

בטיחות מדחף

תורגם על ידי איציק מה-יפית מתוך AOPA אוקטובר 2011

הערות המתרגם: הפריט שסוחר את המטוס באוויר עובר לצערנו התעלמות מוחלטת עקב חוסר הבנה וידע באשר למשמעויות הטכניות שלו. המאמר הבא שופך קצת אור על הפריט וחשיבותו.

בהמראה, מהירויות קצה המדחף מתקרבות למהירות הקול. הלהבים חייבים לספוג לא רק את עונש הרעידות של פעימות הכוח של המנוע, אלא גם רעידות הנוצרות על ידי זרימת האוויר. עומסים צנטריפוגליים – הכוחות הללו המנסים למשוך את הלהב מטבורו – בכוח של 10 עד 20 טון ללהב.



הלהבים מפותלים. המאמצים הנכפים על המדחף מרוכזים יותר באזורים קטנים שהם מחורצים וחתוכים. חריצים אלו ושריטות פועלים כמגברי מאמץ, ויכולים להחליש את הלהב מספיק עד שבסופו של דבר לגרום לכישלונם.

כאשר מנוע שובק, המטוס יכול לגלוש לנחיתה בטוחה. כאשר מאבדים להב מדחף, אי האזון הנוצר יכול לתלוש את כל המנוע מהמטוס, להזיז את מרכז הכובד הרבה מעבר אל מאחורי המגבלות, ולהפוך את המטוס לבלתי נשלט.

נתונים סטטיסטיים

למרות שתאונות ופגיעות באנשים ממדחפים אינן נפוצות, הן רציניות ואת מרביתן יכולים למנוע בקלות.

בשנת 2003, 14 תאונות אירעו כתוצאה ממדחף; חמש כתוצאה מפגיעות מדחף שגרמו למוות של שני אנשים ושלושה פצועים קשה. שאר התשעה סווגו ככישלונות מערכת המדחף. ארבעים וארבעה אחוז מהן אירעו במטוסי בנייה עצמית.

ארבע תאונות כללו התעייפות להבי מדחף או טבור, כישלון או הפרדה. שלוש היו עקב כישלון מנגנון שינוי פסיעה של המדחף. שתי תאונות נתרמו על ידי כישלון קו שמן למקבע המדחף, שגרם לאובדן לחץ שמן.

תאונות מדחף מתחלקות למספר קבוצות כלליות:

- נחיתות זהירות עקב רעידות חריגות. לעתים נגרמות על ידי חוסר משקולת איזון או חיפוי טבור (spinner) פגוע.
- נחיתות זהירות עקב מהירות יתר של מדחף.
- נחיתות אונס בעקבות תקלת מדחף נוראית.
- תאונות כתוצאה מהתנעה ידנית (swing) לקויה.
- אנשי צוות קרקע, נוסעים או עוברי אורח שנכנסים לטווח סיבוב המדחף.

הסיבה הראשונית לתאונות כתוצאה מבעיה מכאנית כמעט תמיד נשכחת.

עבודה סביב המדחף

כיוון שמחובר למנוע, למדחף מגיעה התחשבות מיוחדת על הקרקע. הרעיון היחיד החשוב ביותר שעליכם להבין הינו: יש לנהוג במדחף תמיד כאילו מערכת ההצתה ב - ON והמנוע כחוט השערה מהתנעה. למרות שמרבית הטייסים זהירים ובודקים לעתים מזומנות שהמגנטוס מכבים כיאות את המנוע, לא כולם עושים זאת. הניחו את הגרוע ביותר ולעולם לא תופתעו.

בדיקת מגנטו



טפלו במדחף בזהירות

הגנה טובה כנגד התנעות בלתי צפויות על הקרקע הינה בדיקה תקופתית המוודאת שמוליכי הארקות המגנטוס (P-leads) אינם שבורים. מוליכים אלו, המחוברים למתג ההצתה בתא, אחראים להארקת המגנטוס על מנת למנוע את פעולת המנוע. לפעמים החוטים או החיבורים בין המפסק והמגנטוס נשברים או משתחררים. במקרה זה, מגנטו אחד או שניהם עלולים להיות "חמים" או מוכנים להעברת ניצוץ כל אימת שהמדחף יסובב. בכדי לבדוק אותם, במקום לכבות את המנוע בדרך הרגילה עם ידית התערובת, השתמשו במפתח אפשרו למנוע להתקרב לרמה נורמאלית והעבירו לסרק. סובבו את המפתח באיטיות דרך מצב ימין ושמאל ואז למצב חדל. סל"ד המנוע חייב ליפול קמעה בשני המצבים הללו ולכבות במצב חדל. אפשרו למדחף לעצור ואז העבירו את ידית התערובת למצב כיבוי. אל תנסו "לתפוס" את המנוע לפני שמגיע לעצירה מוחלטת כיוון שעלול להתרחש backfire מסוכן. אם המנוע אינו עוצר כאשר המפתח במצב חדל, כבו אותו בעזרת התערובת, סמנו בצורה בולטת את המדחף כ"חם", וצרו מיידית קשר עם צוות התחזוקה.

ישנן אזהרות נוספות שיש להתחשב בהן כאשר נמצאים בסביבות המדחף.

- הימנעו מלמשוך את המטוס במדחף. כן. זה נראה כפיתרון מושלם לבעיה מציקה כמו כיצד להזיז את המטוס מבלי ללכת ולחפש מוט גרירה, אולם זה משתלם לעשות את המאמץ הנוסף. לא המנוע ולא המדחף, במיוחד, מרוויחים מהעומסים הנכפים עליהם על ידי נשיאת כל המטוס עליהם.
- הימנעו מלדחוף את המטוס בחיפוי טבור המדחף. החיפוי והצלחת האחורית שלו בנויים להיות קלים, לפיכך הם די שבירים. דחיפתם יכולה לגרום לצלחת האחורית להיסדק ולהוביל לכישלון החיפוי.
- הימנעו ממגע עם מונעי ההקרח והחיווט שלהם. אם אתם רוצים שהמערכת תפעל כשנדרש, התרחקו מהם.

