

המדריך (הכמעט) שלם לבניית מטוסים ע"י חובב בישראל

נערך ע"י אריאל אריאלי

השתתפו בכתיבה:

חיים רוזה

רואי בן ענת



מהדורה ראשונה
ינואר 2021

הקדשה:

אני מבקש להקדיש ספר זה ל:
שר התחבורה לשעבר, מר ישראל כ"ץ
ראש רת"א, מר יואל פלדשו
ומר יעקב קדוש מאגף כושר אווירי ברת"א,
שעמלו, טרחו, לא חסכו בכל מאמץ ועשו לילות כימים
לפיתוח, קידום והאדרת התעופה
האזרחית בכלל ובניית מטוסים ע"י חובב בפרט,

"ואמר מי יתן לי אבר, פיונה: אָעוּפָה וְאַשְׁפָּנָה. הִנֵּה, אֶרְחִיק נָדָד; - תהילים נ"ה ז'
"השחף המגביה עוף, הוא זה המרחיק ראות" - "השחף" ריצ'ארד באך

דבר העורך

עוד משחר ההיסטוריה, שאף האדם לפרוש כנפיים ולעוף. הטיסה באוויר מוסיפה לאדם את המימד השלישי לתנועתו. וכמו שהשחף המגביה - מרחיק ראות, המגביה טוס פותח עולמות חדשים ונחשף לחוויה, שההולך על הקרקע לא יחוה לעולם.

העיסוק בתעופה היה נחשב תמיד, לעיסוק יקר, השמור רק לבעלי יכולת כלכלית. אבל ישנה אפשרות נוספת השמורה לבעלי רצון עז, כושר התמדה ונכונות ללמוד - בניית מטוס במו ידיך! ספר זה, המונח לפניך, הוא פרי ניסיון נצבר של עשרות שנים של שלושה אנשים, שכל אחד בתחומו, חווה את חווית הבנייה העצמית של מטוסו וגם זכה לטוס בו!

רואי בן ענת - בניית מטוס מתוכניות, חלקים רבים מעץ וציפוי בד - DR-107

חיים רווה - בניית מטוס מחומרים מרוכבים - Lancair 360, בניית מטוס ממתכת - RV8A וטיסות ניסוי ואריאל אריאלי - בניית מטוס קיט ממתכת - RV8A (וגם עריכת ספר זה).

ומי יכתוב את הפרק על מטוסים עשויים חומרים מרוכבים? **נדרש מתנדב.....**

תודה רבה והרבה הערכה לכל אחד מהשותפים לכתיבת הספר ולתרומה שלו לפרויקט. ותודה מיוחדת לטל ריכרט, שעשה הגהה לספר והערותיו יבורכו!
(פרטים נוספים על כל אחד מהכותבים, יובאו בסופו).

הספר מחולק לחלקים בהתאם לסוג הטכנולוגיה המאפיינת את המטוס - עץ/תוכניות ומתכת/קיט. בתחילת כל חלק, יובא פרק כללי ובו יבוא הסבר כללי על הטכנולוגיה, חומרים, אביזרים, כלים וטכניקות עבודה. פרק אחרון בספר יהיה - טיסות המבחן, ההכנות הניירת הנדרשת וכללי בטיחות רלוונטיים.

כל נושא הניירת מול רת"א, יובא בקיצור נמרץ וזאת משום שנושא התקינה והחקיקה בארץ, בתחום בניית מטוסים בידי חובב, לקוי וישנה בעיה של "פרשנות מזדמנת ואקראית" של הפקידים לתקנות הרלוונטיות. נעשה ניסיון לפשט את ההסברים, ככל הניתן, באופן שכל אחד יוכל להבין. השתדלנו להכניס צילומים, איורים, סכמות ושרטוטים, רבים ככל הניתן, על מנת להמחיש את הטקסטים ודברי ההסבר. כמו כן, ישנו חלק על מנוע המטוס (המשותף לכל טכנולוגיות הבנייה) - הסברים כלליים, כללי התקנה נכונים ותחזוקה.

נושא החשמל והאוויוניקה לא הורחב בספר זה ולהשלמה והרחבת הידע בתחומים אלו, אני מבקש להפנות את הקורא לספר "חשמל ואוויוניקה במטוסים בנויים ע"י חובב" שנכתב על ידי העורך, בעבר, וניתן להורידו מהאתר שלי בכתובת: www.arielaviation.022.co.il (יש לגלול, עד שמגיעים לכותרת ואז ללחוץ עליה)

ראוי להסב את תשומת ליבו של הקורא לעבודה הרבה שהושקעה בכתיבת הספר ולמאמצים הרבים שנעשו בהסברים תוך שימת לב רבה לדיוק. כמובן, שאני יכול לטעות פה ושם ולכן אשמח לקבל הערות, הארות, השלמות ותיקונים, אשר ייבדקו ואם יימצאו מתאימים, יוכנסו למהדורה הבאה של הספר. ושוב תודה לכל הכותבים - אריאל אריאלי - עורך הספר.



מ"פחים" אלו, המטוס נבנה המטוס Van's RV7!

בכל העולם המערבי, יכול אדם לבנות מטוס, כתחביב, לשימושו האישי. רוב מדינות העולם המערבי, אשר בהן קיימת אפשרות כזו, מבססות את החוקים והתקנות שלהן, הנוגעים בנושא בניית מטוס ע"י חובב, על החוק האמריקאי, כפי שמופיע ב-פ.א.ר.:

F.A.R § 21.191 Experimental certificates.

Experimental certificates are issued for the following purposes:

(g) Operating amateur-built aircraft. Operating an aircraft the major portion of which has been fabricated and assembled by persons who undertook the construction project solely for their own education or recreation.

ובישראל - מתוך תקנות הטייס (תיעוד כלי טייס וחלקיהם)

סימן ד': **תעודת כושר טיסה לשימוש ניסיוני**

84. תעודת כושר טיסה לשימוש ניסיוני תינתן למטרות כלהלן:

(7) הפעלת כלי טיס שנבנה על ידי חובב, כמשמעותו בתקנות רישום כלי הטיס: "בניה על ידי חובב" — ייצור או הרכבה של כלי טיס על ידי אדם או קבוצת בני-אדם למטרה שאינה עסקית, שלא על מנת לקבל ריווח ושלא למטרת ייצור שוטף אלא למטרת חינוך או הנאה.

כמעט תרגום מילולי, אחד לאחד(!)

והיישום בפועל ????

תוכן העניינים

מס' עמוד	נושא :
7	חלק ראשון - מטוס בנוי מתכת
7	<u>פרק א - מידע טכני כללי</u>
7	<u>1. שרטוטים</u>
8	<u>2. אלומיניום</u>
10	<u>3. פלדות</u>
11	<u>4. ברגים</u>
14	<u>5. אומים</u>
15	<u>6. דסקיות</u>
18	<u>7. הידוק ברגים לטורק נכון</u>
19	<u>8. סימון נעילת ברגים</u>
20	<u>9. מסמרות (ניטים)</u>
23	<u>10. "שרברבות" - צנרת במטוסים</u>
28	<u>פרק ב - שיקולים לבחירת סוג טכנולוגיה (מתכת), בחירת מקום עבודה וארגונו, התארגנות לרכישה וקליטת הקיט</u>
28	<u>1. בחירת הטכנולוגיה</u>
29	<u>2. בחירת מקום העבודה והכנתו</u>
31	<u>3. הכנת הניירת לרכישת המטוס</u>
31	<u>4. ציוד כללי וכלים "ציבוריים"</u>
34	<u>5. קליטת הקיט</u>
37	<u>6. "ספירת מלאי" - Inventory</u>
39	<u>פרק ג - התחלת הבנייה - אימון והתארגנות לעבודה על המטוס</u>
39	<u>1. אימון</u>
39	<u>2. פאנל אימון</u>
41	<u>3. חיבור מסמרות</u>
43	<u>5. הידוק המסמרות</u>
48	<u>5. כיפוף פחים</u>

מס' עמוד	נושא :
50	<u>פרק ד - תהליך הבניה - התחלת העבודה</u>
50	<u>1. זנב המטוס - Empennage</u>
56	<u>2. צביעה</u>
58	<u>3. מתקן הצביעה</u>
60	<u>4. קונוס הזנב</u>
62	<u>5. החלק המרכזי של המטוס</u>
65	<u>6. החלק הקדמי המטוס</u>
66	<u>7. פאנל המכשירים</u>
72	<u>8. קיר האש</u>
73	<u>7. תא המנוע</u>
75	<u>8. חופה וחלונות</u>
77	<u>פרק ה - המנוע</u>
77	<u>1. הקדמה</u>
77	<u>2. בחירת מנוע</u>
82	<u>3. התקנת המנוע</u>
91	<u>4. הרצת המנוע והתפעול הראשוני</u>
93	<u>5. תפעול שוטף ותחזוקה</u>
97	חלק שני - מטוס בנוי עץ ו/או תוכניות
97	<u>פרק א. – הקדמה</u>
97	<u>1. - כללי</u>
98	<u>פרק ב. – ההכנות</u>
98	<u>1. - בחירה והכנת הסדנא</u>
99	<u>2. - כלי העבודה</u>
102	<u>פרק ג. – התחלת העבודה</u>
102	<u>1. - קבלת קיט החלקים</u>
102	<u>2. - אסטרטגיית העבודה</u>
103	<u>3. - עבודה עם דבקים וחומרי מילוי (Filler)</u>
104	<u>4. - תכנון לפני ביצוע</u>
110	<u>5. - תהליך העבודה</u>

מס' עמוד	נושא :
112	6. - פירוק חלקים
113	7. - גימור והכנה לצבע
116	8. - ציפוי בדים וצביעתם
123	חלק שלישי - טיסות המבחן
123	<u>פרק א - מידע טכני כללי</u>
123	<u>1. - שלבי טיסות המבחן</u>
124	<u>פרק ב - ביצוע טיסות המבחן</u>
124	<u>1. - טיסות המבחן שלב א (Phase I) - בישראל</u>
128	<u>2. - בדיקת מכשירי לחץ (מד מהירות, מד גובה ומד שיעור נסיקה)</u>
131	<u>3. - הדרישות לטייס הניסוי</u>
133	<u>4. - מהלך ביצוע טיסות המבחן שלב א (Phase I)</u>
160	חלק רביעי - סיכום
161	<u>1. - כללי</u>
161	<u>2. על הכותבים</u>

חלק ראשון - מטוס בנוי מתכת

פרק א - מידע טכני כללי

פרק זה ייתן לבונה ידע כללי בנושאים טכניים הקשורים לבניית מטוס ממתכת. בהמשך הספר, ייתכן כי יוסברו שנית, אותם מושגים יסודיים, אשר מופיעים גם כאן. אבל, ידע לא מזיק ותמיד טוב להעשיר ולהעמיק את הידע, גם אם לא ניתן למצוא את התועלת המיידית.

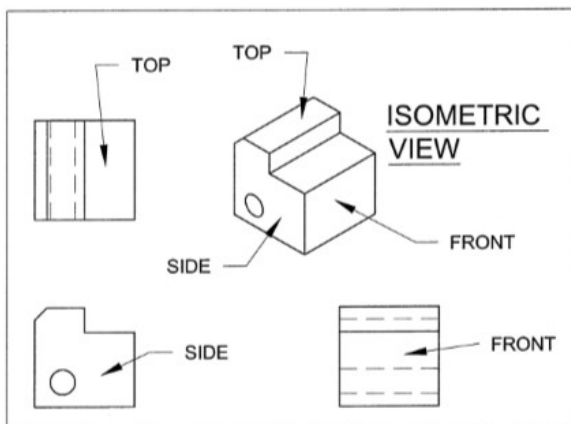
1. שרטוטים

אחד הנושאים היותר חשובים בכל מקצוע מכאני, הוא קריאה והבנת שרטוטים. מטרתו של השרטוט, לתת בצורה גרפית תיאור של פרט מכאני מסוים.

ישנם שני סוגי שרטוטים הנוגעים לענייננו: שרטוט שלושה מימדים ושרטוט "איזומטריה" - תיאור 3D של החלק המתואר.

אם ניקח גוף כלשהו, שיש לו נפח, ניתן להתבונן בו ממספר כיוונים: מלפנים, מלמעלה ומהצד. את מה שאנחנו רואים מכל כיוון, "נצייר" ע"ג דף הנייר.

דוגמא לשרטוט שלושה מימדים של גוף ניתנת בפירוט הבא:



מתוך הדוגמה, אפשר להבין איך "רואים את הגוף מכל אחד הכיוונים - TOP - "מבט על" כך הגוף נראה מלמעלה.

SIDE - "מבט צד" כך הגוף נראה מהצד.

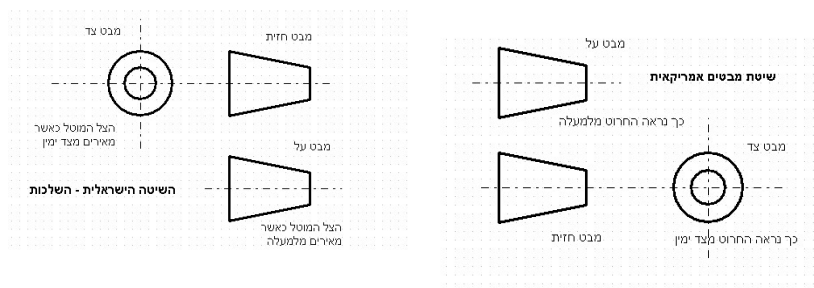
FRONT - "מבט חזית" - כך הגוף נראה מהחזית.

יש לשים לב כי כל אחד מהמבטים מתאר מה רואים מאותו הכיוון.

איור א.1 - הקשר בין גוף תלת מימדי למבטים

בשיטת השרטוט הישראלית, הגישה שונה - מאירים את הגוף מלמעלה ואת "הצל" שלו מציירים למטה. מאירים את הגוף מהחזית ואת "הצל" שלו מניחים במרכז.

מאירים את הגוף מצד שמאל ואת "הצל" שלו שמים בצד ימין.



איור א.2 - "מבטים" בשיטה האמריקאית ו"השלכות" (היטלים) בשיטה הישראלית

מאחר ורוב הקיטים מגיעים מארה"ב, שם נקוטה שיטת "המבטים" תועדף שיטת המבטים ע"פ שיטת "ההיטלים" - השיטה הישראלית.

כאמור, השרטוט מתאר בצורה דו ממדית גוף תלת-מימדי. כפי שניתן להבין מאיור א.1, כל אחד המבטים מראה "איך נראה הגוף מכיוון מסוים". אנו יכולים להבחין כי בכל מפגש של שני משטחים ישנה "הפרדה" בצורה של "קו-גוף". קו גוף הוא קו רציף עבה, הנמשך לכל אורך גבול המשטחים.

ישנם מפגשי משטחים, שאינם נראים מהכיוון שממנו "מסתכלים" על הגוף. מפגש זה יוצר "קו נסתר". קו נסתר הוא קו מקוטע, בערך שליש העובי של קו גוף וגם הוא נמשך לכל אורך המפגש בין המשטחים המוסתרים. אם חלק מהמפגש בין המשטחים יהיה נסתר וחלק נראה, הקטע הנסתר ישורטט כקו נסתר והחלק הגלוי כקו גוף.

ישנם גופים אשר הם "סימטריים" משני צידיו של "קו אמצע" דמיוני. קו זה נקרא "קו הסימטריה והוא משורטט כקו דק, מקטעים של כ-15 מילימטר, מרווח ש 3 עד 5 מ"מ, נקודה, מרווח ושוב קו באורך 15 מ"מ וחוזר חלילה (ראה את קו הסימטריה בגופים באיור א.2). קו סימטריה, גם הוא יהיה בעובי של בערך שליש מקו גוף.

כאשר יש חור עגול, משרטטים במרכז המעגל, מפגש של שני קווי סימטריה, ניצבים זה לזה ומקום המפגש של שני הקווים יהיה מרכז החור.

2. אלומיניום

החומר המרכיב ברובו את המטוסים עשויים מתכת, הוא אלומיניום. אלומיניום היא מתכת קלה בעלת צבע מתכתי אפור-לבנבן. האלומיניום הוא היסוד מס' 13 בטבלת היסודות (טבלת מנדלייב), הסימול שלו Al ומשקלו האטומי 26.981538 (כלומר, כבד פי 27 ממימן, היסוד הראשון שבטבלה, שמשקלו האטומי 1.00784).

אלומיניום טהור הוא חומר שמאד לא נוח לעבוד איתו ותכונותיו הפיזיות מאד מוגבלות. בכדי לשפר את התכונות הפיזיקאליות והמכאניות של האלומיניום, מוסיפים לו חומרים שונים בהרכבים מוגדרים ואז מתקבלת "סגסוגת אלומיניום", אשר תכונותיה מוגדרות על פי מרכיב התוספות ביחס לאלומיניום המקורי.

Material	Alloy elements	Properties
Al 2017, Al 2024 <u>Al 2024</u> <u>Al 2024</u>	Copper, Magnesium	Good machining, high strength, high fatigue strength, corrosion resistance
<u>Al 6xxx</u> Al 6013, Al 6050, Al 7050, Al 7079	Magnesium, Silicon	High strength, good formability and weldability, corrosion resistance
<u>Al 7075</u> <u>Al 7075</u> <u>7055-T77</u> <u>7055-T77</u> <u>Al 7xxx</u>	Zinc, Magnesium, Copper	Highest strength, high toughness, good formability
8090-T86, 2055-T8, 2199-T8E80 2090-T83, 2090-T62 2090-T83 <u>8090-T651, 2090-T651</u>	Lithium, Copper, Magnesium	Low density, excellent fatigue and toughness, crack growth resistance

טבלה א.1 סגסוגות אלומיניום ותכונותיהן

בכדי להוסיף חוזק נוסף לאלומיניום (קושי, עמידה במתיחה, התנגדות לכיפוף והתנגדות לגזירה), מעבדים את הסגסוגת בטיפול תרמי או מכאני.

טבלה א.2 מציגה את סוגי הטיפול הנוסף שמעבירים אלומיניום:

NON HEAT-TREATABLE ALLOYS		HEAT-TREATABLE ALLOYS	
Temper Designation	Definition	Temper Designation	Definition
-0	Annealed recrystallized (wrought products only) applies to softest temper of wrought products.	-0	Annealed recrystallized (wrought products only) applies to softest temper of wrought products.
-H1	Strain-hardened only. Applies to products which are strain-hardened to obtain the desired strength without supplementary thermal treatment.	-T1	Cooled from an elevated temperature shaping process (such as extrusion or casting) and naturally aged to a substantially stable condition.
-H12	Strain-hardened one-quarter-hard temper.	-T2	Annealed (castings only).
-H14	Strain-hardened half-hard temper.	-T3	Solution heat-treated and cold-worked by the flattening or straightening operation.
-H16	Strain-hardened three-quarters-hard temper.	-T36	Solution heat-treated and cold-worked by reduction of 6 percent
-H18	Strain-hardened full-hard temper.	-T4	Solution heat-treated.
-H2	Strain-hardened and then partially annealed. Applies to products which are strain-hardened more than the desired final amount and then reduced in strength to the desired level by partial annealing.	-T42	Solution heat-treated by the user regardless of prior temper (applicable only to 2014 and 2024 alloys).
-H22	Strain-hardened and partially annealed to one-quarter-hard temper.	-T5	Artificially aged only (castings only).

-H24	Strain-hardened and partially annealed to half-hard temper.	-T6	Solution heat-treated and artificially aged.
-H26	Strain-hardened and partially annealed to three-quarters-hard temper.	-T62	Solution heat-treated and aged by user regardless of prior temper (applicable only to 2014 and 2024 alloys).
-H28	Strain-hardened and partially annealed to full-hard temper.	-T351, -T451, -T3510, -T3511, -T4510, -T4511.	Solution heat-treated and stress relieved by stretching to produce a permanent set of 1 to 3 percent, depending on the product.
-H3	Strain-hardened and then stabilized. Applies to products which are strain-hardened and then stabilized by a low temperature heating to slightly lower their strength and increase ductility.	-T651, -T851, -T6510, -T8510, -T6511, -T8511.	Solution heat-treated, stress relieved by stretching to produce a permanent set of 1 to 3 percent, and artificially aged.
-H32	Strain-hardened and then stabilized. Final temper is one-quarter hard.	-T652	Solution heat-treated, compressed to produce a permanent set and then artificially aged.
-H34	Strain-hardened and then stabilized. Final temper is one-half hard.	-T8	Solution heat-treated, cold-worked and then artificially aged.
-H36	Strain-hardened and then stabilized. Final temper is three-quarters hard.	-T/4	Solution heat-treated, cold-worked by the flattening or straightening operation, and then artificially aged.

טבלה א.2 - טיפול נוסף לאלומיניום לשיפור התכונות המכאניות שלו

במטוסים שלנו, נמצא שימוש רב באלומיניום מסוג T4-2024.

3. פלדות

ישנם חלקים במטוס, הדורשים חוזק רב (מנשא המנוע, כני הנסע, צירים וכד') חלקים אלו ייוצרו מפלדה. הפלדה היא סגסוגת של ברזל עם תוספים שונים, המקנים לפלדה את תכונותיה המכאניות והפיזיות. ברזל היא מתכת מתמגנטת בעלת צבע מתכתי אפור. הברזל הוא היסוד מס' 26 בטבלת היסודות (מנדלייב), הסימול שלו Fe ומשקלו האטומי 55.845.

ברזל טהור הוא חומר שמאד לא נוח לעבוד איתו, הוא מתחמץ בקלות (חלודה) ותכונותיו הפיזיות מאד מוגבלות. בכדי לשפר את התכונות הפיזיקאליות והמכאניות של הברזל, מוסיפים לו חומרים שונים באחוזים

מוגדרים ואז מתקבלת "סגסוגת ברזל" ובעצם, "פלדה".

אחת הסגסוגות של הברזל, היא "פלדת אל חלד" - נירוסטה אשר תכונתה הבולטת - עמידות בפני חמצון.

טבלה א.3 - סגסוגות פלדה ומרכיביהן

סוגי פלדות עפ"י החומרים המוספים להם. הספרה הראשונה במספר של הסגסוגת, מציין את סוג התוספת העיקרית שלו. למשל, הספרה "1" מציינת פחמן. הספרה "4" מציינת כרום, הספרה "4" מציינת תוספת ניקל וכו'. הספרה השנייה, מציינת את האחוז של התוספת העיקרית בסגסוגת. שתי הספרות האחרונות, מציינות את אחוז הפחמן בסגסוגת.

TYPES OF STEELS	NUMERALS AND DIGITS
Plain carbon steel	10XX
Carbon steel with additional sulfur for easy machining.	11XX
Carbon steel with about 1.75% manganese	13XX
.25% molybdenum.	40XX
1% chromium, .25% molybdenum	41XX
2% nickel, 1% chromium, .25% molybdenum	43XX
1.7% nickel, .2% molybdenum	46XX
3.5% nickel, .25% molybdenum	48XX
1% chromium steels	51XX
1% chromium, 1.00% carbon	51XXX
1.5% chromium steels	52XX
1.5% chromium, 1.00% carbon	52XXX
1% chromium steel with .15% vanadium	61XX
.5% chromium, .5% nickel, .20% molybdenum	86XX
.5% chromium, .5% nickel, .25% molybdenum	87XX
2% silicon steels, .85% manganese	92XX

ישנם, כמובן, מתכות וחומרים אחרים המשמשים בבניית מטוסי מתכת. רובם הגדול - חלקים "קוסמטיים" (כאלו שאינם מבניים) ויש להם התייחסות גם בחלקים האחרים של מדריך זה.

class of material	Material	density (kg/m3)	y (Mpa)	Elastic Modulus (Gpa)	Elongation %	Temperature limite oC	Cost \$/lb
aluminum (reference)	2024 T3	2800	510	72.5	10	280	3
aluminum	7075 T6	2800	586	71.7	4	250	3
maraging steel	C-250	7920	1620	183	5	1000	5
steel	4340	7830	1900	170	11	1100	1
titanium	8Al-1Mo-1V	4370	1000	121	8	800	15
wood	spruce	560	67.5	14.5	0	200	2
composites	glass-epoxi	1960	730	44.6	0	350	2.9
composites	graphite-epoxi	1540	1080	312	0	350	32
composites	Boron-Aluminum	2800	840	241	0	600	320

טבלה א. 4 - השוואת תכונות של חומרים שונים המשמשים בבניית מטוסים

4. ברגים

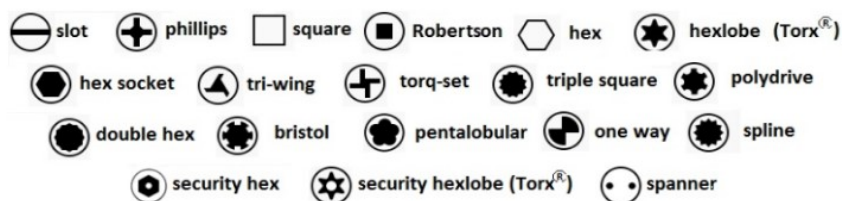
שני סוגי ברגים משמשים, בעיקר, בתעופה: ברגים בעלי ראש למברג וברגים בעלי ראש למפתח (לרוב, משושים).

הברגים בעלי ראש למברג נקראים **Screws** ואלו בעלי הראש המשושה, לשימוש במפתח, נקראים **Bolts**. "ברגי המברג" משמשים בעיקר להצמדת כיסויים ופחים למבנה של המטוס (למשל, פתחי ביקורת וכיסויי חומרים מרוכבים וכד').



איור א. 3 - ברגי מברג וחלקיהם

לסגירה ופתיחת ברגי המברג משתמשים במברגים מסוגים שונים. באיור הבא ניתן לראות את סוגי ראשי הברגים -



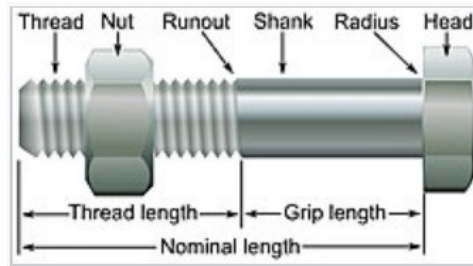
איור א. 4 - סוגי ראשי ברגי מברג

קיימים מספר רב של סוגים של ברגי מברג. הטבלה הבאה מביאה אחדים מהם -

תמונה	מספר הבורג
	AN526 MACHINE SCREWS
	MS24693 MACHINE SCREWS (AN507)
	MS24694 STRUCTURAL MACHINE SCREWS (FORMERLY AN509)
	MS35206 PAN HEAD PHILLIPS MACHINE SCREWS
	AN525 WASHER HEAD SCREWS
	MS27039 / MS27039C SCREWS
	MS51957 / MS51958 STAINLESS MACHINE SCREWS
	NAS1096 HEX HEAD SCREWS

טבלה א.5 - סוגי "ברגי מברג"

"ברגי מפתח" - BOLT, הם הברגים הנפוצים ביותר לחיבור חלקי מבנה של המטוס. ברגים אלו עשויים פלדה והם מצופים קדמיום (Cadmium) להגנה (מסוימת) מפני חלודה. לבורג מספר "חלקים" ובאיור א.5 נגדיר אותם : -



איור א.5 - חלקי בורג מפתח

ברגי המפתח הנפוצים הם ברגי **AN (Air Force - Navy)** והם באים במגוון מאד רחב של מידות (קטרים ואורכים). יש לשים לב, כי ההברגה אינה מכסה את כל אורך הגזע (Shank) של הבורג (טעות של בונים רבים, שהם משתמשים בברגים סטנדרטיים במקום ברגי AN והדבר מסוכן מאד ולא מומלץ!) גזע, שההברגה לכל אורכו, חלש משמעותית מגזע של בורג AN.

לבורג Bolt יש מספר המגדיר את עוביו (קוטר הגזע) ואת אורכו (אורך הגזע). עובי הגזע ניתן במכפלות של 1/16 של אינץ' ואורכו, המכפלות של 1/8 של אינץ'. על פי זה, ניתן להלן שתי דוגמאות:

בורג AN3-4, הוא בורג שעובי הגזע שלו 3/16 אינץ' והאורך שלו 4/8 אינץ' (שזה אומר, בעצם, 1/2 אינץ').

בורג AN6-12 הוא בורג שעובי הגזע שלו 6/16, שזה, למעשה, 3/8 אינץ' ואורכו 1 אינץ' ועוד 2/8 או 1.25 אינץ'.

לברגים אלו ראש משושה ובטבלה הבאה ניתן הקשר בין מידת המפתח הנדרש לקוטר הבורג - כדאי לציין כי ישנם מכונאים (רבים מהם יוצאי חיל האוויר) אשר מדברים על ברגים לא על פי המקובל בתקן AN (עובי הגזע) אלא, עפ"י גודל המפתח המשמש לסגירתם.

בורג BOLT	קוטר הגזע במ"מ	מפתח לראש הבורג
AN3-	4.76	3/8"
AN4-	6.35	7/16"
AN5-	7.94	1/2"
AN6-	9.53	9/16"
AN7-	11.11	5/8"

טבלה א.6 - הקשר שבין קוטר הבורג למפתח הנדרש

לעיתים, כאשר מחברים חלקים מסתובבים באמצעות ברגים, יש צורך לאבטח את הבורג ואת האום שלא ישתחררו עקב סיבוב החלקים. לצורך כך, משתמשים באומי "טירה" (Castle Nut - נדבר עליהם בהמשך), להם ישנם חריצים בצידם האחד. במקרים אלו משתמשים בבורג, שבקצה הגזע שלו יש חור העובר לכל קוטרו.

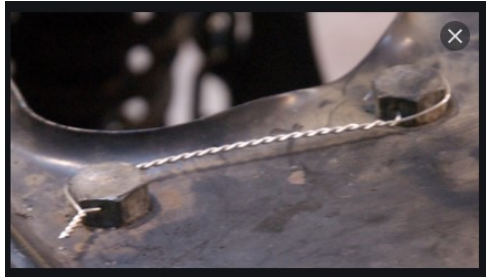
כאשר מהדקים את האום, מכוונים כך שחריצים של האום יהיו מול החור שבבורג ואז משחילים "פין פציל"



איור א.6 - השימוש בפין פציל

(Cotter Pin) דרך חריצי האום, דרך הבורג והחריץ בצידו השני של האום ואז מפצלים את הפין הפציל באופן שלא ישתחרר. פין זה מונע אפשרות של השתחררות האום מהבורג עקב סיבוב החלקים או רעידות.

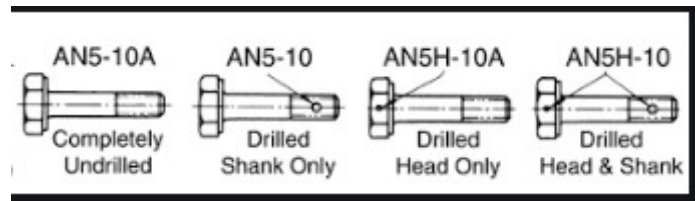
ישנם מקרים, שכאשר רוצים לחבר חלקים אחד לשני במקום שיש רעידות, צריך לאבטח את הבורג שלא ישתחרר עקב הרעידות, במיוחד במקומות קריטיים, כמו, למשל, חיבור חלק או אביזר למנוע המטוס. בסביבת המנוע קיימות רעידות חזקות העלולות לגרום להשתחררות הידוק הבורג. ע"מ למנוע את השתחררות הבורג, משתמשים בברגים שיש להם חור העובר מצד אחד של ראש הבורג לצידו השני. דרך חור זה, משחילים חוט אבטחה (בדרך כלל מנירוסטה) שוזרים את שני קצות החוט, אחד אל השני וקושרים למקום יציב או לבורג אחר. כיוון הקשירה הוא כזה שסיבוב הבורג לכיוון פתיחה יגרום למתיחת חוט האבטחה, מה, שכמובן, לא אפשרי.



איור א.7 - שימוש בחוט אבטחה למניעת השתחררות הברגים

ע"מ לציין את העובדה כי לבורג יש, או אין, חורים לאבטחה, מוסיפים למספר של הבורג את האותיות A ו-H.

כפי שאפשר לראות [מאיור א.8](#), בורג ללא חורי אבטחה, מספרו יהיה ANx-yA, בורג בעל חור אבטחה בקצה הגזע יהיה ללא האות A, ANx-y, בורג עם חור אבטחה בראשו יהיה ANxH-yA ובורג בעל שני חורי אבטחה יהיה ANxH-y



איור א.8 - ברגים בעלי חורי אבטחה

5. אומים

ישנם שלושה סוגי אומים נפוצים - אומים בעלי נעילה עצמית, אומים לאבטחת הברגות ואומי אבטחה מחורצים. אומי הנעילה העצמית נחלקים לשניים - אומי נעילה עצמית ניילון ("Nylloc" - Nylon Self Lock Nuts), שהם הנפוצים ביותר והסוג השני הם אומי נעילה מתכתיים (Steel **Flex-Top** Locknut)

SELF-LOCKING NUTS



Nylon Insert-Full Profile



AN365-A, MS20365-A, MS21044N#
AN365C-A, MS20365C-A, MS21044C#

Nylon Insert-Low Profile

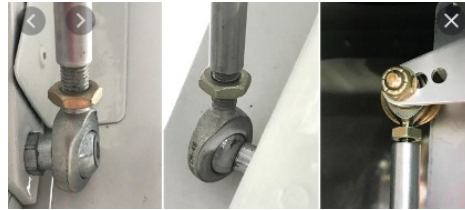


AN364-A, MS20364-A, MS21083N#
AN364C-A, MS20364C-A, MS21083C#

איור א.9 אומי נעילה עצמית. ניילון בצד ימין - דקים. במרכז - רגילים ובצד שמאל - פלדה גמישה

ישנם מקרים שיש צורך לכוון מרווחים באמצעות מוט הברגה. מדובר במוט הברגה המתברג לתוך חלק כלשהו ומצידו השני של המוט ישנו חלק אחר. באמצעות סיבוב המוט קובעים את המרחק בין שני החלקים. ע"מ

למנוע מצב של סיבוב עצמי של המוט ושינוי המרווח נדרוש, מבריגים על המוט אום אבטחה מסוג JAM NUT ומהדקים אותו לחלקים לתוכם מוברג מוט ההברגה. ההידוק של אומים אלו, מונע סיבוב, השתחררות המוט ושינוי המרווח הנדרש.



איור א.10 - אום נעילה Jam Nut והשימוש בו

Thread Size	Wd.	Ht.	Specifications Met
4-40	1/4"	5/32"	MS21045-04
6-32	5/16"	3/16"	MS21045-06
8-32	11/32"	1/4"	MS21045-08
10-32	3/8"	1/4"	MS21045-3
1/4"-28	7/16"	5/16"	MS21045-4
5/16"-24	1/2"	23/64"	MS21045-5
3/8"-24	9/16"	15/32"	MS21045-6
7/16"-20	11/16"	15/32"	MS21045-7
1/2"-20	3/4"	39/64"	MS21045-8
9/16"-18	7/8"	11/16"	MS21045-9
5/8"-18	15/16"	49/64"	MS21045-10
3/4"-16	1 1/16"	57/64"	MS21045-12

טבלה א.7 - אומי נעילה עצמית מתכת

כאשר נדרשת אבטחה מפני השתחררות האום מהבורג, בעיקר במקומות, בהם מחברים חלקים מסתובבים, משתמשים באום טירה, שלו יש, בצד החיצוני לבורג, מעין "שיניים" המזכירות צריח של טירה. משתמשים בבורג, אשר בקצה הגזע שלו ישנו חור החודר לכל קוטר הגזע. כאשר סוגרים את האום, מביאים את האום למצב שבו רווח בין שיניים נמצא מול החור ואז משחילים פין מפציל דרך חריצי האום, החור בבורג והחריץ בצד השני של האום. אז מכופפים את קצות הפין הפציל סביב הבורג והאום באופן שימנע מהפין לצאת. הפין מונע את האפשרות כי האום ישתחרר מהבורג, כל עוד הפין תקוע. ראה איור א.6.

6. דסקיות

אנו משתמשים בשלושה סוגי דסקיות: שטוחות, קפיץ וכוכב. לדסקיות - דסקיות שטוחות ישנם מספר תפקידים - התפקיד הראשון - לשמש מעין "מיסב החלקה" המקל על סיבוב הבורג או האום בסגירתם. נראה בהמשך כי את הדסקית השטוחה שמים בין האום או ראש הבורג לבין החלק אותו מהדקים והבחירה היכן לשים אותה תהיה האם ראש הבורג או האום, הם אלו המסתובבים. לדסקית השטוחה יש צד אחד שטוח וצד אחד בעל קוטר חיצוני מעוגל. את הצד השטוח שמים בצד החלק המהודק ואת הצד בעל הפינות המעוגלות (בדרך כלל, גם יותר חלק) שמים בצד הראש או האום.



איור א.11 - דסקית שטוחה AN960

המספר של דסקית שטוחה הוא AN960-d, כאשר האות d מציינת את קוטר גזע הבורג (החור המרכזי של הדסקית) במכפלות של 1/16 אינץ'.

לבורג AN4-x משתמשים בדסקית מס' AN960-4 וכו'.

תפקיד נוסף של הדסקית השטוחה - כאשר אורך הבורג ארוך במקצת מהנדרש ובעיקר, כאשר רוצים להשתמש באומי טירה וצריך להגיע למצב שהחריצים באום יהיו מול החור בגזע, במקרים אלו, משתמשים בדסקית השטוחה. לפעמים, תוספת האורך קטנה מידי עבור העובי של הדסקית השטוחה הרגילה, ואז משתמשים בדסקית דקה יותר הנקראת AN960-dL כאשר האות d מציינת את קוטר חור הדסקית.

ושימוש נוסף - כאשר קוטר החור דרכו מעבירים את הבורג גדול במקצת מאשר קוטר גזע הבורג, אז ניתן להשתמש בדסקית שטוחה בעלת קוטר חיצוני גדול. לדסקית זו יש שימוש נוסף - הגנה על מיסבי צירים (בעיקר במקומות קריטיים) מחשש שמא המיסב יתפרק. במקרה זה ניתן לשים משני צידיו של המיסב דסקיות בעלות קוטר חיצוני גדול, שימנע את התפרקות המיסב והחלקה שלו לצדדים.

המספר של הדסקית השטוחה הגדולה AN970-d, כאשר האות d מציינת את קוטר החור.



איור א.12 - דסקיות שטוחות בעלות קוטר חיצוני גדול AN970 Flat Washers

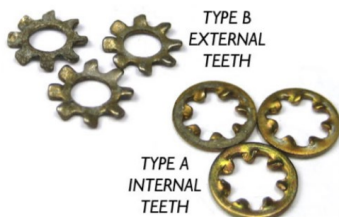
סוג נוסף של דסקיות הן דסקיות הנעילה. ישנן דסקיות קפיציות ודסקיות משוננות. במקום בו צפויות רעידות (בחיבור חלקים שאינם נעים), ישנו חשש כי הידוק הבורג ישתחרר עם הזמן. על מנת למנוע אפשרות זו, משתמשים בדסקיות קפיציות אשר הקפיציות שלהן מפעילה לחץ מתמיד על הבורג ובכך מונעות מהבורג להשתחרר עקב הרעידות.



