

מערכת בקרת טמפרטורת שמן

פורסם בירחון **Light Plan Maintenance**, (יוני 2002), תורגם על ידי **איציק מה-יפית**, מתוך **AVweb**
מתאריך 5.2.03.

הערת המתרגם: כל אחד מאיתנו יכול להיקלע למצב של טמפרטורת שמן גבוהה בעת הטיסה. אי הכרת המערכת והסיבות שיכולות לגרום לכך יוסיפו ללחץ ולשיקולים לא נכונים, מעבר ללחץ בו אנו נמצאים בעת הטיסה. המאמר המתורגם יכול לסייע לנו להפחית לחץ זה ולהביא את המטוס לנחיתה בכטחה.

טמפרטורת שמן גבוהה? מדוי? איתור הבעיה אינו כה קשה. למשל, הנה אתם, משייטים במהלך יום שמש יפה, כשלפתע אתם מבחינים שמחווון טמפרטורת השמן שלכם פיתח נטייה. המחט מצביעה יותר לכיוון הקו האדום כפי שלא ראיתם מעולם, ובלוטות האדרנלין שלכם מתכוננות לקו האדום גם הן. יתכן ואפילו משכתם את כרית המושב למעלה מעט, להגן על פרצופכם. יתכן ומתבשלת כאן בעיה אמיתית. יתכן והמנוע שלכם מתכונן להרס עצמי. ושוב, יתכן ולא. לרוע המזל, עליכם להבין מה מתרחש כאן ולפעול בהתאם. אולם כיצד להתחיל? ראשית, אל תיכנסו לפאניקה. זכרו להטיס את המטוס בעודכם מתחילים סיבוב מתודי לאיתור ראשוני של החיווי הגבוה של טמפרטורת השמן שלכם.

האם זה נכון?

אחת מהשאלות הראשונות שצריכה להישאל, ולהיענות, הינה - האומנם מחווון טמפרטורת השמן מראה את האמת. מחוונים אלו ידועים כנוטים להתקלקל ואפילו לצאת מדעתם. אם מחווון טמפרטורת השמן אומנם עובד, הוא יגיב לשינויים בטמפרטורת השמן - ברור מאילו. אתם יכולים לשנות את טמפרטורת שמן המנוע בטיסה. נסו להוסיף יותר זרימת אוויר לקירור המנוע. אם יש לכם מדפי קירור, פיתחו אותם, הפחיתו כוח, הורידו את האף וראו מה קורה. אם אין לכם מדפי קירור, הנמיכו מעט את האף והפחיתו כוח. אם המחווון עובד כיאות, עליכם לראות שטמפרטורת השמן מתחילה לרדת. זהו חיווי סביר שהמחווון אינו משקר לכם, אולם אין זה מוחלט. השתמשו במחווון לחץ השמן בכדי לאמת שמחווון הטמפרטורה עובד. טמפרטורת שמן גבוהה מלווה בדרך כלל בלחץ שמן נמוך. לפיכך, עם כוח מופחת ומדפי קירור פתוחים, עליכם לראות שלחץ השמן מתחיל לעלות בעוד טמפרטורת השמן מתחילה ליפול. אם עברתם את כל זה ונראה שמחווון טמפרטורת השמן פועל כיאות (עלייה ונפילה בתגובה לטמפרטורת השמן), מוטב שתתחילו לחשוב על נחיתה קרובה. יתכן וטמפרטורת השמן הגבוהה ו/או העולה מנסה לספר לכם שמשוהו מחייב תשומת לב מיידית.

הביטו וראו

לאחר הנחיתה, הדבר הראשון שעליכם לעשות, ויהי מה, זה להסיר את חיפוי המנוע. בצעו בדיקת ראייה יסודית של בית המנוע. הבעיה שלכם עשויה להיות משהו מאד פשוט כגון קן ציפורים על מקרן השמן (מטוסי המוני מפורסמים בכך) או בין הצילינדרים. יתכן והשארתם את הכיסויים של כונסי החיפוי פקוקים (זה קורה), או יתכן ושקית כריך או פסולת דומה תלויה על דופן הצילינדרים. חפשו בעיות מסוג זה לפני שאתם מזניקים מכונאי. לאחר שחיפשתם אחר סיבות ברורות (ונפוצות) אלו לטמפרטורת יתר, המטלה הבאה שלכם הינה לגלות באם מחווון טמפרטורת השמן מדויק. אתם יכולים לאמת שמחווון הטמפרטורה משקף את המציאות על ידי השגת טרמומטר גדול. אחד מהטרמומטרים המדעיים ההם באורך מטר עובד נהדר. מכל מקום, כך גם גשש טמפרטורה המחובר בחוט חשמלי למכשיר דיגיטאלי. (גשש הטמפרטורה במכשירים אלו עם בועה בקצה של חוט מצופה טפלון יעבוד נהדר, ואורכו מספיק ארוך.) החליקו את הגשש לצינור מדיד השמן או לפתח המילוי, עד שהבועה תיכנס לשמן. הטרמומטר או המכשיר הדיגיטאלי צריכים להראות כמעט את אותה הטמפרטורה שמראה מחווון טמפרטורת השמן בתא.

