

חימוש מונחה

כמו כן יש צורך להגדיר מהי בדיוק הנחיה מדויקת, מפני שכיום הולכים ומתרבים סוגי חימוש משופרים, הכוללים ראשי-נפץ שנוצרו על-ידי ניפוץ (EFP), ואלה אינם בדיוק חמ"ם. ראשי-נפץ כאלה מסוגלים לפגוע במטרות מרחוק, בדרך כלל ממרחק של 100 מ', על-ידי תוצא (אפקט) של אנרגיה קינטית של קליע מתכת מעוצב. ניתן לחמש את ראשי-הנפץ במרעום המגלה את המטרה בדיוק מספיק. לצורך המאמר הנוכחי חימוש כזה, שמוקן בו מרעום חישה (SFM), נבדל מחמ"ם (המונחה לפגוע במטרה כדי להשיג, בדרך כלל, תוצא קטלני יותר). למעשה, זוהי הבחנה דקה, וכפי שנראה בהמשך, חלק מהחימוש הקונוונציונלי המשופר הנמצא כיום בפיתוח מציע חלופות לחמ"ם ול-SFM כאחת.

סוגי חמ"ם

במסגרת ההגדרה דלעיל ניתן לזהות סוגים אחדים של חמ"ם לפי קרבתם לצורת התפעול ולסוג החימוש הקונוונציונלי שהם משפרים או מחליפים.

בתרשים מס' 1 מוצג מגוון רחב זה של כלי-נשק, ומובאות בו דוגמאות שפורסמו ברבים. אחדות מהן תוארו בפירוט רב – ובייחוד כאלה הנמצאות כבר בשימוש או בשלבי פיתוח מתקדמים.

כל כלי-הנשק המוצגים בתרשים פותחו לתקיפת מטרות "נקודה" על הקרקע, שם יש צורך מובהק להשיג סיכויי פגיעה גבוהים. מטרות כאלה הן מוגנות ובעלות ערך גבוה וכוללות בעיקר בניינים, מוצבים מבוצרים, גשרים וכלי-רכב – ובייחוד רכב משוריין. מטרות בעלות ערך רב נמצאות בדרך כלל בעומק השטח המוחזק בידי האויב ומותקפות באמצעות מטוסים החמושים באחד מסוגי החמ"ם – פצצה חכמה/מונחית, בעלת כושר הרס גבוה מאוד. המנגנון הקטלני התכליתי ביותר בתקיפת כלי-רכב הוא ראש-נפץ קטן יחסית ומדויק מאוד (שגיאה מעגלית מסתברת [CEP] קטנה ממטר אחד), ודרישה זו הביאה להיווצרות סוג נוסף, הקשור בעיקר בתקיפת שריון באש ישירה ועקיפה כאחת.

ההיסטוריה של הטיילים רצופה שאיפה מתמדת לשיפור דיוקם תוך הגדלת טווח הפעולה שלהם. עד מלחמת העולם השנייה ובמהלכה הושג דיוק משביע רצון רק בטווחים קצרים (קילומטר אחד בערך). זה היה טווח הדיוק גם בתותחים בכינון ישיר. הפילוסופיה של האש העקיפה הייתה מבוססת על נטרול שטחים באמצעות ריכוזי אש. להשמדת מטרות בטווחים שמעבר לבינוניים היה על אנשי הצבא להישען על ירי כמויות גדולות של תחמושת ועל תורת הסיכויים. בדומה לכך תקיפות מן האוויר – לרבות הפעולות שנקראו "התקפות מדויקות" – חייבו הפצצות רוויה כדי להשיג את מטרותיהן.

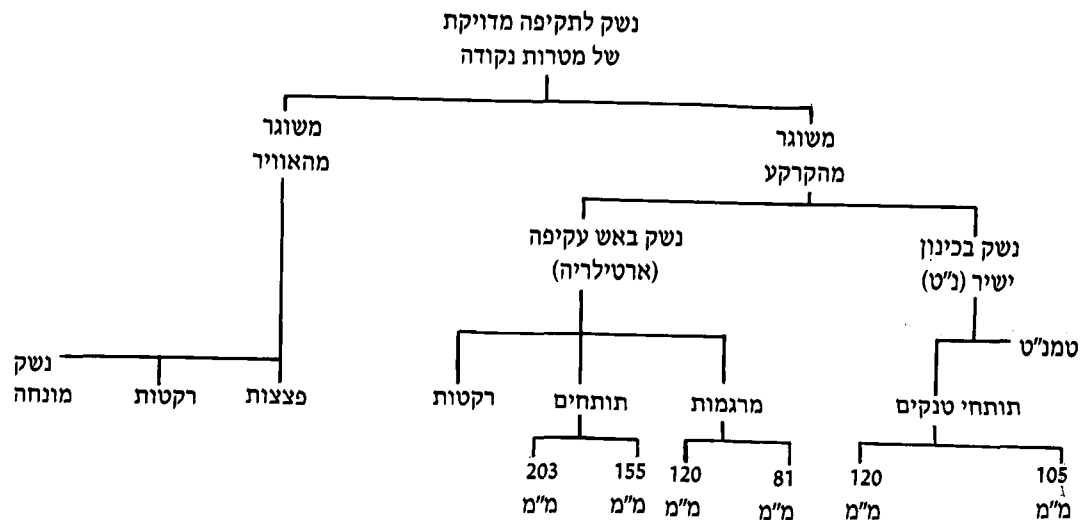
חימוש מונחה מדויק (חמ"ם) הוא מונח חדש יחסית, המתאר חלק ממשפחה של מערכות נשק מונחה, שפותחו מאז שנות ה-60. המונח מוגבל בדרך כלל למתקנים שהם התאמות או הרחבות של חימוש קונוונציונלי, המשוגר באמצעים קונוונציונליים או מכלים קונוונציונליים (תותחים, מרגמות, רקטות ארטילריות, מטוסים) ומשמש לתקיפת מטרות מוגדרות או סוגי מטרות. המונח חמ"ם מקיף כלי-נשק שכונו קודם לכן "חכמים" (מפני שהתבססו על טכניקות ששיפרו את ביצועיו של חימוש "טיפשי" בנפילה חופשית – אם על-ידי שינויים ואם על-ידי תוספות) וכן מספר סוגי חימוש "אינטליגנטיים" או "מבריקים", המסוגלים לחפש מטרות באופן עצמאי לאחר שיגורם לאיזור המטרות, בתנאי שניתן עדיין לראות בהם חיזוק ושיפור.

