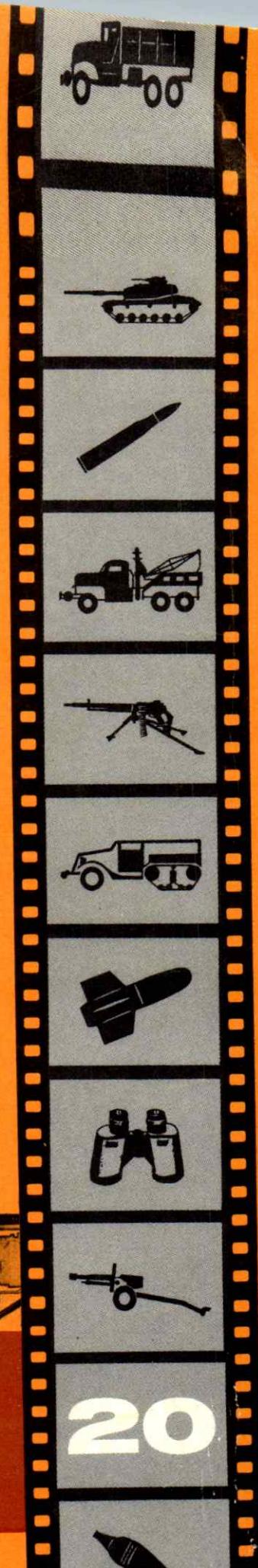
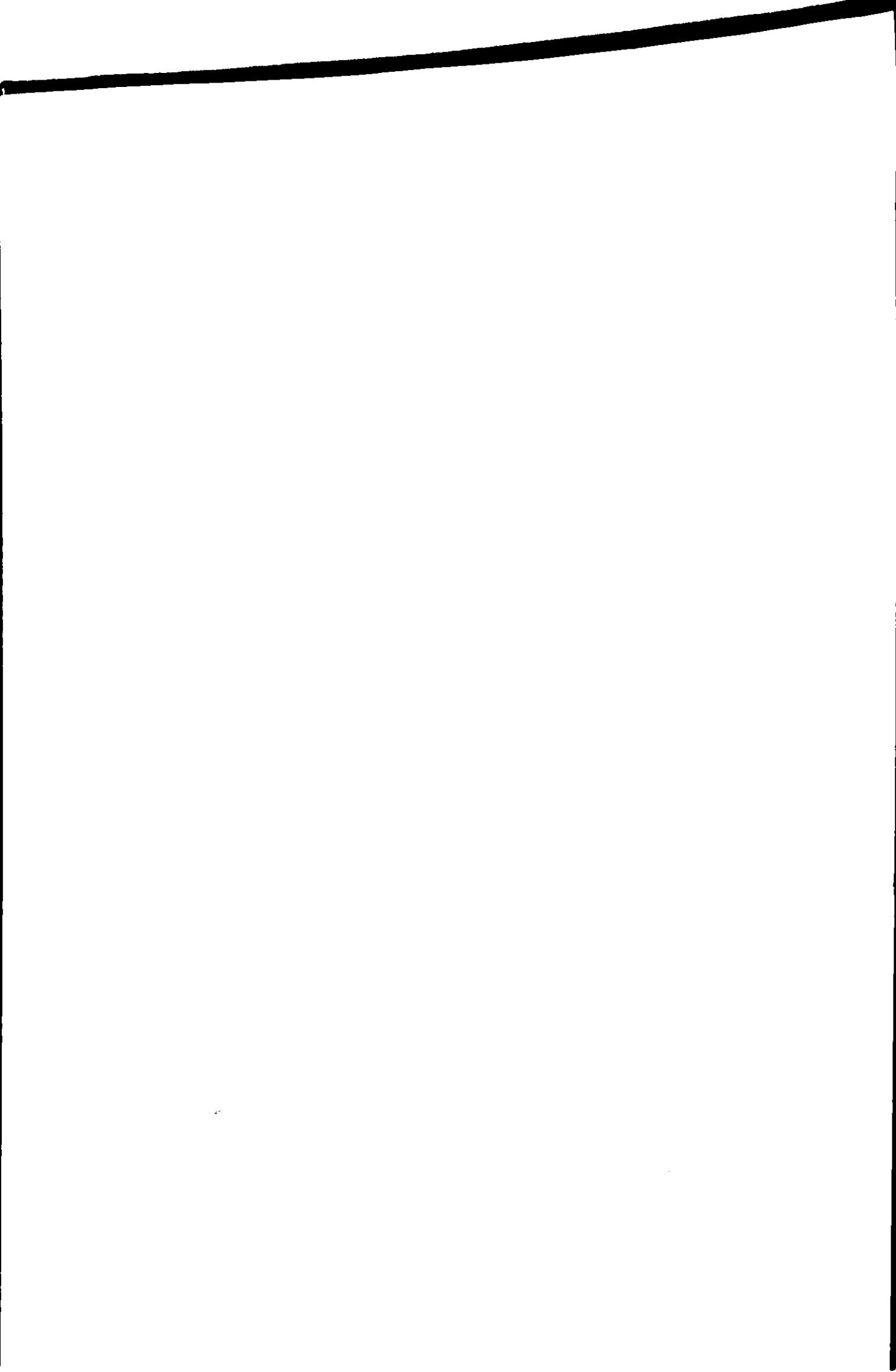


מתקנות-חימום





# מרכזות-חימוש

חוּבָרֶת מס' 20

תשְׁרִי תשכ"ו

אָוּקְטוּבֵר 1965

## תוכן העניינים :

- 2 ה-"צ'יפטיכון" ונסקו . . . . .  
 5 מנועי שריפה פגנית סבים — חלק ג' . . . . .  
 10 ר.פ. אנדסديل הקירוטרוניים לבחירת מנוע תעשייתי קטן . . אריה דמן  
 14 מערכת טילים מונחים — חלק ג' . . . . .  
 21 אריה לביא התעיפורות מתכוות — נקודות מבט מעשיות . ג'ק להיבל  
 25 תנון דינמי מהו? — חלק ב' . . . . .  
 29 יעקב לנה הינה 4 אופנים לשירות האזרח . רוברט ה. פריבורגר

### ען ידיעותך

- 33 מערכת ההצתה במכונית . . . . .

### מעניין ומועיל

- מקדה קרביד מוצק לקדיחה במתכוות קשות / שרינותה  
 חדשה במכירה חופשית / הסעת אנשי ח"ר על  
 טנקים / שימושים נוספים ל מערכת ה-TOW /  
 מערכת ההגאה של העתיד / ה-"ספרינגט" טיל נגד  
 טילים / מדיטוח הדיש . . . . .  
 37

### מכתבים למערכת

- 40 . . . . .

תמונה השער: טנק ה-"צ'יפטיכון".

## מרכזות צבא הגנה לישראל

עורך ראשי: אל"ם אלעזר גליeli  
 סגן עורך ראשי: סא"ל גרשון ריבלין  
 קציני המערכת: רב-סרן ל. מרחב  
 סרן בסים סלומון  
 שרגא גפבי  
 מדריכים נתן אל  
 "מרכזות": העורך סא"ל צבי סיוני  
 "מרכזות-דים": קצין-עריכה רב-סרן עוזיאל סל  
 "מרכזות-שריון": קצין-עריכה רב-סרן דב-ישראל איזונט  
 "מרכזות-הפלס": קצין-עריכה רב-סרן ברוך ספריר  
 המערכת והמנהלה: הקרייה — ת"א דח' ג' מס' 1, טל' 9237

הודפס באמצעות משרד הבטחון — הוצאה לאור  
 "ה蹀יס החדש" בע"מ

קצין עריכה — רב-סרן יעקב להט  
 עורך משנה — סגן צבי פנאי-סוב



# ה„צ'יפטיאן“ ונשקו

## תפנונו ה„צ'יפטיאן“

תפנונו ה„צ'יפטיאן“ החל עוד בשנת 1957. הרכב תוכנן על ידי המכון למחקר ולפיתוח של רכב קרב. הייצור נמצא כעת בשלב מתקדם בשני קי ייצור נפרדים; האחד במפעלי ההימישל המלכתיים, והשני במפעלי ויקרס ארטיסטראונג. המערך של הטנק הוא קובננציאני, בעל תא נהג מלבני, תא לחימה במרכז עبور המפקד, התותחן והטען וכן תא אחורי עבור המנוע ותיבת ההילוכים. ניתנה ההגנה הטובה ביותר על ידי הקטנת הנפח הפנימי של הרכב תוך שימוש במשקל שנחסן, כדי לעבות את השריון בקשת הקידמית של הטנק, הנחשה ביותר לאש אויב. למרות הפחמת נפח זו יש לכל איש צוות די מרווח, כדי לפעול בזרחה ייעילה.

נעsha כל מאמץ כדי להפחית את גובה הצללית, כדי להגדיל את סיכון הריגות בשדה הקרב. המערך של המנוע בחלקו האחורי של הטנק, והשיתה בה בחורו לשיט את הנגging פרקדן, כאשר תא סגור, הפחיתו את גובה התיבת, וכך זאת את גובה הטנק עד כיפת המפקד. את הצריכה עשו קל משקל יותר ופחות פגיעה, על ידי סילוק מגן התותח הקובננציאני.

## שימוש

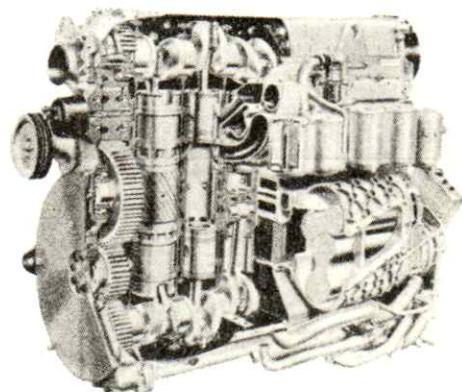
השימוש העיקרי של ה„צ'יפטיאן“ — תותח בן 120 מ"מ, המוצב לגבן צידוד והגבהה ווורה תחמושת נפרדת: מקלע 0.50 אינץ', המורכב במקביל לתותח ומשמש כמד"ע; מקלע 7.62 מ"מ המורכב אף הוא במקביל לתותח ומשמש נגד ח"ר ומטריות „רכות“.

עמדת המפקד כוללת מקלע 7.62 מ"מ נוסף, המותקן בתורן הצריחון. לאחר שאפשר לצדד את הצריחון ללא תלות בצריח, אפשר להעסיק במקלע זה מטרות מקומיות בלבד להתחשב במקומות הצrichtה. הבחירה בתותח 120 מ"מ הושתתה על תוצאות סקר תנקים בינגונים וכבדים, נוכחים ועתידיים, וכן על ממדיהם הרירין המפסימלי אותו ישאר. השימוש במטען נפרד — בו השתמשו לראשונה בתותחים ימיים — מאפשר החסנה קלה יותר של התחמושת בטנק, והידיוני (handling) נעשה קל ומהיר יותר. למעשה, משקל כדור 120 מ"מ יחד עם המטען והודף (המצא בשקיות) הוא קטן משקל כדור 105 מ"מ אחד, לאחר שהמטען ההודף על השקית שלו נשף לגמרי.

הטנק הבריטי החדש בן 50 טון, ה„צ'יפטיאן“, מהוות תוספת עיקרית למאגר הנשק המשורין המערבי, כאשר נכנס לשירות השנה. ל„צ'יפטיאן“ תותח הטנקים החזק ביותר, הנמצא כיס בשירות. הטנק תוכנן כך, שנוכל החום המתאים ביותר בין ניידות, בין כוח אש ובין עובי שרון. הנסיכון הרב של הבריטים בתכנון טנקים כולל את הניסיון שרכשו מעמידות תותח הטנקים הגרמניים במהלך מלחמת העולם השנייה, לה היו תוצאות רציניות.

ותותח ה-2 פאונד ב-1941 נפגש פנים אל פנים עם תותח ה-75 מ"מ הגרמני, שהיה בטנק סימן 4, ואילו תותח ה-6 פאונד

בשנת 1942-43 פגש את התותח המתנייע בן ה-88 מ"מ. היה זה רק לאחר המלחמה, כשהבריטים פיתחו את התשלובת הנכונה שרירוניתותה ב„צ'יפטיאן“, לו הייתה הצלחה רבה בקורסיה. מן ה„צ'יפטיאן“ התפתח ה„צ'יפטיאן“, שהוא כבד יותר ובעל תותח גדול יותר מטנקים אחרים באירופה, שהם קלים יותר ובuell תותח קטן יותר. מלכתחילה תוכן ה„צ'יפטיאן“, כדי שיפעל בשדה הקרב במשך עשר שנים הבאות, ושיכל להוכיח את טנקי האויב הכבדים ביותר במלחמות ומתנה ארוך.



חתך של המנוע הרוב דלקוי לילנד 60-L, ה-60-L הנו בעג 6 צילינדרים כשבו 12 בוכנות נגדות, המואחד במונע זה הוא הזרקן הדלק והצחת הדחיסה. השאייפה נעשית באמצעות מפוח הדחפה; המונע מפוח כ-700 כ"ס בלימה.

(3) מוט, המקשר את התקני הכוון של המפקד ושל התותחן.  
 (4) מערכ העמסת ציוד הטנק, המאפשר העמסה, טעינה מהירה של התחמושת ושינויים בסוגי התחמושת הנמצאת בטנק.

(5) וركאדור דורשימושי — לאור אינפרא-אדום ולאור לבן, המותקן באופן קבוע. כמורין מותקנים אורות ראשיים לבנים ואינפרא-אדומים.

בקרטת התותח של ה-“ציפורין” וציוויליזוב שלג, פותחו עליידי חברות G.E.C. F.V.R.D. לאור הנסיך שנרכש כבר עם ה-“צנטוריון”, קיימות שלוש אפשרויות פעולה:  
 א) לא מיוצב, כאשר הרכב נקייה, והתותחן הוא חלק של מערכת שרת בעלת גובה מהירה, ומברך את הциוד וה-

הגבהה תוך תצפית דרך טלסקופ כיוון.  
 ב) מיוצב, כאשר הטנק בתנוחה, וווג סביבונים בעристת התותח יוצרים אותן המשלבים שהם ייחודיים למחריות הזוויתית של התותח במהלך מבחינת ציוד או הגבהה. אותן אליה משולבים עם היציאה של מהוליל-טכומטר, כדי ליצור אותן מתקנת המכונסת לצינור המתאים של מערכת השרת. התוצאה היא שהלווע מכונן אל אותה נקודה במהלך עיבוד רגילים, מכונן התותח ללא הפסק אל המטרה, למירות השינויים היחסים במצב התובה.

ג) חירום, כאשר מצדדים את הצריח במחירות קבועות לשמאלו או לימינו בין שתי נקודות קבועות מראש.

ד) הפעלה מכנית בעזרת היד.  
 עבור תחמושת חודרת שרין מנעל, יורה התותחן צורות קזרים עם מקלע 0.50 אינץ’, תוך העזרות ב-4 שנות קבר-

צריך יהיה להשתמש בשבייל התחמושת הנפיצה הפלסטייט, בעלת 0.5 מ' משטחים במקלע הכבד 2000 אינץ’ המשמשים לאופודו התותחן ואות, כדי לגניע לאש תורימה מוצמצמת יותר בכדור בעל מסלול התשועה הגבוה הזה. מערכת בקרת האש נתמכת בידי המפקד שדה ראייה נרחב או גזרה ורחבה עם גדרה גבוהה לשימוש קרוב. מערכת חיבור אופטית מצויה בין המפקד והותחן ואפשר להשתמש בה כדי לציין מטרה לתותחן או שהמפקד יכול להשתמש בה כדי לכנן בעצמו את התותח בדיניות באמצעות בקרות שליטה לשם ציוד והגבהה.

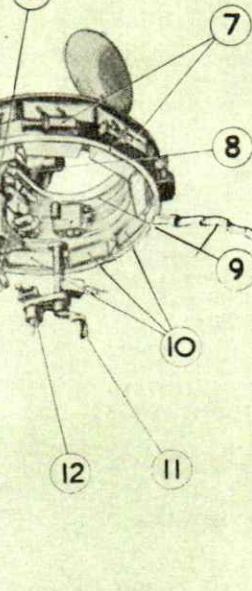
ואין תומילים ריקים בתוך תא הלחימה בשעת הפעלת התותח, מה גם שאין שיידי גז שריפה בתחום הלחימה כתוצאה מכ. התותח בן ה-120 מ”מ הוא קל משקל ובבעל מהירות לוע גבוהת מנגנון הסדן הוא מחליק א נכי, הנפתח אוטומטית בשעת חורף התותח למצב ירייה. לאחר הטעינה נסגר הסדן עליידי שחרור תפס בלחץ קפיץ סגירה. פניה גזים מותקן על הקנה. נוסף לכך מגן הקנה עליידי מגן חום (heat shield), המונע שינוי טמפרטורה במתכת הקנה — הוא יחיד עם התקן קיומו מיוחד בתחום הקנוון, המכenis תיקוניים במערכת המכון כתוצאה משינויי טמפרטורה. כך מקבלים אנו מידת רבה של דיקוק, ניתן להשיג קצב אש של 8 כדורים לדקה עליידי צות מאומן. משתמשים בשני סוגים כדורים. הסוג הראשון: כדור חודרי הרשין — מעל הוא בעל מהירות לוע גבוהה, מסלול חופה שטוח וזמן תעופה קצר, כתוצאה מכ. כל אלה מספקים את כל הנתונים, כדי לפגוע בטנק אויב ביריה הראשונה ולהזoor את שרינונו אפילו כshedob בזווית פגיעה גבוהה. הסוג השני: כדורי-נדיג-טנקים בעל מטען עמוק. הוא בעל דפנות דקים עם מילוי נפץ, וחוץ מההשפעתו על שרין הומוגני ונקודות פגיעה רגשות כגון: חולים, גללי מרכוב ומטללה, הוא יעיל גם נגד מטרות בשדה ונגד כוחות בשדה הפתוח.

**מערכת בקרת האש**  
 המערכת תוכננה כדי להשיג פגיעות מהירות על מטרות מספר בים או בלילה. הציוד מרכיב מ-:

- (1) מקלע 0.50 אינץ’ עם לוח שנתה בליסטי לטיות.
- (2) ציוד אופטי בעמדת המפקד, המאפשר שדה ראייה רחב.

מערכת בקרת אש של ה-“ציפורין” מבטלת את השימוש בכוכנות אופטיות מסוימות לכינון התותחן. כמשמעותם בכלור ח/ש/מנעל יורה התותחן צורות אש קערים מהקלע המקביל 0.5 אינץ’ תוך שימוש ב-4 שנות כינון המסתמנות מראש. צורר האש הפוגע במטרה או המחתיא אותה מעליה, משטו באיזו שנות כינון של התותחן

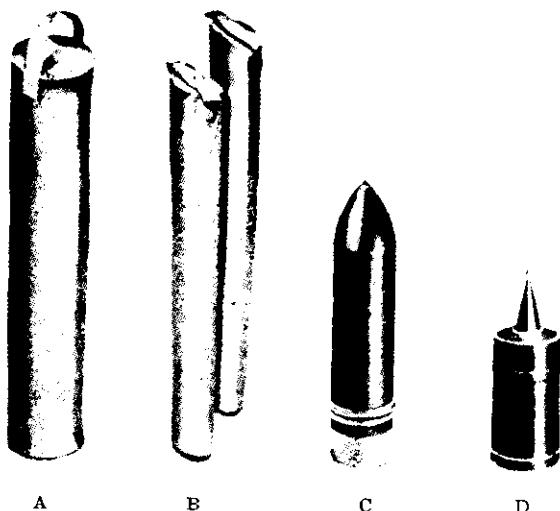
מספר	שם
1	עריסת התותחן
2	טלסקופ התותחן
3	פריסקופ התותחן
4	חפפה וمغرب
5	מקלע צירחון המפקד
6	ידית המפקד להגבהה
7	מגבי פריסקופ
8	זוקור אינפרא-אדום
9	צירחון המפקד
10	פריסקופ (9)
11	דית ציוד הצריחון
12	חסורת ציוד נגד שולץ הצריחון
13	משקפת פריסקופית של המפקד
14	קולייטור המפקד
15	משאבה ומוסטה
16	מקחות עיי' טמפרטורה מד-שיוף של התותחן



ולמעלה מזה — או תערובת של כל אחד מהם. לצורך אחזקה קלה ופשטota יותר אפשר להוציא את המנוע הראשי ביחידת אחות הפלולות את הרדייאטור, השבשנות, גזול הקירור, מסנןות השמן, מקררי השמן וכל יתר מערכות העזר.

בתיבת ההילוכים משולב עקרון החילפת ההילוכים של וילסון עם מערכת היגוי של מודיט. מתג בורר ההילוכים של הנגן מבקר באופן חשמלי שטוחמים סולונגואדים, המפעלים בצורה הידראולית בלמי סרט. דושת המנוע מיותרת, לאחר ומשתמשים שניים במנוג אנטריפוגלי. המסתה מבוסס על מתחה, הדומה לה של ה„גנטוריון“, אך הוכנסו בו אטומים חדשים לפחות בכל 1600 ק"מ. הזחלים עשויים פלדת מגנן, ואפשר להרכיב עליהם סוליות גומי.

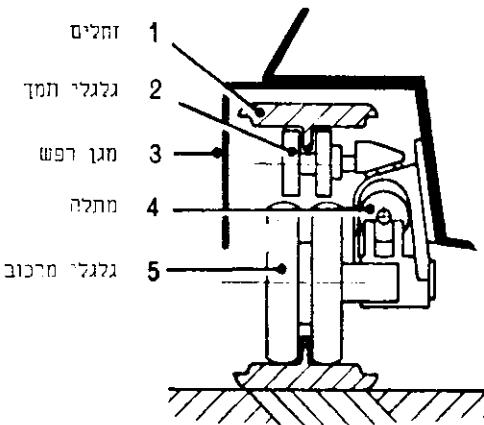
מערכת החשמל היא בעלת 24 וולט עם שתי מערכות של מצברים, המספקים 200 אמפר/שעה. מערכת נסופה, המספקת 100 אמפר/שעה, נמצאת במבנה הצריח להפעלת מכשירי הקשר. הטעינה נעשית בעודרת שני דינמו; האחד בעל הספק של 40 קילוואט, המופעל על ידי מנוע העזר, והשני בעל הספק של 4 קילוואט, המופעל על ידי המנוע הראשי. להגנה מפני שריפות משתמשים במערכת „גריונר“ מס' 2, הנמצאת בתא המנוע ובתוכה בمعالגי הפעלה נפרדים. המערכת פועלת גם כאשר המנוע מדומם, והעומסה על המכברים היא רק 1.75 מיליאמפר.



בתמונה נראים המטען והכדורים השונים בהם משמשים לתותח בן 120 צ"מ. השימוש בטען הנומalous הומלאים בשתיות, Zusatz או מוקם בהחטנה הדרוש לתחמושת והקל על הטعنן.

- A — מטען מומלא בשקיות גנפי פלטטי
- B — מטען מומלא בשקיות גנפי ח"ש/מנעל
- C — קליע ח"ש/מנעל
- D — קליע ח"ש/מנעל

כאחצער בטיחות בולט הכלול של הגדוד הנפץ פלטטי רוחן יותר בתקן בית הכליטה ולידיין כך עשווה את טעינת המטען של הגדוד ח"ש/מנעל מחזרויו במקום המטען הנכון — לדבר בלבוי אפסרי.



פרטיה המזקזז

עות מראש, הצרוור, הפוגע או העובר מעל למטרה, מצביע על אותה שגגה, בה יש להשתמש עבור הפעלת החימוש העיקרי, עבור תחמושת „מעיכה“ משתמשים במקלע הטיווח עד ל-2000 מטר, כדי לקבל סוגר קטן ככל האפשר. בעת ידי משתמשים בשיטות ארטילריות מקובלות.

צריחון המפקד של ה„צ'יפטיכון“, מאפשר למפקד ראייה לכל הכוונות. במרכזי שדה הראייה החוותי נמצאת משקפת פריסי-קוביות בעלת חזק של 10 X, ואפשר לצדד את הצריחון ביד דרך 360 מעלות. בלילה מחליף משקפת הפרסיקופית במכשיר ראייה אינפרא-אדום. המזקזע בדרך כלל ביצירתה.

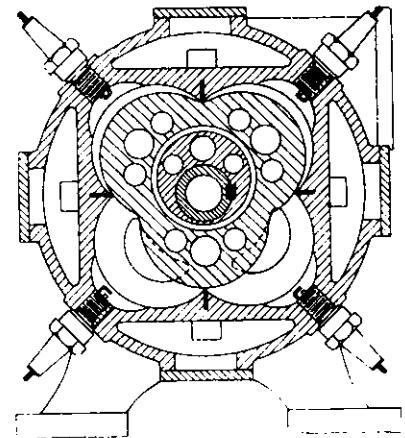
את מכסה הצריחון אפשר לפתוח כך, שהמפקד יוכל לצפות ישירות ללא פריסקופ. באותו זמן הוא מגן, במידה מסוימת, מרסיסים ומכלפים. עבה, הגורמת לעתים השהייה בפתחה אש, היא החסוך אפשרות ציון מהיר ומדויק של מטרות לתותחן, על דבר זה התגבורו ב„צ'יפטיכון“ על ידי שילוב המשקפת הפרסיקופית של המפקד בצורה אופטית עם הכנתה של התותחן. הזרות לזרת, ולברית המפקד (המבלת את בקרת התותחן), הזרות לזרת, הגורמת למטרה במהירות רבה. הצריחון מצוי במערכת, הגורמת לכך, שהוא ישאר מכוון למטרה, בשעה שהצריחת מסתובב ומגיע אף הוא אליה. מקלע ח"מ. 7.62 מ"מ, המותקן בצריחון המפקד, מופעל מתוך הצריחון על ידי המפקד, כאשר הצירוף מתאפשר מציגו הצריחון, וההגבהה משולבת עם הגבהה והמשקפת הפרסיקופית.

**מנועים**  
המנוע הראשי וכן מנוע העזר של ה„צ'יפטיכון“ הם מנועים רבידלקטים\*, המכודדים במיפוי הדחה מסוג רוטס. המנוע הראשי הוא מתחוצרת „ליילנד“ (L60), בעל שישה צילינדרים. והוא מפתח 27 כ"ס בilmeha 2400 סל"ד. המנועים פועלים עם דלק דיזל, דלק למנועי טורבינה, בנזין 74, 80 אווקטן.

\* ראה מאמר ב„מערכות חימוש“ מס' 3, 4, 18.



# מנועי שריפה פנימית סבויים

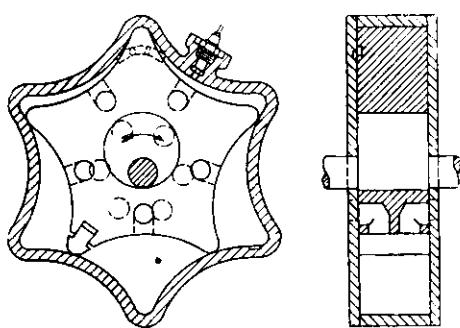


גון זה. מושג וברתו  
(מדחסים ומונעים ב'  
ע"מ) שעודדים על ייחודה  
זה, והם קראו לה  
מנוע טורבונורדייאלי.

**חלק ג':** מקצתם של פיתוחים על פי העקרון  
של מנוע-זונקל ובאיורים קרים על  
ичידות אחרות שנתפרסמו מאז היכן  
**חלק א'** של סדרת מאמרים זו.

ב-1946, שכן מנועי מטוסים הוחלפו במדחסים **צנטריפוגליים**,  
ואפשר, משומם שמנוע סילון וצורות מנוע-טורבורטורופ קיבלו  
סיווג נרחב ומעודד. בשעתה, הייתה המזאת מיילד עקרונית,  
כמעט הקדומה ביותר שניתנו היה ליחס לו, שסתחה לאחר  
מכאן על-ידי ונקול ושותפה.

תזרעה שונה לחילוטין של מנוע שריפה סב אפיטורוכאידלי —  
שיש לו יחס של 3:4 — נכללה במנוע-ספאנדר בן שני מוחורי  
פעולה (ציר 30). יחידה זו מרכיבת מוטור של שלוש אנטות  
ומבית שיש לו קדח של ארבע אונות, דבר הנחות 12 שלבי  
שריפה לסיבוב אחד של הרוטור. התאים הבודדים מופרדים זה  
מהו על-ידי ארבעה פטי אטימה ניירות. הנמעאים ברגע חיבורו  
עם הרוטור הראשי. בדומה למנוע נס. א-זונקל, מסתובב  
הרוטור סביב צירו — המקביל לווה של הארכובה — ובאותו  
זמן מבצע תנועה פלנית-תertiaלית סביב הציר של תgal הראשי.  
סתודור מרכזי, מרובע-צורה, נמצא בתוך הרוטור הראשי, אך  
אינו מעוגן לאחד המכיסים האחוריים, באופן שככל אחת מפינגר



ציור 27

צ'ון אופי רב-משמעות של המנוע ולינדר וסקוג הוא בכך ששיסיבו בו  
המסוכך מושג רק כתוצאה של צורות האקסצנטר קדח ורוטור,  
באופן שחאלצת שניים מיותרת.

כתב כבר די על עקרונות הפעולה של מנוע-זונקל (ב-מצרי  
cot'othimosh' מס' 2, 15). כדי להיפטר מיותר כלשהו בתיאור  
מקיף או בהסבר שיטות הטכנולוגיות כאן. בכלל אוףן, אחדים  
מקודמי ובניזמוני — ראיים הם שנזכירים.  
ב-1923, ולינדר וסקוג אקטיבולוגט לונדביי, תושב גוטיבורג  
בשבדייה, בישו פטנט למנוע-שריפה פנימית הפטרוכיאלי  
(ציר 27). טמן אופי בולט רבייחשיבות של מנוע זה והוא  
שהרוטור מכחיב את סיבובי הפלטים אך ורק כתוצאה  
מצורות האקסצנטר — קדח ורוטור — באופן שבittel האזרד  
בתשלובת שניים. מתוך הциיר נראה שהושגה אטימת-קצתה.  
כפי שסבירה, נראים הגדלים והצורות של הפתחים על-ידי  
דיאגרמה בלבד. דימיטרי סנסאו דה לאבו מזרפת הלך בדרך  
דומה בפטנט הזרפני שלו מספר 853,807 שהוצע בשנת 1938.  
אשר בשעתו סיון צעד גדול קדימה בReLUון של מנוע שריפה  
פנימית סבים (ציר 28). אולם לרעיוןיו היו מוגבלות מסוימת:  
موت: למשל, היה קושי בהתקנת תא שריפה בעל צורה,  
שהשיבו את הדרישות העיקריות של שריפה ושל יחס דחיסת  
יעיל גבוה במידה מספקת בעת ובעונה אחת. צמצמו השתחם  
החתוכים לרוחב של הפתחים, וכן נתעררו הביעות הרגילות  
של אטימה, בלתי, סיכה וקיורו.

