



השוואת אופיינים של מנוע טורבו סילון, טורבו פרופ וטורבו מניפה

במהלך הסבר של סוגי מנועי סילון הוסבר כי מנוע טורבו סילון, טורבו פרופ וטורבו מניפה הם למעשה נגזרות שונות של מנוע הטורבינה הבסיסי. מנועים אלו נבדלים זה מזה באופן השימוש באנרגיה הזמינה של המנוע.

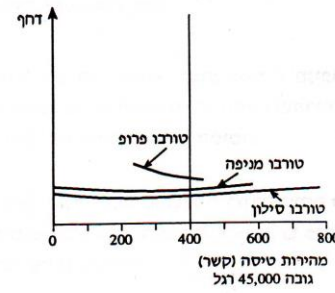
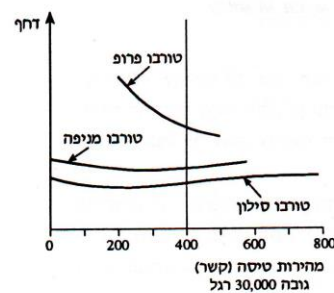
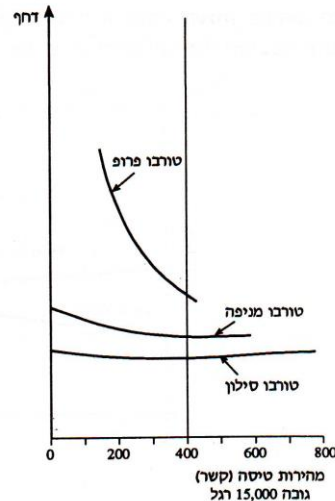
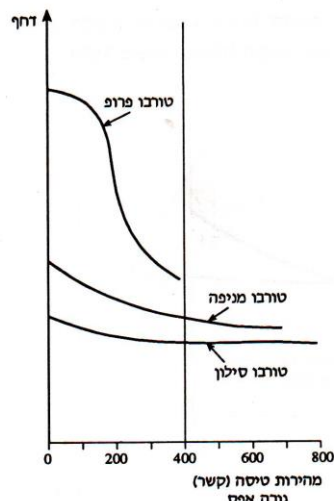
א. שימוש באנרגיה הזמינה של המנוע

- מנוע טורבו סילון, האנרגיה הזמינה הופכת לאנרגיה קינטית בנחיר הפליטה.
- במנוע טורבו פרופ האנרגיה הזמינה מנוצלת בעיקר להנעת הפרופלור.
- במנוע טורבו מניפה האנרגיה הזמינה מנוצלת בחלקה להנעת מניפה ובחלקה הופכת לאנרגיה קינטית.

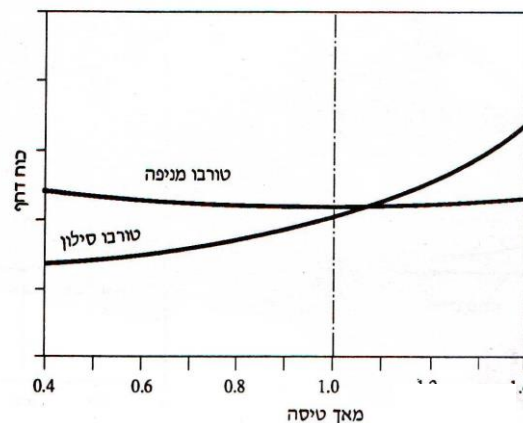
הערה חשובה: לצורך ניתוח האופיינים של מנועים אלה אנו נניח כי יחס הלחצים של המדחס הוא שווה והטמ"פ ביציאה מהטורבינה שווה בשלושתם, מכאן שמנוע הליבה של שלוש התצורות (טורבו סילון, טורבו פרופ וטורבו מניפה) הוא שווה.

