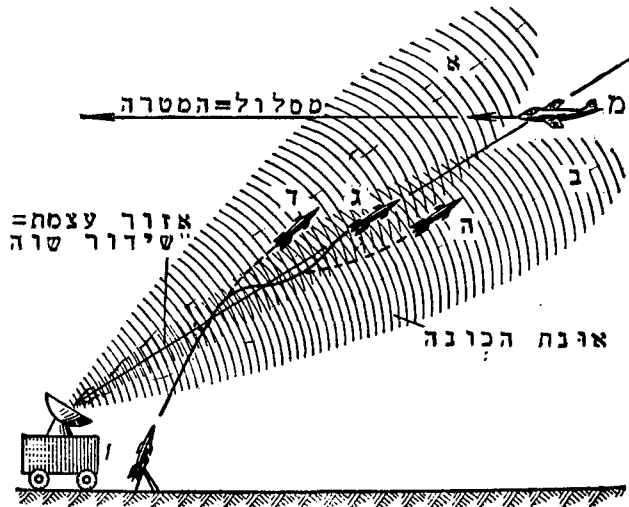


שיטות ניהוג של טילים נגד מטוסים

למחשב (מס' 3) אשר על יסוד אותה שיטת הכונה שנבחרה * מעבד את הפקודות להנחת הטיל.
המשדר (מספר 4) מצפין את ההוראות — ומשדרן לטיל.
המקלט שבטיל (מספר 5) קולטן, מגבירן ומפענחן — ומעבירן



ציור מס' 2

לטייס האוטומטי (מספר 6) והלו מפנה עתה כדרוש את ההגאים המתאימים.

טילי נ"מ מצוידים על-פירוב בשני זוגות הגאים, הניצבים זה לזה: הגאים אנכיים (הגאי כיוון) והגאים אופקיים (הגאי גובה). עקרון הנחת הטיל הנ"מ על-ידי "קרן-אלחוט" (הביטוי הנקלט ברוסית; וביתר-דיוק — על-ידי שדה אלקטרו-מגנטי) מבוסס בצירור מס' 2. תהנת-אלחוט מספר 1 הנמצאת על הקרן, יוצרת בחלל איזור של עצמת-שידור-שווה. איזור זה הוא המכונה "קרן-האלחוט".

איזור, בו שוה עצמת-השידור, יכול להינצר, למשל, על-ידי שתי אונות הכוונה (א' וב') הנוצרות באמצעות שתי אנטנות קרקעיות הקרובות זו לזו — או על-ידי סיבוב של אונת ההכונה של אנטנה אחת. איזור השידור שוה-העצמה זהה כל הזמן עם הכיוון למטרה — והוא עוקב אוטומטית אחרי כל תמרון של המטרה.

הטיל הנ"מ נורה לתוך האיזור בעל עצמת-שידור-שווה. מערכת ההנחה מאלצת אותו להתקרב בהתמדה אל המטרה, דהיינו — לנוע לאורך "קרן-האלחוט". כל זמן שהטיל נע באיזור שוה-עצמת-שידור (נקודה ג' שבציור), קובעת מערכת-מכשירים המוצבת בטיל, בכל אחד ממצביה של אונת-ההכונה את העצמה הווהה של השדה האלקטרו-מגנטי. אך אם יסטה הטיל מאיזור-

* דהיינו — על-יסוד נוסחה מתמטית מסוימת הקובעת קשר בין הקואורדינטות של המטרה והטיל — ולהלכה מנדאת את הפגיעה במטרה (ראה להלן, בחלק המסיים של הסקירה).

הירי בטיילים נ"מ עשוי להשיג תוצאות תכליתיות; וזאת משום שהם חמושים בראשי-נפץ רבי-עוצמה, והכונתם אל המטרה מתבצעת באמצעות מערכות-ניהוג מדויקות, המותקנות בטיילים עצמם או הפועלות על הקרקע.

