

לחץ סעפת!?!? מה זה ואיך משפיע על ביצועי המנוע....

לטסים במטוס שבו מדחף בעל פסיעה משתנה, מד לחץ הסעפת הוא אחד מהחלקים החשובים בקביעת תפעול המנוע. אבל מעט מאד טייסים יודעים באופן ברור מה השעון הזה מודד בכלל ומה המשמעות של הקריאה??

במאמר זה ננסה להסביר את כל המכלול ולאפשר הבנה עמוקה יותר מאשר לדקלם כמו תוכי "בנסיקה 25/25.... בשיוט 21/21...."

בסוף ההסבר, אציג מספר שאלות. אם תצליח לענות עליהן נכונה – הבנת את המאמר ואת ההסברים (התשובות כולן מסתתרות בטקסט...)

- להדגשה: מאמר זה מתייחס רק למנועי בוכנה, השואפים אויר חיצוני בלחץ אטמוספרי (ללא מגדש).

המאמר מתבסס בעיקר על טורו של John Deakin, כפי שהתפרסם באתר האינטרנט AVWEB וכל הקרדיט מגיע למחבר המקורי. (אני הוספתי קצת התאמות למצב בארץ, אבל קטונתי מלערער על דבריו של המחבר)

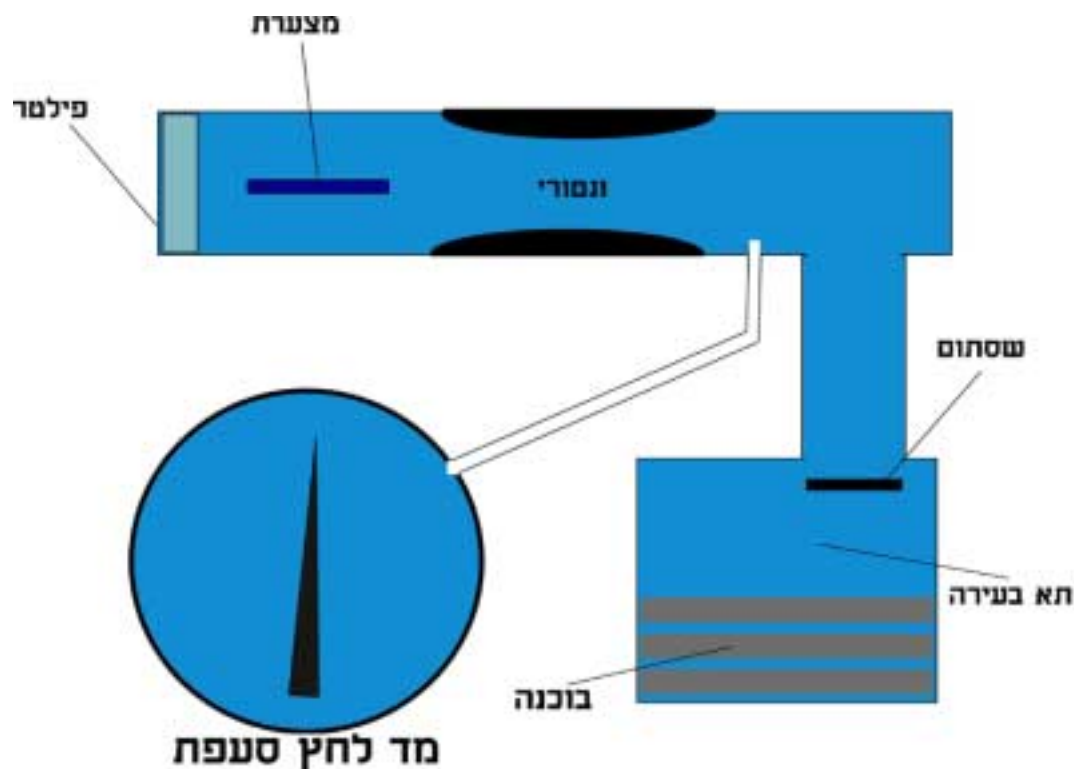
זה בכלל יניקה ולא לחץ....