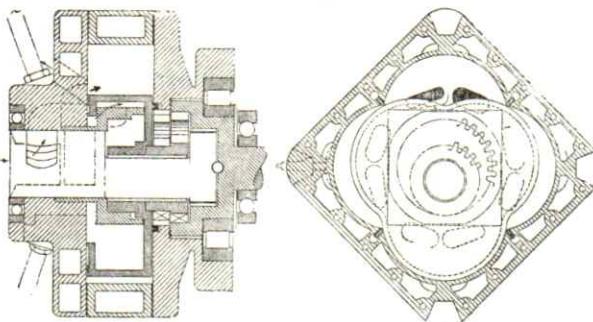
ברנד מיילד, נתין שביברי, המצא ב-1943 צורת מלח  
טורוכיאידית שבה הרוטור, המסובב על-ידי שתי נקודות  
קבועות על הציר הוציאר, פועל בהתאם למעטפת הפנימית של  
היפטרוכיאיד. הנקודות הקבועות מקבילות עם מקומות, בהם  
ניתן להתקאים אלמנטים אוטמים נייחים. באופן שתרחשים  
שני מוחוריים שלמים לסיבוב אחד של הגל — או שיisha  
מוחוריים לשיבוב בן 360 מעלות של הרוטור. יוצא מוה שצרי-  
רים שני פתחי ניקה ושני פתחי פליטה (ציר 29).

מיילד ראה בפיתוח זה עניין, המועד לחידת שריפה פנימית.  
אך הוא לא שקד על המשכי הוא ויתר על פרויקט המדחס

ביןו ובין הרוטור. להלכה, תזרה זו מאפשרת את המימוש של יחס דחיסה גבוהים מאוד, אך, למעשה, הגורם הינו הצורות והגדלים של הפתחה, יחד עם מרונה שאין להימנע ממנה.

אשר מבקר את יחס הדחיסה הגבוה ביותר. הואיל ובמנוע נס. אונדנקל הגל האפסצנטר הוא אשר מעביר את ההספק שנטפה, הרי הרוטור במנוע-הספאננד הוא אשר מהווה את איבר ההספק. בכל אופן, זוג של מסילות האטה, מרכיב מטבח ומלג' גלייל של שילוב תמייד, חזץ בין הרוטור ובין גל היציאה המשמש. לאחר שהאפסצנטר מסתובב בכיוון המנגד לזה של הרוטור, יוצא שמהירות החיכוך הייעילה של המיסט הינה סדר-אכל של שתי המהירות. זו עלולה להיות אחת המגבילות של מנוע זה. נראה, שבדרך כלל השיקולים המכניים, תחביב, ללא ספק, שיטת הדחסה עיון לפדיין.

ציור 30

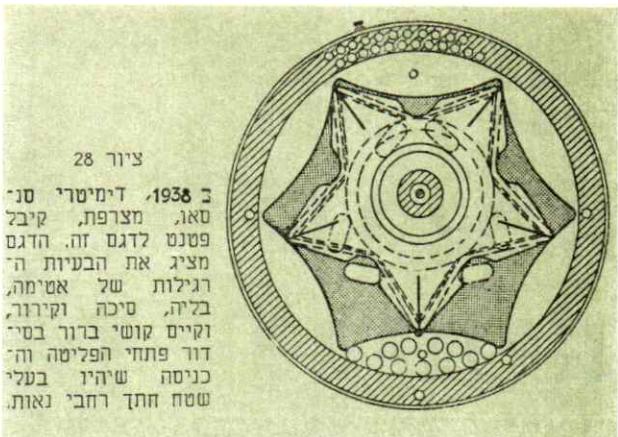
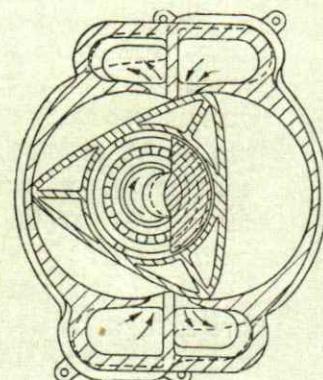


למנוע — ספאננד בעל שני המהלים יש 12 שלבי שרפה לשיבוב אחד של הרוטור. בתוך הרוטור נמצא סטטור מרובע-חתך, וסידורו הוא כזה: כשהרוטור עושה את סיבובו הפלנטרי סיבוב הציר של הגל הראשי נוצרים הנזירים של התאים בתורם אחד ולא שני. תפקודם של התאים הנוצרים בין הרוטור והסטטור הוא לסיט בעד הדחסה התאים בין הרוטור ובין הבית.

אף-על-פי שלא נראה כי תזרות מנוע זו תשביע את כל הדרישות של ייחודה שריפה סבה מצלה, אין שום סיבת' יסוד להאמן, שלא יהיה ניתן להתגבר על הלקלוקים. לאmittio של דבר, המעשיות של דגם זה — למרות שאין הוא אמצעי להדחה — הוגמה עוד בעבודתם של פליקס וגקל וד"ר פרידית, מנ.אנו. (צייר 31). המנווע-תומאס (צייר 32), שיוצר על ידי "משוגע לדבר" אמריקה, כדי להניע את מוטשי-הזרגה או כדי להניע משאבה קטנה, היא ייחידה הרואה לתשותתילב. מכל מקום, בזרה שהיא תוארה, אין אפשרות להגדיליה לשימושים בתעשייה או ברכוב. בשים לב לאורך הזמן הקצר יחסית של כל מהלך, קירור המנוע וסינתו, ניתן שאפשר

ציור 29

במנוע שהומצא על ידי ברנדט, ב-1943, יש שני מחי זורים שלמים לשיבוב אחד של הגל, הינו, שש כל סיבוב בן 360 מעלות של הרוטור. סמן אופי חינוי של ייחודה שביצירת זו היא הקפלה בפתחה בפתחים.



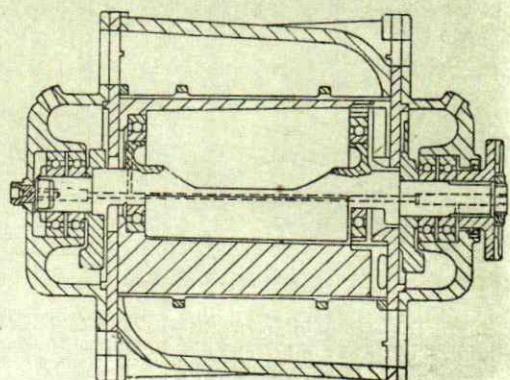
ציור 28

ב-1938, דימיטרי סָנְסָאָר, מצרפת, קיבל פטנט לדגם זה. הדגם מציג את הבניות ה-רגיליות של אטומה, בלא, טיכת וקירור, וקיים קושי בדור בסיום תיכון הפליטה וה-דור פתחי הפליטה וה- כניסה שהוא בעלי בטיחת שטח חוץ רחבי נאות.

תיו הולכת בעקבות מקום — יחסית למרכיב המסתובב המקביל לקויה-הגבול של הרוטור הראשי או החיצוני. מכאן יוצאה, איפוא, שהנפחים של התאים הפנימיים משתנים, ועובדת זו מנוצלת, כדי לקדם את הדחסה של תא השריפה בפועל. תערובת או אויר, נכנסים לתאים הפנימיים דרך הגל הראשי החלול ווורומים מבעד פתחי מעבר לתוך תא השריפה, כפי שהדבר מתרחש ברוב המנועים בניו מלחלים המקובלים.

כידוע היטב, עומדים מתכנים של מנועים בשני מחלכים בפני שתי בעיות חשובות: הדחסה יעילה והשגת נציגות נפחית נאותה, במונעים בשני מחלכים המקובלים, מנוצלת בדרך כלל הדחסה בבית הארכובה, כדי לדוחק מטען תערובת חדשית לתוך הצלינדרים. והואיל וקיולי הצלינדר בתחום כל צילינדר ואת בית הארכובה המתחבר אליו שום הם. ובגלל ההgelות שאין מנוס מהן בכניסה לתוך בית הארכובה ובפתחי המעבר, כמעט מעת מרגע התערובת היעיל הנಡח לתוך הצלינדרים — מקובלים. יתר על כן, לא כל הגוים השורפים בתחום הצלינדרים גפלטים החוצה, וכן כמות קטנה של מטען נכנס. מתי ערבתת בגוזים השורפים; כמות קטנה אחרת עוברת ישן לתוך צינור הפליטה והחוצה. בנדון זה התנים בתחום המנווע-ספאננד הם פחות נוחים.

בחחחוב בכך, שמצוין כי אי-אפשר לותר על קירור הרוטור במנועים מסווג נס. אונדנקל, יש יסוד לשער שלפחות הרוטור הראשי של המנווע-ספאננד היה נתון לטמפרטורות גבוהות יתר על המידה. לאחר ארבעה האלמנטים האוטומטיים נישאים בבית הניה. יוצא שצורך לעמוד את הרוטור בלבד, לצורה גיאור מטריות מדיקת: הזרה של הקדח בן ארבע האוניות נקבעת על-ידי יחס הדחסה הדרוש ועל-ידי ביטול המגע החיכובי.



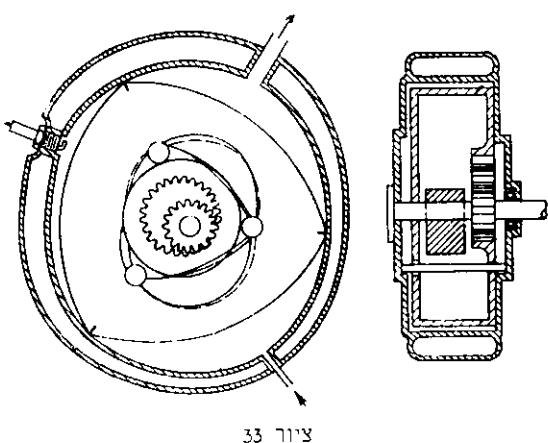
אפיתורוכיאידליים שבשני המכסים האחוריים. הספק מועבר מן הרוטור לגל היציאה דרך תשלובת פנימית, שהיא חלק לא-עגירד שלו או קשורה לוותה ודרך תשלובת צילינדרית מורייקת, המעצבת חלק גל היציאה.

בלי ספק, נוח לבקר את תנუת הרוטור בדרך זו ולהעביר את התספק לגל היציאה, כמו כן, אולם נראה שדגם-הגמר לוקה בפצעות. יתר על כן, שלושת הגלילונים היוצרים אמנים להסתה טובב מהר מאוד, ויש סיבה לחושש שהם יהיו הסרי אנטים להתגבר על עומסיהם וכוחות גדולים מאד שיוטלו עליהם. יתרכן, כמובן, להתקין נתיב מוביל בתחום הרוטור עצמו ובאותו זמן לסלק את שתי התשלבות, אשר מגבילות את גודל הגוף במגעים מסווג נ.ס.או.רונקל. בכל אופן, ניתן לומר יציאה זה מעולם לא הציג בעיות כלשהן, היה קשה מאד להבין מדוע

צריך לפתח אלטרנטיבות יקרות או בסובכות יותר.

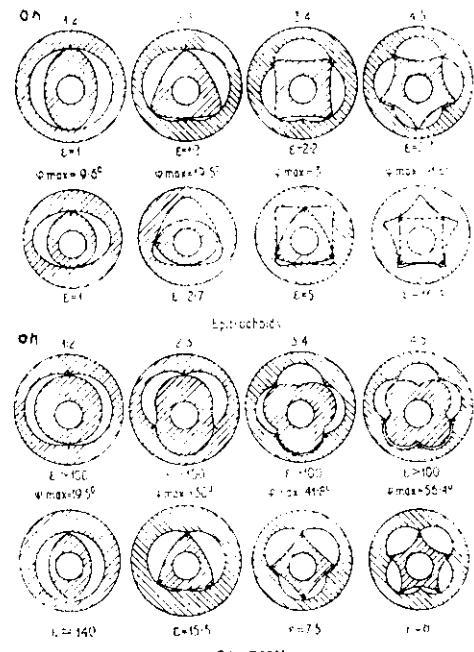
בתוצאות הרכבה, שנערכה לאחרונה בטוקיו הוצע מנוע שריפה פנימית סב (ציור 34), שתואר כמנוע סב כפול, עליידי חברה לייצור מנועים „איישטו“. למנוע זה שני רוטורים, זה בתוך זה, כשהחפניי עושה שלושה סיבובים לכל שני סיבובים של הרוטור החיצוני. בגלל מזב העניים, השורר ביפן בכלל הקשור לפאנטיים, עניין לא ניתן היה להשיג שרטוטיחתני. בכללakt, מתגלה שקיים קדה של שלוש אוניות ברוטור החיצוני הנחלק לשולשה תאי שריפה עליידי האלמנטים האוטומטיים וعليידי הרוטור הפנימי שלושת המזחים נישאים עליידי הרוטור החיצוני. המנוע עובד על פי עקרון עבודה של מנוע בארכעה מחלכים: הוא מוקדם באוויר ומשקלנו 75 ק"ג בערך.

במניע הדורמיגלי — אשר ראשי התיבות שלו DCM (מנוע Dormigeli Duo-Circle Motor) — שהציג בהמודרגן שבגרמניה המערבית ב-26 בנובמבר 1963, יש שני תאים טבעתיים המסדר דרים באותו מישור ובמקביל עם ציריהם, באופן שהחוצם זה את זה (ציור 35). שני בוכנות, כל אחת בצורת קטע של טבעת ומרובעת-יתחרט, מסתובבות בכלל צילינדר טבעתי. הן נמצאות תמיד זו מול זו בזורה קוטריה ונעות בהתאם, משומם שכן מחוברות לתשלובת טבעתית.icia, שהיא משתלבת בשתי תשלובות צילינדריות של גודל שווה על גל היציאה.



ציור 33

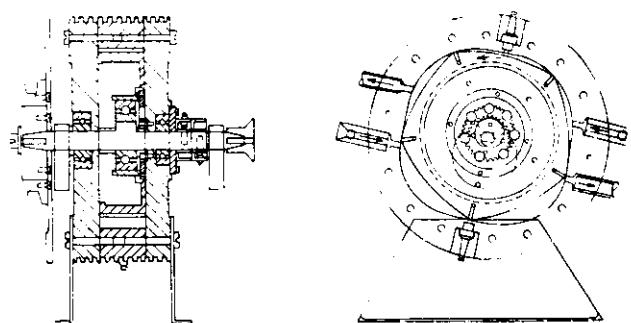
דגם האיטל-יה הוא של אנג'לו רינטו פררו. הרוטור מוביל במסלולו הארוביי עליידי שלושת הגלילונים המודוחים ברוח שווה זה זהה הגולכים בעקבות פיקות אפיתורוכיאידליות מעובדות במכסים האחוריים של התא.



ציור 31

בקחתם של דגמים שונים של רוטור וכיה שהורכבו בזרה גרפית ממשך המחקרים הביס שונשו על עליידי פליקס ונגן.

להתחאומו למטרה. משתמשים בתערובת בניין ביתש של 1:2.5. אטמי-קצת עשוים בלבד נישאים בחריצים בעלי אפיקות תאומה בתחום הרוטור. לכארה, לא הכללו שום אטמי-שיטה. סימנה האופי המעניין ביותר של המנוע-תומאס הוא שתוצרתו נכללת בסוג, בו פליקס נקל ושותפו קידמו אותן. הוא שונת פרוטים מנוע נ.ס.או.רונקל בכך שיש לו קדה צילינדר של

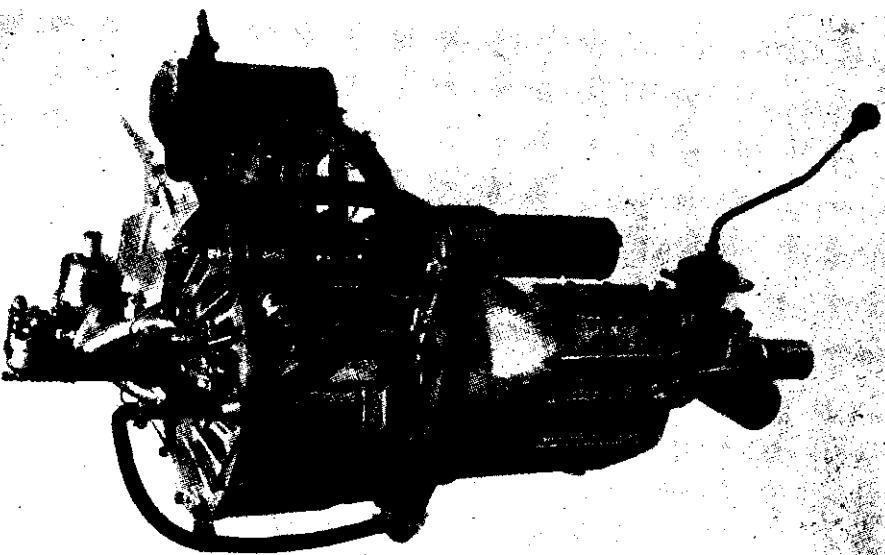


ציור 32

במנוע-תומאס יש ביה של ארבע אוניות ורוטור של חמיש אוניות, עם פתחן כניסה ושני פתח פליטה ושני מזחים. יצא מזה שיש 10 מחוזרים תרמודינמיים לכל סיבוב בן 360 מעלות של הרוטור.

ארבע אוניות ורוטור של חמיש אוניות; ומלאך זה, מצויים בו שני פתחי כניסה ופליטה ושני מזחים, שכל אחד מהם משמש לכל מחוזר תרמודינמי. לפיכך, נמצאים הפתחים המתאימים זה מול זה בזורה קוטריה; כתוצאה, מתקבלים עשרה עשרה מוחוזרים תרמודינמיים שלמים לכל תנועת רוטר בת 360 מעלות. והמתירות של גל היציאה גדולה פי חמישה מזו של הרוטור.

אנג'לו רינטו פדרו מאיטליה פיתח שניוי על פי רעיון היסודות של נקל (ציור 33). נראה שמרתחו מכונת לטיסוק האפס-צנטרה. לפי הפטנט האיטלקי מספר 24,642, מוביל הרוטור של מנועו לאורך מסלולו עליידי שלושה גלילונים מרוחקים ברוחה שהוא זה מזה ומשתערם ישר דרכו. כדי לעקוב אחרי נticים



תמונה 34

ביפן, חברת איזושו פיתחה מנוע עם שני רוטורים, זה בתוך זה, מהירות הרוטור הפנימי היא פי שלושה מזו של המוטורי בעל שלוש האוניות.

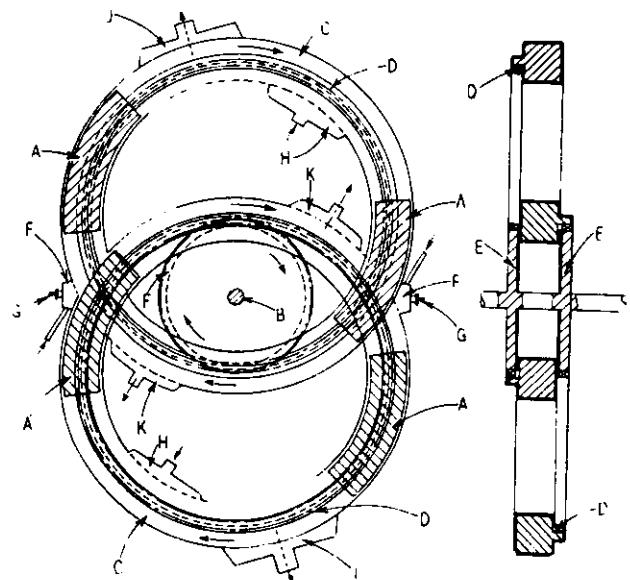
ביס אללה, אין לתמיה שהותקנו פתחיבטיות ק. שחקידם לדאג לאפשרות של התחדוףניזמת. אין שום רמז בציור. אם היבט/amצעי/ כלשהו כדי להתאים את הכוחות המרכזיים. אשר הבוכנות מפעילות אותן. נספח של הבוכנות לצד האחת של התשלובת הטיבתי כמעט שלא חסיק, ביחס מושם קשחה כדי להבטיח ולסייע על אטימה נאותה של בוכנות מרובעות-יחתך. יתר על כן בעית האטימה היא מסובכת בהרבה בשל הימצאות של שתי התשלבות הטיבתיות. תכונה מיוחדת אחרת של היא שהשלבים התרמודינמיים המשמשים אינם מתרחשים בסדר הלא-מעודר: קיים מחוזר שבו הגזים בלבד מועברים סיבוב התאים הטיבתיים.

אתגר בריטי בשטח זה מתואר בפטנט 36307/62. והאינפורמציה עליה התקבלה ממך פ. א. ר. דופר, מחברה לתקפאה عمוקה באוקספורד שבאנגליה. מתוך ציר 36 נראה, שתיחידה מכילה סטטור בעל חישך אליפטי בקדום, ובית חיצוני, שוגן הוא ניתת, ובתוכו פועלם שלושה רוטורים פלניטריים. אין קיימת בה שום תשלובת שניים: תחת זה, מותאמת ארוכובה לקצת אחד של כל רוטור. בקצת של כל ארוכובה יש פין, הנישא במישב הסון בטבעת, המסתובבת בהתאם בחריץ המעובד בשטח הפנימי של המכשף האחורי של הסטטור. הציר של טבעת זו מוחזק ביחס לציר הגל הראשי (ציר 37), לפי שיעור ההשה לאורך ורוחק הארכובה. למטרת אטימה קיימות שתי דיסקות, אחת בכל קצה של מכל הרוטור, אשר קוטרן גדול מזו של השטח שהרוטורים עبورים בו, למנוע כולו פחות מ-50 חלקים.

בין המעלות שוטענות ליחידה זו: אפשר להציג לפחותנוו היבוי בלי להשתמש בתשלובת שניים ומהק-יסרkon המתולה אליה: הטעינה, יחד עם שלושת פיניהארקובת, המרווחקים זה מזה באופן שווה, מעצבים ייחודה מאונת חזקה; הקפלה בשולואה של רBITS מהמרכיבים עושה את היחידה למתחימה לייצור כמותי; גויניקה והפליטה עبورים דרך הפתחים, באופן שלא קיים שום היגע שסתום; ופתח הינקה. שטחו בגודל, הינו מצומצם. כל מהירות החלוקת נשמרות מתחת 1066 מטר/דקה, ויחס הדחיסה הינו 7:1 מפסים. ניתן שסימן האופי הבולט של רBITS מהמנועים הלא-מקבלים,

שני מכלי הבוכנות מסתובבם באותו כיוון ובאותה מהירות בצילינדרים הטיבתיים, ופעולתם הגדית מביאה לידי שניי נספחים של שני התאים שנוצרו בחיציתם של שני הצלינדרים. על כן, יש ארבעה מצבה לטיבוב שלם של בוכנה: יתר על כן, סיבוב מתרחש באופן ממש במתירות הקבוצה ולא מצוים שום חלקים הנעים הולך וחזר.

אם תרשימים הדיאגרמה הפשט מודן שנימן היה להשיג הינו מדויק באופן ממש, נראה שמדוברים שני מוחורים בהם יכולים תערובות דלק וגזים חמים מתחשטים — אם לא גזי שריפה — להתערבב: זה יקרה, כאשר הן פתחי הכנסה והן פתחי הפליטה, נפתחים ונגרים לעליידי הבוכנה וחותפים — כפי שקרה ברוב המנועים — לתקופת-זמן קצרה, אחרי שפתחי הכנסה סגורים ולפני שתחיליך הפליטה נסתיים. במצב



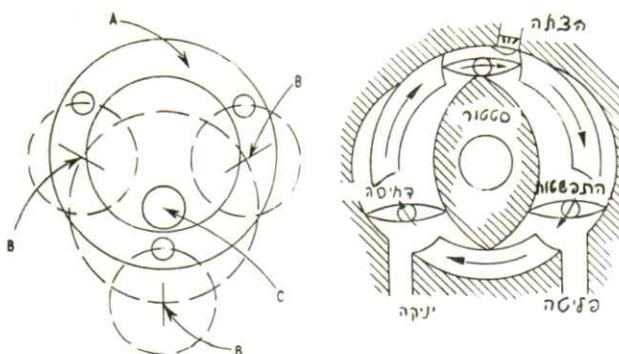
ציור 35

לפי הידיעות שנחפרטו בעיתונות גורנין, עבד המנוע — DCM בתקופת זמן של 108 שנים בכוחות עצמו. A — בוכנות; B — גל החיצאה; C — בתים טבעתיים; D — שניי טבעת; E — שניים על גל החיצאה; F — תא שירפה; G — מתחם; H — פתחי כניסה; I — פתחי יציאה; K — פתחי בטיחות.

הלו כו שולל אחרי הדגמים, שעמדו בעומס כל או לא עומס. מנווע מסווג זה אינו יותר מאשר עניין אקדמי. אחדים מן המנוועים הלא-מקובלים, שנבחנו מקרוב במאמר זה — נראה שהם תוכננו בעלי להתחשב במידע הגדלן שנטבר בעניין תזמון שתותמים, זרימת גזים וצורות פתחים, המעניינים קים למגוון סיבות. חדים הם הספק העולה על 100 כ"ס בלחמה לטלטר/דלק. יש דוגמאות של חריצי כניסה ומעברים, צרים ומעוותים, פתחים צרים מגוחכים ומוגעים פתיחה לא מתאימים, ללא קשר לחוטין למציאות של תכנון מנוועים. באחד או בשני מקרים, חורו הממצאים להפעלת שתותמים אוטומטיות על-ידי לחיצים תת-אטמוספריים, שפותחו על-ידי הנזעת הבוכנה או הרוטור. יש להודות, שמקצתם של מנוועים בוכנה סבירות ראשונית כולו שתותום מסווג זה; בכל אופן, לאחר שהיכרו במגבליותיהם, הובאו במקומם שתותמים המופעלים בזרחה מכנית. שתותמי הבוכנה של מנוועי המכוניות האמריקאיות הנוכחות, למשל, נפתחים כמעט מעת מעל 43 מעלות לפני נקודת מטה עילית, ושתותמי הפליטה נפתחים מעט מעלה 88.5 מעלות לפני נקודת מטה עילית; די בזאת כדי להוכיח בהחלה, שתותומי הבוכנה מופעלים בינייה המש עדיפים. יתר על כן, אין אפשרות לאפשרות לבקר את התנוצה של שתותם מסווג זה, לא את תואצתו וגם לא את מהירותו. רק ברגע של מגע עםמושבו אפשר לבקר אותו כיצד. בקרה מעין זו לבתח תהיה דרושה, כדי למנוע קפיצה פתאומית של שתותם, העוללה לנבע מכך.

תזמון שתותמים ובקרה הטענו תושטילב גדולה יותר מאשר בכל אספקט אחר של מנוועים-מכוניות; ואפלו עתה מתרחשת התפתחות, הרומות על כך, שברקח-פיקח-זוקפץ של הפעלת שתותמים, הבודקה כהלה ומכובדת מימיים יימה — מגיעה לגובהה. למעשה, לאmittתו של דבר הפעלת שתותמים מוללים לא

קפיצי החורה מצאה את שימושה וזה מכבר בישומים אחדים. א-ף-על-פי שהרעיון של מנוועי שריפה פנימית סבים קדום בהרבה מזה של מנוועי הבוכנה הסבים המצליחים ביזותה, נקבע עדין קצב הפתיחה על-ידי האחרון יותר מאשר על-ידי המנווע בשירהפה פנימית הסב נ.ס. אונגןקל, כל סוג מנווע חדש ציריך, כגון, להציג לפחות אותן הרמות של: מהימנות, הסכום



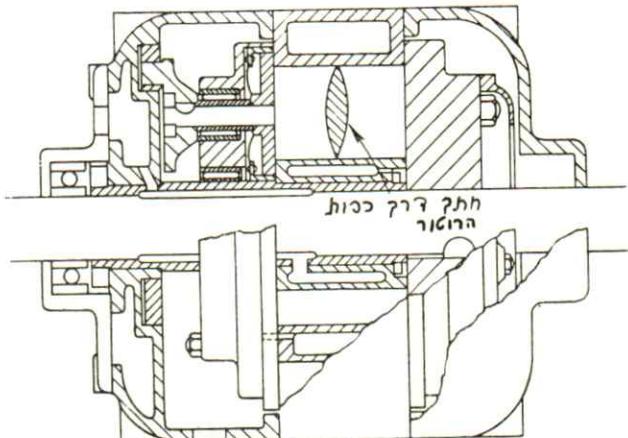
ציור 37

הדיagramה מראה את הסידור הגיאומטרי של הרוטורים במנוע שעריו הודיעעה החברה להקפה עמוקה (אוקספורד). — טבעת המסתנרכנת בניצב מסתובבת במכסה האחורי ונושא אותה את ארכובות הרוטור הפליינטראות. B — הזרים של הרוטרים הפליינטראים; C — מרכזו של מתחוב הרוטור הפליינטרי.

- המשך בעמוד 31 -

שנבחנו מקרוב, הוא — שלא הערכו את מילוי החשיבות של הדרישות, הן התרמודינמיות והן המכניות הטהורות. לפיכך, יהיה זה בעתו אם יודשו מכך של תוכנות חיוניות ביותר, שדגם חדש של מנוע שריפה פנימית צריך לפעול לפיהן, אם ורק אם שיתה מועיל.

כל סוג שהוא של מנוע שריפה פנימית שיעומדים לפתחו צרייה, כמובן, להנגיש בו תערובת דלקה בזומנים מדויקים ובמקומות הנכונים. בטורבינת-יגז, נעשה דבר זה על-ידי מדחס ומערכות הזרקת דלק: שלבייה התרמודינמיים — ייניקת דחיסה, שריפה ונפץ — מופרדים על-ידי המרחק והזמן כאח. עם הדחק היובי, או במנועי בוכנה, מתרחשים שלבים אלה בויה אחר זה מקום אחד — בכל צילינדר — והם, כאמור, דים על-ידי הזמן בלבד. במנועי שריפה פנימית סבים מתייחסים השלבים התרמודינמיים כמו בטורבינת-יגז, היינו: הם



ציור 36

הצירורים למשגה ולמטה הם מבט דיאגרמי של שרטוט בחalk לרווח ולאורך של מנוע שריפה פנימית סב שפותח על-ידי החברה להקפה עמוקה (אוקספורד).

מופרדים זה מזה על-ידי זמן ועל-ידי מרחק — מרחק זיתוי שהרוטור עובר בו. ביצועים של טורבינת-יגז תלוים, ודאי, בורימות המסה של גזים דרך שלב או שלבי הטורבינה, בה בשעה שביצועם של מנוועים בעלי הדחק היובי תלוי אך ורק בלחץ הגזים המופעל על הבוכנות. בשעה שנייה נבלץ את היתרון של חווון ורים מהmassה, כדי להגבר את ההספק של מנוועים בעלי הדחק היובי, אין הוא משפיק על עקרון-היסוד: העבודה הנעשית היא ביחס ישיר ללחץ.

