

מנוע בוכנה במטוסים

אחד החלקים החשובים ביותר במטוס הוא המנוע. המנוע מסובב את המדחף ויוצר את כח העילוי והדחף שבעזרתו טס המטוס.

למרות שאנו מקדישים שעות רבות ללימוד אוירודינמיקה, פיזיקה וכוחות חיצוניים, דוקא המנוע והמדחף הם החלקים שלגביהם רוב הטייסים מודעים פחות, אין לך טיס שאינו יודע מהי השפעת ההגאים על התנהגות המטוס, מה יקרה אם נדחוף רגל ונשפיע על מיקומו של הגה הכיוון, מה התדר הנכון לדבר עם מגדל הפיקוח, איפה עובר הנתבי לחיפה, אבל רובינו מתייחסים לגוש המתכת שלפני קיר האש כ"קופסה שחורה", העיקר שהדבר הזה שבקצה הקדמי מסתובב ועושה רוח, אבל איך הוא פועל, מה קורה כשמושכים במצערת, מה המשמעות של חום השמן – זה נלקח כמובן מאיליו.

אני אשתדל בפרקים הבאים להרחיב קצת את היריעה, להסביר "איך זה בכלל עובד", ולהעשיר את הידע, על מנת שנבין טוב יותר מה מתחבא לנו מתחת לכיסוי המנוע, איך המדחף מסתובב ומה בכלל קורה שם. אני לא אשתמש הרבה בנוסחאות ובחוקים מדעיים מעייפים, אלא בשפה פשוטה ובהסברים מילוליים ממצים.

החומר כולו נלקח מתוך מאמרים המפורסמים ברשת האינטרנט, בספרים שנמצאים ברשותי ובידע כללי. המאמר לא בא להציג תורה חדשה או לקבוע כללי "עשה" ו"אל תעשה", אלא לשקף את דעתי האישית בלבד.

אני מדגיש, שלגבי כל נקודה לא ברורה, לא מובנה, או העומדת בסתירה לידע קודם של הקורא – הדבר היחיד החשוב והקובע הוא ספר המטוס המקורי של הייצרן וההוראות הרשומות בו. אני יודע שישנם מדריכי טיסה או מדריכי תיאוריה הנוהגים להסביר חלק מהעובדות בצורה אחרת. אני לא בא לסתור שום דבר, אלא להציג את העובדות כפי שהן ידועות לי, כמי שמכיר מנועי בעירה פנימית ומרכיביהם כבר למעלה מארבעים שנה.

לו נדרשתי היום לכתוב מאמר דומה על מנועי מכוניות - הייתי בבעיה.... מנועי המכוניות מתקדמים ומתפתחים כל הזמן עם שאר הטכנולוגיה, היום הכול מפותח מחשבים ואלקטרוניקה. מעגלים מודפסים וממסרים הולכים ותופסים מקומן של מערכות קלאסיות, יותר ויותר "חלוק לבן" נדרש לצורך טיפול שוטף במנוע במקום "אוברול כחול" שהיה פעם. היום, ישנם כבר מנועים "שעושים לעצמם דיאגנוזה" ומודיעים לנהג מה התקלה. מתי הטיפול הבא וכו. לעומתם – מנועי המטוסים המקובלים היום בתעופה הכללית, הם אותם מנועים שהיו במטוסים של מלחמת העולם השנייה, ולא שונים בהרבה מהמנוע של האחים רייט. אומנם טכנולוגית עיבוד החומרים השתכללה, השמן והדלק יותר איכותיים, אבל בבסיס ובעיקרון – לא השתנה כלום.

