

כמה מסוכן לחרוג TBO? (Time Between Overhaul)

מאת Mike Busch כפי שתורגם על ידי איציק מה-יפית מתוך AVweb מתאריך 7.6.07

נכון לעכשיו, אני חושב שמרבית קוראי AVweb יודעים שאני חסיד נלהב של שיפוץ מנועי בוכנה למטוסים "על תנאי" (On-Condition) ולא "בזמן" (On-Time). תמיד התייחסתי לכך שזה חסר הגיון ובלתי כלכלי לפרק מנוע בריא רק משום שצבר מספר שעות או שנים שרירותי בשירות.

בסמינרים שלי, אני מלמד את המשתתפים בעלי המטוסים לנטר את מצב המנוע שלהם על ידי שימוש בכל הכלים הזמינים – בדיקת מסנן שמן, אנליזת שמן, ניטור צריכת שמן ונטיית לחץ שמן, בדיקות דחיסת צילינדרים, בדיקות בורוסקופ (הערת המתרגם: הכוונה לסיב אופטי המוכנס לחלל הצילינדר דרך פתח המצת ומאפשר הצצה לתוכו), בדיקות מצתים ונתוני ניטור דיגיטאלי של המנוע – ולשפץ את המנועים שלהם רק כאשר המנוע אומר שהגיע הזמן.

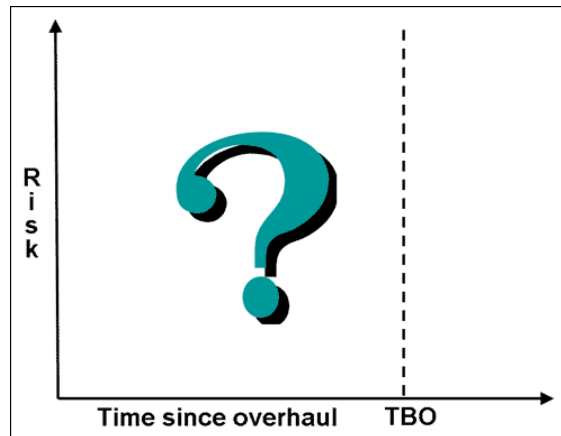
אני נוהג לפי מה שאני מטיף אליו. המנועים על הצסנה T310R שלי עברו שניהם ב – 750 שעות את ה – TBO שלהם, והם פועלים כל כך טוב שתהיה זו עבירה חמורה לפרק את המנועים. אני מנטר את מצבם בקפדנות, ואין לי כל תוכנית לשפצם בזמן הקרוב.

זה חוקי לחלוטין לבעלי מטוסים לפי part 91 להפעיל את המנועים מעבר ל – TBO המומלץ על ידי יצרני המנועים. מפעילים מסחריים תחת part 135 גם הם לעיתים לוחצים מעבר ל – TBO, למרות שהם נדרשים לאישור ממבקר האחזקה הראשי שלהם (ואישור זה מובטח בצורה רוטינית).

ואף על פי כן, בעלי מטוסים ומכונאים רבים חשים חוסר נוחיות מהרעיון של תפעול מעבר ל – TBO. קיימת אמונה רווחת שדחיית TBO כזו אינה נבונה כיוון שמגדילה את הסיכון לכישלון מנוע.

סיכון כנגד שעות מנוע

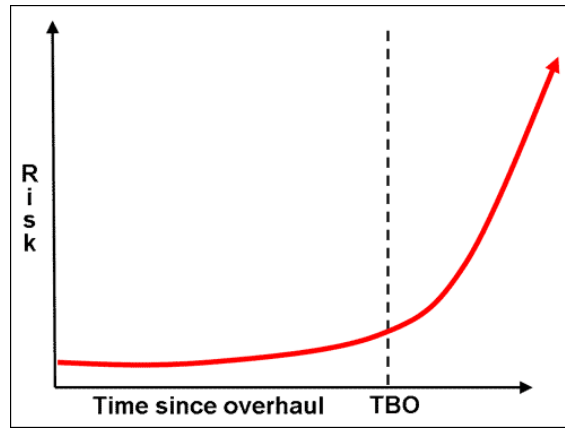
כאשר אני מעביר סמינרים לבעלי מטוסים, אני מבקש את השומעים לבצע "ניסיון מחשבתי" קטן בנושא זה. אני מראה להם את התרשים הבא...



