—	—	—	20	"ארליקון" — שוויצריה	KAA
25 מ"מ — "ארליקון" ח"ש, ח"ש/מינעל נפיץ, רסיק, רסיק-מצית	25 בזיית 60°	3000	2500	570—100	ח"ש/מינעל — 1325 נפיץ — 1100	108	—	—	2.80	25	"ארליקון" — שוויצריה	KBA-B
30 מ"מ — "היספנו-טוריסיה" ח"ש/מינעל — "אנפיל"	—	—	1360	80	מעל 1200	113	—	—	2.95	30	"אנפיל" — בריטניה	ררן L21A2
XM552/639	—	3000	—	800—100 בשינוי רצוף + אפשרות לירי בודדת	671	27.2	27.9	25.4	1.60	30	"יו" — ארצ"ב	Chain- Gun

"יוז" לשימוש במסוקי-תקיפה, ויעודיו הם השמדת נגמ"שים ומטרות-קרקע רכות.

ה-Chain-Gun שייך לקבוצת כלי-נשק שונה לגמרי מהתותחים שסקרנו עד עתה. בניגוד לכלים המנצלים את כוח גזי-השריפה הנוצרים בירי על מנת לדרוך מחדש את הכלי ולפלוט את התרמיל הריק, הרי בתותח זה כל החלקים מופעלים באמצעות מקור-כוח חיצוני. לעובדה זו יש השפעה חשובה במקרה של תקלות-ירי (לדוגמה, כתוצאה מליקויים בתחמושת). במקרים אלה, מעגל הירי אינו נפסק והכדור שלא נורה נפלט מהתותח, בלי שיהיה צורך לדרוך את התותח ידנית. עוד יתרון הנובע משימוש במקור-כוח חיצוני הוא, שניתן להשתמש בתותח במערכות פנימיות קטנות יחסית; ואומנם, ממדיו של התותח אינם עולים על הממדים של מקלע-כבד "0.5".

התותח יורה תחמושת 30 מ"מ מתוצרת היספנו-סויסה. תיפעול התותח נעשה באמצעות תיבת-בקרה חשמלית, המאפשרת גם ירי בודדת וגם ירי בשינוי רצוף של קצב-האש מ-100 עד 800 כדורים בדקה. בניסויים שנעשו ב-1974 ירה ה-Chain-Gun, ללא תקלות, 50,000 כדורים בקצב-אש של 550—750 כדורים בדקה. התותח נמצא כעת בהצטיידות בחיל-אוויר האמריקאי לצורך התקנתו במסוקי-תקיפה וכן הוא נמצא בשלבי הערכה לקראת הצטיידות בחיל-הים ובכוחות היבשה בצבא ארה"ב.

לסיכום, התותחים שסקרנו הם פרי מחקרים חדישים ביותר. עם זאת, לנוכח הדרישות החמורות של שדה-הקרב המודרני, סביר להניח שיהיו עוד חידושים מרחיקי-לכת בתחום התותחים האוויר-מטיים לשימוש קרקעי, ויתכן שכך יהיה כבר בתקופה הקרובה.

מקורות :

- 1) דפי-מידע של יצרני כלי-הנשק שתוארו במאמר.
- 2) JANE'S INFANTRY WEAPONS, 1978

בעל קליבר גדול (כגון 105 מ"מ), נטען ידנית ומדויק, ולפגיעה במטרות "רכות" — בכלי-נשק אוטומטיים כגון מקלע-כבד או תותח. כאן, לעומת זאת, מדובר בתותח חצי-אוטומטי, היורה כדורים יחידים לטווח רחוק ובדייקנות גבוהה במיוחד. תותחי 30 מ"מ הנמצאים כיום בשימוש הם גדולים וכבדים; רתיעתם הגדולה אינה מאפשרת בדרך כלל להתקינם בנגמ"שים והירי האוטומטי שלהם בזבזני ביחס לכמות התחמושת שניתן לאחסן בצריחון. הירדן, לעומת זאת, ניחן ביתרונות רבים. הירי החצי-אוטומטי מאפשר לחסוך בתחמושת: התותח נטען ב-6 כדורים ואלה נורים למטרות אחד, אחד, בדיוק גבוה. במידת הצורך ניתן לירות את הכדורים בצרור, בקצב-אש של 80 כדור בדקה. הירי של כדורים יחידים ("בודדת") מאפשר לתנוודות הקנה בעקבות הירי להיפסק לפני שנורה הכדור הבא, ולכך יש כמובן השפעה חשובה על הדיוק של הנשק.

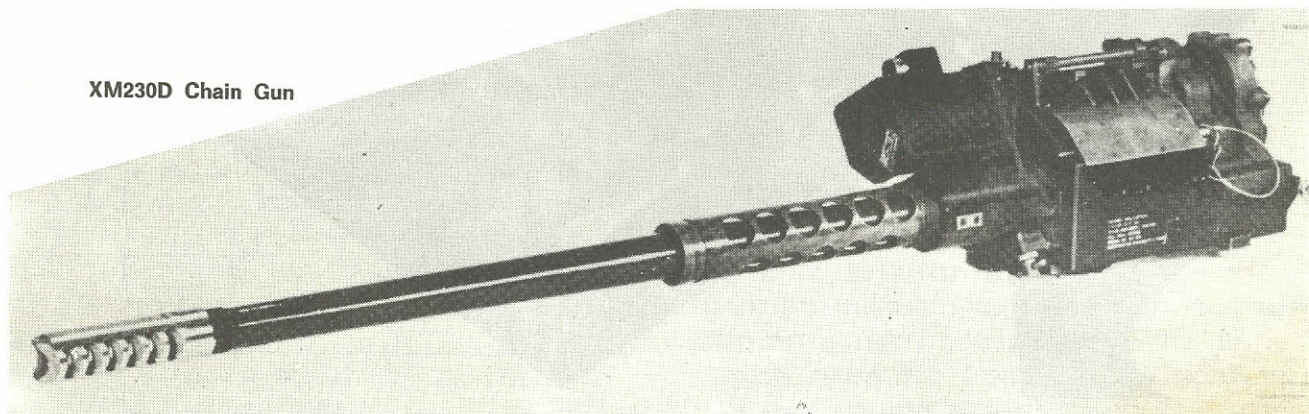
לירדן יש מבנה מיוחד התורם להקטנת מימדיו ומשקלו של התותח. ברוב כלי-הנשק הקלים, יש למערכת הנעה (סדן, מחלק ולפעמים גם קנה) תנועה אורכית, לפנים ולאחור. בתותח זה, לעומת זאת, הסדן מחליק הצידה כמו בתותחי-טנקים וכך נחסך נפח רב. סידור זה מביא לכך שהתותח בולט 43 ס"מ בלבד לתוך תא-לחימה בצריחון. פעולת התותח מבוססת על רתיעת-קנה ארוכה, שכתוצאה ממנה קטן עומס-הרתיעה על העריסה במידה ניכרת והוא מגיע ל-1400 ק"ג! לשם השוואה, בתותח KBA-B, שהוא בעל קליבר קטן יותר (25 מ"מ), מגיע כוח הרתיעה ל-2500 ק"ג.

כושר-החדירה הגבוה של התותח מושג באמצעות תחמושת ח"ש/מינעל מיוחדת, שהצליחה בניסויים לחדור את שריון הצד של הטנק T34 מטווח של 1000 מטר. הירדן נמצא בשימוש בצבאות בריטניה, בלגיה וניגריה.

תותח אוטומטי Chain-Gun בן 30 מ"מ

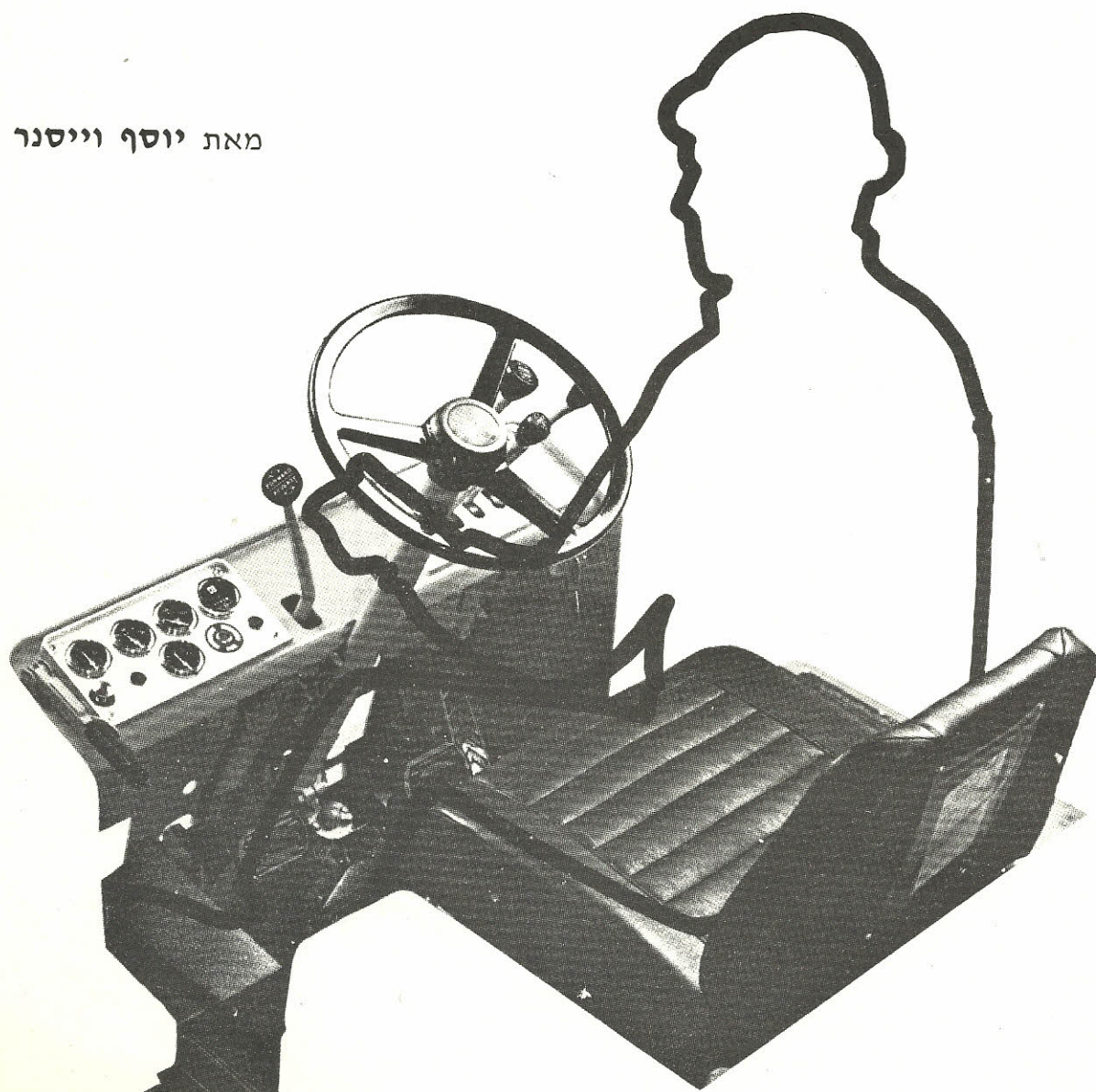
התותח האוטומטי Chain-Gun תוכנן על-ידי חברת

XM230D Chain Gun



הנדסת-אנוש בתכנון מושבִים בדרכ

מאת יוסף וייסנר

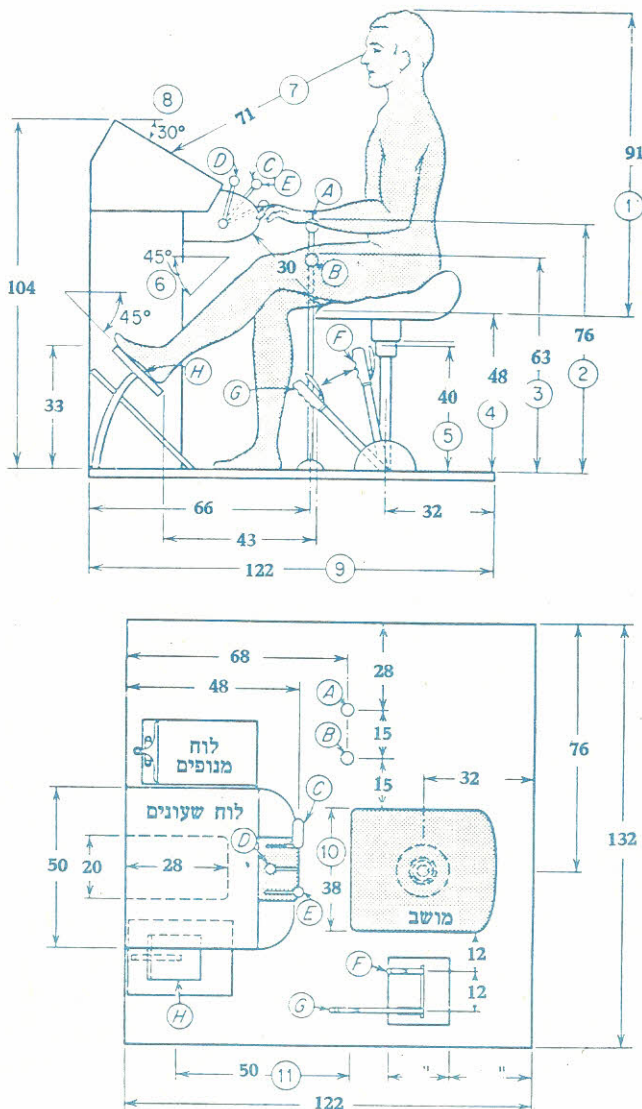


מיסעדי-המרפקים של הכסא ; 6 — גובה השולחן מפני המושב כך שהברכיים יוכלו להיכנס מתחתיו ללא הפרעה.

בעזרת המידות האלה ניתן לתכנן גם את הסביבה. לדוגמה : המידה — 15 קובעת את הגובה המינימלי של הרכב שבו צריך האדם לשבת ; המידה — 16 קובעת את גובה המכשירים שהאדם צריך לראות במצב ישיבה והמידה — 18 קובעת את הרוחב המינימלי מלי הדרוש לאדם, מידה בעלת חשיבות בעת תכנון ספסלים.

לפי הנתונים האלה, מתוכננת העמדה למפעיל ציוד כבד, כפי שהיא מתוארת בציור 2. על-פי המידות בציור, מתברר, שעל-מנת לתכנן לפי נתוני הנדסת-אנוש יש צורך במרחב גדול למדי, וכל צמצום במרחב הזה יפגע בתיפקוד במידה זו או אחרת.

ציור 2

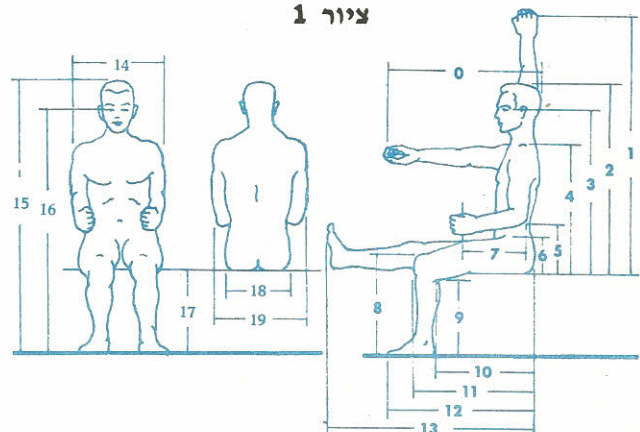


תורת הארגונומיקה, או בלשונו, הנדסת-אנוש, "משתמשת בנתונים ביולוגיים והנדסיים, כדי לפתור בעיות הקשורות בהתאמה של מכונות לבני-אדם ; חקר בעיות הגוף המתעוררות אצל האדם בעבודתו, השפעת תנאי העבודה עליו, פיקוחו על מכונות, ועיצוב הציוד כדי שיתאים לו" (מילון לועזי-עברי / דן פינס).

מאמר זה, העוסק בתכנון מושבים ברכב, מתאר כיצד מוגשמים עקרונות הנדסת-אנוש הלכה למעשה. בציור 1, לדוגמה, מצוינות המידות המתייחסות לגבר במצב ישיבה ובהן יש להתחשב בעת תכנון המושב :

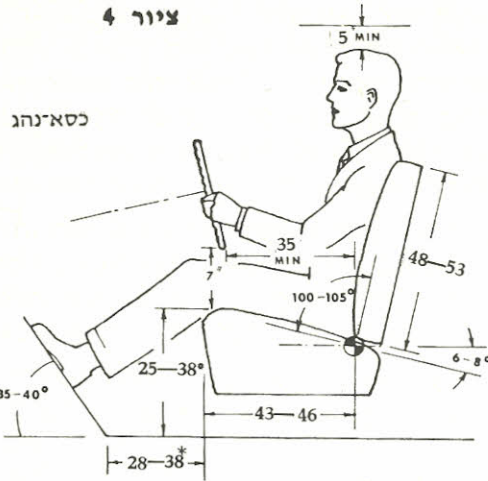
0	—	הושטת הזרוע מהמושב	889 מ"מ
1	—	הרמת הזרוע מהמושב	1346 מ"מ
2	—	גובה הראש מהמושב	965 מ"מ
3	—	גובה העין מהמושב	851 מ"מ
4	—	גובה הכתפיים מהמושב	635 מ"מ
5	—	גובה המרפק מהמושב	279 מ"מ
6	—	גובה השוק מהמושב	165 מ"מ
7	—	אורך הזרוע	411 מ"מ
8	—	גובה עליון לברך מהרצפה	584 מ"מ
9	—	גובה תחתון לברך מהרצפה	462 מ"מ
10	—	אורך המושב	546 מ"מ
11	—	מרחק הברך מהמשענת	673 מ"מ
12	—	מרחק הבהונות מהמשענת	940 מ"מ
13	—	מרחק רגל מושטת מהמשענת	1168 מ"מ
14	—	רוחב הכתפיים	483 מ"מ
15	—	גובה הראש מהרצפה	1422 מ"מ
16	—	גובה העין מהרצפה	1308 מ"מ
17	—	גובה המושב מהרצפה	457 מ"מ
18	—	רוחב הישבן	381 מ"מ
19	—	רוחב המרפקים	508 מ"מ

ציור 1



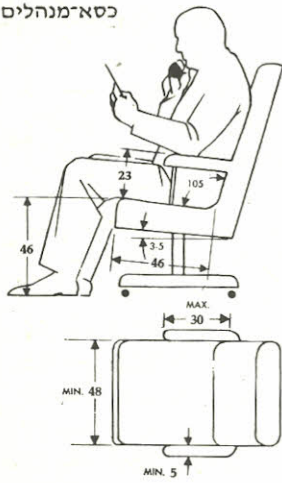
כל המידות האלה נכונות עבור 95% מאוכלוסית הגברים. 5% הנותרים הם בעלי מידות החורגות בהרבה ולא ניתן להתחשב בהם בתכנון. על-פי המידות האלו ניתן לתכנן מושבים וכסאות לכל מטרה. לדוגמה, המידה — 9 קובעת את גובה המושב ; 5 — גובה

ציור 4

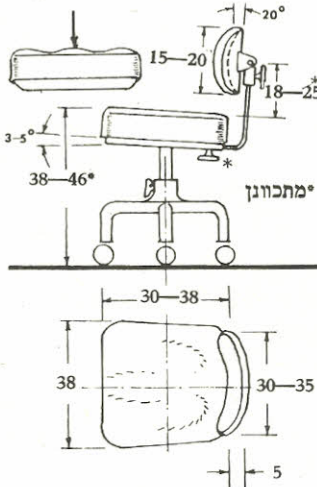


כסא-נהג

כסא-מנהלים



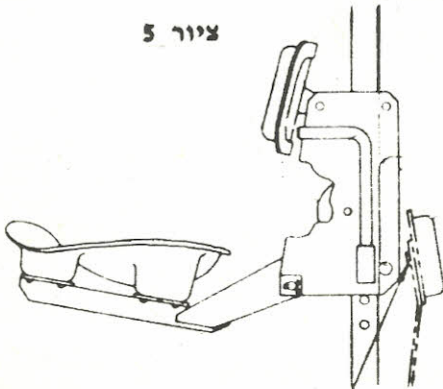
כסא-מזכירה



מתכוונן

להסתובב ולהגיע לזוויות נוחות. בציור 5, מתואר מושב בעל משענת כזו; המושב עשוי מסיבי-זכוכית ובמיסע קיים שקע מתאים. כסא זה נוח למדי וחسכוני בנפח מאחר שניתן לקפל את המושב ולפנות מקום למעבר או לעמידה של חיילים.

