

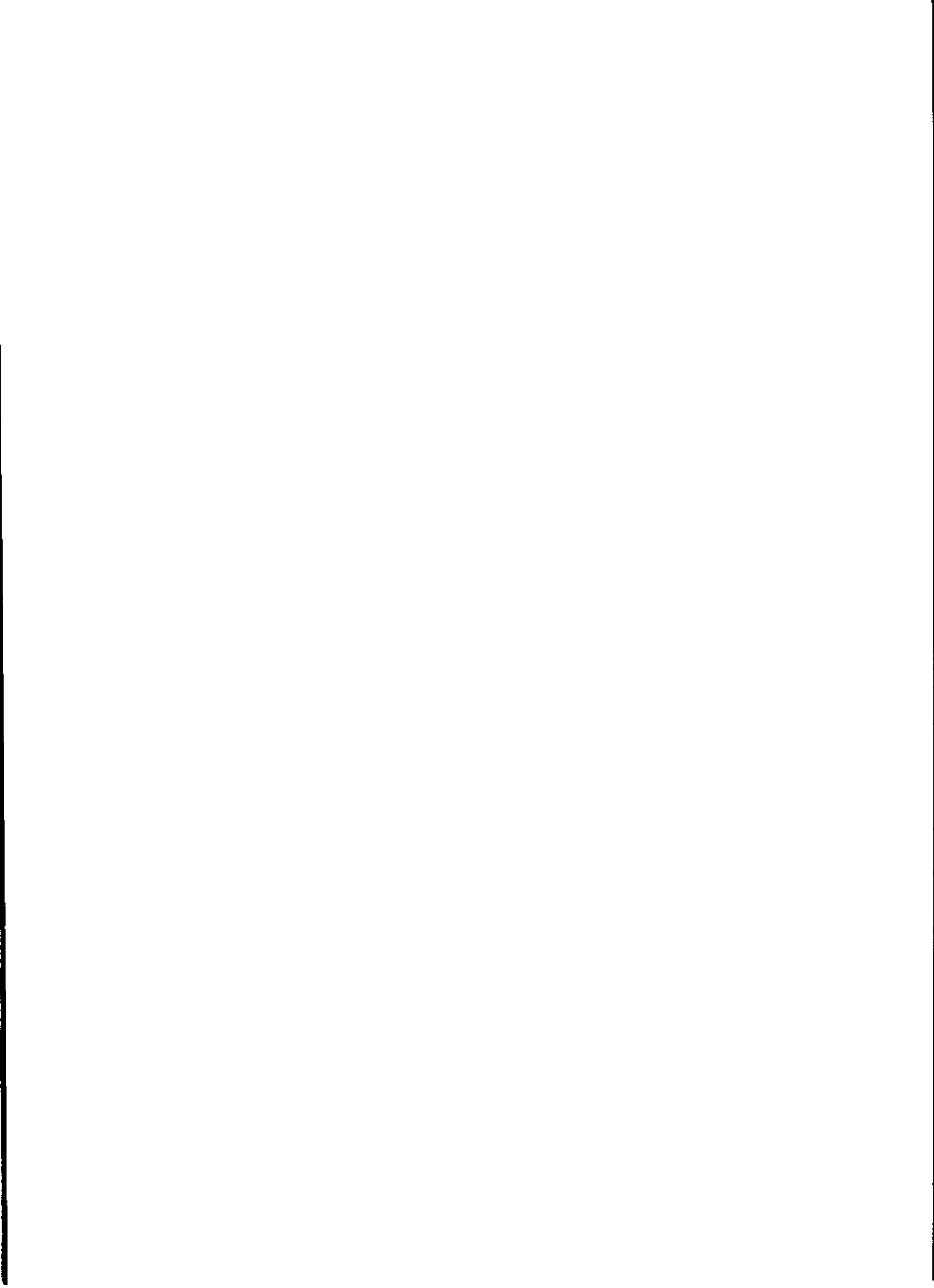
22



מערכות-חימוש

ניסן חשכ"ו - אפריל 1966





מערכות-חימוש

חוברת מס' 22 - ניסן תשכ"ו - אפריל 1966

תוכן העניינים:

- 2 שלבים בהתפתחות תותחי 20 מ"מ . נחמיה זהר
- 9 קפיצים הידרו-אלסטיים . . . אלכס מולטון
- 13 התפתחות הזכוכית לכלי-רכב . . . אנטוני קורטיס
- 17 אמינות מערכות אריה רמון
- 21 כיצד פועל אקדח הרקטה החדש
- 22 ישור הרתוכים מסייע לתפר

רענן ידיעותיך:

- 25 מערכת המאור בכלי-רכב

מדור אחזקה:

- 29 מנועים מעדיפים חום
- נידות מוגברת ליחידות
- לוגיסטיות
- 32 מיור נויל א. פירסון

מעניין ומועיל:

- משאת חדשה לצבא ארה"ב / מקדדים בעלי קצוות
- קרביד / נשק שבדי חדש / נגמ"ש נ"מ סובייטי /
- התקן לנשיאת לוחות / מכשיר מטלטל לחתוך פחים /
- 37 כלי-רכב מהפכני / האם זה טנק העתיד?
- 39 הומור וטכניקה
- מכתבים למערכת
- 40

קורא נכבד!

לגליון זה של „מערכות-חימוש" אנו מצרפים אינדקס של כל המאמרים שהופיעו ב-21 חוברות „מערכות-חימוש" שהודפסו עד עתה. אינדקס זה מסודר לפי מדורים ולפי הא'—ב'. אנו מקווים שהאינדקס יקל על אלה הזקוקים לחומר שהתפרסם בחוברות הקודמות.

העורך

תמונת השער: תותח „סימאג" ישן לעומת היספנו סויה חדש

מערכות
בית ההוצאה של
צבא הגנה לישראל

העורך הראשי: אל"מ אלעזר גלילי
סגן העורך הראשי: סא"ל גרשון ריבלין
קציני מערכת: סגן שמואל בולוצקי
שלגא גפני
מרים נתנאל

„מערכות": העורך סא"ל צבי סיני
עורך-משנה: רס"ל מרחב

„מערכות-הפלס": קצין-עריכה רבי-סרן ברוך ספיר
„מערכות-ים": קצין-עריכה רבי-סרן עזריאל טל
„מערכות-שריון": קצין-עריכה רבי-סרן מאיר איזנטל

המערכת והמנהלה: הקריה — ת"א, רח' ג' מס. 1, טל. 69237



קצין עריכה — רבי-סרן יעקב להט
עורך משנה — סגן צבי פנאוסוב

שלבים בהתפתחות

תותחי 20 מ"מ

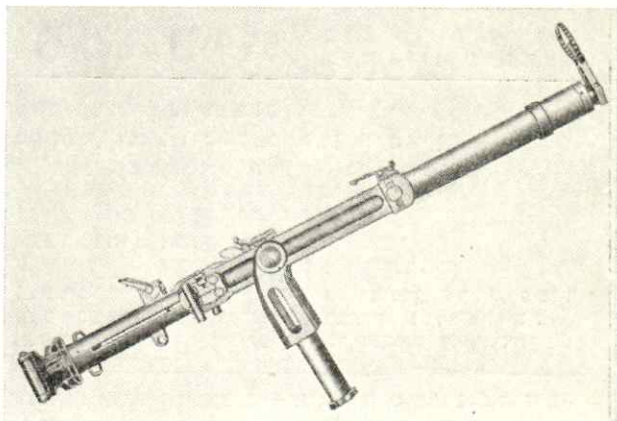
הקדמה

תותחי 20 מ"מ הראשונים שיוצרו, צוידו בתחילה בתחמושת בעלת קליעים מוקשים שיועדה לחדירת שריון קל במטוסים, וכלי-רכב קלים. עם התפתחות התותח, כתוצאה מהדרישות החדשות שהופיעו, צוידו הקליעים במטעני הנ"מ להגדלת השטח המוכה במקום הפגיעה. למעשה, תותחי 20 מ"מ מהיום מעין מקלעים כבדים היורים אש אוטומטית בקצב אש הנע בין *120—7200* כ' לדקה. הפיתוחים הראשונים של תותח 20 מ"מ נועדו לחימוש מטוסים. אולם עם הזמן והמשך פיתוח התותח נמצאו לו שימושים רבים נוספים.

מאז תותח 20 המ"מ הראשון, נוצרו מאות דגמים שונים של תותחים בארצות רבות. מתוכם נותרו היום רק מעט תותחים, המקובלים על מספר רב של צבאות. במאמר זה נתחם רק לתותחים שהיו מקובלים בצורה נרחבת בצבאות השונים.

תותחי 20 מ"מ בתקופה שבין מלחמת העולם הראשונה לסוף מלחמת העולם השנייה

בעקבות מסקנות ולקחים הנובעים ממלחמה חלים שיפורים גדולים יותר בכלי-נשק מאלה שנעשו בהם בשנים שקדמו



ציור מס' 1
תותח מטוסים בקר מודל 1918

למלחמה. מרביתם של תותחי 20 מ"מ, "היספנו סיוזה" או "אורליקון" פותחו תוך כדי מלחמת העולם או מיד לאחריה.

תותחים 20 מ"מ דגמי "אורליקון"

- (1) תותח "בקר" (Becker) הומצא — בגרמניה.
- (2) תותח "סימאג" (Semag) הומצא — בשוויץ.
- (3) תותח "אורליקון" (Oerlikon) הומצא — בשוויץ.
- (4) תותח "פולסטון" (Polsten) הומצא — בפולין-ובריטניה.
- (5) תותח "גאזדה" (Gazda) הומצא — בשוויץ.

תותח-מטוסים "בקר" (Becker)

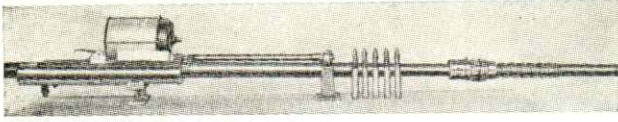
כאשר התקין חיל האוויר הגרמני, בשלהי מלחמת העולם הראשונה, לוחות שריון סביב חלקים חיוניים של מפציצי "גותה" הענקיים, הם הפכו את המקלעים בעלי הקוטר הקטן כשל רובה, שהיו בידם ואלה שהיו בידי בעלות הברית — לנשק נושן. עובדה זו אלצה את הגרמנים למצוא נשק מתאים, העשוי להתגבר על מצב זה מצד אחד, ולא להפר את חוזה השלום, שהוטל עליהם על-ידי בעלות הברית בענין איסור ייצור טילי הנ"מ בעלי קליבר קטן, מצד שני. כתוצאה מכך, הם פנו להמצאה של ריינהולד בקר, אשר יצר בבית החרושת שלו תותח-מטוסים וקיבל עליו פטנט עוד בתחילת מלחמת העולם הראשונה.

הגרמנים, שהצטיידו בתותח "בקר", השתמשו בתחילה בתחמושת אשר טיליה היו מוקשים וחסרי הנ"מ. האמריקנים לא מצאו ענין בתותח "בקר", והצרפתים, שערכו ניסויים במנגנון התותח במשך שנים רבות, הגיעו למסקנה שתותח "בקר" מבעית מאוד בלחימה אווירית, אך אינו יעיל נגד טנקים או יחידות בעלות שריון כבד.

תותח-מטוסים "סימאג" (Semag)

למרות ש"חווה ורסיי" הטיל איסורים והגבלות על הגרמנים במה שנוגע לייצור נשק וחימוש צבאם, השתדלו אלה למצוא

* תותח 20 מ"מ "בקר" במלחמת העולם הראשונה.
** תותח 20 מ"מ "וולקן" M'61 לאחר מלחמת העולם השנייה.



ציור מס' 2
תותח אורליקון דגם S שהיה בשירות חיל האוויר הגרמני

תקוה, לתותח אוטומטי מהימן לשימוש בגד-מטוסים, אימץ חיש את הדגם FFS לשימוש על סיפון-אניה. פיתוח טילי הנ"מ הוכיח מכבר את הצלחתו, ובכל הזמנות הוצג תנאי שטיילי החנ"מ ייוצרו בכמויות פרופורציונליות.

תותח נ. מ. „פולסטן“

אחד הפיתוחים הלא-רגילים ביותר, של אחד מדגמי תותח- „אורליקון“ בא בעקבות פלישת הגרמנים לתוך פולין. ארץ זו מצאה ענין בנשק זה לשימוש על הקרקע והכתיבה להגן- דסיה הראשיים להעתיק את שרטוטי המבנה של חלקים רבים לשם פישוט שיטות הייצור. כאשר משימה זו כמעט הושלמה, החלה פלישת הגרמנים. המהנדסים הפולניים, שבידם היו שרטוטים לשיפורים מוצעים, נמלטו לאנגליה ומסרו את התכניות למפקח החימוש הראשי. הוא שוכנע במידה רבה על-ידי השיפורים המיועדים, וקבוצתו נקבעה כמחלקת התכנון הפולנית, ונצטוותה להשלים את הפרטים. הכינוי הרשמי של התותח נקבע: תותח אוטומטי „פולסטן“ 20 מ"מ סימן I.

אפשרות של חימוש צבאם מחדש בכלי-נשק משופרים וחדים שים ביותר.

„סימאג“ — ראשי תיבות של חברת הייצור שיצרה גם את תותחי „בקר“ — היה דגם משופר של תותח „בקר“. הקנה והכדורים של ה„סימאג“ היו ארוכים יותר ועל-ידי כך הושגה מהירות לזע גבוהה יותר.

תותחי „סימאג“ הופיעו כנשק ממותקן במלחמת סין ויפן בשנת 1930 וכן במלחמת האזרחים בספרד.

תותח-מטוסים „אורליקון“ (Oerlikon)

כשלונו הכספי של תותח-„סימאג“ גרם לכך, שבית-החרושת בשוויץ „אורליקון“ קיבל על עצמו את ייצור תותחי „סימאג“. ההון המושקע היה גרמני וההנהלה היתה גם היא בידי הגרמנים. בית-החרושת התחיל בביצוע שיפורים ועריכת ניסויים בתותח אוטומטי של 20 מ"מ, שעיקרון פעולתו בוסס על פטנט „בקר“. הדגמים שהיו בנמצא, סופקו בכינויים רשמיים כדי למנוע בלבול עם מוצרי הייצור העתידיים. כל הדגמים שיוצרו על פי עקרונות המבנה והפעולה של תותח „בקר“ כונו כדגם F; ופיתוחי „אורליקון“ זהו כדגם S.

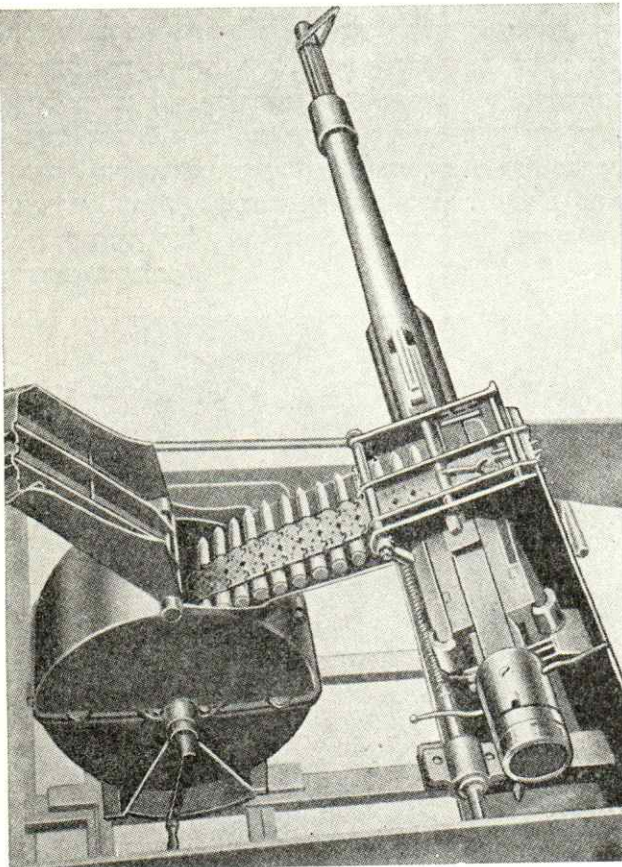
בשנת 1935 הושלמו התכנונים לכל שלושת הדגמים האלה. נוצרו מספר דגמי תותחים חדשים מסוג „אורליקון“, שכונו, לפי הסדר: FFS, FFL, FFE.

הנתונים המייחדים את תותח-„בקר“ עשו אותו לנשק מטוסים יעיל, בה בשעה שהדגמים „סימאג“ ו„אורליקון“ היו מקובלים על כוחות היבשה, אשר היו צריכים להילחם בריון. השימוש המוצלח בתותחים אוטומטיים מדגמים אחרים שהורכבו במנור עים של מטוסים כדי לירות דרך טבורי המדחפים, גרם לגל של תחזיות, על-ידי חזאי הצבא, שאמרו כי תקופת המקל- עים, בעלי קליבר קטן כשל רובה, חלפה. „במלחמה עתידה“, הם אמרו, „עשויים למצוא שימוש רק, תותחים אוטומטיים היורים כדורים נפיצים“, כפי שנקראו התותחים באירופה. מפעלי „אורליקון“ היטו איפוא, את כל מאמציהם בכיוון השגת מטרות אלו.

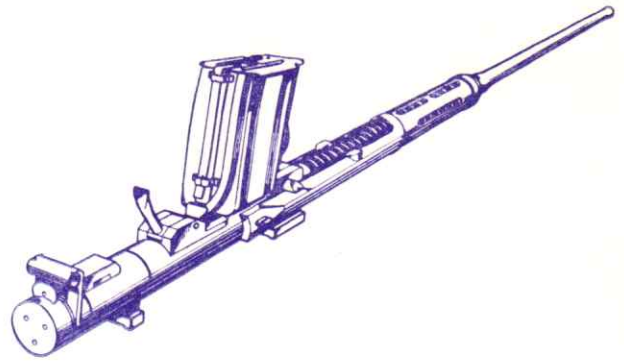
אנגליה קנתה בשנת 1935 מספר תותחי „אורליקון“ לעריכת ניסויים. למראית עין המטרה היתה — לוחמה נגד טנקים, אך לאמיתו של דבר היה זה לשם שימוש במטוסים.

ארצות-הברית ערכה ניסויים דומים לאלה של האנגלים. התותח כונה באותה עת — תותח נגד מטוסים, אך הוא הותקן במנועי „היספנו סויוה“. המנוע והתותח נקנו מצרפת, לפי הצעת הצי, למטרות ניסויים.

חיל האוויר הצרפתי התחיל אף הוא להתקין תותחי „אורליקון“ בתוך ציר המדחף של מנוע „היספנו“. נערכו בו ניסויים במספר גדול של מטוסי הקרב שלהם. אפשרות אימוצו המידי נראתה מביחה במידה כזו, שחברת מפעלי „היספנו“ ניהלה משא ומתן בדבר קבלת רשיון לייצור התותח במפעליה הנמ- צאים בסמוך לפריס. ב-1938 היו בשירות חיל-האוויר הצרפתי למעלה מ-400 תותחים מורכבים במנועים מסוג זה. כל התותח חים האלה, שיוצרו על-ידי חברת „היספנו-סויוה“, הסתמכו על דגמים 7 ו-9 כדי שלא לערבב אותם בתותח-מטוסים אחר אשר התכנון ליצרו. באותה עת המשיכו הבריטים בניסוייהם בתותח זה, וגילו שאפשר לירות בו תחמושת בעלת איכות לקויה ואף תחמושת מעוותת. הצי המלכותי, שהיה זקוק, באין



ציור מס' 3
תותח הספנו סויוה M²404 עם מזין כדורים דגם שטו



ציור מס' 4
תותח פולסטן עם מחסנית בעלת 2 שורות כדורים

תותחים אלה פעלו כולם בשיטת ה"הכבדה". שיטת פעולה זו אפשרה בנית תותח קל משקל, בעל רתיעה קטנה יחסית — תכונות החשובות ביותר לגבי הרכבתו בכלי טיס.

כדי להבטיח "הרחק ראש תחמיש" בעת התהוות היריה ויחד עם זאת למנוע חליצה קשה כתוצאה מהדבקת התרמיל לדפנות בית הבליעה, היה הכרח לסוך את התחמושת בשכבה עבה של משחת סיכה, וזאת על מנת לבדד את התרמיל מדפנות בית הבליעה. סימן אופי זה — (שיטת ה"הכבדה") היה פגום עד כדי כך, שהוא ביטל, למעשה, את כל הדברים הטובים והיעילים בתותח עד כמה שהדבר נגע למטוסים — אפיין את פעולת תותחי "אורליקון". חסרון זה אפשר היה לבטל רק על-ידי שימוש בשיטת נעילת סדן חיובית, שחסרונה הוא יצירת כוחות רתיעה גדולים. בתחילת מלחמת העולם ה-2 צוידו מטוסי גרמניה הנאצית בתותחי 20 מ"מ "אורליקון" "בקר" דגם F ודגם "סימאג" S. סין וספרד אף הן רכשו לשימוש את תותח "אורליקון" "סימאג" דגם S בעת מלחמת סין יפן, ובתקופת מלחמת האזרחים בספרד. היפנים יצרו, בעצמם באופן המוני, את דגם S, אך שינו אותו מעט ועשוהו בוריאציות רבות.

באנגליה שימש "פולסטן" כתותח נ.מ. על מרכבה. המעניין בתותח זה — מחסנית בעלת שורות כפולות של כדורים, ושני קפיצים הדוחסים את הכדורים במקביל כלפי שפת הזנה אחת. **תותחים אוטומטיים 20 מ"מ בצבאות יפן וגרמניה** הודות לסוכן הממולח והמצליח של מפעלי "אורליקון" — אנטואין גאודה, שהיה טיס מטוס-קרב בצבא האוסטרי בתקופת מלחמת העולם הראשונה, ואחרי כן נתגלה גם כממציא של תותח 20 מ"מ, הופנתה התענינות יפן, בעיקר של חיל האוויר היפני, לאפשרויות השימוש הרבת-תכליתיות של התותח "אורליקון". בשנת 1937, התחיל משרד המלחמה היפני בייצור מקומי של הדגם FFS למטרות לוחמה נגד טנקים עקב שביעות רצונו מביצועי תותח המטוסים ומהתקדמות מהנדסיו בלימוד הטכניקות של התותח. כלי-הנשק שיוצרו ביפן נמנו עם נשק-מטוסים ועם נשק-טנקים והיו מקובלים מאוד על כל החילות.

הצבא הצי-וחיל-האוויר של גרמניה אימצו גם כן את התותח והשתמשו בו בשנים הראשונות אחרי תפיסת השלטון על-ידי היטלר, כאשר הנאצים התחילו לחמש עצמם לקראת המלחמה הקרבה. מאחר שמפעלי הנשק של "אורליקון" הועמדו בפיקוח הגרמנים, לא היה שום ספק שהאינטרסים העיקריים של הצבא וחיל-האוויר נלקחו בחשבון. גם הצי יצא נשכר כיוון שנמצא לתותח ה"אורליקון" שימוש על סיפוני אלפי אניות. בתחילת מלחמת העולם השנייה הורכב התותח בחיל-האוויר הגרמני בכל צורה שאפשר לתארה או להבינה — בכנפים, על מקבעים, בגוף וכו'. עד תחילת "הקרב על בריטניה" ובהמשכו, היה הוא תותח-המטוס העיקרי של הנאצים. בעקבות המלחמה נתעורר צורך בלתי נמנע להכנסת שיפורים בתותחי המטוסים ותותח ה"אורליקון" הוחלף, אך לא טרם שירת את הגרמנים כיאות.

תותחי 20 מ"מ "היספנו סויזה"

ארה"ב, לאחר מלחמת העולם הראשונה, אחרי שנים של ניסויים בהגנה נגד מטוסים ממכיכ-טוס, לא הצליחה ליצור כל



ציור מס' 5
תותח "סולוטרו" תוצרת מפעלי "רינ" מטל" שיוצר בסוף מלחמת העולם הראשונה, בתמונה נראה הדגם ששימש כתותח נ.מ.

על-ידי שיפורים בתחמושת, דבר שגרר שינויים בנשק, בעיקר בהגדלת בית הבליעה, וסידור המאפשר החלפה מהירה של קנה התותח (בשל הקצב הגבוה של 1000 כד' לדקה), שפותח על בסיס תותחי ה-404 וה-804 וכוונה דגם 820.

תותחים 20 מ"מ בארצות שונות

ארצות רבות פיתחו לעצמן תותחים 20 מ"מ מתוך הכרח לא להיות קשור לאספקת חוץ וכל הכרוך בזה. המטרות להן נועדו התותחים היו בהתאם לצורכי הזמן בכל צבא, אולם היעודים העיקריים היו בדרך כלל זהים בכל צבא, והם:

- (א) כתותח אוירי (להימוש מטוסים)
- (ב) כתותח נ.מ. (לירי מהקרעק או מסיפוני כלי-שיט)
- (ג) כתותח נגד שריון (לחדירת שריוניות).

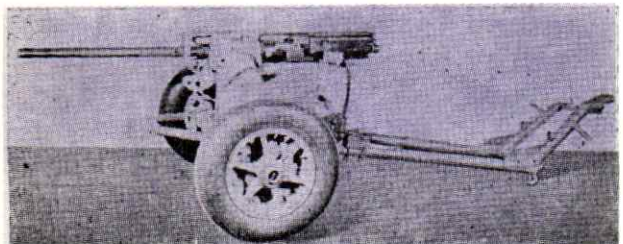
התחמושת שיוצרה לתותחים 20 מ"מ היתה בעלת תכונות רבות ומגוונות ביותר, שהותאמו ליעודים השונים ובהתאם לכלי-הנשק.

רוב הפיתוחים, שיפורטו, פותחו לאחר מלחמת העולם הראשונה, ותוך כדי מלחמת העולם השנייה שופרו והותאמו לצורכי השעה.

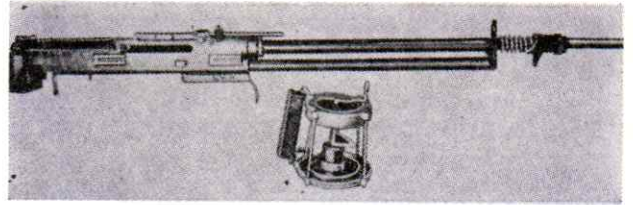
תותחים 20 מ"מ בגרמניה

תותח 20 מ"מ ("סולוטורן") ריינמטל: עם חתימת שביתת הנשק בגמר מלחמת העולם הראשונה היה בידי הגרמנים דגם של תותח אוטומטי, שנבנה במפעלי "ריינמטל" ליד דיסלדורף. תותח אוטומטי זה, שהועד למטוסים, היה מופעל על-ידי רתיעת הקנה ומוזן במחסנית. בגלל החשש לגילוי תותח חדש זה על-ידי ועדת שביתת הנשק של בעלות הברית, והשמדתו או העתקתו, הוגנבו הדגמים והשרטוטים וכל הקשור בהם לתוך הולנד הנייטרלית, בתקווה שלאחר עזוב כוחות הכיבוש, יוכלו שוב לפתחו וליצרו. ב-1929 נעשה נסיון להקים בהולנד חברת-בת למפעלי "ריינמטל" כדי להמשיך את הפיתוח והייצור, אולם הדבר לא היה בריביוע. באותה שנה רכשה החברה ("ריינמטל") בעלות על ביח"ר לנשק "סולוטורן" שבשוין הנייטרלית, ובמהרה המשיכו את פיתוח התותח האוטומטי 20 מ"מ Mk-St5 היה כינוי, שניתן לתותח הנ.מ. "סולוטורן", שהוכנס לשימוש נרחב בצבא הגרמני. התותח שימש נשק נ.מ. מהקרעק ומכלי שיט. הפיקוד הגרמני הגבוה החשיב נשק זה כתותח נ.מ. ותותח נ.ט. מהסוג המעולה, והשתמש בו בתחילת מלחמת העולם השנייה תחת השם הרשמי פלאק - 30. הוא נשאר בשימוש עד החלפתו בדגם משופר אחר.

בין תותחי 20 מ"מ ("סולוטורן") הנפוצים, היה הדגם 1000-Mk-S-18, ששימש כתותח נגד טנקים. תותח זה פעל באורח אוטומטי למחצה והוזן על-ידי מחסניות בעלות קיבולת של



ציור מס' 7
תותח 20 מ"מ נ.מ. 151 ששימש כתותח נ.ט.



ציור מס' 5
תותח לויבה אוירי מופעל על-ידי בוכנת גזים

דבר שהוא, שידמה אף מרחוק לתותח אוטומטי מהימן, על מנת שיבוא במקומם של המקלעים הישנים בעלי קליבר קטן כשל קליעי רובה. רק בשנת 1936 הציב לעצמו צי ארה"ב את המטרה להשיג נשק אוטומטי כבד יותר מהמקלע בקליבר 0.5 אינץ'. נספחי הצי קיבלו הוראה לעקוב אחר כל הנסיונות הנעשים בשטח זה באירופה, במטרה למצוא נשק מתאים שאפשר יהיה להשיגו. כחלק מתכנית זו עקבו הצי והצבא כאחד בקפדנות, אחרי פיתוח התותח האוטומטי דגם "בירקיט" 404 קליבר 20 מ"מ על-ידי הצרפתים.

תותח זה פותח על-ידי מציא איטלקי בשם "סקוטרי" ועל-ידי מספר מהנדסים שויצרים בכללם אחד בשם "בירקיט", על שמו נקרא התותח. תותח "היספנו סויה" פותח ב-1919 ובמשך 15 שנים עבדו לשיפורו. ב-1939 הכינו הצרפתים מזין כדורים להזנת סרטי תחמושת באורך בלתי מוגבל, כדי לאפשר התקנתו בכנפי מטוסים. בין השנים 1938-9 השיגה ארה"ב את זכויות הייצור של תותח זה מידי חברת "היספנו סויה" וייצורו ההמוני החל בדגם הידוע כ-M-1. תותח זה, יועד מלבד לכוחות ארה"ב גם לכוחות בריטניה.

תותחי "היספנו סויה" מופעלים על-ידי בוכנת גזים הנעה לאחור (לאחר מעבר הקליע את חור מעבר הגזים) וכתוצאה מכך נדחפים לאחור מחליקי הסדן ופתיחת הנעילה של הסדן מתאפשרת.

