

דוח חקירה בטיחותית

(דוח סופי)

תיק תאונה מס' 101-12

- כשל מבני חמור של כן נסע ראשי, בפינוי מסלול -

23.10.2012

בתאריך

SHORT SD3-60-300

כלי הטיס

4X-AVP

סימן רישום

ש"ת ראש פינה

מקום האירוע

לצורכי בטיחות בלבד

מדברי המחוקק על החקירה הבטיחותית ותוצריה

(מחוק הטיס, התשע"א-2011 ומנספח 13 לאמנת התעופה)

חקירה בטיחותית - חקירה של אירוע בטיחותי לפי פרק זה היא הליך הכולל איסוף מידע וניתוחו, הסקת מסקנות, לרבות קביעת הסיבות לאירוע הבטיחותי או הגורמים שתרמו להתרחשותו, ומתן המלצות הנוגעות לעניין לצורך שיפור בטיחות התעופה, ככל שלדעת החוקר הראשי יש בכך צורך. (סעיף 104 לחוק).

מטרת חקירה בטיחותית - מטרתה הבלעדית של חקירה בטיחותית היא מניעת אירועים בטיחותיים, ואין תכליתה ייחוס אחריות אזרחית, פלילית או משמעטית לאירועים כאמור. (סעיף 105 לחוק).

תפקידי החוקר הראשי - החוקר הראשי יהיה ממונה על ביצוע חקירות בטיחותיות לפי הוראות פרק זה. במילוי תפקידו יפעל החוקר הראשי בהתאם להוראות נספח 13 לאמנה, ככל שהן ישימות בישראל, למעט הוראות כאמור שלגביהן הודיע המנהל לארגון התעופה הבין-לאומי, לפי הוראות סעיף 4(ב) לחוק רשות התעופה האזרחית, כי ישראל פועלת באופן שונה. (סעיף 108 לחוק).

אי-תלות - בביצוע חקירה בטיחותית לפי פרק זה אין מרות על החוקר הראשי ועל ממלא מקומו, זולת מרותו של הדין; הוראות סעיף זה יחולו גם על חוקר שהוסמך לפי סעיף 115, בכפוף להוראות סעיף קטן (ג) של הסעיף האמור. (סעיף 109 לחוק).

פרסום הדוח הסופי - החוקר הראשי יפרסם את הדוח הסופי באתר האינטרנט של משרד החוקר הראשי וכן יעמיד את הדוח לעיון הציבור, ללא תשלום, במשרד התחבורה והבטיחות בדרכים, ובלבד שלא יפרסם את הדוח או חלק ממנו ולא יעמידו לעיון הציבור כאמור, אם יש בכך כדי לפגוע בביטחון המדינה או ביחסי החוץ שלה. (סעיף 119 לחוק).

המלצות החוקר הראשי - המנהל וכל מי שהחוקר הראשי כלל לגביו המלצות בדוח הסופי יבחן את ההמלצות כאמור הנוגעות אליו, יחליט באשר ליישומן ויודיע על החלטתו המנומקת בכתב לחוקר הראשי; המנהל יעביר את החלטתו המנומקת כאמור גם לשר. (סעיף 104 לחוק).

אי-קבילות הדוח הסופי - הדוח הסופי לא יתקבל כראיה במשפט, למעט בערר לפי סעיף 39, בעתירה מנהלית או בערעור מנהלי על החלטות לפי חוק זה, לפי חוק בתי משפט לעניינים מנהליים, התש"ס-2000, ולא ישמש בהליך שנוקט מעביד כלפי עובדו. (סעיף 124 לחוק).

חיסיון ואי-קבילות של חומר חקירה בטיחותית - חומר חקירה בטיחותית לא יימסר ולא יתקבל כראיה במשפט ולא ישמש בהליך משמעתי, בהליך מנהלי או בהליך שנוקט מעביד כלפי עובדו. (סעיף 123 לחוק).

- ☒ "Also, discuss and analyze any issue that came to light during the investigation which was identified as a safety deficiency, although such issue may not have contributed to the accidents".
- ☒ The investigation may also reveal other hazards of deficiencies within the aviation system not directly connected with the causes of the accident".
- ☒ "When drafting the Final Report, the writer should not assume that everyone who reads the report is familiar with the technical detail".
- ☒ "The writer's responsibility is to present the reader with a word picture of the accident and the investigation. The writer should assume that the reader is intelligent but uninformed and will analyze the facts presented in order to test the conclusion of the Final Report".
- ☒ "If the Final Report must delve into complicated areas such as aerodynamics, metallurgy, and the operation of aircraft systems, the subject should be explained in a way that it is easy to understand".

(ICAO / ANNEX 13 / DOC. 9756 / PART I & IV)

הדוח הועבר לפרסום עפ"י סעיף 119 לחוק הטיס, התשע"א – 2011.

דוח חקירה בטיחותית (דוח סופי)

תיק תאונה מס' 101-12

תקציר האירוע

בתאריך 23 באוקטובר 2012, יצאה טיסה סדירה של חברת "עיט" משדה דב לשדה התעופה בראש פינה. על המטוס היו שני טייסים, דייל ו- 23 נוסעים (סה"כ 26 איש). בשעה 07:36 נחת המטוס על מסלול 33, ולאחר מכן ביצע פנייה של 180 מעלות על המסלול, לצורך פינויו. הצוות קיבל הנחייה לחנות בעמדה מספר 2.

במהלך פינוי המסלול הראשי, ימינה לחנייה, קרס כן הנסע השמאלי, והמטוס נבלם עקב החיכוך של כן הנסע השבור באספלט. המטוס נעצר כשזנבו בולט אל תוך אזור המסלול, 18 מטר מ"קו ההתיישרות". הקברניט ירד מהמטוס לבדוק את שאירע, ומשראה, כי כן הנסע שבור, החליט, בתאום עם מנהל התחנה של חב' "עיט" בשדה, שהיה במקום, להוריד את הנוסעים מהמטוס ולהפנותם רגלית לטרמינל. הטייס דיווח מידית לחוקר הראשי על האירוע וחוקרים מטעמו נשלחו לשדה התעופה ראש פינה.

שדה התעופה ראש פינה נסגר לטיסות ונשאר כך משך 10 שעות, עד שנציגי המפעיל, בסיוע בעלי מקצוע מקריית שמונה ועובדי השדה, הצליחו לגרור את המטוס ולפנות את "רצועת הניקיון" של המסלול. מהלך הפינוי של המטוס מהמסלול ארך שעות רבות, במהלכן נעשו מספר רב של ניסיונות לאתר שיטת שינוע שתאפשר את העברת המטוס אל מחוץ לשטח המסלול.



