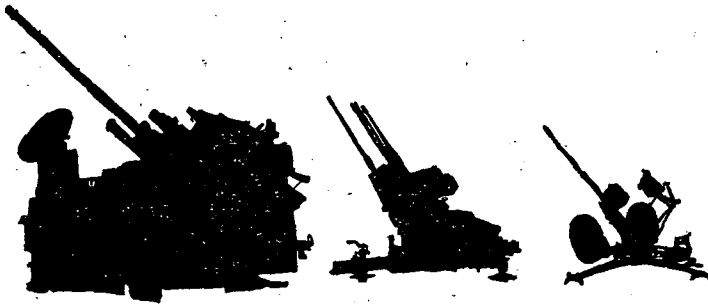


כמה מבעיות ההגנה נגד מטוסים בעזרת תותחים



מאת דס"ן יוסף תירוש

במאמר זה אגע במספר בעיות טכניות וטקטיות — ובכיוונים של הנסיונות לפתרון — מהקשורות בהגנה נ"מ, ובמיוחד ההגנה על ידי תותחים להבדיל מזו שעל ידי טילים המתחדשת עתה.

כיצד מירטים מטוסי-אויב — ואף אלה המנמיכים-טוס

לפעול באותה מהירות ולאותו טווח כמו מכשיר המכ"ם. זאת ועוד — הפעלת מטוסי ירוט נגד מטורות מנמיכות-טוס היא בעיה קשה בפני עצמה, כי בגבהים נמוכים אי-אפשר לכוון את מטוס הירוט למטרה בעזרת מכשיר המכ"ם, והטייס המירט תלוי אז בתצפית-עין בלבד או בתצפית המכ"ם של המטוס — מכ"ם שטוחו מוגבל.

עם הגדלת מהירות המטוסים תיעשה בעית הירוט חמורה עוד יותר, כי זמני הירוט יהיו יותר קצרים, ורשת הקשר ומערכת האתראה תיעשה מסובכת ופגיעה יותר. בעית הירוט נגד מטוסים-מנמיכים-טוס תחמיר עוד יותר, ועוד זמן רב יעבור עד אשר ימצא לה פתרון.

הבעיה העיקרית בעת פעולת ירוט של מטוס עדיין היא בעית הזמן, והרי דוגמה מוחשית: מפציצים חדישים טסים במהירות שמעל 1000 קמ"ש ובגבהים של עד 15 ק"מ בערך ועוברים מרחק של כ-18 ק"מ בדקה. דרושה, איפוא, למגן מערכת התראה ארוכת-טווח ובעלת יכולת טכנית גבוהה כדי להשיג מבעוד מועד את ההתראה הדרושה לגבי מפציצי-אויב מגביה-טוס ולאפשר למטוסי הירוט להיפגש אתם בטרם יבצעו את משימתם. לגבי מטוסים מנמיכים-טוס בעית ההתראה-במועדה היא חמורה יותר. המכ"ם עדיין אינו יעיל נגד מטורות נמוכות. יש צורך, איפוא, להשלים את מערכת האתראה המכמית בעזרת אמצעים אחרים, כגון תצפית-עין; ואולם תצפית-עין אינה מסוגלת כמובן

כיצד חושבים לירט טילים

בינתיים אין שומעים על קיום טיל-נגד-טילים, אך יש לשער שמקדישים לדבר מחשבה לא מעטה. הבעיה, איך להביא להתנגשות בחלל בין שני גופים הססים בגובה רב ובמהירות אסטרונומית, הינה בעיה טכנית חמורה מאוד. הפתרון נמצא אולי רק בשימוש

יש הסוברים שבעתיד יוחלף מטוס הירוט בטילים מונחים, כי מטוס הירוט הנוכחי מסוגל, אולי, לפתור את בעית ההגנה נגד מפציצים מהטיפוסים המקור בלים, אך אין סיכויים גדולים שהוא יוכל לפעול גם נגד טילים בליסטיים וטילים מונחים.