איור א.13 - דסקית קפיצית

דסקיות אלו נקראות Split Lock והמספר הגנרי שלהן MS35338. בדרך כלל הן עשויות נירוסטה. המספר AN של דסקיות אלו הוא AN935Cd16, כאשר האות C מציינת את העובדה כי הן עשויות נירוסטה, האות d מציינת את המכפלה של 1/16 של אינץ' של קוטר הבורג והמספר 16 אומר כי מדובר בחלקי 16 של אינץ'.

הכיוון של הדסקית נעשה בכיוון כזה, שסגירה תהיה "קלה" יחסית אך פתיחה תהיה קשה יותר. השימוש בדסקיות משוננות - כוכב, נעשה בעיקר במקומות שמצמידים שני חלקים זה לזה ולא רוצים שהחלקים יסתובבו, אחד ביחס לשני. כמובן, שבמקרה זה, יש לשים את הדסקית המשוננת בין שני החלקים. קיימים שני סוגים של דסקיות כוכב - שיניים בקוטר החיצוני



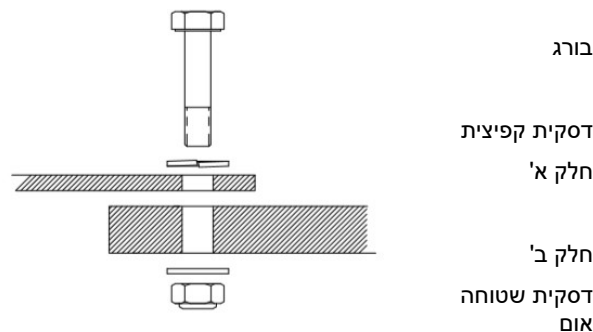
ושיניים בקוטר הפנימי. הבחירה תהיה, בדרך כלל על פי הנוחיות. המספר של דסקיות אלו הוא MS35333 לדסקיות סוג A (שיניים פנימיות) ו-MS35335 לדסקיות סוג B (שיניים חיצוניות). דסקיות אלו תהיינה עשויות פלדת קדמיום או נירוסטה.

איור א.14 - דסקיות כוכב משוננות

להלן המספרים הרלוונטיים :

- MS35333-39 דסקית משוננת סוג A, עשויה פלדה מצופה קדמיום. קוטר החור $3/16$ אינץ' כנ"ל עם סיומת 40 - קוטר החור $4/1$ אינץ'. סיומת 41 $= 5/16$. סיומת 42 $= 3/8$. סיומת 43 $= 7/16$, סיומת 44 $= 1/2$ וכו'.
- MS35335-32 דסקית משוננת סוג B. עשויה פלדה מצופה קדמיום. קוטר החור $3/16$ אינץ'. כנ"ל עם סיומת 33 - קוטר החור $1/4$ אינץ'. סיומת 34 $= 5/16$, סיומת 35 $= 3/8$, סיומת 36 $= 7/16$, סיומת 37 $= 1/2$ וכו'.
- MS35333-73 דסקית משוננת סוג A, עשויה נירוסטה. קוטר החור $= 3/16$ אינץ', כנ"ל עם סיומת 74 $= 1/4$, $75 = 5/16$, $76 = 3/8$, $77 = 7/16$ וכו'.
- MS35335-60 דסקית שטוחה סוג B, עשויה נירוסטה. קוטר החור $= 3/16$ אינץ', כנ"ל עם סיומת 61 - קוטר החור $1/4$ אינץ'. סיומת 62 $= 5/16$ וכו'.

כאשר מחברים שני חלקים באמצעות בורג ואום, מקובל לשמור על הסדר הבא :



איור א.15 - סדר הידוק חלקים באמצעות בורג ואום

איור א.15 מתאר את סדר הרכבת הבורג, הדסקיות והאום, כאשר בזמן סגירה (הידוק) ראש הבורג מוחזק במקומו באמצעות מפתח קבוע והאום מהודק ע"י מפתח מסתובב. לפעמים, נוח יותר להחזיק את האום באמצעות מפתח קבוע ולסובב את ראש הבורג, במקרים אלו, יוחלף סדר הדסקיות - הדסקית השטוחה תושם מתחת לראש הבורג והדסקית הקפיצית - מתחת לאום. ישנו סוג נוסף של דסקיות - דסקיות דקורטיביות שקועות COUNTERSUNK WASHERS. דסקיות אלו משמשות בעיקר כאשר מצמידים פאנל למבנה המטוס באמצעות ברגים בעלי ראש קוני שטוח (Flush Head).



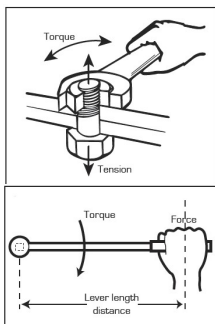
איור א.16 - דסקית דקורטיבית שקועה

בטבלה המצורפת, מוצגים מספרי הדסקיות, קוטר הברגים המתאימים ועובי הדסקית.

MFG No.	PN	Screw Size	I.D. (in.)	O.D. (in.)	Approx. Thickness
A3236-012-193	A3236-012-193	6	.140	.50	0.016"
A3135-017-193	A3135-017-193	8	.171	.56	0.024"
A3235-028-193	04-02036	10	.196	.75	0.035"

טבלה א.8 - דסקיות דקורטיביות שקועות ומידותיהן

7. הידוק ברגים לטורק נכון



בהידוק הבורג, ישנה חשיבות מרובה לכוח המופעל בזמן הסגירה. פחות מדי כוח - לא יתקבל הידוק מספיק. יותר מדי כוח - הבורג יכול "להיקרע".
לכן, מגדירים לכל בורג את הכוח האופטימאלי לסגירתו.
ע"מ להדק את הבורג בכוח הנכון, משתמשים במפתח "טורק" (Torque). הטורק הוא המומנט ביחידות ליברה*אינץ' - lb*inch או ליברה*רגל (lb*ft).

חשוב לזכור כי המספר של מומנט lb*inch גדול פי 12 מאשר lb*ft (כזכור, ברגל אחת ישנם 12 אינץ')!
 $12 \text{ lb*inch} = 1.0 \text{ lb*ft}$



איור א.16 - מפתחות טורק. מימין מפתח מיקרומטר ומשמאל מפתח חוגה

כאשר משתמשים במפתחות טורק, יש לשים לב, היטב, באילו יחידות הם מודדים!
בטבלה א.9 מצוינים גבולות הטורק האופייניים לברגי AN. יש לשים לב כי מדובר ביחידות lb*inch, אם המפתח משתמש ביחידות lb*ft, יש לחלק את הערכים המופיעים בטבלה ב-12!

AN Bolt size	Bolt size - Threads per inch	INCH Pounds	FOOT Pounds
AN3	#10-32	20-25	1.6-2.0
AN4	1/4-28	50-70	4.2-5.8
AN5	5/16-24	100-140	8.3-11.6
AN6	3/8-24	160-190	13.3-15.8

AN Bolt size	Bolt size - Threads per inch	INCH Pounds	FOOT Pounds
AN7	7/16-20	450-500	37.5-41.7
AN8	1/2-20	480-690	40.0-57.5
AN9	9/16-18	800-1000	66.6-83.3
AN10	5/8-18	1100-1500	91.6-125.0

טבלה א.9 - גבולות הטורק לברגי AN

בדרך כלל, לאחר ניסיון נצבר, היד "רוכשת" את הרגש הנדרש להידוק ברגים, אבל, זהו ניסיון רב שנים של מכונאים ולא מומלץ לבונה "הטרי" לסמוך על "הרגש".

8. סימון נעילת ברגים

או קיי. אז בחרנו את הבורג הנכון, השתמשנו בדסקיות הנכוונות, האומים הנכונים והידקנו את האומים לטורק הנכון.

המטוס, מעצם טבעו, מחולל רעידות, שאם לא נאבטח את הברגים לאומים באמצעות פין מפציל, אין ביטחון שהאומים לא ישתחררו עקב הרעידות, עם הזמן. ע"מ לוודא כי האום סגור למקומו ולקבל אינדיקציה במקרה שהשתחרר, אנו יכולים להשתמש בסימון כזה, שיראה לנו האם האום זז ממקומו.

לשם כך, קיים חומר צבעוני, הנקרא **CrossCheck**, שהוא מין "צבע" עבה אותו מורחים כפס צבעוני, על הבורג והאום כהמשך אחד. והיה והאום זז ממקומו ביחס לבורג (והגיויני שמדובר בכיוון ההשתחררות שלו), פס הצבע "יישבר" ולא יהיה יותר פס רציף. זה ייתן לנו את האינדיקציה לכך אם האום והבורג נשארו מהודקים זה לזה, או השתחררו.



איור א.17 - סימון צבע להידוק האום לבורג. מימין האום "נעול" במקום ומשמאל - אום שהשתחרר

ישנם מספר חומרים ויצרנים, שניתן להשתמש בהם למטרת הסימון. כאן מובאת דוגמה לחומר שהשם המסחרי שלו **Cross Check**, מתוצרת חברת **Dykem**. ניתן להשיג את החומר בשפופרות ובגוונים שונים. בדרך כלל, הגוון השימושי ביותר הוא הכתום וזאת משום שהוא בולט על רקע הצבעים האחרים השולטים בסביבת המטוס.



איור א.18 - צבעי סימון אומים וברגים בגוונים שונים תחת השם המסחרי Cross Check של חברת Dykem

9. מסמרות (ניטים)

בתעופה משתמשים, בעיקר, בשלושה סוגי מסמרות (ניטים - Rivet):

- מסמרות קשיחות - Solid Rivets
- מסמרות חלולות למשיכה - Pop Rivets, Blind Rivets
- מסמרות למשיכה "שריי" - Cherry Blind Rivets

למסמרות הנ"ל יש שני סוגי ראשים:

- ראש פטריה - Universal Head
- ראש שטוח או Flush Head או Countersunk Head

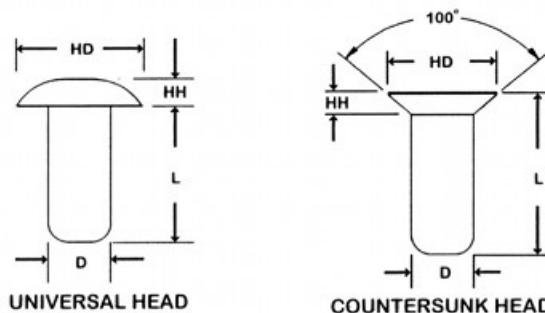
שני סוגי המסמרות הנפוצים ביותר הם המסמרות הקשיחות (או "המלאות") והמסמרות החלולות למשיכה (מסמרות עיוורות).

ככלל "אצבע", מסמרות קשיחות חזקות בערך פי שלושה מאשר מסמרות חלולות ולכן אם רוצים להחליף מסמרות קשיחות בחלולות, יש להקטין את המרחקים בין המסמרות, לשליש.

מאד אפייני למצוא יותר מסמרות קשיחות במטוסים בעלי ביצועים גבוהים ויותר מסמרות עיוורות במטוסים בעלי ביצועים בינוניים ונמוכים (אולטרא-לייטים ו-LSA).

מסמרות קשיחות -

SOLID RIVETS



Part Number Formula: (D) = diameter in 1/32" (L) = Length in 1/16"

Material	Head Mark	Shear Strength	Universal Head	Countersunk Head
Aluminum 1100-F	None	10 ksi	MS20470A(D)-(L)	MS20426A(D)-(L)
Aluminum 2117-T4	Dimple	30 ksi	MS20470AD(D)-(L)	MS20426AD(D)-(L)
Steel, Cad II Plated	Recessed Triangle	25 to 42 ksi	MS20613-(D)P(L)	MS20427-(D)C(L)
Stainless Steel	None	65 to 85 ksi	MS20613C(D)-(L)	MS20427F(D)-(L)
Monel, No Plating	Double Dimple	49 to 59 ksi	MS20615M(D)-(L)	MS20427M(D)-(L)
Monel Cad II Plated			MS20615-(D)MP(L)	MS20615-(D)MP(L)

טבלה א.10 מסמרות קשיחות - סוגים ומספרים

בטבלה א.10 ניתנים המק"טים "הצבאיים" (MS) התחליפים האזרחיים של המק"טים הצבאיים יהיו:

MS20426A(D)-(L) = AN426AD(D)-(L) ו- MS20470(D)-(L) = AN470AD(D)-(L)

האות (D) מציינת את קוטר הגזע במכפלות של 1/16" והאות (L) מציינת את אורך הגזע במכפלות של 1/8".
(יש לשים לב כי אורך המסמרה בעלת הראש השטוח הוא מקצה הגזע עד סוף הראש)



איור א.19 - מסמרות קשיחות. מימין - AN470AD(D)-(L), משמאל - AN470AD(D)-(L)

מסמרות חלולות למשיכה הן מסמרות הידועות בשם "מסמרות עיוורות" והן שימושיות במקומות בהן החוזק פחות קריטי. במקומות בהם נדרש חוזק רב יותר, מצופפים את המסמרות או שמשתמשים במסמרות קשיחות. היתרון הגדול של המסמרות החלולות, היא פשטות העבודה איתן (נסביר בהמשך). המסמרות יכולות להיות עשויות אלומיניום או פלדה ומוט המשיכה גם הוא, יכול להיות עשוי אלומיניום או פלדה.

גם מסמרות אלו יכולות להיות בעלות ראש פטריה (אוניברסאלי) או ראש שטוח.

באיור א.20 מוצגים סוגים שונים של מסמרות עיוורות אשר ניתן להשתמש בהן במקומות בהם לא נדרש כוח אחיזה רב. יש לשים לב כי כל המסמרות האלו, גוף המסמרה עשוי אלומיניום ומוט המשיכה עשוי פלדה. עוד נקודה להדגשה היא העובדה כי גזע המסמרה פתוח, מה שיכול לגרום לכך כי לאחר המשיכה הקצה הכדורי של מוט המשיכה עלול לצאת לאחר זמן ו"לטייל" במקומות לא רצויים... במקומות בהם אסור שהקצה הכדורי של מוט המשיכה יצא מהמסמרה ויתחיל לטייל, ישנן מסמרות, שהגזע שלהן סגור.



איור א.20 - מסמרות עיוורות Blind Rivet, מימין מסמרות ראש פטריה, במרכז מסמרות ראש שטוח ומשמאל מסמרות ראש רחב (בדרך כלל דקורטיביות)

מסמרות עיוורות בעלות גזע סגור. כאמור, אלו הן מסמרות אשר לא מאפשרות לקצה הכדורי של מוט המשיכה לצאת מהגזע ולטייל במקומות לא רצויים.



איור א.21 - מסמרה בעלת גזע סגור

Aluminum	Protruding	n/a	AAPS-04-x
Aluminum	Large Flange	n/a	AALS-04-x
Aluminum	Flush-120°	n/a	AACS-04-x
Aluminum	Protruding	n/a	AAPQ-04-x
Aluminum	Large Flange	n/a	AALQ-04-x
Aluminum	Flush-120°	n/a	AACQ-04-x
Monel	Protruding	n/a	MSPQ-04-x
Monel	Large Flange	n/a	MSLQ-04-x
Monel	Flush-120°	n/a	MSCQ-04-x
Stainless Steel	Protruding	n/a	CCPQ-04-x
Stainless Steel	Large Flange	n/a	CCLQ-04-x
Stainless Steel	Flush-120°	n/a	CCCQ-04-x
Aluminum	Universal	MS20600-4-x	CR9163-4-x
Aluminum	Flush-100°	MS20601-4-x	CR9162-4-x
Monel	Universal	MS20600M-4-x	CR9563-4-x
Monel	Flush-100°	MS20601M-4-x	CR9562-4-x

הטבלה שמשמאל מרכזת את סוגי המסמרות האופייניים בשימוש בתעופה ואת המק"טים שלהן. האות x בכל המק"טים מציינת את אורך הגזע של המסמרה במכפלות של 1/8".

טבלה א. 11 - מק"טים של מסמרות

מסמרות "שריי" - Cherry Rivets הן מסמרות תעופתיות, חזקות יותר מאשר המסמרות העיוורות הרגילות. ברוב המקרים, הגוף שלהן עשוי פלדה וכך גם מוט המשיכה. מכיוון שחוזקן גדול יותר מאשר המסמרות הרגילות, מוט המשיכה משונן, באופן שימנע החלקה מכלי המשיכה במהלך משיכתן.



איור א. 22 - מסמרות שרי Cherry Rivet

כאמור, המסמרות תהיינה עשויות אלומיניום או פלדה. הטבלה שלהלן מציגה את סוגי המסמרות ואת המק"טים שלהן:

Part No.	Nominal Dia.	Grip Range
COUNTERSUNK		
CR9162-4-2	1/8"	.063-.125
CR9162-4-4		.188-.250
CR9162-4-6		.313-.375
CR9162-4-8		.438-.500
UNIVERSAL		
CR9163-4-2	1/8"	.063-.125
CR9163-4-4		.188-.250
CR9163-4-6		.313-.375
CR9163-5-2	5/32"	.063-.125

טבלה א.12 - Cherry Rivet מסמנות

10. "שרברבות" - צנרת במטוסים

אמנם, לא הרבה, אבל, בסביבת המנוע ובמערכת הפיטו, אנו נדרשים להשתמש בצנרת, אם זה להולכת דלק, שמן או אוויר (לחץ או וואקום במערכת הפיטו). קיימים שלושה סוגי צנרת, הנפוצים במטוסים:

- צנרת מתכת (אלומיניום או פלדת אל חלד - נירוסטה). למרות שניתן למצוא גם צנרת עשויה נחושת, אך זו, אינה מקובלת בשימוש בתעופה.
- צנרת גומי
- צנרת פלסטיק

צנרת המתכת משמשת להולכת נוזלים (דלק או שמן) במקומות בהם, בדרך כלל, נדרש לחץ בינוני או גבוה כאשר אין תנועה יחסית בין שני הצדדים של הצינור. במקרה שנדרשת גמישות מסוימת, נוהגים להשאר "עודף" באורך הצינור ולכופף את העודף בצורת "U" או "Ω" ואם דרשת גמישות גבוהה יותר, משאירים "לולאה".

צינורות המתכת באים בקטרים שונים ובעובי דופן שונה. יש לשים לב כי יש מספר סוגי "צינורות" במטוסים - ישנם המשמשים במבנה (אופייני לאולטראלייטים, שם יש חלקי כנף הבנויים מצינורות) וכמובן, דרישות החוזק והגמישות שלהם שונים מאשר צנרת המשמשת להובלת נוזלים. בדרך כלל, צנרת אלומיניום, המשמשת למבנה, תהיה סגסוגת 2024-T3 ואילו צינורת להולכת נוזלים יהיו עשויים סגסוגת 3003-0 (צינור רך המגיע מגולגל. משמש במקומות שם לא נדרש לחץ גבוה במיוחד) או 5052 (צינור קשה יותר וחזק יותר. מתאים לקווי לחץ - בלמים, למשל. מגיע כצינור ישר).



במטוסים בנויים ע"י חובב, נעשה שימוש מינורי, אם בכלל, בצנרת נירוסטה, המשמשת בעיקר במטוסי סילון (שם ישנם מקומות חמים שאינם מתאימים לצנרת אלומיניום).

איור א.23 - כלי כיפוף לצינורות אלומיניום

כיפוף צינור אלומיניום יכול, במקרים מסוימים, להיעשות ביד, או כאשר נדרש כיפוף מהודק יותר (וכמובן, גם יותר אסתטי) משתמשים בכלי כיפוף (בהמשך יבוא הסבר על השימוש בכלי הכיפוף). באיור שלמעלה, מופיעים מספר סוגים של כלי כיפוף לצנרת אלומיניום.

חיבור הצינורות לחלקים השונים נעשה באמצעות "קצוות חיבור" (fittings) בעלי הברגות שונות. ברוב המקרים בקצה הצינור יבוא חיבור נקבה וחלק אליו יהיה מחובר הצינור - זכר (סדר זה אינו מחייב, אלא, ענין של נוחות בלבד). אם בקצה הצינור ישנו חיבור נקבה, יש לעשות לקצה הצינור "הרחבה קונית" (Flare). ישנו כלי מיוחד להכנת ה- Flare (הסבר על אופן השימוש בו יובא בהמשך). **יש לשים לב כי זווית הקונוס של ההרחבה בצנרת תעופתית היא 37 מעלות, שלא כמו הזווית המקובלת בתעשייה האזרחית, שם זווית הקונוס 30 מעלות.** (ראה איור א.27).

בשום פנים ואופן, אין להשתמש בכלי ההרחבה האזרחי בצנרת תעופתית!



איור א.24 - קונוס הרחבה בצנרת אלומיניום. מימין כלי ההרחבה ומשמאל התוצר הסופי

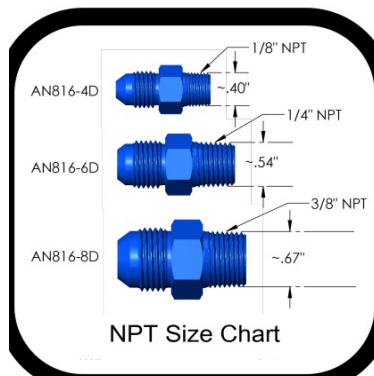
בחיבור הצנרת אל המכשירים השונים, משתמשים כאמור, ב"פיטינגים" בעלי צורות וגדלים שונים. [באיור א.26](#) מתוארים סוגים שונים של מחברים המשמשים בתעופה. לכל סוג וגודל ישנו מק"ט מתאים. כאשר עולה הצורך בשימוש בפיטינג כלשהו, יש לוודא כי נבחר המק"ט המתאים.

להזכיר, פיטינגים המתחברים למכשיר כלשהו, לחלקם, סוג ההברגה בצד המכשיר שונה מסוג ההברגה בצד הצינור.

[באיור א.27](#) ניתן לראות את ההבדל בין פיטינג אזרחי (משמאל) לפיטינג התעופתי (מימין). ניתן גם לראות כי ההברגה אליה מתחבר הצינור, שונה מההברגה בצד המכשיר (בחלקו התחתון של הפיטינג).

ההברגה בצד הצינור היא UN/UNF וההברגה בצד המכשיר היא NPT.

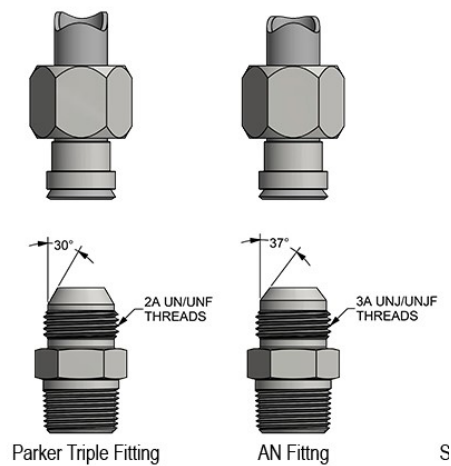
אגב, אם כתוב כי ההברגה היא 1/4 הכוונה, כי אין מדובר בקוטר החיצוני של ההברגה, אלא זוהי הברגה לצינור 1/4 NPT.



איור א.25 - הגדרת ההברגות בפיטינגים



איור א.26 - סוגי פטינגים שונים המשמשים בתעופה



איור א.27 - השוואה בין פטינג אצרחי לפטינג תעופתי

הצינורות הגמישים מגומי משמשים למקומות בהם ישנה תזוזה ניכרת בין שני חלקים המתחברים בין שני קצות הצינור או, שקיימות רעידות חזקות ומשמעותית של חלק אחד ביחס לשני.



צינורות אלו יכולים להוביל נוזלים בלחץ בינוני או לחץ גבוה. בדרך כלל, הצינורות ללחץ גבוה, יהיו מצופים שבכה (רשת) מתכתית - נירוסטה. התמונה נראים סוגים שונים של צינורות גמישים המשמשים בתעופה. לכל צינור ישנו המחבר המתאים לאפליקציה לה הוא משמש.

איור א.28 - צינורות גומי גמישים

לחיבור צינור למכשירים, משתמשים בפיטינגים המיועדים להתחבר לקצות הצינור. לכל אפליקציה ולכל סוג צינור, ישנם הפיטינגים המתאימים והבחירה צריכה להיות בהתאם.



איור א.29 - מחברי קצה לצינורות גומי גמישים

צינורות פלסטיק משמשים במקומות בהם יש להעביר נוזל או אוויר בלחץ נמוך. למשל, ממכל נוזל הבלמים עד למשאבות הבלמים או שימוש נרחב במערכת הפיטו - כניסת אוויר הפיטו אל מכשירי המהירות וכניסת האוויר הסטאטי אל מכשירי המהירות והגובה. צינורות אלו יכולים להיות שקופים או צבעוניים. ברוב המקרים הצינורות מתחברים אל המכשירים וזה אל זה, באמצעות "מחברים מהירים" כאלו, שהצינור מוכנס בלחיצה וניתוקו נעשה באמצעות דסקית אותה לוחצים פנימה לכיוון המחבר. הצינורות הללו מגיעים במידות מילימטריות או אינצ'יות וחשוב לעשות שימוש במחברים המתאימים למידות הצינור.

יש להדגיש גם את העובדה כי צינורות אלו גמישים, אך, אינם "פלסטיים". כלומר, יש להיזהר שלא לכופפם ברדיוס קטן מהמומלץ ע"י היצרן. צינורות אלו גם אינם מתאימים לפעולה בטמפרטורות גבוהות.

בתמונה מוצגים ניפלים לחיבור צינור פלסטי. כפי שניתן לראות, צידם האחד הוא בעל הברגת NPT להברגה במכשיר ובצד השני ישנה דסקית כחולה, עליה יש ללחוץ כאשר שולפים את הצינור מהמחבר. כמובן שהמחברים יכולים לבוא בצורת "L" או "T" ויש גם "מופות" לחיבור בין שני צינורות זה לזה.



איור א.30 - מחברים "מהירים" לצינור גמיש

סוג צינור נוסף, המשמש במטוסים, הוא "צינור אוורור סלילוני". זהו צינור, בדרך כלל בעל קטרים גדולים (שני אינץ' ויותר) המשמש להעברת אוויר חיצוני למערכת מסוימת במטוס. למשל, מפתח NACA במעטפת המטוס (או הכנף) לאוורור תא הטייס. או מפתח מכסה המנוע לכיוון כונס האוויר של המנוע.

יש לציין כי צינורות אלו אינם מתאימים להולכת אוויר בלחץ הנמוך מלחץ הסביבה!

הצינורות הללו עשויים בד העוטף מעין "קפיץ" שרשורי העוטף אותם מבחוץ והולך לאורך הצינור.



איור א.31 - צינור אוורור סלילוני

פרק ב - שיקולים לבחירת סוג טכנולוגיה (מתכת), בחירת מקום עבודה וארגונו, התארגנות לרכישה וקליטת הקיט

1. בחירת הטכנולוגיה

בשעה טובה קיבלת החלטה איזה סוג מטוס (ביצועים, מחיר, טכנולוגיה). סביר להניח כי אם אתה קורא בחלק זה של הספר, כבר גמלה בך ההחלטה לבנות מטוס מחומרים סטנדרטיים - אלומיניום. ואם אתה עדין מתלבט, אנסה לומר כמה מילים על היתרונות של עבודה באלומיניום וכמובן גם אציין מספר חסרונות. העבודה באלומיניום מאד נוחה ואינה מצריכה תנאי עבודה מיוחדים. למעשה, רבים מבין הבונים בחו"ל, פינו חדר בביתם ושם (לפחות) התחילו את הבנייה. בנייה באלומיניום מצריכה כלי עבודה סטנדרטיים ופרט לשלב הצביעה, לא נעשה שימוש בחומרים כימיים כלשהם. כאמור כלי העבודה הנדרשים הם כלים, שאת רובם ניתן לרכוש בכל חנות כלי עבודה בארץ (יש לשים לב, כי קיטים המגיעים מארה"ב, ברובם הגדול עושים שימוש בקשיחים במידות אינציות, מה שמחייב כי כלי העבודה יהיו במידות אינציות).

{ המלצה חמה - אם נבחר מטוס שהקשיחים שלו אינציים, לא לשלב בשום פנים ואופן קשיחים במידות מילימטריות! }

חיתוך אלומיניום יכול להיעשות במספרים או משור מתכת (תלוי בעובי החומר) ועיבודו בשופינים למתכת. קידוח נעשה באמצעות מקדחי מתכת סטנדרטיים, אם כי, לקידוח באלומיניום דק, מומלץ להשתמש בשיטת קידוח - ראשית יש לקדוח "חור מוביל" בקוטר של 1.5 עד 2 מ"מ ואחר כך להשתמש במקדח המושחז בצורה מיוחדת (ראה **איור ב.1**) והקדיחה במקדח המיוחד תהיה במהירות נמוכה וחובה שיימצא מתחת לפח האלומיניום משטח עץ צמוד.



איור ב.1 - מקדחים לקידוח בפח אלומיניום

כיפוף אלומיניום תעופתי (T3-2024) מוגבל לרדיוס כיפוף ע"פ **הטבלה ג.16** (רוב יצרני הקיטים מספקים את החלקים הגדולים, שיש בהם כיפוף, כבר מכופפים) כאשר מצמידים חלק עשוי אלומיניום לחלק מתכתי אחר (גם אם הוא מאלומיניום) יש ליצור "בידוד גלווני" בין שני החלקים. כלומר, לדאוג שלא יהיה "מגע חשמלי" בין שני החלקים. הסיבה לכך היא, כי כאשר ישנו מגע גלווני בין שני החלקים, אם חודרת לחות (ובעיקר בסביבה ימית או קרובה לים) נוצר הפרש פוטנציאלים חשמלי הגורם לשיתוך (קורוזיה) המאכלת, לאורך זמן, את האלומיניום. הדרך הטובה והפשוטה למניעת השיתוך היא פשוט לצבוע שכבת צבע, שתבודד את המגע החשמלי בין החלקים. יש לציין כי ישנם חומרים אשר במגע עם אלומיניום מייצרים הפרש פוטנציאלים שונה מאשר בין שני חלקי אלומיניום.

בטבלה ב.1 מובאים המתחים של סוגי מתכות שונות. כאשר מצמידים שתי מתכות זו לזו, נוצר הפרש פוטנציאלים השווה להפרש שבין הפוטנציאל של כל מתכת לשכנתה (יש לחסר את הערכים זה מזה. למשל, אם מחברים מגנזיום (1.87V) לנחושת (-0.35V), מתקבל הפרש פוטנציאלים של:

$$dV = 1.87 - (-0.345) = 2.215V$$

פוטנציאל (Volts)	מתכת	פוטנציאל (Volts)	מתכת
0	Hydrogen	2.2	Calcium
-0.19	Antimony	1.87	Magnesium
-0.32	Arsenic	1.3	Aluminum
-0.33	Bismuth	1.07	Manganese
-0.345	Copper	0.758	Zinc
-0.799	Mercury	0.6	Chromium
-0.8	Silver	0.441	Iron
-0.863	Platinum	0.398	Cadmium
-1.1	Gold	0.22	Nickel

טבלה ב.1 - פוטנציאלים חשמליים של מתכות שונות

כפי שצינתי קודם, העבודה באלומיניום, אינה מצריכה תנאים מיוחדים (להוציא, כמובן, תנאי עבודה נוחים לעובד) וניתן לעבוד כמעט בכל סביבה.

אחת הבעיות בעבודה באלומיניום היא הקושי בתיקון שגיאות. אם קדחת חור לא במקום, או בקוטר לא נכון, קשה מאד לתקן ולעיתים ממש נדרש להחליף את כל החלק! בעיה נוספת היא מכה שגרמה לכיפוף פח אלומיניום. אמנם, ישנם מיקרים מסוימים, שניתן לישר אבל במקומות בהם מדובר בחלק מבני (Structure) כיפוף חזרה עלול לגרום להחלשה של החומר ובמקרה זה עדיף לרכוש חלק חדש.

2. בחירת מקום העבודה והכנתו

(פרק זה ישים לכל שאר טכניקות הבנייה וייטכן, שחלקים ממנו ישתרבו גם לחלקים אחרים של הספר) עוד לפני שמקבלים החלטה על רכישת הקיט, מאד מומלץ לבחור מקום עבודה - שיהיה זמין לכל תקופת הבנייה. כלל ידוע בין בוני המטוסים אומר כי: "עדיף, אפילו, להשקיע רבע שעה עבודה כל יום מאשר להשקיע הרבה שעות פעם בכמה זמן". כמובן, שזוהי הכללה גורפת, אבל היא מדגישה את הצורך לא "להתנתק" מהפרויקט לתקופות זמן ארוכות. כפועל יוצא מכך הוא, שעדיף לבחור מקום עבודה, שהגישה אליו תהיה זמינה בכל עת. (אחת הבעיות שהיו לי בבנייה, הייתה העובדה, כי מקום העבודה היה מרוחק מביתי, ואף החלפתי מספר פעמים מקומות, כך שרק הנסיעה למקום העבודה ארכה יתר מחצי שעה ולפעמים אפילו כמעט שלושת רבעי שעה! ברור, שבתנאים אלו, לא יכולתי להגיע יום, יום לעבוד על המטוס ואם נחבר לכך את העובדה כי באחד המקומות שבו עבדנו, שותפיי ואני, על המטוס היו מספר הצפות בתקופת החורף, שלא אפשרו עבודה על המטוס, הרי שכל אלו גרמו להארכת זמן העבודה על המטוס לכדי חמש-עשרה שנים). לכן, מאד מומלץ למצוא מבנה קרוב ככל הניתן למקום המגורים.

ומה הן הדרישות לגבי מקום העבודה?

גודל (שטח רצפה) - בבחינת השטח הנדרש, יש לקחת בחשבון את הנתונים הבאים: צריך שיהיה מקום מסביב לשולחן העבודה, שניתן יהיה להניח עליו את החלק הגדול ביותר של המטוס ועדין יישאר מסביב, מכל העברים, מרווח של לפחות מטר.

בנוסף, יש לקחת בחשבון מדפים לאחסון חלקי המטוס שעדין לא עבדו עליהם (חומרי גלם) וחלקי מטוס שהעבודה עליהם הסתיימה.



יש לבחור מבנה עם רצפה ישרה וחלקה. אם לא ניתן להשיג מבנה בעל רצפה ישרה וחלקה, מומלץ אפילו, לצקת ע"ג הרצפה הקיימת שכבת מלט שניתן לישרה, להחליקה ולבסוף לצפות בשכבת אפוקסי לרצפות ע"מ לקבל חלקות ואחידות של הרצפה. רצפה חלקה וישרה גם מקלה מאד על הנקיון!!!

תאורה ואיורור - עבודה מדויקת, דורשת תאורה טובה ואחידה. אם יש אפשרות להשיג מבנה שיש לו חלונות גדולים, שיאפשרו חדירת אור רב מבחוץ - מומלץ. יש לוודא כי ניתן יהיה להצליל את החלונות למניעת כניסת אור שמש ישיר בשעות הבוקר או אחה"צ. כמובן, שיש חשיבות מרובה לאפשרות לאורור את המבנה בצורה יעילה וטובה.

מאד מומלץ להכין גם תאורה חשמלית חזקה ואחידה. ניתן להוסיף מנורות פלורסצנט או לדס. יש לוודא כי האור לא יהיה רק "אור יום" (Cool white - 6000k) אלא רצוי להוסיף גם תאורה "צהובה" (Warm white - 3000k).

מומלץ להחזיק גם "פרוג'קטור" לד ע"ג חצובה. עוצמת הלה יכולה להיות 30 עד 50 וואט. תאורה זו נחוצה, כאשר עובדים על חלקים פנימיים בגוף המטוס. אפשר להאיר מחוץ לגוף, כאשר מנורת הלה מוצמדת לחצובה ואפשר להסיר את הלה מהחצובה ולהכניס לתוך הגוף. יש לציין כי מנורת לד כמעט ולא מתחממת ולכן הכנסת המנורה לגוף במהלך העבודה לא תגרום לטרדה מיותרת.

מיזוג אוויר, מוזיקה ואינטרנט - נו, זה כבר "לוקסוס" - אבל זה שווה כל אגורה!! מיזוג אוויר עושה לא רק אוויר נעים, אלא גם אוויר נוחה לעבודה. וכשנחת, אפשר להישאר זמן נוסף במבנה ולעבוד. כשחם או קר, לא נעים ואז "רוצים ללכת הביתה" :-)

הערה: אם משתמשים במיזוג אוויר, סביר להניח כי רוב הזמן, חלונות החדר, יהיו סגורים רוב הזמן. חשוב כי מידי פעם, בייחוד אחרי שעובדים עם כימיקלים שונים, ניתן יהיה לאוורר את חלל החדר ע"י פתיחת החלונות למשך זמן סביר ע"מ לאפשר אוורור החדר.

ממש אין מה להשוות עבודה במבנה ממוזג לעבודה במקום לא ממוזג... כמובן, שמי שאוהב מוזיקה, אף פעם לא יזיק לארגן איזו מערכת טובה עם דיסקים או חיבור לאינטרנט להשמעת מוזיקה. ואם כבר באינטרנט עסקינן, כדאי מאד להכין חיבור לאינטרנט אליו יהיה אפשר לחבר מחשב לחיפוש כל מיני מידעים במהלך הבנייה.

מדפים - מאד מומלץ להשתמש במדפים המודולאריים ממתכת, לפחות עומק ארבעים ס"מ ורוחב 1 מטר, שניתן ליצור מרווחי גובה שונים בין המדפים.

מספר המדפים ייקבע עפ"י גודל המטוס וכמות חלקיו. לאכסון חלקים גדולים (כנפיים, מייצב כיוון ומייצב גובה), אפשר להצמיד לקירות המבנה, בגובה שמעל גובה הראש, מעין "מדפים וירטואליים" שעליהם אפשר יהיה לשים את החלקים.

ארון או ארונות סגורים - כדאי שיהיה לפחות ארון אחד, שבו ניתן לאכסן את כלי המדידה השונים וספרות עזר, שמידי פעם, יש להיעזר בה (אחד הספרים החשובים הוא ה"תנ"ך" של בניית מטוסים ה- AC 43.13-1B - Acceptable Methods, Techniques, and Practices - Aircraft Inspection and Repair).

ספרות נוספת, שכדאי שתהיה בארון, הן טבלאות שונות (חלקן מופיעות במדריך זה) וכל חומר עזר שתזדקק לו במהלך הבנייה.

את הארון אפשר יהיה להעביר למבנה (האנגר) בשדה התעופה בו יחנה בעתיד המטוס (נו.... איזו אופטימיות....).

"לוחות קיר" - כדאי להכין על אחד הקירות של המבנה, פסי עץ אופקיים או לוחות דיקט או שעם, עליהם יהיה ניתן להצמיד בנעצים את שרטוטי הבנייה. מאד נוח שהתכניות/שרטוטים יהיו פרוסים באופן שקל יהיה לראותם, את כל גודלם, כך שלא יהיה צורך לפרוס כל פעם בידיים מלוכלכות.

שירותים ופינוקים - אנחנו נמצאים בישראל, והסטטיסטיקה מוכיחה כי רוב הבונים לא בונים במבנה סמוך לביתם. מאחר וכך, מאד מומלץ שיהיו שירותים צמודים למבנה + כיור לשטיפת ידיים. אם אפשר לארגן "פינת אוכל" ובה יהיו מקרר ופינת קפה, זה יכול לעודד מאד את העבודה (כמובן יקל על אירוח אורחים - צפויים או מזדמנים).

