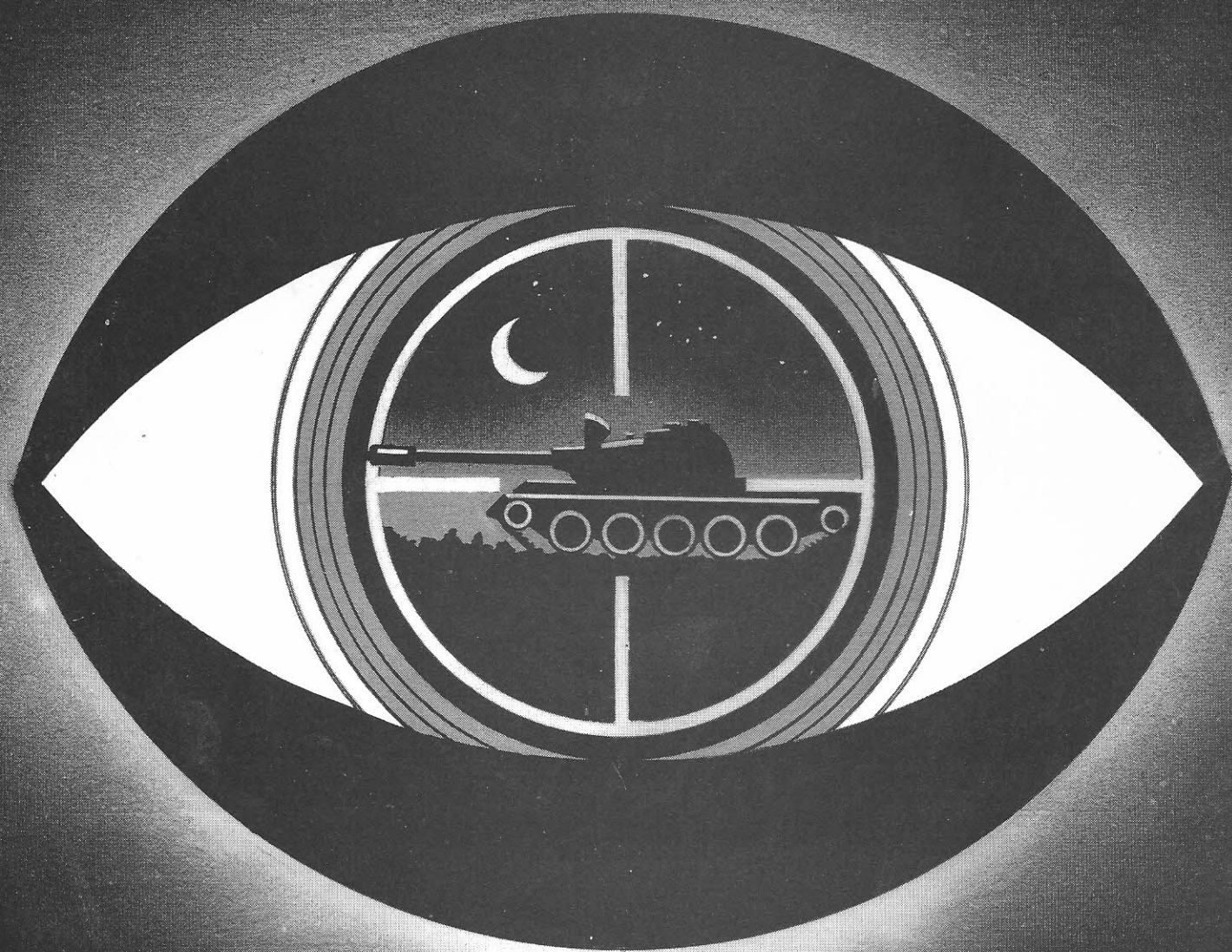
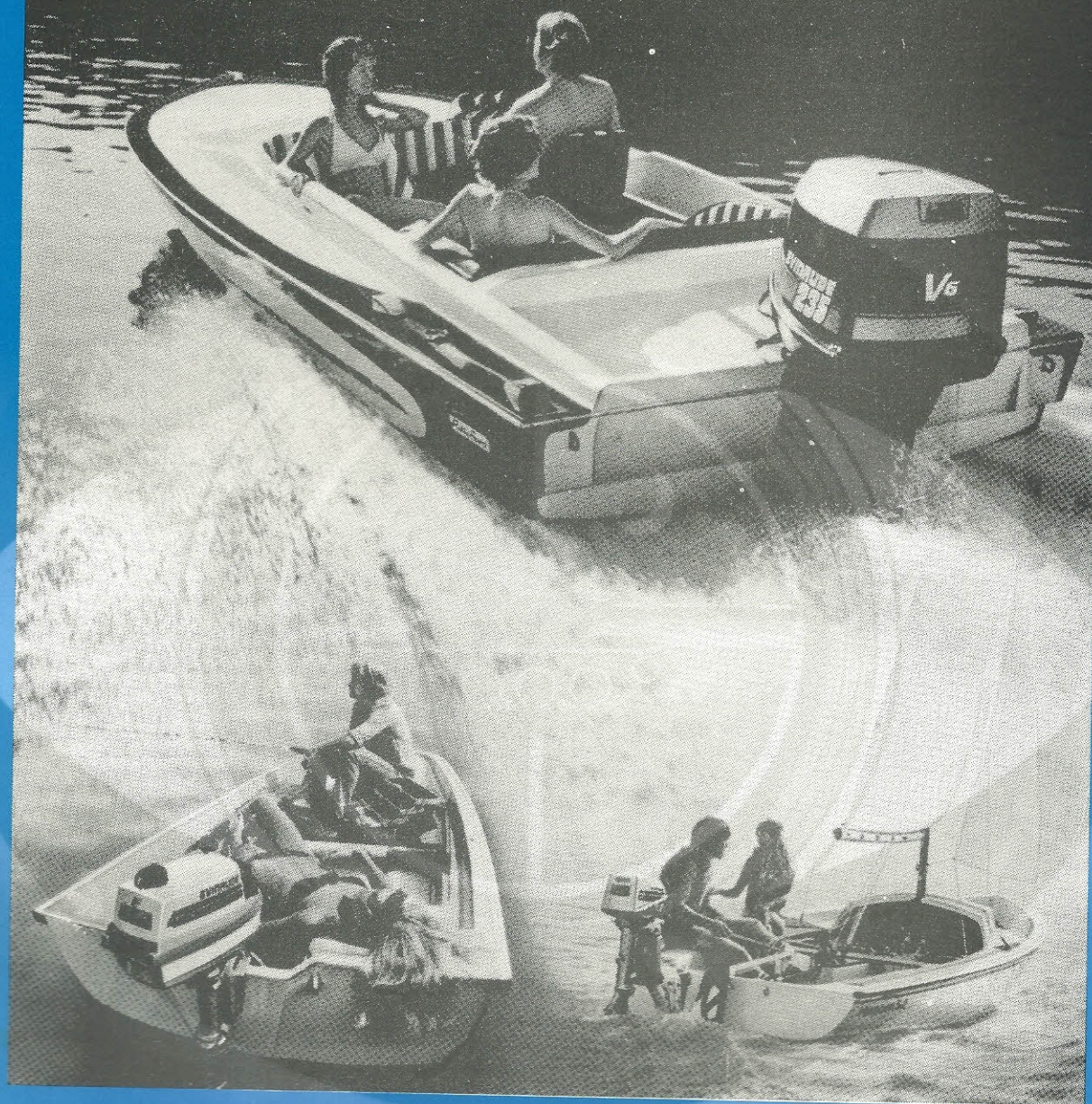




EVINRUDE



המנוע המשוכלל בעולם
לכל תכלית ולכל מטרה
לחובבים ולמקצועיים
מ-2 כ"ס עד 235 כ"ס.



מוריס גרינברג בע"מ
MORRIS GREENBERG LTD.

דרך שלמה 83, תל-אביב

טלפון 827572 . 824725



בתוכן:

2 ראיון עם תא"ל אלעזר ברק

ראיון: אילן שחורי

8 חטיבות-כוח לטנק-המערכה—כיום ובעתיד (א')

16 ראייה בלילה—תופעות-יסוד

שלמה שפירא

24 רקטות וטילי-נ"ט אישיים

אזי קולן

34 מדידות בירי טנקים וארטילריה

דן גרנות

מדורים

7 צבאות-עולם

14 אצלנו-בחיל

32 מענין-ומועיל

העורך: רס"ל נסים נפתלי

עיצוב השער ותרשימים: אפי
סיוע בהכנת התרשימים: ש. פרוספר

בית ההוצאה של
צבא הגנה לישראל

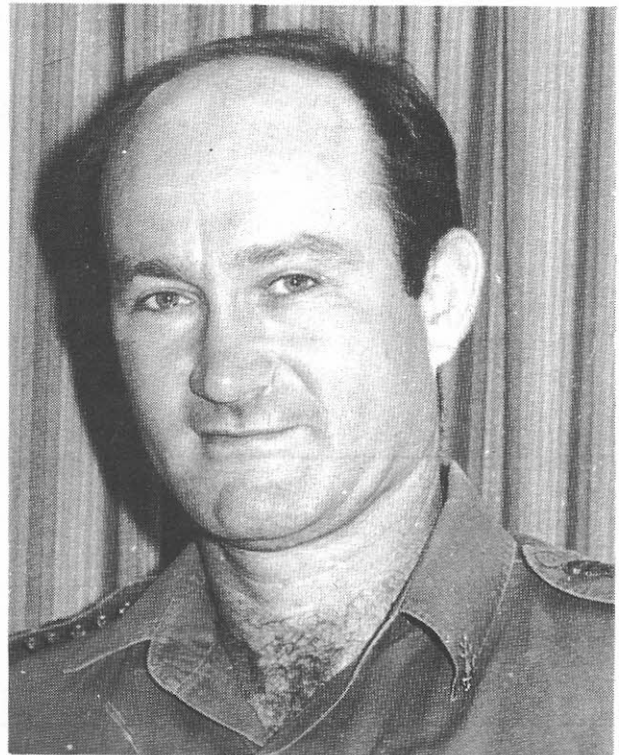
מערכות

עורך ראשי: סא"ל יעקב זיסקינד

„מערכות“: עורך — סא"ל דני אשר

„קשר ואלקטרוניקה“: קצינת עריכה — לנה גרי

תא"ל אלעזר ברק בראיון לסיום תפקידו :



גם האמצעי החדש ביותר — אם אינו פועל — הרי הוא בסך-הכל ערימת גרוטאות, והדבר העושה את ערימת הגרוטאות לאמצעי-לחימה היא הנשמה היתירה שמפיק בה בעל המקצוע ● משום יעודו, חיל-החימוש הוא חיל מפוצל ולא עצמאי, וזו-הי אחת מנקודות-התורפה שלו ● במלחמת יום-הכיפורים תוקן כל טנק לפחות פעם אחת או יותר, ואם לא היו עושים זאת לא היה במה להילחם ● בפעולה בדרום-לבנון עשה חיל-החימוש כל מה שציפו ממנו, אך איני חושב שפעולה זו היא דוגמה אופיינית למלחמה הבאה ● על חיל-החימוש נופלת אחריות כבדה מאוד; זהו חיל בעל יכולת עצומה ובעל כושר-חיות אדיר, ואני חושב שהרבה מפקדים מסתמכים על אלה.

ראיון: אילן שחורי

לפני כחודשיים סיים תא"ל אלעזר ברק את תפקידו כמפקד חיל-החימוש. בחמש שנות כהונתו של תא"ל ברק התעצם חיל-החימוש בכוח-אדם ובכלים בממדים שלא היו כמותם. היו אלה שנים של עבודה קשה והישגים גדולים, שבמרכזם בולטת מלחמת יום-הכיפורים, והמבצע האדיר של שיקום כלי-המלחמה, וכן נקודת-המפנה המרשימה שבפיתוח הטנק הישראלי הראשון — "המרכבה".

ימים אחדים לפני טקס חילופי המפקדים נפגשנו עם תא"ל ברק בלשכתו לראיון סיכום מיוחד ל"מערכות-חימוש".

תא"ל ברק, עצוב לך בימים האחרונים?

כן ולא. כן — מפני שאחרי הכל אי-אפשר לדלג על פרק ארוך בחיים, שבמהלכו קושרים הרבה קשרים, ולנתק אותם בבת אחת, וכמו בכל סיום יש בזה גם עצב. מצד שני — כל אדם המשרת בצבא יודע, כי עבודתו אינה עבודה לעולמים; זוהי תקופה, שכל אחד תורם בה מבחינת הזמן, מי יותר ומי פחות, ואם האדם יודע זאת ומכין עצמו לכך שיום אחד יצטרך לעזוב אז העצב אינו קשה כל כך.

היית אומר שהסיום לגביך הוא טוב?

תמיד ידעתי שיום אחד אסיים את תפקידי ובחרתי את העיתוי לכך. מכיוון שהדברים נגמרו בזמן שרציתי, אין לי סיבה שארגיש לא טוב. זה לא אומר שגמרתי כל מה שהיה לי לעשות בחיל.

האם אתה מרגיש שיכולת לתרום יותר לחיל-החימוש, או שלמעשה מיצית את יכולתך?

בעבודה של היום, אין גבול לעשייה. אין מועד שאפשר לומר עליו: אם נגיע לכאן, נגמור את העבודה. העבודה מתמשכת — בגלל גידול הצבא, בגלל הכנסת אמצעים חדשים, בגלל תפישות חדשות בלחימה המחייבות היערכויות אחרות, ובגלל שינויים אצל האויב. גם בתקופה הזו, חלק מהנושאים לא הסתיימו, ונוספים נושאים חדשים — לפעמים חשובים יותר. אותו מצב יכול היה להיות גם בעוד שנתיים שלוש; זוהי מערכת שאין לה סוף.

כיצד היית מגדיר את מערך חיל-החימוש בימים הראשונים להיכנסך לתפקיד, טרם פרוץ מלחמת יום-הכיפורים, וכיום — לאחר חמש שנים?

המאפיין הראשון והעיקרי, לדעתי, הוא הגודל. צה"ל, בתקופה שחלפה מאז מלחמת יום-הכיפורים ועד היום, גדל בממדים שלא היו כמותם — גם ביחידות לוחמות וגם בצידוד-לחימה. יש תחומים בצה"ל שגדלו עשרת-מונים ולכך יש השלכה מיידית על חיל-החימוש. מכיוון שהחיל הזה מיועד לסייע לכוחות הלוחמים במתן אמצעי-לחימה אמינים, הרי ברור, שככל שהמערך הלוחם גדול יותר, כן הוא זקוק לצידוד רב יותר, וחיל-החימוש חייב להיערך בהתאם לכך, גם מבחינת בעלי-המקצוע וגם מבחינת המסגרות של החיל. הגדלת ההיקף של צה"ל אינה מתבטאת רק ביותר יחידות ויותר ציוד, אלא כמובן גם ביותר עבודה, ועבודה קשה.

המאפיין השני הוא ניווד הצבא. מאפיין זה הוא חלק מהאיכות של צה"ל, ובמסגרתו נעשה ניסיון למצוא את המענה ליחסי הכוחות הנחותים. הניוד היה קיים בצה"ל גם לפני כמה שנים, אך בזמן האחרון הוא התפתח בצורה מואצת. ניווד הצבא היה גורם בעל משמעות עמוקה לגבי היערכותו של חיל-החימוש; זאת מכיוון, שיש הבדל עצום, למשל, בין חטיבת חי"ר לבין חטיבת חי"ר על נגמ"שים, שהיא למעשה כבר חטיבה ממוכנת.

המאפיין השלישי הוא שיפור האיכות של אמצעי-הלחימה בצה"ל. בעקבות המלחמה, נוספו לצה"ל אמצעים שלא היו קודם, כגון בתחומים של טילים או ראיתי-לילה. בתחומים אלה ובתחומים אחרים היה צורך לבצע עבודה וזו נעשתה במסגרות של מחקר, פיתוח וניסויים בחיל-החימוש. עוד מאפיין חשוב שאסור להתעלם ממנו, וחיל-החימוש נשא בנטל שלו יותר מכל, הוא הנושא של השינוי בתנאי-החיים בצבא, גם בתחום התקציב וגם מבחינת כוח-האדם.

למה אתה מתכוון?

לפני המלחמה צה"ל פעל בדרך-כלל, על-פי מצאי מס-

פיק של כוח-אדם וכסף. לאחר המלחמה השתנה כל היחס כתוצאה מהגידול העצום בסדר-הכוחות וכתוצאה מן הרכש הגדול. לשני הדברים הנובעים מכך — יותר אנשים ויותר כסף — יש תקרה ברורה, וחוסר האפשרות לעבור תקרה זו גורם לבעיות אין-סוף. המחסור בכוח-אדם והמחסור בתקציבים — אלה יצרו את הקשיים הגדולים, משום שגם בתנאים האלה היה הכרח להמשיך ולתת פתרונות על מנת שהמערכת תוכל לתפקד באותה יעילות בכל רגע, וזאת, מבלי לפגוע באמינות צידוד-הלחימה.

מה כוחו של חיל-החימוש כיום?

אחת הבעיות של חיל-החימוש היא, שהוא אינו חיל עצמאי ואין לו משימות בלעדיות בשדה-הקרב שיוכלו למדוד את כוחו. עוד עובדה בקשר לכך היא, שאין בדרך כלל יחידות-חימוש עצמאיות, אלא ישנם אנשי-חימוש המסופחים ליחידות לוחמות. הפיצול הזה, גם הוא אינו מאפשר למדוד את כוחו של חיל-החימוש, שהוא למעשה החיל הגדול ביותר בצה"ל. לעצם השאלה — על חיל-החימוש נופלת אחריות כבדה מאוד. זהו חיל בעל יכולת עצומה ובעל כושר-חיות אדיר, ואני חושב שהרבה מפקדים בצה"ל מסתמכים על אלה.

מהי למעשה התרומה של חיל-החימוש לכוח המ-חץ של צה"ל?

בעיית-היסוד של מדינת-ישראל ושל עס-ישראל, היא בעיית יחסי-הכוחות, ובמשוואה הזו קיים נתון אחד ברור: ביחסים הכמותיים לא נוכל להגיע לעולם לעליונות. מכאן, שהפתרונות חייבים להיות במישור האיכותי. לאיכות ישנם הרבה מרכיבים: מהם יש כאלה השגורים על פינו, כגון איכות הלוחם הישראלי, ההכרה הלאומית. אך ישנם עוד צדדים לאיכות: ישנה האיכות של אמצעי-הלחימה. האיכות הזו מתחילה בכך שנותנים לחייל מראש אמצעי טוב יותר מזה שלצד שמנגד. כדי שיהיה אמצעי כזה, צריך לעסוק בפיתוח, בניסויים ובהבנסה לייצור של אותו פריט, או להחליט לבחור באמצעי טוב יותר; בתחום הזה עוסק חיל-החימוש וזו תרומתו לאיכות של צה"ל. אבל, איכות של אמצעי-לחימה אינה נשמרת לאורך זמן אם לא פועלים למענה; הכוונה היא לטיפול-מונע, לאחזקה ולתיקון — וכל אלה ברמה גבוהה. זו למעשה התכלית שלשמה הוקם חיל-החימוש ובעמדה זו הוא למעשה המפתח לאיכות אמצעי-הלחימה בצה"ל. גם האמצעי החדש ביותר — אם אינו פועל — הרי הוא בסך הכל ערימת גרוטאות והדבר העושה את ערימת הגרוטאות לאמצעי-לחימה היא הנשמה היתירה שמפיח בה בעל-המקצוע.

בהמשך לכך, תא"ל ברק, מהו כושר האילתור של חיל-החימוש?

את האדם יכולים ללמד מקצוע על-פי הוראות ועל-פי

ונמצא הרבה מאוד פעמים בכפיפות לגופים אחרים. הכפיפות הזאת יוצרת לעתים ניגודי-אינטרסים, ואין הכוונה לאינטרס הסופי — צה"ל חזק יותר ומנצח. המפקד בגדוד השיריון, למשל, מעונין לאמן את אנשיו כדי שיהיו לוחמים טובים ולא תמיד עולה הדבר בקנה אחד עם מצב הכשירות של הטנקים. אנשי-החימוש בגדוד חייבים אולי להשבית חלק מהטנקים כדי לטפל בהם במשך כמה ימים, אבל, הם כפופים ל-מג"ד; הם מקבלים ממנו חופש, מקבלים דרגה. ה-מג"ד יכול להכניס אותם למחבוש, לתת להם תורניות-שמירה או לשחרר אותם מתורנות זו. ההנאות היומיומיות של החיים, או אי-ההנאה תלויים בידי המפקד במקום.

יש כאן ענין של תיסכול?

בהחלט! לחייל הנמצא ביחידה, לא בסדנה, יש בעייה של נאמנות כפולה — הנאמנות ליחידה, למפקד ולאינטרסים המקומיים-זמניים, ומנגד — הנאמנות לצבא, להוראות חיל-החימוש ולקריטריונים המקצועיים; לא תמיד כל זה משתלב יחד. זאת ועוד, בחיל-מקצועי כחיל-החימוש, מחזור התפקיד של החיילים ארוך הרבה יותר, וקצב הקידום איטי יותר. כאשר נמצאים ביחידה אחידה, קל לקבוע קריטריונים של סבב-תפקידים, של קיצורי-פז"ם ושל עליות בדרגה מבלי ליצור תיסכול פנימי בתוך המערכת. חיילי-החימוש, לעומת זאת, משרתים ביחידות-שיריון, תותחנים, חי"ר או הנדסה ושם, מסיבות שונות, סבב התפקידים ומשך הקידום בדרגות קצרים הרבה יותר. כך קורה, שחיילי-החימוש לא זזים באותו קצב עם האחרים למרות שהם משרתים באותה יחידה ובאותו צבא.

ולכך יש השפעה על כושר העבודה?

לא הייתי אומר שזה משפיע על כושר-העבודה, אך זוהי בהחלט נקודת-תורפה.

האם ישנן עוד נקודות-תורפה?

כן. עוד נקודת-תורפה היא המחסור באנשים. זו אומנם בעיה כלל-צה"לית, אך חלקו של חיל-החימוש גדול בהרבה מההיבט הכלל-צה"לי. מספרם של בוגרי בתי-הספר המקצועיים במגמות בעלות אופי חימושי הולך ופוחת, וזאת דווקא בתקופה שבה דרוש לצה"ל מערך טכני גדול יותר. עוד נקודת-תורפה היא התשתית של סדנאות חיל-החימוש. יחידת-חימוש-מרחבית, לדוגמה, מעסיקה צוות-עובדים בהיקף שמעטים דוגמתו במפעלים בארץ. יחידת-חימוש כזו נדרשת לתת פתרונות בתחום האחזקה לכמה אלפי כלי-רכב: אבל, למרות שעושים שם עבודה גדולה, אין התשתית הולמת את הצרכים של היום בבינוי ובמתקני-עבודה. לכל אלה נחוצה השקעה כספית גדולה מאוד, ובסדר העדיפויות של צה"ל קודם הבינוי המבצעי לבינוי הלוגיסטי.

הספר, אבל, כשהוא מגיע לשדה-הקרב הוא נתקל במצבים שלא למד אותם, או שלא יכול היה לצפות מראש. פתאום מתגלה פגם בחלק שלא התבלה אף פעם בעת שלום ומתברר שאין חלפים מאותו סוג, או שכולם התבלו. נוצרים מצבים שחיילי-החימוש מוצאים את עצמם כשאין בידיהם כל האמצעים לביצוע העבודה, ויחד עם זאת הם נדרשים לתת פתרונות מידיים; כאן בא לידי ביטוי כושר האילתור של בעל-המקצוע, הן של החייל כפרט והן של מסגרת החימוש האופרטיבית כולה. אחד מתחומי האילתור היא יצירת כלי תקין אחד משני כלים מושבתים. בתחום זה, הבא לידי ביטוי ומבחן בעיקר במלחמה, גילו חיילי-החימוש כושר-אילתור גבוה מאוד, הרבה פתרונות שלא כתובים בספרים. כל הפתרונות האלה העלו את רמת הכשירות ונתנו בידי המפקדים יותר כלים להמשך המלחמה.

תחום-אילתור אחר מתבטא במסגרת החיים השוטפים ביחידות: זקוקים לעוד סככה, לעוד מבנה, לעוד אמצעי המשפר את תנאי-החיים ביחידה או מקל על ביצוע העבודה, ולמרות שאין אלה מתפקידיו של החיל לבנות, לסלול או לגדר, בכל זאת נעשים דברים נפלאים.

תא"ל ברק, הרבה נכתב ונאמר על רמת השמירה על הנשק והציוד בצה"ל, ולא פעם התרעת על המצב המתדרדר בתחום הזה; מהו המצב כיום?

רמת השמירה על הנשק והציוד בצה"ל ירדה במידה ניכרת לאחר מלחמת יום-הכיפורים. בזמן האחרון חל שיפור במצב האחזקה והשמירה על הציוד, אם כי יש עוד הרבה מה לעשות. מדובר לא רק ביחסם של החיילים הסדירים, אלא גם ביחסם של רבבות אנשי-המילואים, הנקראים לשירות-פעיל ומקבלים לידיהם נשק-אישי, או שמופקד באחריותם נשק כבד, רכב או ציוד אחר. בעיית השמירה על נשק ורכוש אופיינית לכל צבא, לא רק לצה"ל, וזאת מפני שיש הבדל עמוק בין גישת האדם לרכושו הפרטי לבין גישתו לרכוש הכלל. מה שקורה ברחוב הישראלי, לא יכול, לצערי, שלא להקרין גם על הנעשה בצה"ל. עוד עובדה בקשר לכך הוא קצב-האימונים הגבוה; ככל שמשקיעים יותר מאמץ באימון, כן יש פחות זמן ובוחות נפשיים ופיזיים לעסוק בדברים אחרים. אם מצרפים את שתי העובדות האלה, הרי שהתוצאה היא די ברורה. המצב בתחום הזה כעת הוא, שאין הזנחה או הפקרה של נשק, אך יש בהחלט הרבה מה לשפר.