המטוס נשוא התאונה

1. מידע עובדתי

1.1. השתלשלות האירוע

בבוקר האירוע הגיעו שני הטייסים לשדה התעופה "שדה-דב", לתדריך יומי, טרם טיסה ראשונה באותו היום לראש פינה. הקברניט הוגדר PF (pilot flying) ואילו טייס המשנה הוגדר PNF (pilot not flying).

הצוות הגיע למטוס בשעה 06:30 והקברניט החל בבדיקה חיצונית של המטוס, בעוד הקצין הראשון ביצע את הבדיקות הפנימיות. במהלך בדיקות "לפני טיסה", שני הטייסים לא הבחינו בבעיה כלשהי, או בחיוויים חריגים במטוס. במטוס היו 23 נוסעים ו-3 אנשי צוות.

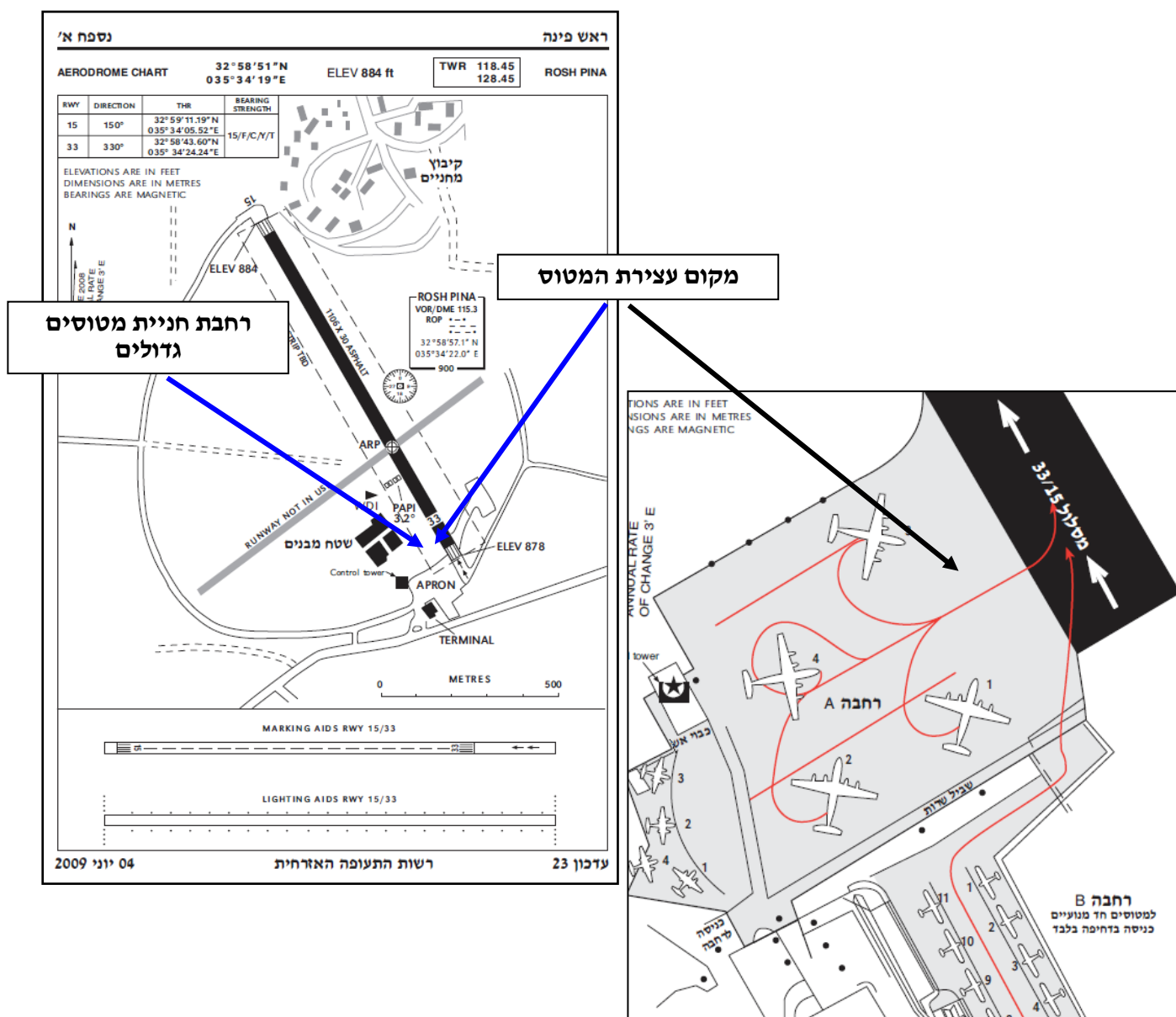
בשעה 07:05, המטוס המריא על מסלול 03, בדרכו לראש פינה. לאחר ההמראה משדה דב הצוות עזב עפ"י נוהל העזיבה "אינטרו - יוסף A1", דרך הנתיב ל - "NAT". משם טיפס המטוס לראש פינה, בנתיבים הגבוהים. ההתארגנות לנחיתה על מסלול 33, כללה הנמכה לנקודת הישוב "כרכום" ומשם תקיפת רדיאל 33, על ה - VOR של ראש פינה. לאחר נחיתה ועצירת המטוס, תוך שימוש במצב Beta של הפרופלורים, ניתן אישור מגדל ראש פינה ובוצעה פנייה של 180 מעלות על המסלול, והצוות הסיע על ציר המסלול מתוך כוונה להגיע לחנייה. כשהמטוס היה בפניה ימנית של 20 מעלות לערך, לכיוון עמדת חניה מס' 2, כשגלגל האף נע ממש על ציר הפינוי (הפס הצהוב), במהירות הסעה איטית, הורגשה לפתע נפילה חזקה של המטוס על צדו השמאלי - המטוס האט ונעצר כשכולו מצוי 18 מטרים לפני קו ההתיישרות, בתוך שטח המסלול. עם הודעתו של הקברניט ברדיו "כנראה תקר בגלגל שמאלי", הופעל מצב חרום בשדה, ורכבי הצלה נשלחו לעבר המטוס. איש מהצוות ו/או הנוסעים לא נפגע במהלך האירוע. בתחילה שיער הצוות, כי מדובר בתקר בגלגל, וכך גם הודיע מידית למגדל הפקוח. בסמוך ובמקביל, כיבה מנועים ואת שאר מערכות המטוס. הקברניט הורה לנוסעים לרדת מהמטוס דרך הדלת האחורית, הממוקמת בצדו השמאלי של המטוס ובתיאום עם הנהלת השדה, הורה להם להתפנות רגלית לטרמינל. הקברניט שירד ראשון, הבחין, כי כן הנסע השמאלי שבור והמטוס נוטה על צדו.



