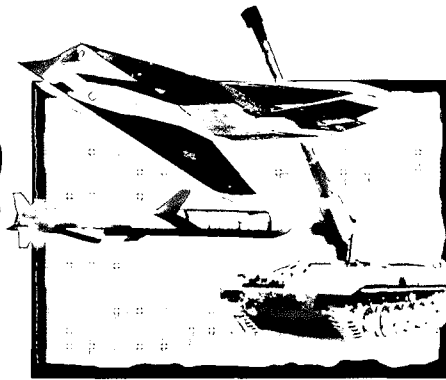




חמקנות בשדה הקרב

מאחר שלכל פלטפורמה יש מספר רב של חתימות - למשל תרמית, אקוסטית, אלקטרו-מגנטית ואופטרונית - הרי כדי לייצר פלטפורמה חמקנית של ממש יש לטפל בכל החתימות שלה. כיום אנו מצויים בעיצומו של מרוץ חימוש מסוג חדש בין פיתוח החישנים לבין פיתוח התכונות החמקניות של הפלטפורמות. בשלב הזה לא ברור ידו של מי תהיה על העליונה

אל"ם (מילי) יעקב צור

דווקא כאשר המערכים נגד מטוסים התעצמו, השתכללו וצוידו ב"עיניים" חודרות ומרחיקות ראות בצורה של מערכות מכ"ם, שמסוגלות לגלות כל כלי טיס המופיע על רקע השמיים. נוצר מצב שמטוסי קרב והפצה וגם מטוסי צילום ומודיעין התקשו להתקרב אל מטרותיהם בלי להתגלות מראש. אמצעי לחימה אלקטרוניים (ל"א), שהיה צריך לפתח ולהפעיל כדי לאפשר למטוסים לחדור, נעשו כבדים, מסובכים ויקרים. מכאן התפתח הרעיון להקנות למטוסים תכונות חדשות, שאינן מוכרות לאויב, אשר יעלימו אותם מעיניו ויאפשרו להם לחמוק פנימה ולבצע את משימותיהם ללא אבדות.

ההתפתחות המהירה של החימוש המונחה המדויק מנגד (חמ"ם) בעשרות השנים האחרונות יצרה מצב שבו כל מטרה שהתגלתה לאויב ו"נרכשה" על ידו היא בחזקת מושמדת. זאת בהנחה שיש לו אמצעי לחימה "חכמים" בכמות הראויה וידע כיצד להפעילם. אין די

את היכולת המבצעית החדשה שנוספה לחיל האוויר האמריקני.

הצורך בחמקנות

הצורך ב"חמקנות" - כלומר ביכולת לנוע בלי להתגלות ל"עיני" האויב (עיניים וגם חושים אחרים, כמו גם אמצעי עזר, כלומר חישנים למיניהם) - צורך זה ימיו כימי המלחמות. אמצעי

ההתפתחות המהירה של החימוש המונחה המדויק מנגד (חמ"ם) בעשרות השנים האחרונות יצרה מצב שבו כל מטרה שהתגלתה לאויב ו"נרכשה" על ידו היא בחזקת מושמדת

הסתרה והסוואה היו נהוגים בצבאות המודרניים כבר בראשית המאה ה-20, אבל חמקנות במובנה החדש, הנוכחי, החלה מתפתחת בשדה הקרב האווירי

המושג "חמקנות" (Stealth) הוא חדש, יחסית, בשדה הטכנולוגיות הצבאיות. במילון המונחים של צה"ל הוא נקרא "חמיקה" ומוגדר שם בהיבט צר למדי: "תכונה של כלי-טיס (או של כלי-שיט) להקטין את שטח החתך המכ"מי (שח"ם), כדי שלא יוכל האויב לגלותו באמצעי גילוי כגון מכ"ם". אנסה בכתבה קצרה זו להרחיב מעט את היריעה.

