

דוח חקירה בטיחותית סופי (דוח ממצאים)

תיק תאונה מס' 126-18

- השתבשות נחיתה וקריסת כן נסע ימין -

4.12.2018	בתאריך
EXTRA 300 L	כלי הטיס
4X-CXY	סימן רישום
מנחת מגידו	מקום האירוע

למען הסר ספק, המסמך אינו דוח סופי מטעם משרד החוקר הראשי ולא חלות על תוכנו ההגנות הקבועות בחוק הטיס, התשע"א-2011

לצורכי בטיחות בלבד

הדין ביחס 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 תפקידיו 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 122 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 or 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 סופי (דוח ממצאים)

תיק תאונה מס' 18-126

תקציר האירוע

ביום שלישי, בתאריך 4.12.2018, בשעה 10:30, מטוס מדגם E 300 – L, המופעל ע"י מגידו תעופה, עם טייס ונוסע, הגיע לגישה לנחיתה על מסלול 27 במנחת מגידו. בסיום הגישה, המטוס נגע בתחילת המסלול, מעט אחרי הזברה, נראה מבצע פניות קלות, ובתוך מספר שניות, סטה בחדות שמאלה, תוך שכן נסע ימין קרס ונשבר. המטוס נעצר על המסלול, קרוב לשולו השמאלי ושני שוכני המטוס, שלא נפגעו, נחלצו מהקוקפיט בכוחות עצמם. החוקר הראשי שדווח על האירוע, שלח למקום חוקר מטעמו, לבדיקת נסיבותיו, ואישר לפנות את המטוס מהמסלול.



המטוס נשוא התאונה

1. מידע עובדתי

1.1 היסטוריה של הטיסה

הטיסה המקדימה

ביום שלישי, בתאריך 4.12.2018, סביב השעה 08:00, טייס המריא ממנחת מגידו לטיסת אימון עם מטוס מסוג EXTRA 300 L המופעל ע"י "מגידו תעופה". בשעה 08:45, בתום טיסה של 45 דקות, הטייס שב למגידו, נחת ללא אירועים חריגים וללא התראות חיווי, הסיע את המטוס לחנייה והעביר אותו לטייס התאונה שהמתין במקום.

טיסת התאונה

טייס התאונה (להלן: "הטייס"), הזמין את המטוס, לאותו הבוקר, למטרת טיסת היכרות לטייס נוסף (להלן: "טייס היכרות") שהתעניין בביצוע הסבה על המטוס. לאחר שהמטוס שב מטיסת הבוקר הראשונה, הטייס בדק את המטוס, במסגרת ההכנות לטיסה. לאחר סיום הבדיקות החיצוניות, הטייסים נכנסו לקוקפיט, כאשר הטייס במושב האחורי, ויצאו לטיסה.

סביב השעה 10:30, בסיום טיסת ההיכרות, שהתנהלה ללא אירועים חריגים, הטייס חזר למנחת מגידו והצטרף להקפה לנחיתה על מסלול 27. באותה העת נשבה במקום רוח מכיוון 210 בעוצמה של 15 - 10 קשר, עם משבים של 20 קשר.

הטייס ביצע גישה למסלול 27 ונגע בתחילת המסלול. מיד עם התחלת ריצת הנחיתה, המטוס סטה מעט שמאלה, ובניסיונו של הטייס ליישר לציר המסלול, המטוס סטה ימינה מציר המסלול ובהמשך פנה בחריפות שמאלה, תוך קריסה של כן הנסע הימני ופגיעה של קצה כנף ימין והפרופלור במסלול, ונעצר לאחר 12 מטר, לערך, משמאל למרכז מסלול, עם מנוע כבוי.

שני שוכני המטוס, לא נפגעו באירוע, ולאחר שהטייס סגר ברז דלק וכיבה מפסקים הם יצאו בכוחות עצמם מהקוקפיט.

במהלך האירוע, כן נסע ימין קרס ונשבר, שלושת להבי הפרופלור נפגעו בקצותיהם, והקצה התחתון של כנף ימין השתפסף.

הטייס דיווח על התאונה, למפעיל, והחוקר הראשי שעודכן על ידו שלח למקום חוקר מטעמו לבדיקת נסיבותיה. מיד אח"כ, החוקר הראשי שוחח עם הטייס, קיבל צילומים מאתר התאונה ואישר לפנות את המטוס מהמסלול.

1.2 המעורבים

הטייס

- גיל – 64.
- רישיון ATPL (קברניט באל-על).
- תעודה רפואית - בתוקף, עד 16.12.2018.
- ניסיון טיסה כללי - סביב 22,000 ש"ט.
- ניסיון על מטוסי גלגל זנב - סביב 200 ש"ט.
- ניסיון על EXTRA 300 - סביב 70 שעות, מתוכן 20 ש"ט בהסבה בחו"ל.