תא"ל ברק, חמש שנים אתה בתפקיד; במשך התקופה הזו גילית ודאי כמה נקודות-תורפה של חיל-החימוש.

אין גוף שהוא כולו שלמות, וגם חיל-החימוש בכלל זה. נקודת-התורפה הראשונה של החיל, היא עובדת היותו מפוצל ולא עצמאי, עובדה הנובעת מעצם הגדרת היעוד של החיל. קשה ליצור אחדות בגוף שהוא מפוצל מראש

תא"ל ברק, כיצד משתלט חיל-החימוש על מיגוון כה רחב של ציוד חדיש?

כאשר נכנסנו לנושא שפיתוחו אורך כמה שנים, כדוגמת טנק-המרכבה, ביצענו יחד עם התכנון גם את כל הפירסומים הטכניים. אבל, לא תמיד נכנס ציוד לצה"ל בצורה כזו. במקרים רבים, ובעיקר כאשר הרכש מגיע מחו"ל, אין טעם להכין את עבודת התשתית הזו קודם, מכיוון שאין יודעים בוודאות מה יגיע, איך ומתי. בעצם, עומדות אז בפנינו שתי אפשרויות: האחת — אחסון הציוד עד לשימוש בו, והשניה — שימוש בציוד מיד עם הגעתו. האפשרות השניה חוסכת הרבה מאוד זמן בהקמת מסגרות לוחמות ולכן היא מועדפת יותר. בצורה זו, נכנס הציוד לשימוש למרות שאין חלפים ולמרות שלא קיימות עדיין כל ההוראות. בפרק הזמן הזה נדרש מערך-החימוש למצות את כושר האילתור שלו למרות שחסר לו הידע הנדרש לכך; את זה הוא מקבל תוך כדי עבודה וכך מתגבשות גם ההוראות.

תא"ל ברק, איך אתה רואה את מערך-החימוש בעשור הבא?

בהרכב הבסיסי, אני חושב שמערך-צה"ל לא ישתנה בצורה דרסטית בעשור הבא. איני סבור שהטנקים יפסיקו לפעול או שהנגמ"שים יצאו מהזירה. לדעתי, הפריטים העיקריים בציוד הלחימה יישארו בשדה הקרב, גם מפני שאיני רואה כרגע את התחליפים, וגם מפני שעניין ההחלפה של כל המצאי תוך-10 שנים הוא לדעתי בלתי-מעשי מסיבות כלכליות. אין זה אומר שלא יתווספו אלמנטים חדשים בשדה-הקרב, אך להערכתי הם לא יהיו הרוב. מבחינת המרכיבים, יישאר יסוד הלחימה המקובל ואליו יתווספו ודאי מערכות חדשות בעלות ביצועים בלתי-מוכרים כעת. מי שיוכל לפגוע רחוק יותר, מהר יותר ומדויק יותר, ויוכל לבצע כל זאת ביום, בלילה ובערפל — לו יהיה יתרון גדול מאוד. אני צופה שתהייה מערכות בקרת-אש אלקטרוניות מתקדמות יותר, מערכות ראיית-לילה אלקטרו-אופטיות, טילים ופגזים מונחים ומתבייתים, ומרכיבים נוספים שמטרתם לייעל את אמצעי-הלחימה; בכל התחומים האלה יצטרך חיל-החימוש לתת פתרונות.

תא"ל ברק, מהם ההישגים הגדולים של חיל-החימוש בתקופתך?

אם נלך מבחינה כרונולוגית, הרי שההישג הראשון הוא גדול מאוד, והוא הדין-וחשבון שנתן החיל על עצמו במלחמת יום-הכיפורים בפעולותיו ובתוצאות הפעור-לות. צריך לזכור, שבאותה תקופה, מערך הגדודים-לשירותי-חימוש לבדו טיפל באלפי כלים משוריינים, בעוד שכמות הכלים שנכנסו למלחמה היתה הרבה יותר קטנה. משמע, שכל טנק תוקן לפחות פעם אחת או יותר, ואם לא היו עושים זאת באותה תקופה, לא היה במה להילחם. עוד יש לזכור, שבסיום המלחמה היה היקף

הכוחות קטן ב-50 אחוז מן ההיקף שבו נכנסנו למלחמה, אך במשך כמה ימים חזר כל הרק"מ לכשירות מבצעית בזכותם של חיילי-החימוש.

ההישג השני נוגע להחזרת ציוד-הלחימה לכשירות. מבצע זה היה עתיד להשתרע על פרק זמן של שנתיים, שלוש, אולם שיקולים כמותיים ומבצעיים הבהירו לנו מלכתחילה שלא נוכל לנצל את כל הזמן הזה וההכרעה היתה, שתוך שנה חייב כל הציוד להגיע למצב של לפני המלחמה. אם רוצים כעת לבצע משימה של שנתיים, שלוש בשנה אחת — זה מחייב משהו; מחייב אירגון, מחייב מאמץ. צריך היה לקרוא לאנשי-המילואים להרבה ימים והם עשו אז למעלה מ-90 יום. זה היה אתגר גדול, ולדעתי גם הצלחה גדולה. גם בתחום האנושי אני רואה הישג של חיל-החימוש וזה גם הישג לאומי. לאחר המלחמה, כאשר התברר שאין לצה"ל מספיק כוח-אדם, הוחלט לגייס לצבא חיילים שבעבר לא היו מגייסים אותם. חלק ניכר מהחיילים האלה הגיעו לסדנאות-החימוש ככוח מסייע, והיה צורך להקנות להם גם הרגלי עבודה של בעל-מקצוע וגם נורמות-התנהגות של אזרח וחייל. המשימה הזאת נפלה על שכם אנשי החיל והם עסקו בכך בהצלחה, בנוסף לעבודתם הראשונית.

בחמש השנים האחרונות נכנסו לשימוש גם כמה אמצעים שהחיל עסק בפיתוחם.

אתה מתכוון למרכבה?

כן, אך לא רק לכך. טנק המרכבה מבחינה טכנולוגית הוא ודאי הישג גדול, אך זה הישג לא רק של חיל-החימוש: בתחום תכנון הטנקים — זה הישג של החיל; בתחום ההיערכות לייצור זהו חלק מעבודה של צה"ל ושל אנשים מחוץ לחיל.

מה לגבי הפעולה בדרום-לבנון; האם גם זה היה בבחינת הישג של החיל?

סביב הפעולה בדרום-לבנון היו הרבה סיכומים. חיל-החימוש עשה כל מה שציפו ממנו באותה פעולה. אבל, אם אנו מסתכלים על גודלו של צה"ל כיום ושואלים את עצמנו איך עומדת פעולת לבנון ביחס למלחמה כוללת שצה"ל יצטרך אולי לעמוד בה, הרי שזה לא אותו דבר. הפעולה בדרום-לבנון היתה מוגדרת במקום, בזמן ובהיקף וחיל-החימוש עמד בה בכבוד, אך איני חושב שפעולה זו היא דוגמה אופינית למלחמה הבאה.

תא"ל ברק, במה רצית לעסוק בתקופתך ולא הצלחת?

זו שאלה קשה. הפעולות בחיל-החימוש ובצה"ל, ביחוד בתקופה שבה עמדתי בראש החיל, יצרו מצב של דברים המשתנים מעת לעת, ואני חושב שזה אופייני למערכת צבאית. אי-אפשר לציין רשימת נושאים לטיפול ולמחוק

רק את הקיים, אלא גם תוכניות שהיו לי, כוונות ומחשבות.

לסיום, תא"ל ברק, איזה חיל-חימוש אתה עוזב היום?

אני עוזב חיל גדול — גדול בכוח וגדול ברוח, ואני מאמין, שבלעדיו לא יוכל צה"ל להתקיים:

מידי שבוע, חודש או שנה את מה שבוצע מפני שתמיד נוספים עוד הרבה נושאים, או שסדר-העדיפויות משתנה. גם אם הייתי נשאר עוד שנה, שנתיים, גם אז לא הייתי מצליח לסיים את כל הדברים. אני יכול רק לציין דבר אחד: נשארו לי עדיין הרבה מאוד נושאים שרציתי לעסוק בהם ואני חושב שצריך לבצע אותם. בימים הספורים שעוד נותרו לי בחיל, אעביר למפקד הבא לא

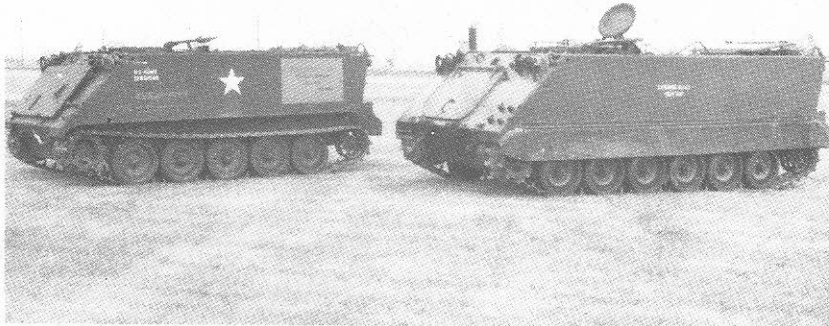
* * *



צילומים:
מעבדת-הצילום,
יחידת-ניסויים.

צבאות-עולם

"זלדה" ארוכה יותר



Infantry, March-April 1978



היחידה למחקר ופיתוח של מערכות אוטומטיביות בצבא-ארה"ב (TARADCOM) הודיעה על תוכנית להארכתם של הנגמ"ש M113A1 וחלית-המשא M548. בתוכנית מדור בר על הארכת תאי-המטען והצוות בכלי-הרכב ב-66 ס"מ, דבר שיכפיל את נפח המטען ואת כושר-הציפה של כלי-הרכב. בגרסאות המוארכות יותקנו קן עוד זוג של גלגלי-מרכוב, יותקנו מנוע-דיזל בעל טורבו-מדחס, שהספק קן יגיע ל-300 כ"ס וכן ממסרת הילוכים משופרת שתכלול היגוי-הידרוסטטי, וכן יבוצעו שיפורים במערכת-הקירור ובמתלה.

טנק הנדסי על מרכב של ליאופרד-2

לאחר בניית טנק הנדסי על מרכב של ליאופרד-1, החליט צבא מערב-גרמניה, עוד בשנת 1973, לגשת לבניית טנק כזה על מרכב של ליאופרד-2. למרות שהטנק ההנדסי הראשון מצויד באמצעי-חפירה וקדי-חה, בעגורן 20 טון ובכננת 35 טון, ובנוסף לכך הוא אמפיבי לגמרי, אין ציודו מתאים במיוחד לביצוע עבודות עפר ופעולות הקשורות לצליחת מכשולי-מים. הדרישות האלה הוצגו כאמור ב-1973, וב-1977 תוכנן ונבנה אבטיפוס של הטנק ההנדסי החדש על-ידי מפעלי "קיצרלאוטרן-גופנר", וקיבל את הסימון GPM (רכב הנדסי משוריין).

במקום העגורן בן 20 טון, הותקנו ב-GPM שתי זרועות-מחפר הידרוליות שפותחו במקורן לשימוש אזרחי. כל זרוע-מחפר מצוידת ביעה בעל נפח של 1.4 מ"ק ומסוגלת לחפור באדמה לעומק של 5.3 מטר. במקום היעה ניתן להתקין אמצעי-חפירה אחרים. כל זרוע-מחפר פועלת בצד אחד של הרכב בחצי-עיגול שקוטרו 8.5 מטר. ציוד-החפירה הזה מאפשר לרכב לפעול על קרקע יבשה, מתוך המים ומתחת לפני המים. על-ידי תקיעת היעה בקרקע והפעלת הזרועות ההידרוליות ניתן למשוך את הרכב

או לדחוף אותו בכל כיוון בשטחים קשים לתנועה, במיוחד בעת עליה מגדות-נחל (ראה תמונה). ביצועי ה-GPM כוללים הכנה מהירה של מעברי גישה או יציאה (רמפות) לצורך צליחת מכשולי-מים, הכנת קרקעית נתיב-המים בנקודת-הצליחה, הרחקת מכשולים ומילוי

מכתשים, הכנת נתיבים באזורים הרוסים או בשטחים קשים למעבר, פעולות הרמה בעזרת ציוד החפירה, הכנת עמדות-יירי ופעולות חילוץ על קרקע או במים.



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

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.

התומכים במערכת האחת או במערכת השניה העלו הוכחות, הכינו מחקרים ואספו רשימות של יתרונות וחסרונות כדי ללמד זכות על עליונותו של המנוע שהם בחרו בו. על כל פנים, למרות העובדה שהבחירה כבר נפלה וכבר נערכו מחקרים רבים וממושכים, עדיין צריכה כל מערכת להוכיח את עליונותה על זולתה בתנאים מבצעיים ממש.

מאמר זה עוסק ביתרונות ובחסרונות של חטיבות-הכוח הנמצאות כיום בשימוש (מנועי-דיזל וטורבינות-גז), וכן נעשה כאן נסיון לקבוע, אם כי בקצרה, את מצבן הנוכחי של חטיבות-הכוח השונות כלפי טנקי-המערכה ומועלות אפשרויות לפיתוחים עתידיים בתחום זה.

תמורה "בפילוסופיה"

כפי שניתן לראות מרשימת האופיונים שממול, רבות הן הדרישות מחטיבות כוח חדישות המיועדות לטנקים. רשימה זו מסבירה גם את הקושי שבהתאמת חטיבות כוח, המיוצרות במקורן לשימוש אזרחי, והסבתן לשימוש בטנקים, ומכאן גם ברורים הנימוקים המחייבים לתכנן ולבנות חטיבות כוח על-פי אמות מידה שונות לחלוטין.

יתר על כן, בזמן האחרון חלה תמורה "בפילוסופיה" של מערכות הנעה לטנקים. עד עתה נחשבה מהירות מקסימלית גבוהה לתנאי מוקדם להישרדות טנק בקרב, ואילו כיום מושם הדגש על תאוצה התחלית טובה, שאותה ניתן להשיג על-ידי שיפור היחס בין הספק המנוע ומשקל-הטנק. אם נסקור את דור-הטנקים האחרון, שהחשוב שבהם במערב היה ה-M60 ונשווה אותם עם הדגמים המערביים החדישים יותר (ליאופרד 2, פרויקט MBT70 שירד מן הפרק, ועוד), נוכל לציין, שהיחס הספק/משקל הוגדל ב-40–50 אחוז. שיפור זה ניכר גם לגבי ההספק-הסגולי (כ"ס לטון), שהוגדל למשל, מ-13.3 ב-M60A1 ל-28.5 (יותר מכפליים) ב-XM1.

סיבות רבות הביאו לתמורה הזו: ראשית, הובן במהרה, שהשגת מהירויות גבוהות אפשרית על פני כבישים ישרים וחלקים, אך באירה המבצעית, שפניה-השטח שלה משתנים, לא קיים אותו תיאום בין כוח-המנוע והמזקן¹ המאפשר להגיע למהירות גבוהה. מערכת המתלה היחידה היכולה לאפשר מהירות גבוהה על-פני תצורות-קרקע שונות היא מערכת המתלה ההידרופנימטי, שמסוגה הותקנו באבטיפוס של ה-MBT70 ובטנק השבדי "S". המתלה-ההידרופנימטי יקר מאוד ויש עוד מקום לשפרו, אך זהו ללא ספק המתלה העתידי של טנקי-המערכה.

יתרה מזאת, אם נביא בחשבון את ההתקדמות שהושגה בתחומי הנשק הנגד-טנקים ומערכות-הטיווח, הרי הכרחי הוא שטנק יהיה מסוגל להאיץ את תנועתו כדי להימנע מפגיעת טיל. מחקרים תיאורטיים הראו, כי טנק שאורכו 8 מ' צריך להיות בעל תאוצה של 4 מ'/שני² כדי להימנע מפגיעת כדור ח"ש/מינעל הנורה אליו ממרחק של 2000 מ' על-ידי טנק הנעזר במחשב בקרת אש. כדאי לציין כאן, שלרוב הטנקים המתוחכמים הנמצאים כעת בשירות יש תאוצה של פחות מ-2 מ'/שני².

הדרך הקלה ביותר להגדיל את תאוצת הטנק היא על-ידי הגדלת הספק-המנוע. אולם, הגדלת הספק-המנוע פירושה הגדלת ממדיו ומשקלו, ואלה גוררים בהכרח הגדלה של תא-המנוע ומכאן מגיעים לטנק כבד יותר. גם טורבינות-הגז מעוררות בעיות חמורות, במיוחד במה שנוגע לטמפרטורת האויר הנינק, ואילו מערכות

דרישות חיוניות ממנוע-טנק חדיש

- ביצועים טובים מאוד.
- הספק-סגולי גבוה.
- אמינות בכל תנאי מזג-אוויר ואקלים.
- אורך-חיים גדול.
- צריכת-דלק מועטה.
- חוסר רגישות למאמצי-תיפעול.
- יכולת התנעה בטמפרטורות נמוכות.
- שימוש בסוגי-דלק שונים.
- משך-התחממות קצר עד לתנועה.
- האצה ובלימה טובים.
- יכולת לסבול טמפרטורות גבוהות של נוזל-הקירור.
- טמפרטורה נמוכה של גזי-הפליטה.
- רעש מוגבל בכל מהירות.
- היעדר הפרעות לציוד האלקטרוני ולתקשורת.
- גישה נוחה לחלקים.
- חלקים נוחים לפירוק ולהחלפה.
- מחיר ועלויות-תיפעול נמוכים.

אחרות, לרבות מנוע ה-ואנקל בעל הבוכנה הסובבת, הציגו כבר בעיות רבות בשלב המחקר.

מנועי-דיזל

מאז שהוצאו מנועי-הבנזין משירות בסוף מלחמת-העולם השנייה, הרי ההישג האחרון בנושא זה הוא בתחום הגדלת ההספק. מנועים כגון אלה המותקנים בליאופרד-2 או ב-XM1 של ג'נרל-מטורס, מפתחים כיום הספק של 1,500 כ"ס ב-2,600 סל"ד, והיחס משקל/הספק שלהם הוא 1.29 ו-1.35 ק"ג/כ"ס, בהתאמה. עם זאת, יש לזכור, שההישג המצוין הזה הושג על-ידי הגדלת המשקל והנפח של יחידת המנוע לשיעורים כמעט מופרזים, ואם מתכוונים כעת להגדיל עוד יותר את כוח המנוע ויחד עם זאת גם לשמור את המשקל והנפח של טנקי-העתיד בגבולות סבירים — הרי שיצטרכו לפגוע במרכיב השריון של הטנק.

טורבו-מדחסים

מנוע-הדיזל המתוחכם ביותר שיוצר עד כה הוא ללא ספק המנוע הרב-דלקי MTU-MB873-Ka שהספקו מגיע ל-1,500 כ"ס. מנוע זה פותח בתחילה לפרויקט MBT70, שהיה משותף לארה"ב ומערב-גרמניה, וכיום הוא מותקן בליאופרד-2. כאן הושגה הגדלת ההספק על-ידי הגדלה ניכרת במהירות-הסיבוב (2,600 סל"ד לעומת 2,200 סל"ד בדגם הקודם) וכן על-ידי התקנת טורבו-מדחסים על כל גל, שהנעתם נעשית על-ידי גזי הפליטה ולא על-ידי מערכת מכנית. בנוסף לכך, הותקנה גם מערכת קירור-אוויר פנימית בשביל מדחס-הטורבינה של המנוע. כל אלה הביאו, לדברי מתכנני ה-MTU, לגידול של 45 אחוזים בהספק בהשוואה לדגם הקודם (MTU-MB838-CaM500) המותקן בליאופרד-1.

הפיתוח של טורבו-מדחסים המונעים על-ידי גזי הפליטה החל רק בזמן האחרון וכבר הראו אלה יתרונות רבים על המערכת המכנית. למעשה, במערכת המכנית,

בתמונת השער — הטנק MBT70, שמשקלו 73 טון, "ממריא" במהלך מבחני-תימרון בשדה-הניסויים באברדין, ארה"ב. בטנק זה, שפיתוחו נפסק, הותקן מנוע-הדיוזל הרב-דלקי MTU-MB873-Ka

מערכות קירור וסיכה

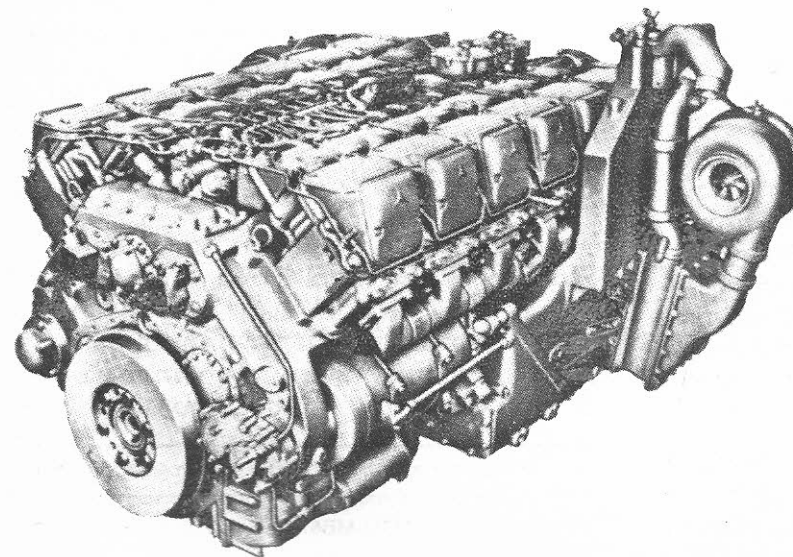
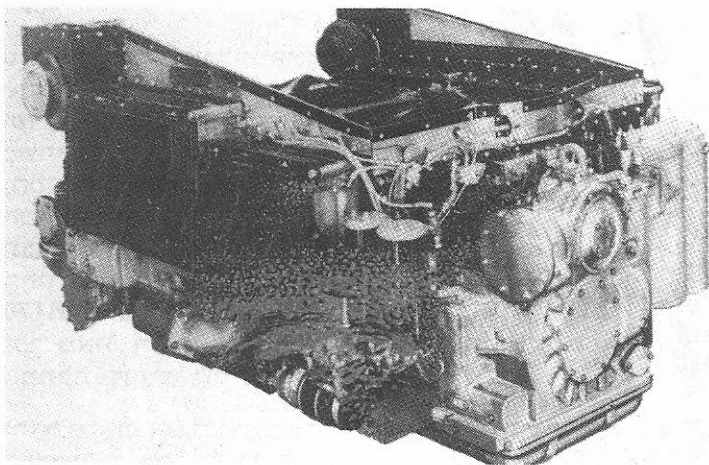
יש לזכור, שהגדלת הספק-המנוע גוררת גם הגדלה במהירות הלינארית של הבוכנות. כיום, ערכה של המהירות הלינארית הזו משתנה מ-11.7 מטר לשניה בטנק M60A1 (מקורר על-ידי אויר) ל-13.4 מטר לשניה בטנק ליאופרד-2 (מקורר על-ידי נוזל). למעשה, שני הגורמים המונעים השגת מהירות לינארית גבוהה יותר של הבוכנות הם, מערכת פיזור החום ומערכת-הסיכה.

עד כמה שהעניין נוגע לסוגיית פיזור החום, הרי בחירת סוג מערכת הקירור עדיין נתונה לדיון. ארה"ב ויפן (הטנק ST-B) מעדיפות את המערכת המקוררת על-ידי אויר ואילו היצרנים האירופיים (לרבות הסובייטים) מעדיפים את המערכת המקוררת על-ידי נוזל. אכן, המערכת הזו (קירור על-ידי נוזל) מבטיחה קירור קל יותר של חלקי המנוע הנתונים להשפעת טמפרטורות גבוהות, היא אינה משפיעה על קיבול הצילינדר ומצריכה מאווררים קטנים בלבד. כנגד זאת, מעוררת המערכת הזו בעיות הנוגעות לגודל השטח הנחוץ

אין הלחץ היעיל הממוצע יכול לעלות מעל 10 אטמוספרות, בעוד שבמערכת המנצלת גזי-פליטה הגבול הוא גבוה בהרבה. הבעיה העיקרית בטורבו-מדחסים היא מידת הפיגור של המצערת; מידה זו צריכה להיות קטנה מאוד. מובן מאליו הוא, שכאשר מידת הפיגור גדולה יחסית, התגובה אינה יכולה להתרחש מיד וזאת בגלל אינרציה-התפעול ההתחל-תית. למרות זאת, ניתן יהיה לצמצם במידה ניכרת את הזמן הדרוש לטורבו-מדחס כדי להגדיל את הספק המנוע, על-ידי צמצום המסות הסובבות, שיפור צורתם הגיאומטרית של פתחי כניסת הדלק (מערכת יניקת-אויר בעלת גאומטריה משתנה) וסינכרון החלקים השונים של חטיבת-הכוח ביעילות רבה יותר. בהנחה, שגם פעולת דחיסת האויר בטורבו-מדחס מוגבלת על-ידי הטמפרטורות הגבוהות ועל-ידי הבעיות המאפיינות סינכרוניזציה ומהירויות גבוהות, יש הכרח לבחון אמצעים אחרים כדי להגדיל את ההספק. שלושת שטחי המחקר העיקריים בנושא זה הם — הספק המוצא, גודל הצילינדר ולחץ הזנת הדלק.