פתח - וחשוב, חשוב מאד(!!!) שיהיה למבנה פתח מספיק רחב, שיאפשר להוציא לפחות את גוף המטוס דרכו, עם השלמת הבנייה. אם לא קיים פתח שכזה, צריך לקחת בחשבון שיידרש לשבור קיר, וליצור בו פתח בגודל מתאים להוצאת גוף המטוס.

3. הכנת הניירת לרכישת המטוס

לאחר שכבר נבחר מקום עבודה פוטנציאלי (לא מומלץ לפני כן), מתחיל השלב הבירוקראטי. יש לגשת למח' הנדסה ברת"א ו"לפתוח פרויקט". מהם מקבלים מס' פרויקט (אולי, פעם, מישוהו יסביר לי בשביל מה זה נדרש?). מח' הנדסה יפנו את הבונה (הפוטנציאלי) לפקיד המטפל בהוצאת רישיון ייבוא (יש לבקש מהפקיד, כי יציין ברישיון היבוא כי הקיט יוזמן בשלבים ובכל פעם יוזמן חלק נוסף. דבר זה ימנע את הצורך לקבל רישיון ייבוא נפרד לכל חלק. את רישיון הייבוא יש להציג לפקיד המכס עם הגעת כל חלק של הקיט. כדאי להדגיש כי לא משולם מכס ולא משולם "מס לפיד" על חלקי קיט לבניית מטוס).

ישנם יצרני קיטים (Vans Aircraft, למשל) שדורשים חתימת נוטריון על כתב ויתור על חבות משפטית. לכן, כחלק מתהליך הזמנת הקיט, מקבלים מהיצרן טופס אותו יש להחתים ע"י נוטריון בין-לאומי (יש נוטריונים שייקחו עבור שרות זה תשלום כלשהו ויש שיעשו זאת בחינם).

את המסמך החתום מחזירים ליצרן הקיט עם כל מסמכי ההזמנה. תנאי התשלום של כל יצרן מתפרסמים באתר שלו והדרך הקלה והפשוטה היא תשלום בהעברה בנקאית (Bank Transfer).

אצל רוב יצרני הקיטים, ישנה אפשרות להזמין, מעבר לקיט הבסיסי, גם כל מיני תוספות או בחירה באופציות שונות. כמובן, שלפני ביצוע ההזמנה בפועל, מומלץ להתייעץ עם היצרן לגבי האופציות השונות, משמעותן לגבי הביצועים הסופיים של המטוס והמשמעות הכספית של הבחירה בהן.

בדרך כלל מדובר בתשלום מקדמה המשולמת עם ההזמנה ויתרת התשלום תהיה עם קבלת ההודעה מהיצרן שהמשלוח מוכן. אז מעבירים את יתרת התשלום והיצרן מבצע את השילוח. ברוב המקרים השילוח יהיה באמצעות חברת שילוח בין לאומית ואם יש למזמין העדפה מסוימת, הוא יכול לתאם את השילוח באמצעות אותה חברת שילוח עם היצרן. מאד מומלץ לשמור כל קבלה/חשבונית, תעודת משלוח, שטר מטען ורשומון ייבוא שנתקבלו על המטוס. עפ"י התקנות, אם רוצים להעביר בעלות על המטוס למישהו אחר, יש צורך להציג את החומר לרשויות.

ישנם יצרנים המאפשרים להזמין את הקיט בצורה של "תת-קיטים" כלומר, לא צריך להזמין את כל המטוס בבת אחת ואפשר להזמין בשלבים. למי שלא מתכוון לבנות את הקיט ב"פול טיים גיוב" עדיפה הרכישה בשלבים וזאת כדי שחלקים שלא עובדים עליהם לא יעמדו במקום הבנייה ויצברו "וותק" (שיכול להתבטא בקורוזיה או באי עדכון גרסאות). מי שבטוח כי יוכל להשלים את הבנייה בטווח זמן של שנתיים שלוש, מומלץ לרכוש את כל הקיט "במכה אחת".

ובינתיים, עד שיגיע הקיט, יש להמשיך בהכנת מקום העבודה -

4. ציוד כללי וכלים "ציבוריים"

אז מה נדרש שיהיה במקום העבודה?
ישנם דברים בסיסיים הנדרשים לעבודה על קיטים ממתכת:

קומפרסור - מומלץ קומפרסור בעל קיבולת של לפחות 200 ליטר ולחץ של לפחות 5 אטמוספרות. האידיאלי הוא למקם את הקומפרסור מחוץ לחלל שבו בונים (רעש, אתם יודעים....) ולפרוס צנרת מסביב לחדר על הקירות (בדרך כלל, בגובה מטר וחצי מעל הרצפה) ובמספר מקומות למקם שקעי חיבור מהיר לצינור אוויר. לחץ האוויר ישמש את הבונה לכלים פנאומטיים (מקדחה, דופק ניטים וכד') ניקוי וצביעה. כמובן, שיש המעדיפים מקדחה נטענת במקום מקדחת אוויר, אך זוהי שאלת העדפה ונוחות עבודה (יש לזכור כי מקדחה נטענת דורשת הטענה - וזה לוקח זמן...).

שולחן עבודה. לרוב הקיטים, יספיק שולחן עבודה בגודל מטר אחד על שני מטרים ובגובה 90 ס"מ. על הפלטה העליונה להיות עשויה או מעץ עבה (3 ס"מ לפחות) או מדיקט סנדביץ' העבה ביותר שניתן. יש לקחת בחשבון כי בזמן קדיחה בפחים, הקידוח יחדור גם לפלטה השולחן. לפעמים כאשר מצמידים פחים באמצעות "קליקואים" (Temporary Fasteners) ההצמדה נעשית, במקביל, גם אל פלטה השולחן.

רצוי מאד שיימצא בחדר העבודה גם "שולחן מכאני" עליו תהיה אבן משחות מסתובבת חשמלית (צד אחד אבן משחות ובצד השני "סקוץ" להורדת גרדים ולליטוש אלומיניום).



איור 3. - אבן משחות שולחנית

את המשחות ניתן גם למקם על אחד מקירות המבנה באמצעות מתקן "ר" שיוצמד לקיר בברגים והמשחות תוצמד לחלקו העליון במרחק של לפחות 40 ס"מ מהקיר.

מאד רצוי שבפינת שולחן העבודה המכאני, יהיו גם מלחציים שולחניים המקובעים באופן יציב את השולחן. מקדחת עמוד, גם היא, מכשיר נדרש. רצוי שתהיה מקדחה עם "פוטרה" למקדחים עד גודל 13 מ"מ ובעלת מהירויות סיבוב שונות. מגש העבודה של המקדחה, צריך להיות כזה שניתן גם לסובבו וגם לשנות את מרחקו מהפוטרה של המקדחה.



איור 4. - מקדחת עמוד שולחנית

שתי מכוונות רצויות (אך לא חובה שתהיינה) הן מלטשת סרט ומשור מכאני עגול. למי שידו משגת, גם מחרטה בגודל בינוני - לא יזיק, שתהיה.



איור 5. - משחזה שולחנית משולבת עם מלטשת סרט

באופן כללי, מאד מומלץ להתנסות בעבודה על כל הכלים המכאניים (דגמים וסתם חומרים) לצורך רכישת מיומנות והבנת כללי הבטיחות בעבודה על המכוונות, עוד לפני התחלת העבודה המעשית על הקיט.

משקפי מגן!

בכל עבודה על כלי עיבוד מכאני, חלה חובה על שימוש במשקפי מגן

ואם כבר בענייני בטיחות עסקינן, חשוב שיהיה "ארון עזרה ראשונה" ובו ימצאו תיק עזרה ראשונה שיכלול פריטים עפ"י הטבלה ב.2 שלהלן:

#	תיאור הפריט	כמות
1	פד גזה 7.5*7.5 ס"מ סטרילי	15
2	אספולנית 1.5 ס"מ * 5 מטר	1
3	אספולנית 2.5 ס"מ * 5 מטר	1
4	אגדי חבישה 5+7 ס"מ	20
5	תחבושות אישיות תקניות 3	3
6	משולשי בד לחבישה	7
7	סיכות ביטחון	10
8	כלודין חיטוי 100 מ"ל / יוד	1
9	חוסם עורקים מסיליקון 2 מטר	1
10	מספריים לחבישה	1
11	תיק ע"ר ריק עם 3 תאים	1

טבלה ב.2 - תיק עזרה ראשונה למקומות עבודה לפי תקן משרד התמ"ת – עד 50 עובדים.

פריט מאד חשוב שלפעמים נוטים שלא להחשיבו, אך יש בו עזר רב הוא מתקן מתכת לגליל נייר ניקוי (כמו זה שניתן למצוא בתחנות דלק) כמובן, עם הנייר. שני "כלים" בעלי חשיבות רבה שיהיו בין כלי העבודה, הם משקפי מגן לעבודה בכל כלי העלול "להעיף" שבבים ומסכה מתאימה להגנה על הפה והאף במהלך צביעה. בהמשך העבודה, ותוך כדי עבודה, נתקלים בצורך ל"כלים מיוחדים" (Special Tools), כלים אלו הם "מוטציות" של כלים רגילים, ששוננו - למשל כופפ, רותך להם מאריך וכד', לצורך הגעה למקומות שלא ניתן להגיע אליהם באמצעות הכלים הרגילים. כמובן, שכל בונה יכול לייצר לעצמו, כיד היצירתיות השורה עליו, את אותם כלים מיוחדים וגם מובן שאי אפשר לפרט בין שאר הכלים. שני כלים חשובים נוספים הם: מרסס צבע ואקדח ניקוי אוויר. לאחר תום הבנייה וכחלק מכלי התחזוקה, יהיה צורך גם באקדח ניקוי והתזת נפט. מרסס הצבע יכול להיות מרסס רגיל או מרסס "לחץ נמוך נפח גדול" - (HVLV - High Volume Low Pressure). כל בונה יבדוק מה עדיף לו מבחינת נוחות העבודה.



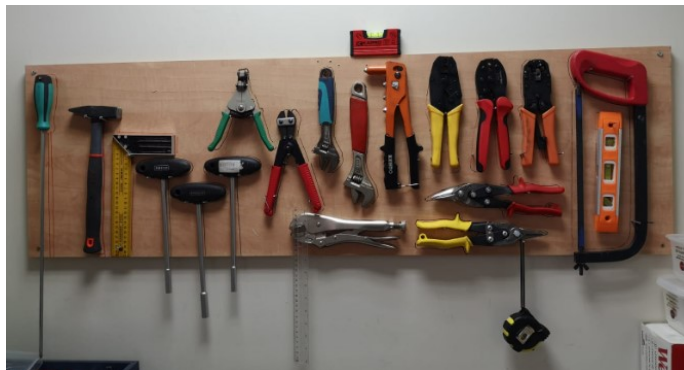
איור ב.6 - סוגים של מרססי צבע: מימין מרסס מיכל עליון, במרכז מרסס מיכל תחתון ומשמאל מערכת ריסוס HVLV

לא פחות חשוב מהכלים עצמם, הוא המקום לשים אותם. את הכלים הגדולים, אני ממליץ לשים ע"ג לוח דיקט שיוצמד לקיר ובו יהיו "תפסים" (יכולים להיות גם סתם מסמרים שראשם הוסרו והם בולטים מלוח העץ

כשלושה ס"מ) וכן יסומנו "צלליות" של הכלים, באופן, שכלי שנלקח לעבודה, צלליתו "תסגיר" את העובדה שהכלי הוסר, ואז, בתום יום עבודה, ניתן יהיה לוודא כי הכלים הוחזרו למקומם. ראה [תמונה ב.7](#). את הכלים הקטנים, כלי המדידה וכלים שאינם בשימוש יום, יומי, אני ממליץ לשים בארונות כלים עם מגירות, ראה [תמונה ב.6](#).



תמונה ב.7 - ארונות כלים לבית מלאכה



תמונה ב.8 - לוח לתליית כלי עבודה

5. קליטת הקיט

עם הגעת החלקים לארץ, מקבלים הודעה מחברת השילוח על הגעת הסחורה. ניתן, אמנם להיעזר בעמיל מכס לצורך שחרור הסחורה, אבל, אני, מניסיוני, יודע כי מדובר בפעולה פשוטה, יחסית, וכל אחד יכול לעשות זאת בעצמו. לי אישית, כל תהליך השחרור בנתב"ג, לקח כל פעם בערך חצי שעה! כאשר מגיעים לתהליך השחרור, יש לגשת לשלכת המסחר, שם הם מוציאים רשומון ייבוא (סיווג הסחורה במכס נקבע עפ"י המספר המופיע ברישיון הייבוא שהתקבל מרת"א). כמובן, שלשכת המסחר לוקחים עמלה כלשהי על הטיפול. עם רשומון הייבוא ניגשים לפקיד המכס והוא קובע מהו הסכום שיש לשלם (מע"מ, דמי שמירה, אגרת מחשב וכל מיני "המצאות ישראליות" לקחת כסף מהאזרחים). עם טופס התשלום ניגשים לדלפק של נציג בנק הנמצא באזור המכס, משלמים את האגרות השונות ושם מקבלים הפנייה לבניין האכסון של ממך להוצאת הסחורה. רצוי, כמובן, להגיע עם רכב בגודל מתאים להעמסת הסחורה. ומשם הדרך הביתה - קצרה. בדרך כלל, רוב יצרני הקיטים שולחים עם הקיט גם רשימת כלי עבודה מומלצים לייצור והרכבת הקיט שלהם. מצורפת [טבלה ב.3](#) של כלי עבודה מומלצים לבניית והרכבת קיטים של מטוסים ממתכת:

Rivet Gun** 3X (2X or 3X for QuickBuild)	1
Non-Swivel Click-type Air Regulator	2
1" Dia. Flush Set **	3
1/8" Cupped Set 3.5" **	4
1/8" Double Offset Cupped Set (Not needed for QuickBuilds)	5
Back Rivet Set **	6
Bucking bar (Tungsten or multiple shapes)	7
Microstop Countersink Cage**	8
#40 Countersink – 3/32" Rivet **	9
#30 Countersink – 1/8" Rivet	10
#6 Countersink – #6 Screw	11
#8 Countersink – #8 Screw	12
#10 Countersink – #10 Screw	13
#40 Straight Flute Reamer	14
#30 Straight Flute Reamer	15
1/4" Straight Flute Reamer	16
7.9mm Straight Flute Reamer	17
10 x #40 Jobber Drill Bits (for 3/32" rivets) **	18
10 x #30 Jobber Drill Bits (for 1/8" rivets) **	19
#19 Jobber Drill Bit	20
#12 Jobber Drill Bit	21
#10 Jobber Drill Bit	22
#21 Jobber Drill Bit	23
#28 Jobber Drill Bit	24
1/4" Jobber Drill Bit	25
"D" Jobber Drill Bit	26
"N" Jobber Drill Bit	27
12" #40 Drill Bit	28
12" #30 Drill Bit	29
Deburring Set – Large Holes	30
Hex Shank Deburring Bit – Small Holes	31
3M Cut & Polishing Wheel 6"	32
3M hand pads	33
2 x Cleco Pliers **	34
325 x Cleco Fasteners – 3/32" **	35
175 x Cleco Fasteners – 1/8" **	36
10 x Cleco Fasteners – 3/16"	37
10 x Cleco Clamps – 1/2" Jaws	38
10 x Cleco Clamps – 1" Jaws	39
Hand or Pneumatic Squeezer and 3" Yoke	40
1/8" Universal Cupped Set	41
Flat Set 1/2" x 1/8" **	42
Flat Set 3/8" x 1/8"	43

3/32" Rivet Dimple Die **	44
3/32" Rivet Small Dia. Female Die	45
3/32" Rivet Close Quarters Dies (pop rivet operated)	46
1/8" Rivet Dimple Die	47
#6 Countersink – #6 Screw	48
#8 Screw Dimple Die	49
#10 Screw Dimple Die	50
Unibit 1/4" – 3/4" by 1/16ths	51
Fluting Pliers	52
10" Curved tool File	53
22" Reach Skin Dimpling Tool (C-frame)	54
Back Rivet Plate	55
Hand Seamer Pliers	56
Specialty Tool Additions for RV-10, RV-14	
3/32" Squeezer Cup Set	57
3/32" Cup Rivet Set 3.5"	58
Special Bar for RV-10 & RV-14 (if required)	59
Jobber Drill 5/16"	60
Jobber Drill #17	61
Jobber Drill #34	62
6" Drill #27	63
6" Drill #33	64
Countersink Cutter – #12 Pilot	65
RV-14 Safety Pin Squeezing Tool for Elevator (14 only)	66
RV-14 Modified #40 Countersink for Elevator (14 only)	67
RV-14 Economy Modified 3/32" Male Die for Elevator (14 only)	68
Specialty Tools Needed Late in the Project (borrow if possible)	
Tube Bender	69
Tube Flaring Tool	70
Wire Crimping Tools	71
Angle Die Grinder and Cutoff Discs (for plexi and fiberglass)	72
Optional Specialty Tools	
Angle Drill Attachment & Threaded Drill Set 6 pc.	74
Dimple Die Organizer	75
Rivet Measuring Gauge	76
3/32" Pin Punch	77
1/8" Pin Punch	79
Edge Former Tool	80
In*Lb (or ft*Lb) Torque Wrench	81
Standard Shop Tools (available at local hardware stores)	
Pop Rivet Tool **	82
24" Stainless Rule	83
Slow, Lightweight, Cordless Screwdriver (for deburring)	84

Sharpie Ultra Fine Point Permanent Markers **	85
Removable Scotch Magic Tape & Tape Dispenser	86
Hearing Protector	88
Safety Glasses	89
File Card / Brush	90
Standard files	91
Standard Sockets, Wrenches, Screwdrivers	92
Steel and Composite Hammers	93
Air Tool Oil	94

טבלה ב.3 - כלי עבודה מומלצים לבניית והרכבת קיטים של מטוסים ממתכת

הטבלה מציגה רשימת כלים מומלצת. הרשימה מובאת באנגלית, משום שזול יותר להזמין בחו"ל, גם אם לוקחים בחשבון את עלות המשלוח. אפשר להזמין את הכלים אצל ספקים שונים, ביניהם Aircraft Spruce ואחרים (חיפוש קצר בגוגל, ייתן לכם מספיק ספקים). כשאני עשיתי את ההזמנה, תיאמתי עם חברת השילוח כי וואנס יישלחו את הקיט לניו-יורק אל מחסני המשלוח ואת הכלים הזמנתי אצל ספק אחר (Avery) וגם אותו ביקשתי שישלח לניו-יורק למחסני המשלוח. כאשר שתי החבילות הגיעו לניו יורק, בתאום עם המשלח הוא מצא מכולה שהיה בה מקום עבור שתי החבילות ואז הוא צירף למכולה שלו. בכך חסכתי כמה מאות דולרים בעלות השילוח.

זהו. הקיט הגיע!

6. "ספירת מלאי" - Inventory

עכשיו, כבר מתחילים לעבוד! ממש!

אני מניח כי יצרן הקיט שלח, יחד עם חלקי הקיט, רשימת חלקים. ואני מניח גם, כי לכל חלק יש מספר מזהה כלשהו או מק"ט. עכשיו צריך לפרק את החבילות ו"לפזר" את החלקים במקומות האכסון, שהוכנו מראש. אני מאד ממליץ, לתת לכל אזור, או מדף, או ארון, זיהוי כלשהו (יכול להיות אותיות, שמות, מספרים וכל דבר שיעזור לאתר את המקום).

כאשר פורקים את החלקים, יש למצוא כל חלק ברשימת החלקים, ולסמן "✓" ליד המספר שלו לאכסנו במקום המיועד לו ואז, גם להוסיף ברשימת החלקים, את מיקומו באכסון. נכון כי תדע היכן שמת כל חלק, אבל, מניסיוני, אני יכול לומר כי כעבור זמן, המיקום נשכח ומתבזבז זמן רב באיתור החלקים. ישנם יצרנים של קיטים המסמנים את החלקים במדבקות וישנם המדפיסים ע"ג החלק את סימן הזיהוי שלו. אני ממליץ, בנוסף, לקחת טוש לא מחיק ולסמן בגדול באופן שקל יהיה לזהות את הסימון גם מבעד לשכבת אבק שתצטבר עליו עם הזמן. עוד המלצה חמה - כדאי לרכוש סט מטבעות מספרים, שאפשר להטביע על חלקים שונים (במכה עם פטיש) וזאת כדי שבזמן צביעה של חלק, ניתן יהיה לזהות את החלק באמצעות המספר המוטבע בו.



איור ב.9 - מטבעות מספרים

ככל שיושקע זמן רב יותר ורצינות רבה יותר ב"ספירת המלאי" עם קבלת החלקים, יחסך זמן רב יותר במהלך הבנייה.

אני מאד ממליץ, לרכוש כמה עשרות קופסאות פלסטיק מרובעות בעלות מכסה הנסגר ב"קליק", המשמשות למכירת מזון בסופרמרקט, אשר ישמשו לאכסון ברגים, ניטים ואביזרים קטנים. היתרון של הקופסאות האלו היא העובדה כי ניתן להניח אותן אחת על גבי השנייה. יש לסמן על כל קופסה את תכולתה למשל, אם היא מכילה ניטים AN426AD4-3.5, יש לכתוב עליה (והדרך הטובה ביותר היא להשתמש ב-DYMO - מדפסת סרט) את מספר הפריט הנמצא בה. כאשר מסדרים את הקופסאות בארון, מניחים אותן, כאמור, אחת על גבי השנייה, לפי "סדר עולה" או סדר יורד, של מספרי החלקים.



איור ב.10 - קופסא 1 ליטר מלבנית - לאכסון ברגים, ניטים וחלקים קטנים

מומלץ להכין "מדפים עליונים צפים" עליהם יושמו חלקים גדולים, לאחר שבנייתם הסתיימה. את המדפים הללו מחברים לקירות בגובה של, לפחות 2 מטר (ע"מ שלא להפריע להליכה סביב המטוס או שולחן העבודה). אפשר לעשות מדפים ממש אך אפשר גם להכין מעין "וויס" מתאימים לחלקים אותם רוצים לאכסן.

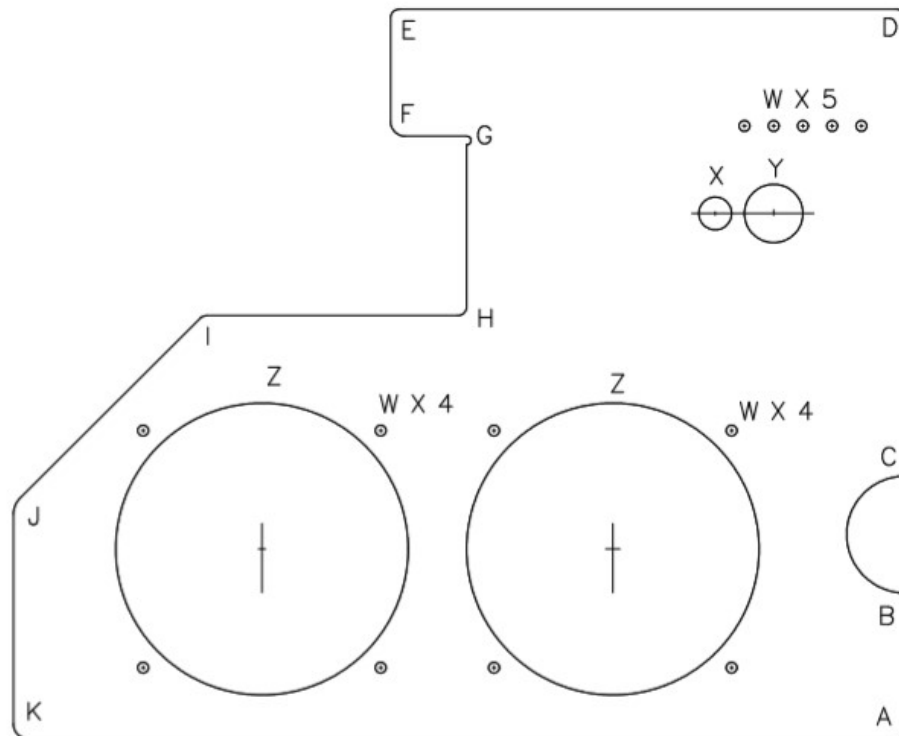
פרק ג - התחלת הבנייה - אימון והתארגנות לעבודה על המטוס

1. אימון

מתוך הנחה כי הבונה חסר ניסיון בבניית מטוסים בכלל ועבודה באלומיניום בפרט, כדאי מאוד לעבוד על מודל (דגם אימון), שיקנה לבונה את ההיכרות עם החומרים, הכלים והאביזרים, בהם ישתמש במהלך הבנייה. ישנם יצרנים המספקים "קיט אימון" שיכול להיות קופסה או איזה שהוא אביזר מאלומיניום שיאפשר "לחוש" את הטכנולוגיה המשמשת בבניית המטוס ולהתאמן. וואנס, למשל, מספק "קיט ארגז כלים" ו"קיט כנף" אותם יש לחתוך, לכופף, לקדוח ולסמור. בכך, הבונה חסר הניסיון, יעשה היכרות עם השרטוטים, עם האלומיניום, חיתוך, קדיחה וסמור. אם לא הגיע קיט אימון, אפשר להכין לבד. כדאי לרכוש שאריות פחי אלומיניום אצל חברות העוסקות בזיווד אלקטרוניקה. (כדאי לומר להם למה ישמשו, ושזה עבור אימון בבניית מטוס - והדלתות תיפתחנה) ועל פחים אלו לעבוד. לא צריך פחים גדולים. חתיכות של, אפילו 20 ס"מ על 20, יכולות להספיק. כדאי להכין שרטוט כלשהו, אותו להעתיק לפח. לאחר סימון קווי החיתוך על הפח, צריך לחתוך במספריים. יש לשים לב כי אסור שתהיינה פינות חדות! אם מדובר בפינה חיצונית, יש לעגל במקצת ואם בפינה פנימית, יש לקדוח חור בפינה, לפני החיתוך ולחתוך עד למשיקים של שולי החור. באופן זה תתקבל פינה מעוגלת.

2. פאנל אימון

באזור 1. מופיע כדוגמה, שרטוט "סקיצה" של פאנל. החומר אלומיניום AL2024-T4, עובי החומר 1.5 מ"מ (0.062"). זהו "תרגיל" או "מאמן", שכל אחד יכול לעשות לעצמו. המידות אינן קריטיות. את הפאנל יש לחתוך לפי הצורה המשורטטת (בערך). החיתוך ייעשה במספרי פח. יש מקומות שצריך להשתמש במספרים ימניים, יש מקומות שיש צורך במספרים שמאליים ויש המתאימים למספרים ישרים. כל אחד ימצא לעצמו באילו מספרים להשתמש עפ"י נוחות העבודה (רמז - כאשר גוזרים במספרים, צד אחד של הפח עולה וצד אחד יורד). מומלץ לא לחתוך ממש על הקווים אלא, מעט מחוץ לקווים ע"מ שניתן יהיה להגיע למידות הסופיות בליטוש. לאחר החיתוך צריך להוריד גרד בכל מקומות החיתוך. הורדת הגרד יכולה להיעשות באמצעות שופין עדין או הסקוטץ' המסתובב ע"ג המשחזת. שתי הפינות H ו-G הן פינות פנימיות. פינה G היא פינה "צפופה" ולכן יש לקדוח חור בקוטר של 2 עד 2.5 מ"מ לפני החיתוך. הכוונה היא כי קווי החיתוך "יפגשו" את שולי החור ללא היווצרות מדרגה. פינה H גם היא פינה פנימית. צריך לקדוח חור בקוטר של 4 עד 6 מ"מ ולחתוך, כך שקווי החיתוך יפגשו את שולי החור עפ"י השרטוט. כל שאר הפינות הן פינות חיצוניות ואפשר לעגל אותן לאחר החיתוך. כמובן, שחובה להוריד גרד לאחר העיבוד והעגלת הפינות.



איור ג.1 - פאנל אימון

לאחר קבלת הפאנל החתוך ולאחר שהורדו הגרדים מסביב, הגיעה העת לקדוח. כל קידוח מתחיל בסימון מיקום מרכז החור. מומלץ להדביק מסקינג טייפ על גבי הפח, במקום שאותו רוצים לסמן. לכך ישנם שני יתרונות: האחד - קל יותר לסמן בעפרון או בעט כדורי על מסקינג טייפ מאשר על אלומיניום חשוף והשני בזמן הסימון המקדח נוטה פחות "לברוח" - להחליק.

לאחר סימון מרכזי החורים כ"הצטלבות" שני קווים, יש להשתמש ב"קרנר" (מדגש) שהוא מעין "איזמל" קטן אשר קצהו עגול וחד. מניחים את קצה המדגש במרכז מפגש קווי הסימון ובאמצעות פטיש נותנים מכה קלה ואז נוצר שקע קוני בפח, שם קל יותר לנעוץ את קצהו החד של המקדח בזמן הקידוח.

החורים W הם חורים בקטרים קטנים. "חור קטן" משמעו חור שקוטרו אינו גדול משלוש פעמים עובי האלומיניום.

חורים אלו ייקדחו במקדחים רגילים (מומלץ כי המקדחים יהיו מקדחי קובלט).

החורים X ו-Y הם חורים בעלי קוטר גדול ביחס לעובי החומר ולכן צריך להשתמש במקדחים המיועדים לקידוח בפח (ראה [איור 3.א](#)). שיטת הקידוח - קודחים חור קטן בקוטר של 1.5 מ"מ עד 2.0 מ"מ במרכז החור ואז משתמשים במקדח המיועד לאלומיניום. חובה לשים לוח עץ מתחת לפח, אשר ישמש "קונטרה" ללחץ הקדיחה. את הקידוח יש לבצע במהירות נמוכה עד שהמקדח יחדור לתוך הפח.

את החורים Z אפשר לעשות בשני אופנים: קדיחת חור והגדלה באמצעות "מגדילי חור" או "פאנץ" בקוטר המתאים. בשום אופן אין להשתמש במקדח "גביע"!

ניתן היום להשיג פאנצ'ים עבור חורים למכשירי פאנל בקטרים $2\frac{1}{4}$ " ו- $3\frac{1}{8}$ " (קטרים סטנדרטיים של מכשירי הפאנל) ראה [איור ג.2](#), המחוברים זה לזה - צד אחד עבור המכשיר הקטן וצד שני עבור הגדול. לפני לחיצת הפאנצ'ים יש צורך לקדוח "חור מוביל" עבור הבורג של הפאנץ'. כך, כמובן, יש לעשות גם עבור מגדיל החורים. השימוש ב"מגדיל חורים" מחייב זהירות רבה לוודא כי המקדח ניצב לפני השטח ויש להפעיל לחץ מתון.

כאשר משתמשים בפאנצ'ים, מומלץ לשים מעט שמן (או נפט) במקום החיתוך של הפח וקצת שמן על הבורג והאות של הפאנץ'. מתיחת הבורג, כדאי שתעשה במפתח ראצ'ט.



איור ג.2 - מצד ימין - מגדילי חורים סיבוביים ומשמאל - פאנצ'ים למכשירי פאנל

3. חיבור מסמרות

לאחר שנרכש "מספיק ניסיון" בחיתוך ובקידוח, אפשר להתחיל להתאמן בחיבורי מסמרות. לצורך כך, מומלץ לקחת שתי חתיכות פח, אותן נצמיד זו לזו באמצעות מסמרות מסוגים שונים. על אחד הפחים נסמן ארבעה קווים מקבילים במרחק של כשניים עד שלושה ס"מ זה מזה (תזכורת - רצוי להדביק על הפח מסקינג טייפ, עליו יהיו כל הסימונים). על כל קו, נסמן קווים ניצבים במרחק של שלושה ס"מ זה מזה באופן שתתקבל מעין "רשת של קווים". לארבעת הקווים האופקיים נקרא שורות A, B, C & D. ולקווים האנכיים נקרא עמודות 1, 2, 3, 4 ועד 8. בכל מפגש של קווי עמודות עם קווי שורות, נסמן באמצעות המדגש נקודת קידוח. בפח המסומן, נקדח חור "A1" באמצעות מקדח מס' 40 וחור שני "D8" נקדח באמצעות מקדח #30. נניח את הפחים זה מעל זה, כאשר הפח הקדחון יהיה עליון ומתחתיו, הפח התחתון, יחפוף את כל שטח הסימונים בפח העליון. דרך חור A1 הקדחון בפח העליון, נקדח באמצעות מקדח #40 חור בפח התחתון. באמצעות קלקו "בלונדיני" (ראה איור ג.3) ופלייר קלקואים, נצמיד את הפח המסומן (העליון) אל הפח התחתון.

עכשיו נקדח, באמצעות מקדח #30, חור שיעבור דרך חור D8 לפח התחתון. ניקח קלקו "ג'ינג'י" ובאמצעות פלייר קלקואים נצמיד את שני הפחים בחור D8. קיבלנו שני פחים מוצמדים זה לזה, שאינם יכולים לזוז. עכשיו נוכל לקדוח את שני הפחים ביחד, בחפיפה מושלמת של החורים. נקדח את כל החורים בשורה A ובשורה B באמצעות מקדח #40. לאחר כל קידוח שני, יש להצמיד את הפחים באמצעות קלקו בלונדיני. את שתי השורות C ו-D נקדח במקדח #30 ושוב, כל חוק שני, נצמיד באמצעות קלקו ג'ינג'י.



איור ג.3 - תפסנים זמניים, "קלקואים". מימין - קלקו "בלונדיני" לקדחים 3/32, במרכז - קלקו "ג'ינג'י" לקדחים 1/8 ומשמאל - קלקו "שמן" לקדחים 3/16



איור ג.4 - פלייר קלקואים

עם גמר קידוח החורים צריך להפריד בין שני הפחים ע"י הסרת כל הקלקואים. מומלץ לסמן גם על הפח התחתון, את חורים A1 ו-D8.

לאחר הפרדת הפחים צריך להוריד גרד מכל הקדחים. את הורדת הגרד עושים באמצעות כלי הורדת גרדים אותו מסובבים, בעדינות, משני צידי החור. הסיבוב יעשה ללא לחיצה על הכלי (אין כוונה לעשות "פאזה" על שולי החור, אלא רק "לשבור את הפינה החדה"). ניתן להוריד גרד גם באמצעות מקדח בקוטר גדול, לפחות פי 2 מקוטר החור.



איור ג.5 - כלי להורדת גרד

לאחר הורדת הגרד, נתאמן ביצירת שקעים (dimpling) עבור מסמרות AN426. נשתמש בשתי טכניקות: האחת תהיה בשיטה של השקעה והשנייה בשיטה של "כרסום" (Countersinking). את החורים B1 עד B4 ואת החורים D1 עד D4 נעשה באמצעות השקעה ואת החורים באותן שורות בשיטה של כרסום.

השקעת החורים נעשית ע"י שימוש בכלי לחיצה ידני אשר הורכבו לו Dimpling Dies - קצוות השקעה. אלו באים בזוגות - זכר ונקבה, בקוטר המתאים לקוטר החור. כאשר מבצעים את פעולת ההשקעה, הזכר יהיה בצד השקוע של הפח.



איור ג.6 - Dimpling dies

לחורים B5 ו-B6 ו-D5 ו-D6 נשתמש באותו מכשיר שהשתמשנו להורדת הגרד, אלא, שהפעם, נפעיל לחץ על הכלי תוך כדי סיבוב באופן, שיוריד חומר. יש לעשות פעולה זו בשלבים, כאשר בכל פעם מכניסים מסמרה AN426 (ראש שטוח) ובודקים שעומק ההשקעה הוא כזה שראש המסמרה שקוע עד לשטח הפח. לא בולט ולא שקוע מידי. את החורים בשורה B נהדק עם מסמרה AN426 AD3-x ואת החורים בשורה D נהדק עם מסמרה AN426 AD4-x.

את שאר החורים בשורות B ו-D נעשה באמצעות מכשיר המיקרו-משקיע (Micro countersinking). גם כאן, יש צורך לעשות את הפעולה בהדרגה תוך כדי בדיקה לקבלת ראש המסמרה שטוח ("פלאש") אם שטח הפח. את ההשקעה בלחיצה, עושים הן בפח העליון והן בפח התחתון ואת ההשקעה בכרסום עושים רק בפח העליון. הפח התחתון נשאר ללא כל שינוי.

הערה - אם במהלך הבניה של המטוס נדרש להצמיד פח דק לחומר עבה, בפח הדק תעשה השקעה

באמצעות דימפלינג ובחומר העבה תעשה השקעת counter sinking.



איור 7.ג - מכשיר מיקרו עצירה Micro Countersinking

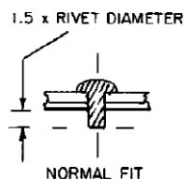
מומלץ גם לקדוח מספר חורים בקטרים המתאימים למסמרות משיכה עיוורות, ראש פטריה אוניברסאלי וראש שטוח. לנעוץ מסמרות ולמשוך אותן באמצעות כלי המשיכה שלהן. פעולה זו היא אינטואיטיבית ואין טעם להרחיב את הדיבור. בהמשך, במקומות שיהיה צורך בטכניקות משיכה מסוימות (פינות וקצוות אלכסוניים), תהיה התייחסות מיוחדת ויבוא הסבר מפורט.

5. הידוק המסמרות

לאחר שקדחנו את הפחים ועשינו את ההשקעות הנדרשות, הגיע הזמן, לחבר את הפחים באמצעות המסמרות. במטוס "האמיתי" מאד מומלץ לצבוע את הפחים, במקום המגע שלהם - פח בפח וזאת ע"מ למנוע היווצרות קורוזיה (שיתוך) במקום החיבור בין הפחים. מאחר וברוב המקרים הפחים יעברו תהליך צביעה בהמשך, ממילא יש צורך לצבוע בצבעי יסוד: ווש פריימר וסטרוניזציום - הסבר יבוא בהמשך המדריך. דבר ראשון יש לוודא כי הפחים מוצמדים זה לזה באמצעות הקלקואים המתאימים - שורות A ו-B באמצעות קלקואים "בלונדיניים" ושורות C ו-D באמצעות קלקואים גינגיים. בשלב זה, כל החורים מוצמדים בקלקואים.

נתחיל בשורה A.

נשתמש במסמרות בעלות ראש פטרייה אוניברסאלי מסדרה AN470 AD3-X. אורך גזע המסמרה (x) יהיה עובי שני הפחים ביחד פלוס פעם וחצי עובי גזע המסמרה.



יש להוציא את הקלקו מחור A2 ולאחר הכנסת המסמרה למקומה, יש להדק אותה. ההידוק נעשה באמצעות "אקדח למסמרות" Rivet Gun ראה איור 9.ג. ישנם סוגים שונים כאשר, עיקר ההבדלים ביניהם הוא באורך "הקנה" שלהם.

איור 8.ג - התאמת המסמרה לפחים



בדרך כלל, כאשר מזמינים אקדח ניטים, ליד המק"ט שלו יופיע גם הביטוי X1, X2, או X3, המציין את אורך הקנה. ההמלצה היא ללכת על אורך X2 או X3. כל אחד עם הנוחות שלו. כמובן שככל שאורך הקנה ארוך יותר, האקדח כבד יותר.

