



ביעף

תעופה וחלל

מהדורה אלקטרונית



- התע"א מסרה מל"ט איתן ראשון לחיל האוויר
- נחשף מטוס הקרב הרוסי החמקן מהדור החמישי
- הפקולטה לאווירונאוטיקה בטכניון חגגה יובל מחזורים
- חדשות התעופה והחלל בישראל ● ספרים ביעף

התוכן

חדשות ביעף:

- 3 תעשיות ביטחוניות - כטב"מים
- 6 תעשיות ביטחוניות - מטוסי מנהלים
- 7 תעשיות ביטחוניות - הגנה בפני טילים
- 8 חברות תעופה ישראליות
- 10 ישראל בחלל - עמוס 4

הפקולטה להנדסת אווירונאוטיקה וחלל בטכניון חגה

- 11 יובל מחזורים

מטוס קרב רוסי חמקן מהדור החמישי, סוחוי T-50

- 14 החל בטיסות ניסוי

- 17 ספרים ביעף

בשער: המל"ט איתן של טייסת 210 בתערוכת יום העצמאות בתל-נוף.

דבר העורך

בשנים האחרונות גבר העיסוק בתעשיות הביטחוניות בפיתוח מערכות הגנה אקטיביות בפני טילים בליסטיים ורקטות, בעקבות החמרת האיום הזה על מדינת ישראל. אנו חשופים כיום לירי טילים ורקטות מכל החזיתות, כאשר כל שטח המדינה נמצא בסכנה. במערכת הביטחון הגיעו כבר לפני יותר משני עשורים להכרה כי ההגנה הטובה ביותר היא הגנה אקטיבית, וכיום אנו נמצאים בעיצומו של תהליך פיתוח והצטיידות אינטנסיבי, לקראת פריסתה של מערכת הגנה רב-שכבתית.

מאות מהנדסים בחברות דוגמת התעשייה האווירית, רפאל, אלישרא וקבלני-משנה שלהם עוסקים כיום בנושאים הקשורים להגנה בפני טילים, ורבים מהם מעוניינים להציג את הישגיהם (במגבלות הביטחון המובנות) או להתעדכן במה שעוסקים האחרים בתחום. הייתה לפיכך הצדקה לארגן כנס מקצועי שנתי שיתרכז בתחום חשוב זה, ומגיעים שבחים ליוזמים – העמותה הישראלית להגנה בפני טילים (עיט) והאגודה למדעי התעופה והחלל בישראל.

יותר מ-60 ההרצאות שהושמעו בכנס עסקו בכל הנושאים הקשורים להגנה בפני טילים, כולל מדיניות ההגנה; תיאור האיומים; ארכיטקטורות ותפיסות מבצעיות; קישוריות ושיתופי פעולה בינלאומיים; מודלים, סימולציות, ניסויים והדגמות; חיישנים ומערכות שליטה ובקרה; טכנולוגיות ירוט קיימות ועתידיות; הבחנה, קטלניות, הערכת הרג ונזקים היקפיים. בין המרצים היו גם מספר אורחים מחו"ל, כולל מומחים מארה"ב, איטליה, גרמניה, הודו ויפאן, שסקרו את הנעשה במדינותיהם.

הקשבנו בעניין רב להרצאות, והתרשמנו מאוד מהרמה הגבוהה אליה הגיעו בישראל בתחום חדשני זה. בנושאים רבים המהנדסים הישראלים הם פורצי דרך שהקדימו את כל העולם, ויש להם מה להציע גם לגדולים ומפותחים מאיתנו, כולל לאמריקנים. הופתענו לגלות, שאנשי התעשיות לא מצטמצמים רק למערכות המתאימות לזירה הישראלית, אלא שהם מעלים רעיונות מקוריים שיכולים לסייע גם למעצמות הנאלצות להתמודד עם טילים בליסטיים בין-יבשתיים.

חלק מן הפיתוחים שמתבצעים בתעשיות בישראל נעשים בשיתוף פעולה עם חברות אמריקניות ובמימון נדיב של הממשל האמריקני, כמו תוכניות החץ ושרביט קסמים. הנוכחים בכנס התמוגגו מדבריו המפרגנים של סגן נשיא חברת רייטאון האמריקנית – יצרנית הטילים הגדולה ביותר בעולם – שהעלה על נס את שיתוף הפעולה הפורה בין חברתו לבין רפאל, ולא חסך שבחים על רמתם הגבוהה של המהנדסים הישראלים.

יו"ר הדירקטוריון של רפאל התעלה על כולם וכינה את המהנדסים שלו "קוסמים". ואכן, מגיעים להם כל השבחים על הפיתוח בזמן שיא של מערכת כיפת ברזל לירי הרקטות קצרות-הטווח. אחת המטרות של ארגון הכנס השנתי הייתה גם לעורר את המודעות הציבורית לחשיבות ההשקעות בתחום ההגנה בפני טילים ורקטות. בהיבט זה ההצלחה הייתה מועטה יחסית, בגלל שטחיותם של אמצעי התקשורת בארץ. העיתונות ורשתות הטלוויזיה, שרודפים רק אחרי סנסציות או תופעות שליליות בחברה, לא התעלו גם הפעם לרמה של כיסוי תקשורתי רציני של הנושא שהנו כה חיוני לביטחוננו. הדיווחים המעטים שהופיעו באמצעי התקשורת בהקשר לכנס התרכזו שוב בטיל זה או אחר, שסופק או לא סופק לחיזבאללה.

כמיטב המסורת שלנו, אנו מתרכזים בפתרונות לאיומים ומדגישים את הישגי המהנדסים בתעשיות. הסקירה הקצרה שלנו מהכנס מתרכזת במידע חדש על תוכניות שרביט קסמים וכיפת ברזל.

יהודה בורוביק



מהדורה אלקטרונית e112

אייר תש"ע – מאי 2010

בחסות

האגודה למדעי התעופה

והחלל בישראל

www.aerospace.org.il

מו"ל ועורך אחראי: יהודה בורוביק

עורך משנה: מאיר פדר

דוא"ל: biaf@aerospace.org.il

מחיר המנוי: 100 ש"ח לשנה

© כל הזכויות שמורות ל"ביעף".

מהדורה אלקטרונית זו מיועדת לשימוש הבלעדי של המנוי אליו נשלח העיתון. העברה, הפצה או העתקה של הקובץ ותוכנו אסורים בהחלט.

BIAF - Israel Aerospace e-Magazine

Publisher & Editor: Yehuda Borovik

E-mail: biaf@aerospace.org.il

Copyright © 2009 BIAF.

All rights reserved.

This electronic version is intended for the sole use of the intended subscriber. Any pass-along distribution, repurposing, or duplication of this file is forbidden.

מל"ט איתן ראשון מתוצרת התע"א נקלט בחיל האוויר



אב-הטיפוס הראשון של המל"ט איתן חולף בשמי בסיס תל-נוף בעת הטקס.

בשנות ה-70. עקרונות התיכון של ההרון TP ומאפייני המל"ט תוארו על-ידי המהנדס אהרון קושרק, שהוביל את הפיתוח בתע"א, בהרצאה שאורגנה על-ידי האגודה למדעי התעופה והחלל בישראל בדצמבר 2007. קושרק הדגיש בהרצאתו, כי המל"ט פותח בתהליכי פיתוח מלאים של מטוסים חדשים בתע"א, ללא הנחות. הדבר התבטא בשימוש בכלים אנליטיים ממוחשבים הכי מתקדמים שקיימים, סימולציות, ניסויי מעבדה, ניסויי קרקע להוכחת המבנה והמערכות, וניסויי טיסה.

ראוי להזכיר, שאב-הטיפוס של האיתן כבר נקרא אל הדגל במהלך מבצע "עופרת יצוקה" בינואר 2009, שם הוכיח את עצמו עם תוצאות מוצעיות מצוינות, לדברי קצינים בחיל. האיתן הוא המל"ט הגדול ביותר שפותח עד כה בישראל. שמו המסחרי הרון TP (טורבו-פרופ), או הרון 2, והוא שומר על אותה תצורה קלסית כמו ההרון 1 (שובל) וכטב"מים קודמים של התע"א: יחידת זנב הנתמכת על שני מנורים ארוכים היוצאים מהכנפיים, ומנוע המותקן באחורי הגוף. תצורה בסיסית זו עברה אבולוציה ניכרת מאז הסקאוט (זהבן) שפותח

בטקס חגיגי שנערך בבסיס תל-נוף ב-21 בפברואר נמסר לחיל האוויר המל"ט הראשון מדגם איתן, שנקלט בטייסת 210. האיתן הוא כלי-הטיס הבלתי מאויש (כטב"ם) הגדול ביותר שנכנס לשירות חיל האוויר. מכיוון שהוא נבדל מהכטב"מים האחרים בגודלו, בתכונותיו ובאופי משימותיו האסטרטגיות, הוחלט להפעילו בטייסת חדשה ובבסיס אחר – בנוסף לשתי טייסות הכטב"מים הפועלות זה שנים רבות בבסיס פלמחים. הקמת טייסת האיתן בבסיס תל-נוף הופכת את הבסיס הזה לראשון בחיל האוויר שיפעיל שלושה מערכים לוחמים: קרב (F-15 ז), מטוסים (יסעור) וכטב"ם.

מל"ט האיתן, שנחשף לראשונה בסלון האווירי בפאריס ביוני 2007 (ראה "ביעף" e102 עמ' 13), פותח בתעשייה האווירית לישראל לפי דרישה של חיל האוויר. האפיונים המבצעיים למל"ט הגדול הוגדרו לפני כשבוע שנים, ואב-הטיפוס המריא לטיסת בכורה ביולי 2006 – 34 חודשים אחרי חתימת החוזה עם משרד הביטחון. נדרשו עוד כשלוש שנים וחצי לביצוע ניסויי הטיסה המקיפים, להתגברות על התקלות שנתגלו במהלך, ולהשלמת הפיתוח לכלי מבצעי.

בטקס בתל-נוף הוצגו שלושה מל"טי איתן: אב-הטיפוס הראשון (הנושא את המספר 2006) הפגין את כישורי הטיסה שלו בשמי הבסיס; איתן מספר 214 חנה בתוך המוסד; והאיתן המבצעי הראשון, הנושא את המספר 210 כמספר הטייסת.

מפקד חיל האוויר, אלוף עידו נוושתן, הגדיר את האיתן כמל"ט כבד לטווחים רחוקים מאוד, ואמר: "לאיתן תרומה פוטנציאלית חשובה לשיפור גמישותו המבצעית של החיל בממדי הזמן, המרחב והיכולות במגוון תרחישים. יותר מכך, לאיתן פוטנציאל לקליטת משימות חדשות ורלוונטיות בהמשך דרכו". ניתן לפרש את דבריו של אלוף נוושתן, שהאיתן שמש לא רק לאיסוף מודיעין.

מסירת המל"ט הסדרתי הראשון לידי חיל האוויר מציינת את תחילת תהליך הקליטה של כלי-הטיס החדש, שיכלול הכשרת מפעילים וצוותי תחזוקה ופיתוח תורת הפעלה מבצעית. בשנתיים הקרובות צפוי חיל האוויר לקלוט מספר מל"טים נוספים מסוג זה, והטייסת החדשה צפויה לקבל את כשירותה המבצעית ביוני 2011.



האיתן הראשון שנמסר לחיל האוויר מסומן במספרה של הטייסת המפעילה אותו. למעלה: אב-הטיפוס השני שהוצג בתוך המוסד.



יחסית (מנת עובי של 24% במרכז), כדי שחלקה הפנימי (בין המנורים) המשמש כמכל דלק אינטגרלי יוכל להכיל כמות גדולה של דלק.

המל"ט מונע באמצעות מנוע טורבו-מדחף מדגם **פראט אנד ויטני PT6A-67A**, המפתח הספק סטטי מרבי של 1,200 כ"ס בהמראה. מחובר אליו מדחף בעל פסיעה משתנה בקוטר 2.8 מטר. מהירות השיט המרבית שלו 130 קשר (240 ק"מ/ש').

ההרון **TP** מיוצר ברובו מחומרים מרוכבים, ומבנהו עמיד בתנאי חום ולחות השוררים במזרח התיכון.

המל"ט מסוגל לשאת מגוון מטע"דים למשימות שונות. ה**איתן** שנמסר לחיל האוויר הוצג כשהוא מצויד במטע"ד אלקטרו-אופטי רב-חיישני מתקדם (AMPS) מתחת לחרטומו, המותאם לתצפית בטווחים ארוכים ביום ובלילה. בתוך החיפוי הגדול בגוף הגוף ניתן להתקין מכ"ם בעל מיפתח סינטי (SAR) או מכ"ם מסוג אחר. ה**איתן** מצויד באנטנה לתקשורת לוויינית הממוקמת בתוך הראדום בחרטום, כדי שניתן יהיה להפעילו בטווחים ארוכים מאוד.



1,000 ק"ג.

להרון TP כנף גדולה במיוחד, כדי לאפשר לו לשייט ביעילות ברום מרבי של 41,000 רגל (12.5 ק"מ). מוטת הכנף 26 מטר ושטחה 33.3 מ"ר. מנת הממדים הגדולה של הכנף (יותר מ-20) תורמת לגרר מושרה נמוך יחסית. חלקה החיצוני של הכנף ניתן לקיפול, כדי לאפשר אחסון בתוך מוסך בגודל סביר. הכנף גם עבה

תכן המל"ט התבצע כקו מנחה בהתאם לדרישות תקנות הישוי האזרחיות למטוסים במשקל דומה (FAR 23), אך מכיוון שמדובר במטוס בלתי מאויש לשימושים צבאיים שאינו חייב בתהליך רישוי, הרשו לעצמם המהנדסים להכניס שינויים מקלים בדרישות בהסתמך על הניסיון המצטבר של התע"א.