ההופעה הדרמטית של "המפציץ החמקן" "אף-117" על הבמה של מלחמת "סופת מדבר" בתחילת 1991 הייתה חידוש מפתיע לרבים, אף ש מדענים ומהנדסים טרחו על פיתוחו ועל ייצורו שנים רבות לפני כן. אלא שהם השתדלו לעשות זאת בחשאי כדי לא לחשוף בטרם עת

יועץ למו"פ ביטחוני ותעשייתי



הטנק הצרפתי "לקלרק" עם ציפוי המחזיר קרינת מכ"ם



הצורך ב"חמקנות" - כלומר ביכולת לנוע בלי להתגלות ל"עיני" האויב - צורך זה ימיו כימי המלחמות

החתימה

כל פלטפורמה שנעה - בכל שדה קרב - מאופיינת על-ידי ה"חתימה" שלה. חתימה היא מגוון של סוגי קרינה שונים,

כדי להגיע לחמקנות של ממש צריך לטפל בשורה ארוכה של תכונות הפלטפורמה, כך שהחתימה הכוללת שלה תיעלם מעיניו של האויב ומשלל החישים והאמצעים המתוחכמים שעומדים לרשותו

שגוף פולט באופן טבעי עקב פעילותו, או קרינה חיצונית שהגוף מחזיר (כעין מראה). סוגי הקרינה הללו מתפרסים על

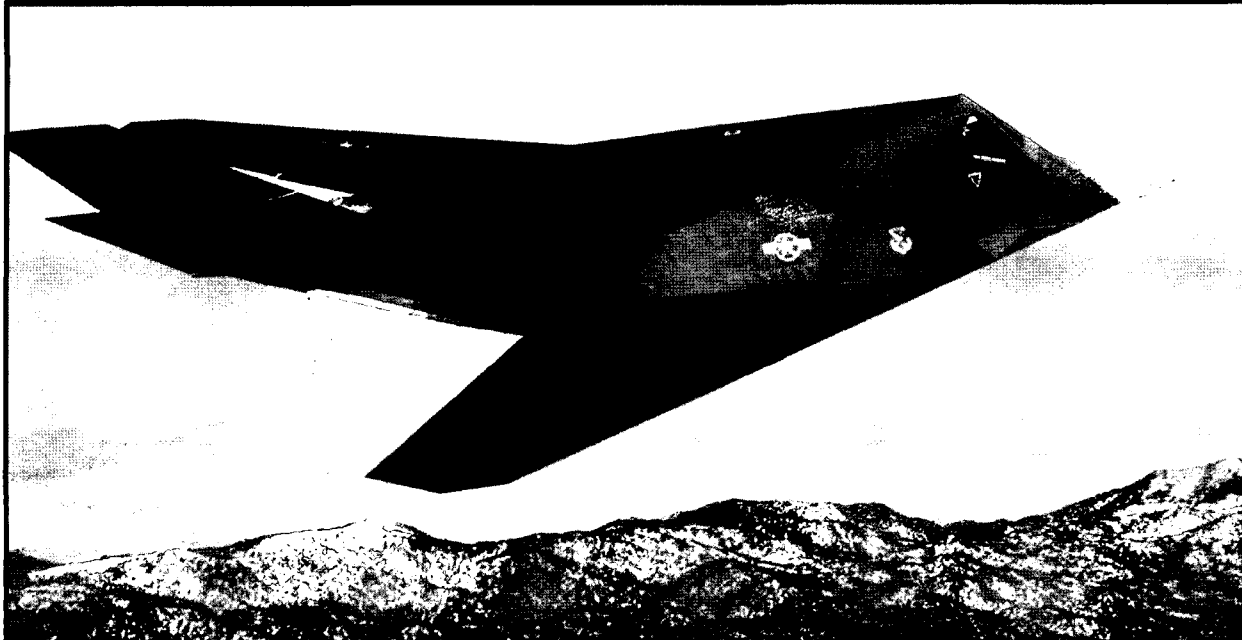
באמצעי מיגון המשפרים את שרידות הכלים, ואין די באמצעי-נגד לשיבוש החימוש שכבר שוגר. הצורך הוא להשלימם על-ידי כך שכלי הלחימה שלנו (הפלטפורמות) כלל לא יתגלו וכלל לא יירכשו כמטרות על-ידי מערך המודיעין של האויב ועל-ידי הכוונות ומערכות בקרת האש.

הבנה זו נבטה תחילה בלוחמה האווירית, כפי שנאמר לעיל, אך המשיכה הלאה אל הלוחמה הימית, שם הספינות חשופות לגמרי על רקע הים הפתוח, וקל, יחסית, לגלות אותן ממרחק רב.