לפיכך פגז ארטילריה עצמאי, הנורה באש עקיפה, מונחה בשלב הסופי ומיועד לפגיעה בשריון הוא ללא ספק חמ"ם, בעוד שנשק נ"ט ארוך-טווח בכינון ישיר (טמני"ט), המבוסס על טכניקות דומות להנחיה סופית, אולם משוגר בכוח רקטה מרכב שיגור ייעודי, איננו חמ"ם. הטמני"ט אינו משפר את היכולת של נשק קונוונציונלי קיים. בדומה לכך, פצצה מונחית, המכילה התקן הנחיה ובקרה שהורכב על פצצה רגילה בנפילה חופשית, היא חמ"ם, ואילו טיל מונחה אוויר-קרקע איננו חמ"ם.

מדויק (חמ"ם) *

* עובד ממקורות זרים.

חמ"ם בשימוש	קופרהד	וליי						
חמ"ם בפיתוח (לפי) דיווחים	CLAMP CGSP EPHRAM EAP BOSS APGM	HOBOS Paveway GBU-15	TGW יוליסס			מרלין	X-ROD CGMP GATS EPHAG	CLBRP LAGP
	SFM		SFM	SFM				



הפצצות בכל מזג-אוויר, תוך שימוש בעקרונות של נעילה לפני שיגור או של נעילה מושהית באמצעות תקשורת נתונים. הפצצה GBU-15 טיפוסית לסוג זה של פצצות. שיפורים שנעשו באחרונה במערכות אלה כללו תוספת כוח דחף כדי להגדיל את טווח השיגור "מנגד" (stand-off) או כדי לשפר את כושר התמרון. פיתוחים כאלה, דוגמת ה"סקיפר" AGM-123, אכן מגשרים על הפער בין חמ"ם, כפי שהוגדר לעיל, לבין טילים מונחים המשוגרים מהאוויר. מדינות רבות מפתחות כלי-נשק דומים, ולפחות לשתיים מהן – צרפת וישראל – כבר יש מערכות מבצעיות.

המניע העיקרי לפיתוחן של פצצות מונחות היה הצורך המבצעי בנשק הניתן לכיוון מדויק לעבר מטרות עיקריות, שהיו מחוסנות מפני צורות תקיפה אחרות, אבל השמדתן הייתה חיונית לתוצאות הפעילות של כוחות היבשה, כפי שאפשר ללמוד ממלחמת וייטנאם. החידושים הטכנולוגיים באותה תקופה סיפקו את הפתרונות הדרושים ועלו בקנה אחד עם טכניקות שכבר הבשילו בענף החימוש המונחה ההולך ומתרחב.

בתחום החימוש המשוגר מהאוויר אפשר לכלול דוגמא אחת נוספת, שהייתה הסתעפות מהתפתחויות אחרונות שנעשו בפצצת המרגמה המונחית "מרלין" 81 מ"מ, שתתואר בהמשך. חבילת ההנחיה וראש-הנפץ "מרלין" מותקנים על ראשה של רקטת אוויר-קרקע רגילה 81 מ"מ. הרקטה משוגרת ממסוק במסלול גבוה להעסקת עוצבות שריון בטוחים ארוכים "מנגד" (stand-off). מערכת "מרלין"/"מדוזה" זו מיועדת לירי במטחים, בדומה לחימוש הנורה ממרגמות.

אש עקיפה הנורית מהקרקע

סוג זה של כלי-נשק סיפק מגוון גדול של טכניקות ושל יישומים לחמ"ם – יותר מכל סוג אחר, אף שהעבודה שנעשתה בתחום הפצצות המונחות סיפקה חלק ניכר מהדחיפה הטכנולוגית.

בשנות ה-70, אחרי מלחמת וייטנאם, הופנתה תשומת-הלב למבצעים באירופה ולאיום ההולך וגדל על כוחות נאט"ו מצד השריון הסובייטי. אף שהדגש היה עדיין על פיתוח הנשק הקיים בכינון ישיר (טמנ"טים לטווחים ארוכים ובינוניים ומערכות של תותחי טנקים), העוצמה הרבה של הכוחות המשוריינים של ברית ורשה בעומק הצביעה על כך שנאט"ו חייבת לשפר את התכליתיות של מערכות האש לעומק – הן לאמנעה והן לסיוע לאיזור הקרבות הקדמי, שהיה ניתן באורח מסורתי על-ידי הארטילריה. מטרות משוריינות הן קטנות למדי ומפוזרות היטב, והפיזור הבסיסי של ארטילריה ארוכת-טווח קונוונציונלית הוא כזה, שקטלניותה נגד מערכים משוריינים, ובייחוד מערכים בתנועה, נמוכה ביותר. הנחיה מדויקת לפגזי ארטילריה נתפסה אפוא כחיונית להבסת כוחות אלה, והחל מאמצ' חדש, שהעלה את התפיסה של חמ"ם לרמת תחכום גבוהה הרבה יותר. ואכן, המונח "חימוש מונחה מדויק" מיוחס לעיתים קרובות רק לתקיפת שריון.

נשק מונחה ממלא תפקיד מרכזי גם במקרים של חימוש משוגר מהאוויר ואש קרקעית בכינון ישיר, ובסוגים אלה ניתן להבחין בפשטות בין חימוש מונחה לחמ"ם, כפי שכבר הוסבר בהקדמה. אולם בנשק בכינון עקיף לא נעשה קודם לכן שימוש בטכנולוגיות הנחיה, מפני שלא ניתן היה לבצע כינון ראשוני של החימוש בנקודת השיגור. פיתוחן של טכנולוגיות הנחיה עצמאיות מאפשר עכשיו לקבוע נקודת כינון סופית במטרות מרוחקות (בהנחה שניתן לשגר את החימוש בדייקנות לאיזור המטרות), ושיטות כאלה הן הבסיס לחמ"ם.