אם המנוע התקרר מדי, הוציאו את הגשש והריצו את המנוע עד לקבלת חיווי טמפרטורה יציב, ואז בדקו עם הטרמומטר.

באופן כללי, הטרמומטר חייב להראות טמפרטורה בין 150 ל- 190 מעלות פרנהייט. אם מחווון טמפרטורת השמן בתא נוטה לכיוון הקו האדום, אולם הטרמומטר מראה רק 160 מעלות, היו נינוחים ולכו להשיג מחווון חדש.

מצד שני, אם המחווה מראה מרווח מהקו האדום, והטמפרטורה המעשית הינה 200 מעלות, לא רק שאתם זקוקים למחווה חדש, יש לכם כנראה גם בעיה אחרת.

אם ברצונכם לנקוט באמצעי זהירות, אתם עשויים לבדוק את הטמפרטורה אפילו אם אין לכם כנראה בעיה בטמפרטורת השמן. אם מחווה טמפרטורת השמן בתא מכוייל במעלות, אתם יכולים לוודא את דיוקו, ואם אינו מדויק, אתם יכולים להחליט עד כמה אינו מדויק.

אם המחווה שלכם מסוג פשוט המראה רק טווח, אתם יכולים להוסיף שינוי על סרט דביק על הזכוכית בכדי לתת לכם חייווי מדויק לטמפרטורת השמן בטיסה. זהו טריק יעיל שאינו דורש השקעה בזמן או כסף – ויכול להיעשות על ידי כל אחד.

בעיות גלויות

בסדר, בדקתם את דיוק מחווה התא, ומספיק בטוחים, טמפרטורת השמן גבוהה מדי. מה עושים עכשיו? בעודכם שם, עוסקים במדיד, ודאו שיש לכם מספיק שמן במנוע. רמת שמן נמוכה, לכשעצמה, יכולה להוביל להעלאת טמפרטורת השמן, פשוט כיוון שיש פחות שמן לשאת את עומס החום של המנוע.

(ספר התפעול [POH] מעיר שלמרביית המנועים יש טווח רמות של כמות שמן מקובל לטיסה נורמאלית. אתם עשויים למצוא שתפעול בקוורט אחד בערך מתחת לגובה המלא, מפחית את הנטייה לשרוף את הקוורט הראשון של השמן – אם המנוע שלכם נוטה לכך.)

אם יש מספיק שמן, אפשרו למנוע להתקרר, והתניעו אותו שוב. רשמו את חייווי לחץ השמן כשהמנוע מתחיל להתחמם שוב. לחץ שמן נמוך יכול להוביל לטמפרטורה גבוהה, כיוון שלחצים נמוכים מפחיתים את זרימת השמן דרך המנוע, וכך גם במקרה (אם קיים).

אם הלחץ שלכם תקין, אולם הטמפרטורה עדיין גבוהה מדי, הצעד הבא יהיה לראות האם השמן מתחמם יותר מדי עקב סיבה אחרת. אפשרות סבירה למקור עודף חום תהיה הבוכנות.

טבעות פגומות בצילינדר אחד או יותר, יאפשרו לגזי הפליטה החמים מתהליך השריפה לדלוף. כאשר זה קורה, המעצור הבא שלהם הינו השמן, והם מעלים את הטמפרטורה שלו.

למזלנו, מצב זה קל בדרך כלל לבדיקה. השמן יהפוך לשחור מהמגע עם הגזים. כמו כן, שמן עשוי כנראה לצאת מצינור נשם בית גל הארכובה (עקב דיחוס בבית גל הארכובה מהדירת הגזים).