עם חלוף הזמן חילחלה הבנת הצורך הזה גם אל לוחמת היבשה, אלא ששם, כרגיל, הבעיה יותר מסובכת בגלל אופיים של הכלים, כמותם ושאר תנאי הסביבה של שדה הקרב היבשתי.

פני תחום רחב של הספקטרום. הקרינה בתחום הנראה מאפשרת לעין האדם לראות את האובייקט הנצפה ולהבחין בצורתו, בגווניו ובפרטיו. (אובייקט יכול להיות כל פלטפורמה, כולל חייל רגלי). אם האובייקט צבוע בצבע הסוואה טוב או מכוסה ברשת הסוואה יעילה, הוא נטמע בסביבה, וקשה יותר לראותו בעין בלתי מזוינת. כאשר אין אור (בלילה), העין החשופה כבר אינה יעילה. כדי לראות את האובייקט צריך להאיר אותו באופן מלאכותי (למשל, באמצעות פגזי תאורה או זרקורים), להשתמש במכשירים להגברת אור (מא"כ) או באמצעי תאורה ותצפית מיוחדים בתחום התת-אדום. צבאות מתקדמים עוד יותר עושים שימוש באמצעים תרמיים לראיית לילה (FLIR) שהם

מפציץ חמקן מדגם "אף-117"



ההופעה הדרמטית של "המפציץ החמקן" "אף-117" על הבמה של מלחמת "סופת מדבר" בתחילת 1991 הייתה חידוש מפתיע לרבים, אף שמדענים ומהנדסים טרחו על פיתוחו ועל ייצורו שנים רבות לפני כן

לספינה, לצוללת וכמובן לטנק ולנגמ"ש. בים משתמשים גם בסונאר, שהוא כעין מכ"ם אקוסטי, המשדר גל קול בתדר מתאים וקולט את ההחזרים, המהווים גם הם חלק מהחתימה של המטרה הימית. לכל גוף עשוי ממתכת יש חתימה

יותר גבוהה יחסית לסביבתו, כך חתימתו התרמית יותר ברורה וקלה לזיהוי.

לכל פלטפורמה יש גם חתימה אקוסטית עקב הרעש האופייני שהיא יוצרת בפעולתה - רעש שנשמע למרחקים. הדבר נכון למטוס, למסוק,

מכשירים אלקטרו-אופטיים, אשר קולטים את הקרינה בתחום התרמי של הספקטרום (שאיננו נראה לעין) והופכים אותה לתמונה. (הפיכת הנתונים הנקלטים לתמונה בכל תחומי הספקטרום נקראת דימות, Imaging). ככל שהטמפרטורה של הגוף הנצפה



מטוס חמקן לא מאוייש מדגם "פנסוס" מתוצרת ארה"ב



המטרה היא ליצור לכלי הטיס או לכלי השיט "מעטפת חכמה", שבעת סכנה הופכת להיות שקופה למכ"ם, ואף מצמצמת מאוד את החתימה התרמית, כלומר בתחום התת-אדום

חמקנות בשדה הקרב

385 צוהר צוהר

קשר או משידורים פעילים אחרים – יש חתימה בולטת מאוד גם בתחום זה, שקל, יחסית, לזהות ולאכן את מקומה. מהמבוא הקצר הזה ברור שכדי להגיע לחמקנות של ממש צריך לטפל בשורה ארוכה של תכונות הפלטפורמה, כך שהחתימה הכוללת שלה תיעלם מעיניו של האויב ומשלל החישובים והאמצעים המתוחכמים שעומדים לרשותו. אמצעים אלה הולכים ומשתכללים, וחשיבותם עולה בעידן החמ"ם, כי הם אלה שאמורים "לספק את המטרות" ליחידות האש ולהתריע על מיקום האויב ועל תנועותיו באוויר, בים וביבשה. וכפי שכבר הודגש: מטרה שהתגלתה ו"נרכשה" – מרב הסיכויים

