

זהב אווירונאוטי

הכוחות הפועלים על המטוס –

עילוי – בניצב לזרימה המציפה (כמעט ולא מושפע ע"י חיכוך), זהו המרכז האווירודינמי של המטוס. נוצר מהכנפיים בעיקר, וחלקו הקטן ע"י המייצב האופקי שבזנב. לכן, בחישוב עילוי ניקח את שטח הכנף.

גרר – בכיוון הזרימה המציפה.

גרר טפיל – כתוצאה מכוחות חיכוך וצורת הפרופיל.

גרר מושרה – כתוצאה מהעילוי (בריבוע). אפקט קצה כנף - בקצות הכנפיים האוויר הזורם מלמטה מתעגל מעל הכנף ובעצם דוחף אותה (ואת המטוס) כלפי מטה, ובכך מקטין את זווית ההתקפה ובכך את העילוי. החלק בזווית ההתקפה שהתבטל נקרא זווית התקפה מושרית. ככל שהכנף יותר ארוכה האפקט בעל משמעות זניחה יותר.

ככל שעולים במהירות הטיסה הגרר הופך ממושרה בעיקרו לטפיל.

דחף – פועל לאורך ציר המנוע.

זווית התקפה – זווית בין הזרימה המציפה למיתר.

??איך מטוס נשאר באוויר – מהירות הזרימה בחלק העליון של הפרופיל גדולה יותר מהמהירות בחלק התחתון. לפי חוק ברנולי (החוק הראשון של התרמודינמיקה), מהירות גדולה = לחץ נמוך, מהירות נמוכה = לחץ גדול. כתוצאה מהפרש הלחצים, יש "משיכה" של המטוס כלפי מעלה לכיוון הלחץ הנמוך AKA עילוי. לפי החוק השלישי של ניוטון תנע של האוויר החולף ע"פ המטוס מפעיל עליו כוח.

??למה הדלק נמצא בכנפיים –

1. העילוי פועל על הכנפיים, ובאזור זה נמצאת מרכז המסה של המטוס. כמות הדלק היא

מסה אשר משתנה לאורך הטיסה, אם נשים את מיכלי הדלק במקום השונה ממרכז המסה, במהלך הטיסה שיווי המשקל של המטוס ישתנה – לא יציב וגורם לבזבז אנרגיה.

2. חסכון במקום (הכנף גדולה ומלאה אוויר).

$$\begin{aligned} F &= \frac{1}{2} \rho V^2 S C_p \\ D &= \frac{1}{2} \rho V^2 S C_D \\ L &= \frac{1}{2} \rho V^2 S C_L \end{aligned}$$

נוסחאות הכוחות (לדעת רק בכללי, יחס בין הגורמים) –

פרופיל אינדאלי – יחס עילוי לגרר גדול.

??פרופיל סימטרי לעומת א-סימטרי – בפרופיל סימטרי במצב של זווית התקפה אפס מעלות לא יוצר עילוי (בגלל שהצורה זהה מלמעלה ולמטה, המהירויות שיווצרו יהיו שוות ← הלחצים יהיו שווים ואם לא יהיה הפרש לחצים לא יוצר עילוי).

הזדקרות – זווית התקפה גדולה מידי בה הזרימה סביב הפרופיל נשברת, אין עילוי והמטוס מתחיל ליפול. מצב של Deep Stall הוא הזדקרות שלא ניתן להיחלץ ממנה.

מנת המימדים (AR) – היחס בין מוטת הכנף לעובי הממוצע של הכנף (מיתר) או היחס בין אורך הכנף בריבוע חלקי השטח שלה. במטוסי קרב – נמוך, בדאוניס – גבוה.

Λ - משיכות לאחור של הכנף (Sweep Angle).

שכבות אטמוספירה – טרופוספירה (28k-56k ft), סטרטוספירה (עד 150k ft) ועוד 3 שכבות. צפיפות האטמוספירה יורדת בצורה מונוטונית, הטמפר' יורדת ב-2 מעלות צלזיוס כל 1000 רגל, ב-36000 מפסיקה להשתנות וזהו הגובה האופטימלי למנועי סילון. (ב-80,000 מתחילה לעלות שוב).

כלי טייס סטנדרטיים – עד 36000 רגל

טיסת חלל – 100000 רגל ומעלה.

