

דוח חקירה בטיחותית

- תקלות מנוע ונחיתות חרום -

- בכלי הטיס מסוג צסנה 152 סימן רישום 4X-AIW -

תיק תקרית חמורה מס' 10-140

20.12.10	תאריך
רמת דוד	מקום האירוע

תיק תקרית חמורה מס' 10-143

25.12.10	תאריך
מגידו	מקום האירוע

לצורכי בטיחות בלבד

מדינת ישראל
משרד התחבורה והבטיחות בדרכים
חקירת תאונות ותקריות אוויר

הקדמה

לכאורה, מאחר שסיבת נפילת הכוח שאותרה לאחר התקרית החוזרת נראית פשוטה, נראה כי החקירה מיותרת, אלא שמסתמנת פה טעות. בחקירה "פשוטה" זו עלו מספר סוגיות שחלקן, בנסיבות מעט שונות, עלולות היו להוביל לתוצאות חמורות בהרבה.

פתיחת החקירה נבעה בשל מאפייני האירוע – נחיתת חרום, בחשיכה, בבסיס צבאי וגם לאור התחושה לאחרונה, כי ישנה עלייה מהותית בכמות אירועי כשל/תקלות מנוע בתעופה הכללית ובתעופה הספורטיבית, בדגש להופעת תקלות חוזרות.

כאשר מתרחשת נפילת כוח בטיסה מקובל, מעבר לבדיקות המקיפות, לנסות ולאתר את התקלה באמצעות הרצת המנוע, ע"מ לאושש את קיומה. תוצאות ההרצה הן אלה שיכתיבו את הצורך בטיפול פרטני בהמשך, לא כל שכן, הן מהוות תנאי לשחרור המטוס לטיסה.

בשנה האחרונה דווח על מספר מקרים בהם שוחרר מטוס לטיסה, לאחר שלא אותרה התקלה שבעטיה בוצעה נחיתת אונס. חרף קבלת נתוני הרצה חיוביים, שלא הצביעו על קיום תקלה במנוע, הופיעה התקלה שנית, תוך זמן קצר לאחר מכן.

בעיכוב מטוס לצורכי חקירה, עומדות מול עיני החוקר שתי תובנות: **הראשונה**, הצורך לאתר במדויק את סיבת האירוע ולמנוע את הישנותו בעתיד, ומנגד, **השנייה**, ההפסד הכלכלי שנגרם לבעלים של המטוס, לאור קרקוע מתמשך, בשל אי איתור תקלה.

לאור אירועי הכשל האחרונים ובהתבסס על ממצאי החקירה הנוכחית, מצאתי שיש צורך לעגן בנוהל מסודר עם רת"א את תהליך שחרור מטוס מחקירה ואת תהליך שחרור מטוס לאחר חקירה, תוך קביעת הנחיות ברורות בנושא. עם סיום החקירה, גובש נוהל כאמור.

בנוסף, אני ממליץ לבצע בדיקה מעמיקה יותר באשר לתדירות ולמאפיינים של תקלות מנועים, בתעופה הכללית ובתעופה הספורטיבית, ולשקול נקיטת צעדים הולמים, אם יתברר כי ישנה מגמה ברורה של עלייה בכמות התקלות במנועים.

החוקר הראשי

דוח חקירה בטיחותית

תיק תקריות חמורות מס' 140-10, 143-10

תקציר האירוע הראשון

במהלך טיסת הדרכת בלילה, בהיות המטוס בנתוני טיפוס, לאחר תרגול נחיתת אונס בשטח, חשו המדריך והחניך בהפסקת פעולת המנוע. המדריך "לקח" את השליטה במטוס, ובאמצעות "פמפוס" המצערת הצליח לייצר כוח חלקי, הכריז חירום, וביצע נחיתת חירום מוצלחת בשדה התעופה הצבאי ברמת דוד.

תקציר האירוע השני

במהלך טיסת "סבב", זמן קצר לאחר ההמראה ממסלול 27 במנחת מגידו, בגובה של כ- 300 רגל, חש המדריך בנפילת סל"ד מלווה ברעידות ונפילה בכוח המנוע. המדריך ביצע "פמפוס" במצערת, שגרם לכוח המנוע לעלות, ומיד אחר כך ביצע פניה וחזר לנחיתה על מסלול 09 במנחת מגידו, ללא אירועים מיוחדים נוספים.



המטוס נשוא שתי התקריות

1. מידע עובדתי

1.1 היסטוריה של הטיסה

האירוע הראשון

בתאריך 20 בדצמבר 2010, בשעה 17:30 לערך, המריאו המדריך והחניך ממנחת מגידו, לטיסה שיועדה לביצוע הקפות בשדה התעופה בחיפה. לאחר ההמראה נמסר להם, על ידי יחידת הבקרה, כי לא יוכלו לחצות את בסיס רמת דוד, ולכן שינו את התכנון המקורי והחליטו לבצע אימון באזורי מגידו ובהמשך, הקפות במנחת מגידו. האימון התנהל במשך כ- 40 דקות טיסה, ללא אירועים מיוחדים. לאחר תרגול נחיתה אונס (להלן: נ"א) באזור א', בנתוני טיפוס, חש החניך, לדבריו, ב"גמגום" המנוע, בעוד המדריך, לדבריו, חש בכביית המנוע. המדריך לקח את השליטה במטוס, ביצע בד"ח, ולדבריו, לאחר פמפוס במצירת החל המנוע לעבוד לסירוגין.