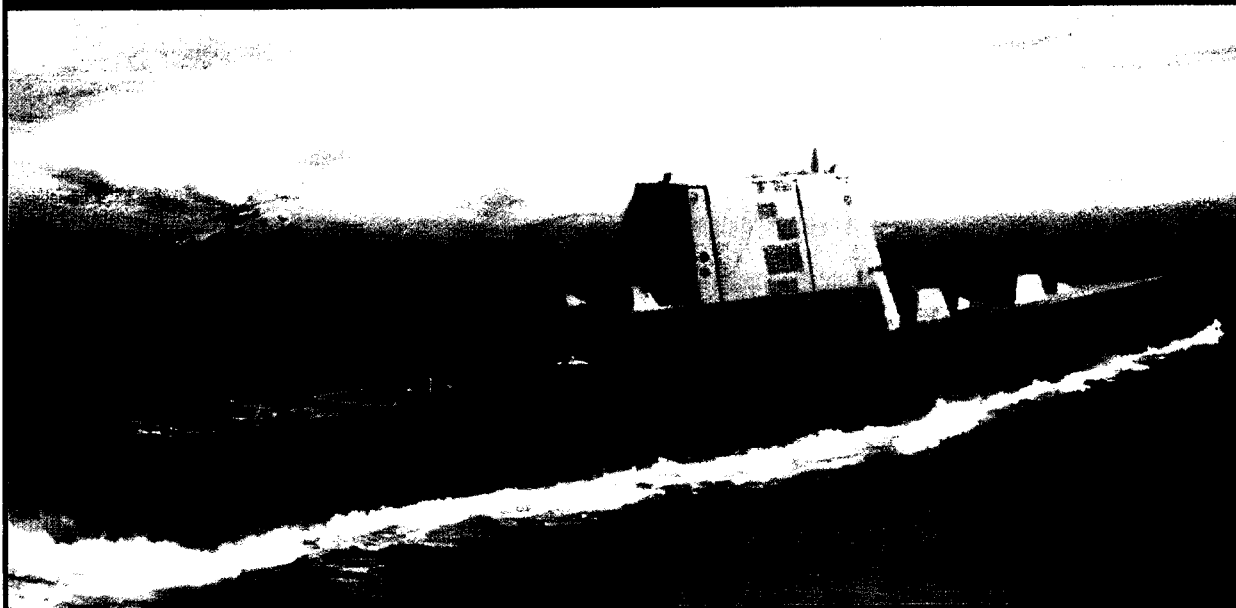
הנקרא שח"ם, הוא גדול יותר) כך יותר קל "לראות" אותה על צגי המכ"ם. יש גם מכ"מים אופטרוניים (LADAR), אשר משגרים קרן של אור

עיצוב המבנה של מטוסי הקרב העתידיים, המל"טים וטילי השיוט כבר מתוכנן מראש לחמקנות

לייזר (בתחום לא נראה), קולטים את ההחזרים מהמטרה והופכים אותם לתמונה מפורטת. מובן שלכל מטרה, המשדרת קרינה בתחום הרדיו (RF) – אם ממכשירי

מגנטית, שמאפשרת "לרכוש" אותה ואף להפעיל נגדו אמל"ח מתאים (מיקוש ימי, מיקוש נ"ט). כלים כבדים, הנעים על הקרקע, יוצרים זעזועים, כלומר חתימה סייסמית, שגם אותה ניתן לגלות באמצעות מכשור מתאים. בולטות בשטח מערכות המכ"ם למיניהן, שפועלות בתחום הקרינה האלקטרו-מגנטית. אלה מערכות "אקטיביות", כלומר הן משדרות קרן לכיוון המטרה וקולטות את ההחזרים ממנה, שהם אופייניים לכל פלטפורמה ומאפשרים לקבוע את סוג המטרה, את מיקומה, את מהירותה ואת כיוון תנועתה. ככל שהמטרה "תורמת" יותר החזרים (שטח חתך המכ"ם שלה,

דגם המצוי בתכנון של נושאת מסוקים חמקנית מתוצרת ארה"ב



המחקרים בתחום הטכנולוגיות של החמקנות הם עניין רגיש, שמוטל עליו "טאבו", ואין חושפים את פרטיו ואת הישגיו - אפילו לא לבעלי-ברית

אלה שתי שיטות שהן סבילות ביסודן (פסיביות).

אף שעוד רבה הדרך בתחומים האלה, נפוצו באחרונה ידיעות על מחקרים בתחומים של "חמקנות פעילה" (אקטיבית), כלומר פיתוח אמצעים לחמיקה, שהם נשלטים ומופעלים רק בעת הצורך.