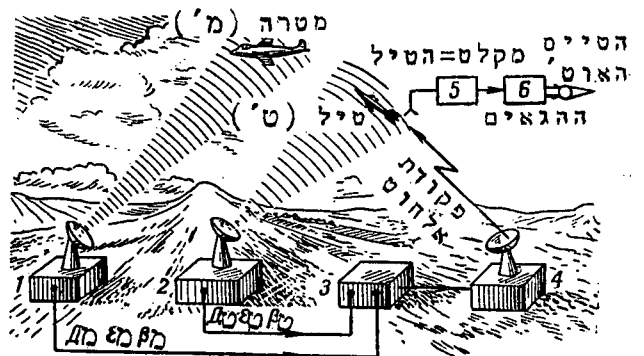
בארטילריה הנ"מ המקובלת, ה"קנית", מן הרגע שיצא הפגז מהקנה, אין עוד אפשרות להכניס כל תיקון שהוא במסלול תעופתו. לעומת זאת, מעופו של טיל נ"מ מבוקר לכל אורך מסלולו על-ידי מערכת-ההנחה, כל תמרון של המטרה-האווירית משך מעופו של הטיל נרשם על-ידי מערכת ההנחה — דבר המאפשר להכניס מידית תיקונים מתאימים במסלולו של הטיל.

שינויים בכיוון תנועתו של הטיל מתבצעים על-ידי הפנית הגאיו בהתאם לפקודות הנקבעות על-ידי המכשירים שעל הקרקע ומועברות אל הטיל בדרך האלחוט — או שהוראות אלו נוצרות במישורין בטיל עצמו.

המערכות להנחת טילים נ"מ מתחלקות למספר סוגים: (א) הנחה-מרחוק; (ב) הנחה על-ידי הכונה-עצמית; (ג) הנחה שמשולבות בה שתי השיטות הנ"ל.

*

הנחת טילים נ"מ מרחוק יכולה להתבצע בשתי דרכים: על-ידי "מתן פקודות" — או על-ידי הכונה ב"קרן-אלחוט". מערכת

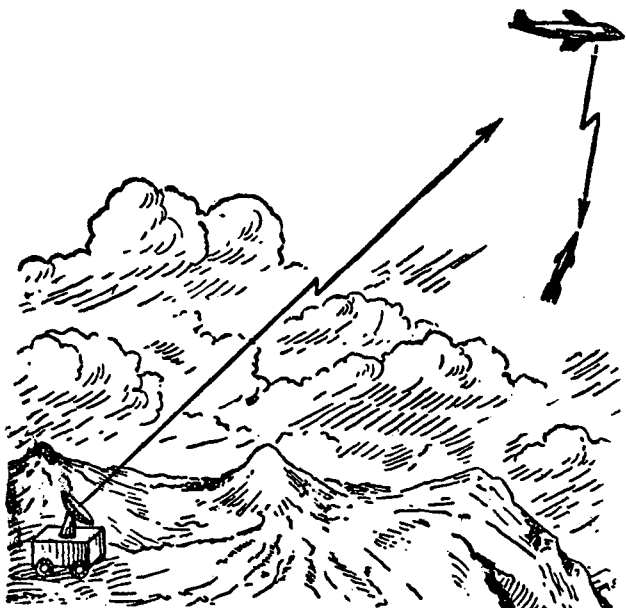


ציור מס' 1

הנחה על-ידי פקודות מורכבת מארבעה מכשירים: שני מכשירי-מכ"מ, מחשב ומשדר של פקודות-אלחוט (ציור 1). מכ"מ מס' 1 עוקב ללא הפסק אחרי המטרה (מ') וקובע את הקואורדינטות השוטפות שלה של הטנן — ושל זווית ההגבהה והצידוד (מ Δ , מ β). מכ"מ מס' 2 עוקב אחרי טיסת הטיל (ט') וקובע את מיקומו, גם-כן לפי שלושת הקואורדינטות (ט Δ , ט β). האותות מהמכ"מים מס' 1 ומס' 2 נמסרים

לפי עקרון הפעולה האקטיבי (ראה ציור מס' 3) הנו ראש-הביות מכשיר-מכ"מ קטן, המורכב ממסדר (מספר 1), מקלט (מספר 2) ואנטנות (מספר 3). הגלים המוקרנים מן המסדר, משהגיעו למטרה, מוחזרים ממנה ונכנסים בחזרה אל המקלט — והלו קובע לפיכך את הכיוון של המטרה, ובעזרת הטייס האוטומטי מכון את הטיל אליה.