המדריך שהכריז חירום, הופנה תחילה לנחיתה במנחת מגידו, בהמשך, ביקש וקיבל אישור לנחיתה ברמת דוד. המדריך ביצע נחיתה זהירות ברמת דוד, ללא אירועים מיוחדים וללא גרימת נזק כל שהוא, למטוס או לאנשים. לאחר הנחיתה הסיע עצמאית לחניה, לשם הגיעו חוקרי משרד החוקר הראשי ואנשי החברה המפעילה. למחרת נבדק המטוס על ידי אנשי מכון הבדק של החברה המפעילה, בנוכחות ובהכוונה של החוקרים, ולאחר שמוצו הבדיקות הראשוניות שוחרר המטוס ע"י החוקר הראשי לצורך העברתו למגידו להמשך החקירה. אגף כשירות אווירית אישר לבעלי המטוס להטיסו חזרה לבסיס האם במגידו, מבלי שהועברה לו הסתייגותו של החוקר הראשי מכך.

הדיווח על המקרה הראשון

האירוע לא דווח מיידי ל חוקר הראשי כמתחייב מההוראות, לא על ידי הטייס שעדכן את הבעלים ולא ע"י הבעלים, שהזדרז לנסוע לבסיס הצבאי שבו נחת המטוס, מבלי לדווח על דבר האירוע לחוקר הראשי.

האירוע דווח לחוקר הראשי מצד חיל האוויר באופן מידי, עם נחיתה המטוס, ללא פרטים מזהים. מתוך תחושה שהמטוס מתופעל ממנחת מגידו, התקשר החוקר הראשי לבעלים והתברר לו כי הוא בדרך לבסיס רמת דוד לבדוק מה ארע. לשאלת החוקר הראשי בדבר אי הדיווח, נענה החוקר הראשי על ידי הבעלים, כי רצונו קודם כל, לראות מה קרה. החוקר הראשי ביקש וקיבל את מספר הטלפון של המדריך שהיה במטוס, שוחח עימו, שמע ממנו פרטים ראשוניים ומייד שלח לאתר חוקרים מטעמו.

הערה: ראוי לציין לחיוב את שתוף הפעולה שזכה בו צוות החקירה מצד גורמי הבסיס הצבאי של חיל האוויר, בדגש על שמירת המטוס במקום מוגן, ככל הנדרש.

האירוע השני

בתאריך 25 בדצמבר 2010, בשעות הבוקר, בוצעה טיסה על ידי מדריך אחר, שארכה כשעה ומחצה, ללא אירועים מיוחדים. בשעה 11:45 לערך, המריא המדריך פעם נוספת עם נוסעת (נכדתו של בעל חברה המפעילה) לטיסת "סבב" ממנחת מגידו. זמן קצר לאחר ההמראה ממסלול 27, בגובה של כ- 300 רגל, חש המדריך ברעידות ובנפילת כוח במנוע, בתגובה לכך "פמפס במצרת", ולדבריו, על פי משמע אוזניו, המנוע חזר לפעולה סדירה. בהמשך, ביצע פניית נוהל במטרה לשוב לנחיתה על מסלול 09. במהלך הפניה שבו הרעידות ונפילות הכוח. המדריך "פמפס" שוב במצרת וביצע נחיתה חירום, עם כוח מופחת, על מסלול 09 והסיע עצמאית לחניה.

הערה: בשני האירועים, הטייסים לא יכלו לציין בפני צוות החקירה, נתון מספרי כל שהוא אודות נפילת הסל"ד, או אודות הסל"ד שהושג לאחר הפמפוס במצרת.

1.2 המדריכים

1.2.1 באירוע הראשון

- בן 30.
- מחזיק ברישיון מסחרי 'group a+b+inst' משנת 2004,
- רישיון מדריך לקבוצה A משנת 2005.
- מחזיק בתעודה רפואית מתאריך 26.11.10 - בתוקף עד 25.11.11.
- ביצע מבחן הדרכה אחרון בתאריך 7.11.09, לאחר התלית רישיון הדרכה עקב אי חידושו במועד.
- ביצע מבחן רמה אחרון עם מדריך ראשי בחברה ב - 15.9.09.
- ניסיונו כולל כ - 4,000 שעות טיסה, מתוכן כ - 3,500 שעות הדרכה.
- מכלל השעות, כ - 2,500 על מטוס מהסוג המעורב באירוע.

1.2.2 באירוע השני

- בן 53.
- מחזיק ברישיון מסחרי עם הגדרים: קבוצה א', דו-מנועי, קבוצה ג' ומכשירים.
- מחזיק ברישיון מדריך משנת 2003.
- ניסיונו הכולל בטיסה, כ- 4,800 שעות.
- תעודה רפואית בתוקף - עד 15.3.2011.

1.3 המטוס

- 1.3.1 המטוס, צסנה 152, מספר סידורי 79797, שנת ייצור 1977.
- 1.3.2 רשום על שם "מגידו תעופה בע"מ", בתעודה מספר 703/1, מתאריך 25.10.2001.
- 1.3.3 המטוס תוחזק במכון בדק מאושר והוצאה לו תעודת כושר טיסה אחרונה, בקטגוריה "שימושי", בתאריך 17.5.10, בתוקף לשנה אחת.
- 1.3.4 עד למועד האירוע, צבר המטוס 11,946 שעות.
- 1.3.5 למטוס הוצאו שני STC, הראשון SA2613CE מיולי 1992, המתיר להשתמש במטוס בדלק מכוניות, מ – 91 אוקטן ומעלה, כולל ערבוב דלק, והשני SE2606CE המתיר להשתמש במנוע בדלק מכוניות.

1.4 מזג האוויר

1.4.1 באירוע הראשון

- שמיים בהירים עם מעט ענני צירוס.
ראות 10 ק"מ.
טמפרטורת נקודת הטל: 10 מעלות צלסיוס.
לחות יחסית: 60 – 70 אחוזים.
הערה: עפ"י גף המטאורולוגיה בבסיס רמת דוד, הטמפרטורה הייתה 14.6 ונקודת הטל 8.9 (נמדדו רבע שעה לאחר האירוע).

1.4.2 באירוע השני

- ראות טובה.
טמפרטורה חיצונית 20 מעלות צלסיוס
רוח דרומית – דרומית מערבית בעוצמה של שני קשרים עם משבים עד 5 קשרים.
לחות יחסית: 45 אחוזים.

