



מדינת ישראל
משרד התחבורה



מינהל התעופה האזרחית

דו"ח תאונות כלי-מיס

10/94

מס'

גאזל 341G

סוג המטוס

3.12.93

תאריך הארוע

4X-BHI

סימן רישום

אשדוד

מקום הארוע

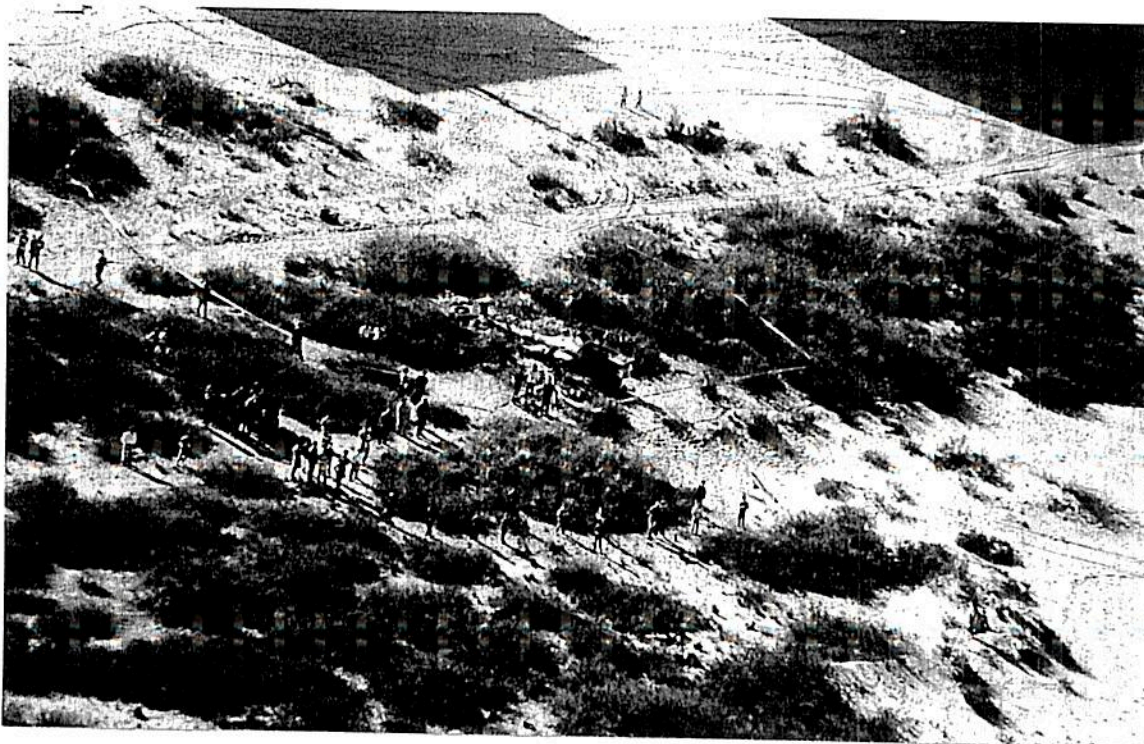
מדינת ישראל
משרד התחבורה
מינהל התעופה האזרחית
חקירת תאונות ותקריות

דוח תאונה 10/94

ארעה למסוק "גאזל" 4X-BHI
בתאריך 3.12.93 באשדוד

תקציר הארוע

המסוק יצא למשימת איתור רכבים גנובים. במהלך מירדף אחרי רכב חשוד, פנה המסוק אל מול הרכב והנמיך בכדי לחסום את נתיבו. תוך התקרבותו לקרקע, התפתח במסוק סבסוב חריף שמאלה, ללא יכולת הטייס לעצרו. תוך הורדת הקולקטיב להקטנת המומנט המסבסב, פגע המסוק בקרקע, והתהפך. אחד מנוסעי המסוק נפצע קל. המסוק נפגע באורח חמור.



1. מידע עובדתי

- 1.1 שיחזור הארועים שקדמו לתאונה
א. ביום התאונה בשעה 0600, המריא המסוק משדה דב ללא נוסעים לכוון "ניר צבי", שם עלו למסוק שני אנשי חברה לאיתור רכב גנוב.
ב. בתחילה בוצעה סריקה באיזור נתב"ג, משם לראש-העין, טול-כרם, תפוח, רמאלה ונחיתה בעטרות לתדלוק מלא.

- ג. מעטרת בוצעה טיסה לחברון, משם לכפר מנחם ולאזור אשדוד.
- ד. בחוף הים של אשדוד זיהו מהמסוק טרקטורון החשוד כגנוב.
- מנהל חברת האיתור שהיה במסוק, התקשר למשטרת אשדוד תוך שהטייס ממשיך ועוקב אחר תנועת הטרקטורון.
- ה. הטייס ביקש מהבקרה לעלות לגובה 800 רגל, בעוד מנהל חברת האיתור מכוון את המשטרה לאזור המירדף. נהג הטרקטורון שהבחין במרדף אחריו, נכנס אל איזור הפרדסים. הטייס הנמיך הטיסה והמשיך לעקוב אחריו. בתגובה, שינה הנהג את כיוון נסיעתו והחל לשוב לכיוון מערב. הטייס עלה שוב לגובה 800 רגל והמשיך לעקוב אחריו בדרום/מערב העיר.
- ו. ברגע שניידת המשטרה יצרה מגע עם הרכב הגנוב, נראה לטייס שתפקידו הושלם, אולם אז החל נהג הטרקטורון במנוסה לכיוון הדיונות, והטייס רדף אחריו בטיסה נמוכה, על-מנת לנסות ולחסום את דרכו.
- ז. כאשר המסוק חלף את הטרקטורון, ביצע הטייס פניה חדה, בת 180° לשמאל, בכוונה לנחות ממול הטרקטורון. לאחר התישורתו בצלע הסופית, בגובה כ-20 רגל מעל פני השטח ובמהירות של 10 קשר (או פחות), התפתח במסוק סבסוב חריף שמאלה, ללא יכולת שליטה של הטייס באמצעות הדוושות.
- ח. הטייס סבר שאין לו רוטור זנב והוא הגיב בהורדה מהירה של הקולקטיב. בטרם פגע בקרקע, ביצע המסוק עוד כמה סיבובים שמאלה.
- ט. הפגיעה בקרקע התרחשה תוך סבסוב על מגלש ימין עד להתהפכות המסוק. לאחר העצירה הסופית סגר הטייס מצערת וכיבה את המנוע (שפעל עדיין).
- י. הטייס והנוסע שישב לידו נחלצו מבעד לשברי השמשה הקדמית. הנוסע שישב מאחור, נלכד מעט באיזור רגליו, ורק בסיוע אנשים מבחוץ חולץ אף הוא.

1.2 פגיעות בנפש - בתאונה נפצע קל אחד מנוסעי המסוק.

1.3 פגיעות במסוק - המסוק נפגע קשה, כנראה ללא יכולת שיקומו.

1.4 מידע על המסוק

- א. המסוק מסוג "גאזל" SA341G, שנת ייצור 1975, מס' סדורי 1294, נרכש ע"י "הליקופטר שרותי טיסה" בתאריך 9.2.90 ונרשם בתעודת רישום מספר 652.
- ב. המסוק נמכר לחברת "כימניר" בתאריך 14.12.92 ונרשם בתעודת רישום מס' 652/1, על שם הבעלים החדשים.
- ג. למסוק חודשה תעודת כושר טיסה בתאריך 5.6.93, בתוקף לשנה.
- ד. המסוק תוחזק ע"י מכון בדק מאושר ובוצעו עליו כל תוכניות האחזקה המאושרות ע"י מינהל התעופה האזרחית.

1.5 מידע על הטייס

- א. הטייס יוצא חיל האויר, בעל רשיון מסחרי מס' 3738 מתאריך 21.1.92.
- ב. הטייס בעל הגדרים על שישה סוגי מסוקים וביניהם המסוק נשוא התאונה. בנוסף, מחזיק הטייס בהגדר מכשירים, וכן בהגדר כטר"ם לילה - על מסוקים ועל מטוסי כנף קבועה.
- ג. נסיונו של הטייס כולל כ-2300 שעות טיסה, מהן כ-100 שעות על מסוק גאזל (עפ"י עדותו).
- ד. את מבחן ההסבה למסוק גאזל עבר בהצלחה, בתאריך 1.12.92, לאחר שביצע הדרכה על המסוק, עפ"י תוכנית שאושרה ע"י מינהל התעופה האזרחית.