פינוי המסלול

משך שעות רבות מעת נחיתת המטוס, נעשו ניסיונות לפינוי המטוס באמצעות אלתור "עגלה" מתאימה שביכולתה לשאת 5 טון. הובאו מספר עגלות ומנשאים, שקרסו בזה אחר זה תחת עומס המטוס. בהמשך ניבנו מספר סוגים של מערכות גלילה (בסיוע אנשי חברת הגרירה "מטרו" ובנוכחות מנהלה), מתוך כוונה לגלול את המטוס על גביהם. בשיטה זו, נגלל המטוס בכל פעם כמה מטרים, עד לקריסת המנשא הגלילי, תיקונו וחוזר חלילה. רק בשעות הערב הצליחו לגלול את המטוס לעמדת החנייה. יצוין, כי במהלך אחד הניסיונות לרתום את המטוס לעגלת הסעה, החליק המטוס מהמגבה.

תרשים השדה ומיקום האירוע



1.2. הטייסים

הקברניט - Pilot flying

בן 61.

מדריך טיסה ובוחר.

ניסיון - 14,000 שעות טיסה, מהן 1,000 שעות על דגם המטוס נשוא התאונה.

הקצין הראשון - Pilot not flying

בן 62.

מדריך טיסה.

ניסיון - 7,000 שעות טיסה, מהן 500 שעות טיסה על דגם המטוס נשוא התאונה.

1.3. המטוס

המטוס מסוג Short SD 360-300, מספר סידורי 3758, יוצר ביולי 1989 ע"י חברה

Short Brothers plc בבבלפאסט. אושר לשאת 39 נוסעים.

בסה"כ יוצרו 164 מטוסים מסוג זה (מס' סידוריים 3601 – 3764), מהם פעילים

כיום 60 – 80 מטוסים, רובם בארה"ב.

במקור, המטוס נמכר לחברה אוסטרלית ואחר כך, בשנת 1998, לחברה בריטית.

בספטמבר שנת 2002 נמכר המטוס ל - Air Seychelles באיי סיישל ובאפריל 2010

נרכש המטוס ע"י חברת "עיט", הבעלים הנוכחי.

המטוס אושר להפעלה ע"י רת"א, עפ"י פרק 12, ולצורך זה הוגבל מספר המושבים

(לבקשת הבעלים), ל - 30.

המטוס תוחזק במכון בדק "אחזקות 2000" והוצאה לו תעודת כושר טיסה

אחרונה ב - 15 יוני 2012, בתוקף לשנה אחת.

עד למועד האירוע צבר המטוס 46,113 נחיתות ב - 20,320 שעות פעולה.

1.4. מזג האוויר

נאה.

ראות טובה - מעל 10 ק"מ.

רוח צפונית קלה - 340/05.

עננות - 4/8 קומולוסים, בסיס בגובה 5,000 רגל.

1.5. המכלול שכשל

במטוס נשוא החקירה, ניתן להרכיב שני סוגי צמיגים ראשיים - צר ורחב. לצורך

הרכבת צמיג רחב (לחץ נמוך), נדרש לשנות את ציר הגלגל (זרוע גלגל ארוכה יותר),

כך שיתאים לרוחב הצמיג הרחב.

מתוך המסמכים שסיפק היצרן לצוות החקירה, עולה, כי המטוס נכלל בסדרת

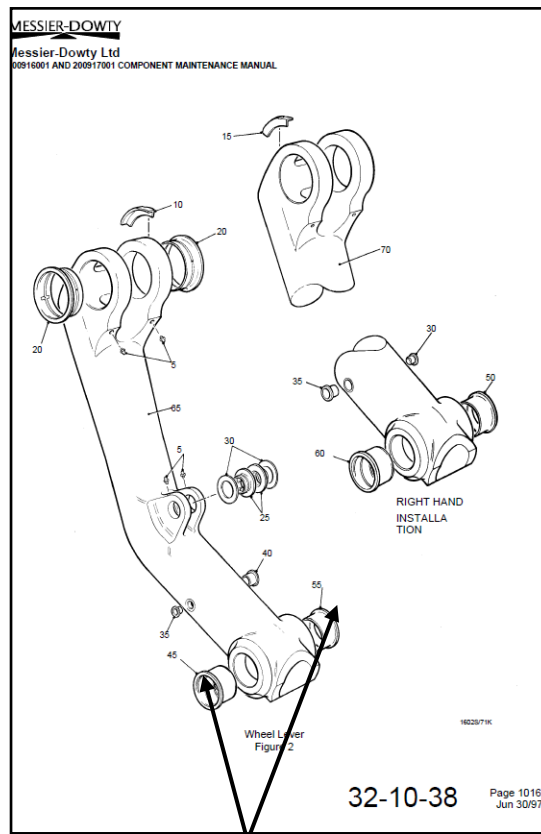
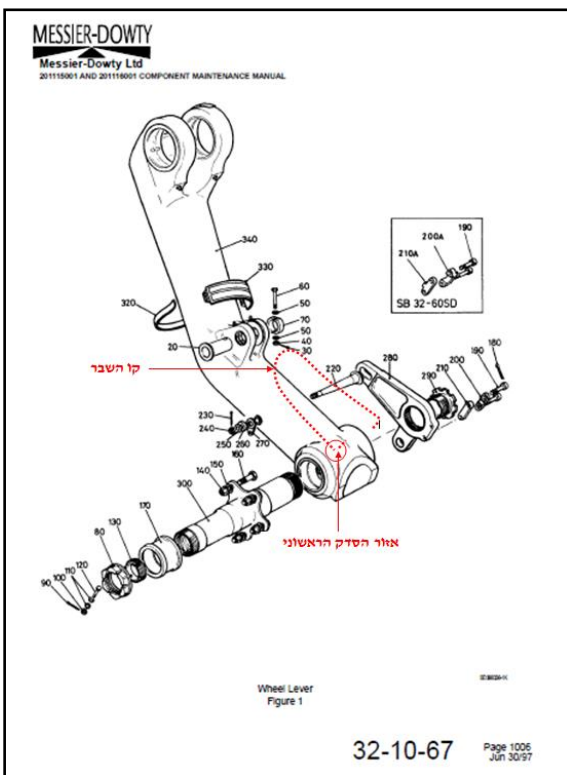
המטוסים ששחררו מהמפעל עם זרוע ארוכה, המתאימה לצמיג רחב.