אם טמפרטורת השמן גבוהה, השמן על המדיד שחור וגחון המטוס מלוכלך בשמן, יש לכם כנראה בעיית טבעות. בכדי לסייע לאמת זאת, בצעו בדיקת דחיסה (קומפרסיה).

קרו אוטו

מצד שני, יתכן והשמן אינו מקבל מספיק קירור, בניגוד לחימום יתר. תלוי בסוג המנוע המסוים שלכם, מערכת קירור השמן תהיה מורכבת מהרכיבים הבאים, פחות או יותר: שסתום צמיגות/שסתום בקרה תרמוסטטי, מקרן שמן, לוחות הטיה של המנוע ומדפי חיפוי המנוע.

כאשר אתם מנסים לאתר תקלה במערכת קירור השמן, עשו זאת בדיוק כפי שהייתם עושים משהו אחר, התחילו פשוט. תחילה בדקו את לוחות ההטיה של המנוע. לוחות הטיה שאינם אוטומים גורמים לטמפרטורות שמן גבוהות. לוחות הטיה הפועלים כיאות, אוטומים את חלקו העליון של המנוע מחלקו התחתון, יוצרים תא שמגדיל את לחץ האוויר מעל המנוע. האוויר זורם מאזור הלחץ הגבוה מעל המנוע, דרך צלעות הקירור של הצילינדר לתחתית המנוע, והחוצה דרך החיפוי.

אם לוחות ההטיה אינם אוטומים כיאות, אויר קירור יכול להגיע לתחתית המנוע ללא זרימה דרך צלעות הקירור של הצילינדר, והטמפרטורה מסביב עולה. אל תבצעו בדיקה שטחית, במיוחד במטוסים ישנים שהוחלפו בהם מספר מנועים.

במספר מטוסים יש סידור מסובך במיוחד של לוחות הטיה גמישים ומאלומיניום. הזנחה של אפילו לוח אלומיניום קטן בין הצילינדרים יכולה לגרום לנקודות חמות בצילינדר. ודאו בדיקת ספר האחזקה שלכם לסידור הרכיבים המדויק. יתכן אפילו שהלוחות מכופפים בצורה לא נכונה (די נפוץ).

אם לוחות ההטיה נראים בסדר, עברו למדפי החיפוי, אם יש כאלה. בדקו את ויסותם לפי המלצות ספר המטוס. לפעמים, מדפי חיפוי שאמורים להישאר פתוחים קמעה כאשר הידית בתא במצב סגור, מווסתים לא נכון כך שהם סגורים לחלוטין. דבר זה מנתק את זרימת הקירור דרך תא המנוע, ושוב מעלה את הטמפרטורות. אם מצאתם שיש לווסת מחדש, ודאו שאתם דוחפים את מדפי החיפוי במהלך הוויסות. הדבר יסייע להסיר לכלוך מהחיבורים.

יתכן ותמצאו לקבוע ויסות חורף או קיץ למדפי החיפוי, לסגרם בחזקה בתפעול במזג אוויר קר ומעט פתוחים למהלך הקיץ. למספר מטוסים, כמו המוני 201, יש מצב "נגרר" למדפי החיפוי, בדיוק למקרים כאלה.

להמשיך למקרן

אם בדקתם את לוחות ההטיה ומדפי החיפוי ולא מצאתם מאומה שיסביר טמפרטורת שמן גבוהה, המקום הבא לבדיקה הינו מקרן השמן.



האם שמן זורם דרך המקרן? ברור, אם השמן אינו זורם דרך המקרן, הוא לא יתקרר. נסו לשים את ידכם בזוהירות כנגד המקרן כאשר המנוע חם. המקרן חייב להיות חם גם הוא. מה זה חם? הניחו שאתם מסוגלים כנראה להחזיק ידכם כנגד משהו בטמפרטורה של 120°F או פחות.

אם המקרן אינו חם, אזי שמן אינו זורם דרכו. הדבר יכול להיות עקב מספר סיבות. למשל, המקרן יכול להיות סתום בתוכו חלקית או בצורה מלאה. שכבות משקעי רפש במקרן מקטינים את זרימת השמן, ומונעים העברת חום. אתם עשויים לחשוב שניתן לתקן בעיה זו על ידי שטיפה פשוטה של המקרן עם תמיסה ממוססת, אולם קרוב לוודאי שזה לא יקרה. כאשר מצב המקרן כל כך רע, עד שאתם מבחינים בכך, שטיפה בעזרת תמיסה בלבד לעתים לא עובדת. שלחו את המקרן למישהו המתמחה בתיקוני מקרני שמן. יש להם תהליך שטיפה יסודי מאד, שאפקטיבי לדעתנו. אוויר לכוד במקרן השמן יכול גם הוא להוביל לטמפרטורות שמן גבוהות. באופן כללי, הדבר קורה רק במטוסים עם התקנה נמוכה של מקרנים, כגון צסנה 182RG.