שלושת סוגי החמ"ם (משוגר מהאוויר, אש בכינון ישיר משוגרת מהקרקע ואש עקיפה משוגרת מהקרקע) יידונו בנפרד, מפני שיש להם מאפיינים ייחודיים. נוח יותר לפתוח בחימוש משוגר מהאוויר, מכיוון שהוא היה קרקע הגידול של טכניקות הנחיה "חכמות".

יישומי הנשק

חמ"ם משוגר מהאוויר

במלחמת וייטנאם היינו עדים להפעלתו המבצעית של החמ"ם התכליתי הראשון: פצצה מונחית טלוויזיה, AGM-62 – "ולי". במערכת זו הותקנה בראש הפצצה מצלמת טלוויזיה, ומערכת ההנחיה הייתה נעלמת על המטרה, לפני שהפצצה הייתה משוגרת מהמטוס שנשא אותה. בקרת הפצצה לאחר השיגור נעשתה בעזרת הגאייזב אירודינמיים לתיקון המסלול הבליסטי של הפצצה. ה"ולי" הופעלה בהצלחה בתקיפות מדויקות של מטרות קרקעיות כמו גשרים – מטרות שהיו עמידות, יחסית, בפני הפצצות רוויה. אחרי 1963 בוצעו מספר שיפורים בראש-הנפץ של הפצצה וביכולת ההנחיה. במיוחד ניתנה אפשרות למפעיל לשפר את הכינון בהתערבות ישירה בבקרת הטיסה. התערבות זו התאפשרה על-ידי תקשורת נתונים בין הפצצה לתצוגת טלוויזיה במטוס המשגר. ייצור ה"ולי", שנרכשה על-ידי הצי האמריקני, נמשך עד אמצע שנות ה-80.

במקביל ל"ולי" הצטייד חיל-האוויר האמריקני בשתי מערכות של פצצות מונחות: HOBOS, מערכת משופרת מונחית טלוויזיה, ומשפחת Paveway, שפעלה בהנחיית ליזור פעילה למחצה. במערכת אחרונה זו מאירים את המטרה בקרן ליזור צרה בעוצמה גבוהה באמצעות קצין תצפית קרקעי או מזרקור מוטס מיוצב. הפצצה מונחית אל המטרה על-ידי חישה ומעקב אחר אנרגיית הלייזר המוחזרת מהמטרה.

כל המערכות האלה מסופקות בצורת ערכה להתאמת "פצצות ברזל" קיימות, שמשקלן אינו עולה על 1,360 ק"ג. הדגם האחרון של Paveway נועד לשיגור בגבהים נמוכים כדי להקטין את פגיעותם של המטוסים. נמסר כי ה-Paveway יוצר ביותר מ-25 אלף יחידות, שרובן היה מיועד ליצוא ל-17 מדינות.

שיפורים נוספים לפצצות מונחות כללו את התקנתם של ראשי חיפוש א"א (I²R), המאפשרים להטיל את

מערכות הטמנ"טים בכינון ישיר התבססו אומנם על טכנולוגיות הנחיה מורכבות, אך אלה לא התאימו בדרך כלל למערכות של אש עקיפה, שבה אין קרריייה בין המטרה לכלי המשגר. מבין הטכניקות ששימשו בכלי-ההנשק החכמים מהדור הקודם נמצאה מתאימה רק הנחיה פעילה-למחצה בלייזר, בתנאי שניתן יהיה להציב את הציוד לסימון המטרה בקרבה מספקת לאיזור הקרב. מצב זה, בשילוב עם הלקחים שנלמדו מתקופת וייטנאם, שימש קרשקפיצה לפיתוח סוג חדש של כלי-הנשק – פגז החמ"ם "קופרהד".

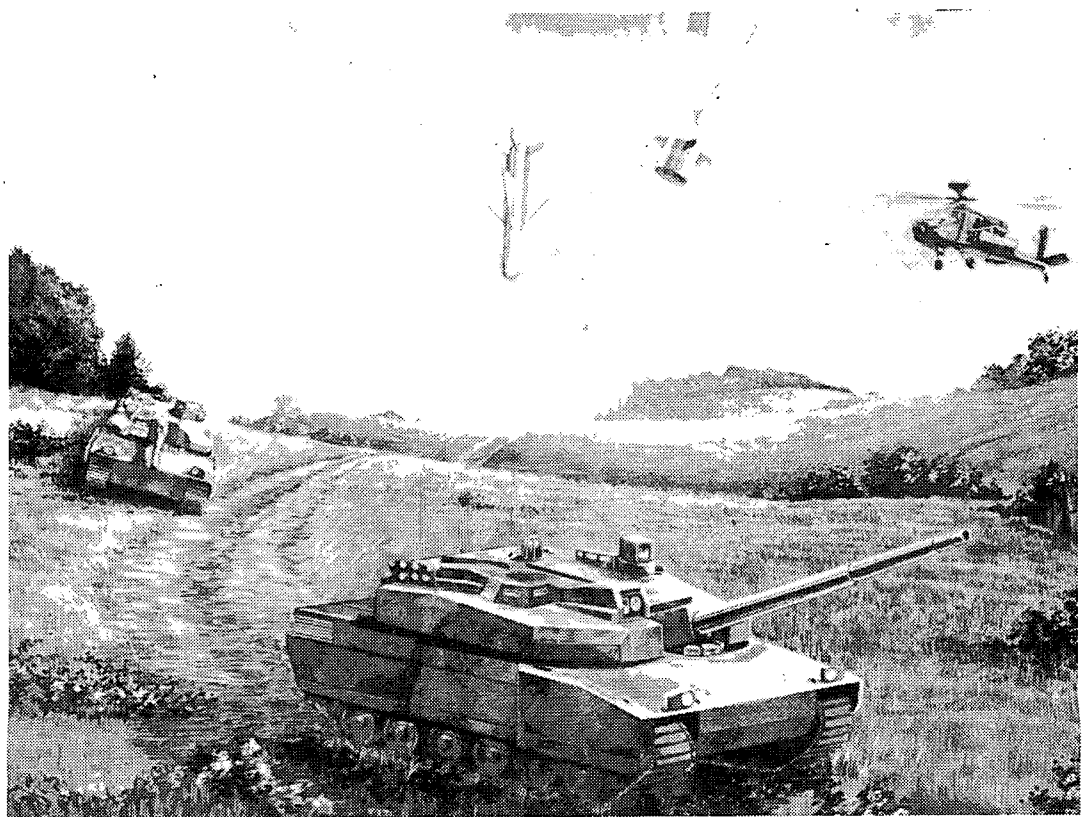
ה"קופרהד" לא קנה לו אחיזה רחבה בנאט"ו למרות ההצגות המוצלחות, הביצועים הטובים וההצטיידות המלאה של הצבא האמריקני באירופה בחימוש זה. נראה שהסיבות לכך היו מחירו הגבוה, הליקויים בתפעול ההנחיה הפעילה-למחצה בלייזר – ובעיקר היכולת המוגבלת בתנאי מזג אוויר קשים (בייחוד בעננים נמוכים) והעדר העצמאות לאש בעומק, ולאו דווקא הביצועים הטכניים של הנשק. ואכן הסברה היא, שעבודה דומה שנעשתה בגרמניה – להתקנת הנחיה דומה לפצצת מרגמה 120 מ"מ, ה"בוסארד" – נפסקה מסיבות דומות. אבל ה"קופרהד" הפגין – ובתכליתיות – את בשלותן של טכנולוגיות המסוגלות לעמוד בלחצים הקשים של שיגור מתותח (האצה של 10,000g בקירוב) ועודד פעילויות רבות נוספות.