בקצה הקנה ישנו קפיץ, שתפקידו לשמור שהחלק שדופק את המסמרות לא יעוף בזמן העבודה.

את כניסת האוויר לפטיש ניתן לווסת באמצעות "וסת לחץ" Regulator אותו מחברים בכניסת האוויר לידיית האקדח.

איור ג.9 - אקדח סימור - מידות הקנה

לכוונן עוצמת המכות של הפטיש, מושכים את הכפתור החוצה ומסובבים ימינה - להגדלה ושמאלה - להקטנת הלחץ.



לחץ

איור ג.10 - וסת לחץ לאקדח סימור

בצידו השני של הוסת מחברים לחץ אוויר מהיר, שניתן לחברו לצינור האוויר המגיע מהקומפרסור.



איור ג.11 - מחבר זכר מהיר ללחץ אוויר לכלים פניאומטיים

החלק שדופק את המסמרה נקרא Rivet-Set וישנם גדלים שונים המתאימים למסמרות שונות. ראה **איור ג.12**.



איור ג.12 - "דופקי מסמרות" Rivet Set

Rivet set "A" מתאים למסמרה AN470 AD3, "B" מתאים למסמרה AN470 AD4 וכו'. Rivet set "E" מיועד לדפיקת מסמרות מסוג AN426 (אלו בעלו הראש השטוח).

את ה-Rivet set יש להכניס לתוך קנה האקדח ולאבטח אותו באמצעות הקפיץ. לאחר הכנסת ה-Rivet set לאקדח, יש לכווץ את עוצמת המכות באקדח באמצעות ה"רגולטור".

לכוונון הרגולטור מומלץ לקחת חתיכת קרש עץ להצמיד את דופק המסמרות אל הקרש וללחוץ על הדק האקדח. תתקבלנה סידרה של "דפיקות" בקצב ובעוצמה מסוימים. לאחר רכישת ניסיון, תלמד לכוון את הקצב והעוצמה לאלו הדרושים לכל פעולת הידוק מסמרות. אלו תלויים בגודל המסמרה ובגודל החלקים אותם מהדקים. אני ממליץ להיכנס לאינטרנט, ליוטיוב ולנסות לחפש איך עושים את פעולת הוויסות.

כאמור, את המסמרה דופקים

באמצעות אקדח המסמרות עם הדופק המתאים לראש המסמרה.

בצד השני של המסמרה, יש להניח "סדן" Bucking Bar המגיע בצורות,

גדלים ומשקלים שונים. תוך כדי

עבודה, תלמד לבחור את הסדן

המתאים לכל הידוק מסמרה. יש

לציין, כי עם הזמן והניסיון הנרכש,

תראה כי ישנם מקומות המחייבים

שימוש בסדנים "מיוחדים" אותם יש

להכין לבד (אני השתמשתי, בין השאר

בראש של פטיש 300 גרם, אותו

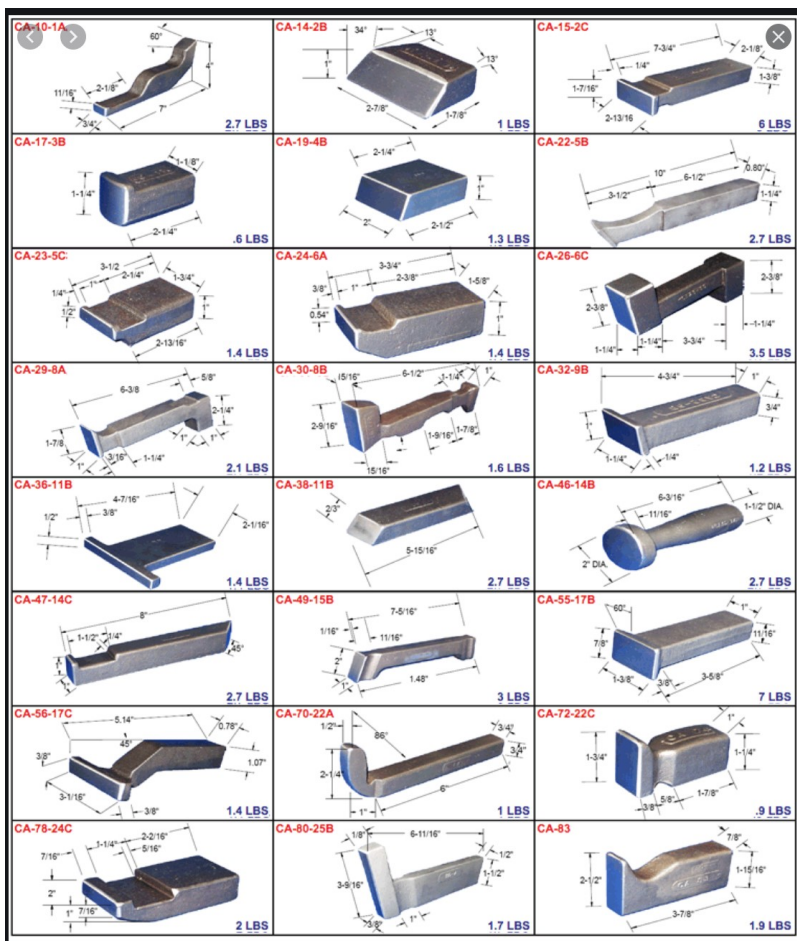
שייפתי באמצעות אבן משחזת לצורה

שהתאימה לפינה מסוימת. היה

מקרה שהייתי צריך לקחת מוט ברזל

ולעצב אותו בצורה "משונה" כדי

להגיע לאיזו פינה וכן הלאה).

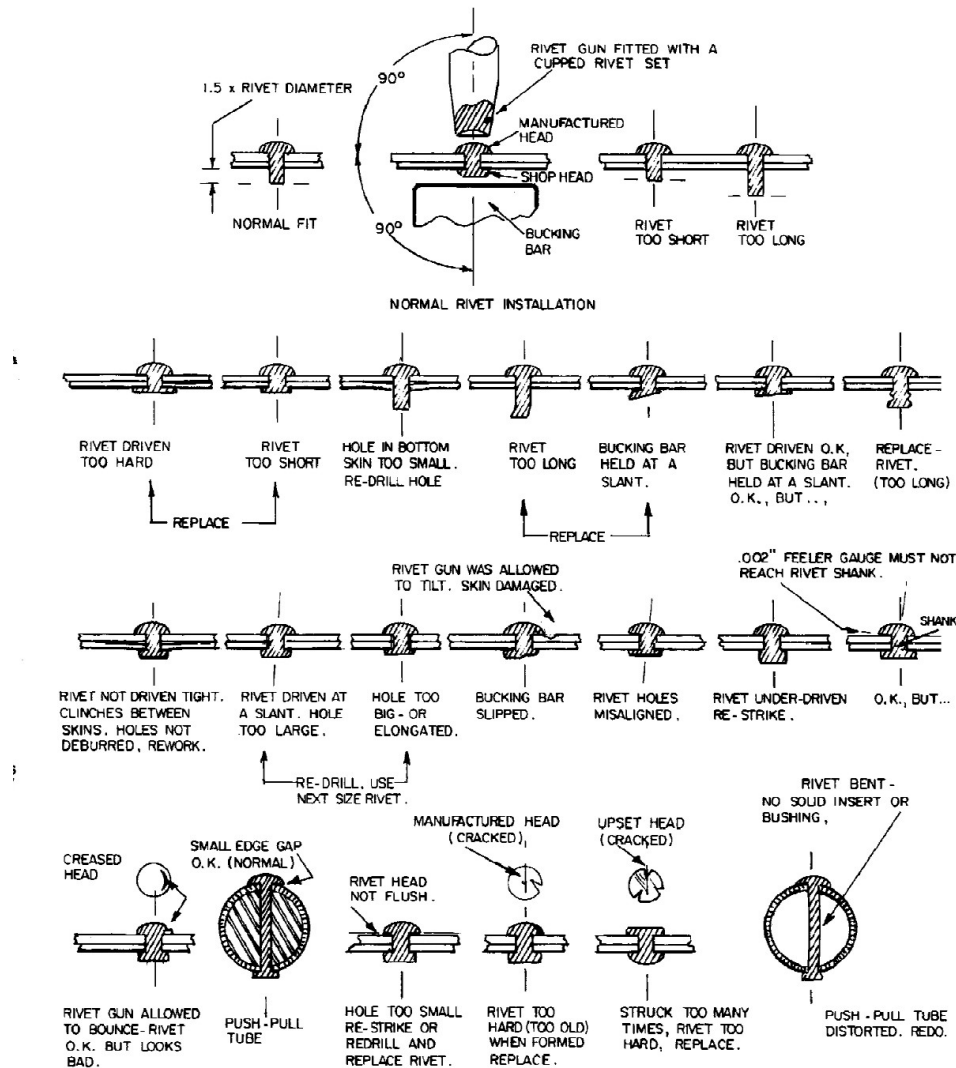


איור ג.12 - צורות שונות של "סדנים" להידוק מסמרות קשיחות.

לאחר שהאקדח מוכן, נבחר Rivet set מתאים לראש המסמרה ולחץ האוויר כוון גם הוא, באמצעות הוסת, ניגש להידוק המסמרה. יש לתמוך את הפחים אותם מצמידים אל משהו יציב. המסמרה הוכנסה למקומה ונבחר הסדן המתאים.

מניחים את ה-Rivet set ע"ג ראש המסמרה. יש להקפיד כי קנה האקדח יהיה ניצב לפני השטח של הפחים! מניחים את הסדן מתחת לקצה גזע המסמרה - יש להקפיד כי משטח הסדן הנוגע בגזע המסמרה, יהיה גם הוא מקביל לפני השטח של הפחים! ולוחצים על הדק האקדח לשנייה עד שתי שניות.

בודקים את צד המסמרה שהודק ואם הוא אינו עונה על הדרישה עפ"י איור ג.13, יש לחזור על תהליך הדפיקה.

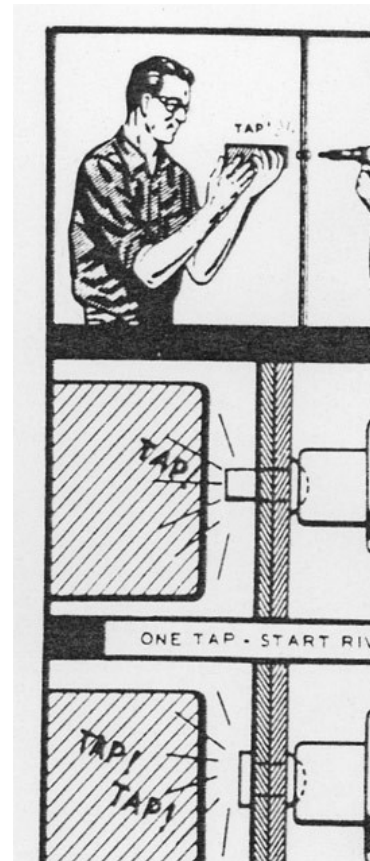
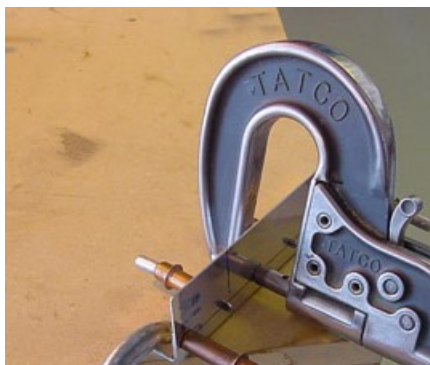


איור ג.13 - הידוק נכון של מסמרות ראש פטריה.

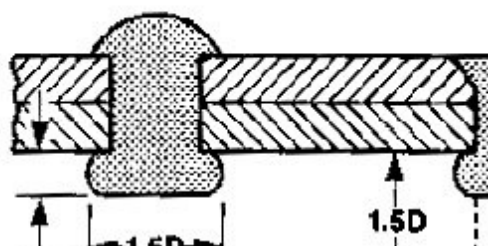
אם לאחר דפיקה של שנייה שתיים גזע המסמרה נמעך יותר מידי, יש להקטין את לחץ האוויר באמצעות הוסת. אם הדפיקה השנייה עדין לא נתנה את ההידוק הנכון, יש להגביר את לחץ האוויר באמצעות הוסת. לאחר הידוק המסמרה הראשונה בשורה "A" אפשר להוציא את הקלקו הסמוך, להכניס מסמרה ולהדק אותה. כך חוזרים על כל המסמרות בשורה "A". ואז עוברים לשורה "C". אולם, כן מדובר במסמרות AN426 AD4-x וזה אומר, שצריך להחליף את ה-Rivet set באקדח המסמרות. יש להוציא קלקו אחד (בדרך כלל, מומלץ להשאיר את הראשון, להדק את המסמרה השנייה ואז, אפשר לחזור לחור הראשון. עכשיו, אפשר לעבור למסמרות AN470 AD3-x וללהדק אותן בשורה "A". לצורך כך, יש להחליף את ה-Rivet set באקדח לזה המסומן ב-E.

תהליך הידוק המסמרות דומה, בעיקרון להידוק המסמרות הקודמות. מה שיש להקפיד הוא, לוודא כי קודם יש ללחוץ את ה-Rivet set אל ראש המסמרה, להכניסה עד הסוף לתוך החור ורק אז להביא את הסדן אל גזע המסמרה ולדפוק עם האקדח. אם לא יישמר הסדר הזה, כלומר, הסדן יוצמד לגזע המסמרה לפני שה-Rivet set הידק את ראש המסמרה עד הסוף לתוך החור, אזי, יישאר רווח בין ראש המסמרה ומשטח הפח. לאחר הידוק המסמרה צריך לוודא כי המשטח העליון של ראש המסמרה אינו בולט ואינו שקוע בפני הפח.

לאחר רכישת המיומנות בהידוק מסמרות באמצעות אקדח וסדן, אפשר להתאמן בשימוש ב"לוחץ" מסמרות ידני (squeezer). ראה [איור ג.14](#) בצד שמאל למטה. גם ללוחץ הידני יש להחליף את ה"ראשים" שיתאימו למסמרה אותה מהדקים. בעבודות מקצועיות, בבתי מלאכה ממוסדים, את הלוחץ הידני, מחליף "לוחץ פניאומטי" הפועל על אוויר דחוס. כל בונה יעשה את השיקולים שלו, האם כדאי לו לרכוש את הלוחץ הפניאומטי (שגם עולה הרבה כסף וגם, יחסית, כבד).



איור ג.14 - שיטות הידוק מסמרות



איור ג.15 - מסמרות מהודקות כהלכה

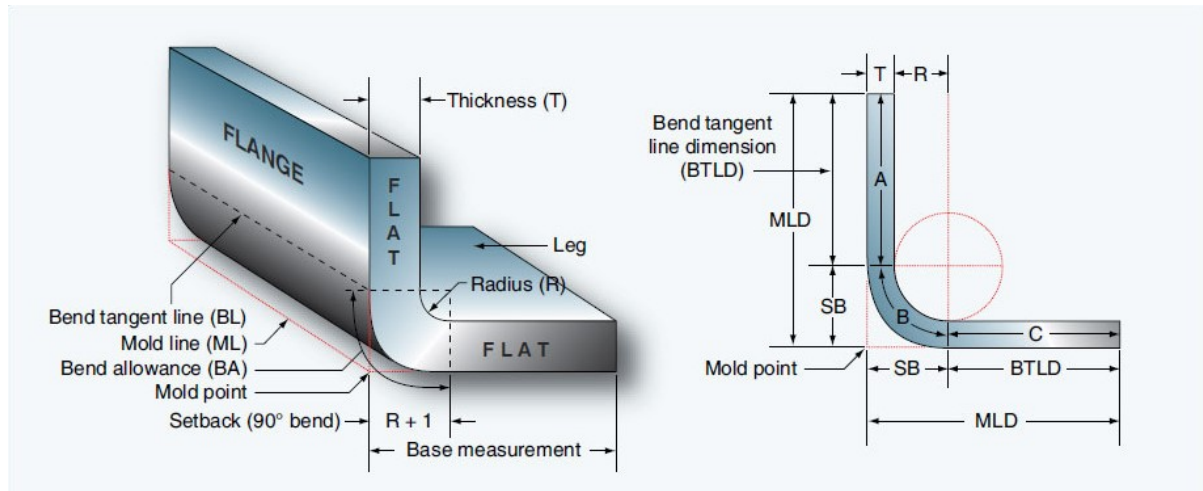
לאחר שנרכש ניסיון בהידוק מסמרות מלאות, אפשר לקדוח מספר חורים נוספים בפח ולהתאמן בהידוק מסמרות עיוורות. כאן אין "טכניקה מיוחדת" אבל, כדאי להקפיד כי המסמרה תוכנס עד הסוף לתוך החור ודבר שני, כי מכשיר המשיכה יהיה ניצב לשטח הפח. אולי כדאי להדגיש כי מאד חשוב להוריד גרד מהחורים בשני הפחים אותם מצמידים באמצעות מסמרות עיוורות וחשוב מאד כי הפחים יהודקו היטב זה לזה לפני משיכת המסמרה. אם הפחים לא יהיו צמודים, עלול להיווצר מצב שהמסמרה "תתנפח" במרווח שבין הפחים ולא יהיה ניתן להצמידם לאחר פעולת המשיכה.

סרטון קצר המלמד את כל מה שנאמר בפרק זה אפשר לצפות בלינק :

<https://www.youtube.com/watch?v=1hB3rIEctxM>

5. כיפוף פחים

רוב יצרני הקיטים מספקים מכופפים, שכבר כופפו במפעל. וזאת משום שכיפוף פח תעופתי AL2024-T4 דורש טכניקה מסוימת וכלי כיפוף מתאימים. זהו חומר קשה, יחסית, וכיפוף חד יגרום להחלשתו, במקרה הטוב ושבירתו במקרה הפחות טוב. בעיקרון, כיפוף זוויתי של פח חייב להיעשות תוך שמירה על רדיוס פנימי מינימאלי.



איור ג.16 - כיפוף פחים תעופתיים

MINIMUM BEND RADIUS FOR ALUMINUM ALLOYS

Thickness	5052-0 6061-0 5052-H32	7178-0 2024-0 5052-H34 6061-T4 7075-0	6061-T6	7075-T6	2024-T3 2024-T4	2024-T6
.012	.03	.03	.03	.03	.06	.06
.016	.03	.03	.03	.03	.09	.09
.020	.03	.03	.03	.12	.09	.09
.025	.03	.03	.06	.16	.12	.09
.032	.03	.03	.06	.19	.12	.12
.040	.06	.06	.09	.22	.16	.16
.050	.06	.06	.12	.25	.19	.19
.063	.06	.09	.16	.31	.22	.25
.071	.09	.12	.16	.38	.25	.31
.080	.09	.16	.19	.44	.31	.38
.090	.09	.19	.22	.50	.38	.44
.100	.12	.22	.25	.62	.44	.50
.125	.12	.25	.31	.88	.50	.62
.160	.16	.31	.44	1.25	.75	.75
.190	.19	.38	.56	1.38	1.00	1.00
.250	.31	.62	.75	2.00	1.25	1.25
.312	.44	1.25	1.38	2.50	1.50	1.50
.375	.44	1.38	1.50	2.50	1.88	1.88

טבלה ג.16 - הגדרות לכיפוף פחי אלומיניום וטבלת רדיוס מינימאלי לכיפוף לסגסוגות שונות ולעוביים שונים.

הדרך הטובה ביותר לעשות את הכיפוף היא מכונת כיפוף, שניתן למצוא בכל בית מלאכה לעבודות פח (כמובן, שעדיף, כאלו שעובדים באלומיניום). אלו העובדים בפחי פלדה, ספק אם המכונות הכיפוף שלהם תהיינה מדויקות ובמצב המתאים לכיפוף אלומיניום). טכניקה נוחה ופשוטה לשמור על רדיוס הכיפוף המינימאלי (מינימאלי - כן?) היא להניח פח נוסף באותו עובי של הפח אותו אנחנו רוצים לכופף, בצד הפנימי של הכיפוף. זה יבטיח כי הרדיוס יהיה גדול מהמינימאלי הנדרש.

סוג אחר של כיפוף, נדרש במספר סוגי קיטים, הוא "העגלה" של הפח. ישנן כל מיני שיטות לעשות זאת ושיטה שאני נקטתי בזמנו, במטוס שלי, הייתה להצמיד את קצה הפח אותו רוצים לעגל, לאורכו של צינור מתכת או, אפשר אפילו, מקל של מטאטא, ולסובב את מוט המתכת תוך כדי העגלת הפח. כמובן, שגם טכניקה זו יש לתרגל ואם יש אפשרות כי בקיט אותו אתה בונה יש דרישה להעגלת פחים, תתאמן על זה כאן ועכשיו.

פרק ד - תהליך הבניה - התחלת העבודה

1. זנב המטוס - Empennage

הנחת היסוד המנחה אותי במדריך זה, היא, כי מדובר במטוס בו גוף המטוס בנוי בשיטת "מונוקוק" (Monocoque), כלומר, מעטפת הפח של הגוף היא, בפועל, המבנה (Structure) הנושא את הכוחות והמאמצים הפועלים על המטוס. בתוך הגוף ישנם "חציצים" (Bulkheads) המקנים למעטפת את צורתה. שיטת בנייה מונוקוק שונה מהשיטה, שבה ישנו שלד הנושא את הכוחות והמאמצים הפועלים על המטוס, ומעטפת הפח רק מעצבת את החיצוניות של המטוס (מבנה זה אפייני למטוסים מצופים בבד, או במעטפת עץ – ראה בחלק אחר של מדריך זה).

כאשר מדברים על זנב המטוס, מדברים על מייצב הגובה, הגה הגובה, מייצב הכיוון והגה הכיוון. ישנם מטוסי מתכת שמייצבי הגובה והכיוון עשויים פח ואילו הגאי הגובה והכיוון עשויים שלד מתכת המצופה בד. אנו נדון במבנה "כל מתכת".

בדרך כלל, מומלץ להתחיל את הבנייה דווקא במכלול הזנב, מפני, שזהו החלק במטוס, הפשוט ביותר לבנייה וגם הקל ביותר לתיקון במקרה של "פשלה". ובמקרה חמור יותר, של נזק בלתי ניתן לתיקון, גם החלק הזול ביותר לקניה מחודשת.....

יש יצרני קיטים הממליצים להתחיל במייצב הכיוון ויש המתחילים במייצב הגובה. כאן אין הבדל משמעותי מפני שטכניקת הבנייה של שניהם מאד דומה.

במייצב הגובה, ישנה קורה החולכת לכל אורך המייצב, מקצה לקצה. אל הקורה מחברים את החציצים (Ribs) - שים לב, בגוף הם נקראים bulkheads ובכנפיים ribs.

החציצים הם, "הפרופילים" של "כנף המייצב" והם אלו שמקנים למייצב את צורתו האווירודינאמית. בדרך כלל מייצב הגובה הוא בעל "פרופיל סימטרי", כלומר, העקימון העליון והעקימון התחתון זהים. אולם, ישנם מטוסים אשר בהם, המתכנן העדיף להקנות למייצב, פרופיל אסימטרי ובמקרה זה, סביר להניח שהעקימון התחתון יהיה קמור יותר מאשר העקימון העליון וזאת על מנת ליצור "עילוי מטה" לשמירת מרכז הלחץ של כנף המטוס הראשית, במקום המיועד. (במטוסים בעלי מייצב גובה בעל פרופיל סימטרי, המיתר של פרופיל המייצב יטה מטה - "זווית התקפה שלילית" - ע"מ לספק את ה"עילוי מטה", הנדרש לשמירת מיקום מרכז הלחץ של הכנף).

הקורה במייצב הגובה תהיה מורכבת ממספר "שכבות" והחתך שלה יהיה "I" או "U". חתך כזה מקנה לה את החוזק לכפיפה.

החציצים הקדמיים יוצמדו אל הקורה, בצידה הקדמי והאחוריים בצידה האחורי. במהלך הרכבת החציצים אל הקורה, יש לוודא היטב, איזה צד שלה הוא הצד העליון ואיזה התחתון. דבר זה יהיה חשוב, בהמשך, להרכבתה של הקורה אל גוף המטוס.

הצמדת החציצים תהיה באמצעות מסמרות קשיחות מסוג AN470 (ראש פטריה אוניברסאלי). את המסמרות מהדקים או באמצעות לוחץ ידני או באמצעות אקדח. ייתכן כי יהיו מקומות, שלא תהיה גישה ישירה ל Rivet



Set של האקדח, ואז יש צורך להשתמש ב- Offset rivet. זהו דופק מסמרות אשר ציר האורך שלו מוזז, מה שמאפשר כי האקדח ימצא במיקום מוזז לציר המסמרה.

איור ד.1 - מהדקי מסמרות מוסי' מרכז Offset Rivet Set



(אחת הבעיות העולות בעבודה עם אקדח ניטים מוסט, היא העובדה כי מהדק המסמרות המוסט, נוטה להסתובב ואז, לפעמים, הוא מחליק מראש המסמרה וקיימת סכנת פגיעה בחלק אותו מסמרים. ע"מ למנוע מצב זה, כדאי לקחת צינור גומי (כזה של השקיה או משהו דומה ולעטוף בצידו האחד את קנה האקדח ובצידו השני את מהדק הניטים. ראה איור ד.א: 1)

איור ד.א. 1 – מניעת סיבוב של מהדק ניטים מוסט

גם כאן, מאד אפשרי כי תידרש להשתמש בסדן מאולתר, שיתאים להיכנס לפינות צרות. כמובן שבין הסדנים השונים, שניתן לקנותם, יימצא אחד שיתאים, אבל מדובר בהוצאה כספית לא קטנה אם תצטרך גם את עלות המשלוח. תמיד אפשר למצוא איזה "גוש ברזל" ולעצב אותו בצורה שתתאים למשימה.

אם מדובר בייצור עצמי, חשוב מאד להקפיד כי השטח עליו "דופקים" את המסמרה, יהיה ישר וחלק! כאשר עובדים על מייצב הגובה (וגם על מייצב הכיוון), לעיתים נדרש להכין "גייג" (Jig, פיגוס) אשר עליו בונים את המייצב. הגייג יכול להיות עשוי עץ או מתכת. מטרת השימוש בגייג היא להיעזר במבנה יציב שיתמוך את החלקים בעבודה ויאפשר להתייחס לנקודה דמיונית או לקו דמיוני שיעזור במהלך הבנייה לשמור על החלק אותו מרכיבים, מיושר וללא עיוותים או פיתולים.

אם היצור לא עשה זאת, מומלץ מאד לקדוח קדח זעיר במקום כל שהוא שחייב להיות זהה בכל החציצים. כאשר מרכיבים את החציצים אל הקורה, ניתן להאיר בפנס יד בצד אחד ולוודא כי ניתן לראות את אור הפנס דרך כל החורים שבכל החציצים. דבר זה יבטיח באופן מוחלט כי כולם יהיו בקו ישר ובסופו של דבר יתקבל מייצב ללא פיתול או עיוות.

עוד כלי עזר שניתן להשתמש בו, הוא קידוח חור בקוטר של 1/4 אינץ' (6.4 מ"מ) בכל החציצים (חייב להיות באותו מקום בכולם) דרכו ניתן יהיה להעביר מוט הברגה 1/4", לכל אורך המייצב. אם מוט ההברגה אינו מספיק ארוך, אפשר לחבר שניים, אחד אל השני, באמצעות "מופה" (צינורית בה ישנה הברגה פנימית). לאותו מוט הברגה מרכיבים אומים משני צדדיו של כל חציץ ואז, באמצעות האומים, אפשר יהיה לכוון את החציצים כך, שיהיו מקבילים זה לזה וגם מתאימים לחורי הניטים שבפח החיצוני של המייצב. בטכניקה זו השתמשתי, במהלך בניית מיצבי הגובה והכיוון של המטוס שלי.

החציצים הקדמיים, יהיו מעוגלים בצידם הקדמי והחציצים האחוריים יהיו ישרים בחלקם האחורי. אל החלק האחורי של כל החציצים האחוריים מתחברת קורת אורך אשר אל צידה האחורי יתחברו אביזרים אשר ישמשו עבור הגה הגובה.

דרישה מנדטורית היא כי כל החורים של אביזרי חיבור צירי הגה הגובה יימצאו בקו אחד! כאמור, זוהי דרישה מנדטורית ויש להקפיד הקפדה יתרה על כך. גם כאן, הטכניקה הטובה לבדוק אם כל החורים מיושרים ונמצאים בקו אחד, היא השימוש בפנס אשר מאיר בצד אחד והאור צריך להגיע לצד השני ללא כל הפרעה. למי שיש פנס לייזר, אפשר להשתמש בו. במקרה זה, יש לתמוך את הפנס אל הגייג באופן שאלומת הלייזר תחדור לחור הקיצוני, במרכזו ואז לקחת נייר לבן ולהציבו אחרי כל אביזר ולוודא כי נקודת האור נמצאת מול מרכז החור של האביזר. טכניקה זו מאפשרת להגיע לדיוק רב מאד. (ככלל, למרות הדעה "הקדומה" האומרת כי

המטוס צריך להיות בנוי בדיוק נמרץ לפי התכניות, מסתבר כי אין צורך בדיוק של "אלפיות מ"מ" ומותרת סטייה קלה במידות המטוס. אך, דבר זה אינו נכון לגבי יישור צירים. כאן נדרש דיוק מאוד, מאד גבוה וזאת מהסיבה שאם לא יהיה יישור מוחלט של הצירים, תהיה הגבלה והפרעה לתנועה החופשית של ההגאים, מה שאינו בטיחותו ועלול לגרום לאסון!

כאשר מרכיבים להגאים עצמם - הגה הגובה והגה הכיוון, את הצירים המיסביים Rod End Bearings, הצירים הם בעלי הברגה המתברגת אל הקורה הראשית של ההגה וניתן, ע"י סיבובו של הציר המיסבי, להגיע בדיוק נמרץ למצב שכל מרכזי המיסבים של הצירים ימצאו בקו אחד. לאחר הכוונון, יש לאבטח את הצירים המיסביים באמצעות "אום נעילה" (Jam nut).



איור 2. ד - צירים מיסביים. Rod End Bearings מימין נקבה ומשמאל זכר

לא בכל המטוסים, נעשה שימוש בצירים מיסביים. יש דגמי מטוסים, שמשתמשים ב"ציר פסנתר" (Piano Hinge) כצירים להגאי הגובה והכיוון (אפילו בססנה 152, הצירים הם צירי פסנתר!) אגב, בציר פסנתר קל להדגים את העובדה שאם הציר אינו ישר במאה אחוז, קיימת הגבלת תנועה שלו. אפשר לקחת חתיכת ציר כזה, לכופפו מעט ולנסות לסובבו. מיד תורגש הגבלת התנועה.

לאחר בניית "שלד" המייצב, מתחילים לעבוד על ה"עור" (Skin). יש יצרנים שכבר קדחו את החורים בפח להצמדתו אל החיצים הפנימיים ויש כאלו שלא. אם פחי ה"עור" של המייצב הגיעו ללא קדחים, יש לסמנם עפ"י התכניות (וכאן מומלץ מאד, להקפיד על סימון מדויק, ככל שניתן, למיקום החורים ולאחר הסימון לקדחם במקדח קטן במעט מקוטר החור הסופי הנדרש עבור המסמרות בהן ייעשה שימוש בהצמדת הפח אל החיצים הפנימיים - השלד.

לאחר קידוח כל החורים, מומלץ (אם כי, בשלב זה לא חובה) להוריד את הגרד (De-burring) מכל החורים, בצד הפנימי ובצד החיצוני.

על החיצים מסמנים באמצעות טוש שחור את מרכז ה"פלאנגים" (אותו חלק מכופף של החציץ אליו יתחבר הפח החיצוני של המייצב) לכל אורכו של הפלאנג. פעולה זו יש לעשות על כל הפלאנגים של כל החיצים. כאשר מניחים את הפח החיצוני על השלד של החיצים, יש לוודא כי ניתן לראות את הקו השחור שסומן על הפלאנגים דרך חורי הפח החיצון. אם מתקבלת סטייה בחציץ כזה או אחר, אפשר, באמצעות שינוי מיקום אומי החיזוק שבמוט ההברגה, להזיז ימינה או שמאלה את החציץ או החיצים, עד לקבלת חפיפה בין החורים שבפח לקוי הסימון שבחיצים.

ואז, ניתן להתחיל בקידוח החיצים דרך החורים שבפח החיצוני.

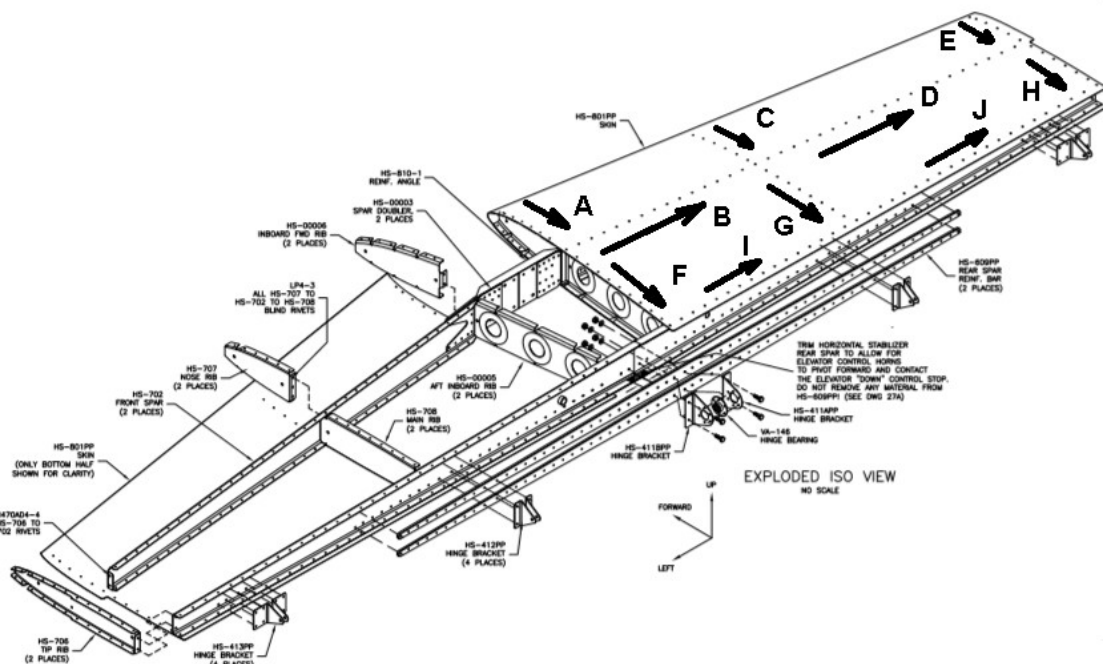
בשלב זה, הקידוח כבר ייעשה במקדח הנכון הנדרש עבור המסמרות שבהן ייעשה שימוש בהצמדת הפח החיצוני אל השלד.



איור 3. ד - חורי יישור חציצי הכנף

סדר העבודה המומלץ הוא להתחיל בקצה הקדמי ובמרכז המייצב ולהתקדם אחורה והחוצה. סדר זה יבטיח מניעת היווצרות "גבעות" בפח ומתיחתו ע"ג השלד. יש לשים לב, כי ייתכן שהצמדת הפח אל החציצים, תעשה במסמרות שונות במקומות שונים של הפח! לכן, מומלץ לסמן בטוש בצבע מסוים את כל החורים המתאימים לגודל או לסוג מסוים של מסמרות ולסמן את החורים המתאימים למסמרות מסוג או גודל אחר, בטוש בצבע שונה.

אחרי כל חור שנקדח, יש להצמיד את הפח אל השלד באמצעות קלקו מתאים.



איור 4. ד - סדר קידוח החורים במייצב הגובה

לאחר שכל החורים נקדחו, יש להוציא את כל הקלקואים ולהסיר את הפח מהשלד. בשלב זה יש להוריד את הגרד מכל החורים בפח החיצוני וגם בפלאנגים של כל החציצים. (עבודה סיזיפית ומעצבנת, אך אין ברירה. זהו חלק מצרכני הזמן הגדולים של העבודה).

אם היצרן קבע כי הצמדת הפח אל השלד תהיה באמצעות מסמרות שטוחות ראש (AN426) יש לבצע השקעת החורים (Dimpling) הן בפח והן בפלאנגים של החציצים. יש יצרנים, שיעדיפו לעשות שימוש במסמרות בעלות ראש פטריה, ואז, כמובן, אין צורך לעשות השקעת חורים

לאחר שכל החורים נקדחו, הגרד הורד מהם ונעשו השקעות (אם היה צורך), עכשיו יש לצבוע את מקומות החפיפה בין הפח החיצוני לבין הפלאנגים של החציצים. פעולה זו נדרשת על מנת למנוע היווצרות "שיתוך" (קורוזיה) במקומות המגע שבין שני פחים.

ההסבר על כל נושא הצביעה יובא בהמשך המדריך. בינתיים, חשוב להדגיש כי מספיק לצבוע את הצד הפנימי של הפח החיצוני ואת הצד החיצוני של הפלאנגים של החציצים, ב"ווש-פריימר" וב"סטרונוציום-כרומט". כמובן שהבונה יכול לבחור לצבוע את כל הפחים בצבעי היסוד הנ"ל ואז ממילא, יצבעו שטחי החפיפה. אחרי ייבוש הצבע ניתן להרכיב חזרה את הפח החיצוני על החציצים, להצמידו באמצעות קלקואים בכל החורים ואז להתחיל בתהליך הידוק המסמרות. גם סדר הידוק המסמרות יהיה מהמרכז הקדמי, אחורה והחוצה. בכל פעם יש להוציא קלקו, ולהדק מסמרה וחוזר חלילה. ייתכן כי יהיו מספר מסמרות שיהיה צורך ב"טריקיות" מסוימת בהידוקן. אין המלצות מיוחדות וכל בונה ימצא את הדרך הנוחה לו. בעיקרון, מאד מומלץ להיעזר בעוד אדם (ואם אפשר, בן משפחה - עדיף!!!) בתהליך הידוק המסמרות. אחד מחזיק בסדן ואחד מכניס מסמרות ודופק בפטיש המסמרות.

אני מבקש להזכיר: **קודם מכניסים את המסמרה לחור, אחר כך מצמידים את האקדח לראש המסמרה ואז מצמידים את הסדן לגזע המסמרה ודופקים עם הפטיש.** אם הסדן יוצמד ראשון למסמרה, ייתכן מצב שהמסמרה תצא ממקומה ולא יתקבל הידוק נכון שלה.

לאחר שסיימת את הרכבת מייצב הגובה ומייצב הכיוון, תוכל להתחיל לעבוד על הגה הגובה הגה הכיוון. בעיקרון, תהליך הבנייה די דומה. אולם, ישנם יצרנים אשר מחזקים את הפח של ההגאים באמצעות "מחזקים" stiffeners.