לשם הקטנת נפחם ומשקלם של ראשי הביות משתמשים בראש-יביות אקטיביים למחצה. במקרה זה מוצב המסדר לא על גבי הטיל אלא על הקרקע (או באניה). המסדר ממלא אזי



ציור מס' 4

תפקיד של מעין „זרקור“ לגילוי מטרות (ציור מס' 4). על הטיל מורכב מקלט זעיר — והוא הקולט את קרן-המכ"מ המוחזרת, אשר נשלחה על-ידי המכ"מ „מאיר“ הנ"ל. מה-מקלט עובר האות אל הטייס-האוטומטי; והלו מאלץ לפיכך את הטיל לכון-עצמו אל המטרה.

★

כדי לכון טילים שנועדו לפגיעה במטרות-אוויריות בטנחים גדולים, משתמשים בשיטות הנחיה משולבות. אופן פעולתן של אלו מוצג בציור מס' 5.

הטיל נורה אנכי-למעלה — או מעל משגר שניתן להטותו בזווית שונות. בשני המקרים, נהוג הטיל בשניות הראשונות — שהן השלב הראשון של מעופו — על-ידי מערכת-ניהוג עצמית הכוללת טייס-אוטומטי ותכנית, שהוכנסה לטיל לפני המראתו המפעילה את ה„טייס“. במשך שניות ראשונות אלה, בהן מקבל הטיל את כיוונו הכללי, ה„גס“ — צובר הוא את המהירות הנחוצה לו להמשך מעופו; וכן פונה, בהתאם לתכנית שנקבעה לו, בכיוון אל המטרה. ברם, מערכת-הניהוג העצמית — אין ביכולתה לנהוג בטיל עד למטרה גופה; שכן אי-אפשר לחשב-מראש את התכנית לתנועת הטיל, הנקבעת מדיפעם על-ידי טיב השינויים החלים בתנועת המטרה. והרי תנועותיה של זו — אין לחזותן מראש, והן שרירותיות ותלויות ברצונו של הטייס.

עצמת-השידור-השוה לנקודה ד' — ייקלט אות-קריאה חזק יותר במצבה העליון של אונת-הכננה א'. ואילו אם יסטה לנקודה ה' ייקלט אות-קריאה חזק יותר במצבה התחתון של אונת-הכננה ב'. המקלט שבטיל בנוי כך שיש ביכולתו לא רק „לחוש“ בסטית הטיל מ„קרן-האלחוט“ למעלה, למטה, ימינה או שמאלה אלא אף למדוד הסטים אלה. מהמקלט מועבר אות אל הטייס-האוטומטי — והלו יוצר, בהתאם להסטים שנמסרו לו, את הפקודות ומעבירן להגאי הטיל, עד אשר חוזר הטיל לתוך „קרן-האלחוט“.

מן האמור רואים אנו שבשיטת הנחיה-מרחוק של טיל על-ידי „קרן-האלחוט“, נוצרות פקודות-ההנחיה בתוך הטיל עצמו; ואילו ב„שיטת הפיקוד“ („Command Guidance“), נוצרות ההוראות על הקרקע.

★

דיוק-פעולתה של מערכת הנחיה-מרחוק לטילים נ"מ פוחת ככל שגדל טנחה. לכן, משקרב הטיל אל המטרה, מכון הוא לרוב באמצעות מערכת כינון-עצמי („ביות“), שדיוק פעולתה גדל-והולך ככל שהטיל מתקרב אל מטרות.

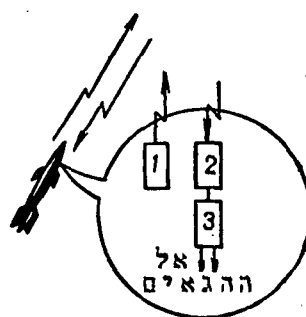
מערכת הביות של טיל נ"מ תפעל רק במקרה שהמטרה מוב-לטת באיזה אופן שהוא על הרקע הסובב אותה. למשל, על רקע של השמים מתבלט מטוס עקב הקונטרסט (שוני בולט) מהבחינות של אור, קול, חום, ואופן החזרת גלי-מכ"מ.