פגיעות מדחף

לעולם אל תנסו להעלות או להוריד נוסעים מהמטוס כשהמנוע פועל, אלא אם יש סיבה מיוחדת. אם אתם חייבים לאפשר לנוסעים או לצוות לעלות או להתקרב למטוס, ודאו שהם מבינים מאיזה אזורים להימנע. השאירו את ידכם על ידית התערובת והשגיתו על תנועת האנשים. אם מישהו מתחיל ללכת בכיוון המדחף המסתובב, כבו את המנוע מיידית. דאגו כיצד להתניעו מאוחר יותר. זכרו שהנוסעים כנראה לא ישמעו את צעקות האזהרה שלכם מעבר לרעש המנוע. כמעט בכל שנה יש פגיעות או קורבנות ממישהו שהלך ישירות לתוך מדחף מסובב.

התנעה ידנית (swing)

איננו הולכים לספר לכם כיצד להתניע ידנית מטוס כיוון שזה **אינו** משהו שלומדים מחוברת ואינו מתאים למטוסים בעלי גלגל זנב.

אם אתם יודעים כבר כיצד להתניע ידנית, זכרו לאבטח עניבות, צעיפי משי, ובגדים חופשיים. הסירו טבעות, שעונים וצמידים והציבו אדם מוסמך מאחורי ההגאים.



אל תנסו להתניע ידנית ללא הדרכה מתאימה

המכאניקה של המדחף

טכנולוגיית מדחף נחשבת כבוגרת, כמו הרבה דברים בהם אנחנו משתמשים בתעופה. התכנון הבסיסי השתנה מעט בשלושים השנים בערך שחלפו, למרות שהתפתחות אווירודינאמיקה של הלהב שיפרה מעט את היעילות (לכל היותר, המדחף יעיל ב - 85% בהפיכת פיתול לסحب). טכניקות ייצור מודרניות עזרו גם הן להפחתת המשקל הכולל. ואף על פי כן, טייסים חייבים להכיר מספר דגמים בסיסיים של מדחפים.

פסיעה קבועה

כאשר נדרשים למשקל נמוך, פשטות ועלות נמוכה, מדחף פסיעה קבועה מהווה פשרה. כיוון שבמרבית המקרים קביעת הפסיעה אינה אידיאלית לא לשיוט ולא לטיפוס, המטוס סובל מעט בקטגוריות ביצועים אלו. מדחפי פסיעה קבועה מפשטים את ניהול הכוח ועולים פחות מאשר גרסת מהירות קבועה.

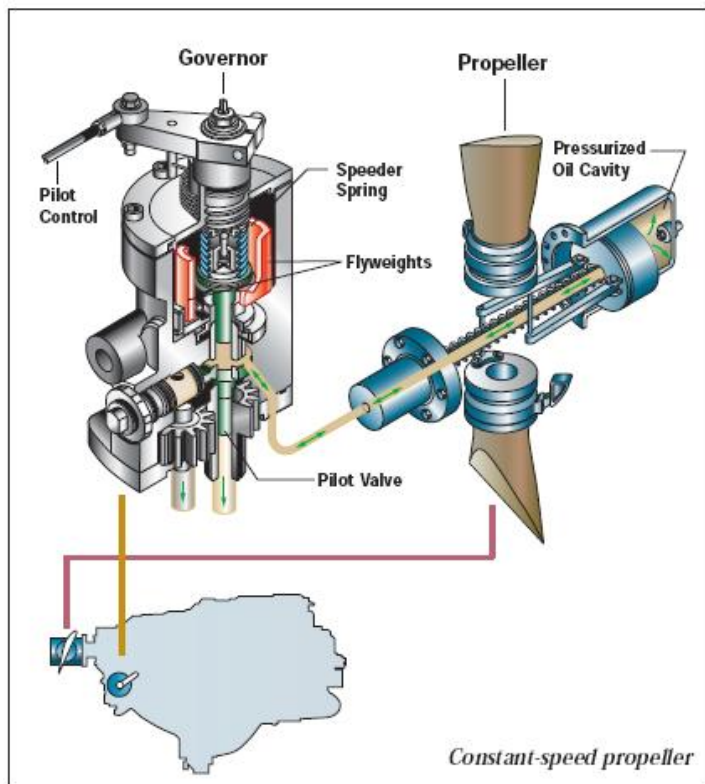
מהירות קבועה

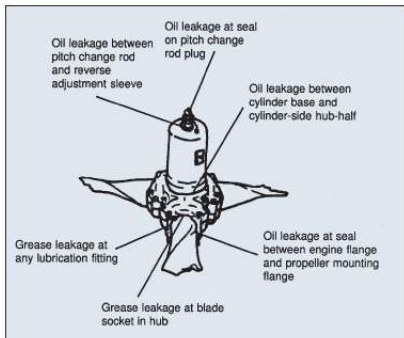
לפני שהיו מדחפים בעלי מהירות קבועה, היו דגמים בעלי פסיעה מתווססת. על ידי שינוי זווית התקפה של כל להב, ניתן היה לבצע אופטימיזציה טובה יותר הן לביצועי טיפוס והן לשיוט. בדגמים מוקדמים השתמשו בוויסות ידני לפסיעת המדחף, בעוד מספר ממציאים חלוצים שיחקו במנגנון שינוי פסיעה אוטומטי.

כאשר מטוסים פיתחו טווחי מהירות נרחבים - ההבדל בין הטיפוס האיטי ביותר והשיוט המהיר ביותר - היה ברור שנדרשת מערכת טובה יותר. בתחילת שנות השלושים (1930), הונח הבסיס למדחף מהירות קבועה, מרביתו על ידי מתכנני Ercoupe ופיפר צ'ירוקי, Fred Weick.

משתמשים במנגנון נפרד לשינוי זווית התקפה של כל להב, במטרה

לשמור מהירות מנוע קבועה. במדחף פסיעה קבועה, כאשר המטוס מאיץ, המנוע - בהינתן מצב מצערת קבוע - יתנהג כמווהו. עם מנגנון מהירות קבועה, זווית התקפה של הלהבים עולה ככל שהמנוע מנסה להאיץ, המנוע מועמס ושומר על המהירות שנקבעה.





אזורים פוטנציאליים לנזילות שמן וגרז

סידור זה מעניק שני יתרונות על פני מדחפי פסיעה קבועה. ראשית, אתם מקבלים קביעת פסיעה אופטימאלית ללהב, ושנית, ניתן לגרום למנוע לפעול במהירות שנקבעה, דבר המוריד מאד את עומס העבודה על הטייס ומאפשר קביעת כוח מדויקת.