שיטה זו עדיפה, מבחינות רבות, על שיטת ה"הכבדה" של "אורליקון". תותחי "היספנו סויה" יוצרו בכמות גדולה בארצות-הברית ובריטניה. מאז פרוץ מלחמת העולם השנייה, יצרה ארה"ב כ-200,000 תותחים, ובריטניה יצרה כ-100,000 גם מטוסי הסילון של ארה"ב היו מצוידים בתותח זה עד פרוץ מלחמת קוראה. תותחים אלה צוידו במזון כדורים דגם "שטר" הצרפתי. תותח זה פעל ביעילות גם מהקרעק כתותח נגד מטוסים מנמיכי טוס. התותחים שיוצרו בארצות-הברית סומנו כ-M-1, M-2, M-3 וכו' והיו שונים זה מזה רק בצורתם, ששונתה בהתאם להתאמתם למתקונים השונים. רק קרוב לסוף מלחמת העולם השנייה נעשו שינויים במבנה הפנימי, בעיקר בנוקר ובמחליקים. תותחים אלה מתוצרת בריטניה סומנו כ-MK V, MK II וכו'. תותח MK V, לאחר שעבר מספר שינויים, הוכנס כתותח עיקרי במטוסי סילון "וומפיר" ו"מטיאור". התותחים שיוצרו בשוין סומנו כ-404 ו-804. תותח זה נחשב ככלי-נשק מהימן, שהוכיח עצמו בתקופת מלחמת העולם השנייה. עובדה זו עודדה את מתכנני הנשק של "היספנו סויה" להמשיך בפיתוח כלי-נשק זה, לשפר את ביצועיו ולהתאימו לדרישות החדשות שנדרשו מתותחי 20 מ"מ.

הדרישות החדשות היו בעיקר - הגדלת הטנח וכוח החדירה, ובמידה מסוימת - הגדלת קצב האש. שינויים אלו הושגו

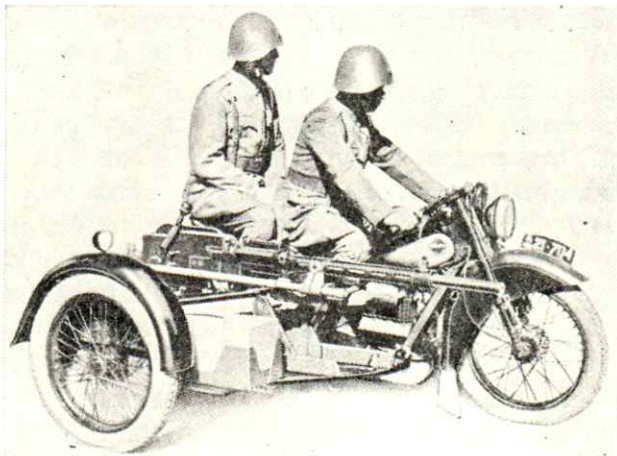
כלי-נשק. ביח"ר, "מאוזר" (שהתקיים עד אז בקושי) יצר אז רובים ונשק קל אוטומטי למחצה גילה העזה רבה בחדרו לתחום מקלעים כבדים. בשנת 1935 הוטל על בית-חרושת זה לפתח תותח אוטומטי לחימוש מטוסים. בתחילה בנו מקלעים כבדים בקליבר 15 מ"מ ששימשו לחימוש מטוסים, אולם מאוחר יותר הופסק הייצור של מקלעים אלה ועברו לייצור נשק בקליבר 20 מ"מ תוך שימוש באותו צורת מנגנון כמו מקלעי 15 המ"מ.

תותח חדש זה כונה MG-151/20 והותקנו בו מערכות מיוחדות לתפעול התותח במטוסים כגון: מערכת דריכה חשמלית, מערכת לדחיפת כדורים למנגנון ההזנה. קצב האש בתותח הגיע ל-750 כד'/לדקה. מהירות הלוע היא 830 מ'/שניה ומשקלו כ-46 ק"ג בלבד. תותח זה היה מן המשוכללים בתקופת מלחמת העולם השנייה. הוא פעל בשיטת רתיעת קנה ונעיר לה על-ידי ראש סדן ברגי שננעל לקנה. בעת מלחמת העולם השנייה צוידו רוב מטוסי חיל האוויר הגרמני בתותח זה ותוך המלחמה, יוצרו מסוגו עשרות אלפים בביח"ר, "מאוזר". ראש הסדן מזכיר את הסדן של MG-34, ששימש את צה"ל במלחמת השחרור. בשנת 1943 מסרו הבריטים לידי ארה"ב תותח מטוסיים MG-151 20 מ"מ, שהופל בעת קרב על בריטניה. ארצות הברית התחילה מיד בנסיון לתכנן נשק שיפעל בשיטת פעולה זהה, אך שהקליבר שלו יהיה מועיל יותר מאשר 20 מ"מ. השלטונות האמריקנים החליטו על קליבר 0.60 אינץ' אולם לאחר נסיונות של 7 שנים והשקעה של כסף רב השיגו תוצאות שליליות בתותח זה והנושא נגנז. תותח אחר שבנו הגרמנים, שהיה דומה מאוד ל-MG-151 היה הפלאק-38 ששימש כתותח נ.מ. ונ.ט. הפלאק-38 היה מקובל מרגע הכנסתו לשירות ובסופו של דבר שימש כתותח 20 מ"מ הסטנדרטי עד סוף המלחמה. מסמכים שנתפסו אחרי המלחמה מעידים כי גם יפן היתה מעורבת בייצור תותח זה.

איטליה

תותח-מטוס "סקוטי" בן 20 מ"מ

הודות לכשרונותיו של אחד מטובי מהנדסי כלי-נשק האוטר-מטיים ניתן בידי איטליה בשנת 1928 תותח בן 20 מ"מ מת-



צילום מס' 9

תותח המטוסים הדני "מדטן" בהתקנה לא רגילה על גבי אופנוע, לשימוש נגד מטרת קרקע



צילום מס' 8

תותח "סקוטי" — תוצרת מפעלי איזומה פרסקיני בצבא איטליה

20—כדורים. התותח היה מנוהל כתף וכדי לשכך את כוחות הרתיעה נבנה תותח זה כך, שהיריה היתה מתהווית בזמן שמערכת הסדן עדיין בתנועה לפנים. קצב האש של תותח זה היה — בודדת 30 כד'/לדקה. דגם חדיש יותר של תותח זה כונה Mk-S-18-1100 שניתן היה לירות בו הן בודדת והן שוטפת, בקצב אש, שהגיע בשוטפת ל-300—340 כד'/לדקה. ניתן היה להרכיבו על הצובת קרקע שנגררה על שני גלגלים. כמו כן, היה בעל מתקן לירי נ.מ. מקרקע.

מהירות הלוע בתחמושת ה"סלוטורן" נעה בין 860 לבין 910 מ'/שניה וניתן לחדור בה לוח שריון שעביו 20 מ"מ (180 ק"ג מ"מ) בטנח 950 מטר. נשק זה נעשה מקובל בצבא הגרמני משום שהלם את צרכיו.

תותח מטוסים לובה (Lübbe)

בשנת 1929 בנה מהנדס גרמני לובה תותח מטוסים, שנחשב אז כמלה האחרונה בייצור נשק מטוסים. התותח הופעל על-ידי בוכנת גזים, ומסוגל היה לירות 360 כד'/לדקה מוון על-ידי תוף, ומשקל כללי של 48 ק"ג. מפעלי "ריינמטל" הראו התענינות בנשק זה אולם, ניסויים שערך משרד המלחמה הגרמני, לא נתנו תוצאות שהשביעו רצון.

תותח אוטומטי "מאוזר" MG 151

עם הפיסת השלטון בגרמניה בשנת 1933, התחילו שלטונות הצבא לקבל סיוע כספי נרחב מצד הממשלה כדי לפתח וליצר

לשכללו ולהכשירו לשימוש במטוסים. אין ספק, שבתקופת מלחמת העולם השנייה היה זה אחד התותחים הטובים ביותר מסוגו (20 מ"מ). במראהו החיצוני מזכיר התותח את ה"אור-ליקון". למעשה יוצר הדגם הראשון של תותח זה במפעלי "אורליקון", שמכרו מספר מצומצם של תותחים אלה, לארצות קטנות באירופה ובאמריקה הדרומית, שהיו זקוקות לתותחי מטוסים טובים, שרכישתו איננה כרוכה בהוצאות כספיות גדולות. נשק זה תואר כאידיאלי הן להתקנה במטוסים והן כנשק נגד-טנקים. תכונות אלו קסמו לאחראים לרכישת נשק בארצות הקטנות. התותח היה כה מוצלח ועדות לכך משמשת העתקה על-ידי חברה אחרת שתכננה אותו כך, שהפך לתותח-המטוסים האוטומטי העיקרי של המעצמות הגדולות (הכוונה לתותחי "היספנו סויה").

בשלהי מלחמת העולם השנייה יצרו מפעלי איסוטה-פרסקיני כמויות גדולות של תותחים אלה, למרות העובדה שאיטליה אסרה את השימוש בהם בעיקר משום שלא נוסו עדיין מספיק בשדות-הקרב עד כדי הכרה ביעילותם. לפי דברי צות הנרי סוייס האיטלקי, ידוע היה כי תותח-ה"סקוטי" מסוגל לירות 600 כדורים בדקה. קצב זה הושג על-ידי שימוש במסרקי פח שמאוחר יותר היו בשימוש גם במקלעי "הוטשקיס".

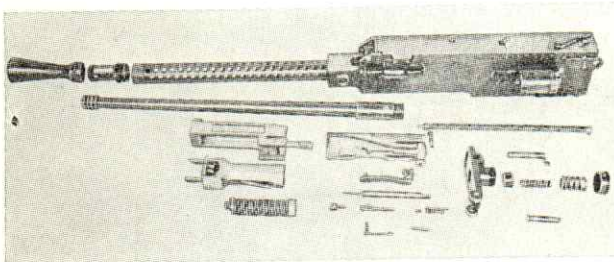
שבדיה — תותח בופורס

בשנת 1938 הודיעו מפעלי "בופורס" בשבדיה על ייצור תותח-מטוסים אוטומטי בן 20 מ"מ. התותח הופעל על-ידי רתיעה קצרה, וקורר על-ידי אוויר. התותח הוזן בסרטים בעלי חוליות נפרדות שלא ככלי-נשק אחרים מסוגו שנמצאו בשימוש בתקופה זו. השבדים השתמשו במגבר-לוע כדי להגדיל את קצב האש עד ל-700 יריות לדקה. מכסה תלוי בצד, אפשר ביקורת מידית של מרכיבים לשם בדיקה חזותית של חלקים שבורים.

תותח ה"בופורס" שהותקן גם על גבי מרכבה, שימש כתותח נ.מ. בצבא השבדי. מבנה המרכבה בתותח ה"בופורס" זהה למבנה המרכבה בתותחי 20 מ"מ "היספנו סויה", שיוצרו בזמן מלחמת העולם השנייה.

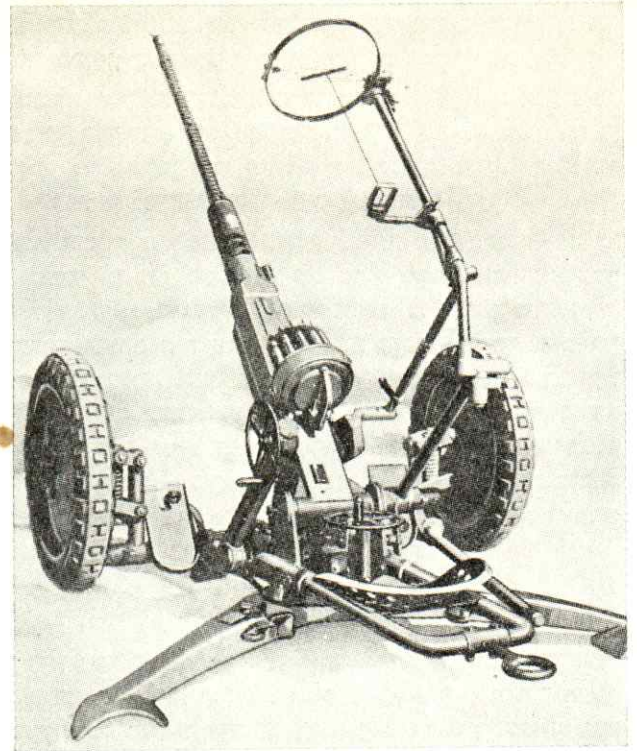
דניה — תותח מדסן

סינדיקט התעשייה הדני בקופנהגן יצר ב-1926 דגם של תותח אוטומטי למטוסים. כינויו של כלי-נשק זה היה "מדסן". היה זה כלי-נשק בקליבר 20 מ"מ שהוזן בכדורים בעלי כרכובים. קצב האש היה 180 כדורים לדקה. התותח שהוזן במחסניות, וקורר על-ידי אוויר, דמה באופן כללי למקלע "מדסן" הידוע.



ציור מס' 11

תותח יפני HO-SB, בתמונה רואים את הדמיון בין התותח היפני לבין המקלע 0.5 אינץ' האמריקאי



ציור מס' 10
תותח נ.מ. בופורס תוצרת שבדיה

קדם שהועד לשימוש במטוסים. איטליה לא ידעה להפיק תועלת מתותח "סקוטי" וכשלונה לבצע מאמץ הביא במידה מרובה להחלשת עצמת האש האיטלקית, שהיתה נראית בעליל במשך כל מלחמת העולם השנייה.

אלפרדו סקוטי, ממציא מערכת הנשק, ניצל במלואם את עקב רונות הפעולה שנתגלו בכלי-נשק שונים, החל באקדח וכלה בתותח. כלי-נשקו הופעלו על-ידי גזים. בוכנת-הגזים שימשה רק לפתיחת הסדן, בעוד שלוחץ הגזים הנותר בקנה, הספיק כדי לספק את האנרגיה להשלמת המחזור. המקוריות של צירוף שיטות ה"גזים" וה"הכבדה" במערכת אחת עשתה אותו לאיש נודע. השיטה גם הועתקה על-ידי מתכנני נשק אחרים.

מפעל המכוניות "איסוטה-פרסקיני" נבחר, כנהוג ברוב המקרים, ליצר כלי-נשק אלה. החברה יצרה את התותחים הראשונים, שנוסו על-ידי ממשלת איטליה. אך אנשי חיל האוויר, לאחר שהתנסו בסוגי תותחי מטוסים אחרים, שגרמו לכשלוש נות מחפירים, התנגדו להתקנת מקלעים בקליבר, שאינו כשל רובה — במטוסי הקרב. כשהופיע לראשונה תותח "סקוטי", רוכזה כל ההתעניינות בפיתוח מקלע בן 12.7 מ"מ, בו השתמשו בקליע-מלא חומר נפץ.

בשנות ה-30 לא ניתן ליצרני תותחי המטוסים עידוד כלשהו לשיפור התותחים ולשיכלולם. לאחר מכן, כשפסקו כי קליע המלא בחומר נפץ מהווה הפרה של החוק הבין-לאומי, הבינו האחראים לרכישת נשק למטוסים, כי נותרו ללא נשק מתאים להגנה נגד מפציצים, היה כבר מאוחר מדי מכדי להתחיל בפיתוחו של תותח גדול יותר. זמן קצר לאחר מכן נכנסה איטליה למלחמה.

אילו הכירו כבר בתחילה בערכו של תותח-ה"סקוטי" יכלו

13 מ"מ, שעלה בהדרגה לפי הדרישות. הכלים כונו HO ול-
אחר הסימון בא הסוג והקליבר, כגון מ"מ 13-103-HO.

המוצלה מבין כל הדגמים שיוצרו היה התותח מ"מ 20-5-HO.
בימים האחרונים של המלחמה היה זה התותח, בקו ראשון
בן 20 מ"מ שהיה בידי חיל-האוויר היפני. קצב האש שלו היה
960 כדורים לדקה ומשקלו 38 ק"ג בלבד.

אחת הדוגמאות הטובות ביותר לפיתוח יפני היתה — תותח
אוטומטי בן 20 מ"מ, דגם 98. בגלל מבנהו המיוחד אפשר
היה להתקינו במטוסים וכן להשתמש בו כנשק נגד-טנקים.
מנגנון התותח היה פשוט וגס. הוא הופעל על-ידי גזים וב-
"שיטת-הכבדה", הוון במחסנית וקורר על-ידי אויר. משקלו
היה 68 ק"ג. קצב האש היה 180 כדורים לדקה באש בודדת
450 כדורים לדקה באש אוטומטית. היפנים השתמשו בנשק
זה — דגם 98 — כנשק קרקע. בימים האחרונים של המלחמה
כשהיה צורך לעצור את התקפות האוויר ההרסניות של האמרי-
קנים, השתמשו בתותח כנשק נגד מטוסים.

פינלנד — תותח לאטי

מתכנן נשק נודע בפינלנד, "לאטי", יצר ב-1933 תותח-אוטו-
מטי בן 20 מ"מ, שהועד לשימוש בידי חיל האוויר היפני.
משקלו של נשק זה היה 38 ק"ג. הפעלתו נעשתה על-ידי גזים
והוא הוון על-ידי מחסנית (תוף). הטעינה נעשתה בעזרת
אוויר דחוס וקצב האש היה 550 כדורים לדקה, במהירות לוע
של 850 מ"מ/שניה. לנשק "לאטי" היה פרופיל מושלם. מלבד
תוף גדול ולא רגיל, היה נוח להתאמה במטוסים. הנשק לא
השביע את רצונם של שלטונות החימוש הבריטים, שלפניהם
הוצג, משום שנתגלו בו מעצורים רבים מדי. התקלה השכיחה
היתה חליצת התרמיל. הבריטים יחסו תקלה זו לפתיחת נעילה
לא מושלמת. הפינים שקדו לתקן את הליקויים שגילו הברי-
טים ב"לאטי", והכניסו בו שינויים, ולבסוף אומץ על-ידי חיל
האוויר היפני. נשק זה הוכיח את יעילותו במלחמת פינלנד—
רוסיה עד כדי כך, שהרוסים גילו בו ענין, והשפעתו ניכרה
בפיתוח כלי-הנשק החדישים שלהם.

- המושך הנאמר בחוברת הבאה -

השוני העיקרי בין הדגמים הראשונים לבין הדגמים החדשים
היה בהכנסת צילינדר בלם הידראולי שבא כדי לבלום את
הרתיעה. שבדיה ספקה את גלילי הפלדה המעולים שלה לייצור
הקנה, בעוד שהמפעלים בדניה עסקו רק בחירוק הקנה וגמי-
רתו. במקרים רבים סופק גם הקנה המוגמר על-ידי שבדיה.
אנשי חיל האוויר לא גילו ענין בכלי-נשק זה לכן התרכזה
החברה רק בייצורו כנשק נגד-טנקים ונגד מטוסים. בעית
הובלתו, נפתרה על-ידי הרכבתו על מרכבה בעלת 2 אופנים.
אף אחת מבין המעצמות הגדולות לא גילתה התענינות
ב"מדסן" ולא הגיעה לידי בחינתו.

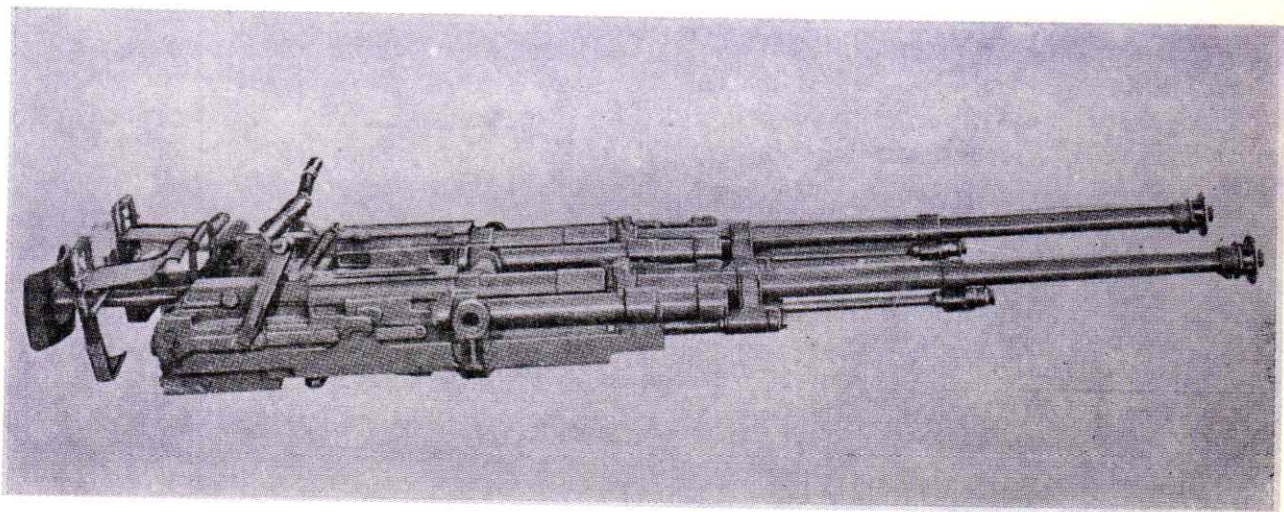
יפן — תותח מטוסים אוטומטי

פיתוחו של נשק אוטומטי בקליבר גדול ביפן נחל כשלון.
לא נתגלתה בו שום מקוריות. מתוך יאוש, הבא לקדם מצבים
חמורים, נעשה נסיון למזג בו אותן תכונות טובות ומועילות
שנתגלו בכלי-הנשק שיוצרו בארצות אחרות.

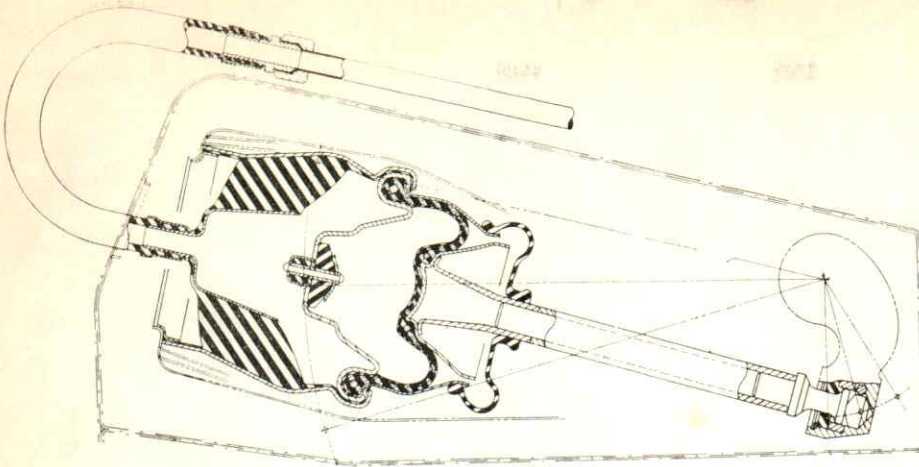
הדרך הטובה ביותר לבחינתו היא — זיהויו מקרוב והשוואתו
עם מקבילו בין כלי-נשק אחרים שיוצרו בארצות אחרות
במשך תקופה ארוכה, כגון: "הוטשק"ס", "היספנו סוזה"
"אורליקון", "בראונינג" או "ויקס". בדרך כלל יתבלט הדמיון
בעקרונות הפעולה.

הדוגמה הבלוטת ביותר לחיקוי מעין זה, היא — התותח האו-
טומטי בן 20 מ"מ שכונה HO-SB. היה זה בעצם המקלע הכבד
"בראונינג" 0.5 אינץ' שיוצר בקליבר 20 מ"מ, והועתק מנשק
אמריקני, שנתפס בשלבים הראשונים של המלחמה. המסמכים
היפניים-הרשמיים, שנמצאו לאחר כניעת יפן, מגלים, שמצב
זה היה תוצאה של אימון היפנים במקלעיהם בני 7.7 מ"מ,
ובתותח מסוג "אורליקון" בן 20 מ"מ. כשהאפשרות של נצחון
מהיר נראתה רחוקה מהמציאות, ראו היפנים צורך דחוף
למצוא נשק אוטומטי בעל קליבר גדול יותר, וקצב אש מוגבר
יותר. כתוצאה מכך העתיקו היפנים והתחילו ליצר כל נשק
שהיה מהימן ביותר והיה ניתן להשג.

כשהיתה בידי היפנים כמות גדולה של מקלעי "בראונינג"
אמריקאים הם התבססו על המנגנון שלו. בתחילה יצרו קליבר



ציור מס' 12 תותח יפני 20 מ"מ דויקני



צירה של כל יחידה הידרואלסטית אחורית נמצא 15 מעלות בערך כלפי הקו האופקי; הבוכנה של המעתיק מטיפוס דיאפרגמה, מוטה על-ידי זרוע קצרה הבולטת למטה מפרק הפתול של המתלה האחורי. נחל הידרואלי הנמצא בלחץ תחת משקל המכוננית מנוצל כאמצעי של חיבור ביניים בין יחידה זו והיחידה שבאופנים הקדמיים באותו צד

קפיצים הידרו-אלסטיים

משאבות או מצברים, וכן אין שום צורך לכוונן את הזווית של פנס-החזית כדי לפצות על העמסת המכוננית; שתי המערכות נמצאות בלחץ על-ידי משקל המכוננית. טוענים שמחירה שווה לזה של מערכת קפיצים ומנחתי "עזועים" מקובלת במכוננית שבה המתלה כולו נפרד.

כאשר דנים במושגים טהורים נראה שקפיצים הידרואלסטיים הם חידוש בעל תהילה טכנית גבוהה ביותר, בתחום המקיף של קפיצי-רכב. התקנתם של אלה במכוננית משפחה קטנה, המיוצרת בכמויות גדולות הנו אספקט חשוב במיוחד. נסיון ברכב חדש זה הוכיח באופן משכנע, כי מערכת קפיצים ומנחתי זעזועים יעילה אינה גורמת בהכרח לתוצאות עגומות בענין ממדים, סיבוכים, משקל, מהימנות ומחיר.

למרות שתכונת הגמישות של הגומי ידועה היטב כיום, היה הכרח לפתח טכנולוגיה חדשה לגמרי לגבי כפיפת אלמנטים של גומי באורח הידרואלי. יתר-על-כן צריך היה לזכור את הצורך בחסכון ביצור בכל שלב של תכנית הפיתוח שכן מלכתחילה תוכננה מערכת הקפיצים בעלת האיכות הגבוהה, למכוננית במחיר נמוך, המיועדת לשיעורי-יצור גבוהים מאוד. מאחר שתנאי מוקדם להשגת רווח מקסימלי ליושבים במכונית הנו רוחק סרנים גדול יחסית לאורך הכולל, השבו כחיונית על צורה כלשהי של חיבור-ביניים בין הקפיצים הקדמיים והאחוריים, לשם שמירה על רמת נסיעה גבוהה סבירה. אין ספק שעמדו במשך שנים רבות על ערכו של הצורך באימוץ חיבור-ביניים כדי להפחית את תדירות הנדנדוד, ולמעשה הכירו בו על-ידי אימוץ שיטה זו — אך עם חיבור-ביניים מכני — בדגמים סיטראון דה-ישבו 6" AMI. למערכי קפיצים מקובלים יש הגבלה: התדירויות של המתלה

בשים לב להצלחה הניכרת של כלי-הרכב ADO 15*, אשר הוכנסו לשימוש על-ידי איגוד יצרני המכונניות הבריטי (B.M.C.), נראה בלא קושי שצפויה שורה של מכונניות גדולות יותר בעלות אותו מערך-מבנה המתוכננות על-ידי אותו צוות, בראשות אלק אוסיגוניס. שיטה זו מוכרת כיום — מנוע טורי, מותקן לרוחב, בנוי אינטגרלי עם יחידת התמ"סורת; הינע של אופנים קדמיים ורוחק סרנים גדול; מתלה נפרד, עם קפיצי גומי ואופנים בעלי קוטר קטן — מעלה יתרון ראוי לתשומת-לב במושגים של היאחזות בכביש, ביצוע, חסכון בדלק ויחס של פנים המכוננית לנפחה הכולל. גורם שהביא לידי ההיאחזות המצוינת בכביש ולנצילות הגבוהה, במושגים של ניצול רֶנֶח היה השימוש בקפיצי הגומי הקוניים מדגם "MOULTON" לאופנים — אלה תפסו מקום קטן יחסית לעומת המקום הדרוש לקפיצי-פלדה מקובלים.

המכוננית הגדולה יותר שהוכנסה כיום לשירות, ה-ADO 16, מוכרת לכלל הציבור כמוריס 1100. מנקודת מבט טכנית, סימנה הבולט והמענין הוא המערכת התחבולנית של קפיצי גומי, אף הם מדגם "MOULTON". אלה מחוברים ביניהם באופן הידרואלי והם קומפקטים כמעט באותה מדה כמו קפיצי ה-ADO 15. מערכת המתלה ההידרואלסטית פותחה כתוצאה משיתוף פעולה בין שלושת האיגודים — האיגוד הבריטי של יצרני המכונניות (B.M.C.) פיתוחי "MOULTON" וחברת יצרני גומי "דונלופ". בכל מכוננית שתי מערכות שוות ונפרדות: אחת בשביל זוג האופנים השמאלי והשנייה בשביל זוג האופנים הימני. אין במערכת שום מנגנוני איזון. * ADO-15 מוכר יותר כ-Austin 850, או Morris Miniminor.

ציאל, הקבוע בשלדה במרכז שבין האופנים; הקצה של כל מוט היה משוגם אל תוך אחד מגלגלי השיניים הקוניים.

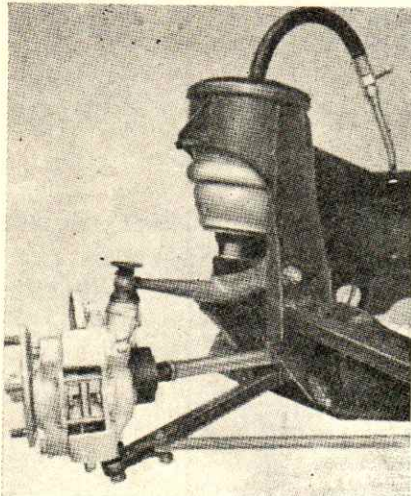
תיאור המערכת ההידרואלסטית

אלמנט הקפיץ לכל אופן, מכיל שרוולים קוניים פנימיים וחיצוניים, שביניהם מורכב קפיץ-גומי טבעי טבעתי, עשוי תערובת אלסטית במידה רבה. כך, שכאשר הוא מקבל מענת צירי, נתון הקפיץ לכוחות דחיסה וגזירה כאחד, ובדומה לקפיצים קוניים שבשימוש במכונת ADO 15 הוא בעל תכונות מהירות-מתקדמת. מתחת לכל קפיץ וכחלק מעצב של מכלל רגיל נמצאים בוכנה הידראולית. יחידת דיאפרגמה וצילינדר המכונה יחידת העתקה (Displacer Unit).