כך לדוגמה, בעוד שבמטוס מאויש חייבים לתכן את מבנה המטוס לעמידה בעומסים הגבוהים ב-50% מהעומס המרבי הצפוי בטיסה (מקדם ביטחון 1.5), הסתפקו במל"ט במקדם ביטחון של 1.25 בלבד – זאת לאור הניסיון של התע"א עם כטב"מים, וכפי שנוהג גם במקומות אחרים בעולם. עם זאת, במקומות קריטיים כמו חיבור הכנף לגוף נשמר מקדם ביטחון של 1.5.

משמעות הדבר במקרה של ה**הרון TP**: הרשאה להמריא במשקל מרבי של 4,650 ק"ג, במקום להגביל את המשקל המרבי ל-3,950 ק"ג כדי לשמור על מקדם ביטחון של 1.5. משקל ההמראה המוגדל מאפשר למל"ט לשאת 1,780 ק"ג דלק, כדי להשיג זמן שהייה באוויר של יותר מ-24 שעות וטווח פעולה של מעבר ל-1,000 ק"מ, ומטענים ייעודיים במשקל של כ-

חיל האוויר יכניס לשירותו גם את ההרמס 900



למעלה: אב-הטיפוס הראשון של ה**הרמס 900**. למטה: ה**הרמס 450W** מצויד במנוע חזק יותר.



חיל האוויר מרחיב את מגוון הכטב"מים שהוא מפעיל, והחליט לרכוש גם את ה**הרמס 900** החדש שפותח על-ידי **אלביט מערכות**.

חברת **אלביט** הודיעה ב-2 במאי כי קיבלה ממשרד הביטחון הזמנה בהיקף של כ-50 מיליון דולר, שכוללת לראשונה אספקת כטב"מים מסוג ה**הרמס 900**, וכן אספקת כטב"מים נוספים מסוג ה**הרמס 450**. ההזמנה החדשה תתפרס על פני כשלוש שנים.

ה**הרמס 900** טס לראשונה בדצמבר 2009 ונמצא מאז בניסויי טיסה. פרטים על תכונותיו וביצועיו הבאנו בגיליון e111 בעמוד 4.

ה**הרמס 900** משתלב בקלות במערך ה**הרמס 450**, מאחר והוא מופעל מקרון שליטה משותף המאפשר תפעול משימתי מתקדם, יכולת טיסה אוטונומית וכן מערכת הסעה והמראה ונחיתה אוטומטית המשותפת לכל מערכות המל"טים ממשפחת ה**הרמס**. עובדה זו מאפשרת לטייסת המפעילה כטב"מים מסוג ה**הרמס 450** לשלב את ה**הרמס 900** לפעולה מיידיית ללא צורך בהקמת תשתיות מיוחדות.

נשיא **אלביט מערכות**, יוסי אקרמן, אמר בעקבות קבלת ההזמנה החדשה: "אנו גאים מאד בעובדה שמשרד הביטחון בחר להצטייד במל"טים החדשים מסוג ה**הרמס 900**, החלטה המעידה על שביעות רצון הלקוח מביצועי המל"טים שלנו. עם הצטרפות ה**הרמס 900** אנו מרחיבים את מגוון המל"טים ומעניקים מענה מבצעי לצרכים שונים ומגוונים של צה"ל, החל מהמטוס הזעיר ללא טייס **סקאילארק** לשימוש כוחות היבשה, עבור ה**הרמס 450** המהווה את הציר המרכזי של פעילות צה"ל בלוחמה בטרור, וכלה בה**הרמס 900**."

הרמס 450 משופר

במקביל להצטיידות בה**הרמס 900** החדש, מרחיב חיל האוויר את מערך הכטב"ם הטקטי

של 550 ק"ג, כשהוא נושא מטען תכליתי (דלק ומטע"דים) במשקל 255 ק"ג. הכטב"ם יכול לשייט ברום מרבי של 18,000 רגל (5.5 ק"מ), לשהות באוויר עד 18 שעות ברציפות ולפעול ברדיוס של 250 ק"מ.

הדגם המקורי של ה**הרמס 450** צויד במנוע בן 52 כ"ס, משקלו המרבי בהמראה 450 ק"ג וביכולתו לשאת מטען תכליתי במשקל של 150 ק"ג בלבד.

המתקדם ה**הרמס 450**. הדגם המשופר של כטב"ם זה מופעל באמצעות מנוע חדשני מדגם **R902 (W)**, המתאפיין ביחס גבוה בין ההספק שהוא מפתח למשקלו – כ-70 כ"ס במשקל של 40 ק"ג.

ה**הרמס 450W** מסוגל לבצע ביעילות ובאמינות רבה מגוון רחב של משימות, הודות ליכולת נשיאת מבחר גדול של מטע"דים ושהייה ארוכה. בכושרו להמריא במשקל מרבי

הצבא הבריטי מפעיל את ההרמס 450 באפגניסטן; מצפה לקליטת ה-Watchkeeper



למעלה: הכטב"ם Watchkeeper בטיסתו הראשונה בבריטניה ב-14 באפריל. למטה: שישה כטב"מים מדגם הרמס 450 המופעלים בשירות הצבא הבריטי באפגניסטן.



צי הכטב"מים מסוג הרמס 450 שמפעיל הצבא הבריטי באפגניסטן צבר כבר יותר מ-30,000 שעות טיסה מבצעיות ביותר מ-2,000 גיחות, ומספק את חלק הארי של איסוף המודיעין מהאוויר לתמיכה בכוחות הבריטיים הלוחמים בטורו. כך הודיעה חברת תאלס UK, המפעילה את הכטב"מים מתוצרת אלביט מערכות כשירות לצבא הבריטי.

חוזה השירות של תאלס UK החל ביולי 2007 במענה לדרישה מבצעית דחופה של הצבא הבריטי שלחם בעיראק ובאפגניסטן. תוקף החוזה עד אוקטובר 2010, אך יש סיכויים גדולים שהוא יוארך עד אפריל 2011, עת יוחלף ההרמס 450 בכטב"מים המשופרים שמפותחים בתוכנית Watchkeeper.

ה-Watchkeeper, שמפותח במשותף על-ידי אלביט מערכות ותאלס UK, החל בניסויי טיסה בישראל באפריל 2008 (ראה גיליון e105 עמוד 10). ניסויי הטיסה נמשכים כיום בפארק אברפור' במערב ויילס בבריטניה, שם הם החלו ב-14 באפריל השנה. הכטב"ם החדש יספק יכולות מתקדמות, כשהוא נושא הן מטע"ד אלקטרו-אופטי/דימות תת-אדום עם מצייני מטרות בלייזר והן מכ"ם בעל מיפתח סינתטי/מסמן מטרות קרקעיות נעות מדגם I-Master. כלי-הטיס מצויד במערכת נגד הקרחה בכנף, ויוכל לפעול בכל תנאי מזג אוויר ובכל סביבה מבצעית. המידע המודיעיני שיאסוף הכטב"ם יועבר לתחנות קרקעיות ניידות ולמסופים אצל הכוחות הלוחמים, כאשר המפעילים יפקחו על המשימות ברשת הצבאית. ייצור ה-Watchkeeper יתבצע במפעל U-TacS (מערכות כטב"מים טקטיים) בלייצ'סטר בבריטניה, המשותף לתאלס UK ולאלביט מערכות. החברה הבריטית היא הקבלנית הראשית בתוכנית, ותספק למשרד ההגנה הבריטי את הצויד, האימונים והמתקנים החל מסוף 2010.

התע"א חשפה מיני-כטב"ם חדש: Bird Eye 650

התעשייה האווירית לישראל הציגה לראשונה בסלון האווירי הבינלאומי בסינגפור, שנערך בתחילת פברואר, מיני-כטב"ם חדש מתוצרתה המכונה Bird Eye 650.

ה-Bird Eye 650 מיועד למשימות איסוף מודיעין, סיור ותצפית ברדיוס של 20 ק"מ. הוא פותח על בסיס הניסיון המבצעי והידע שנצברו בעבודה עם מערכת Bird Eye 400.

הכטב"ם החדש גדול יותר מקודמו. משקל ההמראה המרבי שלו יותר מכפול (11 ק"ג, לעומת 5 ק"ג בדגם 400). זמן השהייה באוויר הוכפל, ומגיע לשלוש שעות, עם אותו מטע"ד במשקל 1.2 ק"ג. השיפור בביצועים הושג בעיקר הודות למערכת הנעה חדשה של תאי דלק. המערכת המבצעית כוללת שלושה כלי-טיס



זעירים, מטע"דים ליום וללילה (אלקטרו-אופטי ותת-אדום), משגר מתקדם ומשוכלל, יחידת שליטה נישאת, ערוץ תקשורת, ספק כוח וערכת תיקונים. המערכת הנישאת ארוזה בשני מנשאי גב, וניתנת לפריסה ושימוש על-ידי שני מפעילים בלבד.

בדומה לכלים האחרים במשפחת Bird Eye, הדגם 650 ניתן לשיגור מהיד באמצעות באנגי או ממשגר קטן וקל. הוא נוחת באמצעות מצנח בשיטה ייחודית של הפיכת כלי-הטיס לקראת הנחיתה, כאשר המטע"ד נמצא אז בחלק העליון של הכלי, מוגן מפגיעה בעת הנחיתה עצמה. תהליכי ההמראה, הטיסה והנחיתה מתבצעים באופן אוטומטי מלא.

מטוס G250 שני החל בטיסות ניסוי



אב-הטיפוס השני של ה-G250 בטיסת הבכורה שלו ב-24 במרס.

אב-הטיפוס השני של מטוס המנהלים הסילוני G250 מתוצרת התעשייה האווירית לישראל ביצע טיסת בכורה מוצלחת ב-24 במרס. המטוס, בפיקודו של טייס הניסוי הראשי של התע"א רוני שפירא, השלים טיסה בת כשעתיים במהלכה הגיע לרום של 20,000 רגל (6.1 ק"מ) ולמהירות של כ-360 ק"מ/ש.

אב-הטיפוס הראשון, שטס לראשונה ב-11 בדצמבר 2009 (ראה גיליון e111), צבר עד סוף מארס יותר מ-70 שעות טיסה והדגים בטיסות הניסוי את יכולתו להגיע לתקרת טיס של 45,000 רגל (13.7 ק"מ) ולטוס במהירות מרבית של מאך 0.85.

השגת הרישוי האזרחי ל-G250 מטעם רשויות התעופה בישראל ובארה"ב מצריכה כ-1,300 שעות טיסה מצטברות של שלושה אבות-טיפוס. כל מטוס משמש לבדיקות ספציפיות של תפקוד המערכות השונות. במטוס הראשון נבדקים ביצועים בטיסה ותכונות הטסה, בשני נבדקות מערכות האוויוניקה, ובעזרת המטוס השלישי יבדקו את תפקוד המערכות ואמינותן. ניסויי החוקי של מבנה המטוס ובדיקות האוויוניקה המתקדמת לתא הטייסים נמצאים בעיצומם, ובהמשך יבוצעו ניסויי ההתעייפות על דגם מבני של המטוס.

השגת הרישוי צפויה בשנת 2011, ואז גם יוחל באספקת מטוסים סדרתיים ללקוחות שהזמינו.

שפל בביקוש

ייצורם של מטוסי המנהלים מדגמי G150 ו-G200 הגיע לשפל חסר תקדים בשנת 2009, בגלל המשבר הכלכלי בעולם, וגם בשנה הנוכחית לא נראית התעוררות בביקוש.

בשנה החולפת סיפקה התע"א לגאלפסטריס רק 21 מטוסים "ירוקים" – 13 מדגם G200 (ממספר יצרן 220 עד 232) ושמונה מדגם G150 (ממספר יצרן 279 עד 286) – לעומת שיא של 69 מטוסים בשנת 2008 (ראה גיליון e108 עמוד 3). גאלפסטריס סיפקה ללקוחות רק 19 מטוסים מוגמרים משני הדגמים בשנת 2009, לעומת 65 מטוסים בשנה הקודמת.



למעלה: ה-G200 מספר יצרן 232 הוטס למפעל הגימור של גאלפסטריס בארה"ב ב-15 בדצמבר 2009. למטה: ה-G150 מספר יצרן 287 עזב את הארץ בדרכו לארה"ב ב-17 בינואר השנה.



כנס ישראלי בינלאומי ראשון להגנה בפני טילים נערך תחת הסיסמה: ההגנה הטובה ביותר היא הגנה אקטיבית

ברזל קטן יותר מ-MMR, נייך יותר ופועל בצורה גזרתית (לא מסתובב באופן רציף). הוא משמש לחיפוש, רכישת מטרות ובקרת-אש. יש לו יכולת רכישת מטרות עצמאית או לפי איכון חיצוני, ויכולתו להעסיק מטרות רבות.

המשגר מכיל 20 מיירטים, המאוחסנים בארבע מחסניות עם חמישה מיירטים בכל אחת. הסידור במחסניות מאפשר טעינה מהירה של מנת מיירטים נוספת. המשגר מאפשר שיגור מיירטים בגרף ובקצב גבוה.

תהליך היירוט מתנהל באופן דומה למתבצע במערכות נשק אחרות: המכ"ם רוכש את האיומים ועוקב אחריהם, ומעביר את הנתונים האלה לקרון השו"ב שמבצע את ניתוח המידע. מחשבי השו"ב בודקים תחילה היכן הרקטה הולכת ליפול, כדי להחליט אם להעסיק אותה או לא. לאחר מכן המערכת מסווגת את האיומים, בונה תוכנית יירוט, ומחליטה על מועד ותזמון שיגור המיירט. המערכת מנחה את המיירט עד שלב הרכישה שלו, בהסתמך על הנתונים שמקבלים מן המכ"ם. בשלב הסופי המיירט רוכש את המטרה ומתביית אליה, ובתזמון מתאים מייזם את הרש"ק.