אלו הן זוויות פח אשר יש להצמידן לצד הפנימי של הפח העוטף את ההגה. ישנן טכניקות שונות להצמדת המחזקים אל הפח אבל, אני מניח כי הדרך הנוחה והמעשית היא להצמידן באמצעות מסמרות שקועות AD426, מה שאומר, שיש לעשות "דימפלינג" בפח של ההגה ובמחזקים עצמם. אם היצרן לא הכין חורים בפח ההגה, יש לסמן ולקדוח את החורים (בקוטר מעט קטן מאשר דרוש למסמרות) עבור המחזקים, עפ"י השרטוט הרלוונטי. לאחר הקידוח בפח, משתמשים באותה הטכניקה, שהשתמשנו בה לגבי סימון הקידוח בחציצים - סימון קו בטוש, לאורך המחזק בצד המוצמד אל הפח, הבאת המחזק אל הפח, הנחת הקו המסומן במחזק, מתחת לשורת החורים בפח, לקדוח את החור הראשון כבר, במקדח הדרוש למסמרה, להצמיד קלקו, לקדוח את החור האחרון בשורה ולהצמיד בקלקו ואז לקדוח את שאר החורים לפי הסדר ולהצמיד קלקו לכל חור שנקדח. **כאן כדאי לציין, כי דרך יעילה ונוחה לבצע את תהליך הצמדת המחזקים לפח של ההגאים, היא להניח את הפח ע"ג שולחן העץ ולקדוח את החורים דרך הפחים לתוך משטח העץ של השולחן, מה שמקל מאד את העבודה. את הקלקואים מחזירים דרך המחזקים ודרך הפח החיצוני אל תוך משטח העץ, באופן זה מתקבלת אחיזה נוחה של הפח והמחזקים.** לאחר שכל החורים נקדחו, אפשר להסיר את הקלקואים, להוריד גרד מכל החורים בפח ובמחזקים. לאחר מכן יש לעשות דימפלינג הן בפח והן במחזקים. אם הפח עדין לא צבוע בצבעי יסוד (ווש-פריימר ואחר כך סטרונציום) יש צורך לצבוע, הן את הפח והן את המחזקים, לפני הצמדת המחזקים לפח.

לאחר שהכול צבוע, אפשר להתחיל להצמיד את המחזקים לפח. הדרך הנוחה והפשוטה לעשות זאת, היא טכניקה שנקראת "מיסמור אחורי" Back Riveting. בשיטה זו, מכניסים את כל המסמרות לתוך החורים בפח ומדביקים "צלטייפ" (סרט הדבקה שקוף) על כל ראשי המסמרות. בכך, גם כאשר נהפוך את הפח, כשראשי המסמרות כלפי מטה, המסמרות לא תיפולנה.

לוקחים משטח מתכת (רצוי פלדה) ישר וחלק (מומלץ שלא יהיה מחוספס מפני שאז ישאיר סימנים בפח), עליו מניחים את הפח באופן שכל ראשי המסמרות צמודים אליו, "מלבישים" את המחזק על כל החורים שבו, ע"ג גזעי המסמרות ומתחילים להדק את המסמרות באמצעות אקדח מסמרות עליו "הולבש" "לוחץ מסמרות אחורי".



איור ד.5 - Back Riveting. מימין לוחץ המסמרות האחורי ומשמאל טכניקת העבודה

לאחר גמר הצמדת המחזקים אל הפח החיצוני של ההגה, מתחילים להצמיד את הפח אל החיצים (ribs). מומלץ להכין גייג כפי הנראה באיור ד.6, לתוכו מכניסים את הפח ולתוך הפח מכניסים את החיצים. באופן זה, ניתן להגיע לצד הפנימי של המסמרות בזמן שמהדקים אותן לחיבור הפח לחיצים. יתרונו של הגייג הזה, העשוי שני חלקים נפרדים, היא האפשרות להשתמש בו עבור כל הגאי המטוס (הגה כיוון, הגאי גובה ומאזנות)

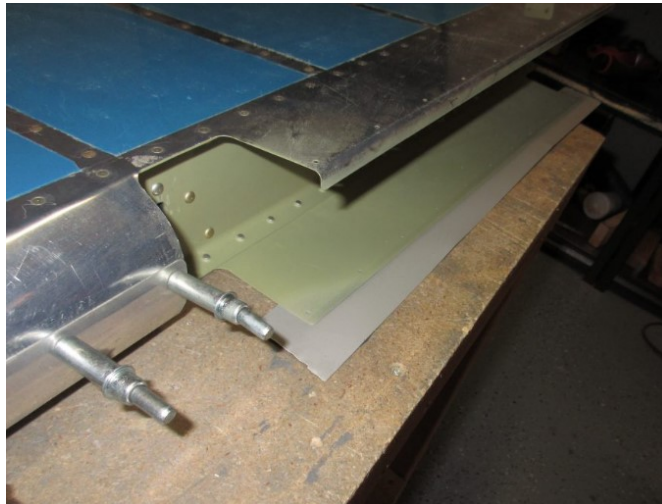
את הגייג מכינים מבסיס עץ אליו מחברים שתי פלטות עץ מחורצות בצורת "V". את דפנות חריץ ה-V מדפנים בשתיים שלוש שכבות של סרט הדבקה מבד (סרט חבלה) ע"מ שלא לפגוע ולשרוט את צידו החיצוני של הפח.



איור ד.6 - גייג כפול לעבודה על הגאי המטוס

ישנם קיטים, שבהם ההגאים מורכבים, באופן ש"שפת ההתקפה" שלהם (החלק הקדמי של ההגה) צריך העגלה.

דרך פשוטה ונוחה לעגל את קצות הפח, היא להדביק סרט הדבקה מבד (סרט "חבלה"), חצי מרוחבו מדביקים על הפח ואת המחצית השנייה, מדביקים על מקל עץ עגול של מטאטא. לאחר ההדבקה, מתחילים לסובב את המקל תוך כדי גרירה של הפח על המקל וכריכתו עליו. מאחר ומדובר בפח בעל קשיחות מסוימת, לאחר מתיחת הפח, משחררים את ההדבקה ואז קוטר ההעגלה גדל לקוטר הנדרש. את הפעולה הזו מבצעים על שני חלקי ההגה - העליון והתחתון ולאחר ששני הקצוות כבר מעוגלים, ניתן לחברם באמצעות מסמרות - ובמקרה זה, מסמרות עיוורות (חלולות). ראה איור ד.7.



איור ד.7 - העגלת "שפת ההתקפה" של הגה.

עם גמר הכנת כל ההגאים, יש לחבר את הצירים למקומם. כפי שציינתי קודם, ישנם יצרנים המעדיפים שימוש ב"צירי פסנתר" וישנם המעדיפים שימוש בצירים מיסביים מתכווננים (ראה איור ד.2). טכניקת העבודה עם צירים אלו, היא הברגתם לקורה הראשית של ההגה, פחות או יותר בקו ישר, ואז לחבר את ההגה לאביזרי הצירים של המייצב. כאן, בתהליך של "הרכבה - בדיקת יישור - פירוק - כוונון הציר - הרכבה - בדיקה וחוזר חלילה", עד קבלת הגה מיושר עם המייצב מכל הכיוונים, עפ"י התוכניות. בדיקת הצירים תוודא גם כי תנועת ההגה חופשית לחלוטין לכל טווח זווית התנועה של ההגה. אם מדובר בשני חצאים נפרדים של הגה הכיוון, יש לוודא תנועה חופשית וחלקה לכל טווח זווית התנועה של ההגה, כאשר שני החצאים מחוברים זה לזה! **כאמור, תנועה חופשית וחלקה של ההגה, לכל טווח זווית התנועה שלו, היא תנאי מנדטורי הנדרש לבטיחות הטיסה.**

2. צביעה

בשלב זה, אעשה הפוגה קלה בבניה ואסביר את נושא הצביעה. אלומיניום היא מתכת שכמעט שום צבע "לא נתפס" עליה. לכן, יש צורך לטפל באלומיניום בצורה מיוחדת. תהליך צביעת האלומיניום מבוסס על השמת (ציפוי) חומר בסיסי, שיצליח "להיכנס בין המולקולות שלו" ולהיאחז בהן. תהליך זה נקרא Etching והחומר שעושה פעולה זו, נקרא Etcher. ישנם שני סוגי "אטשרים" מקובלים בעבודה באלומיניום: האחד הוא חומר הנקרא אלודיין (Alodine) והשני - ווש-פריימר (Wash Primer). כל אחד מסוגים אלו יוצר שכבה, הנתפסת אל האלומיניום ומשמשת בסיס להמשך תהליך הצביעה.

הערה: לכל סוג מאלו, ישנם תתי-סוגים שונים. כל בונה יעשה את העדפותיו שלו. כאן הובאו שני הסוגים העיקריים.

בתהליך הציפוי באלודיין, טובלים את החלק אותו רוצים לצפות, באמבטיה המלאה בחומר הכימי, למשך זמן הקובע את עומק חדירת החומר לקרום החיצוני של האלומיניום. בדרך כלל, מדובר במיקרונים (אלפיות מילימטר) בודדים. לאחר סיום התהליך, האלומיניום מקבל גוון חום-זהבהב. ציפוי באלודיין יכול להתאים לחלקים קטנים אם עושים זאת לבד אך, אינו מתאים לציפוי חלקים גדולים, מאחר והוא דורש אמבטיות גדולות. כמובן, שאפשר למסור לקבלנים חיצוניים (מה שמותר עפ"י חוק 51 האחוזים ואינו נספר במסגרת ה-51% הנדרשים לאישור חוקי של ההגדרה "מטוס בנוי ע"י חובב").

הציפוי בווש-פריימר, מתאים גם למי שמבצע את כל התהליך בעצמו מכיוון שההשמה נעשית בריסוס. עובי השכבה הנדרשת הוא כשבעה עד עשרה מיקרון ולאחר ההשמה, האלומיניום מקבל גוון זהבהב.

יש לציין ולהזהיר כי **הן האלודיין והן הווש-פריימר, הם חומרים רעילים ביותר(!) ויש להשתמש בלבוש הגנה מתאים: משקפי מגן לעיניים, מסכת פילטר לנשימה, חליפת "אוברול" לגוף וכפפות לידים. את שאריות החומר יש להעביר למי שמוסמך לטפל בשאריות חומרים רעילים להטמנה מבוקרת ובשום פנים ואופן לא "לשפוך החוצה"!!!**

תהליך הציפוי באטשר מתחיל בחספוס השטח הדורש צביעה ב"סקוץ' ברייט", עד שהברק החיצוני הטבעי של האלומיניום יקבל גוון מט ועליו נראות "שריטות" מאד עדינות. לאחר מכן, יש לשטוף את השטח בבנזין לבן או בטינר 21 (נוזל המשמש לדילול צבעים סינטטיים) - ולאחר השטיפה, אין לגעת בידיים חשופות באותם מקומות אותם רוצים לצפות (תפקיד השטיפה הוא להסיר את כל השומנים מפני השטח ונגיעה בידיים חשופות מחזירות שכבה שומנית, המונעת מהאטשר לחדור אל תוך השטח). לאחר שפני השטח התייבשו לחלוטין, ניתן לבצע את תהליך האטשינג, באלודיין או בווש-פריימר, על בסיס אפוקסי (ישנם סוגים רבים של "ווש-פריימרים", חלקם, על בסיס מים וחלקם על בסיס אפוקסי. כל בונה יכול לבחור את המועדף עליו, אם כי, אני, חושב כי רצוי לשמור על אחידות יצרן חומרי הצביעה, לכל אורך "שרשרת תהליך הצבע").

ווש פריימר
מק"ט:

550-021 -
550-022 -

תכונות המוצר:
צבע יסוד דו-רכיבי (א' + ב') המבוסס על שרפים ויניליים וחומצה פוספורית, המקנה צריבה ואפקט פוספטיזציה למחכת.
ניתן להשיג באריזות של:
5 ליטר
כושר כיסוי:
10 מ"ר/ליטר



איור 8. ד. ווש-פריימר של טמבור

בווש-פריימר - יחס הערבוב (בנפח) של החומר, הוא: **חלק א' (550-021) 10% וחלק ב' (550-022) 90%**. את הערבוב עושים בכלי שלישי ויוצקים כמות חומר המספיקה לצביעת החלק (עפ"י החישוב - השטח לצביעה חלקי 10 מ"ר לליטר פלוס רוויה הנשארת בתחתית כלי הערבוב, פלוס אחוז מסוים, ש"הולך לאיבוד") מתוך הניסיון הנרכש, לומדים איזה אחוז נדרש להכין מהחומר. לאחר יציקת שני החלקים לתוך כלי הערבוב, יש לערבב היטב את שני החומרים (במשך, לפחות 3 דקות). לדילול החומר לדרגת הצמיגות הדרושה, משתמשים **במדלל 9-5**. את התערובת יוצקים לכלי הקיבול של אקדח הריסוס ועכשיו ניתן לרסס את החומר. הווש-פריימר, מתייבש בתוך שעה מאז נצבע.

אני מאד ממליץ להתאמן בריסוס צבע, מים או גואש, באמצעות אקדח ריסוס, על משטח קרטון. אפשר ומומלץ להיכנס לאינטרנט ולצפות בסרטוני הדרכה ביוטיוב, שם מדגימים טכניקות צביעה. "החוכמה" בצביעה טובה, היא אחידות השכבה הצבועה ומניעת היווצרות "בועות" או "טיפות" צבע. טכניקת הצביעה אינה מסובכת, אך לניסיון יש הרבה מה לומר!

הווש-פריימר אינו מתאים כבסיס לצבע סופי ולכן, יש לצבוע שכבה של "צבע יסוד מתווך", זהו חומר, המתווך בין הצבע הסופי לבין הווש-פריימר.

החומר המתאים למטרה זו הוא "סטרונציום כרומט".

ישנם יצרנים שונים, אך אני ממליץ "ללכת עם אותו יצרן לכל אורך התהליך" ובמקרה זה, להשתמש בסטרונציום כרומט של טמבור.

את הסטרונציום יש לצבוע בתוך פרק הזמן משעה אחת לאחר צביעת הווש-פריימר, עד 24 שעות. באופן פרקטי, אני ממליץ לתת לווש-פריימר להתייבש במשך כשעתיים ואז לצבוע את הסטרונציום. אם הסטרונציום לא נצבע בתוך 24 שעות, יש לחזור על כל תהליך צביעת הווש-פריימר מהתחלה! באופן מעשי, לאחר גמר צביעת הווש-פריימר, יש לנקות היטב את האקדח ואחר כך להכין את הסטרונציום (ראה בהמשך) וזה כבר יכניס לתוך פרק הזמן הדרוש להמתנה בין שתי השכבות. אם האטמר היה אלודיין, אפשר לצבוע את הסטרונציום מייד לאחר ייבושו ואין הגבלת זמן לצביעה לאחר הייבוש.

יסוד אפוקסי סטרונציום

כרומט

מק"ט:

חלק א - 571-021

חלק ב - 571-022

תכונות המוצר:

צבע יסוד אפוקסי פוליאמיד אנטיקורוזיבי דו-רכיבי (א'ב') המכיל פיגמנט סטרונציום - כרומט, מיועד לשימוש העופות. מתאים לחקן: MIL-P-23377

ניתן להשיג בארצות של: 5 ליטר

כושר כיסוי: 9 מ"ר/ליטר



איור 9. ד - סטרונציום כרומט

הסטרונציום, גם הוא, על בסיס אפוקסי, שני חלקים. חלק א' 571-021 וחלק ב' 571-022.

ערבוב שני החלקים נעשה **ביחס נפח 1:1** א' עם ב'. לדילול לדרגת הצמיגות הנדרשת יש להשתמש **במדלל 4-100**.

את החומר מרססים בשכבה בעובי של כשבעים מיקרון.

לאחר ייבוש מתקבל גוון צהבהב או ירקרק.

אם יש כוונה לצבוע בצבע סופי, הצביעה חייבת להיעשות בתוך חמש שעות עד שבוע מאז ייבוש הסטרונציום (פרק זמן ארוך יותר יגרום לספיגת לחות בשכבת הסטרונציום, מה שיוריד את כושר עמידת הצבע לשיני הזמן) כמובן שבאזור בו הלחות גבוהה יותר, משך זמן זה חייב להתקצר ואם מדובר באזור יבש אפשר להאריך את פרק הזמן, במקצת). בכל החלקים הפנימיים של המטוס, כמו גם צידם הפנימי של פחי הציפוי של הגוף והכנפיים, ניתן לוותר על צביעה סופית ואפשר להשאיר אותם מצופים בסטרונציום בלבד. נושא הצביעה הסופית (החיצונית) של המטוס, יידון בהמשך המדריך.

3. מתקן הצביעה

בהתחשב בעובדה שאיש מאיתנו לא "צבע מקצועי", סביר להניח כי אין לנו מקום מסודר לצביעת חלקי המטוס.

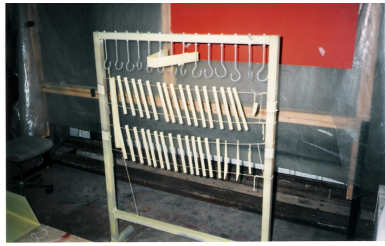
צבע, מטבעו, מלכלך מאוד ואנו צריכים לדאוג כי צביעת חלקי המטוס, תייצר מינימום לכלוך לסביבת העבודה ומניעת האפשרות לגרימת נזק נשימתי (גם כאשר הצבעים לא רעילים). נושא חשוב נוסף הוא, מניעת הצטברות אבק על החלקים שנצבעו ואשר יכול לפגוע בצבע בעודו לח.

דרך פשוטה לייצר מיקום נוח לצביעה, היא לבנות "סוכת צביעה" ייעודית ושולחן צבע עליו נניח את החלקים אותן אנו רוצים לצבוע.



איור ד.10 - סוכות צביעה. מימין סוכה מצינורות וניילונים ומשמאל סוכת צביעה קשיחה

באיור ד.10 מוצגות שתי סוכות צביעה: מימין נראית סוכה העשויה צינורות פלסטיק (צינורות חשמל בקוטר 1" או 1.5". המחברים זה לזה באמצעות "מופות" ומחברי "T"), עליהם מתוחה יריעת פלסטיק דק (ניילון). משמאל נראית סוכה קשיחה הבנויה מלוחות דיקט או סיבית. יתרונה של הסוכה מצינורות הפלסטיק היא העובדה כי ניתן להרכיבה ולפרקה עפ"י הצורך. הסוכה הקשיחה מצריכה מקום אכסון כאשר אינה בשימוש. בקיר האחורי של שתי הסוכות, ניתן להבחין במערכת "יניקת עודפי הצבע". מדובר במעין "חלון" שבצידו האחורי מפוח או מאוורר תעשייתי השואבים את רסיסי הצבע מחלל סוכת הצביעה אל צידה החיצוני האחורי. ע"מ שלא ללכלך את המאוורר, מניחים בצידו הפנימי של החלון, "פילטר" המסנן את טיפות הצבע מהאוויר הנשאב ע"י המאוורר. את הפילטר מחליפים כל תקופת שימוש בסוכה, כאשר ניתן להבחין כי הוא מתחיל להיסתם. מכיוון שהצבע מטבעו מתקשה ע"ג הפילטר, אין טעם ממשי לנקות אותו ויש צורך להכין פילטר חדש. משכך, רצוי לעשות את הפילטר לבד ואפשר לעשותו מכמה שכבות בד אוורירי או כמה שכבות יוטה או כל חומר אחר שיכול לשמש לסינון האוויר. הדרך הפשוטה והנוחה ליצר את הפילטר היא לקחת שתי מסגרות עץ, הנכנסות אחת לתוך השנייה (ברוח מסוים ביניהן), על המסגרת הקטנה יותר מותחים את בדי הסינון ואז מכניסים את המסגרת הקטנה לתוך המסגרת הגדולה ומניחים בחלון עצמו. דרך אחרת לייצר את מערכת שאיבת האוויר, אפשר לראות בסרטון הבא ביוטיוב: (חפש בגוגל את המשפט: DIY Air Cleaner and Dust Filter וזה יביא אותך לסרטון המלמד איך לייצר לבד פילטר - אני יוצא מהנחה בסיסית, שמי שבונה מטוס לבד, גם יעדיף להכין את כל האביזרים הדרושים בעצמו). עוד מתקן נחוץ, הוא ה"שולחן" עליו מניחים את הפריטים אותם צובעים. תפקיד השולחן הוא לשמש משטח, עליו מניחים את החלקים שרוצים לצבוע, באופן, שכאשר צובעים צד אחד והופכים את החלק לצידו השני, בצד שנצבע ראשון לא יפגע הצבע. ובנוסף, יש לאפשר לעודף רסיסי הצבע לעבור דרך משטח הרשת, באופן שלא יצטברו עליו ויעשו "שולולית" צבע. דבר חשוב נוסף, בתהליך הצביעה, היא הגישה הנוחה לחלקים קרובים ולחלקים רחוקים המונחים ע"ג השולחן. הדרך הנוחה והפשוטה להשיג שתי מטרות אלו, היא יצירת שולחן שעשוי מסגרת עליה פרושה רשת הנתונה באלכסון מטה (הצד הרחוק מוגבה והצד הקרוב מונמד).



איור ד.11 - מתקני צביעה. מימין, שולחן צביעה ומשמאל, מתקן לצביעת חלקים קטנים וארוכים

בשתי התמונות שלמעלה, ניתן לראות שתי גישות שונות. השולחן מימין הוא שולחן המשמש לצביעת חלקים בגדלים ובצורות שונים ואילו המתקן משמאל, מתאים יותר לצביעת חלקים קטנים הדומים זה לזה, בגודל ובצורה. בעיקרון, אין העדפה לשולחן או למתלה. ייתכן, ומניסיון, תגיע למסקנה, כי כדאי להשתמש בשניהם. את שולחן הצביעה מניחים בתוך סוכת הצביעה ואז מתקבלת "מצבעה מקצועית" של ממש. כאשר צובעים חלקים, שצידם האחד קמור וצידם השני קעור, צובעים בתחילה את הצד הקעור ולאחר שמסיימים, הופכים, כך שהצד הקמור יפנה מעלה. באופן זה, המגע של החלק עם המשטח יהיה מינימאלי וכמעט לא תהיה פגיעה בצבע מהמגע בשולחן.

4. קונוס הזנב

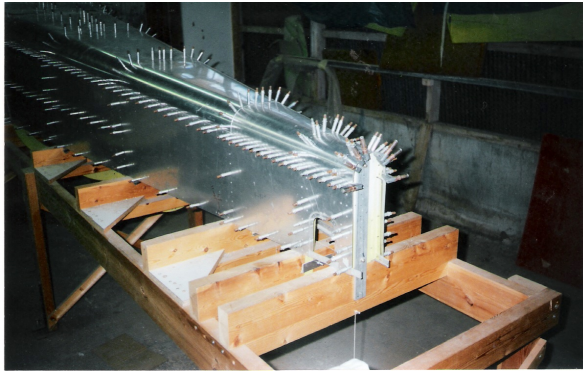
לאחר סיום העבודה על מייצבי הזנב (כיוון וגובה) מתחילים לעבוד על קונוס הזנב, אותו חלק של גוף המטוס, אליו מתחברים מייצבי הגובה והכיוון, ואשר גם מתחבר לחלק המרכזי של גוף המטוס - אזור תא הטייס.



איור ד.12 - קונוס הזנב של מטוס RV12

ישנם מטוסים בהם ניתן לעבוד על קונוס הזנב "באוויר" כלומר לקחת את הפח העוטף (אם צריך, לסמן את חורי המסמרות, שישמשו בהמשך, להצמדת חציצי הגוף - bulk heads) ולקדוח אותם במקדח Under size בנוסף, יש לסמן בצידו הפנימי של הפח, קו, שילך לכל אורך הקונוס, אשר יסמן את מיקום מרכז החציצים. ייתכן ויידרש לסמן קו אחד עבור צידם העליון של החציצים וקו אחד למרכז התחתון של החציצים. כמו בהרכבת מייצבי הגובה והכיוון, גם כאן, יש לסמן במרכז ה"פלאנגים" לכל אורכם, של החציצים, קו באמצעות טוש.

כאשר מכניסים את החציצים למקומם, יש לוודא כי המרכז העליון ו/או התחתון של כל החציצים יוצבו לאורך סימון קו המרכז של הקונוס הן העליון והן התחתון. יצרנים אחרים, תכננו את קונוס הזנב, כשהוא מורכב משני חצאים: עליון ותחתון. ייתכן שגם החציצים יהיו במתכונת של שני חצאים כל אחד - עליון ותחתון. כאן מומלץ להכין גייג עליו יבנה קונוס הזנב. הגייג יבנה ממעין "סולם אופקיי" עליו יורכב הקונוס, כאשר, ברוב המקרים חלקו התחתון של הקונוס יבנה ראשון.



איור 13. ד - ג'ג לבניית גוף המטוס

שיטת העבודה בטכניקה זו תהיה :

א. הצמדת קורות האורך (Longhorns) של הגוף אל הגיג.

ב. הצבת חציצי הגוף אל הגיג במקומם עפ"י התוכניות.

ג. יישור החציצים לאורך קו מרכזי שישורטט על הגיג או חוט שיימתח לאורך מרכז הגיג. פעולה זו תתבצע באופן הבא : בכל חציץ יש לסמן קו בדיוק במרכזו (האנכלי). יש למתוח חוט ("שפגט" או משהו דומה) בין שתי נקודות מרכזיות לרוחב הגיג, האחת בחלקו הקדמי והשנייה, בחלקו האחורי. ע"מ ליישר את החציצים, לוקחים אנך בנאים, את החוט שלו מחזיקים בנקודת סימון מרכז החציץ ומכוונים את החציץ כך, שקצהו המחודד של האנך יימצא בדיוק מעל החוט שנמתח לאורך מרכז הגיג.

ד. תמיכה וקיבוע זמני של החציצים לגיג.

ה. הנחת הפח ע"ג החציצים תוך כיוונון מיקומו באופן שהקו שסומן ע"ג הפלאנג' של חציץ חיצוני (עדיף קדמי, אך יכול להיות גם אחורי) יופיע מתחת לאחד החורים שנקדחו בפח. במצב זה, יש לקדוח דרך החור העליון של הפח, דרך הפלאנג' של החציץ, חור בקוטר המתאים למסמרה שבה ישתמשו להצמדת הפח לחציץ. לאחר קידוח החור, יש לקבע קלקו. כך יש להמשיך ולקדוח את החורים העליונים של כל החציצים, באופן דומה. לאחר שכל החורים העליונים של כל החציצים נקדחו והחציצים קובעו באמצעות קלקואים, אפשר להמשיך לקדוח את

שאר החורים. וגם כאן, הסדר יהיה מלמעלה למטה ומהקצה האחד לעבר הקצה השני של הקונוס.

מאחר וייתכן כי, בהמשך, המטוס יצויד במערכות אלקטרוניות שונות, ביניהן כאלו, שיש לשמור אותן רחוקות, ככל הניתן ממתכת ברזלית או חוטי חשמל (בעיקר כאלו הפועלות על השדה המגנטי של כדור הארץ), למשל :
remote compass module או Air Data Attitude and Heading Reference System (ADAHRS), המיקום המומלץ לאותן מערכות יהיה בתוך קונוס הזנב. לפני שסוגרים את כל הפחים העוטפים את קונוס הזנב, מומלץ לחשוב היכן למקם ולהכין בהתאם לכך, את המקום ואמצעי האחיזה לאותן מערכות. הכנסת מערכות אלו לתוך קונוס הזנב, לאחר סגירתו, מאד לא נוחה ולעיתים, אפילו בלתי אפשרית.

דרך טובה ונוחה להכין תשתית לסנסורים אלו, היא, לחבר מעין "מגש" - שתי זוויות רוחב מפרופיל אלומיניום $2.5 \times 25 \times 25$ שיחוברו לרוחבו של קונוס הזנב, בין שתי קורות אורך (Longhorns) ואשר אליהן יוצמד פח אלומיניום במסמרות. פח זה יהווה מגש חסר השפעה מגנטית, אליו יוצמדו הסנסורים באמצעות ברגים, דסקיות ואומים מפליז, שגם הם אינם משפיעים מבחינה מגנטית. לפעמים נדרש כי הסנסור יותקן בזווית מסוימת ביחס לציר האורך של המטוס ובמקרה זה, רצוי להשתמש בברגים ארוכים ובסטים של אומים, שיאפשרו הטיה מסוימת של הסנסור בזמן ההתקנה.

עוד נמליץ על הכנת תשתית להעברת חוטי חשמל לאורך קונוס הזנב. בהתקנת התשתית, יש להתחשב בהשפעות שליליות שלה על הסנסורים ולכן, חובה להתקינה רחוק ככל הניתן ממיקום הסנסורים.

ישנם יצרנים, שממליצים למקם את פתחי לחץ האוויר (Static Ports) הסטאטי בצידי הגוף. יש חשיבות להתקנת הפתחים בשני צידי הגוף ולחבר את הצנרת המגיעה מהם באמצעות מחבר "T" ע"מ לקזז את שינוי הלחץ הפועל בצידי האחד של הגוף, כאשר המטוס מצוי ב"החלקה".

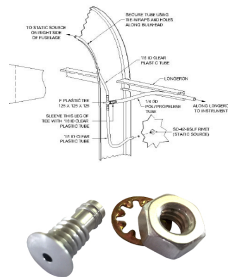


באיור ד.14 ניתן לראות את האופן שבו מחברים שני הצינורות המגיעים משני פתחי כניסת לחץ האוויר הסטאטי (צינורות לבנים) באמצעות מחבר "T" לצינור יחיד (שחור) המביא את הלחץ הסטאטי אל מכשירי האוויוניקה. כדאי לשים לב לשימוש שנעשה במחבר "מהיר" המיועד לצנרת פלסטית ומאפשר חיבור וניתוק מהירים של הצנרת לצורכי תחזוקה.

איור ד.14 - צנרת לחץ האוויר הסטאטי

כמובן, שלא בכל המטוסים פתחי כניסת לחץ האוויר הסטאטי מותקנים בחלקו האחורי של הגוף ומיקומם נעשה עפ"י שיקולים אווירודינאמיים.

גם הפתח עצמו הוא דבר שמשתנה מיצרן ליצרן. יש המשתמשים בהתקנים מעוצבים ומדויקים (בצורה המפחיתה למינימום את השפעת מהירות הטיסה על הלחץ הסטאטי באזור ההתקן) ויש כאלו, כמו וואנס, למשל, העושים שימוש במסמרה עיוורת (VVG. P/N 10.767.048.160) למשל, אשר מוט המשיכה המרכזי הוצא ממנה ועל ה"גזע שלה מלבישים את הצינור הפלסטי.



איור ד.15 - פתח אוויר סטאטי מימין אביזר תקני

המוצמד באמצעות אום ומשמאל, הצמדה ע"

מסמרות



איור ד.16 - פתח אוויר סטאטי עשוי ממסמרה עיוורת בעלת ראש גדול (שימושי בקיטים של וואנס)

5. החלק המרכזי של המטוס

החלק המרכזי של המטוס, מרכז את כל המאמצים הפועלים בתוך מבנה המטוס ועל גופו: הכנפיים מתחברות אליו, כן הנסע הראשי (אם הגלגלים לא מתחברים לכנפיים), מתלה המנוע ואם יש גלגל אף, אז גם גלגל האף.

גם "תא הטייס (והנוסעים)" נמצא בחלק המרכזי של המטוס ומשמעות הדבר, שחלק זה יכול גם אמצעי הגנה מכאניים על הטייס ונוסעיו.

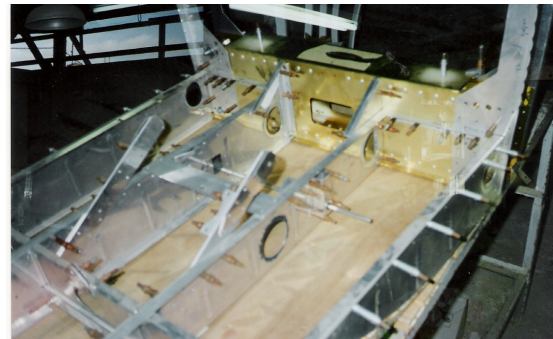
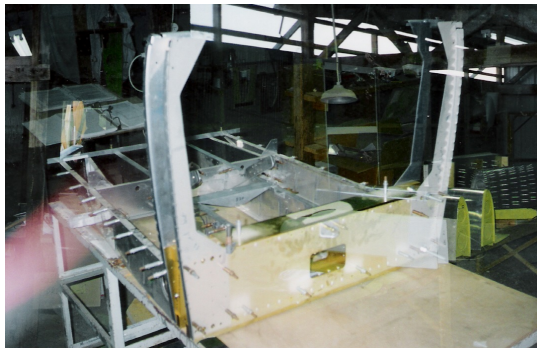
מה שמשפיע הרבה מאד, על מבנה החלק המרכזי, הוא צורת חיבור הכנפיים, קיימים שלושה סוגי חיבורי כנפיים:

כנפיים עליות (ססנה, פייפר קאב וסופר קאב ודומיהם)

כנפיים מרכזיות (אקסטר 300 ומטוסים אווירובאטיים דומים)

כנפיים תחתיות (מטוסי צירוס, בוננזה והקיטים של וואנס לסוגיהם).

צורת חיבור הכנפיים, מכתיבה את האופן שבו החלק המרכזי יחוזק וכפועל יוצא מזה, מבנה השלד שלו. מאחר והחלק המרכזי מחזיק את עיקר המאמצים והכוחות הפועלים במטוס, נדרש כי הוא ייבנה בטכניקה ובצורה, שיעמדו בעומסים אלו. הרצפה שלו תהיה עשויה שלד מחוזק ולא יסתמך על הפח החיצוני בלבד (כפי שקונוס הזנב בנוי).



איור 17 - מבנה שלד של החלק המרכזי

כפי שניתן לראות **באיור 17.ד**, החלק המרכזי נבנה משלד מחוזק בצורת "סבכה" המעבירה את המאמצים מקורת הכנף הראשית, באמצעות צלעות השלד אל שאר המטוס. הקורה המרכזית של הכנף מתחברת באמצעות ברגים מדויקים ± 0.005 " (NAS - National Aerospace Standard) אל הקורה הכפולה (מופיעה בצבע זהוב **באיור 17.ד**), אשר מעבירה, בצורה מדורגת את המאמצים לצלעות, משם לפח העוטף את החלק המרכזי ולקונוס הזנב. אל הקורה הכפולה, המופיעה באיור, מתחברים גם כני הנסע. הניצבים האנכיים הנראים בתמונה מעבירים את המאמצים לפח החיצוני וגם אל קורות האורך (longhorns) (קיימות למטה ולמעלה ואינן נראות בתמונה). אלו, מצידן מתחברות אל מערך החיזוק הקדמי, אשר אלו מתחבר מנשא המנוע והמנוע.

כפי שנראה, עיקר המאמצים, אכן מתרכזים בקורה הכפולה, בניצבים האנכיים ובשלד של רצפת החלק המרכזי.

במטוסים בעלי כנף מרכזית, הקורה הכפולה, שכאן נראית למטה, נמצאת במרכז גובה המטוס ולכן מבנה השלד יהיה כזה, שיתמוך בה ויעביר את המאמצים כלפי מטה וכלפי מעלה בגוף המטוס. במטוסים בעלי כנף עלית, יהיו ארבעה ניצבים אנכיים (שניים יתמכו בקורה הקדמית של הכנף ושניים בקורה האחורית שלה) אשר יחזקו יותר ביחס לאלו הקיימים במטוסים בעלי כנף תחתית. ניתן להבין, מכל האמור למעלה, כי יש לשלש דגש מיוחד על דיוק מרבי בהתאמה בין החלקים המרכיבים את החלק המרכזי של הגוף ובעיקר נדרשת הקפדה יתרה על הידוק נכון ומדויק של כל המסמרות.

מבנה השלד של החלק המרכזי, מעמיד אתגרים רציניים בפני הבונה בתהליך הידוק המסמרות וזאת בשל העובדה כי קיימות "פינות" רבות, המקשות על הגעת "מהדק המסמרות" של אקדח המסמרות וגם אתגרים רציניים לגבי צורת הסדנים הנדרשים.

עמידה באתגרים אלו מחייבת יצירתיות ו"כושר המצאה" ומזה יוצא - גם עניין רב. גם כאן נדרש שיתוף אדם נוסף בתהליך הידוק המסמרות.

התייחסות קודם ל"קורה הכפולה" אליה מתחברת הקורה הראשית של הכנף. מאחר ולכל כנף ישנה קורה ראשית, אותה קורה ראשית מתחברת לקורה הכפולה ב"השחלה". כלומר, הקורה נכנסת בין שתי קורות רוחב (הן אלו הנקראות "קורה כפולה") ואז, באמצעות מספר ברגים, מתבצע החיבור בין הקורה של הכנף לקורה הכפולה שבחלק המרכזי של הגוף.

ישנן שתי נקודות, שחשוב להתייחס אליהן :

הראשונה, - **הרווח** שבין שתי הקורות של הקורה הכפולה, צריך לתאם בדיוק את **עובי קורת הכנף**. והשנייה, הברגים המחברים את קורת הכנף לקורה הכפולה, חייבים להיות ברגי **NAS** שהם ברגים **מאד מדויקים** וזאת, ע"מ למנוע "חופש" תנועה בין הקורה הכפולה לקורת הכנף.



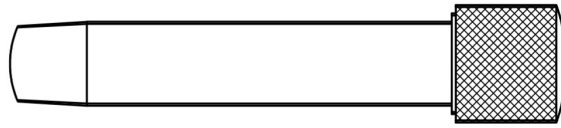
וכדי לשמור על המרווח הנכון שבין שתי הקורות בקורה הכפולה, אני ממליץ לקחת מספר מוטות הברגה בקוטר הקטן במעט מקוטר החורים המיועדים לברגים ובאורך השווה למידה החיצונית של הקורה הכפולה, פלוס עובי שני אומים (אום מכל צד). משחילים שני אומים במרכז מוטות ההברגה ומכניסים את המוטות לחורי הברגים ובעזרת האומים הפנימיים מכוונים את המרחק בין שתי הקורות, שיתאם בדיוק את עובי קורת הכנף. ואז מברגים שני אומים בקצוות של מוטות ההברגה ומאבטחים (אפשר להשתמש גם בדסקיות קפיציות בין האומים לקורות) באופן **שהמרווח בין המוטות יישאר בדיוק כעובי קורת הכנף**. פעולה זו נעשית בשני הצדדים של הקורה הכפולה.

איור 18 - כיוונון המרחק שבין שתי הקורות של הקורה הכפולה

לחיבור הכנפיים לגוף המטוס, משחילים את קורות הכנפיים לרווח שבין הקורות בקורה הכפולה ואז מחברים באמצעות מספר ברגים את קורת הכנף לקורה הכפולה. ע"מ למנוע חופש משתמשים בברגים מאד מדויקים בקוטרם (מספר בודד של אלפיות אינץ'). השימוש בברגים אלו הוא "חד פעמי" כלומר, לא חוזרים ומשתמשים בברגים לאחר שהוכנסו למקומם והוצאו ממנו. תהליך הכנסת הברגים לחורים הוא תהליך מורכב: מקררים את הברגים לטמפרטורה של מינוס עשרים מעלות (מינוס 18 - טמפרטורת הפריזר הביתי), מה שמקטין במעט את הקוטר של הגזע של הבורג ומאפשר הכנסתו למקומו, ואז, חזרת הבורג לטמפרטורת הסביבה מעבה את הגזע והבורג מתקבע במקומו. לאחר הקירור, מובילים את הברגים בתוך מיכל של קרח יבש עד הרגע שהם מוכנסים למקומם.