ציור 5

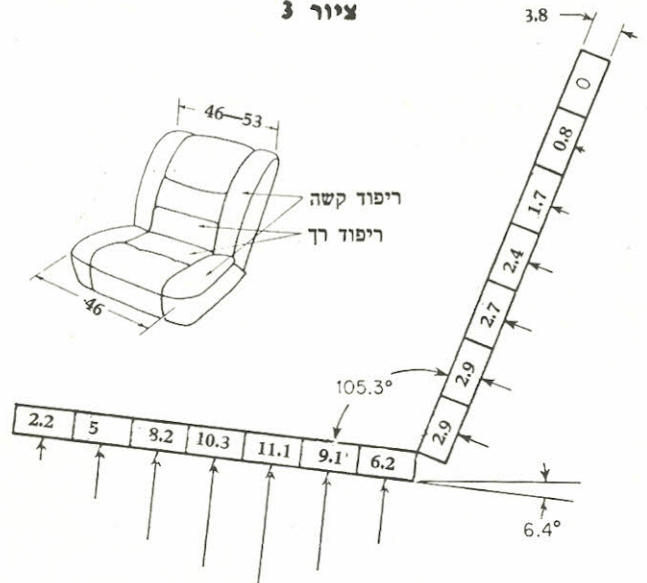


פורסם במערכות חימוש:

המושב בכלי-רכב והתאמתו לאדם / בנימין פיין, חוברת מס' 16 עמ' 19; חוברת מס' 18 עמ' 21.

במחקר שנערך לצורך מציאת חלוקת העומס של אדם היושב בתנוחה הנוחה לו ביותר, נמצא, שרוב האנשים מרגישים טוב בתנוחה המתוארת בציור 3. לפי הציור רואים, שהזווית הזאת — בין המושב למשענת — עומדת על 105° בקירוב. המושב והמשענת חולקו לקטעים באורך שווה של 76 מ"מ ו-82 מ"מ בהתאמה, והמספרים בתוך הקטעים מציינים את העומס בק"ג. העומס מצוין גם ע"י גודל החיצים המכוונים לקטעים השונים. ידיעת התרשים הזה של חלוקת העומס על הכסא עוזרת למתכנן בחישובי החוזק של הכסא,

ציור 3

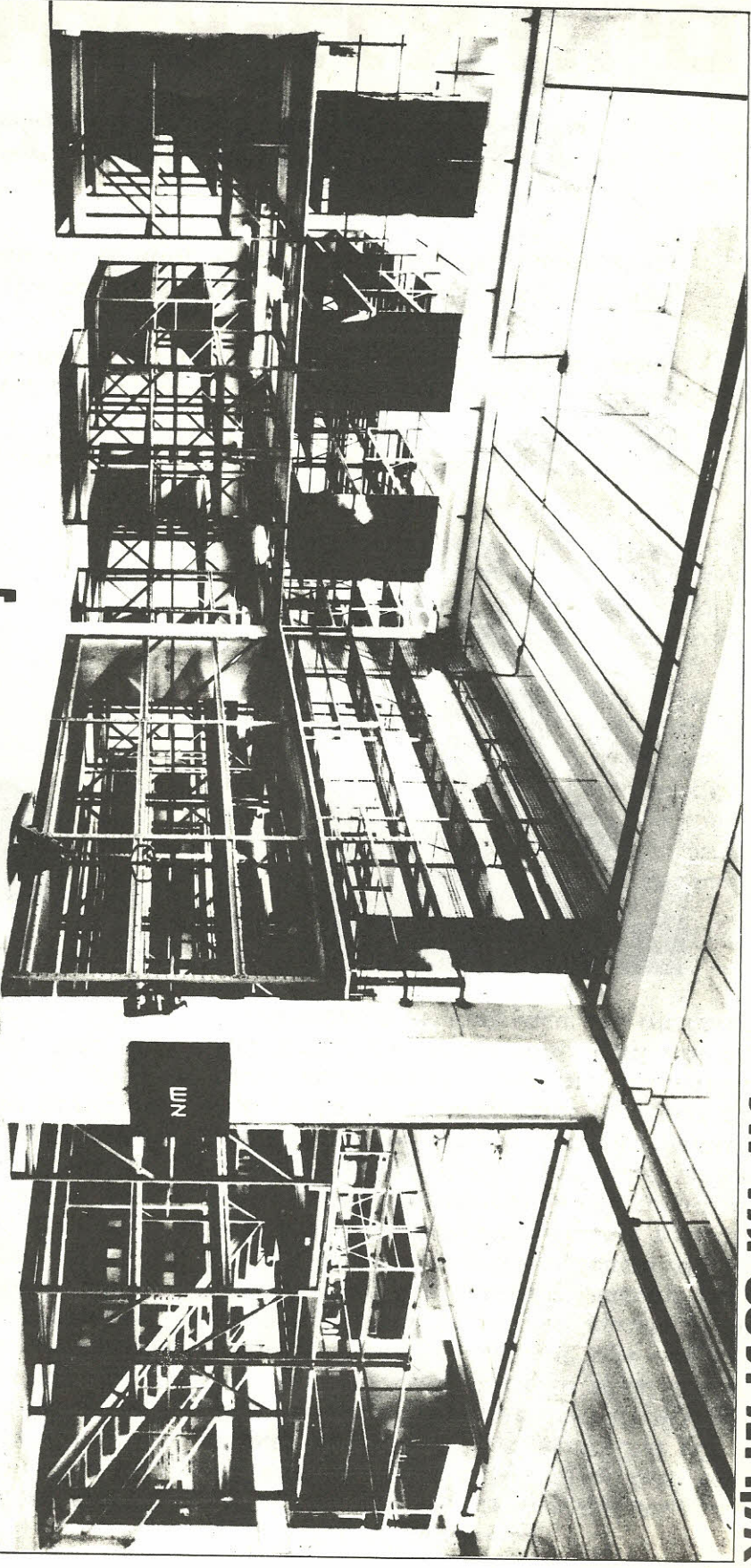


בעיצוב צורתו ובתכנון הריפודים במושב ובמשענת. (ראה תרשים בתוך ציור 3).

מושב-נהג, המתוכנן בהתאם לחלוקת העומס הנ"ל, נמצא בכלי-רכב צבאיים רבים. לפי המסקנות מתרשים זה תוכלו גם כסא-נהג, כסא-מנהלים וכסא-המזכירה המתוארים בציור 4. הנקודות המשותפות בשלושת הכסאות הן, הזווית בין המושב למשענת, הזווית בין המשענת לרצפה וצורת הריפודים. יתר המידות אופייניות לתפקיד שהאדם מבצע.

בתכנון מושבים ברכב קרבי באות לידי סתירה שתי מטרות רצויות. מצד אחד, שואפים להגיע למצב האידיאלי, שבו יש לכל חייל מרחב גדול, ומצד שני, שואפים לצמצם את מידות הרכב על-מנת להקטין את סיכויי ההיפגעות שלו. ברור הוא, שהקטנת סיכוי ההיפגעות של החייל חשובה יותר מנוחותו המקסימלית. ולכן, אם ניתן להנמיך כלילחימה בעשרות מילימטרים על חשבון ריפוד נכון של מושבים, אז מוותרים על הריפוד. ואם ניתן להקטין את רוחב הכלי על חשבון שיפוע נכון של המשענת, אז מוותרים על שיפוע כזה. אבל, גם בתנאים האלה, יכול המתכנן להקל על החייל על-ידי עיצוב צורה נוחה למושב. ניתן למשל לבנות את המשענת על ציר כך שתוכל

אקדמיית 88-גלריות



מחסן נוסף בתוך המחסן שלך?

מדרגות מחבת והתעמסה באמצעות פתרונות שינוע מקוריים.

מתאים לשטח החסנה נוסף, משטחי עבודה, משרדים, ארכיונים וניתן להקמדה עד 4 קומות.

בני ברק: רח' מתחילה 8 טל. 03-7760112
חיפה: רח' הגפן 1 טל. 04-514664
ירושלים: טל. 02-862396



מיתת

מפעלי מחבת אשקלון בע"מ

כל שעלך לעשות הוא להרים את המבט, לזלות את

הנפח העצום והבלתי מנוצל במחסן שלך, ולהקים רצפת בנינים (גלריות) מאלמנטים מודולריים של

אקדמיית 88: * הרבה מהירה

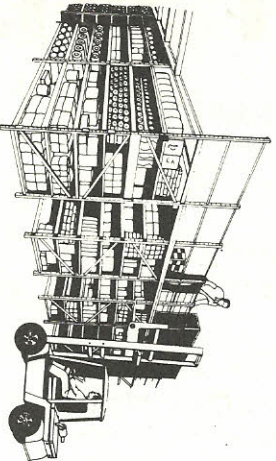
* ניצול נפח מרבי

* אפשרות פירוק וביצוע שינויים

* חזק ויציב

* יכולת התאמה לכל גודל ושטח

על מסגרות וקורות המחבת של אקדמיית 88 מונחת רצפת עץ המסופלת בצבע מיוחד להגנה מפני אש. העליה למפלס העליון היא באמצעות



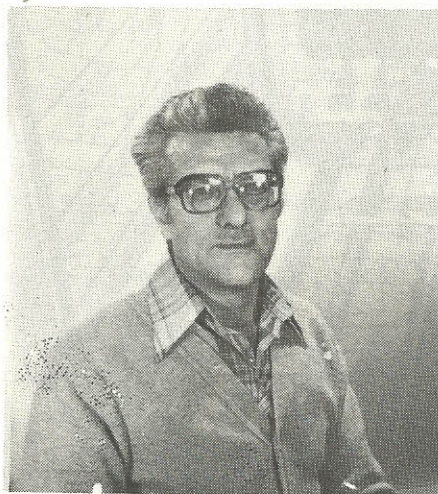
בחיל-חימוש-ללא מדים

חצי-יובל עם עובדי-צה"ל

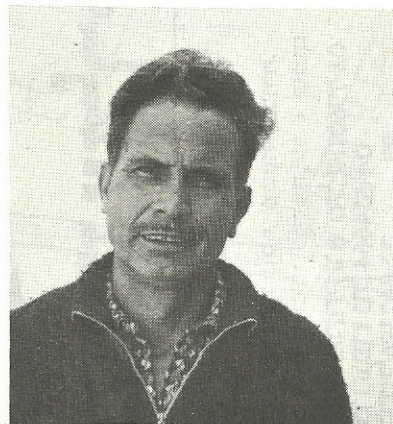
"אני מקווה לראותכם בעבודה עוד 25 שנים" — במלים אלה סיים קצין-החימוש-הראשי, תא"ל בן-ציון בן-בשט, את דברי ברכתו ל-38 עובדי-צה"ל ממפקדת-החיל שצברו 25 שנות ותק ומעלה.

בטקס הקצר אמר תא"ל בן-בשט, כי עובדי-צה"ל הם חלק בלתי-נפרד מהמערכת הצבאית, ועבודתם המסורה היא תרומה חשובה לצה"ל. כאות הוקרה, העניק קצין-החימוש-הראשי לאזרחים שי — שעו"יד.

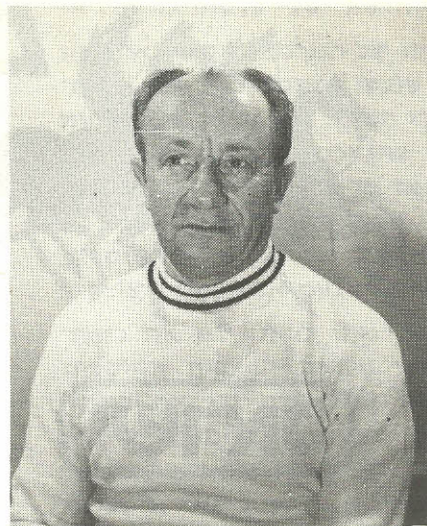
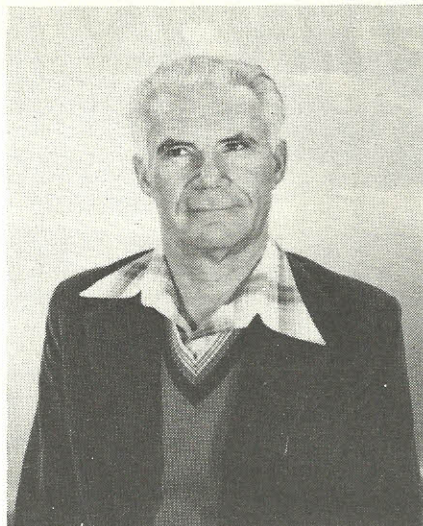
שוחחנו עם ארבעה ממקבלי השי ודלינו מעט פרטים עליהם ועל דרכם בצה"ל.



יוסף מזרחי, בן 47, תושב רמלה, נשוי ואב לשניים. עובד במפקדת-החיל כטכנאי במשרד-תכנון. יוסף נולד בצרפת ועלה ארצה בשנת 1949. את שירותו הסדיר עשה כשרטט בחיל-החימוש. לאחר שהשתחרר, למד טכנאות-מכונות ושרטוט-טכני, ועם סיום הלימודים יצא להשתלמות בחיל-החימוש, שם החליט להישאר ולעבוד כאזרח. בעבודתו, משתתף יוסף בתכנונם של פריטי-נשק רבים, בעיקר בעבודות שרטוט של חלקי מכונות, ומאחוריו נסיון רב-שנים בתכנון התקנים על גיפים, זחל"מים ותומ"תים. במלחמת ששת הימים תיכנן התקנה של גיפי-ני"ט. את העבודה הזו, הדורשת בימי שלום כמה שבועות, ביצע יוסף ב-18 שעות — מצהרי היום ועד למחרת בבוקר. במשימה דומה השתתף גם במלחמת יום-הכיפורים, שבה נדרש להתאים טיל-ני"ט שהגיע ארצה להתקנה על גיפ. גם כאן ביצע את העבודה בקדחתנות, וזו צוינה בעתון במחנה כשיא טכני. לפני כשנתיים נבחר יוסף מזרחי כעובד-מצטיין של מפקדת-החיל.



אמנון לפידות, בן 49, תושב תל-אביב, נשוי ואב לשלושה. עובד בנושאי נשק במפקדת החיל. אמנון החל את שירותו במערכת הבטחון כאיש הפלוגה הדתית של החי"ש בתל-אביב. בתחילת 1948 נשלח עם מחלקתו לירושלים כדי להצטרף לחטיבת עצינוני, שהיתה אז בחיתוליה. בהפוגה הראשונה של מלחמת השחרור עבר לשרת בחיל-הים. משם נשלח לקורס נשקים בשיכ"מוניס והוצב כנשק בבת-גלים. "הייתי מפוצל-אישיות", אומר אמנון, "חלק אמרו לי שאני איש חיל-הים עם סמל חימוש, וחלק אמרו שאני חייל-חימוש בבגדים של חיל-הים". לאחר שיחרורו מצה"ל חשב אמנון להצטרף לקבוצה שעמדה להקים קואופרטיב ימי דתי. הרעיון הזה לא התממש בסופו של דבר ואמנון נשאר לעבוד בחיל-החימוש כאזרח. שנים רבות היה בוחן נשק, אולם כדבריו, רצה להיות תמיד בין אלה שמתכננים. ואכן, בארבע השנים האחרונות הגשים אמנון את השאיפה הזו, וכיום הוא עוסק, בין השאר, גם בתכנון. אמנון לפידות זכה בפרסי-יעול רבים, ונבחר כעובד-מצטיין של מפקדת-החיל.



שמואל קלנר, בן 55, נשוי, תושב הרצליה. מועסק במפקדת החיל בניסויי נשק ותחמושת. שמואל עלה ארצה בשנת 1947, התגייס לצה"ל, ובתום מלחמת השחרור החל לעבוד בצבא כאזרח. כלי-נשק רבים — החל מהסטן, הצי'כי והמאוזר, ועד הגליל — עברו תחת ידו בשלבים הראשונים להכנסתם לצה"ל. בניסויי הנשק הרבים בחן שמואל סוגי תחמושת רבים, החל מכדורי-רובה "0.22" ועד לרקטות 240 מ"מ, ובמהלכם "צבר" פציעות רבות. אחת מהן ארעה בעת שבחן אבטיפוס של תומ"ת 155 מ"מ. במהלך הנסוי, התלקח לפתע מיכל-הדלק, שהכיל 600 ליטר בנזין. הטנק היה מזווד, והיה חשש כבד שהטנק יתפוצץ ועמו תרד לטימיון עבודה של שנים. "אבטיפוס זה התפתח ונבנה לעיניי", אומר שמואל; "לא חשבתי הרבה, ובעזרת החברים הצלחנו לפרוק את חומר הנפץ ההודף ואת הפגזים והמרעומים. בינתיים החלו להתפוצץ ארגזי התחמושת הזעירה, ואחד הכדורים פגע בכתפי; אבל את הטנק הצלנו".

שמואל קלנר זכה בפרסי-יעול רבים, נבחר כעובד מצטיין במפקדת-החיל וייצג את חיל-החימוש באחת הפעמים בלשרי ושיא-המדינה.

יחיאל הוניגמן, בן 58, תושב תל-אביב, נשוי, אב לשניים וסב לנכד המשרת במפקדת-החיל. יחיאל נולד בפולין, ועבר שם את מוראות-השואה. לאחר שהשתחרר ממחנה-הריכוז גויס להגנה ונשלח מטעמה לגבול הצי'כי, שם עסק בהברחת הגבול. ב-1948, זמן קצר לפני עלותו ארצה, נבחר כחבר מועצת-העיר "הוף" בגרמניה, שם כיהן גם כיושב-ראש ועדת-הגיוס למען העם (מח"ל), ועזר בהפניית כוח ל וס לצה"ל. מיד עם עלותו ארצה, גויס יחיאל לחיל-הקשר ועם שיחרורו החל לעבוד כאזרח בחיל-החימוש. משמש כיום כמנהל המזכירות במפקדת-החיל ושולט על כל התיכתובת העניפה שבה.