דבר ראשון, הבה נשכח מהמושג "לחץ"... מאחר שאותו מד בלוח השעונים שאנו קוראים לו "מד לחץ הסעפת", בכלל מראה חוסר לחץ... מה שהוא מציג באמת זה עוצמת היניקה של המנוע. רק כשהמנוע כבוי, אנו קוראים "לחץ" – את לחץ האויר בשדה.

הבה נעיף מבט אל הציור שלהלן:

(זהו ציור סכמתי לחלוטין. לא מופיעים בו שום חלקי מנוע שאינם שייכים לתהליך, והוא מראה כאילו יש רק צילינדר אחד.)

מנוע כבוי



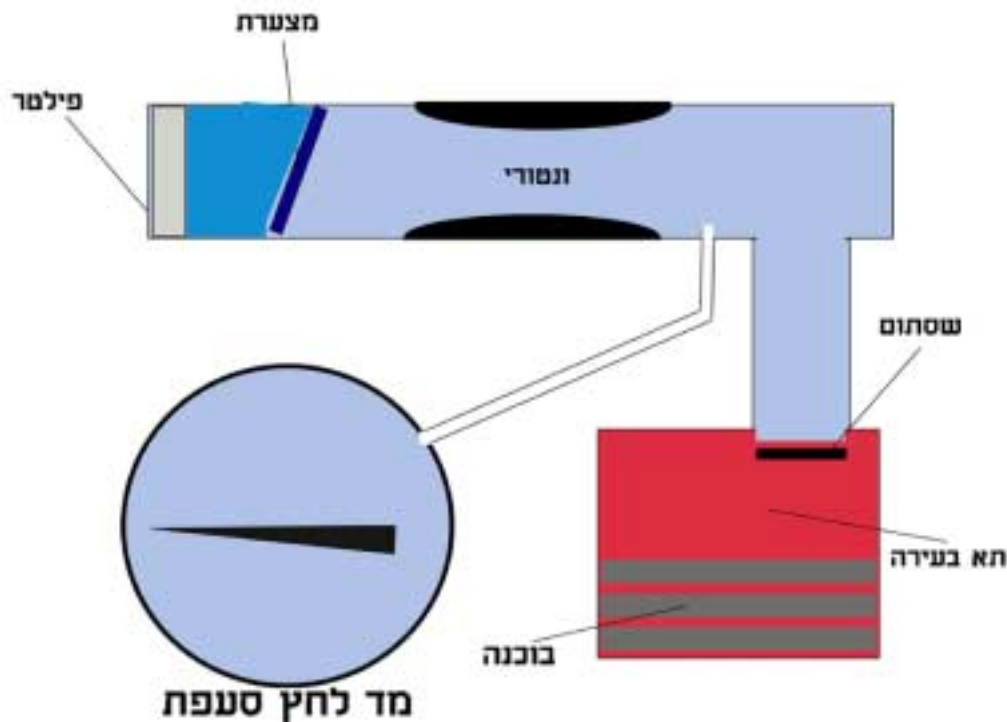
לחץ האויר של הסביבה ממלא באופן שווה את כל חלקי המנוע (מיוצגים בצבע כחול בהיר). המצערת מוצגת במצב פתוח לגמרי, אבל במנוע כבוי – אין לה משמעות. (גם כשהמצערת סגורה לחלוטין – מה שאנו קוראים "מצערת לסרק", יש עדיין מקום לחדירה של אויר, הרי אנחנו רוצים שהמנוע ימשיך לעבוד גם במצב זה)

אם כן, מה יראה לי מד הלחץ במצב זה? כמובן את לחץ האויר בשדה. ביום סטנדרטי, בגובה פני הים נמצא קריאה של 29.92. בהרצליה, בחיפה, בשדה דב נראה קריאה דומה. בראש פינה או פיק נמצא לחץ נמוך יותר (כ-28.9) בגלל גובה השדה.