האמצעים האלה אמורים לשנות את תכונותיהן החשמליות או

שיתוף פעולה בנושא החמקנות. עד לאחרונה ריכזו החוקרים את מאמצייהם בחיפוש אחר תצורות מבנה, אשר גורמות להורדת החתימה, והדבר נכון בעיקר להקטנת השח"ם, כלומר החתימה המכ"מית של הכלי. במקביל חיפשו אחר חומרים אשר מסוגלים "לספוג" את הקרינה האלקטרו-מגנטית ולהקטין את ההחזרים או את הפליטה הטבעית של הגוף.

שהיא תותקף ותושמד זמן קצר לאחר מכן.

המחקר ב"חמקנות"

המחקרים בתחום הטכנולוגיות של החמקנות הם עניין רגיש, שמוטל עליו "טאבו", ואין חושפים את פרטיו ואת הישגיו - אפילו לא לבעלי-ברית. כל מדינה מקפידה לשמור לעצמה את היתרון, ולכן אין הרבה תופעות של



ספינת קרב חמקנית תוצרת ארה"ב



הצי האמריקני כבר מפעיל בניסויים ספינה חמקנית חדשנית, שבנויה כך שאמצעי המכ"ם המקובלים אינם קולטים ממנה החזרים, עד כדי כך שבצגי המכ"ם היא יוצרת "חור שחור", שיש לטשטשו במכוון כדי לא למשוך תשומת לב

המקנות בשדה הקרב

המוכרת לנו. הצי האמריקני כבר מפעיל בניסויים ספינה חמקנית חדשנית, שבנויה כך שאמצעי המכ"ם המקובלים אינם קולטים ממנה החזרים, עד כדי כך שבצגי המכ"ם היא יוצרת "חור שחור",

**בתכנון כלי רק"ם חדישים
כבר מתחשבים בצורך
להקטין בראש ובראשונה
את החתימה התרמית,
שהיא ה"מסגירה" ביותר**

שיש לטשטשו במכוון כדי לא למשוך תשומת לב. גם הצי השוודי עומד להצטייד בספינה חמקנית, אשר אינה בנויה ממתכת, אלא מחומרים מרוכבים, על בסיס סיבי פחמן, בעיצוב מיוחד של הגוף ושל המבנה העילי, המקטין מאוד את השח"ם ואת החתימה המגנטית (אין מתכת!) כמו כן צומצמה מאוד

העתידיים, המל"טים וטילי השיוט כבר מתוכנן מראש לחמקנות. לשם כך הוכנסו שינויים בחומרי המבנה ובשיטות הבנייה.

הצורה של החלקים ה"מפריעים" במיוחד - כמו כונסי האוויר, פתחי הפליטה, חופת תא הטייס ואמצעי אחסנת החימוש - תוכננו מחדש לשם הקטנה ממשית של השח"ם, של חתימת החום ושל החתימה האופטרונית. ציפוי בולע מיוחד נוסף במקומות שונים בכלי, וגם החתימה האקוסטית מטופלת, שכן חתימת הרעש של מטוסי הסילון המהירים מסגירה את נוכחותם ממרחק רב, ויש להפחיתה.

כלי-שיט

גם בים מתחולל מהפך בעיצוב תצורתן של הספינות ובחומרי המבנה. ספינות המלחמה של העתיד הקרוב ייראו שונות לחלוטין מהצורה הקלאסית

האופטיות של הפלטפורמות לפי דרישה, באמצעות שינויים בשדה החשמלי המופעל עליהם או כתוצאה משינוי בטמפרטורה שלהם - שינויים שהם הפיכים. המטרה היא ליצור לכלי

**ספינות המלחמה של
העתיד הקרוב ייראו שונות
לחלוטין מהצורה הקלאסית
המוכרת לנו**

הטיס או לכלי השיט "מעטפת חכמה", שבעת סכנה הופכת להיות שקופה למכ"ם, ואף מצמצמת מאוד את החתימה התרמית, כלומר בתחום התת-אדום.