שליטה

חלק בלתי נפרד לקביעת המהירות הינו התקן הנקרא מקבע. המקבע משולב למנוע ומקבל שמן מאספקת המנוע הראשית. משאבה אינטגרלית מגבירה את הלחץ של שמן זה ומכוונת אותו, דרך קדמת גל הארכובה החלול, למדחף.

במטוס חד-מנועי, לחץ השמן משמש להגדלת הפסיעה של הלהבים (המכונה פסיעה גסה), אשר בתמורה מפחיתה את סל"ד המנוע. מטוסים דו-מנועיים ומספר מטוסים אירובטיים פועלים כך ששמן המנוע מאלץ את הלהבים לפסיעה עדינה. על הטייסים לעקוב אחר המלצות היצרנים להנצת מדחפים ואבטחת המנועים לאחר תקלה.

הנצה

הנצת מדחף הינה בפשטות פעולת מקבע מהירות קבועה היכול לסובב את הלהבים עד אשר הם מיושרים כמעט עם הרוח היחסית. דבר זה מספק גרר מופחת במקרה של כישלון מנוע. מדחפים בעלי יכולת הנצה נמצאים על מרבית מטוסים דו-מנועיים.

חומרי הלהב



טבור אלומיניום סדוק

כיום, הרוב המוחלט של מדחפים בתעופה הכללית הינם מתכתיים – במיוחד אלומיניום. בימים שלפני המטלורגיה המתוחכמת וכלי עיבוד מדויק, מדחף העץ היה הנפוץ, והוא עדיין פופולארי באולטרלייטים, מטוסי אקספרימנטל קטנים ודגמים עתיקים. ישנם גם מספר מדחפים מחומרים מרוכבים (פיברגלס, קוולאר, וגרפיט); מרביתם משתמשים בליבת קצף או עץ העטופה בבד פיברגלס. מדחף מחומרים מרוכבים יכול להיות קל יותר מאשר מדחף מתכתי, ויחס הקשיות למשקל טוב יותר, אולם עד כה מדחפים מאושרים מחומרים מרוכבים הינם יקרים מדי למרבית מטוסי התעופה הכללית.

טבורים

תפקיד הטבור הינו להדק את להבי המדחף למנוע. במרבית מדחפי פסיעה קבועה, הטבור הינו חלק אינטגרלי עם הלהבים. מדחפי מהירות קבועה צריכים לאפשר ללהבים להסתובב



מדחף בתהליך כישלון. ראו את הסדק



טבור פלדה משותף



שחיקת להב: מתכת חשופה משותכת במהירות. שמירת להבים צבועים כיאות אינה תחזוקה שגרתית יקרה

בטבור. השתמשו בהרבה מערכות הצמדה שונות במהלך השנים, כאשר התכנונים האחרונים יותר נטו להיות בעלי בלאי נמוך והגנה משיתוך.

עם הזדקנות הצי, אפשר לשמוע על יותר בעיות בנוסף לחוליית נפוצים נוספים. כישלונות של טבורים נדירים יחסית. באופן טיפוסי, בעיות טבור כוללות היסדקות לפני הכישלון. גרעיני חלודה בתוך הטבור יכולים לגרום להיווצרות סדקים כאשר הטבור נתון לעומסי תפעול. אירועים כאלו מדאיגים במיוחד כיוון שהם ניתנים למניעה על ידי אחזקה נאותה ושיפוץ. לפני הכישלון, טבור סדוק או תפס להב יכולים לספק אזהרה בצורת התחלה פתאומית של שחרור גריז, נזילת שמן או רעידות.

שיקולים בבדיקה לפני טיסה

נראה שהרבה טייסים לוקחים את המדחף כדבר מובן מאליהם, כך שבפעם הבאה שאתם טסים, קחו את הזמן לבדוק אותו ביסודיות. לפניכם מה לחפש:

מצב כללי: האם המדחף נקי או מכוסה בזוהמה? אינכם יכולים לדעת את מצבם של הלהבים אם אינכם יכולים לראות אותם.

האם הלהבים שרוטים, מצולקים או חרוצים? זוהי שאלה קריטית. היפרדות להב מתחילה בריכוז מאמצים קטן במתכת. הללו נוצרים על ידי שריטות, חריטות או שיתוך המאפשרים למאמצים להתרכז באזור קטן מאד. ריכוזי מאמץ אלו מחלישים את המתכת, שאז יכולה להיסדק. כיפוף מתמיד של הלהב יוצר סדקים רחבים עד אשר החלק נכשל. באופן כללי, חריץ ברוחב של פחות מ - $1/32$ אינטש או עומק יוכל להיות מטופל בביקורת הבאה. אולם כל דבר גדול יותר (או אם יש הרבה חריצים) חייב להיות מנוקה מיידית על ידי מכונאי.

האם הלהבים מחוזקים בתושבותיהם? מדחפי מהירות קבועה תלויים בכמות מסוימת של כוח צנטריפוגלי בכדי לקבע את הלהבים במקומם, אולם אסור שתהיה יותר מאשר תזוזה קטנה ביותר.

כאשר מותקן חיפוי טבור, קשה לעתים להחליט על מצבו של טבור המדחף עצמו, אולם עליכם להיות מסוגלים לראות את קשיחי התושבת - לחפש אומים או ברגים משוחררים. מספר מדחפים על מטוסי התעופה הכללית בעלי טבורים ממולאים בשמן על מנת לסייע לכם למצוא סדקים זעירים שאחרת היו עלולים להיות בלתי מובחנים. חייבים לבדוק כל סימן של שמן אדום לפני הטיסה.

האם חיפוי הטבור מאובטח? זכרו שחיפוי משוחרר או לא ממורכז יכול להיהרס במספר שעות מועט אם לא מתוקן. אם חלק מהחיפוי מופרד מהמטוס בטיסה, זה יכול להיות דרמאטי כאילו חלק קטן מאד מהלהב עצמו נטש. אחזו בקצה החיפוי בחוזקה ונסו להזיזו בתנועה מעגלית. רק אל תגזימו. החיפוי, והתושבת האחורית שלו, יכולים להינזק בקלות. לעולם אל תדחפו את המטוס או תרימו את החרטום על ידי דחיפת החיפוי.

קצה המדחף: מדחפים עשויים לסבול מנזק רב כאשר פועלים מעל משטח חצץ. אם המטוס חונה על משטח חצץ, הזיזו אותו לקרקע כבושה לפני התנעת המנוע. כמו כן, כאשר מסייעים לנקודת העגינה - אם היא על חצץ, כבו את המנוע על קרקע כבושה והשתמשו במוט גרירה להזיז את המטוס.