מה הקשר בין זמן מאז השיפוץ וסיכון כישלון מנוע?

... ואז מבקש מהם לחשוב על צורת העקומה שתתאר בצורה גראפית את הקשר בין הסיכון לכישלון מנוע קטסטרופאלי בטיסה והזמן מאז שיפוץ המנוע. לאחר שהכיתה קיבלה זמן לחשוב על זה מעט, אני מבקש ממתנדבים לתאר מה הם חושבים תראה צורת העקומה הזו ומדוע.

התגובות הנפוצות ביותר שאני מקבל מהמשתתפים שלי בעלי המטוסים הינן שהעקומה תיראה בערך כמו זה...



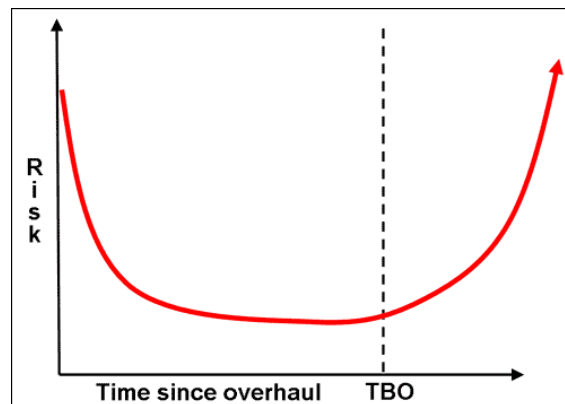
מה שהרבה בעלי מטוסים מאמינים

... הסיכון לכישלון מנוע קטסטרופאלי בטיסה מתחיל די נמוך, אולם גדל בהדרגה עם זמן המנוע בשירות, ומתחיל לעלות בצורה מהירה יותר ככול שהמנוע מופעל מעבר ל – TBO המומלץ על ידי היצרן. נראה שמרבית בעלי המטוסים מאמינים שהקשר בין שעות לסיכון נראה משהו כזה, וכך גם מרבית המכונאים.

אבל הם טועים לחלוטין.

תמותת ילדות

במרבית הכיתות שלי, אני מוצא איש חריף אחד או שניים המציניים בצורה נכונה שהסיכון הגבוה ביותר לכישלון מנוע קטסטרופאלי בטיסה מתרחש במהלך מאות השעות הראשונות לאחר שהמנוע הורכב. הם מתארים עקומת סיכון מול שעות הנראית בערך כך...



מה שמספר בעלים חושב

... עם סיכון גבוה לכישלון מנוע קטסטרופאלי בטיסה במהלך תקופת "תמותת הילדות" הראשונית, שנופל בזריזות לרמה נמוכה לאחר מספר מאות שעות ראשונות, ואז עולה ככול שהמנוע מתופעל מעבר ל – TBO המומלץ.

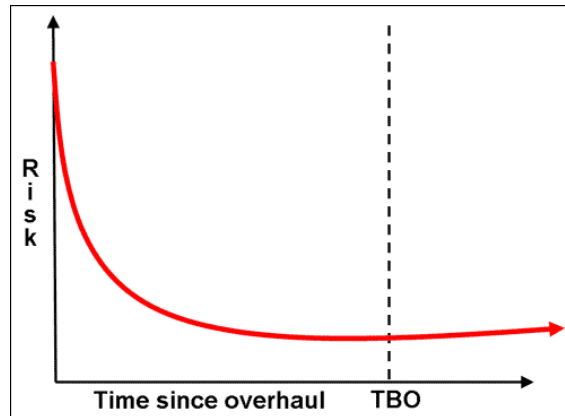
אנשים אלו מבחינים בסיכון הגבוה לכישלון מנוע קטסטרופאלי במהלך תקופת תמותת הילדות הראשונית. אם היו מרכיבים במנוע חלקים פגומים (כגון גל ארכובה לקוי), או הייתה מתרחשת טעות או הזנחה במהלך הרכבת המנוע (כגון אי ביצוע פיתול נאות בקשיח קריטי), הסיכויים שבעיות כאלו יצוצו די מהר לאחר שהמנוע הוכנס לשירות.