באנרגיה הגרעינית לצורך השמדת טילי האויב (על ידי מתן ראש-נפץ גרעיני לטיל-נגד-טילים).
 קיימת אפשרות להשתמש באנרגיה גרעינית למטרות הגנה נ"מ ללא סכנה ישירה לכוחות הקרקע או לאוכלוסיה הנמצאת בשטח שמתחת להתפוצצות. פצצה אטומית בגודלה של זו שהאמריקנים הטילו על הירושימה בשנת 1945 לא תגרום לנוק ממש באם היא תתפוצץ בגובה של 10.000 מטר. פצצה שכזוהי יהיה כ-10 אחוז מזאת שהוטלה על הירושימה ניתן להפעילה גם בגובה של 5.000 מטר בלבד. הסכנה היחידה היא נפילת חומר רדיואקטיבי על הקרקע. רדיוס הפעולה של פצצה קטנה כזו יהיה בערך 800

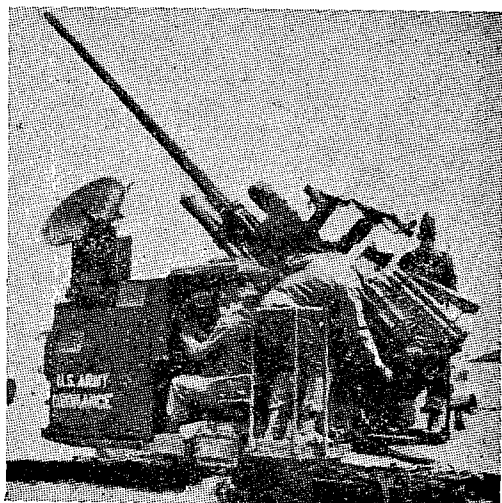
מטר. אם נערוך השוואה בינה ובין פגז 75 מ"מ נגד-מטוסי יהיה נפח הפעולה של הפצצה גדול פי 4 מיליונים מזה של הפגז.
 פעולה דומה לזו של הפצצה האטומית תידרש בודאי גם כאשר יהיה צורך לפעול נגד להקות מפציצים. כידוע, אחד האמצעים להתגבר על מערכת-ההגנה או לגרום לשיבושים גדולים בה הוא ל"הרוות" את מערכת ההגנה — כלומר, לתקוף ב-מספרים גדולים מכפי כוחה, ובבת-אחת. כדי לגנוז אמצעי זה יהיה צורך בנשק המסוגל לפעול בבת אחת נגד מספר רב יותר של מתקיפים-בבת-אחת ולהוציא את אלה מכלל שימוש.

מה יכולים עוד התותחים לפעול במערך-ההגנה נגד-מטוסי ונגד-טילי?

יש מספר סיבות המחייבות הפעלת תותחים במערך-ההגנה נגד-טילי ונגד-מטוסי ולא נראה כי בעתיד הקרוב יחול שינוי במצב זה. הסיבות הן גם טכניות וגם טקטיות. טילים מונחים נגד-מטוסיים מתחילים להיות מונחים ממש רק אחרי הפסקת פעולת המאיץ (Booster) (המקנה להם את המהירות הדרושה). אותו חלק של המסלול, שבו הטיל אינו מונחה, יגדל בהתאם להגדלת טוحي ה-טילים ובד-בבד יגדל או גם "השטח המת התחת" של הטיילים-נגד-מטוסים (אותו חלק של המסלול שבו אי-אפשר להנחותם). רק שימוש בחומרים הודפים משוכללים יותר, שיאפשרו לטיל להגיע למהירות הדרושה בטוח קצר יותר, יכולים להקטין פער זה. לפי שעה קיים עוד "שטח מת" גדול למדי בין — הטוח התכליתי הגבוה ביותר של התותחים הנגד-מטוסיים הקלים, ובין נקודת התחלת ההנחה של הטיילים. לכסות פער זה הוא עדיין תפקידם של התותחים הנגד-מטוסיים הכבדים והבינוניים.

נגד מטוסים מנמיכי-טוס עדיין אין טילים. ה-אמריקנים הודיעו שפיתחו טיל למטרה זו בשם "נץ" (Hawk) אך מתוך פרסומים מאוחרים יותר התברר, שהטיל עדיין אינו מבצעי, ושהוא מסוגל לפעול רק נגד מטרות גדולות כלהקות מטוסים מנמיכי-טוס. גם לא צויין במקורות, מהו הגובה המנימלי שהטיל יכול לפעול בו. הבעיה העיקרית בהעסקת מטרות מנמיכות-טוס היא יותר בעית ה-מכ"ם לגילוי והכונה, מאשר בעית הטיל עצמו. על אף שגם בתכנון הטיל תהיינה בעיות מיוחדות ה-דורשות פתרון. ההגנה נגד המטוס הבורד, הטס

מטרים ספורים מעל פני-הקרקע, תהיה איפוא עוד במשך זמן רב תפקידו של התותח הנגד-מטוסי הקל. אין שום ספק שהגדלת מהירות המטוסים ושכ-לולם מכל הבחינות, ידרשו התפתחות נוספת של התותחנות הנגד-מטוסית הכבדה והקלה גם יחד. ה-הכונה האלקטרונית של התותח הנגד-מטוסי הכבד מאפשרת לו, תיאורית לפחות, להעסיק מטוסים שמהירותם גדולה עוד יותר ממהירותם כיום. ה-הגבלות טמונות בתותח, ולא במכשירים האלקטרו-ניים, והדגש יושם, איפוא, על התפתחות נוספת של התותח ושל התחמושת.