פרטים נוספים על המיירט שנקרא **תמיר** חשף קודם לכן אמנון אקסלרוד, המהנדס הראשי בפרויקט **כיפת ברזל ברפאל**, בהוצאה שנתן ב-18 בפברואר בטכניון, במסגרת הכנס הישראלי השנתי ה-50 לתעופה וחלל.

אקסלרוד תיאר את המיירט כטיל עתיר תמרון וריזי מאוד. כושר התמרון מושג באמצעות הגאי עלרוד/סבסוב והגאי גלגול מאחוריהם, המתוקנים במקטע הקדמי. הטיל מתאפיין ביציבות שלילית חריפה, וכדי לנהג אותו ביציבות הותקן טייס אוטומטי לא ליניארי.

כדי להקטין את הגרר בטיסה לעבר המטרה, מצויד **התמיר** בחרטום בעל צורת אוג'ב. לקראת ההגעה למטרה האוג'ב הזה מושלך, ונחשף ראש הביות המאפשר את רכישת המטרה. לדברי אקסלרוד, הפתרון הזה הוא פרי עבודת מחקר משותפת מאוד ב**רפאל**, שהגיעה עתה לידי בשלות ויושמה לראשונה בפרויקט **כיפת ברזל**.

אקסלרוד הדגיש את הדרישה המקורית בתוכנית למיירט זול העונה לכלכלת הקרב, ו**ברפאל** אכן הצליחו לפתח את "אחד המיירטים הזולים ביותר שיוצרו אי פעם". לדבריו, האתגר הזה הושג בתהליך "מאוד אינטנסיבי ואגרסיבי של תכן עלות, כאשר כל אחד מהמובילים בתוכנית נדרש לתת פירוט עלויות בעת שהוא הציג את ביצועי הרכיב אותו תיכן". התהליך הזה הוכיח, לדבריו, ש"לא תמיד מה שפשוט עובד פחות טוב".

בסיכום הרצאתו בכנס במאי הדגיש סא"ל צ'יקו כהן מ**מפא"ת**, כי בפרויקט **כיפת ברזל** הושגו לא מעט פריצות דרך, הן בהיבט הטכנולוגי והן בהיבט הביצועים של המערכת. לדבריו, היה זה פיתוח חריג ביותר של מערכת נשק, שכלל לקיחת סיכונים והחלטות בתנאי אי-ודאות קשים. הדרך הבלתי מקובלת שבה התנהל הפרויקט הייתה הכרחית כדי לקצר את תהליך הפיתוח ולאפשר לבצע הדגמה מוצלחת של יכולת הסוללה בתוך פחות משלוש שנים לאחר אישור הפרויקט.

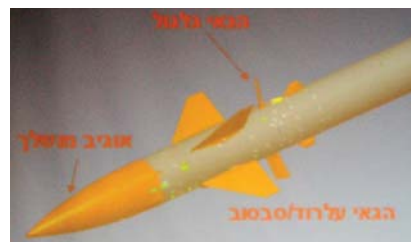
מתקדמים בתהליך הקליטה של המערכת, לאחר שהקים יחידה מיוחדת לצורך כך והחל להיערך מבחינת הכשרת האנשים ותרגולם.

את מאפייני המערכת עצמה תיאר בכנס סא"ל צ'יקו כהן מ**מפא"ת**. הוא הסביר כי **כיפת ברזל** תהיה עקבת הגנה בסדר גודל של עיר כמו חיפה רבתי, והיא תשמש גם להגנת בסיסים ויעדים אסטרטגיים מפני רקטות המשוגרות לטווח של עד 70 ק"מ. המערכת, שתוכל לפעול בכל מזג אוויר, מיועדת להתמודד עם מטחי רקטות ולבצע יירוטים בר-זמנית באוויר. המיירט מתוכנן להשמיד את הראש הקרבי של הרקטה, ולא רק להסיט אותה ממעופה.

סוללת **כיפת ברזל** תורכב מקרון שליטה ובקרה (שו"ב), מכ"ם בקרת-אש ומשגר. הסוללה, המקושרת לשאר המערכות של חיל האוויר, תיפרס מחוץ לערים או לאתרים שהיא נדרשת להגן עליהם, על מנת לא להפריע לחיי התושבים. רוב מרכיבי המערכת נפרסים בשיטת רס-סע (טעינה ופריקה של המשטח הנושא ממשאית המצוידת בזרוע הנפה, בדומה לשינוע מכלים לפינוי פסולת). הדבר מאפשר להציב את רכיבי המערכת על הקרקע בתוך דקות, ולהכין אותה לפעולה בזמן קצר ביותר.

קרון השו"ב, המיוצר בחברת **mPrest** הישראלית, כולל בתוכו חמש עמודות מאוישות. הוא מבצע את כל ניהול הקרב, תכנון היירוטים וניהול משאבי הסוללה. קיימים שני סוגי קרונות כאלה, שו"ב סוללתי ושו"ב גזרתי, כאשר ההבדל ביניהם הוא באפליקציות תוכנה שונה. שו"ב גזרתי יכול לשלוט על מספר סוללות בר-זמנית ולנהל את הגזרה כולה על-ידי הקצאת המטרות לסוללות המתאימות. מערכת השו"ב מתוכננת ליירוט מטרות שמסכנות את האזור המוגן, ולהתעלמות ממטרות שאינן מאיימות על עקבת ההגנה.

מכ"ם בקרת-האש המיוצר בחברת **אלתא מערכות** של **התע"א** הוא נגזרת של המכ"ם הרב-תכליתי **MMR**. המכ"ם שהותאם ל**כיפת**



למעלה: המקטע הקדמי של הטיל המיירט **תמיר** של **כיפת ברזל**. למטה: המשגר המכיל 20 טילים.



יותר מ-300 מנהלים, מדענים ומהנדסים ממערכת הביטחון, התעשיות הביטחוניות ומוסדות המחקר בישראל השתתפו בכנס הישראלי הראשון להגנה בפני טילים, שנערך ב-5-6 במאי בקריית שדה התעופה. הכנס היווה הזדמנות ייחודית להתעדכן בהתפתחות התוכניות המתנהלות בארץ ובעולם בתחום זה וללמוד על כוונות עתידיות.

הגנה רב-שכבתית

מפקד כוחות הנ"מ בחיל האוויר, תת-אלוף דורון גביש, הסביר בכנס כי היעדר עומק אסטרטגי בזירה הגיאוגרפית שלנו, מנקודת המבט של המגן, מחייב את מדינת ישראל ליצור עומק אסטרטגי בתוך האנכי באמצעות רב-שכבתיות במערכות ההגנה האקטיביות. הרב-שכבתיות מאפשרת מספר הזדמנויות ליירוט, זמני תגובה גדולים יותר, אפשרות להתמודד עם סוגים שונים של טילים, ולבחור באופן יעיל יותר איזו מערכת להפעיל נגד האיום.

"היעדר עומק אסטרטגי דורש מאיתנו הצלחה אמיתית ומלאה בתהליך היירוט", אמר תא"ל גביש. הוא הדגיש את חשיבות ההשמדה של הראש הקרבי בטיל המאיים, כיוון שלא מספיק להסיט את הטיל מנקודה אחת לנקודה אחרת בשטח העירוני.

שרביט קסמים לכל הזרועות

אילן בירן, יו"ר הדירקטוריון של חברת **רפאל**, התייחס בדבריו למאפיינים הייחודיים של מערכות **שרביט קסמים וכיפת ברזל**, אותן מפתחת **רפאל**. הוא הדגיש, כי מערכת **שרביט קסמים** מיועדת לתת מענה לא רק לטילים בליסטיים החודרים לאטמוספירה, לטילים מתמרנים כולל טילי שיוט ולרקטות כבדות, אלא גם ליירוט מטוסים מאוישים ובלתי מאוישים. "ההפרדה בין טילים, רקטות ומטוסים היא טעות בתפיסה", אמר בירן. "בעידן שמערכת **שרביט קסמים** תהיה פרוסה באופן מלא, יש להקצות את כל מטוסי חיל האוויר למתקפה ואין צורך להשתמש בהם להגנה אווירית, כפי שהיה עד כה ועדיין מקובל".

בירן הדגיש כי הטיל המיירט של מערכת **שרביט קסמים** הוא רב-תכליתי ומתאים לכל הזרועות להגנה גזרית מול מכלול איומים. ניתן להציבו על ספינות, או לשגר אותו מן האוויר. "הוא יהווה דור שיש של טילי האוויר-אוויר שלנו", אמר בירן. לדבריו, בתקצוב מלא ובתוכנית אירוס אפשר להעמיד מערכת **שרביט קסמים** מבצעית בשנת 2014.

בהתייחס למערכת **כיפת ברזל**, הגדיר בירן את מהנדסי **רפאל** כ"קוסמים, שתוך שנתיים ימים העמידו מערכת".

כיפת ברזל להגנת ערים

בקיץ הקרוב אמור חיל האוויר לקלוט מהתעשיות מערכת **כיפת ברזל** מבצעית ולהכריז על יכולת מבצעית ראשונית. תא"ל גביש גילה, כי החיל נמצא כבר בשלבים מאוד

אל-על

• ביטול רכש מטוסי 777 חדשים

הנהלת אל-על הודיעה ב-29 באפריל על ביטול ההסכם עם חברת בואינג, שנחתם במארכס 2008, לרכישת ארבעה מטוסי נוסעים חדשים מדגם 777-200. שתי החברות סיכמו את התנאים לפיהם תהיה אל-על זכאית לעשות שימוש בסכום השווה למקדמות ששולמו על ידה במסגרת ההסכם, בעסקאות חדשות לרכישת מטוסים בשנים הבאות.

אליעזר שקדי, מנכ"ל אל-על אמר כי "מאז חתימת ההסכם בשנת 2008 עם חברת בואינג והמשבר הגלובלי שפקד את שוקי העולם, חלו שינויים מהותיים בעולם התעופה. בשל השפעתם של שינויים אלה על הסיביה הכלכלית, העסקית והפיננסית בה פועלת אל-על, ולאחר בחינה מחודשת של צי המטוסים הקיים של החברה וההתאמות הנדרשות בו, פנתה החברה לבואינג בבקשה לבטל את ההסכם וחברת בואינג נותרה לבקשה. אל-על ממשיכה בבחינת האסטרטגיה העסקית וצרכי ההצטיידות שלה לטווח הקצר והארוך, תוך התאמה למגמות הכלליות בשוק ובהתאם לפעילות החברה".

• חכרה מטוס מטען חדש

אל-על חתמה ב-28 במארכס על הסכם לחכירת מטוס מטען מדגם בואינג 747-400F משנת ייצור 1994 עם חברה אירית להחכרת מטוסים. על פי ההסכם, תקופת החכירה הינה ממועד קבלת המטוס באפריל 2010 עד 30 ביוני 2012, עם אופציה להארכת התקופה עד 36 חודשים נוספים. במסגרת ההסכם הוענקו לאל-על זכות סירוב ראשונה ואופציות לרכישת המטוס, בהתאם להסכמות בין הצדדים. מטוס המטען הזה, שהופעל עד לאחרונה על-ידי חברת התעופה סינגפור איירליינס ברישום 9V-SFA, הגיע לישראל ב-25 באפריל וקיבל את הרישום הישראלי 4X-ELF.

• קורקע מטוס מטען ישן

אחד משני מטוסי המטען הישנים מדגם בואינג 747-200F של אל-על (4X-AXK) קורקע בחודש פברואר. מטוס זה דרש עבודות



אחד מאחרוני מטוסי הדאש 7 שטס בשירות ארקיע עד תחילת מארכס השנה. הוטס לארה"ב ב-22 במארכס.

מטוס 4X-AHB נמכר כבר ביולי 1984. מטוס 4X-AHK קורקע בשנת 1999. מטוס 4X-AHL ניזוק בתאונה בניגריה בספטמבר 1999 וקורקע לאחר שהוחזר לארץ. מטוס 4X-AHI קורקע בסתיו 2000, ו-4X-AHE הוצא משירות בשנת 2001. מטוס 4X-AHM שחזר מניגריה באפריל 2002 ומטוסים 4X-AHC/D שחזרו במארכס 2003 לא המשכו לטוס בארץ, ונגרטו בסופו של דבר.

תחזוקה כבדות, שביצעו אינו כדאי לחברה. צפוי שגם המטוס השני (4X-AXL) יוצא משירות בעתיד הקרוב.

ארקיע

• סוף עידן הדאש 7

חמשת המטוסים האחרונים מדגם DHC-7 (דאש 7) שנותרו בשירות ארקיע הוצאו סופית משירות בתחילת חודש מארכס השנה. שניים מהם (4X-AHF/G) עזבו את הארץ ב-22 במארכס בטיסה לארה"ב. שלושת האחרים (4X-AHA/H/J) יפורקו לחלקים וישלחו גם הם לארה"ב.

ראשון מטוסי הדאש 7 (4X-AHA) נכנס לשירות ארקיע בתחילת אוקטובר 1981. מאז ועד ליולי 1996 רכשה החברה והכניסה לשירותה 13 מטוסי דאש 7 בסך הכול, שקיבלו סימוני רישום עוקבים עד 4X-AHM. בשנת 1999 הקימה ארקיע בניגריה, בשותפות עם משקיעים נוספים, את חברת התעופה Skyline והחכירה לה לתקופות שונות חמישה מטוסי דאש 7 (4X-AHA/C/D/L/M). אלה חזרו לישראל בתום תקופת הפעלתם בניגריה, עד מארכס 2003.

ארקיע החליפה את מטוסי הדאש 7 המיושנים בצי חדיש יותר של חמישה מטוסי ATR-72-500.

ישראייר

• ניהול תמוה של צי המטוסים

חברת התעופה ישראייר נאלצת להחזיר את שני המטוסים החכורים מדגם איירבאס A320, לפני שהיא מקבלת לידיה את מטוסי ה-A320 החדשים שהזמינה מאירבאס.