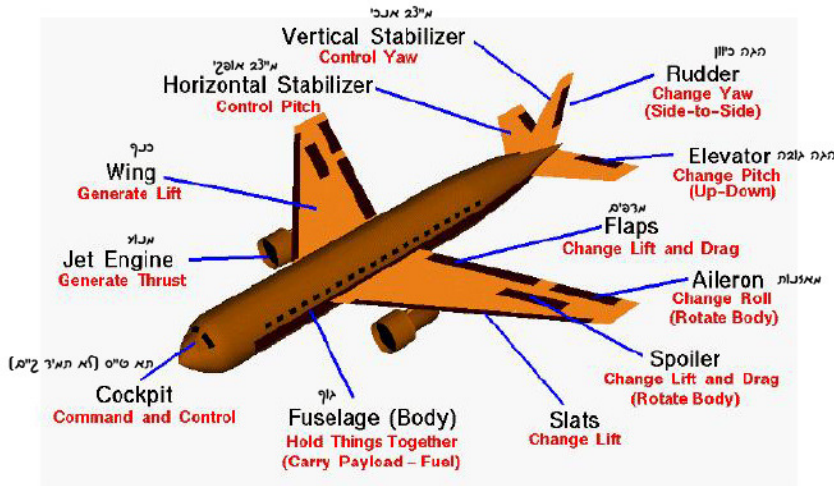
אטמוספירה סטנדרטית – 15 מעלות צלזיוס ב-36,000 רגל.

עומס כנף – היחס בין משקל המטוס לשטח הכנף. בטיסה בגובה רב – עומס כנף נמוך.

ביצועי מטוס –

ביצועי גלישה – במקרה של הפסקת פעולת המנוע, תנועה בעזרת אנרגיה פוטנציאלית. במטוס פרופלור, מנתקים את המנוע מהפרופלורים ומנצלים את סיבובם להגעה למרחק גדול יותר. איך מטוס פונה – מגדילים את העילוי על כנף אחת ומורידים אותו בשנייה (ע"י הרמת המדפים שבכנפיים, הרמת מדף – הקטנת עילוי {בגלל החיכוך}, הורדת מדף – הגדלת העילוי) כך נוצר מצב שהמטוס נמצא בהטייה והוא מבצע סיבוב. הגה הכיוון (בזנב) עושה תיקונים קטנים במהלך הפנייה. במהלך הפנייה חלק מהעילוי מוקדש לפנייה ולכן המטוס מאבד גובה.

חלקי המטוס



עייפות החומר וקריסה – בגלל שמדחסים את האוויר בפנים המטוס ללחץ סטנדרטי, קיים הפרש לחצים בין המטוס לסביבתו החיצונית, והמטוס מתנפח, כשהוא חוזר לקרקע הוא מתכווץ שוב. תהליך זה שקורה כל טיסה וגורם למתיחה של החומר בסופו של דבר מתעייף ונשבר בקלות. ככל שהמטוס טס יותר נמוך הפרשי הלחצים יותר קטנים ולכן ההתעייפות יורדת אבל צריכת הדלק עולה (בגלל צפיפות האוויר).

??למה בונים מטוס מאלומיניום ולא מפלדה – באלומיניום היחס בין כוח למשקל גדול פי 3 משל פלדה, לכן קשיחותו לקריסה גבוהה יותר.

פיתול – במהלך הטיסה נוצר מומנט פיתול על המטוס כתוצאה מהתדירות העצמית של המטוס, מתקנים אותו ע"י המאזנות.

חומרים מרוכבים – עשוי מתבנית עם סיבים בעלי קשיחות כיוונית, כלומר חזקים רק לכיוון אחד (כמו מתיחת שערה – חזקה, ולכיוון השני – חלשה), ע"י שילוב של סיבים לכמה כיוונים ניתן ליצור חוזק גדול מאוד במשקל נמוך.

אסכולות תיקונים

Fail-Safe – בדיקות ותיקונים (נפוץ בתעשייה הצבאית).

Safe-Life – החלפה כל פעם שאורך החיים של חפץ נגמר (נפוץ בתעשייה האזרחית).

צינור פיטו (Pitot-Static) – צינור הנמצא בקדמת המטוס, ומוודד גובה ומהירות. לצינור נכנס אוויר ונמדד הלחץ הכולל (סטטי + דינמי), בהמשך יש חריר קטן אשר מודד רק את הלחץ הסטטי, לפי הלחץ שנמדד ניתן לדעת באיזה גובה נמצאים. כאשר מחסרים לחץ כולל מהלחץ הסטטי שנמדד מגלים את הלחץ הדינמי וכך אפשר לדעת את מהירות הטיסה.