הנוסע (טייס ההיכרות)

- טייס GA + אז"מ.
- הגיע לטיסת היכרות מתוכננת מראש, לפני התחלת קורס אירובטי על המטוס נשוא התאונה.

1.3 המטוס

- יצרן המטוס – EXTRA FLUGAEUGB.
- דגם המטוס - EA 300 L.
- משקל מרבי – 950 ק"ג.
- מנוע – LYCOMING.
- שני הגלגלים הראשיים מורכבים על קשת אחת, עשויה מחומרים מרוכבים, המהווה למעשה את שני כני הנסע הראשיים.
- מהירויות:
- המראה - רוטציה ב - 65 קשר וניתוק ב - 80 קשר.
- נחיתה - פיינל 85 – 80 קשר, נגיעה 65 - 60 קשר.
- הזדקרות - 60 קשר.

1.4 נתוני מז"א

- ראות - טובה.
- רוח - מכיוון 210-220, עוצמה 10-15 קשר, עם משבים שסביב 20 קשרים.
- טמפ' - 20 מעלות צלזיוס.
- עננות - BKN-SCT.
- לחות - 56%.

1.5 ממצאים באתר התאונה

☒ מיקום המטוס ומצבו בתנוחתו הסופית

- ✓ המטוס בתחום השליש הראשון של מסלול 27, במרחק 405 מטר מתחילתו, משמאל לציר המסלול ובסמוך לשולו השמאלי.
- ✓ המטוס נעצר בכיוון כללי 150, נתמך על קצה כנף ימין, כאשר כן הנסע הימני שבור.

☒ סימנים על המסלול

- ✓ סימני בלימה חריגים, כולל התרחבות חתך פרופיל צמיג ימין וסימני גלגל שמאל, באורך שמעל 70 מטרים.
- ✓ סימני חיכוך מתכתיים וחריצים בהמשך לציר הקריסה וסטיית המטוס שמאלה.
- ✓ סימני שפשוף בצבעי המטוס בחלקו השמאלי של המסלול מעבר לציר המסלול.



מיקום המטוס במרחק 405 מטר מתחילת מסלול 27



סימן ההחלקה של גלגל ימין על המסלול

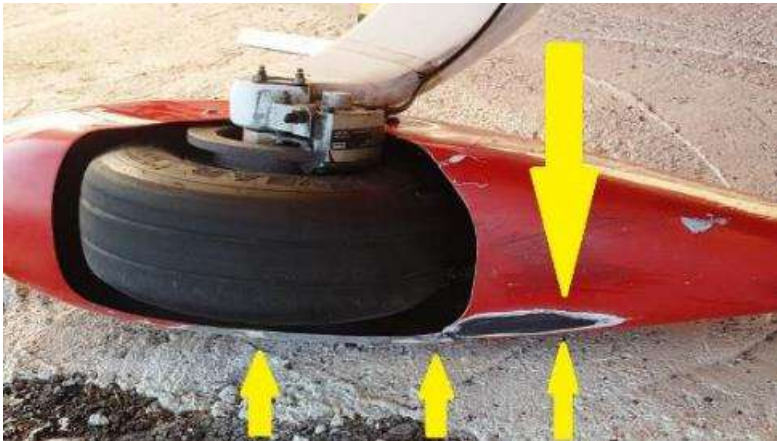


המטוס בתנוחתו הסופית באתר התאונה (מבט לכיוון 270)

נזקים למטוס ☒

- ✓ שבר כן הנסע הימני שקרס פנימה.
- ✓ נזק בקצות שלושת להבי הפרופלור.
- ✓ שפשופים חזקים בקצה התחתון של כנף ימין.
- ✓ סימני כפיפה על דוושות הנוסע, במושב הקדמי.
- ✓ סימני שמן על חיפוי כן הנסע - יאובחן אחרי הפירוק בלמים.

כן נסע ימין וסימני השפשופים בחיפוי



קריסת כן הנסע



1.6 הקלטת מצלמת ה - GoPro

במטוס נמצאה מצלמת GoPro, שהותקנה בצידה השמאלי הקדמי של השמשה. המצלמה הותקנה, לפני הטיסה, ע"י הנוסע שישב במושב הקדמי. להלן נתוני פענוח ההקלטה עפ"י סדר כרונולוגי של האירועים בגישה ובנחיתה:

<u>זמן יחסי</u>	<u>האירוע</u>
00:00 -	פנייה לפינל.
00:04 -	לקראת התיישרות ב - Overturn בצד ימין למסלול.
00:12 -	תחילת פיינל, תיקון שמאלה לציר מסלול, גישה מעט תלולה.
00:15 -	התיישרות בפיינל 80 קשר.
00:17 -	אמצע פיינל, תיקון נוסף שמאלה לציר מסלול 85 קשר.
00:26 -	פיינל קצר, נמוך, בציר המסלול, פתיחת מנוע לתיקון, 70 קשר.
00:30 -	לפני חציה בציר מסלול.
00:32 -	חציית מסלול 68 קשר.
00:34 -	בהצפה אף לרוח.
00:37 -	נגיעה 65 קשר.
00:39 -	לאחר נגיעה, אף סוטה שמאלה.
00:40 -	תחילת תיקון ימינה.
00:43 -	במהלך תיקון ימינה הסבסוב די חזק, נשמעת חריקת צמיג, 50 קשר.
00:43.5 -	אף מצביע ימינה מחוץ למסלול, מטוס באמצע צד ימין של המסלול, תחילת תיקון שמאלה.
00:44 -	מטוס בסבסוב חזק שמאלה, תחילת איבוד שליטה.
00:46 -	נקודת שבירת כן נסע ימין.
00:48 -	מטוס מפיל אף, מרחף פוגע בקרקע והמטוס נעצר.

2. ניתוח

מדובר בתאונה של מטוס עם גלגל זנב שארעה במהלך ריצת נחיתה לאחר נגיעה מסודרת במסלול. כבר מבדיקת הממצאים הראשוניים, כולל הקלטת מצלמת GO PRO שהייתה במטוס, היה ברור לצוות החקירה שהתאונה קשורה באובדן שליטה כיוונית האופיינית לתפעול מטוס עם גלגל זנב. לפיכך, החקירה התמקדה בהיבט התפעולי, תוך שלילת האפשרות לגורם עיקרי או תורם של כשל טכני.

2.1 ממצאים באתר התאונה

בבדיקת המסלול, לא זוהו סימנים חריגים בנקודת הנגיעה, המשוערת, של המטוס ובמהלך הריצה, הסטייה הראשונה שמאלה והתיקון ימינה. במרחק 405 מטר מתחילת המסלול, זוהו בברור סימני הפנייה החריפה של המטוס שמאלה שהסתיימה בכשל כן הנסע הימני, כדלקמן:

- ✓ סימני בלימה חריגים, כולל התרחבות חתך פרופיל צמיג ימין, המצביעים על שינוי זווית הגלגל במהלך קריסת כן הנסע בכיוון פנימה. עד לשני המטרים האחרונים לא נמצאו סימנים של גלגל שמאל, אלא רק לקראת העצירה הסופית.
- ✓ סימני צבע של החלק התחתון של קצה כנף ימין, המצביעים על סבסוב חריף ומהיר שמאלה, שגרם לירידת כנף ימין.
- ✓ סימני שפשוף בצבעי המטוס בחלקו השמאלי של המסלול מעבר לציר המסלול, המתאימים לסימני השחיקה שזוהו על חיפוי גלגל ימין.
- ✓ סימני חריצים במסלול, במקביל לסימני הצבע, התואמים סימני שפשוף שנמצאו על "קליפר" מעצור גלגל שמאל ומצביעים על תזמון זהה של היווצרות סימנים אלה.
- ✓ סימני גלגל שמאל שנגרר על המסלול במהלך ה – GROUND LOOP הסופי.

2.2 האפשרות לכשל טכני מקדים ו / או בשילוב עם כשל התפעולי

- ✓ המטוס נבדק וטס בטיסת בוקר מקדימה, של טייס אחר, מבלי שדווח על בעיות חריגות בכני הנסע.
- ✓ טייס התאונה, בדק את המטוס לפני הטיסה, ובהמשך הוא הסיע והמריא מבלי שחש בבעיה חריגה בכני הנסע.
- ✓ נגיעת הנחיתה במסלול הייתה תקינה ורכה.
- ✓ חתך השבר של כן הנסע, עשוי מחומרים מרוכבים והוא נמצא נקי, ללא סימנים של תחילת שבר / סדק מוקדם.
- ✓ אופי כשל כן הנסע, בכיוון פנימה, בשילוב עם הסימנים שנמצאו על המסלול, מצביעים על "החלקה" כגורם הכשל העיקרי.

✓

קריטריונים, לעמידה בעומסים, בתכנון כני נסע:

❖ העומס העיקרי על פיו כן הנסע מתוכנן, הוא בעיקר הכוח האנכי הפועל בעת הנגיעה במסלול.

❖ עומס משני שכן הנסע מתוכנן לשאת נגרם, בין השאר, עקב כוחות צד נמוכים שעלולים להתפתח בעת נחיתה, בהחלקה קלה.

❖ החלקה קשה, בעת נחיתה, יוצרת כוח צדי משמעותי, במשטח המגע שבין מדרס הצמיג והמסלול. כוח זה, בכפולת המרחק הגדול יחסית, בין נקודת פעולתו לזרוע כן הנסע יוצר מומנט כפיפה גדול שתוצאתו מאמץ החורג ממגבלות החוזק על פיהן תוכנן כן הנסע.

מסקנה: בהתייחס לנתונים הנ"ל, האפשרות לכשל טכני נשללה בסבירות גבוהה.