מאחר ובמהלך העבודה על הצמדת הכנפיים לגוף ולצורך תיאומים שונים, נדרשת הכנסה והוצאה במספר רב של פעמים, של הכנפיים לגוף ושימוש בברגים לחיבור קורת הכנף לקורה הכפולה אינו מעשי, מומלץ להשתמש ב"פינים זמניים", שיחליפו את השימוש בברגי ה-NAS המדויקים. פינים אלו, יש לחרוט כד, שקוטר הגזע שלהם יהיה קטן כבעשירית מ"מ מקוטר חורי הברגים ואורכם של הגזעים יהיה ארוך מאורך הגזעים של הברגים. במקום ראש הבורג משאירים קוטר גדול בכמה מ"מ מקוטר הציר ומחספסים באופן שיהיה נוח לסובב אותם ביד. את קצה הגזע של הפינים חורטים בצורה קונית כך שיהיה קל להכניסם לחורים ויקל על מיקום חורי קורת הכנף מול מרכזי חורי הקורה הכפולה. פינים אלו יוכנסו באופן זמני במקום הברגים

המדויקים וניתן להוציאם בקלות ולהכניסם מספר רב של פעמים ללא כל מאמץ מיוחד. לנוחיות העבודה, אפשר למרוח מעט זולין או גריז עדין על הפינים.



איור ד.19 - פין זמני להצמדת כנפיים לגוף המטוס

לאחר גמר הרכבת שלד החלק המרכזי והניצבים האנכיים, יש לחבר את החלק המרכזי לקונוס הזנב. הוראות ההרכבה של היצרן מנחות את הבונה בתהליך.

אני ממליץ, כי לפני הצמדת שני החלקים, לעבור על תוכניות החשמל והאלקטרוניקה של המטוס ולבחון אילו חוטים, כבלים או צמות, צריכים לעבור בין פאנל המכשירים לבין תא הטייס, מערכות חשמליות בכנפיים ומערכות חשמליות בזנב ובקונוס הזנב. אם יש צורך להכין תשתיות מכאניות להתקנת אביזרים כלשהם הקשורים למערכת החשמל והאלקטרוניקה, זהו הזמן, להכין אותן. כלומר, אם יש צורך לקדוח חורים עבור מעבר החוטים והכבלים, או אם יש צורך להכין מגש או מגשים בקונוס הזנב עבור מערכות הניווט של המטוס, יש להכין עוד לפני הצמדת קונוס הזנב לחלק המרכזי. הכנת תשתיות חשמל לאחר ששני חלקים אלו הורכבו, מאד לא נוחה ולפעמים, אפילו בלתי אפשרית.

אם יש צנרת ואקום (כניסת לחץ אוויר סטאטי וכד') או צנרת מערכת הפיטו/מד זווית התקפה, גם עבורם יש להכין את התשתיות המתאימות. אם יש כוונה להתקין אנטנות קשר, טרנספונדר או DME בחלקו התחתון של המטוס, גם זו הזדמנות להכין את המקום עבורן ועבור כבלי הקואקס שלהן. ייתכן ונדרש להכין את אביזרי עיגון רצועות הבטיחות למותניים ולרצועה שבין הרגליים. יש לקבעם ולאבטחם עפ"י תוכניות היצרן.

אם נדרשת רצפה לתא, מומלץ להכין "אומי נעילה" (plate nuts) עבורה. שימוש בברגים להצמדת הרצפה לשלד, יאפשר פירוק קל של הרצפה לצורך ביקורת ותחזוקה של המערכות הנמצאות מתחתיה (מערכת ההיגוי, סרוו של אוטו-פיילוט, חוטי חשמל וצמות חשמל וכו').

עוד לפני הצמדת שני חלקים אלו, יש לשקול אפשרות לצביעת פנים תא הטייס בצבע סופי (בהנחה ששני החלקים כבר צופו בווש-פריימר ובסטרונציום כרומט). כמובן שכאן מדובר בהעדפה אישית של הבונה, הן לעניין הצביעה בכלל והן, אם יש כוונה לצבוע, באיזה גוון. אני ממליץ לצבוע בצבעים בעלי גוון המשרה נינוחות ורוגע: אפור בהיר, ירוק בהיר, בז' וכד'.

ייתכן כי בשלב מאוחר יחליט הבונה לצפות את פנים תא הטייס בריפוד אקוסטי ותרמי. העובדה כי בוצעה צביעה לפנים התא, לא צריכה להפריע ולכן, גם אם יוחלט מאוחר יותר לרפד את התא, אפשר לצבוע בצבע סופי. בהמשך המדריך, אתייחס לנושא הצביעה הסופית.

6. החלק הקדמי המטוס

החלק הקדמי של המטוס, הוא החלק שבו נמצאים פאנל המטוס וכל מכשירי הפאנל והמכלולים הקשורים אליהם. ישנם מטוסים שבחלק הקדמי גם נמצא מיכל דלק, המשמש מיכל צבירה זמני לאספקת דלק למנוע בכל תנאי ומצבי הטיסה, וכן גם מערכת אספקת הדלק - צנרת, משאבת דלק וברז בורר מיכלי דלק. מיכל דלק מרכזי זה, יימצא, בעיקר במטוסים אווירובאטיים וסביר להניח כי לא ניתן יהיה למצוא במטוסים "רגילים". חוץ מהמיכל, שאר אביזרי אספקת הדלק יותקנו, בדרך כלל בחלק הקדמי. ייתכן שניתן יהיה למצוא

גם "גזקולטור" (Gascolator) אשר ישמש לניקוז קווי אספקת הדלק למנוע, ממים. הגזקולטור חייב להיות מותקן בחלק הנמוך ביותר, האפשרי של מערכת הדלק.

חשוב ביותר, למקם את הברז הבורר בין מיכלי הדלק, במקום המאפשר גישה נוחה, גם אם נוצר מצב של חוסר אפשרות לראות את הבורר. יש להזכיר כי במקרה של כביית המנוע במהלך טיסה, אחת הפעולות הראשוניות שעל הטייס לבצע, היא החלפת הזנת הדלק למנוע ממיכל אחד למיכל השני ולא תמיד, יש לטייס אפשרות להזיז מבטו לעבר ידית ברז הדלק!

ובהקשר זה, כדאי להזכיר את התאונה, שבה ניספה זמר הקנטרי המפורסם, ג'ון דנבר, שבגלל מיקום לא נכון של ברז הדלק, נאלץ, במהלך טיסה מעל הים, להפנות את גופו (ואת תשומת ליבו) לעבר ברז הדלק שמוקם באזור המושב האחורי ובכך איבד את השליטה במטוסו (לונג איזו) ונפל לים.

עוד נקודה שיש לשים אליה לב, היא האפשרות לוודא כי ידית ברז הדלק לא נמצאת ב"מצב ביניים" שבו הולכת הדלק דרך ברז הדלק, אינה מושלמת. לצורך כך מומלץ ליצר "אבטחה פוזיטיבית" (ע"י "מגרעות" וכד') שיתנו לטייס חיווי מכאני על המצאות ידית הבורר במצב הרצוי ולא במצב ביניים) אני התקנתי במטוס שלי, מיקרו-סוויץ' הקורא את מצב ידית בורר מיכלי דלק.

המיקרו-סוויץ' מחובר לנורת חיווי אדומה בין שאר נוריות החיווי, והוא "מדליק" את הנורה כאשר ידית בורר הדלק לא נמצאת במצב של אחד המקורות הנבחרים. כלומר, אם הידית לא נמצאת בדיוק ($\pm 2^\circ$) בכיוון שהיא צריכה להימצא, כאשר המקור (המיכל) נבחר, נורית החיווי נדלקת.

7. פאנל המכשירים

פאנל המטוס הוא האמצעי בו מתנהל הדיאלוג בין המטוס לבין הטייס. ארגונו של הפאנל יגדיר את הקלות שבה "ידבר המטוס אל הטייס" והטייס יוכל להבין את המוצג בו בקלות וללא בלבול.

מזה נובע, כי ארגון וסדר המכשירים בפאנל הוא קריטי ל"תקשורת" ברורה וקלה.

בארגון הפאנל יש הבדל בין פאנל של מטוס בו הטייס יושב במרכז המטוס (יחיד או טאנדם) לבין מטוס שבו הטייס יושב בצד המטוס (ימין או שמאל. אם כי, מקובל, ברוב המטוסים, שהטייס יושב בצד שמאל).

מיקום המכשירים יהיה עפ"י חשיבות השימוש בהם: למהלך ההטסה, אחר כך, לתפעול המנוע ואחר כך לתפעול מערכותיו האחרות של המטוס (קשר, תאורה וכד')

ישנה התצורה ה"קלאסית" של מכשירי הטיסה, הידועה בשם "T" - מתייחסת לארבעה מכשירים. (לפעמים ארגון תצוגות מכשירי הטיסה מאורגנות בסדר הנקרא "Six Pack" ונתייחס אליה בהמשך).

בתצורת ה-"T", ארבעת המכשירים המציגים את תנועת המטוס במרחב מסודרים עפ"י הסדר הבא, בצורת האות האנגלית "T": למעלה, בצד שמאל - **מד מהירות האוויר** (ASI). למעלה במרכז - **האופק המלאכותי** (Attitude Indicator). למעלה, בצד ימין - **מד הגובה** (Altimeter).

למטה במרכז **מד פניה ונטייה** (Turn & Bank Coordinator) או **מצפן לוח** (Placard Compass).

בתצורת ה-"Six Pack", המצפן מותקן במרכז למטה ונוספים שני מכשירים: מד פנייה ונטייה (הכולל "פלס" תצוגת החלקה), המותקן בצידה השמאלית התחתונה של ה"שישייה" ומד שיעור נסיקה, בצידה הימני של השישייה.



איור ד.20 - סידור "קלאסי" של מכשירי הטיסה האנלוגיים, בפאנל

בשנים האחרונות, המכשירים המכאניים האנלוגיים, הוחלפו בתצוגה אלקטרונית ע"ג מסכים והתצוגה במסכים, גם היא מסודרת עפ"י הסדר שצינת.



איור ד.21 - סידור "קלאסי" של מכשירי הטיסה בפאנל אלקטרוני EFIS

צורת ה- "T" הקלאסית אומצה גם ע"י יצרניות מערכות תצוגה אלקטרוניות - EFIS Electronic Flight Information System. ניתן לראות בבירור, כי מד המהירות נמצא בצד השמאלי של המסך, מד הגובה, בצד הימני, האופק המלאכותי במרכז וממלא כמעט את כל שטח התצוגה, אך ישנם יצרנים שמציגים את המצפן בחלקו העליון של המסך, תוך שהם משלבים בו גם את מד שיעור הפניה וישנם שמציגים את המצפן בחלקו התחתון של המסך. מד ההחלקה (Ball) נמצא בתחתית התצוגה. ישנן מערכות EFIS בהן רקע תמונת המסך הם פני הקרקע, המיוצרים באופן "סינטי" ומראים את האופק, "כאילו" הייתה מותקנת מצלמת וידאו באף המטוס.

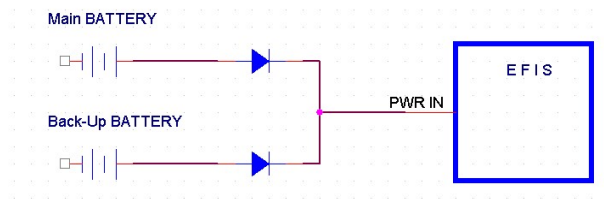
ישנן מערכות EFIS המציגות גם מד זווית התקפה (AOA = Angle of Attack) והוא יימצא ליד מד המהירות, בצד שמאל של המסך ומוסיפים גם את מד שיעור הנסיקה/הנמכה ליד מד הגובה, בצידו הימני של המסך. מאד מומלץ לפני הרכבת הפאנל, להכין מעין "מוק-אפ" (Mock-up) מקרטון עבה של הפאנל ולסמן בו את מיקום כל המכשירים והאביזרים שמתכוונים למקם בפאנל הסופי. השיטה שאני ממליץ, היא לגזור מקרטון את "פני" המכשירים, בקנה מידה 1:1, למקמם על הפאנל ו"לשחק" עם מיקומם, עד לקבלת החלוקה המתאימה והנוחה, שיתאימו לדרישות הבונה. רק לאחר שנקבעו סופית, החלוקה ומיקום המכשירים ע"ג המוק-אפ, אפשר לשרטט את מיקומי המכשירים באופן שניתן יהיה למקמם בפאנל הסופי. כמובן שצורת פתיחת החורים בפאנל תהיה בהתאם לאמור בפרק ג - פאנל אימון, במדריך זה.

ל"מתקדמים" שבין הבונים, ישנה האופציה להשתמש בתוכנת CAD - Computer Aided Design לתכנון הפאנל ואחר כך להעביר את הקבצים, למכשיר CNC אשר בעזרתו חותכים את הפאנל, פותחים את הפתחים הנדרשים עבור המכשירים (עגולים או מרובעים) וחורטים את כל הכיתובים הנדרשים (מה שקודם נעשה בשיטת "פנטוגרף").

ישנם יצרני קיטים, המספקים את הפאנל עם הקיט. כמובן, שמדובר בפאנל גולמי, לא מעובד ולא מחורר. מאחר ובפאנל ישנם פתחים רבים וגדולים, יחסית, עבור מכשירי התצוגה שיוקנו בו, הפח ממנו הפאנל עשוי, יהיה עבה יחסית (שלושה מ"מ ויותר). אבל, אני ממליץ, שבמהלך העיבוד, לצפותו באנודיז (הגוון נתון לשיקול דעת הבונה) שלו, מה שמוסיף דרגה מסוימת של קושי לאלומיניום ממנו הפאנל עשוי.

ישנם בונים, המעדיפים לעשות את הפאנל שלהם מחומרים מרוכבים (קוולר - Kevlar או קרבון - Carbon). חומרים מרוכבים חזקים יותר מאשר פח אלומיניום, אך העיבוד שלהם מסובך יותר. החיתוך של פאנל עשוי חומרים מרוכבים ייעשה, בדרך כלל במכשיר חיתוך לייזר (כל נושא החומרים המרוכבים, העבודה איתם והעיבוד שלהם, מוסברים בחלק אחר במדריך זה).

חשוב לציין: ישנה מחלוקת בין גורמים שונים בתעופה, האם יש צורך במכשירי גיבוי אנלוגיים ("Steam gauges") למכשירי התצוגה האלקטרוניים. מחלוקת זו לא הוכרעה, עדיין, אבל, בפרקטיקה, יותר ויותר בונים נוטים לוותר על הגיבוי של המכשירים האנלוגיים ובחרים להשתמש בפאנל אלקטרוני שני (Back-Up EFIS). כמובן, שהויתור על מכשירי הגיבוי המכאניים, מחייב גיבוי חשמלי נוסף ומספיק למכשירים האלקטרוניים (בדרך כלל, מדובר בסוללת גיבוי פנימית בכל מערכת EFIS ומאד מומלץ גם שיהיה מקור מתח גיבוי נוסף למצבר המטוס ואז, אספקת המתח למערכות האלקטרוניות תהיה בשיטת "Diode OR" כלומר, כל אחד מהמכשירים האלקטרוניים יוזן משני מקורות מתח, כאשר הזנת המתח מכל אחד המקורות תהיה דרך דיודה. במקרה זה, "נפילת" מקור מתח אחד לא תורגש ע"י הצרכן האלקטרוני - מעבר אספקת המתח ייעשה ב"אפס זמן").



איור 22 - חיבור מצבר גיבוי למערכת EFIS בשיטת Diode OR

עוד נושא חשוב לגבי פאנל המכשירים, היא הדרך שבה מצמידים את הפאנל למסגרת הנושאת אותו. יש להשקיע מחשבה, איך לחבר את הפאנל, באופן, שיקל על הגישה אל חלקם האחורי של מכשירי הפאנל, ולכל כבלי החיבורים אליהם, בדרך קלה, נוחה לגישה ולתחזוקה. כמובן, שעדיף כי ניתן יהיה לפרק את הפאנל, על כל מכשיריו מהמסגרת הנושאת ולשם כך, אורכי הכבלים המתחברים למכשירים, צריכים להיות כאלו, שיאפשרו הרחקת הפאנל ממיקומו לצורך גישה לחלקם האחורי של המכשירים ולמתחברים במחברים בין הכבלים לבין המכשירים,

מובן מאליו, ואין, אפילו צורך להדגיש זאת, כי כל הכבלים וכל המתחברים חייבים להיות מסומנים בצורה חד-חד ערכית, בהתאם לשרטוטי החיווט החשמלי של המטוס. כך הדבר, גם לגבי צנרת ה"וואקום" (Static Air) ו"הפיטו" (RAM Pressure) והמכשירים אליהם היא מתחברת - מד גובה, מד מהירות, מד שיעור נסיקה ומד זווית התקפה (אם יש). מאד מומלץ להשתמש ב"חיבורים מהירים" לחיבור הצינורות. במערכות EFIS סביר להניח כי צנרת הוואקום לא תגיע לפאנל, אלא ל- **ADHARS** (Attitude/Heading Reference System) - (מערכת אלקטרונית המחליפה את הסנסורים המכאניים) הנמצא במקום אחר בגוף המטוס. יש להקפיד ולהשתמש בסימון חד-חד ערכי של כל צינור וצינור! מומלץ, אם אפשר, לבחור צינורות בצבעים שונים לכל סוג: פיטו, זווית התקפה ולחץ סטאטי.

שים לב: בדרך כלל, משתמשים בצינורות פלסטיק לחיבור בין הפתח הסטאטי והפיטו אל המכשירים. צינורות אלו באים בשני קטרים מאד דומים אך לא זהים(!) רבע אינץ' ושישה מ"מ. לכל קוטר, ישנם החיבורים המהירים המתאימים. יש להשתמש אך ורק בחיבורים המתאימים לקוטר הצנרת שבשימוש.

כאמור, כל המכשירים צריכים להיות "ברי ניתוק" מצמות הכבלים לצורך אפשרות תחזוקה והחלפת מכשירים תקולים.

כך הדבר לגבי כבלים חשמליים ומכשירי אוויוניקה.

ע"מ לאפשר גישה נוחה ל"אחורי הפאנל", מומלץ כי הפאנל יהיה מחובר באמצעות ציר המאפשר פתיחה לכיוון מסוים או אפשרות הצמדה בברגים המתברגים אל המסגרת נושאת הפאנל (כמובן, שמומלץ להשתמש באומים מסוג Plate Nuts).

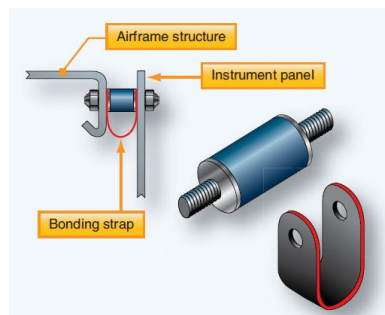
עוד המלצה חמה - מאחר ומדובר במטוס מנועי, אך טבעי הוא כי במטוס תהיינה רעידות בזמן פעולת המנוע (וגם בריצת המראה ונחיתה). כידוע, מערכות אלקטרוניות "לא כל-כך אוהבות" רעידות ולכן מומלץ להצמיד את הפאנל אל המסגרת הנושאת באמצעות משככי רעידות Shock Absorbers.



איור ד.23 - חיבור פאנל מכשירים באמצעות "ציר פסנתר" למסגרת המטוס

איור ד.24, מציג שימוש בבולמי זעזועים, להצמדת הפאנל למסגרת הנושאת. יש לשים לב, לשימוש בפחית ה"אומגה" (Bonding Strip), העשויה בדרך כלל, נחושת ותפקידה להאריק את לוח הפאנל (אם עשוי מתכת) אל המסגרת הנושאת ודרכה אל גוף המטוס.

בולמי הזעזועים עצמם, עשויים גליל גומי (מגיע בדרגות קושי שונות) בו מוטבעים בשני קצותיו, ברגים, אליהם מברגים, מצד אחד את המסגרת הנושאת ומהצד השני, את הפאנל. אני מאד ממליץ, לנסות ולמצוא בולמי זעזועים שבצד אחד יהיה להם זכר לחיבור אל המסגרת, ובצד השני הברגה נקבה, אליה יוברגו הברגים המחברים את הפאנל. הסיבה לכך היא כי עדיף שבפאנל לא יהיו "ברגים בולטים" העלולים לגרום לפציעות. את בולמי הזעזועים, ניתן להשיג בדרגות קושי שונות. בחירת דרגת הקושי הרצויה תהיה לפי החישוב: דרגת קושי = משקל הפאנל (כולל המכשירים) חלקי מספר בולמי הזעזועים.



איור ד.24 - הצמדת פאנל באמצעות בולמי זעזועים

אחד מ"ערוצי התקשורת" בין המטוס לטייס, הן נוריות חיווי Indication Lamps. במטוסים מרושיניים מרכזים את נוריות החיווי במערך הנקרא Annunciation Panel. תפקידן של נוריות החיווי להסב תשומת לב מיידי של הטייס למצבן של מערכות המטוס. הלוגיקה שצריכה להנחות בבחירת צבע נוריות החיווי תהיה (גם אם לא בהכרח אומצה בתעשייה הממוסדת): **אדום = תקלה או שאסור שיהיה. צהוב = "שים לב"** - מצב ביניים שצריכים להיות מודעים לו (למשל, "חימום פיטוי". זהו מצב לא רגיל בהטסת המטוס, אבל, לפעמים נזקקים לו וצריכים להיות מודעים שהוא במצב "פועל". כנ"ל גם לגבי משאבת דלק. משאבת הדלק פועלת רק במצבים מסוימים, שצריכים לדעת שהיא פועלת, אבל, כמובן, שאין מדובר במצב "אסור" או "תקלה"). צבע **ירוק** יהיה צבען של נוריות חיווי המציינות מצב פעולה של מערכת שצריכה לפעול **במצב רגיל**. למשל, גלגלים למטה ונעולים.



איור ד.26 - נוריות חיווי להתקנה בפאנל של מטוס בנוי ע"י חובב

הנוריות שבתמונה למעלה הן נוריות זולות, יחסית וניתן למצאן כמעט בכל חנות אלקטרוניקה.



איור ד.27 - נוריות חיווי להתקנה בפאנל של תיקני

הנוריות הנראות **באיור ד.27**, מאד יקרות (מדובר, לפעמים, בעשרות דולרים) וניתן למצאן כמעט רק אצל ספקי ציוד אוויוניקה (אבל, לפעמים, ניתן גם למצאן בחניות "ג'אנק"). במטוסים ישנים, נוריות החיווי היו נוריות מסוג "להט" (Glow Bulb), שבאופן טבעי, אורך חייהן היה מוגבל והן היו נשרפות לעיתים קרובות יחסית. ע"מ להאריך חיי הנוריות נקטו בשיטה פשוטה ועילה - שימוש בנורות שמתח הפעולה הנומינאלי שלהן גבוה מהמתח עליו פעלו בפועל, מה שהאריך בצורה דרמטית את חייהן. היום מקובל להשתמש בנוריות לד LED, שאורך חייהן ארוך ללא שיעור (יכול להגיע לכמה עשרות אלפי שעות) מאשר נוריות הלהט. את הנוריות ניתן להשיג בגוף עגול או מלבני.



איור ד.28 - נוריות חיווי LED

ע"מ לוודא תקינותן של נוריות החיווי, מוסיפים בפאנל, בסמוך לאזור שבו מותקנות הנוריות, מפסק לחצן, המסומן "**LAMP TEST**", אשר לחיצה עליו מפעילה את כל הנוריות ביחד. ישנן שיטות שונות לחיבור לחצן בדיקת הנוריות אל הנוריות, הנפוצה ביניהן היא חיבור דיודה בין כל נורית לבין הלחצן. הדיודות מחוברות בקוטביות המתאימה לאופן שבו כל נורית מקבלת את מתח ההפעלה שלה.

8. קיר האש

בין החלק הקדמי של המטוס למנוע, מפריד "קיר האש". ישנה דרישה מנדטורית (FAR part 23.1191) כי קיר האש יוכל לעמוד בטמפרטורות של $1100^{\circ}\text{C} \pm 65^{\circ}\text{C}$ מעלות למשך זמן של 15 דקות. בנוסף, קיימת דרישה כי קיר האש יחסום מעבר גזים (בעיקר CO מהמנוע לתוך תא הטייס).

המתכת המומלצת היא נירוסטה (Stainless steel sheet) בעובי של, לפחות, 0.5 מ"מ. ישנן מתכות אחרות, אך באופן פרקטי לא בשימוש.

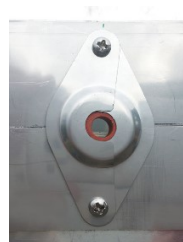
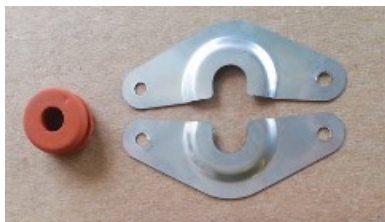
כל מעברי החוטים, הכבלים, הצינורות והבקורות, העוברים מחלקו הפנימי של המטוס אל המנוע, הנמצא מעבר לקיר האש, חייבים להיאטם.



שתי שיטות מקובלות לאיטום הן: שימוש במשחה (מָרָק) העומדת בטמפרטורות הגבוהות הקיימות בתא המנוע, לאחר התקשותה,

איור ד.29 - משחת אטימת מעברים בקיר האש 3M FIRE BARRIER 2000

או שימוש ב"מעברי דופן" כנראה באיור הבא:



איור ד.30 - אביזרי מעבר קיר אש

כאשר נדרש להעביר חוטי בקרה או חוטי סיגנאלים המגיעים מסנסורים שונים במנוע אל עבר מכשירי תצוגת מצב המנוע המותקנים בפאנל המטוס, מומלץ להשתמש המחברים צבאיים מגוליים מסדרת MIL 38999/20 - מחברי פאנל ומחברי כבל. אלו, אמנם, מחברים יקרים, אבל הם אטומים ובעלי אמינות מוכחת לאורך שנים. ניתן להשיג מחברים אלו ממספר מקורות. אני הצלחתי למצוא אצל שני ספקי חלקי אלקטרוניקה בארה"ב, שאני עובד איתם:

MOUSER - www.mouser.com

DIGIKEY - www.digikey.com

(חשוב לציין, כי, בדרך כלל מועדי הספקה של מחברים אלו, ארוכים ביותר ויש להיערך בהתאם)



איור ד.31 - מחברים עגולים MIL 38999

הזכרנו קודם את קיר האש המפריד בין "תיבת המנוע" לבין תא הטייס. כאמור, קיר האש יהיה עשוי מתכת העמידה לטמפרטורות גבוהות לאורך זמן - ובדרך כלל, נירוסטה. אולם, נירוסטה אינה חומר מבודד תרמית ולא חשמלית. לכן, אני מאד ממליץ, לצפות את קיר האש, בצידו הפונה לתא הטייס, בחומר בידוד, שיבודד גם מפני מעבר חום מהמנוע לתא הטייס וימנע, או יפחית משמעותית את מעבר הרעש.

דוגמא לחומר כזה הוא: SOUNDEX או FIREWALL 2000 CERAMIC BLANKET אותם ניתן להשיג בחנויות המוכרות ציוד וחומרים לתעופה, כדוגמת Aircraft Spruce. את החומר ניתן להשיג בעוביים שונים. אני ממליץ לשים על קיר האש, את החומר העבה ביותר (Aircraft Spruce P/N SX-600), שהוא גם חומר עמיד באש ומאושר FAA, ועל הקירות הפנימיים של תא הטייס בצידם הקרוב למנוע, את החומר היותר דק (כדוגמת - SX-500). אם כיסוי תא המנוע עשוי חומרים מרוכבים, מאד מומלץ להדביק את החומר SX500 באזורים ה"חמים" של המנוע (בקרבת צינורות הפליטה).

את ה-Soundex מדביקים למשטח הפח באמצעות דבק מגע. אני מזכיר כי שימוש נכון בדבק מגע פירושו, מריחת שכבת דבק על משטח הפח ושיכבה על הצד אותו מתכוונים להדביק על חומר הבידוד ואז ממתינים עד שהדבק מתייבש לחלוטין (בערך 20 דקות) ורק אז להצמיד את הבידוד לקיר.

לאחר הדבקת חומר הבידוד לפח, מומלץ לאטום את השוליים שלו באמצעות סרט הדבקה מאלומיניום כדוגמת SXT-200, או Aluminum Foil Tape 4" x 25yd AS P/N 09-01275. השימוש בסרט האלומיניום מונע חדירת שמנים ושאריות דלק לתוך שכבותיו הפנימיות של חומר הבידוד (ספיגת נוזלים היא "תכונה טבעית" של חומר עשוי שכבות ושגורמת להכבדה שלו).

7. תא המנוע

כאן אתייחס רק להיבט ההתקנה של המנוע ואביזריו בתוך חלל תא המנוע. כל הקשור במנוע עצמו יוסבר בהמשך.

במטוסים רבים, תא המנוע הוא האזור שבו ממוקם המנוע. ישנם מטוסים שהמנוע יהיה "מנוע מושך" (Tractor) וישנם שהמנוע יהיה "מנוע דוחף" (Pusher).

ברוב המקרים, תא המנוע יהיה מכוסה באמצעות "כיסוי המנוע" (Cowling) אשר יכול להיות בנוי משני חלקים (עליון ותחתון או ימין ושמאל), או כל שילוב אחר.

ישנן שיטות וטכניקות שונות להתקנת כיסוי המנוע. יש המחלקים את הכיסוי לשני חלקים - עליון ותחתון, יש המעדיפים שני חלקים - ימין ושמאל וישנם המעדיפים תצורה אחרת. ישנם גם כאלו אשר קבעו כי חלק אחת של כיסוי המנוע יהיה קבוע והשני ניתן להסרה וישנם אשר מעדיפים כי כל חלקי כיסוי המנוע יהיו ניתנים להסרה. לנו, הבונים, מאד חשוב כי אופן הסרת כיסוי המנוע יהיה בצורה שניתן לפירוק ולהרכבה מהירים וללא שימוש בכלי עבודה אקזוטיים.

חיבור כיסוי המנוע אל חלקו הקדמי של המטוס וביניהם יאפשר פירוק קל.

שתי טכניקות נפוצות משמשות להצמדת חלקי כיסוי המנוע לגוף המטוס וזה אל זה :

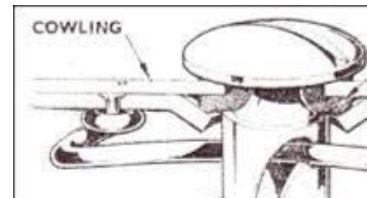
א. "דזוזים" (DZUZ Fasteners)

ב. "צירי פסנתר" (Piano hinges)

דוזים בנויים משני חלקים - חלק אחד "נקבה" מותקן בחלק הכיסוי התחתון והחלק השני של הדוז "זכר" מותקן בחלק העליון, הפריק. ישנם שני סוגי דוזים זכר - כאלו שיש להם מעיל "ידית" איתה מסובבים את הדוז לצורך פתיחה וסגירה וכאלו שיש להם "ראש בורג" אשר מצריכה שימוש במברג לצורך פתיחה וסגירה. ניתן לראות באיור ד.33 גם את החלק התחתון, אליו מתחבר הדוז. חלק זה מוצמד באמצעות שתי מסמרות.



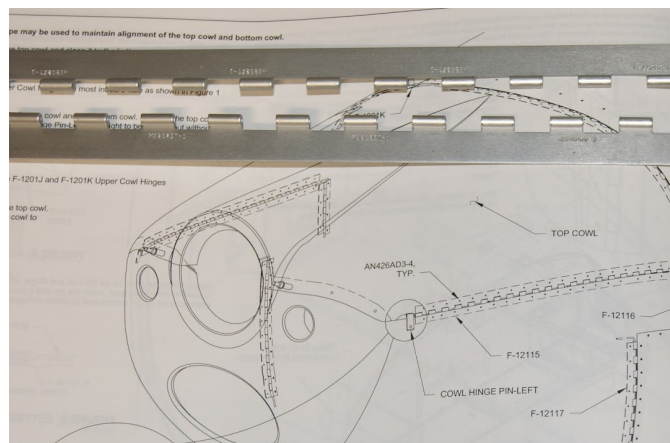
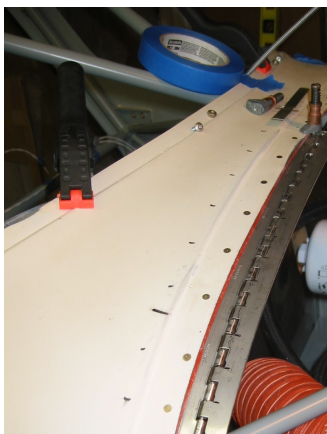
איור ד.32 - דוזים. מימין לסגירה במברג ומשמאל לסגירה באמצעות "כנף"



איור ד.33 - דרכי התקנה שונות של דוזים

היתרון הגדול של השימוש בדוזים, הוא הנוחות והמהירות בפתיחה וסגירה. החיסרון הגדול - המחיר.

השיטה השנייה, המשמשת להצמדת חלקי הקאולינג, היא שימוש ב"ציר פסנתר" אשר בו שני חלקים משתלבים זה בזה באמצעות ציר ("מחט") העובר לכל אורך ה"שיניים" של הצירים. הטכניקה המשמשת להצמדת חלקי הקאולינג, בשימוש בציר פסנתר, פשוטה מאד: מחברים כל אחד מחלקי הציר לחלק של הקאולינג באמצעות דבק (אפוקסי או רזין Resin של חומרים מרוכבים) ביחד עם מסמרות. לאחר ההדבקה, שני הציר משתלבים זה בזה ואז משחילים את המחט לכל אורך הציר ובכך מתבצעת הצמדת חלקי הקאולינג.



היתרון של שימוש בציר פסנתר, הוא הפשטות והמחיר הזול. החיסרון - לפעמים השחלת המחט קצת "טריקית". הדרך להשחיל את המחט היא לסובבה תוך כדי השחלתה לשיני ציר הפסנתר.

8. חופה וחלונות

יצרנים שונים ממליצים המלצות שונות לאופן שבו יוצמדו החופה או חלונות הפלסטיק השקוף, העשויים פלקסיגלאס (פרספקס) או לקסן, למסגרת הנושאת אותם, או לפתחים בגוף (Recess) בהם ישולבו החלונות (בהמשך, אכתוב "החופה השקופה" הן עבור החופה והן עבור החלונות). אחת השיטות המקובלות היא קדיחת חורים גדולים (בערך בקוטר כפול משל ברגי החיבור) בחופה השקופה ושימוש בדסקיות גדולות AN970, או דסקית שקועה דקורטיבית: לבורג #6 - דסקית מק"ט AN3236-012-193 ולבורג #8 דסקית מק"ט AN3136-017-193, בין ראשי הברגים לצד החיצוני של החופה השקופה. את הברגים מברגים למסגרת הנושאת את החופה, או אל הפתחים בהם יותקנו החלונות. **מאד לא מומלץ להשתמש במסמרות, לא עיוורות ולא קשיחות!** הכוונה היא כי שינויי הטמפרטורה בין חורף לקיץ ובין יום ללילה, הגורמים להבדלים בשינויי התפשטות שונים בין המסגרת לבין החופה השקופה, לא יפעילו מאמצים על החופה או החלון ויגרמו לסדקים.

דרך אחרת עליה אני ממליץ, היא שימוש בחומר הדבקה Bonding מסוג סיקאפלקס. הסיקאפלקס הוא חומר בעל כושר הדבקה גבוה - כחצי ק"ג למ"מ מרובע. אך מה שבעיקר חשוב - בעל גמישות כשל גומי! גמישותו של החומר מאפשרת "לספוג" את שינויי ההתפשטות ובכך למנוע סדקים או פיצוץ הפלסטיק השקוף. מאחר והמטוס נחשף לקרינת השמש, בעלת שיעור גבוה של קרינה אולטא-סגולה (UV), חובה להשתמש בחומר הדבקה המיועד לעמוד בפני השפעותיה המזיקות של קרינה זו.

החומר המומלץ לכך הוא: Sikaflex 295UV.

ע"מ שחומר ההדבקה "יתפוס" את המשטחים אותם רוצים להדביק, יש להשתמש בפריימר המיועד לסיקא הנ"ל והוא יהיה: Sikaflex 209N.

תהליך העבודה:

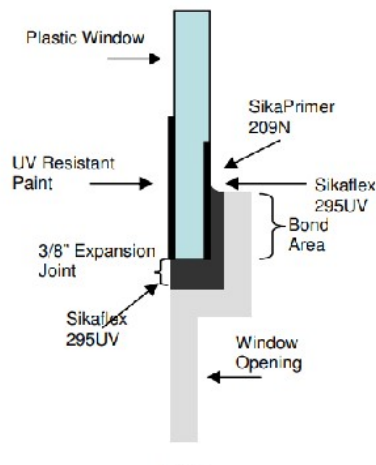
דבר ראשון יש לנקות היטב את שטח ההדבקה, הן על המסגרת והן בחופה השקופה. הניקוי יכלול גם שפשוף קל בנייר זכוכית עדין (100 - 160) - רק בשטח החפיפה שבין החופה למסגרת! לאחר מכן יש לוודא כי כל השומנים הוסרו. לצורך כך החומר הטוב ביותר הוא אלכוהול 97% אולם, לפני השימוש, יש לוודא בפינה מוסתרת של החופה, כי האלכוהול אינו מזיק לפלסטיק ממנו עשויה החופה! לאחר הסרת כל השומנים, יש לתת לחופה ולמסגרת זמן להתייבש.

לאחר ייבוש שטחי החפיפה, יש למרוח שכבה דקה של הפריימר הן על החופה והן על המסגרת (כדאי לשים לב, שלא לחרוג משטחי החפיפה מאחר וקשה מאד לנקות את המקומות שהתלכלכו מעודף החומר).

לאחר שהפריימר התייבש (בערך 20 דקות) יש למרוח את חומר ההדבקה עצמו בשכבה של בערך שני מ"מ עובי, כך, שכאשר החופה תוצמד למסגרת חומר ההדבקה יגיע לכל המקומות אליהם הוא צריך להגיע.

מצמידים את החופה למקומה, אך, כדאי להתחיל מאחת הפינות ולאט לאט להוריד את החופה עד אשר תגיע לכל המסגרת. טכניקה המאפשרת להביא את החופה למקומה בדיוק רב יותר היא לשים גפרורים, לרוחב שטח ההדבקה כל, בערך, עשרה ס"מ, מה שימנע מהחופה לגעת ולהיצמד אל המסגרת לפני שהושמה במדויק במקומה. לאחר הצבת החופה במקום הנכון, יש להתחיל להוציא את הגפרורים, אחד אחרי השני, החל מאחת

הפינות ולהתקדם לפינה הנגדית. לאחר שכל הגפרורים הוצאו, החופה, למעשה, נמצאת במקום ועכשיו מומלץ להשתמש באטבים להצמדתה הסופית למקום ולהחזיקה מוצמדת למקומה.