בקרה

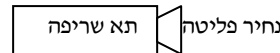
ניווט – מיקום, יעד, דרך

הנחייה – פעולות לביצוע המסלול.

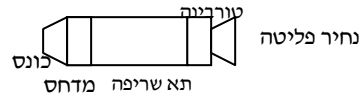
בקרה – פעולות להישארות במסלול.

הנעה –

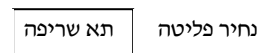
רקטיב – במנוע יש דלק + מחמצן = הודף. זהו המנוע היחיד שיכול לנוע בחלל (כי כל מה שהוא צריך נמצא בתוכו). יש תהליך שריפה כתוצאה מהריאקציה הכימית, שיוצר אנרגיה חום.



סילונית – אוויר נכנס ועובר דרך הכונס אשר מאט את מהירות האוויר ומגיע למדחס, כתוצאה מהלחץ הגבוה שהאוויר נמצא בו, מתחרשת תגובת השריפה עם הדלק שנמצא בתא השריפה (החמצן שבאוויר נדלק בלחץ מסויים), לבסוף הוא יוצא דרך נחיר הפליטה.



מגח סילון Ramjet – המנוע מבצע לבד את פעילות המדחס, והוא לא צריך טורבינה. יעיל רק במהירויות גבוהות פי 4-2 ממהירות הקול (1000 קמ"ש). חסכוני בצריכת דלק אך לא יכול להתחיל ממצב מנוחה (זקוק לפלטפורמת שיגור או בטיילים שבהטלתם יש להם מהירות התחלתית).



מגח סילון עם שריפה על קולית Scramjet – למהירויות גבוהות מאוד. מעל מאך 5.

מסוקים – בעלי כנף סובבת, יכולים לייצר עילוי במהירות 0. לרוטור להבים כאשר כל להב מייצרת עילוי. את זווית הפגיעה (זווית התקפה במסוקים) ניתן לשנות לכל להב בנפרד ובכך מתגברים על חוסר הסימטריה הטבעית שיש במסוק (הנובעת מכך שהמהירות שהוא "רואה" משתנה בהתאם לזווית שבה הוא נמצא, בזווית גדולה יש סכנת הזדקרות, זה קורה בכל סיבוב מחדש ולכן נוצרות רעידות – כי צריך לבטל את ההזדקרות) **למה למסוק יש שני רוטורים** – המנוע מפעיל מומנט על המערכת וצריך משהו שיאזן אותו ע"מ שכל המסוק לא יסתובב עם הרוטור. לכן יש את הרוטור המשני אשר מסתובב לכיוון ההפוך ויוצר מומנט נגדי. הרוטור המשני קטן יותר ולכן כדי ליצור מומנט מספיק, מרחיקים אותו כמה שניתן מהרוטור הראשי (כי המומנט הוא פונקציה של המרחק). **קונפיגורציות של מסוקים** –

סטנדרטי

קואקסיאלי (שני רוטורים החגים לכיוונים נגדיים אחד מעל השני) – הקטנת הגוף אבל איבוד עילוי.

טנדם (שני רוטורים החגים לכיוונים נגדיים אחד מול השני) – למסעות כבדים.

טילט רוטור (רוטורים מתהפכים ויכולים לשמש כפרופלורים של מטוס).

Down Wash – הרוטור פועל כמעין מאוורר ענק, הוא לוקח אוויר ומאיץ אותו כלפי מטה, מהכוח הנגדי הוא נשאר באוויר.

אוטורוטציה – במקרה של איבוד מנוע המסוק יכול לנחות בצורה טובה. מהרוח העוברת דרך הרוטור בנפילה נוצר כוח עילוי וכך המסוק מנמיד גובה במהירות קבועה ואיטית מנפילה חופשית (כמו ענף שנופל בסיבוב ברוח).

אפקט קרקע – האוויר שנזרק מלמטה (Down-Wash) פוגע בקרקע וחוזר קלפי מעלה שעוזרת בהמראת המסוק.

טילים –

עם כנפיים – חתימה נמוכה, טיסה במהירות 60-70g (ע"מ ליירט טילים אחרים או מטוסים שלא מוגבלים ב-g).

בלי כנפיים – טילי שיוט, טסים בדומה למטוס מבחינת גובה ומהירות.

Back To Turn – עיצוב הכיוון ואז פנייה (כמו מטוס)

Skid To Turn – פנייה ישר לכיוון הרצוי.

טווח מינימלי – טווח לתיקון טעויות שיגור.