בסוף שנות ה-70 הושם דגש על התקנת הנחיה עצמאית לחלוטין למערכות משוגרות מתותחים. רמת הפיתוח של חיישני הנחיה ושל אלקטרוניקה ממוזערת הצביעה כבר על ייתכנות של הכללת אלגוריתמים לעיבודים מתוחכמים ביותר בנפחים המצומצמים מאוד של חימוש המשוגר מקנה. אפשר היה להגיע לפעולה עצמאית על-ידי I²R וטכניקות מ"ם בגלים מילימטריים (mmW), שיאפשרו לאכן אוטומטית מטרות קרקעיות ולעקוב אחריהן גם בתוואי קרקע מסובכים.

אמצעי השיגור הקונוונציונליים של הארטילריה הם משגרי רקטות, תותחים ומרגמות, ובכל אחד מתחומים אלה התפתחו תפיסות של חמ"ם עצמאי. חמ"ם כזה מקנה יתרון מיוחד על פני צורות אחרות של חימוש מונחה: הוא מאפשר לנצל במלואם את הנשק הבסיסי (המשגר), את כוח האדם ואת המתקנים הלוגיסטיים הקיימים ממילא ולהגביר את התכליתיות ואת הגמישות של האמצעים הקיימים בעלות נמוכה, יחסית. עובדה זו חוזרת ומדגישה את הרעיון של חמ"ם כהרחבה וכהתאמה של חימוש קונוונציונלי, כפי שהוסבר בתחילת המאמר. אחרי ה"קופרהד" הופיעו הדוגמאות הבאות ליישומים של טכנולוגיות I²R וגלים מילימטריים:

שיגור ברקטות. משגר רב-קני (MLRS) של נאט"ו, שנועד תחילה לשיגור פצצונות ותת-חימוש של מוקשים זעירים, הורחב בשלב השלישי לשיגור ראש-נפץ בהנחיה

טיל ופגז המתבייתים על מטרותיהם בשיטת הגלים המילימטריים. לטנק העתידי שבציור מ"ם לגילוי גלים מילימטריים



הנדרשים בסורקים ובאלקטרוניקה של מערכת ההנחיה ובהגנה עליהם.

שיגור ממרגמות. אחרי שהופסקה העבודה על ה"בוסארד" הפעיל-למחצה והמונחה בלייזר, התרכזה העבודה על פצצות מרגמה בהנחיה סופית בטכניקות ביות בשיטת I²R. שיטה שהוצעה לדגם מאוחר יותר של ה"בוסארד" נוסתה ב-GAMP בארצות-הברית והופסקה, ונמשכה לאחר מכן במערכת ה-STRIX השוודית.

עם זאת, מערכות ארטילריות פועלות בדרך כלל במסלולים גבוהים, לרוב בסדר גודל של מחצית טווח הירי, וביצועיהם של סורקים I²R עלולים לסבול קשות עקב שכבות עננים. השכיחות הרבה של שכבות עננים באירופה עוררה את הצורך לתכנן סורק תכליתי בגלים מילימטריים לכל החמ"ם הארטילרי, מכיוון ששידורים בגלים מילימטריים כמעט שאינם מושפעים מעננים או מגשמים פזורים. חברת "אירוספייס" הבריטית הייתה חלוצת העבודה על סורק פשוט בגלים מילימטריים עבור פצצות מרגמה בהנחיה סופית בקשר לפצצה "מרלין" 81 מ"מ.

תוכנית ה"מרלין" נועדה לספק לחיל-הרגלים אמצעי זול נגד רכב משוריין. המטרה הושגה על-ידי פצצה חדשה, שתוכננה ייעודית לפגוע בכלי-רכב בטווחים של עד 4 ק"מ, ושניתן לירות אותה ממרגמות 81 ר-82 מ"מ רגילות, המצויות בשימוש בכל העולם, בתרגולות ובטכניקות רגילות של ירי במרגמות.

מערכת ההנחיה בנויה מסורק פשוט זול לכל מזג-אוויר, הפועל בגלים מילימטריים, שנועד בראש ובראשונה לתקיפת מטרות נעות (בתצפית של קת"קים), ושיש לו יכולת מסוימת גם נגד רכב ניח. הצורך לדחוס את האמצעי החיפוש והאלקטרוניקה בנפח המצומצם של ה"מרלין" מתח עד קצה גבול היכולת את טכנולוגיות המזעור של מעגלים אלקטרוניים ואת ייצורם של רכיבים שיהיו מסוגלים לעמוד בכוחות G גבוהים. הפיתוח של ה"מרלין" מתקדם מאוד, וכל ההיבטים של הביצוע הוכחו. הטכנולוגיה של ה"מרלין" נוצלה גם לפיתוח משותף של פצצת מרגמה 120 מ"מ בהנחיה סופית – ה"גרפיין". החברות "תומסון-ברנדט" הצרפתית, MFA השווייצית ו-BPD האיטלקית משתפות פעולה עם "בריטיש אירוספייס" בניית מערכת שתהיה מסוגלת לתקוף מלמעלה את המטרות המשוריינות בשריון הכבד ביותר בשדה-הקרב. ה"גרפיין" הוא נשק זול, ויהיה בעל ביצועים מעולים נגד מטרות נעות מועדפות בסיוע התקפי קרוב.