שני השרוולים הם חלקי-פלדה לחוצים. הפנימי צורתו גביע, והחיצוני הוא חלק של מיכל מעובד, המשמש כצילינדר הידראולי. הקצה העליון של מיכל זה מוחזק על-ידי הקפיץ מועמס-מראש, איתן כנגד שלדת-העזר של המתלה. נוול



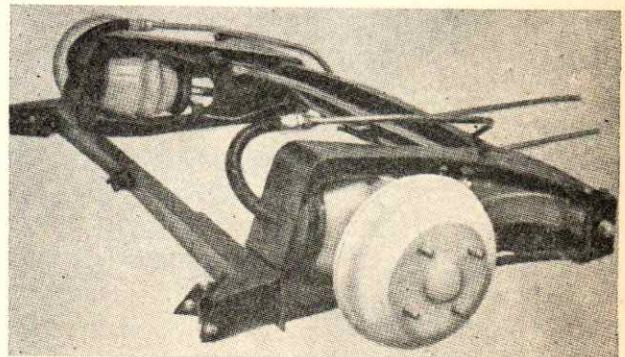
בזכות התקנת המערכת ההידרואלסטית, חופשית למעשה הנסיעה במוריס 1100 מנדנד, וקשיחות הטלטול שלה גבוהה. בתמונה נראית המכונת כשהיא נוסעת במהירות בסיבוב על פני שטח-קרקע קשה



היחידה ההידרואלסטית הקדמית זהה לזו שבחלק האחורי, אולם היא פועלת בכוח תנודה שונה

האחורי והקדמי צריכות להיות שונות, כדי להפחית נדנד העלול לנבוע משילוב של מצב נדנד וקפיצה הכרוכים בתנודה. יוצא שנסיעה במושבי-האחורי גרועה לעתים קרובות מזו שבמושבי הקדמי. מכל מקום, ב-ADO 16 בגלל חיבורי הביניים של הקפיצים האחוריים והקדמיים, מוקטנת מידת ה-"נדנד" והתנועה הרמונית וחופשית מזעזועים. אפשרות של הפחתת התדירות מוגבלת על-ידי ההכרח במניעת שינויים מופרזים במצב הסטטי של הרכב, כאשר משתנה חלוקת העומס לאורך. למכונת הסיטראון קטנת-הממדים, למשל, יש תדירות התנדדות נמוכה — בסדר גודל של 50 מחזוריים לדקה — ומאחר שמצבה משתנה במידה מרובה בגלל חלוקת-העומס, נעשה סידור לכונן הזוית של אלומות פנס החזית, יחסית לכביש.

כבר ב-1935 פעל אב-טיפוס של מכונת שבה הותקנה מערכת קפיצים הידרואלסטיים. היא תוכננה על-ידי אוסיגוניס בשי- תוף פעולה עם י.ג. מוריס, כיום מהנדס ראשי בחברה ליצור קרבורטורים. למכונת היו מתלה בשיטת "עצם-בריה כפול" וקפיציות ע"י מוטות פיתול מלפנים ומאחור. בכל צד של המכונת היה זוג של מוטות פיתול מתמשך לעבר דיפרנץ



מלבד מוט ה-"נגד-טלטול" שבין פרקי הפיתול של המתלה האחורי, מצויים מוטות פיתול בעלי קוטר קטן שתכליתם לעצור בעד מצב נדנד סטטי של המכונת

הידראולי מוקל בין המשטח התחתון של קפיץ הגומי ובין דיאפרגמה הסוגרת את הקצה התחתון של המיכל. בין דיאפרגמה זו ובין הקפיץ חוצץ מכלל המנחת, המורכב מחלק לחוץ דמוי-גביע קוני המכונה "ס-כניסה" (Port-Plate), אשר במרכזו מורכבים שסתומי-המנחת מסוג מדפי-גומי. כן נמצא ב-"ס-כניסה" זה נקב-הקזה קבוע. השפה החיצונית של הדיאפרגמה לחוצה, כמובן, מסביב לשפה התחתונה של המיכל, בריבזון שבוכנה קונית, המחוברת לזרוע המתלה, קבועה במרכז המשטח התחתון. כאשר נע המתלה מעלה ומטה, מביאה תנועת הבוכנה להטיית הדיאפרגמה, המיטל-טלת בתוך מעטה פלדה לחוצה בעל צורה חרוטית, שקצהו העליון קשור גם כן לקצה התחתון של המיכל. כפי שניתן לראות מהציורים הנלווים, הקונוס של המעטפה הלחוצה נמצא בכיוון ההפוך לזה של הבוכנה.

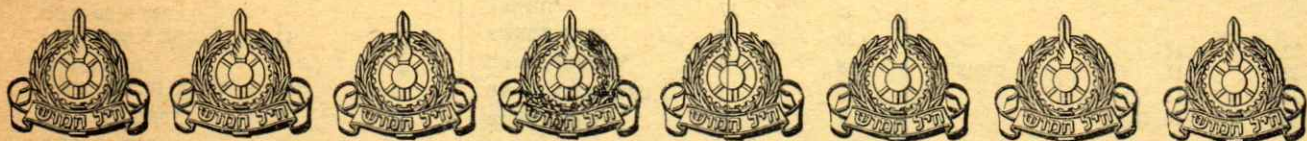
לעיצוב הדיאפרגמה השתמשו בחומר גומי מחוזק בנילון. חיזוק נוסף ניתן על-ידי שתי כריכות קונצנטריות של תיל-פלדה, שאליהם מעוגנים חבלי-הנילון. אחת מבין הכריכות האלו מחזקת את היקף המעטפה, והאחרת קבועה מסביב

אינדקס

"מערכות-חימוש"

לחברות מס' ו-21

לפי מדורים ולפי ה"א'-ב'



עמ' מס'	חוב' מס'	
25	5	על גפרורים ועל השיטה הבינרית
39	4	פיוז אלקטריקה

מנהל והדרכה

עמ' מס'	חוב' מס'	
12	6	אמינות האדם כחוליה במערכת
17	18	עוקבת סגורה
22	15	היצירה כיום
16	3	הנדסת איכות
16	15	הנדסת אנוש
20	13	היעדרות מעבודה בעיה משקית
15	10	זמן ההקדם
10	12	חקר ביצועים
24	9	חשוב (Think) יחס כוח אדם בין יחידות לוחמות ויחידות משרתות
22	1	כוח אדם מקצועי למערך "חיל-הימוש"
7	11	משקיות שקום מכללים
21	19	נהול מלאי בעזרת מחשב
17	21	נהול מלאי בעזרת מיכון
18	2	סטטיסטיקה לעזרת הניהול
25	7	ספרי הדרכה טכניים
22	10	פרט
2	11	קדום ידיעות מקצועיות
22	7	רכישת כוח אדם
20	12	מקצועי והכשרתו
18	10	תאונות עבודה ומניעתן
11	19	תכנון דינמי מהו?
25	20	
		תכנון המרים
23	8	ופיקוח על פסולת
25	1	תקציב ככלי פיקוח

אחזקה

עמ' מס'	חוב' מס'	
23	8	אחזקה — באיזה מחיר
33	4	אחזקה חיובית
26	6	אחזקה בת חורגת
23	4	ארגון סדנאות בשטח קדמי
25	10	הטיפול במכשירים מדויקים
29	7	האחזקה באחריות המפקד
		הסרת מיסבי-כדוריות והרכבתם
31	9	טיפול מונע — התוית
27	1	תכנית אמונים
32	11	לא כל הנוצץ זהב
27	2	מדוע לקויה האחזקה

טילים ונשק אטומי

עמ' מס'	חוב' מס'	
39	2	"דיו קרוקט" — טיל
39	3	
		מערכות טילים מונחים והגנה נגד טילים
3	13	
12	16	
3	17	
14	20	הנעת טילים
3	4	
8	5	ה"ספרינט" — טיל נגד טילים
39	20	
		"טואו" — TOW
57	15	
37	20	הטילים המצריים
40	8	
40	6	טיל נ"מ M-2
39	14	
		טילי נ"ט — מערכת בקרה
38	1	
38	4	טיל "בנטאם" נ"ט
10	6	
39	9	טיל "ויגילנט" נ"ט
39	11	
39	12	טיל "מוסקיטו" נ"ט (שוין?)
36	8	טיל נ"מ "האוק"
2	9	טילי שטח אויר
39	13	טיל "לאנס" שטח שטח
29	11	טיל "מאולר" נ"מ מתניע
36	17	מעטפת נשרפת ל"שילדה"
39	15	טיל נ"מ
38	6	שיטת הנחית טילים
3	5	לוחמה אטומית
8	6	
24	1	כור אטומי
		מקורות אנרגיה (כור אטומי)
24	1	סימון קרינה
39	7	

אלקטרוניקה

עמ' מס'	חוב' מס'	
23	17	אופטיקה חשמלית
39	9	אורך גל ותדירות
		הטכנולוגיה של הקרינה האינפרא-אדומה
6	12	
15	13	המוח האלקטרוני
23	6	
12	21	הלורים נותנים את הטנח
25	3	טכניקת ה"לור"
		מר טנח חדיש
39	20	על עקרון ה"לור"
36	17	רובה על עקרון ה"לור"
		מחשבי דימוי
19	1	
21	2	
20	3	
20	4	

עמ' מס'	חוב' מס'	
2	6	נשק-קל בצבאות העולם
8	7	
2	16	נשק-קל מעולה יותר
		סתר שף — או מדבר רשף
30	6	"עוזי"
38	2	קנים לנשק קל
36	13	קני תותחים — תהליך יצור
32	12	קתות לכלי יריה
33	1	רובה אוטומטי לטילים
35	19	תותחים מתנייעים
2	15	תותחי נ"מ קלים
14	2	תותח מתנייע XM-104
39	16	תותחים פרוק
16	14	תותחים ואפוסם
36	16	
33	17	

שריון

עמ' מס'	חוב' מס'	
38	3	גלגלי מרכוב מפלסטיק
		הסעת אנשי חי"ר על טנקים
37	20	השריון לעומת התוחח
32	10	חדירת שריון
32	4	
32	5	
35	6	טלויזיה בשרות
		חיל שריון
38	5	טנק שבדי חדש דגם S
39	11	
3	12	טנקים — סקירה
2	14	טנק אמריקאי M60 A1
39	10	טנק סנטוריון
3	2	טנקוריון ללא מגן תוחח
39	9	טנק סטלין
31	2	טנק צ'יפטיין
39	5	טנק T 54
38	3	
2	19	
2	20	טנק T 95 אמריקאי
3	1	קפיצים הידרו פניומטים
39	8	
40	11	לוח שריון מאלומיניום
36	12	מערכת יצוב
38	7	בטנקים סובייטים
36	18	מנגנון יצוב
12	5	
13	7	משחית טנקים חדש (רוסי)
38	21	
		מטול משמיד
13	17	טנקים 90 מ"מ
37	21	נושא גייסות משורין
21	5	עבירות טנקים
		שריונית חדשה
37	20	במכירה חפשית

כלי עבודה, חמרים, והמצאות קטנות!

חוב' מס'	עמ' מס'
21	15
14	25
14	14
4	19
21	31
17	28
10	12
11	26
13	10
12	15
18	31
2	25
21	19

מכשירים מדויקים

חוב' מס'	עמ' מס'
10	25
2	33
3	32
14	90
1	34
6	30
13	40

מדורים שונים

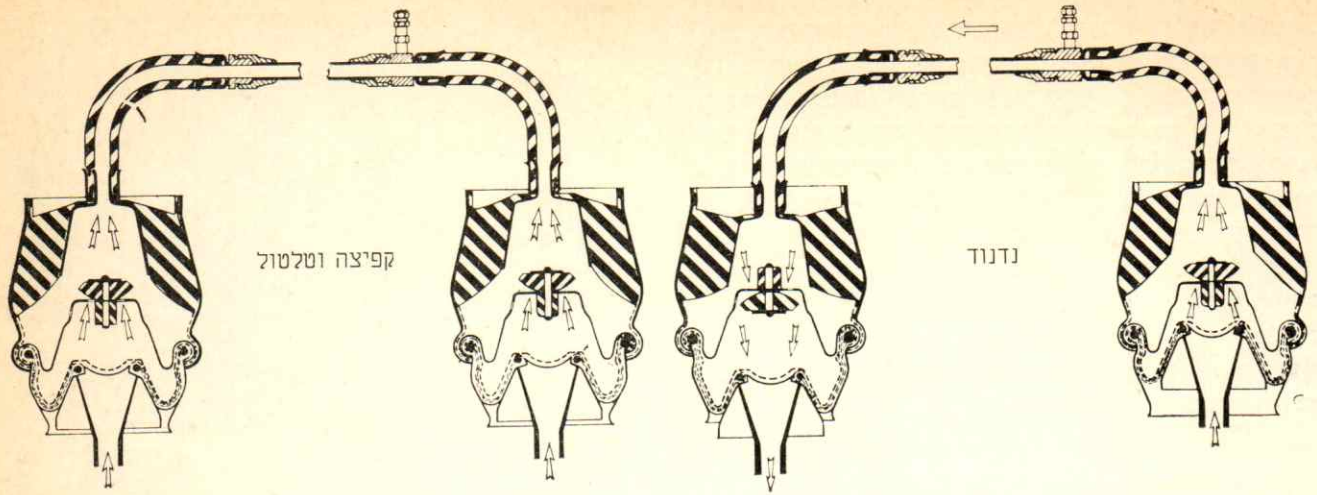
חוב' מס'	עמ' מס'
6	28
3	29
1	31
3	28
4	29
17	33
2	30
5	29
6	32

חוב' מס'	עמ' מס'
8	35
14	38
3	39
1	39
14	39
14	38
13	40
21	37
21	38
20	37
7	39
6	39
4	8
2	39
17	36
13	39
21	37
21	38
1	39
13	40
5	38
9	39
21	39
13	39
12	40
11	39
14	39
17	36
16	39
4	39
10	39
21	37

מאמרים כלליים

חוב' מס'	עמ' מס'
19	35
20	21

חוב' מס'	עמ' מס'
5	27
14	31
7	38
17	36
1	38
10	39
1	39
16	39
21	38
11	40
19	35
19	35
19	35
1	38
2	38
10	39
12	38
2	39
8	39
9	40
18	38
13	40
10	38
19	35
7	38
21	38
18	38
21	38
14	39
6	39
18	38
18	38
18	39
16	40
1	39
15	39
8	35
15	39
5	39

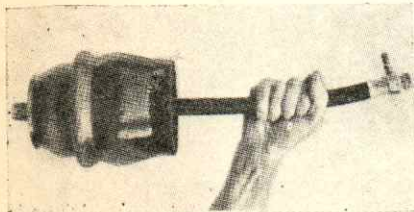


בכל צד של המכונת יש מערכת אחת. כאשר שני אופנים מוצאים ממקומם באותה מידה, כמו בקפיצה הטהורה — נתקלים בכך לעתים נדירות — או בטלטול, אין מתרחשת שום זרימת-ביניים של נוזל. יוצא מכאן שהקפיצים מוטים יחד והנטייה היא יציבה. אם אופן אחד בלבד מוצא ממקומו, זורם הנוזל דרך המוביל כדי להניע את האופן האחר בכיוון הפוך. דבר זה מפחית נדנד, ומאחר שהקפיצים מוטים בחלקם נוצרת נטייה שקטה וחלקה. השפעת השיכון של המוביל מביאה תועלת לטיב הנטייה במהירויות-נטייה גבוהות

הרבה יותר מתכונות הניחות, משהיה הדבר אפשרי עד הנה. נוסף על שסתומים מבוקרי-לחץ אלה יש, כפי שהוזכר מכבר, פתח קבוע יחיד הפועל כבקרת הקזה: חור זה מקומו במשטח הקוני של „טס-הכניסה“. בכל צד של המכונת צינורות קישור בקוטר 1.25 ס"מ (1/2 אינץ'), המחברים את שתי היחידות ההידרואלסטיות בנייהן.

הצינורות מסודרים בניקבת הרצפה, שדרכה מובילים צינור-הפליטה וצינורות מערכת הבלימה. כדי לאפשר תנועה הן של הקפיץ והן של מסגרת-עזר המתלה, מחוברים קצות המוביל אל יחידות הקפיצים על-ידי זרנוק באורך כ-30 ס"מ. הזרנוק מותאם מעל חלק מתמשך משונן, שקצהו מולחם אל תוך החלק הלחוץ הפנימי של הקפיץ; בקצה האחר, החיבור הנו סניף תברגי תקני.

שסתום טעינה מסוג „שרדר“ נמצא בקו הצינורות: הוא סמוך ליחידה ההידרואלסטית הקדמית ונוח לגישה דרך תא המנוע. באמצעות שסתום זה נטענת המערכת בנוזל הידרואולי — תערובת של 49% מים מינרליים למחצה, 49% אלכוהול, 1% מלח חומצה זרחנית טרית נולאמין ו-1% נתרן מרקפטר-בנותיאזול (נמב"ט). נוזל זה שהנה, כמובן, חסין קפאון, ובעלת צמיגות קבועה, מכיל חומר מונע חלודה ועוד גורם שמוסיפים אותו כדי לעשות את הנוזל מעורר בחילה — לפי דרישת החוק. לפני שהמערכת נטענת בנוזל בלחץ של 15 ק"ג/סמ"ר בערך — הלחץ הקבוע בתקן בשביל כל-ירכב ריק — נוצר מצב ואקום של 80 אחוז על-ידי משאבה פולטת בעת שירות. עשוי הלחץ לעלות עד 31 ק"ג/סמ"ר במצב של מכה ברורה, ועלול לרדת לא יותר מאשר עד 5 ק"ג/סמ"ר במצבים של רתיעה ברורה.



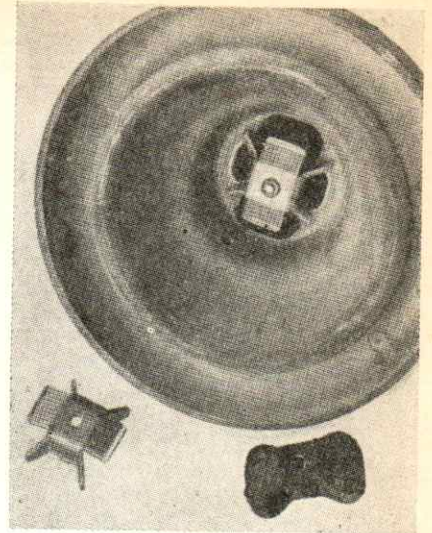
היחידה היא קומפקטית, הזרנוק גמיש כדי שיוכל לנוע מצד לצד עם תנודות המערכת

העטרה של הבוכנה. רפידה דקה של גומי-בוטילי (סינתטי) מותאמת מעל המשטח העליון של הדיאפרגמה, וזאת כדי לודא אטימות.

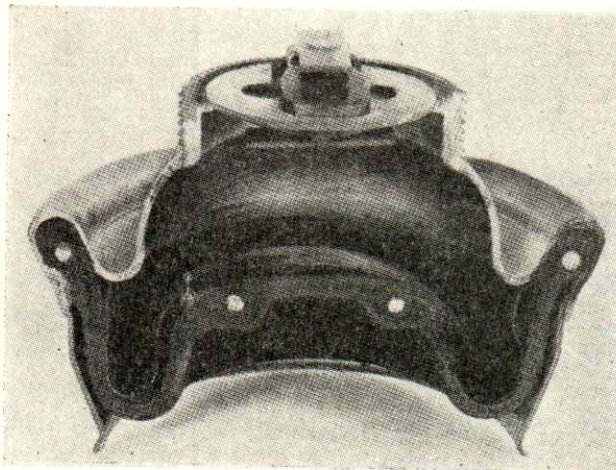
יש שני קולרי-אטימה נפרדים. אחד נמצא ברנח שבין מעטפת הדיאפרגמה וזה של „טס-הכניסה“, כאשר האחר מקומו בין „טס-הכניסה“ והקצה התחתון של המיכל. בשעת ההרכבה, עוצב הראשון על-ידי הידוק ההיקפים של רפידות-הבוטיל והדיאפרגמה בין הקצה העליון המאוגן של המעטה ובין שפת „טס הכניסה“. קולר האטימה האחר עוצב על-ידי לחיצת הקצה התחתון מרפוד-הגומי של המיכל מסביב החלק המכסה את „טס-הכניסה“. רפידת-מקשר זו היא הרחבה של חומר הקפיץ בתוך המיכל. בדרך זו, נוצרה יחידה חזקה במיוחד, שמשקלה 5 ק"ג בערך.

ארבעת הנקבים במנחת המנוקבים „בטס-כניסה“ סגלגלים הם, זהים, ומרוחקים זה מזה באופן שווה במעגל חלוקה משותף: זוג חורים שבו מקביל חור לחור בצורה קוטרת פועל בשעת קפיצה והזוג האחר ברתיעה. כל אחד משני התפקידים האלה מבוקר על-ידי מדף-גומי נפרד, וכפי שנראה בשרטוט, צורתו כחגורה צרה. יש אחד על-גבי המשטח העליון של החלק הלחוץ: זה מבקר את הקפיצה. האחר — הערוך ב-90 מעלות לעומת המוזכר בראשונה — מקומו במשטח התחתון והוא מבקר רתיעה. לכל מרכיב מדף יש טבעת מקושרת פנימה ומסמרת אחת עוברת דרכה ודרך המרכו של „טס-הכניסה“, כדי לקשור שני חלקי פלדה לחוצים קטנים, כשכל אחד חובק מול מדף אחד. הקצות של כל אחד משני חלקי-אוכף אלה מתפשטים אל תוך הנקבים המנוקבים בשסתום המנחת האחר, כדי להשיג מיקום זויתי. מתמשכים מהצד מתוך החלק המרכזי של אוכף-הבטחה שני זוים שכופפו למטה, באמצעות ציוד מיוחד, מעל שני הקצות הבולטים של מרכיבי המדף, כדי להסדיר את פריקת הלחץ מהשסתום. טוענים שמשך-החיים של מנחתים בעלי שסתומים עשויים מדף-גומי, ארוך יותר מזה של מנחתים-מתכת מקובלים, וכי שיטת הסידור הממוכן מאפשרת בקרה מדויקת

מצב ההתנדדות, והמכונית מקיימת מצב איזון באופן ממשי. בגלל חיבור הביניים של הקפיצים הקדמיים והאחוריים, מתחלקים העומסים הדינמיים על כל אחד מן האופנים הבודדים על-ידי שני אופנים, והפרופורציות הממשיות בין השניים נקבעות על-ידי פעולת ההצנרה (שינוק) של המוביל. לפיכך תנועה שלמה של אופנים אינה מלווה בדרך כלל בתנועה שלמה של קפיץ, ונוצרת נסיעה נוחה וחלקה. במהירויות נסיעה גבוהות יותר גדלה ההתנגדות של הצינור לזרם הנוזל, בשיעור הגדול פי שלושה ממהירות זרם הנוזל, דבר המחזק את יציבות המכונית במצב של התנדדות. הקוטר היעיל של המוביל הוא המכריע. במוריס 1100 המובילים הם בעלי קדח גדול מהדרוש, אך כל אחד כולל לוחיוסות הקובע את אופי הנסיעה.



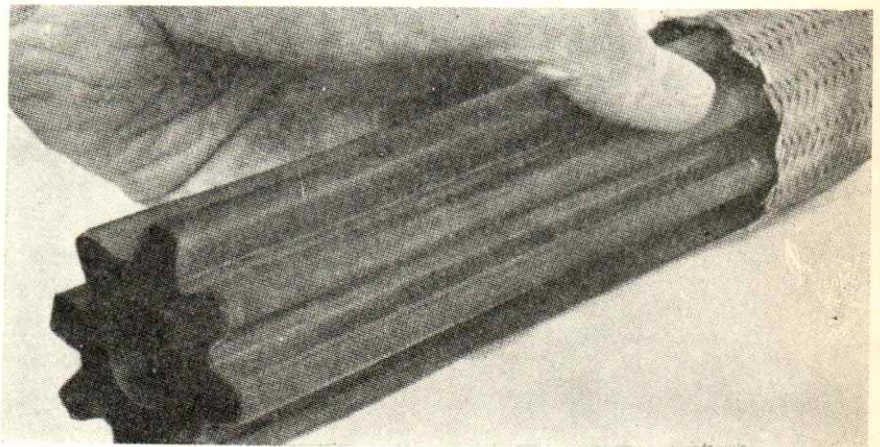
הצד התחתון של טס"הכניסה מראה את נקב ההקזה ואת שסתום הרתיעה כשהם במקומם. מעל כל קצה של מרכיב הגומי נמצא זיז החוץ כלפי מטה, כדי לפרוק את הלחץ



הנסיעה שופרה במידה רבה כאשר אימצו מנחתים בנויים שסתומי מדף המתאימים להדחק הגדול של הנוזל המועבר — והם מוקמו מחדש ליד יחידות המעתיקים. להגנה על הדיאפגמה מהתבקעות, נכלל מעטה קוני; כן עשו את הבוכנה בצורה קונית. בתמונה נראית בבירור רפידת גומי הבוטיילי לדיאפגמה

אם שתי "יחידות ההעתקה" מועתקות בעת ובעונה אחת — כפי שהדבר קורה בקפיצה הטהורה או בטילטול — לא מתרחשות כל זרימת ביניים. לחץ הנוזל מועבר כולו לעבר הקפיצים, אשר מועתקים בעת ובעונה אחת, וכך מתקבל שיעור התליה (רחיפה) מוגדל. מאחר שהמצב של קפיצה טהורה מתרחש לעתים נדירות, ההשפעה השלמה של שני קפיצי צים הפועלים יחד מורגשת בדרך-כלל רק בעת טילטול כשהאופנים החיצוניים מועתקים בהתאמה. המספר שנוקבים בו לקשיחות הטילטול של ה-ADO 16 הוא 7000 ק"ג סמ"ד למעלה אחת, שהוא גבוה באופן בולט בשביל מכונית סגורה בת ארבע דלתות.

מקום קביעתם של שסתומי המדף סמוך לדיאפגמות מבטיח את ניהותם של כל תנועות האופנים. דחיקות קטנות של נוזל, משונקות רק על-ידי נקב הקזה בעל



צינור הגומי משמש כקפיץ וכמוביל לחיבור הביניים כאחד. גידול בלחץ הנוזל בצינור מותח את הצלעות כנגד מעטה הפלדה הקלוע החיצוני

פעולת המערכת

כפי שצוין קודם לכן, התפקיד של חיבור הביניים בין הקפיציים האחוריים והקדמיים הוא להפחית את תדירות הנדנוד של רכב המצויד בקפיצים שיש להם תדירות קפיצה המקנה תכונות שליטה נאותות. במכונית מוריס 1100 התדירויות הן 92—90 מחזורים לדקה בקפיצות ו-65 מחזורים לדקה בהתנדדות. הפחתה בתדירות ההתנדדות ניתן להשיג כמובן על-ידי קיצור רווח הסרנים, אולם דבר זה, כפי שהוזכר כבר, אינו רצוי.

ההפרעות השכיחות ביותר במכונית הנוסעת קדימה הן אלו הנובעות מאי-האחדות של פני-הכביש, שהמגע בהם נעשה בתחילה על-ידי האופנים הקדמיים ואחרי-כן על-ידי האופנים האחוריים שבאותו צד של המכונית. במכונית שמתקנת בה מערכת קפיצים מקובלת, כל אחת מהתנועות האלו גורמת תאוצה זוויתית במצב של נדנוד. כאשר "יחידת ההעתקה" הקדמית של מערכת ההידרואלסטית מועתקת עקב תנועת האופנים מומרץ נוזל דרך מוליך אל "יחידת ההעתקה" האחורית, אשר מעלה את הקצה האחורי של המכונית, וכך מפחית את התאוצה הזוויתית. כתוצאה מכך מסולק למעשה

הזכוכית

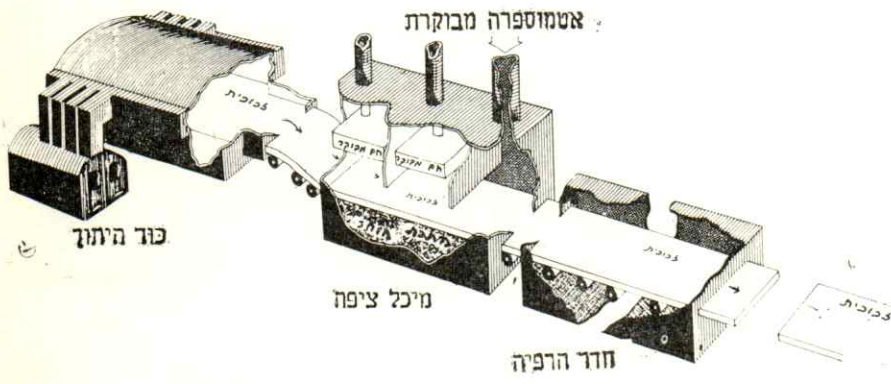
לכלי זכוכית

המתכת ושומרת על גמר וליטוש מעולים בשני צדדיה. תהליך זה הוכח כמוצלח ביותר, כך שביוני 1965 נוספו עוד שני מפעלים למפעל הצפת הזכוכית המקורי, ואילו בסוף שנת 1967 יהיו חמישה עשר מפעלים נוספים שיעבדו בשיטה זו.