ובכן, למה אנו צריכים בכלל את המנוע??... אם ניזכר רגע בתיאורית הטיסה- מתוך ארבעה כוחות שפועלים על המטוס, (גרר,משקל,עילוי וסחב) שניים אנו "מקבלים חינם ובשפע" מן הטבע... (גרר ומשקל..). ושנים – אנחנו צריכים "להביא מהבית"..(סחב ועילוי..). השיטה המקובלת היא להפוך אנרגיה פוטנציאלית מסוימת לשני הכוחות הללו. האנרגיה הנוחה והזמינה ביותר היא זו האצורה בדלק. המנוע שלנו לוקח מצד אחד את הדלק ונותן לנו מהצד השני סחב ואיתו עילוי. אם היינו יכולים לנצל 100 אחוז מהאנרגיה ולהפוך אותה לסחב ועילוי, היה לנו מטוס כדוגמת 172, שטס במהירות 300 קשר, נושא 1200 ק"ג מטען יעיל, ושותה 0.5 ליטר דלק לשעה. לצערנו, אנחנו משלמים בדרך המון "מיסים" הגורמים לכך שרק 20 אחוז מהאנרגיה הפוטנציאלית הופכת לכוח ממשי מנוצל, והשאר "מתבזבז" על חיכוך, התאדות, קירור, תמיכה במערכות משנה ויעילות נמוכה. לפיכך המטוס שלנו טס רק 110 קשר, נושא 400 ק"ג בקושי, ושוורף 35 ליטר דלק בשעה ... עוד "בעיה" צריכים לפתור – שיטת יצור הסחב שמצאנו – המדחף – צריך תנועה סיבובית מתמשכת בשביל להפיק את מה שמצפים ממנו. אנחנו צריכים מערכת מגושמת שתהפוך את האנרגיה שלנו לתנועה סיבובית שכזו. (מנועי סילון למשל מתחילים את התהליך בתנועה סיבובית והופכים אותה דוקא לתנועה קווית ישרה של גוש אויר.... עולם הפוך ומשונה..).

לפני שנתחיל לפרק את המנוע למרכיביו השונים, הבה נעשה הכרה עם התהליך שעומד במרכז הפעולה – "בעירה פנימית". איך הופכים את טיפת הדלק הבלתי מזיקה למראה "לפצצת

אנרגיה"?? בלי להכנס לכימיה מורכבת – אם נקרב לטיפת הדלק מקור אש חיצוני היא תדלק ותישרף. במהלך השריפה הופך הנוזל לגאזים שונים המרכיבים אותו, לאידי מים ופיח. הגאזים החמים מתפשטים לנפח גדול ובמהירות גבוהה. אם נסגור את טיפת הדלק בחלל קטן ומוגדר, נסיף לה גם חמצן (שבלעדיו אין אש) ונבעיר אותה ע"י ניצוץ (חשמלי למשל..). הגאזים הנוצרים יתפשטו בכל החלל הקטן ויצרו לחץ גדול על דפנותיו. עכשיו, ניתן ללחץ הזדמנות לברוח מתוך החלל- או ע"י זה שנפתח פתח בנקודה מסוימת – ואז יצא זרם בלחץ גבוה, או שנאפשר לו לדחוף את אחת הדפנות ובזמן התזוזה- הנפח של התא גדל והלחץ יורד חזרה. אם נצליח "לאסוף" את כל התנועות האלה בצורה מאורגנת- יש לנו "מנוע". ואם תוך כדי איסוף הכח הזה, גם נגרום לו לסובב ציר מרכזי בתנועה סיבובית – פתרנו את הבעיה.

אחרי שיש לנו את הבסיס והעיקרון, אנחנו יכולים לגשת להכרת המנוע על חלקיו.

כל מנועי הבעירה הפנימית המשמים במטוסים הם מסוג "מנוע 4 פעימות". גישת 4 הפעימות נקראת גם "מחזור אוטו" (אין קשר ישיר ל-אוטו מלשון מכונית, אלא על שם NIKOLAUS OTTO שהמציא את השיטה בשנת 1867).

לב המנוע הוא אם כן אותו תא פיצוץ. נקרא "צילינדר" או גליל בעברית. תחתיתו של התא היא ראשה של בוכנה שיכולה לנוע בקו ישר מקצהו התחתון עד קצהו העליון של הגליל. לפני שנבין את התליך הבעירה, נסקור בקצרה את מערכות המשנה של המנוע, איך הן משתלבות זו בזו, ומה תפקידן.

מצת – תפקידו לייצר ניצוץ חשמלי המבעיר את התערובת בצילינדר. במנועי מכוניות יש מצת אחד לכל צילינדר, במנועים תעופתיים – שני מצתים. הכפלת המצתים נובעת משתי סיבות עיקריות: א. בטיחות – במקרה של כשל מצת אחד, יפעל המצת השני. ב. הגדלת ניצולת – יצירת ניצוץ יותר חזק ויותר ארוך על מנת לנסות ולשרוף יותר דלק בהתליך השריפה.