☒ המכלול שכשל, הינו זרוע כן הנסע השמאלי, מספר יצרן 201115001, מספר סידורי DRG\929\88 (עפ"י היצרן המספר הסידורי הנכון הוא DRG\928\88).
 ☒ החברה המשפצת SMITH'S & HARLOW AEROSPACE LTD. עפ"י ניירת השיפוץ האחרון, עד תאריך 16.2.2007, הייתה מורכבת במטוס זרוע אחרת, מספר סידורי DRG\7222\88 (אף היא זרוע עם ציר ארוך). לאחר השיפוץ הורכבה הזרוע המצוינת לעיל.

☒ בתעודת השחרור שהוצאה ע"י חברת SMITH'S & HARLOW AEROSPACE LTD, בתאריך 11.5.2007, צוין, כי המכלול ששופץ מכיל זרוע שצברה 26,197 נחיתות, וציר גלגל שצבר 25,901 נחיתות. הדבר מלמד על כך, כי ציר הגלגל שהותקן לזרוע, היה בשימוש קודם ששופץ והורכב במטוס האירוע.

☒ לאחר שהזרוע המשופצת הותקנה על המטוס, צבר כן הנסע השמאלי (Wheel lever) עוד 5,620 נחיתות, כך שבעת הכשל הסופי נזקפו לו - 31,817 נחיתות.

תרשים חלקי כן הנסע



התותבים

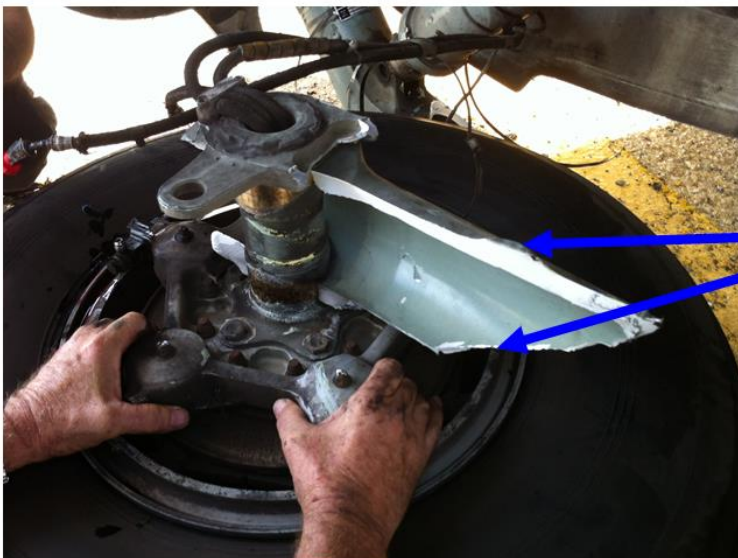
6



נראים כתמים משמעותיים של קורוזיה

ניתן לאבחן גוונים שונים על פני החלק השבור

השבר בכך הנסע שנקרע מהגלגל



השברים בכך הנסע בחלק הצמוד לגלגל

1.6. הבדיקות המטלורגיות

1.6.1 ממצאי הבדיקות המטלורגיות שנערכו ע"י מכון לחקר הכשל

- בעקבות קריסת כן הנסע, נשלחו חלקיו השבורים לבדיקה ב"מכון לחקר הכשל" במדרשת רופין, שם בוצעו הבדיקות הבאות:
- בדיקת השברים באמצעות סטריאוסקופ אופטי.
 - מיקרואנליזה כימית על גבי השברים.
 - בחינת השברים במיקרוסקופ אלקטרוני.
 - זיהוי כימי של חומרים.
 - בדיקות מטלגרפיות של מבנה וקושיות החומרים.

ממצאים עיקריים

- בחלקו העליון של כן הנסע, באזור בו מורכב ציר הגלגל בשמאלי, אובחן שבר שהמשטח סביבו מכוסה באופן משמעותי בתוצרי קורוזיה דמויי אדמה, המכילים חומרים כימיים שונים, כמו: אלומיניום, צורן וסידן. תוצרים אלו מעידים על נוכחות סביבתית של חול ואבק, וכן יסודות כימיים האופייניים לסביבה ימית הכוללים, כלור, אשלגן, מגנזיום, גופרית וסידן.
- תחילת מקור השבר נמצא, בקדח זרוע הגלגל ומאופיין באזורים משותכים, בעלי אופי של התעייפות החומר, מכוסים בתוצרי קורוזיה.
- הסדק התפתח, מחלקו הפנימי של המשטח הפנימי של קדח כן הנסע. במוקד השבר כמעט שלא נמצאו שרידים של חומר ציפוי.

1.6.2 ממצאי הבדיקות המטלורגיות שנערכו ע"י יצרן כן הנסע

- יצרן כני הנסע היה בקשר הדוק עם החוקר הראשי ולאחר שקיבל את ממצאי המכון לחקר הכשל הוא ביקש לקבל לידיו את המוצגים לחקירה. החוקר הראשי שלח אליו את כן הנסע השמאלי שכשל וכן את כן הנסע הימני שלא כשל. ממצאי הבדיקה של יצרן כני הנסע נעשו במתואם עם החוקר הראשי, תוך שילוב ממצאי הבדיקה בארץ עם אלו יצרן כני הנסע, באנגליה.

ממצאים עיקריים

- הסדק הראשי בזרוע הגלגל (WHEEL LEVER) אופיין כסדק התעייפות, שהחל בשטח הקדח הראשי של הזרוע, בתחום של 1 מ"מ מהפינה, בחלק של הקדח החיצוני.
- הסדק התפתח במנגנון התעייפות, כדי 18 מ"מ לאורך קדח זרוע הגלגל, עוד טרם התפתחותו של הסדק הבין גבישי, שאירע כתוצאה מקורוזיית מאמצים. במקום אותר קטע שני של סדקי התעייפות שהתפתחו 2 מ"מ בכיוון רדיאלי, לפני התרחשות השבר הסופי.