כלי-טיס

בתחום הזה הושגה התקדמות מרשימה. עיצוב המבנה של מטוסי הקרב

לצורכי חמקנות, וכבר הוכחה בניסויים היעילות בתחומים התרמי, המכ"מי והגמ"מי.

גם חייל החי"ר לא נשכח. בצבא ארה"ב מפתחים בעבורו חליפת הסוואה חדשנית (הנקראת, איך לא, "זיקית"), העשויה מבד מיוחד בעיצוב ששומר קווי צורה אופייניים. החליפה

הצבאות המתקדמים משקיעים הרבה אנרגיה ומשאבים כדי להקטין את החתימות בכל הספקטרום ולהגיע לרמה גבוהה של חמקנות

אמורה להעלים אותו מתצפיות באור הנראה ובתחום התרמי. השינוי של התצורה ושל הגוונים לשם התאמה לשטח כזה או אחר יהיה פשוט ומהיר. בבריטניה פיתחו יריעות וכיסויים אישיים וצוותיים (לשימוש במארבים או בחוליות נ"ט), אשר מונעים כמעט לגמרי את הפליטה התרמית מהגוף, כך שהחייל לא יתגלה באמצעים תרמיים לראיית לילה.

הרק"ם, ובעיקר הצריח, מעוצבים כך שתצומצם החזרת המכ"ם (הרגיל ושל גלים מילימטריים – גמ"ם) ומוסיפים ציפויים העשויים מחומרים סופגי קרינה.

להקטנת החתימה בתחום הנראה (ובמידה מסוימת גם בתחום התרמי) מפתחים רשתות הסוואה מסוגים חדשים, שניתן להשאיר על הכלי גם בשעת תנועה ולחימה. נוסף על כך מפתחים חומרים שמתאימים את עצמם לסביבה באמצעות שינויים מהירים בגוון שלהם (חומרים כרומטיים). החומרים האלה מגיבים לאור, לקרינה אלקטרומגנטית או לשינויי טמפרטורה המופעלים עליהם, והם נמרחים על המשטח כצבע או בצורת ג'ל. התגובה היא כתגובת עור הזיקית, והדבר מסייע להעלים את הכלי מפני אמצעי תצפית. משתדלים להקטין גם את החתימות האקוסטיות והסייסמיות, כלומר לצמצם את הרעש ואת הזעזועים שנוצרים מפעולת המנוע והמזקו"ם. עושים זאת על-ידי תכנון חדשני של הזחלים או מעבר לתנועה על גלגלים וכן על-ידי מערכות הנעה היברידיות-חשמליות. הצרפתים חשפו באחרונה אבי-טיפוס של טנק "לקלרק" ושל טנק AMX-30, שעוצבו מחדש

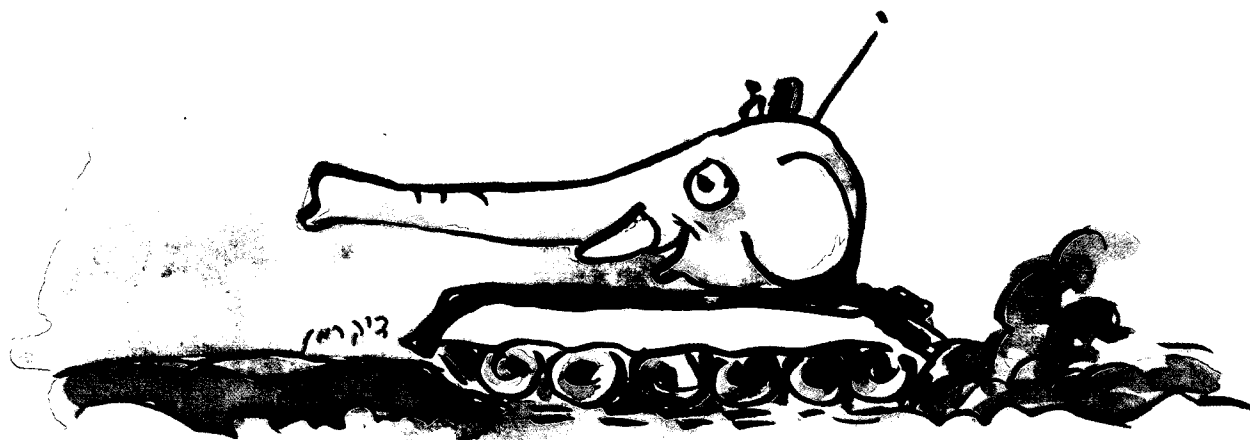
רמת הפליטה של קרינת החום בספינות האלה, כך שהחתימה התרמית ירדה פלאים. בספינות החדשות (ובמיוחד בצוללות) נעשה מאמץ להקטין במידה ניכרת את החתימה האקוסטית, כך שיקשה על האויב לגלותן באמצעות מכשירי הסונאר.