2.3 מטוס גלגל זנב

תצורה

❑ מערכת כני הנסע כוללת שני כני נסע ראשיים מלפנים וגלגל זנב מאחור.

❑ מרכז הכובד של המטוס נמצא מאחורי כני הנסע הראשיים.

תכונות ייחודיות

❑ מבנה גוף המטוס הינו בדרך כלל קל משקל, וכני הנסע קבועים (לא מתקפלים).

❑ במצב קרקעי (שלוש נקודות) המטוס נמצא בזווית גוף גבוהה (מעל זווית ההזדקרות) והראות מוגבלת עקב הסתרת שדה הראיה קדימה ע"י האף (המצב חריף יותר במטוסים בהם הטייס מטיס מהמושב האחורי).

❑ ההסעה במטוס מתבצעת ב"אסים" עקב מגבלת שדה הראיה קדימה.

❑ בגישה לנחיתה, שדה הראיה קדימה מוגבל, במיוחד במטוסים ללא מדפים או בגישה לנחיתה ללא מדפים.

❑ גלגל הזנב מחובר לדושות הגה הכיוון באמצעות כבלים וקפיצים ומסייע בהיגוי הקרקעי, לשליטה כיוונית.

❑ הגה הכיוון, במצב קרקעי, אינו יעיל (עקב זרימת אויר נמוכה ומשטח הגה קטן יחסית), דבר המחייב שימוש בבלמי כני הנסע הראשיים ובהיגוי גלגל הזנב המופעל באמצעות דושות הגה הכיוון.

❑ המטוס לא יציב על הקרקע, בסבסוב, עקב הימצאות מרכז הכובד מאחורי הגלגלים הראשיים. המטוס עלול להתבדר, כיוונית, עד אובדן שליטה במהלך נחיתה או הסעה, במידה שווקטור המהירות של המטוס, בהחלקה, חורג מקו הגלגלים הראשיים ו/או כאשר נוצר מומנט סבסוב הגדול מהמומנט הנוצר ע"י הגה הכיוון ו/או שילוב של שניהם.

הערה: ישנם פתרונות שונים במטוסים, להגברת היציבות בנחיתה, תוך היעזרות בגלגל הזנב.

- ☒ טכניקות הנחיתה העיקריות הן שלוש נקודות או Wheeler (ראה בהמשך).
- ☒ שימוש חריף בבלמים, במהלך הסעה ו/או בנחיתה, עלול לגרום למטוס להרים זנב, לפגוע במדחף ולהיעמד על האף.

נחיתה במטוס עם גלגל זנב

מקובלות שתי טכניקות גישה ונחיתה עיקריות:

- ☒ טכניקת שלוש נקודות.
- ☒ טכניקת Wheeler.

טכניקת שלוש נקודות

לאחר חציית המסלול, הטייס מבצע שבירת גלישה בגובה נמוך, עד הגעה למצב של זווית גוף הקרובה לזווית ההזדקרות. במצב זה המטוס שוקע ללא כוח מנוע ונוגע בקרקע בשלושת הגלגלים יחד (או בגלגל זנב קודם) ונתיישב על המסלול. הטייס עוזר לעצירה בבלמים, תוך שמירת "סטיק לבטן" כדי שהזנב לא יתרומם. במהירות הסעה, הטייס ממשיך בהסעה ומפנה את המסלול.

נחיתה ברוח צד בטכניקת שלוש נקודות

מטוס גלגל זנב רגיש הרבה יותר לרוח צד, דבר המחייב תיקון מוקדם לרוח צד. הגישה מבוצעת תוך שמירת ציר אורך המטוס מקביל לציר מסלול הנחיתה, תוך הורדת כנף לתיקון סחיפת הרוח (מצב החלקה).

בחציית תחילת המסלול, שבירת הגלישה מבוצעת תוך שמירת ציר אורך המטוס מקביל לציר המסלול וכנף נמוכה לרוח הצד והנגיעה מתבצעת על גלגל ראשי אחד (בצד הרוח) וגלגל הזנב. עם ירידת המהירות, המטוס "מתיישב" גם על הגלגל הראשי של הצד השני.

עקב יעילות הזנב הנמוכה, קיימת חשיבות יתר למנוע התפתחות של סבסוב ו/או החלקה בנחיתה.

הערה: ניתן גם לבוא לנחיתה עם אף לרוח ולתקן את הסחיפה, עקב הרוח, בחציית מסלול, אך גישה זו מחייבת ניסיון רב של הטייס וטומנת בחובה גם סכנה של איבוד יציבות על המסלול, במידה שהתיקון לרוח לא מדויק, ומתחיל להיווצר סבסוב ותיקונים לסבסוב, עד לאובדן שליטה כיוונית וביצוע Ground Loop. במידה שמתחיל להתפתח סבסוב, נכון לפתוח מנוע, ללכת סביב ולחזור בגישה מסודרת יותר לנחיתה.