שסתומים - בכל צילינדר שני שסתומים- האחד נפתח בתחילת התהליך ודרכו נכנסת התערובת לתוך תא השריפה. השסתום השני נפתח בסוף התהליך ודרכו יוצאים הגאזים השרופים ושאריות הבעירה.

מוט חיבור - מחבר את הבוכנה ל **גל הארכובה**, מעביר את התנועה הקווית של הבוכנה לתנועה סיבובית של גל הארכובה.

גל הארכובה - גל מתכת, אליו מחוברות כל הבוכנות ע"י **מוט חיבור**, יוצר את התנועה הסיבובית ומעביר אותה למדחף. בקצהו יש גלגל מתכת כבד – גלגל תנופה, אשר תפקידו לשמור על המומנט הסיבובי ולודא תנועה חלקה ללא קפיצות.

אגן השמן – נמצא בתחתית המנוע, גל הארכובה מסתובב בתוכו וע"י כך מקבל שימון קבוע. שאר השמן שחוזר מן המנוע יורד לשם, ומשאבת השמן שואבת מתוכו ומזרימה שמן לסיכוך חלקי המנוע. חלקי מתכת נעים, חייבים שכבת סיכוך ביניהם, כדי להוריד את עומס החיכוך ולשמור עליהם מפני חימום יתר.

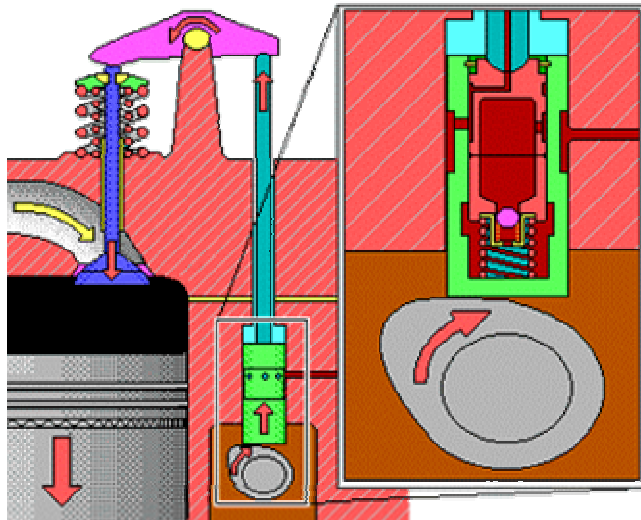
הנעת שסתומים - חלקים במנוע שתפקידם לפתוח ולסגור את השסתומים בנקודת הזמן המתאימה, ולמשך פרק הזמן הנדרש. בדרך כלל זהו ציר עליו מורכבים אקסצנטרים אשר לוחצים או מרימים זרוע שפותחת וסוגרת את השסתומים. על מנת לוודא תיאום, ציר האקסצנטרים מחובר ישירות לגל הארכובה באמצעות רצועת תיזמון או שרשרת תיזמון

CAM SHAFT



חתך : מימין- גל אקסצנטרים מפעיל מוט דוחף.

משמאל : שסתום, בוכנה ותנועתם



מערכת הצתה – מגנטו – תפקידה של המערכת לספק זרם חשמלי למצתים כדי שיוכלו להצית את התערובת בצילינדר ולקיים את מהלך המנוע. המערכת צריכה לתת מתח לכל אחד מהמצתים בדיוק בנקודת הזמן והמקום כשהבוכנה בראש הצילינדר והתערובת דחוסה. כל מצת תריך לקבל את המתח בדיוק בזמן ובאורך הנדרש. במנועים תעופתיים – המתח החשמלי והתיזומן מגיעים משתי מערכות מגנטו. זוהי מערכת אוטונומית (אינה צריכה זרם חשמלי חיצוני כמו במכונית), היא מקבלת את הסיבוב ישירות מן המנוע. זוהי מערכת דמויית מה שהכרנו כילדים – הפנס של האופניים שהיה לו "דינמו" – גלגל האופניים סוב את ראש הדינמו, שייצר את הזרם החשמלי לפנס. מערכת דומה יש גם במנוע המטוס. (זה נראה כמו מעגל קסמים – המנוע מסובב את המגנטו, המגנטו מייצר זרם חשמלי להפעלת המנוע... כל עוד המנוע מסתובב – המגנטו ייצר זרם. כל עוד המגנטו מייצר זרם – המנוע יסתובב.... רק בהתחלת התהליך היינו נאלצים להשתמש במתנע [סטרטר] שנתן סיבוב ראשוני להפעלת המערכת)