הצלחנו בחיל



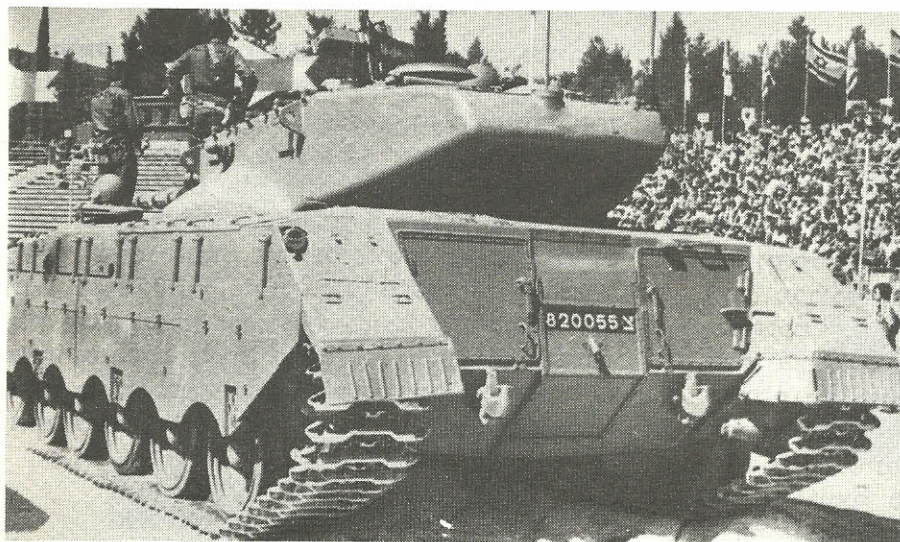


ישראל

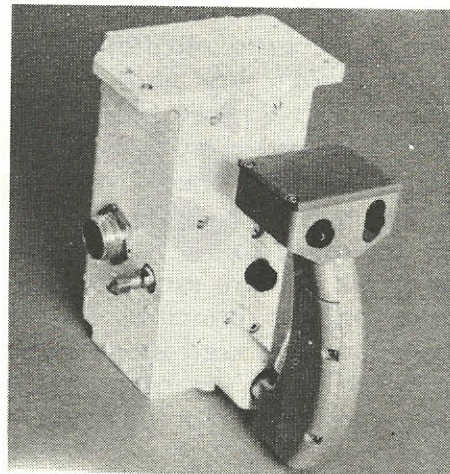
עוד פרטים על טנק ה"מרכבה"

דלת אחורית ותאי תחמושת

— מבט מאחור של טנק המר"כבה מגלה את דלתות תאי התחמושת (קיצוניות) הנפתחות ימינה ושמאלה. במרכז, בין שני התאים, נמצאת דלת הכניסה לצוות הטנק. הדלת, שרוחבה כ-60 ס"מ, מורכבת למעשה משני חצאי-דלת המתרחקים אחד מהשני בעת הפתיחה ומתקרבים אחד אל השני בעת הסגירה. הטנק המצולם כאן הוא דגם מוקדם יותר הנושא עליו "פלסות" בזוקה" המתקפלות לאורכו. בדגם האחרון (ראה תמונה ממול) תוכננו המשטחים האלה מחדש.



תקשורת מפקד-נהג — התקשורת בין מפקד הטנק והנהג נעשית ברוב הטנקים באמצעות רשת הקשר הפנימית. בטנק המרכבה לעומת זאת, כוללת המערכת גם יחידת-תצוגה לנהג וכן מחולל-אותות מיוחד, ידית-בקרה ומערכת אלקטרונית. יחידת-התצוגה של הנהג מחוברת לרשת הקשר הפנימית. כאשר המפקד לוחץ על משבת ידית-הבקרה (ראה תמונה), שומע הנהג צליל באוזניות המורה לו להמתין להוראות ובר-זמן מופיע סימן מתאים על מירקע יחידת-התצוגה. הסטת הידית ימינה גורמת לשידור הפקודה "נהג — ימין, ימין!" המועברת לנהג באמצעות רשת הקשר הפנימית, ועל גבי המירקע מופיע חץ המציין את הכיוון.

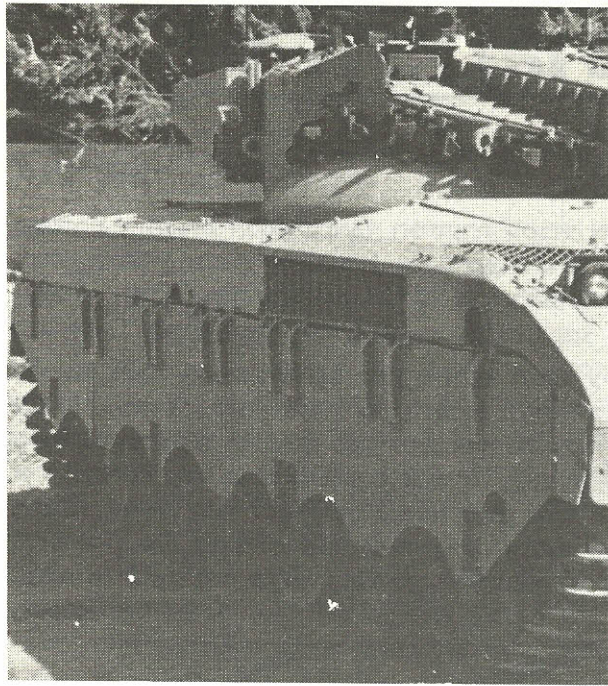


גירסה חדשה של פלטות-בזוקה —

בתמונה הזו של המרכבה ניתן לראות את השינויים שנעשו במשטחים האלה, המות-קנים בצידי הטנק. כאן מחוברות הפלטות בצורה כזו שהן יכולות לנוע הצידה, כלפי-חוץ, וגם אז הן שומרות במידה רבה על מקבילותן לצידי הטנק. סידור זה בא למנוע אפשרות של סתימת ה"מזקו"מ בתנועה בחול טובעני או בשטח בוצי.

בתמונה הזו ניתן לראות גם את כיפת-המפקד, את מערכת התצפית ההיקפית ומקלע מאג 7.62 מ"מ וכן את כוונת-הליזר של התותחן. בסמוך לעתודת חוליות-הזחל מרותכות צלעות-מתכת (ני-צבות ואופקיות); צלעות אלו מיועדות "ללכוד" קליעי נשק-קל ורסיסים, ובכך הן מגינות על המערכות האופטיות של המפקד והתותחן.

International Defence Review, 7/1978

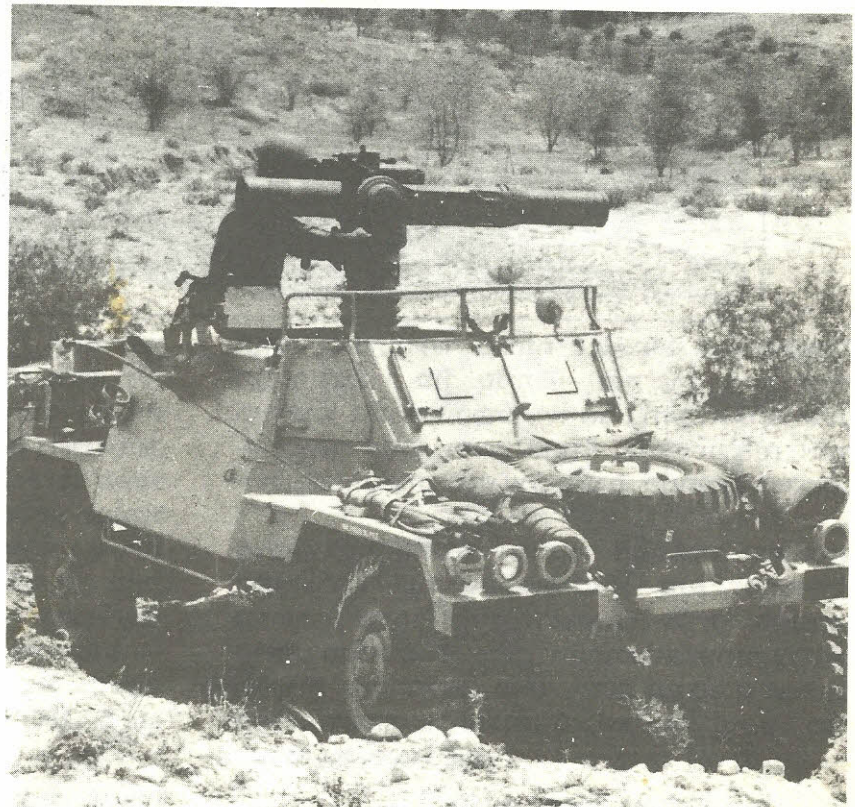


רכב סיור משוריין מתוצרת ישראל

רכב הסיור הנראה בתמונה הוא ה-RBY MK1 המיוצר ע"י "רמתא", חברת-בת של התעשייה האווירית. זהו רכב 4x4 שמשקלו 3.6 טון, וצוותו מונה 8 אנשים. תובת-הרכב נמוכה (גובה כללי 166 ס"מ) ומשורינת, ותחתיתה מורגנת בפני מוקשים. הרכב מצויד במנוע בנזין המורכב מאחור. המהירות המקסימלית על-פני כביש היא 100 קמ"ש וטווח הנסיעה הוא 550 ק"מ.

את ה-RBY אפשר לצייד בסוגי-נשק שונים, וביניהם משגר לטילי טאו. רכב זה יוצא מכבר לחו"ל.

International Defence Review, 6/1978



גרמניה המערבית

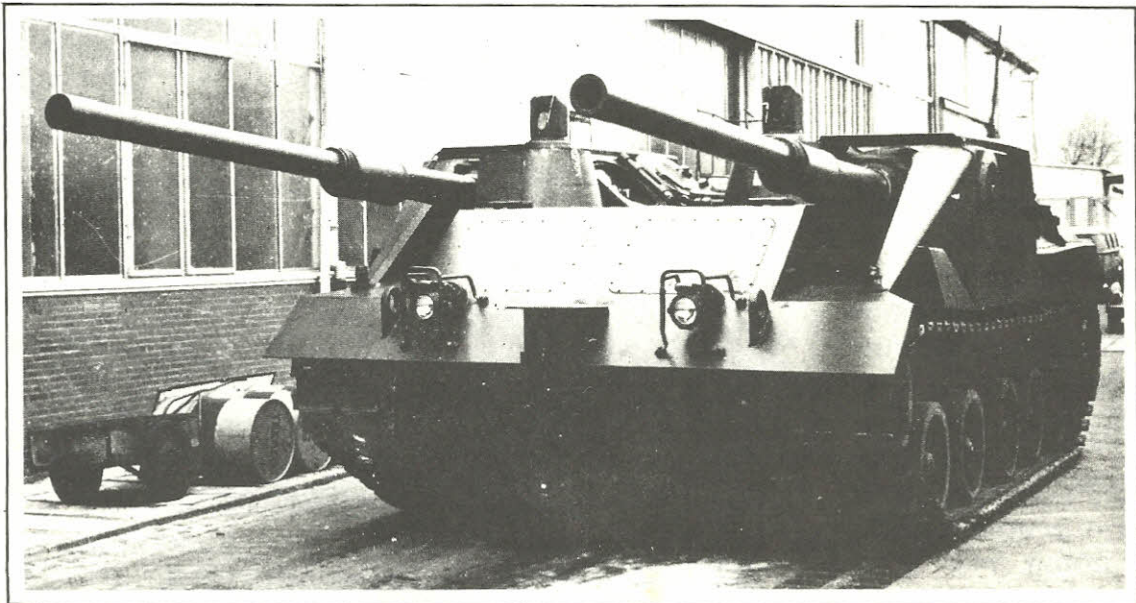
טנק-תובה דו-קני

עומדת כוונת פריסקופית היקפית PERI-R12 מתוצרת חברת צ'ייז, המשמשת לתצפית ולכינון. התותחים קבועים במישור האופקי כך שצירי-האורך שלהם נחתכים בטווח הקרבי המרבי (1,500 מטר). הכוונת הדו-צירית מיוצבת ותפקידה לכוון את התותחים למטרה במישור האנכי; במישור האופקי מכוונים התותחים על-ידי הפניית הטנק אל מול המטרה. הירי מתבצע כאשר קו-הראייה של אחד התותחים מתלכד עם המטרה.

על סיכויי הפגיעה בכדור-ראשון מטווח-בינוני כנגד המטרה הכבדה של נאטו (2.3x2.3 מטר) נאמר, שהוא מעל 90%, כלומר, ב-15% טוב יותר מזה של טנק בעל צריח. אבל, את היתרון הזה יש לראות יחד עם העוב- דות האלה: ראשית — התווסף כאן משקל של עוד

במסגרת התוכנית "ליאופרד-3" המיועדת לקבוע את הטנק שיחליף את ה-ליאופרד-1 בצבא מערב-גרמניה, העמידה החברה הגרמנית MAK דגם של טנק-ללא-צריח בעל שני תותחים (ראה תמונות).

עבודות הפיתוח והבניה של טנק-התובה החלו עוד ב-1972. באותה שנה החלה חברת מאק לפתח שני כלים נסיוניים, כדי לבחון בהם נשק, מערכת בקרת- אש וחטיבת-כוח בעלת ביצועים גבוהים. האבטיפוס הראשון — VT1 (רכב נסיוני מס' 1) יצא בשתי גרסות: VT1-1 בעל שני תותחים 105 מ"מ, ו- VT1-2 בעל שני תותחים חלקיים בקוטר 120 מ"מ מתוצרת "רינ- מטל".



תותח, ואם מדובר בתותח 120 מ"מ הרי המשקל הנוסף הוא 4 טון. שנית — בעת-קרב, חייב הכלי הזה לנוע בתנועת עקלתון ("זיגזג") מתמדת; ושלישית — כאשר הטנק נמצא בעמדה מוסתרת הוא אינו יכול לפתוח מיד באש על מטרה המתגלה בצדדים.

בנוסף לטנק-התובה הדו-קני משתתפים בתוכנית "ליאופרד-3" עוד שני דגמים — טנק ליאופרד-2 משופר, שצריחו מתוכנן במשותף על-ידי החברות קראוס-מפי ו-מאק, וטנק המתוכנן במשותף על-ידי החברות טיסן-הנשל, מאק ו- GST ונמצא כרגע "על הנייר". העבודה על תוכנית ה-ליאופרד-3 תימשך ככל הנראה עד שנת 1980.

ה- VT1-1 שהוצג לא מכבר במתקני חברת מאק בפני מומחים, בנוי על מרכב מקוצר של הטנק KPz70, בעל מתלה הידרופנימטי וחמישה גלגלי-מרכוב (במקום שישה). בטנק מותקן מנוע-הדיזל MTU-MB873 Ka500, שהספקו הועלה מ-1,500 כ"ס ל-2,000 כ"ס. משקל הטנק מגיע ל-38 טון, ומכאן שיחס ההספק למשקל מגיע ל-52.5 כ"ס לטון. לדגם הטנק הזה אין שריון מיוחד, ועדיין לא הותקנה בו מערכת הטעינה האו-טומטית, שפותחה על-ידי חברת רינמטל בשביל שני התותחים. לעומת זאת, הגרסה השניה של הטנק — VT1-2 מצוידת כבר באחת ממערכות-הטעינה האוטו-מטיות. הספק המנוע בגרסה הזו הועלה ל-2,200 כ"ס!

לרשות מפקד הטנק והתותחן (יושב בצד שמאל)

מערכת תיול בריבוב לשימוש בטנקים

רשות הפיתוח והמחקר של רכב משוריין (TARADCOM) בצבא ארה"ב עוסקת זה מכבר בפיתוח מערכת תיול בריבוב (Multiplex Wiring System), שתאפשר לצוות הטנק להפעיל, לבקר ולפקח על הציוד החשמלי והאלקטרוני באמצעות כבל רב-מוליכים יחיד. מערכת כזו עשויה, ללא ספק, לבטל חלק ניכר מסבך הרתמות הקיימות כיום בטנק ובכך תביא לשיפור האמינות וכושר התחזוקה של המערכת ולהפחתת עלות מחזור-החיים שלה.

המערכת הזו מבוססת על שיטת-קשר הידועה בשם "ריבוב בחלוקת-זמן" (Time-division multiplexing); אמ"צ קשר יחיד, כגון זוג תיילים סכוך, ישא כמות גדולה מאוד של אותות, שכל אחד מהם מיועד לשרת מטרה שונה. עיקר היתרונות שניתן להפיק בשיטה זו הם, צמצום ניכר של תיילים (נפח ומשקל), הפחתה ניכרת בכמות המחברים וצמצום במספר הפינים הדרושים לכל מחבר. יתרונות אחרים נוגעים לשיפור הצפוי באופייני ההפרעות האלקטרומגנטיות והקרינה האלקטרומגנטית, שיפור אמינות המערכת באמצעות בקרת-טעות ושיפור כושר-התחזוקה הודות לכושרה של המערכת לבדוק את עצמה והודות לאמצעי-בדיקה פנימיים.

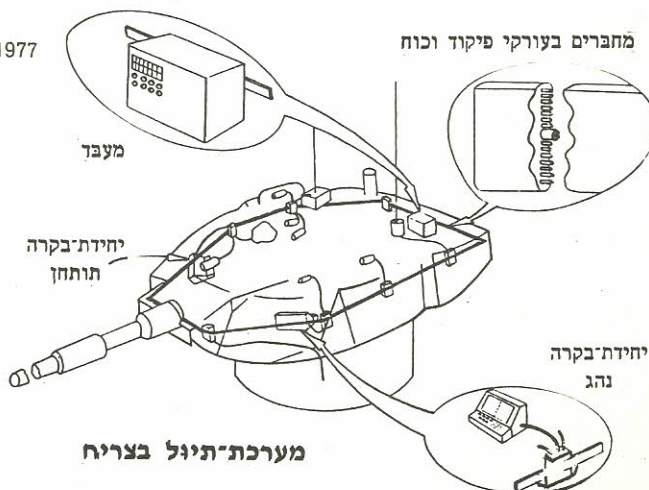
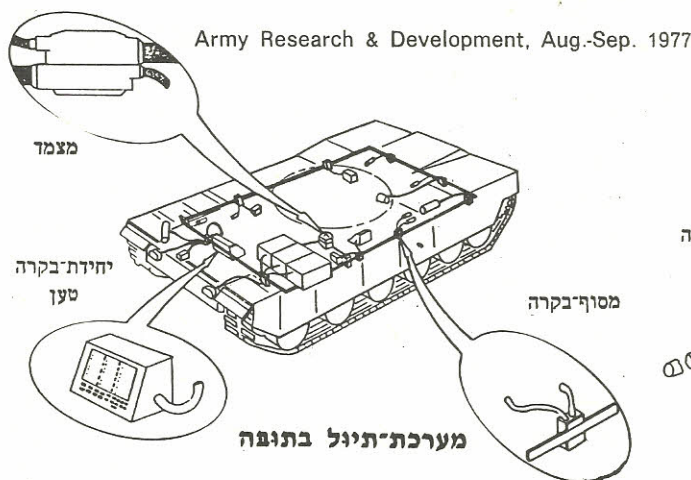
המרכיב העיקרי במערכת הזו הוא מחשב-מרכזי שתפקידו לקלוט, לעבד ולווסת את כל המידע הקשור לתיפעולו של הרכב. לרשותו של כל איש-צוות תעמוד יחידה משולבת לתצוגה ולבקרה אשר תפחית למי-נימוס את מספר המתגים והמחוונים הדרושים כיום להפעלת המערכות הרבות בטנק. אותות הנתונים וההספק הנדרשים למערכות הללו יועברו על-ידי כבל רב-מוליכים. חלק אחד של הכבל ייצור "לולאה" על ההיקף הפנימי של התובה, והחלק השני ייצור לולאה, על הדופן הפנימית של הצריח. שתי הלולאות יחוברו על-ידי מצמד (טבעות-החלקה) שיקשר את

התובה לצריח מבחינה חשמלית. במצמד זה יהיו רק 16 מגעות במקום יותר מ-50 הדרושות כיום.

הכבל היחיד יהא מורכב משתי מערכות-מוליכים: אחת — "עורק-נתונים" — תעביר אותות בין המחשב המרכזי ויחידות הבקרה והתצוגה לבין כל רכיב חשמלי ברכב. מערכת המוליכים השניה — "עורק-כוח" — תספק את האנרגיה החשמלית הדרושה להפעלת הציוד. עורק-הנתונים ועורק-הכוח ישולבו יחד ויהפכו לכבל שטוח שבמרכזו ימצא פס-הנתונים המוגן על-ידי סיפוף. בנקודות שונות לאורך הכבל ימוקמו מסופי-בקרה חשמליים, שימשו לחיבור רכיבי הרכב וכל אחת מיחידות הבקרה והתצוגה עם המחשב-המרכזי ועם מקור הזרם הראשי ברכב. מסופי-הבקרה יעבירו את הנתונים המרובבים בין היחידות.