ישנה המלצה בספרות לבדוק את קריאת המדיד לפני ההתנעה. לאחר כיוון מד הגובה (במירשה התנעה, או לפי גובה שדה) השווה את קריאת מד הלחץ לקריאה בחלון האיפוס של מד הגובה. זכור להפחית אינץ אחד על כל 1000 רגל של גובה השדה. (נעשה לנו כלל – הרצליה, חיפה, ש"ד, נתב"ג, אילת = לחץ של מד הגובה. רא"פ, פיק, תימן – פחות אינץ') במקרה של סטיה – יש תקלה במכשיר. אין זו סיבה לבטל טיסה, עליך רק לזכור את גודל השגיאה ולהוסיף (או להחסיר) אותה מהלחץ הנדרש בזמן טיסה. למשל – ברא"פ מצאת קריאה נמוכה באינץ אחד מגובה השדה – עליך לכוון את המצערת בזמן הטיסה באינץ אחד יותר נמוך מהנדרש.

לחץ זה יהיה חשוב לך עוד מעט בעת ריצת המראה. זכור את הערך, הפחת ממנו אינץ אחד (עוד מעט נסביר למה) וזה הערך שתצפה לקרוא בשעון בעת ריצת ההמראה. אם אינך רואה את הערך הנדרש – יש משהוא מאד חמור במנוע ורצוי לבטל המראה !!

מנוע עובד, מצערת סגורה:



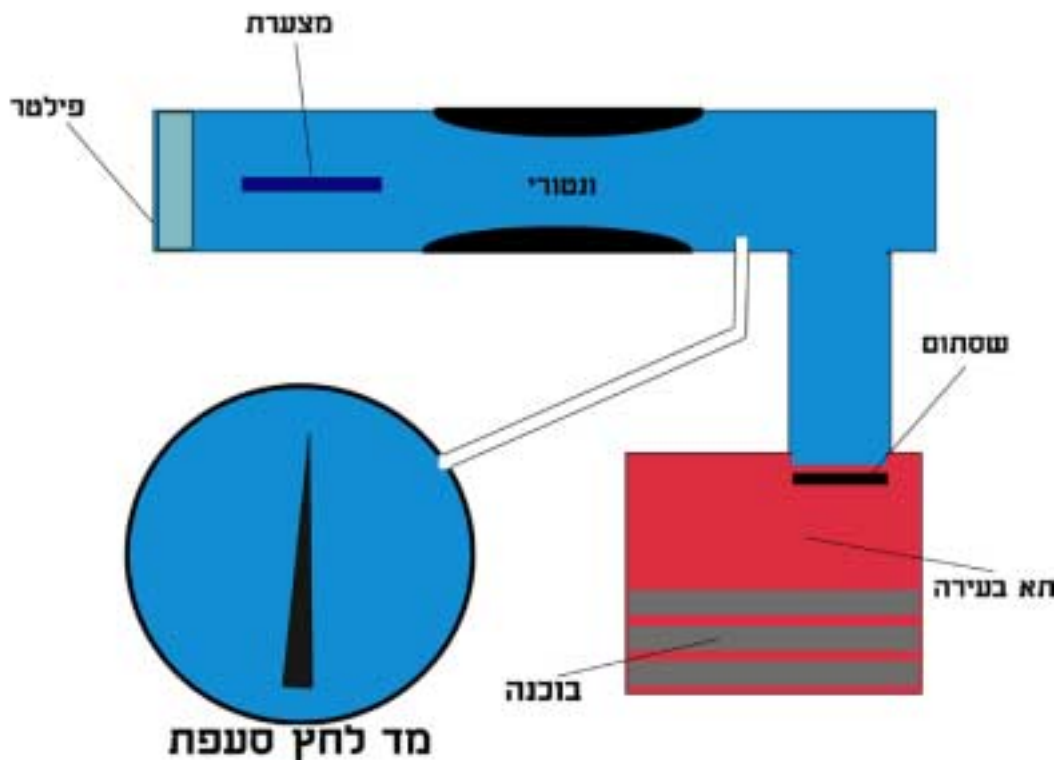
בהפעלת המנוע, המצערת סגורה עד הסוף – מאפשרת הילוך סרק. יש רק חרך קטן שדרכו נכנסת כמות קטנה של אויר.