1.5 בדיקות טכניות לאחר האירוע ראשון

- 1.5.1 באתר נחיתת המטוס נבדק ניקיון הדלק ולא אותרו סימני לכלוך או נוכחות של מים בדלק.
- 1.5.2 כל צנרת המנוע נבדקה ולא נמצא כל ליקוי בה.
- 1.5.3 נבדקה מערכת כניסת האוויר למנוע על כל מרכיביה ולא נמצא בה כל ליקוי
- 1.5.4 בוצעה הרצה ממושכת, שכללה שינויים פתאומיים בסל"ד המנוע ובדיקת נפילות סל"ד בין שני המגנטו. המנוע הגיב כנדרש בכל טווחי הפעולה שלו.

1.5.5 לאור התפקוד המנוע בהרצה ובהתבסס על נתוני מזג האוויר שנאספו על ידי צוות החקירה, הועלתה סברה, כי הקרבוראטור היה נתון בהתקררות בהנמכה האחרונה של המטוס. מאחר שלא ניתן להוכיח זאת בוודאות, החליט צוות החקירה לשחרר את המטוס מחקירה ולהעביר את המשך הטיפול בו לאגף כשירות אווירית ברת"א, רק לאחר החלפת הקרבוראטור וביצוע הרצה ממושכת. הקרבוראטור הוחלף ובוצעה הרצה ממושכת שלא נתגלה במהלכה כל ליקוי בפעולת המנוע. המטוס שוחרר לטיסה ע"י רת"א, לאור המידע שהועבר אליה בדבר אפשרות להתקררות המאייד מבלי שניתנה הגבלה כל שהיא להמשך הטיסות, לאור אי איתור התקלה בוודאות.

1.6 בדיקות טכניות לאחר האירוע השני

- 1.6.1** באתר נחיתת המטוס נבדק ניקיון הדלק ולא אותרו סימני לכלוך או נוכחות מים.
- 1.6.2** לאחר שהוסר המנוע נבדק מסנן השמן ולא אותרו בו כל סימני לכלוך.
- 1.6.3** במנועיה בוצעה בדיקת ראייה כללית ולא נראו סימני נזק הנראים לעין. הוסרו כיסויי הנדנדים, סובב המנוע ביד ואובחנה תנועה חלקה של השסתומים.
- 1.6.4** הוסרו הצילינדרים ונבדקה תנועת השסתומים בדחיפה ביד. התנועה הייתה חלקה מאוד ולא נראה, כי דבר מה תקע את השסתומים.
- הערה:** הוראה טכנית (SB-388) שמכוונת לבדוק את מרווח שסתומי הפליטה' בוצעה במנוע כ – 70 שעות לפני האירוע הנחקר.
- 1.6.5** בהתבוננות על המשטח העליון של הבוכנות נמצא, שבוכנות הצילינדרים 1-3-4 מכילות סימנים של עבודה תקינה של הצילינדר (שקערוריות וסימני הדבקה של פיח) בעוד שבצילינדר מספר 2 פני השטח אחידים ובצבע שחור.
- 1.6.6** נבדקו גילי הצילינדרים וכן טבעות הבוכנה ולא נמצא ליקוי כל שהוא הנראה לעין.
- 1.6.7** נבדקו היחידות המקשרות בין גל הזיזים לבין מוטות הדחיף של הנדנדים ולא נמצאה שחיקה מהותית בהם.
- 1.6.8** הוסרו המצתים מכל הצילינדרים ולמעט המצתים בצילינדר מספר 2, השאר נראו תקינים במבט עין.
- 1.6.9** במצתים של צילינדר מספר 2 נמצא, כי המצת התחתון שבור בקטע החרסינה העליון שלו ומלא בפח. ואילו במצת העליון פני האלקטרודות "אכולים" והמרווח בין האלקטרודות אינו תקני. בבדיקת המצתים במתקן המיועד לכך נמצא, כי מהמצת השבור יוצא ניצוץ "זעום" שלא יכול להשפיע כלל על בעירת התערובת. גם במצת השני נראה תופעה דומה, אם כי הניצוץ מעט חזק מאשר במצת התחתון. עוד נמצא, כי לא קיימת פריצת ניצוץ בין האלקטרודות, אלא הניצוץ נראה בוקע מצד אחד ולא בדילוג מקצה לקצה.

1.6.10 בוצעה השוואה בין מצת תקין לבין אלה שהיו מורכבים בצילינדר מס' 2 ונמצא פער מהותי ביותר באיכות הניצוץ של המצת שנבחר וברצף פעימותיו, בהשוואה לאלו שהיו מותקנים בצילינדר מספר 2.

1.6.11 הוסרו המגנטו ורתמת ההצתה ונבדקו במכון בדק המתמחה באביזרים, כולל הרצתם על גבי מתקן בדיקה. לא אותר כל ליקוי לאחר פירוקם ובעת בדיקתם על גבי מתקני הבדיקה.

הערה: לאור ממצאי הבדיקה, נקט הבעלים בצעד בטיחותי נכון והחליט לשפץ את המנוע בטרם יורכב במטוס.

1.7 תקלה קודמת

1.7.1 על פי רישומי ספר המטוס, בתאריך 5 ביוני 2010 בוצעה טיסת העברה ממנחת מגידו להרצליה, וחמישה ימים מאוחר יותר בוצעה טיסת העברה, חזרה, מהרצליה למנחת מגידו.