צוות הטנק יהיה מסוגל לבקר ולפקח על הציוד בטנק באמצעות יחידות משולבות לבקרה ולתצוגה בעלות מצגים ובקרים רב-שימושיים. בכל יחידת-בקרה יהיו 20 לחיצים ומירקע-תצוגה מסוג פלסמה-גז ששטחו 76 סמ"ר. תיפעולן של היחידות הללו יהיה כדוגמת תיפעולם של מחשבי-כיס; אם איש-צוות רוצה, למשל, לצודד את הצריח עליו ללחוץ על הכפתורים המתאימים ביחידת הבקרה שלפניו; בעקבות הלחיצה יועברו אותות דרך עורק-הנתונים אל המחשב-הראשי. אחרי כן המחשב יתרגם את הפקודה ויורה לאחד המסופים לחבר זרם למנגנון ההנעה של הצריח. כל התהליך הזה ימשך חלקיק שניה בלבד.

שיטת הריבוב מנוצלת כבר במשך שנים בתעשיית הטלפון ולא מכבר הוכנסה גם לשימוש במטוסים צבאיים, ברכב-חלל ובאוניות. תיכנון שילובה של מערכת כזו בטנק הושלם כבר לפני שנתיים וייצורה אמור להסתיים השנה.



תא"ל בן-ציון בן-בשט

קצין החימוש הראשי

בדאיון ליום-החיל:



ראיין: אילן שחורי

תא"ל בן-ציון בן-בשט, נפתח ברשותך בנושא טכני טהור: איזה ערך יש לעבודת ההסבה שאנו מבצעים בכלי-נשק מיושנים מול היכולת הערבית לרכוש כלי-נשק חדישים מן המוכן?

אין לנו ברירה! אין לי ספק שהיינו מאושרים לו נפתחו בפנינו כל מקורות הנשק שבעולם. אבל, לנו אין משאבי-כסף, וגם לו היו לנו, עדיין סגורים בפנינו חלק ניכר ממקורות הנשק בעולם.

לפיכך, השכלנו במשך השנים לפתח יש מאין. עלינו, על חיל-החימוש, מוטל הנטל לספק ללוחם אמצעי-לחימה שיעזור לו לשמור על יתרון איכותי. זו לא רק משוואה פשוטה של איכות אמצעי-הלחימה מול איכות הלוחם; זה הרבה מעבר לזאת. יש ברירה אחת: לשפץ דבר ישן, או לפתח אמצעי חדש במקום

חיל-החימוש עוסק כיום בכמה מאות משימות-פיתוח בעת ובעונה אחת, בכל סוגי הציוד שעליהם מופקד חיל-החימוש. הנושאים הבולטים הם: בקרת-אש, ראיית-לילה, אמצעים לפריצת שדות-מוקשים. הסבות ושיפור כלים. מבחינת מערך האחזקה של החיל, אנו רוצים להגיע למצב של כפיפות מרחבית: יחידות המתאמנות במרחב מסוים תטופלנה על-ידי סדנאות הסמוכות למתקני האימונים של היחידות האלו, ללא שייכות למרחב שממנו באו. לשלום דרוש צבא חזק לא פחות מאשר למלחמה. תוכניות הפיתוח הן תוכניות-החיסכון לילדינו. בשלוש השנים הקרובות, לפחות, איני צופה, לדאבוני, ירידה בעומס העבודה על חיל-החימוש. אני מתנגד נמרצות לרעיון העברת נושאי הפיתוח מחיל-החימוש לגורמים חיצוניים. אינני מאמין ביכולתה של תעשייה אזרחית כלשהי לפתח אמצעי מסוים שהיא אינה עוסקת בייצורו. במשך השנים לא הקדשנו די תשומת-לב, לדעתי, למשאבים היקרים ביותר שיש לנו — האנשים. עלינו לתת לחייל תחושה שלמערכת איכפת ממנו, ולדאוג לכך שהטיפול בו יהיה נתון כמה שפחות ליד המקרה.

הפיקוח והאישור להם נמצאים בלעדית בידי חיל-החימוש.

איך משתלב חיל-החימוש בנושא ראיית-לילה עם הכנסת הטכנולוגיה החדשה בנושא הזה לשימוש בצה"ל?

תחום האלקטרואופטיקה קיבל תנופה חזקה מאז מלחמת יום-הכיפורים. כיום אנו עוסקים ברוב נושאי הפיתוח בתחום הזה, לפחות באלה המיועדים לכו-חות-היבשה, וגם זרועות הים והאוויר נועצים בנו. הגידול בתחום הזה, בהשוואה למה שהיה לפני מלחמת יום-הכיפורים, הוא ניכר ביותר; עם זאת, אני סבור שנושא זה נופח במקצת מבחינת חשיבותו. צריך לזכור, שגם במלחמות לילה יש שני צדדים, ואם לא יהיו קרבות בלילה, לא יבואו גם לידי ביטוי האמצעים החדשים בתחום הזה.

כיצד משפיעה בחינת הציוד המיוצר במפעלים אזרחיים עבור חיל-החימוש על איכות המוצרים?

תרומת החיל לאיכות היא גדולה מאוד. יחידת הבחינה של חיל-החימוש מקיימת מעקב צמוד אחר תהליך הייצור ובודקת את כל הציוד המגיע מהתעשייה האזרחית. פעולה זו באה להבטיח שהציוד הנכנס לצה"ל יעמוד בדרישות שנקבעו לו מלכתחילה. אך מעבר לזאת, הבחינה הקפדנית שלנו מביאה את המפעלים להקמת מערכות לבקרת-איכות ומניעה אותם לטפר את איכות המוצר ולקנות בתוך כך שם של מפעל המייצר באיכות. כאשר צרכנים פוטנציאליים בחו"ל שומעים כי הציוד של מפעל מסוים עומד בבחינה של חיל-החימוש של צה"ל, הם מתקשרים עם אותו מפעל ללא כל שאלות נוספות, כי לצה"ל יש כידוע שם בעולם. יתר על כן, יחידות-הבחינה של חיל-החימוש עוסקות גם בפיקוח על הייצור הבטחוני ליצוא. בכמה ממאות המפעלים העוסקים בייצור בטחוני נמצאת דרך קבע חוליית-בחינה של חיל-החימוש.

תא"ל בן-ציון בן-בשט. ביום חגו של חיל-החימוש. נראה, כי השלום עם המצרים הוא בהישג-יד; האם עבודת חיל-החימוש תושפע מהותית מן השלום?

בוודאי! עבודת חיל-החימוש תושפע מבוא השלום; אך חשוב לציין, כי ההשפעה על החיל תהיה גדולה יותר במעבר לשלום מאשר בבוא השלום. זאת, מאחר שחיל-החימוש צריך להמשיך ולאחזק בצורה שוטפת את כל המערכת גם בעת תהליך ההתפרסות מחדש. אתן לך דוגמה: יחידת-שיריון, המתאמנת היום בסיני, תגיע למקומה החדש בנגב בתוך יום, יומיים. אך כדי שיחידה זו תוכל להמשיך ולהתאמן, חייבים חיילי-החימוש להיערך במקום החדש זמן רב קודם לכן. משמעות הדבר — לפרק מתקנים, להרכיבם מחדש, להעביר מחסני-חלפים, וכו'. עבודה זו קשה במיוחד מפני שיש לעשותה מבלי לפגוע בתוכניות העבודה הרגילות.

לא כלום. זה אספקט מתסכל מאוד — להשקיע מאמצים כבירים בפיתוח כליל-חימה כאשר בצד השני קונים אותם בהינף-יד. מכל מקום, בתחום הזה עשינו לדעתי כמה דברים נפלאים. את ה-סנטוריון, למשל, שהוא טנק של שנות ה-40, הפכנו לטנק של הקור הראשון, ולדעתי יש לטנק הזה עוד הרבה מה לומר בצה"ל. ראה גם את טנק השרמן, שהשתתף בכיבוש רמת-הגולן במלחמת ששת-הימים; הרי על הטנק הזה אבד הכלכל בעולם עוד בשנות הארבעים, ואיזה נפלאות עשינו בעזרתו בסוף שנות השישים...

האם יש בכלל מקום להעסיק את חיל-החימוש בנושאי-פיתוח? מדוע לא יקדיש חיל-החימוש את כל כוחו לאחזקה וישאיר את נושאי הפיתוח בידי גורמים חיצוניים?

נקודה זו הועלתה כבר פעמים אחדות, ואני מתנגד לה נמרצות. יש לכך סיבות רבות ואמנה את העיקריות שבהן:

ראשית — אינני מאמין ביכולתה של תעשייה אזרחית לפתח אמצעי מסוים שהיא אינה עוסקת בייצורו. הדבר נכון לכל מפעל, ותהיה לו התשתית אשר רהיה. בין שתי המערכות האלו — מערכת הפיתוח ומערכת הייצור — קיימת הדדיות מוחלטת. הדרך הטובה ביותר לפתח אמצעי כלשהו היא לדאוג לכך שיהיה מגע הדוק בין המפעל לצרכן ובין הצרכן למפתח ולמתחזק; מגע כזה קיים אצלנו בחיל-החימוש. אנחנו מנוסים מאוד בתחום הזה, וקשה לי להאמין שמפעל פרטי יוכל להתחרות בניסיון שצברנו, ובהשפעות ההדדיות הקיימות במערכת כשלנו.

שנית — בפיתוח מערכות עוסקים מהנדסים. אם לא נאפשר למהנדסים שלנו לעסוק בפיתוח, נהרוס את כל התשתית, כי לא נוכל לבנות קאדר של מהנדסים שיעסקו רק בכתיבת הוראות אחזקה; יתר על כן, אם המהנדסים האלה לא יהיו מעורבים בנושאי הפיתוח, הם לא יוכלו לכתוב את הוראות האחזקה ברמה הדרושה. כל זאת כמובן מול פיתויי המשק האזרחי שבנוסף על העניין המקצועי, משלמים גם תנאי שכר שלא ניתן יהיה להתחרות בהם.

אילו אמצעי-לחימה חדשים ומתחכמים מספק כיום חיל-החימוש למערך-צה"ל?

חיל-החימוש עוסק כיום בכמה מאות משימות-פיתוח בעת ובעונה אחת, בכל סוגי הציוד שעליהם מופקד חיל-החימוש, החל בטנקים וכלה במחסי-חלפים. הרשימה כוללת את כל האמצעים החדשים, שבהם קיימת "דהירה" טכנולוגית גדולה מאוד — בעיקר בתחום בקרת-האש, ראיית-לילה, אמצעים לפריצת שדות-מוקשים, הסבה ושיפור כלים. חשוב לציין, שנוסף על משימות הפיתוח המבוצעות במלואן בחיל-החימוש קיימות עוד משימות פיתוח המבוצעות על-ידי גורמים אחרים, אך ההנחיה בנושאים האלה וכן

נוסף על כל אלה יהיה השלום כרוך בשינויים איר-
גוניים ובשינוי כפיפויות-האחזקה.

מה משמעות הדבר?

לקראת השלום מתגבשים שינויים אחדים באירגון
מערכת-האחזקה של החיל. כיום מחולקת כפיפות
היחידות בין הפיקודים, החילות והעוצבות. אנו
רוצים להגיע למצב של כפיפות מרחבית, באופן כזה
שיחידות המתאמנות במרחב מסויים תטופלנה על-ידי
סדנאות הסמוכות למתקני האימונים של היחידות
האלה, ללא שייכות למרחב שממנו הן באו. כך נמנע
את המצב שנוצר היום, לפעמים, שיחידה מביאה
איתה גורם חימושי חזק לצורך אחזקתה.

האם השלום יביא גם לצימצום עבודת הסדנאות?

בשום פנים ואופן לא! לשלום דרוש צבא חזק לא
פחות מאשר למלחמה, ולמיטב ידיעתי, עד היום, רוב
העבודה בחיל-החימוש נעשתה דווקא בעת רגיעה.
ואולם בליבי מקנן חשש, שכתוצאה מהשלום יחול
צימצום ניכר בתקציב הבטחון ובעקבותיו יצומצמו
תקציבי הפיתוח. לדעתי, זה פירוש לא נכון למהות
השלום. תוכניות הפיתוח הן תוכניות-החיסכון שלנו
לילדינו. אנו חייבים תמיד ללכת כמה צעדים קדימה
בתחום המואץ הזה ששמו טכנולוגיה. מכל מקום,
עומס העבודה המוטל על חיל-החימוש, להוציא אולי
את השנה שלאחר המלחמה, תלוי בתדירות האימור-
נים, במצב הצידוד ותנאי אחסנתו, ובמידה גדולה מאוד
בכמות כוח-האדם העומד לרשותנו לביצוע המשימות
ובאיכותו. כרגע, איני צופה, לדאבוני, ירידה בעומס
העבודה.

עד מתי יימשך העומס?

כרגע מדובר בתקופה של שלוש שנים, ויתכן שאף
יותר. כאשר יכון השלום ויתמסד, וכאשר ישתפר מצב
כוח-האדם שברשותנו, יתכן שאז נגיע לאיזו שהיא
הקלה.

כיצד מתבטאת כיום בחיל-החימוש בעיית כוח-האדם בצה"ל?

במקצועות-אחזקה מסוימים, כגון מסגרים, מחסנאים
ואפילו מכונאי רכב-ב', ישנה, למיטב ידיעתי, ירידה
באיכות כוח-האדם, וזו נובעת מירידה ברמת התיגר-
בורת המקצועית המופנית על-ידי הצבא לחיל-החי-
מוש. לירידה הזו באיכות מסייעת גם ההכשרה המק-
צועית הקצרה שעובר החייל בצה"ל, וזאת, על מנת
להאריך את תקופת הניצול של החייל כבעל-מקצוע.
יש מקצועות בחיל שרמת בעליהם נמוכה, לדעתי, עד
להדאיג, ואני מתכוון, למשל, לתפקיד המחסנאי
הטכני. בידיו של בעל-המקצוע הזה מופקדים מאות
ואלפי פריטים, ועבודות רבות תלויות בו. למרות זאת,
צה"ל מפנה למקצוע הזה חיילים בעלי רמה נמוכה,
עובדה שלא מותירה ברירה בידיו, במקרים רבים,
אלא לאיש את התפקיד הזה במכונאי-רק"מ או
בעל-מקצוע מעולה מתוך כוח-האדם המקצועי

העומד לרשות הסדנה. אין ספק שהדבר פוגע הן
בעבודה והן בשאר החיילים, שכן העומס מוטל על
כתפיהם של פחות בעל-מקצוע.

ומה לגבי הקצונה?

במשך השנים לא הקדשנו די תשומת לב, לדעתי,
למשאבים היקרים ביותר שיש לנו — האנשים. לא
שמנו דגש חזק מספיק על מה שקוראים בצה"ל
מינהלת כוח-האדם. המערכת השלישית שלנו אינה
ערוכה בהיקף הדרוש; אנו לא מטפלים באדם כפי
שהייתי רוצה. היום, נראה שמשנים בצבא את הגישה
לנושא.

מה יש לעשות בתחום הזה?

אני חושב שצריך לבצע שיחזור בגישה לטיפול באדם.
יש להוציא את החייל מהשורה הסתמית של המחשב
ולהתייחס אליו כאל אדם הכולל עולם ומלואו. אין
המדובר רק בשכר ובתנאי-שירות; יש לתכנן היטב את
התקדמותו של החייל, יש לשמוע אותו לעתים קר-
בות ויש לטפל בבעיותיו. עלינו לתת לחייל תחושה
שלמערכת איכפת ממנו.

כיצד אתה עומד להגשים את הרעיונות האלה בחיל-החימוש?

ראשית — נגדיל את מספר האנשים המטפלים בנושאי
השלישות בחיל, ושנית — נתארגן בתחום הזה מחדש,
כדי שהטיפול בחייל יהיה נתון כמה שפחות ליד
המקרה. במה שנוגע לקצונות החיל נצטרך להתגבר
על שתי בעיות גדולות: בעיית "תכנון" הקצינים,
ובעיית הזרימה בין שתי מערכות הקידום הקיימות
בחיל. קצין-החימוש אינו יודע כיום מה יהיה מסלול
הקידום שלו ולאן הוא יישלח בזמן הקרוב. שיבוצו
של קצין-החימוש אינו יכול כיום להיקבע סופית
במסגרת החיל, מאחר שאם ממנים, לדוגמה, קצין-
חימוש באוגדה, גם למפקד האוגדה יש מה להגיד
והוא איננו נתון לפיקודו של קצין-החימוש-הראשי.
הבעיה השניה שציינתי נוגעת לוויסות הקצינים בין
מערכת-השדה והמערכת-הטכני. בעיית הרוטציה בין שתי
המערכות האלה, בעיקר במה שנוגע לקצונה האק-
דמאית, היא קשה ומסובכת, ונצטרך למצוא גם לה
פיתרון.

תא"ל בן-בשט. לסיום, מהי תרומתו של חיל-החימוש לאיכותו
של צה"ל וליכולתו להתמודד עם צבא-אויב המשופע בכלי-נשק
מודרניים?

חיל-החימוש הוא הלב המקצועי של צה"ל. מתקיים
בו מאמץ מתמיד לתת ללוחמים את אמצעי-הלחימה
הטובים ביותר. חיל-החימוש, באמצעות אלפי החי-
לים והאזרחים שבו, שוקד על כך שמירב הצידוד יהיה
ברמת אמינות גבוהה ביותר ומקיים בתוכו מערכת
בלתי-פוסקת הדואגת להפיח חיים בכלים שנפגעו
ולחזירם למערך הלוחם במהירות האפשרית.

* * *

"הצנטוריון המשופר" - "סוס-עבודה" ההולך ומשתפר

לאחר עבודת ההסבה הנרחבת שנעשתה על טנק הצנטוריון והפכה אותו ל"צנטוריון-המשופר", עבר הטנק הזה עוד שני שלבי-שיפורים, שלאחריהם ניתן להעמידו בשורה אחת עם טנקי-המערכה החדשים של שנות השמונים.

השלב הראשון בשיפורים החל ב-1970, ובמסגרתו הוחלף מנוע-הטנק במנוע-דיזל חדש, ממסרת ההי-לוכים הוחלפה בממסרת חצי-אוטומטית, ההינעים הסופיים הוסבו והותאמו לחטיבת-הכוח החדשה, התותח המקורי (בן 83 מ"מ) הוחלף בתותח בן 105 מ"מ, והוגדלה כמות הפגזים שניתן לאחסן בטנק.

לקחי התיפעול של טנקי-הצנטוריון שעברו את ההסבה הזו הוכיחו, כי עבודת ההסבה הפכה אותם לאחד מעמודי-התווך של כוחות השיריון בצה"ל. טנקים אלה נטלו חלק נכבד בקרבות השיריון של מלחמת יום-הכיפורים, בכל זירות הלחימה, והם שהביאו לבלימת השיריון הסורי ברמת-הגולן.

השלב השני של ההסבות החל בשנת 1975 וכלל את החלפת מערכת בקרת-הצריח במערכת הידור-מכנית בעלת ביצועים מעולים.

השלב השלישי של השיפורים, שהותר כעת לפירסום, אמור ליצור דור חדש של טנקי-צנטוריון במערך צה"ל. השיפורים, שתוכננו ופותחו על-ידי חיל-החימוש, בוצעו בכל המערכות העיקריות של הטנק והן מעמידות את הטנק בשורה אחת עם הטנקים החדשים ביותר בזירה. הטנק המשופר עמד בהצלחה בכל המבחנים והניסויים, וכל המטרות שהוצבו בשלב הפיתוח הושגו במלואן.

להלן תיאור תמציתי של השיפורים שבוצעו בשלב השלישי:

- נוספו אמצעי תצפית-לילה לתותחן ולנהג.

- מערכת הטעינה החשמלית הוחלפה במערכת חדישה, אמינה יותר, המאפשרת להוסיף עוד צרכנים למערכת החשמל של הטנק.

- נוספה לטנק מערכת מיסוך עשן המבוססת על הזרקת דלק לצינור הפליטה של המנוע. הטמפרטורה הגבוהה של גזי-הפליטה גורמת לאידוי הסולר ולפליטתו בצורת ענן לבן סמיך.

- במזקו"מ הטנק בוצעו שיפורים המגדילים את אמינותו, משפרים את ביצועי הטנק ומגדילים את נוחות הצוות.

- בוצעו שיפורים במדף-הנהג.