בתא הטייס.

לפני הטיסה, נקטו במספר אמצעי זהירות על מנת לוודא שהמדחף שלכם יתפקד כנדרש. במדחפי פסיעה קבועה, האזינו והרגישו רעש ורטט בלתי רגילים. כיוון שיש מעט מאד מה שלא יהיה בסדר במדחף פסיעה קבועה, אתם בעיקר צריכים לצפות לבעיה כוללת כגון ברגים משוחררים או קצה להב שנשבר במהלך תהליך ההתנעה או ההסעה.

במהלך הרצת המנוע

לגבי מדחפי מהירות קבועה, יש שיקולים נוספים. שימו עין על לחץ וטמפרטורת השמן. הלחץ חייב להיות בטווח הקשת הירוקה הנורמאלית, והטמפרטורה חייבת לעלות בהתאם לתנאים החיצוניים. כיוון שמדחף מהירות קבועה זקוק הן ללחץ שמן טוב לבצע את תפקידו ושמן דליל מספיק על מנת להישאב דרך מעברים קטנים של המדחף, חשוב לשמור פרמטרים אלו בראש, במיוחד ביציאה במזג אוויר קר. המראה עם שמן קר תגרום לבקרה גרועה של המדחף ואפשרות לאירוע של מהירות יתר. בתנאי הקרחה, זה יכול להימשך 15 עד 30 דקות לקבלת טמפרטורת שמן מינימאלית. אחסון המטוס במהלך הלילה במוסך מחומם או הזמנת חימום מוקדם של המנוע תסייע רבות.

תפעול מדחף

כאשר מתפעלים מדחף מהירות קבועה, שימו לב למספר דברים:

- האם ידית בקרת המדחף נעה בחופשיות? חיכוך מוגזם יכול להצביע על כבל פרום או סיכה לא טובה. כמו כן הדבר מקשה על קיבוע מדויק של ידית המדחף.
- האם המדחף מגיב מיידית כשהשמן חם? המדחף חייב להגיב תוך לא יותר מאשר שתיים או שלוש שניות כאשר השמן חם. אם הוא נכשל להגיב בכלל, אפילו כאשר מחוץ טמפרטורת השמן מצביע על הקשת הירוקה, אל תנסו להמריא. יתכן ויש כבל קרוע, מקבע לקוי או מעבר שמן חסום. שתי האפשרויות האחרונות יכולות להוביל לאירוע של מהירות יתר.
- האם המדחף חוזר לסל"ד שנקבע לאחר הפעלתו?
- האם לחץ השמן מרטט במהלך התפעול? השמן נמשך מהמנוע במהלך התפעול, כך שהלחץ חייב ליפול מעט כאשר המדחף מופעל, ולהתאושש כאשר סל"ד המנוע מתאושש.

בריצת ההמראה

המראה הינה זמן עמוס, אולם וודאו שהמדחף ומערכות המקבע שלו מתפקדים כראוי.

- שימו לב למד הסל"ד והאזינו לסימנים של נחשולים או מהירות יתר. דעו מהו נורמאלי ומהן תנודות מחט חריגות למטוס שלכם. אם יש בעיה מהותית, סביר להניח שתשמעו את זה לפני שתבחינו בזה על מד הסל"ד.
- ציינו לעצמכם באם המדחף הגיע למהירות הקו האדום (או לקרבתו).
- האזינו לרעש לא שגרתי או לרעידות.

זה נורמאלי לחלוטין למדחף מהירות קבועה להסתובב מעט פחות ממקסימום הסל"ד במהלך ריצת ההמראה ההתחלתית. כאשר המטוס מאיץ, העומס על המדחף יוסר מעט והמהירות תעלה. אם אינו מגיע לערך הקו האדום במהירות טיפוס, יש לבדוק את המקבע ו/או מד הסל"ד.

אם אתם רואים נפילה בלחץ השמן או חווים רעש לא שגרתי או רעידות, עליכם להפסיק המראה (אם יש אפשרות לעצור בבטחה) או להמשיך בהמראה להקפה לצורך נחיתה נורמאלית תוך שימוש בהספק מנוע נמוך.

בטיסה

אין תבנית ברורה לכישלונות מדחף; זה יכול להתרחש בריצת ההמראה, בטיסת שיוט קבועה, או אפילו בהקפה. היו ערים לסימנים מדאיגים במדחף בשלב השיוט של הטיסה. התחלה של

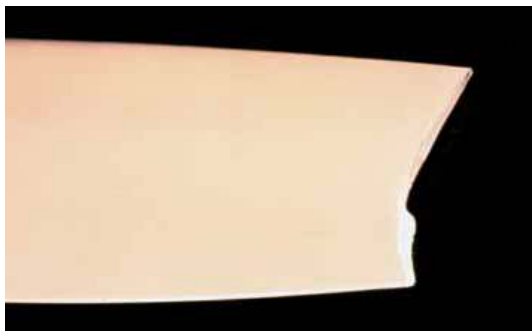
נזילת שמן או גריז או רעידות במדחף שנכשל דווחו תדירות. חקירה מקיפה ובמועד הנכון של מצבים אלו הינם אמצעי זהירות.

שנים שני מצבים עיקריים של כישלון בטיסה – הינתקות חלק מהמדחף, משקולת איזון או חיפוי הגורם לרעידות חזקות (לעתים קיצוניות), או בעיות מקבע היכולות לגרום למדחף להישאר בסל"ד קבוע או להסתובב במהירות מעבר לקו האדום.

כישלונות מדחף



כישלון טבור קטסטרופלי שגרם להינתקות להבים וחזרים



קצה להב חסר

כמעט ומיותר לציין, אולם הינתקות של חלק כלשהו מהמדחף יסב את תשומת לבכם במהירות. ברורה גם העצה להישאר רגוע.