מקצתן של ההצלחות שנדונו — נראה שהן מושתתות על צירוף העקרונות של זרימת-מסה ושל הדחק היובי, אלומ השלב החשוב ביותר — דחיסה — פסחו עליו — בדגים אלה: גרווע מהה, ברוב המקרים ניצחת התערובת בלחץ שמתה לאטמור-ספרה. יוצא מזה, שהנצלות והספק של מנוועים אלה — אין לצפות מהם שיגיעו לערכיהם מועלמים. למעשה, ההספק המופחת — מספיק בקשוי, כדי להתגבר על החיכוך ועל הפסיק בקשוי, כדי להתגבר על החיכוך והטפסים אחרים שאין להימנע מהם. בגבול, בו מושגת התפשטות לחץ אטמוספרה, גיריך שתיעשה עבודה כדי להרחיק את הגזים: דבר זה יותר רק הספק שלו, השימוש לעובדה היצוגית; והנצלות התרומות של סוג מנוע זה תהיינה לעיתים נדירות גוברות מ-5 אחוזים. כמה מממצאים נלהבים

# הקריטריונים



## אריה רמון

לאנשים רבים נראה בבחירה מנווע תעשייתי דבר של מה בכך. ידוע הספק המנווע, ידוע ההספק הדורש לביצוע העבודה, קובעים את סוג המנווע (בנזין או דיזל), ולאחר מכן מוחשיים יצורו ידוע. אנשים אלה אף מתפלאים, לעיתים, לשם מה קיימות חבות כה רבות לייצור מנועים תעשייתיים, בעלי הספק דומה. אך אלה, המוכנים להשקיע מחשבה בעיה זו, מגלים שהבחירה אינה כה קלה. שכן יש לשקל, בטרם מכנים מנווע, מה יעדן, מה מחירו, מהי צורת הפעלתו, ובעיקר — מה מבנהו.

אשר מספק במידה הגדולה ביותר את הדרישות בעלות החשייבות הגדולה ביותר.

### סוגי המנוועים

לצורך השנאמת מכונות המנוועים השונים, עלינו לחלקים לפחות צות בעלות תכונות עיקריות מסוימות. נחלק את המנוועים לכבדים וולקלים. את שתי קבוצות יסוד אלה נחלק שוב לשתיים. את המנוועים הכבדים נחלק למגווני דיזל 4 פעימות ומגווני בנזין 4 פעימות. את המנוועים הקלים נחלק למגווני דיזל 2 פעימות ו-4 פעימות. החלוקה זה כמובן, איננה מדעית כלשהי. לדוגמה, בשוק מצויים גם מנוועי דיזל 2 פעימות קל משקל, אולם לצורך הדיוון נוח להשתמש בחלוקה זו.

		מנועים קטנים	
		מנועים בבדים	מנועים קלים
	בנזין	דיזל	בנזין
2	4 פעימות	4 פעימות	בנזין 2 פעימות 4 פעימות

לאחר שציגו את סוגים המנוועים בהם עוסקת, נפרט את הנקורדות הקבועות את בחירת המנווע המתאים.

### הפעולה הדורושה

הפעולה הנדרשת מהמנוע היא פשוטה וברורה: למת הספק לצדד הצורך אותו. אולם פרט להספק, ננסים לתמונת גם גורמים כמו המומנט ומספר הסיובים הקשורים עם ההספק בנוסחה.

הספק  
מספר סיובים יהס' למומנט

מכאן ברור. שאם נשווה מספר מנוועים בעלי מספרי סיוביים

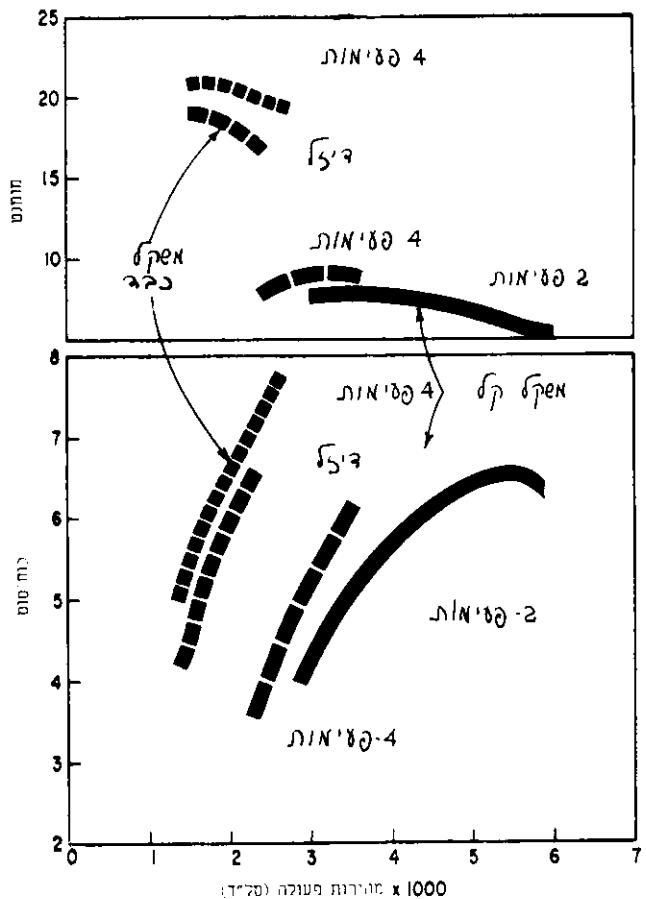
בחירת מנווע מוטעית תביא להפסדים רבים. אחר-עליפי שלא תמיד הםבולטים לעין, אירחאתאטו של מנווע חפקינו איננה מתבטאת דווקא בשבירת חלק כלשהו או בבלאי של חלק זה או אחר. תקלת חמורה לא פחות היא זו הנסתרת. והמתשכת. לדוגמה: אם בחרנו להתקין מנווע בנזין בעל 2 פעימות במקומבו היה מתאים יותר מנווע דיזל בעל 4 פעימות. הרוי שתבלאי של המנווע יהיה גדול, ותוצרות הדלק אף הוא — גדולות. הוצאה קטנה יוסיימית ת策טב ותתפרק למעטסה.

לאור כל הגודמים האלה אנו רואים כי בחירת מנווע היא פעולת חכון מובהקת. השלב הראשון הוא: קביעת הדרישות. אותן חייב המנווע לספק.

הנקודות, אותן יש לברר לשם בחירת מנווע, הן:

- א) הפעולה הדורושה ט) שיקום
- ב) ההעמסות המכנית י) הסיכון בצריכת אנרגיה
- ג) השפעות אקלימיות א) אורך חיים
- ד) תנאי הסביבה המכנית ב) אמינותה
- ה) גודל ג) מחיר הפעלה
- ו) משקל ד) זמן הספקה
- ז) הפעלה ט) הכמות הנדרשת
- ח) אחזקה טז) רעש ורעידות

לאחר קביעת כל הנקודות הדרישות, עלינו לבדוק את התכונות של סוגים המנוועים השונים בשוק — מבחינות כל דרישת ודרישה. לרוב הדרישות השונות מתנגשות. במקרה כזה זה עליינו לקבוע מהי השיבות כל דרישת ולבחר במנווע,



שונים והספק שווה, יהיו המנוועים בעלי מספר הסיבובים הנמוך — בעלי מומנט גבוה. העקומות המצוירות מראות את האופי של מהלך ההספק והרומנט עם השינויים במספר הסיבובים של סוג המנוועים השונים. מנוע הבנזין השרני של 30 אינץ' מעוקב; מנוע הבנזין הקל בן 4 הפיעימות הוא בעל נפח מהלך של 13.5 אינץ' מעוקב. למרות הבדלי הנפה, המנוועים הם בעלי מספר הסיבובים כמעט שווים. מכאן אנו רואים שככל שמספר הסיבובים של המנווע עולה, הוא גונן הספק גובה יותר בקצב מהלך קטן יותר. העבודה זו חסובה מאוד, כדי להקל על מידות החיצון קטנות או על משקל קטן. بعد הרוח במשקל ובמידות נשלם בהפתחת מומנט.

אם האיזיד צורך מומנט גבוה מזו שנדרן המנווע, יש לשקל כדאיות מנווע בעל סיבובים גבוהים לאור העובדה שההפקת סיבובים תוספת מקום ומצריכה השקעה נוספת.

עובדת מענית אחרת מתגלה מתוך השנהה בין מנווע דיזל לבין מנווע בנזין 4 פעימות בלבד. באותו נפח מהלך ובאותו מספר סיבובים, ניתן מנווע הבנזין הספק ומומנט גבוהים יותר, אך למרות זאת מרבים להשתמש בדיזל בגלל המהילך הנוח של עיקומת המומנט. במיוחד, במקרים מסוימים של המנווע מושך סחיבה (lagging ability) טוב יותר, כלומר, סיבובי מנווע זה יורדם פחות מלהלך המנוועים האחרים עם אותה הגדרה של המומנט הדירוש.

#### העמסות מכניות

לצורך בחירה נכונה של סוג המנווע, יש לברר בקפדיות מהו האופי של עיקומת המראה את השנתונות ההפסק — הנדרש עלי-ידי הציג המופעל בעזרת המנווע — כפונקציה של הזמן. כמפורט



תמונה מס' :

מנוע תעשייתי קטן המשמש לדחיסת בטון ביציקות

באוטו נפח מהלך ובאותו מספר סיבובים ניתן מנווע הבנזין מומנט והספק גבוהים יותר. אך למרות זאת מרבים להשתמש במנוע דיזל בכל המהילך הנוח של עיקומת המומנט, במיוחד, במקרים מסוימים של המנווע נמוך נמוך.

בתכנון מעשי יש להגihת מראש איך תיראה העקומות אלה. נבדיל בין 4 סוגים יסודיים של עקומות הספק — זמן:

- א) עומס גבהה רצוף
- ב) עומס גבהה עם הפטוקות
- ג) עומס גבהה משתנה
- ד) עומס נמוך משתנה.

כאשר המנווע צריך לעבוד בעומס מלא, אין להעיסו ביותר מ-80 אחוז (רצוי אפילו לא להעיסו ביותר מ-70%) מהספק המביסימאלי — לאחר גורעת אותו חלק, אותו מפחיתים בגלל ההבדל בין התנאים האידיאליים ובין התנאים, בהם פועל המנווע הנכחר על ידיינו. במקרים (ב) ו(ג) נראה כי אמן,

יש להעיס את המנווע ב-80 אחוז. במקרה (ד) : אם משערם הפעלה של 200 שעות או פחות לשנה, וכל הפעלה של המנווע לא תארך יותר מ-5 שעות — מותר להעיס את המנווע ב-90 אחוז. אולם אם נדרשת הפעלה רצופה של יותר מחמש שעות — אסור להעיס את המנווע ביותר מ-80 אחוז.

אם נמצא או נשען מראש את עקומה העומס — יצטמצם תחום הבחירה במידה ניכרת. עומס גבהה ורצוף דורש מנווע כבד, لكن הבחירה מצטמצמת להחלטה אם לבחור במנווע דיזל או במנווע בנזין 4 פעימות כבד.

עומס נמוך משתנה מרשה בחירה של מנווע קל, שאר הדרי-  
שות — הן שיקבבו בחירה במנווע 2 פעימות או במנווע 4  
פעימות.

לגביה המקרים (ב) ו(ג), ככלומר, עומס גבוה עם הפסיקות אzo  
עומס משתנה, יש לבחור במנווע כבד — אך אם יש הגבלה  
המוראה של משקל או של גוף, על המנווע להיות קל ומעולמת  
במיוחד, או רגיל ואו אונדר-הHIGHES של הדרי-  
TURE.

לצורך קביעת ההספק הדרוש של המנווע, מתחבטים צל  
הספק שדורש הצד יזרוק עבודה בסיבובים קבועים. אzo  
לצתיים קרובות שוכחים להוציא הספק כדי להציג את סיבובי  
הצרךן. את עוזר הספק מחשבים עליידי קביעת הזמן הדרוש  
להציג הצד תחת עומס ידוע. לצורך העטסה המכנית יש  
השלכה של עניין גלגל התנופה. כאשר המנווע עובד בעומס  
גובהה משתנה ויש חשבות לשמרת מהירות סיבובים קבועה  
בתחום מסוים, יש לבדוק באופן יסודי את גודל גלגל התנופה.  
רוב המנוועים הסטנדרטים הם בעלי גלגל תנופה קטן מידי  
לדרישה זו, ולעתים יש לחשוף מנווע מיוחד בעל גלגל תנופה  
כבד או להגדיל את גלגל התנופה הקיים. (ראה תמונה  
מס' 2).

#### השפעות אקלימיות

רוב המנוועים התעשייתים המיובאים לארכן הם מתוצרת אירז  
פאית או אמריקאית, ולכן חשוב לדגש את השפעת האקלים  
על מנוועים אלה.

העיקומות, המספיקות עליידי היוצרים, נתנות תמונה נcona  
של מהלך ההספק והמומנטים בטמפרטורה של 15 מעלות  
צלזיוס. ואם האוויר הוא בעל טמפרטורה גבוהה יותר, יש להפ-  
חיתת מן ההספק המפסימאלי 1% לכל עלייה בטמפרטורה ב- $^{\circ}C$ .  
גם ירידת הלחץ הברומטרי מקטינה את הספק המנווע. כאשר  
עלים לגובה מסוים מעל פנייהם, יורד הלחץ ועמו — גם  
הספק המנווע. עליה של 100 מטר מקטינה את הספק המנווע  
ב-1%. ככלומר, מנווע שעובד בגובה של 1000 מטר ובטמפרט-  
טורא  $^{\circ}C$ . 40, ייתן הספק ב-15% קטן מזה, שנוטן אותו  
מנוע בגובה פני הים ובטמפרטורה  $^{\circ}C$ . 15. גם לחות גובהה  
באוויר מקטינה במעט את הספק המנווע, אולם לדבר יש  
חשיבות משנה.

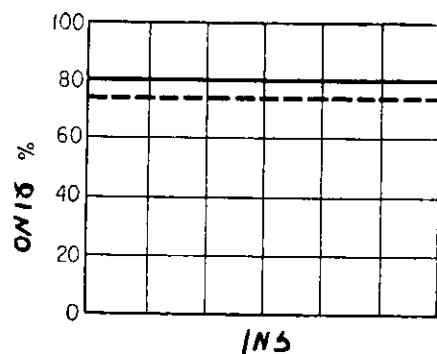
#### התנאים המכניים של הסביבה

בשימושים תעשייתיים רגילים,נדירות הן ההבלות החמורות  
של מקום או של משקל באשר למנועים בהם משתמשים.  
לעומת זאת, בצד נייד, המרכיב על גבי כלירכב — המkos  
והמשקל הם שיקולים כבדי משקל. אם במקורה מסוים יש מקום  
רק למנווע קל, העבודה לפיעקוון של 2 פעימות, נרכיב מנווע

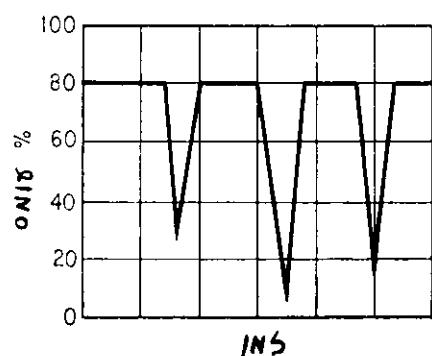
כחוי, למרות שבחינה אונדר-HIGHES רצוי להרכיב אחר.  
לצריכים רבים, כאשר חיונית האפשרות להטוט את המנווע  
בזויות גדולות, אפשר להשתמש רק במנווע בעל שתי פעימות.

הוא היחיד שאנו מושפע מהטוט עוקת שמן, ומאייז.  
מכאן, למרות הידיעה הברורה כי המנווע שאנו בוחרים איננו  
מלא אחר שורה ארוכה של תנאים, אנחנו בוחרים בו בגלל  
תוכנה אחת מסויימת, שהיא חיונית לפועלות הצד, אותו  
משמעות זאת אין להגשים במגמה זו, ואשר אין הכרה מוחלטת.

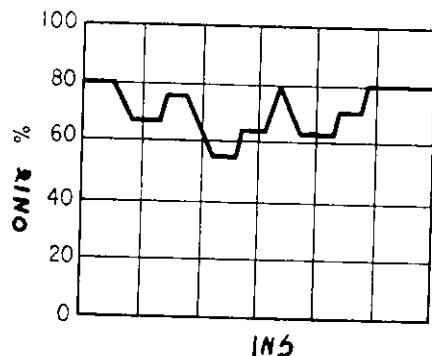
אין להזכיר יותר מדי למען תוכנה אחת.



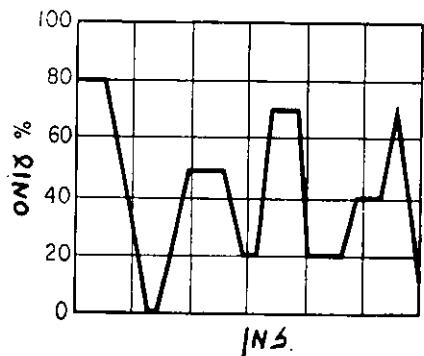
עומס גבוה דצוף, אופני למשאבות צניטריפוגליות, גנרטורים וכו'.



עומס גבוה עם הפסיקות, אופני לתרבלי בטון, מלחסים של  
מרקרים וכו'.



עומס גבוה משתנה אופני לזרמי אויר, מזחמים וכו'



עומס נמוך משתנה אופני למנופים, חשורים מכניים וכו'.

## גודל

בגלא עקרון פועלתו מנוע 2 פעימות היא הקטן ביותר, וזאת מן הטעם הפשט של שהוא עשויה מחומר עכודת פי שניים יותר ממנוע 4 פעימות. לכן, הוא יכול להיות בעל נפח צילינדר קטן יותר.

למרות שנראה לכאהר, שמנוע 2 פעימות הוא בעל הספק כפול מזה של מנוע 4 פעימות — אין הדבר כך, מאחר שנציגו לותו הנפחית של מנוע 2 פעימות היא קטנה בהשנה זו של מנוע 4 פעימות בוגר יותר שסתומים המנסחים את יציאת גז השရיפה כראוי.

בגלא מהירות הסיבוב הגדולה, הכוחות והמומנטים קטנים יותר מאשר במנועים האטיים, ועל כן כל החלקים, המוחשובים לפי כוחות והפעלים בתחום המנוע, קטנים יותר.

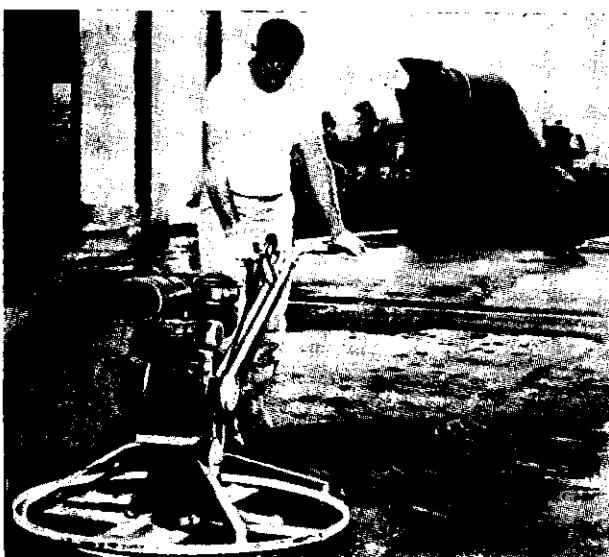
## משקל

כדי לשפט את המנוע יש לעשות זאת לפי יחס מסוים של משקל המנוע/כוח סוס :

מנוע בנזין 2 פעימות 1 ק"ג/ס

מנוע בנזין 4 פעימות כל 3-5 ק"ג/ס

מנוע בנזין 4 פעימות כבד 6-10 ק"ג/ס



תמונה מס' 3

מנוע קטן המשמש לישור ולטישוש משטחי בטון.

מנוע דיזל 4 פעימות 16 ק"ג/ס.

הגה"ל נובע, שמנוע דיזל כבד פי 16 בערך ממנוע 2 פעימות בזוויג, וכי 4 בערך ממנוע בנזין 4 פעימות קל. הבעיה היא מניין ההבדל הגדול?

מנוע דיזל כבד ממנוע 2 פעימות בנזין מכמה סיבות:

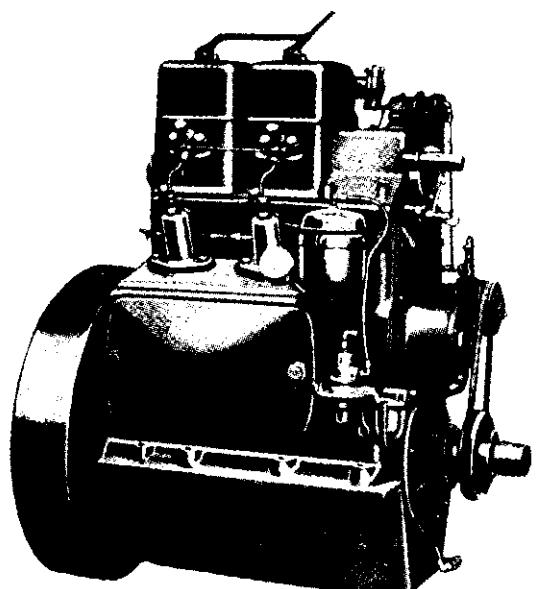
א) החלצים בתחום מנוע דיזל גבוהים בהרבה מאשר השורר ררים במנועי 2 או 4 פעימות בנזין, ולכן גוף המנוע חייב להיות חזק כדי לעמוד בפני החלצים אלה — דבר המתבטא במשקל.

ב) הסיבובים הנומוקים ייחסית של המנוע דורשים נפח מהלך גדול, כדי לפתח הספק דומה לזה של מנוע מהיר יותר — המגדיל את משקל המנוע.

ג) אטיטותו של מנוע דיזל מונעת ממנו לצבר כמות מסוימת של אנרגיה קינטית, ולכן יש לציידו בגלא תנופה כדי יותר.

ד) מנועי דיזל מתקנים לאורדר-חכים ארוך, ככלומר הגנת עשויה ברול יציקה, ומכלליו השונים בנוראים תוך הדגשת החזוק ולא החסכו במשקל. לעומת מנועי 2 פעימות מנועים קלים בנויים בסוגות אלומיניום או סגסוגות קלות אחרות — לשם השגת משקל מינימלי גם במחיר קיצור אורדר-חכים.

המשך בגלילו הבא



תמונה מס' 2

מנוע תעשייתי דו-צילינדרי — בעל גלא תנופה גדול.

## מנועי שריפה פנימית סבירים

הוא בייצור לשימוש מסוימים. משימת פיתוחו — לקדם את הדרישות המדיניות ביתר של הנעת רכב חדש — היא באמת יומנית. 10 שנים אינה תקופה זמנה ארוכה לוגם מהפכני מעין זה, ביחס לנוכחות העבודה. שעבורות 3 עד 5 שנים מהרגע בו מתחילה בייצורו של מנוע בוכנה חדש בעל רענון מקובל, עד שהידות הייצור הראשונות משתחררות מהסרת הנע.

- המשך מעמוד 9 -

בתפעול, מחיר זול של ייצור, ביצוע והיענות כמו אלה של הוטבים בין מנועי הבוכנה שיוצרו כולם. ברור, כי המנוע נס. א.ו.ג.נ.ל שובר נקודת קפאון בהחפתה המנוועים ומציג את התכונות האופטימיות הנדרשות ממנוע עיל. הוא נמצא בפיתוח אינטנסיבי במשך 10 שנים, ועתה

# מערכת

## טילים-מוניחים

- א -

בשני מאמרים על נושא זה, שפורסמו ב„מערכות חימוש“ חוברות מס' 16, 17, נגעתי גם באспектים הקשורים בבחירה שיש לשלט, כדי להשיג סיכויי השמדה רצויים, וגם בגורמים המרכיבים את סיכויי החשמדה. כאמור זה, לאחריו בסדרה, אדונם בישום אותה בעיה בתכנון מערכות הבקעה של הטילים, דהיינו, בקריטריונים לפייהם ניתן להעריך את הפקנציונאליות האופטימלית של מערכות אלה.

אילו היה זה אפשרי הרי שלהפרשות שוב לא מהיה ממשעות, כיון שמתוכן הנשק יוכל תמיד למן עליידי כויל מתחם. הדבר להשגת פרישה במרחב מחבוסת על שיטות הנהנויות והבקעה. לא יוכל כאמור זה להזכיר את כל השיטות המקבילות. אין גם לדעת זוויד בכך. הדגש יושם על המשותף בכל המערכות ועל מיצת האינטיליגנציה הדרישה להשלמת משימה מוגדרת בכל התנאים, בהם המשימה יכולה לצאת לפועל. עם זאת תובנה שדי דוגמאות: טיל נימ וטיל רוחני.

### תכונות המערכת

במושג „מערכת טיל“ נכלול את כל שרשרת האירועים, המתרחשים בין חנוות המטרה לבין תנועת הטיל. על הטיל לפגוש את המטרה באמצעות מנגדות משלולו, לפיכך תהייה תנועתו גובעת בכל רגע באותו מיקומי תנועת המטרה. בצייר מס' 1,  $\theta$  מתחאר גולד, הקשור במקומות ובמצבי המטרה, ואילו  $\theta$  — את תנועת הטיל המתאיימה. שני הגדרים נמדדים באופן קואורדינטאות ויקולרים למתאר מרחוק.  $H$  הוא האופרטור הכללי מהירות או תואוצה (ליניאריות או זיתיתם).  $H$  הוא האופרטור הבלתי של המערכת, המקשר את הכניסה  $\theta$  ליציאה  $\theta$ .

הטיל ישאך, לשפותה בשלב הפגיעה —  $\theta = 0$ . אם הוא נודל, המתחאר את ההפרעות המקוריות, שלא ניתן לחישוב מראש או למזיתה נפרדה מ- $\theta$ . גודל זו, הידוע בשם „רעש“, נמדד על ידי מטרות ביחס למוקם, מתוך רצון למן אינפורמציה שתביא להשראה דקה. שובה זו מעלה את הצורך ב❖ נזק מוטב ב❖ מוגדרת המטרת — בשילוב קבלת אינפורמציה שוטפת ומודכנת על אזותות המטרת. במקרה של האופרטור הכללי  $H$  (המתאר את הפקציה של המשוב הסגור) להשווות את היציאה ואת הכניסה לכינסה בכל רגע. אילו נקבעו אותו קרייטריון לגבי טילים, יכולנו לקבל במרקחה הטוב  $\theta = \theta_0 + \alpha$ , כאשר  $\alpha = H$ , ואז השגיאה בין מצב המטרה לבין מצב הטיל בכל רגע, ומיליא גס בשלב הפגיעה, תהיה  $\alpha = \theta_0 - \theta$  —  $= \epsilon$ .

אופרטור כזה משול לרבות, המבצע פעולות באפוי עיר, בהתאם למטרות מוסכם. גם ליה נוחצה מידה לא מבוטחת של אנטילגנטיה, כי כל שרשרת האירועים מוהה תחילה סנוור אחד. ואולם השוואת היא אם קיימת קריטריון מועל יוחר, בנסיבות ניתן לצמצם את השגיאה הסופית, ומיליא — להקטין את מרחקי החחטה; ואם קיימת קריטריון כזה — מהו האופרטור המתאים? מטרת המאמר לענות לשאלת זו וונחח אותה מתחום שיקולים בעשייה הלשוכה על תכנון המערכת.

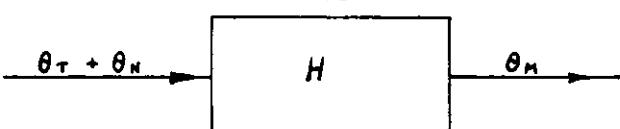
נחוור גרגע במרקחה האידיאלי, בו  $\theta = 0$ , כמובן, כאשר המטרת מודדת את המצב המדוייק של המטרה ללא הפעות מקרים, ונראה

### עקרונות התכנון של מערכות הבקעה וההנעה

מערכת טיל מוגנה היא מסוובכת, ומורכבת מתחם-מערכות ומתחם-מכליים וביטים. הכללthes בחוץ מזול מיצג אחד מותנית בהנחות ובכלי הפשטות — מלחין מתחסשת הרכה טכנית של הדרישות לתכנון חישבותו של מודל כזה עצומה ביחסו בשיטה זה, בוגל הוצאה הרכוכות בניוטרי טילים. הגישה של „נסה זהבן“ יכולה להציג את הוצאות הפיתוח עד לממדים, שלא היו ריאליים לגבי הגופם העוסקים בפיתוח כה. מודל תיאורטי — ولو גם מקורב — יכול יצמץ בזרה בולטות כבר את התנאים הנקוטים ייעילים לפחות כל ירי. גם שניין בחרטו לכבר את התנאים הנקוטים איננו יכול להציג שלב זה של שימוש במחשבים ובטיטומטרים רק בעיה מוגדרת, שתוציא את פתרונה מצומצמות גורב למקורה או למקרים מסוימים. המסתור לככל מערכות הטילים גמינהו הוא הרצון להשמיד את המטרת. כאמור שפורסס בחוברת מס' 17 דאנגו, ליטיסטיי ההשמדה שלושה רוכבים: א) פגימות המטרת (Target vulnerability) ב) יעילות ואש החץ (War-head lethality) ג) מרחקי החטאה של הטיל (Miss distance).

נקודות המוצאת בתכנון מערכות הבקעה וההנעה הוא הרכיב השליישי, דהיינו, בשלב הפגיעה במטרה, כנו מוטסים, מספקות לנשך החוקף אלמנט של אי-ודאות ביחס למוקם, מתוך רצון למן אינפורמציה שתביא להשראה דקה, שובה זו מעלה את הצורך ב❖ נזק מוטב ב❖ מוגדרת המטרת — בשילוב קבלת אינפורמציה שוטפת ומודכנת על אזותות המטרת. כדי במרקחה לתיקון שנאיותי הרגניות. גם נגד מטרות נייחות — כמו במרקחה של טיל בליסטיי. הימצאות מטרוכות הנהנויות ובקרה בתוך הנשך המתקף היא לרוב הכרחית בשילוב האצלה, ולעתם גם בשילוב הזרה לאטמוספירה — בוגל הבעיות דגימות שלא ניתן לחישוב מדרаш. הבעיות האלה הם שינויים בכוח הדחף של המונחים ומוכות רות, המטיסים את הטיל מהמסלול הרצוי, המושותק להפרעות אלה — היזוות בשם „רעש“. בהקללה לסוגי הרעש במכים — הוא הופיע עוצמתן המקורית, שלא ניתנת לחשכה ודאית על סמך ידע קודם.

צייר 1



השופטת. תזרוי כהה אפשרי, אם ידועים אופי המטרון המתארה ואופי הփרשות על-ידי פונקציית הקורלציה של שני האותות.

בציר מס' 2 מתחזרת דיאגרמת משובצת של מערכת טיל מונחה כללית. משובצת A מסמנת תחימערצת, שמתפקידה לعبد את האינ' פורומציה מהנהנויות, כשהיא ממנה היא הפוקודה המועברת לבקרה. בהשואה לציר מס' 1 כולל האופרטור H את כל תתי-המערכות המפורטות בצייר מס' 2. בוצרה דומה לאפשר להמשיך בפירות רל אחת תתי-המערכות עד דרגת פירוט רצiosa.