תקופת החכירה של 4X-ABC נסתיימה בחודש אפריל והמטוס הוחזר לבעליו ברישום הלאטווי המקורי YL-LCA. המטוס החכור

מטוס המטען החכור מדגם בואינג 747-400F של אל-על לאחר הגיעו לנתב"ג בסוף אפריל, עדיין ללא שם החברה על גופו. (צילום: זיגו).





האיירבאס A320 החכור 4X-ABC סיים את שירותו בישראייר בחודש אפריל והוחזר לבעליו הלאטווי.



הססנה 650 סייטישן III של חברת גשר אווירי נרשם בישראל בנובמבר 2009 וקיבל את הרישום 4X-CZA.



השורטס 360 של עיט עם הגיעו לשדה תימן בסוף אפריל, בצבעי חברת התעופה אייר סיישל (צילום: מל קר). למטה: השורטס 360 שהופעל על-ידי כנפי העמק בשנים 97-1995. מאחוריו נראה השורטס 330.



השני, 4X-ABD, יוחזר לבעליו בסוף מאי. את המטוסים החדשים צפויה ישראליר לקבל מאיירבאס בחודשים יולי ואוקטובר השנה, ועד אז היא נותרת ללא מטוסים משלה לטיסות הבינלאומיות. כפתרון ביניים מפעילה ישראליר בחכירה "רטובה" (כולל הצוות) מטוסים מזדמנים מחברות תעופה ישראליות וזרות, אך ברור שכך אי אפשר להעניק שירות ראוי לנוסעיה.

עיט

• רכשה מטוס שורטס 360

חברת עיט רכשה מטוס משומש מדגם שורטס 360, בעל קיבולת של 36 נוסעים. המטוס, משנת ייצור 1989, נרכש מחברת אייר סיישל והגיע לארץ ב-23 באפריל ברישומו הזר S7-PAL.

המטוס מצויד בשני מנועי טורבו-מדחף מדגם פראט אנד ויטני קנדה PT6A-67R בעלי הספק מרבי של 1,420 כ"ס צירי כל אחד, ומסוג לשייט במהירות מרבית של 400 ק"מ/ש' ברום של 10,000 רגל (3 ק"מ).

השורטס 360 מיועד להחליף את ה-DHC-6 טוויין אוטר הקטן יותר (ל-18 נוסעים בלבד) בטיסות הסדירות של החברה בין שדה דב בתל-אביב לראש פינה בגליל. עיט מפעילה שירות טיסה זה מאז ינואר 2008 (ראה גיליון e104 עמוד 7).

זוהי הפעם השנייה שמטוס מדגם שורטס 360 מופעל בישראל. המפעילה הראשונה של מטוס מסוג זה הייתה חברת כנפי העמק, שקיימה מאפריל 1994 טיסות שכר ממגידו לאילת וטיסות שכר ליעדים שונים בתוך הארץ לפי הזמנה. את השורטס 360 שלה (4X-CSL) רכשה כנפי העמק בבריטניה והפעילה אותו מאפריל 1995 עד יוני 1997, יחד עם שני מטוסי שורטס 330 קטנים יותר. בשנת 1996 שינתה כנפי העמק את שמה לישראליר תעופה ותיירות.

עמוס 4 יהיה לוויין תקשורת עם מטע"ד בחזית הטכנולוגיה



אסיה ואירופה יהיו מכוסות באופן מלא על-ידי אלומות הלוויין. מתוך 10 האנטנות, אחת היא כאמור אנטנה מרובת אלומות, ושתי אנטנות נוספות הן דואליות רחבות סרט, המיועדות גם לשידור וגם לקליטה בתחומי התדר Ku ו-Ka. בעמוס 4 ישולב לראשונה מערך קרקעי רב-שכבתי, הנותן פתרון קצה עד למשתמשים של לקוחות הלוויין. המערך הקרקעי מאפשר להם לעשות תכנון, הקצאה, ניהול ובקרה של משימה בכל שרשרת השליטה והבקרה.

"בלוויין כה מורכב, עם רמת גמישות כל כך גבוהה של ניווד אנטנות, ניווד קיבולת בין אנטנות וניוד תדרים, החוכמה חייבת להיות על הקרקע כדי לאפשר את כל הגמישויות האלה", הסביר עירן. "הכנסנו לשתי השכבות של שליטה ובקרה ללוויין ושליטה ובקרה למטע"ד אוטומציה מלאה. 99% מהתפעול נעשה על-ידי המערכת באופן אוטומטי, בדומה ללוויין התצפית".

תפעול המטע"ד בארכיטקטורה רב-שכבתית מאפשר חלוקה של המשאבים ושליטה עצמאית של כל ספק שירותים לו מוקצה חלק במטע"ד. כל ספק שירותים יכול לתכנן מתוך עמדה ייעודית משלו את השירותים הנדרשים, ולשלוט באופן עצמאי ופריטי על המשאבים שלו. כל אנטנה מנויידת לאזור השירות הרלוונטי בשליטת ספק השירותים וניתנת להטיה באופן שמאפשר גישה גיאוגרפית גלובלית, למיקסום כיסוי וביצועים.

גיורא עירן הוסיף והבהיר לסיכום, כי הפלטפורמה המודולרית שפותחה במסגרת תוכנית עמוס 4 תאפשר לתע"א לשגר לוויינים במשקל שבין 2.5 ל-4.5 טון, עם הספקים חשמליים שבין 3 קילו-וואט ל-9 קילו-וואט. המערך הקרקעי שכולל את שלושת השכבות הוא מוצר שעומד בפני עצמו, וניתן לתפור אותו בקלות לכל משימה עתידית.

ושלישי שצריך לטפל בהן, ואת זה פותרים באמצעות האוויניקה של הלוויין. מבצעים באופן מתמיד כיוולים של המערכת עם מדידות על משואה קרקעית, על מנת למדוד ולשערך את איהיציבות בהצבעה, ומתקנים את הסטיית הקלות בחלל כדי להגיע לכיסוי רציף ללא חורים.

"זהו פעילות בחזית הטכנולוגיה. אין כרגע לוויין שנותן לזה מענה בחלל", הדגיש גיורא עירן.

הכנסת אנטנה מרובת אלומות כזאת וכל החומרה הנדרשת מסביבה מנפחת את הלוויין, ונדרשת כבר פלטפורמה גדולה. בלוויינים מקטגוריה זו מקובל כי משקל המטע"ד מגיע לכ-35% מהמשקל הכולל, ומשקל הפלטפורמה הוא כ-65%. בעמוס 4 הצליחו מהנדסי התע"א לשפר את היחס הזה במידה ניכרת, כאשר משקל המטע"ד קרוב מאוד ל-50% ממשקלו הכולל של הלוויין. התוצאה היא שיפור גדול ביחס בין התועלת לעלות.

המטע"ד בעמוס 4 מתאפיין בגמישות רבה, על מנת לאפשר גישה מנקודה לנקודה בספקטרום הנדרש. המשיבים בלוויין מאפשרים שינוי גמיש בתדר, כך שניתן להימנע מהפרעות של רשתות שכנות. גמישות המטע"ד תוכל לשרת היטב את חברת חלל תקשורת בעת הפעלת הלוויין: "אם החברה נחשפת לשוק חדש, מגלה הזדמנות חדשה – אפשר לנייד את האנטנות, אפשר להתאים את תחום התדרים לאותה הזדמנות, אפשר לנתב קיבולת באופן גמיש לאותו שוק, ולאפשר למקסם את הפוטנציאל של החברה ולהגיע ליעילות מאוד גבוהה של מטע"ד", אמר עירן.

הלוויין כולל 10 אנטנות – מספר חסר תקדים בלוויין מסחרי בקטגוריה זו. כל האנטנות מנויידות באופן עצמאי. לאחר הצבת הלוויין במיקומו בשמיים, היבשות אפריקה,

מפעל חלל של חטיבת מערכות טילים וחלל בתעשייה האווירית לישראל מפתח לוויין תקשורת מתקדם, שיהיה גדול יותר מקודמיו וינצל טכנולוגיות, טכניקות ופתרונות שעד היום היו ייחודיים ללווייני תצפית בלבד.

העסקה למכירת הלוויין עמוס 4 לחברת חלל תקשורת במחיר של כ-365 מיליון דולר נחתמה ביולי 2007. התע"א תייצר את הלוויין ותמסור אותו לבעלות חברת חלל תקשורת במסלולו בחלל ברבעון השלישי של שנת 2012, לאחר סיום שלב הבדיקות במסלול. משך חיי הלוויין מתוכנן להיות כ-12 שנים. הוא יוצב במסלול גיאוסטציונרי בנקודה 65 מעלות מזרח.

בהרצאה שנתן בכנס החלל הבינלאומי השנתי החמישי ע"ש אילן רמון, שנערך במכון פישר בסוף ינואר, הדגיש גיורא עירן, ראש תוכנית עמוס 4 בתע"א, כי הלוויין יהיה מהמתקדמים מסוגו בעולם ויכלול פלטפורמה חדשנית ומטע"ד ייחודי העומדים בחזית הטכנולוגיה.

שלושת לווייני התקשורת הראשונים בסדרת עמוס היו לוויינים קטנים, בקטגוריית המשקל של טון אחד. עם עמוס 4 עושה התע"א את הצעד הראשון לתוך הקטגוריה של הלוויינים הבינוניים, במשקל של כ-4 טון, שזהו כיום השוק המרכזי בתחום לווייני התקשורת.

"עמוס 4 אינו עוד לוויין בסדרת לווייני עמוס; זה משהו אחר לגמרי", אמר גיורא עירן. "הוא ממנף יכולות שפותחו בלווייני התצפית של התע"א. הדבר בא לידי ביטוי במערכת בקרה המאפשרת הצבעה לתת-ממדית מאוד מדויקת, ובמערך של שליטה על משימה ובקרה וניהול משימה באופן אוטומטי. עמוס 4 יהיה הלוויין הראשון שמממש את הטכניקות האלה בגובה 36,000 ק"מ".

עירן הסביר, כי בשנים האחרונות אנו רואים התפתחות של תקשורת ניידת, דו-כיוונית, רחבת סרט בשווקים בינלאומיים, היוצרת לחץ על ספקטרום התדירות. הלחץ הזה גורר דרישה לניוד בתחום תדר חדש Ka, שיוצר אתגר טכנולוגי מיוחד. אם עד כה ניתן היה לכסות אזור בתחום Ku עם אלומה ברוחב 7.5 מעלות ללא בעיות מיוחדות, הרי לצורך השגת כיסוי מתאים בתחום ה-Ka נדרשות עשרות "אלומות עיפרון" ברוחב של כחצי מעלה. בעבודה עם אלומות עיפרון מאוד דקות מתחילים להיתקל בתופעות מסדר שני בחלל, בתחומי הדינמיקה של הלוויין והמסלול. אם לא מטפלים בתופעות האלה, מאבדים את הכיסוי הרציף ונוצרים חורים בכיסוי.

כדי לפעול כמות בתחום ה-Ka משולבת בעמוס 4 אנטנה מרובת אלומות – אנטנה עם רפלקטור יחיד ו-52 אלומות. כדי לטפל באלומות ולמצות את הביצועים בצורה אופטימאלית, העניקו ללוויין יכולת לניוד, בצורה דומה ללוויין צילום, וכך למקד את האנטנה מרובת האלומות לאזור מסוים ולהפיק את מיטב הביצועים ממנה.

מבחינת התכנון, יצרו המהנדסים ספסל אופטי על מנת למזער את תופעות איהיציבות בהצבעה. עדיין נשארות תופעות מסדר שני

הפקולטה לאווירונאוטיקה וחלל בטכניון חגגה יובל מחזורים

בנאום בטכניון בפברואר 1950 בישר קפלנסקי "בקורת רוח רבה", שפרופ' גולדסטין ופרופ' תיאודור פון-קארמן הסכימו להצטרף לוועדת משנה לעניין המחלקה לאווירונאוטיקה. הוועד המנהל של הטכניון אישר את החלטת ישיבת מורי הטכניון להקים מחלקה לאווירונאוטיקה, וקפלנסקי כתב לגולדסטין וביקש להתחיל בתפקיד ראש המחלקה באוקטובר 1950. גולדסטין אכן הגיע לארץ, והתמנה גם למשנה לנשיא הטכניון לעניינים אקדמיים. ההכנות להקמת המחלקה לאווירונאוטיקה הושלמו בשנת 1954, ותלמידי המחזור הראשון התחילו בלימודיהם. אולם פרופ' גולדסטין לא נשאר בארץ. בגלל מתחים חברתיים ואקדמיים שהתפתחו בינו לבין הממסד הישראלי, עזב גולדסטין בשנת 1955 ועקר להרווארד שלידי בוסטון בארה"ב.



פרופ' סידני גולדסטין ז"ל, מייסד הפקולטה.

גרעין סגל המחלקה התגבש סביב מספר מהנדסים ופיסיקאים צעירים ששירתו בחיל המדע ובחיל האוויר, אשר נשלחו להשתלם בהנדסת אווירונאוטיקה בחו"ל – דוד אביר, יוסף זינגר, מאיר חנין ואברהם כוגן. הצטרף אליהם גם משה ארנס, שרכש את השכלתו האווירונאוטית בארה"ב בטרם עליתו לארץ.

מתקני הניסוי הראשונים שנבנו היו מנהרת-רוח מעץ למהירויות נמוכות ונקבת-רוח על-קולית קטנה, שהושלמו ב-1957-8. מספר התלמידים במחזור הראשון היה קטן (12), והם נדדו בין הבניין החדש לאוויר-

הנוכחים הביעו התנגדות לרעיון, אך למרות זאת הנחה בן-גוריון את קפלנסקי וגולדסטין לפתוח בהכנות להקמת המחלקה. החלטתו נבעה מהחשיבות הרבה שייחס לתחום התעופה, כפי שהתבטא בפומבי במספר הזדמנויות.