1.6 ממצאים באתר התאונה

- א. המסוק נמצא באתר התאונה שוכב על צידו הימני.
- ב. זנב המסוק קרוס באופן ניכר כלפי מטה.
- ג. סימני פגיעה של להב ראשי בחלקו העליון של הזנב, לפני חיבורו למיצב הגובה.
- ד. שברים בשני צידי מיצבי הגובה.
- ה. מעיכה חזקה של חרטום המסוק בחלקו הקדמי ימני.
- ו. מעיכה של גחון המסוק, המוחרפת בצידו הימני.
- ז. דלת אחורית מעוותת וקרוסה כלפי פנים.
- ח. סימנו שחיקה של להבי הפנסטיון במבנה הזנב העוטף אותם (הסימנים בחלקה התחתון של התעלה ההיקפית).
- ט. להבי הרוטור הראשי תלושים.
- י. אין נזקים הנראים לעין בחלקו העליון של מבנה המסוק.
- יא. מגלש ימין שבור בנקודת חיבור הקשת הקדמית וכן בנקודה הסמוכה לחיבורה של הקשת האחורית. הסרח שנותר במגלש, מוטה ב-90 מעלות כלפי מעלה.

2. ניתוח

2.1 ניתוח מהלך ההתרסקות

- בהתבסס על סימני הנזק שנמצאו במסוק ושתוארו קודם לכן, מצטיירת בפני צוות החקירה תמונת ההתרסקות כדלהלן:
- א. המסוק שנמצא בסביבות חריף שמאלה פגע בקרקע בעוצמה, כתוצאה מכך קרס הזנב כלפי מטה.
 - ב. הנחיתה הכבדה יחסית, מוכחת בנגיעה קצות הלהבים הראשיים בחלקו האחורי של הזנב, לפני החיבור למיצב הכוון.

ג. עם תחילת הסיבסוב על פני הקרקע, נתקע מגלש ימין במחסום כל שהוא, (קרוב לוודאי בשורש של שיח). המשך סיבסוב המסוק שמאלה בעוד מגלש ימין תקוע, גרם לתלישת הקשת הקדמית של מגלש ימין ממקום חיבורה בגוף. בהמשך הסבסוב נתלש מגלש ימין בחלקו שלפני חיבור הקשת האחורית וזאת משום שחלקו האחורי של מגלש זה נשאר תקוע במחסום כל שהוא.

ד. לאחר שנפרד המגלש הימני מהגוף, נותר סרח המגלש מחובר לגוף עם הקשת האחורית. המשך סבסוב המסוק גרם לסבוב הסרח ב-90 מעלות עד לתקיעתו.

ה. במצב ענינים זה, המשך הסבסוב התבצע כאשר צד ימין של המסוק נמוך מאוד. הדבר ניכר בסימני המעיכה שעל גחון המסוק בצד ימין. ו. מניתוח העיוות של הדלת האחורית ימנית, אפשר להניח שבמהלך הסבסוב הדלת היתה פתוחה. (נפוצה?).

ז. בשלב הבא החל להתבצע תהליך התהפכות לימין וזאת בעיקר משום חסרוננו של מגלש ימין. עם החלת ההתהפכות, פגעו הלהבים הראשיים בקרקע והחלו להתלש זה לאחר זה. באחד הלהבים נמצאו סימנים המעידים על פגיעתו של זה בסנפיר, תוך כדי מעופו. הערה: המצאות שאריות שיחים התקועות באופן ניכר בקפלי פנלים ובחריצים שונים במסוק, בכוון הסבסוב שמאלה, מוכיחה בעליל על פוצמתו הניכרת של הסבסוב.

2.2 גורמים אפשריים לתאונה

סבסוב שמאלי בלתי צפוי, שלא נגרם ע"י הטייס, ואשר אינו מתרסן מעצמו, מתרחש כתוצאה מאובדן יעילות רוטור הזנב. האובדן עלול להגרם כתוצאה מתקלה טכנית או בשל שיבוש הזרימה סביב רוטור הזנב.

2.3 בקרת היגוי הסבסוב במסוק גאזל

א. בקרת היגוי הסבסוב במסוק נשוא התאונה, מתבצעת באמצעות מניפת מייצב כוון (פנסטרון) המכילה 13 להבים והממוקמת בתוך "תעלה", בבסיס מייצב הכוון.

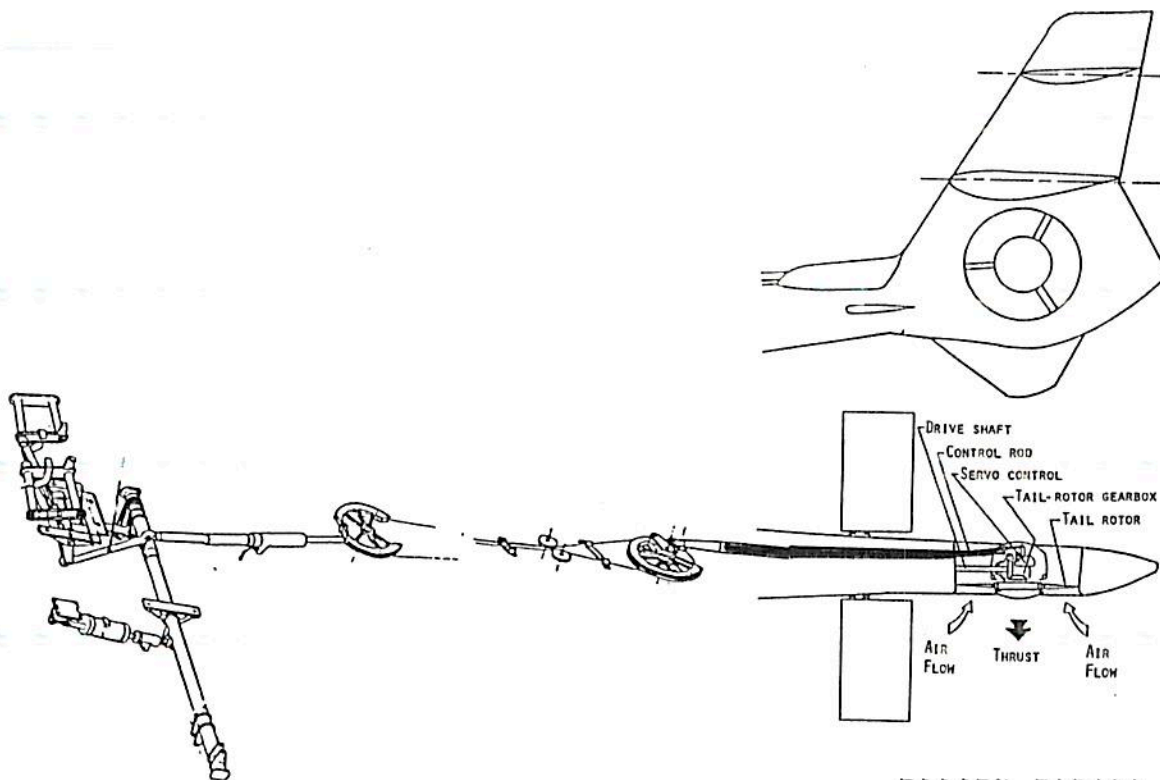
ב. המניפה מונעת באמצעות ציר הנעה המופעל ע"י המנוע.

ג. בכל צד של קצה מכלול הזנב, לפני מניפת מייצב הכוון, מותקנים מייצבי גובה אופקיים הכוללים בקצותיהם גם מייצבי כוון קטנים.

ד. בטיסה רגילה, זרימת האויר דרך מניפת מייצב הכוון עוברת משמאל לימין, כדי להתנגד לכח הפיתול של הרוטור הראשי. (הסובב עם כוון השעון - במבט מלמעלה).

ה. דוושות היגוי הסבסוב של הטייס, משנות באמצעות מוט הפעלה את זווית ההכוונה של להבי המניפה ובכך נגרם שינוי בדחף שיוצרת המניפה.