מערכת קירור - המנוע מייצר חום רב בזמן פעולתו. ראשית, תאי השריפה בגלילים פולטים חום גבוה מאד, ושנית – החלקים הנעים ומתחככים יוצרים גם הם חום. אם לא נדאג לקירור מספיק, ולכל נקודה – יגרם למנוע נזק בלתי הפיך עד לעצירתו הסופית. במנועים תעופתיים הקירור נעשה בעיקר ע"י הזרמת אויר על חלקי המנוע. מנצלים את העובדה שהמנוע אמור לנוע עם כל המטוס בתוך גוש אויר, ולכן נוצרת זרימה טובה. המנוע בנוי בתוך תא מיוחד COWLING המאפשר לאויר החיצוני לזרום פנימה ולקרר ע"י הולכה את החלקים שאיתם הוא בא במגע. קירו נוסף מתקבל ע"י מערכת השמן. שלא כמו במכונית, השמן מוזרם דרך מקרן (רדיאטור), אשר מקרר אותו לפני חזרתו לאגן השמן. מאחר והשמן מוזרם בכח לרוב החלקים הנעים, והוא אמור להיות בטמפרטורה נמוכה יותר מהמנוע, תוך כדי תנועתו הוא סופג את החום העודף מהמנוע ומקרר אותו. מה שמאפיין מנוע מקורר אויר, הוא מבנה ה"סנפירים" המקיפים את כל אחד מהגלילים. מבנה זה יוצר שטח פנים גדול ובא במגע עם הרבה אויר קר.



חלקו החיצון של הצילינדר עשוי בצורת "סנפירים" כדי להבטיח קירור מתאים

כניסת אוויר - המנוע זקוק לחמצן להשלמת תהליך השריפה. החמצן מתקבל מתוך האוויר החופשי שהמנוע שואף. האוויר נכנס למערכת ע"י צינור הפתוח למול האוויר החופשי – בקצהו מסנן המונע חדירת גופים זרים וגרגרי אבק לתוך המנוע. הצינור מתפצל למספר צינורות קטנים יותר המביאים את האוויר לתוך כל צילינדר. הסתעפות הצינורות – היא סעפת יניקת האוויר (נדבר עליה בפירוט יתר בפרק הדן במנועי פסיעה משתנה). האוויר נשאב לתוך חלל הצילינדר ע"י פעולת הבוכנה. במהלכו לאורך הסעפת הוא עובר בנקודה שיש בה הצרה (ונטורי) ומולה חריר הדלק של המאייד. עפ"י חוק ברנולי נוצר תת לחץ בנקודה הצרה והוא שואב לתוך זרם האוויר את הדלק ויוצר את תערובת ההצתה

מתנע - מנוע חשמלי המופעל ע"י מפתח ההצתה, מחובר ישירות על גלגל התנופה. תפקידו לסובב את המנוע סיבובים ראשוניים עד שהמגנטו מייצר זרם עצמאי, תהליך הבעירה הפנימית הותחל והמנוע יכול לעבוד. מנוע המתנע חייב להיות חזק מאד. הוא צריך להתגבר על כוחות החיכוך הפנימיים של כל חלקי המנוע (השמן קר, וטרם זורם במערכת), על לחץ הדחיסה של הבוכנות בצילינדרים, על האנרגיה הדרושה לפתוח ולסגור את השסתומים, כל שאר מערכות המשנה התלויות במנוע (משאבת שמן, אלטרנטור וכו)