התותח האמריקאי הנ"מ האבטומטי החדש בן 7.5 הס"מ, "מטאטא-הרקיע" (Skyweeper), — שילוב משוכלל של מכ"ם-מכון, מכשיר-מחשב וקניי-ריה.

מאחר ותותחים נגד־מטוסיים צריכים לפעול ל־גבהים שונים (מ־0 עד לסביבות 8.000 מטר) ונגד מטורות שונות, אין אפשרות ליצור תותח מסוג אחד ויחיד שיענה על כל הדרישות. דרושים תותחים שונים בקוטרים שונים ובעלי תכונות שונות, ש־יוכלו לפתור את הבעיות המיוחדות של כל סוגי ההתקפה. כללית קיימת אפשרות לשפר את תכלי־תיותם של כל סוגי התותחים בשני שטחים: — א. הגברת מהירות הלוע ושיפור התחמושת; ב. שיפור כללי של יתר תכונות התותח (הגדלת קצב האש, הגדלת מהירות הציוד וההגבהה, פשטות

דרכים לשיפור התחמושת הנגד־מטוסיית

כיום מנוצל חומר הנפץ ההודף של הפגז הנגד־מטוסי רק בשיעור של 30—45 אחוז. בפגז הנורה במהירות־לוע גדולה יותר יורד אחוז זה עד לסביבות 30 אחוז. מרבית אנרגיית חומר־הנפץ־ההודף, כ־40—50 אחוז, הולכת לאיבוד בהפכה לחום הגזים, הנפל־טים מהקנה אחרי היריה. בעתיד יהיה צורך למצוא פתרון לניצול יעיל יותר של האנרגיה. הגדלת מהי־רות הלוע על־ידי הגדלת כמות חומר הנפץ אינה מתאפשרת. בנקל. נתבונן בטבלה הבאה בה מצוינת כמות חומר־הנפץ ההודף הדרושה כדי לתת לקליע שמשקלו 300 גרם, מהירויות שונות.

מהירות הלוע הדרושה (במטרים לשניה)	משקל חומר־הנפץ ההודף הדרוש (גרם)
580	30
1030	150
1400	300