- הפחיתו מיידית כוח בעזרת המצערת.
- האטו את המטוס למהירות גלישה מיטבית – בחרו בגובה לעומת מהירות, אם נדרש – והחלו לחפש מקום לנחות.
- בצעו איתור תקלות לאובדן כוח. האם זה רק מיכל דלק יבש? האם המגנטוס פועלים? בדרך כלל, חוסר דלק יגרום לטלטול או שניים כאשר לחץ הדלק מרטט, ואז פעולה קלה שלאחריה דממה. בדומה, בעיית מגנטוס טיפוסית מזהה עצמה בהצתה לא סדירה ואפשרות ל – backfire. כישלון להב מדחף, מאידך, הרבה יותר קצבי ומופחת באמפליטודה, עד שהמצערת נמשכת לאחור.
- למעט אם אתם בטוחים שבעיית המנוע הינה משהו אחר מהמדחף, אל תדחפו את המצערת בשנית. הכוחות הצנטריפוגליים האדירים הנוצרים ממדחף בלתי מאוזן יכולים לקרוע את המנוע מתושבותיו. כשהמנוע בסרק והמדחף מסתובב, הכוחות יהיו כנראה נמוכים מספיק בכדי להביא את המטוס לקרקע לפני שפריט מבני ראשי יתנתק. אם ברשותכם את הזמן וראש פנוי, כבו מנוע אם אתם בטוחים שניתק חלק מהמדחף. אולם, כל דבר בעתו, הטיסו את המטוס.

כישלון מקבע – מהירות יתר

כישלון מקבע

אם מקבע נכשל באספקת שמן למדחף, השפעות הכישלון הן שונות ותלויות באם המדחף מתוכנן ללחץ להקטנת הפסיעה או ללחץ להגדלת הפסיעה. במטוסים דו-מנועיים, אובדן לחץ יגרום להנצת המדחף. במרבית המטוסים החד-מנועיים, אובדן לחץ יגרום למהירות יתר.

המידע שלהלן מתייחס למטוס חד-מנועי שסובל מנפילת לחץ שמן למקבע; כלומר, מהירות יתר. כישלון מקבע הגורם לסיבובי יתר של המנוע או בקרה לקויה אפשרי גם הוא. שינויים פראיים בסל"ד המנוע בטיסה יכולים לסמן אובדן בקרת המדחף, מאלצים את הלהבים

לפסיעה עדינה או פסיעה למהירות גבוהה. כאשר זה קורה, הורידו את מהירות המנוע לפני שיגרם נזק כלשהו.

אם מקבע אינו מבצע את תפקידו והמדחף מסתובב בסיבובי יתר, מהירות היתר מבוקרת על ידי שני דברים: הספק המנוע והמהירות. משיכת המצער והפחתת המהירות יקטינו את מהירות היתר. במצב של מהירות יתר על מטוס חד-מנועי, יהיה טוב יותר לטוס לשדה תעופה, בעת מהירות היתר, מאשר לכבות את המנוע ולהסתכן בנחיתה מחוץ לשדה. אם אתם עומדים בפני מהירות יתר של מדחף, בצעו את הצעדים הבאים:

- הקטינו מייד את המצער לסרק.
- קבעו מהירות גלישה מיטבית, והחלו לחפש אתר לנחיתה.
- בדקו מחוון לחץ שמן. הרבה מקרי מהירות יתר נובעים מקווי שמן שבורים או חוסר שמן. נפילת לחץ שמן ועליית הטמפרטורה הינם הסימנים הקלסיים לכך.
- אם לחץ השמן תקין (בצעו בדיקה במקביל עם הטמפרטורה במידה ויש חיווי חריג), קדמו באטיות את המצער ושימו לב לתגובות המדחף.
- יש סיכויים טובים שתהיו מסוגלים לשמור מעט כוח לפני שסל"ד המדחף מגיע לקו האדום. כאשר לחץ השמן והטמפרטורה תקינים, קבעו את המצער במצב שיאפשר לכם לשמור מהירויות מנוע מתחת לקו האדום. ועדיין, זכרו שעדיף לטוס לשדה תעופה עם מנוע בעל מהירות יתר מאשר לנחות בשטח כיוון שכיביתם מנוע.
- תכננו לנחות מוקדם ככל האפשר. יתכן ויש לכם קו אספקת שמן שבור למקבע (זה היה נפוץ לתקופת מה על מספר מנועים שצידו בצנרת שמן חיצונית למדחף), שיגרם לאזילת אספקת השמן ויתפוס את המנוע. מסב מסתובב או נזילות פנימיות אחרות יכולות לגרום לצמצום הזרימה למדחף.

יתכן גם אובדן לחץ שמן ובעקבותיו היתפסות המנוע. יתכן ולא זה מה שיקרה, אולם משהו גרם למדחף למהירות יתר, ובטוח שזה קשור ללחץ השמן.

מכות מדחף

זהו סיפור עצוב החוזר מספר פעמים בשנה. הטייס העמוס, יתכן ושב הביתה מיום קשה של טיסה שבוטלה עקב גישת מכשירים מאתגרת, דעתו מוסחת והוא שוכח להוריד את כני הנסע. עם הישמע הצליל הראשון של מתכת נגרסת והפסקת הפעולה של המדחף הנגרס על ידי המסלול, התגובה הראשונה של הרבה טייסים הינה להוסיף כוח ולנסות להציל את המצב. שתי מילים **אל תנסו!**



אל תנסו להיחלץ ממצב זה

מיד כאשר קצה הלהב הראשון פוגע בבטון, מדחף זה מושחת, אינו מסוגל לשאת בעומסים אווירודינמיים ומבניים המועמסים על ידי ההליכה סביב. אם הוא נשאר על המטוס מספיק זמן בכדי לבצע הקפה לנחיתה על הגלגלים, אתם תסתכנו בתוצאות¹.

במקרה זה, הברירה, למרות שלבטח אינה נעימה להרבה בעלי מטוסים, הינה פשוט להשאיר את המצער בסרק ולבצע נחיתה גחון עד לסוף המר. מוות ופגיעות כתוצאה מנחיתות בלתי מתוכננות עם גלגלים מעלה הינם מאד נדירים. אולם, ביצוע

¹ במקרה אחד שאירע לפני כמה חודשים בהרצליה, הטייס שלא הבחין בנזק למדחף, הלך סביב ונחת בשלום. לדבריו, הוא חש בסחב נמוך של המטוס. רק לאחר הנחיתה ראה את הנזק במדחף. למרות זאת, להמלצת המחבר יש תוקף רב.

הליכה סביב עם להבים ניזוקים מסוכן מאד. אפילו אם המדחף נשאר שלם למדי בכדי שתמנענה רעידות חמורות, הנזק יכול להיות כל כך חמור, כך שביצועי הטיפוס נפגעים באופן חמור.