למשל, סוג כישלון מנוע הקטסטרופאלי ביותר שעולה על דעתי הינו שבר גל הארכובה. ראינו כישלונות נמהרים כאלו בשנים האחרונות הן במנועי TCM והן בלייקומינג, ו- ADs (הערת המתרגם: הנחיות טיפול של היצרן) נמהרים המנחים החלפת גל ארכובה במנועים המושפעים. במספר מקרים, כישלונות גל הארכובה נגרמו עקב תהליכי יצור בלתי תקינים, בעוד במקרים אחרים הם נגרמו עקב מתכת לא נקייה בחישול חומר הגלם של גל הארכובה. בכל המקרים, גלי הארכובה נכשלו תמיד בתחום 200 השעות הראשונות של תפעול המנוע.

מכל מקום, אני חושב שלאנשים הללו עדיין יש צורת עקומת סיכון-שעות שגויה.

האם חריגה מ-TBO מסוכנת?

בעוד שאין כל ספק שהסיכון הגבוה לכישלון קטסטרופאלי מתרחש במאות השעות הראשונות לאחר הרכבת מנוע, עדיין עלי למצוא עדות כלשהי שהסיכון עולה בצורה משמעותית ככל שהמנוע ממשיך בפעולה מעבר ל-TBO המומלץ על ידי היצרן. במיוחד, מעולם לא ראיתי שמץ של עדות הגורסת שמנוע ב-TBO + 500 סביר שיסבול כשלון מנוע קטסטרופאלי מאשר מנוע ב-TBO - 500. מנקודת המבט שלי, עקומת הסיכון-שעות נראית דומה יותר לזה...



מה שאני מאמין

... סיכון מירבי לכישלון קטסטרופאלי בטיסה במהלך מאות השעות הראשונות של פעולת מנוע, ואז נפילה מהירה לרמה נמוכה, ובהמשך עליה מתונה מאד במהלך שארית הזמן שהמנוע בשירות, ללא עליה ניכרת בסיכון כאשר המנוע ממשיך בשירות מעבר ל-TBO המומלץ על ידי היצרן.

הבינו בבקשה שאיני רומז לרגע אחד שמנוע יכול להמשיך בפעולה לתמיד ללא פירוקו לשיפוץ. זה בבירור אינו נכון.

מה שאני מציע הינו שכאשר מנוע "בוגר" (מעבר לתקופת תמותת הילדות) מפתח לבסוף בעיה שגורמת לצורך לפרוקו, בעיה זו אין זה סביר בצורה קיצונית שתהייה כזו שתגרום לכישלון קטסטרופאלי בטיסה, ותגרום לכם ליפול מהשמים. במרבית המקרים, האירוע שבסופו של דבר מצריך פירוק מנוע יהיה זיו פגוע, גל ארכובה סדוק, מיסבים בלויים או מזוהמים, נזילת שמן חמורה, או מחלות זקנה דומות שיכולות לגרום להשפעה חמורה על חשבון הבנק של הבעלים אולם לא לחיים ולגוף.

הראו לי את הנתונים

במהלך השנים, קיוויתי לעיתים שאוכל לשים ידי על מידע מעשי לגבי כישלונות מנוע קטסטרופאליים, בכדי לייצר עקומת סיכון-שעות מוחלטת שתוכיח זאת. TCM ולייקומינג חוקרים כמעט כל כישלון טיסה קטסטרופאלי של המנועים שלהם, ויש להם הרבה מידע טוב שניתן להשתמש בו לרישום כזו עקומה.

לרוע המזל, הן TCM והן לייקומינג מסרבים בעקשנות לפרסם מידע זה למישהו... ללא ספק בעצת פרקליטיהם. במספר מקרים, הם אפשרו נגישות למידע זה ל-FAA כתמיכה בבקשה ל-AD, אולם במקרים אלו הם תמיד תבעו שה-FAA יתייחס למידע כקניינם וישמור זאת כמסווג (וה-FAA מחויב על פי החוק לעשות כך). כך שמעולם לא היינו מסוגלים לשים ידנו על מידע זה ולראות כיצד נראית בדיוק עקומת הסיכון-שעות.