המנוע AVCR - 1360-2

המנוע AVCR-1360-2 מתוצרת טלדיין-קונטיננטל, ארה"ב (ראה תמונה) הוא מנוע-דיזל בעל טעינת גידוש, שבו הטורבו-מדחס מונע על-ידי גזי-הפליטה. המנוע הוא בעל 12 צילינדרים המונחים בצורת "V" בעל זווית פתיחה 90°. במנוע הזה הותקנו בוכנות חדשות, בעלות יחס-דחיסה-משתנה, וכן צילינדרים העשויים מפלדה מיוחדת (Unisteel) ואשר ניתן להחליפם בנפרד. השימוש בבוכנות בעלות יחס-דחיסה-משתנה מגדיל את הלחץ היעיל הממוצע ב-100% בלי לפגוע ביחס הדחיסה המקסימלי, וכן מאפשר התנעה קלה יותר של המנוע ומבטיח נצילות מינימלית יציבה ביותר אפילו בטמפרטורות נמוכות מאוד (עד 32°-צלסיוס), וזאת בלי להיעזר בצידוד לחימום מחדש. הספקו המקסימלי של המנוע הוא 1,500 כ"ס ב-2600 סיבובים לדקה והיחס בין הספק ומשקל הוא 1.35 ק"ג/כ"ס. בעתיד אמורים להגדיל את הספקו של המנוע הזה ל-1800 כ"ס.



המנוע MTU - MB873 Ka

המנוע MB873 Ka מתוצרת חברת MTU, מערב-גרמניה (ראה תמונה) הוא מנוע-דיזל רב-דלקי, שפותח תחילה לטנק MBT70 ומותקן כעת בטנק ליאופרד-2. הספקו של המנוע 1500 כ"ס ויחס ההספק לנפח הוא 892 כ"ס לסמ"ק; יחס זה גדול יותר מפי-2 מהממוצע במנועי טנקים דומים ורק בטורבינת-הגז AGT-1500 שיעור זה גבוה יותר. הגדלת ההספק במנוע זה (בהשוואה לדגם הקודם MB838) הושגה על-ידי הגדלת מהירות הסיבוב מ-2200 ל-2600 סל"ד ועל-ידי התקנת טורבו-מדחסים על כל גל.

לרדיאטורים, וכאשר היא אינה פועלת כשורה או מתקלקלת, היא יכולה לגרום במהירות לנזקים חמורים במנוע.

המערכת המקוררת על-ידי אוויר, שהיא פחות מתוחכמת ולכן גם פחות עדינה, מבטיחה קירור מינימלי למנוע בכל מצב, אך מאידך, היא מצריכה שימוש במאווררים גדולים ("הבולעים" חלק ניכר מהספק המנוע) ומחייבת פני-שטח רחבים לזרימת האוויר (גדולים פי-12 עד פי-20 מפני-השטח של תא-השריפה). גורם אחרון זה — השטח — הוא הבעיה העיקרית במערכת מקוררת-אוויר, שכן, גידול ההספק של יחידת הקירור גורר גידול בטור גיאומטרי של השטח הנדרש.

באשר למערכת-הסיכה והשפעתה על המהירות הלינארית — אם רוצים לשמור על גורמי העלות והשטח בגבולות סבירים, הרי, שעם מערכת-הסיכה הנוכחית אין המהירות הלינארית יכולה לעלות על 16 מטר לשניה. יתר על כן, הגידול בהספק מעורר גם בעיות שריפה. למעשה, ככל שגבוהה יותר מהירות הבוכנות במנוע-דיזל, כן קשה יותר להשיג את הטמפרטורה המתאימה להצתה-עצמית של התערובת (500—600 מעלות). אם אין משיגים את הטמפרטורה הזו, יורדת יעילותן של מולקולות-הדלק והן אינן נשרפות בנקל. כתוצאה מכך, הלחץ וההספק יורדים וצריכת הדלק עולה בגלל שריפה בלתי-מושלמת של התערובת. כמו כן, קשה להגדיל את ממדי תא-השריפה, לא רק בגלל הבעיות הקשורות לגודל המנוע ומשקלו אלא גם משום, שבמקרה זה, הגידול במהירות הלינארית מעורר בעיות סיכה שאין להן כיום פתרון זול.

יחס-דחיסה-משתנה

האפשרות להגדיל במקצת את ההספק, על-ידי שימוש בבוכנות בעלות יחס-דחיסה-משתנה, מנוצלת על-ידי

בוכנות בעלות יחס-דחיסה-משתנה

הבוכנה מסוג יחס-דחיסה-משתנה (ראה חתך) מאפשרת להגדיל את הספק המנוע, בלי שיחול גידול דומה בלחץ-השריפה המקסימלי. הגבלה זו בלחץ-השיא של הצילינדר מפחיתה מהמשקל המבני ובעקבות זאת גדל היחס הספק/משקל.

לפני התנעת המנוע מספקת הבוכנה יחס-דחיסה גבוה המקל על התנעת המנוע; יחס זה נשמר במשך פעולת המנוע בהספק נמוך ותורם לאופייני-שריפה מעולים. כאשר הספק-המנוע גדל, ערך-השיא של לחץ הצילינדר עולה לערך שנקבע מראש בהתאם לאופייני-המבנה של המנוע. הגדלה נוספת בהספק-המנוע גורמת לירידה אוטומטית ביחס-דחיסה בעקבות פעולת הבוכנה, וכך מבוקר לחץ-השיא של הצילינדר. יחס-דחיסה המקסימלי במנוע AVCR-1360-2 הוא 16:1 וערכו המינימלי הוא 9:1.

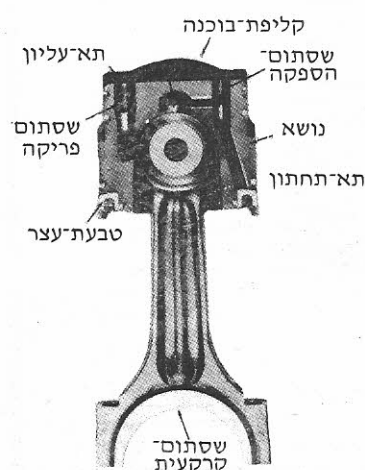
מערכת השמן בבוכנה — השמן למערכת הזו מגיע ממערכת-הסיכה דרך שסתום-קרקעית בטלטל, הפועל כשסתום חד-כיווני ומונע זרימה חוזרת של שמן. השמן מועבר לאורך הטלטל על-ידי שסתום-הספקה, הפועל אף הוא כשסתום חד-כיווני ומונע חזרת-שמן מכל תא. בעת מהלך ההצתה, מגביל שסתום-הפריקה את הלחץ ההידרולי המקסימלי בתא-העליון. מכיוון שקיים יחס גיאומטרי קבוע בין לחץ הצילינדר והלחץ ההידרולי בתא-העליון, מוגבל גם לחץ-השיא של הצילינדר. בעת מהלכי היניקה והפליטה, פתח-ההקזה הקבוע בתא-התחתון מבקר את מהלך התנועה בין קליפת-הבוכנה והנושא. תנועה זו, המתרחשת בכל מחזור, מבקרת את זרימת השמן לתא-העליון, והיא מייצגת למעשה את מחזור הקירור של התא-העליון בעומס קבוע. השמן היוצא מפתח-ההקזה הקבוע ומשסתום הפריקה חוזר ישירות לבית-הארכובה. יחס-דחיסה המינימלי מושג כאשר קליפת-הבוכנה באה במגע עם ראש הנושא, והיחס המקסימלי מושג כאשר טבעת-העצר של הבוכנה באה במגע עם תחתית הנושא.

חברת קונטיננטל המתקנה בוכנות כאלה במנועיה החדשים—AVCR-750, AVCR-1100 ו-AVCR-1360-2 (המנוע AVCR-1360-2 הותקן ב-XM1 של ג'נרל מוטר-רס). בוכנות אלה מורכבות משני אלמנטים המונחים זה על גבי זה. מרווח-הגומלין בין שני האלמנטים משתנה בהתאם ללחץ, ויחס-הדחיסה משתנה מ-22:1 כאשר המנוע קר, ל-10:1 בפעולה רגילה. יתר-על-כן, המחקרים הוכיחו, שבוכנות מהסוג הזה מסוגלות להגדיל את ההספק ב-40 אחוז, בלי לגרום למאמצים דינמיים מוגדלים בחומר.

למרות זאת, קיימת עדיין אי-וודאות מסוימת לגבי האפשרות להשתמש בבוכנות כאלה במנועים בעלי הספקים גדולים (בכמה טנקי-ניסוי, שצריכים היו לציידם בבוכנות מן הסוג הזה, הוגבל ההספק המקסימלי ל-1000—1100 כ"ס בקירוב).

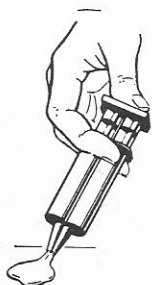
יחס הדחיסה המשתנה, מאידך, עשוי להיות לעזר-רב בצמצום בעיות ההצתה המופיעות בטמפרטורות נמוכות. בעיות ההצתה האלה הן אחת מנקודות התורפה של מנועי-הדיזל ושל מנועי-בוכנה בכלל, וכאן יש לזכור, שטנק חדיש צריך להיות כשיר לפעולה בתחום רחב של טמפרטורה, החל מ-40— ועד +50 מעלות צלסיוס. כנגד זאת, במצב כיום, כבר בטמפרטורה של 20— מעלות גורמת רמת-הצמיגות של השמן להגברת החיכוך וכך לא מתאפשרת פעולה קלה של המנוע. כיוון שהתערובת ניצתת רק בלחץ של 30—40 אטמוספרות, שיעור המקביל לסיבוב גל-המנוע ב-100—150 סיבובים לדקה, נוצר עומס מופרז על יחידת-ההתנעה, ובמקרים אחדים אין היא יכולה לעמוד בעומס הזה.

יתר-על-כן, בטמפרטורות נמוכות, פעולת ריסוס הדלק נתקלת בקשיים, והתערובת הנכונה אינה נוצרת בקלות. מצב זה מוסיף להסתבך עקב החילוף הבלתי-פוסק של חום, המתרחש בין האוויר המחומם על-ידי דחיסתו ובין

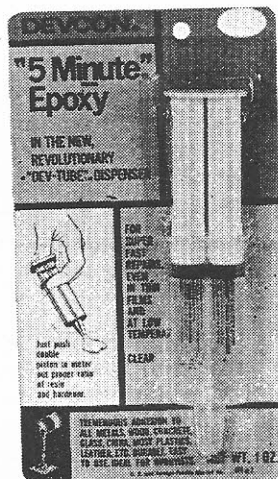


מזרפון

DEVCON



**דבק אפוקסי
מהיר
לכל מטרה
באריזת
המזרק הכפול**



* שם מסחרי רשום חוג *

רוקל תעשיות ומסחר בע"מ
ת-א מרחוק 21 ת.ד. 33108 טל. 220375, 233735



דפנות הצילינדר הקרות. על כן, נחוצים יחידת התנעה רבת-עוצמה, מערכת חימום לשמן ולאוויר, ועוד.

חסרונות דומים ניתן למצוא גם כאשר הטמפרטורה האופפת (החיצונית) גבוהה. במצב זה, שמך-הסיכה אינו צמיג במידה מספקת, עובדה שאינה מאפשרת למנוע לעמוד במאמצי תיפעול גבוהים וגורמת במהירות להשחתתו. נוסף על כך, בסביבה חמה מצויים גורמים אטמוספריים רבים, כדוגמת חול ואבק, המצריכים התקנת יחידות-סינון מסובכות מאוד ואלה תופשות מקום ניכר בטנק.

טמפרטורת הפעולה האידאלית של מנוע-דיזל נעה כיום בתחום שבין 5 + ו-20 + מעלות, למרות שהמנועים, המתנעים ויחידות הקירור והחימום המותקנים כיום בטנקים עובדים היטב ואינם מעוררים בעיות רבות גם בתחום טמפרטורה רחב יותר, מ-18 - עד 35 + מעלות.



לאור הנאמר עד כה, ניתן לסכם ולומר, שאף אם מנועי-הדיזל לא הגיעו עדיין למלוא יכולתם, הרי ידרשו כספים רבים כדי להמשיך בפיתוחם ובהתאמתם לטנקי-המערכה בעתיד. משקלם הממוצע של הטנקים האלה יהיה 40-45 טון והם יהיו מצוידים במנועים בעלי יחס הספק/משקל הנע בתחום של 30-35 כ"ס לטון. כאן מתעוררת השאלה, האם יהיה זה חסכוני ומהיר יותר להמשיך בפיתוח מנועי-דיזל, או, האם כדאי יותר לפתח חטיבות-כוח אחרות, הנותנות תוצאות דומות או טובות יותר בעלות נמוכה יותר. תשובה חלקית לשאלה זו מצויה במחקר הטכנולוגי בתחום הזה, המתרכז כיום במנועים סיבוביים מסוג ואנקל, בטורבינות-גז ובחטיבות-כוח משולבות.

(המשך בחוברת הבאה)

אלביט מחשבים בע"מ

ת.ד. 5390, חיפה

**חלוק בתעשיית המחשבים בישראל
מציעה ל-**

**טכנאי
אלקטרוניקה**

*** סיפוק בעבודה
* קידום ואתגר מקצועי
* עבודה באווירה מדעית
ומתוחכמת**

פנו אלינו !!

ארון כלים נייד

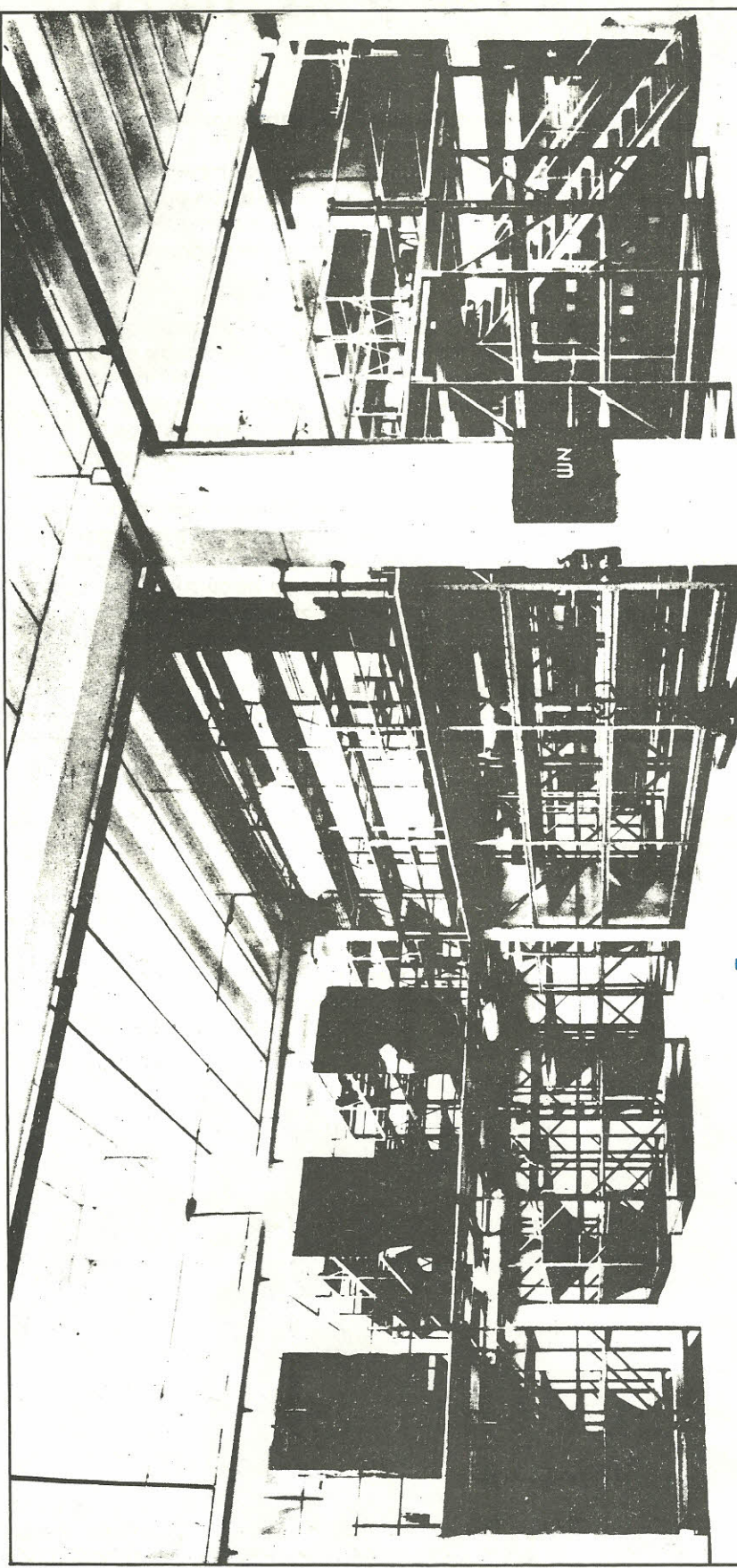


ארון כלים נייד למסדות מחקר, תעשייה, מוסכים, בתי ספר ובתי מלאכה, חנויות לחלפים ובתי דמוס. המהירות נובת על מיטבים כדורים



המכירה באזור ת"א והמרכז תכ"פ, תל-אביב, רח' המסגר 33 טל. 03-32483
המכירה באזור חיפה והצפון ארם-רה"ט מתכת, אלון אבא, טל. 04-832167

אקרומית 88-גלריות



מחסן נוסף בתוך המחסן שלך?

כל שעליך לעשות הוא להרים את המבט, לגלות את הנפח העצום והבלתי מנוצל במחסן שלך, ולהקים רצפת ביניים (גלריה) מאלמנטים מודולריים של אקרומית 88: *

- * הרבה מהירה
- * ניצול נפח מירבי
- * אפשרות פירוק וביצוע שינויים
- * חזק ויציב
- * יכולת התאמה לכל גודל ושטח

על מסגרות וקורות המתכת של אקרומית 88 מונחת רצפת עץ המטופלת בצבע מיוחד להגנה מפני אש. העליה למפלס העליון היא באמצעות

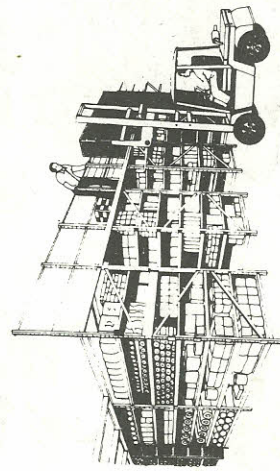
מדרגות מתכת והדעמסה באמצעות פתרונות שינוע מקוריים. מתאים לשטח החסנה נוסף, משטחי עבודה, משרדים, ארכיונים וניתן להקמה עד 4 קומות.

בני ברק: רח' מתתיהו 8 טל. 03-776011-2
חיפה: רח' הנפץ 1 טל. 04-514664
ירושלים: טל. 02-862396



אקרומית

מפעלי מתכת אשכולון בע"מ



תא"ל אלעזר ברק — דברי-פרידה :

קציני וחילי חיל-החימוש בסדיר ובמילואים, עובדי-צה"ל!



הנני מסיים עתה את תפקידי כקצין-החימוש-הראשי, ובכך מסתיימת גם תקופת שירותי הפעיל ב-צה"ל. תקופת חמש השנים האחרונות שבהן פעלנו יחד תיזכר ותישמר בלבי כחווייה עזה, שתמשיך ללוותני בעתיד. היו אלה חמש שנים רבות-פעילות ועשייה, ויכולים אנו להיות גאים בצורה שבה עמד חיל-החימוש במבחנים. הישגיו של החיל הם הוכחה חותכת להיותו עמוד השדרה הטכני של כוחות היבשה.

"מלחמת יום-הכיפורים", שהיתה הקשה שבמלחמות-ישראל, חשפה את רב-גוניותו, עוצמתו וחיוניותו הרבה של חיל-החימוש. שיפורים טכניים ואמצעי-לחימה חדשים — פרי עמל ושקידה של שנים — באו למלוא בטויים במלחמה זו והקנו מימד חדש ותנופה לטנקים, לארטילריה וליתר אמצעי-הלחימה של צה"ל. אירגון החיל, אימון יחידותיו, הכשרתם המקצועית של חייליו, ומעל לכל — רוחם של אנשי החימוש באשר הם — כל אלה הביאו ליצירת סטנדרטים, שזכו להערכה והוקרה ב-צה"ל ובצבאות העולם כולו.

החזרת ציוד הלחימה המגוון לכשירות לאחר מלחמת יום-הכיפורים, השתלטות טכנית על שלל המלחמה והתעצמות צה"ל במימדים שלא היו כמותם, כל אלה חייבו מאמץ מרוכז ומתמשך של כל מערך-החימוש, לרבות מערך-המילואים, שנקרא לתקופות שירות ארוכות ורצופות. המשכנו בתנופת פיתוח טכנית עניפה לשיפור אמצעי-הלחימה ושיכלולם, בהתבסס על לקחי המלחמה וצורכי צה"ל המתחדשים ובמקביל השקענו מאמץ גדול בפיתוח אמצעי-לחימה חדישים ומקוריים — כל זאת בתנאים של נחיתות ומחסור באמצעים ובכוח-אדם.

חיל החימוש הינו אחד החילות הגדולים ביותר ב-צה"ל, ופעילותו משיקה וחוברת למכלול שטחי פעולה במישור הלאומי: בהכשרת קאדרים מקצועיים, באינטגרציה חברתית, בהרחבה ובהעמקה של התשתית הטכנולוגית-תעשייתית, בהעמקת הייצור המקומי ובהעלאת רמת-האיכות. יחודו של החיל ברמתו ובמימנותו המקצועית, ועוצמתו באחדותו.

כבכל מערכת, האלמנט הבסיסי הוא האדם. ברצוני להביע הערכתי לאלה שהתמסרו להכשרתם והכוונתם המקצועית של אלפי הקצינים, החיילים ובני-הנוער המהווים היום את חיל-החימוש.

נזכור היום גם את חברינו, אשר צעדו עמנו לאורך הדרך ולא זכו להמשך. זכרם ותרומתם ילוונו בהמשך דרכנו.

הנני נפרד מכם ומתפקידי בתחושת סיפוק עמוקה ובהערכה לכל אחד מכם על תרומתו וחלקו בחיל-החימוש. לקצין-החימוש-הראשי הנכנס, תא"ל בן-ציון בן-בשט, ולכל אחד מכם, הנני מאחל הצלחה במשימות העתיד.

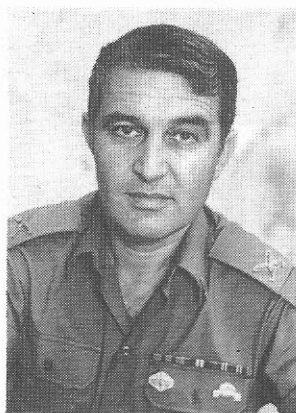
אלעזר ברק — תא"ל

1 ספטמבר 1978



צילומים:
מעבדת-הצילום.
יחידת-ניסויים.

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



חיילי חיל-החימוש, אזרחים, מילואים ומפקדים !

בלב פועם אני מקבל היום את הפיקוד על חיל-החימוש.

חיל מפואר זה היה, מראשית הקמתו, המשענת המקצועית העיקרית של כוחות היבשה ב-צה"ל. עם השנים, כשצה"ל גדל התעצם והתרחב, נטל חיל-החימוש תפקיד מרכזי הולך וגדל בתהליך ההתעצמות, הן בפיתוח אמצעי-לחימה חדשים, הן בקליטה ושיפור של אמצעים מרכזי והן בשמירה שקדנית על כשירותו הגבוהה של כל המערך.

ככל שגדלה מידת תיחכומו של צה"ל, כן גדלה תלותו במערך המקצועי של חיל-החימוש בכל הרמות. בשלושים שנות קיומו הצדיק חיל-החימוש את התלות הזו ואת מקומו המרכזי במערך צה"ל, תוך מאבק ללא ליאות ושאיפה עזה להתקדם ולהתגבר על אתגרים טכנולוגיים, תנאי-עבודה קשים ומגבלות תקציב וכוח-אדם.

הישג מרשים זה הוא תוצאה מצטברת של תרומתו האישית של כל אחד מאלפי החיילים, האזרחים והקצינים במערך הסדיר והמילואים של החיל.

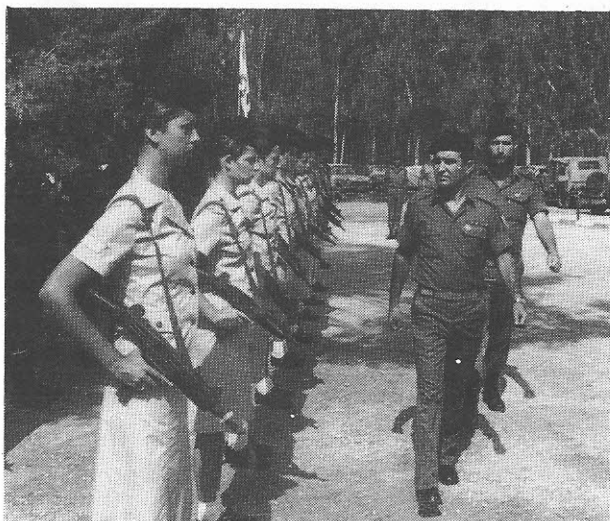
זכות גדולה היא לי, להתייצב בראש החיל הזה בהסתערותו על האתגרים והמשימות המצפות לו בעתיד. מיומנותו המקצועית, יוזמתו ומסירותו של כל אחד מכם, משמשים ערובה מלאה להצלחה בעתיד, הצלחה שלא תיפול ואף תעלה על הישגי העבר.

נפל בחלקו של מפקדנו היוצא, תא"ל אלעזר ברק, להוביל את חיל-החימוש בחמש שנים שהיו מן הקשות שידע החיל. שנים של צמיחה שלא היתה כמוה, מלחמות ומבצעי החזרה לכשירות בהיקף שלא ידענו כמותם בעבר, שנים של מודרניזציה ופיתוח מואץ, וקליטה נרחבת של אמצעים וטכנולוגיות חדשות.