ריבוד זכוכית הבטיחות

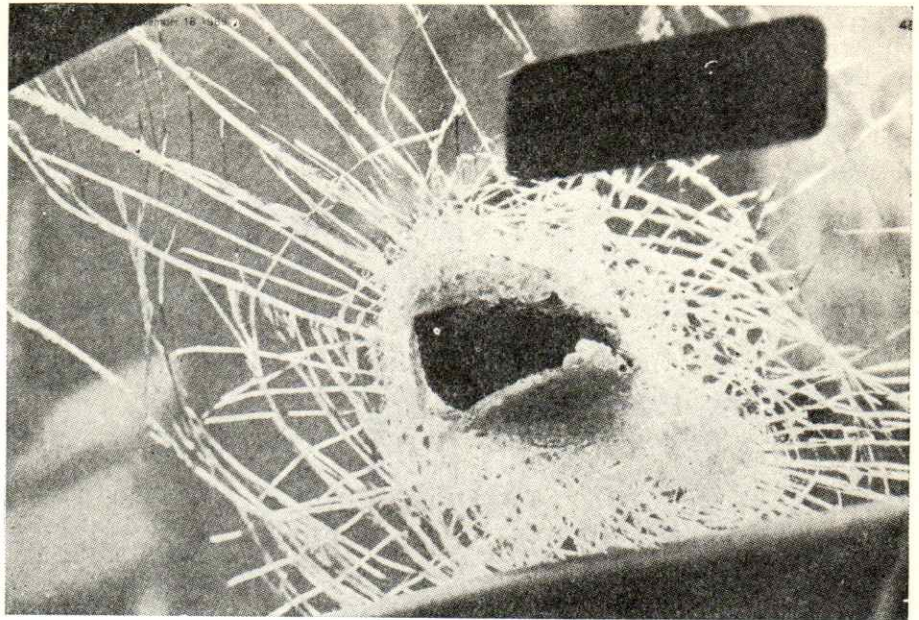
אף על פי שהתכונות האופטיות של לוחות זכוכית מתאימות למילוי תפקיד של חלון קדמי ופנס אחורי של מכונית, תכונותיהם הפיסיות האחרות אינן מתאימות לכך. בתחילת ימיה של התחבורה הממונעת נגרמו פציעות נוראות כתוצאה מרסיסי זכוכית שבורה (ציור 2). ב־1919, כימאי צרפתי בשם אדוארד בנדיקטוס, שהיה מודאג מתוצאותיהן של תאונות אלה, נזכר במקרה שאירע שש שנים לפני כן במעבדתו, שעה שמבחנה גדולה נפלה מן המדף לריצפה. „הרמתי אותה“, אמר בנדיקטוס, „בחשבי שהיא שלמה, אולם בתוכה היתה סדוקה כמו כדור בדולח של מגדת עתידות, אבל לא התפוררה, בגלל דבק פנימי חזק“. דבק זה נוצר מחומר שהיה במבחנה והתאדה במשך 15 שנה, בהשאירו על דפנותיה שכבה חזקה מאוד של צלולויד זגוגי. הרסיסים החזיקו מעמד בצורה כזאת, שברגע ההתנגשות אף אחד לא נותק. בהשתמשו בעיקרון זה, יכול היה בנדיקטוס ליצר חתיכת זכוכית בטחון מרובדת, המורכבת משתי שכבות זכוכית ומשכבת ביניים עשויה צללוד. הוא ייסד חברה ליצור זכוכית בטחון, בשם „חברת יצור זכוכית

הרכבה של הזכוכית לא שונה מאז התקופות הקדומות, ונשאר זהה ביסודו: זוהי תערובת של ד־תחמוצת הצורן, בצורת חול ואלקאלי (כגון סיד), המותכת לטמפרטורה של בערך 1300 מעלות צלסיוס. סוג הזכוכית שמעניין אותנו מהוה התקדמות עצומה לעומת זה ששימש לתכשיטים המצריים העתיקים משנת 4000 לפנה״ס או זה ששימש לפיתולים הססגוניים של בקבוקים מתקופת מלכותו של הנרי השמיני. מאז המאה ה־17, זכוכית שלא נדרשה לצרכים אופטיים או לצרכי קישוט, הושגה בשתי צורות: פסי־זכוכית לשימוש רגיל ולוחות זכור־כית. פסי־זכוכית מודרניים הם תוצאה של תהליך, בו פס זכוכית באורך ובעובי קבועים נמשך מכור־ההיתוך ומועבר דרך תא־הרפיה. למרות שפני הזכוכית המיוצרים בצורה זו מלוטשים כראוי, אין הזכוכית שטוחה לגמרי — משקל הזכור־כית ונטייתה להידבק למכבשים גורמים ליצירת גלים בזכוכית. עד לפני זמן לא רב, הדרך המקובלת לתיקון פגמים אלה היתה העברת הזכוכית בצורה אופקית בין שני ראשי־ליטוש, שיעבדו את פני הזכוכית וסילקו את הפגמים, וכך נוצר לוח זכוכית מלוטש משני צדדיו. אולם בשנת 1959 הוחלפה שיטה זו בשיטה של הצפת הזכוכית, שהומצאה על־ידי האחים פילקינגטון מסנט הלנס. פס רצוף של זכוכית מועבר מהכור ומוצף על־פני מתכת המותכת בטמפרטורה מבוקרת (ציור 1). חום המסופק מלמעלה מוציא על־ידי התכה את כל הפגמים שבזכוכית, הזכוכית מתאימה את עצמה לפני השטוחות של



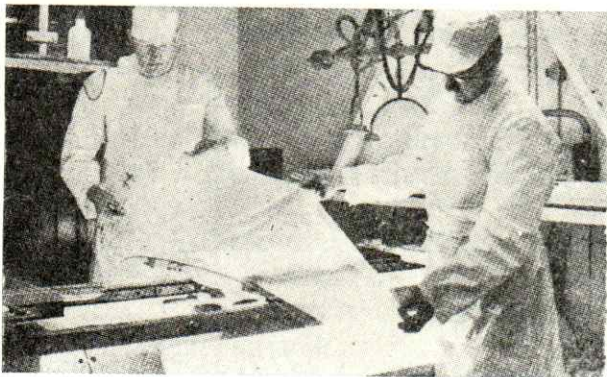
ציור מס' 1
תהליך ציפת הזכוכית. פס רצוף של זכוכית מועבר מכור ההיתוך ומוצף על־פני מתכת מותכת בטמפרטורה מבוקרת

ציור מס' 4 אבן גדולה שנוזקה על חלון העשוי זכוכית תלת שכבתית נשארה נעוצה בחלון



על תבנית שלדית פתוחה. ומועבר רים לתנור חשמלי. בשעה שהזכור כית מתרככת כתוצאה מהחום, עולים קצות התבנית כלפי מעלה, ואילו המרכז אינו משתנה — וכך מתקבל הכיפוף הרצוי. לאחר שה זכוכית מתאימה בדיוק לצורת התבנית, היא מועברת מאגף הכי פוף בתנור לאגף הרכבת חומר הביניים. בין שני לוחות הזכוכית שהצטננה במקצת מכניסים שכבת חומר ביניים (ציור 3). עם הוצאת כל האויר מבין שלושת השכבות, זן נצמדות חזק זו לזו. ההדבקה הסופית נוצרת על-ידי הפעלת לחץ

של בערך 10 ק"ג/סמ"ר ויצירת טמפרטורה של 140 מעלות צלסיוס בערך. התהליך מבוצע בתא לחץ גדול. חלון קדמי או אפילו פנס אחורי מסוג זה הם חזקים דיים כדי לעמוד בפני מכה של אבן גדולה (ציור 4).



ציור מס' 3 שיכבת חומר ביניים מוכנסת בין שני לוחות זכוכית. התהליך מבוצע בחדר ממוזג אויר

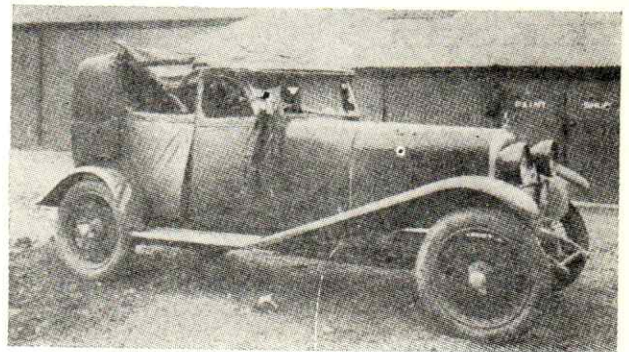
זכוכית מחוזקת

בשנת 1932 הוכנס לשוק סוג שונה לגמרי של זכוכית בטיחות — זכוכית מחוזקת, או זכוכית שטיפלו בה בעזרת חום. כמו כל תהליך הקשור בזכוכית, שורשיו של תהליך החיזוק מצויים בעבר הרחוק. סבורים, כי זכוכית מחוזקת היתה מוכרת כבר בתקופת מלכותו של הקיסר טיבריוס. היה זה הנסיך רופרט מחבל הרינוס אשר גילה, שאם נמוזג זכוכית מותכת למים קרים — נוצרות טיפות זכוכית חזקות מאוד בצורה של אגסים. ה„טיפות של הנסיך רופרט“ עומדות אף בפני הקשה חזקה, אולם אם קצה הטיפה נשבר, כל הטיפה מתפוררת לאבקת זכוכית דקה. חלון קדמי, לאחר כיפופו במבלט אנכי, (ציור 5) מחוזק על-ידי צינון באויר, אולם עדיין הוא נשאר בעל סגולות פיזיות דומות. התהליך יוצר התכוצות בשכבה החיצונית של הזכוכית, בעוד שליבת-הזכוכית נתונה במתח

טריפלס (טריפלס פירושו: תלת-שכבתי). הזכוכית שיוצרה לא היתה חזקה יותר מהקודמת, אולם היתה בטוחה הרבה יותר. אחרי ספגה מכה קשה נשארה שלמה ולא איבדה את שקיפותה. רסיסי-הזכוכית החדים נדבקו חזק אל שכבת הביניים. זכוכית מרובדת מודרנית, שונה רק מבחינת סוג שכבת הביניים בה משתמשים. לצלוליד היתה נטיה להחליף את צבעו לחום כאשר נמצא פרק זמן ממושך בשמש, ולכן הוחלף בחומר אחר הקרוי צלוליד אצטט. אף חומר זה לא היה נקי מחסרונות: בהשפעת חדירת לחות הפך ללבנבן, והיה צורך לאטמו בקצוות עם זפת כדי למנוע חדירת לחות. חומר יציב יותר לשכבת הביניים, בשם „פוליניל סוטיראל“, הוכנס לשיר מוש בשנת 1945. כיום מורכב חלון קדמי קשתי במכונית מזכוכית מרובדת, הבנויה משתי-שכבות של זכוכית שעוביה 3.2 מ"מ.

תהליך הייצור

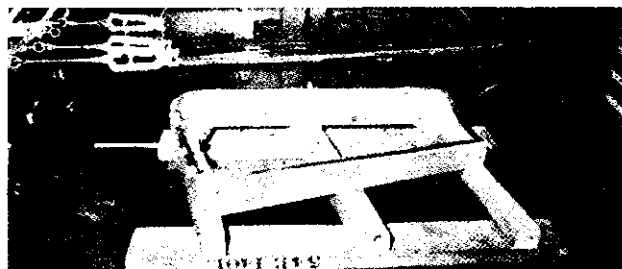
שני לוחות הזכוכית השטוחים, המיועדים ליצור חלון קדמי במכונית, מופרדים זה מזה באמצעות שכבה דקה של אבקה בלתי-ריתכה, הקרויה „גורם מפריד“. לוחות הזכוכית מונחים



ציור מס' 2 בתחילת ימיה של התחבורה הממונעת נגרמו פציעות נוראות כתוצאה מרסיסי זכוכית שבורה

ארוכה — הרי שבירה חלקית של השכבה החיצונית יכולה לפעמים להתרחב בהדרגה, ובסופו של דבר תביא לשבירה כללית ופתאומית, שלא נמצא לה הסבר.

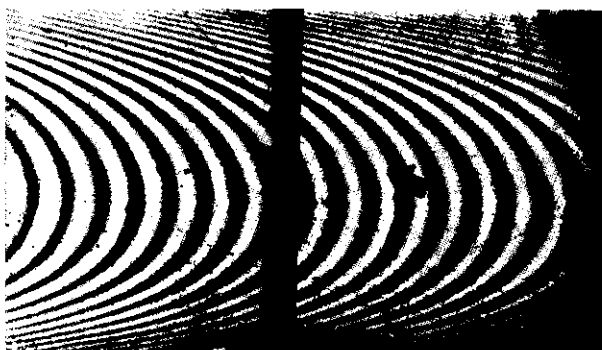
בגלל סיבה זו הגוררת הרעה בראיה; משום שחלונות קדמיים במכונית העשויים זכוכית מרובדת מחירים גבוה בערך פי שלושה ממחיר חלונות העשויים זכוכית מחוזקת; משום שחלונות זכוכית מרובדת מוזכרים על-ידי החוק בכמה ארצות ובעיקר ארצות-הברית — משום כל אלה, הגיעו אנשים רבים למסקנה, שחלונות חזית במכונית העשויים זכוכית מחוזקת פחותים בערכם מחלונות עשויים זכוכית מרובדת. אולם הנידוח של מספר תאונות בבריטניה, בהם היו פציעות ראש כתוצאה מהתנגשות בשימשה קדמית, מראה, שכאשר לוקחים בחשבון את המספרים היחסיים של שני הסוגים בשימוש. חלונות העשויים זכוכית מרובדת עלולים לפצוע פי שמונה



ציור מס' 5

חלון קדמי לאחר כיפופו במבלט אנכי, וזפני חיזוקו בונים אויר קר

(ציור 6). הזכוכית, למרות שהיא חלשה במתח, היא חזקה בדחיסה. זכוכית מחוזקת יכולה לעמוד בפני סטיה גדולה יותר (ציור 7) מזכוכית רגילה. שטחה התחתון של זכוכית מחוזקת הנתונה בעומס, מתמתח, כך שהזכוכית לא תישבר עד שהמתח שבשטח זה יעלה — כתוצאה מהעומס — על הדחיסה הנתרת בתוכה כתוצאה מן הטיפול בחום. בצורה דומה, זכוכית מחוזקת תעמוד בפני התנגשות חזקה, בתנאי שהציפוי הדחוס לא יישבר, כאשר נשבר הציפוי, מתנפצת הזכוכית בצורה כזאת, שקצוות רסיסי-הזכוכית קטנים קלים ואינם מסוכנים. ההסדר הרוח הוא, שברגע שהזכוכית מקבלת מכה, היא נסדקת בצורה כזו, שהיא מאבדת משקיפותה. הדבר ניכר במיוחד במקרים, בהם החלון הקדמי מוטה בזווית ניכרת לגבי הניצב. דרך אחת למנוע זאת היא להכניס פסים לא מחוזקים של זכוכית לתוך החלון, בפרט לפני הנהג, כך ששבירות מחוץ לשטחים אלה אינן מתפשטות לתוכם. אולם בשיטה זו יופיעו שוב הקצוות החדים, שבגללם תוכנן חיזוק הזכוכית. שיטה טובה יותר היא שיטת החיזוק האזורי, שתוצאתה היא איזור של חלקיקים גדולים יותר וראיה ברורה יותר לפני הנהג. שיפורים בתהליך הביאו לידי „איזור רחב“ ("Wide Zone") (ציור 9) של ראיה משופרת אחרי השבירה. צורה אחרת של שבירה נראית בציור 10. הזכוכית הנראית בציור זה דחוסה בצורה לא



ציור מס' 6

התהליך יוצר התכווצות בשכבה החיצונית של הזכוכית, בעוד שליבת הזכוכית נתונה במתח

והצי יותר מאשר חלונות מזכוכית מחוזקת. ניתוח גרמני דומה קובע את היחס בארבעה וחצי לאחד, בזמן שניתוח אמריקאי של הפציעות, שנגרמו על-ידי חלונות צדדים מחוזק



זכוכית מרובדת

לעומת זכוכית מחוזקת

למרות שלזכוכית מחוזקת התנגדות כמעט אינסופית לעייפות, בגלל הגמישות הרציפה בה למשך תקופה

ציור מס' 7

זכוכית מחוזקת יכולה לעמוד בפני סטיות גדולות יותר מאשר יכולה זכוכית רגילה

קפיצים הדרו-אלסטיים

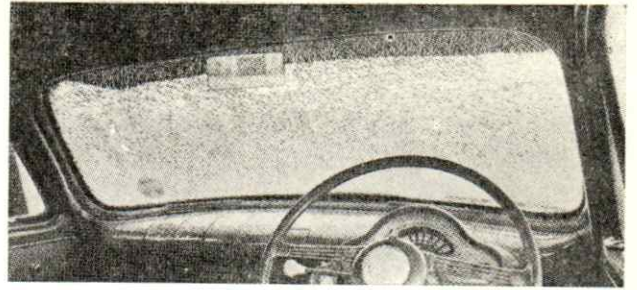
- המשך מעמוד 12 -

קוטר קבוע. בתנאי פעולה הכרוכים במאמצים גדלים יותר, עוברת הפעולה לידי המנחתים הראשיים: פעולתם של אלה מתקדמת ומושגת רמה נאותה של נוחות ההולמת את כל סוגי פנייהשטח. בגלל נפח הנוזל המועיל לפיזור הום — 6.5 ליטר למערכת או 14.5 ליטר למכונית — אין נתקלים בתשישות המנחת.

הווכרו התצורות הקוניות של הבוכנה והמעטה שכנגדו מיטל-טלת הדיאפרגמה. סימן אופי זה, מלבד היותו בעל ערך בתמיכת שטח גדול של הדיאפרגמה, מסייע ליצוב המכונית במצב התנדנדות, וכן מביא לידי תכונות קפיצה בלתי-קויות. כאשר הבוכנה מועתקת, גדל השטח הפעיל של הדיאפרגמה. במצב של התנדנדות מועבר הנוזל הנדחק ליחידה האחרת — שבה השטח הפעיל של הדיאפרגמה הולך וקטן באופן מתקדם — ולכן ההתנדדות לנדנדו גדלה. בקפיצה, לעומת זאת, קצב גידול הלחץ של נוזל יורד. מקדם הקפיץ עולה.

כדי להקטין את השינויים במצב ההתנדדות הסטטי, נכלל מוט פיתול בעל קוטר קטן בין כל סמוך-זרוע-פיתול אחורי ומסגרת השלדה. דבר זה מונע מראה דוחה של מכונית שחרטומה או קצה האחורי נטויים כלפי מטה יתר-על-המידה, ומונע צורך בכונן קן פנסי-החזית. מוט „נגד-טלטול” אחר מותקן בין סמוכי-זרוע-הפיתול האחוריים, כדי לפעול נגד תגובה פחותה מהמצופה בהיגוי, הנובעת מהעובדה ש-62% של משקל ריק נישא על-ידי האופנים הקדמיים. הור איל וכל ארבעת היחידות במכוניות זהות (כדי לבסס את היצור של ציוד עיקרי וחלקי החילוף), אומצו יחסי-הנפה שונים מלפנים ומאחור; זה שמלפנים הוא 3.95:1 וזה שמאחור 4.4:1; יחסי האופנים, לכן, גדולים יותר מלפנים מאשר מאחור ומוט ה„נגד-טלטול” מקטין את התגובה המופחתת בהיגוי רכב ביחס למצב הטית האופנים לרמה סבירה. הקצות של מוט ה„נגד-טלטול” כפופים ב-90 מעלות וקדוחים כך שאפשר לחזקם בדרך המקובלת אל המשטחים הפנימיים של סמוכי-זרועות-הפיתול. כשהוא כרוך בין כל חלק קדוח וסמוך-זרוע פתול, נמצא מנוף מתמשך לפניו אשר חור מרובע סמוך לקצהו, כדי לקבל בתוכו את הקצה המרובע של מוט בקרת ההתנדדות, שהוא כמובן מותקן מהצד. הקצות הפנימיים של מוטות ההתנדדות כפופים כלפי קדימה ב-90 מעלות ומתא-מים בתותבי פלדה, הנישאים בקורת-הרוחב של מתלה העזר. שלושה דברים בולטים מבקרים לפיכך את ההתנדדות של המכונית. התצורה הקונית של המעתיק; הגיאומטריה של מוטות המתלה; ומוטות ההתנדדות. קפיצה מבוקרת על-ידי שלושה דברים בולטים אלה, ועל-ידי הקפיצים. טלטול מבוקר על-ידי ארבעתם, בצירוף מוט ה„נגד-טלטול”. הנדנדוד מחמת בלימה מתבטל על-ידי תגובת הפתול על סמוכי-זרוע הפתול האחוריים.

היצרנים מרוצים מכך, שלמרות העדר של סידור לבקרת הנסיעה או איזונה, הרי התכונות של הנסיעה והאחיזה בכביש אפילו עתה מגיעות לרמות המקובלות, ואפילו טובות יותר.

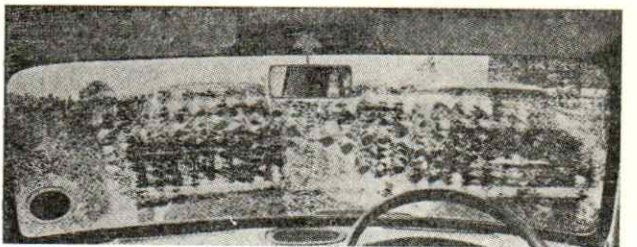


למעלה ציור מס' 8: זכוכית מחוזקת לאחר שבירה
למטה ציור מס' 9: זכוכית מחוזקת בשיטת איזור רחב

קים ומרובדים, קובע את היחס בתשעה לאחד. הסיבה העיקרית להבדל זה בבטיחות היא, שלמרות שחלונות מרובדים מתכופפים בצורה משיעיה רצון כשמתנגשים בהם עם הראש, יש נטייה של הינצרות שטח של חלקיקים חדים המהודקים לשכבת הביניים מתחת לנקודת ההתנגשות. נוסף לכך יש עדות מספקת לכך, שהתנפצות פתאומית של חלון קדמי מחוזק מסוכנת פחות משניתן לשער. מתוך 245 מקרים של התנפצות עליהם נמסר לתחנת משטרה מסוימת, רק אחד גרם לתאונה. יש להנתי, כי הראיה אחרי השבירה היא גדולה יותר בסוג זה של זכוכית. הסתבר, שרוב הנהגים שומרים על זכרון מדויק של מרחק הרכב שלפניהם כך שיוכלו לעצור בזמן.

העתיד

במשך השנים האחרונות התרחבו השימושים בזכוכית בצורה ניכרת, והצהרות שניתנו לא מזמן אומרות, כי מהירות החידוש בתחום זה תגדל עוד יותר. כחומר בניה משתמשים בזכוכית בעיקר בצורת סיבים, מזה כמה שנים ששמשמשים בתעשית המכוניות הבריטית בשכבה מלוטשת דביקה, הנותנת חיבור זול ונקי בין הזכוכית והמסגרת. זכוכית גמישה, המחוזקת באופן כימי — כמו זו שבשימוש בפולקסוואגן 1600 החדשה — עשויה לאפשר לחלון צד של העתיד להתאים לצורת המכונית בשעה שסוגרים אותו. זו התקדמות גדולה בגמישות הזכוכית, כיום ברור כי זכוכית היא לא רק אחד החומרים המוכרים בייצור המכונית, אלא גם אחד מן המסובכים והמבטיחים.



ציור מס' 10: צורה אחרת של שבירה הנראית בציור זה, נוצרת מדחיסה לא שווה של הזכוכית, כך שפסים מאונכים של חלקיקים גדולים יחסית מופרדים על-ידי חלקיקים קטנים. שיטה זו מאפשרת גאות טובה למדי לאחר השבירה

א כ ו י נ ו ת

כ ו ע ר כ ו ת

פזור אורך החיים של מכונות

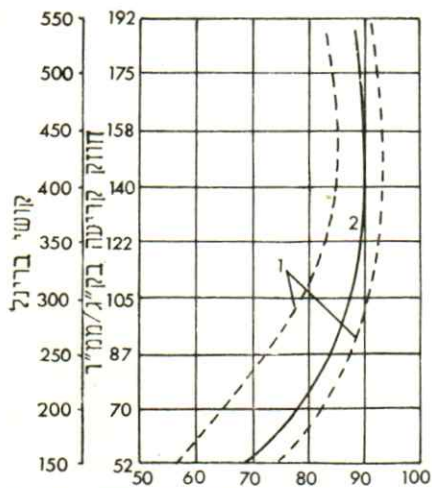
באורך-החיים של מכונות שלמות ושל חלקיהן יש הבדלים ניכרים, דבר המתגלה הן בזמן הבדיקות המעבדתיות והן בתנאי העבודה המעשית שלהן. לתופעה זו השפעה רבה על שיטות בחינה בזמן הייצור, על תכנון אורך-החיים של חלקים, על קביעת מקדמי-בטחון. על תכנון מערך מכונות ועל תכנון תיקונים. למרות חשיבותה הרבה של התופעה, רק לעתים רחוקות מקדישים לה תשומת-לב ראויה. את ניתוח תופעת פיזור אורך-החיים אפשר לחלק לסעיפים:

- (א) נושא הניתוח (חלק, מכלל או מכונה שלמה);
 - (ב) הסיבה העיקרית לקיצור אורך-החיים (שחיקה, התעיפות או שניהם גם יחד);
 - (ג) תנאי הבדיקה (מעבדתית, ניסוי שדה, ניסוי תוך-כדי עבודה);
 - (ד) צורת העמסה (בדומה להעמסה בעבודה, או העמסה מוגדלת לצורך „הזקנה” מהירה).
- הסיבות לבלאי ולכשלון חלקים בהתעייפות הן שונות. פיזור אורך-חיים בגלל בלאי עלול להונצר על-ידי:
- (א) הבדלים בתכונות המכניות של החלקים הנשחקים;
 - (ב) הבדלים בתנאי-העבודה המשותפת של חלקים;
 - (ג) שוני בכמות ובאיכות של חמרי סיכה;
 - (ד) תנודות בגודל ההעמסה;
 - (ה) שוני בתנאי קירור של החלקים.

לעתים מופיעים גורמים שונים נוספים: למשל, בלאי הצי-לינדר של מנוע מושפע על-ידי קורוזיות הסביבה, כלומר – כמות החמרים החומציים בדלק. הגורמים ג, ד' וה' מופיעים תמיד בעבודה מעשית ואין למנוע אותם, אך אפשר לבודדם בתנאי מעבדה. הגורמים א וב', שתלותם בשוני הטכנולוגי של החלקים ובשוני תנאי-העבודה בגלל פיזור בתוצאות ההרכבה, אינם ניתנים לבידוד אפילו בתנאי מעבדה. אורך-החיים עד להתעייפות תלוי בכל הגורמים, אך בעיקר בשוני המבנה של גרעיני המתכת. שבר-ההתעייפות מופיע בעיקר בנקודות החלשות ביותר על-פני החלק, לרוב בנקודות ריכוז המאמץ צים. ריכוזי המאמצים נגרמים על-ידי צורת החלק, על-ידי המעוות שלו, על-ידי שינוי פתאומי בשטח החתך, על-ידי פגמים מכניים בפני-השטח ועל-ידי מאמצים שיוויים ופגמים טכנולוגיים. השפעה גדולה על אורך-החיים של חלק יש לשינוי תכונותיה המכניות של המתכת, ממנה הוא עשוי. בשביל פלדה, שגבול האלסטיות שלה 3,000 ק"ג/סמ"ר, עקר מת הסתברות לחוזק מסויים נמצאת בגבולות $2100 \div 3900$

ק"ג/סמ"ר, כאשר ריבוע הסטיה הממוצעת הוא 300 ק"ג/סמ"ר. אין ספק, שלעובדה זו השפעה ניכרת על התנהגות חלקים ומערכות בזמן שרות (ראה ציורים 1 ו-2). בתמונה מס' 3 רואים את גבולות החוזק להתעייפות של פלדה בעלת חוזק משיכה שזה, התנודה בחוזק נגרמת על-ידי תכונות החומר ועל-ידי השינויים הקטנים בהכנתו ובבדיקתו. הערכה כמותית של גודל הפיזור לפי השינוי בתכונות החומר והטיפול התרמי הניתן לו היא קשה ביותר. אין ספק, שהפיזור נע בגבולות רחבים. בפלדות מעולות, אשר עברו טיפול תרמי מבוקר וקפדני, אפשר להפחית מחשיבותו של גורם זה לעומת גורם מים אחרים. ריכוז מאמצים מקומי, הן קונסטרוקטיבי (ראה ציור 4) והן טכנולוגי, מוריד את אורך-החיים של חלק בצורה קיצונית. בגרפים המצורפים (ראה ציור 5) רואים את השפעת התוספת הלא-מתכתית על אורך-החיים של מיסב-כדורים ואת השפעת ההתזה בכדורי-פלדה על קפיצי-עלה של מכונות (ציור 6). תוספות אל-ברזליות יוצרות ריכוזי-מאמצים פנימיים בחומר, ולכן הן מורידות את אורך-חיי של החלק. התזה בכדורי-פלדה מקטינה את השפעת פגמי-השטח, ולכן מגדילה את אורך-החיים. מסיבות דומות (בועות גזים), אורך-החיים של מיסבי-כדורים המיוצרים מפלדה מותכת בריק, גדול פי שניים, ופיזור התכונות שלהם קטן בהרבה (ציור 7). פגמי

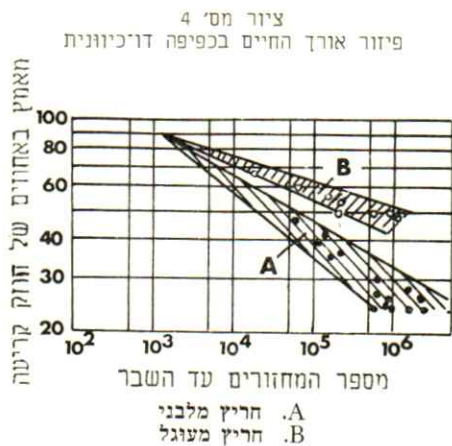
ציור מס' 1
פיזור גבול האלסטיות באחוזים של חוזק שבירה



גבול האלסטיות באחוזים של חוזק קריעה

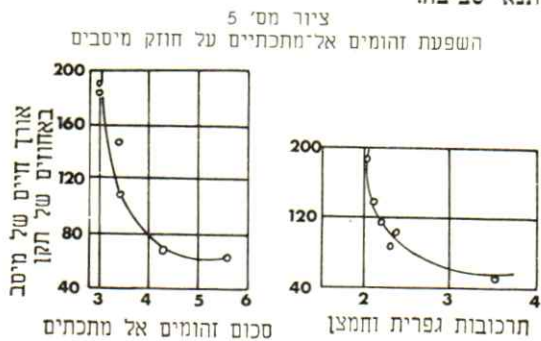
1. גבולות הפיזור
2. הערך השכיח ביותר

- (א) בעל מרוח נכון;
 (ב) מרוח גדול מדי;
 (ג) מרנח קטן מדי.
- התמונה מוחשית למדי. תוך-כדי עבודה גדלים ה"משחקים" והעיוותים. לכן, ככל שהחלק עבר אחוז גדול יותר של אורך החיים שלו, כן גדל פיזור אורך-החיים הנותר.



אמינות

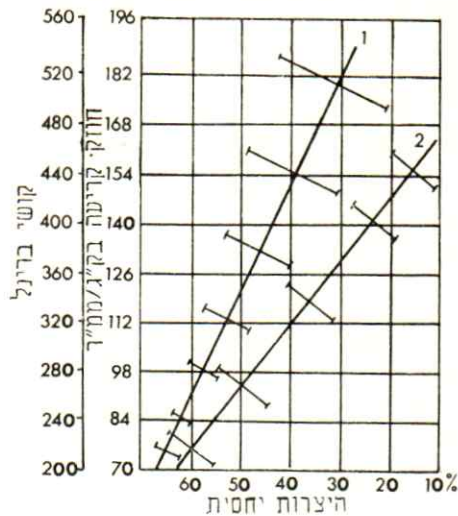
- אמינות מערכת פירושה כהסתברות פעולתו המתוכננת של חלק במשך זמן מוגדר ובתנאים מסוימים. מהגדרה זו נובעים הגורמים הבאים, הקשורים באמינות:
- (א) מחזור פעולה;
 - (ב) סיבולת הדיוק של הפעולה הנדרשת;
 - (ג) זמן ההפעלה הנדרש;
 - (ד) תנאי סביבה.