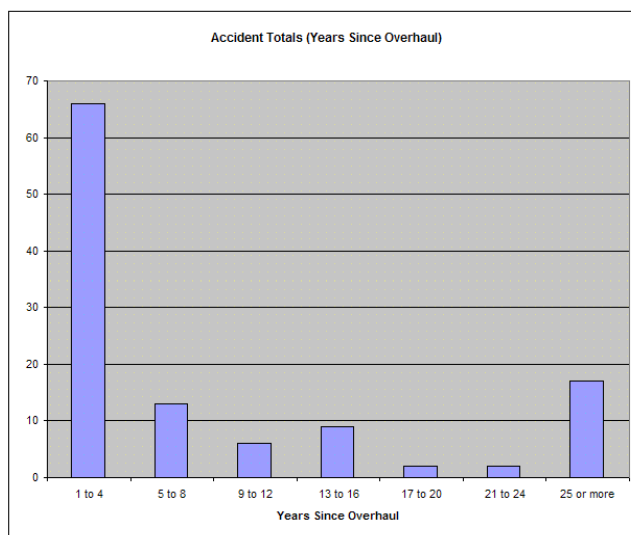
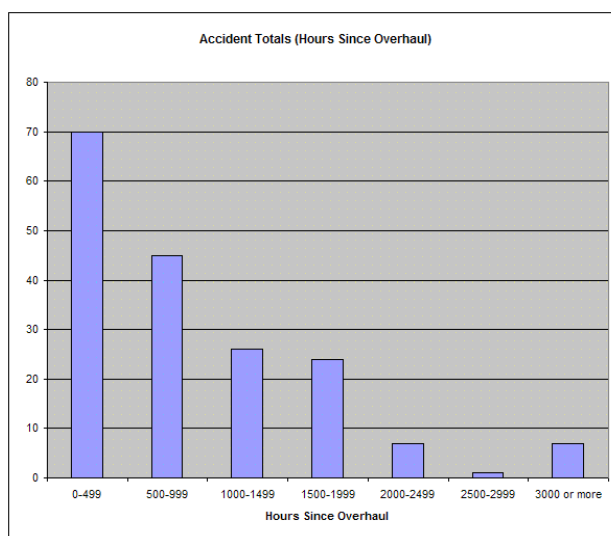
הטוב ביותר שאנחנו יכולים לעשות הינו לנתח את נתוני NTSB של תאונות ותקריות מטוסים התורמות לכישלון מנוע. נתוני NTSB אינם כה מלאים כמו נתוני TCM ולייקומינג, כיוון שהרבה כישלונות מנוע קטסטרופאליים

אינם מסתיימים בדיווחי תאונות או תקריות, וכמו כן כיוון שהרבה דיווחי תאונות של NTSB אינם כוללים מידע על זמני מנוע. מכל מקום, זהו כנראה המידע הטוב ביותר שאנחנו יכולים לשים ידנו עליו. לאחרונה, חבר מבריק שלי בשם דר' Nathan Ulrich לקח על עצמו לבצע ניתוח. האיש הינו מהנדס מכאני שבילה את עשרים השנים האחרונות בתכנון, בניה, בדיקה וביצוע ניתוחי כישלונות על חלקים ומערכות מאומצים מאד, כולל מנועי שריפה פנימית בעלי ביצועים גבוהים מאד. הוא בעלים וטייס של ביצ'קרפט בוננזה V35.

דר' Ulrich חקר לאחרונה את נתוני התאונות של NTSB במהלך חמש שנים מ – 2001 עד 2005 (כולל) בכדי לראות מה הוא יכול ללמוד על הקשר בין כישלונות מנוע וזמן מנוע בשירות. הוא בחן את כל התאונות במהלך תקופה זו שה – NTSB ייחסו לכישלון מנוע.