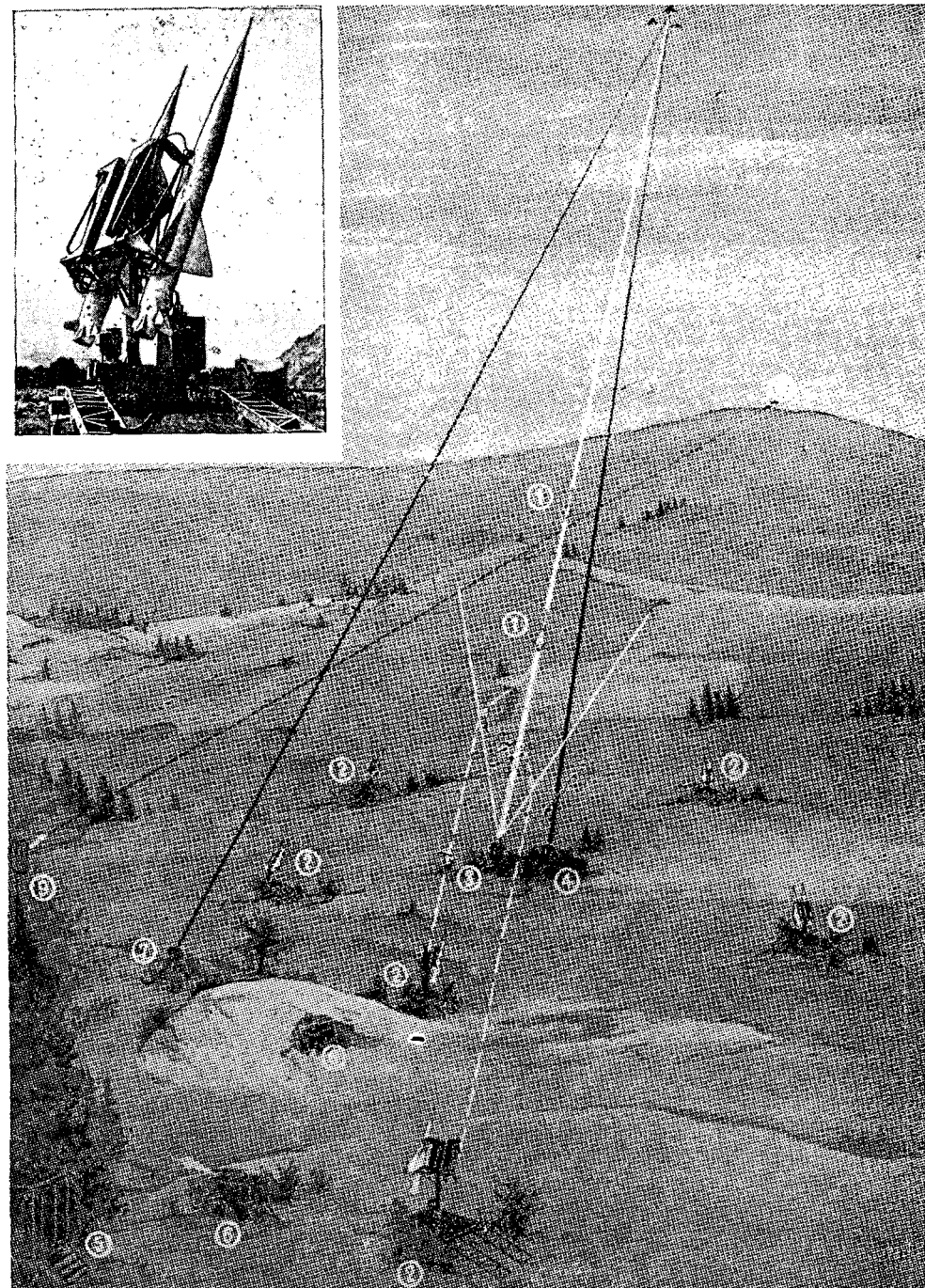
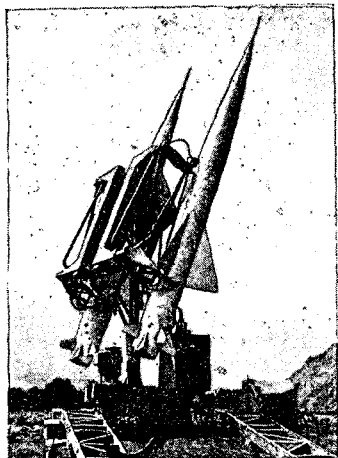
מתברר שככל שמגדילים את מהירות הלוע כן מתמעט ההפרש היחסי בינה ובין כמות חומר הנפץ־ההודף הדרושה. תוספת חומר־נפץ־הודף מצריכה כמובן תרמילים גדולים יותר, והללו מצריכים תו־תחים בעלי קוטר גדול יותר, וכן הלאה, גם קצב האש יוקטן כאשר יגדל הקוטר, ויתכן שהתוצאה הסופית תהיה, שכמות חומר־הנפץ הנורית בפרק־זמן מסוים על ידי קוטר גדול תהיה קטנה מהכמות שנורתה על־ידי קוטר קטן יותר ובקצב אש גדול

הכינון בתותח נגד־מטוסי קל, הגדלת הטוח). הגדלת מהירות הלוע מקטינה את גודל ההטיה הדרושה ומביאה על ידי כך לדיוק רב יותר. הגדלת עצמת־הנפץ של הפגז תגדיל את רדיוס הפגיעה של הפגז הבודד. מאחר שהשיטות להעסקת מטורות ב־תותחים נגד־מטוסיים קלים מבוססות כיום על־פי־רוב על הבטחת פגיעה אחת בכל העסקה, יהיה צורך בפגז בעל עוצמה שכזאת, שפגיעתו יכולה לגרום להפלת המטוס. אם לפגז של תותח מסוים יש רק סיכויים מעטים לכך, מובן הוא שתכליתיותו של אותו תותח תרד בהתאם לכך.

יותר. גם במקרה זה יהיה איפוא אופטימום, שייקבע על־ידי טיב חומרי הנפץ והשכלול הטכני של הכלים.