- ו. הדוושות מחוברות באופן מכני ללהבי מניפת מייצב הכוון באמצעות מערכת מוט, ארכובה וכבל, וכן משכך, שתפקידו להגביל את קצב תנועת הדוושה.
- ז. שינוי זווית הלהבים במניפה, מתבצע בסיוע מערכת הדראולית המקטינה את הכח הנדרש להפעלה.



2.4 חקירות טכניות

- א. לאור תוצאות התאונה, הוחל בבדיקות הטכניות עוד באתר התאונה.
- החשד הראשוני היה קשור באופן ברור לרוטור הזנב.
- ב. נבדקה מערכת העברת התנועה לרוטור הזנב ונמצא, שאין בה ליקוי היכול להסביר אי העברת תנועה.
- ג. נבדקה מערכת שינוי זווית הפסיעה לרוטור הזנב ונמצא, שאין בה ליקוי היכול להסביר אי העברת תנועת הדוושות למניפה.
- ד. נבדק תפקוד מיכני של בקרות המנוע, מתא הטייס ועד למנוע ונמצא שהכל תקין.
- ה. כל השברים שנתגלו בראש הרוטור הראשי אובחנו כשברים חד-פעמיים כתוצאה מהתאונה.
- ו. משלא נמצא ליקוי טכני באתר התאונה, הוחלט לתת דגש על חקירת מערכת היגוי הסבסוב במסוק, לאחר שיפונה המסוק מאתר התאונה.
- ז. מערכת היגוי הזנב נבחנה באופן מעמיק ביותר, כל מרכיבי המערכת, החל מדוושות תא הטייס וכלה במנגנון הנמצא לפני להבי המניפה נבחנו ונמצאו תקינים.

ח. בוצע שחזור ווסות להבי המניפה עפ"י דרישות ספרות האחזקה ונמצא, שהמערכת מווסתת כנדרש.
ט. לאחר סיום הבדיקות הטכניות, הגיע צוות החקירה למסקנה, שמקור הסבסוב הבלתי רצוני שמאלה אותו חש הטייס, אינו קשור כלל לבעייה טכנית במסוק. מן הטעם הזה התמקדה החקירה בגורמים אחרים שיכולים להסביר את תופעת הסבסוב הבלתי רצוני שמאלה.

2.5 אובדן יעילות רוטור זנב

2.5.1 כללי

א. ניסויי טיסה שנערכו ע"י הצבא האמריקאי במסוקי OH-58, חשפו את ההתרחשות של סבסוב בלתי צפוי ימינה, בתנאים מסויימים של ביצוע משימה במהירות נמוכה. הצבא האמריקאי התיחס לתכונות הסבסוב הימני כאל אובדן יעילות רוטור הזנב.
ב. מתוך הניסויים הנ"ל עלה, שישנם מצבים ותכונות טיסה במהירויות הנמוכות מ-30 קשר, שבהן מתרחש הסבסוב הבלתי רצוני. הניסוי ציין שתופעת הסבסוב ישימה לכל המסוקים בעלי רוטור ראשי אחד.
ג. כוון הסבסוב של הרוטור הראשי במסוק OH-58 בו נערך הניסוי, הינו נגד כוון השעון (במבט על) כמו לרוב המסוקים המערביים. מן הטעם הזה הסבסוב ימינה יתרחש בכל המסוקים שבהם סובב הרוטור כנגד כוון השעון.
ד. ומה באשר למסוקים שלהם רוטור הסובב עם כוון השעון? כפי שצוין קודם לכן, דו"ח הניסוי של הצבא האמריקאי ציין, שתופעת הסבסוב ישימה לכל המסוקים בעלי רוטור ראשי אחד, מבלי לציין כלל את כוון הסבסוב של הרוטור, מכאן ניתן להבין שלמטוסים אשר הרוטור שלהם סובב עם כוון השעון (גאזל למשל), תתרחש תופעת הסבסוב לצד שמאל, כפי שארע למסוק נשוא התאונה.
ה. רשויות התעופה הקנדיות המתפעלות מסוקים מסוגים שונים, הביאו את דבר הניסוי שבוצע ע"י הצבא האמריקאי, בפירסום הנקרא AVIATION SAFETY VORTEX (ISSUE 4/85), בו ציינו לטייסים את תוצאות הניסוי, תוך ציון העובדה שלמסוקי גאזל. כוון הסבסוב שיתקבל הינו שמאלי ולא ימני כשל המסוקים האמריקאים.

2.5.2 עיקרי הניסוי שבוצע ע"י הצבא האמריקאי.

א. תכונות טיסה במהירות נמוכה

בסדרת טיסות ניסוי אינטנסיבית ובניסויי מנהרת רוח, זוהו ארבע תכונות טיסה במהירות נמוכה, כגורמים התורמים לסבסוב ימני בלתי צפוי.
כדי שתקרה התרחשות כזו, חייב להיות שילוב מסויים של מהירות הרוח והאזימוט שלה (כיוון הרוח היחסי למסוק) לבין המסוק.

תכונות הטיסה של המסוק וגזרות הכוון היחסי של הרוח (האזימוט).
הנם כדלקמן:

* יציבות שלילית בסבסוב (כדוגמת תרנגול שבשבת הרוח) (120 עד

140 מעלות)

* מצב טבעת מערבולות קצות הלהבים (גרר מושרה) של רוטור הזנב
(210 עד 330 מעלות).

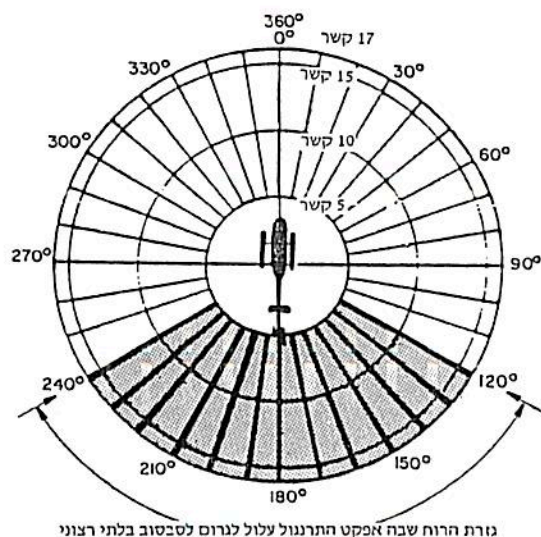
* הפרעת מערבולות קצות הלהבים (גרר מושרה) של דסקת הרוטור
הראשי (285 עד 315 מעלות).

* אובדן עילוי המעבר (בכל כיווני הרוח).

ניתן לתפעל את המסוק בצורה בטוחה בתחומי הרוח היחסית שמפורטת
לעיל, אם חלוקת הקשב של הטייס מקדישה די תשומת לב לבקרת
המסוק.

אולם, אם תשומת הלב של הטייס מוסטת מסיבה כלשהי, ומתחיל סבסוב
ימינה באחת מגזרות הרוח שמתוארת לעיל, עלול הסבסוב ימינה
להחריף, אלא אם ננקטת על ידי הטייס פעולת תיקון מתאימה.
ב. יציבות שלילית בסבסוב (120 עד 240 מעלות).

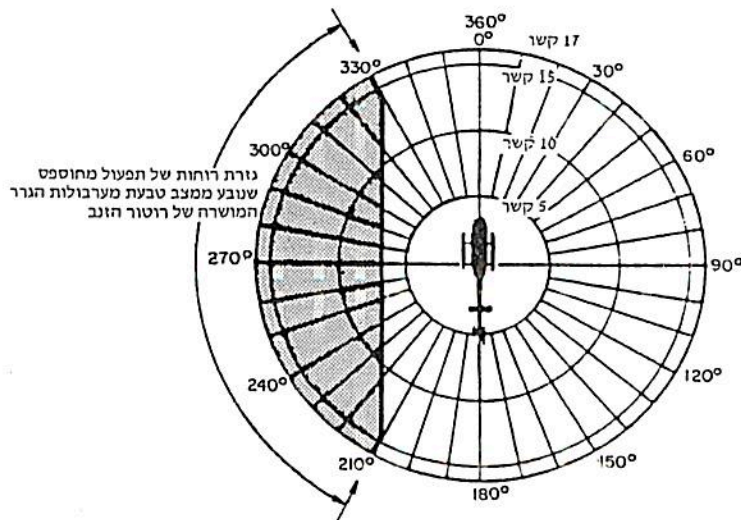
רוח בנתונים של גיזרה זו, מנסה לסובב את אף המסוק אל תוך הרוח
היחסית. התכונה נגרמת על ידי גוף המסוק ומייצב הכוון. המסוק
מבצע פניית סבסוב לא רצונית ימינה או שמאלה, כתלות בכיוון
המדויק של הרוח יחסית לזנב, אלא אם ניתנת פעולת התנגדות על-
ידי הכנסת הדוושה המתאימה. אם הסבסוב כבר קיים בכיוון מסוים,
הוא יואץ באותו הכיוון, כאשר הרוח היחסית נכנסת לגזרת
הכיוונים של 120 עד 240 מעלות, המתוארת באזור המוצל באיור 1,
אלא אם מוכנסת הדוושה המתאימה לעצירת הסבסוב. לא ניתן להגזים
ברמת החשיבות של תזמון פעולת התיקון על ידי הטייס למניעת
שעורי סבסוב גבוהים.