למה בכלל האויר נשאב למערכת?

במנוע בוכנה רגיל, יש רק דבר אחד שמזרים אויר דרך מערכת היניקה – וזוהי הבוכנה היורדת למטה בחלל הצילינדר כאשר שסתום היניקה פתוח! הבוכנה שואבת את האויר פנימה, דרך הפילטר, מעבר ללוח המצערת, דרך צינור ונטורי, דרך צינורות הסעפת ועד לצילינדר. מכאן, שמערכת היניקה היא בסה"כ משאבת וואקום! כשהמצערת סגורה, (ידית המצערת בתא משוכה עד הסוף לאחר) הבוכנות יונקות חזק מאד אבל אינן יכולות להעביר כמות אויר גדולה,

המנוע נחנק מחוסר אויר. מה קורה ללחץ הסעפת? הוא יורד בודאי. למעשה – השעון בתא מציג לנו שאיפה משמעותית – במילים אחרות – לחץ יותר נמוך מאשר הסביבה. ברוב המנועים, הילוך סרק הוא בסדר גודל של 12 אינץ' – חצי מלחץ הסביבה. או, ניתן להגיד שהלחץ הברומטרי בתוך הסעפת הוא כמו בגובה 20000 רגל. ניתן להבין שהלחץ הכבד ביותר על מערכת היניקה הוא דוקא בסרק, מאחר והסעפת נוטה לקרוס פנימה (לחץ חיצוני גבוה יותר מהפנימי) בכל מקרה, כל הלחץ הוא בערך של 8 PSI, כך שאפילו צינור אלומיניום דק עומד בעומס. אם היינו יכולים לסובב את המנוע במהירות גבוהה, כל הצילינדרים בעלי קומפרסיה תיקנית, ולוח המצערות סוגר הרמטית, היינו למעשה יוצרים ריק מושלם, אשר היה מראה "0" על המד.

מנוע עובד, מצערת פתוחה:



עכשיו המנוע יכול לקבל את כל האויר שהוא צריך. המגבלות שנשארו הן – פילטר האויר שבפתח הסעפת (לא כדי להסיר אותו, ובמיוחד בארצנו מלאת האבק והחרקים...), השטח הקטן שתופסת המצערת גם כשהיא פתוחה עד הסוף, הסיבובים והפיתולים בצינור הסעפת. כל הגורמים האלה, יגרמו לאובדן של כ-אינץ' אחד בלחץ הסעפת וזו הסיבה שבזמן כח מלא בהמראה תראה פחות מהמקסימום. עם זאת, לאחר שהמטוס צובר מהירות, חלק מההפסד נעלם בגלל האויר הנדחס לתוך המערכת עקב מהירות התנועה של המטוס (RAM). במהירויות גדולות, יש מנועים שמראים עליה נוספת עד מעל ללחץ הסביבה כתוצאה מאותו אפקט.

יש לזכור עוד פרט חשוב. מערכת היניקה לא "יודעת" מה קורה מהצד השני של השסתום בתוך תא הבעירה. לא משנה אם המנוע עובד בשיא כוחו, או שהמדחף סתם מסתובב ברוח, או שהמטוס בצלילה כשהמנוע בכלל כבוי. אם המנוע **מסתובב** מכל סיבה, הבוכנות נעות למעלה ולמטה, ובכל פעם שהבוכנה יורדת, היא שואפת-שואבת אויר פנימה. אם המצערת סגורה, השאיבה היא נגד ההתנגדות ויוצרת לחץ יניקה (SUCTION) המוצג כלחץ נמוך בשעון. אם המצערת פתוחה, לחץ הסעפת יהיה שווה ללחץ הסביבה או קצת פחות והשעון יראה לחץ סעפת גבוה.