החומר־הנובט בפגזים נגד־מטוסיים שימש את כו־ן התותח לצרכי תצפית־אש ולתיקון האש. האינפור־מציה שאפשר לקבל מהנובט תהיה מיושנת ברגע שהיא תגיע לכון, כי היא מראה על מצב יחסי בין התותח ובין המטרה, שהיה קיים לפני שניה או שתי שניות, בערך. מאז כבר נע המטוס למרחק של 200 עד 400 מטר, ומצבו לגבי התותח השתנה לגמרי. הכון אינו יכול לתקן את הכינון על־פי אינפורמציה כזו. על כן הוצא החומר־הנובט מרוב סוגי התחמושת וזאת על־אף העובדה כי לנובט גם ערך פסיכולוגי, כי הופעתו בסביבת המטוס מראה לטייס, שנורית עליו אש נגד־מטוסיית, והדבר משפיע עליו לרעה בביצוע תפקידו. גם לצורך אימונים ולירי על מטוסים איטיים מאוד ניתן להשתמש בנובט. הוצאתו של הנובט מרוב הפגזים מאפשרת הגדלת כמות חומר־הנפץ בפגז ומסייעת לשכלול התחמושת.

עוד במלחמת העולם השניה תפשו דרכים לשיפור מהירות הלוע והתחמושת של התותחים הנגד־מטוסיים. הגרמנים ערכו ניסויים בפגזי־מנעל, כ־דוגמת הפגזים שבשימוש בתותחנות הנגד־טנקית. חוצאות הניסויים אינן ידועות לנו. מעניינת הצעת־פתרון גרמנית אחרת, התותח בעל הלחץ־השוה (Gleichdruck Kanone) כידוע יורד לחץ הגזים בקנה בהדרגה עם התקדמות הקליע. על־ידי בעירת



ארגון הקרקע של יחידת טילים נגד מטוסית שביצירת.

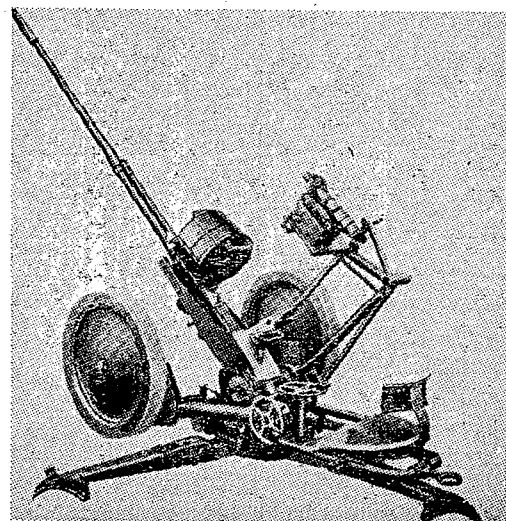
- | | |
|--------------------------|-------------------------|
| 1. טיל במעופו | 6. מתקן כוח-שמלי |
| 2. מתקן-שיגור דו-טילי | 7. מכ"מ הסואה |
| 3. מכ"מ מנחה אל המטרה | 8. מוצב-הפיקוד של הגדוד |
| 4. מכ"מ עקיבה אבטומטי | 9. מכ"מ הבקרה הטקטית |
| 5. מוצב-הפיקוד של הסוללה | מתקן כוח-שמלי |
| עם חשב אלקטרוני | 6. מתקן כוח-שמלי |
| | 7. מכ"מ הסואה |
| | 8. מוצב-הפיקוד של הגדוד |
| | 9. מכ"מ הבקרה הטקטית |
| | מתקן כוח-שמלי |
| | אנטנה כיוונית (מכונת אל |
| | מוצב-הפיקוד של הגדוד) |

סיכום משקל חומר-הנפץ של כל הפגזים גם יחד לצורך חישוב התוצאה.

מהטבלה מתבררת החשיבות של מידת דיוק ה-פגיעה. מרעום-בעירה ⁽¹⁾ לא יכול לספק דיוק כזה, ובאים בחשבון לצורך זה רק מרעומים טכניים ⁽²⁾. השימוש במרעום-קורבה ⁽³⁾ למשל, מגדיל את סיכויי הפגיעה באחוז גדול מאוד. הגרמנים הוסיפו למרעום-זמן (המצוייד ב"שעון") שהיה מקובל אצלם בסוף המלחמה, גם מנגנון של מרעום-הקשה ⁽⁴⁾, והדבר השפיע לטובה על תוצאות הירי; כי בירי בפגזים בעלי מרעום-זמן רגיל היה הממוצע הדרוש לתותח 88 מ"מ להפלת מטוס אחד — 8000 פגזים, בתוספת מרעום-הקשה ירדה הכמות הדרושה למספרים קטנים בהרבה — 200 עד 3500 פגז. התוצאות מראות שדיוק הכינון היה רב יותר מדיוק המרעום. הפגזים עברו דרך המטרה בלי להתפוצץ. הודות לתוספת מרעום-ההקשה נוצל הכינון הטוב בתוצאות מפליאות.