כדי להגדיר אמינות כראוי עלינו לקחת בחשבון את הגורמים הבאים:

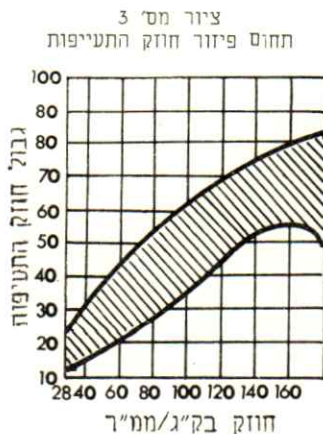
- מחזור פעולה — למיסב שמסתובב ולמיסב שנע בתנועות מטוטלת הלך וחזור, תחת אותו עומס, אורך-חיים שונה.
- סיבולת דיוק הפעולה הנדרשת — טיל יכול להיות מדויק מאוד נגד מטוסים מגביהי-טוס, ובעל דיוק אפסי נגד מטוסים מנמיכי-טוס.
- זמן הפעולה הנדרש — ככל שהחלק עובד יותר יש לו יותר הזדמנויות לכשלון, ולכן האמינות שלו קטנה.
- תנאי סביבה — מנגנון יכול להיות אמין ביותר בתנאי מעבדה, ולהיכשל לחלוטין כאשר מופעלות עליו תאוצות חזקות. אמינות אם כן, היא הסתברות פעולה בתנאים מסוימים המוגדרים בדייקנות. מכינן שאמינות היא הסתב-רות, נעים ערכיה בין 0 ל-1, כאשר 0 אומר שקיים בטחון

ציור מס' 2
 פיזור היצרות החתך במשיכה



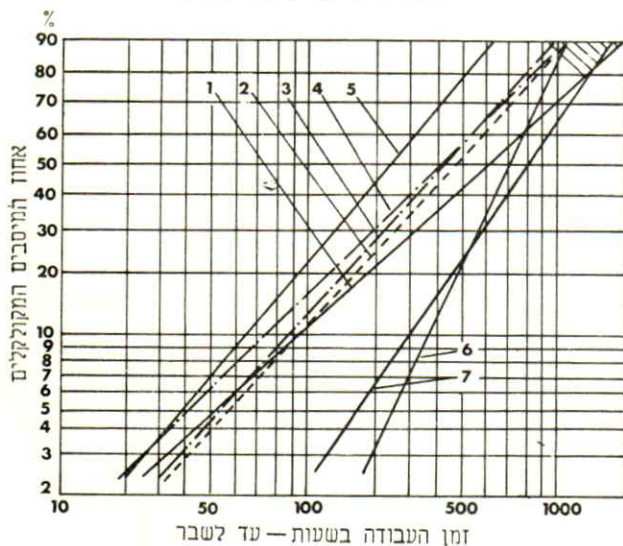
שטח הנוצרים תוך-כדי עיבוד שבבי, מורידים את אורך-החיים ומגדילים את פיזורו. קרה, שבשני מפעלים הוזמנו תיבות הילוכים זהות, אשר יוצרו לפי אותם שרטוטים — ובכל זאת אורך-החיים של התיבות שיוצרו בבית-חרושת אחד, היה גדול פי 10 מאורך-החיים של אלה, שיוצרו במפעל השני. ככל שגדל העומס, קטן הפיזור באורך-החיים (ציור מס' 8), מכאן — שריכוז מאמצים מקומי מוריד את פיזור זמן-ההפעלה. גם לאופי ההעמסה השפעה ניכרת. בניסוי שנערך בחלק העשוי מנתך אלומיניום, נתגלה, שפיזור אורך-החיים בכפיפה דריצדדית היה קטן פי שלושה מאשר בניסוי מתיחה-לחיצה. על פיזור אורך-החיים להתעייפות ועל הבלאי משפיעים הציר רופים השונים, המושגים תוך-כדי הרכבת מנגנונים בנויים מחלקים רבים, אותם מייצרים בסיבולות מסוימות. לכל חלק מידות משלו, הנמצאות בתוך תחום הסיבולת. תוך-כדי הרכבה אין להימנע מעיוותים ומ"משחקים".

פיזור אורך-החיים גדל, ככל שגדלים ה"משחקים". כדוגמה קלאסית יכולים לשמש מיסבי-כדורים. קיום מרוח תקני גורם לפיזור אורך-החיים בגודל של 70%. בציור 9 נראית חלוקת העומס על מיסב, שהוא:



הוא תחום ה- λ הקבועה, כלומר — קצב קבוע של קלקול חלקים לאורך זמן. בתחום השלישי שוב משתנה קצב הקלקול במהירות בגלל בלאי. רוב היצרנים משתדלים למסור ציוד אחרי הרצה, כך שרוב החלקים נמצאים כבר בתחום ה- λ הקבועה. האחזקה המונעת מתבטאת בכך, שהחלקים מוחלפים לפני שהם נכנסים לתקופה השלישית — תקופת עליה חדה בקצב הקלקול. לכן, יש לצמצם את הדיון על אמינות למער-

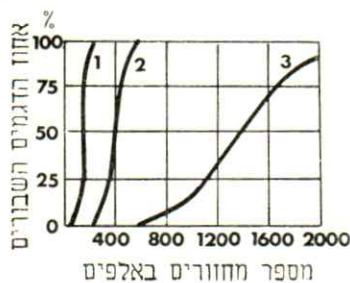
ציור מס' 7
אורך חיים של מיסבי כדורים



1, 2, 3, 4, 5, פלדות מסוגסגות — יצור רגיל
6, 7, פלדות מסוגסגות — יצור בריק

כות שחלקיהן עברו תקופת הרצה והוחלפו לפי עקרון האח- זקה המונעת, כלומר, הם בעלי λ קבועה לאורך זמן. במקרה זה נוסחת האמינות מקבלת את הצורה הבאה:
 $R = e^{-\lambda t}$ (ראה ציור 11).

ציור מס' 8
עקומות פיזור אורך החיים בשלושה עומסים



1. 2170 ק"ג/ג"סמ"ר 2. 1820 ק"ג/ג"סמ"ר 3. 1470 ק"ג/ג"סמ"ר

יש להדגיש, שה- λ קבועה רק כאשר הגורמים לשבר הם אקראיים לגמרי, ולכן אין שום יסוד להנחה, שהסיכוי לאירוע מסוים גבוה יותר בזמן זה מאשר בזמן אחר. נוסף למושג λ , שפירושו כמות חלקים שמתקלקלים ביחידת זמן, משתמשים במושג אחר, שהוא הזמן הממוצע בין קלקול לקלקול. גודל זה

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

זמן הפעולה הכולל של כל החלקים
מספר הקלקולים

גמור, שהמאורע לא יתרחש; ו-1 פירושו, בטחון גמור שהמקרה יתרחש.

פונקצית אמינות

מספר גדול של חלקים N_0 נבדקים במחזור פעולה מוגדר (תנאי א'), בתנאי סביבה קבועים (תנאי ד'), אחרי t שעות של פעולה (תנאי ג'). כל פעולות החלקים נבדקות מבחינת דיוקן (תנאי ב'). מוצאים ש- N חלקים עדיין פועלים כראוי; מכאן, שבזמן t בתנאים א', ב' וד' האמינות היא:

$$R = \frac{N}{N_0}$$

אם נמשיך בנסיון, יתקלקלו יותר ויותר חלקים, ואז ירד מספר N , ואתו גם האמינות. מכאן, שהאמינות היא איזו שהיא פונקציה של t . קצב שבירת חלקים ביחידת-זמן נקרא λ אם אחרי t שעות N חלקים עדיין עובדים, הרי תוך $t + dt$ נשברים dN חלקים, ולכן אחוז השינוי בזמן dt הוא:

$$f(t) = \lambda = \frac{dN/dt}{N}$$

או, בצורה אחרת:

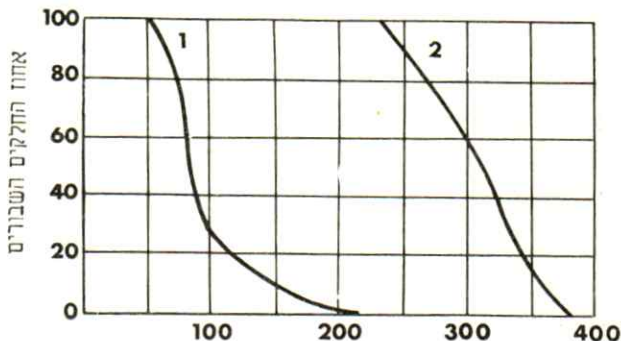
$$-\int_0^t \lambda dt = \int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = \ln N \Big|_{N_0}^N$$

$$= \ln N - \ln N_0 = \ln \frac{N}{N_0} = \ln R$$

$$R = e^{-\int_0^t \lambda dt}$$

מכאן, שבעית אמינות חלק מצטמצמת לבעית מציאת λ . בציור 10 נראה מהלך λ עם שינוי t , כפי שהוא מופיע בחל- קים ובמערכות רבות. רואים, שעקומה זו מורכבת משלושה תחומים בולטים. התחום הראשון, בו λ יורד בצורה חריפה, הוא תחום „מחלות ילדות“. בתחום זה מתגלים כל אותם החלקים שהסתננו לתוך הייצור דרך הבחינה הסטטיסטית, שמתירה אחוז מסוים של פגמים בגלל משקיות התהליך הסטטיסטי או בגלל הרסנות הבדיקה הנדרשת. התחום השני

ציור מס' 6
עקומות פיזור אורך החיים של קפיצי עלה



מספר מחזורים באלפים

1. יצור רגיל
2. קפיצים מחוקקים עליידי התזת כדורי פלדה (הקשה)

שכל המרכיבים יפעלו באופן סימולטני. לכן הסיכוי לפעולה תקינה הוא מכפלת סיכויי פעולה תקינה של כל מרכיב. זוהי הסתברות פעולה של מערכת טורית.

$$R_{\text{כולל}} = R_A \cdot R_B \cdot R_C \dots$$

$$R_{\text{כולל}} = e^{-\lambda A t} \cdot e^{-\lambda B t} \cdot e^{-\lambda C t} \dots$$

$$R_{\text{כולל}} = e^{-t \sum \lambda}$$

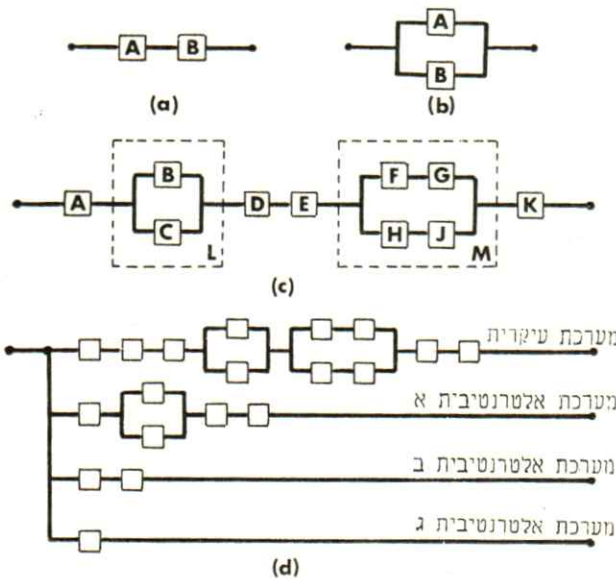
לצורך ניתוח מערכות מקבילות נוח להשתמש במושג אי-אמינות, אותו נסמן ב-Q. קיים: $Q = 1 - R$. מערכת מקבילה מפסיקה לפעול, כאשר כל המרכיבים מפסיקים לפעול. כלומר:

$$Q_{\text{כולל}} = Q_A \cdot Q_B \cdot Q_C \dots$$

$$Q = (1 - R_A)(1 - R_B)(1 - R_C) \dots$$

$$R_{\text{כולל}} = 1 - Q_{\text{כולל}} = 1 - (1 - R_A)(1 - R_B) \dots$$

ציור מס' 12
תרשים מלבני של מערכת



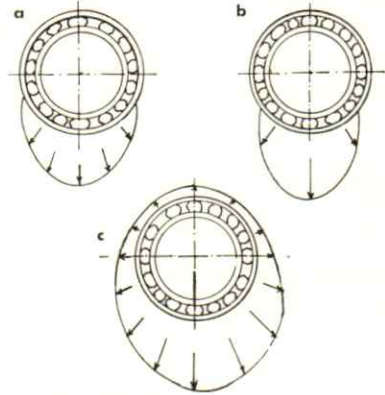
אפשר לראות שכאן האמינות גבוהה בהרבה מן האמינות בטור.

את מספרי λ לצורך החישובים, מקבלים מספרות או מבדיקות מעבדתיות.

סיכום:

חשיבותו של נושא אמינות מערכות גוברת בהתמדה, במיוחד לגבי מערכות נשק. לכן נראה לי כמוצדק להקדיש מעט זמן להכרת הנושא.

ציור מס' 9
חלוקת עומס במיטב כדורי בדרגות משחק שונות

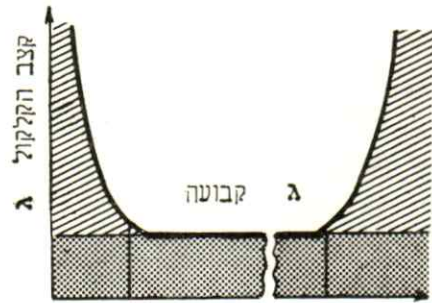


A. "משחק" רגיל או תקני
B. "משחק" מופרז
C. "משחק" קטן מדי

אמינות מערכות

כצעד ראשון בניתוח אמינות מערכת, נשרטט תרשים מלבני של המערכת (ציור 12). בתרשים נקבל שני מרכיבים, מאחר שיש שתי אפשרויות לסדר את המרכיבים: (א) בטור, (ב)

ציור מס' 10
אורך החיים של חלק — לפי תקופות



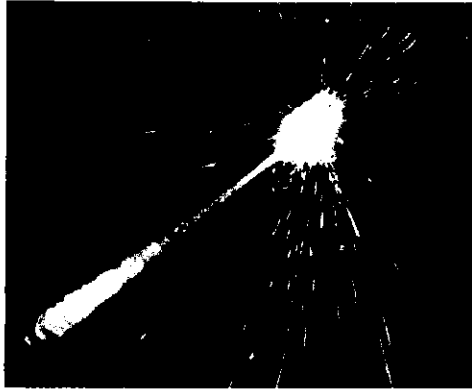
בלאי מוגבר | תקופת הפעלה | פגמי ילדות

במקביל. פירוש הדבר: אם נשתמש בטור, חייבים לפעול שני המרכיבים כדי שהמערכת תעבוד, ואילו במקביל די שיפעל אחד המרכיבים כדי שהמערכת תפעל. אם נסתכל על מערכות שונות נראה, שלמרות הסיבוך שבהן, הן תמיד וריאציות של שני סידורים אלה. ככל שנדרשת אמינות גבוהה יותר, מופיעים עים יותר מרכיבים במקביל. ככל שהמערכת בעלת חשיבות משנית, גדל מספר המרכיבים הטוריים. מתורות ההסתברות נובע, שהסיכוי לאירוע סימולטני של מספר גורמים בלתי תלויים הוא מכפלת סיכויי ההתרחשות של כל גורם לחוד. כלומר, אם האירוע הוא פעולה תקינה של מערכת, יש סיכוי

ציור מס' 11
הצורה הגרפית של נוסחת האמינות



כיצד פועל אקדח-הרקטה החדש?



הבזקת האור בצילום לילה זה, מראה את פגיעת הטיל בלוח ברזל. הלהבה הפורצת מהחריצים המצויים בחלקו האחורי של הטיל נראית אף היא בחמונה

יש מעין פטיש מיוחד, הדוחף את הכדור בניגוד לכיוון המקובל — לאחור, אל מול נוקר קבוע. המכה של הנוקר מפעילה את הפיקה, שהופכת למעין משגר-טילים מיניאטורי. הכדור היוצא מהקנה דוחף את הפטיש לאחור ולמטה; הפטיש, המופעל בעזרת קפיץ, נדרך ומוכן ללחיצה נוספת על ההדק, צורת פעולה זו מאפשרת ירי חצי-אוטומטי.

לאקדח הגירוג'ט רתיעה אפסית ומשקלו רק שלישי ממשקל אקדח-שירות. מכיון שהכדור נורה כולו, בעית הפלטת תרי מילים ריקים אינה קיימת. וכתוצאה מכך אין גם תקלות הפלטה. האקדח בנוי כך, שהוא אטום לחדירות וזהמה העלולה להפריע לפעולתו. בקת-האקדח חלון מיוחד, המאפשר מעקב אחר מספר הכדורים שנותרו בו. יצרני האקדח מבטיחים, שטנח פעולתו הוא 5 ק"מ. למרות שקשה להשתלט על מעוף הכדור, הרי האקדח די מדויק, ובטנח של 30 מ' הפיזור עלול להגיע ל-40 ס"מ בלבד.

הוא נראה ופועל כאקדח רגיל, אולם למעשה הוא מהווה משגר טילים.

כינויו של האקדח החדש הוא „גירוג'ט“, כדורו הוא גליל פלדה חלול באורך של 30 מ"מ ובקוטר של 13 מ"מ ומשקלו 12 גר'. מהירותו של הכדור 385 מ"ש. מהירות זו מקנה לכדור כוח כפול מזה של קליע-אקדח בעל קליבר של 0.45 אינץ'.



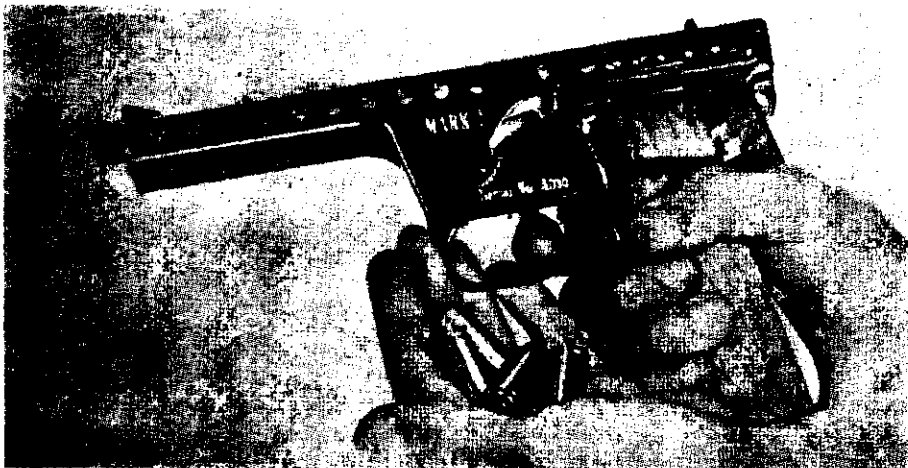
קליע בקליבר 0.45 אינץ' לא חדר



טיל הגירוג'ט בקליבו של 13 מ"מ חדר דרך הלוח

לוח סגסוגת נחושת עמד בפני פגיעת כדור מוצק של אקדח בקליבר 0.45 אינץ' הכדור נורה ממרחק של 30 מ'. טיל הגירוג'ט שנורה ממרחק זהה חדר את לוח המתכת ללא כל קושי

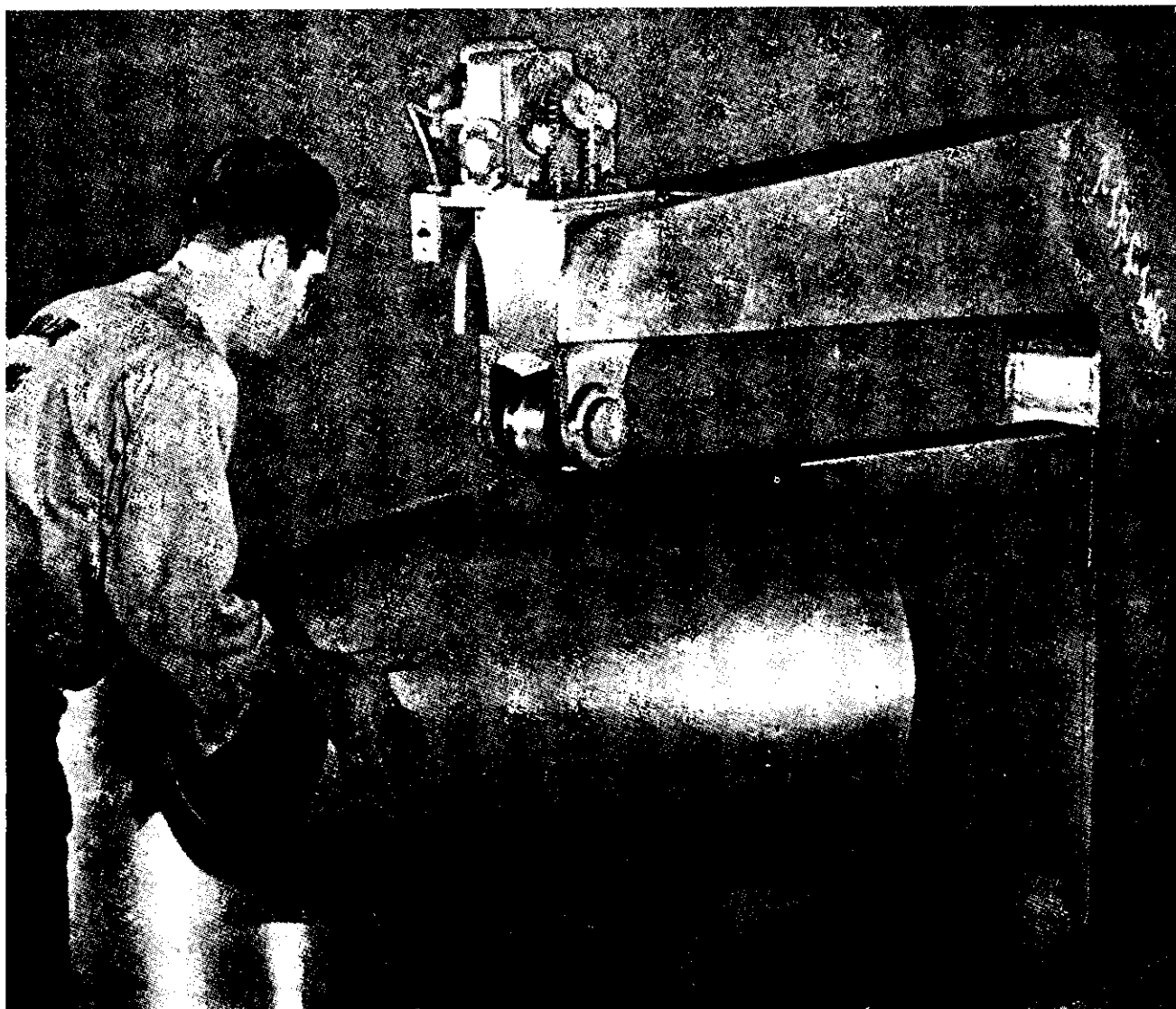
בתוך כדור הגירוג'ט יש מוט סטנדרטי, עשוי דלק טילים מוצק, המוצת בעזרת פיקה רגילה. החלק האחורי של התרמיל סגור בדיסקית פלדה, המוחזקת במקומה על-ידי קימוט בתרי מיל, במרכז הדיסקית קדוח חור, לתוכו מתאימה פיקה סטנדרטית של כדור-רובה. סביב הפיקה ארבעה פתחים ברנך הים שוים, הנטויים בכיוון מהלך השעון. האקדח נטען דרך הקת ב-6 כדורים, הנדחפים בעזרת קפיץ-חזונה. בקנה-האקדח



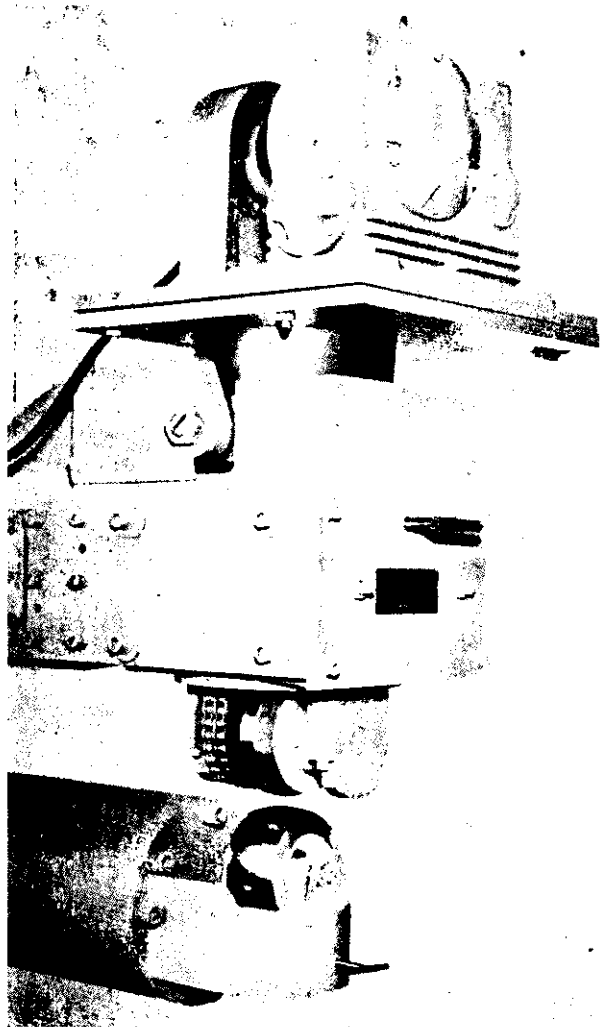
אקדח הטילים גירוג'ט יצוק מאלומיניום וסגסוגת קלה הקרויה „דאמאק“, קליבו האקדח 13 מ"מ

ישור הרתוכים מסייע לתפר

שיפור ניכר בצורת התפר ובחזקו נוכל להשיג, אם נעבור על ריתוך-הקשת בעזרת מכבש מיוחד, שפותח לשימוש ביצור טילים. תהליך זה חשוב גם במקומות בהם מיצרים דודים וכלים המיועדים לעמוד בפני לחץ.



תפר החוץ אורכי של גבי חלק של טיל, נלחץ בין המכשירים העליונים והתחתונים. המכשיר העליון ממונע, ומדשך את החומר בזמן הכבישה הישנה של התפר, גורם להחלקתו ולחיזוקו. בשעת הישור מופעלים להצים של 600 ק"ג/סמ"ר



ציור מס' 2

את המכשירים ניתן לטובב ב־90 מעלות, דבר המאפשר ישור וכבישת רתכים אורכיים ועגולים

שמירת חלקלקות הרתך חשובה מבחינת חוזקו ומבחינת צור רתו החיצונית. במקרים רבים — למרות שתפר הרתוך נראה חלק ונאה מבחוץ — מצויים בתוכו פגמים רבים. בשעת ריתוך נוצרות התכווצויות לכיוונים שונים בחומר המרותך. למרות שראש התפר ושורשו של הרתך נראים חלקים, עדיין מצויות בהם בליטות קטנות, העלולות להתבלט בשעת צביעה בחמר רים מיוחדים כמו אמיל והרטינה. הפגם הרציני ביותר עלול להתהוות כאשר המתכת יצוקה כביכול לתוך תפר-הריתוך. מבנה הרתך היצוק הוא בעל כוח התנגדות נמוך למשיכה, ובעל התנגדות קטנה יותר לעייפות, מאשר המתכת הנמצאת משני עבריו. דוגמאות בחינה של חוזק למשיכה, הכוללות קטע מהרתך, נשברות באופן מתמיד במקום הרתך. הסיבה לכך היא, בדרך כלל, הינצרות מצב בו המתכת יצוקה, כביכול, לתוך התפר. לפעמים נגרם כשלון הרתך על-ידי השפעת חרק הנמצא לאורך איזור השפעת החום, במקום בו מתכת הרתוך מתחברת עם מתכת היסוד. אם המבנה המרותך הוא כלי שצריך לעמוד בפני לחץ, יש לחשב את חוזקו לפי חוזק תפר הריתוך במצב של יציקה לתפר, ולא לחשב את חוזק מתכת היסוד. אם מקום הרתך מוחלק או מושחו כדי לשפר את מראה התפר, פוחת עוד יותר חוזק המבנה. ריתוך כ־השקה בעלי כוח התנגדות עצום לפיתול, עלולים להיכשל בנסיגות בהם כוח המשיכה פועל במאונך לתפר הריתוך.

כדי לגבור על פגמים אלה משתמשים בדרכים שונות. ליטוש, למשל, נותן רתך חלק, אולם אין לו כל השפעה על פגמים פנימיים או על חוזק הרתך. עיבוד בקור בעזרת פטיש משפר אָמנם את סגולות הרתך, אולם תהליך זה יקר מאוד ודורש זמן רב, וקשה מאוד (אם לא בלתי־אפשרי) להשיג תוצאות דומות בין רתך לרתך.

ישור בעזרת מכונות תוך עיבוד בקור הוכח כדרך מהירה, חסכונית, ומהימנה ביותר לשיפור מראה הרתך ותכונותיו גם יחד. בתהליך זה (ציור 1) מועבר התפר המרותך בין שני מכשירים גליליים, הדוחסים ומחליקים את תפר הרתך בלחץ של 70.000 ק"ג לסמ"ר. עיבוד זה משפר בהרבה את חוזק הרתך.

תהליך זה פותח לראשונה בשעת יצור חרטומי טיל ה"קור" פֶּוראל. תחילה, כאשר יוצרו חרטומי־הטילים מאלומיניום נשברו רבים כל כך בשעת הנסיגות עד שהוחלט להפסיק ביצור. בנסיון נואש לפתור את הבעיה, יישרו כמה חרטומים בעבודת יד. חרטומים אלה עמדו כולם בנסיגות. אולם ישור זה היה איטי ויקר ודרש את שירותם של חרשי־מתכת מומי חים. כתוצאה מכך נבנתה מכונת־הישור הראשונה. חרטומים שיושרו במכונה היו חזקים בחיבורים בצורה יוצאת מן הכלל. מאז השתמשו בתהליך זה כדי לחזק ולהחליק תפרים בהרבה פריטים בכלי־החלל. יצרני ציוד למחלבות החלו להשתמש בתהליך זה כדי ליצר כלי־קיבול, מיכלים ושאר ציוד מחלבה.

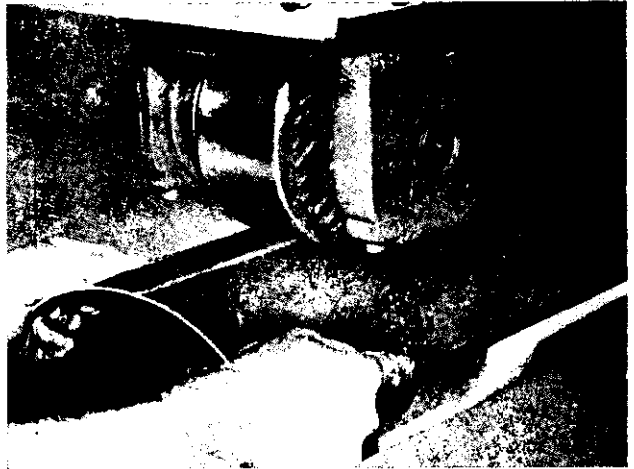
אופן הפעולה

במכונות הישור משתמשים בלחץ המסופק למכש עליון על-ידי צילינדר אויר שנמצא בגוף המכונה. צילינדר האויר מניע קורה אלכסונית המחוברת לראש מכש שנמצא בקצהו של

עול. עול זה יוצא מעמודת־המכונה. הלחץ המופק מהצילינדר מוגבר בצורה ניכרת על-ידי המנוף.