מכאן – לחץ סעפת כלל אינו אינדיקציה למצבו של המנוע.

לחץ הסעפת תלוי בלחץ האויר הסביבתי, במצב הפתיחה של המצערת ובמהירות שבה הבוכנות עולות ויורדות. לחץ הסעפת אינו מראה "כח מנוע" (אלא אם לוקחים בחשבון עוד גורמים)

עשה ניסיון – נניח שאתה טס בגובה 4000 רגל, לחץ סעפת 20 אינץ' ומהירות המנוע 2000 סל"ד. (זה אומר שהמצערת סגורה מעט, מונעת זרימה חופשית של האויר) עכשיו – הורד סל"ד ל 1200 מבלי לשנות שום דבר אחר, ותראה שלחץ הסעפת עולה באופן דרסטי. למה? פשוט: לחץ האויר הסביבתי לא השתנה, המצערת לא זזה, הדבר היחיד שהשתנה הוא המהירות שבה הבוכנות שואבות אויר. מאחר והן נעות עתה לאט יותר, הן לא שואבות בקצב המוגבר שהיה קודם, עוצמת היניקה יורדת ולחץ הסעפת עולה לקראת לחץ הסביבה. אם תוריד את הסלד ל -0, לחץ הסעפת יעלה עד לחץ הסביבה....

בדוגמה זו, הופחתו הסלד, הבוכנות נעות יותר לאט, האויר נשאב במהירות נמוכה יותר ובעקבותיו גם הדלק בכמות קטנה יותר – המשמעות: מתפתח פחות כח במנוע, למרות שלחץ הסעפת גבוה יותר !! גם מהירות המטוס באויר תקטן – ההוכחה ל"פחות כח".

אותה דוגמה, אבל הפוך: העלה את הסלד ל-2700. עכשיו הבוכנות שואבות יותר מהר, כמות אויר גדולה יותר, כמות דלק גדולה יותר, מעל מצערת פתוחה. כל זה יוצר יניקה חזקה, כלומר לחץ סעפת נמוך. המנוע ייצר יותר כח בלחץ סעפת נמוך יותר....

מצערת פתוחה עד הסוף

מה קורה כשאתה דוחף את המצערת לפתיחה מלאה, מבלי לשנות גורמים אחרים? ע"י פתיחת לוח המצערת, מאפשרים לאויר לזרום בחופשיות לתוך הסעפת, הלחץ עולה קרוב ללחץ הסביבה – בגובה שלנו (4000 רגל בדוגמה) זה 25 אינץ'. כל זה גורם ליותר דלק להכנס למערכת והמנוע מייצר יותר כח.

עכשיו, במצערת מלאה, נשנה שוב את הסלד. העבר למצב של 2700 סלד. הבוכנות רצות מהר מהר ושואבות אויר בקצב רצחני. אבל מה קורה ללחץ הסעפת? שום דבר מיוחד!! מאחר ואין חסימה בפתח הכניסה, האויר מהסביבה נכנס בחופשיות, לא משנה כמה מהר המנוע מסתובב או כמה הבוכנות שואבות.

נסביר זאת "בדוגמה מהחיים": פתח מלוא פיד ושאף לאט אויר לריאותיך – אין התנגדות והראות מתמלאות. אפילו אם תשאף במהירות – אותה כמות אויר תכנס ותמלא את חלל החזה. עכשיו שאף אויר דרך קשית לשתייה. כשאתה שואף לאט לאט – אין התנגדות והאויר זורם, אבל נסה לקחת שאיפה אחת גדולה ומהירה – ככה בדיוק מרגיש המנוע בסלד גבוה!!

ומשהוא שלא כדאי לנסות בפועל....