לרוב המכשירים הקשורים במדידת השגיאה, המפעלים והמסגרת האירודינמית של הטיל הם תמי-המערכות, שהפונקציונליות שלהם מוגדרת. תתי-המערכת בתשכית A והמכשירים במושב החוזר של הבקרה משניות את התהנווגות הכלולת של המערכת וכך, שהיא תחאים לאופרטור האוטומטי H. בתשכית A יהיה לרוב מחשב, המותקן בתיל הטיל או על הקrukע. המכשירים לשידור התהנווגה הלוקה של המשגרת האירודינמית יהיו לרוב *Rate gyros* ומודר' תזוזה עם אופרותות חזובה לדרשנות תיכון. הרעש אט (הפרטוט) מופיע בצדדים מס' 1 ומס' 2 בכניסה, יחד עם הסיגול האמיטי אט. ברכוב קרו'ן ובמערכות ביתות מופיע הרעש מכ'ם כתנוועה נוספת של המטרה. בכל זאת קיימות מקורות נוספים של רעש: מכות רוח מושפעות מחרובת הטיל, ואילו הרעש בסביבונים ובמדרי התאוצה מופיע כאוות רגעים במסוב של הטיס האוטומטי. אולם, אם המטרת היא לינארית, תמיד ניתן לתאר את הרעש בעמירות רעש אקוריוני בכניסה דורך פונקציית תחסורת מתאימה.

שוב, אם המערכת היא לינארית — ככלומר ניתן לתאר על-ידי סדרה של משוואות דיפרנציאליות לינאריות — היא תתואר על-ידי האופרטור הדיפרנציאלי הכללי H: בחישוב השגיאה  $A - \theta = E$  אין אנו מושנונים בעריכה ברונע מסוים, אלא בערך של רובו הממוחע שלה הניתן על-ידי:

$$E = \epsilon^2 + \epsilon^2 \tau + \epsilon^2 \tau^2 \quad (4)$$

$$\epsilon^2 \tau = \int_0^\infty [1 - H(j\omega)]^2 \phi_T(\omega) \quad (5)$$

$$\epsilon^2 \tau^2 = \int_0^\infty [H(j\omega)]^2 \phi_T(\omega) \quad (6)$$

כאשר:

$H(j\omega)$  — פונקציית התמסורת הכוללת.

$\phi_T(\omega)$  — פונקציית צפיפות הספקטרום של חנוועת המטרה.

$\phi_E(\omega)$  — פונקציית צפיפות הספקטרום של הרעש.

$\tau$  — תדרות זוויתית.

$E_T^2$  — ההילך של השגיאה הרובעת הממוחעת הקשור

$E^2$  — בתוועת המטרה.

החלק של השגיאה הרובעת הממוחעת הקשור ברעש.  $\tau = j$  המטרה של מתחן הנשך והוא להקטין את  $E$  לערך

כיצד המהילך הכללי של הדופה שייל — מטרה מתבצעה. נחקק את הפעולות הכרוכות ברדיפה בהתאם לשלב ההנחייה ולשלב הבקרה:

**הנחייה:**

1) מודדת מצב המטרה במשרת קואורדינטות מוסכמת.

2) מודדת מצב הטיל באותה מערכת קואורדינטות.

3) המערכת השניה בין מצב המטרה לבין מצב הטיל.

**בקרה:**

4) הגברת השגיאה והפעלת פעילים לשינוי מצב הטיל, המפעלים הס מערכות הנעה (השכלתי, הידראוליות או פונומטיות) ומשתנים אוירודינמיים או מערכות הנעה ומונען דחף שער.

5) תגובה אוירודינמית של הטיל.

6) שידור התגובה על-ידי מכשירי עוזר במושב החוזר של מערכת הבקרה. הפעולות בשלב הבקרה חייבות להתבצע בתחום הטיל עצמו. לעומת זאת יכולות פעולות ההנחייה להתבצע בתחום מכשירים, הקבועים בתחום הטיל או על הקrukע. נהוג להזכיר את מערכות הטילים בהתאם למוקם ביצוען של פעולות ההנחייה. במשרת "קשר הפוקודה" (*Link*) נמצדת השגיאה כולה בשורת ציוד קrukע, ואינפורמציה זו משודרת לטיל לצורך בקרתו. "רכוב קרו'ן" מהו מען שלב בניוין: מכ"ם קrukע מודד את מצב המטרה ועובד אחרת. במערכות ביתות אקטיות ובטילים השגיאה נשאית לדוב בתחום הטיל. כאמור, אם מוצאת כליטרים בעלי מגנון נוטש אינרציאלי, ונמצאת מערכת ההנחייה יכולה בזווית הטיל, קבוצה זו של טילים נושבת למסובכת בוותר ...

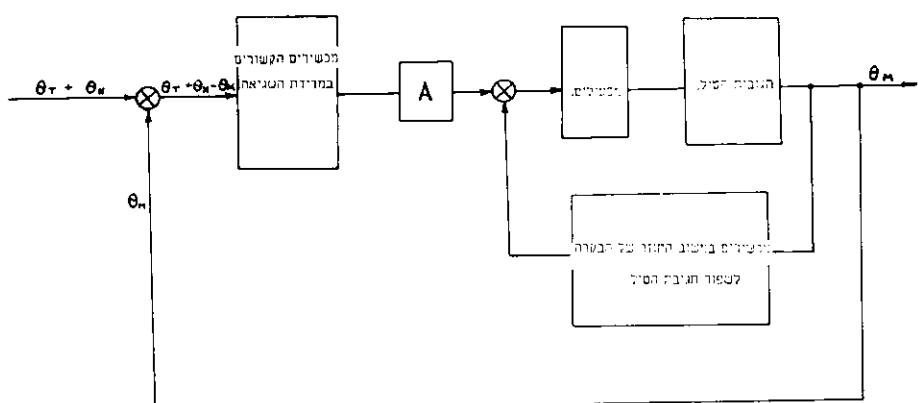
א. כי לאו דוקא לטובה ביזורו — כיוון שהיא עצמאית לחילוטין.

אם קיימות הבעיות מקרים ( $0 \neq 0$ ) והשגיאה הנמדדת תוענד ישירות למערכת הבקרה. נ加倍, כאמור, מודקי החטא בגונדי ההפיעות עצמן — במקורה טובות, השאגה היא, אם אפשר לקבל תוצאה טובה יותר. התשובה לשאלת ניתנה על-ידי ויינר ווונון (ראה "מערכות חימוש", מס' 17). קיימים ערך מינימלי של השגיאה בין המצב האמיטי של המטרה לבין מצב הטיל, אותו אפשר להשגיב ב��חים מסוימים. מוגשת הפעלה לפני תנאי אחד, ידועה בשם "מערכת אופטימלית".

במה דברים אמורים? השגיאה הנמדדת על-ידי ההנחייה כוגלת גם אינפורמציה מסוימת על אופות המטרה בגל הਪיעות. נחליט ותא להשווות את האינפורמציה לתקופת זמן מסוימת במקום להעבירה ישירות לבקרה, עד שנתקבל אינפורמציה נוספת; וכןיה שני מקרים:

א) השגיאה ממשיכת לגונדי בכונונה הראשוני.

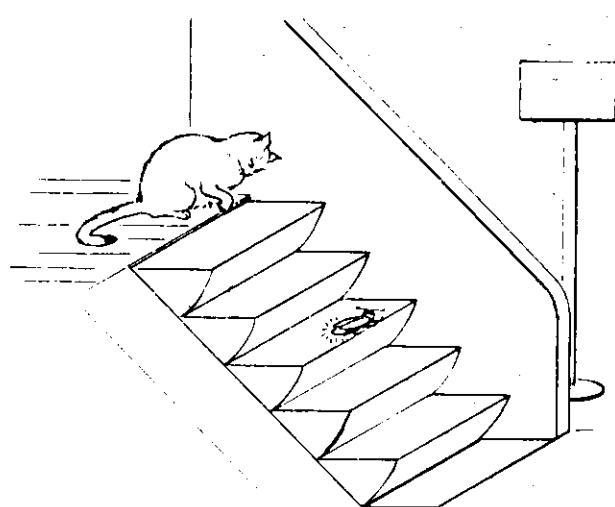
ב) השגיאה משתנה באופן מקרי אך בשכמתה והן בכיוונה. מתקבל על הדעת שקרה (א) מצביע על אינפורמציה מהימנה, מאחד שהסתכו שהפרעות טקניות תנגןנה בקצב קבוע — קטן, לכן רצוי לשנות את מצב הטיל להקטנת השגיאה. מקרה (ב), לעומת, גשומה יותר, יכול להיות תוצאה של קליטה טהורה של הਪיעות, לאחר שהסיכוי שהמטרה תבחרה כזירה כה ("פראית") הוא אפסי. לכן מוטב לטיל להחשי במלולו ולא לסתות לפני השגיאה הנמדדת. דרישות להקליטות מעין אלה מגדילות את מידת האנטיליגניניות של המערכת ומעלות את הצורך בחזוי פעולות התהנווגות המטרה על מנת האינפורמציה



צייר 2

נழירש את היפותזה כייל עליידי המשחק בין החותם לגחלילית (ראה ציור מס' 3). גחלילית, העולה באזרחות נעות ביציאה חשוכה, מבחןה ביחסתה שלוש מדרגות לפני הסוף בחותם, האורב בה בראש המדרגות. הגחלילית מנעה מהחומר ולהסתחרר במקום בטוח על ידי תנועה הולך ושוב לאורך המדרגות. אך בכל זאת מתרגלת הגחלילית לעיני החותם בשלווה זמנית — בשניות הראשונה, השניה והשלישית. החותם מונע את הגחלילית הנוצצת ומוריד בדיקנות, שעליו להוציא נפל עלייה בכף ורגע בשנייה השלישית בהגע המדרגה אליו. העדר כוחתו של המצב הליטרי של הגחלילית כוללות שגיאת טקנית בעלת סתייה תקן (מוצע של מספר רב של משחקים) בגודל יחידה. לפיר כליל המשחק יכולת יכולת הגדילית לפתח בכל אחד ממשתי ההפסקות (האנטרבליטים) תואוצה ליטרלית, שלא תעלה על ערך מסוים  $\alpha$  או  $\beta$ . האיסטרטגיה של החותם כולה אפשרות בחרה של המכנים או כל הופסקה. התשווים ( $pay$  off) של המשחק הוא המוצע של ריבוע מרחק ההחטאה בין מקום כף החותם שתוונת בסוף האינטרבל השני לבין מקום הגחלילית (ראה ציור מס' 4).

הגחלילית יכולה לבחור בפיתוח תואוצה קבועה (קוטנה מכטימלית) בכל אחד מהדמנים, או תואוצה משתנה (שלא תעלה על המכטימלית) או תואוצה מכטימלית (כביונים משתנים) בכל הזמינים — כדי להגדיל את מרחק ההחטאה הסופי. החותם, החפץ להחטיא את הגחלילית למרחק שניים, צריך למצוא את המכנים האופטימלי בכל אחד מהשלבים, בהתחשב בתמונתו הגחלילית ובשגיאת בהערכתו החטאה, קרבנו. הפטורו התיאורטי הקורב לבניה מצבען, שמרחק החטאה, הנadol בעבור עכבר הגחלילית, והקטן בויהר עכבר החותם באנטם החנאים, יושג באיסטרטגייה הבאה של הגחלילית: א) פיתוח תואוצה מכטימלית (א) בזטן 1<sup>st</sup>; ב) שניוי כיוון התואוצה אך לא גדול (ב<sup>1</sup>) בזטן 2<sup>nd</sup>; ג) המשך באומה תואוצה ובאותו כיוון (ב<sup>2</sup>) גם בזטן 3<sup>rd</sup>. נזור עמה למטרה מוטס ולמשאות מס' 1, 2 ו-3. המתכוין יכו,



ציור 3

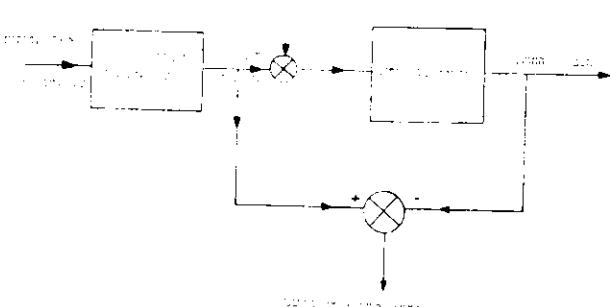
המינימאלי האפשרי על ידי מיצאת ( $\alpha$ )  $H$  מתחאים, על כך יזכיר במשמעותו המאמער.

2. תרמן המטריה — פתרון לפי תורת המשחקים בהתייחס למשאות 1, 2 ו-3, ינטה מתכוון הנשך לבחור עבור מערכת את האופרטור ( $\omega$ )  $H$  כה, שהשגיאה הריבועית המוצעת  $\epsilon$  תהיה מינימלית. בפרקם הבאם נבירה את הפתרון למציאת המערכת האופטימלית. אולם לצורך זה נדרש סוגים של טיפים. אולם לצורך זה נדרש זכרו זה עליינו להזכיר את הפונקציות ( $\alpha$ )  $\phi$  ו- ( $\omega$ )  $\psi$ .

פונקציית ציפוי הטפסטרום של הרעש ( $\omega$ )  $\phi$  תלויות באופי הרעש. בהנחה של תחליך טפיזוני (תהליך שאופיו אינו משתנה עם הזמן), יהיה ( $\omega$ )  $\phi$  החמרת פוריה של פונקציית האוטוקורוזיציה של הרעש. שבר שיטת הנחיה מוגדרת יהה הרעש פועל יוצא של רמת התכונן והצרור של הציד. רוש דה אפשר לפחות אם כי לא בדרך פשוטה, בנסיבות מכשירים ומוכן — הגדרכ ( $\omega$ )  $\phi$ . פונקציית ציפוי הטפסטרום של המטריה ( $\omega$ )  $\phi$  תלויות בחומרה המטריה ובמכלולה. למטרות סטטיות מסוימות 1-3 אין תופסות. אז צריך להתייחס לכל מקרה בפרט, כי קיימים בדרכ' כלל תהליכי שינוין לאירועים אקראיוניטיים כ- ( $\omega$ )  $\phi$ . דוגמה אופיינית לכך הוא טיל רחף ימי, מיר ידובר במקרה המאמר. בנסיבות נוכח את ( $\omega$ )  $\phi$  עבר מרירות נוגן כגן מוטסים.

בחכנו את הנשך, חיב המתכוון להביא בחשבון את כל סוגי המטרות, ננדן עלול הטיל יהו מופעל. מוטס יוכל להשלים את משירותו (למשל, ח齊ית קו ההגנה והטלת הפצצתם) על ידי בחרה רצiosa של צורה המסלול של אופי התמרן לאורכו לפחות בשבבי הטישה, בהם יכול להשפיע על הקטנת סיכון ההשמדה של טיבי ההגנה. בחרה זו תעמוד בקואורדינטיה כ- ( $\omega$ )  $\phi$ , שהשגיאה  $\epsilon$  תנצל. במליט אחרות, בהתקרבו להגנה, כדי להגדיל את מרחקי ההחטאה בשקב הפעעה, יבחר הטיש במסלול ובחרםן שיבלבו במידה מסוימת את הטילים הרודפים אחריו. למתכוון אין שילט על מסלול המוטס וعليו לתכנן מערך שמהיה אופטימאלית במנאים אוחסן יקבע הטיסים.

הצגה כזאת (גם אם היא היפוטטית במידת-מה) של הבעיה, מועילה מאוד למتكنן. הוא משול לשחקן ש, המשחק נגיד עצמן, כשליו לחזות את מהיכיו של "היריב". דרך מחשבה כזאת מביאת אותנו לתהום תורת המשחקים. שני שחknim ייריבים מוחקים את המשחק לפי כללים קבועים. האיסטרטגיה של כל שחן נקבעת לפי הנחיות ידשות. כל שחן, בהಗי חורו, רשאי לבחור באחת ההנחיות, לפיה ישחק את מהיכו. אם מספר ההנחיות הוא סופי והן אינן כוליות סיכומיים, הרי המשחק הוא סופי. היריבים ינצלו אותן האפשרויות, שייבאו להם רוח מכטימלי אפשרי. לשחקן הראשון, המחייב במשחק *minimizing player* ויריביו *maximizing player*.



ציור 4

על צייר  $\phi$  ו-  $\omega$  נתונם, לבחור את האופרטור  $H$  כה, שהשגיאה המרובה המוצעת תהיה מינימלית. אבל המטריה יכולה לבחור עבור צייר  $\phi$  (ומטרות ופסתרות התדריות), כדי גבור לשבאגה מכטימלית. ישתי תמרונו ופסתרות יש הגבלות: המטריה יכולה לפתח תואוצה לאנטרבליט סופית (שעדין אפשר לה השלמת משימתו), אולם היא חזותית בבחירה ספקטרום התדריות של תמרונה. ההגנה לעומת, מוגבלת בחירות ספקטרום התדריות של תמרונה. המטריה מוגבלת על אוזות לעילידי הרוש. דהיינו, על ידי מוגבלות האינטראקציה במאניק המטריה. היא מוגבלת גם על ידי התואוצה הליטרלית המכטימלית של הטיל.

המצב עתה הוא מסובך למדי. המתכוון ינסה להציגן את  $E^2$  עבור צייר  $\phi$  נתוג, אולם המטריה יכולה לשנות את  $\phi$ , כדי להגדיל את  $E^2$ . פתרון כזה של משחק, תלוי במה שידועו לכל צד על אוזות הצד. שכנגד.

ונבחר בשני מצבים קיונים. ראשוני, את פונקציית התמוטרת ( $\omega$ )  $H$  ואת הריגן המדוקן ההגנה, דהיינו, את פונקציית התמוטרת ( $\omega$ )  $H$  ואת הריגן המדוקן של "פגיעה". היטל. אז — התמונת האופטימלי של המטריה (ראה צייר מס' 5) הוא פיתוח תואוצה ליטרלית מכטימלית בכיוונים המת-

משוואת שני המקרים מסיקים: כאשר ידועים לה נתוני ההגנה, יכולה המטרה להשיג מרחק החטאה הנדרог ב-10% (מרחק החטאה הממוצע הוא השורש הריבועי של משוואות (4) ו(6)) מה שהושג בתמرون, החבוס על השורש ידע מוחלט על אודוט הטיל.

בשתי המקרים מרחק החטאה הוא פונקציה של חזקה המטרה  $a$  ושל גודל הרעש  $N$ . במקרה, אין זה מושך לזרוק מטרת למתרון בריציפות מסויב למסלולה הממוצע בתוצאות ליטוגרף מכטימליות, והוא ברגע יכולת הסבל המוגבלת של הטיל והוא ברגע צרכית הדלק הגובהה. לכן, האיסטרטגייה הטובה יכולה להיות אפשרות לפחות כושר תמרון גבוה — או להשלות את ההגנה שיש למטרת כוורת זה. המטריה משעה את ההגנה, ובאות מצמצמת את ישלוחה, כיוון שמדובר באש חונכנית להוות אופטימלית בתנאים מסוימים. אינה אופטימלית בתנאי אחרים. התשובה למשחק כזה של המטריה היא מערכת לוגית, שערצת המשנה את הפרמטרים שלה כך, שהיא נשארת אופטימלית בכל המקרים. זהה דרישת סיבון נוספ במערכת הטיל, להגדלת ריקומפלקס הטכני שלה ולהגדלת מוחלה באופן נicer.

בציר  $\omega$  מ-7 מתחור מערכתי ל-0 מתחור סכימטי מתומצת. השגיאה הרגעית  $\theta = \theta_0 + \theta$  מושברת דרך שני מננסים שונים  $a$  ו- $k$  ודריך מעלה בריבוע ומוציא. ההפרש בין שתי היציאות משמש כאות לשינוי הפרמטרים של המערכת (לרוב ההגבר בחוג פחות ואחד מקובע הזמן). ההוכחה של נכונות השיטה לא תפורט. נזכיר רק ששיטה זו של אופטימיזציה עצמאית נכונה לרשותם ולמעיכות, שהוא אופטימליות בכל רגע.

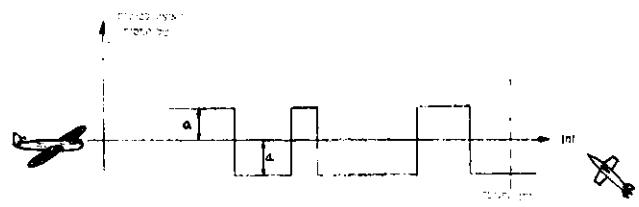
### 3) בחירת פונקציית התמסורת הכללית

אם מערכת הטיל היא ליניארית — כלומר ניתן לאייר ש- $\dot{\theta} = K\theta$  סדרה של משוואות דיפרנציאליות ליניאריות — קיימת מערכת אופטימלית בשמה פונקציית התמסורת  $\phi(\omega)$ . עבורה השגאה הריבועית הממוצעת היא מינימלית. הפתרון המתמטי למציאת פונקציה זו ניתן לעמ' ידי וינר (ראה „Մարության հիմք” מס' 17) ובו ( $\omega$ )  $\phi(\omega)$  ו( $\omega$ ) אfineות. בהיחסו למשוואות 2 ו-3, השגאה הcoilית מרכיבה משני חלקים  $\phi(\omega)$ , שניהם ברגע  $\omega$  — ככלומר תמרון המטריה, ו- $\phi(\omega)$  — שניהם בשני אופי הרעש. ההנחה היא שהשתי הפונקציות של ציפוי הספקטרום מתחארות תחיליות סטטונראיריות וארגורדיים. נוכיח שני מקרים קיצוניים. באחד  $\phi(\omega) = 1$  ובערך בעלת תנובת תדריות גדולה מאוד, איז-

$$\bar{E}^2 = \int_{-\infty}^{\infty} \phi_N(\omega) d\omega.$$

כלומר, השגאה כולה נגרמת על ידי הרעש שבמערכת, במקרה השני —  $\phi(\omega) = 1$ , מערכת עם חגובה אטית מאוד, איז —

$$\bar{E}^2 = \int_{-\infty}^{\infty} \phi_T(\omega) d\omega$$



ציור 5

חלפים באופן מקרי. יותר ממהכן ורק למצוא את המערכת האופטימלית. הפתרון של המשחש מביא לתוצאה כלהלן:

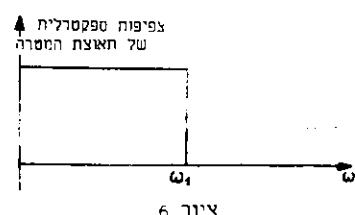
$$\bar{E}_m^2 = 4.37(aN)^{4/5} \quad (4)$$

כאשר:

$a$  — חזקה לירוגית מכטימלית של המטריה.

$N$  — עצמת ציפוי הספקטרום של הרעש.

$E$  — השגאה הריבועית הממוצעת, המכטימלית עבור הטיל.



ציור 6

על צורת האופרטור  $H$  יזכור בסעיף הבא.

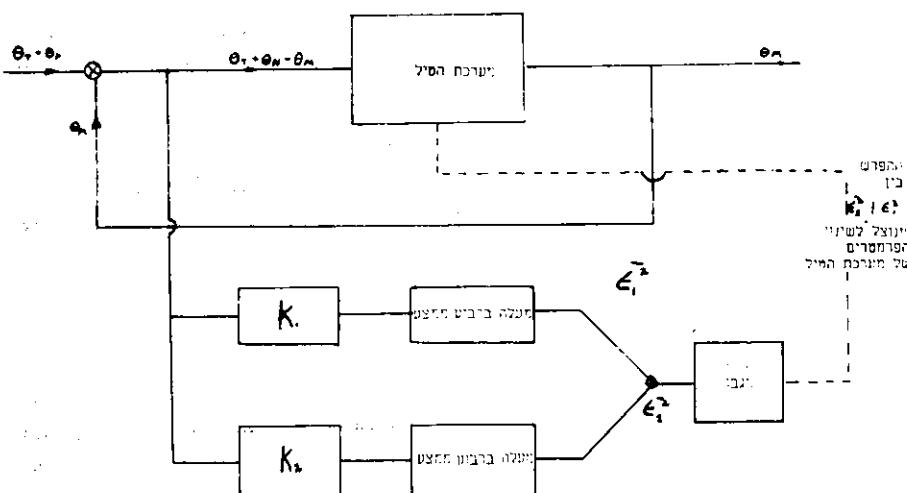
בפתרון (4) מתקבלים על הנתונות כלהלן: התוצאה הליטרלית של הטיל אינה נכנסת „לירוגה“ בשלאב משלבי הרדיפה אחריו המטריה הרעשה הוא לבן.

במקרה הקיצוני השני המטריה אינה יודעת דבר על אודות פונקציית התמסורת של הטיל ואף לא טל זמן „הפעעה“. אז חיה האיסטרטגיה האופטימלית של המטריה (ראה ציר מס' 6) תמרון מקרי בתאוצת המכטימלית בתחום תדריות בין 0 לבין  $\omega_1$ , כאשר:

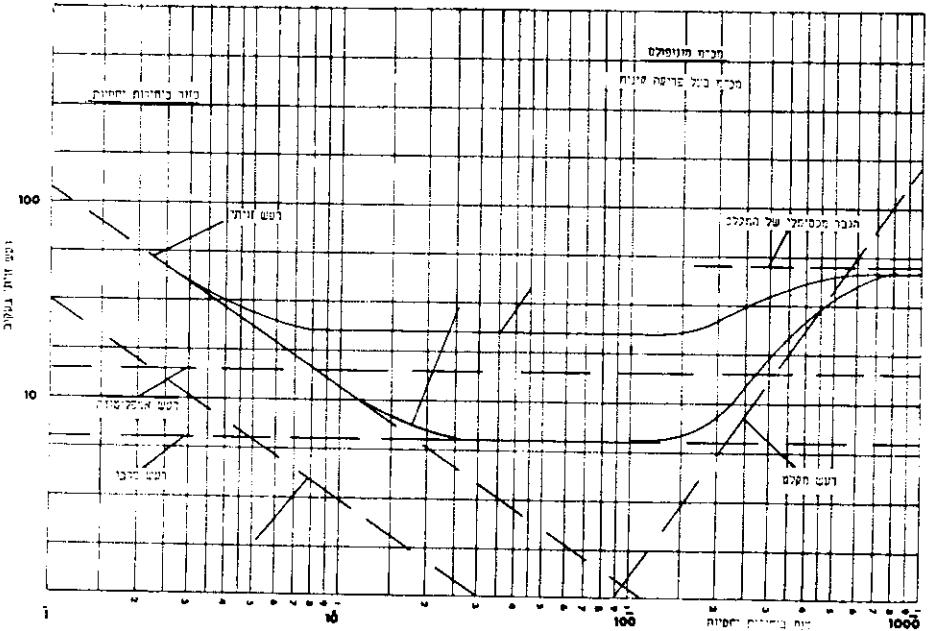
$$\omega_1 = \left( \frac{5a^2}{8N^2} \right)^{1/5} \quad (5)$$

ריבוע הממוצע של מרחק החטאה שיתקבל אז יהיה

$$\bar{E}_m^2 = 3.61(aN)^{4/5} \quad (6)$$



ציור 7

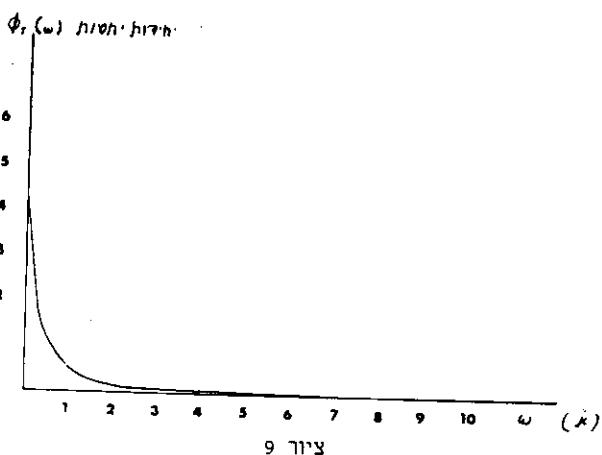


ציור 8

שורת האופטימלית הכללית

$$\frac{(1 + 2\mu_1 \omega_1 - \omega_1^2)}{(1 + 2\mu_n \omega_n - \omega_n^2)} \quad (4)$$

עבור  $\omega = \omega_0$  מופיעים יהיו הפרמטרים  $\mu_1, \omega_1, \mu_n, \omega_n, M_1$  ו-  $M_n$  פונקציית  $N$  של היחס  $A = \frac{N}{F}$ . חלות אפשרות כזאת נחונה בציור 10. מובן שרג השגיאות  $\omega_1, \omega_n$  ו-  $\mu_1, \mu_n$  הם פונקציות של  $\omega$ .



ציור 9

היחס  $A$ , אם עבור כל יחס נתון היה המתקן בונה מערכת אופטימלית, תreira ההשנות שג השגיאה כנתנו בציור 11. בפרק הקודם דנו בתמRNA המטרה ובאיסטרטגיית האופטימלית שלה. נניח הקודם הוא גודל קבוע בכל התנאים. לשמותו תלוי  $F$  בבחירה שהרעש  $N$  הוא גודל קבוע בכל התנאים. אם מרכיבת הטיל היא מערכת גזמתת, המביאה רציניות של המטרה. אם מרכיבת הטיל היא מערכת גזמתת, המביאה עצמה לתנאים אופטימליים, הרי שעבור כל יחס רעש/אות היהת מתקבלת השגיאה המינימלית האפשרית (יש לשים לב לעבודה, שכן השגיאות המתוירות בציור מס' 11 מחולקות בגודל  $F$ ). אם המערכת אינה גזמתת ותוכננה עבור יחס  $A$  מסוים, הרי שבסך אחר תהייה השגיאה גודלה מהמינימום האפשרי. בציור מס' 11 מופיעות גם עוקמה  $\omega_0$ , המתארת את השגיאה של מערכת. שתוכננה עבור יחס  $A=0.01$  בהשוואה ל-  $\omega_0$  קל לראות, שמלבד בקצבה

כלומר השגיאה נגמרת בעיקורה על ידי תמרון המטרה. היכן האופטימוס? התשובה, כאמור, ניתנה על ידי ויינר. פונקציית התמסורת האופטימלית נחונה על ידי

$$\Psi(\omega) = \frac{1}{[\phi_{\tau}(\omega) + \phi_{\mu}(\omega)]^2} \quad (5)$$

כדי להסביר את הסימנים, נניח בפונקציה  $\Psi(\omega)$  של המשתנה הקומפלקס  $\omega$ ;  $\Psi =$

$$\Psi = \Psi_{+} - \Psi_{-} \quad (6)$$

כאשר  $\Psi_{+}$  ו-  $\Psi_{-}$  אף הן פונקציות של המשתנה הקומפלקס, שכד הנקודות הסינגולריות שלן נמצאות בחלק העליון של המישור הקומפלקס — ואילו הנקודות הסינגולריות של הפוקנציות  $\Psi$  ו-  $\Psi_{\pm}$  נמצאות כולם בחלק התחתון של אותו מישור.

צפיפות הספקטרום של הרעש  $(\omega)$  א� במערכות מכימת תלואה בטוחה בין המcis למטרה. מבחינים בארכעה סוגי רעש: רעש אמפליטודה (Angle Noise or Voding), רעש זווית (Amplitude Noise or Voding) ורעש המקלט (Gluit Receiver Noise), רעש המקלט (Gluit Receiver Noise). התלות של סוג רעש אלה בטוחה מושוואת בצייר מס' 8 עבור שני סוגים של מכנים. מציר זה רואים, שעבור טוויםBINNINGIS הרעש אינו משתנה, והוא כולג בעיקר רעש אמפליטודה.