נושאי תחזוקה

חלק משמעותי ממניעת חרומים בטיסה הינו לשמור על תחזוקת המדחף. הרבה בעלי מטוסים מאמינים שהמדחף הינו פריט שאינו דורש תחזוקה. זה אינו המצב.

קחו את ההזדמנות בעת החלפת השמן (בביקורת הקרובה) על מנת להביט בצורה מעמיקה יותר במדחף. דרשו מהמכונאי להחליק כל חריץ הקיים בעת זו, כשהזמן בידכם. זהו, אגב, תהליך שהטייס אינו יכול לקחת על עצמו באופן חוקי, כמו גם תחת השגחה, אלא אם עברתם הדרכה מיוחדת. טיפול בלהבי מדחף הינו אומנות: נדרש לשייף מעט ומספיק בכדי להסיר את כל השריטות, אולם לא יותר מדי שיפגע בלהב. הרעיון הינו להגיע לתחתית כל שריטה, כך שלא יהיה מקום לגידול מאמץ שיגרם מאוחר יותר לכישלון הלהב. ישנן מידות מזעריות ללהב, ואם משייפים יותר מדי, יש להחליפה. כל משפץ מדחף יכול לספק את המידות, או שאתם יכולים לקבל מידע מיצרן המדחף.

מדי סל"ד

בצעו בדיקה שנתית למד הסל"ד. מדי סל"ד מכאניים אינם מדויקים באופן הידוע לשמצה, ונתונים לסחיפה במהלך זמן החיים שלהם. אם לשילוב המנוע והמדחף שלכם, על מד הסל"ד יש קשת צהובה אחת או יותר, או קשתות מגבילות אדומות בתוך טווח הפעולה הנורמאלי – דבר נפוץ בהרבה מנועי לייקומינג ארבעה צילינדרים – חיוני שהמחווך ינחה אתכם בדיוקנות אל מחוץ לנקודות מציקות אלו. מגבלות אלו במקומן עקב תכונת הרעידות של שילוב מנוע ומדחף היכולה להוביל לצרות ארוכות טווח, אם מתעלמים ממנה באופן שגרתי.

שעות או שנים?



שפצו במגבלות השעות או התאריך – מזה שמגיע ראשון.

למדחפים יש מרווחי זמן מומלצים לשיפוץ המתבססים על זמן קלנדארי ושעות טיסה. כתלות בדגם המדחף, זה עשוי להיות 1,500 או 2,000 שעות טיסה, אולם קיימת גם מגבלת תאריך (בדרך כלל חמש שנים) שטייסים רבים מדי מתעלמים ממנה. זוהי בעיה חמורה בצי הסט בממוצע מעט פחות ממאה שעות לשנה. במאה שעות לשנה, מדחף טיפוסי בעל 2,000 שעות יכול שלא להיבדק במשך 20 שנים! זהו בברור חוסר שיקול דעת, כך שמגבלת התאריך שרירה.

דאגו לשיפוץ המדחף הן במגבלת השעות או התאריך, מה שבא קודם. אם המנוע מגיע לשיפוץ לפני שהמדחף מגיע לאחת המגבלות, מרבית בתי המלאכה ימליצו להסיר את המדחף והמקבע ולשפץ אותם בכל מקרה. כך ייווצר סנכרון זמנים.

שיתוך הוא הנאשם

זמני השיפוץ ראויים לכבוד כיוון שהגורם להרס מרבית המדחפים אינו פגמים חיצוניים, אלא שיתוך פנימי בלתי נראה. חומרים שונים במדחף ובטבור יוצרים אווירה בשלה לשיתוך, והדרך היחידה לבדיקה נאותה של הרבה מאזורים אלו הינה על ידי פירוק יסודי. שיתוך נרחב יכול להפחית בצורה



תפס להב משותך.



מסבים משותכים

דרמטית את חוזק הלהבים או הטבור. אפילו שיתוך מזערי לכאורה, יכול לגרום ללהב או לטבור להיכשל בביקורת. עקב השלכות בטיחותיות, זהו אינו תחום שמקמים בו.

שיתוך פנימי יכול להתפתח במרכיבים קריטיים של מצמדי הלהב. מצבים שכאלה מציגים הן פגם חבוי והן בעיה של פוטנציאל בטיחות טיסה. זוהי הסיבה העיקרית שבעטייה מגבלות תקופתיות לביקורת הינן דרישה מאד חשובה. כמו כן, השיפוץ חייב לכלול יותר מאשר בדיקת שיתוך. חידוש צבע וציפוי הינם חיוניים בכדי לוודא הגנה עתידית משיתוך עד השיפוץ הבא.

הודעה

חיוני ביותר להיות מעודכנים בהוראות הכשירות (AD) או אשגרי השירות (SB) למדחף שלכם. ציות להוראות הכשירות נדרש, כמובן, על מנת להשאיר את המטוס כשיר חוקית, אולם זו גם דרך טובה לעקוב אחר אשגרי השירות – במיוחד אלו המצוינים כ"חובה" – כיוון שיתכן ויהיו ליקויי מדחף שיתגלו רק תחת תנאים מסוימים, כגון טיסה אירובטית או תנאי סביבה קשים. כל העבודה המתבצעת על המדחף – כולל ציות ל- AD ו- SB – חייבים להיות מצוינים בספר המדחף.

הוראות כשירות ואשגרי בטיחות

נראה שבעלי מטוסים נצורים על ידי ההוראות והאשגרים. למרות שמספר בעלים רואים בזה רק בזבוז מזומנים, תשומת לב להוראות והאשגרים, במיוחד כאשר הדבר נוגע למדחפים, עשויים פשוט להציל את חייכם.

לגבי מפעילים תחת סעיף 91, רק הוראות הכשירות מחייבות. מטוס אינו נחשב ככשיר אלא אם כל הוראות הכשירות בוצעו, הן על ידי הוכחה על ידי דגם או מספר סידורי שההוראה אינה ישימה, או על ידי הוכחה שהביקורת או החלפת חלק בוצעו. יישום הוראת הכשירות נדרש להיות מצוין בספרי המטוס, המנוע והמדחף.

אשגרי השירות, אפילו אלו המסומנים על ידי היצרן כ"חובה", הינם אך ורק אופציה למפעילים תחת סעיף 91. האם זאת אומרת שעליכם להתעלם מהם? בקושי. הרבה הוראות כשירות הינם פשוט שכתוב של אשגרי השירות, ובהרבה מקרים, ציות לאשגרי שירות אופציונאלי קודם, יכסה את הדרישות להוראת הכשירות החדשה. אשגרי השירות עשויים גם לספק מידע שירות מועיל.