מנוע חשמלי מניע את גליל הכבישה, המצוי בזרוע העול העליון. הגליל התחתון נע בתנועת סרק. תהליך הישור פשוט ביותר: יש להניח את התפר על המכש ולהפעיל את המכש שיר בעזרת מתג רגל. המנוע החשמלי מושך את החומר עד לסופו של התפר. מהירויות הישור מגיעות ל־2 מטר בדקה. בדרך כלל מספיקה העברה אחת של התפר בין המכששים. אורך התפר שניתן לישור תלוי במרחק בין המכששים ובין עמודת־המכונה. על-ידי הפיכת הקצוות אפשר לבצע עבודות שאורכן כפול ממרחק זה. המכונה בציור 1 מישרת תפר אורכי. כדי לעבד תפר סיבובי על צילינדר יש לסובב את המכששים בזווית של 90 מעלות (ציור 2). הלחץ הדרוש לישור משתנה בהתאם לסיג החומר אותו מעבדים. את הלחץ המתאים לכל חומר אפשר לחשב בעזרת נוסחה, אולם דרך זו מסובכת במקצת. מספיק, בדרך כלל, לקבוע את לחץ הכבישה בערך פי ארבעה מהכוח הדרוש לכניעת החומר.

התפר ייעשה על-ידי שני מכבשים קמורים, כדי להגביר את הלחץ ליחידה בטוח המגיע עם התפר (ציור 4). בזמן שדחיסת החומר וכבישתו על-ידי יסוד מפחיתים את מספר הנקבור ביות ואת ההשפעה המחלישה של מובלעות קטנות, אין העיבוד מחקן מקרים של ריתוך חלש, נקבוביות גדולה יתר על המידה ומובלעות גדולות הנוצרות עקב ניקוי לא נכון. כפי שצוין ישנן התכונות צדדיות ואורכיות בתפר של מתכת יצוקה. היסוד מפחית אחוז ניכר מהתכונות אלו על-ידי ליטושו של חומר התפר. סגסוגת כגון אלומיניום ומגנזיום ניתנות לכבישה כמה פעמים ברציפות, כדי לבטל את המאמצים ולשפר את החלקלקות. מתכות אחרות המעובד דות בקור (כמו טיטניום), מתקשות בהעברה אחת במכשב, כך שהעברות נוספות הן חסרות ערך, או אפילו עלולות להזיק, כיון שהתנאים המטלורגיים האופטימליים שנוצרו בהעברה ראשונה עלולים רק להתקלקל בהעברה נוספת. סגסוגות מעובדות שאפשר לטפל בהן בלי חום, מגיבות טוב יותר על העברות נוספות מאשר סגסוגות שיש לטפל בהן בחום. יוצא דופן הוא האלומיניום 2024-S שאפשר לטפל בו בחום. בסגסוגת זו, משתפר כוח הכניעה שלה כשמישרים את התפר לפני גרימת התעייפות מלאכותית של המתכת. מחבריה השקה העשויים מתכת רקועה ללא מוט וללא חוט ריתוך, אלא פשוט באמצעות התכה — ניתנים ליסוד. הדרישה היחידה היא שקימור „זחל הרתך” יהיה בפיקוח בשעת הריתוך, כך שמכבשי-יסוד בעלי היקף מתאים יוכלו להגיע אליו. באמצעות מכבשים אלה אפשר להחליק ולבטל השפעות חרק לאורך קצוות התפר וסכנות ריכוזי-המאמץ מבוטלות כמעט.



ציור מס' 3

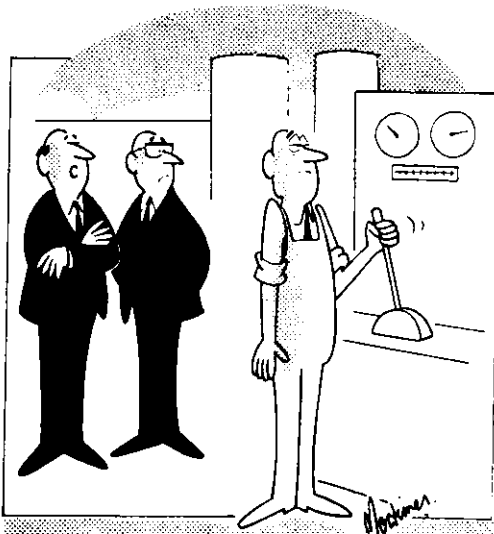
במכבש עליון קעור משתמשים בכדי ליישר חלק שצורתו מעוגלת, המכבש התחתון קמור. הייסוד מחליק את התפר ומסלק פגמים

המכבשים הם גלילי-פלדה בעלי מהירות עבודה גבוהה. צורות המכבשים משתנות לפי צורות החלק ולפי התוצאות הדרור שות. לצורך יסוד וכבישה של תפרים על חומר מעוגל משתמשים במכבש עליון קעור ותחתון קמור (ציור 3). כאשר יש צורך ברמה גבוהה של עיבוד בקור, יסוד פנייה-שטח של



ציור מס' 4

כאשר דרושה דרגה גבוהה של עבוד בקור, משתמשים בשני מכבשים קמורים. מכבשים אלה תוכננו לישר רתכים קשתיים מבלי להזדקק ליחכת מילוי



..אם תשאל אותי אז אנו מתקרבים
לאוטומציה מלאה!

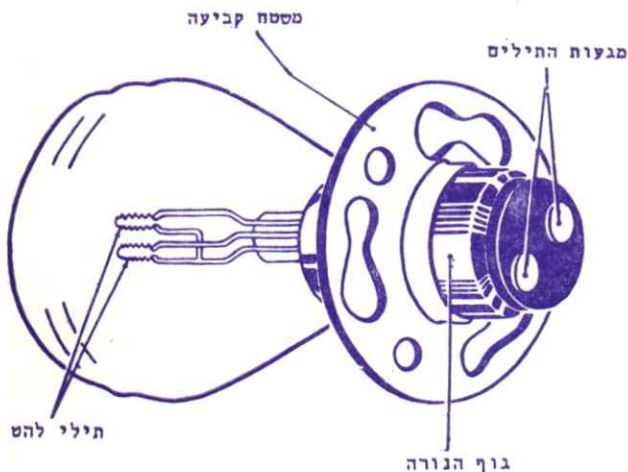
רענון ידיעותיך!

מערכת המאור בכלי-רכב

הנורות הביתיות. תיל-להט קצר ועבה עמיד בתנאים קשים, יותר מתיל ארוך ודק; דבר זה רצוי לגבי נורה שצריכה לעמוד בתנודות כלי-הרכב. תיל-להט קצר מספק גם מקור אור מרוכז יותר, ולכן גם מיקוד טוב יותר. עוצמת האור המסופקת על-ידי נורה, תלויה במתח ובזרם שהיא צורכת. לדוגמה, נורה בת 2 נרות צורכת 0.43 אמפר במתח של 6 וולט; נורה בת 4 נרות צורכת 0.85 אמפר במתח של 6 וולט. נורה הדומה לזו שבציור 1 היא בעלת שני תיל-להט: האחד בן 32 נרות והשני בן 21 נרות; היא תצרוך 3.9 ו-2.8 אמפר. תצרוכת הזרם — אחת הסיבות לפריקתו המהירה של המצבר בתקופת החורף היא הגדלת מספר שעות-השימוש בפנסים. יקבול המצבר לספק זרם מסוים עד פריקתו. לדוגמה: שני פנסי-חזית הדולקים בזרם של 4 אמפר כל אחד, ירוקנו מצבר שקיבולו 80 אמפר-שעות במשך 10 שעות בערך, אם לא הוטען המצבר על-ידי הדינמו.

אלומות האור

השימוש במחזירור — הנורה של פנס החזית קבועה בתוך מחזירור כך, שהאור יקובץ ויכוון לאלומת אור חדה. אלומת



ציור מס' 1
נורה בעלת שני תילי להט

מאור כלי-הרכב

המאור של כלי-הרכב התפתח במקביל למאור בבתים ובמבני נים. בכלי-הרכב הראשונים השתמשו במנורות שמן וגז. עם פיתוח מערכות חשמליות, הפך החשמל לאמצעי המאור היחיד בכלי-הרכב.

- מערכת המאור מורכבת בעיקרה מהחלקים הבאים:
- שני פנסי-חזית להארת הדרך שלפני כלי-הרכב.
 - שתי מנורות ציידיות ומנורת חניה להארת כלי-הרכב בשעת חניתו.
 - מנורות אחוריות להארת מספרו של כלי-הרכב ולהספקת אור אחורי אדום.
 - מנורת לוח-המחננים להארת לוח-המחננים.
 - מנורות מרכב, כמו מנורות-תקרה ומנורות-מדרג, להארת פנים כלי-הרכב.
 - מאורות מיוחדים, כמו זרקורים, פנסי-איתות, פנסי-בלימה.
 - תילים ומתגי-בקרה להפעלת הפנסים והמנורות.

פנסים

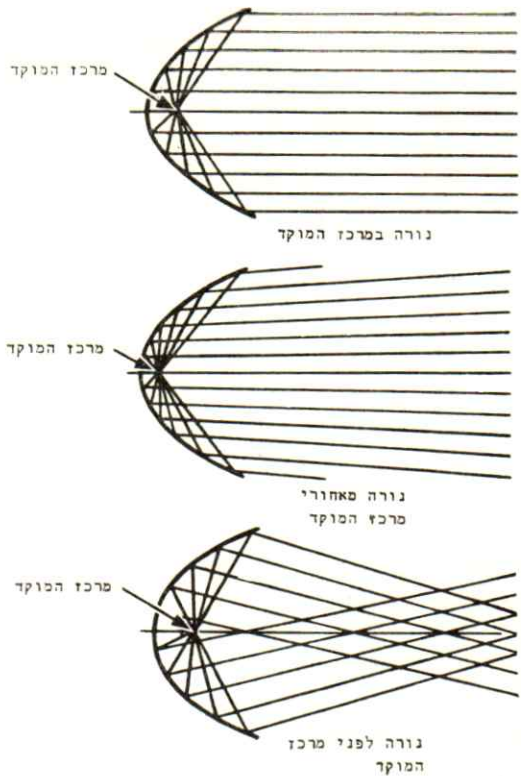
כללי — בפנסים ובמנורות של כלי-הרכב משתמשים בנורות להט קטנות, ממולאות גז ומכילות תיל-להט מטונגסטן. תילי-להט מספקים אור כאשר זורם דרכם זרם בעצמה מספיקה. הפנסים והמנורות פועלים במתח נמוך: בין 6 ל-12 או ל-24 וולט (בהתאם למתח המיוחד של מערכת-החשמל). הם מופי-עלים על-ידי מתגי-בקרה, המותקנים במקומות נוחים לגישה. מבנה — רוב הפנסים והמנורות מצוידים במגעת אחת בשביל כל תיל-להט הנמצא בהם, כך שמעגל הזרם נשלם דרך בסיס הנורה. מבנהו של פנס (או מנורה) בעל שני תיל-להט ומגעת אחת מתואר בציור 1. בבסיס הנורה קבועות שתי מגעות, כל אחת מחוברת לאחד מתילי-הלהט. קצותיהם של שני תילי-הלהט נמצאים בבסיס הנורה ומוארקים באמצעותה. באופן זה מתקבלים שני מעגלים נפרדים, עם שתי מגעות בבסיס, כשכל אחת מהן משמשת מגעת יחידה להארה. עוצמת הנורות — הנורות מסווגות לפי עוצמתן, החל מנורת לוח-מחננים, שהיא בת 1/2 נר ועד לנורת פנסי-החזית, בת 50 הנרות. ככל שהמתח הוא נמוך, והזרם הנדרש הוא גבוה — כן יהיו תילי-הלהט קצרים יותר ועבים יותר מהתילים של

הקודמים — הוא גם שומר על ברקו המקורי של המחזירור ועל אריכות־ימיו. הסיבה לכך נעוצה בעדשת הפנס, החתומה במהודק למחזירור ומונעת חדירת לחות, שגורמת לשתוק המחזירור, וחדירת אבק ולכלוך. אם נשרף תיל־הלהט, יש להחליף את כל המכלל. אולם לתיל זה תקופת־קיום ארוכה יותר מאשר לתילים בפנסים מדגמים אחרים. יש שני סוגים של פנסים חתומים: האחד בעל מחזירור ממתכת המצופה כסף, והשני בעל מחזירור זכוכית המצופה אלומיניום. המחזירור ממתכת מכיל נורה בעלת שני תילי־להט רגילים והוא חתום באופן מכני במכלל. המחזירור מזכוכית הוא למעשה הנורה עצמה, כי הוא מותך יחד עם העדשה למכלל אטום אחד, כשתילי־הלהט חתומים בתוכו. הפנס האטום הראשי מצויד בשני תילי־להט; האחד מספק אלומת־אור עליונה לנהיגה בשטח פתוח, והשני מספק אלומת־אור תחתונה לנהיגה בשטח בנוי או לעקיפת כלי־רכב. אם משתמשים באלומת־האור העליונה, מספק הפנס החתום כמות אור העולה ב־50 אחוז על זו של הפנסים המיושנים בני 32 הנרות; הוא גם מפזר את האור בצורה יעילה יותר. תיל־הלהט של אלומת־האור העליונה צורך 40 עד 45 ואט, ותיל אלומת־האור התחתונה — 30 עד 35 ואט. תצרוכת זו גדולה מזו של הפנסים המיושנים בני 32 הנרות. הכנון היחיד הדרוש בפנסים החתום מים הוא כיוון פנס החזית לכביש. מנורות החניה מופרדות. הצבה — שני פנסי־חזית מוצבים כך, שמרכזיהם נמצאים במרחק של 80—105 ס"מ מהקרע. הפנסים מוחזקים על־ידי מחזקים בכנפים, במרכב, או בשניהם גם יחד. את הפנסים ניתן לכונן במאונך ובמאונך, כדי להקל על כיוון אלומת־האור.

מניעת ברק־אור

סיבת הברק — אם מקור אור מקטין את בהירות הראיה של אדם המסתכל לעברו, סימן שהוא גורם לברק. הסינוור אינו תוצאה של ברק; סיבתו היא חוסר תאורה בסביבה סמוכה, דרכה מושלכות קרני־האור. פנסי־חזית היוצר ברק בדרך חשוכה בשעות הלילה, לא יבהיק כלל בשעות היום, וקיומו יורגש בקושי. הסינוור בלילה נגרם בגלל אלומת־אור חזקה, המכוונת באופן ישיר לעיני הנהגים והולכי הרגל המתקרבים. אם יכוונו אלומת־האור מתחת לעיניים, יימנע הסינוור המטריד.

מניעת הסינוור — נסיונות רבים נעשו על־ידי יצרני כלי־רכב ועל־ידי גורמים אחרים, כדי למנוע ככל האפשר את ברק פנסי־חזית, ועם זאת להשאיר די אור לנהיגה בטוחה. הפתרון היה יצירת שתי אלומת־אור: אלומת־אור עליונה



ציור מס' 2
שינוי מרכז המוקד בפנס בעל מחזירור־פרבולי

האור הטובה ביותר מתקבלת מפנס הכולל מחזירור פרבולי — וזהו הסוג השכיח ביותר כיום. אם נורת־הלהט נמצאת במוקד המחזירור הפרבולי, אוסף המחזירור את האור ומכוון אותו באלומה עגולה וחדה. כל מיקום אחר של הנורה לא ייצור אלומה, אלא יפזר את האור, כמתואר בציור 2.

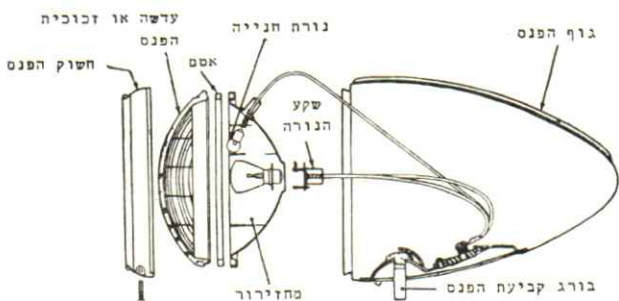
פנסי־חזית

כללי — בפנסי־חזית מהדגמים המיושנים יש מספר אמצעים למיקוד האור ולכיוונו. מיקוד פירושו, הבאת תיל־הלהט לנקודת־המוקד של המחזירור; כיוון פירושו, הכננה תקינה של האור.

ההתפתחויות האחרונות הביאו לשימוש נרחב בנורה בת שני תילי־הלהט, שמקומה נקבע בקצהו האחורי של המחזירור, כך שתילי־הלהט נשארים קבועים במוקד הנכון (ציור 4). כדי לשפר את הארת הדרך יש צורך בכיוון האור בלבד.

חלקי הפנס — החלקים העיקריים של פנסי־חזית: הבית והאמצעים להרכבתו על בסיס, נורה ובית־נורה, מחזירור ועדשות עם חישוק ואטם, המחזקים אותן במקומן ומונעים חדירת אבק ומים לפנס. חלקים אלה מתוארים בציור 3. תיל־הלהט הארוך יותר של הנורה, קרוב יותר לנקודת המוקד, כדי שיקבל אלומת־אור המתאימה לנהיגה בכביש. תיל־הלהט האחר מרוחק מעט מנקודת המוקד, כך שמתקבלת אלומת־אור נמוכה, המתאימה לנסיעה בשטח בנוי או לעקיפת כלי־רכב אחרים. לעתים מתקינים בפנס החזית גם מנורת חניה, כמתואר בציור 3.

פנס חתום — סוג מעולה של פנסי־חזית הוא הפנס החתום. פנס זה אינו רק אמצעי הארה טוב יותר וחזק יותר מהפנסים



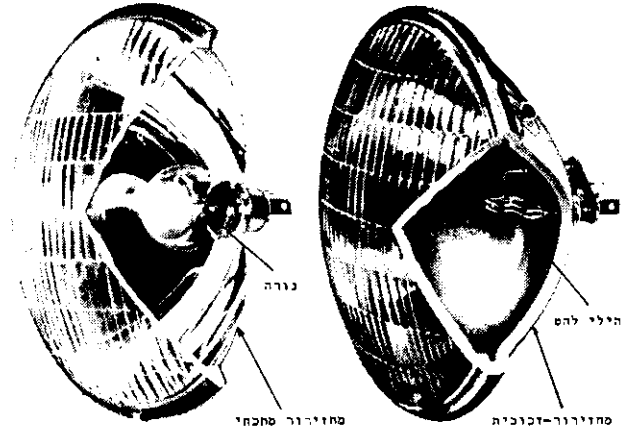
ציור מס' 3
פנס חזית — פרוט החלקים

אלומת אור תחתונה (מעומעמת)

כדי שהנהג לא יסנור את הנהגים המתקרבים לקראתו, הונהגו מספר שיטות להטית אלומת-האור של פנס-החזית כלפי מטה. פנסים בעלי שני תילי-להט — פנסים בעלי שני תילי-להט נמצאים כיום בשימוש רחב, ומאפשרים לנהג לקבל שתי אלומות-אור מפנס אחד. בשעת הצבת הפנס יימצא תילי-להט אחד בנקודת המוקד של המחזירור ותילי-להט השני מחוץ לנקודת המוקד, כך שאלומת-האור תטטה כלפי מטה. הטית אלומת-האור נעשית באמצעות מתג, המעביר את הזרם מתילי-להט אחד למשנהו. המתג מופעל בעזרת רגלו של הנהג.

פנסי-חזית נפרדים — בפנסי-חזית נפרדים השתמשו כדי לקבל שתי אלומות אור לנהיגה. כשכלל פנס תילי-להט אחד בנקודת המוקד, לפי שיטה זו השתמשו בארבעה פנסי-חזית, שנים מהם הפיקו אלומת-אור עליונה ושני הנותרים הפיקו אלומת-אור תחתונה.

מנורת בלימה — מנורת הבלימה נמצאת בחלקו האחורי של כלי-הרכב. תפקידה להזהיר כל כלי-רכב עוקב מפני עצירה



ציור מס' 4
פנסים תחתונים — חתך

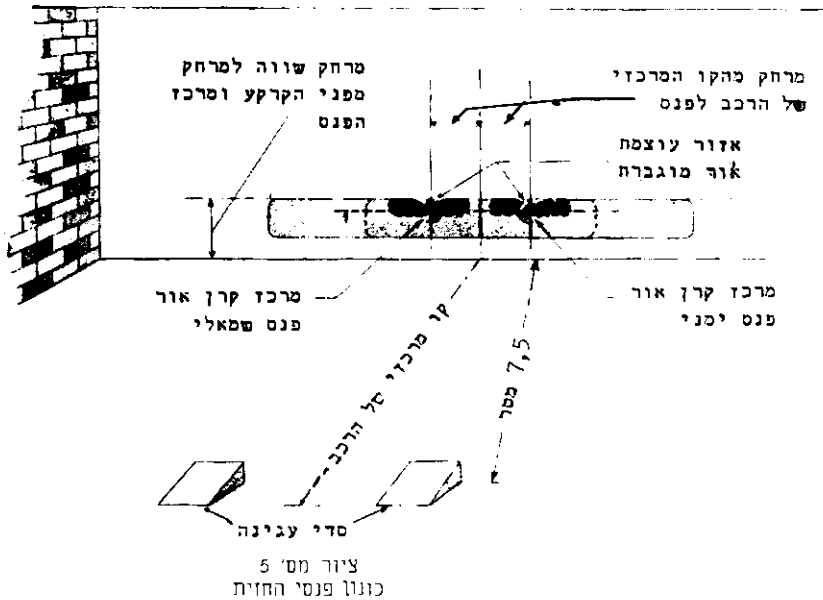
להארת הדרך בשעת הנהיגה, ואלומת-אור תחתונה למניעת סינוור כלי-רכב אחרים. המתקרבים ממול. בחירת אלומת-האור המתאימה היא בידי הנהג.

הארת הרכים

עד לפני זמן-מה נאסר בארצות רבות השימוש בפנסים, שעוצמתם עולה על 32 נרות. אולם ההתפתחות האחרונה הביאה לשינוי קיצוני במושג ההארת התקינה של הרכים. אלומת-האור בעלת העוצמה הגבוהה הביאה לשימוש נרחב בהאי-רתי-דרכים חזקה יותר ובעוצמת אור קטנה יותר. הפנס המיושן בן 32 הנרות הספיק לאלומת-אור גבוהה וצרה, אך לאור החזק הדרוש כיום יש צורך במי-קור-אור חזק יותר. כדי למלא דרישת אחרונות אלה, פותח הפנס החתום, עם השימוש ההולך וגובר בפנסים בעלי עוצמת-אור גבוהה, חוקקו חוקים לגבי כיוונון התקין של הפנסים בעלי שתי אלומות-האור ולגבי השימוש בהם.

מיקוד פנסי-החזית

בשעת כיוונון פנסי-החזית רצוי להציב את כלי-הרכב על משטח מישורי מול מסך כיוונון. אחר-כך יש לקבוע את סוג הכונון. מאחר שרוב כלי-הרכב מצוידים בפנסים בעלי מוקד קבוע, יש לכונן את פנסי-החזית רק לפי הוראות טבלת הכונון (ציור 5). את כלי-הרכב יש להציב על משטח ישר במרחק של 7.5 מטר (25 רגל) מהמסך. את אלומת-האור העליונה של שני הפנסים יש לכונן ישר לפנים. הקצוות העליונים של אלומת-האור אלה צריכים לפגוע בקצה העליון של מרכזי-האור, כמסומן על מסך המיקוד. כתוצאה מכך תאיר אלומת-האור של פנסי החזית מתחת לעיני הנהגים המתקרבים בכביש מישורי. מידת ההטיה של אלומת-האור התחתונה נקבעת על-ידי המרחק שבין תילי-להט של הפנס.



או האטה, ולכן מקומה הברק שלה צריכים להיות בולטים לעין, כדי שאפשר יהיה להבחין בהם ביום ובלילה. לשם בטיחות הפעולה על המנורה להיות אוטומטית ולהידלק מיד עם הלחיצה על דושת הבלם, כדי להזהיר מפני עצירה או האטה. כיום נמצאים בשימוש שני סוגים של מתגים למנורות בלימה: האחד לשימוש במערכת-בלימה מכנית, והשני לשימוש במערכת בלימה הידראולית או בבלמים המופעלים על-ידי אויר דחוס (בלמי-אויר). פעולת המתג של מנורת הבלימה צריכה לתאם את פעולת דושת הבלם.

במתג המכני נסגרות המגעות על-ידי מוטטת המחוברת לדושת הבלם. המתג ההידראולי מחובר במישרין למשאבת-הבלם הראשית, כך שבשעת הפעלת הבלמים יפעיל לחץ הנוזל את המתג. מתג מנורת-הבלימה במערכת הבלימה באויר דחוס מופעל על-ידי לחץ האויר של המערכת.

Hewlett-Packard Multi-function Meter

חדש

427A

Multiple function
 Ten ranges of AC voltage measurements
 Nine ranges of DC voltage measurements
 Seven ranges of ohms measurements
 10 megohm input impedance
 Floating input
 All solid state
 Battery operation
 AC line and battery operation with option: 01
 Taut band meter individually calibrated

DC Voltage ± 100 mv to ± 1000 v full scale
 ($\pm 2\%$ accuracy)

AC Voltage 10 mv to 300 v rms full scale,
 10 Hz to 1 MHz ($\pm 2\%$ accuracy)

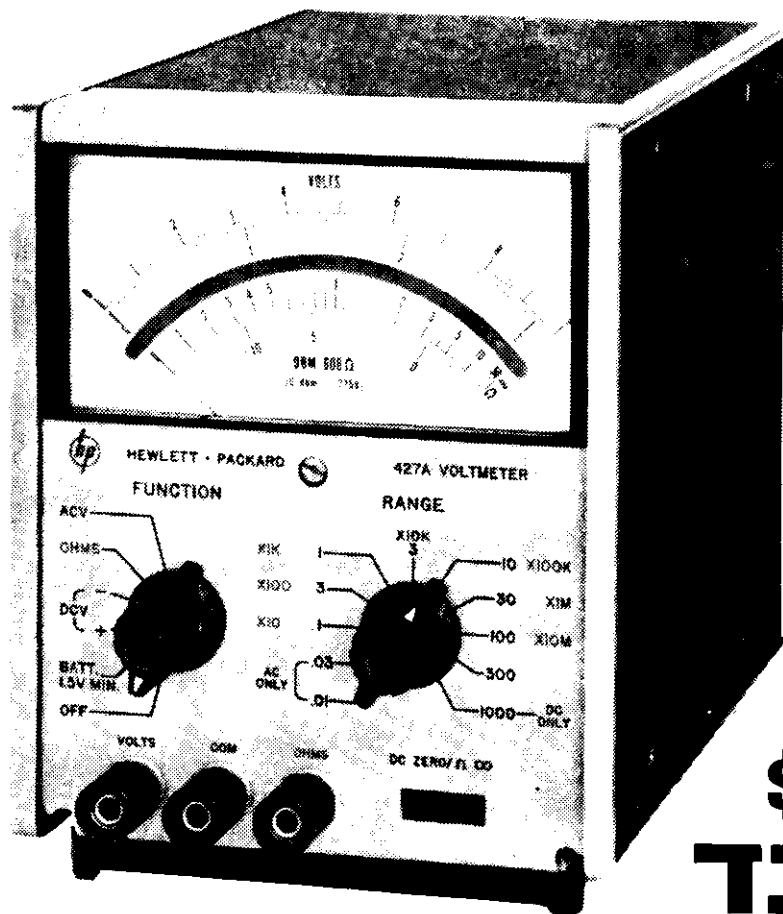
Resistance 10 ohms to 10 megohms center scale
 ($\pm 5\%$ of midscale reading accuracy)

HEWLETT  PACKARD

אלקטרוניקה והנדסה

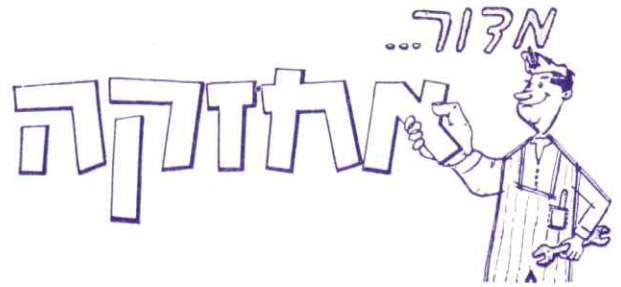
אגף של מוטורולה ישראל בע"מ

רחוב קרמניצקי 16, ת.א. סלפונים 35021*2*3



\$195
בליד

מנועים מעדיפים חום

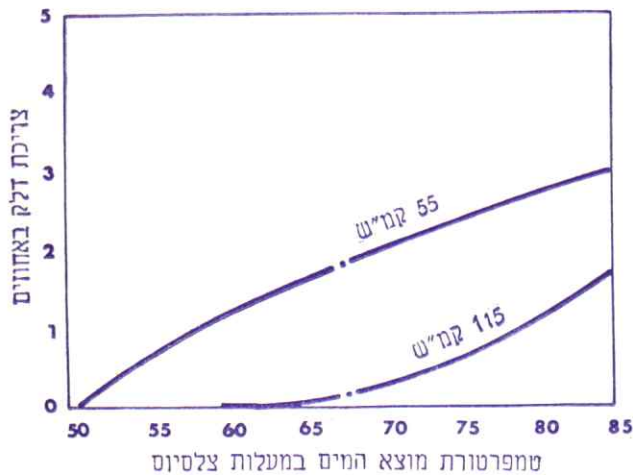


שמירת הטמפרטורות הנכונות במערכות הקירור של המנועים תפחית את דילול השמן, תמנע שחיקה כתוצאה מאיכול, הצטברות רפש ותור-פעות של החלדת המרכיבים; וכתוצאה מכך תביא לשיפורים בצריכת הדלק, לפעולה טובה יותר של המנוע ולהארכת חייו.

התוצאות של סידרת בדיקות מעבדתיות, בהן הופעלו מנועים במשך 48 שעות, במהירויות-סרק ובטמפרטורות שונות ומבור-קרות של בית הארכובה. רפש רב מצטבר כאשר טמפרטורת חלוקי-המים נמוכה. יש שתי דרכים למנוע שקיעת רפש: טמפרטורה מספקת של מערכת הקירור ומיווג בית הארכובה. הגורם השכיח להצטברות רפש במנוע הוא נסיעה לטנח קצר, בעוד שזמן הפעולה אינו מספיק לחימום המנוע.