פונקציה צפיפות הספקטרום של רעש כזה:

$$\Psi(\omega) = \frac{N}{\omega} \quad (7)$$

כאשר  $N$  הוא קבוע ( $mils^2 sec$ ), ככלומר רעש לבן. פונקציה צפיפות הספקטרום של המטרה עבור תמרון, המתואר בציור מס' 5 (ראה גם ציור מס' 9):

$$\phi_{\tau}(\omega) = \frac{F}{\omega^4 (1 + \frac{\omega^2}{\omega_s^2})} \quad (8)$$

כאשר  $F$  הוא קבוע ותלויה בחזקה המכטימלית של המטרה, ו-  $\omega_s$  היא תדריות פינית (corner frequency) התלויה בקשר חזרה. עבור תדרים המוגדרים על ידי 8 ו-  $\omega_0$ , קיבל את פונקציית התמסורת

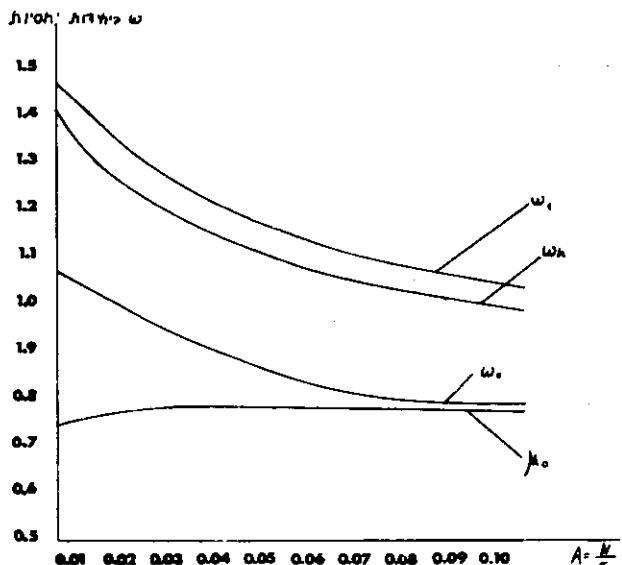
עלFOR הפקונציות הנחונות ב-8 וב-9 נקבע

$$(2) \quad \frac{1}{M(\omega)} = \frac{1 + 2\omega}{(1 - \omega)^2 + 1} \cdot \frac{1 + 2\omega}{(1 + \omega)^2 + 1}$$

כאשר ג' הוא מכפלי גנרטור המגדיר את שורש התאוצה הריבועית המומוצעת; ג' ו-  $M$  תלוים רק ב- $\lambda$ ;  $M_n$ , ג' ו-  $\omega$  תלויים רק ב- $A$  (כמו קודם); ואילו ג' ו-  $M$  תלויים גם ב- $A$  וגם ב- $\lambda$ . הפתרון הליניארי 11 ו-12 נכון למקרים, בהשחתה הנדרשת עולה על התאוצה המכטימלית ללא יותר מ-10%. בציור מס' 12 מתוארים ג',  $M$  ו-  $\omega$  ביחס  $A$ . בציור מס' 13 מוחזקות בציור מס' 11.

#### 4) טיל רחף ימי

נביא עת דוגמה של טיל רחף ימי, בו מופיע הרעיון בנקודה אחרת מאשר בכניה. נניח שהטיל צריך לטוס מעל ים גל, כשללו להזיז עצמו בגובה קבוע  $h$  מעל מוצע פני הים (ראה ציור מס' 14). הטיל מודד את הגובה מפני הים אליו — למשל בשיטת מד'גובה רדיו — ונניח שאין שגיאה במכשיר זה. אז ימדד מד'גובה ב-

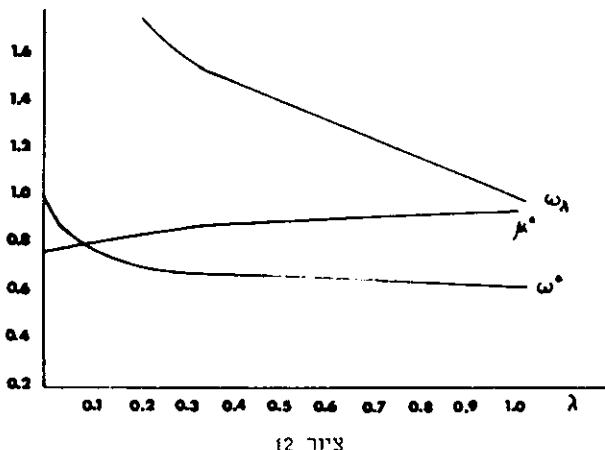


ציור 10

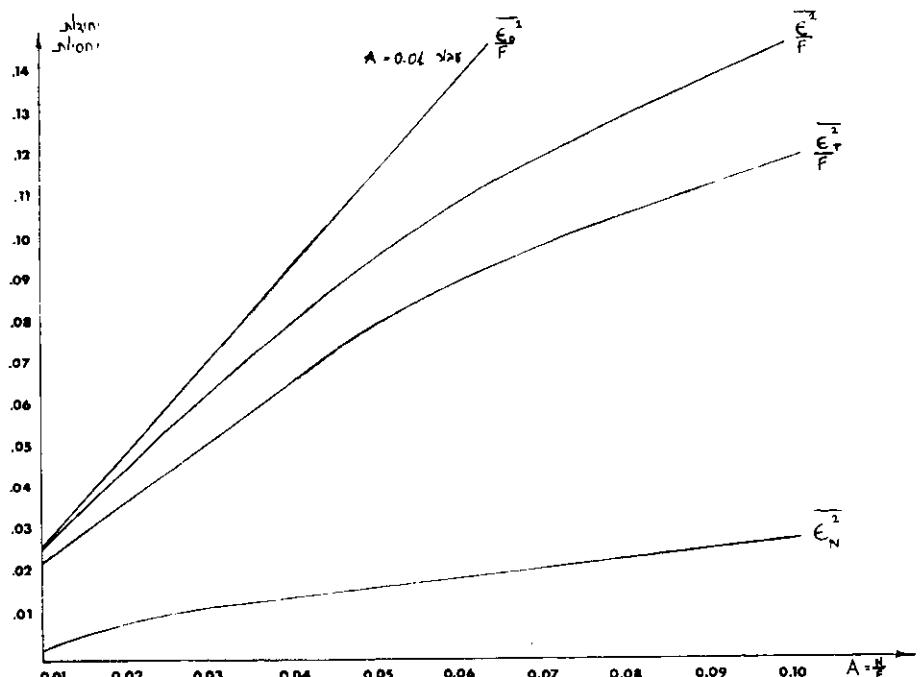
$A=0.01$  הסטייה בין שתי השגיאות גדולה והולכת עם שינוי התנאים. מכאן יובן הנ Amar בפרק הקודם על איסטרטגיית המטרה. אם המתכוון מאמין שמטוס האורב יש תמרון גבוה ומחקן את הטיל ליחס  $A=0.01$  — ישכל הטיס לגדל את היחס  $A$  על ידי הפתעה ניכרת בתפוקונו המשמש.

עד כה שפכנו במערכת ליניארית. בכל זאת ניתן לאפשר להתעלם מתחום איליניאריות אחד והוא — התאוצה המכטימלית של הטיל. בהכנס המערכת לרויה תגדל השגיאה בגין חסר יכולת להגיב כנדש. המערכת האופטימלית, בהחשב באיליניאריות, זו נתונה על ידי

$$(3) \quad A = \frac{\phi_T(\omega)}{\left[ \frac{1}{1 + \omega^2} - \frac{1}{[\phi_T(\omega) + \phi_N(\omega)]^2} \right] + \frac{\phi_T(\omega)}{[\phi_T(\omega) + \phi_N(\omega)]}}$$



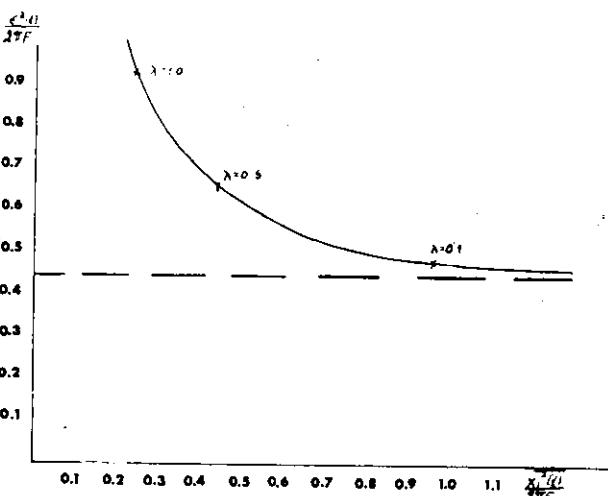
ציור 12



ציור 11

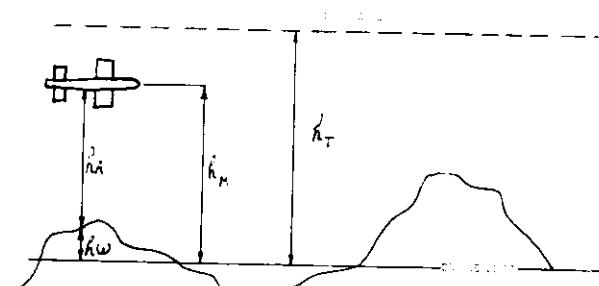
דיהוּנוֹ,  $0 \rightarrow H$ , יגרום לשגיאה אפסית בಗל הנלייט, אך לעומת זאת תגיע השגיאה בಗל מכותריה גערך מכסמי, במקורה קיצוני ש- $H \rightarrow 1$ , תהיה השגיאה בगל דוחות אפסית, ומןשה יטוס הטיגר לפִי פרופיל הגנים בערך בגובה הרצוי.

בבשואה למשוואות מס' 1, 2 ו-3, תופסות צפיפות הספקטרום ש- $\omega$  הרוּה והחגינה האירודינמית של הגל את מקומם צפיפות הספקטרום מופיע של המטרה ( $\omega$ )  $\phi$ . זה מזבב. בו סוג אחד של הפרשות האופטימלית ככינסה אקוילנטית של האות מהמטרה. המערכת האופטימלית מתקבלת על סמך הניתוח בפרק הקודם על ידי החלטת ( $\omega$ )  $\phi$  ב-( $\omega$ )  $\phi^2$  (A). מערכת כזו תהיה הסטיה המוגבהת הרוצוי מינימלית בעבור צורח גלים ועוצמות רוח נתוננות, ואם נדרש — גם עבור הצלבות בתאוצה הליטרלית של הטיל. מיציאת ספקטרום התדרוּת של הגלים תהיה תלולה במתירות הטיל ובכיוון הטישה ביחס לחזיות הגלים; אוטו הדרין — באשר למכותריה. בכל זאת הערכה גם בלחני מדוקנת תשמש נקודת מוצא מצוינה לצורכי תכנון.

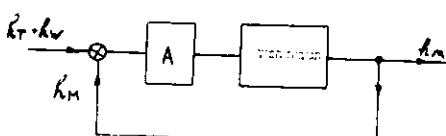


ציור 13

ציור 14



ציור 14 (ב)



את ההפרש בין הגובה  $h$  מעל ממוצע פני הים לבין גובה הגלים  $h$ , אם נשווה את הגובה הרצוי  $h$  שבמדרגת  $h$ , נקבל  $h - h = h_M + h_T$ , כך ש- $h$  מופיע כרעש ביחס לכינסה האמיתית  $h$ .

ודיאגרמת המשבצת של המערכת הכלולית היא כמפורט בציור מס' 14(ב). אולס במקורה זה  $\omega$  הוא ערך קבוע, כך שייתכן שנייתן למנוע את הדוש עליידי סינון כבד של אותן השגיאה — הוגש והחדירות של האות האפסי ניתנים בקבות להפרדה. זה היה מביא למערכת מושלמת, אם לא היו הפרעות אחרות: אולס העובדה היא שנוסף לגלים ומכותריה ומשבשים אנכיים מיטים את הטיל ממסלולו הרצוי. לכן, ככל שנרובה לטנון את אותן, כדי למנוע רעש גלים — כן תקנן תנועות המערכת, וכל מכתרות תגרום להשתתט הטיל בily. שהיה ביכולתו לתקן את מצבו בנסיבות מספקת.

במקורה מיוחד זה מתחזרת השיטה הריבונית המומצתת של "מרחץ החהטהה" מסביב לגובה הרצוי בנוסחה 13:

$$(14) \quad \omega = \sqrt{\frac{1}{h} + \frac{1}{h_M} + \frac{1}{h_T}}$$

כאשר ( $\omega$ )  $\phi$  היא פונקציה צפיפות הספקטרום של הגלים,  $H$  — פונקציה התמסורת הכלולית שלן,  $A$  — תנועת הטיל ו-( $\omega$ )  $\phi$  — צפיפות הספקטרום של מכותריה ומשבשים. סינון כבד של השגיאה,

## ה-האוק' מושם על כל רכב זהלי

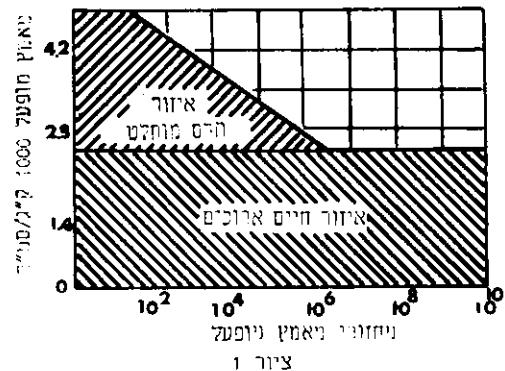


הכב האמריקאי הט蔴ק את מיתומו של ה-"מאלר", טיל נ"מ מתנייע, שהשלימו ניו עד כה 200 מיליון דולר בלבד. האמריקאים מודדים ב- $\text{ft}$ -האיך, שהוכיח את עליונותו במדה רבתה. במקביל ה-"מאלר" יפיקח עתה ה- $\text{סידיגדר}$ , שם היא טיל נ"מ מתנייע. בניתים החלו בהרכבת ה-האוק' על רכב XM-548 (M-113). שתי יחידות של צייד הטיעון הקרקעי, מכ"ם איכון בעל ול רץ' ומכו"ם מאיר בעל עצמה רבת, יגנוו מאהורי הרכב. אפשר לשאת שידור-广播 על גבי אחד מבני-השיגור, או להרכיבה על גורר ולגרור אותה. בידי החברה "Raytheon" התקפיד להנביר את ניידות ה-האוק' והאיך" ולהקטין את גובהו של היחידה-אקס.

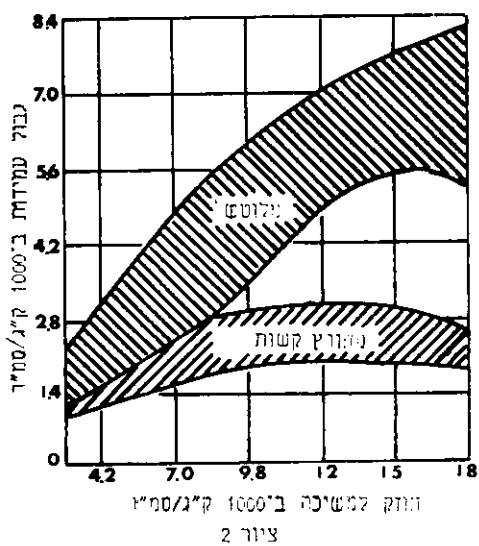
# התיעיפות מתקות -

## נקודות מבט מעשיות

פנימ. הגל חוסם עליידי אינדוקציה באמצעות סליל תירא



תכוניות התיעיפות צמודרות על ידי עקומות S-S, כפי שנראים כאן. כדוגמת אפינית לעקומות S-N, לפלה ולבול, פותחה דיאגרמה ואחת עליידי הרצת מספר דוגמנים זרים עד לשבר באמצעות עופשים שונים. גבול העמידות הוא המאך העליון שבו הדגם יוכל לעבור את מחוזו המאחסן איזוטופ פ��יט, מבלי הסדק.



זה יציג מושדים בצורה ניכרת ביחד בחלקים חזקים את גבול העמידות העקווה מצביה עלי כך שגבול העמידות של מזגטש עולה בהתמדה עם החזקתו למשיכה, מצד שני החזקתו יורד בדגמים מחריצים בשעה שמדובר עליים מאץ מתיחה של יותר מ-9800 K/G/סמ"ר.

התיעיפות מתקות יכולה להתבצע בשכבה, הנגרם עלי מאיצים חורפים, שהינם כה נמוכים, שהפעלה הדיפרומית של המאץ או מסדר קטן של הפעולות עדין לא ישפיע על המבנה. כאשר מוצעות הפעולות רבות כללה, נראהות בלתי מיקום כשלעצמו, אז גבול העמידה, הן גורמות לסדק ועיר, ההולך ומתרפש עם גורל העומס, עד אשר נגרט שבר מלא. כל האינפרומציה, שהחלה לקבל מהנטיגות במתכוות העומדות תחת עומס ברמות מותאיות, מתבטאת בעקומה S-N (ציור 1). ככל שהעומס קטן, או רוחחים גדל, עד אשר במאץ מסוים, החלק לא ישבר בכל מסטר שהוא של מחוזי הפעלת העומס. מאץ זה נקרא "גבול עמידות", ונינתן לחישוב מדויק במקרה של מתקות ברזיות.

תכלית התיעיפות עלולה לקרות בשל עומס חור של מאץ מתיחה או גירה, הנוטה לקרוע את החומר. א-פְּ-עַלְ-פִּיכָּן, כאשר מפעלים מאץ לחיצה, המתחלף לשינויו במאץ מתיחה, קטן המאץ הדרוש כדי LSDוק את החלק, מחוור מסוים, כולל מאיצים משנים של מתח ולחץ בעצמה שווה, נקרא מהור "החור מלא", ובכלל העמידות המתקבל עליידי שימוש מסווג והו, והוא בדרך כלל זה שמתיחסים אליו.

סריטות או פגמים בחומר הם מקומות ריכוז מאיצים; והם מקטינים את גבולות העמידות, כפי שנראה בצורה הגרפית בציור 2.

בחלקים מלוטשים וחסרי ריכוז מאיצים גדלים הן החזוק למשיכה וכן גבול העמידות. כללית, גבול העמידות הוא בערך 50% מהחזק למשיכה, עד שתוחם שמעל 15,467 K/G/סמ"ר. גבול העמידות של חלקים מחריצים, לעומת זאת, כבונן, אין סיבה רצינית לא עולה במקביל עם החזק למשיכה. לכן, אין סיבה רצינית להעלות את החזק של חלק מחוור בחריצים עמוקים מעל נקודה זו בתקופה לשפר את תוכנות התיעיפות של.

עם מאצוי לחיצה על שטח הפנים, גם שטח חלק וגם שטח מחוור של פריטים שונים מראים שיפור של גבול העמידות.

עליה בחזק למשיכה אפייר מתחת ל-15,468 K/G/סמ"ר. כדי לתראר את האפקטים התועלתיים של מאץ לחיצה, מראה תמונה 3 ציר מניע שיוצר בצורה אופטימית. העביה היא אם הציר יעבד ללא תקלת, אם יכולה לקרות לו תקלת. על-כל-

מאמצז לחיזה באזורי ריכוז מאמצים. הциיר האוריגינלי נעשה מפלדה AISI 5046, הוקשה וקיבלה הרפייה ל-226–269 מ"ב (ציור 4). על-ידי ערוגל החומר, מגדים את גבול העמידות של הциיר מ-2812 ל-3866 ק"ג/סמ"ר; הקשייה על-ידי אינדוקציה מעלה אותו עד קרוב ל-5624 ק"ג/סמ"ר; ניטרציה לעומק של 0.254 מ"מ מרימה ערך זה ל-8296 ק"ג/סמ"ר — פי שלוש מהעמידות של הциיר האוריגינלי.

#### הסקת מסקנות משברים

במקרים רבים עוזר גליוי שבר על השטח בקביעת הסיבה לתקלחת שבחלק. (כמרכן, תקלות תעשייתיות רבות בחלקים ברזל ופלדה נגרמות לפחות מ-10 מיליון מחוררים של מאנן — עיבודה שימושית לקביעת סיבת התקלחת). כדי לתאר כיצד מגלת שבר את מקור התקלחת, נסקור כמה מקטים היסטוריים.

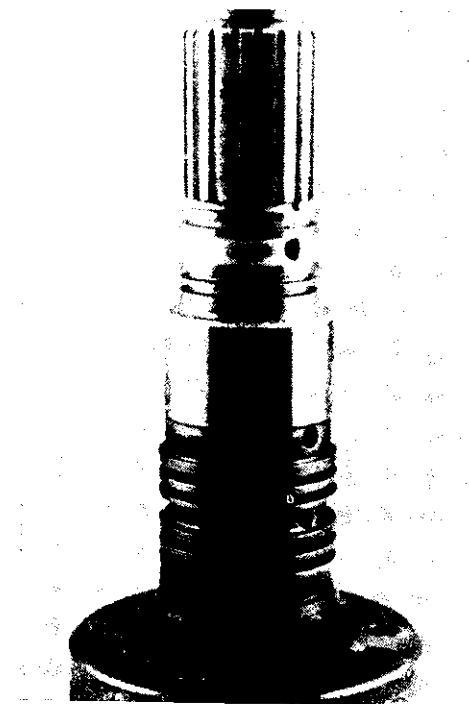


תמונה 5

השיגניות בכוון מוכחים כי שבירת גל זה נעשתה בשני שלבים. מבחיקות הושק שמייבן מקובץ נרם לתחיית השבר בנקודה המסתומנת והמשכו דרכו הגל לאחר מכן הוחוף המושב והשבר הפשיך בכיוון שונה עד לשבירתו הסופית של הגל.

לפניהם מספר שנים, נשברו גלי ארכובה לעתים קרובות כתוצאה מתקלחת במיסבים הראשיים. מאו שופרו המיסבים בהרבה, ואחר עלי-פירין התגלו גלי ארכובה שכוררים. גם כאשר מערכת המיסבים הייתה תקינה, עובדה זו גרמה מבוכת, מפני שלכל אורורה לא הייתה שום סיבה לשבר בגלי הארכובה. הבטה בשבר גילתה את הסיבה — כפי שראוי בתמונה 5 — השבר נעשה בשני שלבים שונים. הוא מתחילה בחוריון פון הארכובה ומתמשך קדם להלאה כדי מחזית דרכו הגל. במקום זה משנה השבר את כיוונו — מתקפת בכוון אחר.

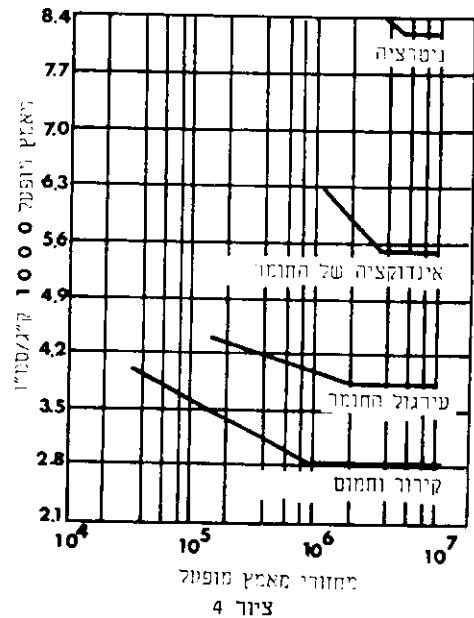
המסקנה — אמנם, הциיר התחל לחשבר בגלל מיסביםקיימים. הסתבר לאחר חקירה במקרצה, כי המיסבים היו לקויים והחולפו עד לפני שהgel נשבר. לאחר שהוחלפו, והמנוע החל לפעול שוב, המשיך השבר להתקפת בgal.



תמונה 3

מאמצז לחץ המוקנים לציר הנע הנראה בתמונה (על-ידי הקשייה באינדוקציה של כל האיזורים בetri מיריצים עגולים). מעליהם את גבול העמידות. למורות שעל ציריהם שיוציאו בדרך זו — הוופלו מאמצים גבוהים בהרבה מזו הרגיל — שום ציר לא נסדק כהמוצאת מיפויות.

שכיסה את כל החירותים העומקים. כפי הנראה מביא הדבר לכך, שאין בעיות התעשייתות באזירים, הנעשים בצורה הנ"ל. כדי לשפר את עמידות גל הארכובה, נעשו מספר נסיבות בהתעשיית של צירים, אשר דרך ייעורם הביאה להקניית



הקניית מאמצז לחץ על פני השטח בעורת ערוגל. חסום על-ידי אינדוקציה ויטרציה — מעליהם את גבול העמידות של גל ארכובה באופן ניכר. אחרי צינון והרפיה, גל הארכובה הוקשה ל-226–226 N.H., והג המהונך של פלדת VCM קיבל טיפול תרמי לאוthon תחום קושי.



תמונה 7

שבר כתוצאה מ-„התיעיפות הקפיצי“. קרה בצוואר אפונית כ-1% ליפופים חספני, בתמונה אנו רואים שהשבר החל מתחם לשפת הפנים במקום שבו מאצץ מתיחה שיורירום.

קפיצים יכולים להישבר כתוצאה מ-„התיעיפות הקפיצי“. השבר: כאשר הקפיצי עובד בתדריות התהודה או בתדריות ניטרולית, הצללים „רוקדים“ והקפיצי מקבל מאצצים גבויים מתחלפים. כפי שמתואר בציור 7, השבר נגרם כ-1% ליפופים מקצה הקפיצי, במקום המאצץ המפסימי. בעית „התיעיפות הקפיצי“ יכולה להיפתר רק על ידי הפחתה במאהירות העברודה או על ידי תכנון חדש של הקפיצי. השבר האפיבני לקפיצי, שאפשר לראותו בציור 7, מגלה שהשבר מתחילה בדרך כלל מתחת השכבה החיצונית. התופעה מוסברת בכך, שהקפיצי עבר ברפיה קשה בצוואר מתאייה, ושתה הפנים חזק מדי מכדי שהשבר יוכל להתחיל שם. לנן, השבר מתחילה בנקודה מתחת לשטח, היכן שהמאצצים השינויים היגם מאצץ מתיחה.

#### שיעור פיני-ובוכנה

אחד מנושאי התיעיפות הוא כיצד לעשות את המרכיבים אמינים יותר. לפניו מספר שנים יוצרו פיני בווכנה, אשר בהם התכנון, החומר והתחליק היו כולם טובים. למרות זאת, נשבר פין אחד מתוך 50,000 כתוצאה מזוווזום. בפניהם (ציור 8), מתחילים השברים קרוב לקדשה, מתקדמים לאורך בתוך שטח הבוכנה, ולבסוף — מסתובבים ומ��פזרים לרוחב.

ניסו לפתור בעיה זו. אחד המפעלים המייצר חלקים ניסה לפתוח תחליק ה-„משיכת הקרה“ לשם ייצור פיני בווכנה.

לשאלה השאלה אם שיטה זאת תצליח את ה-„ויתומם“ (אני קלוזיות), הנורמים לשברים. הוחלט לעזרן מספר נסיונות של התיעיפות על פינים משוכרים בקר ועל פינים מעובדים, כדי לראות אם תיפתר הבעיה. מוט פלהה של 1022 AISI נבחר ועובד לפיני בשתי השיטות — פינים מעובדים ופינים משוכרים בקר. כל הפינים זומנו, וקיבלו טיפול תרמי להוציאם ככל האפשר יותר, כל שינוי אחר. לשם יצירת שברים בזמן הניסוי

מקורה של שבר בgel מדחס אויר העלה השערות שונות. לאחר חקירת הוברר כי gel התונפה ובית המזוג לא היו מכוונים כראוי וגרמו למאמץ כפייה של הגל. אולם לאחר שחזור הוברר, כי הגל עבד כ-1600 שניות במתהירות ממורעת של 2000 סל'־ד, לעומת עתה כ-110 מיליון מיליאן מהרו רים לפני שנגרם השבר. ברור היה כי בית המזוג הבלתי מכונן לא היה את הסיבה לשבר. נוסף על כך מוכחה הנושא, שהגל לא יכול היה לעמוד יותר מאשר מ-10 מיליון מהרו רים. למעשה, הגל בחוץ פין הארכובה והמשיך הלאה בשני כיוונים.

בתמונה 6 אפשר לראות שלבים ברורים בהתקדמות השבר על שטח פני החתקן. אזורים חלקיים קיימים בין הנקודות השונות. הוברר שריכוזי מאמצים מוקרים הופעלו על הגל, ובין ההפרז עות הלל, נשארו המאצצים נמלטים. לאחר מכן נמצאו שהמנוע הותנע בכל בוקר, כדי להפעיל את מדחס האוויר למשך כל היום. כאשר בדקנו את השתלבות המזוג, גילו שדיםקוות המזוג התקרכו זו אל זו בהיקפן, מה שגרם לעוות ולמאצץ כפיפה חריפה. הדבר תוקן על ידי כוונון המזוג בצורה שתאפשר לדיסקות המזוג להשתלב בצורה מקבילה.

#### „התיעיפות הקפיצי“ תגוריים לביאות

נקודות מבט שונה ומענית על התהווות השבר מתגלית בחקירה קפיצי הלחץ. לחץ גבולי לא גורם לשבר, אם הקפיצי, שקיבל טיפול הרפיה על ידי הקשה (הדבר נעשה על ידי יריד כמות גדולה של כדוריות מתכת על החומר הדורש את הרפיה). מתוכנן כיואת וחופשי מפגמים.

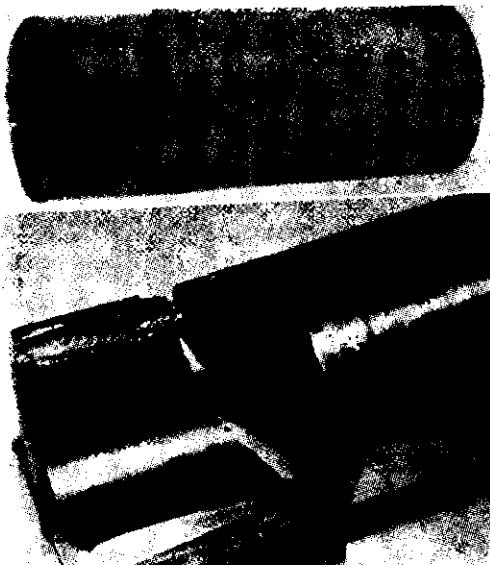


תמונה 8

בנארוכובה זה (למדחס אויר) נשבר כתוצאה ממאצוצים גבויים בתאומים שהפעלו עליו בשעה שהמדחס הופעל והמזוג השתלב. האזרחים הקונצנטריים התפשטו ממקור השבר.