- ☒ ספירת קווי ההתעייפות באיזור השבר, מצביעה על כ - 5,250 קווים באזור סידוק ההתעייפות הראשון - 1,860 קווים באזור הסידוק השני. בסה"כ 7,100 קווים (בקירוב), בשני אזורי סידוק ההתעייפות.
- ☒ הסדק המשני, בצד האחורי של קדח ציר החיצוני של הזרוע, החל על שטח קדח הציר והתפתח במנגנון בין-גבישי. לאחר מכן היה אזור שני של סידוק התעייפות, שהתפתח בהמשך לשבר סופי משיך (Ductile), כתוצאה מעומס יתר.
- ☒ באזורי התפתחות הסדק, אובחנה תופעת שיתוך (קורוזיה), אשר בקדח תותב הציר היא הייתה חמורה באופן מיוחד.
- ☒ חומר האיטום, בין הציר, התותב וזרוע הגלגל בקדח זרוע הגלגל, נמצא רק ברבע מהיקפו של התותב, והיה חסר באזור התפתחות הסדק.
- ☒ בחינה של קדחי הציר שבזרוע, מצביעה על כך, שהם עברו תהליך של התזת כדוריות (SHOT-PEENING), ציפוי אלו-כרום וצבע יסוד. מידות התותב החיצוני וקדח ציר זרוע הגלגל, מלמדות על כך שקדח הציר תוקן ושהותקן בו תותב OVER-SIZE.
- ☒ לא נמצא ציפוי קדמיום על פני השטח החיצוני של תותב זרוע הגלגל, כפי שהיה אמור להימצא עפ"י הוראות השיפוץ של היצרן, וכן נמצא חוסר משמעותי בחומר איטום (JOINTING COMPOUND) באזור ההשקה, בין קוטרו החיצוני של התותב לבין קדח הזרוע.
- ☒ מוליכות וקושי החומר של זרוע הגלגל השמאלי, נמצאו עומדים בדרישות. באשר לזרוע הימנית אשר נבדקה גם היא: למרות שנמצא שיתוך משמעותי על פני השטחים החיצוניים, נמצא שיתוך קל מאוד בקדח הציר וללא סימני סידוק. המשטחים החיצוניים של התותב נמצאו מצופים קדמיום כפי הדרוש. נמצא במקומו חומר האיטום (JOINTING COMPOUND). מידות הקטרים של התותב והקדח, מצביעות על כך שמכלול הזרוע הימני לא עבר תיקון.

פני השבר והסדק



הסדק הראשוני



הצד הנגדי של הסדק

ציר הגלגל

2. ניתוח

2.1. כללי

- ☒ מדובר בטיסת נוסעים שגרתית, שמנהלת חברת "עיט", היוצאת פעמיים ביום משדה דב, לראש פינה וחזרה. צוות הטייסים וותיק, עם ניסיון טיסה של אלפי שעות, מהן מאות שעות על דגם זה של המטוס. בנוסף לשאלות הטכניות המטרידות, של התפרקות מוחלטת של כן הנסע, שלמרבת המזל לא אירעה בעת הנחיתה, הסתבר לצוות החקירה, מתחקור הטייסים ומנהל החברה, כי בבדיקות החיצוניות של המטוס, וגם ב – DI (Daily Inspection), לא ניתן לראות את חלקו הפנימי של כן הנסע. לפיכך, ניתן להבין מדוע הסדק לא התגלה ע"י הטייסים, כולל לא את השינויים הקורוזיביים הברורים בחלקו הפנימי של מכלול כן הנסע, בבדיקות שביצעו לפני כל טיסה, וגם לפני טיסת התאונה.
- ☒ כבר במקום עצירת המטוס על גבי המסלול, ניתן היה להבחין בשבר המשתרע לכל אורכו של כן הנסע, שעל פניו נראו שטחים בגוונים שונים וכן שטחים מזוהמים על ציר הגלגל. בהתבוננות בכך הנסע הימני (שלא כשל), אובחנו גם שם משטחים "מזוהמים" החשודים כקורוזיה.
- ☒ במבט כללי בכל אזור כן הנסע לא נראו כל נזילות או חלקים שאינם במקומם, לרבות בצינורות קשיחים ובצינורות גמישים.
- ☒ כן הנסע שכשל, עבר שיפוץ, בשנת 2007, כשנזקפו לו 26,197 נחיתות ומאז המטוס ביצע 5,620 נחיתות נוספות. עפ"י היצרן, שיפוץ צריך להתבצע, כל 15,000 נחיתות או 12 שנים, המוקדם מביניהם.
- ☒ לא ידוע על נחיתה כבדה או כל גורם אחר שיכול היה להביא לקריסה פתאומית של כן הנסע. מידע כזה יכול היה להימצא בהקלטות רשם נתוני טיסה, אם היה מותקן כזה במטוס.
- ☒ במקור תוכנן המטוס לשאת 39 נוסעים, דבר שחייב עפ"י התקנות התקנת FDR במטוס. לבקשת הבעלים, הופחת מספר המושבים במטוס ל – 30 וכתוצאה מכך שוחרר המפעיל, ע"י רשות התעופה האזרחית, מהחובה להתקין רשם נתוני טיסה (FDR).

2.2. ממצאי חקירת הכשל הטכני

☒ עפ"י הוראות התיקון של יצרן כן הנסע, במהלך תיקון החלק, יש להתאים, בין השאר, את התותבים לקדח שבזרוע הגלגל, בתהליך של עיבוד שבבי, ולאחר מכן, לצפות את התותבים בקדמיום. לפני הרכבת התותב הוגדר לבצע פעולות צפוי מגן אלוכרום, צביעה בצבע יסוד וליישם על פני שטח המפגש בין התותב לזרוע הגלגל, חומר אטימה שהוגדר בהוראות ההרכבה. מהותם של שני האמצעים הנ"ל, להגן על משטחי המתכת בפני קורוזיה, וכן למנוע חדירת לחות או כל חומר זר אחר שעלולים לתקוף את המתכת.

☒ בבדיקת המעבדה התברר, כי השבר התפתח באזור החיבור של תותב ציר הגלגל עם זרוע הגלגל, במנגנון התעייפות שהחל בשיתוך (קורוזיה) שכתוצאה ממנו החל להיווצר סידוק שהתפתח לכדי שבר.

☒ סיכום בדיקות המעבדה בארץ

✓ הכשל בזרוע הגלגל, נגרם כתוצאה מהתפתחות סדקים מהמשטח הפנימי של קדח הזרוע, שנמשכו לאורך מספר שנים.

✓ מוקד השבר הותקף ע"י קורוזיה משמעותית, והוא מכוסה בתחמוצת, והתפתח במנגנון של התעייפות חומר.

✓ מקור הסדק סביב קדח ציר זרוע הגלגל, אשר בחלק העליון שלו, חדר כדי 70% מעובי הדופן ובחלקו התחתון לעומק של 40% מעובי הדופן.

✓ סביבת השבר מאופיינת ע"י נוכחות ברורה של סידן וצורן, חומרים המעידים על הימצאות המטוס בסביבה של חול ואבק, וכן יסודות המאפיינים סביבה האופיינית לנוכחות מים, ובכללם: כלור, אשלגן, מגנזיום, גופרית, סידן וברזל.

✓ העדר ציפוי באזור מקור השבר, מעיד על שחיקה והתבלות משמעותית כתוצאה מהתקפת קורוזיה.

✓ תוצאת האנליזות מעידה, כי שיעור המאמץ של הקריסה הסופית, של שבירת זרוע כן הנסע, חופף לגבול המאמץ, שווה הערך של ההתעייפות.