חשיבות השימוש בוסת-חום

כלי-רכב מצוידים בבית-החרושת בוסת-חום של 85 מעלות צלסיוס; ישנם אנשים המורידים את וסתי-החום מכלי-



ציור מס' 1

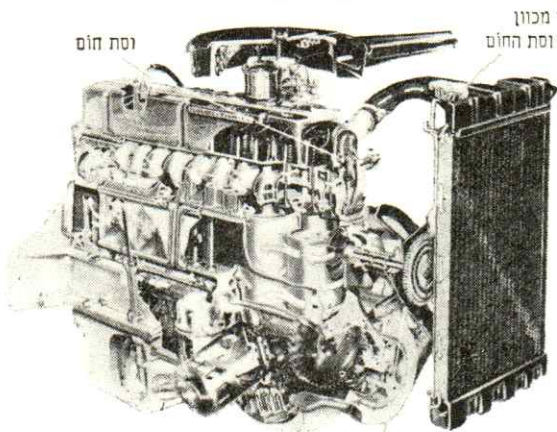
צריכת הדלק מושפעת עליידי טמפרטורת המנוע. הצריכה של הדלק עלולה לרדת ב־3 אחוזים, במהירות של 45 קמ"ש כאשר טמפרטורת חלוק המים עולה מ־50 עד 85 מעלות צלסיוס

נהגים רבים אינם מבינים, מדוע עליהם להפעיל את מנועיהם בטמפרטורות נכונות. בעלי-מכוניות רבים סבורים, כי מטרת וסתי-החום היא העלאת טמפרטורת נוזל-הקירור בלבד, כדי לחמם את פנים המכוניות בתקופת החורף. הם יופתעו לשמוע, כי למערכת הקירור של המנוע תפקיד נוסף מלבד מניעת עלית חום המנוע יתר על המידה: שמירת הטמפרטורה המת-אימה, תפעול מנוע קר מדי מעורר כמה בעיות, כמו גידול צריכת-הדלק, הגברת דילול השמן, נטיה להצטברות חלודה ורפש ובלאי מהיר של טבעת הבוכנה ושל קדח הצילינדר. לעומת זאת, אסור גם להפעיל את המנועים בטמפרטורה גבוהה מדי. דבר זה יגביר את חימצון השמן ואת איכולו, וכן את הדבקת טבעת הבוכנה והטובלן של השסתום ההידראולי. ולבסוף, דבר זה גורם להפחתת כוח-המנוע ועלול לגרום נזק למנוע עליידי איכול בלתי-רגיל והצתה מוקדמת.

אחד השיקולים החשובים של רבים מבעלי-המכוניות הוא חסכון בדלק. ציור 1 מראה את אחוז ההישג בחסכון בדלק ביחס לטמפרטורת המים בשעה שהם יוצאים מחטיבת הצי-לינדרים. החסכון בדלק מושפע מטמפרטורת המנוע בצורה ניכרת; לפעמים גובר החסכון עד כדי 3% במהירות של 45 קמ"ש, כאשר מעלים את טמפרטורת חלוקי-המים מ־50 מעלות צלסיוס עד ל־85 מעלות צלסיוס. להישג זה שתי סיבות: הגברת טמפרטורת חלוקי-המים מעלה את טמפרטורת השמן — דבר הגורם להקטנת צמיגות השמן ולהפחתת החיכוך במנוע. לטמפרטורת תפעול המנוע השפעה ניכרת גם על טמפרטורת התערובת הנכנסת של אויר ודלק. טמפרטורה זו קובעת את דרגת התאיידות הדלק ומכשירה את התערובת לשריפה יעילה. יתר על כן, לטמפרטורת המנוע השפעה רבה על דילול שמן הסיכה עליידי דלק גלמי. בטמפרטורות נמוכות של חלוקי-הצילינדר גבוה אחוז מהילת הדלק בשמן. ציור 2 מציין את

הרכב — דבר המאפשר לטמפרטורת המנוע לרדת מהטמפרטורה הדרושה — כדי למנוע מהילת שמן והצטברות רפש. כאשר מורידים את וסת-החום, עלולות טמפרטורות הקירור של המנוע לרדת עד כדי 10 מעלות צלסיוס בלבד מעל לטמפרטורת הסביבה.

לטמפרטורות נמוכות של תפעול-מנוע השפעה רבה על צבירת חלודה במרכיבי-המנוע. ציור 3 מראה את המהירות בה מצטברים המים על קירות הצילינדר של המנוע בטמפרטורות קירור שונות. מחקרים על השפעת טמפרטורות הקירור מראים, שכלל שהטמפרטורה נמוכה יותר, גדלה כמות המים החודרת לשמן, וגדלה כמות החלודה המצטברת. כאשר טמפרטורות הקירור יורדות מ-45 מעלות צלסיוס, מצטברים מים בשמן. לעומת זאת, כשהטמפרטורות עולות על 45 מעלות צלסיוס, עלולה להיות התאיידות-מים. מהילה זו של מים בשמן — נוסף על זוהמת איכול ועל גזי האיכול — גורמת להצטברות חלודה על מרכיבי-המנוע.



מאורר מכוון עליידי וסת החום

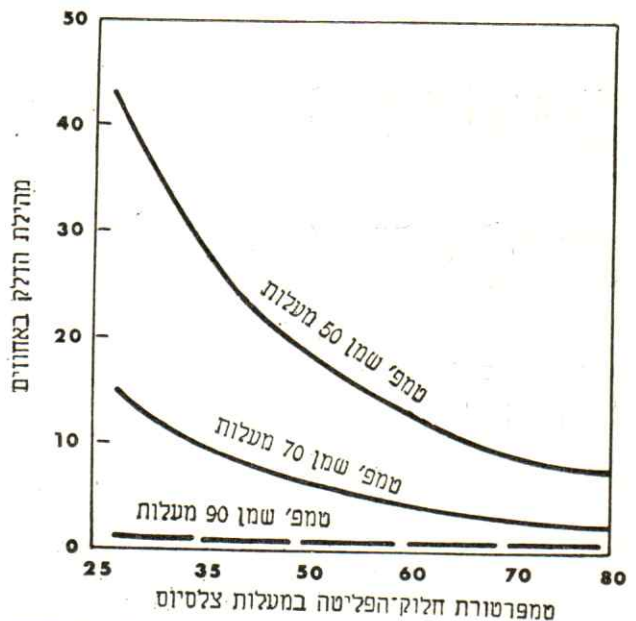
ציור מס' 5

מערכת קירור המנוע כוללת מכשירים לבקרת הטמפרטורה: כגון: וסת חום, מכסה לחץ, צינורות עקיפה ומאורר המכוון עליידי וסת-החום

בלאי המנוע

היחס בין טמפרטורת קירור-הצילינדר לבין בלאי קדח הצינלינדר וטבעת הבוכנה העליונה, נראה בציור 4. בלאי הטבעות והקדח מואץ בטמפרטורה של 65 מעלות צלסיוס ומטה, אולם בטמפרטורות תפעול גבוהות הבלאי אפסי כמעט. בלאי מרכיבי המנוע עלול להתהוות כתוצאה מאיכול, ומגע בין מתכת למתכת, הנגרם כתוצאה מסיכה לא מספקת. אולם הגורם העיקרי לבלאי-המנוע הוא בדרך כלל איכול או התקפה כימית של לחות וחומרים חומצתיים, שהם מוצרי-לואי של השריפה.

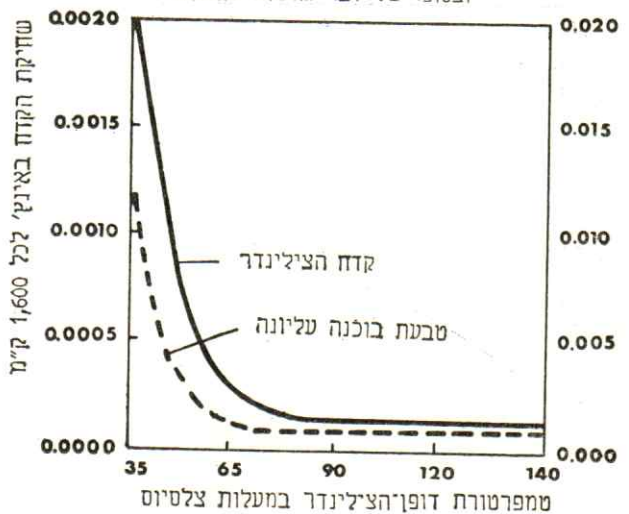
על כל גלון דלק הנשרף במנוע, מצטבר בערך גלון אחד של מים בתוך תאי-השריפה, כתוצאה משריפת הדלק מצטברים דירת-חומצת הפחמן, כמויות קטנות של חומצה גופרתית, מעט מאוד חומצת-חנקן וכמויות קטנות של ברומין או תרכובות כלור. בשעת מגע עם המים יוצרים כל תוצרי הלואי של השריפה חומרים חומצתיים וחומרי איכול בכוח, כגון חומצה פחמתית, חומצה גופרתית, חומצה חנקנית, חומצה מלחית או חומצה של מימן ברומי. במנועים בעלי טמפרטורות-קירור-צילינדר נמוכות, הלחות והתוצרות החומצתיות עלולים להת-



ציור מס' 2 — טמפרטורות חלוק הפליטה והשמן משפיעות על מהילת השמן בדלק. אבחנות ניקוז שמן בית הארכובה נערכו בניסוי שנמשך 48 שעות במהירות מנוע של 600 סל"ד (פעולת טרק)

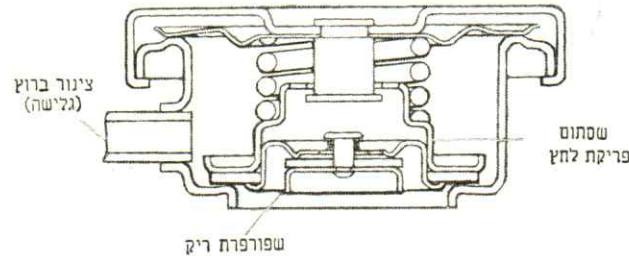


ציור מס' 3 — מידת שקיעת המים על קירות הצילינדר במנוע בינוני — בטמפרטורות שונות. טמפרטורות מביאות לשקיעה גדולה יותר ובטופו של דבר גורמות לחלודה



ציור מס' 4 — שחיקת הקדחים והטבעות מואצת בטמפרטורות הנמוכות מ-65 מעלות צלסיוס. ככל שהטמפרטורה גבוהה יותר השחיקה קטנה יותר

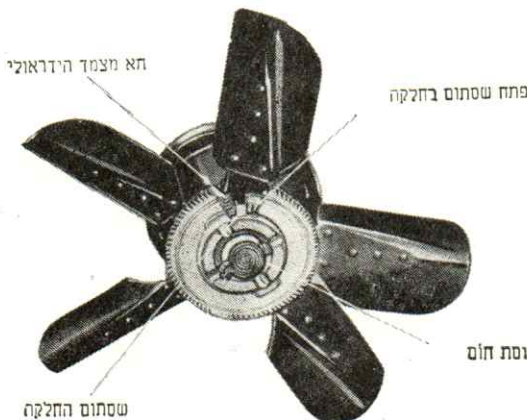
רולט הנמצאות עתה בשימוש, מצוידות במכסה רדיאטור בעל לחץ פריקה של 0.9 קילוקרם לסמ"ר לפעולה סטנדרטית. אם המכסה הוא בעל לחץ פריקה של 0.9 קילוגרם לסמ"ר, חייב נוזל הקירור להגיע לטמפרטורה של 115 מעלות צלסיוס בערך, לפני שירתח בגובה פני-הים. מתכנני מכונות החמירו את בעית הקירור על-ידי שימוש נרחב בסורגים ובפגושים מקושטים, שמשאירים מקומות קטנים יותר לכניסת אויר הקירור. ברדיאטורים קטנים, בעלי זרימת-אויר מוקטנת, דרוש מאורר גדול יותר. מזווגים למאוררים המכוננים על-ידי וסת-חום, פותחו כדי להפחית רעש, ולמנוע הפסדי-כוח הנצי-רכים להפעלת מאורר. ציור 8 מראה מאורר ומזווג למאורר



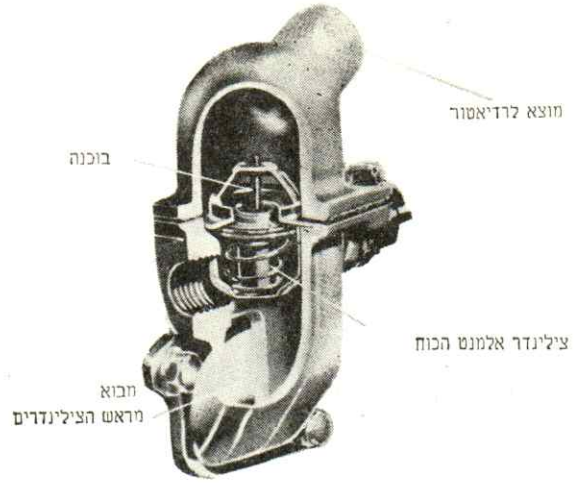
ציור מס' 7
מכסה לחץ הרדיאטור הינו גם שסתום פריקת לחץ וגם שסתום שפופרת הריק

המכוון על-ידי וסת-חום. המערכת מורכבת ישירות על אוגן משאבת-המים הקיימת, בלי לשנות את המשאבה. בצורה כזאת מורכב המזווג מגוף דיסקה, כשבכל אחד חריצים טבעתיים המעובדים בצורה כזו, שיתאימו זה לזה. צירוף זה נקרא „תא-מצמד-הידראולי“ עקרון-הפעולה מבוסס על גזירת זרם הנוזל הצמיג בין שני האיברים. מומנט סיבוב מועבר מהציר אל דיסקת המזווג בעזרת סיליקון נוזלי אל תוך הגוף אשר אליו מחובר המאורר. כיוון המהירות מושג על-ידי מילוי והרקת „תא-המצמד-הידראולי“ באמצעות שסתום החלקה המופעל על-ידי מחוש דרמתכתי, או על-ידי וסת-החום. ככל שהתא מתמלא, מהירות המאורר עולה, עד שהיא מגיעה לנקודת הפסקת סיבובו. נוסף לצורך לשמור על טמפרטורת נוזל הקירור בגובה מספיק, ישנם גורמים אחרים הנוגעים לנקיון המנוע ולניקווה, ומילוי כל הסוגים של נוזלי הקירור של מערכת הקירור וחילופי השמן הדרושים.

מתוך: The SAE Journal



ציור מס' 8 — מזווג המאורר המכוון על-ידי וסת החום עוזר למניעת הרעש, ומנוע בזבוז אנרגיה



ציור מס' 6
וסת חום כדורי — תפס את מקומו של הוסת הקודם מסוג מפותח השמן — במערכת קירור מודרנית משום שהוא אינו מושפע מהלחץ

רכז ולהתאסף כדי לפתוח בהתקפת איכול על קיר הצילינדר ועל טבעת הבוכנה ולעבור את הבוכנות כדי להתאסף בשמן בית-הארכובה.

כיצד לשמור על החום

לפני שנים רבות נהוג היה להכניס לוחיות קרטון לפני הרדיאטור כדי להעלות את טמפרטורת נוזל הקירור. אולם נוצרו קשיים בהתאמת מכשירי הכיסוי. כדי לספק את דרישות הקירור הבלתי-יציבות של מהירויות משתנות, עומס ותנאי אטמוספירה, שיפרו את מכשירי שמירת הטמפרטורה במנוע כגון: וסת-חום, מכסה לחץ הרדיאטור ומאורר המכוון על-ידי וסת-חום (ראה ציור 5).

וסת-החום וצינורות עקיפה

ציור 6 מראה את וסת-החום. בבית-הוסת כדורית עשויה חומר פלסטי, שיסודו שענה נדחסת לתוך גביע נחושת המורכב בצילינדר של אלמנט הכוח. הרחבת הכדורית וכיווצה גורמים למחזורי פתיחה וסגירה הדרושים להתאמת הטמפרטורה הנבחרת. כאשר וסת-החום נסגר, מנותק זרם נוזל הקירור מהרדיאטור ויש צורך לשמור על זרימת נוזל הקירור במנוע. שלוש סיבות לכך: (1) לספק מהירות אחידה לחימום המנוע בכללו. (2) למנוע לחץ גדול מדי במערכת נוזל הקירור בשעת תפעול המנוע במהירויות גבוהות. (3) לבטל נקודות חמות, כיסי אדים ומאמצים תרמיים. סביב וסת-החום והרדיאטור מצויים צינורות עקיפה, כדי שזרימת נוזל הקירור תימשך כל זמן פעולת המנוע.

מכסה-הלחץ הרדיאטור

אחד המרכיבים החשובים ביותר של מערכת קירור הלחץ הוא מכסה לחץ הרדיאטור, הנראה בציור 7. המכסה מבצע כמה פעולות חשובות: מאפשר נעילה פשוטה ונוחה להסרה בצואר מכסה מילוי הרדיאטור ומספק שסתום שחרור לחץ ושסתום שפופרת הריק. כל אחד יודע, כי מים רותחים ב-100 מעלות צלסיוס בגובה פני-הים; אולם לא כולם יודעים, כי מים ירתחו ב-85 מעלות צלסיוס בגובה של 4 1/2 ק"מ. הגדלת הלחץ ב-1 ק"ג לסמ"ר במערכת הקירור מעלה את נקודת הרתיחה של נוזל הקירור ב-1.5 מעלות צלסיוס בערך. מכונות השב-

נִידוֹת כּוּגְבֵר ת

ליחידות - לוגיסטיות

רפואי אוירי ולכושר הובלה אוירי מוגבל על מנת לסייע לפעולות אחזקה של רכב אוירי. השימוש בכלי־טיס כעור למשימת־סיוע של אחזקה הורד לדרגת עדיפות נמוכה ביותר ביחידה. עובדה זו אמיתית על־אף שאנו חוזרים ומטעימים את הצורך באחזקה מהירה והכל משלימים עם רעיון זה. אָמנם השתמשנו בכלי־טיס לתפקידים לוגיסטיים במשך זמן רב, אך בעיקר להעברה מרוכזת של כמיות גדולות של תספוקת או של ציוד ולא להעברת פריטים קטנים הנעשית על בסיס כוננות לצרכיו של מפקד יחידת־סיוע.

בשנים 1958 ו־1959 בחן מרכז הניסויים לאמצעי לחימה בארצות־הברית את אפשרות השימוש במסוקים (הליקופ־טרים), להעברתם של צות־אחזקה (maintenance and repair crews) ושל חלקי־חילוף. הטכניקה שבה השתמשו כללה ער־כות־אחזקה וצוות־אחזקה שהותאמו לסוג התיקון שאותו צריך היה לבצע.

מסוק־משא קל נמצא במצב של כוננות תמידית כאשר נערכו תרגילי־גיטות. כאשר אירעו קלקולים, הודיעו עליהם ליחידת הסיוע באלחוט או בטלפון (אם אלה היו בנמצא), מסרו מהי הבעיה (אם הבעיה היתה ידועה) ועל מיקומו של הציוד. המסוק נשלח עם צות אחזקה ועם חלקי־חילוף כדי לבצע תיקונים במקום ולהחזיר את הציוד לשירות. בטכניקה זו השתמשו כדי לבצע פעולות אחזקה — עד החלפת מנוע — ובאופן זה הוחזר הציוד לשירות וליחידת האם שלו בפחות זמן ממה שהיה דרוש אם צותי התיקונים היו מגיעים תוך שמוש בתובלה יבשתית.

שיטה זו הוכיחה עצמה כמעשית ורצויה, שכן היא החישה את תיקונו של הציוד ואת החזרתו לשירות, כשהיה צורך בפינוי, יכול היה המסוק למסור לצות־החילוף הוראות מפורטות אודות מיקומו של הציוד, דרכי־הגישה, ציוד מיוחד שנחוג וכן כל אינפורמציה אחרת שתסייע לחילוף. בתרגיל גדול שנערך בשנת 1963 צריך היה להעביר את ציודה של דיביזית שריון מרחק ניכר, ממקומה שנקבע לה, אל שטח כינוס. בגלל הצורך לשמור את נתיבי־הגישה פנויים, השתמשו במסוקים

בחוברת האמריקאית Army Information Digest פורסם במאי 1962 מאמר תחת הכותרת „ניידות ולוחמת־הקרע של הע־תיד“, שבו הצהיר ג־נרל קלייד ד. אידלמן: „ההיסטוריה שכנעה אותי שנצחון במלחמה קשור ישירות באיזון של כוח אש ותנועה, מבחינה איסטרטגית וטכנית כאחד. למרות זאת לקה כוחנו הצבאי־הלאומי בחוסר־איזון במשך מספר שנים. חלק גדול מאמצעינו הקדשנו לכוח־אש ופחות מדי הוקדש לצרכי ניידות“. ג־נרל אירל ס. וילר, לשעבר ראש המטה של צבא ארה״ב, הוסיף והצהיר באותה חוברת בפברואר 1964: „הצבא דואג עתה להעלאת רמת ניידות תוך שיפורים בכוח־אש ובתקשורת. זוהי הדרישה הרחבה. מושגי הניידות, הציוד ותורת־הלחימה שלנו צריכים לשקף שיפור ברור של ניידות ובשתית מקובלת“. מאמץ עצום הושקע להשגת מטרה זו. די־ביזית הסער האוירית שהוקמה בעיקר לבחינת מושגי־ניידות אלה עשתה חיל. ניהלנו תרגילים ותמרונים רבים, כדי להוכיח שמסגרת ארגון זו מספקת את הדרישות לניידות אולם, למרות שהדגש הושם על ניידות, נכשלנו בנסיון לספק ליחידות האחזקה המסייעות את אותם כושרי־ניידות, שסופקו לאלמנ־טים הקרביים שלנו.

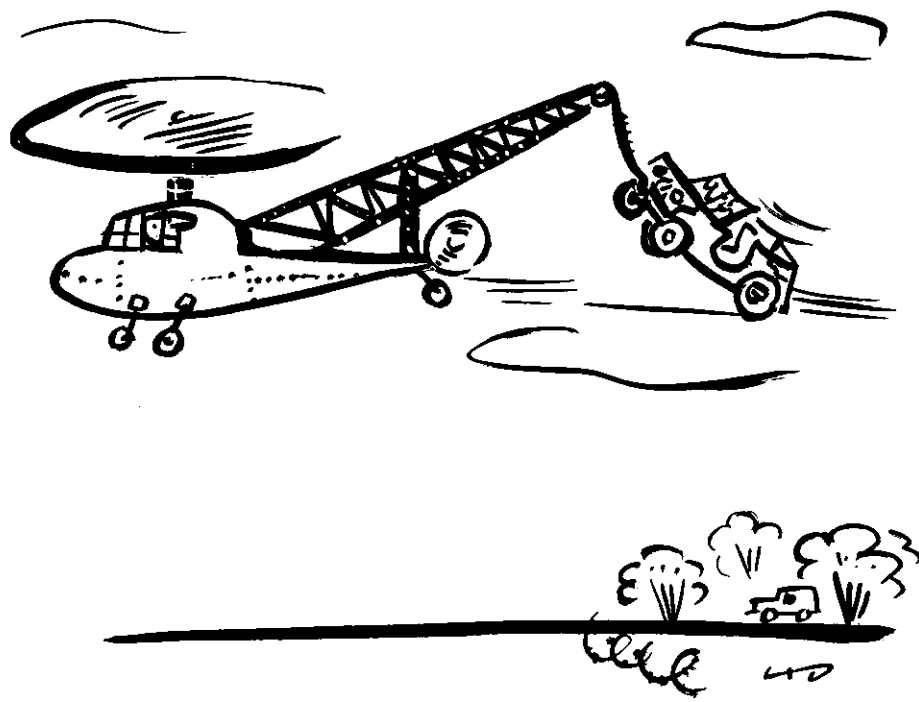
אפילו בתוך דיביזיות־הסער האויריות לא דאגנו לכושר הובלה אוירית אורגני בשביל פיקוד הסיוע שבדיביזיה, פרט לפינוי





מסוק יכול להעביר זינווד או חלפים גם בתיבה גדולה איתה הוא נושא מתחתיו

CH-37 עם צוטיי־אחזקה, שהועמדו בכוננות כדי לספק שי־רות־אחזקה לפי דרישה וכדי להשלים צוטים המשתמשים ברכב יבשתי. השימוש במסוק אפשרה ליחידת־הסיוע להפיק הועלת מכסימלית מאנשים המסוגלים לצאת מיד לביצוע משימתם. להלן מובא אחד העקרונות של סיוע ישיר, לפי ספר הדרכה של צבא ארה"ב: „אחזקה יש לבצע בדרג נמוך ככל האפשר“. ספר זה מוסיף וקובע ש„חומרי־תיקון באיזור היחידה המפעילה או באיזור הסמוך לה, יחזירו את הציוד לשירות בפרק זמן מינימלי, תוך צמצום אמצעי הטיפול וההובלה“. איזה רכב יש בידינו ושהינו טוב ממסוק, כדי לספק תובלה לצוטיי־התיקונים לביצוע משימתם זו? שימוש ברכב אוירי להובלה, יאפשר ניצול טוב יותר של אנשים ויאפשר החזרת ציוד לשירות מהר יותר. חשיבותו של צוטי־התיקונים נייד־האוויר עשויה להיות רבה עוד יותר אם יש המשו בו לסיוע ליחידה בעת שינויי־עמדות או בעתות קרב ממש. השיטה הנוכחית לפיה נהגות יחידות הסיוע של חיל החימוש המשתמשות בתובלה מקובלת היא: צוטי־תיקון נים לשעת־דחק בצורת פטרולים בדרכים, עוברים כל נקודה נתונה שהיא בציד הספקה ראשי לפחות פעם אחת בשעתיים. כשמשתמשים במסוק אפשר לעבור את אותו שטח בעשרים דקות. התיקון הרגיל בצדי־הדרכים כרוך במינימום של חלקי־חילוף, כלי עבודה וזמן. התקלות הרגילות הן ליקויים במערכת הדלק, מנועים מחוממים יתר על המידה וליקויים במערכת החשמל. תקלות אלו, שהן בדרך כלל מעבר לתחום הנסיון של הנהג וסוג כלי־העבודה שברשותו אינו מתאים לתיקון, הרי אפשר לתקן מיד בעזרת אנשי־חימוש מוסמכים. בעתות קרב ממשיות אפשר להעסיק צוטי־תיקונים, כשהם במצב כוננות, קרוב לפלוגת הסיוע העיקרית של הדיביזיה, קרוב לפלוגות הסיוע הקדמיות, במקומות איסטרטגיים אחרים או להטיסם כדי לסייר איזור גיאוגרפי מיוחד. השתמשתי אמנם במונח „חימוש“ כדי להבהיר כיצד אפשר יהיה להפיק הועלת



„שימוש במסוק יאפשר ניצול טוב יותר של ציוד ויאפשר החזרתו לשירות מהר יותר“



הרעיון יוכיח עצמו כיעיל; כשהוא מאורגן ונבחן על בסיס מתוכנן כדי שיתאים למצב הלחימה שלנו. התנגדות מה לתוכנית זו תעלה ללא-כסף כשהסיבה לה יהיו המחירים היקרים והגבוהים הדרושים לביצועה. אולם כיצד אפשר להעריך בלירות ובאגורות את כוח-האש של טנק או של תותח הפועל כהלכה בשעת הצורך? תיקון הציוד שעה אחת מוקדם יותר ואפשרות פעולה מהירה בשעת הצורך עלולים להכריע בין נצחון או כשלון בפעולת-קרב מסוימת.

בספר ההדרכה הצבאי הצהרנו שגודד-האחזקה של הדיביזיה אינו מסוגל לסייע במאה אחוזים לכל סוגי-הציוד המוחזקים בדיביזיה. ההכרה בעובדה זו — אינה פותרת אותה עדיין, משום שלבסוף צריכה להיות נקודה בה יושג הסיוע. כדי להשיג תועלת מפסימלית בעזרת אמצעים מוגבלים, אנו חייבים להפסיק להשתמש בשיטות הישנות ולתכנן דרכים חדשות

מצות כזה, אך על הצות לכלול גם אנשים המסוגלים לבצע תיקונים קלים בסוגי-ציוד אחרים. שימוש לוגיסטי אחר לניידות המוגברת באמצעות כלי-טיס, נמצא בהספקת חלקי-אחזקה בעלי עדיפות גבוהה. שימוש מעשי בניידות מוגברת הומחש באוגוסט 1963 כאשר הוחלט להשתמש במסוקי-משא בארמיה השביעית של צבא ארה"ב כדי להחיש את הספקתם של פריטים בעלי עדיפות גבוהה אל יחידות אחזקה בכל האזור בו החזיקה הארמיה. הם ניצלו שיטות-העברה שהיו בתוקף זה-המכבר והועידו למשלוח אוירי פריטים בעלי עדיפות גבוהה, אותם אפשר היה להכניס לציוד התעופה שהיה בנמצא באותה עת. פריטים שנדרשו על-ידי יחידות הסיוע והועברו ליחידות היסעים על-ידי הבסיס, נלקחו וסופקו ליחידות הסיוע. פריטים שהיו מוכנים למשלוח בשעה 16.00 נלקחו וסופקו ביום שלאחריו. שערך בנפשכם את ההפתעה לה זכתה יחידה שמיקומה 200 ק"מ מבסיס ההספקה המסייע, כאשר דרשה משלוח של צמיגים, שחסרו אז מאוד, ויום לאחר מכן, בשעה 12.00 נחת לידה מסוק עם הציוד! באמצעים קרקעיים היתה ההובלה מצריכה יומיים לפחות. למרות שקיימת הגבלה במשקל ובנפח בגלל גודל כלי-הטיס, בוצעה הספקה שכללה פריטים שונים משפופרת טרנזיסטור ועד זחלים של טנק. לאחר שנקבעו טכניקות ראשוניות, הושלם הניפוק באי-סדר מינימלי.