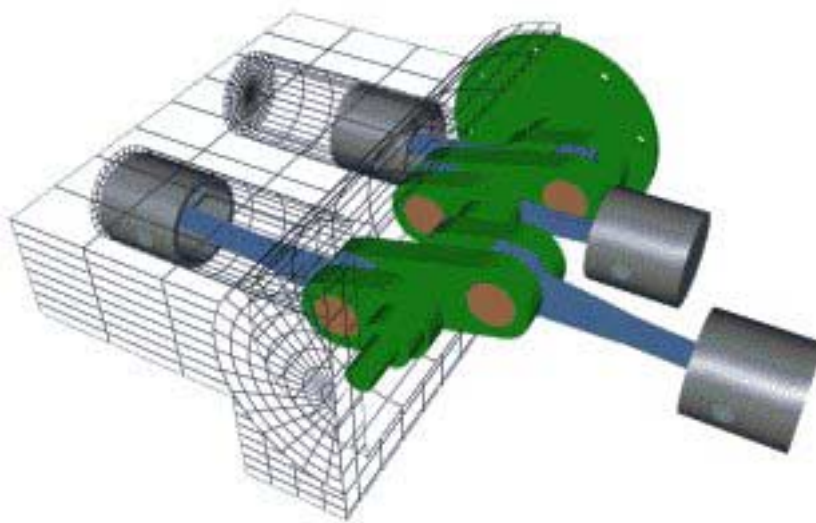
מערכת הדלק - מערכת הדלק מזרימה דלק ממיכלי המטוס (בעיקר בכנפיים) ומערבבת אותו עם האוויר. זרימת הדלק יכולה להיות גרביטציונית (כמו בססנה 152. 172) או באמצעות משאבה. הדלק נכנס ל מאייד (קרבורטור) לתוך תא התערובת, אשר שסתום מצוף שומר אותו תמיד מלא. מתוך המאייד הוא נשאב ע"י תת לחץ שנוצר באוויר הזורם בסעפת היניקה, ומשם למנוע. כל מנוע מתוכנן לעבוד בתערובת בעלת יחס קבוע הנותנת שריפת דלק והפקת אנרגיה אופטימלית. במטוס אנו יכולים לשלוט על שינוי יחס התערובת ממצב עשיר (רווי דלק, אחוז הדלק גבוה יותר, ועד לעניה- אחוז הדלק נמוך) נזכור כי יחד עם הטיפול לגובה, צפיפות האוויר יורדת וכדי לשמור על יחס התערובת הדרוש למנוע אנו "מדללים" – מפחיתים את כמות הדלק במאייד, כך שהתערובת תכיל אחוז זהה של דלק בכל מצב של אוויר.

מערכת הפליטה - לאחר השאיפה בתוך הצילינדר יש לשחרר את הגזים השרופים ואת שאריות התערובת שלא נשרפו. בעת תהליך הפעולה, דוחפת הבוכנה את –דרך השסתום המתאים – את גזי הפסולת ומזרימה אותם לסעפת הפליטה. בקצה הסעפת מחובר עמם ("אגוז" בשפת העם.) אשר תפקידו להנחית את הרעש ולהוציא את האוויר החוצה. ללא העמם, היינו שומעים ישירות את רעש אלפי הפיצוצים הקטנים המתרחשים בכל דקה בגלילים.

סעפות פליטה :



מערכת החשמל - מערכת החשמל (של המנוע בלבד) כוללת אלטרנטור ומצבר. האלטרנטור מחובר אל המנוע ע"י רצועת גומי, וכמו המגנטו, הוא מייצר זרם חשמלי. זרם זה מיועד לטעון כל הזמן את המצבר. המצבר הוא ספק הכח החשמלי לכל מערכות המטוס- מנוע, אוויוניקה, תאורה, גלגלים וכו'. ראינו כבר קודם כי המנוע יכול לפעול ללא כל מקור חשמל חיצוני, אולם כל שאר המערכות מקבלות את הכח מהמצבר. אם לא יטען ע"י האלטרנטור- ילך ויתרוקן. מצבר חזק חשוב גם בהתנעה הראשונית משום שהמתנע זקוק לכח חשמלי רב בהפעלתו.