הערה: פתיחת המנוע מגדילה מאד את יעילות הגה הכיוון, עקב הזרימה הנוצרת מהמדחף.

טכניקת Wheeler

נחיתה בטכניקה זו מחייבת מסלול ארוך יותר מאשר בנחיתה בטכניקת שלוש נקודות. בטכניקת זו, שדה הראיה קדימה, בגישה לנחיתה, טוב, אך הטייס מחויב למיומנות גבוהה יותר ולניסיון רב יותר על המטוס. לאחר חציית תחילת המסלול, הטייס מבצע שבירת גלישה בגובה נמוך. כאשר המהירות גבוהה יחסית, אין כמעט שקיעה ומצב האף נמוך, הטייס מאפשר למטוס לגעת במסלול עם הגלגלים הראשיים וממשיך לרוץ, תוך שמירת כיוון עד שהמהירות יורדת וגלגל הזנב נוגע במסלול. המשך העצירה מבוצע בדומה לטכניקת שלוש הנקודות.

נחיתה ברוח צד בטכניקת Wheeler

הגישה מבוצעת תוך שמירת ציר אורך המטוס מקביל לציר מסלול הנחיתה, תוך הורדת כנף לתיקון סחיפת הרוח (מצב החלקה).

בחציית המסלול, שבירת הגלישה מבוצעת תוך שמירת ציר אורך המטוס מקביל לציר המסלול וכנף נמוכה לרוח הצד, הנגיעה מתבצעת על גלגל ראשי אחד (בצד הרוח). עם ירידת המהירות, המטוס "מתיישב" על גלגל הזנב והגלגל הראשי בצד השני.

עקב יעילות הזנב הנמוכה, קיימת חשיבות יתר למנוע התפתחות סבסוב/החלקה בנחיתה.

במידה שמתחיל להתפתח סבסוב, נכון לפתוח מנוע, ללכת סביב ולחזור בגישה מסודרת יותר לנחיתה.

הערה: פתיחת המנוע, מגדילה מאד את יעילות הגה הכיוון, עקב הזרימה הנוצרת מהמדחף,

2.4 נחיתה עם המטוס Extra 300

תצורת המטוס, נשוא האירוע, Extra 300

הינו מטוס גלגל זנב בעל התכונות שלהלן:

- מטוס אירובטי בעל מנוע חזק מאד.
- כנף סימטרית ללא מדפים.
- כני נסע ראשיים ללא משככים.
- בטיסת יחיד המטוס מוטס מהכיסא האחורי.
- יעילות הגה הכיוון, ללא כוח מנוע, נמוכה מאד.

נחיתה עם המטוס Extra 300

הנחיתה במטוס זה מתבצעת, במרבית המקרים, בטכניקת שלוש נקודות. נחיתה Wheeler מחייבת מיומנות גבוהה ומסלול ארוך בהרבה, עקב החוסר במדפים, מהירות הגישה לנחיתה גבוהה (85 - 80 קשר). עקב מגבלת שדה הראיה קדימה, בהטסה מהמושב האחורי, הטייס מבצע גישה בזווית לציר המסלול ובהחלקה. הגישה לנחיתה, ללא מנוע, היא בזווית תלולה יחסית, עקב יחס הגלישה הנמוך יחסית של מטוס זה. בחציית תחילת המסלול, הטייס צריך לתקן לציר המסלול, תוך שבירת הגלישה. עקב היעילות הנמוכה של הגה הכיוון במהירות הנגיעה (המבוצעת לא מנוע), חשוב לגעת בשלוש נקודות, או עם גלגל הזנב קודם, כדי להגביר את היציבות הכיוונית. כוח המנוע החזק מאפשר ללכת סביב בכל שלבי הנחיתה.

נחיתה ברוח צד

הנחיתה ברוח צד הינה קשה יותר ובעייתית יותר עקב היעילות הנמוכה של הגה הכיוון, ללא כוח מנוע. בגישה יש לבוא בזווית לציר המסלול, לצורך הראות קדימה, וגם לתקן לרוח הצד / גישה עם אף לתוך הרוח, נותנת מענה לבעיית הראות קדימה, אך מחייבת דיוק, לאחר חציית תחילת המסלול, בתיקון לציר מסלול ולרוח במקביל. במצב זה, המטוס, הוא בעל רגישות נמוכה לתיקון כנגד רוח הצד, אך בעל רגישות גבוהה יותר, כתלות בעוצמת רוח הצד, לתיקון לתוך הרוח (הגה הכיוון ורכיב הרוח תורמים יחד לתיקון), דבר, שבקלות יכול להביא להתבדרות ולאובדן השליטה במטוס, בכיוון הרוח. יש להקפיד על כך שהנגיעה תעשה עם גלגל הזנב (לפני או יחד עם כן הנסע הראשי) כדי להגביר את יציבות הכיוון. נכון יותר (אך קשה יותר) לבוא עם תיקון יתר ביחס לרוח, כך שניתן לראות את המסלול עם תיקון היתר הכיווני, ולהוריד כנף לתוך הרוח לשמירת ציר המסלול. עם חציית המסלול, המטוס כבר עם תיקון לרוח ובציר המסלול, ויש להוציא רק את תיקון היתר.