איור 1. יציבות שלילית (אפקט תרנגול שבשבת רוח)

ג. מצב טבעת מערבולות הגרר המושרה של רוטור הזנב (210 עד 330 מעלות).

רוח בגיזרת כיוונים יחסיים אלה, כמתואר באיור 2, גורמת להתפתחות של מצב מערבולות לוליינית (ספירלית) של רוטור הזנב. מצב טבעת המערבולות גורם להוצרות סבסוב. מכיוון שאין לשינויים אלה בדחף רוטור הזנב, זמן מסויים שבו הן מופיעות, על הטייס לתקן באמצעות הדוושה ברגע שהוא מבחין בשינוי ברמת התאוצה של הסבסוב. עומס העבודה עם הדוושות, הנובע מפעולה בתחום טבעת מערבולות הגרר המושרה של רוטור הזנב, ידוע היטב והמסוקים מתופעלים באופן שגרתי בתחום פעולה זה. תכונה זו אינה מציבה בעיה משמעותית כל כך, אלא אם לא ננקטת פעולת תיקון בזמן המתאים. אם הטייס מאפשר לסבסוב להתפתח, עלול המסוק לסבסב באופן חריף אל מול גזרת הרוח, אשר בה היציבות השלילית של אפקט התרנגול, תאיץ את שיעור הסבסוב הימני. עומס העבודה של הטייס, גבוה בזמן הפעולה במצב טבעת מערבולות הגרר המושרה של רוטור הזנב. לכן, על הטייס להתרכז בהטסה של המסוק בלבד, ולא לאפשר התפתחות של סבסוב ימינה.



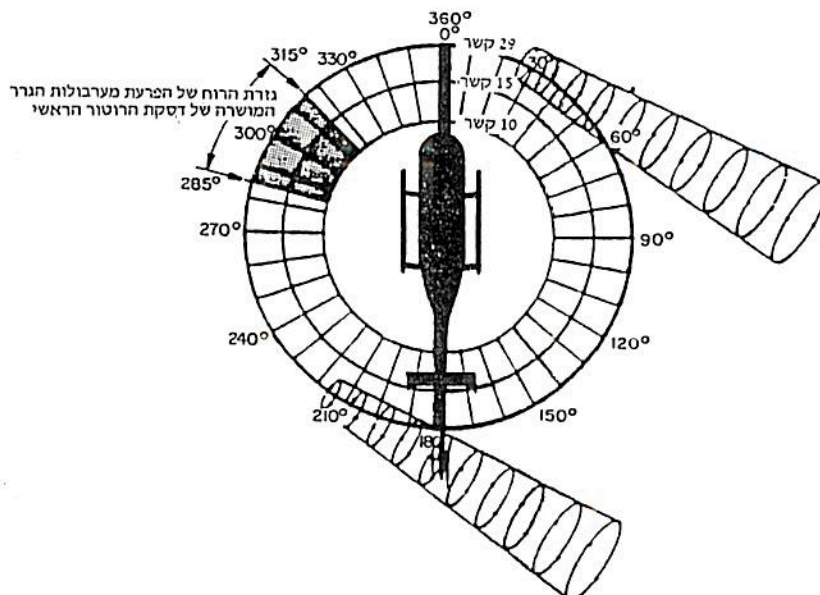
איור 2. מצב טבעת מערבולות הגרר המושרה של רוטור הזנב

ד. הפרעת מערבולות קצות הלהבים של דסקת הרוטור הראשי (285 עד 315 מעלות)

כמתואר באיור 3, רוחות בגיזרה זו, עלולות לכוון את מערבולות הגרר המושרה של דסקת הרוטור הראשי אל רוטור הזנב. ההשפעה של מערבולות אלה הינה בכך, שהיא משנה את זווית ההתקפה של להבי רוטור הזנב. בתחילת התופעה, כאשר רוטור הזנב נכנס לתחום טבעת המערבולות של הרוטור הראשי בפנייה ימנית, גדלה זווית ההתקפה של רוטור הזנב. גידול זה בזווית ההתקפה דורש מהטייס להכניס את הדוושה הימנית (לדחוף אותה קדימה) כדי להפחית את הדחף, על מנת לשמור על אותו שיעור הסבסוב. כאשר מערבולות קצה הרוטור הראשי

חולפות את רוטור הזנב, קטנה זווית ההתקפה של להבי רוטור הזנב. הקטנת זווית ההתקפה גורמת להקטנת הדחף, דבר שגורם לתחילת תאוצת סבסוב ימני. תאוצה זו עשויה להיות מפתיעה, מכיוון שקודם לכן היה על הטייס להכניס את רגל ימין (הכנסת דוושה ימנית) כדי לשמור את שעור הסבסוב ימינה.

ניתוח של ממצאי טיסת ניסוי, שנערכה במשך זמן פעולה זה, מאשר, שרוטור הזנב אינו מזדקר. למסוק נטייה להכנס לסבסוב ימני בשעור גבוה. כאשר פועלים בתחום זה, על הטייס לצפות לכך, שיהיה עליו להכניס בפתאומיות את דוושה שמאל מפעם לפעם.



איור 3. הפרעה הנובעת ממערבולות הגור המושרה של דסקת הרוטור הראשי

ה. אובדן עילוי המעבר

אובדן עילוי המעבר גורם לגידול בדרישת כח מהמנוע ובתוספת דחף של רוטור הזנב נגד הפיתול. אם אובדן עילוי המעבר קורה כאשר המסוק נכנס לסבסוב ימני, שעור הסבסוב הימני יואץ ככל שכל המנוע (הפיתול) יוגבר - אלא אם הטייס ינקוט פעולות תיקון. בזמן פעולה בכח מירבי או קרוב אליו, הדרישה לתוספת כח עלולה לגרום לנפילה של סל"ד הרוטור.

תכונה זו הינה בעלת חשיבות, כאשר המסוק מתופעל בכח מלא, או קרוב לכח מלא, והיא קשורה עם הסבסוב הימני הבלתי צפוי משתי סיבות. הסיבה הראשונה: אם תשומת הלב של הטייס מוסטת כתוצאה מגידול בשעור הסבסוב ימינה, הוא עלול שלא להבחין בכך שהוא מפסיד את הרוח היחסית, וכתוצאה מכך גם את עילוי המעבר. הסיבה השנייה: אם הטייס אינו שומר מהירות בזמן ביצוע פנייה ימינה כשהרוח בגבו, המסוק עלול להכנס לשעור סבסוב גדל, כאשר דרישת הכח גדלה והמסוק מפתח שעור שקיעה. חוסר בתשומת לב מספקת מצד הטייס לכיוון הרוח ומהירותה, עלול להוביל לאובדן בלתי צפוי של עילוי המעבר. הטייס חייב להתחשב ללא הפסק בכיוון המסוק,

בנתיב הקרקעי ובמהירות הקרקעית שנובעת מהם, אשר כולם גורמים לסחיפת המסוק ע"י הרוח ולתחושת מהירות המסוק. אם הטייס מניח למסוק להסתחף עם הרוח יחסית לקרקע, הדבר גורם לאובדן של מהירות הרוח היחסית וכתוצאה מכך הקטנת עילוי המעבר, הנוצר על ידי הרוח. כל הקטנה בעלוי המעבר, תגרום לגידול בדרישת כח המנוע ובדרישת דחף רוטור הזנב כנגד הפיתול הגדל.