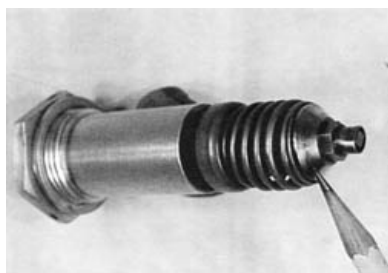
אם מקרן השמן שלכם פורק והורכב לאחרונה, הסירו אותו שוב ונקזו את האוויר ממנו. נראה שהדרך הקלה לעשות זאת היא למלא את המקרן בשמן על שולחן העבודה, ואז לוודא שהוא נשאר מלא במהלך ההרכבה. (הערה, הסרת מקרן אינה אחזקה מונעת, נדרש פיקוח של מכונאי.)

יתכן ושמן אינו זורם דרך המקרן כיוון שהוא עוקף אותו. במנועי קונטיננטל בעלי מקרנים המותקנים על המנוע, אם אוגן המקרן אינו ישר, אטם המרכב יכול להישבר. דבר זה מאפשר לשמן לעקוף מצד אחד של המקרן לצידו השני מבלי לזרום למעשה דרך המקרן. אם אתם חושדים שזה מה שקורה, הסירו את המקרן ובדקו את האטם לשלמות ושהאוגן ישר. אתם יכולים ליישר את האוגן, בתנאי שאינו מעוות מדי. השתמשו בלוח שטוח ובנייר לטש 400 שצופה בשמן קל. ודאו שאתם מנקים את האוגן ביסודיות ושוטפים את המקרן לחלוטין לאחר פעולה זו, אחרת אתם עלולים לגרום לגרגרי נייר הלטש להיכנס למנוע, והוא עשוי לא לאהוב זאת.

שמן יכול גם לעקוף את המקרן באם שסתום הבקרה התרמוסטטי לקוי. שסתום בקרה תרמוסטטי דומה לתרמוסטט במקרן הרכב שלכם. זהו שסתום רגיש לטמפרטורה, המווסת את טמפרטורת השמן על ידי שליטה על זרימת השמן דרך המקרן. ככלל, הוא שואף לשמור את טמפרטורת השמן סביב 170°F .

אתם יכולים לבדוק את הפעולה הבסיסית של השסתום באותה הדרך בה הייתם בודקים את תרמוסטט הרכב. הכניסו אותו למים רותחים והוא אמור להיפתח לרווחה. זה יפה, אולם אין זה אומר לכם באמת מה שעליכם לדעת. היו מדעיים ומתודיים לגבי זה: השיגו טרמומטר טוב ומדויק (או גשש טמפרטורה על מודד) ושימו אותו ואת שסתום הבקרה התרמוסטטי בקערית מים קרים. התחילו לחמם את המים. (מספר מכונאים עומדים על כך שמים אינם מדויקים כמו שמן, ומשתמשים בשמן במקום במים, אולם זו הצעה מלכלכת.)

שסתום בקרה תרמוסטטי של קונטיננטל, למשל, צריך להיפתח כאשר טמפרטורת המים מגיעה ל - 180°F או 190°F . אם לא, זרקו אותו והשיגו אחד חדש. שסתום בקרה תרמוסטטי של קונטיננטל המסומן ב - 77°C חייב לנוע לפחות "0.090 (קצת יותר מ- 2 מ"מ) כאשר טמפרטורת המים מטפסת מ - 120°F ל - 170°F . אלה המסומנים ב - 173°C צריכים לנוע לפחות "0.160 (4 מ"מ) כאשר טמפרטורת המים עולה מ - 135°F ל - 173°F .