באירוע חגיגי שהתקיים במלון דן פנורמה בתל-אביב ב-17 בפברואר חגגה הפקולטה להנדסת אווירונאוטיקה וחלל בטכניון את ציון הדרך ההיסטורי של 50 מחזורי בוגרים. למפגש היובל הגיעו מאות רבות של בוגרים מכל המחזורים, שפגשו מחדש את חבריהם לספסל הלימודים ואת מוריהם מאז.

בחמישים המחזורים הראשונים סיימו את לימודיהם כ-2,700 בוגרים לתואר הראשון. בין הבוגרים ניתן למצוא מפקדי חיל אוויר לשעבר, ראשי להק ציוד בחיל האוויר וקצינים בכירים אחרים במערך הטכני בחיל, מנכ"לים וסמנכ"לים בתעשיות הביטחוניות ובחברות התעופה, וכמובן את המהנדסים שהובילו את כל תוכניות הפיתוח של כלי-הטיס, הטילים, הלוויינים והמערכות המוטטות בישראל.

עורך "ביעף" (בוגר מחזור 1969) ליד תמונות המחזורים הראשונים.



ביוזמת פרופ' סידני גולדסטין

הרקע ההיסטורי להקמת המחלקה לאווירונאוטיקה בטכניון מתואר במאמר "שורשי המחקר האווירונאוטי בישראל", שחברו האחים ברוך ואביב רוזן, ואשר פורסם בשנת 1996 במאסף כ' של "הציונות – מאסף לתולדות התנועה הציונית והישוב היהודי בארץ-ישראל", מטעם אוניברסיטת תל-אביב והוצאת הקיבוץ המאוחד.

מי שזים את המהלך ופעל להגשמתו היה פרופ' סידני גולדסטין, מדען יהודי מבריטניה וציוני נלהב, שנודע כתיאורטיקן אווירונאוטי בעל שם עולמי. הוא כיהן אז כפרופסור וראש המחלקה לתמטטיקה שימושית באוניברסיטת מנצ'סטר, והיה יו"ר הוועדה למחקר אווירונאוטי (ARC) בבריטניה.

בתחילת 1949 הזמין נשיא המדינה, ד"ר חיים וייצמן, את גולדסטין לבקר בישראל. גולדסטין הגיע לארץ ונפגש עם ראש הממשלה ושר הביטחון דוד בן-גוריון, ממנו ביקש לתמוך בהקמת מחלקה לאווירונאוטיקה בטכניון, כולל מנהרת-רוח במרדות הכרמל (ליד טירה). לאחר אותה פגישה כתב בן-גוריון מכתב נלהב בשבחיו של גולדסטין למנהל הטכניון, שלמה קפלנסקי. תוך זמן קצר כונסו לשיבה נציגים של גופים ממלכתיים בעלי עניין בתעופה – מצה"ל, חברת אל-על ונציגי הממסד המדעי. בפני קבוצה זו העלה בן-גוריון את רעיון הקמת המחלקה לאווירונאוטיקה בטכניון. רוב



מימין לשמאל: אברהם כרם, חני מור וד"ר רפי יואלי.

אווירונאוטיקה החושבים "מחוץ לקופסה"; בוגרת שהגיעה למעמד ניהולי בכיר; שלושה אחים שחרו באותה הדרך; ובת שהלכה בדרכי אביה ואף מצאה את בעלה בפקולטה.

אברהם כרם (כפלאוי), בוגר המחזור השלישי, זכה להכרה בינלאומית כמהנדס אווירונאוטיקה מבריק, שפרץ לתחומים חדשים ופיתח כלי-טיס מהפכניים. הוא התבלט כבר בתחילת דרכו כמהנדס במדור ציוד (מצ"ד) של חיל האוויר בשנות ה-60, ולאחר מכן כראש מחלקת תיווך מוקדם בחטיבת הנדסה של התע"א במחצית הראשונה של שנות ה-70. משלא מצא את סיפוקו במסגרת המוגבלת של התע"א, שלא אפשרה לו לממש רעיונות חדשניים, עזב בשנת 1977 לארה"ב.

בארץ האפשרויות הבלתי מוגבלות הפך כרם לאחד מחלוצי פיתוח הכטב"מים. במסגרת חברת Leading Systems שהקים בקליפורניה, פיתח כרם בשנות ה-80 אבות-טיפוס של הכטב"מים Amber ו-Gnat, והוכיח את יכולותיהם בסדרה של טיסות ניסוי מוצלחות. בתחילת שנות ה-90 מכר כרם את הפרויקטים האלה לחברת ג'נרל אטומיקס, שקדמה אותם למעמד מבצעי מוביל בדמות משפחת הפרדטור. הכטב"מים הטקטיים האלה, שמשמשים הן למודיעין בזמן אמת והן

הופעלו מאמצי שכנוע רבים לביטול הגזרה, ובסופו של דבר הוחלט שלא לגייס אותנו. יכולנו להמשיך ללמוד."

ד"ר נווה מילא במהלך הקריירה המקצועית שלו תפקידים בכירים ביותר, וכיהן כמנכ"ל רפא"ל וכראש מפא"ת במשרד הביטחון. בסיכום דבריו במפגש הבוגרים אמר: "לאחר 50 שנות פעילות ניתן לומר, שהפקולטה להנדסת אווירונאוטיקה וחלל אכן ממלאת את תפקידה בהתאם לציפיות מייסדיה, ומהווה נדבך חשוב ביכולתה התעשייתית המתקדמת של מדינת ישראל. התעשייה הביטחונית המבוססת על הנדסה אווירונאוטית מעסיקה עשרות אלפי עובדים. ניתן אף לומר, כי תעשייה זו היא ראשיתה של התעשייה עתירת הידע בישראל. בוגרי הפקולטה משולבים בכל ספקטרום העשייה: ניהול, מחקר, פיתוח, ייצור וייצוא."

הניצוץ האווירונאוטי

מבין מאות הבוגרים שהגיעו להישגים מקצועיים בולטים, בחרו מארגני האירוע להעלות לבמה דמויות מיוחדות המייצגות את הרוח האווירונאוטית ואת המשפחתיות בפקולטה: שני בוגרים פורצי דרך המייצגים את "ניצוץ" החדשנות שקיים אצל מהנדסי



הכטב"מים מדגמי Amber ו-Gnat (למטה) שפיתח אברהם כרם בארה"ב בשנות ה-80. על בסיס כלים אלה פותח הפרדטור (למעלה) בחברת ג'נרל אטומיקס.



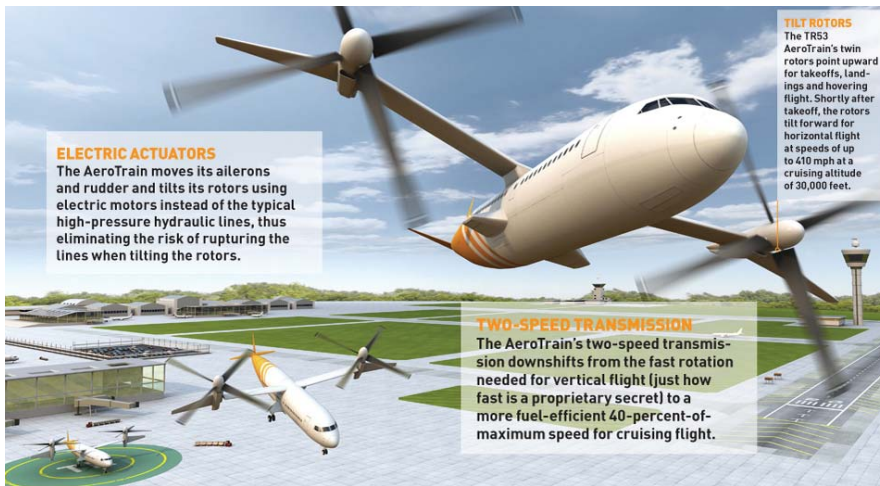
ד"ר בן-ציון (בנצי) נווה נושא דברים באירוע.

נאוטיקה – שהיה הראשון שנבנה בקריה החדשה שבנווה שאנן – לבין הקמפוס הישן בהדר הכרמל. התפתחות המחלקה הייתה איטית בהתחלה, הן במספר התלמידים והן במספר חברי הסגל שבה, אך כבר בתחילת שנות ה-60 חלה התרחבות ניכרת, ובשנת 1962 הפכה המחלקה לפקולטה. את התנופה הגדולה ביותר בהתפתחותה קיבלה הפקולטה לאחר מלחמת ששת הימים, כאשר התרחבות התעשייה האווירונאוטית בארץ – בעקבות האמברגו שהוטל על משלוחי נשק צרפתי לישראל – הביאה לדרישה מוגברת של מהנדסים. המחזורים הוכפלו והושלשו, מ-30 בוגרים ב-1967 ל-62 בוגרים ב-1970 ולשיא חד-פעמי של 92 בוגרים ב-1973.

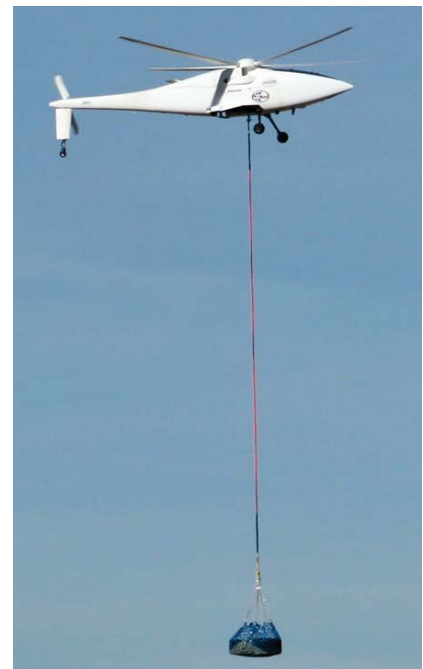
כיום ישנם כבר מספר מוסדות לימוד אקדמיים בארץ המעניקים תואר מהנדס בתחומים שונים, אבל הפקולטה בטכניון היא היחידה שמעניקה תואר "מהנדס אווירונאוטיקה".

עתודה אקדמאית

ד"ר בן-ציון (בנצי) נווה, בוגר המחזור השני, העלה זיכרונות מראשית הדרך וסיפר במפגש היובל: "בראשית 1955 היינו מספר צעירים בגילאים 17-18 המעוניינים ללמוד בטכניון במסגרת העתודה האקדמאית. קראנו את פרסומי הטכניון וראינו את ההצעה להצטרף ללימודי האווירונאוטיקה. הייתה זו מחלקה חדשה ללא ניסיון וללא מוניטין, והיה זה בהחלט הימור להצטרף אליה. מדוע בסופו של דבר בחרנו בה בעדיפות ראשונה? זהו סודו של כל אחד. היה זה גם הימור של האחראים למחלקה החדשה, מי הם הסטודנטים שעליהם תושגת המחלקה? ואכן, מהר מאד נוצרו הבעיות. כתוצאה מאיומים בחזית המצרית החליט המטכ"ל לבטל את מחזור ו' של העתודה האקדמאית ולהחזיר את כל בני המחזור לצבא. משהתברר כי גיוס העתודאים האווירונאוטים עלול להביא לסגירת המחלקה,



רעיון מהפכני נוסף של אברהם כרם למטוס נוסעים הממריא ונוחת אנכית שמכונה AeroTrain.



ה-A160 האמינגביירד נושא מטען בתלייה חיצונית.



ה"פרד האווירי" (Air Mule) שפיתח ד"ר רפי יואלי בניסוי ריחוף.

שנים רבות **ברפאל** זכה לכך שלא רק בתו מלכה הלכה בדרכו ולמדה הנדסה אוויר-נאוטית, אלא שגם חתנו איציק מגיע מאותו תחום. זוהי דוגמה חיה לביטוי "משפחת הפקולטה לאווירונאוטיקה".

התאומים מאיר ושמעון זיירמן נרשמו ללימודים בפקולטה בעקבות אחיהם הבכור ישראל זיירמן. שניים מהם עשו קריירה ב**ברפאל**, והשלישי העדיף את התע"א. בוגר הפקולטה ד"ר יעקב פרוכט (שעבד

לתקיפת מטרות על הקרקע, הוכיחו את יעילותם הרבה במלחמות עיראק ואפגניסטן. בהמשך פיתח אברהם כרם את המסוק הבלתי מאויש **A160 האמינגביירד** – פרויקט שנרכש על-ידי חברת **בואינג** ועתיד להגיע בקרוב למעמד מבצעי. בשנים האחרונות עובד כרם על פיתוח כלי-טיס מהפכני נוסף, המכונה **Optimum Speed Tilt-Rotor**, במסגרת החברה שלו **Karem Aircraft**. יישום אפשרי שלו עשוי להיות ה**AeroTrain**. כרם גם מסייע למשרד ההגנה האמריקני בתוכנית הפיתוח **Joint Heavy Lift**.

אברהם כרם הגיע במיוחד לארץ כדי להשתתף במפגש הבוגרים, ונתקבל בהמנימות על-ידי מכריו הרבים. ד"ר רפי יואלי, שהחל את דרכו המקצועית בתע"א, פרש גם הוא לדרך עצמאית כדי שיוכל לממש רעיונות חדשניים בלתי שגרתיים. במסגרת חברת **תכן ופיתוח אווירונאוטי (AD&D)** שהקים, עסק בשנות ה-90 בפיתוח כלים בלתי מאוישים וכלי-טיס אישי הממריא ונוחת אנכית. בשנים האחרונות הוא עוסק בפיתוח כלי-טיס הממריאים ונוחתים אנכית באמצעות מניפות משורוללות, במסגרת חברת **אורבן איירונאוטיקס** אותה הקים (ראה "ביעף" e110 עמ' 4).