ההתבלטות בשל גורמי-אור מותנית בהחזרה השונה של גלי האור מגוף המטוס ומהרקע השמימי. ההתבלטות התרמית (עקב גורמי-חום) והאקוסטית (עקב גורמי-קול) נגרמת על-ידי פעולת מנועיו של המטוס. הבלטת הגוף על-ידי גלי-מכ"מ נוצרת עקב כך שהחזרת הגלים מגוף המטוס חזקה יותר מזו שמן הרקע הסובב. כעת נוהגים להשתמש בטילים נ"מ בראש-יביות מכ"מיים או בראש-יביות תרמיים (אינפרא-אדומים).

ראש-יביות תרמי מורכב ממקלט של אנרגיית-חום — עדשה אופטית מיוחדת, המעבירה היטב את החלק האנפרא-אדום (התרמי) של הספֶקטרום



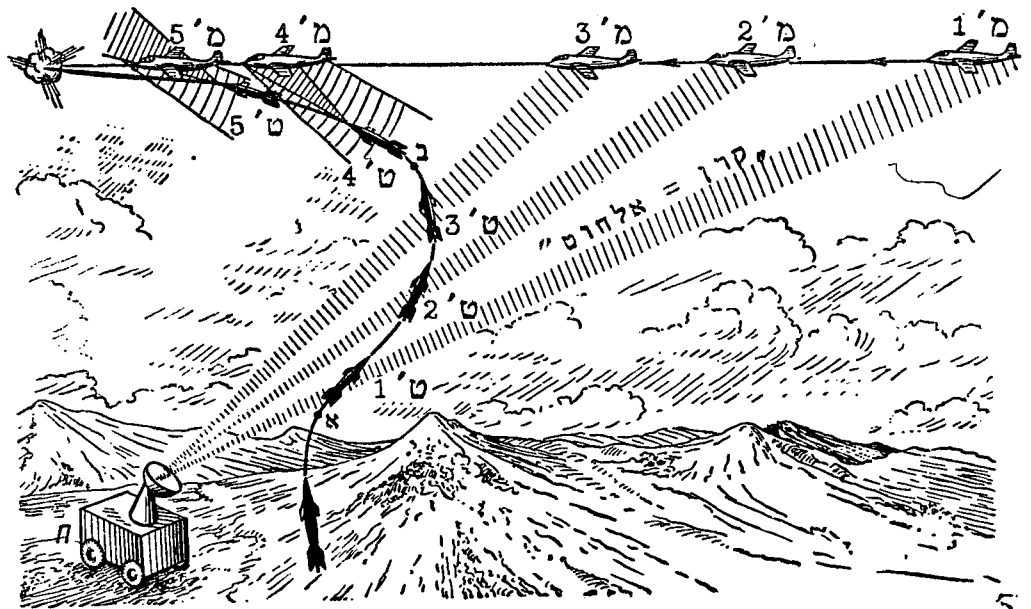
— וממגבר, מהראש מועבר האות לטייס-האוטומטי, ה-מפנה את הגאי הטיל — וכתוצאה מכך מכון הטיל אוטומטית אל המטרה. ה-חטרונות של ראש-יביות תר-מיים הם טנח-הפעולה ה-קצרי-יחסית שלהם ורגישו-חם הרבה לתנאים המטאורו-לוגיים. כך למשל, יש קושי בשימוש בראשים תרמיים לירי בשעות היום אל מט-רות אוויריות הנתונות ל-השפעת קרני השמש. לעומת זאת, טילים בעלי ראש-יביות מכ"מי עשויים להשיג



ציור מס' 3

טנח-פעולה ארוכים ותלותם בתנאים מטאורולוגיים מועטת. בראשים אלה משתמשים בדרך-כלל בעקרון הפעולה האקטיבי או האקטיבי-למחצה.