טווח מקסימלי – טווח שמשאיר מספיק יכלת תמרון ל-30g-20 מהמטרה. (בעיקר א"א)

אווירואלסטיות – כלי טייס שמשנים את צורתם בגלל הכוחות הפועלים עליהם, הצורה משנה את הכוחות, וחוסר חלילה. אינטראקציה בין כוחות אווירודינמיים אלסטיים ואינרטיים.

אווירואלסטיות סטטית – השפעת דפורמציות של המבנה על המטוס ועל היציבות שלו.

אוורואלסטיות דינמית – אינטראקציה בין המערכת האוורואלסטית ואוורודנמיקה לא תמידית.

פרפור – רעידות גוברות והולכות של כנף כד לניתוקה מגוף המטוס. מתחיל באופן ספונטני והמערכת הפכה להיות לא יציבה (הכוחות אינם שואפים לחזור לש"מ).

אוורודנמיקה של בעלי חיים – חקר ניצול ה"דלק" של החיות בצורה יעילה.

שקנאים – בגלל **אפקט הקרקע** בטיסה קרוב לפני המים הם יכולים לחסוך הרבה כוח, כמו גם בטיסה במבנה.

דולפינים – בשחייה במבנה (של להקה או אם-גור) בוגר יכול לחסוך עד כ-35% מהדחף הדרוש ע"י "רכיבה" על זרמים שכנים, וגור יכול לחסוך עד כ-90% מהדחף.

ציפורים – צורת הכנפיים מתעגלת לאחור בזמן המעוף וזאת ע"מ להקטין את מערבולות קצה הכנף ועוזר לייצב את תנועתם. מגדיל את ה-AR.

תכנ כלי טייס –

תיכון קונספטואלי – מה רוצים בהתאם לדרישות הלקוח.

תיכון מוקדם – קביעת פרופיל, ניסויים, גיאומטריה חיצונית.

תיכון מפורט – הכנת שרטוטים מפורטים לכל חלקי המטוס.

הנדסת חלל – הנדסה מונהגת משימה – ניתן לבצע אותה רק מהחלל. עד לפני עשור נהגו להשתמש בלוויינים כבדים מאוד (דוגמת "האבלי"), מאז הנורמה היא לחלק את הלוויין לכמה לוויינים קטנים שמשתפים פעולה. (*סגמנט חללי – מספר לוויינים).

רכיבי רכב החלל

1. מטע"ד (מטען ייעודי) – תצפית, חיישנים, ממסר, רב משימתי.

2. BUS – הנעה, בקרה, ניווט, המרת אנרגיה, דלק.

טלאי ספירות – כאשר הלוויין לא נמצא במשיכה סביב אף כוכב, בחתכים הוא טוב במסלול סביב השמש.

אנרגיה –

1. **תאי שמש** (המרת אור לאנרגיה לפי האפקט הפוטואלקטרי) – בד"כ לוח סיליקון מצופה זכוכית.

2. **מצברים** – בשימוש בצד החשוך של כדור הארץ.

3. **כור תרמו-גרעיני** (איזוטופים) – במרחקים גדולים מהשמש.

בקרה תרמית –

פסיבית – בידוד, רדיאטורים, הצללה (אפשרי בגלל הפרש הטמפי הגדול)

אקטיבית – ממעטים להשתמש בה בשל חוסר אמינותה לאורך זמן, בעיקר לגלאי IR (חנקן)

הנעה – מיכלי דלק גרעיניים (אופטימלי לצפיפות), דלק מוצק.

סביבת החלל –

| GOOD | BAD | סביבה |
|--------------|---------------------------------|-----------------|
| מסלול, ייצוב | דלק | אטמוספירה |
| תמרוני האטה | גרר | גרביטציה |
| מפרשיות חלל | הפרעות למסלולים | לחץ קרינת שמש |
| זרם+הספק | הפרעה א"מ | שדה מגנטי |
| | שיבוש מערכות, סיכון אסטרונאוטים | שדות קרינה |
| | פגיעה במבנה | מטאוריטים |
| | פגיעה במבנה | שירים (debris) |
| | פגיעה בציפויים | פלסמה |
| | פגיעה במערכות רגישות | זיהום מרכבי חלל |
| | שיבוש מדידים וחיישנים | השתברות |

מספר מאך – יחס בין מהירות הטיסה למהירות הקול, הולך וגדל עם העלייה בגובה כאשר טסים במהירות קבועה.

מהירות הקול – 1000 קמ"ש.