משפחת הפקולטה

עשרות נשים סיימו את לימודיהן בפקולטה החל מהמחזור הראשון, והוכיחו יכולת גבוהה בעבודתן המקצועית בתעשיות הביטחוניות ובחיל האוויר. אחת המוצלחות מביניהן היא חני מור, הממלאת כיום בתע"א את התפקיד של ראש מינהלת פרויקטי מטוסי מנהלים ויצור. קודם לכן עמדה בראש מינהלת פיתוח מטוסי מנהלים, ולפני זה הייתה המנהדת הראשית בפיתוח ה**G150**.

בתולדות הפקולטה נרשמו גם דוגמאות של משפחות בוגרים, שבחרו ללכת באותה הדרך.

תמונות 50 המחזורים: <http://ae-www.technion.ac.il/home/class-photos/index.html>
תמונות ממפגש הבוגרים: <http://picasaweb.google.com/115902330093531260369/bRwaiK#>
שושי המחקר האווירונאוטי: <http://ae-www.technion.ac.il/home/roots.pdf>

האחים זיירמן (מימין לשמאל): מאיר, שמעון וישראל, שכולם סיימו את הפקולטה.





מטוס קרב רוסי חמקן מהדור החמישי החל בטיסות ניסוי

אביהטיפוס T-50 המריא לטיסת בכורה ב־29 בינואר

PAK FA. אבות-הטיפוס מסומנים T-50 (כפי שאבות-הטיפוס של ה-Su-27 סומנו T-10), אבל לא ידוע מה יהיה סימונו של המטוס הסדרתי החדש. זוהי התשובה הרוסית המאוחרת ל-F-22 רפטור האמריקני, אך אין זה חיקוי של הרפטור ולא ראוי לכנות אותו "רפטורסקי", כפי שעשו מספר פרסומים סנסאציוניים.

הרוסים לא חשפו את ה-T-50 עד טיסת הבכורה שלו, וגם אחרי החשיפה לא היו נדיבים בפרטים. מבחינה של התצלומים שהופצו על-ידי חברת סוחוי, מתגלה דמיון לתצורה הבסיסית של משפחת מטוסי ה-Su-27. אנו מקבלים את הרושם, שלא מדובר במטוס חדש לחלוטין שתיכנונו החל מדף נייר חלק (כמו ה-F-22), אלא בניסיון להפוך את מטוס הקרב המוכח מהדור הרביעי למטוס חמקן. סביר להניח, כי לאור המצוקה התקציבית ברוסיה שאינה מאפשרת להקצות עשרות מיליארדי דולרים לפיתוח מטוס מתקדם ביותר, נעשתה פשרה כדי לחסוך בהוצאות. לפיכך, נראה כי ה-T-50 אינו אלא הסבה מקיפה של ה-Su-35 – הדגם המתקדם ביותר במשפחת מטוסי הקרב הקודמת של סוחוי, המוגדר בתור "דור ++4", אותו תיארו בגיליון e110.

ממשלת רוסיה בראשותו של ולדימיר פוטין נוקטת בשנים האחרונות במדיניות לחידוש ההתעצמות של הכוח האווירי, לאחר שנים רבות של הקפאת הרכש הצבאי בעקבות המשבר הכלכלי שנלווה להתפרקות ברית-המועצות. שאיפתו של פוטין היא להחזיר את רוסיה למעמד של מעצמה עולמית שאינה מפגרת בהרבה אחרי ארה"ב, וכדי להגשים זאת הוא מזרים מאז 2008 יותר ויותר כספים לתעשיות המטוסים והטילים. בתחילת חודש מארס הודיע פוטין על הכוונה להזמין 1,500 מטוסים ומסוקים צבאיים ו-200 מערכות הגנה אווירית עד לשנת 2020.

במסגרת מדיניות זאת הואץ בעשור האחרון פרויקט הפיתוח של מטוס קרב חדש מהדור החמישי, שהתנהל על אש קטנה במשך שנים ארוכות. אבי-הטיפוס הראשון של ה-T-50 מתוצרת סוחוי המריא לטיסת בכורה מוצלחת ב-29 בינואר השנה, ושלושה אבות-טיפוס נוספים עתידים להצטרף לתוכנית ניסויי הטיסה בתוך כ-12 חודשים. המטרה השאפתנית היא להשלים 2,000 טיסות ניסוי ולהכין את המטוס לכניסה לשירות עד 2015.

מטוס הקרב מהדור החדש מכונה "מערכת אווירית עתידית לתעופה טקטית", ובראשי תיבות ברוסית:



תאי חימוש קטנים יותר בצידי כונסי האוויר, בהם ניתן לשאת טילי אוויר-אוויר קטנים. שיטה חשובה נוספת להקטנת השח"ם היא טיפול קפדני בכונסי האוויר למנועים, כך שחזית המנוע תהיה מוסתרת מפגיעת קרני מכ"ם. מהתמונות החיצוניות של ה-T-50 רואים שינוי בצורת הכונסים בהשוואה למשפחת מטוסי ה-Su-27, וסביר להניח כי בתוך הכונס הותקנה תעלה מפותלת שמונעת החזרת קרני מכ"ם מחזית המנוע.

המהנדס הראשי של פרויקט ה-T-50 טוען כי כ-70% מפני השטח החיצוני (או כ-25% מהמשקל הריק של המטוס) עשויים מחומרים מרוכבים. עצם השימוש בחומרים מרוכבים במבנה החיצוני של המטוס אינו תורם ישירות להקטנת השח"ם, אך זה מאפשר ביתר קלות לשתול בתוכם חומרים בולעי קרינת מכ"ם. הקטנה נוספת של השח"ם ניתן להשיג על-ידי ציפוי המטוס בחומרים/צבעים בולעי קרינה. סביר להניח כי ה-T-50 מנצל מערכות מתקדמות רבות ששולבו ב-Su-35, בכלל זה מנועים דומים מדגם סאטורן 117S (או בעתיד

האופקי, מחד גיסא, ושל שפות הזרימה בכף ובזנב האופקי, מאידך גיסא. חשוב גם להקטין את גודלם של משטחי הזנב ככל שניתן, וכך אמנם נעשה גם ב-T-50. כפיצוי על משטחי הזנב המוקטנים נעזר המטוס הרוסי בנחירי הפליטה המתכווננים של המנועים, שמאפשרים הטיה של וקטור הדחף בכל הכיוונים. הגה אווירודינמי נוסף הותקן במשטחי ההמשך הקדמיים לכנף. המדפים האלה ניתנים להטיה כלפי מעלה ומטה, ומהווים מעין תחליף מקורי למשטחי הקנארד שהותקנו באחדים מהדגמים במשפחת ה-Su-27. ייצובו של המטוס וניהוגו מתבצעים כמובן באמצעות מערכת בקרת טיסה דיגיטלית.

מטוס חמקן חייב לשאת את כל החימוש שלו בתאים פנימיים. בעיה זו הייתה קלה לפתרון ב-T-50, כיוון שהוא שומר על הגוף הרחב של משפחת מטוסי ה-Su-27. שני תאי חימוש גדולים הותקנו בחלק התחתון של הגוף המרכזי, בין שני המנועים. בכל תא כזה ניתן לשאת מספר טילים גדולים למשימות אוויר-אוויר או אוויר-קרקע. בנוסף, הותקנו כנראה

הקטנת השח"ם להשגת חמקנות

הקטנת שטח חתך המכ"ם (שח"ם) של מטוס קיים והפיכתו לחמקן מחייבת שינויים מפליגים בתצורת המטוס, בחומרים מהם הוא בנוי ובאופן ייצורו. יש רמות שונות של חמקנות בהתאם לשיעור הקטנת השח"ם, וכמובן אי אפשר לצפות שלמטוס המתבסס על תכן מדור קודם יהיה שח"ם דומה לזה של מטוס חדש לחלוטין, שתוכן מלכתחילה במטרה להשיג חמקנות מיטבית. הרוסים טוענים, כי השח"ם של ה-T-50 קטן פי 40 מזה של ה-Su-30. זהו בהחלט הישג משמעותי, המקשה על גילוי המטוס לפני שהוא ממש מתקרב למטרתו, אך ניתן לקבוע בוודאות שה-F-22 האמריקני מצטיין בחמקנות טובה יותר.

השיטות הבסיסיות להקטנת השח"ם ידועות ומוכרות, ומהנדסי סוּחוּי אימצו אותן. הצעד הראשון היה להחליף את הכנף ואת מייצבי/הגאי הזנב במשטחים אווירודינמיים חדשים השומרים על מקביליות – של שפות ההתקפה בכנף, במדפים שבקדמת הכנף ובזנב



רוסיה.

הכוונה המקורית הייתה לבצע את טיסת הבכורה לפני סוף 2009, כפי שהודיע גם מנכ"ל סוּחוּי מיכאיל פוגוסיאן בתערוכת MAKS בשנה שעברה, אבל הדבר התאפשר רק בסוף ינואר 2010.

בשיתוף עם הודו

הניסיון עם ה-F-22 וה-F-35 בארה"ב מראה, כי הוצאות הפיתוח של מטוסים מתקדמים מאוד יכולות להגיע לעשרות מיליארדי דולרים. אצל הרוסים העלויות אמנם נמוכות יותר מאשר בארה"ב, אבל עדיין מדובר בתקציבי עתק מעבר לאפשרויות הנוכחיות של הכלכלה הרוסית.

לאור המצוקה התקציבית, הציעה רוסיה להודו שיתוף פעולה בפרויקט זה, עם התחייבות לאפשר להודו לייצר בעצמה את המטוסים בבוא העת. ממשלת הודו קפצה על המציאה, והסכימה לממן עד מחצית מהוצאות הפיתוח. הסכם שיתוף הפעולה נחתם בשנת 2007, והתעשייה ההודית תשתתף בשלבים המתקדמים של הפיתוח ובהכנות לייצור סדרתי.

לפי דיווחים באמצעי התקשורת בהודו, מעוניין חיל האוויר ההודי לרכוש עד 250 מטוסי קרב חמקנים מהדור החמישי. ייצורם אמור להתחיל בערך בשנת 2017, כאשר התעשייה האווירית ההודית (HAL) תסיים לבנות את 250 מטוסי הסוּחוּי Su-30MKI לפי הסכם שיתוף פעולה קודם עם רוסיה. □



ה-T-50 בטיסת ניסוי מאוחרת אחרי שנצבע.

לשנות כמה דרישות מבצעיות במפרט. במיוחד, הוחלט להקטין את המהירות המרבית ממאך 2.5 למאך 2. המועד המיועד לטיסת הבכורה נדחה לשנת 2009, והיעד להכנסה לייצור נקבע ל-2015.

בשנת 2005 עבר הפרויקט בהצלחה סקירה של שלב הפיתוח המתקדם, וסוּחוּי החלה לבחון ולנסות מערכות ורכיבים באמצעות מטוסי ניסוי שונים (ביניהם מדגים הטכנולוגיות S-37 בעל הכנפיים המשוכות לפנים).

בינתיים החלה חברת NPO סאטורן לפתח את אמצעי ההנעה המתאים. הפיתוח התבסס על שיפור מנוע ה-AL-31F של משפחת ה-Su-27 בשני שלבים. בשלב הראשון דובר על פיתוח ה-S-117 עם דחף מרבי של 14 עד 14.5 טון ושילוב נחיר פליטה מתכוונן תלת-ממדי, ובשלב השני דובר על הגדלת הדחף ל-15 טון.

במארס 2007 הוכרז על תחילת ייצורו של אב-הטיפוס הראשון של ה-T-50 במפעלי KnAAPO בקומסומולס און אמור במזרח

מנוע משופר); אותה מערכת בקרת טיסה ממוחשבת, או שיפור מסוים שלה; אוויוניקה דומה בתא הטייס; מכ"ם דומה מסוג מערך מופע עם סריקה אלקטרונית; ועוד.

פיתוח לאורך עשור

חיל האוויר הרוסי פרסם באפריל 2001 דרישה מבצעית ל-PAK FA, כאשר התוכנית כונתה גם I-21 (מטוס קרב למאה ה-21). משרדי התיכון המובילים למטוסי קרב, מיקוויאן, סוּחוּי ויאקובלב, נתבקשו להגיש הצעות, ובשנת 2002 נקבעה זכייתה של חברת סוּחוּי בתחרות.

השתלשלות הפרויקט מתוארת על-ידי יפים גורדון בספרו החדש על סוּחוּי, אותו אנו סוקרים במדור "ספרים ביעף" בגיליון זה. גורדון מגלה, כי הפיתוח הבסיסי הושלם בסתיו 2004, ובסוף אותה שנה עבר הפרויקט בהצלחה את סקירת התיכון הקריטית. ועדת הסקירה אישרה את מאפייני המבנה והתצורה האווירודינמית של המטוס, ואת ארכיטקטורת האוויוניקה. הוחלט אז כי המטוס יצויד במכ"ם מסוג מערך מופע עם סריקה אלקטרונית שיפתח על-ידי חברת NIIP, שנתמנתה גם לפתח את חליפת האוויוניקה המשולבת למטוס. בנוסף למכ"ם בקרת הירי, הוחלט לצייד את המטוס גם במכ"מים המבטיים לצדדים ולאחור, ובמערכת לוחמה אלקטרונית מתקדמת. במקביל החל גם מאמץ לפיתוח טילים מתקדמים לחימושו של המטוס. בדצמבר 2005 החליט חיל האוויר הרוסי

בצילומים של הגחון בולט הדמיון הרב בתצורת הגוף והמנועים בין ה-T-50 (מימין) ל-Su-35. הדלתות של תאי החימוש הגדולים בגחון ה-T-50 נראים היטב.