1.7.2 לא נרשמה כל תקלה בספר המטוס בתאריך העברת המטוס להרצליה, ברם, במכון הבדק, עם הגעת המטוס, הוצא "גיליון עבודה לא שגרתית" שכלל את פרטי העבודה הבאים, כלשונם:

מס'	פרטי העבודה	שיטת התיקון
1	יש לפרק צילינדר מספר 2	פורק צילינדר
2	יש לבצע ליטוש שרוול	בוצע
3	יש להחליף טבעות	הוחלפו טבעות
4	להרכיב צילינדר לפי O/M	בוצע
5	יש לבצע הרצה	בוצעה הרצה
6	לבדוק פלגים וקומפרסיה לאחר ההרצה	נבדק, הכל תקין

1.7.3 מעיון בפרטי העבודה הנ"ל, לא ניתן לדעת את סיבת הסרת צילינדר מספר 2. גם תחקור רושם התקלה, באשר לסיבת ההסרה לא נתן מענה לשאלה – הטכנאי לא זכר במדויק את הסיבה והעלה השערות שונות (שכולן מהוות סיבות להחלפת צילינדר).

1.7.4 בניסיון לאתר את התקלה שבעטיה הוחלט להחליף את הצילינדר, תוחקר על ידי צוות החקירה, הטייס שביצע את העברת המטוס ממנחת מגידו למכון הבדק בהרצליה – הטייס לא זכר דבר אודות ליקוי במנוע.

2. ניתוח

2.1 האירוע הראשון

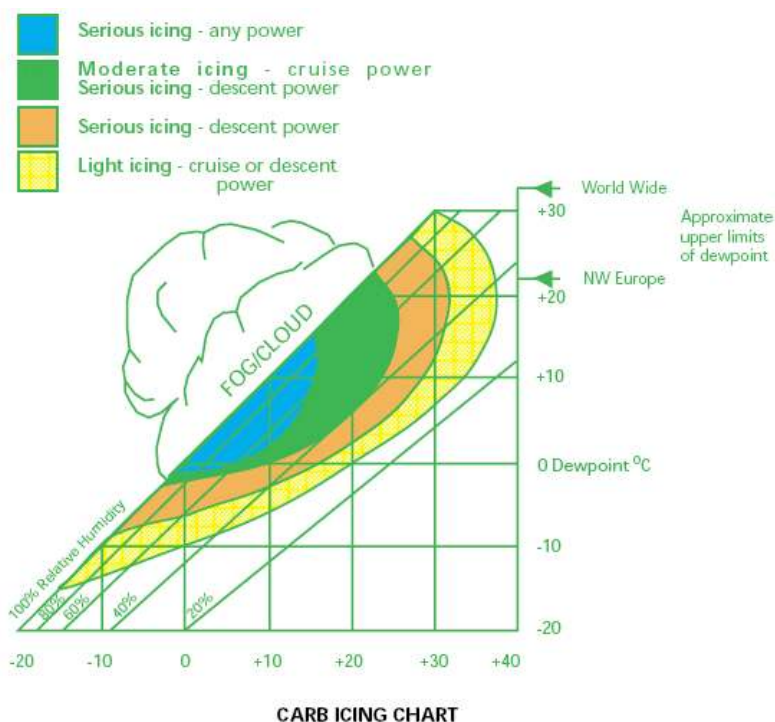
מאחר שהטייס לא יכול היה לציין במפורש, את ערך נפילת הסל"ד שארע למנוע, נבדקו מרכיבי המנוע אפשריים, שכשילתם יכולה לגרום לנפילת סל"ד. לאחר בדיקה מקיפה מאוד, שכללה גם הרצה ממושכת, לא נמצא כל ליקוי במנוע, משכך, עלתה אפשרות שנפילת הסל"ד קשורה בהתקררות המאייד.

נתוני הטמפרטורה החיצונית וטמפרטורת נקודת הטל במועד האירוע, נאספו משני מקורות: מגידו ורמת דוד. להלן הנתונים הרלוונטיים:

רמת דוד – טמפרטורה חיצונית – 15 מעלות ונקודת הטל 10 מעלות.

מגידו – טמפרטורה חיצונית 14.6 מעלות ונקודת הטל 8.9 מעלות.

הצבת הנתונים הנ"ל בגרף ההתקררות מלמדת על כך שהתנאים בהם ארעה נפילת הסל"ד של המנוע מתאימים למצב המכונה: "התקררות רצינית בכל כוח מנוע".



מאחר שקרח "נעלם", קשה היה לפסוק אם אכן נקלע הטייס למצב של התקררות מאייד – בשלב זה הייתה הנטייה להסביר את התופעה כהתקררות. ע"מ להמשיך בבדיקה היה צורך להעביר את המטוס מהבסיס הצבאי למתקן אזרחי. למרות שלא נמצאה כל תקלה בבדיקות, הוחלט בכל זאת להחליף את הקרבוראטור. ההחלטה לשחרר את המטוס מצורכי חקירה עד לגיבוש כוונת חקירה נוספים הועברה לבעל המטוס אשר הופנה, עפ"י הנהלים, לאגף כשירות אווירית באשר להחלטה, אם וכיצד להעבירו מהבסיס הצבאי למנחת מגידו והאם לשחררו לטיסה. החשד, כי מסתמן שהתקררות המנוע הייתה הגורם לכשל הועברה במקביל לאגף כשירות אווירית.

הערה: החוקר הראשי הסתייג מהלחץ שהפעיל הבעלים לשחרר את המטוס לטיסת העברה, קודם שמוצו כל כיווני החקירה הסבירים ואף על פי כן, לאחר שהקרבוראטור נבדק במכון בדק המתמחה באביזרים ולא נמצא בו כל ליקוי, המטוס הותר לטיסת העברה ומשזו צלחה המשיכו לטוס במטוס, מבלי שהחוקר הראשי עודכן בכך.

2.2 האירוע השני

2.2.1 כמה ימים לאחר שחרור המטוס מהאירוע הראשון, בוצעה במטוס טיסה שארכה כשעה ומחצה, **ללא אירועים מיוחדים**. כמה שעות מאוחר יותר, ביצע אותו טייס טיסה נוספת שלוותה בנפילת סל"ד וברעידות מנוע, שמאפייניה נראים דומים לאירוע הראשון. באירוע זה, בשל התרחשותו זמן קצר לאחר ההמראה כשהמטוס היה בגובה 300 רגל, הספיק הכוח המופחת של המנוע כדי שהטייס ישלים את הגישה לנחיתה וינחת בשלום על המסלול ההפוך.