בשלב זה יש להוסיף חומר הדבקה באופן שייצור מעין "משולש" בין המסגרת לבין החופה. להשגת מריחה טובה ואחידה, מומלץ להשתמש באצבע הטבולה קודם בסבון ואיתה למרוח ו"לדחוף" את החומר למילוי החלל ליצירת המשולש וגם להחלקת השטח בצורה יפה ונאה.

כאשר מדובר בחלון המוצמד לפתח בגוף, יש להשאיר מרווח של בערך 10 מ"מ בין הגבול החיצוני של הפלסטיק השקוף לבין גבול מסגרת הפתח ע"מ לאפשר התרחבות של הפלסטיק השקוף בתוך המסגרת.

איור ד.35 - הדבקת חופה שקופה למסגרת חלון או מסגרת נושאת של החופה

סרטון נחמד המראה את אופן השימוש בסיקאפלקס אפשר למצוא כאן:

<https://www.youtube.com/watch?v=KjUgDqKc0x4>

סרטון זה מראה התקנת חלון בצוללת, אבל העיקרון דומה.

למי שמעוניין להעמיק את הידע וההבנה של השימוש בסיקאפלקס, מצורפת רשימת מסמכים של היצרן. את כל המסמכים האלו ניתן להשיג ברשת:

- I. Sika Surface Preparation Guidelines (1531)
- II. Sikaflex® 295UV Tech Data Sheet (2209)
- III. Sikaflex® 295UV MSDS (1664)
- IV. SikaPrimer® 209 Tech Data Sheet (2211)
- V. SikaPrime®r 209 MSDS (1906)

האתר של היצרן: <http://www.sikaindustry.com>

פרק ה - המנוע חלק זה נכתב ע"י חיים רוה

1. הקדמה.

הניסיון מוכיח כי, למטוס בוחרים רק מנוע מוכח וידוע. כל "קוריוז" אחר, יגרום לבונה, עוגמת נפש. ואולי, חמור יותר, פגיעה בגוף ונפש.

אבל יש נוספים: חוסר ביטחון בטיסה, השבתה, הוצאות רבות ומיותרות ועוד מיני רעות אחרות. היום המנועים המוכרים, נחשבים אמינים, אך שגור בפי משפט, שהפנמתו יכולה לעזור להגיע ל"חיים ארוכים".

ידועה האמרה: **המנועים של פעם "לפעמים עבדו", המנועים של היום "לפעמים עוצרים"!** אך, במוקדם או במאוחר, מנוע ומערכות המטוס הקשורות לעבודת המנוע, יכולים להיכשל!

לי נעצרו הרבה מנועים.

שמירה של 100% מזמן הטיסה, בקונס גלישה לשטח נחיתה בטוח, תהיה ערובה להישרדות. נכון, קשה להתרגל לכך וזהו כמעט, החלק הכי חשוב לטיסה בטוחה. ומה יותר טוב ונכון מאשר לחזור הביתה שלם? טייס טוב הוא זה שחוזר שלם. טייס עוד יותר טוב, הוא זה שגם מחזיר את המטוס שלם. לחזור שלם ולשמור גם על המטוס, זה כבר מחייב להיות כל הזמן, אבל כל הזמן בקונס גלישה לנחיתה בטוחה. זה בשליטתנו.

כשל טכני לרוב אינו בשליטה שלנו.

לכן ולדעתי האישית, טייס טוב הוא שנמצא 100% מהזמן בקו גלישה למקום בטוח. לא זה שיועד להחזיק את הסטיק וזוויות המטוס, לא זה שמדבר נכון ויפה בקשר, לא זה שנוחת נחיתות רכות. בהמשך, יובאו הסברים על סוגי מנועים ויצרניהן, השיקולים בבחירת מנוע למטוס הנבנה, הדרכים להתקנת המנוע במטוס, הרצתו הנכונה, תוך מיצוי הפוטנציאל של המנוע במלואו, תפעולו השוטף של המנוע בחיי היום, יום ולתחזוקה נכונה של המנוע.

2. בחירת מנוע.

ישנן 2 יצרניות מנועי מטוסים לתעופה הכללית (General Aviation) ועוד אחת, לתעופה הזעירה (LSA/Ultralight), אלו הן שלוש היצרניות הידועות בעולם התעופה:

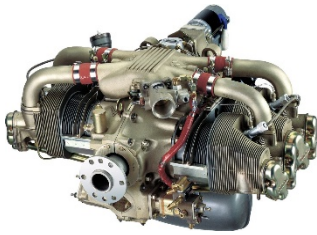
- I – לייקומינג (Lycoming)
- II – קונטיננטל (Continental)
- III – רוטקס (Rotax)

ולדעתי, מנועי רוטקס משופרים, זמנם איתנו כאן ועכשיו.



לייקומינג, מנוע עמיד, מאריך חיים, לא רגיש לשנוי חום/קור. "סוס עבודה". בארה"ב יש הרבה מנועי לייקומינג, העובדים במטוסים הפועלים תחת ההגדרה "הפעלה פרטית" (להבדיל מהפעלה מסחרית) שמגיעים ל 5000 שעות ויותר, לפעמים עם טפול כזה או אחר. מנוע זה נחשב למנוע הפופולרי ביותר ויש לכך הרבה סיבות מוצדקות!

איור ה.1 – מנוע Lycoming



קונטיננטל, גם מנוע זה די נפוץ בין מטוסי התעופה הכללית. זהו מנוע הידוע כמנוע רגיש, מחזיק פחות שעות ומצריך טיפול/או תיקונים לעיתים קרובות יותר. המנוע פופולרי פחות מליקומינג ולא סתם.

איור 2. – מנוע Continental



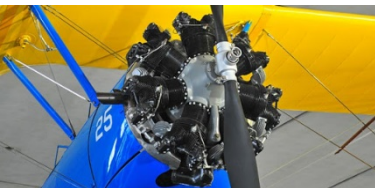
רוטקס, מנוע מאוד פופולרי, אולי הנפוץ ביותר, במטוסים הקלים יותר, - אז"מים ו-LSA. מנוע זה, במקור, שימש אופנועי שלג, והיום ניתן למצוא גם במצנחים ממונעים.

הדורות החדשים של מנועים אלו, הוכיחו עצמם אמינים במיוחד. למרות גילו הצעיר יחסית לליקומינג וקונטיננטל.

אלו הם מנועים הבנויים תוך שימוש רב בטכנולוגיות חדישות ומודרניות. נכון לשנת 2020 מנועים אלו מיועדים ל 2000 שעות עבודה(!) עם מעט מאוד תיקונים בדרך.

איור 3. – מנוע Rotax

יש לציין כי לכל שלוש היצרניות, שצוינו למעלה, ישנו מבחר מגוון של סוגי מנועים, בגדלים ובהספקים שונים. חברת קונטיננטל ידועה גם במנועים הרדיאליים שהותקנו במטוסים רבים בשנות השלושים והארבעים של המאה הקודמת. גם היום, ישנן "אוהבי המנועים הרדיאליים" המעדיפים מנוע רדיאלי בחזית מטוסים! (יש לציין את ה"סאונד" המיוחד של מנוע רדיאלי ורבים, פשוט, לא מוכנים לוותר עליו).



איור 3. – מנוע רדיאלי

מנועי טורבו

בתקופת מלחמת העולם השנייה, מטוסים נדרשו להגיע לגבהים שבהם האוויר דליל, מה שגורם לאספקת חמצן נמוכה ובכך להוריד את ההספק של המנוע (פחות אוויר = פחות דלק = פחות הספק). לכן, יצרני מנועים כמו, למשל, רולס רויס ואחרים, הוסיפו למנועיהם מגדש טורבו (Turbo Charger), אשר תפקידו היה לדחוס כמות גדולה של אוויר לתוך חלל הצילינדרים ובכך לאפשר שריפת כמות יותר גדולה של דלק וקבלת הספק רב גם בגבהים גבוהים מאד.

להנעת המדחס, קיימות טכניקות שונות - טורבינה המונעת ע"י גזי הפליטה של המנוע, או חיבור מכאני בין ציר המנוע לבין ציר המדחס. במנועים בהם היה קיים קישור מכאני בין ציר המנוע לבין המדחס, בדרך כלל היה "מצמד" שהתחבר אוטומטית או ע"י הטייס. בין השאר, היו גם מדחסים "דו שלביים" שנכנסו לפעולה בהתאם לגובה הטיסה.

במנועים הנפוצים בקרב המטוסים הבנויים ע"י חובב, רק חברת רוטקס משתמשת בטכנולוגיית הדחיסה ע"י מדחס (אגב, טכניקה נפוצה במנועי מכוניות. השימוש במדחס במנועי מכוניות, כלל אינו קשור לגובה, אלא, מטרתו להגדיל את כמות האוויר המוחדרת לצילינדרים ובכך להגדיל את כמות הדלק הנשרפת בחלל הצילינדרים מה שנותר הספק גבוה יותר למנוע בעל נפח ידוע מבלי לדרוש הגדלתו).

יש לציין כי, בדרך כלל, מנועי טורבו אמורים להחזיק פחות שעות עבודה וזה, עקב המאמצים הגבוהים הפועלים במנוע טורבו, אם כי מנועי רוטקס בעלי מגדש טורבו, מיועדים גם כן ל 2000 שעות עבודה.

אורך חיי המנוע (TBO)

כאן המקום להסביר כי למנועי מטוסים, היצרן ממליץ על אורך חיים ידוע של כך וכך שעות עבודה (TBO - Time Between Overall, שלאחריהן, יש צורך להכניס את המנוע לטיפול יסודי. למעשה, מביאים את המנוע למצב של "כמו חדש" כלומר, כל חלקיו ואביזריו נבדקים לאפיונות (Tolerance) המקורית של המנוע. כאשר מנוע תעופתי מורכב ע"ג מטוס מרושיין, על המפעיל לדאוג ולוודא כי בגמר צבירת השעות הנומינאליות של המנוע, כי הוא יוסר מהמטוס ויימסר לטיפול "אוברוול". לאחר טיפול כזה, המנוע מקבל הגדרה "מנוע 0 שעות" כלומר, ניתן להשתמש בו, עוד אותן מספר שעות כמו של המנוע שיצא מהמפעל. למרות זאת, לכל מנוע כזה מוקצבים מספר ידוע של "מחזורי חידוש" שלאחריהם, המנוע, מסיים את חייו. כל האמור לעיל, מתייחס למנועים המותקנים במטוסים מרושיינים, בהפעלה מסחרית. למטוסים בהפעלה פרטית, אין דרישה כזו ולמעשה, מאפשרים לבעלים להשתמש במנוע עפ"י מצבו המכאני (On Condition), כלומר, כל עוד המנוע עונה למפרטי (Specifications) של היצרן, ניתן להמשיך ולהשתמש בו. בישראל, לצערנו, רת"א לא תמיד מאפשרת את השימוש במנוע מעבר לשעות שהיצרן הגדיר. אבל, הבונה החכם, יציין בספר המטוס, כי תחזוקת המנוע היא "On Condition" ולאחר שרת"א אישרו את ספר המטוס, למעשה, אינם יכולים, מבחינה חוקית, לדרוש הסרת המנוע מהמטוס, לאחר שהמנוע הגיע למספר השעות המומלץ ע"י היצרן!

אז, איזה מנוע אשים במטוסי?

כל מנוע, שאינו אחד משלושת המנועים שצוינו לעיל, הוא קוריוז מתמשך. לא שהוא לא יעבוד, אך, תקלות, יחס משקל הספק, אורך חיים, אמינות ועוד..... יש לציין, כי רוב יצרני הקיטים, ממליצים על אחד משלושת היצרנים האלו. יש יצרנים, שאפילו, מבקשים מהבונים שלא להתקין מנוע שלא עפ"י המלצתם. יחד עם זאת, מבחינה חוקית – מותר לבונה לבחור כל מנוע שיחפוץ!

(בארה"ב, ישנם בונים המעדיפים דווקא מנועי מכוניות, שעברו "הסבה" להתקנה במטוסים. שם, ייתכן, כי השיקולים יכולים להיות אחרים – נגישות לתמיכה טכנית, חלפים ומחירים נמוכים משמעותית. אך בתנאים שלנו בארץ, פשוט לא מומלץ).....

רת"א, מצידה, מערימה קשיים על הבונים ולא נדירים המקרים, שאף לא אישרה שימוש במנוע שלא עפ"י המלצת היצרן.

(כאן המקום לציין, כי רת"א אינה מאפשרת לבונה לתחזק את המנוע והבונה נדרש לתחזקו באמצעות מכון בדק(!) וזאת, למרות העובדה כי למכון הבדק אין כל הכשרה לתחזק מנוע שאינו מנוע תעופתי).

מניסיוני, בתחום התחביב שלנו, ובעיקר בסוגים ובגדלים של המטוסים שאנו בונים, הייתי בוחר אחד מהשניים: לייקומינג, או רוטקס.

לייקומינג. תבחרו את המנוע המתאים למטוס אותו אתם רוצים. הוראות אחזקה יש, אין לי מה להוסיף, אלא לתפעל נכון את המנוע עפ"י הוראות היצרן: בתקופת הרצת המנוע (אם מנוע חדש) - בחירת השמנים הנכונים והחלפתם עפ"י לוחות הזמנים המומלצים ע"י היצרן ולאחריה טיפולים שוטפים, שימוש בשמנים הנכונים

והחלפתם (ואת הפילטרים) בזמנים עפ"י מערך התחזוקה, וניהול נכון של תהליך דילול יחס התערובת (שאגב, מעבר לעניין החיסכון בדלק, גם ובעיקר שומר ומאריך את חיי המנוע וחלקיו).

רוטקס. גם לו יש הוראות אחזקה. אבל כמה דברים להעיר את עיניכם -

מנוע הרוטקס 80 כ"ס. הוא, כנראה, האמין ומאריך חיים מבין כל חבריו. יש עדויות ל 4000-5000 שעות עבודה!

מנוע ה-100 כ"ס הוא המנוע הפופולארי ביותר בין מנועי רוטקס. אמנם, אורך חייו קצרים יותר, אך הוא מחזיק לפחות וברור שיותר מ-2000 ש"ע, אם כי אני לא יודע כמה. בבסיסו הוא דומה מאוד למנוע ה-80 כ"ס, עם יחס דחיסה גבוה יותר ועוד כמה שינויים מינורים.

רוטקס 914 (Rotax 914) מצויד במגדש טורבו והוא מפיק 115 כ"ס. המנוע מחזיק, אף הוא, 2000 ש"ע לפי היצרן.

חברת רוטקס מייצרת עוד כמה מנועים חדשים יותר. האם הם "בשלים"? לי עדיין אין תשובה.

ישנן חברות המכניסות שינויים במנועי רוטקס קיימים, שינויים אלו משפרים את הביצועים ולטענת החברות, גם מוזילות את השימוש במנועים. לחברות אלו כבר נצבר ניסיון לא מועט, אם כי, אני לא יודע לתת מידע על אמינות ואורך חיים. כנראה שינויים לא רעים.

אחת החברות האלו, היא חברת Edge Performance (<https://www.edgeperformance.no/>). החברה מציעה מגוון שיפורים, ביניהם העלאת ההספק מההספק המקורי, לכדי 135 כ"ס ועד 177 כ"ס. הפופולרי כנראה שיפור ל 154 כ"ס.

ראה סרטון לדוגמא ביוטיוב: <https://www.youtube.com/watch?v=gs3zq--4R7E&feature=youtu.be>

ולחלן כמה נקודות להן אתייחס בהמשך:

1. ביצועים
2. התייחסות רת"א.
3. רווח והפסד.

- הספק - 154 כ"ס או יותר, לדעתי ייתן אותם הביצועים שייתן לייקומינג עם 180 כ"ס, או לפחות מאוד דומים. למה? כי משקלו מהותית קל יותר. נכון הוא שכנראה צריך להציבו קדימה יותר, בהתאמה למרכז הכובד והשינויים הנדרשים.

- התייחסות רת"א? ביום כתיבת שורות אלו, זה עדיין לא עמד למבחן. מנוע שאינו מסופק בקיט היצרן, צריך 40 שעות טיסת ניסוי (שלב I של טיסות הניסוי) במקום 25 למנוע מאושר. אבל, האם רת"א יתייחסו למנוע כמנוע בניה עצמית? שאלה גדולה. מנוע אקספרימנטלי יכול לקבל אחזקה עצמית? כי אין מוסכים מורשים (ראה הערה במקום מוקדם יותר) ואין הוראות אחזקה מוסמכות/מוכרות. לכן ומכיוון שרובינו רוצים לתחזק לבד, רוצים בזול, קל וחזק, אולי זה יתרון. **רוטקס** עם שיפורים, אינו באחריות, ולא יחשב כמנוע מתוצרת **רוטקס**, אלא מנוע מוסב. מנועים מוסבים ישנם הרבה מיצרנים שונים ובעצם יצרן המנוע הוא זה שמסב את המנוע ואשר משתמש מחלקים הקיימים בשוק. למשל מנועי פולקסוואגן או מנוע סובארו ומנועים יפניים אחרים וכן גם מנועי מכוניות אמריקאיים.

- מה נרוויח ומה נפסיד - אציין כי מנוע שלא מנוסה הרבה זמן ומוכח, כהגדרתי הוא "קוריוז", "מנוע לא בשל" זוכרים? אך כשהוא בעיקרו בנוי על בסיס **רוטקס** ואם קצת ניסיון, אולי הוא לא כל כך רע??

אולי לא יעשה 2000 שעות אך יכול להתקרב לזה, תלוי ברמת השיפורים ובכמות הסוסים אותם אנו רוצים מהמנוע. להזכירכם, מנוע כזה ייקח קצת פחות דלק לכל "סוס" שנשתמש, הדלק יכול להיות דלק תחבורתי וזה תלוי גם במבנה המטוס, גבהי הטיסה והחשוב בדיקה פיזית בגבהים גבוהים ונשים לב אם אין רתיחת דלק בימי קיץ חמים.

אביא כאן דוגמא לשיקול בבחירה בין מנוע **רוטקס** למנוע **לייקומינג**:

רוטקס יהיה "יחס צריכת דלק לכ"ס לשעה" (SFC) טוב יותר מאשר למנוע **לייקומינג** ומנועי קירור אוויר בכלל.

SFC טוב יותר, יגדיל את טווח המטוס ויעלה פחות. לפי **EDGE PERFORMANCE** למשל, למנוע עם מקסימום 165 כ"ס לזמן קצר ועם 135 כ"ס לעבודה רציפה, תהיה צריכת דלק של 35 ליטר לשעה בהספק מכסימלי-רציף של 135 כ"ס.

מנוע **לייקומינג** יצרוך 42-45 ליטר לשעה, הנותנים 130 כ"ס ממושכים, ממנוע שיועד לספק 180 כ"ס מקסימום.

ההבדל, יותר מ 20% בצריכת הדלק. להבנה טובה יותר. אם מיכל הדלק במנוע **רוטקס** מכיל 100 ליטר, עבור **לייקומינג** תצטרכו 120 ליטר. 20 ליטר, זה כבר משקל ועלות שיש לקחת בחשבון. ואולי גם חשבון הבנק יהיה מרוצה יותר. כי ליטר תעופתי יקר מליטר תחבורתי.

משקלים:

רוטקס - 165 כ"ס ישקול בערך 150 ליברות = 68 ק"ג, אולי מעט יותר.

לייקומינג - 180 כ"ס ישקול בערך 300 ליברות = 136 ק"ג (בנוסף צריך לקחת יותר דלק, עבור אותו זמן/מרחק טיסה).

כל המשקלים הם בקירוב, כי תלוי מה כוללים במשקל. למשל, מערכות פליטה, תושבות מנוע, מדחפים, מערכות קירור, מערכות שמן ויש עוד הרבה לחשב בנושא המשקלים.

לבסוף, יחס ההספק למשקל, הוא שעושה את המטוס "חזק". חזק, כוונתי "סוחב" טוב יותר, מטפס טוב יותר, ממריא קצר יותר. כמובן, שתיאור "חזק" לא מכוון לחוזק גוף ולבטח לא למבנה המטוס שהוא בעיקר קובע המהירות.

נחשב דוגמא של יחס הספק משקל לגוף מטוס נתון.

ל**לייקומינג** עם 180 כ"ס, שיחס ההספק משקל שלו די טוב, עם מטוס שמשקלו 950 ק"ג, היחס יהיה 5.277 ק"ג לכוח סוס.

אם נשתמש ב**רוטקס** משופר, בעל 165 כ"ס, באותו גוף מטוס, משקל המטוס יהיה כ 70 ק"ג פחות. יחס ההספק משקל יהיה 5.333 ק"ג לכוח סוס אחד.

אבל ל**רוטקס** כזה, ניקח לאותה הטיסה 20% פחות דלק. אז יחס ההספק משקל יהיה לטובת מנוע ה**רוטקס** וגם לטובת הבנק, האישה והמשפחה ☺.

מעניין! כמעט אותו הספק משקל.

המשמעות! אותם ביצועים

העלות פחותה! מכל בחינה.

ובמה נשלם? אז המשפט השגור בפי שנים רבות:

לחשבון יש הרבה "פגים"

תלוי מה נחשב? איך נחשב? מה נחשב אצלנו בחשבון וממה אנו נתעלם בחישוב, או נכניס לחישוב.

הערת העורך : בטיסה ישרה ואופקית, ההספק – למעשה, הכוח, הנדרש מהמנוע אמור להתגבר אך ורק על הגרר של המטוס. את הגרר ניתן לחשב לפי הנוסחה: הגרר שווה למשקל המטוס חלקי ה- L/D של המטוס במהירות הטיסה הנתונה. כלומר, הכוח הנדרש מהמנוע (שהוא למעשה, ההספק הנדרש במהירות טיסה מסויימת) צריך רק להתגבר על הגרר ובפועל מדובר בהרבה פחות מההספק המכסימלי שהמנוע יכול להפיק! אז היכן צריך הספק גבוה? בטיפוס. שם, למעשה, בא לביטוי עודף הכוח של המנוע.

אוי, שכחתי! התפנו כ- 70 ק"ג ממשקל המטוס! **אולי זה חשוב?**

מה נעשה בזה? פשוט - ניקח יותר דלק למרחקים גדולים יותר! או שניקח יותר מזוודות לאישה.

או שנוסיף למטוס, עוד מכשור/אביזרים אותם לא לקחנו בחשבון מראש.

או אולי נשאיר את המטוס קל יותר ויהיה "הבחור" בעל ביצועים טובים.

או שתעלה סיפרת הגיי במעט (חשוב לטייסי האווירובטיקה).

מעניין ! ?

כמה יעלה **רוטקס** כזה? תשובה מדויקת אין לי. אך אם קונים מנוע שגמר שעות או שגמר שנים, יקר הוא לא יהיה. קונים את קיט השיפורים, את החלקים שצריך להחליף, כל אלו להערכתי יעלו פחות ממנוע חדש אחר. נוסיף את הדלק המוזל, מטוס קל, ואחזקה עצמית [אולי] כל אלו יתכן וישתלמו. וגם כאן המשפט " לחשבון יש הרבה פנים".

3. התקנת המנוע.

להתקנת המנוע במטוס מספר אספקטים חשובים, שישפיעו על ביצועי המטוס ובטיחותו.

את המנוע אפשר להתקין כ"מנוע מושך" - Tractor או, כ"מנוע דוחף" - Pusher. כמובן שהבחירה בין שתי אופציות אלו נעשתה, ע"י המתכנן ולנו, הבונים, אין הרבה מה לעשות בעניין זה.

ישנה עוד בחירה, שלבונה אין השפעה עליה, אך היא תשפיע על סוג המדחף שייעשה בו שימוש: האם כיוון הסיבוב (מכיוון מבטו של הטייס) יהיה בכיוון השעון או, נגד כיוון השעון. בחירה זו, תשפיע כמובן על זווית להבי המדחף.

ואם כבר במדחף עסקינן, הרי שישנם גם מספר סוגי מדחפים: פסיעה קבועה, פסיעה משתנה בכיוון על הקרקע ופסיעה משתנה באוויר. וכמובן, שני להבים, שלושה להבים ונדיר, אך אפשר גם למצוא ארבעה להבים. גם החומר ממנו עשוי המדחף, יכול להיות - מתכת (אלומיניום), עץ, או חומרים מרוכבים.

למרות שהיום כבר ניתן לבחור בסוגי הנעה שונים: מנוע בנזין, מנוע דיזל או מנוע חשמלי, אנו נדון בספר זה במנוע הבנזין ונתייחס בקיצור, בסוף פרק זה, גם למנוע הדיזל ולמנוע החשמלי. לא נתייחס כלל, למנוע סילון או רקטה.

בדרך כלל, ברוב, כמעט המוחלט, של מטוסי התעופה הכללית, מנוע הבנזין המושך והמסתובב ימינה הוא המנוע הנפוץ ביותר. ולכן עיקר דברינו יתרכזו בסוג זה של התקנה.

שתי נקודות מאד חשובות משפיעות על אופן הרכבת המנוע במטוס:

א. מרכז הכובד של המנוע.

ב. קו המשיכה של המנוע.

מתכנן המטוס תכנן את מנשא המנוע באופן הלוקח בחשבון שני פרמטרים אלו. ככל שמשקל המנוע קטן יותר, המנוע יותקן קדימה יותר ואם המנוע מסתובב ימינה, ע"מ להתגבר על אפקט ה "P" (P Factor) של המנוע, המנוע יותקן בזווית קלה ימינה.

כמובן, שכאשר מתכנן המטוס בחר את מיקום מרכז הכובד של המנוע, היה עליו להתחשב בכל "הנספחים" העוטפים את המנוע והמאפשרים למנוע לפעול כראוי. בין "נספחים אלו", ניתן למצוא את האלטרנטור, צנרת הדלק והשמן, מצנן (רדיאטור) השמן ואם יש למנוע קירור מים, גם מצנן המים וכל הצנרת הנלווית להם, חוטי החשמל והאביזרים הקשורים במצתי המנוע ומערכת החשמל של המטוס, אם מדובר במטוס אווירובאטי, מערכת הזרקת שמן ליצירת עשן וכו'. כן יש להתחשב בכל מערכות הבקרה על פעולת המנוע: בקרת המצערת, בקרת יחס התערובת, בקרת פסיעת המדחף (במטוסים בעלי מדחף פסיעה משתנה באוויר), בקרת כניסה חליפית לאוויר (Alternate Air) ובקרת "אוויר חם למאייד" - למטוסים בעלי קרבורטור.

נכון, שלכל אלו משקל נמוך, יחסית למשקלו של המנוע עצמו, אך בלי אלו לא ניתן להפיק את מלוא הפוטנציאל של המנוע וכמובן, שבסך הכל, משקלם מצטרף למשקל המנוע.

כדאי רק להזכיר כי למיקום מרכז הכובד של המנוע יש השפעה על "זריזותו של המטוס". ככל שמרכז הכובד יהיה קדמי יותר, אינרציית המומנט של המנוע, תהיה גדולה יותר ולכן תגובתו של המטוס לתרגילים אווירובאטיים תהיה עצלה יותר.

כל הנאמר לעיל, משפיע על מבנה, צורת ומימדי "מנשא המנוע" (Engine Mount).

למנשא המנוע מספר תפקידים:

א. לשאת את משקלו של המנוע

ב. "לספוג" את רעידות המנוע והפחתת השפעתן על המטוס.

ג. להציב את המנוע במיקום הנדרש עפ"י התכנון - מרכז הכובד וההטיה הצידי הנדרשת.

ד. נקודת תמיכה לכן הנחיתה הקדמי (במטוסים בעלי כן נחיתה קדמי - TriGear)

לכל אלו, השפעה על מבנהו וצורתו של מנשא המנוע.

נקודה חשובה נוספת, הקשורה למנשא המנוע היא אופן קיבוע המנוע אל המנשא. ישנם מנועים המורכבים ע"ג מנשא אופקי (כלומר, המנוע "יושב" על המנשא) או מנשא אנכי (כלומר, המנוע מתחבר בחלקו האחורי אל המנשא).

כאשר מדובר במנשא אופקי, בדרך כלל מדובר בשתי "זרועות" היוצאות מקיר האש קדימה והמנוע מתחבר אליהן, בדרך כלל בארבע נקודות תמיכה. כאשר מדובר במנשא אנכי, מדובר במבנה (ברוב המקרים עשוי צינורות פלדה מרוחקים כ"שבכה") אשר בארבע פינות שלו תמצאנה ארבע נקודות תמיכת המנוע.



איור 4. - מנשא מנוע אופקי. מימין מבנה ומשמאל מנשא מורכב על קיר האש



איור ה.5 - מנשא מנוע אנכי. מימין - מנשא בעל תמיכה קונית ומשמאל מנשא בעל תמיכה מקבילית

המנשא מתחבר אל קיר האש, ובעצם, אל קורות האורך של המטוס, באמצעות ברגים. אלו הם ברגים קריטיים לבטיחות המטוס ולכן, מעבר להיותם חזקים הרבה יותר מהנדרש לשאת את המנוע, הם חייבים להיות מאובטחים באמצעות אומי נעילה עם פין פציל. המנוע עצמו, מתחבר אל המנשא באמצעות בולמי זעזועים (בדרך כלל, עשויים גומי קשה), ברגים ודסקיות המפזרות את לחץ הברגים ע"פ רוב שטח בולם הזעזועים. חלוקת הלחץ על פני כל שטח הגומייה מונעת ריכוז מאמץ ומונעת קריעת הגומייה. בולמי הזעזועים באים בזוגות, לפעמים זכר ונקבה ולפעמים שני "זכרים" המושחלים לתוך המקום המיועד להם במנשא המנוע.



איור ה.6 - בולם זעזועים מגומי. דסקיות המתכת משני הצדדים "מפזרות את הלחץ" ע"פ כל שטח הגומייה

כאשר באים להרכיב את המנוע ע"ג מנשא המנוע, מומלץ להשתמש ב"מרים מנוע" (Hydraulic Engine Lifter) עליו תולים את המנוע ובאמצעות שרשרת ו/או כרס, אשר תומכים את המנוע בנקודת התליה שלו, מרימים את המנוע ומביאים אותו למקומו. מרים המנוע תומך את המנוע במהלך כל שלב הצמדת המנוע לבולמי הזעזועים. מרים המנוע שבתמונה מצויד בגלגלים, המאפשרים הרמת המנוע מהאריזה שלו והבאתו בקלות רבה אל המטוס.

זהו מתקן לא זול ולמי שקשה להשיג בהשאלה, ניתן בקלות "לאלתר" מתקן דומה וליצרו בקלות רבה בכל מסגריה מכאנית. כמובן, שיש לבנותו כך, שיוכל להחזיק לפחות פעמיים משקל המנוע (מקדם ביטחון של 100%).

כדאי לשים לב כי שני גלגלים קבועים ורק שני גלגלים חופשיים להסתובב סביב ציר אנכי. בסידור זה, משיגים יציבות יתר של המתקן.



איור ה.7 - מתקן הרמה הידראולי למנוע



אם לא ניתן להשיג מרים מנוע, אפשר לאלתר פתרונות יצירתיים אחרים. בכל מקרה, יש לוודא כי יכולת ההרמה של המתקן תהיה, לפחות פי שניים ממשקלו של המנוע.

איור ה.8 - מתקן הרמה מאולתר למנוע

מניסיוני, מטעמי בטיחות וגם נוחות, אני ממליץ כי מלאכת הרכבת המנוע על המטוס, תעשה ע"י שני אנשים לפחות.

לאחר הרכבת המנוע למקומו ואבטחת כל הברגים באמצעות אומים עם פינים פצילים, הגיע הזמן להתחיל "להלביש את המנוע" בחליפה הראויה.

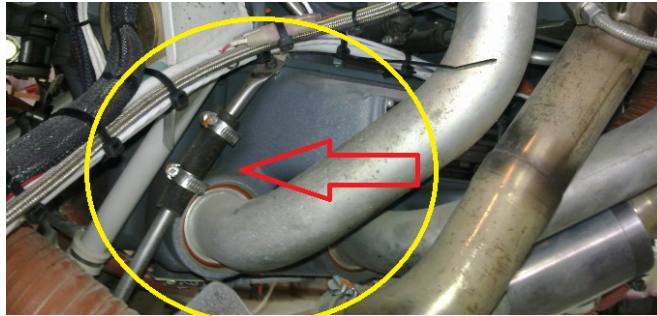
ישנם יצרני קיטים הממליצים ואף מספקים את המנוע, עם כל הנספחים שלו כ"חבילת קיר האש קדימה". אם יצרן הקיט לא מספק את כל "החבילה" כחבילה מושלמת, עלינו, הבונים, לתפור ולהלביש את המנוע בחליפה הראויה.



אם צינורות הפליטה אינם מורכבים על המנוע שהגיע, יש להרכיבם במקומם. הידוק הברגים המצמידים את צינורות הפליטה למנוע חייב להיעשות באומים המתאימים לנעילה בטמפרטורות גבוהות. אלו הם אומים הדומים לאומי הנעילה העצמית בעלי טבעת פלסטית, אלא, שכאן מדובר באומי פלדה אשר נעילתם מתבצעת ע"י הצרה של צידם החיצוני באופן שיפעיל לחץ מתמיד על הבורג.

איור ה.9 - אום נעילה עצמית לטמפרטורה גבוהה

יש לשים לב לעובדה כי צנרת הפליטה מגיעה לטמפרטורות גבוהות ולכן כל שאר הדברים שיתחברו למנוע, בהמשך, יותקנו באופן שימנע מגע ישיר עם צינורות הפליטה וככל הניתן, רחוק מהם.



איור ה.10 - תומך צינור פליטה

כאשר מדובר בצנרת פליטה מוצלבת, מדובר בצינורות פליטה ארוכים, יחסית. רעידות המנוע, עלולות לגרום לסדקים ואף לשבר של הצינורות ולכן יש צורך לתמוך אותם. המנוע, כאמור, מחובר למנשא באמצעות בולמי זעזועים המאפשרים תנועה יחסית בין המנוע לגוף המטוס. כלומר, למנוע "חופש תנועה מסוים" ביחס לגוף המטוס. תמיכה קשיחה של צנרת הפליטה אל המטוס, תגרום אף היא, להפעלת מאמצים ניכרים, אשר עלולים לגרום לשברים. לכן, יש לתמוך את צינורות הפליטה באמצעות תומכים גמישים, שיאפשרו את אותה מידת חופש הנדרשת, מצד אחת לתמוך ומצד שני חופש תנועה.

באיור ה.10 שלמעלה, ניתן לראות "טכניקת" תמיכה גמישה. שני חלקי צינור אלומיניום, מתחברים, האחד אל גוף המטוס (או מנשא המנוע) והשני מחובר אל צינור הפליטה. שני חלקי צינור אלו, מוצמדים אחד אל השני, באמצעות צינור גומי וחבקי נעילה ממתכת. שיטת תמיכה זו מאפשרת חופש תנועה מסוים ויחד עם זאת את התמיכה הנדרשת וכן גם מונעת מהחום המתפתח בצינור הפליטה לגרום נזק לצינור הגומי (הרגיש לחום). לאחר סיום העבודה על צנרת הפליטה, יש להתחיל לעבוד על בקורות המנוע השונות: מצערת, תערובת, בקרת פסיעת המדחף, חימום קרבורטור (אם יש) וכניסת אוויר חליפית.

כאן, מאד תלוי איזה סוג מנוע ומהי צורת הבקורות המתחברות אליו. ישנן בקורות אשר נעשות באמצעות צינור גמיש, בתוכו נע כבל קדימה ואחורה המחובר אל המערכת הנשלטת. ישנן בקורות אשר מוט "סחב-דחף" מחובר בין ידיה הפעלה אצל הטייס לבין המערכת המבוקרת וישנן בקורות חשמליות (סולנואידים או מנועי סרוו). דגש מיוחד יש לשים על מיקום אמצעי הבקרה, ככל הניתן רחוק ממקורות חום ומיצובן באופן שרעידות המנוע לא יגרמו לשברים. תשומת לב נדרשת גם למיקומם באופן, שאם נדרשת תחזוקה (כיוון ו/או שימון) תהיה גישה נוחה הן לביצוע הפעולה והן קיום קו ראייה בלתי מופרע לחלק המטופל.

מצנן השמן ומצנן המים (אם יש).

ברוב מטוסי התעופה הכללית, מותקנים מנועי לייקומינג או קונטיננטל. שני סוגי מנועים אלו מקוררים אוויר אך קירור נוסף ניתן למנוע ע"י מערכת השמן. למערכת השמן ישנם שני תפקידים עיקריים: שימון חלקי הנעים הפנימיים של המנוע והעברת החום הנוצר בתוך המנוע - החוצה. השמן, שהתחמם בתוך המנוע מוזרם דרך צנרת מתאימה אל מצנן השמן, אשר, מצידו, מעביר את חום השמן לאוויר העובר דרכו. ככל שתנועת האוויר דרך המצנן תהיה חופשית וללא הפרעות, יעילות פיזור חום השמן תהיה גבוהה יותר וקירור המנוע יעיל יותר. לכן, ישנה חשיבות לאספקת אוויר סדירה למצנן וכן הגדלת שטח המגע בין השמן העובר דרכו לבין האוויר החולף סביבו.

בארץ, החום הממוצע גבוה יחסית למדינות אירופה ולרוב מדינות ארה"ב. לכן, אני ממליץ לבחור מצנן שמן גדול בדרגה אחת יותר מזה המומלץ ע"י יצרן הקיט (ההנחה הבסיסית העומדת מאחורי המלצה זו, היא כי קל יותר לחסום חלק מהאוויר המגיע למצנן מאשר להגדילו). הניסיון שנצבר במטוס שבניתי (4X-OAA) מוכיח זאת.



איור ה.11 - מצנן שמן 14 דרגות

(זהו מצנן שמן המיועד למנוע 540, אשר החליף את מצנן השמן המקורי שהומלץ ע"י היצרן - 7 דרגות)



איור ה.12 - מצנן שמן 14 דרגות

(בתמונה זו ניתן לראות את המיקום המקורי שהומלץ ע"י היצרן)



איור ה.13 - מצנן שמן 14 דרגות

(הגדלת מצנן השמן, חייבה מציאת מקום להתקנתו תוך מתן אפשרות להגעת אוויר יעילה.

1. מצנן השמן 14 דרגות
2. מתקן נשיאת המצנן והתחברות צינור אספקת האוויר
3. צינור העברת האוויר למצנן
4. המיקום המקורי של המצנן הקטן. ממנו נלקח האוויר אל המצנן הגדול)

לאחר התקנת מצנן השמן (ואם יש, גם מצנן המים), כדאי להתחיל לעבוד על חציצי האוויר (Baffles) המונעים מעבר אוויר בין חלקו העליון של המנוע לחלקו התחתון, שלא דרך צלעות הקירור של הצילינדרים. ולפני כן, הסבר קצר על תפקידם.

במנוע קירור אוויר, הצילינדרים מצופים בצלעות קירור, אשר אוויר הזורם דרכם, "אוסף" את החום המופק בהם ומסיע אותו אל האוויר החופשי ובכך גורם לצינון הצילינדרים.