☒ סיכום בדיקות המעבדות באנגליה

עפ"י ממצאי המעבדה באנגליה, הובחן, כי באזורי מקור השבר לא נמצא כלל ציפוי קדמיום על גבי התותבים של ציר הגלגל, כפי שמצופה. בנוסף לכך, נמצא בבדיקות המעבדה השונות, כי לא יושם כנדרש חומר האטימה בין התותבים לבין קדח זרוע כן הנסע. כתוצאה מהאמור לעיל, הותנע תהליך של יצירת שיתוך גלווני, בין חלקי המתכת השונים, שהתפתח לכדי מנגנון התעייפות (שיתוך גימום - corrosion pitting) שבעקבותיו החלה להיסדק הזרוע עד שכשלה.

הצורך בציפוי קדמיום של התותבים מצוין בהוראות התחזוקה של רכיבי כן הנסע, וכן, מוזכר בו הצורך לאטום בחומר אטימה מוגדר, את הממשק שבין התותבים לבין קדח ציר זרוע הגלגל, מתוך כוונה להגן על משטחי המתכת בפני קורוזיה, וכן למנוע חדירת לחות או כל חומר זר, אשר עלולים לתקוף את המתכת.

☒ ריכוז הממצאים

- ✓ ממצאי בדיקות המעבדה מלמדים, כי בסביבת הכשל, אותרו מרכיבים רבים של חומרים שאפשר לשייכם לתפעול באווירה ימית. ידוע שהמטוס תופעל לפחות 3 שנים לאחר הרכבת כן הנסע המשופץ במטוס, באווירה ימית מובהקת (באיי סיישל) בטרם נרכש ע"י החברה בארץ. מן הראוי לציין, כי גם באתר התפעול של המטוס בתל אביב, משך כשנה וחצי שוררת אווירה ימית.
- ✓ בבדיקות המעבדה נמצאה באזור השבר נוכחות משמעותית של חומרים המאפיינים תפעול בסביבה ימית ובכללם: כלור, אשלגן, מגנזיום, גופרית וסידן.
- ✓ בבדיקות המעבדה נמצאה גם נוכחות של חומרים המאפיינים תפעול בסביבה של חול ואבק ובכללם: צורן וסידן.
- הערה: לא הומלצה ע"י יצרן המטוס פעולת תחזוקה מסוימת למקרה שהמטוס מתופעל באווירה ימית או בסביבה מדברית. בחקירה הוברר, כי ליקוי בציפוי ובאטימה כמפורט לעיל, בשילוב עם עובדת נוכחות החומרים שהוזכרו לעיל, מהווים קרקע נוחה מאוד להתפתחות קורוזיה, בין חלקי כן הנסע, כפי שהתרחש הלכה למעשה במקרה זה.
- ✓ הממצאים הנ"ל (סביבה ימית, חוסר יישום צפוי קדמיום ואי ביצוע נכון של איטום כנדרש) הם שגרמו לתחילת תהליך הקורוזיה, שהתניעה את תהליך הסידוק, שהפך לשבר עד לקריסת כן הנסע.
- בתחילה הועלתה סברה ע"י צוות החקירה, כי העדר ציפוי קדמיום בתותבים, אפשר שנגרם ע"י איכול אזור הציפוי ע"י תחמוצת החלודה. אפשרות זאת נשללה לאור העובדה, כי בכך הנסע הימני שלא כשל, ולמרות שהופעל באותה הסביבה כמו כן הנסע השמאלי, נמצאה קורוזיה בכמות רבה ובכל זאת אותרה על פני השטח נוכחות ציפוי קדמיום וחומר איטום.

2.3. הפגישות באנגליה, עם יצרן כן הנסע ומשפץ כן הנסע

לאחר מיצוי החקירה הטכנית בהשתתפות הגורמים המעורבים, השלמת החקירה התעכבה עקב העדר אישור נסיעה של חוקר לאנגליה, כדי להיפגש עם כל הגורמים ולהגיע יחד למסקנות מוסכמות.

רק לאחר זמן רב הזדמן לחוקר הראשי, שיצא למפגש חוקרים ראשיים באנגליה, להאריך את נסיעתו ביום אחד כדי לבצע את המפגשים המקצועיים עם אותם הגורמים. תוצאות יום חקירה זה והמשכו ע"י הגורמים הוכיחו מעל כל ספק את החשיבות לאפשר לחוקר הראשי להוציא עפ"י שיקולו, חוקרים לחו"ל, במסגרת חקירת אירועי בטיחות, כדי לקדם ולהוביל את החקירה.

בתאריך 28.10.2013, החוקר הראשי נפגש באנגליה עם הגורמים הבאים:

- נציגי יצרן כן הנסע Missier - Bugatti - Dowty.
- נציגי מכון הבדק ששיפץ את כן הנסע, Smith's (Harlow) Aerospace.
- נציגי יצרן המטוס, Short Brothers (בדרך טלפונית בגלל ביטול טיסות עקב מזג אויר סוער).
- חוקר מהרשות החוקרת של אנגליה, AAIB.

במהלך הפגישות, הועלו כלל הממצאים שנתגלו במהלך החקירה, הן במעבדת הכשל בישראל, והן במעבדה של יצרן כן הנסע Missier - Bugatti - Dowty. בתהליך רישום פעולות השיפוץ של כן הנסע, נמצאו אי התאמות בגיליונות העבודה, כולל רישומים מוטעים ו/או בלתי ברורים של מספר סידורי בחלק מהפריטים.

כמו כן, עלה הצורך, שבתהליך שיפוץ, יהיה נגד עיניי המשפץ כרטיס עבודה, שיפרט את כל הפעולות שנדרש לבצע, ולרבות פירוט אופן הביצוע של כל פעולה ופעולה, בשונה מהרשום היום, וזאת במטרה למנוע התרחשות כשלים דומים בעתיד.

צוות החקירה סבור, כי ככל שפעולות תחזוקה ושיפוץ, יהיו מפורטים לפרטי פרטים, כך יקטן הסיכוי לפסוח על ביצוע פעולה במהלך העבודה, או לטעות בביצועה.

המסקנות אליהן הגיעו החוקר הראשי ויצרן כן הנסע התקבלו ע"י נציגי המכון ששיפץ את כן הנסע בשנת 2007. הפורום הגיע למסקנה, כי במהלך הרכבת מכלול כן הנסע השמאלי, במסגרת תהליך "שיפוץ", מסיבה שאיננה ברורה, לא צופו התותבים בקדמיום, כפי שמורה היצרן, וכן מריחת חומר האיטום, הייתה לקויה. כתוצאה מכך, ומפאת העדר שכבת קדמיום על התותבים, נוצר תהליך גלווני בין המתכות השונות, אשר גרם להתפתחותה של קורוזיה (Galvanic Corrosion), אשר הואצה, בהעדר חומר אטימה ומעצם הפעלת המטוס מספר שנים באיי סיישל, באווירה ימית משמעותית.