2.2.2 כאמור, לאחר האירוע הוסרו מהמנוע הצילינדרים וכן המגנטו, רתמת ההצתה והקרבוראטור. כל אלה נשלחו לבדיקה במכון הבדק המתמחה באביזרים ולא נמצא בהם כל ליקוי. למרות האמור היה ברור, כי קיימת תקלה חבויה ואקראית וכי חובה לגלותה. ברקע הבדיקות, שתי תופעות צדו את עיני החוקרים:

☒ השוני המהותי בראש הבוכנה של צילינדר מספר 2 ביחס לשאר הצילינדרים.

☒ מצב המצתים בצילינדרים מספר 2.

2.2.3 ראש הבוכנה של צילינדר מספר 2 נראה חלק בהשוואה לאחרים, אין על גביו "הצטברויות פיח", כפי שהן נראות באחרים. מתוך ניסיון העבר ניתן ללמוד שמצב כזה יכול להתהוות, כאשר יש נוכחות עודפת של שמן (מסיבה כל שהיא) בתוך הצילינדר. צוות החקירה ניסה למצוא קשר בין התופעה הנ"ל לבין העובדה שהוחלף הצילינדר כחצי שנה קודם לכן (הוחלפו טבעות), ברם, בשל אי רישום מדויק של מהות התקלה (לא בספר המטוס ולא במכון הבדק) שבעטייה הוחלט להחליף את הצילינדר, אין אפשרות לפסוק בנדון.



מס' 2

השוני המהותי של בוכנת צילינדר מס' 2 ביחס לאחרות

2.2.4 הממצא המהותי ביותר שיכול להסביר את כשל המנוע, נעוץ במצב בו נמצאו האלקטרודות בשני המצתים. במצת העליון האלקטרודות נמצאו "אכולות" והמרווח ביניהן אינו תקני. במצת התחתון נמצא כי החרסינה שבורה והאלקטרודות דבוקות כמקשה אחת.

במבט עין נראה, כי מצב שכזה של המצתים אינו מאפשר הצתה סדירה של התערובת. בבדיקת המצתים במתקן מתאים, נמצא כי ההצתה הבוקעת מהם חלשה ביותר, אקראית, ופורצת מעת לעת בכיוונים לא מוגדרים. בשלב זה נקבע, כי מקור נפילת הסל"ד אותו חוו שני הטייסים בשני המועדים השונים, קשור בסבירות גבוהה למצב המצתים.

אקראיות ההצתה היא שיצרה לפעמים מצב של עבודה סדירה לכאורה, ברם, כמה שניות לאחר מכן נפגמה איכות ההצתה ותזמונה ובכך שובשה הפעילות החלקה של המנוע. פמפום המצתות בשתי הפעמים "השיב אות חיים" למנוע, באשר, הדלק נזרק ישירות אל תא התערובת ותרם את חלקו להעלאת הסל"ד. טוב עשו שני הטייסים, שלמרות השבת הסיבובים לאחר הפמפום, חזרו מייד לנחיתה, משום שלא הייתה כל ערבות לכך שהסל"ד יישמר לאורך זמן.



חרסינה שבורה ומרווח לא תקין בין האלקטרודות

2.3 שימוש בדלק מכוניות

2.3.1 המטוס תודלק בדלק מכוניות (98 אוקטן) באמצעות מכלית המצויה במנחת מגידו.

2.3.2 אם "מתבוננים" ביתר פירוט כיצד נשרפת התערובת בתוך הצילינדר, אזי ניתן לקבוע כי מתקיימים בה שני שלבים: הראשון, הצתת התערובת הקרובה למצת, הגורמת בין השאר לדחיסת התערובת שעוד לא ניצתה, והשני, המשך דחיסת התערובת עד להצתתה העצמית. ההצתה העצמית מלווה לרוב בנקישה, המכונה דטונציה. נקישה קלה אינה גורמת נזקים לצילינדר על מרכיביו השונים, בעוד נקישה קשה ומתמשכת יכולה לגרום לנזקים בתוך הצילינדר, בבוכנה ובתושבות השסתומים. עמידתו של המנוע בפני תופעת הנקישה, תלויה בגורמים שונים ובכללם: תכנון חלל תא השריפה, יחס הדחיסה, מהירות סבוב המנוע, ההרכב הכימי של הדלק ועוד. יחס דחיסה של מנוע מבטא, עד כמה נדחסת התערובת לפני הצתתה. ככל שהיחס גבוה, כך גבוה

הספק המנוע ועמו גוברת הנטייה לנקישות, מסיבה זו יש להתאים את מספר האוקטן שבדלק לסוג המנוע (מספר אוקטן מבטא מדד לעמידות הדלק בפני דטונציות). את מספר האוקטן ניתן להעלות באמצעות הוספת תרכובת מסיסה לדלק המכילה עופרת (טטרא אתיל העופרת). מנועים עם יחס דחיסה עד 8:1 (כדוגמת זה המעורב באירוע), יכולים לפעול עם אוקטן ממוצע של 91. על מנת לקבל 100 אוקטן יש להוסיף כחצי גרם עופרת לכל ליטר בנזין ואז מתקבל הבנזין התעופתי LL – 100. בדלק מכוניות אין עופרת והוא זול יותר מאשר דלק מטוסים ומאחר שמדובר במנוע ארבע פעימות, מנסים כל העת למצוא דרך לשילוב דלק מכוניות במטוסים, כאשר ישנו תנאי מפורש – איסור הימצאות אלכוהול בדלק (מתנול או אתנול), מחשש להיווצרות תופעה של "נעילת אדים".