אש ישירה הנורית מהקרקע

הפעילות בתחום החמ"ם יוחסה בדרך כלל לצורך לשפר את ביצועיהם של תותחי טנקים בטווחים שבהם ירי במסלולים בליסטיים גבוהים מאבד מדיוקו. העבודה הראשונית נעשתה בארצות-הברית בתחמושת תותחים 105 מ"מ המופעלת הן בהנחיה בשיטת "רכיבה" על קרן לייזר והן בטכניקות להנחיה סופית פעילה-למחצה בלייזר. הפיתוח בארצות-הברית החל כבר בשנת 1959 ב"שיליילה",

סופית (TGW). כל ראש-נפץ כזה מתפצל לשלושה תתי-חימוש בהנחיה סופית (TGSM) במטח של רקטות המשוגר מעל ריכוזים של עוצבות שריון. הלוגיקה של ההעסקה, של השיגור, של הפיזור ושל איכון המטרות הפרטני של תתי-החימוש מתוכננת כך שבכל התקפה תושג רמה גבוהה של שחיקה, בין אם נגד מטרות ניחות ובין אם נגד מטרות ניידות – דבר ההופך את הנשק לאמצעי אמנעה תכליתי מאוד. כל תתי-חימוש מצויד בסורק בגלים מילימטריים, המסוגל להבחין במטרות על הרקע שמאחוריהן בטכניקות מכ"ם של דפוסי זיהוי. נשק כזה מחייב כמובן לדעת את המיקום המשוער של עוצבות השריון, ומשום כך המודיעין הקרבי הוא תוספת חשובה ביותר לניצולו המוצלח. הקונסורציום האמריקני-בריטי-צרפתי-גרמני MDTT עוסק כיום בפיתוח ראש-נפץ בהנחיה סופית ל-MLRS.

חמ"ם פשוט קצת יותר, המשוגר על-ידי רקטה, הוא ה"יוליסס" – פיתוח בריטי-איטלקי פרטי, המנצל דגם של פצצת מרגמה 120 מ"מ בהנחיה סופית (TGMB) "גרפיין" (ראה להלן), הנישאת כמטען מועיל על רקטה ארטילריה FIROS 30 בקוטר 122 מ"מ. אף שכל רקטה נושאת תתי-חימוש מתפצל אחד, רכב השיגור נושא 40 רקטות (בהשוואה ל-12 על ה-MLRS), כך שעוצמת האש הכוללת אינה נפגעת בצורה חמורה.

שיגור מתותחים. עבודה רבה נעשתה לפיתוח שווה-ערך עצמאי ל"קופרהד" עבור תותח 155 מ"מ. קוטר זה הוא המקובל ברוב צבאות המערב; הוא מצוי במספרים גדולים, ויש לו טווח, קצב אש וניידות מתאימים לשימוש בכל תפקידי הארטילריה – אמנעה, נ"ס וסיוע קרוב. בארצות-הברית, בבריטניה, בצרפת, בגרמניה ובשוודיה מתנהלות תוכניות מקומיות שונות, אבל הפעילות העיקרית מתרכזת כעת בתוכנית נוספת של נאט"ו – חמ"ם עצמאי (APGM), הנמצא כעת בשלב הייתכנות.

APGM מבוסס גם הוא על סורק בגלים מילימטריים, הדומה במורכבותו לראש-הנפץ בהנחיה סופית של ה-MLRS; הוא בעל יכולת גבוהה לגילוי מטרות ניידות ונייחות ולשיגור מדויק של ראש-נפץ כבד במטען חלול. ההבדל העיקרי בין חמ"ם עצמאי (APGM) לראש-נפץ בהנחיה סופית (TGW) הוא בתפקיד המבצעי שנועד להם. אף שה-APGM אמור להיות פוטנציאל לאש בעומק (אמנעה) ואש נ"ס, נראה שתפקידו העיקרי יהיה נשק לסיוע קרוב, שבו האש נדרשת ונצפית על-ידי קת"קים. עוצבות שריון יעסקו בשיגור מטחי-אש משני תותחים (למשל), כאשר האלגוריתמים של איכון המטרות מסוגלים למנוע פגיעה כפולה במטרה אחת.

בתוכנית החמ"ם העצמאי ניתנה עדיפות גבוהה לעיצוב הפגז בתצורה גיאומטרית קונוונציונלית. המשמעות היא, בין יתר התכונות, מעוף בליסטי של הפגז בסחרור. שלא כמו "קופרהד", המתנתק מן החירוק הלולייני בקנה התותח, חמ"ם העצמאי מסתחרר בשעת הירי במהירות של 300 הרץ ומקבל תאוצה של 16,000g. נתונים אלה יוצרים קשיים הנדסיים ניכרים באריזת המרכיבים העדינים

סופי לתותח 120 מ"מ (שם הקוד: EPHAG) בטכניקות I²R או גלים מילימטריים. לא ברור מה מצבו של מחקר זה כעת, אבל יש להניח שימוש עצמאי כזה יקבל תשומת-לב רבה יותר לאחר פתרונם של אילוצים טכנולוגיים שונים.