ו. טכניקות החלצות

אם מתפתח סבסוב ימינה בלתי צפוי, יש לנקוט את פעולות ההחלצות המתוארות להלן:

* דחיפת דוושה שמאלית - עד הסוף, ובו זמנית דחיפת מוט ההיגוי (הסטיק) - קדימה, כדי להגדיל את מהירות הטיסה.

* ברגע שפעולות ההחלצות השפיעו, יש להפעיל את ההגאים בכדי לחזור למצב טיסה רגילה לפנים.

זהירות

הורדה של מוט הקולקטיב (היגוי משותף), מסייעת לעצירת שעור הסבסוב, אבל גורמת לשעור הנמכה חריג. הרמה מהירה של הקולקטיב, ובכמות גדולה, שבאה כתגובה לשקיעה, במטרה להמנע מפגיעה בקרקע או במכשול - תחריף עוד יותר את שעור הסבסוב ותגרום להפלת סל"ד הרוטור.

ההחלטה להוריד את הקולקטיב, חייבת להתבסס על הערכת הטייס את הגובה, שעומד לרשותו לצורך ההחלצות.

הערה:

כיווני הרוח השונים עלולים לגרום באופן משמעותי לשעורי סבסוב משתנים עבור מצב דוושות מסויים. העקרון החשוב ביותר שעל הטייס לזכור, הוא שרוטור הזנב - לא בהזדקרות. לכן פעולת התיקון שיש לנקוט, תהיה תמיד בכיוון הרגיל של דוושה נגדית לכיוון הסבסוב.

כפי שצויין קודם לכן הניסוי בוצע על מסוק שהרוטור הראשי שלו סובב כנגד כוון השעון. מן הטעם הזה ראוי לציין שגזרות הרוח המופיעות באיורים השונים יהיו אולי אחרות לגבי רוטור הסובב עם כוון השעון. צוות החקירה לא הצליח להשיג מידע עדכני לגבי ניסוי דומה שבוצע למסוק גאזל.

2.6 ניסויים שבוצעו על מסוק גאזל

צוות החקירה הצליח להשיג דוח של מינהל התעופה והחלל בארה"ב (NASA), שדן ביעילות השליטה על מסוק בציר הסבסוב. כאשר מותקנת במטוס מניפה (פנסטרון) במקום רוטור זנב קונבנציונלי. בניסויים נטל חלק מסוק גאזל, בעל אותה מניפת זנב כמו המסוק נשוא התאונה. להלן עיקרי הדברים מתוך הדוח:

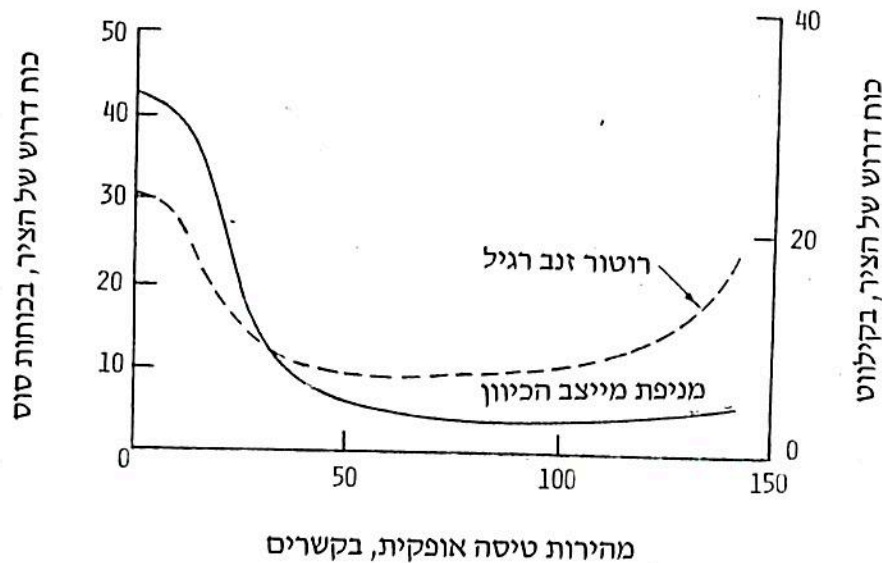
2.6.1 שיקולים בתכנון מניפת מייצב הכוון - כח דרוש

א. מחברי הדוח פותחים בזו הלשון: ידוע היטב שרוטור הממוקם בתוך מעטפת תעלה, יעיל יותר בריחוף מאשר רוטור פתוח. מתוך ניסויים שנערכו עולה, שרוטור הנתון בתעלה, דורש 27 אחוז פחות כח בהשוואה לרוטור הפתוח, כאשר שניהם בעלי אותו קוטר ואותו דחף. אולם עבור ישום הרעיון במסוק, ההפחתה הגדולה בקוטר, מוכתבת ע"י הצורך להכניס את המניפה לתוך מייצב הכוון. אילוצ זה גורם למניפה היושבת בתוך תעלה לפעול בעומס דסקה גבוה יותר מאשר הרוטור הפתוח.

הערה - עומס דיסקה = הדחף שמייצרת המניפה, מחולק לשטח דיסקת המניפה.

ב. הגידול בעומס הדיסקה גורם לגידול בכח הדרוש. בחישובים נמצא, שמניפה העטופה בתעלה, דורשת יותר מפי שניים הכח מאשר רוטור הזנב. ברם, באופן מעשי, ההבדל הגדול בכח הדרוש (בהשוואה לרוטור זנב) מופחת בצורה מסויימת ע"י גורמים שונים, כגון השפעות ההפרעה ההדדית של הרוטור הראשי ומייצב הכיוון. מנגד, תיכנון המניפה אינו המיטבי ביותר, מאחר שהיחס בין מיתר התעלה (מעטפת המניפה) לבין קוטר המניפה, חייב להיות קטן בגלל עוביו הקטן של מייצב הכיוון.

ג. ניתוח ההתמדה של מניפת מייצב הכיוון בטיסה לפניים, בזווית התקפה אפס, מראה, שקיים גרר חיצוני גבוה, שנגרם ע"י סבוב המסה הכללית של המניפה דרך הזווית 90 מעלות. בניסויים נמצא, כי הכח הדרוש הכולל, גדל בריבוע וקטור המהירות בגלל גרר ההתמדה החיצוני ושהשינוי המשמעותי היחידי בכח ציר המניפה, נגרם ע"י דרישות השינוי בדחף, שנובעות מהקטנת דרישות הפיתול של הרוטור הראשי בטיסה לפניים. התנהגות זו הינה מנוגדת לזו של רוטור זנב רגיל, שלגביו, וקטור המהירות קדימה מוסיף לזרימה המושרת דרך הרוטור, ובכך נוצרת הקטנה ניכרת ביותר בצריכת כח, במהירות טיסה קדימה.



איור 3. כוח צירי דרוש כפונקציה של מהירות טיסה אופקית ומקווצת. השוואה בין מניפת מייצב כיוון לבין רוטור זנב רגיל.