ב. בתרשים המופיע מטה מוצג **כח הדחף** של שלושת סוגי המנועים כתלות **במהירות וגובה הטיסה**. מכאן ניתן להסיק:

- כח הדחף של שלושת הסוגים יורד עם העלייה בגובה הטיסה, זאת בעיקר עקב הקטנת ספיקת האוויר הנכנסת למנוע, עם העלייה בגובה הטיסה.
- כח הדחף של מנוע טורבו פרופ הוא הגדול ביותר, טורבו סילון מייצר את כח הדחף הקטן ביותר ומנוע טורבו מניפה מייצר כך דחף בערך ביניים.
- ירידת כח הדחף עם הגדלת מהירות טיסה היא המשמעותית ביותר עבור מנוע טורבו פרופ, מתונה יותר עבור מנוע טורבו מניפה, וקטנה עבור מנוע טורבו סילון. למעשה מנוע טורבו פרופ מפסיק לתפקד ביעילות כיוצר דחף עקב מגבלות הפרופלור, במהירות טיסה הגבוהה מסביבות 400 קשר (1.8 קמ"ש = 1 קשר). ניתן להיווכח כי כח הדחף של מנוע טורבו סילון מתחיל לעלות בקצב מהיר יחסית במהירויות טיסה גבוהות. זאת עקב ניצול יעיל יותר של עליית הלחץ בכונס (תופעת המגח) במנועים מסוג זה.



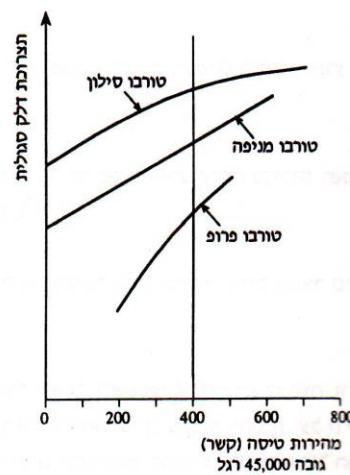
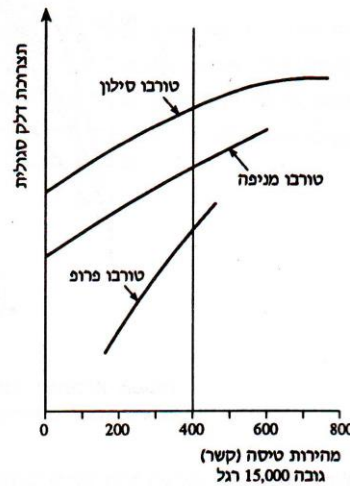
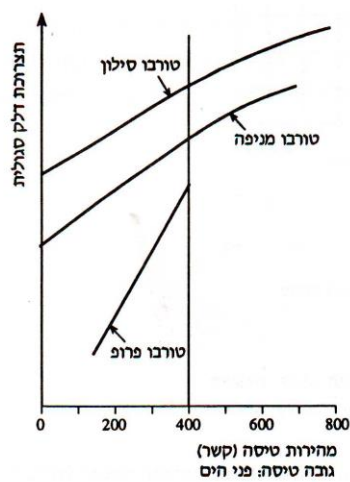
ג. בתרשים המופיע מטה מוצגת השוואת **הדחף** בין מנוע טורבו סילון וטורבו מניפה כתלות **במאך הטיסה**. מהתרשים ניתן לראות בבירור כי מנוע טורבו מניפה עדיף מבחינת הדחף עד מהירות טיסה השווה בקירוב למהירות הקול. כאשר מהירות הטיסה גבוהה ממהירות הקול, מנוע טורבו סילון ייצר כח דחף גבוה יותר.



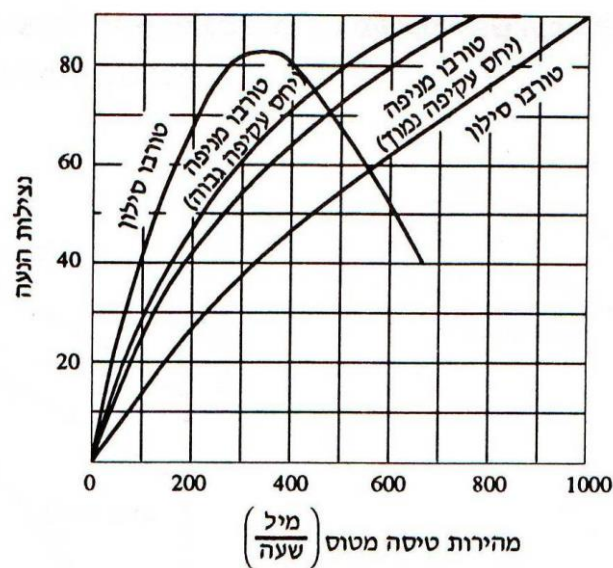


התוצאות שהוצגו עד עתה תלויות באופן הדוק בגודל יחס העקיפה של מנוע טורבו מניפה – ככל שיחס העקיפה גבוה יותר, כן עדיפות הדחף של מנוע טורבו מניפה תהיה גדולה יותר במהירויות טיסה נמוכות, יחד עם זאת, עדיפות זאת תקטין בקצב מהיר יותר עם עליית מהירות הטיסה.