- 1) מרעום ובתוכו פתיל אבק-שריפה אשר זמן-בעירתו מותאם לזמן הנדרש לפגז כדי להגיע לטוח בו תמצא המטרה לפי החישוב.
- 2) מרעום המופעל על-ידי שעון, ודיוקו רב יותר מזה של מרעום הבעירה.
- 3) מרעום בעל מנגנון אלקטרוני המפוצץ אותו כאשר מסלול הפגז מתקרב ביותר אל המטרה.
- 4) מרעום המופעל על-י פגיעה בלבד.

דרוש קצב-אש מהיר יותר



תותח בן 20 המ"מ האבטומטי שהיה נהוג בחי"ר השביצרי להגנה נ"מ (ואשר יצלח גם נגד רכב בעל שריון קל).

חומר-נפץ-הודף הנוספת לבעירת חומר-נפץ-ההדוף של הפגז מנסים לקיים את הלחץ הגבוה ההתחלתי עד לרגע שהקליע עוזב את הקנה. הלחץ האחד והממושך יותר יתן לקליע מהירות גדולה יותר. תוצאות לואי של שיטה זו הן, בין היתר, רתיעה גדולה יותר של התותח והצורך בבלמי לוע נוספים. הוצע גם פתרון בעזרת קנים קוינים, קנים ש-קוטרם קטן בהדרגה מן המכנס אל הלוע. הצעה אחרת אמרה להגדיל את מהירות הפגז על-ידי תוספת רקטות, בנויות בתוך הפגז עצמו, המתחילות לפעול בזמן תעופתו ומוסיפות למהירותו.

עד כה דובר בעיקר בדברים הנוגעים לבליסטיקה פנימית, באשר לבליסטיקה חיצונית — משתדלים לתת לפגז את הצורה הבליסטית הנכונה ביותר. בגמר מלחמת-העולם השנייה הראתה סטטיסטיקה גרמנית שכדי להפיל בפגז מטוס גדול צריך היה היחס בין כמות חומר-הנפץ-ההודף שבפגז לבין מרחק התפוצצותו מהמטוס להיות לפי הטבלה הבאה:

משקל חומר-הנפץ (בקילוגרמים)	0.4	1	2	5	10	20	40	100
מרחק ההתפוצצות מהמטרה (במטרים)	0	0.5	1.2	2.8	3.7	5	8	12

בהתפוצצות של מספר פגזים בקרבת המטרה יובא

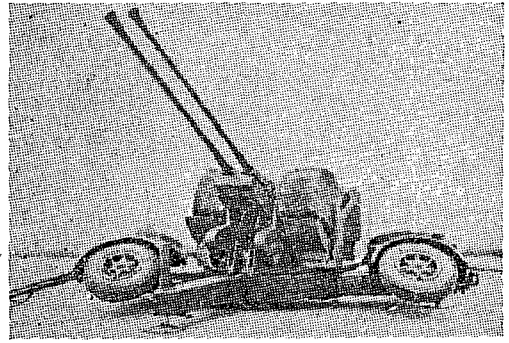
שיפור כללי מסוג אחר, הדרוש לכל התותחים הוא הגברת קצב האש. תותח נגד-מטוסי קל יהיה תמיד בעל מנגנון להזנה אבטומטית — מחסנית תופית, או מזין אבטומטי, או סרטים. בדרך כלל משתמשים בסרט רק בתותחי-מטוסים או בתותחי-משוריינים, וזאת — מסיבות טכניות בלבד. קצב האש של תותח נגד-מטוסי קל מגיע, להלכה לפחות, ל-1000 פגז בדקה, אולם למעשה קצב האש שלו מוגבל לקיבולת כלי ההזנה — וברוך כלל הוא מתבטא ב-120—150 פגז לדקה. תותח 40 המ"מ החדשי, שאפשר להזינו הזנה שוטפת גם בזמן הירי, מאפשר קצב-אש מעשי השווה לקצב-האש התיאורטי שלו, דהיינו 240—260 פגז לדקה.