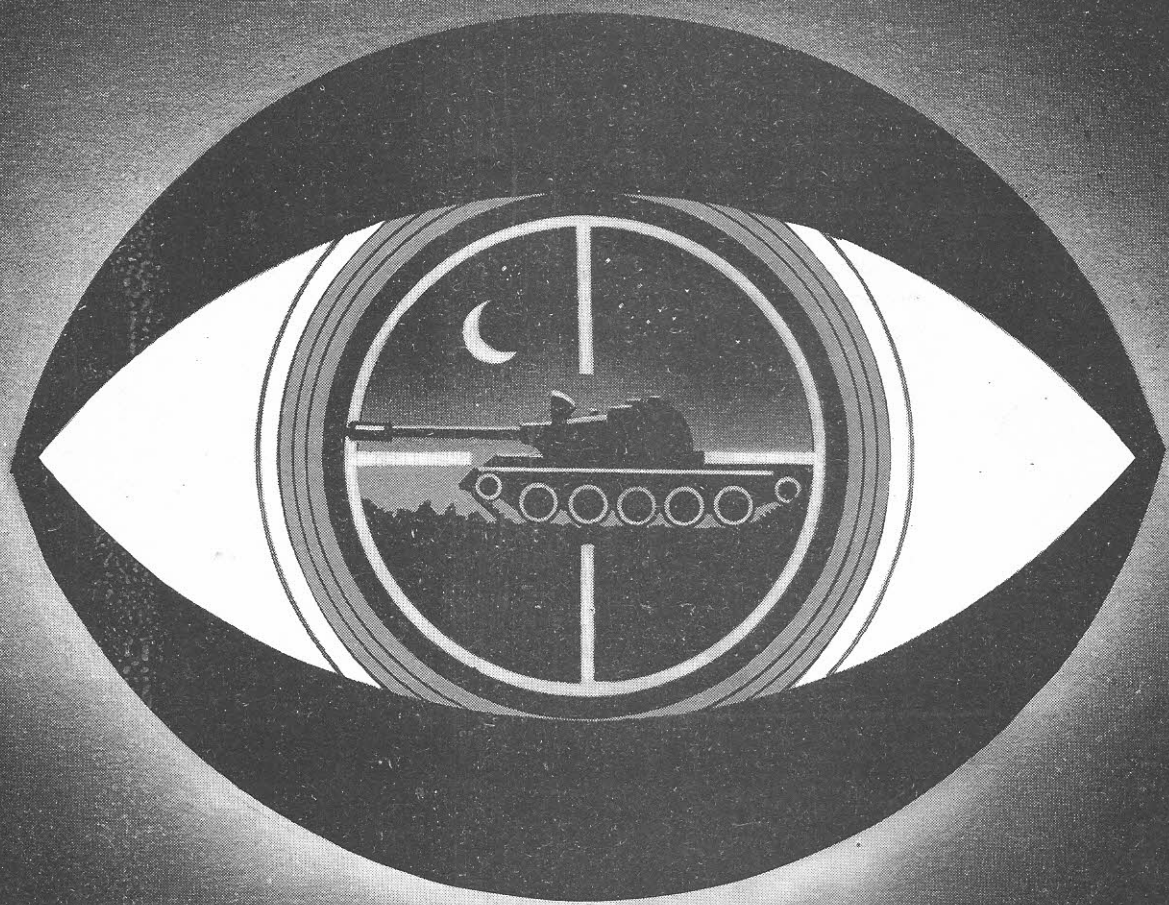
נאחל לתא"ל ברק הצלחה בדרכו החדשה ונבטיח לו שנמשיך בדרך שהיתווה במאמץ וללא ליאות ונשקוד יום יום ושעה שעה על פיתוחו, התעצמותו וכוננותו של צה"ל.

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

1 ספטמבר 1978



ראייה בלילה – תופעות יסוד



מאת שלמה שפירא

דוגמאות:

1. נניח שמרקע אחיד נפלטים 10 פוטונים מכל מ"ר. מעצם הנמצא על רקע זה ושטחו 10 מ"ר לא נפלטים פוטונים כלל (עצם שחור). גודל האות שיתקבל הוא:

$$\Delta N = N_x - N_y = 10 \cdot 10 - 0 = 100 \text{ פוטונים}$$

לעומת זאת, אם מהעצם נפלטים 20 פוטונים, גודל האות יהיה:

$$\Delta N = 10 \cdot 10 - 20 = 80 \text{ פוטונים}$$

הצורה הכללית של ביטוי גודל האות תהיה:

$$\Delta N = M_x \cdot \alpha - M_y \cdot \alpha = (M_x - M_y) \alpha$$

כאשר: M — מספר הפוטונים ליחידת שטח.

α — שטח.

2. ניצור תמונה, המורכבת מרקע לבן הפולט 100 פוטונים למ"ר ומנקודה שחורה שגודלה 1 מ"ר.

$$\alpha = 1 \text{ מ"ר}$$

$$100 = M_x$$

$$0 = M_y$$

גודל האות יהיה:

$$\Delta N = (M_x - M_y) \alpha = (100 - 0) \cdot 1 = 100 \text{ פוטונים}$$

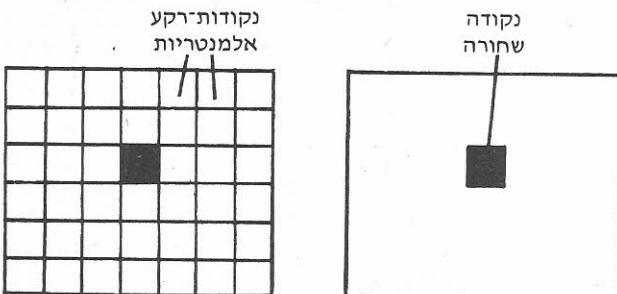
אם נקטין את שטח הנקודה השחורה פי-100 יהיה גודל האות:

$$\Delta N = (100 - 0) \cdot 0.01 = 1 \text{ פוטון}$$

כלומר, נקודה שגודלה 0.01 מ"ר יצרה אות בן פוטון אחד; כיוון שפוטונים אינם ניתנים לחלוקה, הרי שהאות הזה הוא האות המינימלי הנוצר בתמונה. הנקודה היוצרת אות כזה היא גודל מינימלי הנקרא נקודה אלמנטרית.

באופן כללי, אפשר לתאר את התמונה כאוסף של נקודות-אלמנטריות כאלה, שמהן יש הפולטות פוטונים, ויש שאינן פולטות כלל. בציר 2 מתוארת חלוקה של תמונה לנקודות-אלמנטריות. אם תמונה כזו יכולה להכיל P נקודות-אלמנטריות, הרי שהתמונה הנוצרת על-ידי נקודה שחורה על רקע לבן מורכבת מ- $P - 1$ נקודות-רקע-אלמנטריות הפולטות פוטון אחד כל אחת ומנקודה אלמנטרית אחת שאינה פולטת כלל. כלומר, מספר הפוטונים הנדרש ליצירת התמונה הוא $P - 1$ וזהו המספר המינימלי של פוטונים הנדרש ליצירת תמונה פשוטה כזו.

לדוגמה, בתמונה המורכבת מנקודה שחורה על רקע לבן גודל הנקודה-האלמנטרית הוא 0.01 מ"ר ושטח



ציר 2 — מימין — תמונה פשוטה של נקודה שחורה על רקע לבן אחיד, ומשמאל — חלוקת התמונה לנקודות אלמנטריות.

ההתפתחות הרבה במיכשור לראייה בלילה והשימוש ההולך וגדל באמצעים אלה למטרות צבאיות הגדילו את החשיבות של הכרת המכשירים האלה. אך נראה, שפרט להכרת מבנה המכשירים, יש חשיבות גם להבנת התופעות היסודיות הקשורות בראייה בלילה.

במאמר זה ננתח את המבנה של תמונות בכלל; נראה כיצד מושפעות התמונות מרמת האור הנמוכה הקיימת בלילה ונסביר את העקרונות שעל פיהם פועלים מכשירי ראיית-לילה.

מבנה בסיסי של תמונה

ראשית, נציין כמה עובדות יסודיות הקשורות למבנה תמונה כלשהי:

★ כל תמונה נוצרת על-ידי פליטה או החזרה של אור מגופים שונים.

★ ההופעה של עצם על רקע כלשהו אפשרית רק כאשר קיים הבדל בין כמות-האור היוצאת מהעצם ובין כמות-האור היוצאת מהרקע שבסביבת העצם; וביתר דיוק — ההבדל הוא בין כמות-האור היוצאת מהעצם ובין זו היוצאת משטח-הרקע שגודלו כגודל העצם. הבדל זה (ראה ציור 1), הוא האות המתגלה על-ידי כל חישן-דמות; שתפקידו לחוש בתמונה.

★ כמות האור מבוטאת על-ידי מספר חלקיקי-האור (פוטונים) היוצאים מהעצם (או מהרקע).

מעובדות אלה נובע הביטוי הראשון לגודל האות היוצר את התמונה:

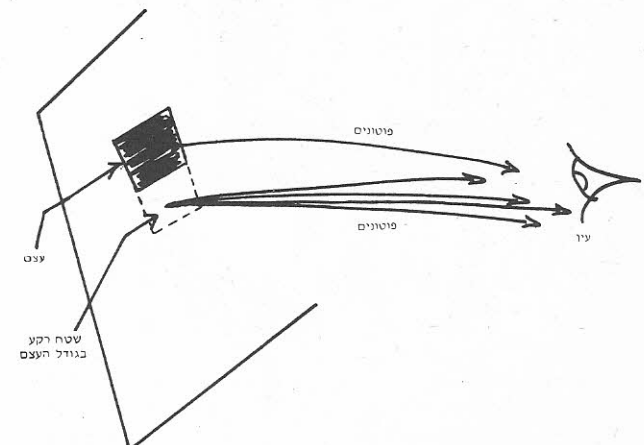
$$\Delta N = N_x - N_y$$

כאשר: ΔN — גודל האות.

N_x — מספר הפוטונים היוצאים משטח-רקע שגודלו

כגודל העצם.

N_y — מספר הפוטונים היוצאים מהעצם.



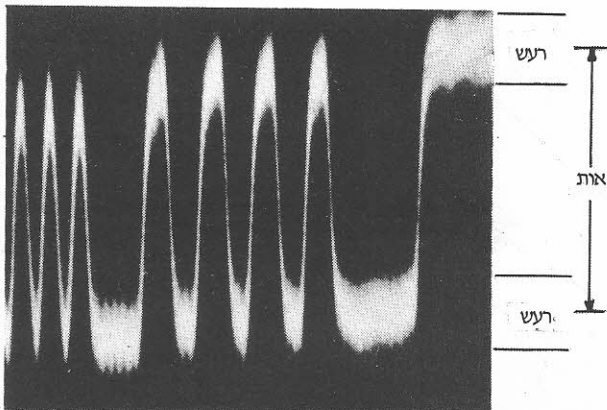
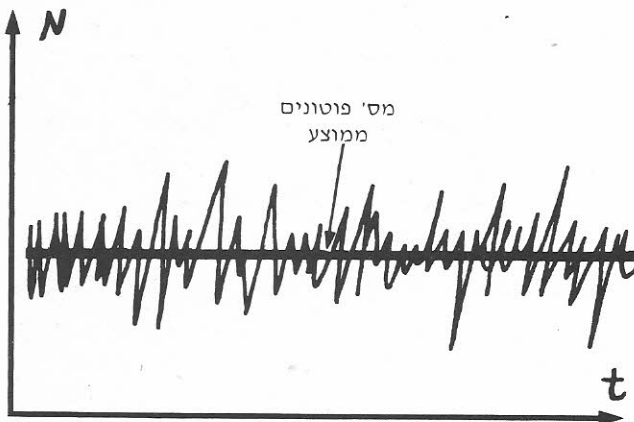
ציור 1 — יצירת אות.

ניגוד 0.01 יש צורך בפי 100 יותר פוטונים מכל נקודת-רקע-אלמנטרית. מכאן ניתן להסיק, שמספר הפוטונים הנדרש מכל נקודת-רקע נמצא ביחס הפוך לניגוד, ומכאן אפשר לקבל את הביטוי למספר הפוטונים הנדרשים ליצירת התמונה כולה:

$$N = \frac{P}{c} - 1 \approx \frac{P}{c}$$

השפעת הרעש

הביטוי האחרון שקיבלנו אינו מביא בחשבון גורם נוסף והוא ה"רעש הפוטוני". במושג זה מתכוונים לתופעה, שמספר חלקיקי-האור (פוטונים) הנפלטים ממקור אור כלשהו אינו קבוע אלא משתנה באופן אקראי בכל רגע. מסיבה זו, מקור-אור, האמור לפלוט מספר מסוים של פוטונים בשניה פולט את הכמות הזאת רק במוצא ואילו בכל רגע ורגע יכול מספר הפוטונים הנפלטים לסטות מהממוצע (ציור 3). לסטיה זו יש השפעה חזקה על מבנה התמונה משום, שאם ישנם לדוגמה כמה מקורות-אור שכנים (כמה נקודות-אלמנטריות), הרי שבכל רגע כל נקודה כזו עשויה לפלוט מספר שונה של פוטונים מהנקודות השכנות לה (ציור 4). ההבדל בין מספר הפוטונים שפולטת נקודה בכל רגע ובין מספר הפוטונים הממוצע מוגדר כסטיה במספר הפוטונים.



ציור 3 — למעלה — תרשים המתאר את מספר הפוטונים הנפלטים בכל רגע ממקור-אור האמור לפלוט בממוצע N פוטונים בשניה. למטה — רעש באות-טלויזיוני כפי שהוא נראה במשקף-תנודות.

התמונה כולה הוא 100 ממ"ר. בתמונה זו אפשר יהיה להכניס 10,000 נקודות-אלמנטריות (100/0.01), כלומר $P = 10,000$ והתמונה בנוייה מ-1 — 10,000 פוטונים.

הניגוד (קונטרסט)

תמונה מורכבת יותר בהשוואה לתמונה הפשוטה שתי-ארנו היא התמונה הבנויה מרקע לבן אחיד ומנקודה אפורה — כלומר, נקודה שהיא כהה יותר מן הרקע אך מספר הפוטונים היוצאים ממנה אינו אפס. אם כמות-האור היוצאת מהנקודה האפורה מהווה 99% מהאור היוצא משטח-רקע-שקול יהיה גודל האות:

$$\Delta N = (M_1 - 0.99M_1)\alpha = 0.01M_1 \cdot \alpha$$

אם הנקודה האפורה היא אלמנטרית, כלומר, בגודל כזה שנפלט ממנה רק פוטון אחד ($M_1 \cdot \alpha = 1$) נקבל ש:

$$\Delta N = 0.01 \cdot 1 = 0.01 \text{ פוטון}$$

התוצאה שקיבלנו אינה אפשרית, מאחר שפוטונים אינם ניתנים לחלוקה. לכן, כדי ליצור אות כזה יש צורך להגדיל את מספר הפוטונים היוצא מנקודת רקע פי-100.

דוגמה:

נתון עצם שהתאורה ממנו היא 99% מתאורת הרקע:

$$M'_y = 0.99M'_x$$

קעת נגדיל פי-100 את מספר הפוטונים היוצא מנקודת-רקע:

$$M'_x = 100M_x$$

גודל האות שיתקבל:

$$\Delta N = M'_x - M'_y = (100M_x - 99M_x)\alpha = M_x \cdot \alpha = 1 \text{ פוטון}$$

כלומר, כדי לקבל נקודה אלמנטרית-אפורה שהתאורה ממנה מהווה 99% מהתאורה בשטח-רקע-שקול צריך פי-100 יותר פוטונים מאשר ליצירת נקודה שחורה באותו גודל.

אם התמונה הזו מכילה P נקודות-אלמנטריות, הרי שסה"כ מספר הפוטונים הנדרש ליצירת התמונה הזו הוא:

$$100(p-1) + 99 = 100p - 1$$

מהדוגמה הזו רואים איפוא, שככל שהתמונה "עדינה" יותר, כן נדרשים יותר פוטונים ליצירתה. המידד ה"עדינות" זו הוא הניגוד (קונטרסט), המסומן באות C ומוגדר כיחס שבין גודל האות שיוצר העצם (ביחס לרקע) ובין מספר הפוטונים היוצאים מהרקע:

$$C = \frac{\Delta N}{N_1} = \frac{(M_1 - M_y)\alpha}{M_1 \cdot \alpha} = \frac{M_1 - M_y}{M_1}$$

לדוגמה, לגבי תמונה המורכבת מנקודה שחורה על רקע לבן $M_y = 0$

$$C = \frac{M_1 - 0}{M_1} = 1 \text{ ולכן:}$$

ואילו לגבי תמונה המורכבת מרקע לבן ומנקודה אפורה, שהתאורה ממנה מהווה 99% מהתאורה בשטח-רקע-שקול, הניגוד יהיה:

$$C = \frac{M_1 - 0.99M_1}{M_1} = \frac{1 - 0.99M_1}{M_1} = 0.01$$

מן הדוגמאות האלה ראינו, שליצירת נקודה שחורה בעלת ניגוד השווה ל-1 מספיק פוטון אחד מכל נקודת-רקע-אלמנטרית ואילו ליצירת נקודה אפורה בעלת

ממנו לא יובחנו כלל; ליתר דיוק, קיים סיכוי קלוש שיובחנו (ציור 5).

גודל הרעש-הממוצע תלוי במספר הפוטונים הממוצע שברקע. אם מספר הפוטונים מנקודת-רקע-אלמנטרית הוא N_1 , נמצא לפי מחקרים שונים, כי הרעש-הממוצע (סטיה-ממוצעת) שווה ל- $\pm\sqrt{N_1}$ פוטונים. לדוגמה, כא-שר מספר הפוטונים הממוצע בנקודת-רקע הוא 100, יהיה גודל הרעש-הממוצע $\pm\sqrt{100} = \pm 10$ פוטונים, ועקב זאת כל אות אמיתי שיהיה קטן מ-10 פוטונים לא יובחן. נקודות אפורות, למשל, שיש בהן 90 פוטונים ומעלה לא יובחנו כיוון שהאות שהן תיצורנה יהיה קטן מ-10 פוטונים (90—100).

כדי שאות אמיתי כלשהו יובחן גם בנוכחות "רעש" חייב גודל האות להיות שווה לפחות לגודל אות-הרעש-הממוצע, כלומר התנאי- $\Delta N = \pm\sqrt{N_1}$, חייב להתקיים.

לפי הגדרת הניגוד:

$$C = \frac{\Delta N}{N_1}$$

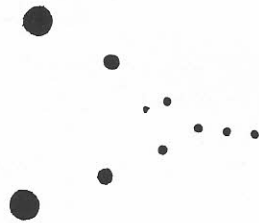
נחלץ את ΔN מהגדרה זו ונציב את ערכו בתנאי שהצגנו. נקבל ש:

$$N_1 \cdot C = \sqrt{N_1}$$

נחלק את שני האגפים ב- N_1 ונקבל:

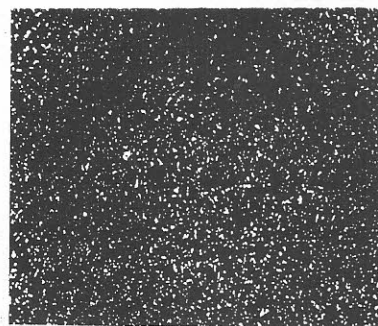
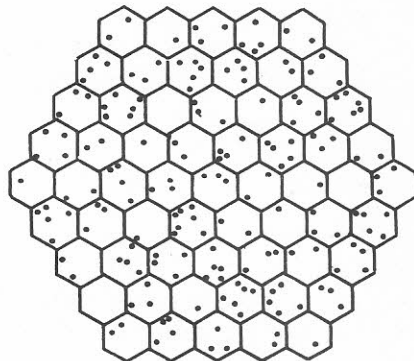
$$C = \frac{1}{\sqrt{N_1}}$$

$$N_1 = \frac{1}{C^2} \quad \text{או בצורה אחרת} -$$



ציור 5 — למעלה — נקודות שחורות בגדלים שונים, ולמטה — אותן נקודות כפי שהן נראות בתמונה "רועשת". מהתמונה אפשר לראות שרק העיגולים הגדולים יוצרים אות המתגלה בקלות יחסית בעוד שכל יתר העיגולים "נבלעים" בין הנקודות הכהות והלבנות שנוצרו כתוצאה מהרעש.

סטיה זו יוצרת אות מלאכותי, שאינו נובע מנוכחות עצם בתמונה. כיוון שהסטיות הללו מהממוצע משתנות מרגע לרגע ומנקודה לנקודה, גם האותות שהם יוצרים משתנים באופן אקראי כזה. זו, אגב, הסיבה לתופעת הניצנוצים המוכרת לכל מי שצפה במכשיר ראיית-לילה.



ציור 4 — התפלגות הפוטונים בתמונה: למעלה — תרשים, שבו כל משושה מייצג נקודה-אלמנטרית וכל נקודה שחורה מייצגת פוטון אחד. ניתן לראות בתרשים, שמנקודות מסויימות נפלטים 2 או 3 פוטונים ומנקודות אחרות לא נפלטים כלל פוטונים. למטה — תמונה שצולמה בתנאי- "רעש"; תמונה זו ממחישה את המתואר בתרשים המשושים.

"אותות-הרעש" האלה משפיעים על התמונה בשתי דרכים — על-ידי טישטוש התמונה, או על-ידי גרימת "אזעקות-שווא".

טישטוש התמונה:

למרות שאותות-הרעש משתנים באופן אקראי מרגע לרגע וממקום למקום, יש להם גודל ממוצע המשפיע בקביעות על התמונה. ההסבר לכך הוא, שקיים סיכוי גדול מאוד שרעש-ממוצע (או סטיה-ממוצעת) אומנם יתרחשו ולכן אפשר להתייחס לרעש הזה כאל תוספת קבועה לרקע. תוספת זו יכולה להיות חיובית או שלילית, כלומר, תוספת פוטונים או החסרתם, והיא מתבטאת ביצירת נקודות בהירות או כהות יותר מהרקע.

אפשר לומר איפוא, שהרעש-הממוצע "מכניס" אות קבוע בכל התמונה וגורם לכך שכל האותות הקטנים

מספר הפוטונים N תלוי בקצב פליטת הפוטונים ובצפיפותם. אם M מתאר את הקצב והצפיפות, כלומר:

$$M = \frac{\text{מס' פוטונים}}{\text{סמ"ר שניה}}$$

אז מספר הפוטונים יהיה:

$$N = M \cdot \alpha \cdot t$$

כאשר α מציין את שטח נקודות-הרקע ו- t — זמן האינטגרציה, כלומר הזמן שבו נאספים הפוטונים.

מכאן מקבלים את הנוסחה:

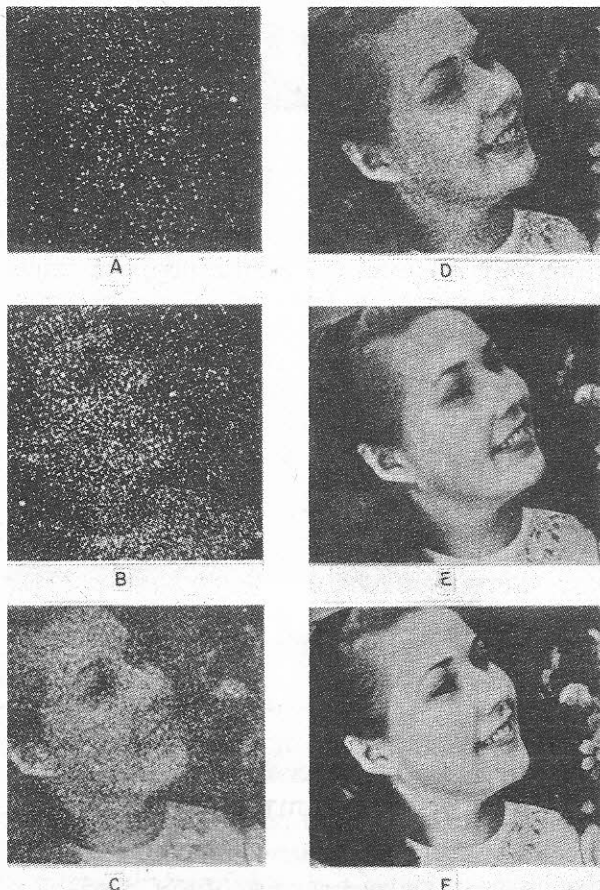
$$Mat = \frac{K^2}{C^2}$$

ומכאן נקבל ש:

$$K^2 = C^2 \cdot M \cdot \alpha \cdot t$$

משוואה זו נקראת **משוואת יחס-אות-לרעש**, והיא מתארת את התלות שבין מספר הפוטונים הנפלטים מכל נקודה בתמונה בכל רגע, בין הניגוד וגודל הנקודות הניתנות להבחנה בתמונה ובין יחס האות לרעש.

משוואת יחס-אות-לרעש פותחה אומנם עבור תמונה פשוטה אך היא מתארת גם תמונות מסובכות המוכרות לנו מהניסיון היומיומי. בציור 6, לדוגמה, ניתן לראות כיצד מתבררת התמונה ככל שאנו מגדילים את מספר הפוטונים. הגדלת מספר הפוטונים מאפשרת להבחין בניגודים נמוכים יותר (כגון, הצללים באיזור העין) ובעצמים קטנים יותר (כגון הפרחים). היכולת להבחין בפרטים קטנים בתמונה מבטאת את כושר



ציור 6 — שיפור התמונה על-ידי הגדלת התאורה.

כלומר, הרעש-הפוטוני-הממוצע גורם לכך, שכדי להבחין בנקודה-אלמנטרית בעלת ניגוד C נדרשת כמות פוטונים הנמצאת ביחס הפוך ל- C^2 ולא ביחס הפוך ל- C כפי שהיינו מקבלים ללא רעש. כיוון ש- C קטן מ-1, המעבר מ- $1/C$ ל- $1/C^2$ מחייב להגדיל את מספר הפוטונים הנדרש מכל נקודת-רקע-אלמנטרית.