טכנולוגיות של הנחיה ובקרה

מתוך המונח הנחיה מדויקת משתמע שחמ"ם זקוק ל"חבילת" הנחיה מדויקת בלתי רגילה, מעבר ליכולת המיוחסת בדרך כלל לחימוש מונחה אחר. אך אין זה נכון בהכרח. הדרישה החשובה היא שאפשר יהיה לשגר את החמ"ם בדיוק מספיק, בניגוד לחימוש קונוונציונלי לא מונחה, אבל הדרישות המעשיות לדיוק משתנות לפי סוג החימוש. פצצה מונחית המבוססת, למשל, על פצצת ברזל במשקל 450 ק"ג מצריכה דיוק צנוע בלבד כדי להשמיד מטרה קשיחה; ככל הנראה די בשגיאה מעגלית מסתברת (CEP) של מטרים ספורים. אולם פצצת מרגמה בהנחיה סופית או חמ"ם עצמאי צריכים לפגוע בחלקו העליון של טנק בשגיאה מעגלית מסתברת של פחות ממטר אחד, כדי שתהיה להם ההשפעה הרצויה.

דברים אלה עולים בקנה אחד עם המאפיינים הכלליים של חימוש זה. פצצה מונחית היא חימוש כבד מאוד, יחסית לרוב החימוש המונחה, ולה יכולת תמרון מוגבל. לעומת זאת חמ"ם נ"ט יהיה זריז, יחסית, ויוכל להיעזר בתיקונים מדויקים של נקודת המכוון תוך כדי השלבים האחרונים של הביות הסופי.

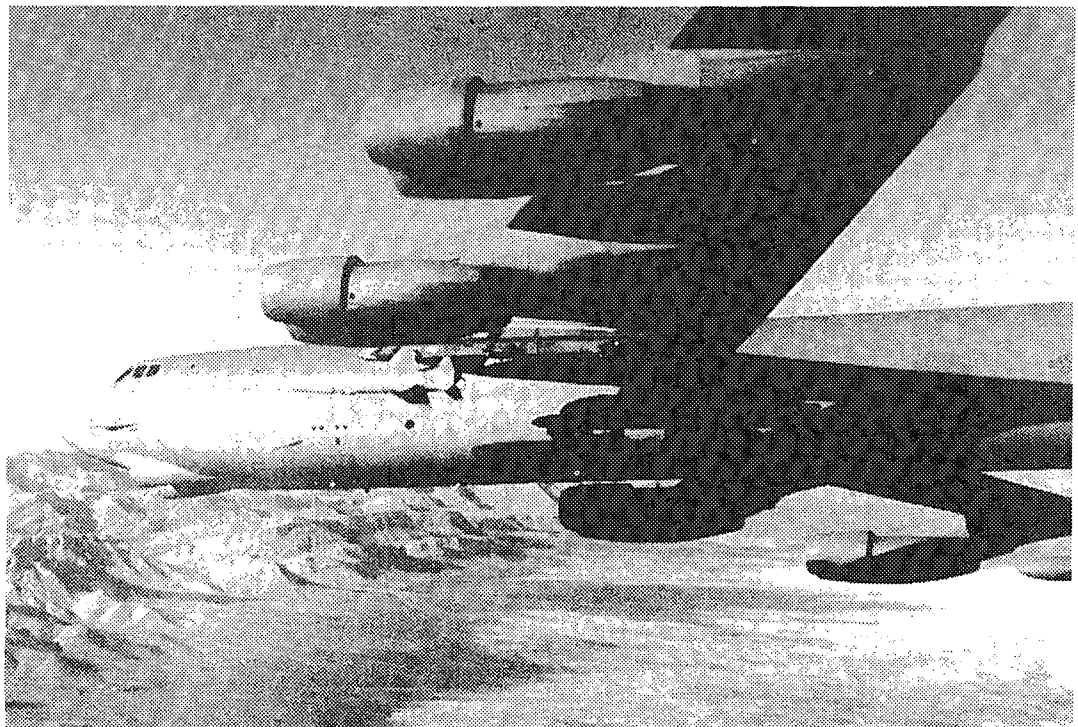
שהוא טיל נ"ט מונחה הנורה מתותח 152 מ"מ, ומנוע רקטי מאיץ אותו למהירות של 3.5 מאך. התותח, שהותקן על טנק מדגם "שרידך", מסוגל לירות גם פגזים בליסטיים משניים. כפילות מטרה זו היא היפוכם של כלי-נשק מאוחרים יותר, וה"שילילה" אינו מסווג כחמ"ם. תוכנית זו לא נמשכה מעבר לשלבים הראשונים, לבד מאימוץ הטכנולוגיה של "קופרהד" לטיל של הצי האמריקני בקוטר 4.5 אינצ'ים, הנורה מתותח. טיל זה ידוע בשם Deadeye, והוא נמצא בשלבי ייצור ראשונים.

לא מכבר נעשתה עבודה על תחמושת מונחית 120 מ"מ לטנקים. ראויים לציון שני פגזים הנמצאים בתחילת פיתוחם בארצות-הברית:

- X-ROD – פגז חודר מונחה באנרגיה קינטית, בעל מטען הודף רקטי תוך כדי מעופו לשיפור ביצועים נגד שריון בטווחים העולים על 2-1.5 ק"מ.
- CGMP – טיל מונחה רבת-כליתי להעסקת מסוקים בטווחים עד 6 ק"מ. יש להניח שטיל זה יהיה חמוש בראש-נפץ נפיץ ויונחה בטכניקות של הנחיה בקו ראייה.

עבודה דומה נמצאת בשלבים ראשונים בבריטניה, בצרפת ובגרמניה. נמסר כי אחד הדגמים הבריטיים, GATS (ראשי-תיבות של Guided Antitank Shell – פגז נ"ט מונחה) יופעל בטכניקות דומות לטכניקות של ה-X-ROD, והוא נועד לשפר את כושר החדירה לשריון באנרגיה קינטית בכל הטווחים ולאפשר גם יכולת נגד מסוקים. בגרמניה נערכו מחקרים בחימוש בעל ביות

טיל ה-AGM-142D ("פופאלי") המיוצר בשיתוף פעולה בין רפא"ל ל"לוקהיד מרטין" האמריקנית. בצילום נראה הטיל כשהוא נישא על מפציץ B-52.