2.3.3 לאור ניסויים שערך, יצרן המנוע מתיר להשתמש בדלק מכוניות, לסוגי מנועים מסוימים ואף פרסם על כך הוראה, בה צוינו סוגי הדלק המותרים לכל מנוע.

2.3.4 על מנת להשתמש בדלק מכוניות במנועים שלא מופיעים ברשימת היצרן, יש לקבל STC (תוספת לתעודת הסוג) מתאים. בחקירה הוברר, כי למטוס המעורב באירוע, הוצאו שני STC, הראשון SA2613CE מיולי 1992, המתיר להשתמש במטוס בדלק מכוניות, מ – 91 אוקטן ומעלה, כולל ערבוב דלק, והשני SE2606CE המתיר להשתמש במנוע בדלק מכוניות.

2.3.5 צוות החקירה שלל את האפשרות כי השימוש בדלק מכוניות היווה גורם לאירוע הנחקר, משום שתופעת הכשל של שני המצתים, אותרה באופן מהותי בצילינדר אחד בלבד מתוך ארבעה.

2.3.6 לא נמצא בספר המטוס רישום כל שהוא המתיר להשתמש בדלק מכוניות במטוס. בעמודה סוג הדלק שמופיעה בספר המטוס צוין: 100LL.

2.4 רישום תקלות

על פי התקנות, כל תקלה המתגלה במטוס במהלך טיסה, חייבת להירשם בספר המטוס, וכל עוד לא נחתמה על ידי טכנאי, אין להתיר את המשך הטיסה במטוס. כאשר מועבר מטוס למכון הבדק לביצוע אחזקה שוטפת או לתיקון תקלה, פותח מכון הבדק טופס "עבודה בלתי שגרתית" ובו צריכות להירשם כל התקלות שאותרו במטוס וכן פעולות אחזקה שאינן נכללות במערכי עבודה קבועים.

לרישום נכון של תקלות ופתרון, כמה מטרות חשובות ובכללן:

התראה על תקלה שגורמת לאי שמישות של כלי הטיס.

הוכחה בדבר תיקון התקלה, והחזרת כלי הטיס לשמישות מלאה.

מעקב היסטורי אחר הפעילות התחזוקתית של כלי הטיס.

על מנת להשיג את המטרות הנ"ל, חובה להקפיד על רישום מדויק של כל תקלה ועל אופן פתרונה. מניסיון חקירתי של שנים רבות אנו למדים, שרישום התקלות, רחוק מלהיות ממצה. לדוגמה, תקלה שנרשמה בספר מטוס מסוים: "יש להחליף את משאבת הדלק". פתרון התקלה: "הוחלפה משאבה".

בדוגמה שלעיל ליקויים רבים: אין לדעת את הסיבה שבעטייה הוחלט להחליף את משאבת הדלק. נכון היה לרשום את מהות התקלה, למשל: "לחץ דלק נמוך", או "ריטוטים במערכת הדלק" וכיו"ב. גם פתרון התקלה אינו ממצה.

נכון היה לרשום: הורדה משאבה מספר X והורכה משאבה מספר Y. וזאת מהטעם הפשוט, שיהיה ניתן להתחקות אודות המשאבה שהוסרה, אם וכאשר תשלח לתיקון ו/או, תשוב ותותקן על מטוס אחר לאחר התיקון.

2.5 שחרור מטוס מצורכי מצרכי חקירה

2.5.1 בעת חקירת תקריות כלי טיס, נדרש החוקר לעיתים, להתמודד עם לחץ מצד הבעלים של המטוס לסיים את החקירה מהר ככל האפשר. משום הפגיעה הכלכלית שנגרמת לו בעקבות השבתת המטוס. מנגד לאמור לעיל, ניצב החוקר עם כוונה ברורה למנוע את הישנות האירוע בעתיד.

2.5.2 לעיתים קורה, שחרף ביצוע חקירה מקיפה, אין החוקר מצליח להצביע בבירור על הסיבה שגרמה לתקרית ואז הוא ניצב בפני דילמה קשה: האם לשחרר את המטוס מצרכי חקירה אם לאו, ואם לשחררו, האם נכון להמליץ על הגבלת טיסותיו, שמא יקרה האירוע שנית.

2.5.3 המקרה הנחקר הוא הרביעי בתוך שנה, שמשרד החוקר הראשי נדרש לו, עקב תקלות מנוע חוזרות, שהתאפיינו באובדן/נפילת כוח, שגרמו למצב חרום. **המקרה הראשון** (תיק 10-24) ארע ב - 22.3.10 באז"מ ג'ט פוקס שם חזרה התופעה של נזילת מים מהמנוע והאירוע הסתיים בנחיתת אונס – חקירת המנוע מול היצרן עדיין לא מוצתה.

המקרה השני (תיק 10-111) ארע ב - 20.10.10 בצסנה 172 עקב תקלה חוזרת של היתפסות שסתומי פליטה במנועי לייקומינג.

המקרה השלישי (תיק 10-128) ארע ב - 27.11.10 באז"מ מסוג ריינגייט שנחת אונס בשטח ולאחר הרצה שוחרר לטיסה ומנועו כבה מייד לאחר הנחיתה.

2.5.4 במקרה הראשון של מנוע האז"מ, לא גילינו את סיבת נזילת המים במערכת הקירור שמחוץ למנוע וכל שנדרש היה לפרק את המנוע לגורמיו. לצורך פירוק שכזה נדרשנו לתקציב שלא עמד לרשותנו, ואף הפננו בקשה לרת"א להשתתף במימון החקירה שנענתה בשלילה.