לכן, בנקודה מסוימת (א' שבציור 5) חדלה לפעול ההנחיה האוטומטית — ומופעלת שיטת ההנחיה מרחוק; שיטת הסיקור



ציור מס' 5

בהתאם לשיטת ההכוונה שנבחרה, את הבעיה כיצד ייפגש הטיל במטרה. כל שיטת הכוונה מתבצעת לפי חוק מתמטי מסוים, הקובע קשר בין הקואורדינטות של ה- מטרה והקואורדינטות של הטיל והמנדא, תיאור רטית, את הפגיעה ב- מטרה. למשל, מקובלת מאוד, "שיטת הכיסוי" (שיטת שלושת הנקודות). מהותה של שי- זה זו מתבררת מתוך ציור מס' 5. כשמכונים את הטיל למטרה לפי "שיטת הכיסוי", הרי ב- כל רגע ורגע של טיסת הטיל (ט') צריך הוא להמצא על הקו המחבר את נקודת ההנחיה ה- קרקעית של הטיל עם המטרה (מ').

המחשבים שבמערכת ה- הנחיה יכולים להמצא על

פני הקרקע (בשיטות של הנחיה מרחוק) או בגוף הטיל (בשי- טות הביות). הם יכולים לפעול או לפי עקרון פעולה רצופה — או לפי זה של פעולה "דיסקרטית". המחשבים מהסוג השני (המכונים, "סיפרתיים", או "דיגיטאליים") מבצעים בשניה אחת אלפי פעולות חישוב מתמטיות (חיבור, חיסור, כפל וחילוק). ולכן יכולה בעית הפגישת עם המטרה להפתר על-ידי מכונה שכזו ממש כהרף-עין.

או שיטת "קרן אלחוט" (בציור מס' 5 נראית שיטת ההנחיה באמצעות "קרן אלחוט". מערכת ההנחיה מרחוק נוהגת את הטיל עד לנקודה ב' ושם מוצאת היא מפעולה; ומכאן ואילך מכוון הטיל אל המטרה על-ידי מערכת הביות שבו. משימתה של שיטת ההנחיה כלשהי הנה להביא באופן אוטומטי את הטיל הנ"מ למרחק כה קטן מהמטרה, שפעולתו של ראש- הנפץ שבו כלפי המטרה תהיה פעולה תכליתית. ברור, שבטיל נ"מ נחוץ להרכיב לא מרעום-מגע כי אם מרעום-קרבה (למ- של — מרעום-מכ"מ), המפוצץ את ראש-הנפץ משקרב הטיל אל המטרה למרחק הנדרש.

ה"מוח" שבכל מערכת ההנחיה הוא המחשב, הפותר ללא-הפסק,

* באנגלית מכונה שיטה זו — "טיל רכוב-קרן" ("Beam Rider").
** צבירת נתונים על סטית מטרה — ותיקון מודרג, ולא רצוף.

(המשך מעמ' 17)

מספר ת' ראו בבעיה שנושאה כיצד למנוע מארצות נוספות את היכולת להשיג לעצמן נשק גרעיני; ואילו בעליהספר רואים אותה אחרת: כיצד לשכנע ארצות אשר יש ביכולתן להשיגו שלא תשתמשנה באופציה שישנה להן לנהוג כך, מלחמה ומדינות בינלאומית — איאפשר לבודדן מן הסביבה הטכנולוגית בה הן מתרחשות. אילו רצינו באמת להמנע מכל ה-

ברוך מבחינה צבאית בטכנולוגיה הגרעינית ובטכנולוגיה-שליחלל — כי אז יכולנו לעשות זאת רק על-ידי הימנעות מכניסה לתוך העידן הגרעיני וחללל, יתכן אמנם כי לטווח-קצר חשוב לעמוד בפני הגאות העולה על התפשטות נשק גרעיני — ולהרוויח על-ידי כך זמן; אך לאורך-זמן הבעיה היא פחות בעיה של מניעת הפצתם של כל-יזון גרעיניים מאשר הבעיה כיצד ללמוד ריסון-עצמי בשימושם,