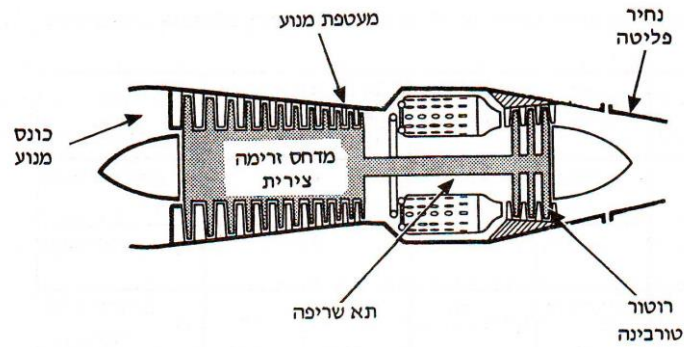
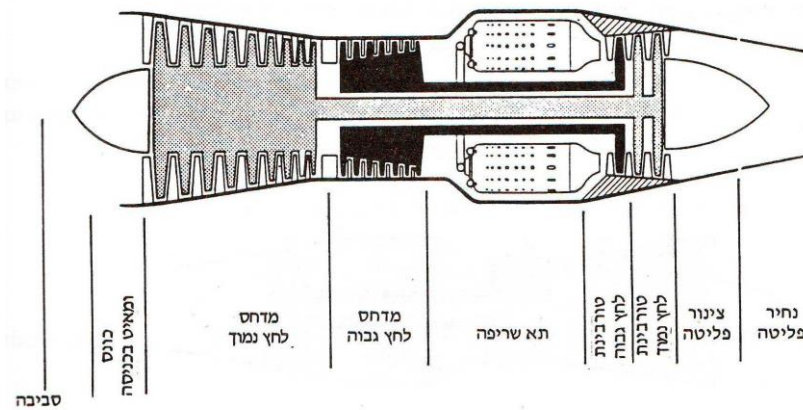


דף חלוקה מס' 4 – סוגי מנועי סילון

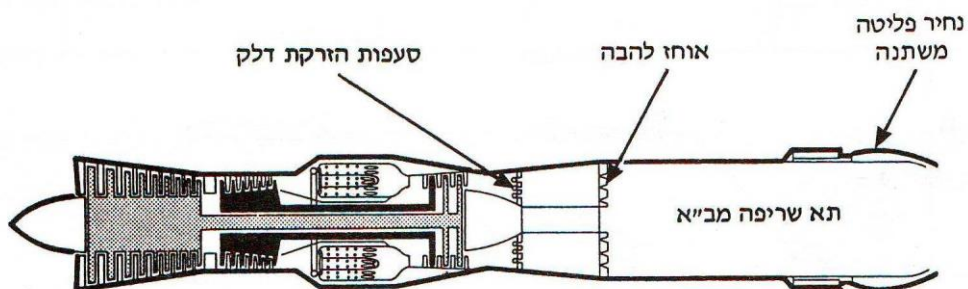
1. מנוע טורבו סילון צירי ללא מב"א:



2. מנוע טורבו סילון דו - צירי ללא מב"א:

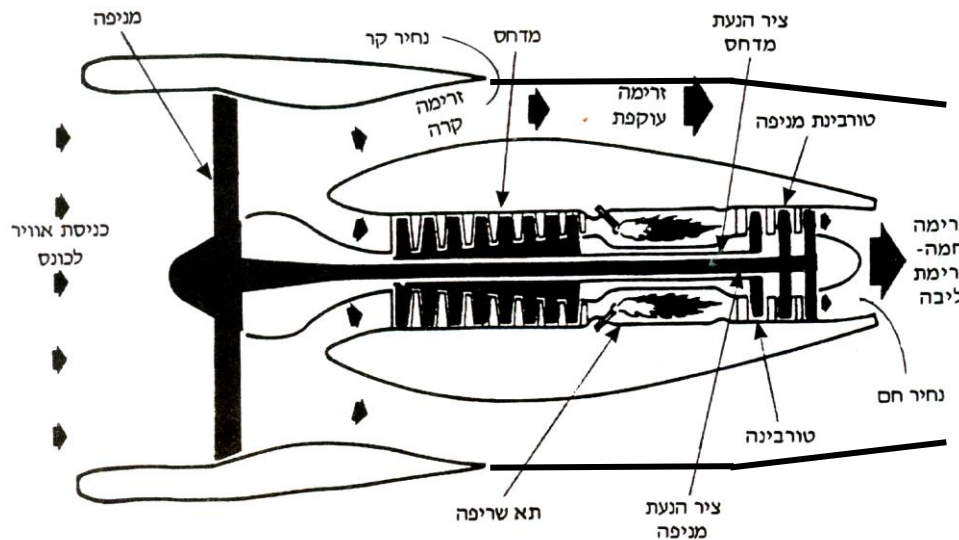


3. מנוע טורבו סילון דו - צירי כולל מב"א:



4. מנוע טורבו מניפה משורוול ללא מב"א:

העיקרון המופעל במנוע טורבו מניפה הוא הגדלת ספיקת האוויר העוברת דרך המנוע וכתוצאה מכך מתקבלת הגדלת דחף בהשוואה למנוע טורבו – סילון.



עקרונית למנוע יש שני מכלולים סובבים:

- מכלול לחץ גבוה – הכולל מדחס, טורבינה וציר המחבר ביניהם.
 - מכלול לחץ נמוך – הכולל מניפה, טורבינה וציר המחבר ביניהם.
- שני הצירים הם משותפי מרכז ונעים במהירויות סיבוב שונות. מכלול הלחץ הגבוה הוא המכלול החם של מנוע הליבה.

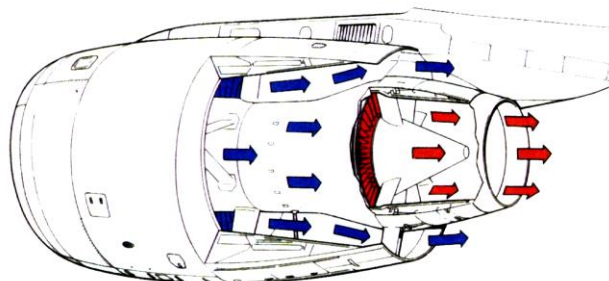
להלן הסבר הפעולה העקרונית של המנוע:

ספיקת האוויר הכוללת העוברת דרך הכונס היא גם הספיקה העוברת דרך המניפה. תוך כדי המעבר דרך המניפה לחץ האוויר הטמ"פ עולים, מכיוון שמושקעת בו עבודה ע"י המניפה. עבודה זו מופקת למעשה בטורבינה והיא מועברת למניפה באמצעות ציר המחבר ביניהם. לאחר יציאת האוויר מהמניפה הספיקה מתחלקת לשני מסלולים:

- המסלול הקר (זרימה עוקפת = זרימה קרה) – בו האוויר אינו נשרף והוא עובר ישירות לנחיר הפליטה (נחיר קר).
- זרימה חמה (זרימת ליבה) – במסלול זה האוויר נדחס במדחס ושם הטמ"פ והלחץ ממשיכים לעלות. לאחר מכן האוויר נכנס לתא השריפה ושם מתבצעת שריפתו עם דלק מוזרק. לאחר תא השריפה הגזים השרופים

עוברים דרך הטורבינות. הטורבינה הראשונה היא טורבינת לחץ גבוהה הסופגת חלק מהאנרגיה של הגזים השרופים ומניעה את המדחס. לאחר מכן הגזים עוברים דרך טורבינת לחץ נמוך המניעה את המניפה. אחרי הטורבינות הגז ממשיך בדרכו ועובר דרך נחיר הפליטה הנקרא נחיר חם. כח הדחף מתקבל כתוצאה מהעובדה כי מהירות האוויר ביציאה מהנחיר הקר ומהירות גזי הפליטה ביציאה מהנחיר החם גבוהות תמיד ממהירות הטיסה.