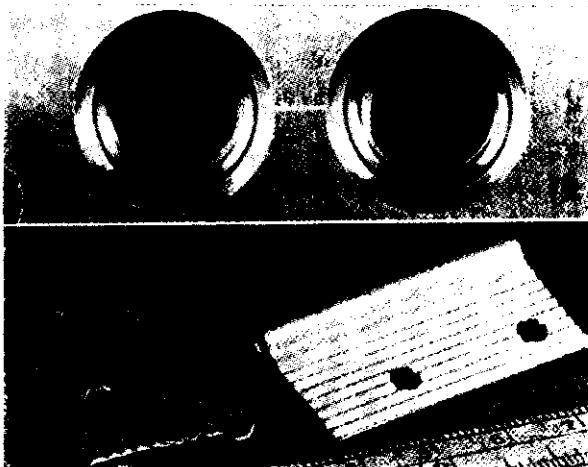
רים במנועי דיזל (תמונה 9 מתארות סדק תרמי אופני). במשן זמן רב חקרו את הבעה ועשיו כל מה שהמטלורג יכול להציע. הוסיפו אלמנטים של סגסוגת וכור. ניסו אף להשתמש הפלמן, הפחטו את תכולת הפלמן וכור. ואולם שום דבר לא עשי. משוך במקומות בברול יציקה אפור — אולם ישות שום דבר בצחוק. יום אחד, בזמנן ויכוח הנדי, הוכיח אחד המהנדסים בצחוק שיתכן שיש צורך בראש צילינדרים עשויים מרצפות של ברול יציקה ושל גומי. אחד מהנדסי המכוננות, שנכח בעת הרכבת, חשב שלעצמם כמה יסודות, שיכולים לבוא לכלל מימוש. ריעינו היה — בראול יציקה מוכנס לתוך ראש הצילינדרים, לשם קיבלת התפשטות תרמית והתקומות — כפי שהופת עולה בחיבורו הכבישים.

אחרי התפתחות ניכרת במחקר של ג'נקל מוטורס, פיתוח החתקן הנראה בתמונה 10 (כمرכן ניתן בחמונה שטח הצילינדר עם ברול מוכנס במקומם). המרווח畏惧 לא מתקשר אף פעם למתכת, ומתקבל חלל דק מסביב לשטח הפנים אשר



תמונה 8

"זיהום" (אינקרוזיה) מתחת החיפוי עירוג גיגרums לפני הוכנה להשבר לצורך הנראות כאן. השבר מתחילה מתחתי לפני השטח ומתקדם לאורך זאת מסתובב והופך לשבר הפונה החוצה בעומס קבוע, היה צורך להגדיל פי שניים את רמת העומס הנורמלית.  
בהתאם לנתודות שנתקבלו, ארבעה משכבה פינים המוגברים בשברו (נסדרו) ב-340.000 עד 4,501,000 מחזוריים. ואילו שטוח הפנים המשוכים בקר החזוקין מעיד יותר מ-10 מיליון מחזוריים בלבד להישבה. כפי הנראה, משיכת קרה מגדילה את האmintות של פיני הרכבה (ייתכן בגלל השפעה על הזיהומים).  
אמנם, משן חמש השנים, מאז הוכנס לשימוש תהליך המשיכה בקר, ירד מספר הפינים שנשברו — מ-1/1.000,000 ל-1/50,000.



תמונה 10

הזרוחים המתוארים עשוים בלבד מצופה אלומיניום, הם פועמים בוצרה כו ששם קולטיים את התפשטות התורמת והתקומות בראש הצילינדרים והעשו בראול יציקה. בתמונה העליונה נראה מרוח יצוק בין שני פתחי שסתומים בראש הצילינדרים.

פועל בסדק בשטחו העליון של גוש ראש הצילינדרים. מתחת למרוחה מעוגלת לשם יצוב החרייך, הבוני כף, שלא יוכל להעניק. ראש זה מיוצר ממה מספר שנים, ועובד כשורה. בזמנ הפעולה, מתפשט בראול יציקה ודוחף את המרווח מחוץ לשטח — כפי שהופת נשפכת מבعد החרים ביום חמ. כאשר המגע אינו פועל, מתכווץ בראול יציקה למידות האוריגיני גליות.

#### אטמים במנועים לעבודה מואמצעת

כדוגמה סופית לאפקטים של התעיפות, נkeh מנועים בעלי דחיסה גבוהה, הדורשים אטמי ראש מיחדים למינעת דליפת גון. משך היפיות של האטמים בשימוש האנוכי, התעורה הבעה: עומסים גבוהים גורמים לשברת אוגני השווילים בזמן הפעולה.

בניסויו, נמדד עומס השבר בתחום בין 8,600 ל-15,000 ק"ג. אחת המסקנות הראשונות הייתה שהחומר, בראול יציקה אפור - המשך בעמוד ו-

#### התעיפות תרמית

אחד מהключи נושא התעיפות, שבא על פתרונו בהצלחה רבה הוא התעיפות התורמת. הבעה, שהטרידה את תעשיית המונעים במשך שנים, היתה התעיפות תרמית של ראש הצילינדר.



תמונה 9

سدקים חזקיים בראש הצילינדרים של מנועי דיזל היו הצורות של מזיצוי מנועים לגודל, במשך שנים ורבנות. סדקאים אלה מתפתחים בזמן התפשטות והתקומות של בראול יציקה ששבשים.

# תבנונו דגון

## מלחו

- ב -

בפרק הקודם (ראה חוברת מס' 19) הוסברו הרעיונות הבסיסיים של התבנון הדינמי, שהביאו לניסוחו של עקרון האופטימליות (של ר. בלמן) לפתרון בעיות אופטימיזציה הקשורות בתהליכיים דינמיים, טכניים וכלכליים שונים.

במאמר זה מובא פתרון מספרי מפורט של בעית אופטימיזציה אופינית, במטרה להמחיש ולבסס את מה שנאמר במושגים מופשטים בחוברת הקודמת.

שליטה מלאה במושגים הבסיסיים הינה הכרחית להבנת הטיפול בעיות מורכבות יותר ופתרונו בשטח התבנון הדינמי.

נחלק את תהליך צבירת הגובה והמהירות לשלבים נפרדים, ונניח שבשלב אחד יוכל להגדיל את הגובה בשיעור של

$$\frac{H_f - H_0}{n_1}$$

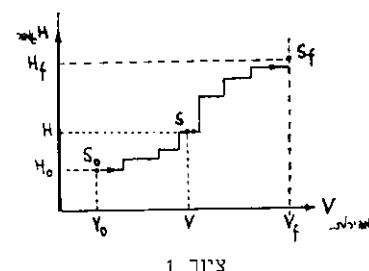
$$\text{או להגדיל את מהירותו בשיעור של } \frac{V_f - V_0}{n_2}$$

$$m = n_1 + n_2 = 6 + 8 = 14$$

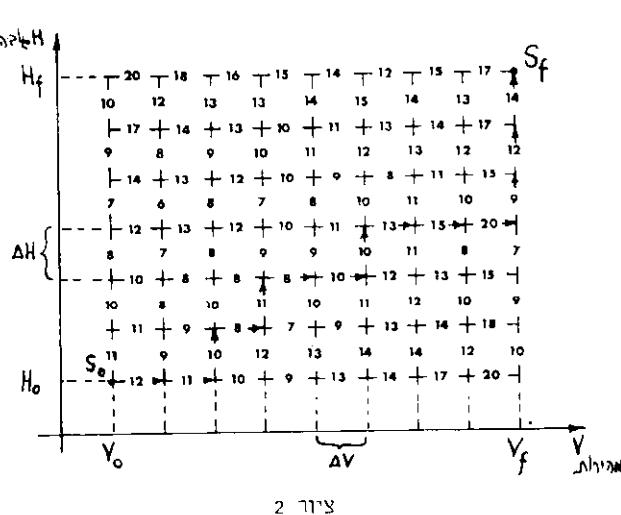
מבחן מהותית אין למספר החלקים בו ור' ערך רב. הם ייקבעו לפי דרגת הדירק הנדרשת בתכנון בלבד. סכום המספרים בו ור' יקבע את מספר הצעדים בתהליך צבירת הגובה וה מהירות. בדוגמה שלנו (ראה ציור מס' 2) יהיה מספר הצעדים:

אחת הביעות פשוטות, הנחינתה לפתרון בעורת התבנון הדינמי, היא קביעת מסלול הנסיקה של טיל. היה שוויה העבהה הראשונה, בה אנו מנסים לטפל, נפשת את תנאי העבהה במידה מופטלית למשך בהירות ההסתבר, ונאמר: הטיל נמצא בגובה התחלתי  $H_0$  ומהירותו היא  $V_0$ . הוא צריך להתרומם לגובה  $H_f$ , בו מהירותו צריכה להיות  $V_f$ . ידועה לנו צירכת הדלק של הטיל בעברו מגובה  $H_1$  ל- $H_2$  במהלך קבוצה  $V$ ; כרמן, ידועה הצירכה כאשר הטיל מגביר את מהירותו מ- $V_1$  ל- $V_2$  בגובה קבוצה  $V$ . יש למצוא את אופי הנסיקה האופטימלית, אשר עברה צירכת הדלק  $V$  תהיה מינימלית.

פתרון:



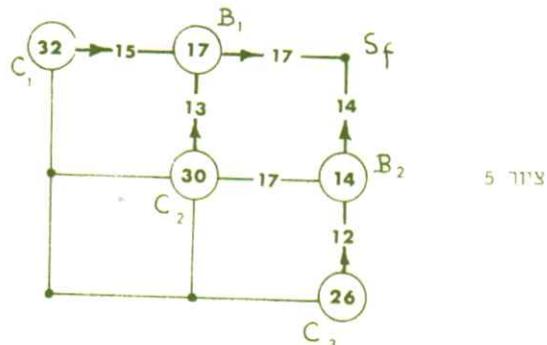
שם פשוטות גנית, שאת התהליך של צבירת הגובה וה מהירות מחולקים בסדרה של צעדים (שלבים) עוקבים, אשר בכל אחד מהם מגדיל הטיל רק את המהירות או רק את הגובה. בציור מס' 1 אפשר לראות את אחת האפשרויות להגעה מנקודת התחלתי  $S_0$  למצב סופי נדרש  $S_f$ . כדי לפתור את הבעיה בשיטת התבנון הדינמי, נחלק את הפרש הגבהה  $H_f - H_0$  ל- $n_1$  ו- $n_2$  או אותו הטיל צריך לצבור, ל- $n_1$  חלקים שווים (למשל,  $n_1 = 6$  ו- $n_2 = 8$  במקרה), ואת הפרש המהירות ל- $n_2$  חלקים שווים (למשל,  $n_2 = 8$ ).



ציור 2

הערך 17 בעיגול של  $B_1$  פירשו: אם הגענו ל- $B_1$ , צריכת הדלק המינימלית, שתעביר אותנו לנקודה  $S_f$ , היא 17 (יחסי דות). למספר 14 בנקודה  $B_2$  יש משמעות דומות: זו הצריכה בהשתמשנו בדקה האופטימלית (ראה צירוף מס' 4). החץ מראה את הביוון, בו עליינו לנוש מהנקודה המתאימה, אם הפעולות, שקדמה לנוכחות, הביאה אותנו לנקודה זו. בדרך זו הבקרה המותנית האופטימלית בצעד האחרון (המבחן) נמצאה עבור צריכה כלשהי של הצעד ה-13 (המבחן) אותנו לנקודות  $B_1$  או  $B_2$ . במרכזן מצאו את צריכת הדלק המינימלית בכל מקרה, המביאה אותנו לנקודה הסופית  $S_f$ .

עבור עכשווי לתכנון הצעד שלפניו האחرون (ה-13). לשם כך עלינו לבחון את כל התוצאות האפשריות, הנובעות מהצעד



ה-12. אחר הצעד ה-12 אנו יכולים להימצא באחת מהנקודות  $C_1, C_2, C_3$  בלבד (ראה צירוף מס' 5). מכל אחת מהנקודות

האלו אנו צריכים למצוא את הנתיב האופטימלי לנקודה  $S_f$ . עבור נקודה  $C_1$  אין אפשרות בחירה: האפשרות היחידה היא לנوع לאורך הקו האופקי, הדורש צריכה של:

$$C_1 = 15 + 17 = 32$$

ערך זה ונרשום בעיגול המתאים ל- $C_1$  ונסמן את הכיוון האופטימלי (היחידי במקרה זה) על ידי חזק. באשר לנקודה  $C_2$  — קיימת בחירה. אפשר להגיע ל- $S_f$  דרך  $B_1$  או דרך  $B_2$ . במקרה הראשון, הצלירה  $13 + 17 = 30$ , במקרה השני —  $17 + 14 = 31$ . הוא מסומן על ידי זמשר 30, הנתון דרך  $C_2$  לעבר דרך  $B_1$ , וכיוון תנועתו מצוין על ידי החץ לידו.

עבור  $C_3$  קיימת אפשרות יחידה (כמו עבור  $C_1$ ), ומתקבלים את הערך:

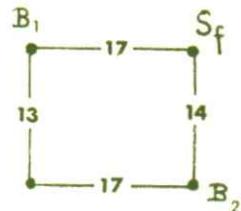
$$C_3 = 12 + 14 = 26$$

השלב הבא יהיה לקחת את שורת הצלירות המובילים אל האמצעים  $G_1, G_2, G_3$ , ולמצוא לגביהם את הצלירה ואת הכיוון האופטימליים — כמו שעשינו לגבי כל הצלירות המופיעים בצייר מס' 2. נסרים בנקודה  $S_f$  לגבי כל הצלירות המופיעים בצייר מס' 3, הינה עצם נקודת המוצא של התהליך האופטימלי אותו אנו מחפשים. נזכיר שלשם מציאת התהליך האופטימלי, יצאנו מנקודות הסופית והורנו כל פעם צעד אחד חזרה. כדי למציא את המסלול האופטימלי, נתחיל מנקודה  $S_f$  ונתקיים מצומת נקודת כיוון החץ, הנמצא בכל צומת צו. בצייר מס' 6 ניתן לתוך עיגולים, הנמצאים בנקודות  $B_1$  ו- $B_2$  (ראה צירוף מס' 4).

בחיצים ובקו עבה.

המספר 139, שהוא הערך בנקודת  $S_f$ , מציין את צריכת הדלק

צייר 3



נזכר ששל הדרישה לשינוי המהירות בגובה קבוע ולשינויי הגובה בנסיבות קבועה — יכול המסלול החדש לחתקים רק לאורך הקטעים האופקיים והאנכליים של קו החליק שנמצא (ראה צירוף מס' 2). על כל אחד מהקטעים (בין שתי נקודות סמוכות בראש החליקה) נרשם את צריכת הדלק, הנדרשת בטיסה בקטע זה. כל עוקמה למספר מסוים, המורה על שיורר הנקודה  $S_f$  ל- $S$ , קשורה למספר מסוים, המורה על עוקמה המזונית הצלירה של הדלק הנדרש למטרה זו. למשל, העוקמה המזונית על ידי הצלרים בצייר 2 מראה על צריכה של:

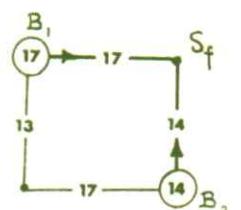
$$W = 12 + 11 + 10 + 8 + 11 + 8 + 10 + \\ + 13 + 15 + 20 + 9 + 12 + 14 = 163$$

אפשר לראות בבירור שקיים מספר גדול של טראקטוריות המובילות את הנקודה  $S$  מ- $S_f$  והקשרות כל אחת עם המספר  $W$  המתאר את צריכת הדלק בכל מקרה ומקורה. לנו דרוש למזויא, בין כל הטראקטוריות האפשריות, את זו האופטימלית, הזכרת את כמות הדלק המינימלית. אפשר היה לבחר בין כל האפשרויות את זו שנתן את התוצאה הרצויה «精确». בשתח תכנון הדינמי ניתן לפחות את הביעיה בתרשים קלות.

התהיליך מורכב מ-14 צעדים. נעשה אופטימיזציה לגבי כל צעד וצעדי, וначילה מהאחרון.

ת=en הצלב הסופי של הטיל במישור VOH (צייר מס' 2). הצעד ה-14 חייב להוביל אותנו לנקודה זו. נראה מאיפה אנו יכולים להגיע לשם בצדנו الآخرן, נסתכל בפינה הימנית של הרשת (צייר מס' 3), בנקודת הסופית  $S_f$ , לנקודה זו.  $S_f$ , ומכל אחת — רק אפשר להגיע מ-2 נקודות סמוכות  $B_1$  ו- $B_2$ , ומכל אחת — רק דרך אחת. כך שבחירה בקרה מותנית בצעד האחרון —

צייר 4



במקרה זה — לא קיימת. לו היה הצעד שלפניו האחxon מביבו לנו לנקודה  $B_1$ , היינו צריכים לנוע לאורך הקטע האופקי, שהיה דרוש 17 יחידות דלק. לו היינו נמצאים ב- $B_2$ , היינו נועים לאורך הקטע האנכי ומוציאים 14 יחידות דלק. נרשום ערכיהם מינימליים אלו (במקרה הנוכחיו גם האפשרות היחידה). ערכיהם מינימליים אלו (במקרה הנוכחיו וגם האפשרות היחידה). בצעד עיגולים, הנמצאים בנקודות  $B_1$  ו- $B_2$  (ראה צירוף מס' 4).

הגדלים הנתונים בצייר מס' 2, הם ביחידות יחסיות ונבחרו רק למטרת הדגמה.

• ראה חלק 1 (מאמר קודם).

הנקודה הסופית וכו'). הפשטה כזו של הבעיה אינה מתאימה כל כך לעובדות הקיימות. במצבות יכול הטיל על גובה מהירות בעת ובעונה אחת. במקרה, ושוב בהפשטה מסוימת, לפחות בעיה, בה תיתכן אפשרות של שינוי מהירות וגובה באותו זמן, ונינכח שהסתובכנו כהוגן... נחזור לציור מס' 2, ונוסיף ל"רשות" הקיימת שם גם אלכסונים, שכיוונם מהתווצה השמאלית התהווונה לו הימנית העליינה וכןור שאנו מעוניין nim בגדלת המהירות והגובה בלבד; כמו במרקם הקודם יסמן אלכסון זה עליידי מספר את ארכית הדלק, הדרושה למעבר מנקודה אחת לשניה (ראה ציור מס' 7 בו מסומנות רק האלכסונים לשם בהירות הציגו).

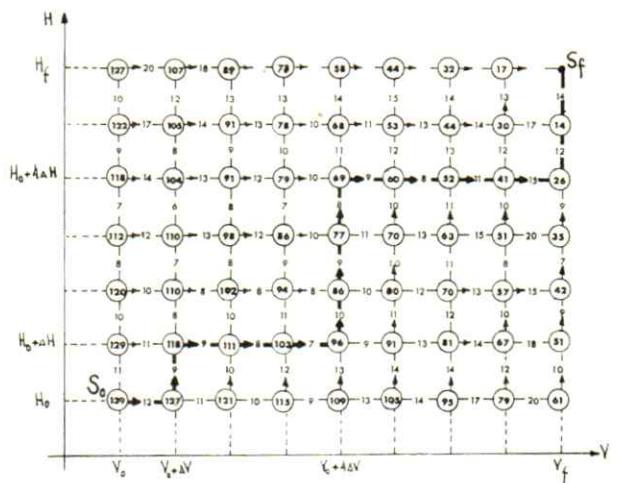
מה מבידיל את התכנית החדש מה קודמת? נוסף לעובדה שעכשיו קיימת אפשרות שלישית (לאורך האלכסון), הנוספת על שתי האפשרויות הקודמות. כאן אף מספר הצעדים הופך פחות ברור: מפינה תחזונה שמאלית (ברשות) לפינה ימנית

עליה אפשר להגיע לאורך האלכסון (עד אחד בלבד), ואפשר לעשות זאת עליידי הליכה בכיוון אופקי וא-נכוי או אנכי ואופקי (דרך צומת סמור) — שם שני צעדים. לכן בעיה החדש איאפשר להשתחמץ בעקרון הפשט של בהירה עוקבת של הצטמים, בו השתמשנו קודם לכן.

נסכים למספר צמתים לא לפני מספר העדדים שנשארו עד הנקודה הסופית. אלא לפני איזו קואורדינטה. בתרור קואורדינטה כזו אפשר לקחת למשל, את שיור המהירות הנורית V-V, אשר עליינו "להדביק" בזמנו הנותר לרשותנו.

בשיטת מספר כזו של הצטמים, הציג עד "האחרון" יהיה זה, שיעביר את הנקודה S מאנך הרשות המסומן על ידי (m-1) (ציור מס' 7) לנקודה הסופית S (צעד אחרון זה יכול להיות מורכב מכמה דרגות). הצעד "שלפני האחרון" יהיה זה, שיעביר את הנקודה S מהאנך (m-2) לאנך (m-1) וכו'.

בציור מס' 8 — דוגמה של תהליך אופטימיזציה לפי שיטה זו של מספר הצעדים (בציור — רק הצעד האחרון). הבקרה האופטימלית המותנית מצוינת, כמו קודם, עליידי חז, היוצאת מהצומת המתאים. הסבר למציאת הבקרה האופטימלית: מכל נקודה, הנמצאת על אנד הרשות m, העובר דרך הנקודה — S, האפשרות היחידה (ולכן גם האופטימלית) להגיע לנקודה זו היא לאורך האנד m. בהמצאו באחת הנקודות האנד (m-1) (לפנוי הצעד האחרון), נתחל בשיקולנו מהנקודה העליונה הקורובה ביותר ל-S. כאן האפשרות היחידה היא לנעו לאורך הקטע האופקי, הדורש 17 יחידות דלק. הנקודה הבאה לבירור היא השניה לפני הסדר מלמעלה לאורך האנד (m-1). כאן קיימות כבר שלוש אפשרויות. השלישית שנוספה היא האפשר-

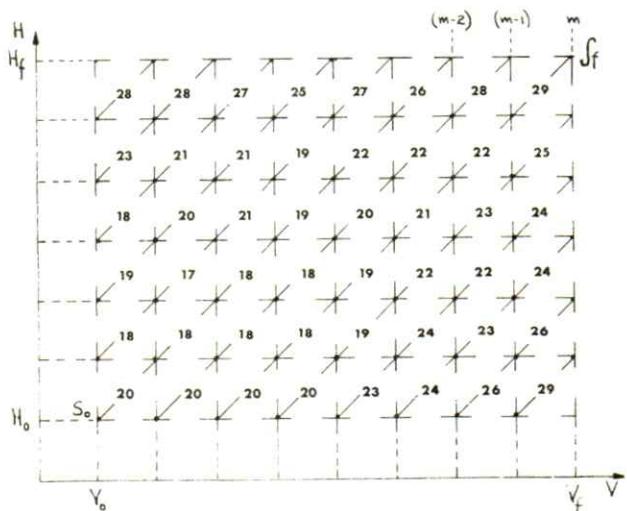


ציור 6

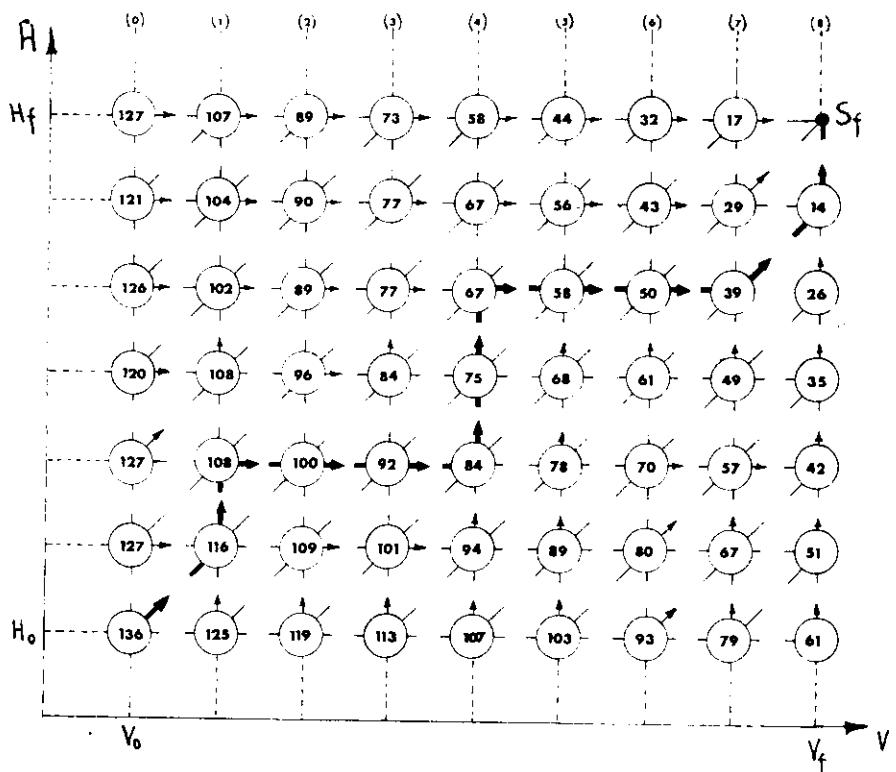
המינימלית W האפשרית. כדי שהתהליך, אםنم, יוכל את התוצאות המינימלית, דרוש שינויי המהירות והגובה יי-לפי הטרקטורייה האופטימלית, המוראית בציור מס' 6. בUint האופטימיזציה של תנאי הנסיקה של הטיל, שהובאה לעיל, הינה פשוטה בתכלית, והשתמשנו בה כדי להציג את הרעיון היסודי של התכנון הדינמי. למעשה של דבר, עקב החפשטה האגדולה של דרישות הבעיה, היה בידנו להגיע לפתרון סופי עליידי הנחות פשוטות יחסית. פשטות הפתרון מטה-בטאת בעבודות הבאות:

(א) בכל צעד הצטרכנו לבחוץ, לכל היותר, בין 2 אפשרויות או צורות של בקרה (לצבר מהירות או לגובה). מנגנון הבקרה המותנית האופטימלית בכל נקודה (צומת) היא אלמנטרית, ומחייבת בחירה באפשרות הגדאית ביתר.

(ב) בעיה שהבנו היה קל למספר את העדדים, שהיה עליינו לעשות בהתחילה מהסוף. ובאמת, כל טראקטורייה מורכבת מאוות מספר צעדים (שלבים), והאחרון בהם הוא זה, המוביל באופן בלתי אמצעי ישירות לנקודה הסופית S. הצעד שלפני האחרון הוא זה, שאחריו נשאר רק צעד אחד, המוביל אל

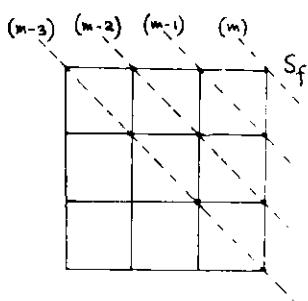


ציור 7



ציר 9

מקרה ומרקם. באופן כללי, מבחינה אינטואטיבית, נראה בבירור שכלל מספר הצעדים גדול יותר — גודל הדיק. בכמה בעיות ניתן אפילו לקבל את הפתרון הגברי בהנחה  $\rightarrow \infty$ . מתרין כזה יכול, לפחות, להיות מענין מבחינה תיאורטיבית ואפיו משמשת, אולם בדרך כלל די לברר את המבנה של הבדיקה האופטימלית בקיטים כלליים. למטרה כזו אין הכליה להגדיל בהרבה את מספר הצעדים הנדרש בתכנון. זאת יש גם להוסיף את העובדה המשנית, שלרוב יש יותר על ריאלייזציה מושלמת של התהליך האופטימלי בוגל קשיי ביצוע שונים מסיבה זו ולא נתעכט על בעיות גבולות (בזהן מספר הצעדים  $\rightarrow \infty$ ), ונגביל עצמנו לקרים דיסקרטיים שלביים.



ציר 10

וזה הינה הגיונית, לאחר שהරבה מקרים (לרוב בתכנון משקי) חילקה לשכבות הינה טבעית, מסוומת שהתכנו נעשה לפחות פרקי זמן דיסקרטיים כגון: שנים, או חדשים או ימים.

רות לנوع לאורך האלכסון הדורש 29 יחידות. מסתבר גם שהיא הבדיקה האופטימלית המותנית במרקם זה. אם נמשיך באופן שיקולים לגבי כל הנקודות, מלמעלה למטה, לאורך האנכ (1-m) — נמצא את כל האפשרויות הקיימות לפני הצעד האחרון. אותן שיקולים לגבי האנכים (2-m, 3-m, וכו'), עד שנגיע לאנכ, העובר דרך נקודת המוצא S. מתרון השלים המתkeletal נתון בצייר מס' 9. הטראקטורייה האופטימלית מס' 9, כמו קודם, בחיצים בקו עבה יותר.

בבואנו להשוות את שתי הטראקטוריות האופטימליות שקיבלנו בציורים מס' 9 ומס' 6, נבחין בעובדה, שהן אינן נבדלות בהרבה זו מזו. באשר לזריכת הדלק הכללית — ההבדל הוא קטן ביותר: 136 במקום 139 במקרה הראשון. משום לכך אפשר אף לראות את שתי צורות הבדיקה שקיבלנו בזאת־עדן מבחינה מעשית.

בדוגמה האחרונה בחרנו את הצעדים כה, שמשמעותו השתנה לאורך האבסציזה, ברם, בתריה זו אינה הכרחית: אפשר למספר את הצעדים לפי כל קואורדינטה שהיא, למשל, ניתנו.

היה לבחור באותה הצלחה את הגובה H כקואורדינטה כזו. לקורא המתעניין אנו ממליצים לנסוט לפתרור אותה הבעה, כאשר הקואורדינטה היא המרחק של הנקודה S מהישרים המוקצים לאורך האלכסונים (ראה ציר מס' 10). בבעיות המוגנות של התכנון הדינמי, כאשר אין חלוקה טבעית של הצעדים, העקרון בבחירה סדר הצעדים נקבע לפי הגווית בארגון תחילה החישוב ולפי הדיק הנדרש בפתרון הבעיה בכל

# הינע של 4 אופנים

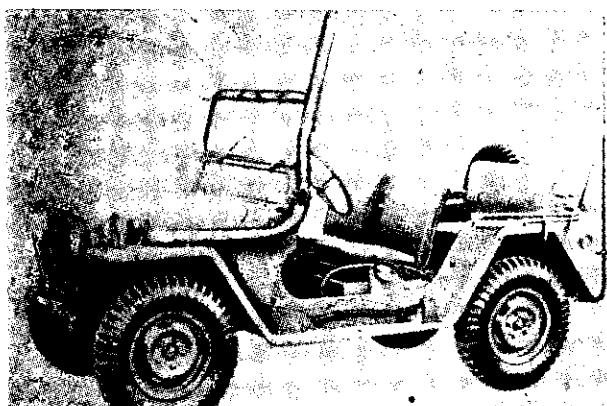
## לשירות הארץ

מטרה כפולה עומדת בפני המתכננים האזרחיים והצבאים של קלירכב בעלי הינע של ארבעה אופנים: אמצעי-בקרה פשוטים ונשייה נוחה. נוסף לשתי דרישות אלו שואר הצבאי להשיג גם עבירות טובת בשטחים קשיים, מרוח קרקע גדול, ציפה טובה ומגע אופטימי בין הקרקע לבין הגלגלים המניעים. עם כל השיפורים הללו, על הצללית להישאר נמנעה.

נאלו הצבאות, אך גם מה שנלמד מהתכנון, מהייצור ומהשי מוש של הדגמים הצבאיםקידם הרבה את פיתוח הגיגים האזרחיים. הדרישת האזרחתית לצורה החדשת ונוחה של כלי הרכב כתוספת להינע של ארבעה אופנים הולידה את הביעות הקשות ביותר. כדי להשיג שילוב זה, היה צורך בתמסורת-רכבה שהאפשר מתחלה נפרך וצללית נמנעה.