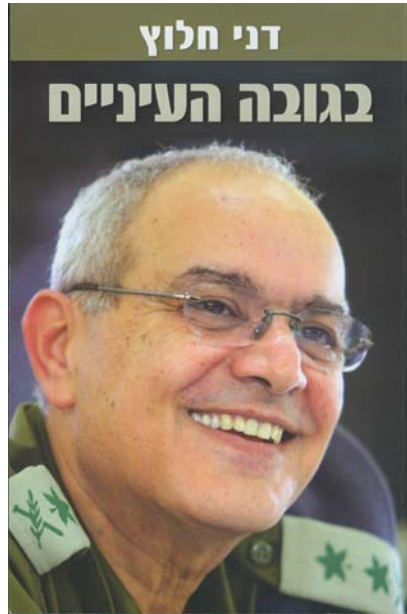
ביותר, אבל טייסיה מילאו את רוב המשימות שהוטלו עליהם. התמזל מזלו של חלוץ, והוא יצא ללא פגע מן המלחמה, אך רבים מחבריו לטייסת נהרגו, נפצעו או נפלו בשבי. מתוך 60 הטייסים והנוטים, איבדה הטייסת במהלך המלחמה 7 אנשי צוות אוויר, ו-14 נפלו בשבי בסוריה ובמצרים, חלקם פצועים קשה. 15 מטוסים נמחו ממצבת מטוסי הטייסת.

מקריאת תיאוריו של חלוץ מתעורר אצל הקורא ספק גדול אם אכן היה צידוק להפעלת טייסת 201 בדרך ההקרבה שבה פעלה, כאשר "היא ביצעה את כל משימותיה תוך הפגנת דבקות במשימה, עד כדי הליכה עם הראש בקיר". טייסת 201 ספגה את האבידות הכבדות ביותר מבין טייסות הפאנטום בחיל האוויר. לעומתה, טייסת 107 בפיקודו של יפתח ספקטור סיימה את המלחמה מבלי שאיבדה אף איש צוות אוויר.

כעבור שנים, כשקיבל חלוץ את הפיקוד על טייסת 107, עלו בו ההרהורים על צדקת מדיניות ה"הליכה עם הראש בקיר". אבל דעתו השלילית על יפתח ספקטור מודגשת היטב בספר, במיוחד לאור חתימתו על מכתב הטייסים הסרבנים.

להשלמת תיאוריו של חלוץ על הלחימה האווירית במלחמת יום הכיפורים הוא מביא בנספח טבלה מפורטת של כל גיחותיו וכן רשימה של כל לוחמי הטייסת ומה עלה בגורלם.

לדני חלוץ הייתה קריירה עשירה ומגוונת בחיל האוויר, והוא מטיב לתארה. הספר מרתק, וקשה להניחו מן היד. ראוי גם לשבח את עבודת העריכה של אנשי הוצאת ידיעות אחרונות.



טייסת קרב ובתפקידי מטה בכירים. חלוץ מתאר בצורה מרתקת את עשרות שנות שירותו בחיל האוויר, החל מקורס הטיס ועד הפיקוד על החיל.

מעניינים במיוחד הפרקים העוסקים במלחמת יום הכיפורים, שמבוססים על יומן אישי שניהל אז חלוץ. הוא מתאר בפירוט רב את שהתחולל בטייסת 201, בה שירת בחצור כטייס פאנטום צעיר יחסית. הטייסת עברה משברי פיקוד מלחמה וספגה אבידות כבדות

בגובה העיניים, מאת דני חלוץ
הוצאת ידיעות אחרונות, ספרי חמד
576 עמודים בכריכה רכה. המחיר: 98 ש"ח.

רב-אלוף דני חלוץ נאלץ לפרוש מכהונתו כראש המטה הכללי של צה"ל ב-14 בפברואר 2007, בעקבות הלחץ הציבורי שהתעורר לאחר מלחמת לבנון השנייה. הוא סיכם בכך יותר מ-40 שנה של שירות בצה"ל (בחלקו כאיש מילואים), ששיאם היה בתפקידי מפקד חיל האוויר והרמטכ"ל.

ספרו האוטוביוגרפי של חלוץ נועד בראש ובראשונה לענות על הביקורת שהוטחה בו בגלל מחדלי מלחמת לבנון השנייה. בהתאם לכך, הוא פותח את הספר בפרק קצר שבו הוא מסכם את טעויותיו העיקריות שבהן הוא מודה. בחלקו האחרון של הספר, בפרקים 28 עד 35 (המקופים 158 עמודים מתוך כלל 576 העמודים בספר), הוא מתאר את השתלשלות המלחמה ומסביר את החלטותיו במהלכה.

חלוץ אינו מתחמק מן השאלות הקשות, ומסביר את כל הסוגיות מנקודת מבטו האישית. אפשר לקבל את הסבריו או לדחות אותם, אבל אי אפשר לטעון שלא הייתה לו משנה סדורה או שהוא לא ידע מה הוא רוצה. הסבריו מפורטים ומעמיקים, ומנוסחים בהירות. הוא גם מגיב באריכות לטענות שהופנו כלפיו בדו"ח ועדת וינוגרד.

רבות נכתב ודובר על תפקודו של חלוץ כרמטכ"ל, ואין אנו מעוניינים להוסיף בנושא זה. עניינו של "ביעף" בתחום התעופה, ולפיכך הפנינו את עיקר תשומת לבנו לפרקי הספר העוסקים בשירותו של דני חלוץ בחיל האוויר כטייס קרב (בסדיר, בקבע ובמילואים), כמפקד

(במקרים שבהם המטוס התרסק בתאונה או הופל בלחימה).

מן המידע הרב שנכלל בחוברת ניתן להציג את התמונה המלאה של רכש המיסטרים:

● תריסר המטוסים הראשונים הוטסו לארץ באפריל 1956 במבצע שכונה **רז-יש** (רז הוא התרגום העברי למילה הצרפתית מיסטר; יש – קיצור של ישראל).

● עוד תריסר מטוסים הוטסו לארץ במאי-יוני 1956 במבצע שכונה **שיזר** (היפוך סדר האותיות של רז-יש).

● 36 מטוסים הגיעו לארץ באוגוסט אותה שנה במסגרת מבצע **שחרית**.

● המטוס ה-61, שהותאם למשימות צילום מהאוויר, הובא לארץ בספטמבר 1956 במבצע שכונה **רז 103** (מספר יצרן 103).

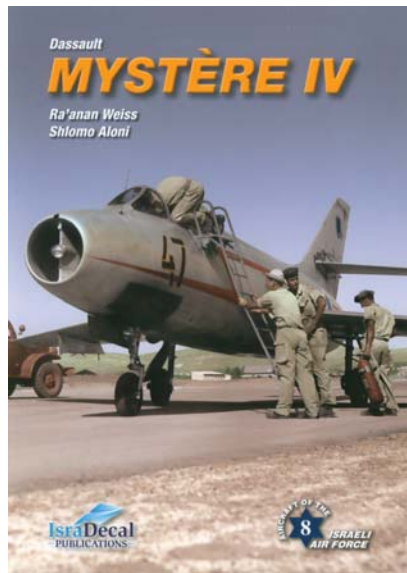
24 המיסטרים הראשונים הוכנסו לשירות בטייסת 101 בחצור, שהפעילה אותם עד נובמבר 1961.

בדצמבר 1956 נפתחה ברמת דוד טייסת המיסטרים השנייה, 109, שהמשיכה להפעיל מטוסים אלה עד פברואר 1968.

טייסת 116 מתל-נוף החלה בנובמבר 1961 להפעיל את מטוסי המיסטר שהועברו אליה מטייסת 101. אחרוני המיסטרים ששרדו הוצאו משירות במאסר 1971.

סד"כ מטוסי המיסטר הלך וקטן בהדרגה

הסימון בטיסת ההעברה לארץ, מועד ההגעה לארץ, מספר הזנב בחיל והטייסת שבה הופעל. בטבלה המפורטת שמובאת בעמודים 76-77 מצוין גם מה עלה בגורלו של כל אחד מהמטוסים, ומי היה הטייס בטיסה האחרונה



Dassault Mystere IV

מאת רענן וייס ושלמה אלוני
IsraDecal Publications, 2010
80 עמודים בכריכה רכה. המחיר: 130 ש"ח.

רענן וייס ממשיך ביוזמתו הברוכה לפרסם את סיפורם ההיסטורי המפורט של מטוסי הקרב שהופעלו בחיל האוויר הישראלי. החוברת השמינית בסדרה זו מוקדשת למטוס הקרב הצרפתי **מיסטר 4** מתוצרת מפעלי **דאסו**, והיא דומה בהיקפה לחוברת על **האוראגן** אותה סקרנו ב"ביעף" e109.

כמו בחוברות הקודמות בסדרה, הדגש הוא על הצילומים עם כיתובי הסבר מפורטים. מבחר התמונות עשיר ביותר, אך רובן הן בשחור-לבן (בהיעדר תמונות צבעוניות משנות ה-50 וה-60). בעמודים האחרונים מובאים צילומים צבעוניים של מטוסי **מיסטר** ששרדו אחרי הוצאתם מהשירות, וכן נכללים שישה עמודים עם פרופילים צבעוניים.

התמליל, שנכתב גם הפעם על-ידי שלמה אלוני, סוקר את הרקע לרכישת המיסטרים ואת תפעולם המבצעי ב"קדש", במלחמת ששת הימים ובמלחמת ההתשה.

התפעלו מאוד מהצלחתם של וייס ואלוני לזהות כל אחד מ-61 מטוסי המיסטר שנכנסו לשירות חיל האוויר, מבחינת מספר היצרן,

מטוסי הקרב והתקיפה שסומנו **Su-27**, **Su-30**, **Su-32**, **Su-33**, **Su-34**, **Su-35** ו-**Su-37** עם סיומות שונות.

גורדון וקומיסארוב קיבצו בספר מדהים זה את כל המידע הקיים על משרד התיכון **סוחוי** ועל פיתוחיו הרבים במשך 70 שנות קיומו. יש כאן תיאור מפורט של המטוסים שהגיעו למעמד מבצעי, וכן של כל התוכניות שהתקדמו רק עד שלב אבות-הטיפוס או שנתו על הנייר בלבד. התיאורים המילוליים המפורטים מלווים במאות תצלומים מקוריים באיכות טובה, שרטוטים מדויקים, איורים ותמונות של דגמים מוקטנים. רוב הספר מודפס בשחור-לבן, עם 47 עמודים צבעוניים בסופו.

המחברים לא הספיקו לכלול בספר את המידע העדכני על אב-טיפוס מטוס הקרב החמקן **T-50** ואת תצלומיו, אך הם הקדישו שני עמודים לתיאור הרקע לתוכנית **PAK FA**. כמו ספריו הקודמים של יפים גורדון, ספר עב-כרס זה הוא תגינה למתעניינים בתעשיית המטוסים הסובייטית/רוסית. האפשרות הזולה ביותר לרכוש את הספר היא דרך אתר **Amazon** בארה"ב.

Boeing 787 Dreamliner

By Guy Norris and Mark Wagner
Zenith Press, U.S.A., 2009

160 עמודים. המחיר: 30.00 דולר.

הוצאת **זנית** האמריקנית קיבלה החלטה תמוהה להוציא לאור את הספר על ה**בואינג 787 דרימליינר** לפני טיסת הבכורה של המטוס. נראה לנו הרבה יותר הגיוני, אם **זנית** הייתה דוחה את הפרסום לתחילת 2010 וכוללת פרק סיכום עדכני עם צילומיו של המטוס באוויר. מה בער להם?

תוכנית הפיתוח של ה-**787** סבלה מבעיות רבות בשנים האחרונות, שנבעו בעיקרן מניהול לקוי ופיזור עבודות התיכון והייצור אצל קבלני-משנה רבים בכל רחבי העולם מבלי לדאוג לפיקוח קפדני. אב-הטיפוס הראשון נגלל בשלב מוקדם מדי ביולי 2007, וטיסת הבכורה נדחתה שוב ושוב במשך יותר משנתיים. בסופו של דבר הצליח ה-**787** הראשון לעלות לאוויר ב-15 בדצמבר 2009,

בהתאם לכך, מוזכרים לאורך הספר כל שמות הטייסים שפעלו בטייסת במשך אותן שנים – חניכי הקורסים, המדריכים והמפקדים. שפע הפרטים (יותר מדי, לטעמנו האישי) מייגע את הקורא, אבל מבחינת התיעוד ההיסטורי יש כאן כיסוי מלא. גם במבחר התמונות, יש בספר יותר דגש על האנשים מאשר על המטוסים.

כל התמונות מאותה תקופה הן, כמובן, בשחור-לבן בלבד. בחמשת העמודים האחרונים מובאים צילומים צבעוניים של מטוסי ה**ספיטפייר** ששרדו, ומוצגים היום במוזיאון חיל האוויר בחצרים. המציאות כיום היא, שהביקוש לספרים היסטוריים על מטוסי חיל האוויר הישראלי נמוך מאוד. בארץ, השוק לפרסומים כאלה הוא כמעט אפסי, וגם בחו"ל הביקוש ירד מאוד. מוציאים לאור מסחריים אינם מוכנים יותר להשקיע בפרסום ספרים מודפסים בנושאים דלי ביקוש, לכן הסיכוי היחיד להמשך מפעל התיעוד ההיסטורי של מטוסי חיל האוויר הוא בפרסומים אלקטרוניים. יש לברך ולעודד את שלמה אלוני, על שהוא מוכן להשקיע מאמצים כה רבים לתיעוד ההיסטוריה של חיל האוויר.

OKB Sukhoi, A History of the Design Bureau and its Aircraft

By Yefim Gordon and Dmitriy Komissarov
Midland Publishing, U.K., 2010

592 עמודים. המחיר: 55.00 לירות שטרלינג.

הוצאת **מידלנד** הבריטית פרסמה לפני 14 שנים ספר מפורט על המטוסים שפותחו על-ידי משרד התיכון **סוחוי**, שבחיבורו השתתפו חמישה רוסיים (בניהם גם יפים גורדון) ושני אמריקנים. הספר הואו הקיף 296 עמודים, וכלל כיסוי מוגבל מאוד של דגמי ה-**Su-27** (על פני 30 עמודים בלבד). מאז גדלה משפחת מטוסי ה-**Su-27** ללא היכר, וגם על התוכניות האחרות נחשף חומר חדש רב, כך שנצרה הצדקה למהדורה חדשה מורחבת.