לדוגמה: כדי להבחין בנקודה אלמנטרית בעלת ניגוד $C = 0.1$ כאשר אין רעש, דרושים 10 פוטונים.

$$\frac{1}{c} = \frac{1}{0.1} = 10$$

ואילו כאשר יש רעש, מספר הפוטונים הנדרש הוא 100 פוטונים.

$$\frac{1}{c^2} = \frac{1}{0.01} = 100$$

אזעקת שווא:

בנוסף לרעש-הממוצע, שסיכויו להופיע גדולים למדי (ולכן הוא נחשב לקבוע) קיימת גם אפשרות להופעת "רעשים" הגדולים יותר מרעש הממוצע, אך סיכויו הופעתם קטנים יותר. הסיכויים להופעת רעשים כאלה קטנים ככל שעוצמתם גדולה יותר מהרעש-הממוצע. למרות זאת, כאשר מופיע רעש כזה בנקודה כלשהי בתמונה, אי אפשר להבחין בינו ובין אות אמיתי. לדוגמה, מהתבוננות בציור 4, לא ניתן לדעת (ללא ידיעה מוקדמת שהרקע מואר באופן אחיד), שהנקודות השחורות בתמונה נוצרו על-ידי "רעש". התרחשות מאורע כזה (הופעת רעש במקום שלא קיים אות אמיתי) נקראת אזעקת-שווא.

יחס-אות-לרעש

כדי לצמצם את הסיכוי לאזעקת-שווא, נעזרים בעובדה שסיכוי זה קטן ככל שהרעש הנוצר באזעקת-שווא גדול מהרעש-הממוצע. לדוגמה, נקבע גודל-אות מינימלי $\Delta N_{\min}$; בהתאם לכך ייחשב לאות אמיתי רק אות הגדול מ- $\Delta N_{\min}$. כעת נגדיל את האות המינימלי עד שנגיע לערך שהוא מספיק גדול מהרעש-הממוצע. הסיכוי כעת להופעת רעש, שהוא גדול מ- $\Delta N_{\min}$ או שווה לו, יהיה קטן למדי; כלומר, אם נתיחס רק לאותות הגדולים מ- $\Delta N_{\min}$ או שווים ל- $\Delta N_{\min}$, יהיה הסיכוי להופעת אזעקת-שווא קטן מאוד.

אם $\Delta N_{\min}$ גדול פי- K מהרעש-הממוצע, אפשר לכתוב ש-

$$\Delta N_{\min} = K\sqrt{N_1}$$

לפי הגדרת הניגוד, נקבל ש- $\Delta N = N_1 \cdot C$ מכאן מתקבל שוב ש-

$$N_1 \cdot C = K\sqrt{N_1}$$

ומכאן שמספר הפוטונים הנדרש מכל נקודת-רקע אלמנטרית הוא:

$$N_1 = \frac{K^2}{C^2}$$

ועבור התמונה כולה:

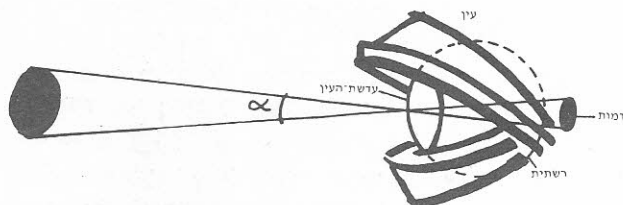
$$N = \frac{PK^2}{C^2}$$

(K נקרא יחס-אות-לרעש)

נציב בנוסחה זו את הערכים $t = 0.1$, $M = 1.2 \cdot 10^6$, $C = 0.2$ ונקבל: $K = 3.5$

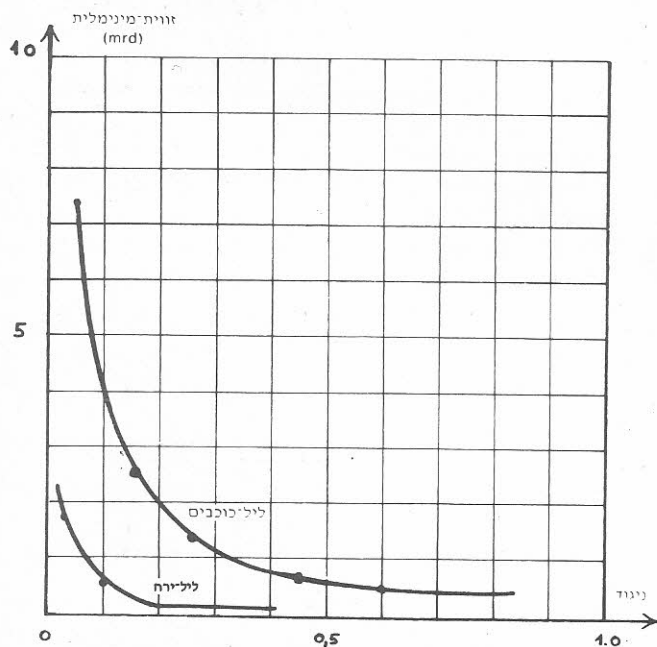
$$\alpha = \frac{12.25}{0.04 \cdot 1.2 \cdot 10^6 \cdot 0.1} = 2.5 \cdot 10^{-3} \text{ סמ"ר}$$

זהו שטח המטרה כפי שהוא צריך להתקבל על-פני הרשתית על מנת שיתגלה. קוטרו של השטח שקיבלנו הוא 0.06 ס"מ; כדי שיתקבל קוטר כזה על-פני הרשתית, חייבת המטרה ליצור זווית של 31 מילירדיאן ביחס לעין (ציור 7). משמעות הדבר היא שבמרחק 1 מטר מהעין חייב גודלן המינימלי של העצם להיות 3.1 ס"מ ובמרחק 1 ק"מ מהעין — 31 מטר.



ציור 7 — הזווית המינימלית של עצם הניתן להבחנה.

בציור מס' 8 מתואר הקשר בין הניגוד של המטרה ביחס לרקעה ובין גודל הזווית המינימלית של המטרה, וזאת בהתאם למשוואת יחס-אות-לרעש. העקום שבתרשים מבטא למעשה את כל הבעייתיות שבראיית עצמים בלילה. אפשר לראות, שכלל שהניגוד קטן, גדלה הזווית המינימלית של המטרה ביחס לעין וכן, שבליל-ירח, התלות של הזווית בניגוד חריפה פחות מאשר בליל-כוכבים.



ציור 8 — היחס בין הניגוד של המטרה ובין הזווית המינימלית של המטרה ביחס לעין.

למגבלות בראייה בלילה יש כמה פתרונות ואלה נובעים ממשוואת יחס-אות-לרעש:

ההפרדה של החישן, שבמקרה זה היא העין. ממשוואת יחס-אות-לרעש מתברר, שכושר ההפרדה תלוי בכמות-האור, בניגוד של הפרטים הקטנים וביחס-אות-לרעש המינימלי הדרוש לחישן.

משוואת יחס-אות-לרעש שפיתחנו כאן מתארת את התנאים ליצירת תמונה שאפשר לגלותה על ידי חישן אידיאלי (תיאורתי); חישנים ממשיים, לעומת זאת, משפיעים באופנים שונים על התמונה שאותה הם מגלים ולכן משוואת יחס-אות-לרעש עבורם היא מסובכת יותר. אף על פי כן, גם מתוך המשוואה שלנו אפשר להבין את הבעייתיות שבראייה בלילה ואת הדרכים השונות שבהן אפשר להתגבר על הבעיות.

ראייה בלילה

בהערכת יכולת הראייה בלילה יש לקחת בחשבון את העובדות הבאות:

★ בלילה מספר הפוטונים (בתחום הנראה של הספקטרום האלקטרומגנטי) המגיעים לקרקע הוא 10^{10} פוטונים/סמ"ר × שניה — בליל ירח מלא, ו- 10^8 פוטונים/סמ"ר × שניה — בלילה ללא ירח.

★ רוב העצמים והרקעים אינם פולטים אור בתחום הנראה, אלא מחזירים אור הפוגע בהם. לרוב המטרות הצבאיות ולרקעים שלהן יש החזרה הקטנה בהרבה מהחזרה מלאה. בנוסף לכך, הניגוד של המטרות האלה ביחס לרקעים השונים קטן למדי.

★ עין-האדם בנויה, עקרונית, מעדשה ורשתית. העדשה יוצרת דמות על הרשתית והרשתית, המכילה מספר רב מאוד של חישנים, מעבירה את הדמות לפירוש על-ידי המוח. העין מטילה כמה מגבלות: האחת, היא על יחס-האות-לרעש בדמות שברשתית; יחס זה חייב להיות לפחות $K = 3.5$. כאשר K קטן מ-3.5, העין לא תבחין בתמונה. ההגב-לה השניה נובעת מיעילותה המוגבלת של העין (3%) באיסוף האור. בנוסף לכך, יש לקחת בחשבון את זמן האינטגרציה של העין (שניה $t = 0.1$), שהוא הזמן שבו העין מסכמת לאות את הפוטונים המגיעים אליה. הצבת הגדלים האלה במשוואת יחס-אות-לרעש תיקבע את התנאים שבהם תוכל העין לגלות תמונה.

דוגמה:

קיימת מטרה צבאית בעלת ניגוד 0.2 והחזרה של 40%; הלילה הוא ללא ירח. כמות-האור המוחזרת מהמטרה לעבר העין תהיה מכפלת ההחזרה בכמות הפוטונים:

$$M = 10^8 \cdot 0.4 \frac{\text{פוטונים}}{\text{סמ"ר} \cdot \text{שניה}}$$

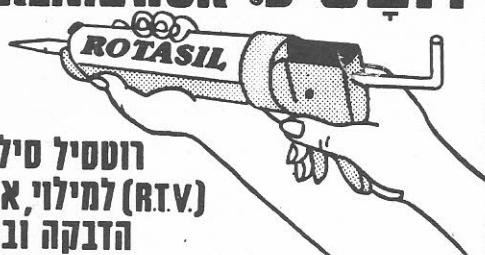
מתוך כמות הפוטונים המוחזרת מהמטרה, תאסוף העין רק 3%:

$$M = 10^8 \cdot 0.4 \cdot 0.03 = 1.2 \cdot 10^6 \frac{\text{פוטונים}}{\text{סמ"ר} \cdot \text{שניה}}$$

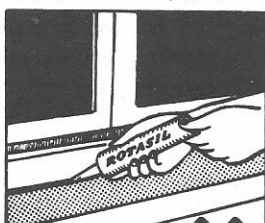
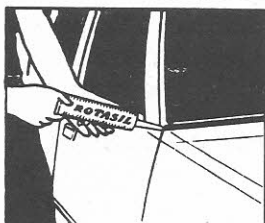
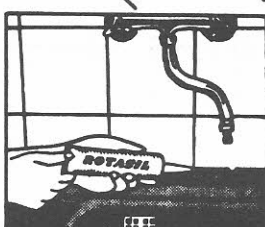
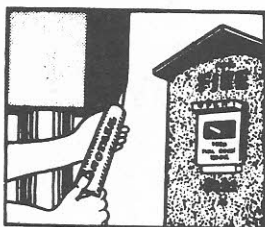
כעת נחלץ ממשוואת יחס-אות-לרעש את α ונקבל:

$$\alpha = \frac{K^2}{C^2 \cdot M \cdot t}$$

רוטסיל PERENNATOR



**רוטסיל סיליקון
(RT.V) לחילוי, איטום
הדנקה ובידוד**



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



הגדלת מספר הפוטונים — פעולה זו ניתנת לביצוע בשתי דרכים שונות: האחת, היא הכפלת מספר הפוטונים של התמונה על ידי שפופרות מכפילות-דמות. בשיטה זו אפשר להגיע להכפלה פיעשרות-אלפים וזו אומנם השיטה הנפוצה ביותר ברוב המכשירים לראיית-לילה. השיטה השנייה מבוססת על מעבר מתחום האור הנראה לתחום התת-אדום, שבו המטרות (אנשים, כלי-רכב וכו') פולטות כמות רבה של קרינה בגלל טמפרטורת-הגוף שלהן (20-100 מעלות צלסיוס). מכשירים המסוגלים לחוש בקרינה כזו נקראים מכשירי תצפית תרמיים והם בעלי פוטנציאל רב מאוד.

הגדלת הניגוד — פעולה זו אפשרית בעיקר על-ידי שימוש במצלמות-טלויזיה ההופכות את התמונה לאות חשמלי. אות זה עובר עיבוד אלקטרוני באמצעות מגברים, מסננים או מחשבים ומוצג שוב על גבי מסך-טלויזיוני.

הגדלת העצם — קיימת אפשרות להגדיל את דמות-העצם הנופלת על רשתית-העין באמצעות אופטיקה מתאימה (משקפות וכד'), אלא שלשיטה הזו יש מגבלה חמורה הנובעת מכך, שכושר האינטגרציה של העין מוגבל ויעילותה באיסוף וגילוי פוטונים הפוגעים על-פני שטח גדול מדי היא קטנה מאוד. לכן, אין טעם להגדיל את הדמות מעבר לגודל מסוים.

לסיכום, המגבלה העיקרית בראייה בלילה היא היות שכן הניגוד, גודל הנקודות המובחנות וכמות-האור. בגלל קיום רעש בתמונה יש צורך בהרבה יותר אור על מנת להבחין בפרטים קטנים ובעלי ניגוד נמוך. כמות-האור המצויה בלילה אינה מספיקה להבחנה בפרטים כאלה ולכן יש צורך באמצעים שונים כדי לאפשר הבחנה כזו. האמצעים המקובלים כיום יותר הם אלה המגדילים את מספר הפוטונים שבתמונה, אם כי קיימים גם אמצעים לשיפור הניגוד ולהגדלת הדמות.

מקורות:

- 1) Albert Rose — Vision (Plenum Press, New York 1973).
- 2) J. C. Dainty & R. Shaw — Image Science (Academic Press, London 1974).
- 3) Alvin D. Schnitzler — Law-Light-Level Performance of Visual Systems (Institute for Defence Analysis — I.D.A., U.S.A. 1971).

פורסם ב"מערכות-חימוש":

1. מכשירים לראיית-לילה / מ. פלאוט — חוברת מס' 2, עמוד 33; חוברת מס' 3, עמוד 32.
2. עקרונות המכשירים לראיית-לילה / א. לבנה — חוברת מס' 37, עמוד 25.
3. מכשירים לראיית-לילה במלחמת העולם ה-2 / א. ארגמן — חוברת מס' 40, עמוד 128.
4. ראיית-לילה / מ. דין — חוברת מס' 54, עמוד 22.
5. מערכת הדמאה תרמית / א. ארגמן — חוברת מס' 60, עמוד 24.
6. ניסויים בציוד לתצפית-לילה / ש. יוסף — חוברת מס' 65, עמוד 29.

תכנן תקון כלים פניאומטיים

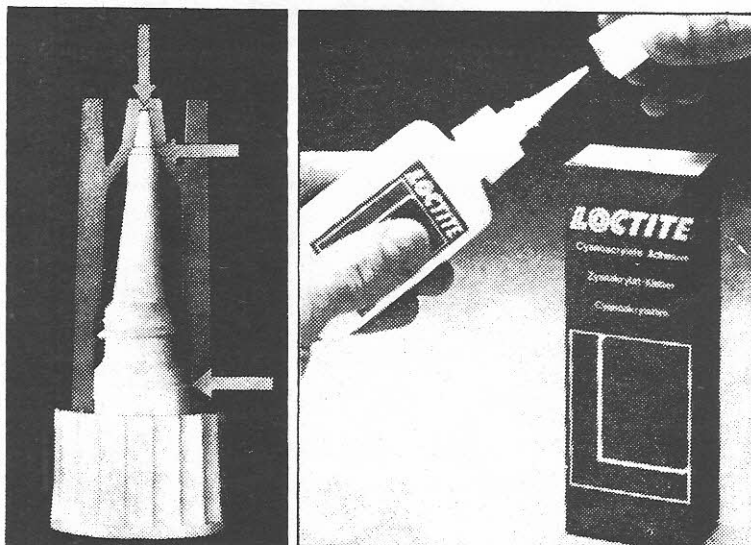


- * תקון כלים פניאומטיים
- * שיפוץ כל סוגי ציוד פניאומטי
- * בדיקת כלי אויר בציוד משוכלל
- * יעוץ בהתאמת כלי עבודה פניאומטיים

**פריזון מוגבר והגדלת הייצור
עם כלי אויר תקינים**

תל-אביב, רח' המסגר 33, טל' 32483

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

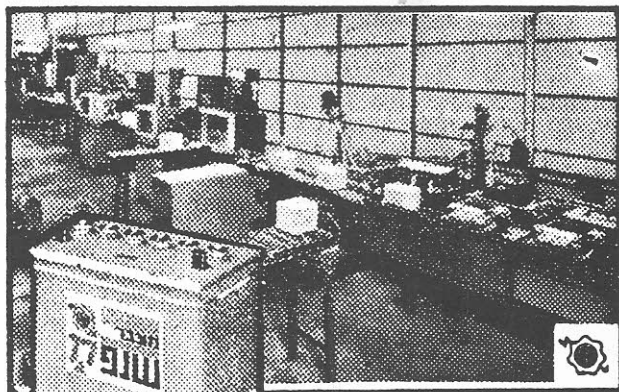


שנפ 77

המילה האחרונה במצברים!

SHNAPP 77 אחריות - 18 חודש!

SHNAPP 77 ארגז פוליפרופילן שקוף!



ע.שנפ ושות'.בע"מ

איש חיל חמוש! אנו מגיעים לכל פנה בארץ

הובלת רהיטים

אנו מובילים רהיטים לכל חלקי הארץ
ביעילות, מקצועיות ומחירות.

אריזה חינם!



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

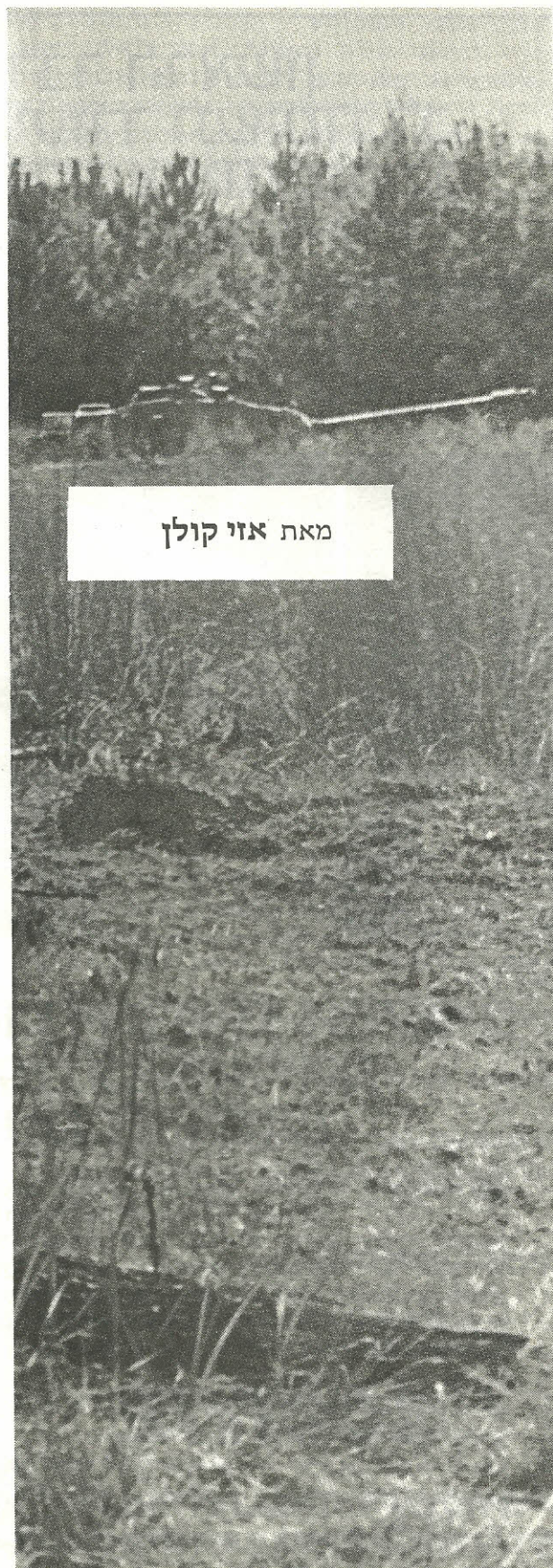
ספק משרד הבטחון

מובילי הצפון טלפון 820316, 823996
טלפון ערב 884708

דקטות וטיילי-נ"ט אישיים

עם הופעת השיריון בשדה-הקרב, עוד במלחמת-העולם הראשונה, התברר שיש צורך לתת בידי החייל הרגלי אמצעים להילחם כנגדו. במשך הזמן פותחו מספר רב של אמצעי-נ"ט, החל מכדורי-ח"ש בכל הקטרים ועד לטילים של ימינו.

אמצעי-ה-נ"ט האישיים הנמצאים כיום בשימוש חי"ר מתחלקים לחמש קבוצות: כדורים חודרי-שיריון (ח"ש), רימוני-יד נ"ט, רימוני-רובה נ"ט, מטולי-רקטות נ"ט (מרנ"טים) וטיילי-נ"ט. מאמר זה עוסק בשתי קבוצות מתוך החמישה — מרנ"טים וטיילי-נ"ט אישיים, ועיקר הדברים נוגעים להסברת עקרון הפעולה של המטען החלול העומד ביסודם של כלי-הנשק האלה ולסקירת הדרישות הטכניות והטקטיות מהם.



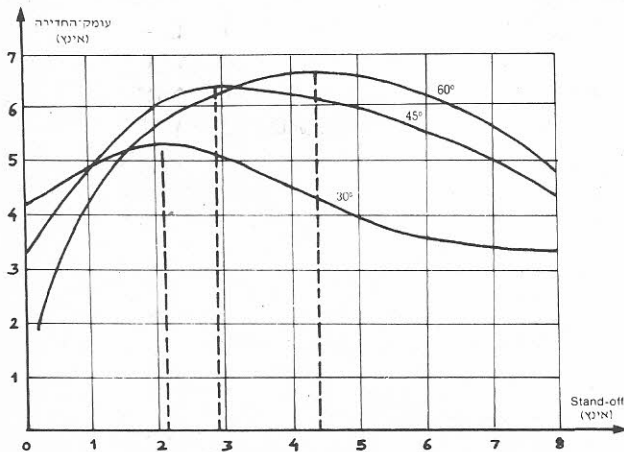
מאת אזי קולן



המטען-החלול

מרחק-ההפעלה (Stand-off) — זהו המרחק

מקצה קונוס-הליינר עד המטרה בעת הפיצוץ (ציור 1). למרחק זה יש תפקיד חשוב בקביעת יעילות המטען. המרחק המינימלי הדרוש לחדירה יעילה מוכתב על-ידי המרחב הדרוש ליצירת סילון מספיק ארוך לפני המטרה. מצד שני, מרחק גדול מדי מאפשר לסילון להתפזר לפני התחלת החדירה וגורם בכך להקטנת אפקט החדירה. המרחק האופטימלי נע בין 2D ל-6D, כאשר D — הוא קוטר המטען. מרחק זה תלוי גם בזווית קונוס-הליינר, ולכל ערך של זווית קיים המרחק האופטימלי המתאים (ציור 2).



ציור 2 — תיאור השפעת זווית הליינר על מרחק ההפעלה (Stand-off) ועל עומק-החדירה בהתבסס על ליינר-פלדה וקוטר-מטען (D) 1.5". הקווים המרוסקים מציינים את מרחקי ההפעלה האופטימליים עבור כל אחת מזוויות-הליינר.

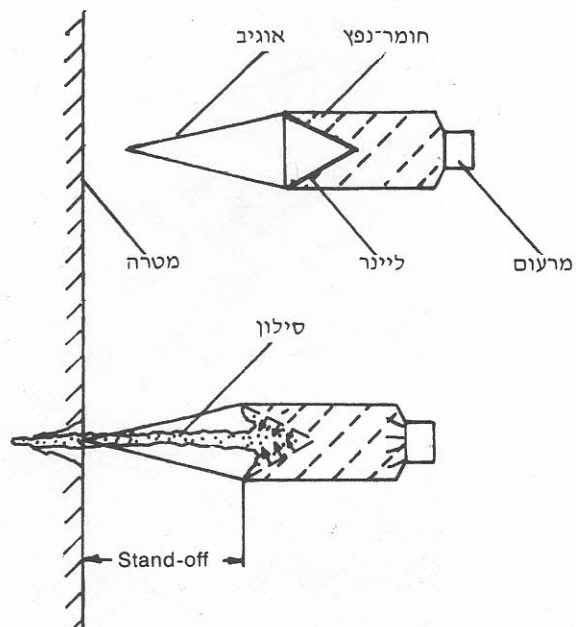
עקב חשיבותו הרבה של מרחק-ההפעלה, יש להבטיח שהמרעום יפעל מיד עם הפגיעה. בעבר השתמשו במרעום מיכני, שהיה בעל תגובה איטית וכתוצאה מכך גרם לקריסת האוגיב ולהקטנת מרחק ההפעלה. כיום, רוב המרעומים הם חשמליים ומכניים גם יחד והם מגיבים לאות חשמלי הנוצר ברגע נגיעת קצה-האוגיב במטרה. ישנן שתי שיטות עיקריות למתן האות החשמלי. בשיטה הראשונה, גביש פיאזו-אלקטרי (חומר גבישי, שעקב עיוות מיכני יוצר מתח-חשמלי) הנמצא בחרטום הראש-הקרבי גורם בעת הפגיעה ליצירת מתח חשמלי המפעיל את המרעום. צורת הפעלה כזו קיימת, לדוגמה, במרנ"ט STRIM. בשיטה השנייה, חרטום הטיל פועל כמפסק; הוא בנוי משתי כיפות מבודדות המחוברות למעגל-חשמלי. עקב עיוותן בעת הפגיעה, נוצר מגע בין שתי הכיפות, המעגל החשמלי נסגר והמרעום מופעל. אפשרות זו מותנית כמובן בקיום מקור-מתח פנימי.