באיוז צורה ניתן להגביר את קצב-האש? צורה מקובלת מאוד היא הרכבת 2, 3 או 4 קנים על התותח. כך מצליחים להוציא מספר פגזים גדול בעת ובעונה אחת. המנגנון של התותח הבודד לא ישתנה אך כללית נעשה התותח יותר מסובך וכבד. תותחים

אחד הפתרונות המענינים — הוא התותח-
 התופי (Revolver Kanone) בעל מספר הקנים, תותח
 כזה פותח בין היתר על-ידי חברת „אורליקון“
 השביצרית בשביל מטוסים. להלן השוואת קצב-האש
 של מספר דגמים של תותחים: —

סוג התותח	קליבר	קצב אש (פגז לדקה)	הזנה	השימוש
היספני-סואיזה 831	30 מ"מ	560	כרט או תוף	תותח נגד- מטוסי קל
5 TG	20 מ"מ	1250	מחסנית	תותח נגד- מטוסי קל
206 RK	20 מ"מ	1800	תופית	במטוסים
303 RK	30 מ"מ	1250	תופית	במטוסים

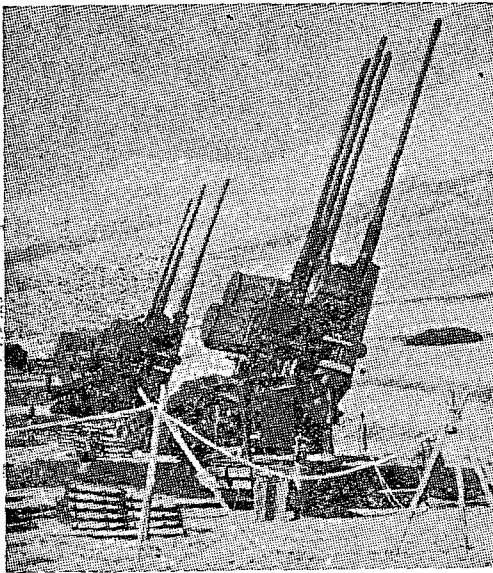
קצב-האש של תותח-תופי הנו כפול, בערך, מקצב
 האש של תותח רגיל, באותו קוטר.



תותח הדו-קני החדש בן 35 המ"מ שפותח במשותף
 ע"י מפעלי ארליקון וקונטרעב בשביצרית.

בעלי 4 קנים הוכשרו, בדרך כלל, לכיוון על-ידי
 מכשירים אלקטרוניים המקבלים את נתוניהם מ-
 מכשירי מכ"ם. שיטה אחרת, הקיימת לפחות באופן
 תיאורטי, היא הגדלת מספר הפגזים ע"י יריה של
 פגז אחד בעל קוטר גדול יותר, המשחרר מספר רב
 של פגזים קטנים, הפועלים כפגזי שרפנל.

החשת הצידוד וההגבהה — כיצד ?



התותח הנ"מ ה-4 קני החדש של צבא שביצרית, בן
 30 המ"מ (מתוצרת היספני-סואיזה).

תותחים נגד-מטוסיים קלים חייבים להיות בעלי
 הנעה מוטורית, על-ידי מנוע חשמלי, כגון בתותח
 בופורס L/70, או על-ידי מנוע-בעירה (כגון בתותח
 היספני-סואיזה, 30 מ"מ). תותח כזה, ללא מנוע,
 נחשב עתה לבלתי יעיל. יוצאים מן הכלל הזה, אולי,
 הם תותחים על מקבע, שבהם נעשים הצידוד וההג-
 בה בעזרת כתפיו של התותחן, כמו בהפעלת מקלע
 על חצובה, צורה זו מאפשרת מהירות בצידוד, והגבהה
 מספקת. תפקיד המנוע הוא לא רק לאפשר לתותחן
 לעקוב אחרי מטרה מהירה, אלא בראש וראשונה
 לאפשר את תפיסת המטרה במהירות, והעברה מהירה
 למטרה חדשה, כדי לנצל כל שניה לירי. כן מקל
 המנוע על המאמץ הגופני של התותחן בזמן הירי
 ומאפשר לו להתרכז ולשמור על יציבות הכינון, דבר
 שיכבד עליו מאוד אם יידרש ממנו לצדד ולהגבהה
 את התותח בכוח ידיו ולהפעיל את דוושת ההיריה
 באותו זמן עצמו. הפעלת מוטות הכינון, המכונים
 את המנוע, צריכה להיות פעולה אבטומטית-אינסי-
 טיגטיבית והיא מחייבת אימון ממושך.

הגדלת הטוח מהירות המטוס מחריפה בעיה זו, וכתוצאה מכך נתקבלו בעולם שיטות כינון המבוססות על מתן הטיה ממוצעת, המבוססת על מהירויות מסוימות של המקרה וטוח ממוצע קבוע. יש הבדלים קטנים בשיטות השונות, בהתאם להבדלים במבנה הכונת, אך בכל השיטות קיימת המחשבה להבטיח פגיעה אחת בכל העסקה. בין הכונות השונות נראית כסוג המקובל ביותר הכונת בעלת האליפסות המציינות את גודל ההטיה הדרוש להמירויות של 200—800 ק"מ/שעה, מכל הכיוונים והטוח היעיל. יש לציין שמטוס לא יתקוף מטרת קרקע במהירות המכ"סימלית שלו, אם בכלל יוכל לפתח מהירות כזו בקרבת פני הקרקע, המהירות בה יתקוף מטוס תלויה גם ביכולת הטיס להבחין במטרתו, וגם בסוג החימוש, שבדעתו להפעיל נגדה. לא נראה שמהירות המטוס בקרבת פני הקרקע תעלה על 800 ק"מ לשעה, אפילו כשמדובר במטוסים החדשים ביותר.