- הוגדל כוח-האש של הטנק כנגד חי"ר. לצורך זה הורכב, בין השאר, עוד מקלע ליד עמדת הטען.

ערכה לפריצת שדות-מוקשים

הערכה לפריצת שדות-מוקשים פותחה על-ידי חיל-החימוש, בהתבסס על ערכות דומות שנלקחו שלל במלחמת יום-הכיפורים. הערכות מיועדות להתקנה על טנקי-שלל סובייטיים, אולם ניתן להתקינן גם על טנקי צנטוריון ופטון באמצעות מתאמים מיוחדים שפותחו לשם כך.

ערכת-הפיצוץ כוללת 6 גלגלי-כבישה כבדים ($\frac{1}{4}$ טון כל אחד) הקשורים עם זרועות וכבלים אל חזית הטנק. הערכה מתחלקת לשני מכללי-כבישה, כשבכל מכלל כזה ישנם שלושה גלגלים המורכבים במסגרת וממוקמים בחזית הזחל, כך שקיימת חפיפה בין עקבות גלגלי-הכבישה ובין מסלול הזחלים. רוחב העקבה — 83 ס"מ.

עקרון הפעולה של ערכת-הפיצוץ מבוסס על דריכה על המוקשים ופיצוצם בכוח משקלם הכבד של גלגלי הכבישה. הפגיעה בערכה, כתוצאה מהפיצוץ, היא שולית, והטנק עצמו אינו נפגע כלל. בין שתי מסגרות הגלגלים ישנה שרשרת סריקה אשר תפקידה לפוצץ "מוקשי-אנטנה" על-ידי הפעלת חישני המוקשים.

את ערכת הפיצוץ אפשר לנתק מהטנק במהירות על-ידי הפעלה חשמלית-פירוטכנית מתוך הטנק. משקלה הכללי של הערכה — 5.8 טון, משקל מכללי-הכבישה (שלושה גלגלים) — 2 טון, וקוטר גלגלי-הכבישה — 92 ס"מ.

חיל החימוש -

מאז ועד היום

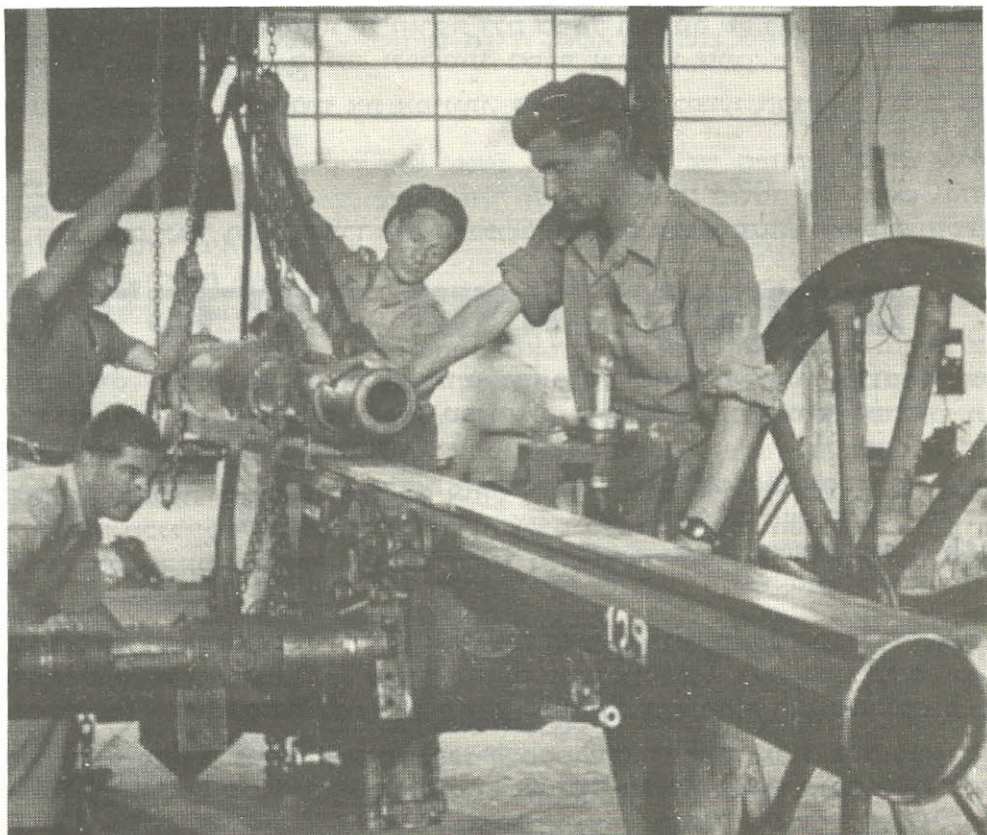
בנעשה בצבאות אחרים. התושיה הטכנית של יוצאי ה"הגנה" שבח בורה השלימה את הסדר והדייקנות של בוגרי הצבא הבריטי.

ממרתף בית-הדר פרש חיל-החימוש את זרועותיו על-פני יחידות צה"ל כולן. ה"סליקרים" הותיקים, בוגרי הקורסים המקצועיים של הצבא הבריטי ומאות בעלי מקצועות טכניים, שעלו ארצה עם קום המדינה — כל אלה השתלבו במערך החיל. אז לא נזקקו לקטלוגים מפורטים שהוכנו על-ידי מחשב. די היה במשלוח מכתב: "דרושים לנו בדחיפות ברגים

של הצבא האוסטרי. וכך, אחד לאחד, מפה לאוזן הועברה השמועה על החיל החדש.

מאז שהוחלט על הקמת חיל-טכני שיהיה דומה במתכונתו לחיל-החימוש הבריטי (REME), החל הסדר לתפוס בהדרגה את מקומם של התושיה העצמית, ורכישת הנשק באמצעות קשרים אישיים. כדי להכין תקנים מוגדרים ופקודות ברורות לחיל החדש, ישבו אז ימים ולילות על תקני הצבא הבריטי, התאימו את שיטות העבודה לצה"ל והתעניינו

חיל-החימוש, ולפני-כן, "חיל-טכנאים", ו"שירות הנדסת-חימוש", נולד, רשמית, לפני 31 שנים. המשיכה הגדולה של החיל כיום, היתה בעבר משפחה קטנה "על באמת", כאילו רק אתמול התיישבה במרתפו של "בית-הדר" בת"א חבורה קטנה של בעלי מקצועות טכניים, אנשי-הגנה ובוגרי צבאות זרים, כדי להקים חיל ששמו טרם נודע. כיצד התקבצו האנשים? על-פי השמועה, אומרים הותיקים. וכיצד עמדו על כישוריהם? על סמך היכרות מן השירות בחיל-החימוש הבריטי, או על-פי מסמכים





בטחון-ישראל הם בבחינת קצהו של הקרחון. מאמצי הפיתוח של מהנדסי חיל-החימוש וטכנאיו הטביעו חותמם כמעט בכל סוגי הציווד המופעל על-ידי צה"ל, החל בהסבות הראשונות שבוצעו בעזרת הצרפתים בטנקי השרמן M50 ו-M51, דרך פיתוחי תומ"תים 155 מ"מ שהיו התשתית לארטילריה המתנייעת בצה"ל, הסבות בטנקי פטון, צנטוריון ובטנקים הרוסיים T54, T55, וכלה בגולת הכותרת — פיתוח טנק המרכבה. גודל האתגר ההנדסי שנטלו עליהם מדינת-ישראל, צה"ל, וחיל-החימוש הנושא בנטל התכנון של הפרויקט הזה, בולט עוד יותר על רקע העובדה שמספר המדינות בעולם המפתחות כיום טנקים אינו עולה על עשר.

מות הפיתוח במשימות האחזקה אינו מקרי. הפיתוח שניזון מלקחי האחזקה הניב אמצעי-לחימה יעילים, נוחים לתיפעול ואמינים, שזכו להערכת הצבא והמדינה. בשנים 1962, 1969 ו-1970 זכו צוותי תיכנון של חיל-החימוש בפרסי ביטחון-ישראל על פיתוח מרגמה מתנייעת בקוטר 120 מ"מ, מרגמה מתנייעת בקוטר 160 מ"מ ועל שיפורים של טנק הצנטוריון. הפרס, שנקבע בשנת 1958 על ידי שר הבטחון דאז, דוד בן-גוריון, ניתן "עבור מחקרים מדעיים או הישגים טכניים בולטים, לרבות הישגים מיוחדים בשטח הבטחוני שתרמו להגדלת ביטחון המדינה וביצורה".

הנושאים שעבורם זכה החיל בפרס

קטנים לרובה", ובאפסנאות הטכנית כבר הבינו.

בחיל-החימוש דאז עסקו בכל הנשאים שעוסקים בהם כיום, רק בהיקף קטן יותר. ראשית, עשה החיל מאמץ להביא לידי אחידות בציווד. עשרות סוגים של כלים היו אז ברתותו של צה"ל — ירושה שנמסרה לו מההגנה, שרכשה כמובן "מכל הבא ליד". לאחר מכן הושם הדגש על הכשרת כוח-אדם מקצועי, שיוכל להתמודד עם נשק חדיש ומתוחכם והוקמו מרכזים לשיקום ולאחזקה. בתקופה מאוחרת יותר עבר חיל-החימוש לייצור מקומי ולתכנון והסבה של כלי-נשק.

העיסוק בנושא האחזקה יצר תשתית מקצועית שאיפשרה לחיל להיכנס לפעילות פיתוח עניפה. שילוב משי-



חטיבות-כוח לטנק-המערכה- כיום ובעתיד (ב)

מבחני ההשוואה שנערכו לא מכבר בין שני האבטיפוסים של הטנק האמריקאי החדש XM1 (הדגם שנבחר הוא של חברת קרייזלר) עוררו כמה חילוקי-דיעות וגם כמה בעיות מעניינות. אחת הבעיות הרגישות ביותר נוגעת לחטיבות-הכוח השונות שהותקנו בשני דגמי הטנקים, וליתר דיוק — הבחירה בין מנוע-הדיזל המקובל ובין טורבינת-הגז החדשה.

מאמר זה עוסק ביתרונות ובחסרונות של חטיבות-הכוח הנמצאות כיום בשימוש. חלק א' של המאמר, שפורסם בחוברת 68, עסק במנועי-דיזל. חלק ב' של המאמר עוסק בעיקר בטורבינות-גז ובחטיבות-כוח משולבות.

תודתנו נתונה לאשר שרוני, שקרא את החלק הזה של המאמר וסייע בהערותיו ובהארותיו להביא דברים על דיוקם.

מנועים סיבוביים (ואנקל)

בינות שבהן מנוצלת האנרגיה התרמית של הגזים השרופים בצאתם מהטורבינה לחימום האויר בכניסה לתא-השריפה. פעולה זו מביאה לחיסכון בצריכת דלק להספק נתון. טורבינה כזו היא ה-AGT-1500 מתוצרת Avco Lycoming, שהותקנה בטנק XM1 של חברת קרייזלר.

"הנקודות החזקות" של טורבינת-הגז הן כושר ההתנעה המיידית, ויצירת מומנט גבוה בסל"ד נמוך. באשר לכושר ההתנעה, הרי המספר הקטן של החלקים הסובבים תורם לשמירת צמיגותו של שמן-הסיכה ברמה שהיא גבוהה בהרבה מזו שבמנועי-דיזל, במיוחד במזג אויר קר. באקלים חם, לעומת זאת, מתעוררות בטורבינת-הגז בעיות שונות הקשורות למערכת הקירור. הבעיות האלה לא נפתרו עדיין. כמו כן ידוע, שבאקלים חם מפתחות טורבינות-הגז הספק הקטן והולך במידה ניכרת עם עליית הטמפרטורה (מנוע-בנזין כמעט ואינו מושפע מעליית הטמפרטורה ואילו מנוע-דיזל נמצא מבחינה זו בין טורבינת-הגז ומנוע-הבנזין). כל טורבינות-הגז שייכות לסוג המנועים הרב-דלקיים, והן יכולות לפעול בכל סוג דלק עד לאוקטן 100 ומעלה, בלי שתחול ירידה בהספקן כתוצאה מהשתנות איכות הדלק. במנועי-דיזל, לעומת זאת, עלול ההספק לרדת לעתים ב-25% כתוצאה מהשינוי בדלק.

שיעור המומנט של טורבינת-הגז, המגיע לשיאו בסל"ד נמוך, הוא גבוה מאוד ביחס למנועי-דיזל תואם. עם זאת, יש לזכור שיעילותה הגבוהה של טורבינת-הגז במהירויות גבוהות יורדת במידה ניכרת עם ירידת המהירות, ואת זאת יש לראות על רקע העובדות שטנק-מערכה פועל במהירות בינונית ונמוכה במשך 80% בקירוב מזמן פעולתו, ושצריכת הדלק המקסימלית מתרחשת בשעה שהמנוע פועל במהירות נמוכה. במנועי-דיזל לעומת זאת, צריכת הדלק הסגולית עולה, בדרך כלל, רק במהירויות הגבוהות, כלומר, במשך 20% מזמן הפעולה.

בהשוואה למהירות הסיבוב של גלי-הינע במנועי-דיזל (בממוצע 3,000 סיבובים לדקה) מגיעה מהירות

כיום, נראה שרק חברת "רולס-רויס" הבריטית מעוניינת בפיתוחו של המנוע הסיבובי מסוג ואנקל ובהתאמתו לשימוש בטנק-מערכה. אף שכרגע מצוי מידע מועט על המנוע הסיבובי, נחשב המנוע הזה לעדיף מכמה בחינות ממנוע-הדיזל המקובל.

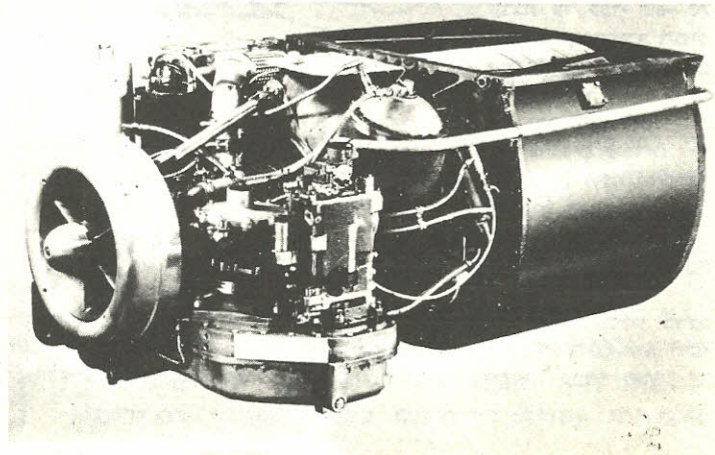
היתרון הבולט ביותר של המנוע הסיבובי, היא יכולתו לפתח הספק כשל מנוע-דיזל, למרות שנפחו קטן יותר. משקלו של מנוע-ואנקל כיום גדול יותר ממשקלו של מנוע-דיזל תואם, ולכן היחס בין הספק המנוע ומשקלו קטן יותר. הבעיות העיקריות העומדות בפני המהנדסים העוסקים בפיתוח המנוע הסיבובי קשורות ביחידות הקירור והדחיסה ובכוח ההתמך של המסות הסובבות. לכאן יש להוסיף את הבעיות הקשורות באחזקת המנוע הסיבובי.

במהלך פיתוחם של מנועים שונים מנסים להפחית ככל האפשר ממספרם של החלקים הנעים. באשר למנוע-ואנקל, דומה שמתקיימת בו מגמה הפוכה, וזאת בשל העובדה, שהוא יהיה מצויד במספר רב של חלקים סובבים בעלי ממדים גדולים. בכל זאת, יש לציין, שנעשים מאמצים ניכרים כדי להקטין את גודל הרוטור ומכאן את מומנט ההתמך. הנסיונות האלה צריכים להביא לחלוקת הספק בין כמה רוטורים והתוצאה תהיה שוב הגדלה במספר החלקים הסובבים, תכנון מורכב יותר ולבסוף — חטיבת-כוח גדולה יותר.

המנועים הסיבוביים צריכים להיות חסכוניים יותר מטורבינות-הגז, אך קשה עדיין להעריך את כושרם האמיתי עד שיותקנו ברכב משוריין ויבחנו בתנאים מבצעיים.

טורבינות-גז

טורבינות-גז הן התשובה המסתמנת לבעיות של חטיבות-כוח המיועדות לטנקי-מערכה. הדברים אמורים על טורבינות הכוללות מחליף-חום, כלומר, טור-



בתמונה — טורבינת-הגז AGT-1500 מתוצרת Avco Lycoming המותקנת בטנק XM1 של חברת קרייזלר. מספר החלקים במנוע הזה, בהשוואה למנועי-דיזל, קטן ב-30%. אין צורך להחליף בו שמנים, והמרחק המינימלי שניתן ל"זרז" איתו בין טיפול יסודי אחד למשנהו מגיע ל-18,000 מיל — 29,000 ק"מ. הקצוות — הקר והחם — של טורבינת-הגז הם מודולריים, והמנוע בשלימותו ניתן להרמה עלידי מנוף בו 5 טון.

בסינון יוצרת בעיות רבות ברכב המונע ע"י טורבינת גז ביחס ליכולתו לנוע במים, אם בצליחה ואם בשקיעה. במנוע-דיזל, לעומת זאת, רק האויר הדרוש ליצירת התערובת נכנס לתא-השריפה.

נוסף על בעיות השטח ואיבוד ההספק הנובעות מיניקת אויר ומסינונו ישנה בעיה של טמפרטורת פעולה. הטמפרטורה שבה נכנס האויר לטורבינה מעוררת בעיות חמורות, מפני שכל גידול קל בטמפרטורה מצמצם את אורך החיים המבצעי של הטורבינה אלא אם כן משתמשים בבנייה בחומרים יקרים העמידים בחום. כיום, טמפרטורת הפעולה הממוצעת של טורבינת-גז נעה בתחום 800—900 מעלות; ב-AGT-1500 הגיעו לטמפרטורה של 1190 מעלות.

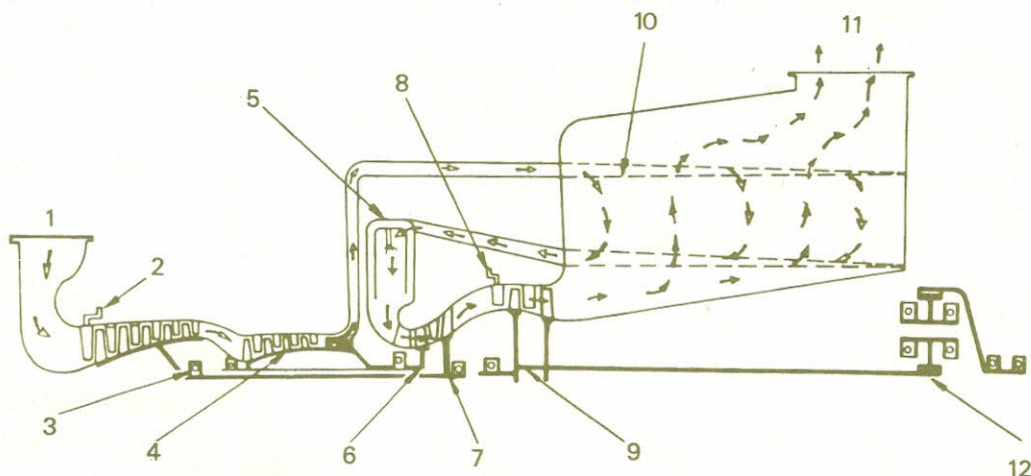
על מנת להגיע לנצילות אופטימלית צריכות עדיין טורבינות-הגז לעבור שיפורים רבים, שיהיו יקרים מאוד ויצריכו מבחנים ממושכים. אף-על-פי-כן, טורבינות-הגז תהינה תמיד מערכות-כוח עדינות ויקרות יותר, אף אם יש להן, עדיין מהבחינה התיאורטית, יתרונות גדולים על-פני מנוע-הדיזל.