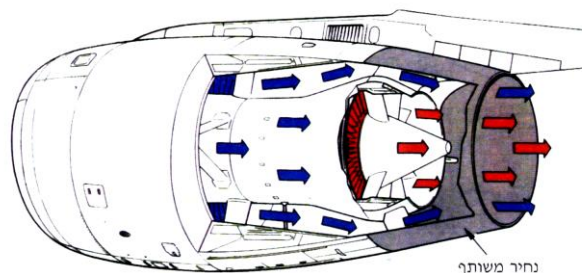
• מנוע טורבו מניפה בעל פליטה דרך נחירים נפרדים:



פליטה דרך נחירים נפרדים

■ Cold bypass (fan) airflow - זרם עוקף קר
■ Hot exhaust gases - גזי פליטה חמים

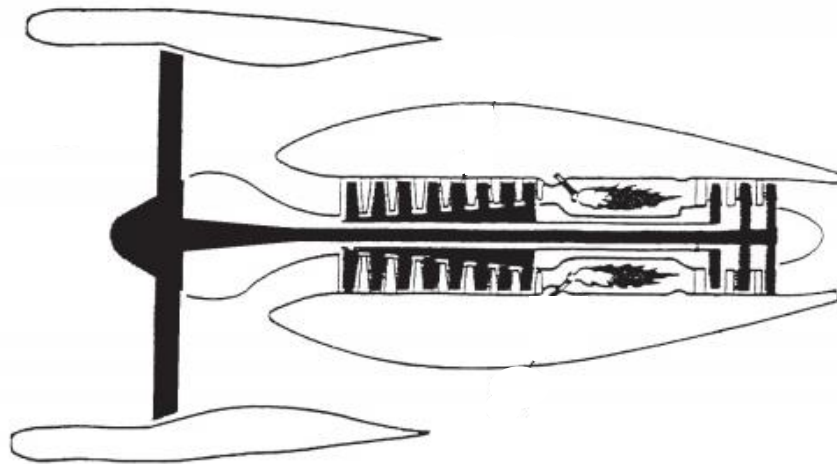
• מנוע טורבו מניפה בעל פליטה דרך נחיר משותף:



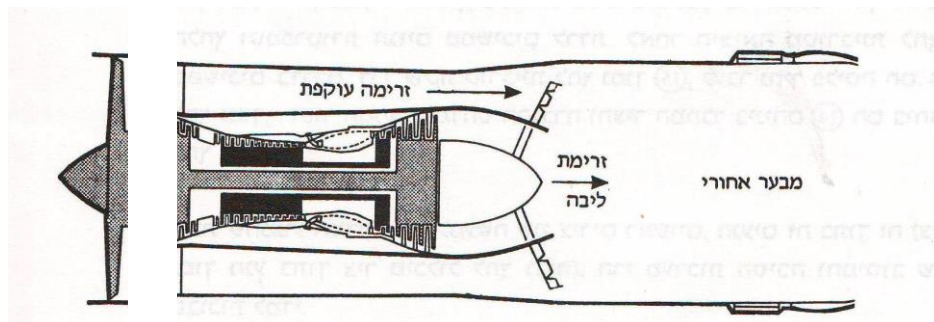
פליטה דרך נחיר משותף

■ Cold bypass (fan) airflow - זרם עוקף קר
■ Hot exhaust gases - גזי פליטה חמים

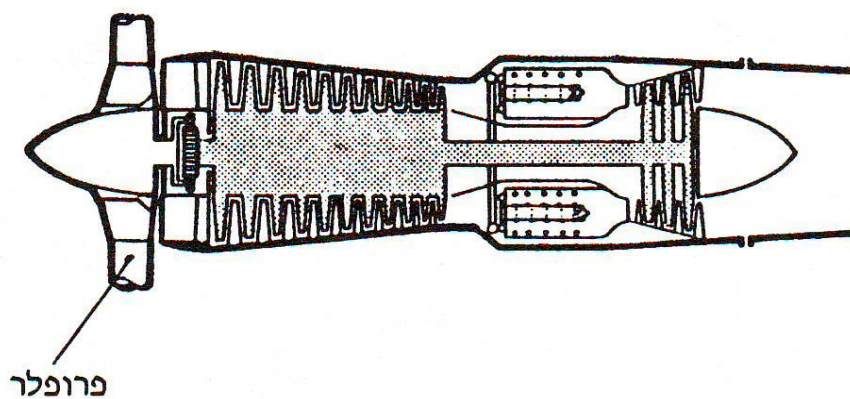
5. מנוע טורבו מניפה בלתי - משורוול ללא מב"א:



. מנוע טורבו מניפה משורוול כולל מב"א:



7. מנוע טורבו פרופ:

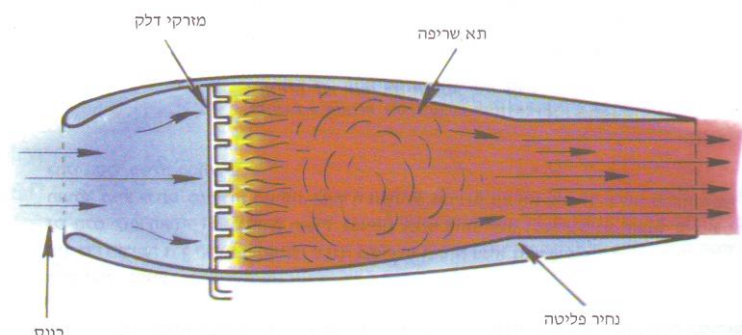


מנוע טורבו פרופ הוא אמצעי ההנעה הנפוץ ביותר עבור מטוסים הטסים במהירויות טיסה נמוכות ובגובה לא רב. במנוע זה מיושמים היתרונות של מנוע טורבינה כאשר הכח המניע הראשי מתקבל מפעולת הפרופלור. במנוע טורבו פרופ קיימים תמיד הרכיבים העיקריים של מנוע טורבינה: מדחס, תא שריפה וטורבינה. במנוע המתואר קיימות למעשה שתי טורבינות (אחת הבנויה משתי דיסקות והשנייה הבנויה מדיסקה אחת), הטרבינות הן נפרדות כלומר: טורבינה אחת המניעה את המדחס והטורבינה שנייה המניעה את הפרופלור דרך תמסורת האטה (מהירות סיבוב הפרופלור מוגבלת משיקולים מכניים ואווירודינמיים). במקרה זה הגזים היוצאים מטורבינת הנעת המדחס זורמים דרך טורבינת הנעת הפרופלור וממשיכים בדרכם לאטמ' דרך צינור הפליטה. עיקר האנרגיה הזמינה של הגזים ביציאה מטורבינת הנעת המדחס מושקעת בהנעת טורבינת הנעת הפרופלור. כתוצאה מכך רמת האנרגיה של הגזים אחרי טורבינת הנעת הפרופלור היא נמוכה ולכן גם מהירות יציאת גזים אלה מצינור הפליטה תהיה נמוכה. באומדן גס ניתן להעריך כי 90% מכח הדחף מתקבל מהפרופלור וכ- 10% מהפרש תנע הגזים בין היציאה מהמנוע לכניסה אליו.

לשם יצירת כח הדחף ניתן להשתמש בשני סוגים נוספים של מנועים - מנוע מגח סילון ומנוע רקטי. המשותף לשני המנועים הוא העדר חלקים סובבים, כדוגמת מדחס וטורבינה בתוך המנוע. השימוש העיקרי של מנועים אלה הוא הנעת כלי טייס, כדוגמת טילים, הנעים במהירויות גבוהות בד"כ מעל למהירויות הרגילות של טיסת מטוסים.

8. מנוע מגח סילון:

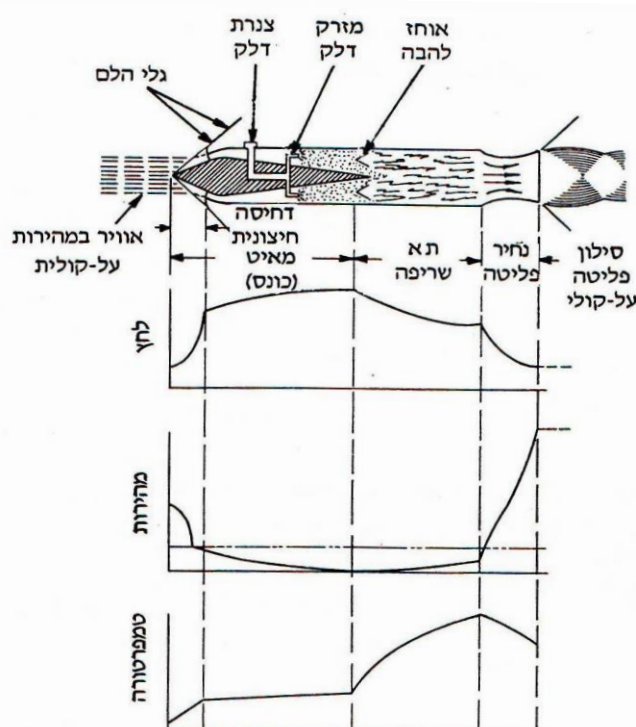
מנוע מגח סילון הוא מנוע נושם אוויר המפיק כח דחף בהתאם לחוק המיושם גם במנועי דחף טורבינה: תנע הגזים ביציאה מנחיר הפליטה גדול מתנע האוויר בכניסה לכונס. המנוע כולל את הרכיבים העיקריים הבאים: כונס, תא שריפה, המכיל מזרקי דלק ולעיתים גם אוחזי להבה ונחיר פליטה.



להלן הסבר הפעולה העקרוני של המנוע:

האוויר מגיע לכונס במהירות הטיסה. במקרה המתואר מהירות הטיסה היא על קולית מכיוון שמצוינים גלי הלם. לחץ האוויר וטמ"פ האוויר בכניסה לכונס שוות ללחץ ולטמ"פ האוויר באטמ'. תוך כדי הזרימה דרך הכונס מתקיימת ירידה במהירות ועלייה בלחץ ובטמ"פ. בסוף הכונס הלחץ הוא המקסימלי במנוע. לאחר הכונס האוויר ממשיך בזרימתו דרך תא השריפה. לתא השריפה מוזרק דלק הניצת עם האוויר כתוצאה מכך מתרחשת עלייה גבוהה בטמ"פ הגזים. תוך כדי הזרימה דרך תא השריפה של מנוע מעשי מתקיימת גם ירידה קטנה בלחץ (עקב הפסדי חיכוך בזרימה ותהליך הוספת החום) ועלייה קטנה במהירות (עקב הקטנה בצפיפות) לאחר תא השריפה הגזים זורמים דרך נחיר הפליטה, שם מתקיימת ירידה בלחץ, ירידה בטמ"פ ועלייה במהירות. בנחיר אידאלי, לחץ הגזים ביציאה מנחיר הפליטה שווה ללחץ האטמ'. מהירות פליטת הגזים ביציאה מנחיר הפליטה תמיד גבוהה ממהירות הטיסה. מנוע מגח סילון הוא מנוע פשוט ביותר ובזאת יתרונו הגדול. החיסרון העיקרי שלו מתבטא בעובדה כי לא ניתן להשתמש בו במהירויות טיסה נמוכות, עקב העובדה כי הלחץ הנבנה בתוכו אינו מספיק ליצירת מהירות פליטה הנדרשת לדחף. כל כלי טייס שבו מורכב מנוע מגח סילון, חייב להיות מואץ למהירות טיסה גבוהה, באמצעות מנוע אחר (רקטי או טורבינה) בטרם הפעלת מנוע מגח סילון.

- שינויי הפרמטרים הראשיים של האוויר גז הזורם במנוע:

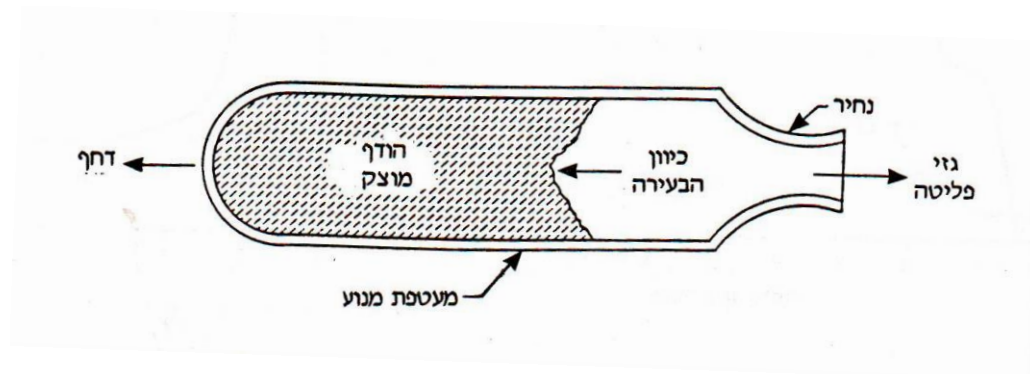


9. מנוע רקטי:

מנוע רקטי הוא מנוע דחף שאינו נושם אוויר. החמצן הדרוש לבעירה נישא ע"י המנוע או הכלי שבו הוא מורכב. רכיביו העיקריים של מנוע רקטי הם: תא שריפה ונחיר פליטה. שני הסוגים העיקריים של מנוע רקטי הם מנוע רקטי הודף מוצק ומנוע רקטי הודף נוזלי. שתי התצורות מופיעות בתרשים ובשתייהן מתקבל הדחף עקב יציאת סילון גזי הפליטה במהירות גבוהה מנחיר הפליטה.

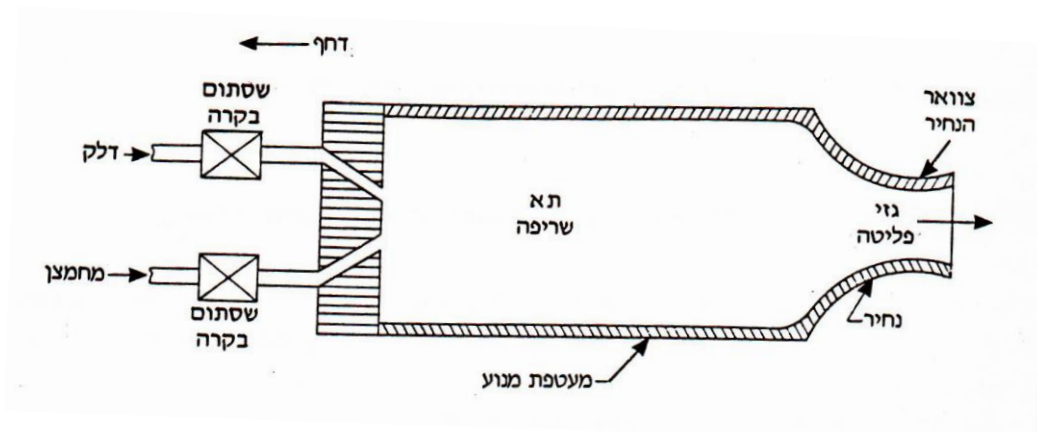
• מנוע רקטי הודף מוצק:

מנוע רקטי הודף מוצק החומר יצוק בתוך תא השריפה יכלול חמצן בתוכו. לאחר שמנוע זה מופעל הוא ממשיך לפעול עד לשריפת כל ההודף המוצק.



• מנוע רקטי הודף נוזלי:

במנוע רקטי הודף נוזלי הדלק והמחמצן מאוחסנים במיכלים נפרדים ומוזנים לתא השריפה באמצעות מערכות נפרדות. במנוע זה ניתן עקרונית להפסיק את פעולת המנוע ולהפעלה מחדש.





מכל ההסבר הר"מ נובע כי מנוע רקטי הודף מוצק הוא פשוט יותר ממנוע רקטי הודף נוזלי ושני הסוגים של מנוע רקטי הם פשוטים ביותר ביחס למנוע טורבו סילון. הלחץ בתא השריפה של מנוע רקטי הוא גבוה יותר מהלחץ בתא השריפה של מנוע טורבינה ולכן הדחף המסופק ע"י מנוע רקטי הוא גבוה יותר ביחס למנוע טורבו סילון בעל משקל זהה.

מנוע רקטי מוגבל בד"כ בפעילותו לזמן קצר, משום שהוא נושא את הדלק והמחמצן בתוכו. הוא יהיה שימושי להנעת טילים ולוויינים הטסים במהירות גבוהה ולאורך זמן קצר. כאשר קיים צורך בהנעת כלי טיס מחוץ לאטמו', ברור כי המנוע הרקטי מסוגל לבצע זאת.