חומר-הנפץ — קיימים סוגים רבים של חנ"מ המשמשים למילוי ראש של מטען-חלול. עומק-החדירה תלוי בלחץ-הניפוף (P). לכל חומר-נפץ יש לחץ-ניפוף משלו, היחסי לצפיפות החנ"מ (ρ) ולמהירות הניפוף ב-חנ"מ (V).

קבוצת אמצעי ה-נ"ט הראשונה המוזכרת במבוא כדורי-ח"ש — פועלת על עקרון ניצול האנרגיה-הקינטית של קליע בעל "גרעין" מוקשה. קליע זה חודר את השיריון, הן בגלל המסה שלו והן בשל מהירותו הגבוהה בעת הפגיעה. בכל הקבוצות האחרות שצינו, אי אפשר לנצל את עקרון האנרגיה-הקינטית מכיוון שהמהירות שמשיגים בהן היא נמוכה, וכאן בא לידי ביטוי המטען-החלול. החדירה בעזרת "ראש" של מטען-חלול נעשית על-ידי סילון של גזים לוהטים וחלקיקי-מתכת ועומקה נע בין 200 ל-500 מ"מ של פלדת-שיריון.

ראש מטען-חלול (ציור 1) בנוי מארבעה חלקים עיקריים: מרעום-בסיס, חומר-נפץ-מרסק (חנ"מ), ליינר, אוגיב (כיפה-בליסטית). מרעום-הבסיס הוא יוזם-הפיצוץ וממנו מתחילה "שרשרת-הניפוף". השלב הסופי בשרשרת-הניפוף הוא ה-חנ"מ, המופעל על-ידי המרעום. הליינר הוא קונוס-מתכת (לרוב נחושת), הניתך עקב הפיצוץ ונע עם סילון הגזים הלוהטים בצורת תרחיף של חלקיקים. האוגיב נמצא בחלק הקדמי של הראש. תפקידו של האוגיב לתת צורה אוירודינמית לראש בזמן המעוף וכמו כן הוא קובע את ה-Stand-off של המטען (ראה הסבר בהמשך) ומגן על הראש.

פעולת המטען-החלול מתבצעת בסדר הזה: עם הפגיעה במטרה מופעל מרעום-הבסיס ומפוצץ את מטען ה-חנ"מ; גלי-הניפוף גורמים לקריסת הליינר לכיוון מרכז המטען ולהתכתו. כתוצאה מכך, נוצר סילון של גזים וחלקיקי-מתכת הנע לתוך המטרה במהירות של אלפי מטרים בשנייה. כושר החדירה של המטען החלול אינו קבוע והוא תלוי בכמה גורמים:



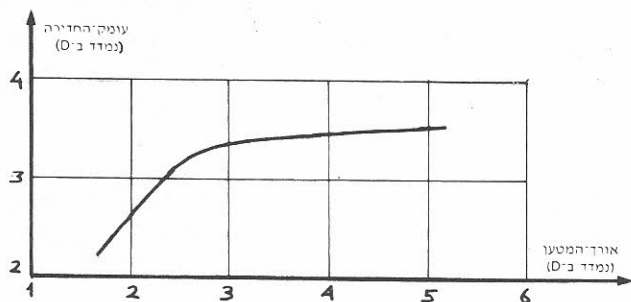
ציור 1 — תיאור המבנה והפעולה של המטען-החלול.

המטען מעל 5D-3D (קוטר-המטען), אינה גורמת לשיפור משמעותי בחדירה (ציור 5). עבור קוטר-מטען, אורך-מטען וזווית-ליינר קבועים, ככל שקוטר ה-ליינר גדול יותר (עד 0.8 — 0.9 מקוטר המטען), כן עמוקה יותר החדירה, אף אם משקל ה-חנ"מ קטן כתוצאה מהגדלת הקוטר.

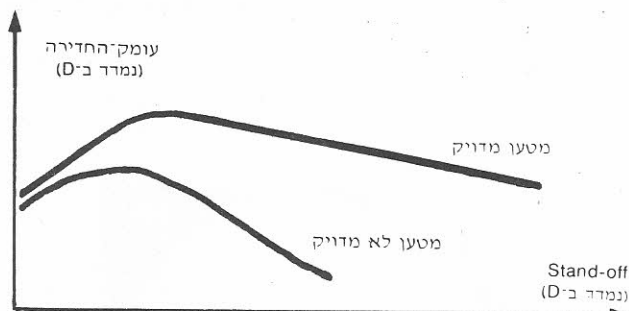
דיוק בייצור המטען — אי-דיוקים בייצור המטען החלול על מרכיביו השונים גורמים לירידה משמעותית בעומק-החדירה ולפיזור גדול (חדירה בלתי-קבועה) וכן לתלות גדולה במרחק-ההפעלה (ציור 6). להלן כמה דוגמאות לכך:

— בועות-אוויר או סדקים בחומר-הנפץ גורמים להתפשטות בלתי-אחידה של גל-הניפוצ, דבר העלול לגרום ליצירת סילון בלתי-סימטרי.

— אי-ציריות (הגדולה מ-0.5) בין קונוס-הליינר וציר-המטען, או סגלגלות של הקונוס, עלולים להביא לירידה של עשרות-אחוזים בעומק-החדירה.



ציור 5 — תיאור השפעת אורך המטען על עומק-החדירה, בהתבסס על ליינר-פלדה בעל זווית 44° ומטען בקוטר $1\frac{5}{8}$.



ציור 6 — עומק החדירה כתלות בדיוק המטען.

מטולי-רקטות נגד טנקים (מרנ"טים)

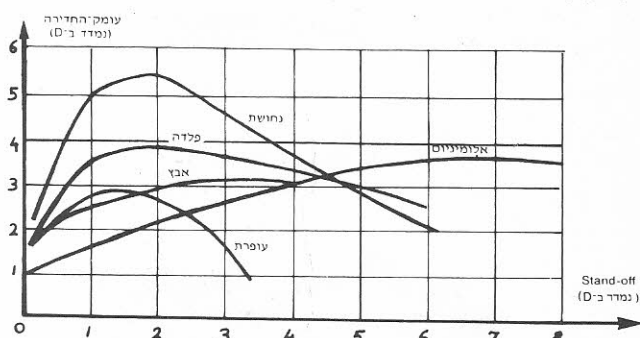
ה-מרנ"ט מיועד לטווחים בינוניים, 400—500 מטר. בטווחים גדולים יותר, סיכויי הפגיעה של ה-מרנ"ט קטן בשל חוסר האפשרות לשלוט על כיוון-המעוף של הרקטה. נציג להלן כמה מן הדרישות הטכניות והתקטיות ממטולי-רקטות נגד-טנקים.

חומרי-הנפץ המקובלים ביותר בשימוש במטענים-חלולים מתוארים בטבלה שלהלן:

סוג-החומר	צפיפות (גרם/סמ"ק)	מהירות-פיצוץ (מטר/שניה)	לחץ-פיצוץ (קילובר)
ט.נ.ט.	1.59	6900	190
פנטוליט	1.64	7640	240
Comp. B	1.69	8000	270
אוקטול	1.80	8300	310

ה-ליינר — כאמור, ה-ליינר הוא קונוס-מתכת הניתן עקב הפיצוץ ונע עם סילון הגזים הלוהטים לתוך המטרה. החומר שממנו עשוי ה-ליינר משפיע על צפיפות-הסילון ובכך גם על עומק-החדירה (ציור 3).

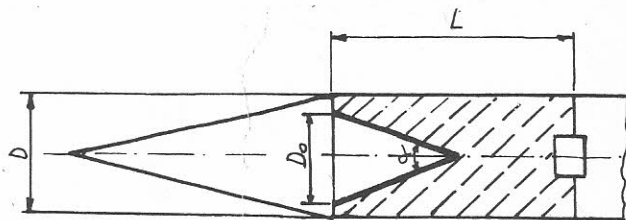
התכונות הנדרשות מחומר ה-ליינר הן: צפיפות גבוהה — התורמת להגדלת צפיפות-הסילון; נקודת-התכה נמוכה — המשפרת את רציפות-הסילון, ומשיכות טובה — הגורמת ל-ליינר לקרוס בצורה חלקה יותר. לאחר שנבדקו חומרים אחדים, נמצא, שהנחושת וסגסוגותיה הם החומרים המתאימים ביותר לייצור ה-ליינר.



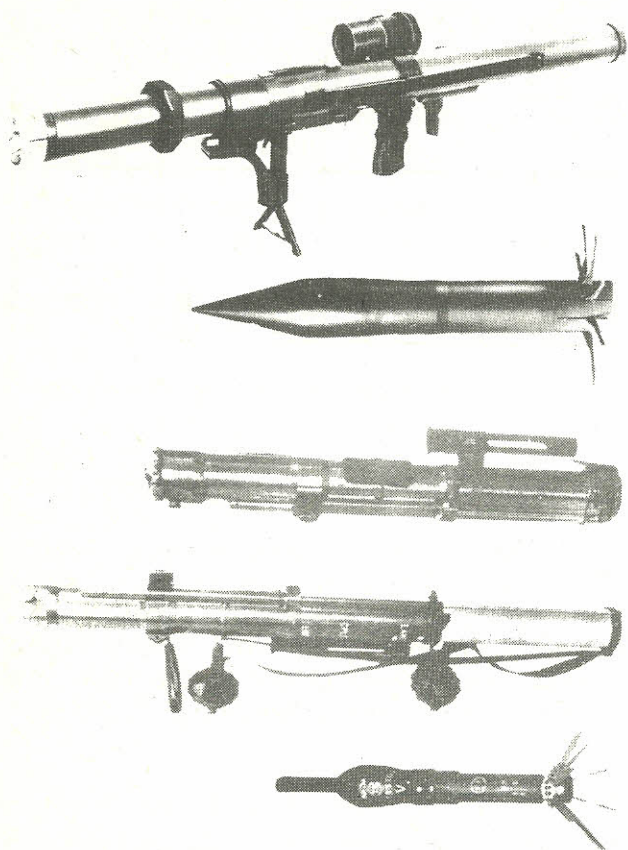
ציור 3 — השפעת חומר ה-ליינר על עומק החדירה.

בהתאם לסוג החומר של ה-ליינר נקבעת גם זווית-הליינר. הזוויות האופטימליות עבור ה-ליינר נעות בתחום 40° — 60° (ציור 2). עבור ליינר-נחושת, הזווית האופטימלית היא כ- 45° .

גודל המטען — עומק החדירה של המטען-החלול תלוי בקוטר המטען ובאורכו (ציור 4). הגדלת אורך-



ציור 4 — גדלים המתייחסים למטען ול-ליינר: L — אורך המטען; D — קוטר המטען; D0 — קוטר ה-ליינר; α — זווית ה-ליינר.



קלות-נשיאה ותיפעול-נוח — המטול מיועד לנשיא אה-עלידי חייל-רגלי ולכן קיימות לגביו הגבלות משקל וגודל. משקל-ממוצע של מרנ"ט טעון הוא כ-10 ק"ג. אחד הנסיונות להפחית מהמשקל נעשה על-ידי ייצור מרנ"ט-מתכלה. הדוגמה הבולטת ל-מרנ"ט מן הסוג הזה, הוא ה-מרנ"ט הצרפתי MAS TYPE A שמשקלו כ-1.3 ק"ג. זהו ה-מרנ"ט הקל ביותר כיום והוא מיועד לטווחים של 50—100 מטר.

הקטנת משקל המטול ותחמושתו, מאידך, משפיעה כמובן על משקל ה-חנ"מ וקוטר-המטען, ומכאן נובעות דרישות החזירה מפצצות-מטולים — 300—400 מ"מ של פלדת-שיריון.

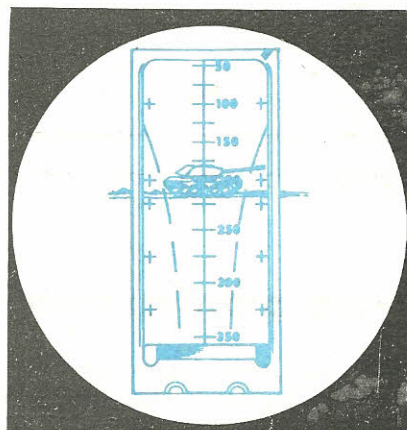
הגבלת גודל המטול נוגעת בעיקר לאורכו, וזאת כדי שלא יבלוט מעבר לצללית של החייל. בשיטה אחת נמצא הפיתרון לבעיית האורך על-ידי ייצור מטול מתקפל. דוגמה לכך משמש המרנ"ט RL100, שאורכו בעת שהוא מוכן לפעולה 1.9 מטר ובמצב מקופל — 1 מטר. בשיטות אחרות נפתרה הבעיה על-ידי בניית קנה-טלסקופי, כדוגמת ה-מרנ"ט האמריקאי LAW או ה-מרנ"ט הצרפתי SARPAC, או על-ידי ייצור מטול מתכלה-למחצה, שבו זביל-הרקטה משמש כחלק מהקנה ואז מתקבל מטול קצר יותר (לדוגמה, המטול הצרפתי STRIM).

נוחות-התיפעול מחייבת גם הפעלה מהירה של ה-מרנ"ט, והדברים נוגעים לתהליכי הדריכה והטעינה. ב-מרנ"ט LAW, לדוגמה, הפצצה טעונה בתוך המטול וכדי להיות מוכן לירי יש רק לפתוח את הקנה-הטלסקופי. בשיטות אחרות מושגת טעינה מהירה על-ידי צוות של שני חיילים; כך נעשה ב-מרנ"ט 82 מ"מ וב-מרנ"ט M20.

אמצעי להערכת-טווח — לצורך זה, מצוידים רוב ה-מרנ"טים במכון-אופטי המאפשר להעריך את הטווח בהתאם לעצמים בשטח שהם בעלי גודל ידוע. הערכת הטווח בשיטה הנפוצה ביותר נעשית בעזרת "משפך-טווחים" (ציור 8).



ציור 7 — מטולי-רקטות נגד-טנקים: מלמעלה למטה — מטול STRIM ופצצה, מטול SARPAC ופצצה, מטול MAS TYPE A ומטול ARMBRUST.



ציור 8 — כוונת בעלת "משפך-טווחים"; בתוך ה-"משפך" נמצאת מטרה והטווח אליה הוא 200 מטר.

M 57	R.P.G.-7	R.P.G.-2	M-20	M72A2 LAW	MINIMAN	M2-550	82 מ"מ	RL-100	RL-83	ARMORUST	PZL-44	PFEIL	STRIM F1	APX-80	MAS TYP A	SARPAC	תוצרת
יוגוסלביה	ברית"מ	ברית"מ	ארצה"ב	ארצה"ב	שוודיה	שוודיה	ישראל	בלגיה	בלגיה	גרמניה	גרמניה	גרמניה	צרפת	צרפת	צרפת	צרפת	קליבר (מ"מ)
90/44"	85/40"	82/40"	89	66	74	84	82	101	83	74	81/42.8"	75	89	80	72	68	(ס"מ)
96	95	97	153	64	90	113	140	102	92	82	88	1.23	117	145	44	73	אורד בפעולה (ס"מ)
96	95	97	153	89	92	113	140	189	170	82	113	1.23	160	145	55	100	אורד בפעולה (ס"מ)
מכני	מכני	מכני	אופטי	אופטי	אופטי	אופטי	אופטי	מכני	מכני	אופטי	אופטי	אופטי	אופטי	אופטי	מכני	מכני	כיוון (ס"מ)
ואופטי	ואופטי	ואופטי	ואופטי	ואופטי	ואופטי	ואופטי	ואופטי	ואופטי	ואופטי	ואופטי	ואופטי	ואופטי	ואופטי	ואופטי	מכני	ואופטי	תמיכה בירי
כתף	כתף	כתף	כתף	כתף	כתף	כתף	כתף	כתף	כתף	כתף	כתף	כתף	כתף	כתף	כתף	כתף	משקל
דורוגל	דורוגל	דורוגל	דורוגל	דורוגל	דורוגל	דורוגל	דורוגל	דורוגל	דורוגל	דורוגל	דורוגל	דורוגל	דורוגל	דורוגל	דורוגל	דורוגל	משקל פצצה (ק"ג)
10.6	9.3	3.9	9.8	2.1	2.9	17.6	9.5	15.6	9.9	6	10	12.5	7.3	13	1.3	2.3	משקל פצצה (ק"ג)
2.4	2.6	1.02	3.9	1.0	0.88	2.6	2.5	2.75	1.5	—	2.3	2.3	2.3	3.25	0.650	1.03	אורד פצצה (ס"מ)
2	92	62.5	60	51	3.25	50	68	66.5	52.5	—	55	50	60	55	—	—	הערה
תול"ר	תול"ר + רקטית	תול"ר	רקטית	רקטית	תול"ר	תול"ר	רקטית	רקטית	רקטית	תול"ר	תול"ר + רקטית	תול"ר	רקטית	תול"ר + רקטית	תול"ר + רקטית	רקטית	תפעולה
נקירה	נקירה	נקירה	חשמלית	נקירה	נקירה	נקירה	חשמלית	נקירה	מכנית	נקירה	מכנית	חשמלית	חשמלית	חשמלית	נקירה	נקירה	מחזוריות
145	115/280"	84	160	146	160	260	185	195	180	220	107/400"	400	290	400/545"	7/76"	150	טווח (מטר)
200—400	300—400	100	100—150	200	—	200—300	300	400	300—400	300	200	400	400	400—500	50—100	150—200	עומק חדירה (מ"ס)
300	300—350	150—180	280	260	400	400	300	370	300	300	320	420	400	300	250	300	תערוכה
				מתכלה	מתכלה			מתנייען		מתכלה, ללא עשן והבזק			חצי-מתכלה		מתכלה	מתכלה	

במספרים הכפולים המופיעים בעמודת הקליבר (אופקית), מציין המספר ממין ללופסן את קוטר המוטל, והמספר משמאל — את קוטר המטען.

** במספרים הכפולים המופיעים בעמודת המחזוריות (אופקית), מציין המספר ממין ללופסן את מחזוריות הפצצה ביצירה מהמטל והמספר משמאל — את המחזוריות המקסימלית המתקבלת לאחר הפעלת מנוע-רקטי.

טבלה 1 — נחונים כלליים על מרגישים בשימוש חי"ר
בצבאות שונים.

רוב טילי-הנ"ט כיום הם מונחית-תיל, כלומר, הטיל מושך אחרי חוט דק וארוך (או שניים) שדרכו מועברות פקודות-ניווט חשמליות אל הטיל. בשיטה הזאת, חייב היורה לראות את המטרה בבירור במשך כל זמן-המעוף של הטיל. הנחיית הטיל נעשית על-ידי הנווט, הצופה במשקפת מתאימה אל המטרה ואל הטיל ומפעיל בידיו מוט-היגוי. מוט-ההיגוי מעביר דרך התיל פולסים-חשמליים ואלה מתקנים את מסלול הטיל. טילי-הנ"ט המונחים בצורה זו נקראים טילי "דור-ראשון" ועליהם נמנים גם הטיל הרוסי SAGGER והטיל השוודי BANTAM.

בטילי ה"דור-השני", שגם הם מונחית-תיל, שיטת ההנחה מתוחכמת יותר. הטיל נושא בזנבו מקור תת-אדום הנקלט על-ידי המְשַׁגֵּר. הכוונת מודדת את הזווית שבין מסלול הטיל וקו-הירי; אם הטיל סוטה מקו-הירי, מועברת אליו, דרך התיל, פקודת-תיקון אוטומטית. כל מה שהיורה חייב לעשות הוא "להחזיק" את המטרה בצלב-הכוונת. דוגמאות לטילי-דור-שני הם הטיל האמריקאי DRAGON והטיל הצרפתי-גרמני MILAN.



ציור 9 — טילי נ"ט מהדור-השני: למעלה MILAN ולמטה DRAGON.

פעולה שקטה וחלקה ללא סימני-זהוי — רוב התחמושת הרקטית יוצרת רעש רב בעת הירי (170 — 200 דציבל), בעוד שהרעש המקסימלי המותר, ללא חבישת מגיני-אוזניים, הוא 140 דציבל. לכן ממליצים ברוב המקרים להשתמש במגיני-אוזניים. בין הכלים בעלי רעש נמוך יחסית אפשר לציין את המרנ"ט הגרמני ARMBRUST שרעש הירי שלו קטן מ-135 דציבל. הקטנת הרעש כאן הושגה על-ידי בלימת אנרגית-ההדף של הפצצה (הגזים שנוצרו בעת הדיפת הפצצה אינם עוזבים את המטול).

הדרישה לפעולה חלקה של הכלי מחייבת להקטין ככל האפשר את הרתע, העלול להשפיע במידה ניכרת על הכיוון או לגרום נזק ליורה. הדבר נעשה בשתי שיטות, העקרון הרקטי או עקרון התותח-ללא-רתע. על פי העקרונות האלה, כאשר הפצצה נעה קדימה בתוך המטול, גזי-הבעירה נפלטים לאחור.

חשיבות רבה נודעת לירי שאינו מותיר סימני-זהוי, כגון הבהקים ועשן. ברוב המרנ"טים ישנו רשף לאחור, אם כתוצאה מיציאת גזי-הבעירה של המנוע (במנועי-רקטות), ואם כתוצאה מהמטען ההודף (במרנ"טים הפועלים על עקרון של תותח-ללא-רתע). רשף זה מחייב את היורה להחליף את עמדתו מיד לאחר הירי. בשיטה חדשה, שפותחה לא מכבר במטול ARMBRUST, מונעים את הרשף והעשן על-ידי כך שגזי-הבעירה אינם עוזבים את המטול, אלא משמשים להעפת מסה נגדית לפצצה המורכבת מעלים פלסטיים קטנים ושקופים; עלים אלה עפים לאחור ואינם חושפים את היורה.

פצצה בעלת מהירות גבוהה — מהירות הפצצה ב"מרנ"טים היא אחד הגורמים החשובים ביותר להגדלת סיכוי הפגיעה. את המהירות הגבוהה משיגים, או ביציאה מהלוע — על-ידי מנוע-רקטי עם חומר-הודף בעל מהירות-בעירה גבוהה במיוחד (כמו ב-STRIM), או על-ידי התקנת מנוע-רקטי המופעל כמה מטרים לאחר שהפצצה עזבה את המטול (כמו ב-ר.פ.ג.7).

טילי-נ"ט

כאמור, הטווחים המקובלים כיום ב"מרנ"טים נעים בתחום 400—500 מטר. בעקבות הדרישות המבצעיות להגדיל את הטווח ל-800—3000 מטר, התברר, שהמנועים הרקטיים איטיים מדי וכמובן שאינם מדויקים לטווחים כאלה. מכאן נבע הצורך לפתח נשק-נ"ט בעל הנחיה, וכך החל עידן טילי-הנ"ט.

כיום קיימים טילי-נ"ט רבים המסווגים בדורות של כלי-נשק (דור ראשון, שני ושלישי). מקצתם מופעלים מן הקרקע על-ידי חייל אחד או שניים (ראה טבלה 2) ורובם, בשל משקל מערכת-השיגור, מופעלים מעל גבי כלי-רכב או רק"מ. בהשוואה ל"מרנ"טים, טילי-הנ"ט הם כבדים יותר, פחות מהירים והפעלתם מחייבת הכנות מתאימות, אך הטווח הארוך שלהם והיכולת להנחותם למטרה מחפים על החסרונות האלה.

טבלה 2 — נתונים כלליים על טילי
נ"ט (דור ראשון ושני) המופעלים מן
הקרקע על-ידי חייל אחד או שניים.

MILAN	HOT	DRAGON	VIGILANT	SAGGER	BANTAM	
גרמניה/צרפת	גרמניה/צרפת	ארה"ב	בריטניה	בריה"מ	שוודיה	ארץ
דור II	דור II	דור II	דור I	דור I	דור I	הנחיה
13.3	14.3	90	11	12	11	קוטר (ס"מ)
126	130	100	107	86	84.8	אורך (ס"מ)
11.8	25	13	—	11.2	20	משקל-כללי (ק"ג)
6.5	20	6	14	11.2	7.5	משקל-טיל (ק"ג)
200/75*	260	97/76*	155	117	85	מהירות (מטר/שניה)
2000—25	4000—75	1000	1600—230	3000	2000—300	טווח (מטר)
500	—	450	550	400	500	חדירה (מ"מ)

במספרים הכפולים המופיעים בעמודות המהירות, מציין המספר מימין ללכוסן את מהירות הטיל ביציאה מהמשגר, והמספר משמאל — את המהירות המקסימלית המתקבלת לאחר הפעלת מנוע-קטי.

בשנים האחרונות החלו לפתח דור-חדש של טילים (דור-שלישי). אלה הם טילים מסוג "ירה-ושכח" המתבייתים למטרה באופן עצמאי, ללא תלות במערכת הכיוון שבמשגר או בנווט. ממשגרים כאלה ניתן לירות גם כמה טילים יחד בלא שיהיה צורך לעקוב אחריהם.



לסיכום, כיום, אמצעי-הנ"ט האישי היעיל לטווחים ארוכים הוא טיל-דור-שני. לטווחים בינוניים וקצרים ישנם סוגים שונים של מרנ"טים, שכל אחד מהם מתבלט בתכונה זו או אחרת (כגון קלות-משקל, ירי שקט וללא רשף, נוחות-הפעלה, חדירה עמוקה וכד'). באשר לעתיד, הרי שלפי ההתפתחות המדהימה של טכנולוגיות חדשות, ניתן כיום לחזות, שטיל ה-נ"ט יהיה בקרוב נשק-אישי קל ונייד ובצורה זו תהיה בידי החייל-הרגלי תשובה מתאימה כנגד השיריון בטווחים ארוכים.