מבנה סכמתי של מנוע

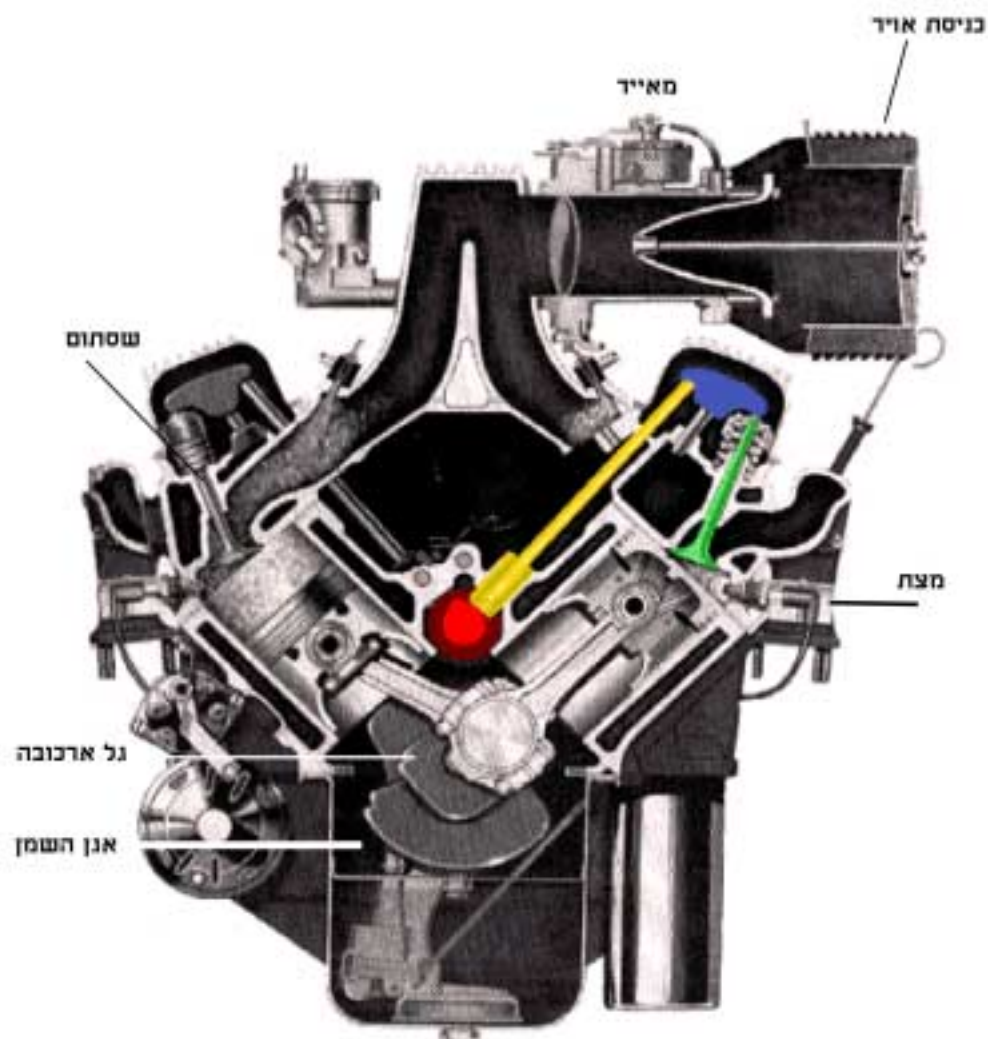
מחזור ארבע פעימות

לאחר שהכרנו את חלקי המנוע, נוכל לגשת להסבר על מחזור ארבע הפעימות ואיך עובד כל צילינדר על חלקיו. אנחנו נדבר על צילינדר אחד, אבל נזכור שבמנוע תעופתי יש יותר מאחד (חוץ מטיסנים...) הנפוץ ביותר הוא מנוע בן ארבע בוכנות, (ססנה 152,172 וכו'). 6 בוכנות (ססנה 182) ויותר. המבנה הוא תמיד זוגי – מספר זהה של בוכנות מכל צד של גל הארכובה, ובמבנה הקרוי "בוקסר" – הצילינדרים מורכבים אופקית, בניגוד למנועי מכוניות שם רוב המנועים בעלי צילינדרים אנכיים, או מנועים תעופתיים ישנים הנקראים "רדיאליים" מאחר והם מרובי בוכנות, והגלילים מסודרים בעיגול סביב הגל המרכזי. למה ארבע, 6 או מספר גדול של בוכנות ולא אחת גדולה? (פחות חלקים נעים, פחות חיכוך וכו'...) – נענה על כך בסוף ההסבר.