בספר החדש, שהיקפו כפול מהקודם, מוקדשים כבר 120 עמודים לתיאור משפחת מטוסי הקרב **Su-27**, ועוד 24 עמודי צילומים צבעוניים של תת-הדגמים השונים. המשפחה מקיפה את אבות-הטיפוס בסימון **T-10**, ואת

בגלל תאונות ואבידות בפעילות מבצעית. שלושה מן המטוסים הוחזרו לצרפת ביוני 1962 במסגרת עסקה לרכש **אוראגנים** נוספים. 22 **מיסטרס** התרסקו בתאונות בשנים שעד מלחמת ששת הימים. במלחמה איבדו שתי הטייסות 7 מטוסים. במלחמת ההתשה אבדו עוד שניים. 23 ה**מיסטרס** ששרדו עד הסוף (לאחר שעוד ארבעה התרסקו בתאונות) קיימו מטס פרידה ב-18 במארס 1971. המחברים מציינים גם היכן הוצבו המטוסים ששרדו אחרי קרקועם.

לרכישת החוברת פנה אל רענן וייס בדוא"ל: weiss@shani.net

ספיטפייר בשירות חיל האוויר, טייסת 105, 1950-56

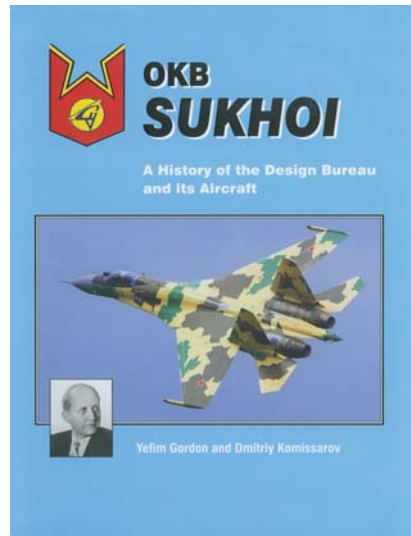
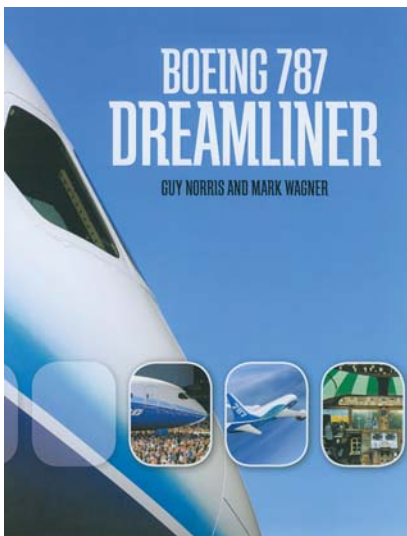
מאת שלמה אלוני

129 עמודים בקובץ PDF. המחיר: 50 ש"ח.

שלמה אלוני החל במיזם חדש להפצת ספרים אלקטרוניים מפרי עטו, שיתארו את ההיסטוריה של כלי-טיס שונים שהופעלו במשך השנים בטייסת חיל האוויר. ספרים אלה, במהדורות בעברית ובאנגלית, יימכרו דרך אתר האינטרנט שלו: www.aloni.aero

הכותר הראשון בסדרה החדשה מוקדש להפעלת מטוסי ה**ספיטפייר** בטייסת 105 משנת 1950 עד 1956. הספר מבוסס על מסמכים מקוריים מאותה תקופה שמצא אלוני בארכיון צה"ל, ועל ראיונות עם אנשי הטייסת. התמליל המקיף מלווה ביותר מ-150 תמונות. הפירוט בספר מדהים. אלוני, הידוע בעבודתו היסודית, מתאר בספר את הרקע להקמתה של טייסת ה**ספיטפיירים** השנייה ואת תולדות פעילותה בשש שנות קיומה.

משימתה העיקרית של טייסת 105 הייתה אז להכשיר טייסי קרב צעירים במסגרת קורסי אימון מבצעי (קא"מ), לאחר סיום קורס הטיס. נערכו 20 קורסים כאלה עד שנת 1956, ואלוני מתאר את התנהלותו של כל אחד מהם. כמו-כן מתוארת פעילות מבצעית של הטייסת והשתתפותה בתרגילים שונים שנערכו בחיל. כמו בפרסומים קודמים שלו, אלוני אינו מצטמצם בכתיבה על המטוסים, אלא נוטה להדגיש את מקומם של הטייסים והמפקדים.

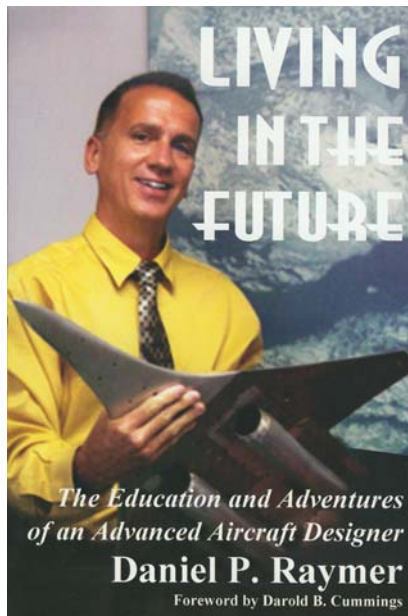
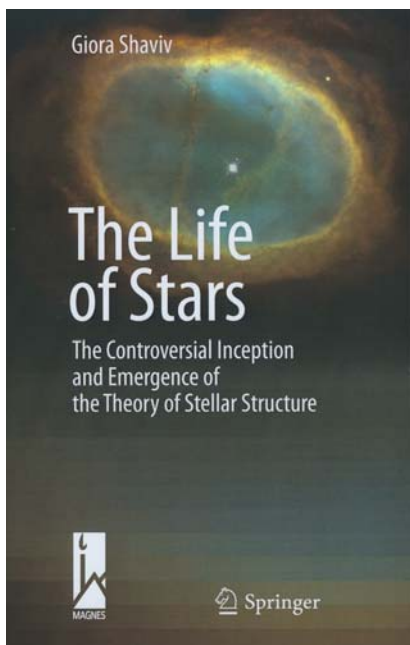


הם חיים מחוץ למקור האנרגיה שלהם. ההתפתחות בתיאוריה של מבנה הכוכבים נעשתה באמצעות דיונים מקיפים וויכוחים בין גדולי המדענים בתחום זה, וכן בעקבות גילויים מבריקים של אסטרונומים.

האסטרו-פיסיקאי פרופ' גיורא שביב מהפקולטה לפיסיקה בטכניון (שכיהן תקופה מסוימת גם כראש מכון החלל בטכניון) נטל על עצמו משימה תובענית לחשוף את תהליך בניית התיאוריה של מבנה הכוכבים והתפתחותה, ולהסביר כיצד ההבנה שלנו על הכוכבים נבעה מרקע זה של ויכוח תמידי בין המדענים. נדרשו לו כארבע שנים כדי לבצע את התחקיר לכתובת הספר ולהשיג את המקורות מארכיונים שונים בעולם.

ספרו החדש של פרופ' שביב מתאר בפירוט את לידתה של התיאוריה על מבנה הכוכבים, ועוסק בהתפתחותה של התיאוריה לאורך השנים. כמובן הוא דן בסוגיות רבות שעדיין לא נפתרו, ביניהן היווצרותן של ההתפרצויות הקוסמיות הגדולות ביותר ביקום, המכונות "סופר נובות".

הספר נפתח בוויכוח שהתרחש בין המדענים הדגולים דארווין לקאלוויין בנוגע לגילם של כדור-הארץ והשמש. קאלוויין גייס למערכה את כל מי שאפיק, ונאבק בכל כוחו בגיאולוגים שציידו בדארווין. הספר מסתיים בוויכוח על תוצאות הניסויים למדידת הריאקציות הגרעיניות במרכז השמש. ניסויים אלה הובילו לתגליות מדעיות מרעישות בתיאוריה של מבנה החומר, להוכחת התיאוריה העכשווית של מבנה הכוכבים, ולמדידת הטמפרטורה במרכז השמש בדיוק מדהים, וזיכו מדענים רבים בפרסי נובל. פרופ' שביב מסביר בפשטות ובדיוק, תוך שימוש באיורים ובצילומים צבעוניים, את העקרונות הפיסיקאליים שעמדו במרכזן של המחלקות, כמו גם את היצרים שפלשו לדיון המדעי במקרים רבים. זהו תיאור קולח ומרתק של ההווה המדעית של קדמה תוך כדי ויכוח, ניסויים והפתעות. בנוסף, הספר מעדכן את הקורא על הבעיות שעדיין נותרו פתוחות באסטרו-פיסיקה.



אב-הטימוס הראשון של ה-787 בטיסת הבכורה.

ומאז הצטרפו לטיסות הניסוי שלושה מטוסים נוספים. בשלב הנוכחי נראה כי בואינג התגברה על רוב הבעיות, ומצליחה לקיים תוכנית ניסויי טיסה מואצת שתוביל להשגת הרישוי האזרחי אולי עוד השנה.

עיתונאי התעופה גיא נוריס והצלם מארק ואגנר מתארים בספר את תוכנית הפיתוח של הדרילינג החל מהעלאת הרעיונות הראשוניים למטוס נוסעים חדש בשנות ה-90. בשלבים המוקדמים דובר על פיתוח מטוס מהפכני שיטוס במהירות הקרובה למהירות הקול (מאך 0.95 עד 0.98), אשר כונה Sonic Cruiser, אבל רעיון זה נזנח בשנת 2002. בואינג החליטה ללכת על מטוס דר-מנועי קונבנציונלי יותר, שיצטיין ביעילות גבוהה במיוחד, אשר סומן בתחילה 7E7. הסימון 787 אומץ בשנת 2004. המחברים ממשיכים ומתארים את מאפייניו של המטוס החדש, הבנוי ברובו מחומרים מרוכבים, את מערכתיו החדשות ואת המנועים החסכוניים בתצורת הדלק שיועדו לו. פרק נפרד מוקדש לדרילינג – מטוס התובלה הענקי שנבנה בהסתמך על ה-747 כדי להוביל את חלקי ה-787 ממקומות ייצורם למפעל ההרכבה הסופית. לאחר מכן מתארים הניסויים הקרקעיים שבוצעו על חלקי מבנה ומערכות. שני הפרקים האחרונים מתארים את הבעיות שהתעוררו מאז אמצע 2006, ואשר גרמו לדחיות חוזרות ונשנות בביצוע טיסת הבכורה. אבל הסיפור נקטע באמצע 2009, וחסר סיכום המחצית השנייה של 2009 שבה נפתרו סופית הבעיות האחרונות ונסללה הדרך להתחלת טיסות הניסוי.

הספר כולל תמונות צבעוניות לרוב ומודפס באיכות טובה מאוד. הוא מספק מידע בסיסי על התוכנית, אבל אינו מעמיק מספיק. אולי זה מספיק לחובבי תעופה, אבל אנשי מקצוע מצפים ליותר.

יצרניות המטוסים. כיוון שהתברך גם בכישרון כתיבה, החליט ריימר לכתוב גם על עצמו. בחציו הראשון של ספרו החדש הוא מתאר את תקופת לימודיו והכשרתו, ואת הרפתקאותיו במהלך עבודתו המקצועית במשך כ-30 שנה. סגנונו קליל וכתובתו קולחת, כשהוא משלב אנקדוטות משעשעות לרוב.

למעשה, ריימר מוכר כאן שני ספרים בעטיפה אחת. כאשר הופכים את הספר, מוצאים את המחצית השנייה שכוללת חומר מועיל מאוד למהנדסי אווירונאוטיקה. המחבר מביא כאן דוגמאות לפרויקטי תיכון שבהם היה מעורב, המקיפים מגוון רחב של כלי-טיס שונים: מפציצים, מטוסי תקיפה לסייע קרוב, מטוסי אימון, מטוסי קרב מתקדמים, מטוסי מחקר לבדיקת טכנולוגיות מתקדמות, רקטות ומשגרים לחלל, כטב"מים, ספינות אוויר, מטוסים חשמליים, מטוסי נוסעים עתידיים ועוד. אלו הם פרקים מעניינים במיוחד, שניתן ללמוד מהם רבות על יתרונות וחסרונות של תצורות שונות.

הספר מלא באיורים, שרטוטים ותמונות – הכול בשחור-לבן. חבל רק שריימר בחר להפיק את הספר בהוצאה עצמית, כאשר רמת ההדפסה של התמונות עלובה ביותר.

The Life of Stars – The Controversial Inception and Emergence of the Theory of Stellar Structure
By Giora Shaviv
The Hebrew University Magnes Press and Springer-Verlag, Germany, 2009
עמודים: המחיר: 99.95 אירו.

פענוח מבנה הכוכבים באופן כללי, והשמש במיוחד, היה נושא למחקר מדעי מפורט ולוויכוח נוקב במשך יותר ממאה שנים. גילוי תיאוריית הקוואנטים במחצית הראשונה של המאה ה-19 סיפק את רוב הרקע התיאורטי שנדרש כדי להבין את היווצרות הכוכבים וכיצד

Living in the Future
By Daniel P. Raymer
Design Dimensions Press, U.S.A., 2009
עמודים בכריכה רכה. המחיר: 39.95 דולר.

המהנדס האווירונאוטיקה ד"ר דניאל ריימר התפרסם בעולם התעופה בעקבות הופעת ספרו שהפך לרב-מכר ויצא כבר בארבע מהדורות (ראה סקירה ב"ביעף" 98 עמ' 25). ד"ר ריימר קנה לעצמו שם של מומחה עולמי בתכן של תצורות כלי-טיס, והוא מרצה מבוקש באוניברסיטאות רבות ויועץ מוערך מאוד בקרב