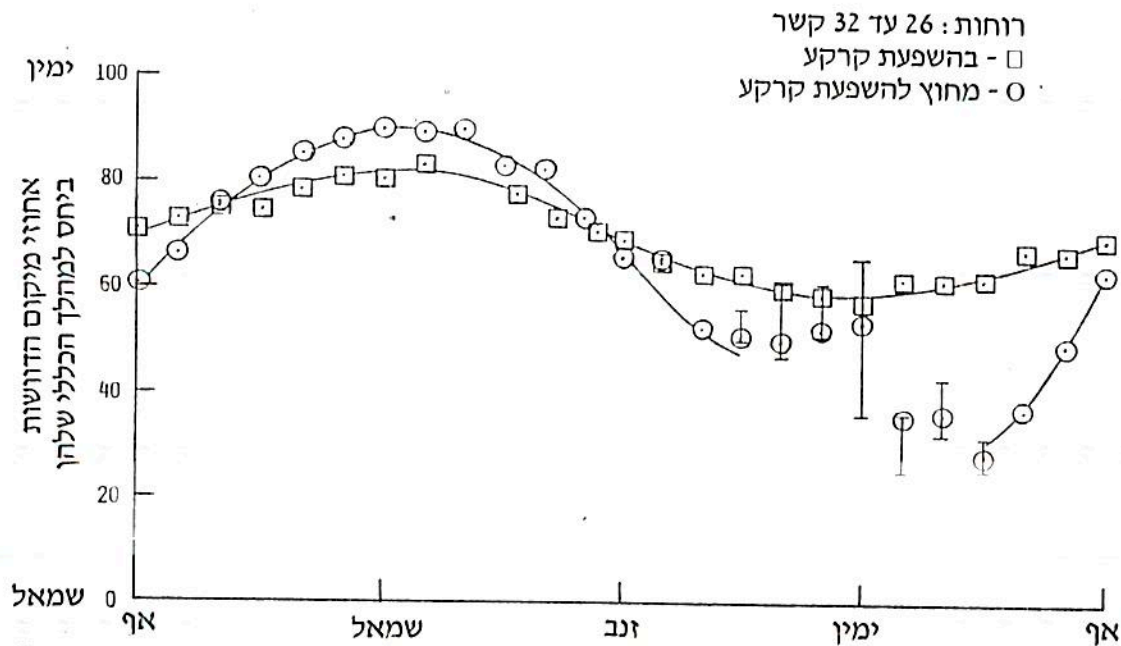
יש לציין שהאיור מתאר רק את כח הציר. התאור אינו כולל את גרר מייצב הכיוון או את הגרר החיצוני של המניפה, אשר יש להתגבר עליהם באמצעות כח נוסף המסופק ע"י הרוטור הראשי.

2.6.2 יציבות ובקרה

- מההיבט של הביצועים, פיתול הלהבים הינו תכונת תכנון רצויה במניפת תעלה, אולם הפיתול הופך להיות בעייתי כאשר המניפה פועלת בדחף אפס או בדחף שלילי. מאחר שבמצבים אלה קצות הלהבים פועלים בזווית התקפה חיובית ושורשי הלהבים פועלים בזווית התקפה שלילית, כך ש"הדחף" נטו (שערכו אפס), עלול לתרום לשיבוש של זרימת האויר על מייצב הכיוון.
- כאשר המניפה פועלת סביב דחף אפס, נגרמת רגישות משתנה של בקרת ההיגוי.

2.6.3 טיסה במהירות נמוכה

- תכונות בקרת הסבסוב בהשפעות של עוצמת הרוח, כיוון הרוח והקירבה לקרקע, נמדדו בכמה ריחופים ובטיסה במהירות נמוכה קדימה כמתואר באיור 5. הנתונים נאספו הן בהשפעת קרקע והן מחוצה לה. ברוחות משתנות בין 26 ל-32 קשר ובמשקל כולל של 1675 ק"ג של המסוק.
- התוצאות שנרשמו בתנאים של רוחות בעוצמה חלשה יותר היו, בעלות צורת גל סינוס זהה אך עם אמפליטודה קטנה יותר. מכאן אפשר להניח שגודל גל הסינוס תלוי בגודל הערך של עוצמת הרוח וכמו כן בקרבה לקרקע.



איור 7. תכונות בקרת היגוי בסבסוב המושפעות מעוצמת הרוח, כיוון הרוח והקרבה לקרקע במהירות טיסה נמוכה.

ג. נקודות הנתונים שנאספו מחוץ להשפעת הקרקע בתנאי רוח צד מימין, מצביעות על פיזור. הטייס ניסה לשמור את הכוון באופן יציב עבור כל כוון חדש במשך כמה שניות, נקודות איסוף הנתונים השונות מציינות את מיקום הדושות שנקבע, כאשר שעור הסבסוב היה קרוב לאפס, לפרק זמן סביר.

ד. מתוך הנתונים המתוארים באיור שלעיל, ניתן לעמוד על כמה תכונות מעניינות:

- 1) כאשר המסוק פנה אל מול הרוח, היה צורך בעוד 10 אחוזי דוושה לערך כדי לקזז את המסוק בהשפעת קרקע, יותר מאשר מחוץ להשפעת קרקע, הדבר נכון גם עבור ריחוף ברוח שעוצמתה נמוכה עד 3-4 קשרים. תכונה זו מרמזת על כך, שהיה צורך ביותר כח של מניפת מייצב הכיוון, למרות ההשפעה המוכרת היטב של הפחתת הכוח הדרוש לרוטור הראשי הנמצא בתוך כרית האויר של השפעת הקרקע.
- 2) הגידול בכח הדרוש של מניפת מייצב הכיוון בהשפעת קרקע, נגרם ככל הנראה ע"י הדף שובל האויר המסתחרר כלפי מטה מהרוטור הראשי (השטף המורד), אשר גורם לשינויים משמעותיים בכוח של מייצב הכיוון.
- 3) דרישות למירב הדוושה הימנית (מירב הכח של המניפה) היו, כאשר המסוק ריחף מחוץ להשפעת קרקע עם רוח מצד שמאל. ניתן לצפות שהשפעות הגובה, טמפ' האויר, המשקל הכולל ודרישות תמרון שונות, עשויות לדרוש יותר הכנסת דוושה ימנית ואולי אף מעבר לכמות האפשרית.

2.7 פנייה ליצרן המסוק

- א. בתאריך 4.1.94, הועבר על ידנו מסמך למינהל התעופה הצרפתי, בו פורטו ממצאים ראשוניים אודות התאונה. במסמך צויינה הערכתנו הראשונית בדבר האפשרות שהתאונה נבעה מאובדן היעילות של הפנסטרוך.
- ב. המסמך הועבר ע"י מינהל התעופה הצרפתי להתייחסות יצרן המסוק.
- ג. כמה ימים מאוחר יותר, נתקבלה אצלנו שיחת טלפון מיצרן המסוק. בשיחה ציין הדובר מטעם היצרן, כי אין להם כל בעייה במעטפת הטיסה של המסוק גאזל. אבל ידוע לו שטענות דומות לשלנו, הועלו ע"י הבריטים, המתפעלים מספר גדול של מסוקי "גאזל". עוד ציין הדובר, כי חיל האוויר המלכותי הבריטי בשיתוף עם יצרן המסוק, נמצאים בסידרת מחקר לאפיין את הבעייה (אם קיימת כזו).
- ד. הדובר הודיע, שכל החומר שעומד לרשותו בנושא, יועבר על ידו לחברת "כימניר". עד לפרסום דוח זה, לא נתקבל כל חומר בחברת "כימניר".

2.8 פנייה לאנגלים

- לאור תשובת היצרן, פנינו בתאריך 23.5.94 ל-AAIB בבריטניה (ענף חקירת תאונות) לקבל מידע אודות הניסוי שנעשה ותוצאותיו. בתאריך 27.5.94 נתקבלה תשובת האנגלים שעיקריה מובאים להלן:
- א. בבריטניה ארעו כמה תאונות למסוקי "גאזל" המתופעלים ע"י הצבא. התאונות נבעו מאובדן יעילות מניפת מייצב הכוון (פנסטרוך) - תופעה המוכרת גם כ"הזדקרות מניפת מייצב הכוון". בנוסף, ארעו גם שתי תאונות שיש להן קשר לנדון, במסוקי "גאזל" הרשומים כאזרחיים.
- ב. באחת משתי התאונות האזרחיות הנ"ל, צויין בדוח החקירה, שבמהלך שנת 1992 נערך ניסוי בצרפת, בחסות משרד ההגנה הבריטי, כדי לחקור את תופעת "אובדן בקרת היגוי בסבסוב". ה-AAIB המליץ שמינהל התעופה האזרחי הבריטי יכנס לעובי הקורה בכל הקשור לניסוי.
- ג. הוברר, שבעקבות הניסוי בוצעו מספר עדכונים בספר הטייס של הגאזל הצבאי, ברם, במינהל התעופה האזרחי הבריטי, עדיין ממתינים לתוצאות הרשמיות של הניסוי שאמורות להתקבל מיצרן המסוק. חברת "יורוקופטר" (אירוספסאל לשעבר)
- ד. עוד צויין בתשובת ה-AAIB, שהוברר (לא צויין איך), שתוצאות הניסוי מצביעות על כך, שמניפת מייצב הכיוון אינה "מזדקרת" למעשה, אלא שבתנאי רוח קלה, נבנה שעור סבסוב גדול במיוחד, שבא בעקבות הכנסה מעטה של רגל שמאל (דוושה שמאלית קדימה), במיוחד בזמן טיסה במהירות נמוכה או בריחוף, כאשר

מערכת יצוב הטיסה (SAS) מנותקת. דבר זה מתאפשר בגלל השפעות של זרימת אויר, שמוחזר מסביב למעטפת התעלה של מניפת מייצב הכיוון, בחזרה אל המניפה. מסתבר שהניסוי מראה גם, שניתן לרסן את שיעור הסבסוב, אפילו משעורי סבסוב שערכם מגיע ל-165 מעלות בשניה, על ידי הכנסה מיידית של רגל ימין (דוושה ימנית קדימה) עד הסוף, ושמירה על מצב זה של הדוושות. כל השהייה בפעולת התיקון, דורשת כמות דוושה ימנית עוד יותר גדולה, כדי להשיג ריחוף יציב, ועלולה לגרום לטייס להאמין שאבדה לו בקרת היגוי הסבסוב.