ניתן להזמין רשימה של אשגרי שירות מיצרן המדחף. ניתן להוריד מידע הוראות כשירות שוטף מאתר AOPA – www.aopa.org.

שיפוץ: מה הם עושים?

עם הקבלה לשיפוץ, מכינים מסמך שיעקוב אחר רכיבי המדחף במהלך תהליך השיפוץ. כל הוראות הכשירות הישומות, מפרטים מעודכנים ואשגרי השירות של היצרן נבחנים לצורך בשילוב במהלך תהליך השיפוץ. המספר הסידורי נבדק בקפידה, ומכנסות הערות לפקודת העבודה ביחס למצב הכללי שבו התקבל המדחף.

כאשר הפריט מפורק ועובר ניקוי, מבוצעת ביקורת ראשונית על כל רכיבי המדחף. אלה החושפים אי התאמות הדורשות עיבוד או החלפה, מתועדות ברישומי השיפוץ לפי מספר יצרן, ביחד עם הסיבה לפעולה הנדרשת.

כל הקשיחים התברגיים מושלכים במהלך הפירוק, ולמעט מספר חריגים המאושרים על ידי היצרן, מוחלפים ברכיבים חדשים. נדרשים הרבה כלים מיוחדים ומתאמים במהלך הפירוק והתקנה נאותה של מדחפים. כלים אלו הינם באופן כללי מיועדים לדגם וטווח החל ממתאמי מוטות פיתול מסיביים של 15 רגל ומכבשים של 100 טון עד למתאמי פנים זעירים.

הטבור

מסירים צבע וציפוי מטבורים אל-ברזליים ורכיביהם, ובודקים לסדקים בשיטת נוזלים חודרים. החלקים מסומנים, נשטפים, מיובשים ואז מוטבלים בתמיסה פלורוסנטית חודרת. לאחר השרייה בנוזל החודר, הם נשטפים בשנית ומיובשים בזרם אוויר. בשלב זה מתזים חומר מפתח, אשר מסמן כל חומר חודר הנתפס בסדקים או בפגמים על פני השטח. תחת מנורת ביקורת



טבור סדוק

אולטרה-סגולה, החומר החודר מגלה את הסדק בבירור. דגמים מסוימים של טבורים נבדקים גם בשיטת זרמי מערבולת סביב אזורים קריטיים, בעלי מאמץ גבוה. בדיקת זרמי מערבולת מעבירה זרם חשמלי דרך החומר המוליך אשר, כאשר מופרע על ידי סדק או זרימה אחרת, גורם לריטוט במודד או צג שפופרת קטודית. שיטה זו של בדיקה יכולה לזהות סדקים מתחת לפני השטח של המתכת שאינם חשופים לעין.

משתמשים בבדיקת חלקיקים מגנטיים בכדי לאתר סדקים בחלקי פלדה. חלקי הפלדה של המדחף ממוגנטים על ידי העברת זרם חשמלי חזק דרכם. מפזרים עליהם תמיסה ואבקת תחמוצת ברזל פלורוסנטית. כשהם ממוגנטים, החלקיקים בתוך הנוזל על פני החלקים מתאימים עצמם לקווי השבר. כאשר בודקים תחת אור כהה, הסדק או הליקוי מתגלה כקו פלורוסנטי בהיר.

רכיבים הנתונים לבלאי, נבדקים למידותיהם בהתאם למפרטי היצרן. לאחר מעבר הביקורת, חלקי אלומיניום עוברים אנודיזציה וחלקי פלדה מצופים בקדמיום לצורך הגנה מרבית כנגד שיתוך.

הלהבים

הצעד הראשון בשיפוץ הינו המדידה המדויקת של רוחב הלהב, עובייה, יישור, זוויות הלהב ואורכה. המידות מתועדות בספר המדחף ונבדקות מול מפרטי שיפוץ מנימליים מקובלים של היצרן.

שיפוץ להב מחייב השחזת פני השטח וחידוש הפסיעה, אם נדרש. לעתים, נדרש גם יישור הלהב. מפרט היצרן מתייב מגבלות מותרות מסוימות שבתוכן איזה להב ניזוקה יכולה לעבור יישור קר ולחזור למצב כשירות מחודשת. כלים מיוחדים וציוד מדידה מדויק מאפשרים שינוי פסיעה או תיקון של פחות מ $1/10$ מעלה אחת. על מנת לוודא דיוק, מדידות יישור זוויות מבוצעות בצורה חוזרת במהלך תהליך התיקון.

על מנת להסיר את כל השיתוך, שריטות ופגמים בפני השטח, מתבצעת השחזה ידנית מדויקת של פרופיל הלהב. כאשר כל ריכוזי המאמץ והליקויים הוסרו לחלוטין, נלקחות מידות סופיות של הלהב ומתועדות בכל גיליון ביקורת של הלהב. להבי המדחף עוברים איזון בכדי להתאימם אחד לשני ועוברים ציפוי וצבע להגנה ארוכת טווח מפני שיתוך.



מתקן עבודה לפירוק

הרכבת המדחף

כאשר הטבורים והלהבים סיימו את תהליך השיפוץ, המדחף מוכן להרכבה הסופית. מספרי יצרן נבדקים מחדש מול מפרטי היצרן. החלקים מגורזים ומורכבים בהתאם למדריך השיפוץ של כל חלק ספציפי. לאחר ההרכבה הסופית, נבדקות זוויות הלהבים הגבוהות והנמוכות במדחף מהירות קבועה לפעולה נאותה ונזילות על ידי הפעלת המדחף לאורך טווח הלהבים שלו בעזרת לחץ אוויר. אזי, המדחף המורכב נבדק לאיזון הסטאטי שלו. אם נדרש, ממקמים משקלות באזורי שקע הטבור של כל להב "קלה" בכדי לגרום לאיזון נאות שלה. משקלות אלו חייבות להיחשב כחלק ממכלול הטבור הבסיסי ואין להזיזן במהלך האיזון הדינמי

שבא לאחר מכן על המנוע. כמו מרבית רכיבי מטוסים, כל הקשיחים על מכלול המדחף חייבים להיות מאובטחים בעזרת חוט אבטחה, אלא אם מאובטחים על ידי אמצעי אבטחה עצמית. בשלב זה ממלאים את כל מסמכי השחרור המשקפים את העבודה שבוצעה והוראות כשירות ישימות. כל מסמכי השירות המצורפים ממולאים ונחתמים על ידי המבקר הסופי. מסמכים אלו מאשרים שהתיקונים המהותיים ו/או השינויים שבוצעו עומדים במפרטים, ושהמדחף מאושר לחזרה לשירות.