סוגי הנחיה

ברוב סוגי החמ"ם ניתן לוותר על טכניקות הנחיה בקור ראייה, אבל במקרה של חמ"ם לתותחי טנקים הנחיה בקרראייה אינה מעוררת קשיים מיוחדים בתכנון או בפיתוח. ביתר המקרים ייעשה שימוש בשיטות ביות, ואת אלה ניתן לחלק לסוגים הבאים:

- לייזר פעיל-למחצה
- תת-אדום (א"א)
- רדיומטרי סביל
- מל"ם פעיל בגלים מילימטריים

ביות בלייזר פעיל-למחצה מוגבל יותר מבחינה מבצעית מהסיבות שפורטו לעיל, אף שהוא השימושי ביותר להבטחת העסקתן של מטרות מוגדרות (במקום להניח לחמ"ם לבחור לעצמו את המטרות). אין להניח שהמערכות החדשות ימשיכו לפתח את הטכניקה הזאת.

טכניקות א"א מסוגלות להגיע לחדות גבוהה במטרות נקודה, ובגלים ארוכים יותר (8-12 מיקרון) הן מאפשרות ביצועים טובים מתחת לשכבת עננים. הדמיה א"א בחדות גבוהה (I^2R) תנוצל במערכות ביות מדויקות, אבל גם לשיטות לגילוי נקודות חמות יש תפקיד מועיל במערכות הפועלות בגלים באורכים שונים.

רדיומטריה סבילה, שטמון בה פוטנציאל מסוים במעקב סופי, אינה פועלת כהלכה בכל התנאים הסביבתיים הסבירים.

מל"ם פעיל בגלים מילימטריים הוא הטכניקה המועדפת. כיום ניתן להפיק קרניים צרות בתדרים של 90-100 גיגהרץ (GHz), שיאפשרו חדות טובה נגד מטרות קרקעיות קטנות וביצועים טובים בכל מזג-אוויר וגם דרך עננים.

הפיתוחים העיקריים שנעשו בשנים האחרונות במשדרים הכוללים רכיבים במצב מוצק (solid state), במעגלים של גלי מיקרו ובשיטות עיבוד של אותות מל"ם הביאו את הטכנולוגיה לרמה שבה ניתן להגיע לגילוי מטרות אמין בטווחים המתאימים לתפעול חמ"ם.

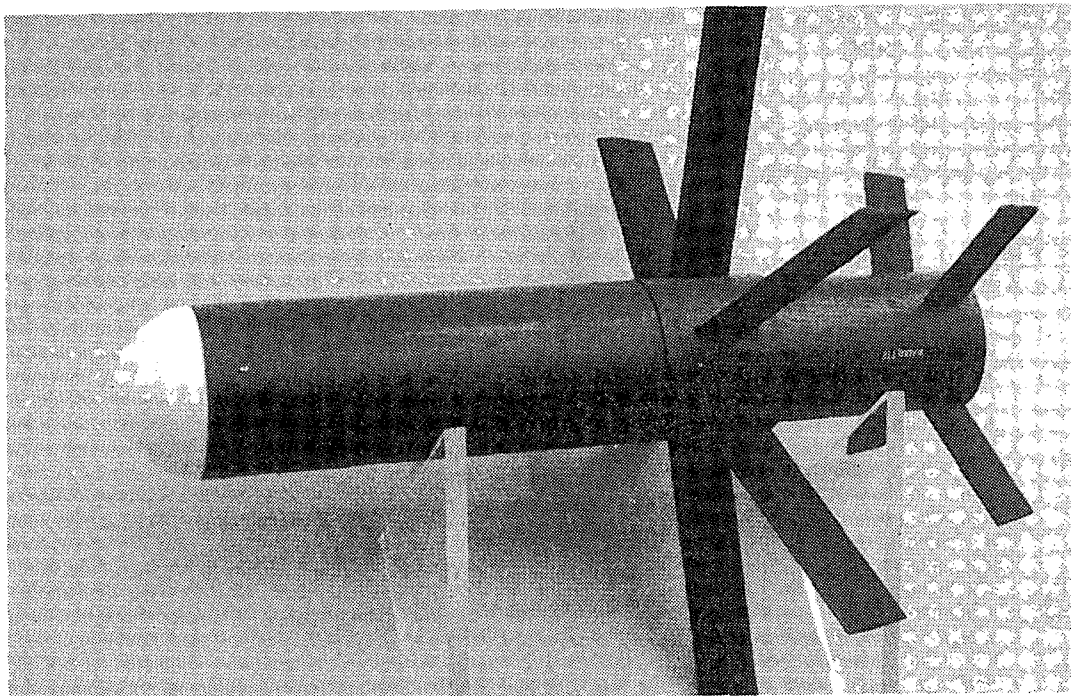
כיום שוקלים לשלב את הטכניקות האלה במגוון יישומים, למשל במרעומי החישה (SFM) שהוזכרו קודם לכן. מרעומים אלה פועלים בשילוב של א"א לאיכון נקודות חמות ומל"ם פעיל פשוט מאוד בגלים מילימטריים לאיכון מטרות טנקים ולהפעלת ראש-הנפץ. סורקים מתוחכמים יותר, הפועלים בשילוב דומה של I^2R וגלים מילימטריים, נמצאים כיום בפיתוח לשיפור הביצועים הכלליים של חמ"ם, ובייחוד כדי להשיג גמישות רבה יותר בהתמודדות עם אמצעי-נגד ועם תנאי מזג-אוויר קיצוניים.

תפקודי הנחיה

מערכת הנחיית ביות עצמאית חייבת להיות מסוגלת:

- לחפש מטרות.
- לאכן מטרה על הרקע הטבעי שלה.
- להכיר את המטרה או לזהות אותה כמטרה שיש בה עניין.
- לעקוב אחרי מטרה נבחרת במשך כל שלב הביות.
- לקבוע נקודת מכוון תכליתית שבה יפגע החימוש. גם סורק ב- I^2R וגם מל"ם מבצעים את המשימות האלה בצורה מספקת (חלקם טוב יותר מאחרים), והבחירה תהיה מותנית בעיקר בשיקולים של תוך כדי מעוף ושל

פגז מרגמה 120 מ"מ "גריפי" מתוצרת "בריטיש אירוספייס", המתביית על מטרותו בשיטת הגלים המילימטריים



מסלול תעופה. אולם למערכות מל"ם פעיל יש יתרון חשוב נוסף, והוא יכולת טיווח. יכולת זו מאפשרת לחמ"ם לקבוע את הגובה מעל הקרקע, את הטווח ואת הזמן שצריך עדיין לעבור, את גובה מסלול התעופה וגורמים נוספים ולספק מידע חשוב לניווט שאפשר לנצל אותו לכינון השלב הסופי של מסלול התעופה ביתר דיוק.