2.5.5 בסופו של דבר יוחלף המנוע, מבלי שנדע אולי את סיבת התקלה, וחמור מכך, אין לנו אפשרות לקבוע אם מדובר באירוע ספציפי במנוע האמור, או שמא מתחילה להיווצר תקלה שתפגע בכמה מנועים בעתיד. למרות האמור, נפגשנו לאחרונה עם נציגי חברת "רוטקס" שביקרו בארץ וביקשנו את עזרתם בבדיקת המנוע עם הגיעו להחלפה (עסקה בין בעל המטוס לבין המשפץ – המנוע עדיין בארץ וטרם נשלח לחברה).

2.5.6 במקרה השני, היתפסות שסתומים אינה נראית לעין מחוץ למנוע, אלא אם כן נתפס השסתום במצב כזה שגורם לכפיפת מוט הנדנד. במקרים אחרים, ההיתפסות יכולה להיות אקראית, להשתחרר, ואז לשוב שנית וחוזר חלילה. תקלה כזו, דומה לתקלה הנחקרת בהיבט של הקושי לאמת אותה בהרצת המנוע, בכך שהופעתה אקראית. הטיפול הטכני, המקובל במקרים כאלה, הוא להריץ את המנוע ואפילו לפרקי זמן ממושכים, ואם אין תסמינים המעידים על תקלה, לשחרר את המטוס לטיסה, לעיתים במגבלות מסוימות. הקושי בגישה זו נעוץ בכך, שאם מדובר בתקלה חבויה שהופעתה אקראית, המטוס שוחרר לטיסה כשמיש בעוד התקלה האמורה יכולה להופיע שוב, בשלבים קריטיים של הטיסה.

2.5.7 במקרה השלישי, בדק בעל המטוס (בנייה ע"י חובב) את המנוע ומצא, שצינורית שמן מכופפת. לאחר שטיפל בתקלה והריץ את המנוע, אושר לטייס ע"י רת"א להעביר את המטוס בטיסה. לאחר הנחיתה כבה המנוע שוב. נכון למועד כתיבת דוח זה, טרם הועברה תשובת רת"א באשר לגורם הכשל (המלצה ראשונה בדוח).

2.5.8 סיכום

בבדיקת כמות האירועים שדווחו ב - 9 השנים האחרונות, בתעופה הכללית ובתעופה הספורטיבית, מצאנו עלייה בת 50% - 40% באירועי מנוע, בשנתיים האחרונות, יחסית לממוצע של 7 השנים שקדמו להן.

על רקע העובדה שמדובר במקרים שהתרחשו בפרק זמן של שנה אחת, בהם דווח על תופעת אובדן/נפילת כוח בטיסה, שחזרה שנית לאחר שהמטוס נבדק ונמצא שמיש, ומבלי לבצע "מחקר" בנושא, נוצרה תחושה עמוקה במשרד החוקר הראשי בדבר עלייה אמיתית בכמות אירועי המנוע ובחומרתם, בשנה/שנתיים האחרונות, בהשוואה ל - 8 השנים שקדמו, בהן לא דווח על אירוע חוזר שכזה.

הנהלים הקיימים כיום בטיפול בתקלות חוזרות, אינם חד ערכיים וכל אחד יכול לפרשם כרצונו ולהחליט בסופו של דבר אם להתיר את המשך הטיסות במטוס, חרף קיומה של תקלה שלא אותרה. הניסיון שנצבר בשנה האחרונה בחקירת אירועים "מתגלגלים" שלא מצאו פתרון, מחייב חשיבה יסודית כיצד יש להתייחס אל מטוס עם תקלת מנוע חבויה, הן לצורך המשך החקירה במתקן אחר והן לצורך ההחלטה אם לשחרר את המטוס להמשך טיסות, מבלי שאותרה באופן ודאי הסיבה לכשל.

2.6 פרסום הנחיות החוקר הראשי

2.6.1 על רקע אי הבהירות באשר לשחרור מטוס לטיסה לאחר/במהלך חקירת תאונה/תקרית, מצא לנכון החוקר הראשי לזמן דיון בנושא בהשתתפות ראשי האגפים הרלוונטיים ברת"א, מתוך כוונה לקבוע עקרונות תאום בין שתי הרשויות, בהפעלת סמכויותיהן וכמו כן לפרסם בדוח את ההחלטות שנלקחו במהלכו, משום שיש להן השלכות ישירות על בעלי המטוסים ועל הטייסים. להלן ההחלטות שנקבעו:

☒ עם סיומה של חקירה, **החוקר הראשי בלבד**, הוא שמודיע לבעלים, כי הצורך בכלי הטיס לצורך החקירה – **בטל**.

☒ אין החוקר הראשי או מי מטעמו משחררים מטוס לטיסה בשום תנאי.

☒ עם תום חקירת תאונה של כלי טיס, חלה חובה על הבעלים/מפעיל לקבל את אישור רת"א לשחרור המטוס לטיסה.

☒ עם תום חקירת תקרית בטיחותית של כלי טיס שהתאפיינה בתקלה, שחרור המטוס לטיסה **נתון לאחריות מכון הבדק**, בתנאי ברור כי התקלה שבגינה הוחלט לבצע את החקירה **אומתה מעבר לכל ספק**.

☒ כל פנייה לרת"א בעניין טיפול בכלי טיס לאחר אירוע בטיחותי, מחייבת ברור מקדים של הגורם המקבל ברת"א, אם החוקר הראשי עודכן ביחס לאירוע.

☒ אגף מבצעים ברת"א, לא יתיר המראת מטוס שנחת בשטח, עקב תקלה, אם התקלה לא אותרה בוודאות, ונתקבל אישור לכך מאגף כשירות אווירית ברת"א.

2.6.2 כל האמור בהחלטות שנקבעו חייב להיכלל בפמ"ת, בפרק הדן בחקירת אירועים בטיחותיים.

2.6.3 חרף החלטה קודמת שניתנה בעבר בדבר הצורך לעגן פרק/חוצץ מיוחד בפמ"ת לקביעת הנחיות של החוקר הראשי, המשפיעות על כלל המשתמשים בתעופה, טרם מומשה ההחלטה.