שסתומי בקרה תרמוסטטים של לייקומינג (Vernatherm)

במנועי לייקומינג, השמן החולף דרך חריר בקרת הטמפרטורה של השמן, עובר דרך מקרן השמן או מעברי בית גל הארכובה. הדרך בה הוא עובר תלויה בטמפרטורת השמן. הוא גם תלוי במצב שסתום הבקרה התרמוסטטי. אם השסתום דולף, שמן עוקף את המקרן. לא לכל מנועי לייקומינג יש שסתום בקרה תרמוסטטי. לאלה שכן יש, מיקום השסתום על המנוע משתנה. מנועים בעלי מסנן שמן ושסתום בקרה תרמוסטטי, שניהם בדרך כלל צמודים, והשסתום מותקן על מתאם המסנן.

על מספר מנועים, שסתום הבקרה התרמוסטטי מותקן על תיבת האבזורים. במנועים ללא מסנן שמן, שסתום הבקרה התרמוסטטי עשוי להימצא על בית נפת השמן מעל משדר טמפרטורת השמן. אם אינכם יכולים למצוא את שסתום הבקרה התרמוסטטי שלכם, בדקו בספר השירות של לייקומינג. כאשר מצאתם את השסתום, הסירו אותו מהמנוע (בעזרת מכונאי או בהשגחתו) ובחנו את מגע התושבת. מגע התושבת של השסתום נבדק לעתים נדירות במהלך שיפוץ, ולעתים התושבת, אם אינה חלקה, מאפשרת לשמן לעקוף.

בחנו את תבנית המגע, ובאם אינה חלקה, חדשו את פני התושבת. הנחיית שירות 1316A של לייקומינג מפרטת הנחיות לגבי זה, ותזדקקו לכלי ליטוש התושבת ST-388 בכדי לתקן את תושבת שסתום הבקרה התרמוסטטי.

אם בחרתם לחדש את פני התושבת, בניגוד לרכש שסתום בקרה תרמוסטטי חדש, אין להסיר יותר מאשר "0.010" עובי חומר. חידוש פני התושבת מגדיל את המרחק מהשסתום לתושבת, משנה את הטווח שהשסתום יכול לפתוח. ברור מאלי, אם מוסר יותר מדי חומר מפני התושבת, השסתום לא יפעל יותר כיאות.

על הרבה מנועי לייקומינג, שסתום הבקרה התרמוסטטי מוברג לתוך מתאם מסנן השמן. אם ברשותכם סוג זה ומצאתם שהתושבת לא חלקה, מוטב שרק תחליפו את המתאם. יעלה לכם יותר לנסות לחסוך זאת מאשר להחליפו. לשסתומי בקרה תרמוסטטיים מטיפוס ישן של לייקומינג (לפני 1972, בעלי מספר יצרן LW-10269) יש דסקיות מתכתיות על קוטר השסתום, במקום קפיץ. הנחיית שירות של לייקומינג 1255 (מאוגוסט 1972, שעדיין רלוונטית) קראה להחלפת יחידות אלו, אולם אחדות עדיין בשירות.

במילותיה של לייקומינג, "נקבע ש... LW10269 (שסתום) אינו מתפקד כיאות במספר מקרים." אם יש ברשותכם אחד משסתומים אלו ואתם נמצאים באחד מהמקרים האלה, החליפוהו בשסתום בקרה תרמוסטטי מספר יצרן 75944.

אין שסתום בקרה תרמוסטטי?

לכמה מנועים אין שסתום בקרה תרמוסטטי. במקום זה הם הגיעו עם מה שנקרא שסתום צמיגות, בכדי לווסת זרימת שמן עוקפת. לשסתומי צמיגות יש קפיץ, שסתום טובלן ומסתם. אתם יכולים למצוא אותם בדרך כלל מתחבאים על תיבת האבזורים, מתחת לציר מד הסל"ד. שסתומי הצמיגות מאפשרים לשמן לעקוף את המקרן אם לחץ השמן גבוה מדי, ללא תלות בטמפרטורת השמן. הרעיון הינו ששמן קר, בעל צמיגות גבוהה יותר, יוביל ללחץ מערכת גבוה יותר. הלחץ המוגבר דוחף את הקפיץ, פותח את השסתום העוקף ומאפשר לשמן לדלג על המקרן. כאשר טמפרטורת השמן עולה, הצמיגות יורדת והלחץ פוחת. הקפיץ דוחף בהדרגה את הטובלן חזרה למטה, מאלץ יותר שמן דרך המקרן ככל שהטמפרטורה עולה. לכן, למרות שזו בקרה עקיפה, שסתום הצמיגות מווסת את טמפרטורת השמן.