### פיתוח ת מסורת הכוח

ציר הינע קדמי דורש הגבהה של כלי הרכב, כדי לאפשר מזוזה קרקע גדול יותר. יתר-עליכן: כאשר ציר ההינע הקדמי נמצא בפעולה, מערכת המתלה הנפרדה אינה ניתנת לשימוש. מכיוון שגם הצללית הנמנעת וגם המתלה הנפרדה רצויים ברכב-



המונה 1

דגם האחרון של הגיב הצבאי האמריקאי M-151 4X4 מצויד ביצירת לציהה עמומה, משקלו קטן וכושר הנסעה והשבירות שלו טובים יותר משל הדגם הקודם.

מתכננים של קלירכב אזרחיים מבקשים להנמק את הצללית כדי להקנות לכלי צורה נאה יותר. כמו כן הם דורשים מינימום אמצעים בהספקת הכוח לאופנים. כדי למנוע צורך בתמסורות בייניות של גלגולישניים וצירים. אפיק-עליפי שורען ההינע של ארבעה אופנים הוא כבן 50 שנה, היה צורך במאבק, כדי להנגיש את הרעיון בклירכב המיאפשרים לחבלת נסעים.

בתוצאה של מלחמת העולם השנייה הופיע קלירכב חדש 4x4 משקלו  $\frac{1}{4}$  טון — הגוף המצויר. בתוצאה של מלחמת קוריאה הופיע ה-38-M. שדומה בכל לקודמו, אולם נספרו בו סין צף למצתה, מערכת חשמל בת 24 וולט מוגנת בפני מים ואפשרות צלילה עמוק.

שנתיים לאחר מכן נמשך פיתוח הגוף עד שהופיע הדגם הצבאי הנוכחי M-151 (תמונה 1). שמצוין בתכונות הבאות: קל משקל, בעל מבנה ייחודי, מתחלה נפרך לאירוע הגלגים, מיבת-מעדרת-הילוקים בעלת ארבע מהירות וגיומטריה אופטית מלית של מערכת ההיגוי. בתוצאה מכל מושגים נשייה משופרת, עבירות טובה, אמינות ועמידה בתנאים קשים.

### מה צפוי לעתיד

כללי הרכב בן  $\frac{1}{4}$  הטון יהיו כנראה בעתיד צמיגים המאפשרים ציפה טובה יותר, ומקום חילוך אופטימי בנקודת המגע בין האופנים לבני הקרקע. מרוח הקרקע ישופר עלידי השימוש במתחלה בעל אפשרות הגבהה בתחום הפרטער של צלילה "bias". שימוש בדיפרנציאל מסווג "Limited slip" או "bias" יוזור בשיפור כושר הגרידה. על-ידי שילוב אוטומטי של הינע הטרון הקדמי תאפשר תוספת כוח-יגירה בעת הצורך, בלי תחרבות כלשהי מצד הנהגא.

אמנם לكونים האזרחיים של קלירכב 4X4 יש דרישות שונות

במוטות התחמך מתחמשים כדי למנוע החלקת צינורות הסרן, וכי לכנון את נוית קידום האופן. הקצה האחורי של כל מוט פיתול בחובר בזרה קשיה לקורת אורך באמצעות חוטש תושבת עיגון. כגון מוט-הפיתול נעשה בעורת מנוף, המותאם להריצים בקצה המוט, ובאמצעות ברוג כונגון, שעובר דרך חוטש תושבת העיגון. הקצה הקדמי של כל מוט עשוי בעורת מושטה המכונס בתושבת החלקה לתוך צינור בעל משווה פנימי, זהה

מהזוקן לזרע בקרה עליונה בצד קורת-ירוחם קדמית. ורווד הבקרה נעה סביב נקודות המגע שלה עם קורת-ירוחם קדמית. צירי הסיבוב בעליים ייחודיים דרלון ומונדייגומי. כגון שפיעת האופן נעשה על ידי הנזוז תושבת הבדור העליונה מהצד, דבר המאפשר הוודאות לחורדים המאורכים המיועדים לבוגרי החזיות.

לשיפור יעילותו של הציר המתווך תוכנן נושא עם ציר קבוע (Pivot-mounted carrier) המאפשר שימוש במתלה ורווד אוטומטי מקביל. הנושא נשען בקצה אחד על מבעד צירי בסגנון הרכב ועל הגל המניע אשר מואר לאופן אחד. הפחתת המשקל של אותו חלקי-רכב שאינו נשען על הקפיצים היא יתרון חשוב.

#### הנעת V חזiosa

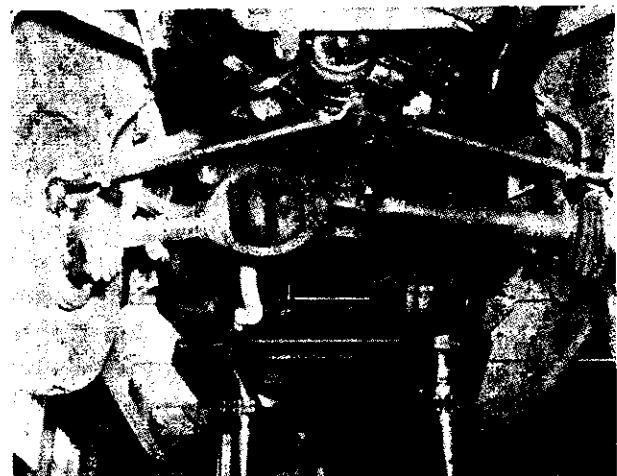
המסורתיכות. הידועה בשם הנעת V חזiosa, רצiosa מאוד ברכב המיווך להסתע בונראם. בוגמים בעלי הנעה קדמית או בעליה (תמונה 3 ו-4). מערכת המתלה, המסגרות ומוטטה הרגה בתכנון זה מושתפים גם לדגמים של  $2 \times 4$  וגם ל- $4 \times 4$ , אך שצורת הרכב, הנרגה בו ותפעלו — זהים. גם מתלה של מוט-פיתול וגם מתלה קפיז לולני וצויים לשם הקנית מרוח קרקע למערכת הינע האופניים, אשר צריכה להיות חלק אינט-גרלי עם מרכבי המתלה.

בתמסורת הכוויה משתתפת תיבת-מסטרת-העברית מיוחדת, אשר כוללת הינע דינרנציאלי בין שני צירי ההינע של האופניים הקדמיים, וכן ציר נפרד להזנת האופניים.

תיבת-מסטרת-העברית מותקנת בסוף תיבת-מסטרת-ההילוכים. ציר כניסה מחובר לציר יציאה מסורת ההיילוכים דרך מפרק וחיה בעל נתיבות. גלגל השניים, המשולב באופן קבוע, והמוגן המומץ בעצמו מורכבים על הציר הנכון.

הנעת האופניים תבוצע על ידי העמידה גלגל השניים לציר הכניסה, וההפרדה תבוצע על ידי הפרדת תמסורת השנויות. שני צירי יציאה מושרים בין ציר כניסה מסטרת-העברית לבין צירי הנעת האופניים. צירי היציאה מחוברים בתוך המערכת על ידי תמסורת שניים קווית. ציר אחד מציר היציאה מחורץ, ומונע בנפרד על ידי דינרנציאל סטנדרדי אוטומטי.

שבעת שניים. המחוורת לדינרנציאל, משולבת עם גלגל השנויות בעל המהירות הקבועה, שומרה על ציר הכניסה. הफחתה קבועה מתאפשרת דרך משלבות קבועה וטבעת שניים. חייזות הינע האופניים כוללות תמסורת שניים קווית, לשם השגת הפעטה נוספת ולשם כיוון ציר הכניסה לציר היציאה של תיבת-מסטרת-העברית. הבית מהוחרב באמצעות ציר לתוכה, הנמצאת בין הזרוע העליונה והתחתונה של המתלה.

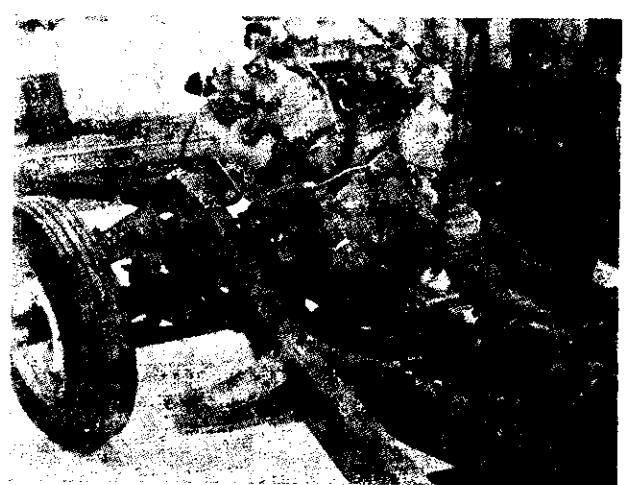


תמונה 2

זרן חזיו או מחרוזד בגייפ וונגניר עשוו אותו לרכב בעל צללית נסוכה במדה רבה, ומכם אותו לקטגוריה כלי הרכב בעלי המתלה הנפרה.

נסועים. פותחי ממסרות הכוויה כך, שיאפשרו הקטנה מכסימלית של גובה הרכב ושמירה על המתלה הנפרד. ה"ונגניר" מצדיד בסרטן מתנדד, המפתחת מגובה כליה הרכב, שעה שהוא מושתפס בסרטן קדמי מוגע מקובל, 7–5 ס"מ. נוסף לו קיימים תיבת-מסטרת-העברית ושני גלים מניעים מקשרים.

הציר המחולק בשבייל המתלה הנפרד נע סביב מרכו הציר ומאפשר לכל אופן לנע במנפרד (תמונה 2). הציר מחובר לקורת-ירוחם קדמית באמצעות שני לולבי U. חיבור קדמי מצלב מגשר בין ציר ה-*סן* השמאלי לבין הדינרנציאל ומאפשר להספיק להגעה מהדינרנציאל לאופן השמאלי דרכו הציר החזוי. מפרק אוניברסלי זה ממוקם מתחת לציר. המפרק והציר מוגנים על ידי מערכת זרווד הבקרה העליונה, מוטות פיתול ועל ידי מוטות תמן. בית-הציר הצינורי מאפשר ויתור על זרווד בקרה תחתית. כך שמושג מרווח-קרקע מרבי. כמו כן אפשר סידור זה אחזה נוחה יותר.



תמונה 3

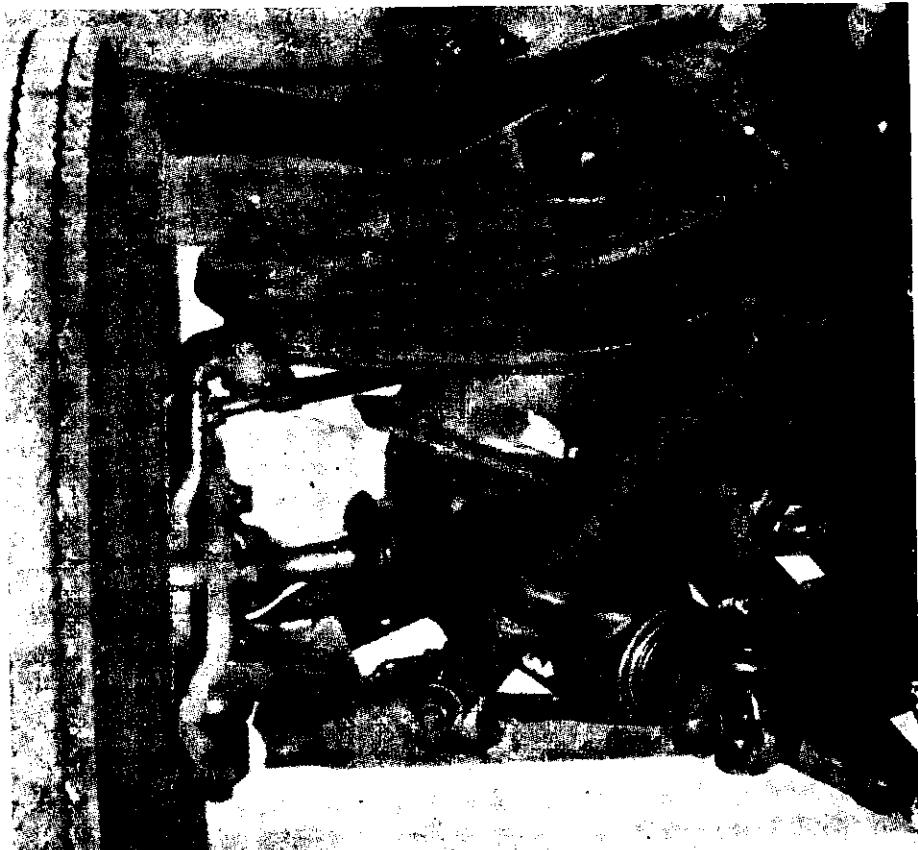
סדרו ש הנעת V חזiosa, דציה ביחסו למקום שהרכב מועד להסעת בני אדם, במיוחד אם הרכב נמצא בשימוש אורח.

### מערכת בקרה הכבול

במערכת הבדיקה מקשר כבל בין תא הנג' לבין תיבתי מסורת-העברית לשם שילוב והתרת ההינע הקדמי. שני כבלים, אחד לכל אופן, מחברים את מסורת-העברית ואת האופנים.

צילינדרים קבועים המוחוברים לכל אחד מכבלי האופניים מכך ניט להם קבועות בעט החמדת. כמו כן מאונינים צילינדרים אלה את הפרשי לחמדת בין האופניים.

ציר ההינע נמצא בתוך הבית כשהוא מהודק למפרק הירון, כאשר ההינע נתמך על ידי ציר ועל ידי גל. הציר ומפרק אפשררים סיבוב האופניים עם התנגדות של מומנט שנלכד דרך הציר. בתוך יחידהאפשר מזמר בעל תוחם מהוירן לנעל את האופן. הבדיקה של נעילת האופן מתונה ייחידה אחת עם הבדיקה של מסורת-העברית לשם נעילת האופנים. כאשר ההינע הקדמי מופרד, ולשם נעילתם ברכבת בעל הינע של ארבעת האופניים.



חבט מקרוב על מערכת הנעת V חזיה

### התיעיות מתקנות

בנסيون השלישי צירפו את הרפיה האוגן ורגול החרייך — והחוווק עליה פי 3 עד לתוחום בין 31,700 ל-44,400 ק"ג. שיטה זו עתה בשימוש בייצור.

כיום, כאמור, המסתורין הבלתי מוסבר: מדוע היו שני שלבים אלה, ההרפייה והערגול, כל כך בלתי-יעילים בפני עצם. ואילו בשעה שצירפים יחד ה比亚ו לתוצאות כה מוצלחות? אכן, והוא אחד הדברים של נושא התיעיות — כל שכלל מציג סדרה חדשה של אתגרים.

— המשך עמוד 24 —  
המקשת לנעום מינימלי של 45 Rc היה שביר מדי — לכן, בעת נסיוון, הרפו את האגנים, מתחזק תקווה לשפר את החוווק. לרוע המזל, אפיק-עליפי שהחוווק עלה במידתימה, לתוחום בין 13,000 ו-26,000 ק"ג — עדין לא הספיק. חשבו שהחוווק ישופר עלידי ערגול החרייך מתחת אוגן הרוול, אולם התוצאות שוב לא היו מספקות (עומס בגבולות 25,000—7,250 ק"ג).

# התחלנו ביצור ובשיווק דגמי הרכב החדשניים של חברת קייזר-גיפט קורפורישן



## ואגוניר

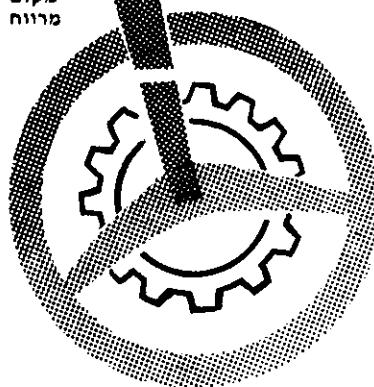
ה"ספישורייאנו" בעל חדר וווחות של סכונית  
נוסעים עם כבב וחבטון של נסיעת „גייפת“. •  
• ארבע דלתות • 6 צילינדרים • 5 נוסעים ומקומות  
רחוב למטען. הנעה קדמית או רגילה לבחירתך.

## ואגוניר-נסחרי

מכונית מסחרית סגורה להנעה על מטען, עם  
משקלymax מותר עד  $\frac{3}{4}$  טון.  
מוקם ל-2 נוסעים ליד חנכה • הנעה רגילה.

## גלדיטור

— תסנדר האלגנטי וחנון עם מרכב  
עשוי פח, גגון וספליטם. שני דגמים:  
למעטם מותר של 1000 ק"ג ו-1450 ק"ג.  
מוקם ל-11 נוסעים ועוד לוגג • תא איחזג  
מרוחה • הנעה קדמית או רגילה לבחירתך.

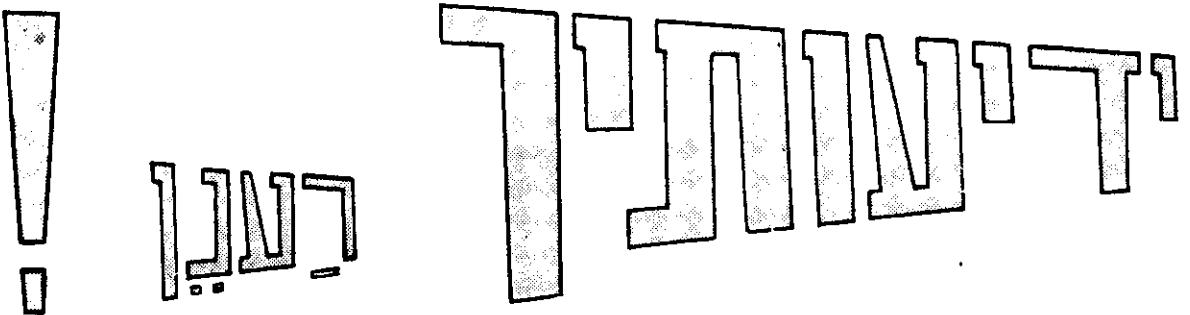


פנה לאולמות התצוגה והמכירה של

**א. איילין**  
**העשייה בת בע"מ**

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





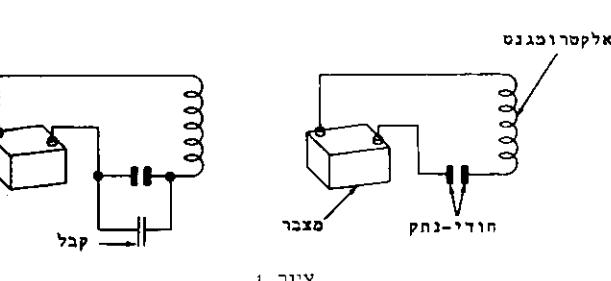
## מערכת הוצאה

### הוצאה באמצעות מוצבר

ידוח את האלקטרונים מהרצואה השנייה, וכחוצה מכך רצוי עתימכתה זו תהיה טעונה מטען חיובי.

הקבל גוטה למנוע קשת חשמלית בין חודייהנתק, כנ' היא מחשיש את מפל השدة המגנטי. סיבת הדבר: הקבל טען מטען חשמלי, וכך נגעה זרימה נוספת נספפת של זרם לתוךו בעולה זו אפשר להשווות להתקוזות קפיץ תחת עומס. הקפוץ חזר ולבצבו החתחתי עם הסרת העומס.

הקבל הטען מטען חשמלי מתרפרק לחוץ האלקטרומגנטי מיד עם סגירת חודייהנתק, ובכך יסייע ביצירת השدة המגנטי מחדש.



#### השראה הדדית

אם נקבע סמוך לסליל התיל הראשוני סליל תיל שני, ונחבר סליל זה לנורה חשמלית (צייר 2). תיראה מיד ההשפעה של יצירת השدة המגנטי ונפילתה, תוך תנועת הפתיחה של חודייהנתק והנתק וטיגורותם. בעת שחודייהנתק סגורים, השدة המגנטי גדל בlyphופיתתיל הראשוניים, וגע לעבר ליפופיתתיל המשניים. דבר זה משרה מתח, ומורותים זרם לlyphופיתתיל המשניים, דרך הנורה. אם הנורה בעלת גודל מתאים, היא תידלק לזמן קצר ביותר, כי להעיצרות השدة המגנטי דרוש זמן קצר.

כאשר חודייהנתק נפתחים, השدة המגנטי נחרס, ונגם הפעם

#### תקיפת המערכת

אפשר להזתה את מרובה הדלק על-ידי חום הדחיסה כמו במוצע דיוול, או על-ידי ניצוץ חשמלי כמו במוצע הבניין. החשמל להזתה מסופק מהמצבר או מגנטו בלתי תלוי. באופון עקרוני אין כל הבדל ביניהם. תפקודו העיקרי של שניים מהם להעלות מתח נמוך למתח הרבה יותר גבוה, עד 20,000—15,000 וולט. מתח גבוה זה מספיק כדי להתגבר על התנגדות הדחיסה בשל השירות ולתורם את הזורם בין האלקטרודות של המזת. הניצוץ החשמלי הנוצר מצית את התערובת.

#### הobel (הקווננסטור)

הobel מסוגל לאגור זרם חשמלי לפרק זמן קצר בלבד, לנכון הרוא מתחאים כמוagar לגלי הזרם. הנוצרים על-ידי המתח הנגדיב בעת מפל השدة המגנטי בסיליל. אגירת הזרם על-ידי הקובל (ויל' לפרק זמן קצר בויתו) מנענת ומפחיתה את הקשת החשמלית לאורך נקודות המגע. בכלידרכם ממוגן מרכיב הקובל משתי רצוות עדינות ביותר העשוות אלומיניום או עופרת. הרצוות מבודדות זו מזו על-ידי חומר מביך (נייד שעווה על-פיירוב), מלופפות כגורש אחד ומוכנסות לחוד עטיפת מתכת. תיל-חשמל מחבר רצואה אחת, ובולט מחוץ לבית הקובל. רצואה המתח השניה מוחברת לבית הקובל.

בעת פעולה משמשות רצאות המתחת כשתמיון גזולים לאלקטרונים חופשיים. בצייר 1 מחותאץ מצב, בו מתחילים חודייהנתק להיפתח, דבר המפסיק את הזרם מהמצבר, וכי יצא מהחיל השדה המגנטי להירה. עם תנועת קוויי הכוח המגנטיים, הנזרים סביב כרייבות האלקטרומגנטי, נוצר מתח נגיד, המנסה להמשיך את זרימת הזרם. הויל וחודייהנתק פותחים, יזרום הזרם לחוץ הקובל. רצואה אחת, השלוי לית בobel, מקבל מספר גדול של אלקטرونים חופשיים (זרוי מות ורום). כחוצה מכך, המתחת בעלת האלקטרונים החופשיים תהיה טעונה מטען חשמלי שלילי, מטען חשמלי שלילי זה

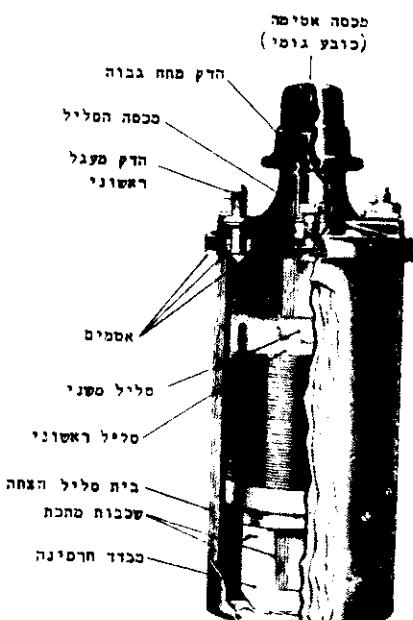
נמוך וגבוה. כאמור, נוצר שדה מגנטי סביב הסליל המשנה כאשר נסגר המעגל הראשוני באמצעות חודי הניתק. עם פתיחת החודים הניתקים, נעלם השדה המגנטי במתה. היעלומוו מההירה של השדה המגנטי משרה מתח גבוה מאוד (20.000—15.000 וולט) ברכיכות הסליל המשני. מתח זה מועבר למפלג, ומשם—למצחית. המתה, שהוא די חזק כדי להתגבר על התנגדות הייזר האירור במרנה ביןALKTRODOTIהמצחית, גורם לסגירת המעגל עליידי ניצוץ, המצית את תערובת הדלק.

### המפלג

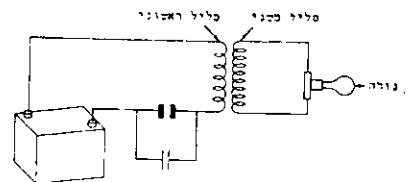
למפלג מס'ר תפקיים. ראשית, תפקידו לסגור ולפתח את המעגל הראשוני כדי ליצור שדה מגנטי ולחזור אותו בסליל החצחה. שנייה, עליו לקבע את הזמן המדויק של יצירת השדה המגנטי, כדי שהמתה הגבוהה המושרה ייגזר בזמן הנכון בהתאם לפעולות המכונע. הוא מכון ומוליך את נחשר ליזמתה הגביה לעבר המצתים ולעבר המצת המתאים.

בצורות 5 ו-6 מתואר המפלג על תלקייו השונים.

המעגל הראשוני במפלג מורכב מזוג מגעות, המכוניות „חוידי נחץ“, ומהබל, המהוור אל אחד מחודיהם הניתקים. גם המגעה קבועה עליידי ברגוט ללהיתחוידי הניתק המיארת. אך המגעה השטנית, המצוידת בקפיץ דפי, קבועה בלוחותחוידי הניתק, אך בזיגזג למצעת הראשונה. אפשר לסייע אותה באופן חלקי סיבוב מושבתה. אל מגעת זו מהודקת בליטה, העשויה סיבן, והיא באה בגע עם פיקת-המפלג.חוידי הניתק סגורים בגלול החץ הקפיץ, והם נפתחים עליידי פיקן, שהוא חלק בלתי נפרד מתוצבתריטורי-המפלג. מספר הפיקות על הפיקון הוא כמספר הצילינדרים במונע. פיקן זה קביע על גל-המפלג, אשר מונע באמצעות גל-הפעיקות של המונע. במספר דגמי ליררכב מונע גלי-המפלג דרך נישאבותה. תיל המעגל הראשוני המוביל גם מהמצבר אל סיליל-החצחה, ממשיכים מסלול החצחה



ציר 4  
ציר הרצפה — חתקן



ציר 2

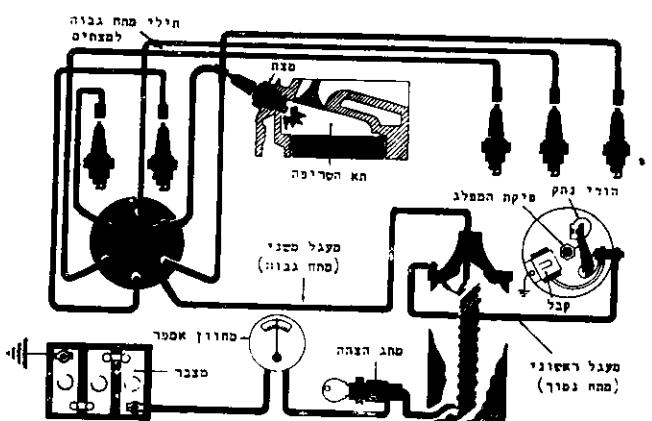
השראה הדדית בין שני סיליני תיון

גע לאורך ליפופיריהתיל המשניים, משרה מתח ומוליך את הנורה, כמוסבר לעיל. אם נשמש בקבבל, הנורה מדלוק ביתר בהירות, כשבודידיה הניתק הפתחים. הסיבה לתופעה זו היא כי הקבל מחייב את נפילת השדה המגנטי, בהחישו את תנועת קוויו-היכוח המגנטיים, הנהרטיים בפליפיריהתיל המשניים. ככל שקוויו-היכוח נעים מהר יותר, כן יידל המתח ויורום יותר זרם, ובסתו של דבר מדלוק הנורה באור בהיר יותר.

### מעגלי-החצחה

כללי — מערכת החצחה-הסליל מתוארת בצייר 2. מערכת זו מורכבת משני מעגלים חשמליים: ראשוני ומשני. המעגל הראשוני הוא מעגל המתה הנמוון, והמשני — מעגל המסתה הגדולה. מערכת החצחה מורכבת, בעיקר, מתחלקים הבאים. המנצח — משמש מקור הזרם, עד שהמנוע מתחילה לפעול.

מאותו רגע ממלא הדינמו את תפקיד מקור הזרם.



ציר 3  
תיאור סכמטי של מעגלי החשמל במערכת החצחה

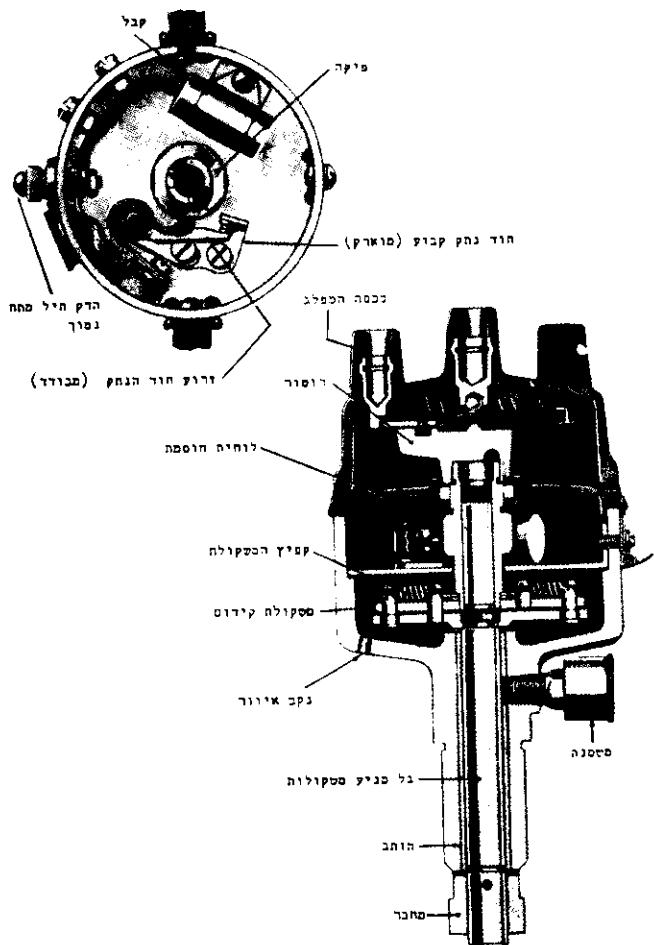
מודהאמפּר — איןנו חינוי לפועלות המעגל הראשוני, אך על-פני רוב הוא נמצא בתחוםו הוא משמש לבדיקת המעגל הראשוני ולביקורת קזביה-הטעינה והפרקיה של המנצח.