מקורות :

- 1) Oscar Klamer — Shaped Charge Scaling.
- 2) J. Simon — The Effect of Explosive Detonation Characteristics on S.C. Performance.
- 3) Major General J.I.A. Owen — Nato Infantry & It's Weapons.

פורסם ב"מערכות-חימוש":

- 1) חדירת-שיריון — כיצד? / ד. בנאור — חוברת מס' 5, עמוד 32.
- 2) מגמות בפיתוח מערכת-נשק נ"ט לחיל-הרגלים / א. שליו — חוברת מס' 10, עמוד 8.
- 3) קווים בהתפתחותם של טילי-נ"ט / א. לביא — חוברת מס' 23, עמוד 2.
- 4) תותחים וטילים נגד טנקים (מתורגם) — חוברת מס' 62 עמוד 16.



★ לאיטום צנרת בכל ל-
חץ, לאמינות מירבית,
מונע החלדה, ניתן ל-
פירוק **LOCTITE 572**
★ להבטחת תברייגים בא-
מינות מירבית, לעמי-
דות, ברעידות, מונע
החלדה וניתן לפירוק
LOCTITE 242
LOCTITE 601
★ לקבוע חלקים ציריים,
מיסבים, תותבים, גל-
גלי הנעה וכד', לחסכון
בהוצאות עבודה, לנוחיות
בהרכבה ובפירוק
LOCTITE 242
LOCTITE 601
כל אלה ועוד עם מוצרי
לוקטייט
לקבלת פרוספקטים, קבי-
עת פגישה ו/או ייעוץ ט-
לפוני, פנה אלינו לפי הכ-
תובת:

יבוא, שווק ושרות טכני:

רוטל תעשיית ומסחר בע"מ
ת"א רח' מרמורק 21 ת.ד. 33106 טל. 220375, 233735

100 שנים

ל-"מנוע-אוטו"

לפני מאה שנים בנה ניקולאוס אוגוסט אוטו (1832–1891) את המנוע הנסיוני הראשון בן ארבעת המהלכים. איגוד המהנדסים הגרמנים ציין את יובל-המאה למנוע-אוטו בכינוס בקלו, עיר הולדתו של המנוע.

הכינוס נועד לסקור לא רק את יצירת חייו של נ.א. אוטו ואת ההתפתחויות הטכניות שבאו בעקבות המצאתו, כי גם את סיכוייו של מנוע-השריפה-הפנימית לעתיד. בין הנושאים המרכזיים שהועלו בשני ימי הדיון והוויכוח במסגרת חגיגת היובל היו: מגמות בייצור מנועים וכלי רכב, בעיות הרעש והתנדודות, חמרי דלק ושריפה, התאמת ההינע לצרכי החספק.

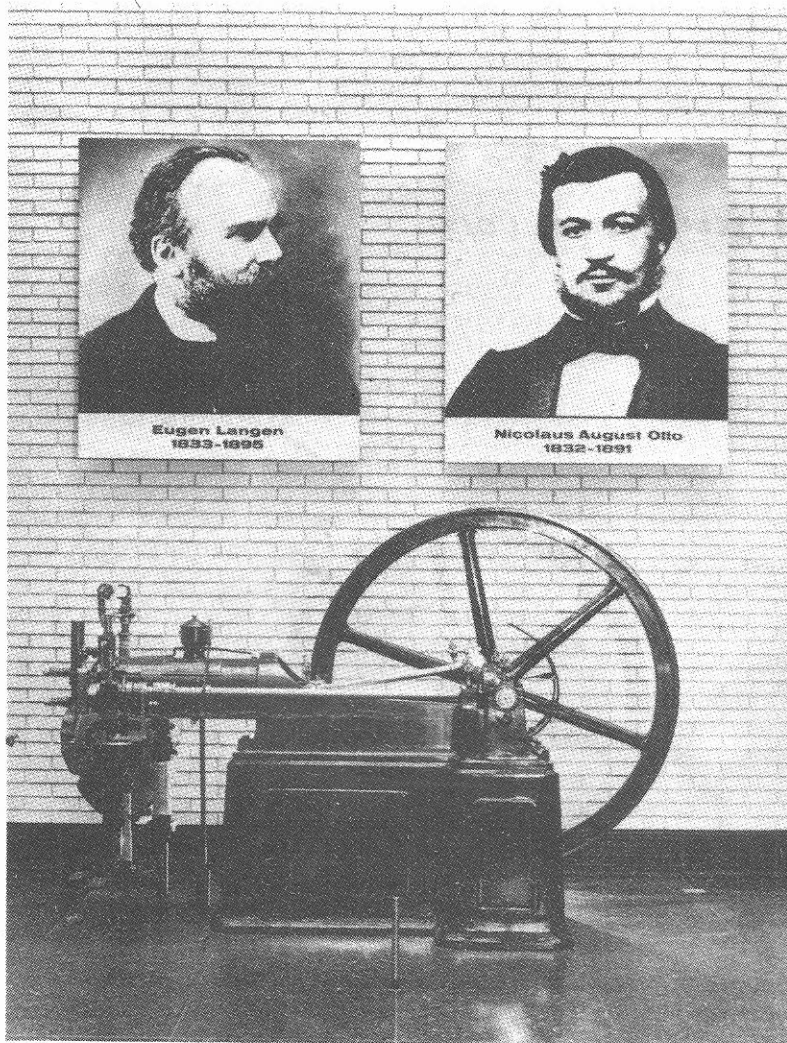
הסיפור מתחיל באדם צעיר שהתייחס תם מהוריו ושהדרך אל לימודי ההנדסה היתה חסומה בפניו למרות ציוניו המעולים בבית הספר. נ.א. אוטו למד בבית-ספר למסחר ועד גיל 30 היה סוכן-נוסע של צרכי מכולת. הביוגרפים של אוטו מספרים כי מסעותיו ונדודיו — בעגלות ובכרכרות — רותתו לסוסים — עוררו בו לראשונה את הרצון לבנות מכונה שתניע כל-ירכב.

תחילה התעניין נ.א. אוטו במנוע הגאז של הצרפתי אטיין לנואר, המצאה שנחשבה בשנת 1860 לפלא טכני, אך לא פותחה ולא הצדיקה את התקוות. מהניסויים שערך בדגם מנוע-לנואר למד נ.א. אוטו את תהליך העיבוי של תערובת הגאז והאוויר והתוודע אל שיטות הניצול היעיל של אנרגיה. זו היתה נקודת המוצא שלו אל פיתוח מנוע בעל ארבעה מהלכים. בראשית שנת 1862 השלים אוטו את בניית הדגם הראשון: מנוע "בוקסר" בעל ארבעה צילינדרים. עוצמת הפיצוצים במנוע

נסיוני זה היתה חזקה מדי ולא עבר זמן רב והמנוע יצא מכלל שימוש. למרות הכשלון המשיך נ.א. אוטו בבניית מנועים. (עברו 15 שנים עד שהצליח לבנות את מנועו השמיש הראשון, המצוייד בארבעה מהלכים).

נ.א. אוטו לא נואש, כאמור, ובשנת 1864 הקים בשותפות עם המהנדס אויגן לאנגן את המפעל הראשון בעולם לייצור מנוע-שריפה. ההצלחה האירה פנים למייסדים ובשנת 1872 ייסד המהנדס לאנגן חברת מניות,

שגם עכשיו היא חלק מחברת "קלוקנר-הומבולדט-דויץ". במפעל של החברה החדשה עבדו גם גוטליב דיימלר (כמנהל טכני) ווילהלם מייבאך (כמהנדס ראשי). בשנת 1875 קמו לחברה מתחרים מסוכנים — מפעלים שהחלו מייצרים דגם חדש: מנוע האוויר החם. המאמצים להגדיל את תפוקת המנוע האטמוספירי של חברת דויץ מעבר ל-3 כ"ס עלו בתוהו. נ.א. אוטו פנה שוב לניסויים במנוע ארבעת המהלכים.



בתמונה — מנוע הגאז הראשון שאפשר היה לשווקו. הוא יוצר על-ידי חברת מנועי הגאז דויץ בקלן בשנת 1876. למעלה: תמונות מייסדי הפירמה; משמאל: המהנדס אויגן לאנגן, מימין: הממציא ניקולאוס אוגוסט אוטו.

הראשון ובין דגמי הסדרות החדשות המיוצרים כיום.

המנוע הנסיוני של שנת 1876 היה מצוייד בצילינדר שקוטרו 161 מ"מ והמהלך היה 300 מ"מ. באמצעות 6.1 ליטר נפח-מהלך ביצע מנוע זה 180 סיבובים בדקה והיה לו הספק של 3 כ"ס. משקל המנוע היה כ-1000 ק"ג. 100 שנה לאחר מכן מגיע מנוע-טורבינות מתוצרת "פורשה" (דגם 1976) ל-5500 סיבובים בדקה ומפיק מ-3 ליטרים בלבד 260 כ"ס. משקל המנוע הזה — 210 ק"ג.

100 שנות עבודת פיתוח, המצאות, שכלולים וחיידושים מפרידות בין שני המנועים, אך מנועי הבנזין והדיזל נמצאים בשימוש עד היום. בכלי-רכב מסחריים כבדים מגיעה כיום התפוקה ל-500 כ"ס. מהירות של 80—90 קמ"ש היא הממוצע לגבי משאיות ואוטובוסים, ואילו במכוניות פרטיות בינוניות, מהירות של 170—180 קמ"ש איננה עוד דבר יוצא-דופן. התפוקה והמהירות שיחררו כוחות אדירים. כוחות אלה, מאידך, הולידו בעיות בתחום ייצור המנועים וכלי הרכב, ובתחום אמצעי הבטיחות (הפעילה והסבילה) הדרושים לאדם הנע בכבישים.

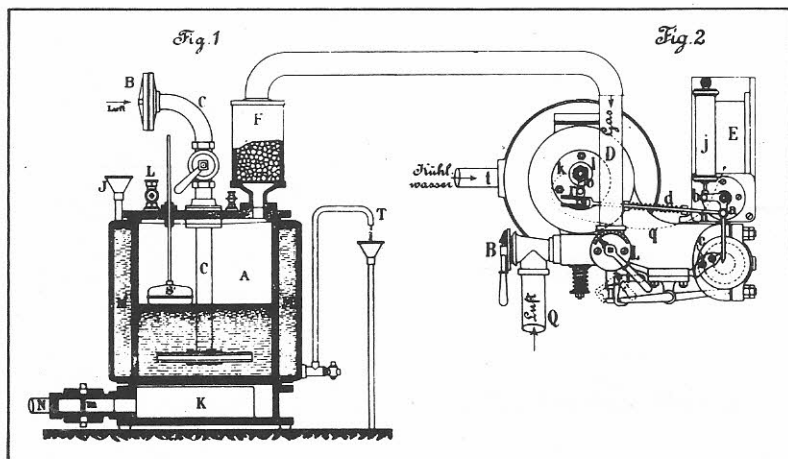
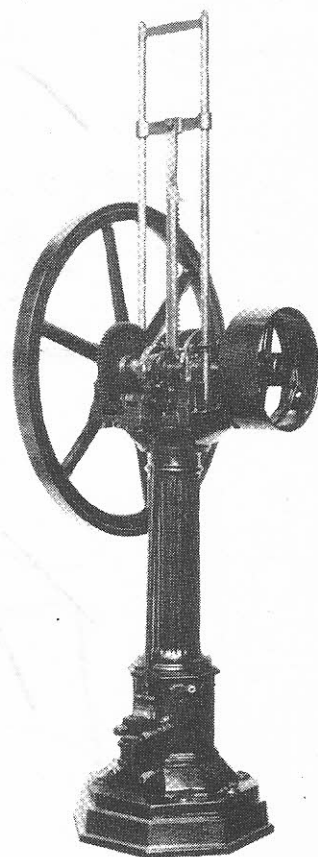
נ. גונדורף

לשכלל את מנוע-אוטו ולהגביר את מהירותו. אותה עת עסק קארל בנץ, במאנהיים, בפיתוח מנוע מהיר וכן בפניית מנוע בעל שני מהלכים, בלי שידע דבר על מטרות הנסיונים שעורכים עמיתיו בשטוטגרט. בשנת 1886 נפלה, איפוא, הפתעה כפולה: ברחובות שטוטגרט דהרה כרכה ממונעת של דיימלר ובמאנהיים נסעה מכונית-בנץ. בכך נפתחה תקופה חדשה — עידן התעבורה הממונעת. על פי אומדני איגוד המהנדסים הגרמנים נעים כיום בעולם כ-500,000,000 כלי-רכב מצוידים ב"מנוע-אוטו": "מנוע-אוטו" הניח את היסוד לתעשיית הרכב ותרם גם לפיתוח השיט הממונע והתעופה. עקרון ארבעת המהלכים, שמומש לראשונה במנוע-שריפה, שולט עד היום במערכות הייצור של מפעלי המנועים. הדברים אמורים גם לגבי מנוע-הדיזל (שפותח בין השנים 1893-1897 בידי רודולף דיזל), למרות העובדה כי מנוע זה מצויד לפעמים בשני מהלכים. לבסוף — ההתפתחות האחרונה בתחום זה היתה מנוע הבוכנה של פליקס ואנקל, שאף הוא פועל על-פי עקרון ארבעת המהלכים: יניקה, עיבוי, התרחבות, פליטה.

"100 שנות מנוע-אוטו" — הוא נושא שממנו מתבקשת השוואה בין הדגם

לאחר ניסויים ממושכים נולד — ב-9 במאי 1876 — "מנוע אוטו". הידע שהפיק אוטו מניסוייו (בשנת 1861), שנועדו לשכלל את מנוע-לנואר, לצייד אותו בקרבורטור ולהתאימו לשימוש בדלק נוזלי, מומש בבניית המנוע החדש בשנת 1876. אוטו המשיך בפיתוח רעיונותיו ובשנת 1884 הוציא מתחת ידו את ההצתה המגנטו-חשמלית. שנה לאחר מכן הציג בתערוכה העולמית באנטוורפן את מנוע השריפה בעל ארבעת המהלכים, המצויד בהצתה חשמלית והמופעל בדלק נוזלי. במנוע-בנזין זה השלים הממציא ניקולאוס אוגוסט אוטו את יצירת חייו.

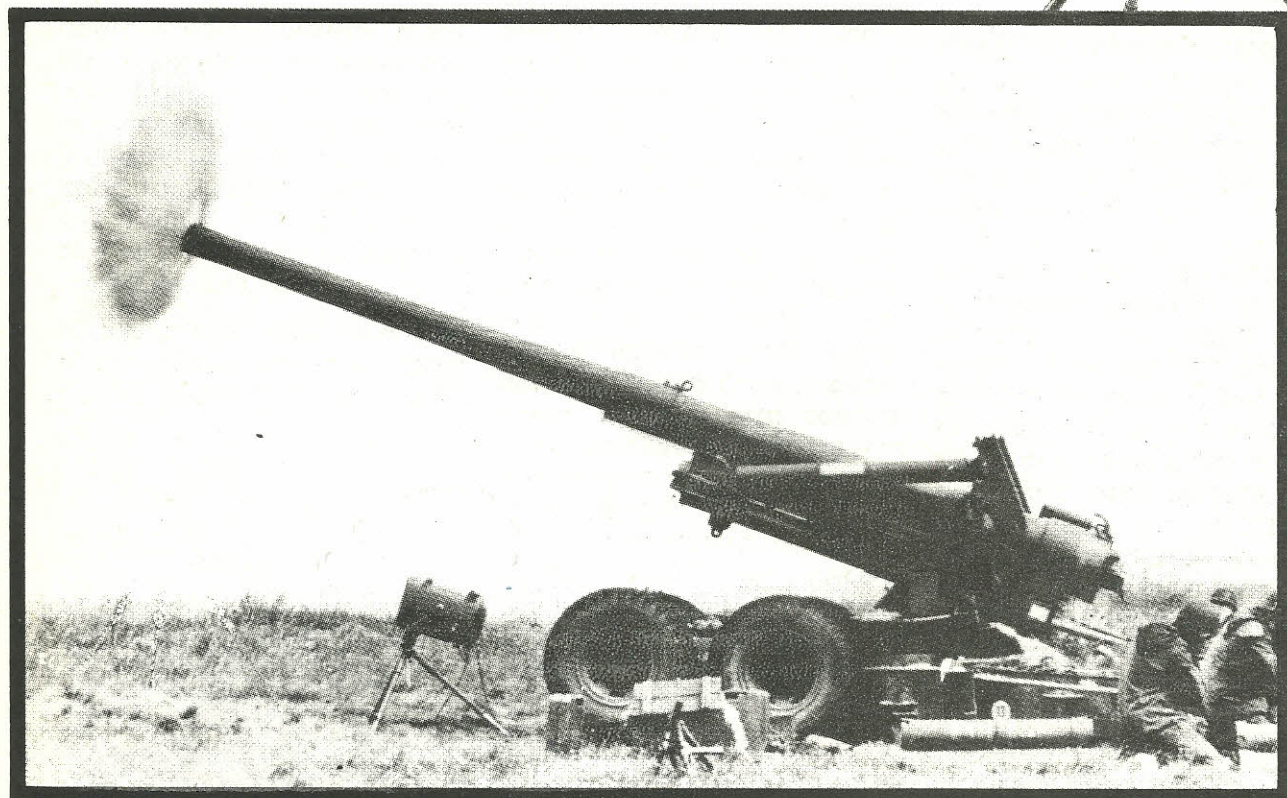
דיימלר ומייבאך פרשו בשנת 1882 מחברת דויץ ופתחו מפעל נסיוני משלהם בשטוטגרט. שם עלה בידם



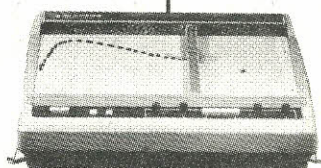
בתמונה: מימין — מנוע גז אטמוספרי של שני הממציאים משנת 1867. משמאל — תרשים של מכשיר הצתה וקרבורטור ש-א. אוטו פיתח בשנת 1884.

מדידות

בירי טנקים וארטילריה



מאת דן גרנות



המהירות המרכזית). בתרשים המתקבל מהמכ"ם (ראה ציור 1) מצויינים גם בסיס-הזמן ונקודת-האפס. בסיס-הזמן, שהוא הזמן העובר בתהליך המדידה, נרשם אוטומטית ונקודת-האפס, המציינת את רגע היציאה מהקנה, מתקבלת באמצעות תא פוטואלקטרי.

עקומת שינוי-המהירות המתקבלת, מתחילה רק ממרחק מסוים מהלוע — כ-40 מטר, והסיבות לכך הן האיחור בתגובת מחס-הרשם ותופעת היוניזציה של האויר הנגרמת בעת הירי כתוצאה מן החום בקרבת הלוע. מכיוון שאנו מעוניינים לדעת את המהירות מיד ביציאה מהלוע עלינו לעשות "אקסטרפולציה" לינארית". כלומר, לאחר קבלת העקומה, מסמנים עליה כמה נקודות המציינות מהירויות מסוימות. כעת, בהנחה שהמהירות יורדת בצורה לינארית, מעבירים קו ישר המחבר את הנקודות האלה וממשיכים אותו עד להיפגשו עם נקודת האפס בתרשים. מדידת הסטיה של נקודת המיפגש הזו מהמהירות המרכזית תיתן לנו את מהירות-הלוע.

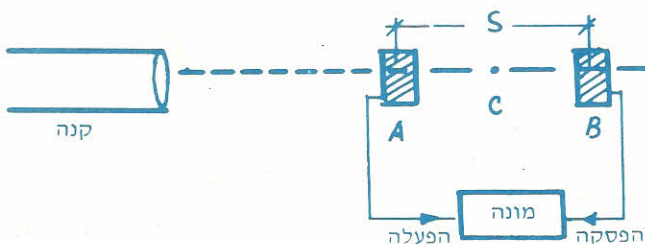
בנוסף לשיטת המדידה הזו, המבוססת על רישום עקומה לאורך זמן (מכ"ם E.V.A.), ישנן עוד שיטות מדידה של מכ"ם-מ"דופלר שבהן נמדדת מהירות הפגז בנקודה אחת בלבד, ללא רישום רצוף של עקומת שינוי-מהירות (כגון M36 ו-Nera), או מדידת מהירות הפגז בכמה נקודות לאורך המסלול ו"הוצאת" מהירות-הלוע לאחר תהליך חישוב פנימי.

החיסרון של מכ"ם-מ"דופלר הוא, שאין הוא מתאים למדידת מהירות-לוע בעת ירי של תחמושת-מינעל. בתחמושת כזו המינעל הוא גוש-נע נוסף, הגורם לקבלת תוצאות לא נכונות.

מדידה על-ידי מתקני-חישה

מתקני-החישה האלה מרגישים בכדור העובר בקרבתם. קיימים כמה סוגים של מתקני-חישה למדידת מהירות-לוע, כגון תאים-פוטואלקטריים, סלילים ומעגלי-קצר.

המדידה באמצעות מתקני-חישה נעשית כך (ראה ציור 2): המונה מודד את הזמן t שבו עובר הכדור בין שני מתקני-החישה A ו-B; זמן זה נמדד בדיוק של מיליונית-שניה. S — הוא המרחק בין שני מתקני-החישה ו-V היא מהירות הפגז. בהתחשב בעובדה שירידת המהירות היא



ציור 2 — מדידת מהירות-לוע על-ידי מתקני-חישה.

עם קבלתן של מערכות נשק או תחמושת חדשות נעשות בהן מדידות שונות לצורך קבלת נתונים בליסטיים. נתונים אלה משמשים לבדיקה או לתכנון של מכשירי-כינון וכן להכנת לוחות-טווחים לירי. בלוחות-הטווחים האלה מרוכז מידע שבעזרתו מכוונים את כלי-הנשק לטווח הרצוי. אחד הנתונים העיקריים המשמשים להכנת הלוחות האלה הוא מסלול-המעוף של הפגז. "בניית" מסלול-המעוף נעשית על-ידי מחשב-אלקטרוני המוזן במשוואות התנועה.

לצורך הכנת משוואות התנועה, אנו זקוקים לנתונים האלה:

* מהירות-לוע — זו המהירות שבה הפגז עוזב את הקנה.

* מהירות נותרת — זו המהירות שבה מגיע הפגז למטרה.

* מקום הפגיעה ביחס לצלב-המטרה.

* זמן-המעוף של הפגז עד הגיעו למטרה.

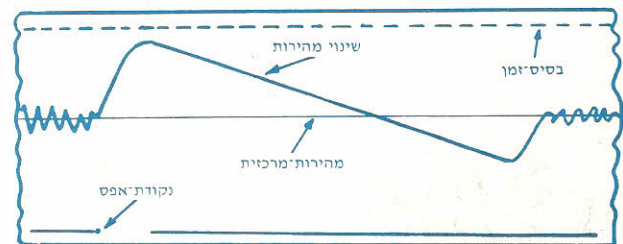
* נתונים מטאורולוגיים — תנאי האטמוספירה.

מהירות-הלוע

מדידת מהירות-הלוע נעשית בשתי שיטות עיקריות: האחת — בעזרת מכ"ם-מ"דופלר (ראה תמונת השער) והשניה — בעזרת מתקני-חישה (Sensors).