חטיבות-כוח משולבות

מערכת הנעה שיהיו בה מיתרונותיהם של מנועי-הדיזל וטורבינות-הגז גם יחד יכולה להיות חטיבת-כוח המשלבת את שני סוגי המנועים. בדרך זו ניתן לנצל את מנוע הדיזל לפעולה במהירות נמוכה ובינונית, ואת טורבינת-הגז לפעולה במהירויות גבוהות.

בתרשים — חתך בטורבי

נתהגז AGT-1500. אויר מסונן נכנס לפתח היניקה (1) של המדחס הצירי הרב-דרגתי (במדחס זה קיימות כפות מתכווננות — 2). האויר זורם לדרגת-הדחיסה (4), יוצא משם בלחץ גבוה ונכנס למחליף-החום (10). ב-מחליף-החום עולה הטמפרטורה של האויר ומתקרבת עד לכדי 60—70 אחוז מטמפרטורת הגזים השרופים. ממחליף-החום זורם האויר החם לתא-השריפה (5). לתא הזה



מזרזם דלק ברציפות וכן קיים בו אלמנט המספק ניצוץ רצוף; כתוצאה מכך מתחוללת בתא שריפה. הגזים השרופים עוברים דרך דרגות הטורבינה, כאשר טורבינת-הלחץ-הגבוהה (6) מניעה את דרגת הדחיסה (4), וטורבינת-הלחץ-הנמוכה (7) מניעה את דרגת הדחיסה (2). הטורבינות (6) ו-(7) הן הטורבינות של "יצרן-הגז" ותפקידן הבלעדי הוא להניע את המדחסים. משם זורמים הגזים השרופים אל טורבינת העבודה (9), או כפי שהיא נקראת גם "טורבינה-חופשית", אשר תפקידה להעביר את ההספק אל גל-הציפה. הגזים השרופים עוזבים את טורבינת-העבודה, מחממים בדרכם את האויר הזורם בצנרת של מחליף-החום ונפלטים החוצה דרך מערכת הפליטה (11). ההספק המתקבל מטורבינת-העבודה עובר דרך תיבת-הפחתה (12).

הנעת הטורבינה — באמצעות מתנע, מניעים את גל יצרן-הגז עד שהוא מגיע לסל"ד המתאים לתנאי העבודה ההתחלתיים. בשלב זה מתחילה הזרמת הדלק לתא-השריפה ובו בזמן מתחילה גם פעולת הניצוץ. עם התחלת תהליך השריפה, גל יצרן-הגז אינו תלוי עוד במתנע, והמערכת ממשיכה לפעול מעצמה, כלומר מתקיים מעגל סגור של יניקת אויר, דחיסתו, שריפתו, וקבלת הספק על טורבינת יצרן-הגז וטורבינת-העבודה, וחזור חלילה.

הסיבוב של גל "יצרן-הגז" של הטורבינה ל-30,000 סיבובים לדקה בממוצע. האינרציה הגבוהה המוענקת בעקבות זאת למסות הסובבות של הטורבינה יוצרת בעיית בקרה חריפה. הפתרונות הטכניים שניתנו בנושא זה מיועדים להגדיל את כושר הבלימה של ציר יצרן-הגז. בין הפתרונות: שילוב טורבינת-הלחץ-הגבוהה בטורבינת-הלחץ-הנמוכה וחיבורן אל תיבת ההילוכים באמצעות תיבת-הפחתה קבועה; התקנת בלם-הידרודינמי, או הפניית סילון-גז בכיוון מנוגד לכיוון הסיבוב של להבי הטורבינה. הפתרונות האלה מורכבים מאוד, והם מעוררים בעיות שונות ובהן בעיית הקירור. מבחינת הביצועים, טורבינת-הגז מקנה מהירות טובה למדי, והספקה במהירויות גבוהות טוב יותר מזה של מנוע-דיזל. היכולת לקבל מומנטים גבוהים בסל"ד נמוך מאפשרת לטנק המונע על-ידי טורבינת-גז לפתח תאוצות טובות יותר, וזו היתה אחת הסיבות לבחירת דגם הטנק XM1 של חברת קרייזלר.

בעיות הפיתוח של טורבינות-גז

טורבינת-הגז יונקת 20—30 ק"ג אויר לכל ק"ג של דלק. כמות האויר הגדולה הזו, המנוצלת ליצירת התערובת וגם לקירור, צריכה לעבור דרך הטורבינה ויש לסננה. פעולת הסינון מחייבת שימוש במסננים גדולים ובעלי תכונות מיוחדות. אולם מעבר לזאת, הכמות הגדולה של האויר הנכנסת למנוע ומחויבת

קרמיים עבור להבי-הטורבינה. עבודה על רכיבים כאלה נעשית כיום בארה"ב ובמקומות אחרים אך שילובם בטורבינות-הגז עדיין אינו בגדר הצעה מעשית.

לחטיבות-הכוח המשולבות לא צפוי שימוש נרחב בשל מחירן הגבוה, מנגנוני הפעולה המסובכים שלהן ובעיות האחזקה. עם זאת, זהו תחום שיכולים לבצע בו פיתוחים טכניים בהיקף רחב, אף אם הפיתוח יארך שנים וידרוש כספים רבים.

מנועי-הדזל, כחטיבות-כוח לטנקים, הוכיחו עצמם כאמינים ביותר. שיפורים שנעשו לא מכבר במנועי הדזל AVCR-1360 העלו את הספקו ל-1750 כ"ס. במנוע MB-873 הגיעו, בלי לבצע כל שינויים, להספק של 1800 כ"ס, וגרסה אחרת של המנוע הזה, בעלת הספק של 2200 כ"ס נמצאת כעת בבדיקה. בתהליך הפיתוח של מנועי-הדזל בודקים גם את נושא שילובם של החומרים הקרמיים בתא-השריפה. אם יצליחו הניי-סויים הנעשים כיום במעבדות המחקר הצבאיות בארה"ב (TARADCOM) ובחברת "קמינס", עשויה להיפתר בעיית הקירור בטנקים אלה על כל מרכיביה. פישוט מתקני הקירור יביא להקטנה ניכרת במשקלם ובנפחם של המנועים האלה, ובנוסף לכך לא יזדקקו להספק הגבוה המנוצל כיום להפעלת המאווררים.

ניתן אם כן לסכם ולומר, שעל אף יתרונותיה של טורבינת-הגז הרי שלמשך 10-20 השנים הבאות יישאר מנועי-הדזל כחטיבת-הכוח האמינה והמתאימה ביותר לטנקי-מערכה.

מקורות:

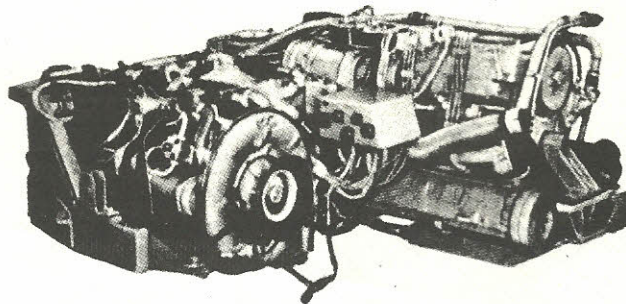
- 1) Armies & Weapons, 15.10.1977.
- 2) International Defence Review — Battle Tanks.
- 3) International Defence Review, 6/1978.

הודעה למנויי מערכות-חימוש:

1. כדי למנוע בעיות במשלוח החוברת, מתבקשים כל המנויים ששינו את מענם או את שמם להודיע על כך בכתב למשרד הביטחון, ההוצאה לאור — מדור מנויים, רח' דוד אלעזר 29 ת"א. או טלפנית ל-212516.
2. מנויי קבע ועובדי-צה"ל, שיש להם בעיות הנוגעות לסכום הניכוי עבור "מערכות-חימוש", מתבקשים לפנות למת"ש — מדור שכר-קבע / עובדי-צה"ל.

לתנועה בשטחים קשים או להתנעה מהירה במזג אויר קר.

רעיון ההתקנה של חטיבת-כוח משולבת מומש זה מכבר, בטנק השבדי "S". חטיבת-הכוח בטנק זה מורכבת ממנועי-דזל K60 מתוצרת "רולס-רויס" שהספקו 240 כ"ס ומטורבינת-גז, בואינג-502, בעלת הספק של 330 כ"ס. שני המנועים האלה מחוברים לממסרת משותפת, לתיבת-הפחתה ולממיר-מומנט הידרו-דינמי.



בתמונה — חטיבת-הכוח המשולבת המותקנת בטנק השבדי "S".

חטיבת-הכוח המשולבת, מנקודת-מבט של צריכת דלק, היא חטיבת-כוח חסכונית. ממחקרים התברר, שחטיבת-כוח משולבת, המורכבת ממנוע רב-דלקי לעומס נמוך (בעל יחס הספק משקל של 15 כ"ס לטון לפחות) ומטורבינת-גז לעומס גבוה, עשויה להיות יעילה מאוד עבור הספקים סגולים של 30 כ"ס לטון ומעלה.

הבעיה העיקרית בהתקנת חטיבת-כוח משולבת היא בעיית הנפח. המהנדסים מתמודדים מכבר בבעיות נפח חמורות בעת התקנת חטיבת-כוח מסוג אחד והתקנת שתי חטיבות-כוח בנפח המוגבל כבר עכשיו מסבכת עוד יותר את המצב בתחום שבו הפשרה היא גורם עיקרי. אחת ההשפעות בתחום הזה נוגעת לצמצום הנפח למכלי-הדלק. בעיות אחרות מעוררות ממסרת ההילוכים המסובכת הכוללת מערכת מורכבת להפחתה ולסינכרון, וכמובן שאין לשכוח את נושא האחזקה והחלפים עבור שתי חטיבות-כוח שונות.

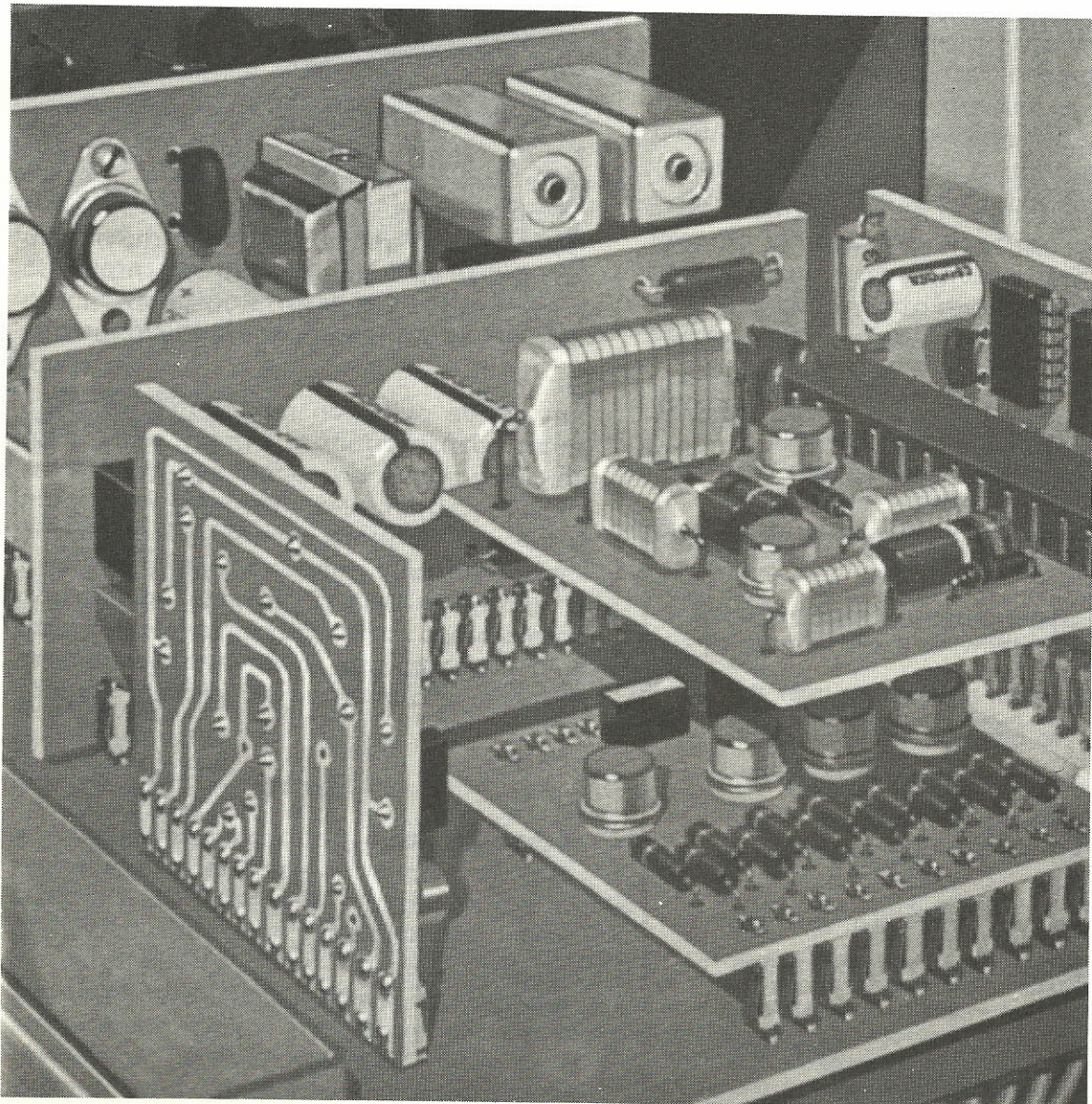
סיכום

עד כה לא הראו טורבינות-הגז יתרון מכריע כלשהו שיעשה אותן עדיפות ממנועי-דזל כחטיבת-כוח לטנק. אמת-המידה לפעולתה של טורבינת-הגז כחטיבת-כוח בטנק צריכה להיות בעיקר הטמפרטורה בתא-השריפה. אם תהיה אפשרות להגדיל את הטמפרטורה הזו, בלא שיגדלו כתוצאה מכך ההוצאות הבסיסיות לחר-מרים ולפיתוח, יתרום הדבר לשיפור נצילותה של טורבינת-הגז. אפשרות השגתן של הטמפרטורות הגבוהות עשויה להתממש על-ידי שימוש ברכיבים

מחשבות על אמינות דכיבים ומערכות

בגלל מסמר ...
אבדה פרסה ...
פשל סוס ...
נפל רוכב ...
אבד קרב ...
נפלה עיר ...

מאת שי קדרון



כפי שניתן לראות ממלות הפתיחה, הכירו כבר בימי-קדם בעובדה כי כשל (Failure) במרכיב אחד ופשוט לכאורה במערכת גורם לשלון המערכת כולה ועלול לגרום לשלונות נוספים במערך שבו מתפקדת המערכת.

שאיפת המשתמש במערכת היא, כמובן, לקבל לידי מערכת אמינה לחלוטין, אך שאיפה זו אינה ניתנת למימוש, וכל מערכת עלולה להתקלקל ביום מן הימים. השוואת מחירים בין מערכת אמינה ומערכת אמינה יותר מאותו סוג מראה מיד כי אמינות גבוהה מייקרת את מחיר המערכת.

מושגים באמינות

פיתוחם של כלי-טיס ומערכות-נשק מורכבות נתן דחיפה לטיפול כמותי בנושאי חיזוי האמינות והר כחתה. נזכיר כאן כמה מושגים עיקריים בשטח הזה, בלי להיכנס לחישובים הסטטיסטיים שמאחוריהם.

קצב-התקלות (Failure Rate) — זוהי ההסתברות לתקלה במשך יחידת-זמן ברכיב או במערכת. ההסתברות הזו מסומנת באות λ והיא מבוטאת לפעמים באחוזים.

זמן-ממוצע בין תקלות (Mean Time Between Failures) — זהו הזמן הממוצע החולף בין תקלה אחת לשניה. זמן זה יכול להיות מדוד או חזוי.

$$MTBF = \frac{1}{\lambda}$$

אמינות (Reliability) — זוהי ההסתברות שרכיב או מערכת יעבדו במשך זמן t ללא תקלה.

$$R = e^{-\lambda t}$$

כמובן שכל מערכת מורכבת מתת-מערכות ומרכיבים, ואמינות המערכת כולה נגזרת מאמינותם של מרכיביה. השימוש ברכיבים תקינים פתח אשנב לחיזוי אמינות המערכת מידיעת אמינותם של הרכיבים. נושא זה מפותח מאוד בשטח האלקטרוניקה אך בשום פנים אין הוא יחודי למערכות אלקטרוניות דווקא.

אם ידועים נתוני האמינות של הרכיבים ניתן לחשב את אמינות המערכת לפי הנוסחה שלהלן, הנוגעת למקרה שכל אחד מהרכיבים חיוני לפעולת המערכת, אך פעולתו אינה מותנית בפעולת הרכיבים האחרים.

$$R = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3)t}$$

כאשר:

R — ההסתברות שמערכת המורכבת מרכיבים 1, 2 ו-3 תפעל כהלכה במשך t שעות.
 λ_i — קצב-התקלות של רכיב i .

ניקח כדוגמה מערכת המורכבת מ-10 נגדים, שכל אחד מהם חיוני לפעולת המערכת, וכמו במקרה הקודם, פעולתם של הרכיבים בלתי-תלויה. המערכת תוכננה במקורה כמערכת אמינה ביותר, ולכן נבחרו לה נגדים בעלי זמן-ממוצע בין תקלות של 10^6 שעות ($\lambda = 10^{-6}$). נחשב כעת מהם הסיכויים לתקלה במערכת במשך 1000 שעות-עבודה:

$$\begin{aligned} 1 - R &= 1 - e^{-(10^{-6} \cdot 10 \cdot 1000)} = \\ &= 1 - 0.99 = 0.01 = 1\% \end{aligned}$$

נראה כעת מהם הסיכויים לתקלה באותה מערכת במשך 1000 שעות-עבודה אם נחליף את אחד הנגדים בנגד פחות אמיין, בעל זמן-ממוצע בין תקלות של 10,000 שעות ($\lambda = 10^{-4}$):

$$\begin{aligned} 1 - R &= 1 - e^{-(10^{-6} \cdot 9 + 10^{-4})1000} = \\ &= 1 - 0.9 = 0.1 = 10\% \end{aligned}$$

מהתוצאה רואים, כי אמינות המערכת נפגעה במידה ניכרת; הסיכוי לתקלה במשך 1000 שעות-עבודה הוכפל פי-10 כתוצאה מהכנסת רכיב אחד בלבד בעל אמינות נמוכה מהמתוכנן.

מהנאמר עד כאן ניתן להסיק כמה מסקנות:

- במערכות מורכבות יש חשיבות רבה לחיזוי האמינות ובדיקת התאמתה ליעוד המערכת. עלול לקרות שמערכת שתוכננה שלא כהלכה תהיה בעלת סיכוי נמוך להשלים את משימתה אם הזמן-הממוצע בין תקלות לא עולה בהרבה על זמן המשימה (Mission Time).

- רכיב אחד בלתי-אמיין במערכת מוריד את אמינותה במידה ניכרת.

אמינות-רכיבים

לצורך המשך הדיון נצא מן ההנחה כי תיכנון המערכת אינו לקוי, ואם היא תיוצר בתהליכי הייצור הנכונים ומרכיבים שאמינותם היא בהתאם לתיכנון, הרי היא תמלא את משימתה בהצלחה. מטרתנו עתה לוודא, כי הרכיבים שיוכנסו למערכת בעת ייצורה ואחזקתה השוטפת לא יפלו בתכונותיהם מאלה שעבורם תוכננה.

כל המצוי בנושא אמינות-הרכיבים יודע, כי "עולם הרכיבים" נחלק לשניים:

- רכיבים שהנתונים עליהם כוללים בעיקר פרטים תיפקודיים; רכיבים אלה יקראו להלן רכיבים "מסחריים".

- רכיבים שהנתונים עליהם כוללים, פרט לפרטים התיפקודיים, גם נתוני אמינות; רכיבים אלה יקראו להלן רכיבים "אמינים".