כלים יבשתיים

באחרונה החלו גם הפלטרמות היבשתיות לזכות בתשומת ליבם של מומחי החמקנות. בתכנון כלי רק"ם

המחקרים בתחום הטכנולוגיות של החמקנות הם עניין רגיש, שמוטל עליו "טאבו", ואין חושפים את פרטיו ואת הישגיו – אפילו לא לבעלי-ברית

חדישים כבר מתחשבים בצורך להקטין בראש ובראשונה את החתימה התרמית, שהיא ה"מסגירה" ביותר. עושים זאת על-ידי פיזור נכון וקירור של גזי הפליטה מהמנוע וכן על-ידי יצירת שרולים ומרווחים סביב אזורי חמים, שבהם מוזרם אוויר קר. משטחי גוף



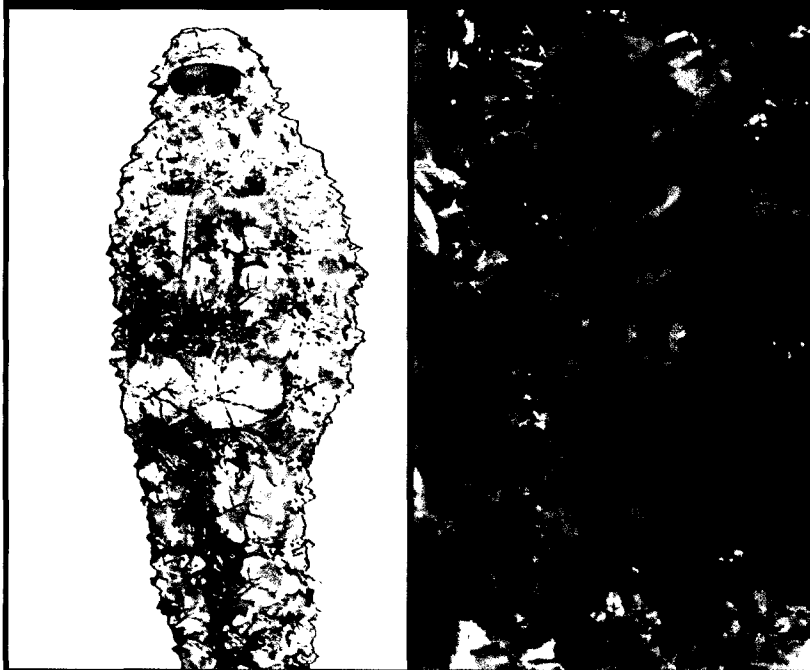
סיכום

הצבאות המתקדמים משקיעים הרבה אנרגיה ומשאבים כדי להקטין את החתימות בכל הספקטרום ולהגיע לרמה גבוהה של חמקנות. בה בעת הם משקיעים גם בצד השני של אותה משוואה, כלומר בפיתוח חישנים יותר מתוחכמים ויותר חודרניים, כאלה שיצליחו "לפצח" את יכולת החמקנות של האויב. כמו בתחומים אחרים, הכף נוטה פעם לצד זה ופעם למשנהו. יש הסבורים שכדאי וראוי להזדרז ולהשקיע הרבה בחמקנות. אחרים טוענים לעומתם, כי בסופו של דבר יגברו דווקא החישנים החדשים, אשר יצליחו למחוק את הישגי החמקנות. מי מהם צודק? לעתיד הפתרונים. והחכם (שהוא גם עשיר) יגיד: "אחוז בזה, וגם מזה אל תנח ידך".

מקורות

IDR

"זיקיות" - חליפות הסוואה חדשניות, המתאימות את צבעיהן לצבעי הרקע שבסביבה



הטנק הגרמני "ליאופרד 2" מצופה ביריעות הסוואה