שכלול כוחות ההתראה

הבקרה הטקטית — כלומר, בחירת המטרה ולמתן פקודות לפתיחה באש — דרוש יותר מההתראה ארוכת-טווח. לשם קבלת הידיעות הנוספות הדרושות מפעילות יחידות התותחנים הנגד-מטוסיים מערכת התראה עצמאית, הנשענת בתוחה הנגד-מטוסי הכבד — על מכשירי המכ"ם האורגניים שלו ובתוחה הנגד-מטוסי הקל — על מערכת התצפיות. יש שגם לתוחה הנגד-מטוסי הקל ניתנת מערכת התראה המושתתת על מכשירים לגילוי אלקטרוני, — וזאת כדי שלא לסמוך רק על תצפיות-עין, נוסף על כך אין תמיד אפשרות לפרוס את התצפיות למרחקים הדרושים לשם קבלת האתראה מבעוד מועד.

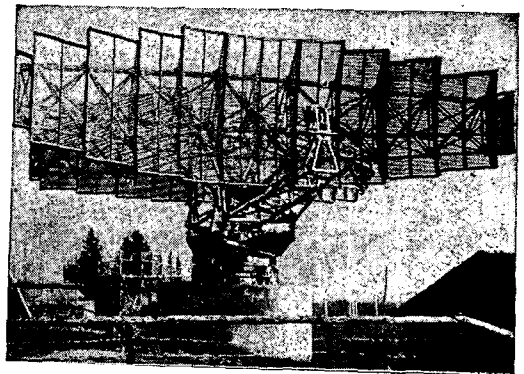
אין אלה אלא מקצת מבעיות התותחנות הנגד-מטוסיית בימינו, ובצידן — פתרונן האפשרי.

*

יצוין: ההגנה הנגד-מטוסיית אינה תפקיד בלעדי של המטוס, של הטיל, או של התותח. רק שילוב של כל האמצעים הללו, בצירוף ההגנה הטבילה, יקנה להגנה הנגד-מטוסיית את התכליתיות הדרושה.

הגדלת הטוח של תותחים נגד-מטוסיים תאפשר אמנם העסקת מטוסים בטוח ארוך יותר, אך מאידך-גיסא יהיה דבר זה כרוך בפגז גדול יותר, וכתוצאה מכך יידרש תותח גדול יותר וקצב-האש יהיה קטן יותר. בתותחים המכוונים על-ידי כוץ-אדם, בעזרת כונות פתוחות (שאינן דמויות משקפת) או במכשירים פשוטים דומים, יהיה גם הניצול של הטוח מוגבל לאותו שטח שבו ניתן לבצע כינון כזה בעין בלתי מזוינת. הגבול יהיה, כנראה, בסביבות 2000 מטר, והוא יקבע את הטוח התכליתי לתותחים מסוג זה. הכונות של תותחים נגד-מטוסיים קלים צריכות לאפשר לכוץ כמעט באופן אינסטנקטיבי, שיטת הכיון תהיה תמיד שיטה-של-אומדנה, כי לא יהיה זמן לחישובים או למדידות. את מהירות המטוס ואת הטוח אליו יש להעריך, אך ההטיה הנדרשת משתנה ללא הרף ואין ביכולת כן-אדם לחשב את ההטיה הנכונה בכל רגע, ולכוון מידית את התוחה בהתאם.

יש לזכור שכל מערך תותחים נגד-מטוסיים — ויהיה מורכב מהכלים המשוכללים ביותר — יאבד הרבה מעילותו, אם הוא איננו קשור לרשת התראה יעילה. שכלול רשת זו הנו נושא נכבד בתכניותיו של כל צבא. ההתראה ארוכת הטוח מאפשרת להביא את יחידות התותחנים לכוננות הדרושה. אבל לצורך



מכשיר מכ"ם לאתראה מוקדמת וכן להכונת ארטי-לריה נ"מ ומטוסי קרב — ניתן לסגלו גם להנחית טילים (תחנת ניסוי שבצירית).