לאור העובדה, כי בבדיקות יומיות ובבדיקות לפני טיסה שגרתיות, לא ניתן לראות את חלקו הפנימי והתחתון של כן הנסע ולאור תוצאות האירוע, שקל יצרן כן הנסע, לקצר את הזמן העובר בין ביקורת לביקורת במכלול כני הנסע, וכן להעמיק את סוגי הבדיקות בשגרת הבדיקות של הנסע. יחד עם זאת, במהלך הפגישות, העלה יצרן כן הנסע את הסוגיה, שהיה ניתן לצפות, כי המפעילים ידאגו לבצע בדיקות ייחודיות בתדירות מתקבלת על הדעת, לגבי מכלולי כן הנסע, כיוון שחלק עיקרי מהם נסתר מהעין בבדיקה רגילה. מבלי להפחית מאחריות המשפץ, עלה בפגישה, כי הקורוזיות בכך הנסע נראות לעין רק אם מתכופפים אל מתחת לכך הנסע, במטרה למצוא קורוזיה, פעולה שאינה מוזכרת או נדרשת בהוראות התחזוקה. לפיכך, ייתכן שאם הייתה מתבצעת בדיקת ראייה כזו, ע"י המפעיל, מעבר לנדרש בהוראות האחזקה, אפשר שהאירוע היה נמנע.

סיכום הפגישה המסכמת

לאור הכשל החמור, והממצאים שהתגלו במהלך החקירה, נותרו שאלות שלא ניתן היה לבררם אלא פנים אל פנים, עם הגורמים הטכניים, של יצרן המטוס, יצרן כן הנסע ומשפץ כן הנסע.

כבר בתחילת החקירה וחקר השבר, הוברר, כי מדובר בכשל התעייפות, של חלקים, במנגנון מכני, עשוי מתכות. אולם, במהלך החקירה, והבדיקות במעבדת הכשל, בארץ ובאנגליה, הוברר, כי לא מדובר בתהליך כשל "טבעי", אלא בכשל שמקורו בתהליך הייצור או השיפוץ של כן הנסע. על מנת לברר את הסוגיות הללו, נקבעה הפגישה באנגליה.

כן הנסע שכשל עבר שיפוץ בשנת 2007, בעת שהמטוס הופעל באיי סיישל. בעת ההרכבה היו לכך הנסע 26,197 נחיתות, ומאז ועד לתאונה צבר עוד 5,620 נחיתות. כשל כן הנסע אירע בשליש לערך ממספר הנחיתות שנקבעו ע"י היצרן בין שיפוצים. הדבר יכול להצביע על כך, כי היה ליקוי כלשהו בביצוע השיפוץ של כן הנסע השמאלי. כפי שהוברר בחקירה, מדובר במקרה של שבר בכך נסע בתוך תקופת ה - TBO. מאחר שישנם כני נסע אחרים, הנמצאים כיום בשימוש, שלא יושמו בהם הציפי והאיטום הנדרשים, קיים חשש, כי מקרה דומה עלול להתרחש פעם נוספת. החברה אשר ביצעה את השיפוץ השני, יידעה את חברת MBD, כי קיימים שלושה מכלולי זרועות של כני נסע (מספר סידורי: DRG327, DRG175, NAB1974796) אשר שופצו, ואין כל הוכחה/אישור לגביהם, כי בוצעו בהם ציפוי הקדמיום והאיטום הנדרשים. שני כני נסע מתוך השלושה שופצו בשנת 2003 וכך נסע אחד שופץ בשנת 2008. חשוב לציין, כי יצרן המטוס ויצרן כן הנסע התחייבו לפרסם, לכל מפעילי סוג מטוס זה בעולם, הנחיות ואזהרות מתאימות בנושא.

לאחר העברת נתוני החקירה הראשוניים ליצרנים, ולאור העובדה כי רשומים אצלם עוד 3 מכלולי כן נסע החשודים כי לא בוצע בהם התיקון הנדרש, הודיע יצרן המטוס, כי הוציא עלון שירות דחוף, מספר SD-360-32-A38. בנוסף, EASA הוציאה הודעת כושר אווירי דחופה (emergency AD) מספר E - 2014-0030, המכתיבה פירוק חלקים רלוונטיים, לפני הטיסה הבאה וביצוע פעולות ביקורת לתיקון הנדרש. זאת כדי לאתר את כני הנסע החשודים שלא בוצע בעת שיפוצם ציפוי קדמיום, וליישם תכנית החלפה לכני נסע אלה שתכלול לוח זמנים שיבטיח כשירות המטוס טרם ההחלפה.

2.4. תרחיש הכשל הטכני

פעילות המשפץ – מהחקירה עולה, כי המשפץ לא השלים במהלך שיפוץ כן הנסע, את שלבי הציפוי הנדרשים לתותב, צפוי קדמיום, וכן לא יישם את האיטום הנדרש שבין התותב לקדח זרוע מכלול כן הנסע.

כתוצאה מכך, התפתחו בין חלקי המתכת השונים תהליכים חשמליים ואחרים, אשר גרמו לתחילת תהליך של קורוזיה אשר גרמה לסדקי התעייפות ולקריסת כן הנסע.

הסביבה הימית - בה פעל המטוס באיי סיישל, תרמה להאצת תהליך השיתוך, בשל העדר איטום מתאים בין התותב של ציר הגלגל לקדח מכלול הזרוע, ובשל העדר ציפוי קדמיום על התותב.

התפתחות הכשל - הכשל התפתח במשך מספר שנים, כתוצאה מכך שבהעדר השלמת השיפוץ כנדרש, בציפוי ואיטום מתאימים, הותנע תהליך קורוזיה בין חלקי המתכת, שהתפתח למנגנון התעייפות שבעקבותיו החלה להיסדק הזרוע עד שכשלה.