הדוגמה הבאה היא משהוא שלא מנסו באויר... בכח מנוע גבוה וסלד נמוך המנוע יכול לפתח פיצוץ לא מתואם - DETONATION בחלל הצילינדר.

ממצב של מצערת מלאה, בגובה 4000 רגל, לחץ סעפת 25 אינץ' וסלד 2700, אנו מורידים את מהירות הסיבוב ל 1200 מבלי לשנות שום גורם אחר. הלחץ בסעפת הוא כבר לחץ הסביבה, ולכן אינו יכול לעלות או לרדת. הבוכנות עדיין שואבות, אבל בקצב של חצי-מהירות ואינן מושכות כל כך הרבה אויר לסעפת. לחץ הסעפת לא ישתנה בצורה מובחנת, אבל בגלל הירידה הדרסטית בסלד וקצב זרימת אויר נמוך גם הדלק מגיע בכמות קטנה – המנוע מפיק מעט כח מבלי לשנות את לחץ הסעפת....

מסנן האויר בכניסה לסעפת

למה צריך בכלל פילטר לסינון האויר? הרי ראינו שהוא גורם לירידה בכמות האויר הנכנסת? המנוע שואב כמויות אדירות של אויר. לדוגמה, מנוע לייקומינג 160 כ"ס, 4 בוכנות, שואב בדקה כ-11 מטר מעוקב של אויר (כמו נפח של חדר קטן) תכפילו את הכמות במשך זמן הטיסה ותחשבו

כמה טינופת, אבק וחול יחדרו למנוע בזמן זה. כל לכלוך שכזה הבא במגע עם פני השטח המוחלקים של חלל הצילינדר גורם לנזק. לכן, מסנן האויר נועד לעצור את כל הלכלוך מלהשאב למנוע. "המחיר" שאנו משלמים הוא כ-אינץ' אחד של ירידה בלחץ הסעפת – בתנאי שהפילטר נקי. מסנן סתום ומלוכלך יכול לעלות לך בהרבה אינצ'ים...

על פניו נראה שפילטר מלוכלך הוא "רע", כי הוא חוסם את חדירת האויר. אבל הוא לא שונה ממצערת שאינה פתוחה עד הסוף. התוצאה הסופית של שני גורמים אלה היא זהה – פחות אויר חודר למערכת – פחות כח מופק מהמנוע.

שאלות

לפניך רשימת שאלות קצרה.
נסה לענות על השאלות לאחר שקראת והבנת את המאמר. אם הצלחת לפתור אותן – אתה מבין ויודע מהוא לחץ סעפת ואיך הוא משפיע על ביצועי המנוע וכיוונו בזמן הטיסה.

1. לאחר המראה והתייצבות בשיעור נסיקה חיובי, אתה מוריד את לחץ הסעפת (ע"י המצערת) ל- 25 אינץ' ואז מסובב את ידית המדחף להפחתת סלד ל 2500. תסתכל היטב על מד הלחץ ותראה שהוא עולה עכשיו ל- 26 אינץ'. למה נוצרה העליה הזו?
2. אתה משאיר מצערת פתוחה עד הסוף אחרי המראה ורק מוריד סלד ל 2500. מה יקרה ללחץ הסעפת ולמה?
3. בהמראה קצרה, אתה מעלה לכח מלא וסלד גבוה לפני שחרור הבלמים. מה יראה לחץ הסעפת בזמן ריצת ההמראה ותחילת הנסיקה?
4. איפה נמצא הרגש (SENSOR) שמעביר קריאה למד הלחץ?
5. מה יותר קשה למערכת הסעפת – 12" בהנמכה, או 30" בהמראה?
6. בשיוט בגובה 10000 רגל, מצערת מלאה, 2500 סלד, אתה מעביר את המדחף מ 2700 סלד ל- 1200 סלד. מה תצפה לראות על השעון בזמן שינויי הסלד החרिפים הללו?