מחזור ההצתה :

1. הבוכנה נמצאת בנקודה העליונה בתוך הגליל (נמ"ע- נקודה מתה עליונה), שסתום השאיפה נפתח, הבוכנה נעה כלפי מטה – **פעימת היניקה** – וכמו משאבת אופניים, שואבת פנימה את הדלק והאוויר שנמצאים בסעפת היניקה.
2. הבוכנה נעה שוב למעלה, בתנועתה זו דוחסת את התערובת שבחלל הגליל – **פעימת הדחיסה** – הלחץ הגבוה גורם לתפיצוץ להיות הרבה יותר יעיל.
3. כשהבוכנה מגיעה לנמ"ע, **המצת** פולט ניצוץ חשמלי המצית את הדלק. הדלק מתפוצץ בבת אחת וע"י כך דוחף את הבוכנה בחזרה למטה – **פעימת הפיצוץ**.
4. כשהבוכנה מגיעה עד לנקודה הרחוקה ביותר במהלכה – נקודה מתה תחתונה (נמ"ת), נפתח שסתום הפליטה, ועודפי הגז יוצאים. **פעימת הפליטה** – כשהבוכנה תשוב ותעלה מעלה היא תוסיף ותדחוף את כל שאריות הפיצוץ דרך סעפת הפליטה, העצם וצינור הפליטה.

עכשיו המנוע מוכן למחזור הבא. נזכור גם שהתהליך מתבצע בו זמנית בכל הגלילים של המנוע. הגלילים מכוונים כך שבכל פעימה, אחד מהם לפחות נמצא בפעימת הפיצוץ וע"י כך מובטחת תנועה רצופה וחלקה יותר. (למרות שגם אם יש בוכנה אחת, גלגל התנופה הוא האחראי העיקרי לשמירת המומנטום)



נזכיר כאן עוד מושגים חשובים שיהיו יותר ברורים בשלב זה:

טבעות הבוכנה – (רינגים) – סביב כל בוכנה יש שתיים או יותר טבעות הקפיות (נראו כמו צמיד המקיף את הבוכנה). הטבעות עשויות בדיוק בקוטר הפנימי של הגליל, ומשמשות כאטם המונע בריחת לחץ או תערובת מתוך תא הפיצוץ אל אגן השמן. וכן מונעות חדירת שמן מן האגן לתוך הצילינדר. כשאומרים "המנוע אוכל שמן" זה בגלל פגם בטבעות האיטום שבעטיו חודר שמן אל תוך תא הפיצוץ (חלקו נשרף במחזור הפיצוץ ומופיע כעשן שחור בצינור הפליטה) לא ניתן לייצר את כל הבוכנה בקוטר הגליל, כי אז החיכוך יהיה גבוה והבלאי מואץ, ולכן משתמשים בטבעות.

תא הבעירה (תא הפיצוץ) - זהו החלק שבו הדחיסה והפיצוץ או הבעירה מתרחשים. כשהבוכנה נעה למעלה ולמטה בתוך הגליל, נפחו של תא זה משתנה. יש לו נפח מקסימלי (כשהבוכנה בנמ"ת) ונפח מינימלי (כשהבוכנה בנמ"ע) ההפרש בין ערכים אלה הוא "**נפח המנוע**". נמדד בליטרים או בסמ"ק. למשל, מנוע בן ארבע בוכנות שכל תא בעירה הוא בנפח חצי ליטר הינו מנוע בנפח שני ליטרים. באופן כללי (אבל לא מדעי) הנפח מייצג גם את הספק המנוע. ככלל אצבע ניתן להגיד שמנוע בנפח 4 ליטרים הוא בעל הספק גבוה פי שתיים ממנוע בן 2 ליטרים.

מה כבר יכול לקרות?