הוא הגביל את הניתוח שלו למנועים של מטוסי בוכנה השוקלים פחות מ – 12,500 פאונד, והוציא תאונות בהן מעורבים מטוסי ריסוס ומטוסי תצוגות. לרוע המזל, המבנה הסטנדרטי של דו"ח תאונה של ה – NTSB כולל שעות גוף אולם לא תמיד שעות מנוע או שנים, לפיכך הוא הגביל את הניתוח שלו לתאונות של כישלון מנוע בהן זמן מנוע היה מדווח. (כפי הנראה, דוחות שלא הזכירו זמן מנוע היו כאלו שבהם ה – NTSB לא ייחס זאת כרלוונטי לגורם התאונה).

דר' Ulrich מצא 180 תאונות שעמדו בקריטריונים אלו. להלן הפילוג שלהן ביחס לשעות מנוע ושנות שרות:



תאונות מטוסי בוכנה קטנים בשנים 2001 – 2005 לפי שעות (למעלה) ושנים (למטה) מאז שיפוץ מנוע

חשוב להבין שנתוני NTSB אינם מסוגלים לספר לנו הרבה לגבי הסיכון לכישלון מנוע מעבר ל – TBO, כיוון שרק מעט יחסית מנועי מטוסי בוכנה מורשים להישאר בשרות מעבר ל – TBO (ואין לנו אפילו מידע טוב בכמה מדובר). מה שהמידע מראה בבירור הינו שמנועים נכשלים בתדירות המתפלגת במהלך השנים הראשונות שלהם ומספר מאות שעות בשירות לאחר הייצור או שיפוץ.

מתוך 180 תאונות כישלון מנוע שאירעו במהלך 2001-2005, רק ב – 15 בערך מעורבים מנועים מעבר ל – TBO. ניתוח 15 התאונות של כישלון מנועים שחרגו מה – TBO גילה ששמונים אחוז מהם נזקפים על ידי ה – NTSB למשהו אחר מאשר שעות מנוע גבוהות – מרביתם אחזקה לקויה או בלתי כשירה. במקרה אחד, למשל, מספר צילינדרים הוחלפו לאחרונה ובית גל הארכובה פורק והורכב בצורה לקויה. במקרה אחר, המנוע נכשל בצורה קטסטרופאלית 30 דקות לאחר שמשאבת יניקה הותקנה בצורה לקויה. במקרה אחר, המכונאי שהיה אמור להחליף צילינדר לקוי לפני הטיסה בה אירעה התאונה, החליף צילינדר אחר. במקרה נוסף, למנוע היו 4,605 שעות מאז השיפוץ ומתברר שלא בוצעה כל ביקורת או פעולת אחזקה במשך 530 השעות האחרונות!

האם TBO הגיוני?

מדוע עלינו לשפץ ב – TBO קבוע? זוהי שאלה מכשילה, כיוון ששיפוץ מנוע ב TBO הינו חרב בעלת שתי קצוות. מצד אחד, סביר להניח ששיפוץ ב – TBO מסייע לוודאות שהמנוע פורש לפני שמתבלה (למרות שהנתונים רומזים שמנוע בלוי לעיתים נדירות בלבד גורם לבעיות בטיחות טיסה). ומצד שני, שיפוץ מציב את המנוע בחזרה למסגרת תמותת הילדות, במקום בו הנתונים אומרים לנו בבירור שסבירות לכישלון מנוע היא הגבוהה ביותר.

האם אנחנו רוצים באמת לעשות כך לפני שזה נחוץ לחלוטין? איני חושב כך.

או כמו שניסח זאת חברי דר' Ulrich, "אין שום בסיס הנדסי להניח מתאם בין אי אמינות מנוע בוכנה תעופתי וזמן ממוצע בשירות."

הערות המתרגם: במאמר זה המחבר שוחט פרה קדושה. לא בטוח שברשות התעופה האזרחית יאהבו את דעותיו של המחבר, עוד פחות במכונים המשפצים מנועים. בהחלט שתפיסתו אינה תואמת לנוהל האחזקה בארץ. ושאלה שלי, היכן הגבול? האם ביקורת 50 שעות למטוס חיונית גם היא? אולי צריך לעבור לאחזוקת שבר בלבד (אחזוקת שבר – מתקנים רק כשנשבר משהו), כלומר להסתפק בבדיקה יומית ובדיקה לפני טיסה? מכל מקום, מוגש כחומר למחשבה לכולנו, נקודת מבט מחוץ לריבוע.