ה. בסיום מכתבו ציין האנגלי, שאם נשיג מידע כל שהוא מיורוקופטר, הוא ביקש שנעבירו אליו (הדבר מלמד על כך, שאף להם יש בעיה בנושא).

2.9 תאונות אצל האנגלים

כפי שצויין קודם לכן, הועברו לרשותנו תמציות של שתי תאונות אזרחיות שארעו באנגליה. להלן פרטים מתוך החקירות הנ"ל.

א. תאונה ראשונה

במהלך הדרכה, תורגל חיפוש משטח מתאים לנחיתה, במהירות כ-40 קשר, עם הטייה קלה שמאלה. בגובה 100 עד 150 רגל מעפ"ש, החל המסוק לסבסב שמאלה, בשיעור סבסוב ההולך וגובר. המדריך נטל את ההגאים לידייו תוך שהוא שואל את החניך לפשר מעשיו. החניך השיב שאבדה לו השליטה על הסבסוב, למרות שדוושה ימין נמצאת במלוא מהלכה בפנים. המדריך דחף את מוט ההיגוי קדימה תוך המשך הנמכה וסבסוב המסוק לשמאל. בטרם פגע המסוק בקרקע, הרים המדריך קולקטיב. המסוק פגע בקרקע עם אף נמוך ומגלש ימין נמוך והתגלגל על צידו הימני. בטרם פונה המסוק, הדמים הצוות את המנוע ואת מערכות החשמל. בבדיקות מקיפות שבוצעו למסוק לאחר התאונה, לא נמצא כל גורם טכני שיכול היה להסביר את שארע למסוק.

ב. הערות צוות החקירה בתאונה הראשונה

מחקר שנעשה בבקרת מצבי סבסוב הקשורים במסוק הגאזל, חשף שמונה תקריות או תאונות קודמות, שבכולן היו מעורבים מסוקים צבאיים. בכל המקרים, הסבסוב של גוף המסוק היה שמאלה, אבל התמרון שהוביל לאובדן בקרת היגוי הסבסוב, היה שונה משמעותית בתאונות השונות. כתוצאה מהמקרים הקודמים, הונח שהמסוק היה חשוד בעיקר באובדן בקרת היגוי הסבסוב, כאשר הרוח היחסית היתה בין 40° ל- 120° מימין, וכאשר עוצמת הרוח תאמה את המהירות של שובל ההדף של מניפת מייצב הכיוון. במקרים אלה, התפתח מיחזור של זרימת האויר סביב מניפת מייצב הכיוון, וגרם בכך לאובדן הדחף של המניפה. אולם, בניסויים מקיפים שנערכו בשנים 1978/79 עבור משרד ההגנה, הן בבוסקומבה דאון והן בצרפת, לא

הצליחו לשחזר את אובדן בקרת היגוי הסבסוב פעם נוספת. במקרה של מסוק מסויים, הגישה למשטח הנחיתה המוצע הייתה מעל התרוממות של הקרקע. המסוק היה בזווית הטייה קלה שמאלית, ושני הטייסים הביטו החוצה אל המשטח המיועד. הנתון האחרון של המהירות, שהצוות ראה לפני שהתחיל הסבסוב הבלתי נשלט, היה 40 קשר. החניך הצהיר שהוא התחיל להוסיף כח ודוושה ימנית, לאחר המבט האחרון במהירות. מיד לאחר מכן, למרות המשך הכנסת רגל ימין, והנמכת המסוק, התחיל המסוק את הסבסוב הבלתי נשלט שמאלה.

ג. התאונה השנייה

הטייס השלים את הבדיקות שלפני ההמראה, על פי הבד"ח, לפני שהתרומם בכוונה להביא את המסוק לריחוף יציב, בערך בגובה של ששה רגל, מעל מנחת המסוקים הסלול. טמפ' האויר החיצוני היתה 10 מעלות צלסיוס ועוצמת הרוח היתה שני קשרים. מערכת יצוב הטיסה (SAS) המשרתת את היציבות בגלגול ובעלרוד, הוצמדה לפני ההמראה. עם עליית המסוק לריחוף, הוא התחיל להסחף הצידה ולסבסב שמאלה. הטייס תיקן באמצעות הטיית הסטיק הצידה והכניס את הדוושה הימנית, אבל שיעור הסבסוב רק החריף. למרות ההכנסה של רגל ימין עד הסוף, המסוק המשיך לסבסב שמאלה. לא נשמעו רעשים בלתי שגרתיים ולא היו רעידות חריגות. הקולקטיב הורם למצב שהתאים לתנאים. לאחר כשניים או שלושה סיבובים מלאים, הטייס איבחן שארע כשלון רוטור זנב, ולכן, הוא הוריד את הקולקטיב, (לפי הוראת ספר הטייס) וציפה לנחיתה הקשה הצפויה על המנחת. הנחיתה הייתה קשה אבל עם מגלשים מאוזנים. קשתות המגלשים עוותו, מכלול הזנב התכופף וכל ארבעת הדלתות נפרצו לרווחה. לאחר הנחיתה, ולפני שהדמים את כל המערכות ופינה את המסוק עם הנוסעים, הבחין הטייס, שהמנוע והרוטור הראשי עדיין פעלו בסל"ד רגיל. לא היו כל נפגעים. בחינת המסוק לא העלתה סימנים של כשלון או תקלה כלשהם, שקדמו לתאונה. מניפת מייצב הכיוון לא ניזוקה, פרט לשיפשוף קצה שנוצר בפגיעה בקרקע, מערכת ציר ההנעה של המניפה נותרה שלמה וסובבת באופן חופשי, מערכת בקרת היגוי הסבסוב נותרה מחוברת, ללא כל סימנים של שיבוש. גם בדיקות זווית ההכוונה של להבי מניפת מייצב הכיוון ביחס למיקום הדוושות, התאימו למידות של מסוק גאזל אחר, אשר וויסותי מערכת בקרת היגוי הסבסוב שלו אושרו כנכונים.

ד. הערות צוות החקירה בתאונה השנייה

למסוק הגאזל יש הסטוריה של אובדני יעילות מניפת מייצב הכיוון בלתי מוסברים, המוכרים יותר כ"הזדקרות המניפה". מקרים קודמים ידועים, כוללים תאונה אחת ותקרית אחת במסוקים הרשומים בבריטניה (כרגע נמנו סה"כ 17 מקרים), תאונה אחת ותקרית אחת שארעו למסוק בלתי מזוהה, ו- 11 תאונות ובנוסף 11 תקריות בצי

של כ-300 מסוקים צבאיים מדגם הגזאל, במשך תקופת הזמן של 13 השנים האחרונות. בחלק מארועים, המסוק התגלגל על צידו לאחר הפגיעה בקרקע. רוב הארועים המתועדים של "הזדקרות המניפה" קרו בריחוף, תוך כדי ניסיון לבצע פנייה שמאלה, אבל היו גם מקרים במגוון של תנאי רוח וטיסה אחרים.