3. מסקנות

- 3.1 **סמיכות המקרים** באותו מטוס, **התסמינים ומאפייני התקלה הדומים** והממצאים שאותרו ונקבעו, מלמדים, **בסבירות גבוהה מאוד**, כי שני המקרים מקורם באותו הגורם, קרי, **הליקויים שאותרו בשני המצתים ובצילינדר מס' 2 במנוע**.
- 3.2 **הטיפול בצילינדר "התקול"**, שישה חודשים קודם האירועים, **שלא כלל תיעוד מתאים**, אודות הסיבה לתקלה שחייבה את ההחלפה, יחד עם מצב שני המצתים של צילינדר מספר 2, **מכוונים לסווג את שני האירועים כטכני-אישי**, עקב ניהול אחזקה לקוי, אם כי מהות הליקויים התבטאה בכשל טכני של המנוע.
- 3.3 **נפילת הסיבובים במנוע** ארעה עקב אי רציפות בהצתה בצילינדר מספר 2, בשל ליקוי בשני המצתים, שהתבטא בהצתה מקוטעת ובאיכות הצתה נמוכה מאוד.
- 3.4 **המעקב אחר תקלות במטוס ורישומן**, הן בספר המטוס והן בגיליונות העבודה במכון הבדק, **לוקה בחסר**. מתוך כך, לא הייתה אפשרות במקרה הנחקר לדעת מה הסיבה שבעטיה הורד צילינדר מספר 2 מהמנוע כחצי שנה לפני האירוע הנחקר, והאם קיים לכך קשר כל שהוא לאירוע הנוכחי.
- 3.5 **בשני האירועים הטייסים פעלו כשורה**, כשהחליטו לשוב לנחיתה מיידית, למרות "ההתאוששות" החלקית של המנוע, לאחר "פמפום" המצערת.
- 3.6 **במקרים של טיפול בתקלה, הקשורה באובדן כוח מנוע בטיסה או בנפילת סיבובים וכד'**, ללא איתור סיבותיה - **ההסתמכות על תוצאות הרצת מנוע**, כתנאי לשחרור המטוס לטיסה, היא בעייתית, באופן שעלול להסתבר בדיעבד, כטעות אחזקתית מפורשת.
- 3.7 **קיימת עלייה ברורה בכמות הדיווחים על תקלות מנוע בשנתיים האחרונות** יחסית לכמות הדיווחים שהועברה בשבע השנים שקדמו להן. הגם שהנושא לא "נחקר" לעומק, התחושה, בדגש למספר התקלות החוזרות, **כי יש ממש בעלייה זו**.
- 3.8 **שחרור מטוס לטיסות לאחר תאונה** נעשה בין בעלי המטוס או מכון הבדק שלו לבין אגף כשירות אווירית בת"א (לאחר שחרור המטוס מחקירה על ידי החוקר הראשי).
- שחרור המטוס לטיסות לאחר מעורבותו בתקרית** (בדגש לתקרית חמורה), בעלת מאפיינים טכניים, אינו חד-משמעי, ויש בכך כדי ליצור פרשנויות "לגיטימיות" כלפי חוץ, באשר לאפשרויות העומדות בפועל בפני הבעלים של המטוס.
- 3.9 **לאופן שחרור מטוס, מצרכי חקירה או לצורך העברתו להמשך חקירה**, קיימים היבטים משפטיים ובטיחותיים **המחייבים תאום טוב והדוק יותר**, בין החוקר הראשי לבין אגפי רת"א הרלוונטיים.

4. המלצות

1 המלצה

לממש החלטה קודמת להקצאת חוצץ נפרד להנחיות החוקר הראשי, בפמ"ת או כקובץ נפרד שיפורסם בציבור. (המלצה חוזרת).

אחריות: החוקר הראשי מועד ביצוע: מיידי

2 המלצה

לפרסם את עקרונות הנוהל שגובש בין רת"א לבין משרד החוקר הראשי באשר להמשך השימוש בכלי טיס מרגע שהסתיים הצורך בו לצרכי החקירה, בנוהל "פעולות ודיווחים בעקבות אירוע בטיחותי" המצוי בחוצץ חרום בפמ"ת

אחריות: רשות התעופה האזרחית מועד ביצוע: 1.5.11

3 המלצה

להנחות את בעלי המטוסים לעדכן את ספרי המטוס שעברו אישור STC לשימוש בדלק מכוניות ולהוסיף בעמודה המציינת את סוג הדלק, את כל סוגי הדלק האפשריים לשימוש.

אחריות: רשות התעופה האזרחית מועד ביצוע: 1.5.11

4 המלצה

לדון בסוגיה שהופיעה בשנה האחרונה מספר פעמים ואשר התבטאה בחזרה לנחיתה, עקב תקלת מנוע, אשר לא אותרה בוודאות אח"כ בבדיקות על הקרקע, ולתת הנחיות באשר לאופן הטיפול במטוס, בדגש לתנאים והמגבלות לשחרורו לטיסה.

אחריות: רשות התעופה האזרחית מועד ביצוע: 1.7.11

5 המלצה


לוודא במסגרת התקנות החדשות, המוצעות לאישור הכנסת, כי ניתן פתרון הולם לסוגיה של אופן מעורבות רת"א באישור שחרור מטוס לאחר תקרית בטיחותית, לאחר כשל במערכת טכנית חיונית, כמו: מנוע, הגאים וכד', אשר לא אומתה על הקרקע.

הערה: כיום יש הנחייה ברורה כאשר מדובר בתאונה של כלי הטיס אך אין כזו באשר לתקרית.

אחריות: רשות התעופה האזרחית מועד ביצוע: 1.7.11

5. הדוח אושר לפרסום.

בברכה,


עו"ד רוז יצחק (רוזצ'יק)
החוקר הראשי

תאריך: 24.2.11 סימוכין: 01102911