בשיטה זו השתמשו אמנם כדי לכסות איזור שלם של ארמיה אך היא עשויה לחול באותה מידה גם על איזור של דיביזיה אם אפשר היה להשיג כלי-טיס בשביל יחידות הסיוע שבדיביזיה. דבר זה יצריך הקצבת מסוקים לגדוד אחזקה בדיביזיה כציוד אורגני או על בסיס של מפעיל בלעדי. מסוקים אלה צריכים להיות מסוג הובלה קל או בינוני כדי שיוכלו לשאת כלי-עבודה, חלקי-חילוף וצוית תיקונים דרושים — בהיטס אחד. ייתכן שיימצאו כאלה אשר יטילו ספק ביכולתו של המסוק לספק סיוע כזה בכל הנסיבות. השיטות שהשתמשו בהן בדוגמאות שהוזכרו לעיל יצריכו ללא ספק שינוי ושיפור, אולם



אחד היתרונות הגדולים של הטסת תחזוקה במסוק היא אפשרויות הנחיתה שלו. מסוק יכול לנחות כמעט בכל מקום, ומאפשר לצות תיקונים להגיע כמעט לכל מקום

הדבר הדרוש לנו באמת הוא נקודת מבט רחבה יותר. הנטייה לחקור את העץ הבודד חייבת להתחלף בהשקפה רחבה יותר הרואה את כל היער. הנטייה להעריך את כוח הלחימה בצורה מוטעת על ידי ספירת היחידות הקרבית, חייבת להתחלף בשיטה בה לוקחים בחשבון כל גורם החשוב לנצחון בקרב היבשה. גישה מקיפה זו כוללת גם את הלוגיסטיקה... ללא סיוע לוגיסטי חיוני, דומה הדיביזיה לחייל שנלחם ממנו נשקו. גם הנשק וגם הסיוע חיוניים להצלחה בקרב.

הבעיה של סיוע לוגיסטי הינה ממשית ותמידית, ואמנם בשנים האחרונות הולכת ומודגשת בעית האחזקה הנכונה של ציוד צבאי. הגיעה העת להגביר את יכולתנו הלוגיסטית, כדי שלא תפגז אחר הניידות הקרבית שלנו.

ומהירות יותר כדי להשיג אותן מטרות. מאחר שאנו מוגבלים מבחינות כח"אדם, עלינו להשתמש בציוד נוסף כדי לחסוך את כוחנו הנוכחי. וזו הצעתי:

השימוש בתובלה אוירית יגרום להפחתה עצומה של שעות עבודה. בצורה זו תתאפשר גם תגובה מידית של צות התיקונים יבילי-האוויר שיוכל לבצע תיקונים במקום שם נמצא הציוד המקולקל. ערך החזרתו המידית של הציוד המתוקן לשירות על ידי הצות, אינו ניתן למדידה. בצות-תיקון נוכל להשתמש גם לביצוע ביקורות על יעילות האחזקה. החסכון בזמן נסיעה יאפשר טיפול יעיל יותר בכל יחידה ויאפשר ליחידת הסיוע להרחיב את עזרתה. אפשר לספק חלקי-חילוף לאחזקה על בסיס מתוכנן שיחסוך שעות עבודה רבות ובלאי של חלקי-ציוד המשמשים בדרך כלל לתפקיד זה. כך נוכל שוב להחיש את החזרת הציוד לשירות על ידי מילוי הזמנות מהיר יותר, ולאפשר את המשך פעולות-האחזקה ללא כל הפרעה. הספקה אוירית בלתי פוסקת של חלקים תאפשר ליחידות-סיוע קדמיות להחזיק רמת-החסנה קטנה, ועל ידי כך להגביר את ניידותם.

אל לנו לשקוע בתחושת בטחון מטעה. כאשר מוסיפים את היחס הגדול יותר שבין ציוד לכח אדם וכן את הסיכון הגדל של ציודינו ונסתכל על כל זה בצורה אובייקטיבית, הרי הרמז ברור. הצורך בסיוע לוגיסטי הוא ממשי ומתרחב. הצורך בסיוע אחזקה גדל ביחס ישיר לכמות ולמידת סיבוכי-הציוד בדיביזיה. ככל שהציוד והנשק מסובכים יותר ועדינים יותר, כן גדלות הדרישות לאחזקה. האחזקה הנוספת גורמת להרחבה של מספר צוותי האחזקה, כמו-כן לצורך בכלים ובסדראות נוספים. ככל שציודנו נעשה מסובך יותר, דרושה איכות גבוהה יותר של מיומנות אחזקה, דבר הדורש הדרכה פורמלית רחבה של צוותי-האחזקה. ברור שמתפתח הצורך במלאי רחב יותר של סוגים שונים של חלקי-חילוף.



**חמורי פצוץ, נוכשירי חצוב,
נוכשירי סמורור, כלי יריה,
תחמושת ואביזרים**

תל-אביב, דרך פתח-תקוה 28
ת.ד. 1837. טלפון 36423



פריקת הציוד מהמטוס נעשית במהירות גדולה. כדי שצות התיקונים יוכל להקן במהירות ולשוב לבסיס המוצא

התחלנו בייצור ובשיווק דגמי הרכב החדשים של חברת קייזר-ג'יפ קורפוריישן



ואגוניר

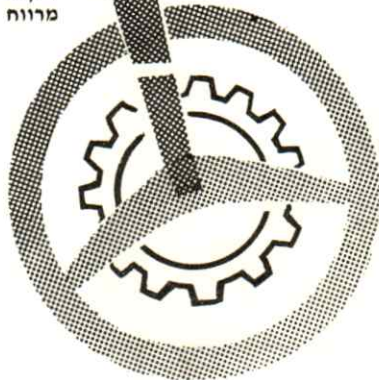
ה"סטיישן-ואגון" בעל הדר ונוחיות של מכונית נוסעים עם הכח והבטחון של נסיעה "ג'יפית".
• ארבע דלתות • 6 צילינדרים • 5 נוסעים ומקום נרחב למטען. הנעה קדמית או רגילה לבחירתך.

ואגוניר-נוסחרי

מכונית מסחרית סגורה להגנה על מטענך, עם משקל מעמס מותר עד $\frac{3}{4}$ טון.
מקום ל-2 נוסעים ליד הנהג • הנעה רגילה.

גלאדיאטור

— הטנדר האלגנטי והנוח עם מרכב עשוי פח, גגון וספסלים. שני דגמים:
למעמס מותר של 1000 ק"ג ו-1450 ק"ג.
מקום ל-11 נוסעים נוסף לנהג • תאי-נהג מרווח • הנעה קדמית או רגילה לבחירתך.



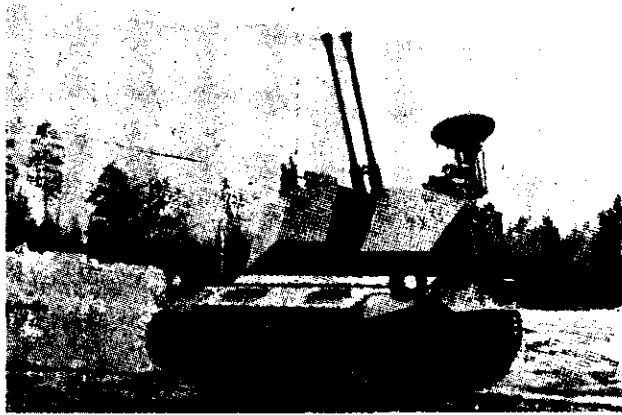
פנה לאולמות התצוגה והמכירה של

א.א.א.א.א.א. תעשיות בע"מ

תל-אביב: דרך פתח-תקוה 19 • חיפה: רח' הבנקים 5 • ירושלים: שלומציון המלכה 18 • ואצל הסוכנים בכל הארץ.



פרטים: א. גלבילום.



נשק שבדי חדש

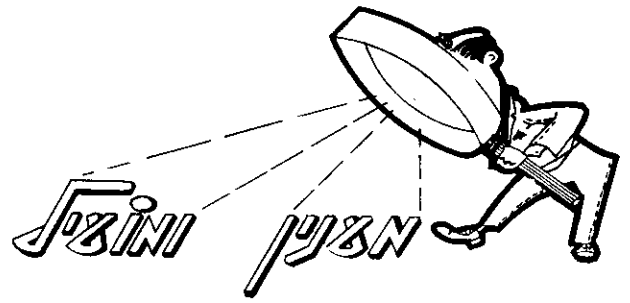
חוותה הנ"מ בופורס L70 הוא משורין קל ונשק נ"מ לטנח קצר, בעל קליבר 40 מ"מ בעל ניידות גדולה, עוצמת-אש גבוהה ומעקב אוטומטי, המאפשר גילוי המטרה, עיקוב ויריה. התותח משמש בגד מטוסים מנמיכיים בעלי מהירות גבוהה. הנשק מצויד גם במכשיר רים, המאפשרים להשתמש בנתונים שהושגו על-ידי ראדר-חיפוש אחר. הנשק יכול להיכנס לקרב עם מטרת קרקע לשם הגנה עצמית. הוא בעל תוחתי 40 מ"מ דו-קניים L70 עם מחסנית הבנויים ליחידה אחת, המורכבת בצריח-ציוד.

הצריח כולל תותחים עם הספקת תחמושת, מערכת בקרת-האש (ראדר ומחשב) ומקום לצות של שלושה אנשים; מפקד, מפעיל ונהג. תא-הצות אטומים לגו, כדי לאפשר פעולה בשטחים מזהמים בגו. הצריח מורכב מתיבת הרכב, המונחת על יחידה וחלית בעלת מתלה קפיצים הידרופניומאטיים. מסך מתקפל, המורכב מסביב לצריח, מאפשר לכלי-הרכב ציפה לחצית נהרות.

לעומת זה

נגמ"ש נ"מ סובייטי

הנגמ"ש הנראה בתמונה הוצג במוסקבה לרגל יום מהפכת אוקטובר. הנגמ"ש מורכב משלדה של טנק סויר PT-76, שעליו מורכב צריח מיוחד, הנושא 4 מקלעים מונחי-ראדר בני 14.5 מ"מ. מקלעים אלו הוחכו כיעילים ביותר וכבעלי טנח אפקטיבי גדול, ארבעת המקלעים פועלים יחד בהגבהה, ואלו הציוד נעשה על-ידי כל הצריח.



משאית חדשה לצבא ארה"ב



משאית חדשה זו, בת 5 טון, של צבא ארה"ב שכינויה XM-656, יכולה לטפס במדרונות תלולים, לחצות נהרות או להיות מיטסת לשטח-קרב נידחים. המשאית קלה מקדמתה בשני טון, אורך-חייה עולה על זה של קודמותיה, והיא דורשת פחות טיפול. המשאית תוכננה על-ידי חברת "פורד", אשר תבצע בה גם את השיפורים הדרושים.



מקדדים בעלי קצוות-קרביד

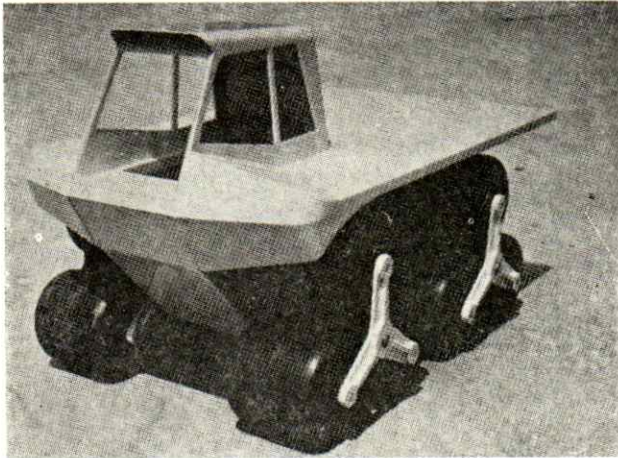
השימוש במקדדים בעלי קצוות של קרביד מוצק הולך ומתפתח. סוג חדש של מקדדי-קרביד הוצא לשוק על-ידי חברת סטארבייד. המקדדים מיוצרים במידות שונות החל ב-3/16 אינץ' וכלה ב-1 1/2 אינץ'. את המקדדים ניתן להשיג במבחר גדול של צורות. המקדדים הנראים בתמונה מעוררים ענין מיוחד; הם חרוצים בקו ברני ובצורה ישרה — מבנה העושה אותם לתזקים במיוחד.

כלי־רכב מהפכני

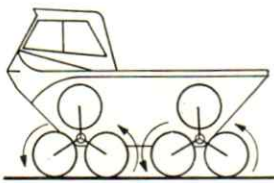
תכנון חדש של כלי־רכב מראה סיכויים של פריצה בעלת השיבות במושגי תנועת־קרקע. נעשה במפעלי לוקהיד.

צילומים שפורסמו עליידי החברה הראו פעולת דגמים של כלי־הרכב בתנאים שונים. הרכב החדש — המסוגל לנוע דרך אדמה רכה, ביצות, בוץ, מים — יכול לנוע על הכביש בקלות ובמהירות של רכב רגיל. יכולתו הרב־צדדית של כלי־הרכב נעוצה בצורת הרכבת הגלגלים. לכלי־הרכב 4 גלגלים ראשיים, המורכבים כל אחד משלושה גלגלי־משנה. גלגלי־המשנה נעים על צירים שתנועתם רדיאלית סביב לציר המרכזי. התנועה מועברת אל גלגלי־המשנה בעזרת שיניים. גלגלי־המשנה הקטנים עשויים צמיגי־גומי בעלי מדרס רחב ובעלי לחץ נמוך. גלגלים אלה מאפשרים לרכב לנוע בקרקע בוצית ובתנאי־עבירות קשים. בשעת נסיעה בקרקע לא נוחה פועלים הציר הראשי וגלגלי־המשנה כאחד, ואילו בנסיעה בכביש מנתק הנהג את הציר הראשי, כך שמונעים רק שני הגלגלים התחתונים בכל גלגל ראשי.

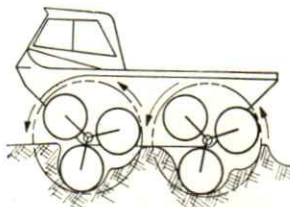
פיתוח רכב זה מהווה התקדמות ניכרת וחשובה בתנועת רכב על הקרקע, ממסרת הינע בלתי מקובלת מאפשרת, זו הפעם הראשונה, יכולת פעולה גבוהה של אותו כלי־רכב הן על קרקע קשה וכבישים והן בביצות, ובתנאי עבירות לא נוחים. גם במים פועל כלי זה ביעילות גדולה.



צורות ההפעלה

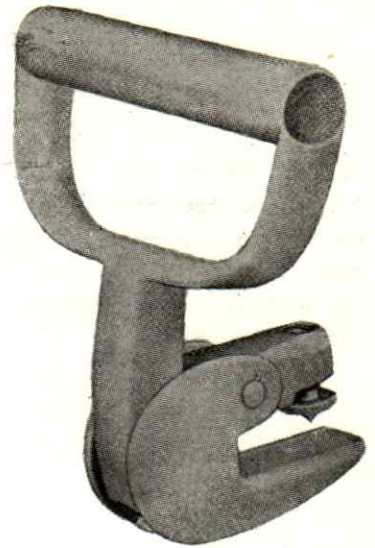


נסיעה על כביש



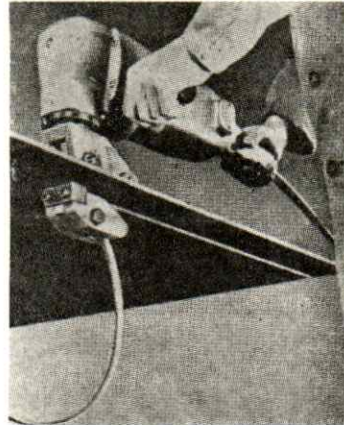
נסיעה בבוץ, חול וכו'

כלי הרכב המתקדם של לוקהיד הוא רב אפשרות בשל ממסרת ההינע הבלתי רגילה שלו. הממסרת מאפשרת לכלי הרכב לפעול ביעילות בתנאי קרקע שונים. הציר מראה את פעולת מרכיבי הגלגלים הראשיים (לקרקע בוצית) ואת פעולת הגלגלים הקטנים (לכבישים רגילים).



התקן לנשיאת לוחות

לאחרונה הופיעה בשוק סידרה של התקנים מיוחדים לנשיאת לוחות גדולים ללא כל סכנה של פציעת הידיים. הדגם הנראה בתמונה משמש להרמת ולהובלת ברזלים בעלי צורות שונות, כמו ברזולי זווית, לוחות, צינורות וכו', במכשיר זה אפשר לתפוס חומר עד עובי של 20 מ"מ. המכשיר עמיד בפני איכול. דגמים אחרים מיוצרים לשם נשיאת עצים, קרשים, ואפילו לוחות בטון. יחידת יניקה המיועדת לתפיסה בשטחים חלקים מאפשרת נשיאת לוחות זכוכית בקלות ובביטחות.



מכשיר מטלטל לחתוך פחים

הסכין הכבדה והקבועה למקומה, ששימשה לחיתוך ברזל, הולכת ומפנה מקומה למכשיר חדש. מכשיר זה קל ונייד. הוא מופעל במונע חשמלי בן 2 כ"ס בעל בידוד כפול. המכשיר גוזר וחותר לוחות מתכת בלי התחשבות בצורת עיבוד המתכת (קר או חם). החתך הנוצר הוא ישר וחפשי מנסורת.

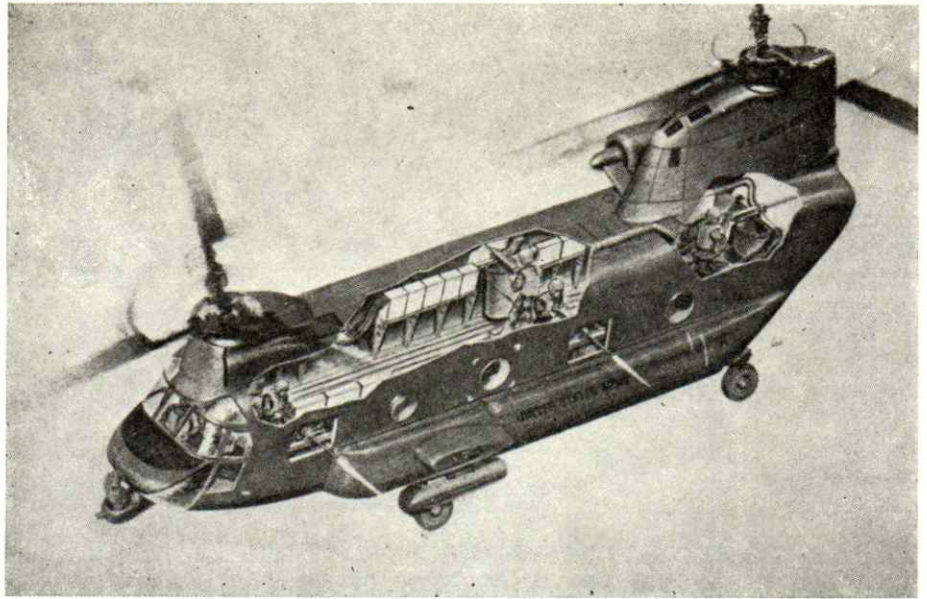
מהירות החיתוך גדולה למדי ומשתנה בהתאם לעובי המתכת הנחת. תחת בלוח מתכת שעוביו 6.5 מ"מ, יתקדם המכשיר במהירות של 1.5 מ'/דקה. הכלי יכול לחתוך פסי מתכת ולוחות מתכת בכל כיוון רצוי, גם כלפי מעלה ומטה.

בשעת החיתוך, אין צורך לדחוף את המכשיר, כיון שהוא מתקדם בכוחות עצמו. את כיוון החיתוך אפשר לשנות ללא כל בעיות, כך שהמכשיר אידיאלי לחיתוך חומר בזוויות או בפינות.

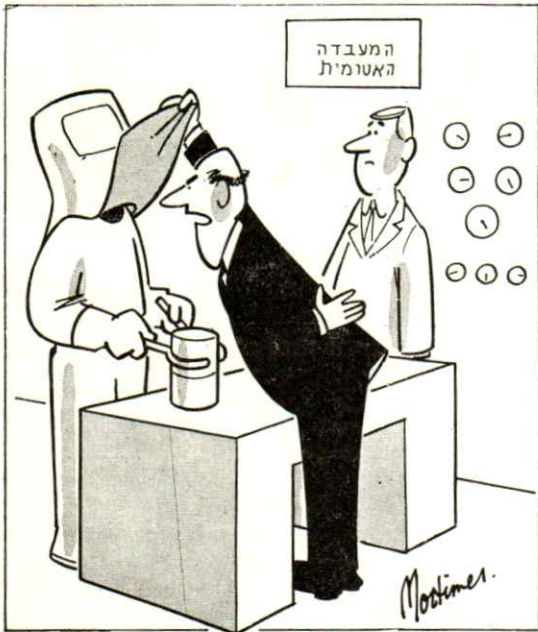
המכשיר, המיוצר בגרמניה המערבית, נמצא בשירות המשטרה הגרמנית. שם הוא מיועד להצלת אנשים הכלואים בתוך מכוניות שהתנגשו ונמנעו.

האם זה טנק העתיד?

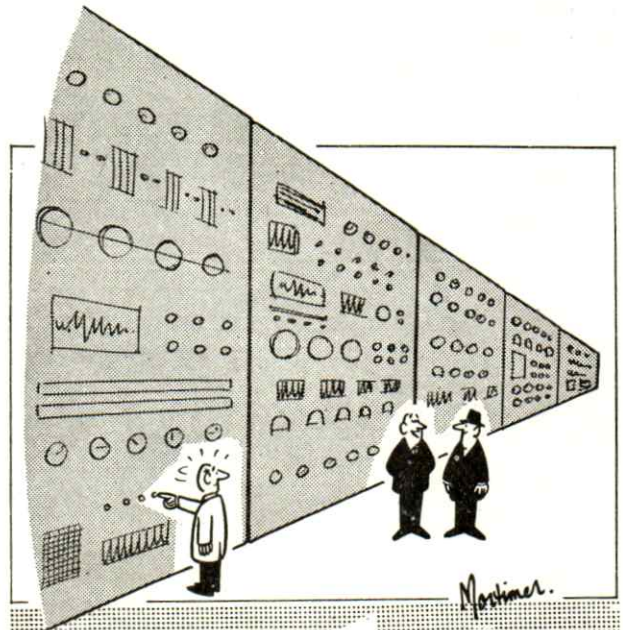
בתמונה נראה הליקופטר CH 47 A צ'ינוק, תוצרת מפעלי בואינג ב, ג'ירי-סתר" זמשרינת. „הליקופטר-טנק" מעופף זה הנמצא בשימוש בקרבות ויאטנאם, פותח למעשה לתנאי הלור-תמה המיוחדים למקום. הוא חמוש בצורה מיוחדת; חימושו כולל 5 מק-לעי 0.5 המופעלים על-ידי אנשי הצות, משגר רמונים 40 מ"מ המור-כב בחזית ההליקופטר, תותח 20 מ"מ ומטיל רקיטות. ההליקופטר משמש גם להגנת כוחות קרקע ולאש מסייעת.



הומור וטכניקה...



„בדיוק כפי שחשבת, גריסולד הסתלק שוב מוקדם הביתה“



„וכאשר נכניס את המחשב החדש, נוכל לחתוך את כוח העבודה לחצי!“

מכתבים למערכת



מתקן לחלוצי עצמי

בחוברת מס' 21 מתפרסם מתקן לחלוצי עצמי. ברצוני לדעת את כתובת היצרן בארצות-הברית וכמו כן באם הוצא פטנט על המתקן.

בכבוד רב

יחיאל לוי

דלק בעל אוקטן גבוה

עם הכנסה לשימוש של דלק בעל אוקטן גבוה יותר, תפתרנה ותת-עוררנה בעיות מספר הנובעות ממבנה המנועים והתאמתם לדלק בעל אוקטן שונה. רצוי, לכן, לפרסם במדור אחזקה מאמר המסביר עקרונות, שיטות, בעיות וטיפול הקשורות בשינוי סוג הדלק, ולסיכום ברצוני להוסיף, כי המאמר על המצתים היה עשיר, מענין וברור.

בכבוד רב

אלכס הראל

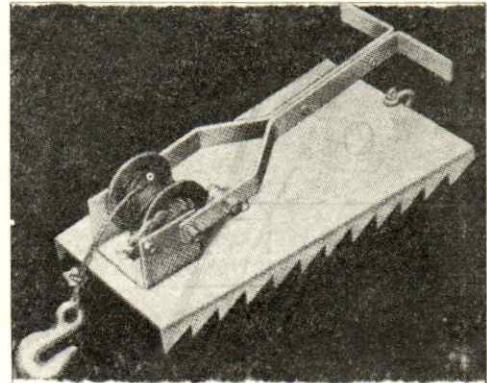
תשובת המערכת

נושא האוקטן ראוי לתשומת לב ויש מקום לפרסום מאמר בנוון. מאז ייצור מנועי הבנזין הראשונים מספלים מוסדות המחקר השונים בשיפור טיב הדלק עלימנת להשיג יעילות מוגברת ותנאי עבודה טובים יותר של המנועים.

שיפור הדלק מביא בעקבותיו שינויים גם בתנאי שרפתו בתוך המנוע וכתוצאה חייב גם להשתנות מבנה המנוע. במיוחד מבנה חלל השרפה (יחס הדחיסה, צורתו הגיאומטרית וגודל פתחי היניקה והפליטה וכד'). לסיכום ניתן לומר, ששימוש בדלק בעל דרגת אוקטן גבוהה יותר משפרת במעט גם את ההספק וגם את תצורת הדלק במנועים אשר מתוכננים לאוקטן נמוך יותר. במיוחד כאשר האוקטן הנדרש נמצא בשיא (כאשר סיבובי המנוע יורדים כתוצאה מעומס גבוה). למרות זאת עדיין לא מוצדק להשתמש בדלק בעל אוקטן גבוה משום שהנזק כתוצאה ממחיר הדלק הגבוה, גדול יותר מאשר הפיצוי שמקבלים תמורתו.

במנועים שתוכננו לדלק בעל אוקטן גבוה, שימוש בדלק בעל אוקטן נמוך מגביל את השגת ההספק המתוכנן והמנוע צריך אז לעבוד בנצילות נמוכה יותר. (כיוון ההצתה אינו בתחום הטוב ביותר וכד'). נוסף לכך אי-בקיאות או סטייה מהנדרש בשעת שימוש כזה עלול לגרום לבלאי יתר של המנוע בכל הנוגע להתחממות השסתומים, יצירת משקעי פח וטהליך נקבוביות על ראש הבוכנה.

י. ט.



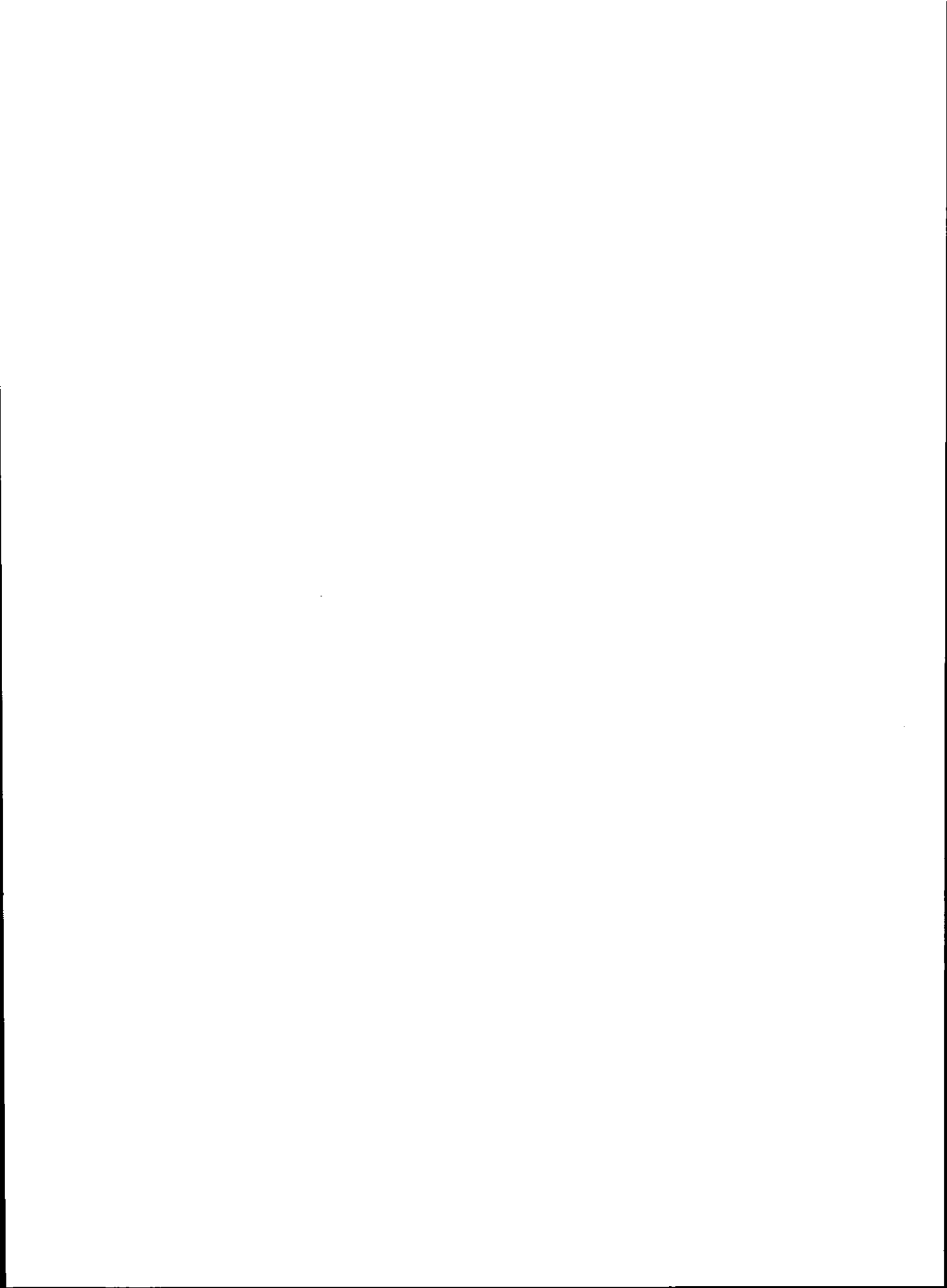
המתקן לחלוצי עצמי

תשובת המערכת

עד כמה שידוע לנו — הוצא פטנט על המתקן בארצות-הברית. כתובת היצרן היא:

HOBİ, 37-19 C Lawrence St., Flushing N.Y. 11352.





חלוצי תעשיות היסוד בישראל

סוכפור



כור חברת חרושת ומלאכה בע"מ

יצרנים של
מלט
פלדה ומתכת-ברזל עגול לבניה, צנורות פלדה, אמבטיות יציקה,
אביזרי אינסטלציה סניטרית, מכונות בניה ויצור
זכוכית חכוכית בטחון
קרמיקה סניטרית ואמנותית, אריחי קיר, לבני שמוט
צמיגים ומוצרי גומי
לבידים ושבבית
חימיקלים-חומרי הדברה, פוליאסטר, צבע
מוצרי חשמל-מנועים, מזגני אויר, מאוררים,
נורות, פלורסצנטים, מצברים
מוצרי טלקומוניקציה-טלפונים ומרכזיות

מגדולי היצואנים בישראל
\$21,000,000 בשנת 1963

מפיצים בלעדיים

סוכפור

חברה לשווק וקניות בע"מ