הליכה סביב

למטוס כוח מנוע חזק המאפשר הליכה סביב בכל שלבי הנחיתה. יש לשים לב שפתיחת הכוח מחייבת הכנסת רגל עקב הסבסוב הנובע מזרם המדחף. ללא הכנסת הגה כיוון מתאימה, המטוס יבצע סבוב שמאלה, תוך הרמת כנף ימין, עם אפשרות של גלגול ואובדן שליטה. המצב חמור במיוחד, כאשר רוח הצד באה משמאל ותורמת לסבסוב הנוצר מהמדחף. במצב כזה, הגישה עם תיקון יתר לרוח, יותר בטוחה ובמצב של צורך בהליכה סביב, אנו נמצאים כבר עם התיקון לסבסוב.

2.5 במהלך החקירה, הטייס, בסיוע טייס אחר מחו"ל, העלה אפשרות לכשל במערכת הבלמים של גלגל שמאלי שאפשר שגרם לסטייה שמאלה.

בדיקת מערכת הבלמים בוצעה בנוכחות החוקר הראשי וצוות החקירה. בלם שמאלי פורק בשלב ראשון ונמצא, כי שני התותבים שהיו צריכים להיות מודבקים לתושבת קיר הברקס נתלשו ממקומם כתוצאה מהעומס הרב שהופעל עליהם בעת התאונה.

השוואת צירי גלגל R + L להמחשת מיקום התותבים המנותקים



תקריב של זווית חיכוך בלם שמאל במסלול



בוצעה בדיקה השוואתית של המכלולים מול בלם ימין, אך לא נמצאו הבדלי מידות בחלקי הרפידות ושאר מרכיבי הבלמים, למעט הנזק התוצאתי עקב התאונה. עפ"י כיון סימני השפשופים, סביב 45 מעלות בצדו של בלם שמאל ומיקום הבלם בפועל מראה, כי התרחשה פתיחה צידית ומסיבית של כן הנסע בסיום ריצת הנחיתה בעת קריסת כן הנסע הימני.

סיכום

בעקבות פרוק הבלמים ובדיקתם הועלתה סברה כי בלם שמאל לא תפקיד כראוי אך אפשרות זו נשללה ע"פ הממצאים הסופיים של בדיקת מכלולי הבלמים.

2.6 ניתוח סרט ההקלטה

הטייס הגיע לנחיתה בגישה רגילה, מעט לא יציב בפינל, עם תיקונים לציר מסלול, חציית תחילת המסלול ושבירת גלישה – אלו נראו תקינים.

לאחר הנגיעה התפתח סבסוב קל שמאלה, שתוקן מעט חריף, תוך שנשמעה חריקת צמיג. התיקון ימינה הביא את המטוס עד לרבע צדו הימני של המסלול (אמצע צד ימין של המסלול). בשלב זה, בוצע תיקון די חריף, שהביא לסבסוב חזק שמאלה והמשיך לאובדן שליטה בצידוד. עקב הסבסוב, נגרם עומס צדי חזק על כן נסע ימין שהביא לשבירתו ובהמשך להפלת אף ופגיעת המדחף בקרקע. משך האירוע, מתחילת התיקון ימינה ועד קריסת כן הנסע, היה סביב שש שניות.

עפ"י דיווח הטייס, הגישה והנחיתה היו רגילים והנגיעה הראשונית הייתה עם גלגל הזנב תחילה. במהלך התיקון ימינה, הטייס לא חש במשהו חריג ובמהלך התיקון שמאלה, הוא השתמש גם ברגל וגם בבלם ימין, אך לא הצליח לעצור את הסבסוב. בבדיקה קרקעית של הבלמים, נמצאה אנומליה מסוימת בבלם שמאל, אשר לא ברור באיזה שלב קרתה והאם הייתה לה השפעה על האירוע.

להלן שלבי האירוע בתמונה מתוך הקלטת מצלמת הקוקפיט:



תחילת פינל - תיקון לציר מסלול



התיישרות בפינל באוברטרן



התיישרות בפינל בצד ימין - 80 קשר



אמצע פינל תיקון נוסף לציר מסלול – 86 קשר



פינל קצר נמוך - פתיחת מנוע - 70 קשר



תיקון לרוח לקראת חציית מפתן מסלול



חציית מפתן מסלול - 68 קשר



הכנסת אף לרוח לקראת הנגיעה



נגיעה - 65 קשר



לאחר נגיעה תיקון ימינה - חריקת צמיג - 50 קשר



סוף תיקון ימינה - אף מצביע מחוץ למסלול - נסחף חצי מסלול ימינה – 48 קשר



נקודת שבירת הגלגל - 50 מעלות אף שמאלה למסלול – 38 קשר



מטוס מוריד אף ופגע במדחף



מטוס נעצר

2.7.1 גורמים אפשריים להתבדרות, לאובדן שליטה כיוונית בנחיתה והתוצאה

- ☒ עוצמת הרוח ששררה במהלך האירוע, הייתה 10-15 קשר עם משבים עד 20 קשר, מכיוון 210 (60 מעלות מצד שמאל).
- רוח זו היא בתחום מגבלות הנחיתה, אך יש לה השפעה לא סימטרית בהיגוי הכיווני של המטוס. בתיקון ימינה – הרוח מתנגדת לשינוי, בתיקון שמאלה – הרוח עוזרת לשינוי. לפיכך, מהירות התגובה, להיגוי ימינה ושמאלה, שונה, ומכאן גם תפעול הטייס אינו סימטרי.
- בנוסף לכך, גם משבי רוח של שינוי בעוצמת הרוח ו/או בכיוונה משפיעים על מידת האסימטריה ומהירות התגובה הכיוונית של הגה הכיוון. שינוי בכיוון הרוח ו/או בעוצמתה, המתרחש במהלך הסבסוב, עלול להחריף את ההתבדרות.
- ☒ התגובה של גלגל הזנב, עקב ההיגוי המבוצע דרך קפיצים, מתקבלת בפיגור מסוים, הן בדרישה לתנועה והן בעצירתה, כאשר, מהירות ומידת התגובה מותנים גם בעוצמת הפקודה לתיקון. תיקון סטייה של המטוס, המבוצע בחריפות, מחייב פקודה להתחלת עצירת התיקון, עוד לפני השלמתו, אחרת, הפיגור בתגובה יגרום לתיקון יתר, שיחייב פקודה חזקה יותר לתיקון ולתחילת התבדרות כיוונית, עד לאובדן שליטה כיוונית.
- ☒ נוסע, הנוגע בהגה בכיוון ו/או בבלם, במודע או שלא מודע, עלול להשפיע על יציבות הכיוון. באירוע, הסבירות שזה ארע הייתה נמוכה מאוד.
- ☒ תפעול עצבני ו/או מתן פקודות חריפות מדי, עלולים להביא לתגובה מתבדרת בכיוון המטוס.
- ☒ זמן מחזור של תגובת המטוס, לשינוי כיווני, יכול להיראות לטייס כפיגור בתגובה ולתפעול יתר של הגה הכיוון וכתוצאה מכך להגיע ל - Pilot Induce Oscillation - PIO כיווני.
- ☒ במידה שבמהלך התמרון, הטייס שחרר את כוח הסטיק המופעל אחורה, להצמדת גלגל הזנב, יציבות הכיוון קטנה משמעותית.
- ☒ תקלה טכנית, בעיקר בבלם שמאל, עלולה הייתה לתרום להתרחשות האירוע - באירוע זה לא נמצא ממצא טכני בבלם וגם לא נמצאו סימני צמיג של גלגל שמאל, התומכים בכך אלא בשלב העצירה הסופית.
- ☒ סימני גלגל ימין על המסלול מלמדים על פניה שמאלה, שהולכת ומחריפה, כנגד גלגל ימין המהווה "מעצור צידי" עד שהמבנה הקשתי של כן הנסע הימני כשל בעומס יתר, חד פעמי וכן הנסע נשבר פנימה. כתוצאה מכך, המטוס החליק רגעית לצד ימין עד שמכלול המעצור השמאלי, פנימי לגלגל, התחכך קשות במסלול ונשבר.