ד. בתרשים המופיע מטה מוצגת השוואת **תצרוכת הדלק הסגולית** בין מנוע טורבו סילון וטורבו מניפה כתלות **בגובה הטיסה ומהירות הטיסה**.



- תצרוכת הדלק הסגולית של מנוע הטורבו פרופ היא הנמוכה ביותר וזו של מנוע טורבו סילון היא הגבוהה ביותר.
 - תצרוכת הדלק הסגולית של שלושת סוגי המנועים גדלה עם עליית מהירות הטיסה.
 - השפעת הגובה על תצרוכת הדלק הסגולית היא קטנה יחסית.
 - קצב עליית תצרוכת הדלק הסגולית עם המהירות הוא התלול ביותר במנוע טורבו פרופ והמתון ביותר במנוע טורבו סילון. מתברר כי גם משיקולי תצרוכת דלק סגולית, מנוע ה טורבו פרופ יהיה העדיף במהירויות טיסה נמוכות.
- ה. בתרשים המופיע מטה מתוארת נצילות ההנעה של שלושת סוגי המנועים (טורבו סילון, טורבו פרופ וטורבו מניפה) כתלות מהירות הטיסה.



- לא מפתיע להיווכח כי גם משיקול זה, מנוע טורבו פרופ יהיה היעיל ביותר במהירויות טיסה נמוכות.
- ו. משקל המנוע (יחס דחף/משקל) – מנוע טורבו סילון הוא העדיף, מכיוון שמשקלו הוא הקטן ביותר. מנוע טורבו פרופ הוא הכבד ביותר, ואחת הסיבות העיקריות לכך היא המשקל הרב של תמסורת ההאטה של הפרופלור.



ז. פשטות המבנה – מנוע טורבו סילון הוא העדיף מכיוון שהוא הפשוט ביותר. מנוע הטורבו פרופ הוא המסובך ביותר.

ח. המראה במסלול קצר – עקב העובדה שמנוע טורבו פרופ הוא בעל הדחף הגדול ביותר במהירויות טיסה נמוכות הרי הוא יהיה עדיף כאשר הדגש הוא המראה לאורך מסלול קצר.

ט. עוצמת הרעש – מנוע טורבו סילון הוא הרועש ביותר, בעיקר בגלל הרעש הגדול שיוצר סילון הפליטה שלו, עקב המהירות הגבוהה של הסילון.

י. נחיתה במסלול קצר – אחת הדרשיות ממטוס היא נחיתה לאורך מסלול קצר, ואחד האמצעים לןסיפוק דרישה זו היא יצירת היפוך דחף בעת ריצת הנחיתה. במנוע טורבו פרופ ניתן ליצור דחף הפוך בקלות יחסית, על ידי שינוי זווית להבי הפרופלור, במנוע טורבו סילון ע"י מערכת תריסים המורכבת במערכת הפליטה של המנוע וגורמת להפניית סילון הפליטה קימה, ובמנוע טורבו מניפה יש להרכיב (כאשר נחירי הפליטה נפרדים) שתי מערכות להיפוך דחף ועובדה זו מוסיפה סיבוך.

לסיכום:

- מנוע טורבו פרופ מורכב במטוסים איטיים יחסית שבהם הדגש הוא על תצרוכת דלק נמוכה ויכולת המראה ונחיתה לאורך מסלולים קצרים.
- מנוע טורבו סילון יורכב במטוסים בהם הדגש הוא על טיסה במהירות גבוהה ויכולת תמרון במהירות גבוהה.
- מנוע טורבו מניפה יורכב במטוסים גדולים הדורשים דחף גבוה במהירויות טיסה בינוניות.
- מנוע טורבו מניפה הוא למעשה פתרון לבעייתיות של שני המנועים האחרים. השימוש בו מכתיב את יחס העקיפה שלו- אם יחס העקיפה גבוה, הוא משמש במטוסים בהם הדרישה היא דחף גבוה ותצרוכת דלק סגולית נמוכה במהירויות טיסה תת קוליות. אם יחס העקיפה נמוך הוא משמש גם להנעת מטוסי קרב הטסים במהירויות על קוליות.