3. מסקנות

- 3.1 **התאונה מסווגת אישי-טכני של המכון המשפץ**, התבטאה בכשל טכני של כן נסע ראשי וקריסתו בשלב פינוי המטוס את המסלול. הכשל הטכני ארע **עקב ביצוע לקוי של תיקון ושיפוץ מכלול כן הנסע השמאלי**, בעטיו לא ייושמו כנדרש ציפויי הקדמיום והאטימות שנדרשו ע"י היצרן, להגנת המכלול מפני קורוזיה, כמובא להלן:
- ☒ **ציפוי קדמיום של ה- AXLE BUSH בזמן ששופץ.**
- ☒ **חומר אטימה רציף, בין ה- AXLE BUSH לבין הקדח המרכזי של זרוע הגלגל.**
- 3.2 **המשפץ כשל ביישום הוראות היצרן לשיפוץ כן הנסע, ובניגוד לפעולות שביצע, ציין בגיליונות העבודה, כי כל הפעולות בוצעו כהלכה עפ"י הוראות היצרן.** כתוצאה מכך, נסללה הדרך לכשל הטכני, תוך שבעלי המטוס, הוטעו באשר קיבלו לידיהם גיליונות עבודה חתומים, מהם ניתן היה להבין, כי כל פעולות השיפוץ בוצעו באופן מלא ועפ"י הוראות היצרן.
- בעקבות החקירה התברר בבדיקת הניירת של המכון המשפץ, כי בשלוש זרועות נוספות אפשר שנעשו אותן הטעויות של שלב הציפוי והאיטום ויצרני המטוס וכני הנסע פרסמו הנחיות ואזהרות בנושא.
- 3.3 **השבר התפתח בתהליך כשל במשך פרק זמן ארוך מאוד**, בו הופעלה על החלק קורוזיית מאמצים והתעייפות שהתניעו את תהליך הכשל.
- 3.4 **אפשר שתפעול המטוס באווירה ימית, בהיותו מופעל באיי סישל, זירז את תהליך הקורוזיה, ובסופו של דבר את הכשל הסופי.** עם התפשטות הקורוזיה, החל להיווצר בחלק שכשל סידוק, שהתפתח וגדל עם הזמן, עד שנבקע לבסוף.
- הערה: היצרן לא פרסם הנחיות מיוחדות או שונות, לתפעול ולאחזקה של המטוס בתנאי סביבה ימית, או מדברית.
- 3.5 **ממצאי הבדיקה הטכנית של כן הנסע הימני (שלא כשל), מצביעים על כך, כי נמצאה בו קורוזיה חיצונית ניכרת, באותם האזורים כמו בכך הנסע שמאלי. יחד עם זאת בשל הימצאות ציפוי ואיטום כנדרש בחלקים הפנימיים, נמנעה היווצרות קורוזיה פנימית וכשל דומה.**
- 3.6 **מיקום השבר ומקורו בכך הנסע, היה נסתר מהעין, כך שלא ניתן היה בבדיקה יומית רגילה או בבדיקה לפני טיסה, לאתר מנגנון כשל בהתפתחות. יודגש, כי גם היצרן לא נתן דעתו על הצורך להעמיק בבדיקה של אזור כן הנסע הנסתר מהעין.**
- 3.7 **המפעיל ביצע את הבדיקות שנקבעו בהוראות התחזוקה של היצרן לגבי כני הנסע, אשר לא חייבו לבצע בדיקות ראייה מתחת לכני הנסע. אילו היו מבצעים בדיקות ראייה שכאלו, תוך התכופות אל מתחת לכך הנסע והתמקדות באזור החשוד, אפשר שהקורוזיה הייתה מתגלית קודם התרחשות הכשל הסופי.**

3.8 פעולות צוות הטיסה לאחר האירוע, התנהלו באופן רגוע ומקצועי, והנוסעים הורדו בעוד המטוס על המסלול, מבלי שאיש מהם או מהצוות נפגע או נזקק לטיפול רפואי או לטיפול אחר.

3.9 העדר אמצעי שינוע ופינוי מטוס עכבו באופן משמעותי את פינוי המסלול וגרמו לסגירתו לתפעול משך מספר שעות.

4. המלצות

4.1 לבחון הצורך ביישום סדרת בדיקות מיוחדות למטוס המגיע מחו"ל כ-"יד-שניה", תוך שימת דגש על עברו התחזוקתי ואתרי תפעולו בעבר, עם שימת דגש לסביבת הפעלה בעייתית, כמו אווירה ימית משמעותית.

אחריות: מנהל רת"א מועד ביצוע מומלץ: 1.5.2014

4.2 לבחון מחדש את תכולת הביקורות היומיות והתקופתיות, ולשלב בהן בדיקת ראייה של חלקו התחתון והפנימי של כן הנסע, ובכל מקרה שבו יראו כתמים זרים או מראות חריגים, לדווח על כך ללא דחוי.

אחריות: מנכ"ל חב' "עיט" מועד ביצוע מומלץ: 1.7.2014

4.3 לבחון את היערכותם של שדות התעופה המופעלים ע"י רש"ת לפינוי מהיר ויעיל של כל סוגי המטוסים הפועלים בכל אחד מהשדות, בהתאמה ולהצטייד ולהיערך בהתאם.

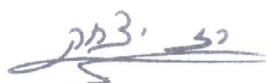
אחריות: מנכ"ל רש"ת מועד ביצוע מומלץ: 1.10.2014

4.4 לפעול מול הנהלת משרד התחבורה להגדרתו של נוהל שיאפשר לחוקר הראשי, עפ"י שיקולו ותחת ביקורת תקציבית מתאימה, להוציא מידית חוקרים לחקירה בחו"ל, הן כמענה מידי לתאונה שהתרחשה והן לקידום חקירה בהמשך (ההמלצה מיישמת את כוונת חוק הטיס והמלצות ICAO בנושא).

הערה: בחודש האחרון הוגדר פתרון מסוים שיעילותו תיבחן בהמשך.

אחריות: החוקר הראשי מועד ביצוע מומלץ: 1.8.2014

ב ב ר כ ה,



עו"ד רוז יצחק, (רוצ'יק)
החוקר הראשי

סימוכין: 20320112

תאריך: 24.3.2014

החזרת חפצים שנתפסו במהלך חקירה בטיחותית

בהתאם לסעיף 114(ב)5 – (7) לחוק הטיס, התשע"א – 2011, החוקר הראשי יחזיר חפצים שנתפסו, למעט שברי כלי טיס, תוך 45 ימים ממועד פרסום דו"ח החקירה הסופי. החפצים יוחזרו לידי מי שמידיו נתפסו החפצים, או לידי בעליהם. שברי כלי טיס לא יוחזרו אלא לבקשת בעליו של כלי הטיס ועל חשבונו. בקשה להשבתם יש להגיש לחוקר הראשי, לא יאוחר מ- 45 ימים ממועד פרסום הדוח.
אדם המעוניין, כי חפצים שנתפסו לא יוחזרו לידי בעליהם, רשאי להגיש בקשה מתאימה לבית משפט השלום, שבתחום שיפוטו נתפס החפץ.