שסתומי בקרה תרמוסטטיים ושסתומי צמיגות אינם מופיעים יחדיו. אם המנוע מצויד בשסתום בקרה תרמוסטטי, לא יהיה שסתום צמיגות. אם הצלחתם למצוא את שניהם על המנוע שלכם, הסירו את שסתום הצמיגות. בתיבות אבזורים בעלות שסתום בקרה תרמוסטטי בבית מסנן השמן, אם לא מסירים את שסתום הצמיגות, קצה שסתום הבקרה התרמוסטטי פוגע בטובלן שסתום הצמיגות. דבר זה מונע משסתום הבקרה מלהיסגר ושמן עוקף את המקרן. אתם עשויים למצוא מצב זה אם משהו הרכיב מתאם מסנן שמן לא מקורי על המנוע. אם תבחרו להצטייד במתאם מסנן שמן, ודאו ששסתום הצמיגות הוסר.

(דרך אגב, למעטים שביניכם בעלי מנועי לייקומינג IO-720, ודאו שהמתאם להתאמת חורי מסנן השמן מורכב. בלעדיו, תהיה לכם טמפרטורת שמן גבוהה, ולא חשוב מה תעשו.)

אתם יכולים לבדוק דליפות בשסתום הצמיגות על ידי הסרת הקפיץ והטובלן מהשסתום ומריחת כמות קטנה של "כחול" (חומר לבדיקת מגע בין שני גופים), חומר בדיקת סדקים (dye penetrant) או אפילו צבע מאכל, בתושבת הטובלן. הרכיבו את הטובלן וסובבו אותו בעזרת מברג. הסירו את הטובלן ובחנו את תבנית המגע על פני התושבת בבית תיבת האבזורים. עליכם לראות מגע מלא סביב כל התושבת. אם לא, יהיה עליכם להתאים את הטובלן לתושבת בכדי להשיג מגע מלא וליצור פני שטח חופשיים מדליפה.

אין הקלה

אם עברתם את כל זה וטמפרטורת השמן שלכם עדיין גבוהה מדי, יש עוד עבודת רגליים שאתם יכולים לעשות. במידה מסוימת, אתם או המכונאי שלכם הייתם אמורים לבצע זאת הרבה לפני שהתקלה הופיעה, אולם ליתר ביטחון, הפרטים הבאים שווים בדיקה.

בצעו סיור מהיר בתיקיות עלוני השירות של היצרן לראות באם היה שינוי כלשהו להורדת טמפרטורת השמן. למשל, על מטוסי צסנה 172 משנת ייצור 1977 עד 1979, ודאו שעלון שירות SE79-13 יושם. עלון זה קורא להוספת שפת קירור במרכז האחורי של פתח החיפוי התחתון. דבר זה יוצר זרימת אוויר גדולה יותר דרך תא המנוע.

כמו כן, מקרן השמן מוקם מחדש על מסיט הזרימה האנכי אחורי ימני בכדי לאפשר לו יותר זרימת אוויר קירור ישירה. בסך הכול, שינויים אלו מפחיתים את טמפרטורת השמן ב- 14°F בקירוב בעת הטיפוס. בדומה, בעלי Maule ירצו לבדוק בעלון השרות מספר 12 באם יש להם בעיות טמפרטורת שמן. לבסוף, ודאו שיש לכם מלכתחילה את השמן הנכון במנוע. למילוי סוג שמן לא מתאים יש השפעה מוחלטת על טמפרטורת השמן. צמיגות קטנה מדי בקיץ וטמפרטורות גבוהות יגרמו לטמפרטורת שמן מרקיעת שחקים. אם, לאחר מיצוי כל האפשרויות הללו, טמפרטורת השמן עדיין גבוהה, חיזרו למשבצת הראשונה. בוודאי החמצתם משהו בדרך.

תופתעו עד כמה שכיח שמשוהו, שמאוחר יותר נראה ברור, נעלם במהלך הסיבוב הראשוני של איתור התקלה. זוהי הסיבה מדוע משתלם להיות מתודי בגישה.

זוהי הדרך היחידה שתבינו מה קורה ללא הרבה בזבוז זמן וכסף. קחו את הזמן שלכם. ראו את המערכת כמכלול בכל צעד בתהליך, ואתם תמצאו את התשובה – זה לא מדע חלל, נכון? לא, זה רק עניין של תשומת לב לפרטים, ומתודיקה, כמו הרבה היבטים של מכונאות יעילה.