עיבוד אלקטרוני

צורכי העיבוד של מערכות I²R ובגלים מילימטריים דומים למדי, אף שהם מותנים בטיבו המדויק של כל סורק. שיטת ה-I²R מטילה מעמסה כבדה של עיבוד לצורכי הדמיה על מנת לשלוף מידע על דפוסי המטרה ולעבד אלגוריתמים שונים למעקב; שיטת הגלים המילימטריים מחייבת עיבוד בערוצים רבים למעקב אחרי טווח וזווית פגיעה, אבל האלגוריתמים של דפוסי זיהוי המטרה (גם אם הם משתמשים בשיטת עיבוד של תבנית פיזור מלאה) מבוססים על טבלאות עיון רב-ממדיות, והם קלים ליישום.

בכל מקרה, השימוש במערכות המבוססות על מעבדים זעירים וההתקדמות בתחום המזעור הביאו לפיתוחן של ערכות אלקטרוניות זעירות מאוד לנשק, המסוגלות לעמוד בתאוצות העצומות הנוצרות בשעת הירי או השיגור. ערכה אלקטרונית כזאת, שיוצרה עבור פצצת המרגמה המונחית "מרליך", למשל, ומותקנת בתוך פצצה שקוטרה 81 מ"מ, מבצעת את כל תפקודי העיבוד של המכ"ם, הניווט העצמי והבקרה.

אסטרטגיה של הנחיה סופית

היבט חשוב של תפעול חמ"ם, ובייחוד בתחום האש העקיפה, הוא האסטרטגיה שתיקבע לחיפוש עצמאי אחרי מטרות ולבחירתן. בכל הדוגמאות שהבאנו החימוש מתוכנן בראש ובראשונה לפעולה נגד קבוצות של מטרות, בין שהוא משוגר ממרגמות, מתותחים או ברקטות, והתכליתיות הכוללת מושגת על-ידי שימוש בחמ"מים רבים. לכל חמ"ם מוקצה קטע מהשטח שמעליו הוא יחפש מטרות שיתאימו בצורה הטובה ביותר לכושר התמרון שלו. שיטה זו ידועה כ"טביעת העקב" של החימוש. אילו היה כל חמ"ם משוגר בזה אחר זה בדיוק לאותה נקודה, יש להניח שכל אחד מהם היה תוקף אותה מטרה באותה נקודה בתוך "טביעת העקב" שלו, והמשימה הכללית לא הייתה תכליתית.

למרבה המזל, רק שיטות שיגור מעטות יוצרות חזרה מסוג זה, ומטח של חמ"ם יתפזר בהתאם לדיוק השיגור. אך גם כך מערכת הסריקה תוכננה כך שניתן יהיה להשיג את התוצא המיטבי ממטח של חמ"ם נגד מערך שלם של מטרות, ויש צורך להביא בחשבון את הנקודות הבאות:

- הדיוק של מערכת השיגור.
- גודל "טביעת העקב".
- דפוסי הסריקה.
- המרווחים בין החמ"מים.
- תבחיני איכון המטרות (נעות, ניחות או שניהם).

התכנון המתאים ביותר לתסריט מסוים של העסקת מטרות לא יהיה בהכרח גם התכנון המתאים ביותר לתסריט שונה, ויהיה צורך להתפשר תוך כדי התכנון. לחלופין, ניתן לתכנת את הטילים לפני השיגור ולקבוע את מרכיבי ההעסקה המתאימים ביותר לתסריט נתון. מערכות מודרניות של מעבדים זעירים מסוגלות לשנות את התצורה של המערכת בהתאם, ויש להניח שבעתיד יציעו החמ"מים גמישות מבצעית מעין זו.

מגמות עתידיות

בעקבות הפיתוח המוצלח של פצצות מונחות מדויקות רבות הגיעה שעת פיתוחו של חמ"ם מן הדור השני, המשוגר מארטילריה – בעיקר לצורכי נ"ט (כולל אש נ"ס). כלי-נשק אלה מתוכננים להיכנס לשירות בשנות התשעים ובמאה הבאה, והם יקנו יכולת הגנה אדירה נגד ריכוזי שריון גדולים.

אפשר לצפות לשיפורים מסוימים נוספים בטכנולוגיות, כמו למשל בתחום ההתגוננות בפני אמצעי-נגד, מה שיאפשר שיפורים במוצרים; בינתיים קשה לחזות את פיתוחן של טכניקות "חכמות" עוד יותר, מפני שיש להניח שהצורך בהרחבה נוספת של היכולת לשגר אש נ"ט עקיפה יהיה מוגבל. הרחבת החמ"ם הקיים למערכות שיגור חדשות תהיה כנראה מגמת פיתוח חשובה יותר. בעניין זה מתעוררת שאלה מעניינת בנוגע להבחנה המדויקת בין חמ"ם לבין נשק מונחה, כפי שהוזכרה בסעיפים הראשונים לעיל. חמ"ם שפותח עבור רקטה ארטילרית ניתן לשיגור גם ממטוס החג "מנגד" כמו MSOW. זו כבר איננה הרחבה של חימוש קונוונציונלי, אבל האם זה עדיין חמ"ם?

הסוג השלישי שתואר – חמ"ם לתותחים היורים בכינון ישיר – נשאר רדום יחסית בשל בעיות טכנולוגיות שטרם נפתרו. החשיבות הגוברת של האיום הנשקף לשריון מצד מסוקים חמושים עשוי לעורר עניין גדול יותר בנשק מסוג זה, והפיתוח הנעשה כיום בטכניקות הנחיה עצמאיות עשוי לספק את הדחיפה הטכנית. הסביבה של תותחי טנקים קשה עוד יותר מהסביבה של הוביצר 155 מ"מ, אבל גם כך אין להניח שהעברת הטכנולוגיה תעורר קושי רב.