אין להסיק מן האמור לעיל שרכיבים "מסחריים" טובים פחות מרכיבים "אמינים"; אולם, עם זאת,

וגם ה"מסחרי", באותם תהליכי ייצור, והמחיר הנוסף יבטא את מחיר הבדיקות והסתברות הכישלון של הרכיבים שימכרו כ"צבאיים". לעתים מיוצרים הרכיבים ה"צבאיים" בקווי ייצור נפרדים — נקיים יותר, מדויקים יותר, או שמועסק בהם כוח-אדם טוב יותר, והתוצאה מתבטאת כמובן במחיר.

שילוב רכיבים במערכות

האיכות עולה בכסף. היצרן מצידו מנסה לחסוך בעלות-הייצור, והצרכן חייב לעמוד על המשמר על מנת להבטיח את אמינות המוצר לאורך ימים. נסקור להלן כמה הצעות של יצרנים עלומי-שם:

יצרן א', מה הוא אומר?

"למה לייקר את המוצר ללא צורך ולהמתין זמן רב לחלקים? אשתמש ברכיבים "מסחריים" משובחים בלבד; בין כה וכה צריך המוצר המוגמר לעבור בחינה על-ידי הצרכן, ואם הבחינה תסתיים בהצלחה נצא שנינו נשכרים."

זוהי גישה פסולה לחלוטין. בחינת הדגם, או בחינת הקבלה של המוצר, מיועדת לגלות פגמים בתיכנון המוצר ובביצועיו ולא ברכיבים שמהם הוא בנוי. להלן כמה דוגמאות לתקלות חמורות ברכיבים שלא תתגלנה בדרך כלל בבחינת המוצר המוגמר:

— אורך-חיים מוגבל של רכיבים כגון מפסקים, מימ-סרים, מחפירים וכו'; רכיבים אלה מופעלים בבחינת הדגם מספר הפעלות מזערי בדרך כלל.

— תקלות בחצאי-מוליכים הנובעות מזיהומים ומת-רחשות לאחר זמן מסוים מייצור הרכיב; פרק-הזמן שבו מבוצעת בחינת הדגם קצר בדרך כלל מזמן הופעת התקלות האלו.

— תקלות הקשורות לאחזקה — מעגלים-מודפסים שאינם עומדים בחום ההלחמה, סימונים נמחקים, רכיבים שאינם עומדים בפעולות אחזקה סבירות מבחינת החוזק המכני, העמידות במימסים וכו'.

כאמור, אין לקבל את הגישה של יצרן א' ויש לדרוש ממנו להשתמש ברכיבים "צבאיים".

יצרן ב', מה הוא אומר?

"יודע אני שיצרן הרכיבים מבצע למעשה מיון של הייצור לרכיבים "מסחריים" ולרכיבים "צבאיים" — מדוע שירותי הוא? אקנה ממנו את הרכיבים הבלתי-ממוינים ואבצע את הבחינה והמיון בעצמי".

זהירות רבונה! בחינת רכיבים לפי מיפרטים-צבאיים היא תהליך הדורש זמן ואמצעים בלתי-מבוטלים. ייתכן שבדעת היצרן לבצע רק חלק מן הבדיקות ויש לדעת בדיוק למה כוונתו. כמו כן לא ידועה מראש התפוקה (Yield) של תהליך המיון; תפוקה נמוכה תשאיר את היצרן ללא רכיבים ותגרום לפיגור באס-פקת המוצר.

ברור שאמינותם של הרכיבים המסחריים אינה ידועה מראש, והיצרן שלהם אינו מתחייב לאחידות ביו מוצריו מהבחינה הזו. לכן, כמסקנה מידית, אפשר לומר, כי המכניס רכיב "מסחרי" למערכת שבה נדרשת אמינות גבוהה שם את אמינות המערכת על קרן הצבי.

מאחר שהדרישה לרכיבים "אמיניים" מקורה בדרך כלל בצבאות ובתעשיות התעופה והחלל, דאגו הגופים האלה להכנת מיפרטים מטעמים המגדירים את רובם המכריע של הרכיבים התקניים על מנת שלא להיות תלויים בהגדרות היצרן.

מיפרט MIL

המערכת המסועפת ביותר של הגדרת רכיבים היא המערכת של צבא-ארה"ב, הקרויה מערכת מיפרט MIL (Military Specification). מכאן גם נגזר הכינוי רכיב "צבאיים" לרכיבים המוגדרים במערכת הזו. הדברים בהמשך המאמר מכוונים למערכת הזו, אם כי מה שייאמר כאן נכון גם לכל הגדרה אחרת הכוללת את אותם הנתונים. כאן המקום להזהיר כי רכיב "צבאי" עדיין אינו עושה אותו כשיר לכל שימוש, ואף ברכיבים "צבאיים" קיימות רמות-איכות שונות; מאידך, לגבי הרכיבים האלה קיים לפחות נתון בסיסי ביחס לאמינות הרכיב, נתון שלא קיים לגבי הרכיב ה"מסחרי". לצורך המשך הדיון נתרכז רק בהבדלי האמינות שבין הרכיבים ה"מסחריים" והרכיבים ה"צבאיים", ונניח, כי מכל יתר הבחינות הרכיבים האלה זהים ומיוצרים על-ידי כמה יצרנים לפי אותו מיפרט, כך שנושאי החליפות ומקורות האספקה אינם נמנים בין השיקולים — אם כי כשלעצמם הם נושאים חשובים ביותר.

מיפרט MIL דורש מרכיב, פרט לתכונותיו התיפקודיות, גם עמידות בתנאי-סביבה שונים, אורך-חיים, סימון וכו', ומגדיר את שיטות הבדיקה לכל אחת מהתכונות הנדרשות מאותו רכיב. מאחורי הדרישות ושיטות הבדיקה עומד ניסיון רב-שנים של הנדסת-רכיבים ומחקר אופני-הכשל שלהם (Failure Modes). שיטות הבדיקה אמורות להבטיח, כי הפריט ייבחן כך שצורות הכשל השכיחות אמנם תתרחשנה ותובחנה כאשר איכות הרכיב לא תהיה בהתאם לנדרש. חלק מן הבדיקות במיפרט אינן ניתנות כלל לביצוע על רכיב מוגמר והן חייבות להיעשות בתהליך הייצור של הרכיב (לדוגמה, בדיקה חזותית של חצאי-מוליכים, לפני הסגירה, כדי לאתר זיהומים וטיב עבודה ירוד העלולים לגרום לכשל לאחר זמן). חלק אחר של הבדיקות נעשה על המוצר המוגמר בצורה מלאה (100%), או מידגמית מתוך סידרה.

מכל מה שנאמר עד עתה, ברור, כי מחירו של רכיב "צבאי" גבוה יותר בדרך כלל מרכיב "מסחרי" בעל תכונות דומות. לעתים מיוצרים הרכיבים, גם ה"צבאי"



חנו רבינוביץ בע"מ

רח' ב' הירש 3, בני-ברק, טל' 700198, 700197

- סרטי חגור למיניהם
- סרטי אסבסט למיניהם
- סרטי ניילון ופוליאסטר
- פתילים — מאסבסט ומכותנה
- חגור צבאי
- חגורות בטיחות למכוניות
- חגורות בטיחות לחשמלאים
- אהלים — ברזנטים — ובדים
- חגורות הרמה מניילון עד 6 טון



הידראוליקה

מכשירים הידראוליים ומוצרי אטימה
ת"א קבוץ גלילות 73, גבעת הרצל (בנין התעשייה)

טל. 823564 - 821638

מערכות והידרוסטטיות

מערכות הגה

משאבות

בוחרים

אביזרים הידראוליים שונים

אטמי שמן מכל הסוגים

ייצור, תקון, יבוא, מכירה

יצרן, מה הוא אומר?

"הרכיבים, במערכת שאותה אני מייצר, אין צורך שיעמדו בכל הדרישות של המיפרט-הצבאי. אקנה רכיבים "מסחריים" ואבדוק רק את אותן התכונות החשובות לשימוש במערכת".

כאן יש על מה לדבר. יש לסכם מיפרט בדיקות שלא יכלול את החלקים במיפרט-הצבאי שאינם נדרשים מהרכיב לפי שימושו במערכת (לדוגמה, ביחידה יצוקה, אין כל סיבה, למשל, לבדוק את עמידות סימון הרכיב בים). הבדיקות במקרים האלה חייבות להיות פחות חמורות. בדיקות חמורות מהנדרש במיפרט (נקראות "מיני") מעוררות בעיות של חליפות, מקורות לחלפים ובעיות נוספות.

נסכם את דיונונו בהעלאת המסקנות העיקריות המתבקשות ממנו:

- המכניס "רכיב מסחרי" למערכת אמינה כמוהו כמהמר.
- המושג — מערכת "צבאית" הבנויה מרכיבים "לא צבאיים" — מוטעה ומטעה.
- רכיבים "אמינים" לפי מיפרט היצרן — כבדהו וחשדהו; המיפרט עלול להשתנות.
- בחינה עצמית של רכיבים (על-ידי יצרן המערכות) לצורך בדיקת עמידתם של הרכיבים במיפרטים "צבאיים" — רק במקרים מיוחדים ומוגדרים היטב.
- פרט להבטחת רמת אמינות, מבטיחים הרכיבים "הצבאיים" גם מערכת מתועדת היטב של דרישות, מקורות אספקה מגוונים ורשימת ספקים מאושרים שיכולתם לעמוד במיפרט הוכחה.

מקורות:

- (1) MIL-HDBK-217.
- (2) MIL-STD-721.
- (3) בירן דוד / מושגים באמינות — קשר ואלקטרוניקה, אוקטובר 1969.

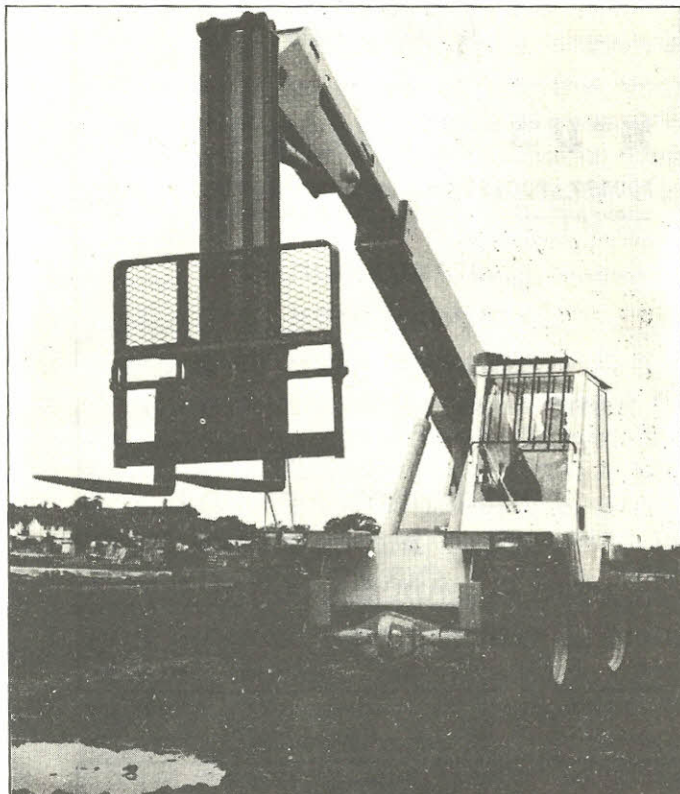
פורסם במערכות-חימוש:

- (1) אמינות — חוברת מס' 6, עמוד 12.
- (2) אמינות מערכות / א. רמון — חוברת מס' 22, עמ' 17.
- (3) מיפרטים טכניים, הכנתם והשימוש בהם / ב. יפה — חוברת מס' 31, עמ' 52.

רכב-אופני בעל עגורן טלסקופי

רכב 4-אופני מתוצרת בריטית המצויד בעגורן טלסקופי אמור לעורר מהפכה בפעולות טעינה ופריקה של חומרים בתעשיות הבניה, הייצור וההובלה. את התורן והתקן-הנשיאה של הרכב ניתן להתאים כך שתתאפשר תנועה אנכית של 1.52 מטר מעל לראש העגורן או מתחתיו. בעזרת העגורן אפשר להרים מטענים מעל מכשולים כגון קירות חיצוניים, או להיעצר איתו לפני ערימת-מטען ומאותה עמדה להניח את המטען ישירות על הפיגוס.

Machine Design, 26.5.77



כננת מיטלטלת לשיחרור רכב תקוע

כפיתרון להיחלצות עצמית של רכב תקוע יכולה לשמש הכננת המיטלטלת, הנראית בתמונה כשהיא מחוברת לאחד הגלגלים המניעים של הרכב (במקרה זה האחר-ריים).

את הכננת מחברים לטבור-הגלגל באמצעות מתאם מיוחד, שיש להרכיבו באופן קבוע מתחת למכסה הטבור. כאשר הרכב נתקע, מחברים שתי כננות כאלה לכל אחד מהמתאמים המחוברים כבר בשני הגלגלים המניעים. כעת פורשים את כבלי-הכננות לעבר עצם חזק בשטח שישמש כעוגן ומחברים את קצוות הכבלים ואת נקודות העיגון באמצעות חבל באורך 3.5 מטר. מהדקים כעת את הכננות למתאמים ולאחר שמאיצים את הרכב מתבצעת ההיחלצות העצמית. המתאמים, שבאמצעותם מחברים את הכננות לטבור-ריים, מיוצרים מסגסוגת אלבץ ILZRO12.

Design News, 12.6.76



צמיג בעל מידרס כפול-צורה

לצמיגים הרדיאליים של המכונית האיטלקית "פירלי-7" יש מידרס בעל שני משטחים — חלק וצורתי. הצד הפנימי של הצמיג, שהוא בעל מידרס צורתי, תורם ליציבות הפניה בדרכים רטובות וחלקות. הצד השני, החלק, של המידרס מעניק לרכב כושר האחזות בדרכים יבשות. על הקטע הצורתי בצמיג הימני (ראה תמונה) נמצאים מעין "קוצים" שתפקידם ללכוד קרח.

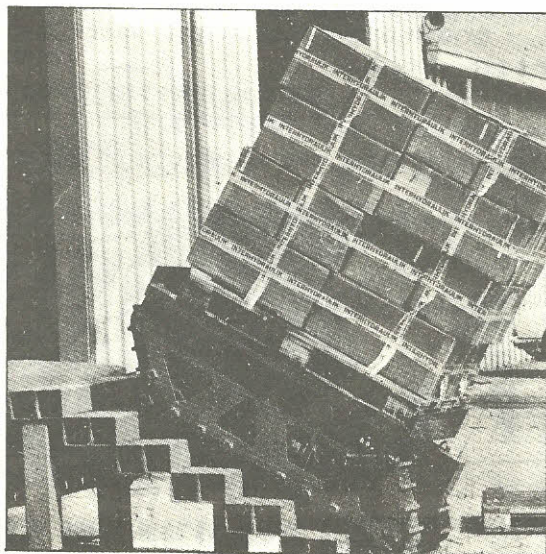
Popular Science, June 1978



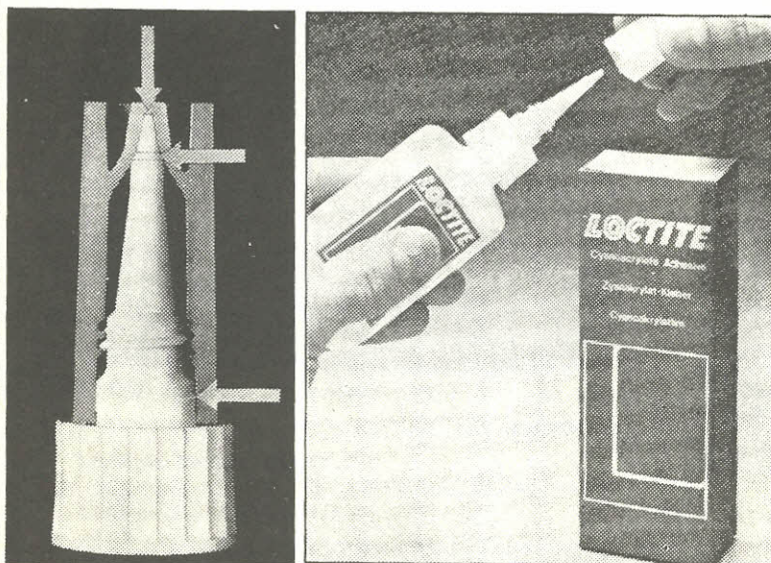
"ספל" המבוקר על-ידי אותות-רדיו

תנועתו של הרכב הזחלי הנראה בתמונה מבוקרת מרחוק על-ידי אותות-רדיו. בהתאם לפקודות יכול הרכב לנוע קדימה או אחורה וכן להסתובב במקום ימינה או שמאלה. כן ניתן לאזן הידרולית את משטח המטען בעת עליה או ירידה ממדרגות (השיפוע המקסימלי — 45°). משקלו של ה"ספל" 300 ק"ג וכושר הנשיאה שלו מגיע ל-800 ק"ג. היצרן היא החברה האוסטרית Interhydraulik GMBH.

Machine Design, 26.5.77



הדבר הראשון
שיעורר תשומת לב
בדבק ציאנואקרילט
(CYANOACRYLATE)
LOCTITE המעולה של
הוא פית המינון
עם 3 נקודות איטום.



חתך של פית המינון, מראה את שלושת נקודות האיטום.

**16 היתרונות הנוספים
מובנים מאליהם
בעת השימוש.**

פרטים מלאים על דבקי לוקטייט ציאנואקרילט
החדשים נתונים בחוברת מפורטת.
להלן סיבה אחת לפחות מדוע עליך לבקשה
בכתב: דבקי לוקטייט ציאנואקרילט המעולים
מאפשרים סוף סוף הדבקת מירב החומרים החד-
שים המשמשים בהנדסה כגון, גומי עם פילרים —
E.P.D.M. חומרים שבעבר היה קשה להדביקם.

LOCTITE

רוטל תעשיות ומסחר בע"מ
ת-א מרחוק 21 ת.ד. 33106 טל. 220375, 233735

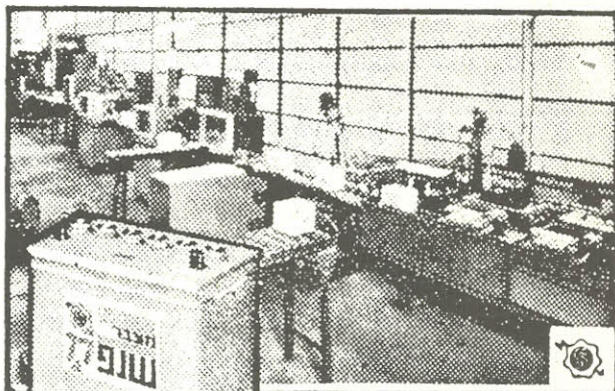


שנפ 77

המילה האחרונה במצברים!

SHNAPP 77 אחריות - 18 חודש!

SHNAPP 77 ארגז בוליפדופילן שקוף!



ע.שנפ ושות'.בע"מ



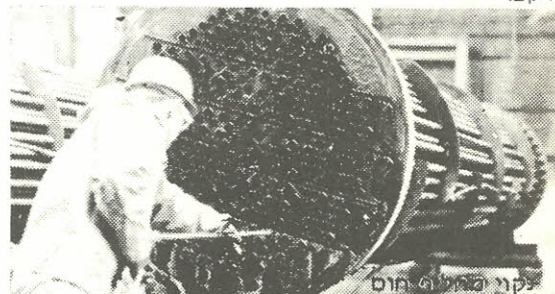
סתרם נקי צנרת בע"מ מס' 1 בישראל שומר על נקינות הבית

**שירות נקוי מערכות בלחץ
מים גבוה
עד 1,200 אטמוספירות**

■ **נקוי בלחץ מים גבוה:** מחלפי חום, צנרת, דוודים, מאיידים, תעלות, אוטוקלבים, מגדלי מים, מיכלים, רשתות ומתקנים, ממשקעי סידן, אבנית, כימיקלים וחומרים סינטיים.