2.7.2 תרחיש התאונה

- ☒ הטייס הגיע בגישה רגילה ומעט לא מיוצבת לנחיתה ושבר את הגלישה באופן מסודר. בריצת הנחיתה, לאחר הנגיעה, התחיל להתפתח סבסוב שמאלה - עקב אי שמירת כיוון ו/או הפסקת/הקטנת התיקון לרוח הצד.
- ☒ הטייס תיקן מעט חריף ימינה, תוך שנשמעה חריקת צמיג במהלך התיקון, דבר שגרם לסבסוב, בקצב יחסית גדול, ימינה ולסחיפת המטוס, עד אמצע צד ימין של המסלול.
- ☒ עקב הסבסוב והסחיפה ימינה, הטייס תיקן חריף שמאלה עם הגה כיוון, כאשר גם רכיב הרוח המשמעותי משמאל תרם להחרפת הסבסוב שמאלה, והתקבל סבסוב גדול אשר הטייס לא הצליח לעצרו למרות הפעלה, בו זמנית, של בלם ימין והגה כיוון, תוך הגעה למצב של אובדן שליטה וביצוע Ground Loop.
- הערה: בסימולציה שבוצעה ע"ס הקלטות הווידאו, נראה, כי בזמן יחסי 00:44, בריצת הנחיתה, בעת שהמטוס היה בסבסוב חזק שמאלה, הטייס ביצע ניסיון תיקון שכלל הפעלת בלימה עוצמתית של גלגל ימין, תוך דחיפת רגל ימין מלאה לקבלת היגוי מרבי, מצב שגרם להחלקה משמעותית שיצרה על כן הנסע הימני עומס צדי חריג בכיוון פנימה, שכן הנסע לא מתוכנן לשאת אותו, והביא לשבירתו בכיוון פנימה.
- ☒ בחקירה ובשלב מתן התגובות, הטייס העלה את האפשרות שבעיה במערכת הבלימה של גלגל שמאל גרמה לבלימה לא רצונית ו/או לא נשלטת של גלגל שמאל ועקב כך הוא לא הצליח להתנגד לסטייה. מבלי לקבוע מהו הגורם לבעיית הבלימה הנטענת יובהר, כי מאחר שלא נמצאה עדות לבעיה כזו, הסבירות לתרחיש כזה הינה נמוכה ביותר, אם בכלל, ויובהר:
- ❖ הטייס ציין, כי בהמראה לא היו כל בעיות של בלם שמאל. בנוסף, בבדיקת המערכת לאחר התאונה, לא נמצאה עדות לתקלה.
- ❖ בלימה בגלגל שמאל הייתה אמורה להשאיר סימני עצירה על המסלול ו/או שחיקה ברורה בצמיג שמאל - לא נמצאו כל סימנים הנובעים מצמיג שמאל מחוכך או תקוע, לאורך כל מהלך הבלימה (עשרות מטרים), למעט בשלב הקצר של שבירת כן נסע ימין שבו גלגל שמאל "נמשך" הצידה ופנימה ביחס לכיוון תנועתו הרגילה.
- ❖ יש סימן רציף של גלגל ימין על המסלול שבו לא הייתה כל בעיה.
- ❖ מערכת הבלימה נמצאה שלמה. ניתן לקבוע, כי יציאת התותבים ממקומם ארעה עקב עומס יתר, חד פעמי, בשלב השבר של כן נסע ימין והגאומטריה שחוזה כן נסע שמאל עקב כך.
- ❖ תקלה בבלם שמאל הייתה מקשה מאד על התיקון החריף ימינה.


3. ממצאים עיקריים

- 3.1 התאונה מסווגת אישית צוות אוויר, עם תרומה של רכיב רוח צד, משבי, משמעותי, החלה בגישה לא מיוצבת מספיק, המשיכה בסבסוב שמאלה לאחר הנגיעה, תיקונים חריפים ימינה ושמאלה ואובדן שליטה, תוך ניסיון תיקון עם רגל ובלם והחלקה שגרמה לעומס צדי חריג, פנימה, שהביא לשבר כן הנסע הימני.
- 3.2 התרחיש הפוטנציאלי של בעיה, לכאורה, בבלם שמאל נשלל בסבירות גבוהה בהעדר עדות או סימנים המצביעים על אפשרות כזו, יחד עם תרחיש תאונה שסיבתו העיקרית היא תפעולית, הכולל הסבר מפורט של הממצאים והסימנים שנמצאו.
- 3.3 פתיחת המנוע להליכה סביב, עם הסטייה הראשונה שמאלה ו/או במהלך התיקון ימינה, הייתה מביאה להגברת יעילות הגה הכיוון ולשיפור היציבות הכיוונית והשליטה במטוס.
- 3.4 מרגע שהתחיל הסבסוב החזק שמאלה, נראה שלא היה ניתן לעצור את האירוע.
- 3.5 נחיתה במטוס גלגל זנב, בתנאי מזג אוויר עם רכיב רוח צד, מעל רוח קלה, מחייבת התייחסות מיוחדת והתארגנות מסודרת לנחיתה. במקרה הנדון, הגישה לנחיתה הייתה אמנם סבירה, אך לא מספיק מסודרת ומיוצבת.
- 3.6 במנחת מגידו, במצב של רוחות צד, ובמיוחד מכיוון דרום, שוררות גם גזירות רוח, המתאפיינות בשינויי עוצמת הרוח וכיוונה - אחד הגורמים האפשריים להתבדרות כיוונית לאחר הנגיעה.
- 3.7 בכל סטייה, אפילו קלה, לאחר הנגיעה, מומלץ שהטייס ישקול לבצע הליכה סביב ולחזור מחדש, מאורגן ומסודר יותר, לנחיתה.

4. המלצות

החוקר הראשי לא מצא ליקויים מהותיים המחייבים שינוי בהנחיות אלא להציף את הנושא כדי לתרום להגברת המודעות והעמקת התרגולים לשיפור המיומנויות והשיקולים.

ב ב ר כ ה,


עו"ד רז יצחק (רזצ'יק)
החוקר הראשי

סימוכין : 4000-0098-2018-0014152

תאריך : 16.1.2019

חזרת 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 חשבוננו. 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.