מסד נתוני תאונות של ASF

פגיעות בעומדים מן הצד

טייס הססנה 150 עצר בטרמינל לאחר טיסה מקומית. אדם שעמד ברחבה התקרב למטוס ושוחח עם הטייס דרך הדלת הפתוחה. המנוע הושאר בסרק. לאחר שהסתיימה השיחה, האדם נופף לשלום וצעד לתוך המדחף, סובל מפגיעות קשות.

זה נכון תמיד לדומם את המנוע בסביבה של צופים, אפילו אם הם טייסים מנוסים.

כישלון מדחף מעץ

מטוס ה- Taylorcraft היה בשיוט כשלפתע רעידה חמורה חלפה במבנה. הטייס דומם את המנוע והבחין שפס הפליז למניעת שחיקה וחלק מלהב עץ אחד נעלם. למרות שהטייס הנחית את המטוס בשדה, לא ניתן היה לעצור אותו לפני שהדרדר מטה. מכונאי שתיקן את המטוס דיווח שראה ריקבון בחלק מהלהב הנותרת.

נדרשת ביקורת ואחזקה קבועים, במיוחד למדחפי עץ ישנים. יש לשבח את הטייס ומדריך הטיסה בתאונה זו על שמירת קור רוח.

מכת מדחף

במהלך ריצת ההמראה, כן הנסע הימני של פיפר סופר-קאב פגע בגומה. הטייס סיפר ששמע את המדחף מכה באבן. הוא המשיך בהמראה, אולם לאחר הניתוק, המטוס החל לרעוד. הטייס הפחית את כוח המנוע ונחת בנהר. בדיקה של המדחף גילתה שחסרה חתיכת להב באורך של כשלושה אינצ'ים.

בכל פעם שהמדחף פוגע בעצם מוצק – באם במהלך המראה על רצועה מחוספסת או ניסיון שגוי להציל נחיתה עם כני נסע מעלה – עליכם להפסיק מיידית את ההמראה. טייס זה היה בר-מזל שהמדחף הבלתי מאוזן לא גרם לנזק משני חמור למנוע או למבנה. במקרה הגרוע, המנוע



יכול להיות מנוער מהתושבות שלו: אובדן משקל המנוע יגרום, במקרים הגרועים ביותר, למטוס להיות חסר שליטה

משקולת שבורה

הטייס של Air Tractor הבחין ברעידת מנוע חמורה במהלך גיחת ריסוס. הוא הפחית כוח, ואז חידש אותו, אולם הרעידה נשארה. המטוס נחת על קרקע רטובה והתהפך על גבו. בדיקה גילתה שבורג במשקולת המדחף נשבר.

משהו לכאורה פשוט כמו משקולת, גרם לטייס זה להתעורר. הלקח כאן הינו שפעולה מהירה היא המפתח להינצל מבעיית מדחף; הטייס יצא ללא פגע.

הינתקות מדחף

מנוע ששופץ במפעל, הורכב בססנה קרדינל RG. הטייס יצא לטיסת מבחן שלאחר אחזקה. אחת עשרה דקות בתוך הטיסה, הטייס דיווח על הינתקות מדחף. המנוע נתפס מיד לאחר מכן. נחיתת אונס במגרש כדורגל הסתיימה בהתנגשות בשני כלי רכב שחנו בכביש סמוך; הטייס לא נפגע. בדיקה מאוחרת יותר גילתה שאחד משני האטמים הנדרשים בתושבת בסיס מקבע הסל"ד לא הורכב, ואפשר לשמן להתנקז החוצה.

עבודה טובה בחלקו של הטייס לשמירת המטוס בעל מוט היגוי ללא רוח חיים תחת שליטה. זוהי תזכורת שכל טיסה לאחר אחזקה מהותית, חייבת להתבצע קרוב ככל האפשר למסלול מתאים.

אובדן להב

במהלך טיסת שיוט, כמחצית מלהב המדחף התנתקה מהמטוס, בגורמה לנזק מהותי למנוע ולמבנה. המטוס נחת בסופו של דבר בשדה תעופה סמוך. ביקורת מאוחרת יותר גילתה שלהב המדחף כשלה מעייפות שהחלה בשקע משותך בודד בקימור הלהב. לא היה תיעוד בספר המטוס שהמדחף עבר טיפול מאז ייצורו בספטמבר 1963.

יין עשוי להשתבח עם הזמן, מתכת לא. לא פחות מדהים היה שלא נגעו במדחף, כנראה, במשך שלושים ושלוש שנים בעת שהתרחשה התאונה. ושוב, מרבית יצרני המדחפים מגדירים, בנוסף למגבלות זמן השימוש, מגבלה קלנדרית, בממוצע חמש שנים, בין השיפוצים. מדחף זה עבר זמנו מזמן.

התנעה בתנופה



טייס פייפר קומנצ'י (PA-24-250) נפגע מהמדחף בראשו ובמרפק כאשר ניסה להתניע את המטוס במזג אוויר קר. ספר תפעול המטוס ממליץ לסובב את המדחף ארבעה עד ששה סיבובים לפני ניסיון התנעה במזג אוויר קר, אולם במקרה זה הטייס כבר ניסה להתניע את המטוס ללא הצלחה. בהשאירו את הנוסע, שאינו טייס, במטוס, הוא יצא מהמטוס בכדי לסובב את המדחף אולם שכח לוודא שמפסק המגנטו במצב OFF.

שתי מחשבות: היו בטוחים שבכל פעם שאתם נוגעים במדחף, המגנטוס במצב OFF, עדיף כשהמפתח בכיסכם. אפילו אז אתם חייבים להניח שהמנוע יכול להתניע. המשמעות הינה שמירת כל חלקי גופכם מחוץ לקשת המדחף. והיה והמנוע הותנע, הנוסע



שבמטוס כנראה ולא יוכל לסייע. החלופה הבטוחה ביותר הינה להושיב
טייס מוסמך ליד ההגאים.