עכשיו, משהכרנו את המנוע, אנחנו יכולים לנתח "מה יכול לקרות". הפחד הגדול שלנו הוא קט מנוע... מנוע שבבת אחת מפסיק את פעולתו בזמן טיסה. בעקרון, יש שלש בעיות ראשיות שמהן צריך להזהר – תערובת פגומה איבוד לחץ דחיסה חוסר ניצוץ חשמלי. מעבר לכך יש עוד אלפי תקלות מינוריות שיכולות לגרום לבעיות, אבל "שלושת הגדולות" הן הפחד העיקרי.

תערובת פגומה:

התקלה הפשוטה ביותר בתערובת היא סתם חוסר דלק. נגמר לך הדלק במטוס- המנוע מקבל תערובת שהיא אויר בלבד.. "מאורי בלבד אי אפשר לחיות".. פילטר אויר או פתח יניקה חסום – המנוע מקבל דלק בלבד ללא אויר – בלי חמצן אין בעירה... מערכת הדלק מספקת יותר מדי או מעט מדי דלק – התערובת חורגת מהיחס המאפשר למנוע לפעול. התקרחות או קפיאה של המאייד- הדלק מתפשט במאייד ועקב כך מקרר את הסיבה, הוסיפו לכך ירידת טמפרטורה עקב טיסה בגובה או במזג אויר קר- יכולה להיווצר שכבת קרח (מאדי המיים שבתערובת) הסותמת את המאייד ועוצרת את אספקת הדלק למנוע. זיהום בדלק – הגורם לסתימה או להפרעה בבעירה.

איבוד לחץ דחיסה:

טבעות הבוכנה פגומות, ישנות או שבורות – דלק, אויר או תערובת "בורחים" לחלל המנוע. שסתומים שאינם אוטמים כנדרש- מאפשרים ללחץ "לברוח" החוצה. חור או סדק בגוף הגליל. ה"חור" הנפוץ ביותר הוא בראש הצילינדר – המקום בו המכסה של הגליל שבו מותקנים השסתומים והמצת, מתחבר גוף הגליל עצמו. החיבור ביניהם נעשה ע"י ברגים, והאטימה ע"י אטם גומי. כשהאטם מתבלה (אטם ראש בשפת העם) נוצרים בו חורים שדרכם בורח הלחץ.

חוסר ניצוץ חשמלי –

מצת פגום, חוט הצתה קרוע או פגום – לא יוצר ניצוץ. בידוד קרוע – החוט מקצר את הזרם החשמלי ישירות לגוף ולא נוצר מתח ליצירת ניצוץ מגנטו פגום או מקצר הצתה מוקדמת או מאוחרת מדי – אם מערכת ההצתה שולחת ניצוץ לא בדיוק בזמן המתאים, התערובת לא תתפוצץ ברגע שצריך וכל המנוע "מזייף".

שלוש בעיות אלה, מחייבות טיפול חירום, בד"כ נ"א....
בעיות אחרות שמתרחשות במנוע, בדרך כלל מאפשרות מספיק התראה מראש לסיים את הטיסה בצורה בטוחה.

פתרונות לבעיות הראשיות : (דברים שבשילטת הטיס לפני ובזמן הטיסה)

בעיות דלק - לוודא כמות מספיקה של דלק בהתאם לאופי הטיסה ויעדה.
לנקז מים מהמיכלים ומנקודת הפיצול התחתונה.
לבדוק את פתח יניקת האויר לפני הטיסה
להשתמש בחימום המאייד בעת הצורך

איבוד לחץ דחיסה :

לפקח על המנוע, לשים לב לרעשים חריגים, לסטיות חום בשעונים וכו'. בעיה שהיתה קיימת לפני הטיסה תתגלה בדרך כלל בזמן התנעה או בעת בדיקות לפני המראה.
תקלות תוך כדי טיסה – תשומת לב לעלית חום מנוע, לירידת סלד, לרעשים חריגים תעזור לאתר תקלה לפני שהיא הופכת קרדינלית.

חוסר ניצוץ חשמלי –

כאן בא לעזרתנו המנוע – יש לנו שתי מערכות מגנטו, ושני מצתים בכל בוכנה. המנוע יכול לאפשר לנו לסיים נחיתה בטוחה גם עם מגנטו אחד תקין, או מצת אחד תקין בכל בוכנה.