■ **נקוי בסילון חול ומים במשולב**
להורדת צבע, גומי ללא אבק וניצוצות.

■ **שרותי שאיבה** של משקעים כימיים, שומנים, בורת ספיגה ורכב.



נקוי בלחץ מים

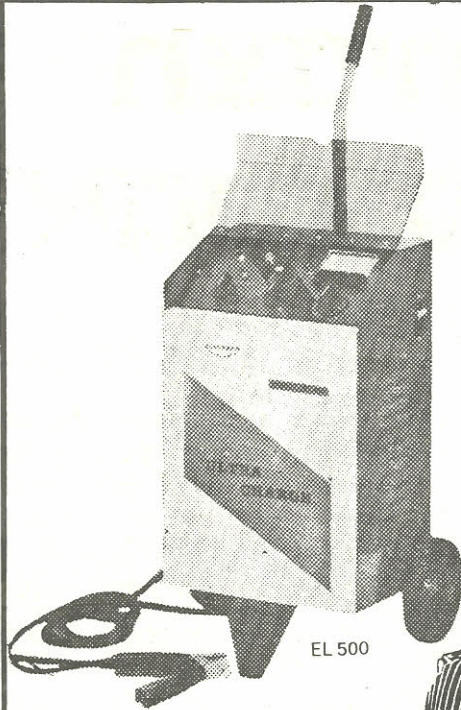
סתרם נקוי צנרת בע"מ בני ברק, רח' ישמעאל 13
03-775240



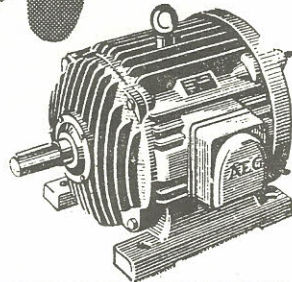
מרכז שירות ותיקונים

קרית המלאכה קבוץ גלויות 75

תל-אביב, טל' 823471



EL 500



- שירות לציוד אלקטרוני לתעשיה
- יצור מערכות ישור לתעשיה
- יצור מטעני מצברים וספקי-כח אלקטרוניים
- שירות יעוץ טכני

איש חיל חמוש! אנו מגיעים לכל פנה בארץ

הובלת רהיטים

אנו מובילים רהיטים לכל חלקי הארץ
ביעילות, מקצועיות ומהירות.

אריזה חינם!



- * בטוח מלא לכל הובלה
- * פרוק והרכבת הרהוט
- * מנהל עבודה בכל הובלה

ספק משרד הבטחון

מובילי הצפון טלפון 03-820316

03-833661

טל' ערב 03-884708

תכנן תקון כלים פניאומטיים



- * תקון כלים פניאומטיים
- * שיפוץ כל סוגי ציוד פניאומטי
- * בדיקת כלי אויר בציוד משוכלל
- * יעוץ בהתאמת כלי עבודה פניאומטיים

פריון מוגבר והגדלת הייצור
עם כלי אויר תקינים

תל-אביב, רח' המסגר 33, טל' 32483

תצפית ארוכת-טווח

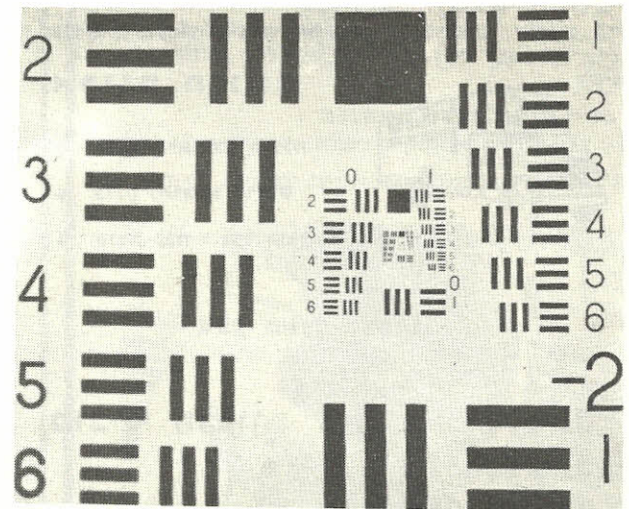
מאת אליעזר מנור

בני-אדם שואפים מאז ומתמיד לחדד את חושיהם על-ידי שימוש בעזרים שונים. אחת הדוגמאות הבר-לטות לכך נוגעת לחוש-הראייה, שמבין חמשת החושים, הוא זה המספק למוח את כמות המידע הגדולה ביותר ולפיכך הוא החוש היוצר את הקשר העיקרי בין האדם וסביבתו.

המכשיר הראשון שיצר האדם לחידוד חוש ראייתו היה הטלסקופ, אשר שימש אז וגם היום לתצפיות אסטרונומיות. הידע שנרכש בנושא הזה הופנה גם לפיתוח מכשירים לצרכים צבאיים, והתשתית הטכנו-לוגית שהתפתחה בעקבות זאת איפשרה לשפר את המכשיר הזה.

מושגי יסוד

אחד הנתונים הבסיסיים המאפיינים מערכת תצפית אופטית הוא כושר-הפרדה. מושג זה מבטא את גודלם של העצמים הקטנים ביותר הניתנים להבחנה דרך מערכת-תצפית, ויחידת המדידה היא הזווית שתופס עצם קטן כזה. כעצם תקני כזה משמשת מטרה הבנויה פסים שחורים ולבנים לסירוגין, ואז, כושר-ההפרדה היא הזווית שתופס זוג קווים (שחור ולבן) מקבוצת הקווים הצפופה ביותר שניתנת להבחנה



ציור 1 — מטרה לבדיקת כושר-הפרדה.

(ציור 1). הזווית המבטאת את כושר-ההפרדה היא אם כך העובי של שני קווים (שחור ולבן) מהקבוצה הגבולית המחולק במרחק שבין מכשיר התצפית ובין המטרה שאליה צופים.

הנתון השני המאפיין את מערכת התצפית האופטית הוא שדה-הראייה, והוא מבטא את הזווית הכללית שעליה צופה המערכת מקצה אחד של התמונה לקצה השני שלה. שדה-הראייה, הנמדד ביחידות-זווית, קיים כמובן גם בגובה וגם באזימוט; כאשר התמונה עגולה, שדה-הראייה לגובה שווה לשדה-הראייה באזימוט.

הנתון השלישי היא ההגדלה, המבטאת את כושרה של מערכת התצפית לתת תחושה של התקרבות העצם הנצפה. לפיכך, ההגדלה היא היחס בין הזווית שבה העצם נראה דרך מכשיר התצפית ובין הזווית שבה העצם נראה בעין בלתי-מזוינת.

המערכת הטלסקופית והמערכת האלקטרואופטית

הביצועים המכסימליים של מערכת טלסקופית מבו-טאים בעצם על-ידי כושר-ההפרדה של המערכת; ככל שכושר-ההפרדה טוב יותר, כן ניתן לזהות פרטים קטנים ורבים יותר. כאן יש לציין שני דברים: האחד, שכושר-ההפרדה של המערכת הטלסקופית מוגבל תיאורטית והוא תלוי בנתוני המערכת, כגון המיפתח-האופטי ואורך-המוקד של האופטיקה; והשני — שמסיבות הנובעות מעקרונות אופטיים, כאשר מתכ-נים מערכת בעלת הגדלה גדולה יוצרים ב-בזמן גם שדה-ראייה מצומצם מאוד, המגיע לקוטר של חצי-מעלה ואף פחות מזה (לשם השוואה, שדה-הראייה של משקפת-שדה רגילה הוא כ-7°).

שדה-הראייה המצומצם של מערכת טלסקופית בעלת הגדלה גדולה גורם לכך שכל תזוזה קטנה מקפיצה את התמונה ממקום למקום, ומסיבות הנובעות מן התיכונן האופטי, המערכת הזו רגישה לתזוזות עיני הצופה וגורמת בעקבות זאת לאובדן בבואת התמונה. המגבלות הללו לא איפשרו שימוש במערכות תצפית טלסקופיות בעלות הגדלה גדולה לצרכים צבאיים, שכן, בנוסף לתצפיות הקרקעיות מעמדות ניחות נערכות התצפיות גם מעל כלי שיט וטיס שהם כידוע משטחים מאוד לא-יציבים.

כדי להתגבר על הבעיות שהתעוררו בעת השימוש במערכות תצפית ארוכות-טווח, שילבו בהן מערכת טלויזיונית ומייצב-אופטי. המערכת הטלויזיונית, שבאה במקום עינית-הטלסקופ, פתרה את בעיית הרגישות לגבי מיקום בבואת התמונה בעיני הצופה, מכיון שכעת התצפית נעשית מעל גבי מסך טלויזיוני. התוספת הזו הפכה את הטלסקופ ממערכת אופטית למערכת אלקטרואופטית "המתרגמת" את התמונה

מערכות התצפית ארוכות-הטווח הנמצאות כיום בשימוש צבאי מסוגלות לצפות לטווחים של 70—80 ק"מ, ועל-ידי שידור התמונה הטלויזיונית ניתן להעביר את המידע המודיעיני למיפקדות "בזמן-אמיתי". אולם, כאמור, המגבלה של ביצועי המערכות האלה היא האטמוספירה, והעבודות הנעשות כיום בתחום הזה מכוונות להתגבר על המגבלה הזו בדרכים שונות.

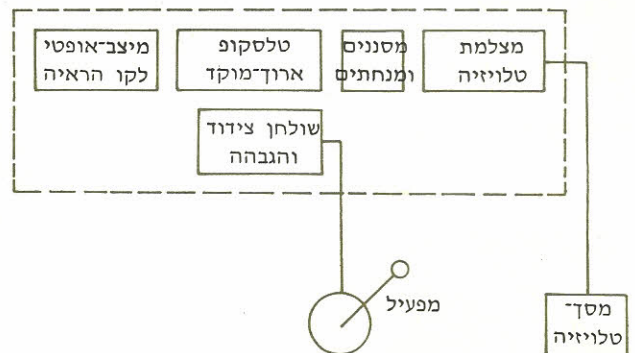
פורסם במערכות חימוש:

איכות הדמות במערכות אופטיות (MTF) A/. לבנה — חוברת מס' 35 עמ' 109.

בְּתַחוּם הַבִּטָּחוֹן הַמְּדִינָה וְהַצָּבָא יְעוֹל וְחֶסְכוֹן הֵם צו וְהֵם מִצְוָה!

המעץ להגשת הצעות יעול:
משרד-הבטחון, הפיקוח המשקי,
הועדה המרכזית להצעות יעול
ו/או ועדת היעול היחידתית.

לאות חשמלי באמצעות מצלמת-הטלויזיה ומציגה אותה על מסך רחב. המייצב-האופטי הותקן לפני האופטיקה של מערכת התצפית ופעולתו מתבטאת בכך שעל אף תנודות המערכת נשאר קו-הראייה יציב. המייצב-האופטי היא מערכת אלקטרונית וסרור-מכנית החשה בתנודות באמצעות חישים ג'ירוסקופיים. אלמנט אופטי (מראה או פריזמה), הקולט את האותות מהחישים, מזיז את קו-הראייה באותו שיעור של התנודה אך בכיוון הפוך לה, וכך מתקבל קיזוז מלא של התזוזות בקו-הראייה כתוצאה מהרעיי-זות. המייצב-האופטי מותקן בדרך כלל על בסיס המאפשר לבקר את כיוון התצפית מרחוק באמצעות בקרה חשמלית על מנועי צידוד והגבהה. תרשים של המערכת הזאת מתואר בציר 2.



צור 2 — תרשים של מערכת אלקטרואופטית.

מגבלות האטמוספירה

ביצועיה של מערכת אלקטרואופטית מודרנית, כגון זו שתוארה בציר 2, אינם מוגבלים על-ידי רכיבי המערכת כי אם על-ידי תכונות האטמוספירה שדרכה נעשית התצפית. האטמוספירה מורכבת מחלקיקים קטנים, שבנוסף לכך שהם בולעים אור ומפזרים אותו הם גם נמצאים כל הזמן בתנועה בגלל הפרשי הטמפרטורה באזורים השונים. לכך יש כמובן השפעה על הטיב האופטי של התמונה. הבליעה והפיזור לאחר של אור השמש גורמים להורדת הניגוד של העצמים הנצפים ומתקבלת תמונה בגוונים אפורים חווירים (במקום בגוונים חדים של שחור ולבן) והתנועה המתמדת והבלתי-סדירה של האויר גורמת לירידה בכושר-ההפרדה, או במלים אחרות — לטישטוש התמונה.

כדי להתגבר על מגבלות האטמוספירה עוברים כיום במערכות התצפית האלקטרואופטיות לאורכי-גל ארוכים יותר מאלה שעין האדם רגישה להם. הדבר נעשה באמצעות שפופרות טלויזיוניות הרגישות לאור בתחום אורכי-הגל של הקרינה התת-אדומה עד לאורך-גל של 1 מיקרון. העלאת אורך-הגל מסלקת את השפעתם של חלק ניכר מהחלקיקים הנמצאים באטמוספירה.

מפעל לעבוד שבבי



חברת YAMAZAKI גאה להציג בפניך פיתוחים טכנולוגיים מקוריים והישגים מרשימים בייצור ציוד C.N.C.

כל שעתיים "נולד" מרכז עבודים (חריטה או כרסום) בקו הייצור המשוכלל של חברת YAMAZAKI — יפאן. עובדה זו מזכה את החברה בתואר — **"היצואן הגדול ביותר ביפאן למכונות כלים C.N.C."**

* בפרס "מדלית הזהב" (פרס טכנולוגי יפאני) זכתה החברה על פיתוח מרכז עבודים תמתוחכם ביותר! — YAMAZAKI MACHINING SYSTEM.

* החברה מסונפת בחמשת היבשות — מרכזי שרות, מפעלים בארה"ב.

* מגוון של 26 דגמי מכונות C.N.C. (מ-5 עד 100 כ"ס).

* דגמים רבים עובדים בישראל.

* בארץ, שוהה נציג YAMAZAKI למתן יעוץ, שרות, קורסי תכנות ותחזוקה.

* **מלאי חלפים במחסננו — לאספקה מיידית!**

היתרונות הבלעדיים הנ"ל, המוניטין, המחירים הסבירים והשרות עמדו במבחן בשווקים קפדניים כגון: ארה"ב, גרמניה, ... וגם בישראל!

לפרטים נוספים:

☐ מעוניין בחריטה C.N.C.	שם המפעל:
☐ מעוניין בכרסום C.N.C.	איש הקשר:
☐ מעוניין באוטומטים C.N.C.	טלפון:
☐ מעוניין בבקור נציגכם.	כתובת:

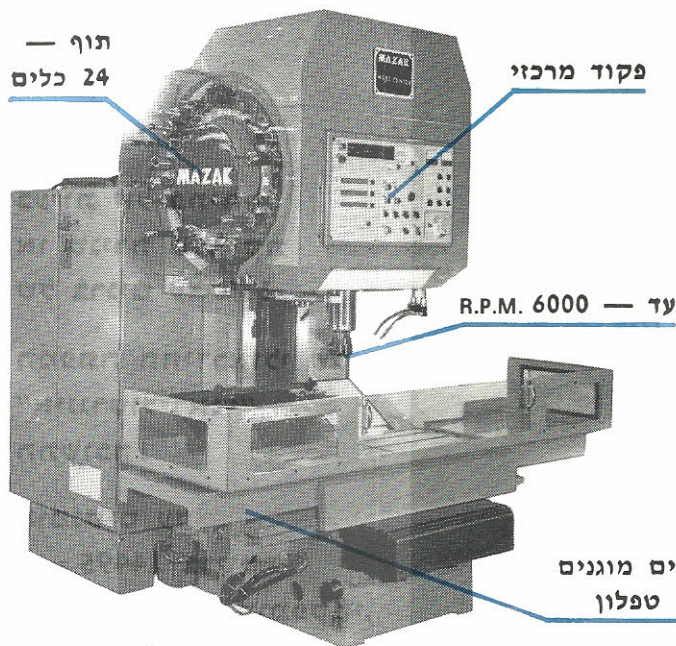
נציגים בלעדיים:

ג.ה.ל. בע"מ

אבן-גבירול 7 ת"א — טל' 227934, 231985 — ת"ד 31071

המשך

דגמי 7-חידושים נוספים!

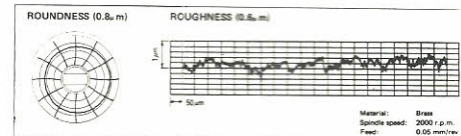


מרכז כרסום V-5

- מנוע D.C. — 5 כ"ס.
- שולחן — 1100×470 מ"מ.
- ציר-Z — 508 מ"מ.
- קיבולת מחליף כלים — 24.
- זמן החלפת כלי — 2.8 שניות !!
- מהלך רפיד — 12 מ/דקה!
- משקל — 4200 ק"ג.

דיוק מחזורי 0.0025 מ"מ!

מרכזיות !!



MICRO CENTER



YAMAZAKI

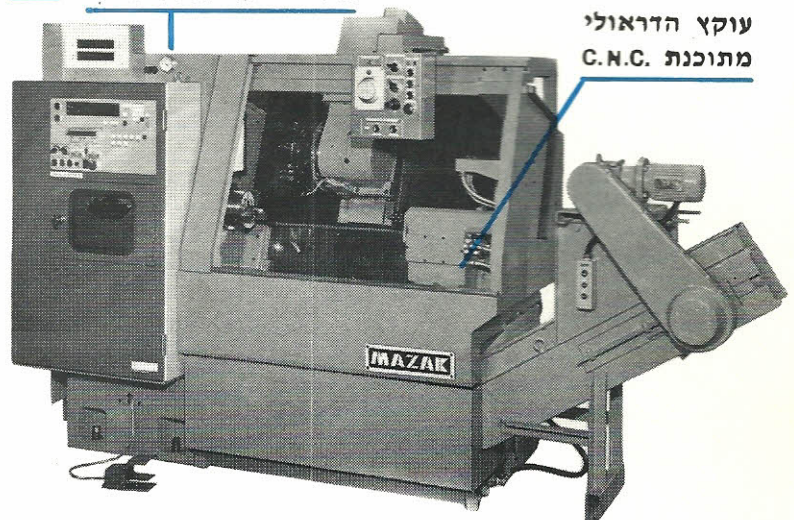
מנוע D.C. 15 כ"ס
כוש — עד R.P.M. 6000

מרכז חריטה

- בין עוקצים — 510 מ"מ.
- קטר מירבי — 380 מ"מ.
- צריח — 12 כלים.
- משקל — 3500 ק"ג.
- מהירות כוש — עד 6000 R.P.M.
- מחשב FANUC

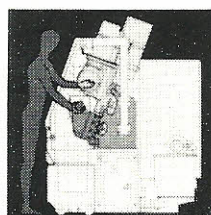
(כולל כל האופציות!)

דיוק מחזורי — 3 מיקרון!



MICRO TURN

70° — מסלולים משופעים



YAMAZAKI MACHINERY EUROPE N.V.

Hydraulic wrench system



בעיות של פתיחה
או סגירה מדויקת
של ברגים עד 3"

המפתח ההידראולי של
"אינגרסול-ראנד"
התשובה!

מומנטים עד
14495 ft-lbs בדיוק
של 5% ±, נוח, קומפקטי,
שקט ויעיל.

	Torque Range		Bolt Diameter Range	
TW1	320-2130 ft lbs	430-2890 Nm	3/4"-1 1/8"	19-41mm
TW2	520-3480 ft lbs	700-4720 Nm	7/8"-1 3/4"	22-44mm
TW3	970-6460 ft lbs	1320-8760 Nm	1"-2 1/4"	25-57mm
TW4	2175-14,495 ft lbs	2950-19,660 Nm	1 1/8"-3"	35-76mm

Power Wrenches

Power Wrench Model Number	Torque Range	
	ft lbs	Nm
*TW1	320-2130	430-2890
*TW2	520-3480	700-4720
*TW3	970-6460	1320-8760
*TW4	2175-14,495	2950-19,660



*Includes Reaction Bar.

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