מבחן-החצחה — סוגר ופותח את המעגל הראשוני. הסליל הראשוני עשוי עשווי כמה מאות ליפופיריהתיל חשמלי שעובי בערך 1 מ"מ. הסליל המשני עשוי אףו ליפופיריהתיל חשמלי, שעוביו 0.1 מ"מ. שני הסלים מרכיבים על גרעין ברזל וכולרים בתוך ביתר מחתכת. מכשה הבית עשווי חומר מבדד, ואוטם את הסלים כמקל אחד. במכסה יש חיבורים לתיליה-השלל בעלי מתח

מערכות הקיודם המרכזיים נמצאת בתחום בית-המפלג והיא מורכבת משתי משקלות ומזוג קפיצים (ציר 7). במשקלות יש מספר חורים, בעורמת אפשר להריכיב את המשקלות על גל-המפלג ועל תושבת-הרוטור. הקפיצים קבועים על בליטות במשקלות ובבביה-הרוטור, והם מצדדים את המשקלות אל בית-הרוטור. בפעולה-הסדר של המנוע הקפיצים הם די חזקים כדי להמשיך ולהציג את המשקלות. אך עם החשת סיבובי המנוע, הכוח המרכזי היגדי הגדל במשקלות מתגבר על מתח הקפין ומרחיב את המשקלות במעגל סיבובו. הואיל ובית-הרוטור קבוע במשקלות באמצעות בליטות. תgross פיתחת המשקלות לקידום הרוטור בכיוון סיבובי גל-המפלג.

בציר 8 מתוארים שני המכבים השוררים במפלג: מצב איר קידום ומצב קידום מלא. הואיל ועל בית-הרוטור-המפלג קבועות הפיקות המפעילות את חודי-הנתק וכן הרוטור עצמו קידום בית-הרוטור יביא לידי זמני-הצחה ביחס למצב הבודדות בצילינדרים.

קידום ומן ההצחה בעורמת הריק משלים את קידום ההצחה



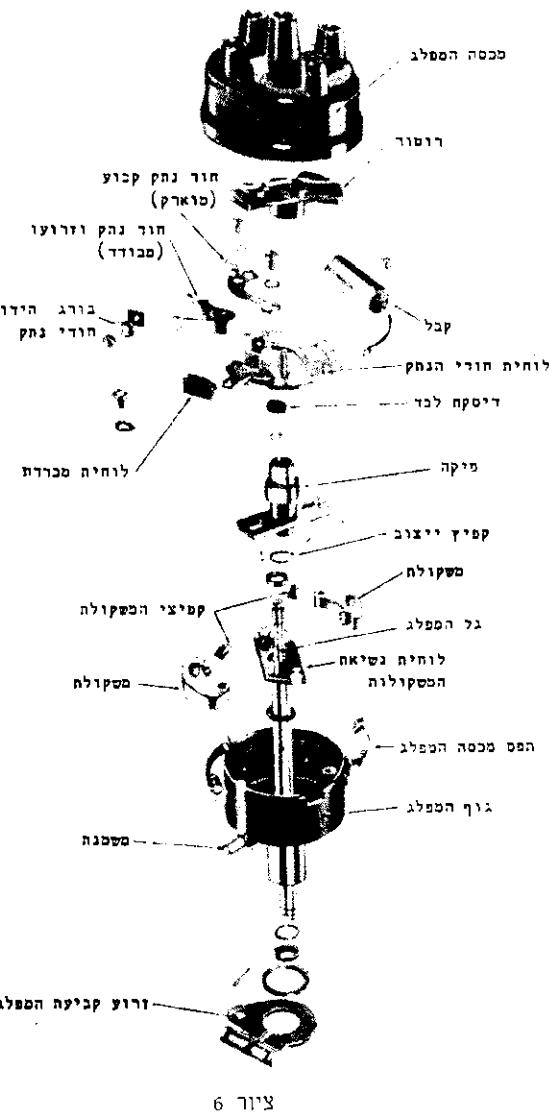
ציר 5

מפלג — מבט מלפנים בבי המכסה ומבט מהצד — חתך

לכיוון חודי-הנתק, לעבר המגעת המצוידת בקפין. המעלג הראשון נשלם ברגע שהודיע-הנתק טగורי.

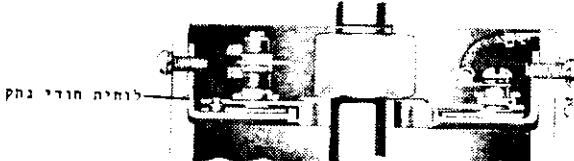
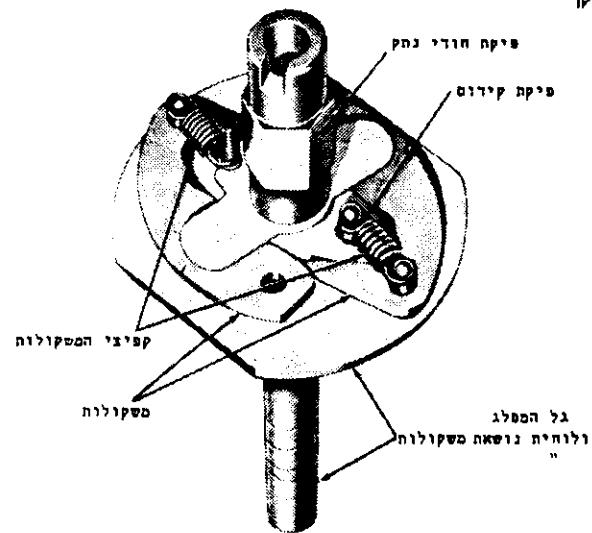
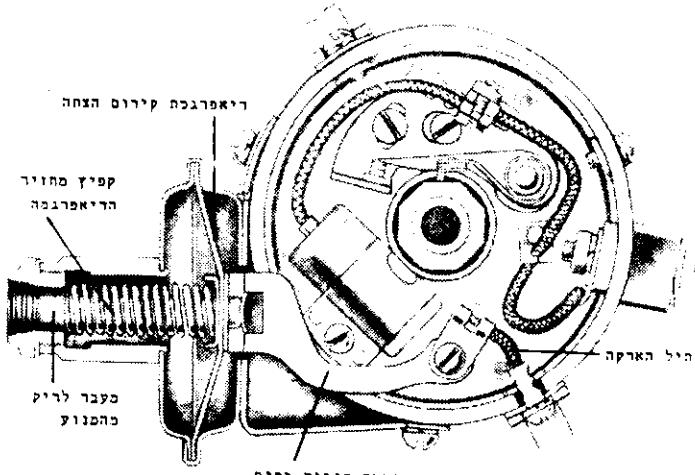
המעלג השני במפלג כולל את הרוטור, הקבוע על תושבתו בצורה קשיה, כלומר, מסתובב רק יחד עם התושבת שלו. על הרוטור קבועה, על-פיירוב, דפיטה-קפיצית, המוליכה את המתה הגובה לעבר בליטות המתכת במכסה המפלג, הנועדות בשביב המצתים השונים במנוע. מכסה-המפלג עשויי, על-פיירוב, בклиיט. במכסה יש נקודות קביעה לתיליה-המתה הגבוהה, הבאים מסליל-ההצחה ומהמצחים. מכסה-המפלג מרכיב על בית-המפלג באמד צעות שמי מהדקות קפיצות.

קידום-זמן ההצחה דרוש במנוע. כדי שהងזוץ יתוהה בצילינדר בזמן הנכון בסוף מהלך-הרדיטה. במהירות גבהות יש צורך בקידום נוסף של זמני-הצחה. כדי להבטיח ומנספיק לביצירת כל תערובת-הדלק בצילינדר. ב מהירות ביניוני דרושים מבירניים בקידום זמני-הצחה. כדי לנדא קידום-עצמי של זמני-הצחה, מצויים מרכיבים המאפשרים במערכת-קידום אוטומטית, המבוססת על מהירות סיבובי גל-המפלג. מערכת זו מצויה על-פיירוב ב-“משקלות”. במצב פעולה מסוימים של המנוע (האצה פטואומטית) דרוש קידום זמני-הצחה נוסף על הקידום, שכבר נעשה על-ידי המשקלות. קידום זה נעשה בדרך כלל על-ידי התקן מיזהה, המנצל את ריק המנוע.



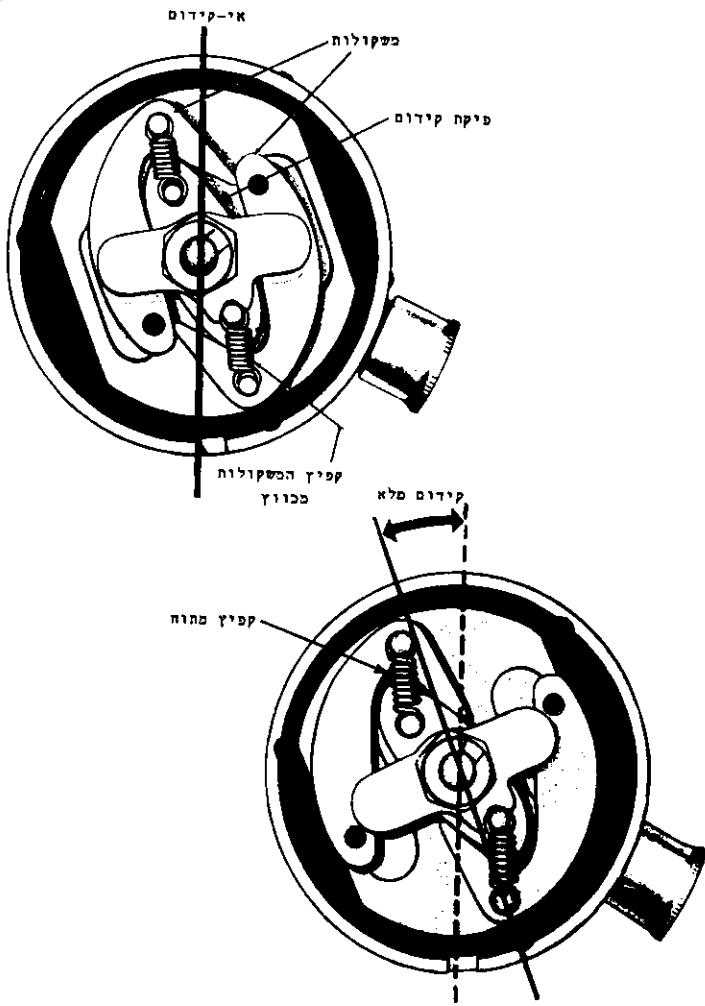
ציר 6

הקיודם המפלג במבנה פרוש לפני סדר הרכבת



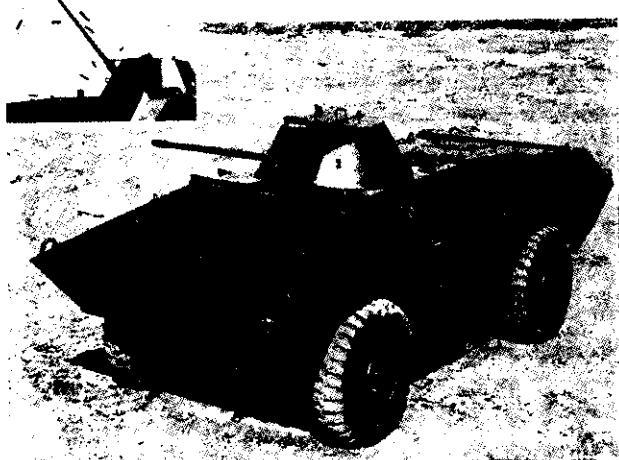
מגננון קידום הצתה בשורת ריק  
צירור 9

הצנטריפוגלית. בשיטה זו מנוצל ריקיה המנווע כדי להפעיל דיאפרוגמה הקבועה בחלל הריק. דיאפרוגמה זו מחוברת באמצעות פס-מתכת לוחות-יחודית-הנתן-תק: הדיאפרוגמה דרכיה באמצעות פס-מעוות קופץ במצב של קביעה בשיטה זו אל בית-המפלג באמצעות בריגיט: "אי-הפעלה" (צירור 9). לחות-יחודית-הנתן אינה אפשרר לשובב אותה אינה ואנה. כאשר משנק הקרי-בורטורי פתוח במלואו, בספט-הינקה שורר ריק כמעט לגמרי. במצב זה מקבל המנווע את מלא מנת מושט ביותר. תערובת הדלק והאוויר, והקיודם, המתקבל בטיבובי תערובת הדלק והאוויר, והקיודם, מספק את צרכי המנווע. אך אם המשנק פתוח רק בחלקו ומנת התערובת הנכנסת לצילינדרים קטנה מהתדרוש, יש צורך בקיודם זמן הצתה נוספת ווסף על מה שהישג כבר על-ידי המשקלות הצנטריפוגליות. וזאת כדי להבטיח ביעירה תקינה של התערובת. המערכת לקידום ומזהצחה בעזרת ריק, מחוברת באמצעות צינורות אל הקברטור. כאשר שורר ריק בקרברטור, יונזר ריק גם בחלל הריק של הדיאפרוגמה (בצד הקופץ המחויר). כתוצאה לכך מכט מגבר הלחץ האטמוספרי המחויר). כותזהה מכט מגבר הלחץ האטמוספרי על מתח הקופץ, וודוחף את הדיאפרוגמה בכיוון ההר כוצות הקופץ. תנועת הדיאפרוגמה גורמת להנעות פס-מתכת של לחות-יחודית-הנתן, ותונעת לחותי-יחודית-הנתן גורמת לקידום זמן הצתה. הציגור הציגור בקרברטור נמצא מעט מעל המשנק כשהוא סגור. ככל מר Каשר המנווע פועל בפעולת-טיסוק. הדבר המבטיח שלא יונזר קידום זמן-ההצחה בפעולות-

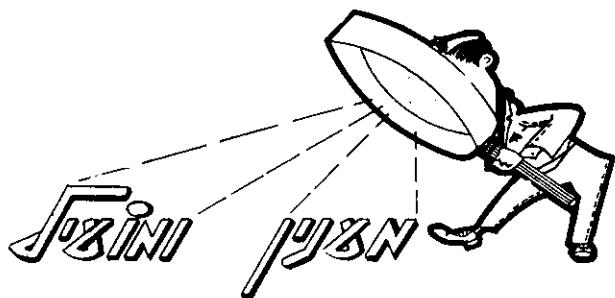


פעולות קידום המשקלות  
צירור 8

## שריונית חדשה במכירה חופשית



שריונית הדשה הוצאה לשוק על ידי חברת "קריזלר", לשימוש המשטרת וcohות הבטחון. המיווד בשוריונית זו הוא שטיפול בה יכול להיעשות בכל סכנות מכירה של חב'ת "דילוג", או כל מוסך. לשוריונית בת ה-7 טון מנוע "קריזלר" זהה למונץ, הנמצא בשוריונית M-113, שהיא בשירות צבא ארה"ב. השוריונית מגיעה ל מהירות של 105 קמ"ש על דор כבושה. חימושה כולל חותם בן 20 מ"מ, היכול לרום חוממות ח"ש ותחמושת נפיצה בקצב של 1000 כדורים לדקה, נוספת על התוודה. יש אשרות להרכיב על הצricht קשת רחבה של מצרפת נשק מסוללה מקולע 7.62 עד למטולי רקטות 90 מ"מ.

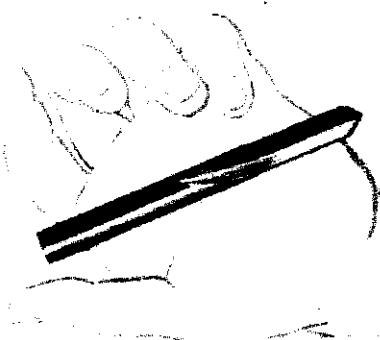


## מקדח קרביד מוצק לקידחה במתכוות קשות

מקדח "דיו" הוא מקדח הגזטי קרביד מוצק, מקדח זה ממוקע על-ידי הצרור לקידחת מתכוות קשות, בגלל המתקנת הקרבידית וההכננו השר של תעלות. מקדח זה יקדח מתקינות קשות בסיבולות של מקדר. חכונו החעה של המקדח מקנה לו דפנות חזקות. מקדח זה חזק כלכך, שהוא יכול לקידוח מתקנות בקוטרי של RHC 65. המדריך מוצג במידות שונות מ-1.5 מ"מ עד 12.7 מ"מ.



## שיםושים נוספים למערכת ה-TOW



## הטעת אנשי חיר על ענקים

רעין חדש להטעת אנשי חיר על טנקים הועלה על ליחות השרטוט בצבא ארה"ב. בהתאם לדעינו יאפשרו לפונת טקי ה-M 60 מדריכים, שרוכחים מספיק לעמידת חיל על ציודן. המדריכים מחוברים באופן המאפשר את קיפולם כלפי מעלה, כדי לא להפריע לטנק לעבור במקומות צרים. התקנים אלה יאפשרו לטנק להعبر בגובה כ-15 חיליות על צירם.

בתמונה נראה מערכת שיגור מודגム TOW. מרכיבת על גבי גגמ"ש M-113: מערכת השיגור TOW המכונה לשימוש נסוני בצבא ארה"ב, לפני כבנה, ומאו סותחה לישומים נוספים רבים רבי. מלבד על הגגמ"ש, מרכיבת מערכת השיגור גם על גבי גי"רים או הליקופטרים (ראה מדים 14, 15). הטיל המשוגר במערכת TOW הוא טיל מדגם "שיללה" XM-55-1. טיל זה ניתן לשגר גם דרך קנה השיגור של הטנק הכל "שרידן" XM. מערכת השיגור TOW מרכיבת מצינור שיגור ובצת ויטויים שנערכו בארא"ב. פג' הטיל בתוחם של 30 ס"מ בלבד ממרכזו המסתה, בטוחים שעלו על 1600 מ'.



# מכשידי תנועה בע"א

## מכוניות נוסעים dagani 1966

סימקה 1000 — 1300 — 1500  
פלימוט — ואליאנט — דודג' — דרט

## משאיות

משאיות וטנדרים — דודג'  
מ-750 ק"ג עד 5500 ק"ג  
כולל רכב עם הנעה קדמית 4x4

## כונועים

מנועי דיזל ובנזין — פרקינס

## חלקי חלור

חלפים מקוריים סימקה — מופר  
למכוניות נוסעים, טנדרים ומשאיות

## שרות כוסבים

שרות מוסמך  
בחסות קרייזלר בכל חלקי הארץ

תל-אביב, בית קרייסלר — סימקה  
טל. 36115, דר' פ"ת, 76  
חיפה, דר' העצמאות 104, טל. 524475  
טל. 22660, ירושלים,



חכורי פצוק, מכשידי חצוב,  
מכשידי סכטור, בלי ירידיה,  
תחמושת ואביוזרים

תל-אביב, דר' פתחjtka 28  
טלפון 36423      ת.ה. 1837

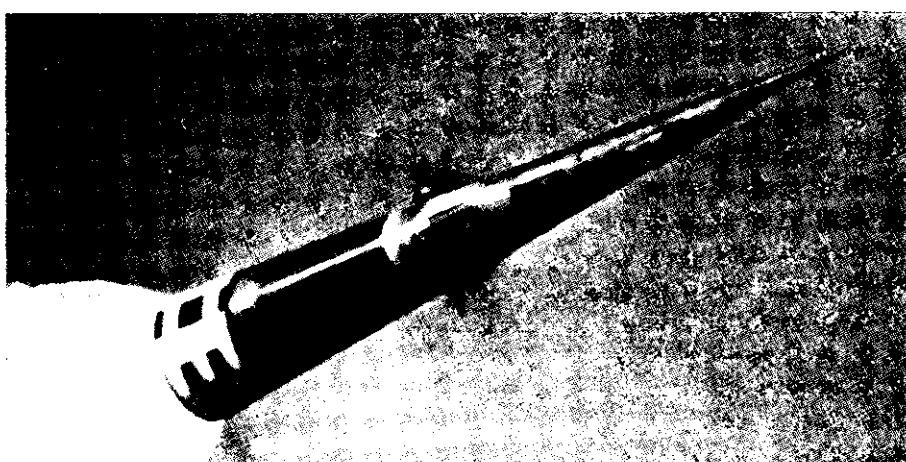
## שנה טובה

## לכל קוראינו

מأكلת  
מערכת  
„מערכות-חיכוך“

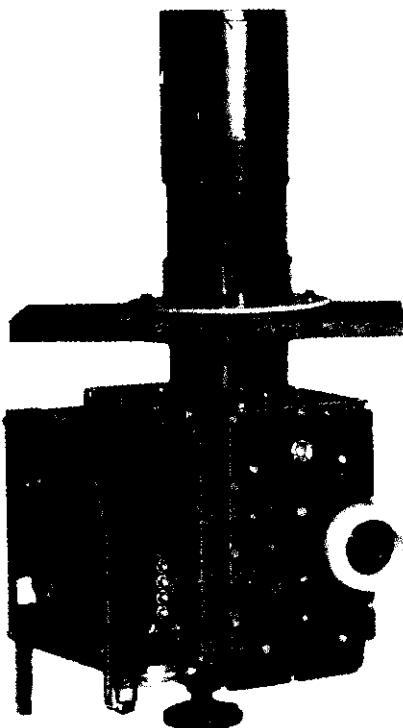
## ה„ספוריינט“ טיל נגד טילים

לפנינו התצלום הראשון הראין שפורנס מטל הנ"מ „ספוריינט“ הטיל הוא טיל נגד טילים בעל מהירות היפר-ersonic. המנוע הח מוקע עליידי מערבת ארהה. ה„ספוריינט“ בעל טוח קדר יחסית והוא מהות חלק של מערכת ה-X-NIKE. הטיל החזק ושורף דלק מוצק. ראש החץ הוא אטמי.



## מדיטוח חדש

מדיטוח חדש הציג את עקרון הלוור (ראה „מערכות-יחסוט“ מס' 19) תיעד לאחרינה על ידי חברת „גיגיס“. מדיטוחו הותאם במיוחד לננקים והוא שילח קרן עד לטוח של 10 ק"מ בעורמו אפשר לקובע בבדוק את המרחק לבארה. המעןין במכשור הוא כי קרן מתוחנת עד 5 כ"ב בלבד ביצה של 10 ק"מ. בניגוד למקובל במדיטוח רגילות אין תנידות בדיק בטיחים מלבילים. המערכת החדשיה היא מצומתת (קימפקטיבית) איזיד ונומנה חיצאות מזרחה באיפנו שוטף. המכשור לא ידרש אחזקה רבה ומשר האמן בו קזר. הוא אינו מסובך ובנוי בזרה יציבה כך שהוא מסוגל לסייע ריצודות וממות חזקות למדי.



## מערכת ההגוי של העתיד

נתינה עליידי סובב כף היד בלבד, היא מטרת מערכת ההגוי החדשיה שהורכבה במספר מכוניות „פורד“. מערכת זו הותקנה ב-4 מכוניות „מרקורי“ מתוכרת „פורד“, כדי לבדוק חוגבותם של מספר רב ככל האפשר של נוגדים מקצועיים מניסים.

כפי שנמרס עליידי החברה — בין מעלהתיה של מערכת הנקה זי נכללים ראייה משופרת של האביזר יולות המהוונים כאחד, ושהרוי מתייחסות הנאה, בין אמות ידייו ושותות על מסעדות מHIGH-TECH. ההגה מרכיב מזיאיר נטייה, עליו מרכיבות שתי טביעת פלסטיק בקייטר שי-12 ס"מ. הטעבות מחובבות לציר ההגה בעוררת שמי שרשראת המכפלות בעונגה אחת. אפשר להפעילן בקלות גם ביד אחת — יד שמאל או ימין. בטבעות יש שתי לילאות, ודי לשים אצבע בכל לולאה, כדי לקבל ההגוי מידי וקל.

# אחתהף קאפרכת

## מתקן להשחזה מקדחים

### תשובה המרכיבת

במאמר "מתקן מיוחד להשחזה מקדים", שפורסם בחוברת 19, פורסמו כל הפרטים היזדים למכירת על אודוטה המכשיר. כפי שהוא אפשר להבין מן הכתוב, יש מערכות אבניים וצוארים, המוחלשות בהתאם לגדרי המקדח הדורש השחזה וכונראה שיש גם אבני השחזה ושאר חלקיים — להחלפה. לפי מיטב ידיעתנו המכשיר אינו מצוי עדין בארץ.

פרטים נוספים אפשר להשיג אצל :  
David Scott, 46, Brim Hill, London N2., ENGLAND.

בחוברת "מערכות חימוש" מס' 19, במדור "מעין ומוועל", מדבר הנני פונה אליו בבקשת לקבל פרטים נוספים על המכשיר הנ"ל, ככלומר, מה מחירו והיכן ניתן להציגו.

בתגובה לבקשת הנזונים הנני מודה לכם מראש.

**שריר אלפרד — טכני**

קראתי בחוברת "מערכות חימוש" מס' 19, במדור "מעין ומוועל", על מתקן להשחזה מקדים (חצצת שבדית). אודה לכם אם תובילו לנוות לי על הפרטים הבאים :

א) האם אפשר להציגו בארץ? אצל מי ומה מחירו?  
ב) האם ניתן להציג חלקו הילוף בשעת הזורך (אבנים, מערכת צרארים)?

ג) האם יש מתקנים מהסוג הנ"ל גם לקוטרים גדולים יותר?  
מהכחת לשובטכם ומודה מראש,

**זאב בריך**

### העורך

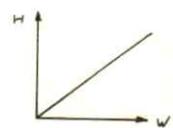
### תיקון טעות !

$$T = C + Pt g \varnothing - \frac{P(n+1)/n}{C(n+1)(k_{\varnothing} + k_{\vartheta})/n}$$

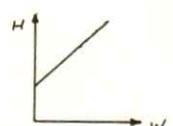
ברLIN הקודם של "מערכות חימוש", נפלג מספר טעויות דפונם. במאמר של נעם סטנץ — "עירות קרטוגרפיה". בתמונה מס' 1



"בקרע פלטטי תהורה"  
A שטח המגע בין הרכיב והקרע



"בקרעויות מציאותיות מקובלות"



"בקרע חכוכית תהורה"

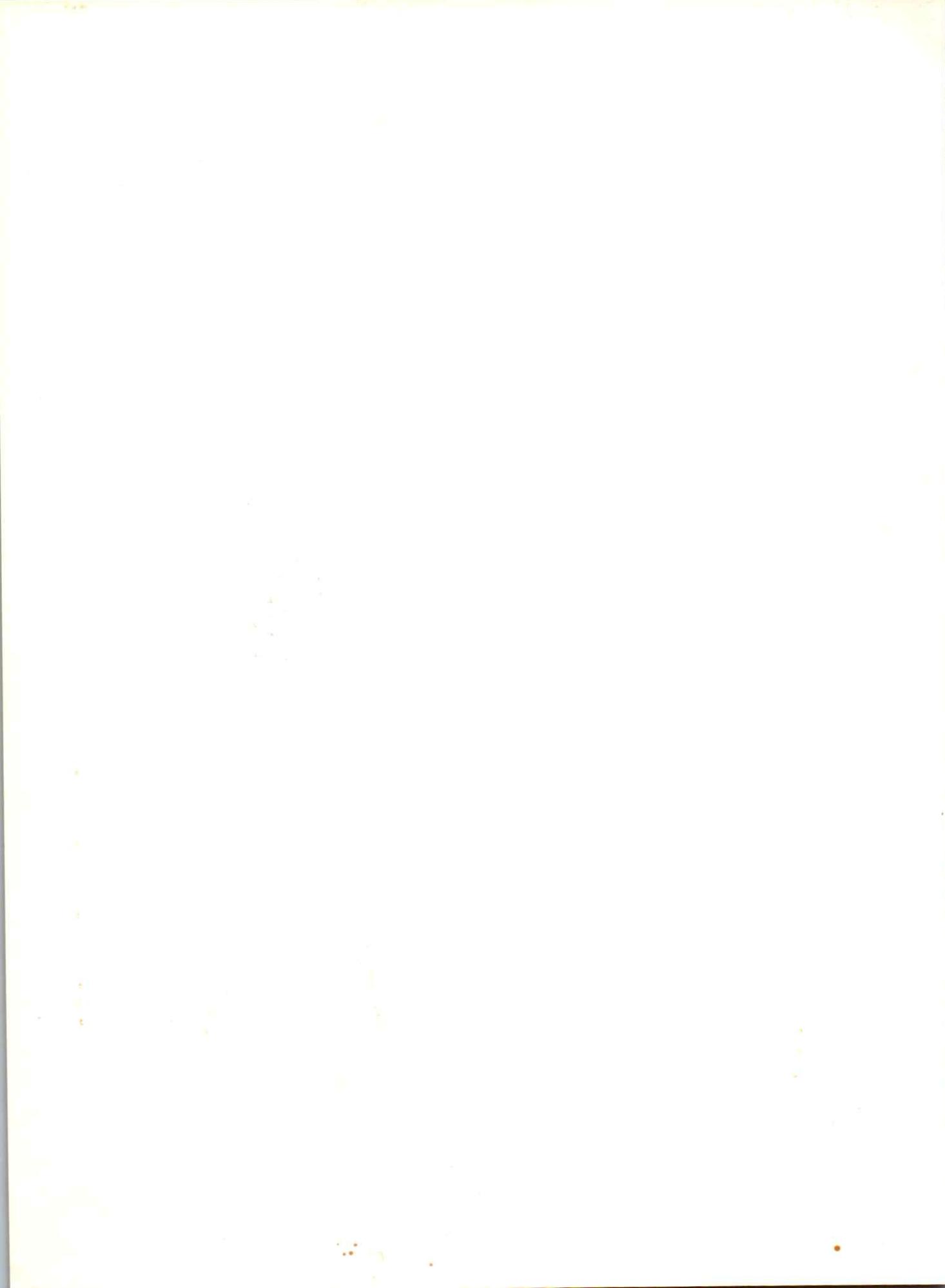
### הודעה !

ליידיעת כל מנויינו המעוניינים ברכישת חוברות מערכות חימוש  
משנים קודמות.

מלאי החוברות היישנות מצומצם והחוברות שלහן אולו:

.16, .13, .12, .9, .5, .4, .3, .1

### המערכת





# מִפְעָלֵי בּוֹר חַלוֹצֵי הַתְּעוּשִׂיה הַכְּבָדָה בָּאוֹזֶר חִיפָה וַהֲצִפּוֹן

## מתכת

מפעלי הנדסה "רמיים" בע"מ, קריית שמונה  
מפעלי פלדה ישראליים בע"מ, חיפה  
צנורות המזרח התיכונן בע"מ, חיפה  
בתיה יציקה "וולקן" בע"מ, חיפה  
מפעלי הנדסה של "וולקן" (1956) בע"מ,  
חיפה  
חישולי הכרמל בע"מ, טירת הכרמל  
סולתם בע"מ, חיפה

## זכוכית

מפעלי זכוכית ישראליים "גניציה" בע"מ,  
חיפה  
החברה הישראלית לזכוכית בטחון בע"מ,  
חיפה

## מלט

מפעלי מלט פורטלנד ישראליים "נשר"  
בע"מ, חיפה

## חשמל ואלקטרוניקה

מפעלי מכברים "וולקן" בע"מ, חיפה

## גומי ופלסטייקה

המגפר בע"מ, חיפה

## עץ, צבע וכיימיקלים

סולגון בע"מ, קריית-חhips

# מוֹצָרְדִּי בּוֹר עֲרוּבָה לְאִיבּוֹת