מדידה באמצעות מכ"ם-מ"דופלר

מכ"ם-מ"דופלר הוא מכשיר השולח קרני-X בתדירות גבוהה (10GHz). גלים אלה משודרים לעבר מסלול התעופה של הפגז, פוגעים בפגז ומוחזרים ממנו אל אנטנת המכשיר בתדר שונה (תופעת-דופלר). ההפרש בין התדר הנשלח ובין התדר המוחזר נמצא ביחס ישר למהירות הפגז. הפרש זה מתואר על-ידי רשם והתוצאה המתקבלת היא עקומת שינוי המהירות של הפגז ביחס לזמן. לפני המדידה, מכוונים את המכ"ם לקליטת המהירות המרכזית, שהיא המהירות המשווערת של הפגז. כושרו של המכ"ם מתבטא בגודל של תחום ירידת-המהירות שהוא מסוגל למדוד, וערך זה מתייחס למהירות המרכזית (לדוגמה מכ"ם מסוג E.V.A. מאפשר למדוד תחום-מהירות של ± 36 מטר לשניה לגבי



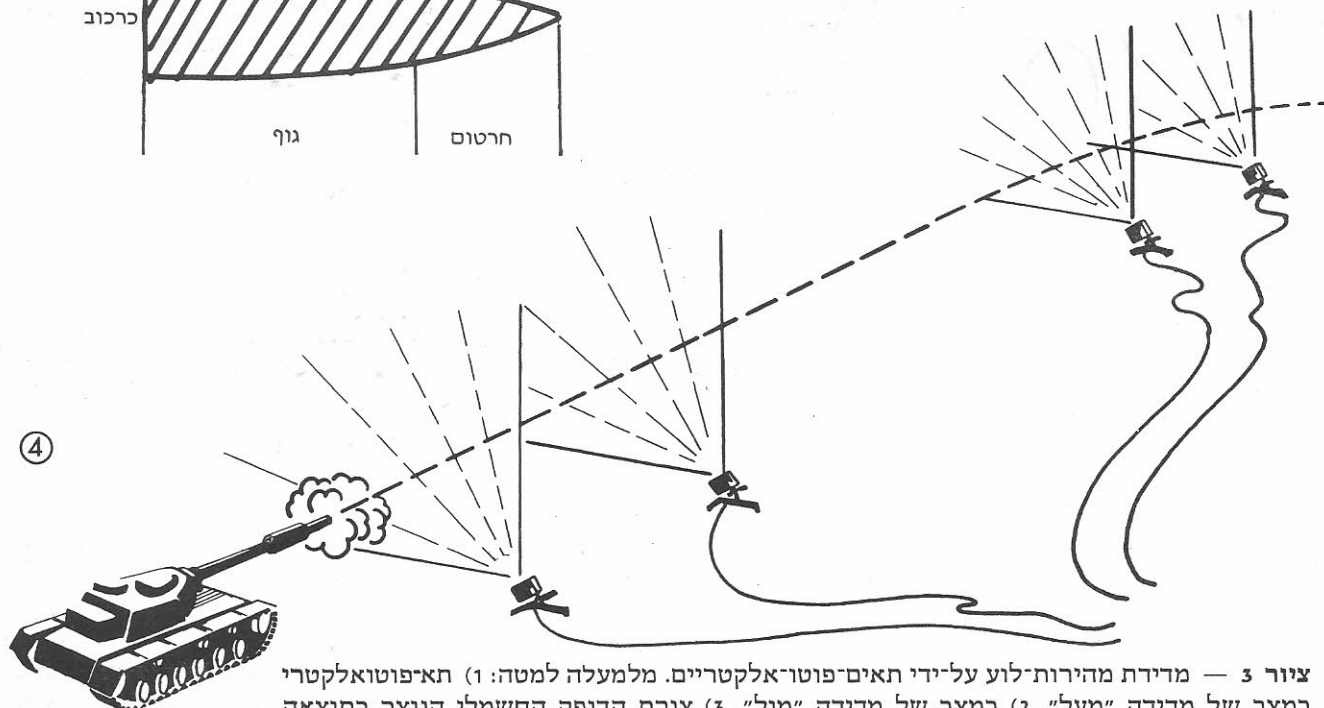
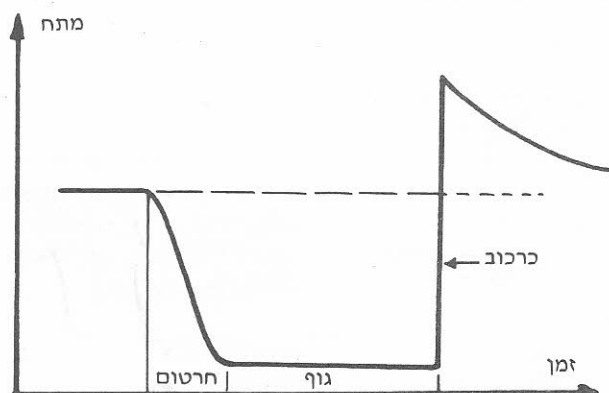
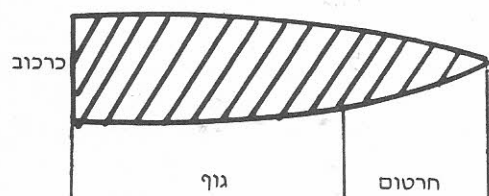
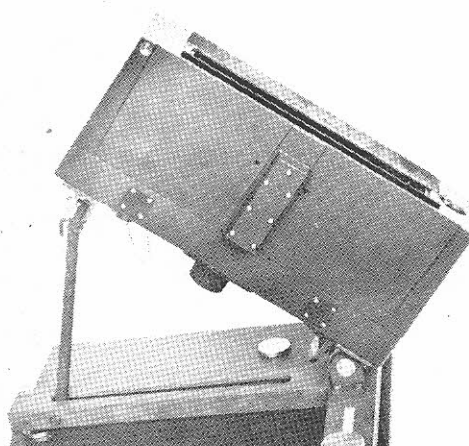
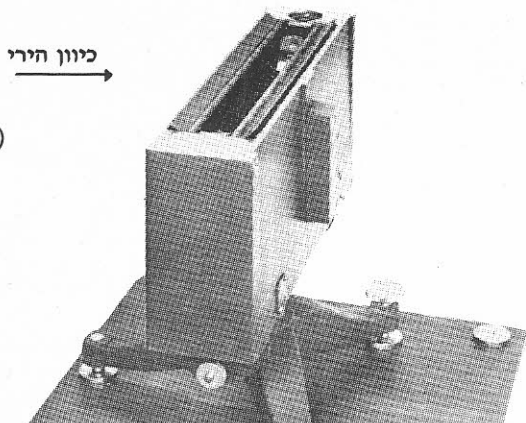
ציור 1 — עקומת שינוי-המהירות המתקבלת במכ"ם-דופלר E.V.A.

לינארית, אפשר לכתוב ש $V_c = s/t$ — היא מהירות הפגז בנקודה C הנמצאת באמצע המרחק בין A ל-B.

נתאר להלן את הסוגים העיקריים של מתקני-חישה למדידת מהירות-לוע:

תא-פוטואלקטרי

התא-פוטואלקטרי (ראה ציור 3), הוא מכשיר היוצר מתח חשמלי היחסי לכמות-האור המתקבלת בתחום זווית-הראייה שלו. כאשר כדור עובר מעל התא או מולו (תלוי בצורת ההצבה של המכשיר), הוא גורם לשינוי פתאומי בכמות-האור שהתא מקבל; שינוי זה יוצר דופק חשמלי. בבניית התא-פוטואלקטרי משתדלים ליצור זווית-ראייה צרה מאוד (0.5 עד 1 מעלה), ובצורה זו משיגים דופק חשמלי מוגדל ודיוק-מדידה גבוה יותר.

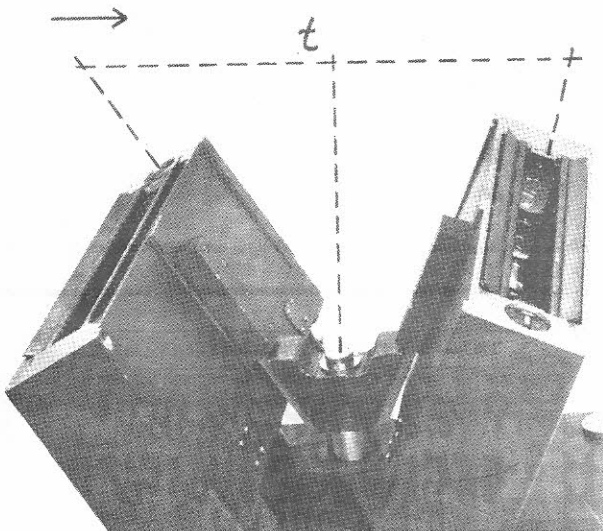


ציור 3 — מדידת מהירות-לוע על-ידי תאים-פוטואלקטריים. מלמעלה למטה: (1) תא-פוטואלקטרי במצב של מדידה "מעל". (2) במצב של מדידה "מול". (3) צורת הדופק החשמלי הנוצר כתוצאה ממעופו של פגז מעל תא-פוטואלקטרי. (4) תרשים מדידת מהירות-לוע על-ידי תאים פוטואלקטריים.

המסלול בהשוואה לזה שבתחילת המסלול והשניה — כיצד להעביר את תוצאות המדידה מהמטרה לעמדת הירי בלא שיהיה צורך להציב אדם סמוך למקום הפגיעה. כדי להתגבר על בעיית הפיזור משתמשים בתאים-פוטואלקטריים בעלי רגישות גבוהה ובעלי זווית-פתיחה גדולה (הזווית במישור הניצב לכיוון הירי — 80°). העברת תוצאות המדידה לעמדת-הירי נעשית בעזרת מערכת טלמטרית פשוטה המקבלת את תוצאות המונה בעמדת המטרה ומעבירה אותן באלחוט למונה בעמדת-הירי.

מקום הפגיעה

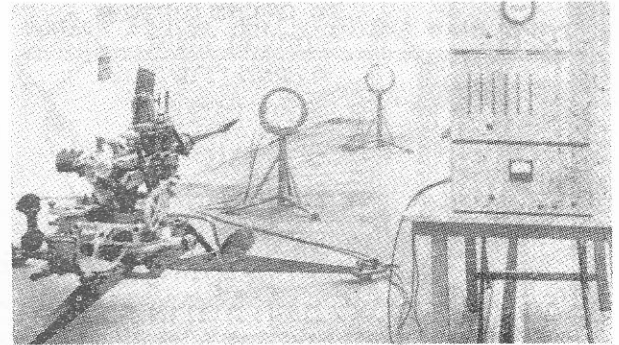
השיטה הפשוטה ביותר למדידת מקום הפגיעה היא בניית מטרה קשה ומדידת מקום הפגיעה כלפי צלב הנמצא על המטרה, ואשר אליו מכוון הקנה. לנוחות המדידה, אפשר לצלם את המטרה בעזרת מצלמת-טלויזיה הפועלת בחוג סגור ולבצע את המדידה על מסך-הטלויזיה.



צויר 6 — מדידת גובה הפגיעה בעזרת מערך של שני תאים פוטואלקטריים.

שיטה מתקדמת יותר למדידת מקום הפגיעה מבוססת על שימוש בתאים-פוטואלקטריים. למדידת גובה הפגיעה, למשל, אפשר להשתמש במערך-מדידה של שני תאים (ראה צויר 6). המדידה במקרה זה מבוססת על כך, שהזמן t שבו עובר הפגז בין זווית-הראיה של תא מס' 1 לזו של תא מס' 2 נמצא ביחס ישר לגובה מעופו של הפגז (המהירות הנותרת ידועה). במערך-מדידה דומה אפשר להשתמש למציאת הסטיה הצידית מהמטרה. יתרונה של השיטה הזו הוא, שאין צורך להקים מטרת גדולות. החסרון של השיטה, מאידך, נעוץ בדיוק הרב הנדרש בעת המדידה ובמיוחד במיקומם של התאים. כיום מבוצעת המדידה של מקום הפגיעה על-ידי הצבת מטרת אלקטרוניות, הבנויות ממתקני-חישה פוטואלקטריים או אקוסטיים (מיקרר-פונים).

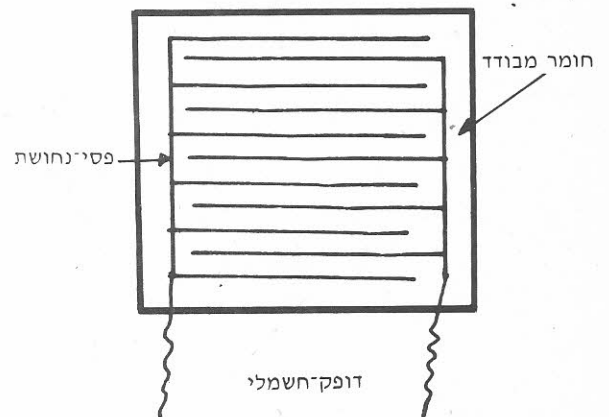
הסליל הוא מתקן בעל ליפופים רבים. המדידה באמצעותו (ראה צויר 4) מבוססת על התופעה של היווצרות מתח-חשמלי בקצוות סליל כתוצאה מתנועה של מגנט דרכו. כדי להימנע מהצורך למגנט כל פגז הנורה דרך הסליל, הצמידו לסליל-המדידה סליל נוסף שעובר בו זרם-חשמלי (גוש-מתכתי העובר דרך סליל שזרם בו זרם, מקבל תכונות מגנטיות).



צויר 4 — מדידת מהירות-לוע על-ידי סליל.

מעגל-קצר

מתקן זה בנוי מפסי-נחושת בצורת מסרק (צויר 5), הנמצאים על דף העשוי חומר מבודד. כאשר הכדור עובר דרך המתקן הוא גורם לקצר בין שני פסים. הקצר מועבר למעגל-אלקטרוני פשוט וזה יוצר דופק חשמלי. חסרונה של שיטת המדידה הזו נובע מכך, שבמעגל-קצר אפשר להשתמש פעם אחת בלבד, והדבר גורם להפסדים בזמן ובכסף. עוד יש לציין, שמעגל-קצר אינם משמשים למדידת מהירות בירי-ארטילרי בגלל בעיות ההתקנה הקיימות בירי תלול-מסלול.



צויר 5 — מעגל-קצר.

מהירות נותרת

כאמור, המהירות הנותרת היא המהירות שבה מגיע הפגז למטרה. מהירות זו נמדדת באותה שיטה שבה מודדים מהירות-לוע על-ידי מתקני-חישה. כאן יש להתגבר על שתי בעיות: האחת — פיזור גדול בסוף

זמן-המעוף

מדידת זמן המעוף מתבצעת בעזרת מונה, המופעל על ידי תא-פוטואלקטרי ברגע שהפגז עוזב את הלוע. פעולת המונה מופסקת על ידי מיקרופון ומגבר הנמצאים על המטרה. פקודת ההפסקה מועברת לעמדת-הירי על ידי מערכת טלמטרית, המעבירה גם את המהירות הנוטרת.

נתונים מטאורולוגיים

במדידת ירי נמדדים תמיד גם תנאי האטמוספירה. לכך משמשים מכשירים מקובלים: תרמומטר (טמפרטורת האוויר), ברומטר (לחץ-האוויר), היגרומטר (לחות-האוויר) ומדי-רוח (מהירות-הרוח), המוצבים — אחד סמוך לעמדת הירי והשני — ליד המטרה. בירי-ארטילרי מודדים את התנאים המטאורולוגיים בגבהים שונים: לצורך המדידה מפריחים לאוויר רדירסונדות, המשדרות את הנתונים לתחנת קליטה קרקעית.

פורסם ב"מערכות-חימוש"

מדידות אלקטרוניות במערכות-נשק / ש. קינן — חוברת מס' 41, עמ' 42.

אל-שם

חברה ארצית להעברת דירות בע"מ
המומחים בהובלה
ביטוח ואחריות לכל הובלה והעברה



והרכבת ארונות חינם לאנשי צבא קבע

משרד ראשי ת"א 03-614038

חיפה 04-717455 אילת



הידראוליקה

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

טל. 823564 - 821638

מערכות הידרוסטטיות

מערכות הגה

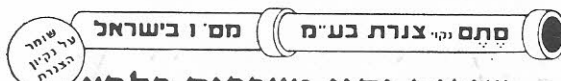
משאבות

בוחרים

אביזרים הידראוליים שונים

אטמי שמן מכל הסוגים

ייצור, תקון, יבוא, מכירה



שירות נקוי מערכות בלחץ

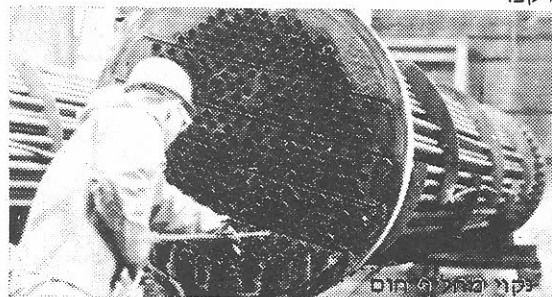
מים גבוה

עד 1,200 אטמוספירות

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

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

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



בני ברק, רח' ישמעאל 13
03-775240

סותם נקוי צנרת בעמ

פרסם

ב-"מערכות- חימוש"



כתב-העת
המגיע לאלפי
בעלי-מקצוע



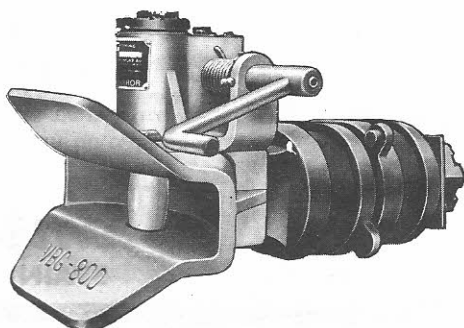
חנו רבינוביץ בע"מ

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

סוכנות בלעדית לישראל

קבלנו מלאי ווי גרידה
V.B.G. 800
וכן כריות גומי אודג'נליות



ספם - SAPHEM

תעשיה הידראולית בע"מ
פתח-תקוה — דרך ז'בוטינסקי
ת.ד. 1129 ת"א — טל. 921688

על חסכון אין לותר

אבל יעול

שוה יותר!

הגש הצעותיך לוועדת הייעול
היחידתית- או המרכזית
בפיקוח המשקי, משרד הבטחון

Johnson



חשורי יד מוטוריים



הטובים בעולם
לגננים ויערנים
ניתנים להשגה בכל הגדלים.

Pioneer Chain Saws

חצתים צ'מפיון

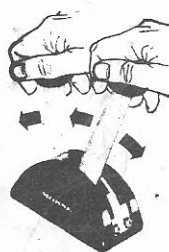


המצת האורגינלי
לכל סוגי מנועי הבנזין בעולם.

CHAMPION
U.S.A.



בית ספר
לצלילה
טלפון 827572



בקרה מרחוק

בקרה הדואולית ומכנית
לכלי שיט ולציוד מכני כבד.

MORSE
CONTROLS INC.



La Spirotechnique France

ציוד צלילה

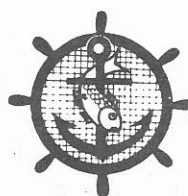
ציוד צלילה לחובבים
ומקצועיים, ציוד מיוחד
לעבודות תת מימיות.



ציוד תת-ימי

ביחיר הידוע בטיבו בעולם
כולו לציוד דייג תת מימי.

Nemrod
SPAIN



מוריס גרינברג בע"מ
MORRIS GREENBERG LTD.

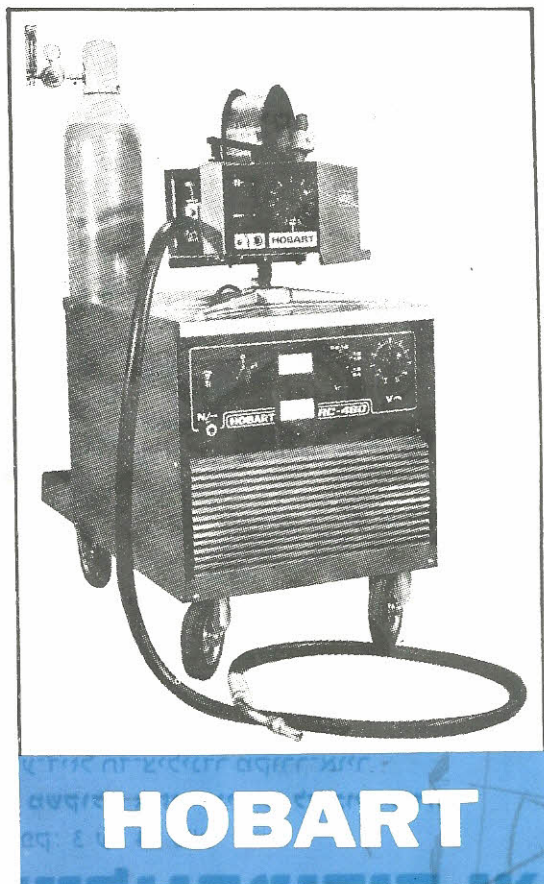
דרך שלמה 83, תל-אביב
טלפון 827572 . 824725

תחת קורת גג אחת

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

ציוד לריתוך התנגדות מתוצרת SCHLATTER שווייץ

- * ריתוך נקודות חד ותלת-מזי.
 - * ריתוך תפר
 - * ריתוך אוטומטי לרשתות.
 - * ריתוך הבזקה לפלדה ואלומיניום.
 - * ציוד לריתוך נקודות תעופתי.
 - * ציוד אוטומטי לריתוך מגעים.
 - * ציוד אוטומטי ליצור רכיבים אלקטרוניים.
- מלקוחותינו: תדיראן, תעשיה צבאית, תעשיה אווירית,
טלרד, חמת, נילי, הפת, פרג, בניית, ברזורין, רשתות יהודה
ועוד.



HOBART

גדול יצרני מכונות ריתוך קשת, תחת גאז חגן

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, תעשיה צבאית, תעשיה אווירית, נצר-סירני,
מפעלי ים המלח, חברת החשמל ועוד מאות לקוחות שונים.

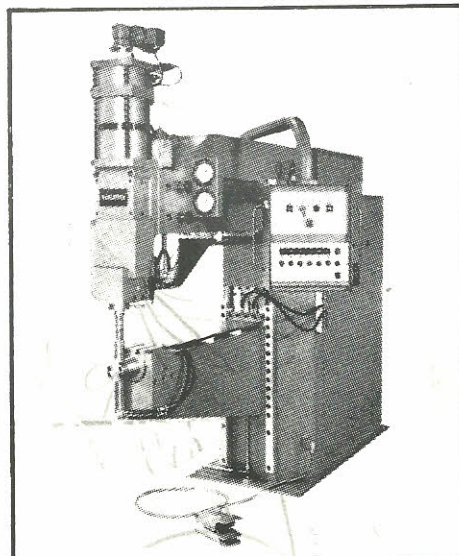
שרות: מח' שרות שבה טכנאי חשמל ואלקטרוניקה
מאומנים עומדת לרשות לקוחותינו בכל רחבי הארץ.

אל-אור

רח' זיבוטנסקי 10, בני-ברק (8-795127)



יבואנים ומכיצים בלעדים בט"מ



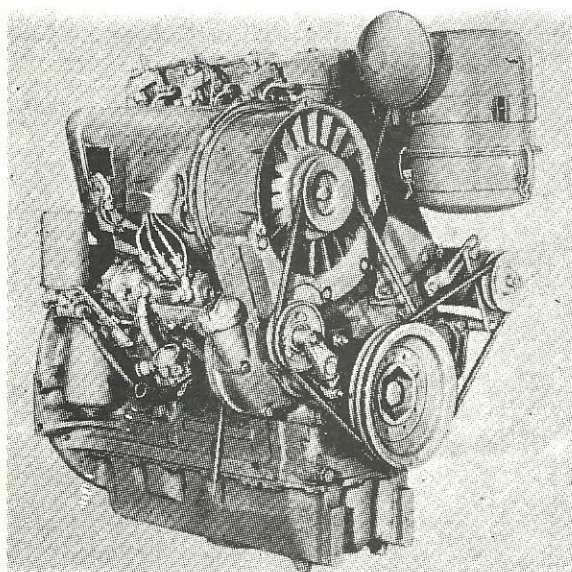
SCHLATTER

השם המוכר בציוד לריתוך התנגדות

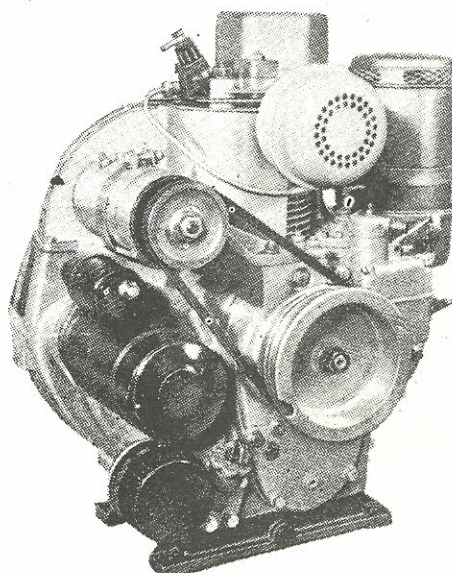


מנועי-דיזל "דויטץ"

מנועי-דיזל מקוררי-אוויר מ-3 — 500 כ"ס
מנועי-דיזל מקוררי-מים מ-60 — 8500 כ"ס



מנוע-דיזל תלת-צילינדר דגם F3L912
מקוררי-אוויר הספק: 32 עד 47 כ"ס



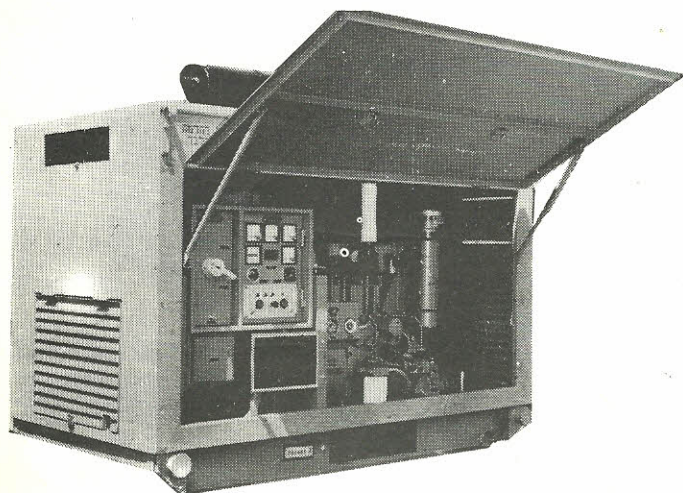
מנוע-דיזל חד-צילינדר מקוררי-אוויר
עם משקולת איזון פנימית לדיכוי רעידות
הספק: 3 עד 14 כ"ס



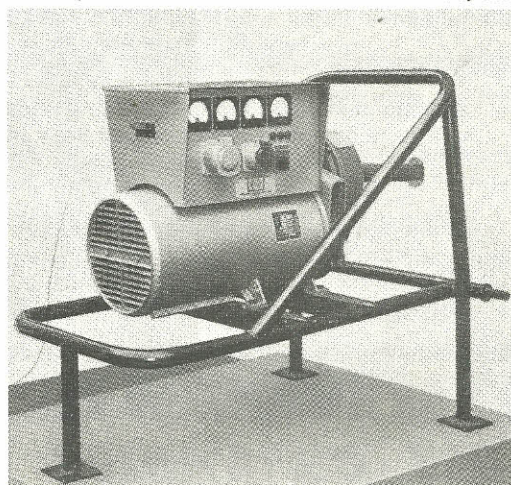
דיזלגנרטורים ואלטרנטורים מ-2 עד 8000 KVA

A.van Kaick

הצעה מיוחדת



דיזלגנרטור 30 KVA עם חופה



גנרטור להרכבה ל-P.T.O.
ושלוש נקודות בטרקטור

מלאי, שירות, יעוץ, חלפים, אחריות

חברה להנדסה ולתעשייה בע"מ

תל-אביב שד' רוטשילד 7 טלפון 51511 ת.ד. 1191