מניפת מייצב הכיוון שונה מרוטור זנב רגיל ללא תעלה, בכך שהדחף הרוחבי מיוצר לא רק באמצעות כוחות אוירודינמיים הפועלים על להבי המניפה, אלא גם על ידי כח יניקה הפועל על שפות תעלת כניסה האויר, הנוצר על ידי זרימת האויר. זרימת האויר נוצרת על ידי המניפה על ידי כוחות הלהבים ובנוסף על ידי יניקת שפות כונס האויר של התעלה. נתונים זמינים מרמזים על כך, שהסיבה ל"הזדקרות המניפה" אינה מובנת דיה. בכמה דוחות הוערך, שהפעולה המנוגדת של זרימת האויר ממייצב הכיוון שבקצה מייצב הגובה, עם מניפת מייצב הכיוון, עשויה להיות גורם להזדקרות המניפה מפעם לפעם. אולם, הוכח, שכאשר כל אחד מקצות להבי המניפה מגיע למקדם העילוי המירבי שלו, זרימת האויר ליד דופן תעלת המניפה עלולה לקרוס. התוצאה מתבטאת לא רק באובדן של החלק הישיר של דחף המניפה, (כאשר קצות להבי המניפה מזדקרים), אלא בנוסף לכך, התוצאה גם מתבטאת באובדן פתאומי של רוב הדחף המושרה, שנוצר מיניקת שפות כונס האויר של תעלת המניפה. אובדן זה גורם למסוק לסבסב שמאלה בגלל תגובת הכוח הפועל על המסוק מפיתול הרוטור הראשי. הכנסת הדוושה הימנית כדי לתקן את הסבסוב, עשויה להוביל את קצות הלהבים להזדקרות עמוקה עוד יותר, ולגרום לאובדן רב יותר של כוח היניקה של שפות התעלה, דבר המגדיל עוד יותר את שעור הסבסוב, במקום להפחיתו. עבור הטייס התופעה זהה לכשלון רוטור הזנב.

2.10 כיצד נחלצים מהמצב

א. אובדן יעילות רוטור הזנב כמוהו כאובדן רוטור הזנב. בספר הטייס האזרחי של מסוק "גאזל" בפיסקה הדנה בכשלון רוטור זנב מצויין כדלקמן:

כשלון רוטור זנב:

א. כשלון רוטור זנב מאופיין בסבסוב המסוק נגד כוון השעון. שיעור הסבסוב תלוי בכח המושקע ובמהירות הטיסה בעת קרות הכשלון.

ב. ספר הטייס מפרט את הפעולות שהטייס צריך לבצע לאחר הכשלון, תוך אבחנה באיזה שלב טיסה ארע הכשלון. להלן הפעולות הנדרשות בעת כשלון רוטור הזנב בריחוף, בטיסה איטית ובגובה נמוך:

1) התארגן מיד לאוטורוציה ע"י הורדת הקולקטיב. סבסוב גוף המסוק יפסק ואז יתהפך כוון הסבסוב, בגלל עומסי חיכוך בממסר הראשי. ניתן להתגבר על נטיית גוף המסוק לסבסב לימין ע"י הפעלת הסטיק או ע"י הוספת מעט כח מנוע.

2) במהלך הגישה הסופית סגור המנוע ובצע FLARE החלטי.

3) במקרה של כשלון בקרבת הקרקע, הורד קולקטיב באופן מידי אפילו אם הנחיתה תהיה קשה.

ג. בדוח החקירה השני שארע באנגליה, שעיקריו מוצגים במסמך זה, ציינו מחברי הדוח את שיטת ההחלצות המופיעה בספרי הטייס הצבאיים על פיה, יש להוציא את רגל ימין עד שיעילות מניפת הכוון חוזרת ואז להכניס רגל ימין שוב. יש לנסות להדמים המנוע ולהוריד הקולקטיב, תוך צפייה לנחיתה קשה. ד. כפי שהוצג בשתי שיטות ההחלצות שלעיל, יש צורך לסגור את המנוע. סגירת המצערות מבטלת בבת אחת את התגובה של פיתול הרוטור הראשי ומפסיקה בכך את סבסוב המסוק.

לאחר מכן ניתן לשכך הנחיתה ע"י הרמת הקולקטיב ללא יצירת סבסוב בלתי נשלט. במקרה של מסוק המצוייד במצערות סבובית על הקולקטיב, אין כלל בעייה לסגור המנוע בכל עת שיחפוץ הטייס, ברם, במסוק הגאזל אין דרך קלה וידועה לפתור הבעייה, במקרה של אובדן יעילות מניפת מייצב הכוון בריחוף, מכיוון שעל הטייס לעזוב את אחיזתו מידית הקולקטיב כדי לשלוח יד לכוון ידיות בקרת הדלק הנמצאות בתקרה, בעת שהמסוק נמצא בקרבת הקרקע ובמצב בלתי נשלט.

2.11 פעולות הטייס בתאונה הנחקרת

א. עפ"י עדות הטייס, התרחש הסבסוב הבלתי נשלט שמאלה, "בשלב הסופי של הצלע הסופית, בגובה כ-20 רגל ובמהירות של מתחת ל-10 קשר לערך".

ב. הטייס "הבין" שאין לו רוטור זנב ופעל מייד להורדת

הקולקטיב. כנדרש בהוראות התפעול למקרה של כשלון רוטור זנב.

ג. העובדה שהמסוק המשיך בסבסוב שמאלה לאחר הורדת הקולקטיב

בעת שפגע בקרקע, מלמדת על כך, שאכן המסוק היה בקירבת הקרקע

בעת תחילת הסבסוב הבלתי נשלט. אם היה גבוה יותר, אפשר להניח,

שפעולת הטייס היתה עוצרת הסבסוב ואף הופכת את כווננו כמצויין

בספר הטייס.

3. מסקנות

3.1 ממצאים

א. כלי הטייס היה מרוששין כנדרש ובוצעה עליו תכנית האחזקה המאושרת ע"י מת"א, במכון בדק מאושר.

ב. הטייס נשא רשיון מתאים ותקף לביצוע הטיסה.

ג. במהלך ביצוע גישה לנחיתה, כהמשך להתישרות מפנייה חדה, בהיות המסוק בגובה נמוך ובמהירות איטית, התפתח סבסוב בלתי נשלט לשמאל.

ד. המסוק המשיך לסבסב שמאלה גם לאחר פגיעתו בקרקע.

ה. במהלך הסיבסוב על הקרקע, נשבר מגלש המסוק בהדרגה, דבר שגרם להתהפכות המסוק.

ו. לא נמצא שהייתה בעייה טכנית כלשהיא במסוק בטרם קרות התאונה.

3.2 גורמי התאונה

בהעדר כל ממצא טכני שיכול להסביר את ההתרחשויות בטרם התאונה, ומאחר שלא נמצא שהטייס ביצע פעולה חריגה כלשהיא - מסיק צוות החקירה, שהמסוק נקלע לאובדן יעילות רוטור הזנב. אובדן יעילות רוטור הזנב, הינה תופעה אוירודינמית, המתרחשת מעת לעת בטיסה במהירות נמוכה, מסיבה שמקורותיה עדיין לא ברורים. התופעה עדיין נחקרת אצל היצרן, אשר עד לאחרונה לא הצליח לשחזר אותה. (כאמור, בבריטניה בלבד נרשמו כ-20 ארועים שמאפיינם דומה לתאונה הנחקרת - סבסוב בלתי נשלט לשמאל). בעת אובדן יעילות רוטור הזנב, סובב גוף המסוק באופן בלתי נשלט. סגירת המנוע במצב זה, עשויה להפסיק את הסבסוב, ברם, במסוק "גאזל" לא ניתן לבצע זאת, מאחר שידית בקרת הדלק נמצאת הרחק מידית הקולקטיב, בתקרת התא, כך שעל הטייס הרוצה לכבות מנוע, לעזוב את אחיזתו מידית הקולקטיב, דבר העלול להחמיר את מצב המסוק.

4. המלצות

להמשיך ולפעול אצל יצרן המסוק, לקבלת תוצאות הניסויים שבוצעו על ידו, לאפיון תופעת אובדן יעילות רוטור הזנב, במגמה לעמוד על טיבה של הבעייה, על הדרכים להמנע ממנה ועל אופן ההחלצות בעת התרחשותה.

צוות החקירה

אורי דיין

כוכב הס

23.1.95