ע"מ שזה יקרה, יש צורך לכוון את תנועת האוויר לאורך צלעות הקירור של הצילינדרים.

במנועי לייקומינג וקונטיננטל, שהם מנועי "בוקסר" שהבוכנות אופקיות, צלעות הקירור אנכיות. לכן, יש צורך להוליך את האוויר לאורכן - מלמעלה כלפי מטה.

לשם כך, דואגים כי האוויר החיצוני יחדור למנוע דרך "כונסי אוויר" המצויים בחזית הקאולינג. האוויר הנכנס

בלחץ גבוה (מהירות טיסת המטוס) אל חלקו העליון ושם מאלצים אותו לזרום כלפי מטה, לאורך צלעות

הקירור בכך, ש"כולאים" אותו בתוך מעין "כלוב" המוגבל ע"י חציצים, שלא מאפשרים לו לעבור מהחלק

העליון לחלק התחתון שלא דרך צלעות הצילינדרים. לאחר שהאוויר חלף דרך הצלעות, הוא "נשאב" אל חלקו

התחתון של המנוע, שם שורר לחץ נמוך מאשר הלחץ בחלקו העליון של המטוס ומשם הוא יוצא החוצה - עם

החום ש"לקח" מהצילינדרים.

הלחץ הנמוך השורר בחלקו התחתון של הקאולינג, נוצר עפ"י חוק ברנולי (בדיוק כמו בחלקו העליון של פרופיל הכנף) האוויר זורם לאורך חלקו התחתון הקמור של הקאולינג, מגדיל את מהירות זרימתו ובכך הלחץ הסטאטי שלו יורד מתחת ללחץ הסביבה. האוויר הכלוא בחלקו התחתון הפנימי של הקאולינג, נשאב החוצה ע"י תת-הלחץ השורר מתחת לקאולינג.

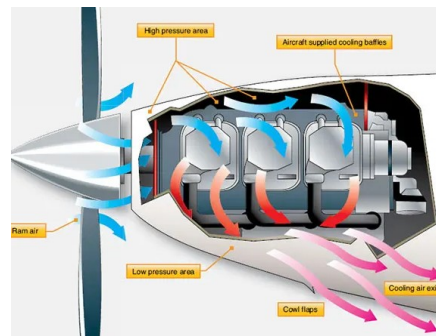
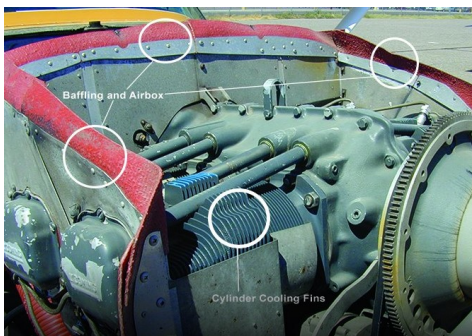
ישנם מטוסים שמבנה הקאולינג שלהם אינו מספק את תת-הלחץ הדרוש ואז יוצרים מעין פתח משופע (שאגב, דרכו יוצאים צינורות הפליטה) אשר "מחליף" את העקימון התחתון של הקאולינג ומייצר את תת-הלחץ הדרוש.

ע"מ שכל זה יקרה, חשוב כי החוצצים יאטמו היטב את החלל שמעל המנוע לבין חלקו התחתון של הקאולינג. הכנת החוצצים היא תהליך ארוך ומצריך פירוק והרכבה חוזרים ונשנים של הקאולינג עד להשגת תאום טוב בין הקצה העליון של החוצצים לחלק הפנימי, התחתון, של הקאולינג.

לאחר סיום תהליך זה, יש להצמיד "אטמי גומי" שיאטמו את הרווחים בין החוצצים לקאולינג.

את אטמי הגומי עושים מגומי מתאים לעבודה בטמפרטורות גבוהות. יש להקפיד כי הכיפוף של הגומי יהיה פנימה באופן, שלחץ האוויר השורר בחלק העליון של המנוע "יריס" את פסי האיטום ויצמיד אותם היטב אל הקאולינג.

הדרך הפשוטה להצמדת פסי האיטום מהגומי אל החוצצים היא באמצעות מסמרות עיוורות בעלות ראש גדול.



איור ה.14 - מימין עיקרון הכוונת זרימת האוויר סביב הצילינדרים ומשמאל מחיצות הפרדת אוויר מעל המנוע + פסי איטום

מגומי

השלב הבא, הוא שלב הרכבת האלטרנטור. (אם הספר היה נכתב לפני שלושים שנה, הייתה יכולה להיות

התלבטות בין דינמו לאלטרנטור. היום העניין כבר הוכרע - אלטרנטור).

תפקידו של האלטרנטור לספק את תצרוכת החשמל של כל צרכני המטוס + השלמת טעינת המצבר. לכן, בחירת האלטרנטור תתחיל בעוצמת הזרם שעליו לספק. בחישוב עוצמת הזרם, יש לסכם את סך כל הזרמים של כל צרכני הזרם שיכולים לפעול בו זמנית במטוס ולהוסיף על סכום זה עוד בין עשרה לעשרים אחוזים.

הסבר מפורט יותר, ניתן למצוא בספר "חשמל ואוויוניקה במטוסים בנויים ע"י חובב", שנכתב, גם הוא, ע"י מחבר ספר זה.

ברוב המקרים האלטרנטור יונע ע"י רצועה מגלגל התנופה של המנוע (Fly Wheel) אליו מתחבר גם הסטרטר בהתנעת המטוס.

יש שים לב ולהקפיד שגלגל הרצועה של האלטרנטור (Pulley), חריץ הרצועה בגלגל התנופה של המנוע והרצועה, כולם יתאמו אחד לשני. חוסר התאמה של אחד מאלו לשניים האחרים עלול לגרום לבלאי מואץ של הרצועה (אגב, את בדיקת מצב הרצועה עושים בכל ביקורת 50 של המטוס. והיה ונתגלו סדקים או פגמים

אחרים ברצועה, יש להחליפה מידית. אבדן הרצועה בטיסה, משמעותה אי טעינת המצבר, דבר המחייב נחיתה בשדה התעופה הקרוב).

בהתקנת האלטרנטור לגוף המנוע, יש לוודא כי ניתן יהיה לקבוע את מתיחות הרצועה, באמצעות מוט תומך בעל חריץ לאורכו. יש לוודא גם כי כל בירגי האבטחה יהיו כאלו שניתן לאבטח אותם באמצעות חוט אבטחה.

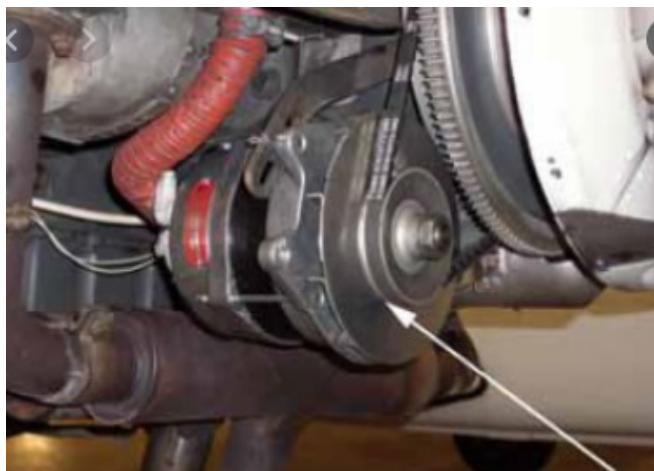


איור ה.15 - אלטרנטורים. מימין - אלטרנטור בהנעת רצועה ומשמאל אלטרנטור לחיבור לתיבת האביזרים

כאשר בוחרים אלטרנטור (אם לא סופק ע"י יצרן הקיט) אפשר לבחור באחד תעופתי, שעומד בכל התקינה התעופתית אבל, בפרקטיקה, דווקא אלטרנטור כמו זה המותקן ברכב יכול לעשות את העבודה לא פחות טוב מאלטרנטור תעופתי. מאד חשוב ומומלץ לבחור אלטרנטור בעל רגולטור פנימי. היתרון הברור הוא תאימות מוחלטת וחיסכון ניכר בחייוט.

לאחר בחירת האלטרנטור והתקנתו ע"ג המנוע, יש לוודא מתיחה נכונה של הרצועה ואבטחת הברגים באמצעות חוט אבטחה.

לאלטרנטור בעל רגולטור פנימי ישנם שני חיבורי חשמל: האחד, הבורג אליו מתחבר הכבל נושא הזרם הגבוה (שיתחבר אל פס הצבירה הראשי - ראה את הפרק המתאים בספר "חשמל ואוויוניקה במטוסים בנויים ע"י חובב") והחיבור השני הוא מחבר נתיק ממנו יוצאים שני חוטים. האחד חוט הבקרה של השדה והשני, חוט המתחבר לנורת חיווי לפעילותו התקינה של האלטרנטור.



איור ה.16 - התקנת האלטרנטור

כאשר פורשים את חוטי החשמל מהאלטרנטור אל תא הטייס, יש להוליך את המוליכים, ככל הניתן רחוק ממקורות חום ולעוגנם באופן שהבידוד שלהם לא ישתפשף באופן שייפגע ויגרום לקצר חשמלי. חוטי המתח הגבוה למצתים. אלו, ההולכים מהמגנטו את המצתים. כאמור, חוטים אלו מוליכים פולסים של מתח גבוה (כעשרים אלף וולט) ולכן יש חשיבות מרובה לאיכות הבידוד שלהם. כאשר מתקינים את החוטים האלו במנוע המטוס, יש לוודא כי הם מרוחקים ככל הניתן ממקורות חום והם נתמכים באופן שלא ייגרם נזק לבידוד. מאחר ומדובר בפולסים של מתח גבוה מאד, יכולה להיווצר הפרעה מתקשורת הרדיו. לכן, ברוב המקרים, חוטי המתח האלו יגיעו כשהן מצופים רשת סיכוך ממתכת. סיכוך הרשת יהיה יעיל רק אם יהיה שלם, ללא כל פגם מכני (שפשוף וכד') ובעיקר, עליו להיות מחובר בצד אחד להארקה (בדרך כלל, הסיכוך יתחבר לאדמה בצד המגנטו).

ברוב המקרים, המגנטו נמצא בחלקו האחורי של המנוע, מחוץ לאזור בו כלוא האוויר בחלקו העליון של המנוע, לפני שעבר דרך צלעות הקירור, לחלקו התחתון של המנוע. מאחר וכך, יש להעביר את חוטי המתח למצתים דרך החציצים. העברת חוטי המתח הגבוה דרך החציצים נעשית בפועל דרך מבודדים עשויים מחומר מבודד – טפולון או חומר בידוד אחר העומד בטמפרטורה גבוהה (אוקולון וכד'). אין להשתמש בפלסטיק, אשר ניזוק בחום!



איור ה. 17 – מבדד מעבר חוטי מצתים דרך חוצצי המנוע

המבדד הנראה באיור ה. 17 עשוי אוקולון. והוא מורכב משני חלקים המאפשרים "הלבשתו" על חוטי המצתים גם לאחר שהם כבר מחוברים למצתים. שלושת החורים במרכזו מיועדים לחוטי המתח הגבוה ושני החורים בקצותיו מיועדים עבור ברגים להצמדתו לחציץ. הנושא האחרון שיש לשים אליו לב בהתקנת המנוע, הוא מניעת היווצרות "חסימות אדים" (Vapor Lock) בצנרת הדלק.



לשם כך, חשוב מאד לבדוד תרמי את הצינורות המוליכים דלק, באזור המנוע. ישנם שרולי בידוד המתאימים לקטרים שונים של צינורות ויש לעטוף את צינורות הדלק בשרולים המתאימים ולאבטח את קצותיהם באופן, שימנע תזוזה שלם.

איור ה. 18 – שרול בידוד תרמי לצינור דלק

4. הרצת המנוע והתפעול הראשוני

מנוע חדש, מגיע בדרך כלל עם שמן שימור ולאחר הרצה של כשעה או יותר אצל היצרן (תלוי ביצרן). זה אומר כי המנוע "מרוח" בשמן סמיך המותאם לשימור מפני קורוזיות, ריק משמן בעוקת השמן. המנוע מופעל ע"י היצרנים [הגדולים והרציניים] כשעה או יותר, בעומס נמוך בסל"ד שונים. אבל זו לא הרצת מנוע אמיתית (מדובר, בעיקר בבדיקה כי "המנוע יכול לעבוד") וזה משתנה מיצרן ליצרן. לפני התנעה ראשונית, יש לנקות ולייבש את הפלגים משמן. לוודא כי בצילינדרים אין שמן ואת זה אפשר לראות בעזרת פנס דרך חור הפלג, להכין להנעה ולשמוח (יש לציין, כי אין צורך "לנקות לחלוטין" את המנוע משאריות שמן השימור. אלו יישפרו וייפלטו מהמנוע במהלך ההתנעה הראשונה). ההתנעה עצמה מצריכה כמה הכנות ותשומת לב!

בחירת השמן.

במנועים התעופתיים, נשתמש תחילה בשמן יעודי המתאים להרצה ראשונית של המנוע. הסיבה לכך היא כי חלקי המנוע החדשים, עדיין לא "מכירים זה את זה" ועדיין לא מתאימים אחד לשני. שלב ההרצה הראשונית, זהו שלב שבו החלקים משתפשים לאפיצויות (טולרנסים) הנכונים ומתאימים עצמם אחד אל השני.

במנועים האחרים, שאינם תעופתיים, יש לנהוג עפ"י המלצות היצרן ויתכן ואין להם שמנים מיוחדים להרצות. יש להחליף את השמן בפעם הראשונה, בדרך כלל לאחר 25 שעות עבודה, ובאותה הזדמנות גם להחליף את הפילטר. החלפת השמן לאחר זמן כה מועט, דרושה כדי להוציא מהמנוע את אותם חלקיקי מתכת ש"ירדו" מחלקיו השונים של המנוע, בשלב ההתאמה בין החלקים. ייתכן (וזה כמעט ודאי) כי אותם חלקיקים זעירים נלכדו בתוך הפילטר. ולהתנעה -

ראשית, יש לבחור משטח שבו יותנע המטוס בפעם הראשונה. המשטח חייב להיות מיושר ונקי מכל עצם שיכול להישאב או להתעופף מהרוח הנוצרת ע"י סיבוב המדחף. יש לוודא כי יהיה מרחב נקי מלפני המטוס ומאחוריו. יש לוודא, כי גם בצידי המטוס יהיה שטח נקי מחפצים, אבנים קטנות וכל מה שיכול "להמריא" ממקום מושבו על הקרקע, שלא בכיוון הרצוי...ומדובר במרחקים די גדולים. ומדוע גם מ"הצדדים"? כדי שהמדחף לא ימשוך עצמים שונים לתוכו. זה אומר כי חול ואבנים קטנות מקדימה גם לא ייטיבו עם ההרצה.

יש להקפיד על עיגון המטוס למקומו. כאן אין מדובר רק בבלימים של המטוס, אלא, יש צורך לאבטח את המטוס מפני האפשרות כי יתחיל תנועה קדימה. כמובן, שיש להשתמש בצ'וקים, אך, אלו בלבד לא יספיקו.

יש לקשור, קשירה טובה, את כני הנסע אל "עוגן" קבוע לאדמה ו/או עיגון מסיבי אחר ורצוי קשירה כפולה (כאן, אין מדובר בשימוש פעמיים באותו חבל קשירה, אלא, בשני חבלים - או כבלים שונים. ועדיף גם, שלא אל אותו עוגן, אלא, מומלץ לקשור את המטוס לשני עוגנים שונים).

אם הקשירה נעשית אל כני הנסע הראשיים, רצוי מאוד לעשותה בקרבת גוף המטוס ולא באזור הנמוך של הגלגלים. כאמור, יש לשים גם צ'וקים לפני הגלגלים הראשיים אך לא לפני כן הנסע הקדמי (במטוס בעל גלגל אף). הצ'וק לפני גלגל האף, אם הוא לא מאוד כבד יכול לזוז מרעידות המטוס או משאיבת הפרופ ולפגוע במדחף.

הסיבה לשימוש בעגינה כפולה היא, כי קיימת אפשרות שבהנעה המנוע יכול פתאום להאיץ וזה קורה "פתאום" וללא שליטה שלנו. כי יתכן ויש עודף דלק בסעפות, כי אולי המצערת לא במקום הנכון? כי כבר ראינו כלי טייס ממריאים לבד עם או בלי טייסים ואשר לא התכוונו שיקרה כך!

למנוע די קשה בהנעה הראשונה. ולכן דרושה די הרבה עבודה עם המתנע. והמתנע, לא יודע לעבור ברצף. לכן יש לתת לו זמני התקררות ואלו זמנים של דקות ארוכות. אם לא ניתן לו זמן להתקרר יתכן ויעלה לנו בכסף מיותר בשיפוצו.

יופי, המנוע החל לפעול! והנה יוצא "עשן שחור" מצינורות הפליטה! זה בסדר. אל דאגה. אלו הן השאריות של שמן השימור, שנשארו בחלל הצילינדרים ועם ההתנעה הן נשרפות ונפלטות החוצה. חשוב להדגיש כי בהתנעה ראשונה לא פותחים מנוע בכוח מלא, אלא נותנים לו לעבוד בערך, עד חמישים אחוז מתפוקתו.

יש לתת למנוע לפעול למשך לא יותר מחמש דקות וזאת משום שהוא לא מקבל קירור מספיק הן עקב העובדה כי המטוס נמצא על הקרקע ואין מספיק זרימת אוויר הדרושה לקירור המנוע וגם כי מערכת קירור השמן עדין לא נבדקה ולא בטוח שמספקת את הקירור הנדרש. בהחלפת השמן הראשונה (כאמור, לאחר כעשרים וחמש שעות), לא סתם מחליפים פילטר וזורקים את הישן. את הישן פותחים עם כלי יעודי ובודקים בין קיפולי נייר הפילטר באם אין שבבים מרובים ומיותרים. שבבים מראים שחיקות ו/או בעיות בחלקי המנוע. כי כזכור, הפילטר הוא מלכודת לשבבים ואנו רוצים לראותם עוד לפני שמאבדים מנוע. את הפילטרים בודקים בכל החלפת פילטר. הימצאות שבבים לאחר החלפת הפילטר הראשונה - 25 שעות, היא סימן לצרות. החלפת השמנים בדרך כלל כל כ 100 שעות עבודה, אלא אם יש המלצות אחרות של היצרנים. זה נכון גם לחלק המנועים שבהוראות ממליצים להחליף את הפילטר כל 50 שעות. הדרישה להחלפת הפילטר כל 50 שעות נעשית לא מפני שהפילטר נסתם, אלא כדי לבקר את השבבים אם קיימים.

כמה ואיך צריך להריץ את המנוע?

ראשית לפי הוראות היצרן, אך גם לי יש המלצות. לפני התחלת טיסות הניסוי, על הקרקע, שעה עד שעתים בסל"ד שונים תוך שימת דגש שלא לתת למנוע להתחמם מדי, כי, כזכור, אין לו קירור ממהירות ההתקדמות של המטוס. כמובן רצוי ללא מכסי המנוע לא עליון ולא תחתון, כך נקרה טוב יותר את המנוע. לאחר המראה ראשונה, מהר מאוד נוריד סל"ד ולחץ סעפת. השעות הראשונות של הטיסה צריכות להיות "רגועות" וללא עומסי מנוע. מדי 10-15 דקות להאיץ ולהעמיס את המנוע לדקה עד שתיים ולהוריד עומס. משך כל 25 שעות המנוע הראשונות, יש לשייט בכ 55-65% כוח מנוע ורק מדי פעם להעמיס לזמנים קצרים.

לאחר מכן אפשר להעמיס יותר את המנוע. אין לזה מדע מדויק, רק גירסאות והערכות מקצועיות. לאחר צבירת השעות עפ"י המלצות היצרנים להרצה עם שמני ההרצה, יש להשתמש בשמנים רגילים ולא שמני הרצה. למה יש שמני הרצה? כי בשמני הרצה יש פחות תוספים ורוצים כי החלקים ישחקו ויתאימו עצמם מהר למקומם. לאחר מכן אנו כבר לא רוצים שחיקות ולשם כך, יש שמנים רגילים לעבודה שלאחר ההרצה.

במנועים שאנו משתמשים בדלק תחבורתי רגיל וכמובן במנועי רוטקס, משתמשים ואף רצוי להשתמש בשמן סינטטי, בדרך כלל אין שמני הרצה. "תמלאו שמן וסעו לשלום". כן גם ברוטקס מחליפים שמן לאחר 25 השעות הראשונות, כי במנוע חדש יש שחיקות ושבבים מיקרוניים, אותם אנו רוצים לסלק מהמנוע.

5. תפעול שוטף ותחזוקה

שמן במנועים -

ככלל, שמן סינטטי לא עובד טוב עם דלק תעופתי.

למנועי **לייקומינג** וקונטיננטל המשתמשים בדלק 100 LL יש את השמן הייעודי שלו. רצוי ומחייב שימוש בשמן הזה.

למנועי **רוטקס** המשתמשים בדלק 95 אוקטן, השמן המומלץ, סינטטי.

בלייקומינג, עפ"י הוראות היצרן, צריך להחליף את פילטר השמן כל 50 שעות, לפתוח אותו ולבדוק לשבבים. את השמן לא חייבים להחליף כל 50 שעות, אפשר להחליף כל 100 שעות. בעבר לאותם המנועים היו מחליפים את השמן והפילטר כל 100 ש"ע. בעקבות תקלה, החליטו שיש לפתוח ולבדוק את הפילטר כל 50 ש"ע, כדי להימנע מתקלה. אז למי שלא בא להחליף את השמן כל 50 שעות, יכול לעשות זאת כל 100 ש"ע.

דלקים -

במנועי **רוטקס**, נשתמש בדלק 95 או 98 אוקטן נטול עופרת. תלוי בשיפורים שהוכנסו במנוע. הוא זול יותר, זמין יותר בהרבה מקומות כולל חו"ל. נכון כי בשדות תעופה מסוימים אין דלק תחבורתי, אז אפשר להשתמש גם בדלק תעופתי. כרווח נוסף, הוא מזהם משמעותית פחות. אך לעומת זאת, ישנם לא מעט שדות שבהם כבר לא ניתן להשיג דלק תעופתי אשר הולך ונכחד בעולם – הארגונים הירוקים..... ואם באותם שדות אין גם דלק תחבורתי, אז מביאים דלק בגריקן מתחנת דלק קרובה.

במנועי רוטקס אפשר, כאמור, גם להשתמש בדלק תעופתי 100 LL, אך אז צריך החלפת שמנים תכופה וגם טיפול במנוע לאחר 700 שעות. בעיקרון, לא מומלץ דלק תעופתי, אך אפשרי. אם צריך מדי פעם להשתמש בדלק תעופתי, אין בעיה. אפשר ולא יזיק. אל תהססו.

בלייקומינג. בתנאי שאינו מנוע בעל יחס דחיסה גבוה מהרגיל, אפשר להשתמש גם בדלק 95 אוקטן נטול עופרת וללא אלכוהולים.

בלייקומינג, ע"מ שנוכל להשתמש בדלק 95 אוקטן נטול עופרת, צריכים להתקיים מספר תנאים, ביניהם, שהמנוע לא מסדרה ישנה מאוד. אם המנוע מסדרה ישנה, הוא צריך את העופרת שבדלק התעופתי, לשימון השסתומים.

ועוד והחשוב ביותר!!! דלק תחבורתי נוטה "לרתיחה" ויוצרת את תופעת ה- Vapor lock - מה שנקרא "חסימת אדים", הרבה יותר מדלק תעופתי שעמיד כנגד רתיחה. זוהי תופעה הבאה לביטוי בזה שכשחם לדלק, או שהוא בלחץ מופחת (למשל בגובה או ביניקה של משאבות דלק בעיקר במכלים נמוכים), הוא נוטה לרתוח ולהפוך לאדים ואז לא מגיע דלק למנוע. לחץ מופחת נוצר גם ממשאבות דלק ששואבות ממכלי דלק נמוכים שהדלק בהם לא מגיע בגרביטציה.

לכן שימוש בדלק תחבורתי, עושה טוב מכל בחינה ובתנאי שהוא: לא עוצר לנו את המנוע, הוא זמין, הוא זול, שומר על מנוע ללא "בוצה". כל אלו מאריכים את חי המנוע, וגם, מזהם במידה פחותה. בכל העולם, דלק תחבורתי, מגיע בתכונות אידיאליות בארבע עונות השנה. בחורף, מספקים לתחנות הדלק, דלק נדיף יותר, בקיץ הכי פחות נדיף ובעונות המעבר דלק בנדיפות בינונית. יש לשים לב אם משתמשים בקיץ בדלק שנועד לחורף!

אם תעשו את הבדיקות ותדעו כי אתם יכולים להשתמש בדלק תחבורתי, הרווח גדול.

אפשר גם לערבב דלק תחבורתי עם תעופתי, זה מוריד את רף "חסימת האדים".

אם עסקנו בדלק, יש להקפיד שהדלק יהיה ללא אלכוהול לסוגיו. יש רכיבי מנועי שלא יודעים לעבוד עם דלקים המעורבים בסוגי האלכוהול השונים.
בארץ הדלק ללא אלכוהול לסוגיו, אך במדינות אחרות יכול להיות שזה שונה. כדי לדעת, יש נייר לקמוס המתאים לבדיקות האלו.

דילול התערובת -

במנועי רוטקס עם קרבורטור BING לא צריך לדלל תערובת, יש דילול אוטומטי, אלא אם טסים גבוה. גם לזה יש פתרון להוספת מערכת לא יקרה לדילול. אבל! זה צורך גם שעון בקרת EGT, בקרה על טמפר' הפליטה, כדי לא "לשרוף" את המנוע בחום יתר. וכמובן ידע איך להשתמש בזה.
כשעסקנו בלייקומינג או קונטיננטל, זה כבר סיפור אחר. רוב בתי הספר, מלמדים את טייסי הג'נרל, לא לדלל עד גובה 3000 רגל. **זה רע! זה לא נכון!**
את התערובת, צריכים וחייבים לדלל מהר ככל שניתן כל עוד זה לא מפריע להטסת המטוס. הלו! לא בפניקה אך להזדרז ולא לישון עם הדילול.
מאחר ומכונאים "אוהבים" לכוון את המנועים קצת עשיר מדי ומזג האוויר בארץ רוב הזמן לא בתנאי אטמוספירה סטנדרטית (ISA), אנו כבר מראש בחלק מהזמן "כאילו" בגובה של 800-1000 רגל, בקיץ באזור מישור החוף. זה אומר כי המנוע עובד עשיר מדי.
אז לא אמליץ כי להמראה תדללו קצת, אם כי אני, אישית, כן מדלל קצת. לבטח אני מדלל הרבה בהסעות. כבר בגובה של 200 רגל אני מדלל שרירותית עוד קצת. כך למדתי את שותפי למטוס והתוצאה, החלפנו פלגים ב 300 ש"ע מבלי לנקות אותם אלא בקורת כל 100 שעות. החלפנו כי לא רצינו לכוון בשטח. אך הפלגים כונו ויחזרו למטוס בבא היום. לא עשינו ניקוי חול, כי זה שוחק את הפלגים. אני חייב להזהיר, דילול יתר גם לא טוב. מקצר חיי מנועים. אבל דילול נכון מאריך את חיי המנועים!
כמו כל דבר בחיים, לא להגזים! בדילול יתר. קראו בהוראות איך לדלל.
זה חוסך "בוצה" משקעים ופיח במנוע, בלאי מנוע, תקלות ולבסוף גם דלק שמשמעו טווח טיסה ועלות. אז נכון, שלרוב העלות הנוספת של הדלק, לא תכניס את בעלי המטוסים למעגל העוני, אבל לתקלות/תיקונים זה יכול להכניס אותנו. אולי גם "יבגוד" בנו המנוע וכמובן בדיוק במקום קריטי.
עוד דוגמה. הדו-מנועי אתו טסתי לארה"ב וחזרה, "בעליתו" לארץ, בבדיקת מגנטו, המנוע הוריד למעלה ממאתיים וחמשים סיבובים. אמר הבעלים: "זה בסדר המנוע עובד תקין". לימדתי אותו לדלל בזמן הבדיקה, וכעת הוא מוריד רק 100-110 סל"ד.
החשוב יותר, אם המנוע עשיר מדי, איננו מספק את מירב הכוח שאותו אנו רוצים בהמראה, לבטח בדו מנועיים.

תחזוקה שוטפת -

ונתחיל בעצה "חכמה":

בהגישכם את מערך האחזקה וספר המטוס, היו "חכמים" ולא "צודקים".
חכם, מגיש את מה שהוא חושב ורוצה. את שנוח לנו שיהיה בעתיד.

צודק, מגיש את מה שכותבים בספרים או מה "שאומרים".....

או שחושב כי ינדב מידע יתר, יחשב "לידען חכם".

אז לא! **כדאי להיות החכם** ולא הצודק.

למשל. לכל הקשור למנוע, מדחף, הצתות וכד'. תכתבו טיפול "On condition". למה? כי כאשר הטיפול נעשה "לפי המצב", אנו מחליטים מתי צריך לעשות את הטיפול/שיפוץ. אם הגבלתם בשעות, זה מחייב לנהוג לפי הרשום, אחרת אתם יכולים להיחשב לעבריינים.

בארה"ב, ששם "אולי" מבינים בתעופה, בהפעלה מסחרית, יש מגבלות והוראות היצרן. כשהמטוס בהפעלה פרטית, בודקים ואם המצב שצריך לשפץ או להחליף, עושים זאת ורצוי עוד לפני התקלה כמובן. טוב רגע לפני מאשר רגע מאוחר.

נשאלת השאלה, כמה ומה לכתוב בספר האחזקה וספר המטוס?

לכתוב, את כל מה שבאמת צריך ואתם חושבים, אך בפרוט פשוט ומועט. שום דבר מיותר לא לכתוב! יש לציין, כי, גם נושא המשקל המירבי להמראה, הוא נושא "גמיש". אם היצרן הגדיר משקל מירבי מסוים, המשמעות היא לגבי כל טווח התמרון וכוחות הג'י שהמטוס מיועד לעמוד בהם. אם אין כוונה מוגדרת מראש להגיע לג'י המכסימלי המוגדר למטוס, ניתן להגדיל את המשקל המירבי המותר.

אם לדעת רת"א, צריך להוסיף הגבלות או שינויים למערך התחזוקה, שיגידו מה חסר ו/או מה יש לשנות ואז תשנו או תוסיפו. אל "תתנדבו"! זכרו כי התנדבות, התחייבות או פירוט יתר, מחייבים אתכם! **מה שלא רשום, אינו מחייב.**

בעצה זו, אין בכוונתי להסתיר מהרשויות כמובן. אך עצם רצונכם להיות טוב יותר, מקצועי יותר, לא יועיל לכם לעתיד טוב יותר. זה מניסיון של בונים וותיקים.

טיפ קטן על מנוע רוטקס עם טורבו ושיפורים.

היה ואתם רוצים לטוס לחו"ל מהר וחסכוני, יש למנוע כזה יתרונות נוספים, אם כי צריך לקחת בחשבון את "הסיכון" שברתיחת הדלק.

מנוע עם טורבו יכול לטוס גבוה עם הספק גבוה.

מנוע ללא טורבו, כבר ב 8000 רגל מאבד הרבה מכוחו. בוודאי כי ב 12000 רגל הוא די "עייף".

הספק גבוה בגובה גבוה, ייתן למטוס מהירות גבוהה מאוד. זה הזמן והמקום בו טייסים "מתברבים" כי

המטוס שלהם טס מאוד מהר. תחסכו גם זמן וגם דלק וגם תגדילו טווח

בנוסף, עם מיכל חמצן, תוכלו לטוס עוד יותר גבוה, עוד לחסוך, אולי לעבור שרשרת הרים גבוהה. ברור כי לכל מנוע עם טורבו מכל סוג, יש את היתרונות המוזכרים, אך לא כולם יעלו כמו רוטקס כזה.

מה נעשה כדי למנוע את רתיחת הדלק? כמה פתרונות. הראשון, מערכת דלק חוזרת למיכל הדלק, זה שומר על דלק קר יותר בצנרת. השני לערבב או להשתמש בדלק 100 LL. השלישי, תוספת משאבות דלק במיכל הדלק, או ביציאה מהמיכל. כמובן שדלק המגיע בגרביטציה, נוטה פחות לרתיחה. האם זה בשליטתנו? לא תמיד תלוי במבנה המטוס.

ברור כי את מערכת הדלק צריך לתכנן נכון ולבדוק ורצוי לא לבדוק רחוק מעל הים.

נתקלתם בחסימת אדים בגובה גבוה, תגלשו לאלפי רגליים בודדים ונסו להניע שוב.

וכן! את כל הבדיקות והן צריכות להיות ממושכות, תעשו לפני שמחליטים איך טיסה נראית מעל הים.

ועוד קטנה!!!

מטוס אקספרימנטלי, עושה ויעשה תקלות לאורך זמן רב. אל תהיו פתאים ותחשבו כי אחר 25-40 שעות ללא

תקלות, לא יופיעו עוד תקלות. הן יופיעו גם לאחר 300 שעות!

נכון שרובן תקלות קטנות ולא מסכנות, אך יש ויהיו תקלות.

דף זה הושאר ריק בכוונה

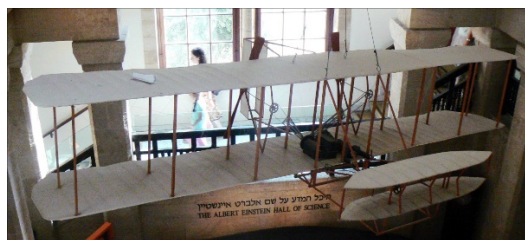
חלק שני - מטוס בנוי עץ ו/או תוכניות

חלק זה נכתב ע"י רואי בן-ענת

פרק א. – הקדמה

1. כללי

בראשית התעופה, עץ היה החומר ממנו היה עשוי המטוס הראשון שבנו האחים רייט (The Wright brothers).



איור א.1 – דגם מטוס הממונע הראשון של האחים רייט במוצג במדעטק חיפה

מבחינה טכנולוגית, זה היה החומר המצוי, שניתן היה לעבד באופן פשוט יחסית לצורה הרצויה, כיום זה עדיין נכון אך עם התקדמות הטכנולוגיה והיכולת לעבד חומרים מתכתיים, החלו לייצר ולעבד אלומיניום. למרות, שהיום, חלק גדול מהמטוסים הנבנים ע"י חובב עשויים אלומיניום, שהוא חומר קל יחסית לעיבוד, חזק וזול, קיימים עדיין מטוסים בעלי כנפיים וחלקים מסוימים נוספים העשויים עץ. מדוע? לעץ מספר תכונות, המקנים לו יתרונות יחסיים:

א. יחס חוזק/משקל/עלות - טובים יותר מכל חומר אחר.

ב. "עייפות חומר" - לא קיים בעץ! ואם העץ טופל כראוי, חלקי עץ יכולים להחזיק שנים רבות ולשמור על תכונותיו.

אך, לשם כך, עוד בשלב הבניה יש צעדים חשובים שיש לבצע על מנת לשמור על התכונות של העץ לאורך זמן וכדי להימנע משיפוצים שבמקרה של כנף יכול להגיע לעלויות גבוהות.

אגב, מפתיע לדעת שעץ עדיין נמצא גם במטוסים מודרניים.

וחשוב לציין כי יש מטוסים אווירובטיים העשויים מחומרים מרוכבים אשר בהם משתמשים בקורה ראשית שהליבה שלה עשויה עץ ומצופה בקרבון. השיטה הזו נמצאת בשימוש גם במדחפים (ליבת עץ וציפוי קרבון), השילוב הנ"ל מאפשר שילוב מצוין של חוזק, משקל, וגם – מחיר.

ישנם סוגי עץ רבים הנמצאים בשימוש כגון, דאגלס פיר (Douglas Fir), אשוח (Spruce), מהגוני ועוד...

בנוסף, צריך לזכור שהחומרים והטכנולוגיה במצויים במטוס שאתה בונה הם אלה שהיו זמינים כאשר המטוס תוכנן.

פרק ב. – ההכנות

1. בחירה והכנת הסדנא

כאשר בוחרים סדנת עבודה יש לוודא כי היא תכיל: מספיק נקודות חשמל, נקודת מים, תאורה מספקת ואיוורור.

בנוסף לכך חשוב מאוד לדעת את מידות המטוס ולהגיע עם סרט מדידה ארוך מספיק (מידות המטוס) ולמדוד פיזית את הסדנא, הסיבה לכך היא קושי לדמיין את מימדי המטוס כשהוא בנוי. כן יש לקחת בחשבון שיתכן, כמו במקרה שלנו, כי הכנף תהיה בנויה כיחידה אחת באורך של 6 מטרים. הסדנא שאנחנו מצאנו היא כ- 7 מטרים אורך, מה שלעיתים מקשה על התניידות/עבודה ולכן מצאתי לנכון לציין זאת.



איור ב.1 – מראה כללי של הסדנא (ממחיש את המרחב הנדרש לעבודה)

בחירה סדנא נכונה, תמנע את הצורך בהעברת הבניה לסדנא אחרת במהלך העבודה. המלצה חשובה - שווה לבדוק את רמת הקליטה הסלולארית ומאד מומלץ חיבור אינטרנט זמין. כדאי מאד שלא לזלזל בחשיבות דרכי הגישה לסדנא. הרי יום אחד (שיבוא בקרוב.... ☹) נרצה לקחת את המטוס לשדה התעופה לצורך הרכבה סופית ולטיסות הניסוי ואז, נזדקק למשאית עליה נעמיס את המטוס ודרך הגישה חייבת להתאים למשאית. ונמצאה הסדנא המתאימה. עכשיו יש להכינה לעבודה. הדבר הראשון לעשות (ואל לנו לזלזל בכך!) הוא: פינת עזרה ראשונה עשירה, תיק גדול (ראה רשימת פריטי עזרה ראשונה בחלק א של הספר), הסיבה לכך היא שכאשר בונים מטוס מעץ משתמשים במסורים ידניים, סכינים, כלים חשמליים במילים אחרות הרבה כלים בעלי פוטנציאל לפציעה קשה (כל אלו, בנוסף לערכת העזרה הראשונה, מחייבים כי העבודה לעולם לא תהיה ביחידות. חשוב כי תמיד יימצאו באתר העבודה לפחות שני אנשים!).

תכנון המקום בסדנא צריך להיות באופן כזה שתוכל לבנות את כל החלק וניתן יהיה לזוז בצורה חופשית ומבלי להיתקל בחלקים שעלולים, כן עץ עלול להישבר מהיתקלויות לא זהירה, כמו למשל פרופיל שקצהו טרם הודבק ועדיין עשוי להיות שביר בפרקטיקה – כדאי שסביב שולחן העבודה וכל חלקי המטוס הבולטים ממנו, יישמר מרווח תנועה של לפחות מטר וחצי.

עוד בטרם מגיעים החלקים אני ממליץ להתקין מצלמות אבטחה, בכל זאת הציוד והחלקים יכולים להגיע למאות אלפי שקלים.

חשוב להדגיש כי על הסדנא להיות ממוזגת, כדי לשמור ככל שניתן על טמפר' ויובש אחידים במהלך הבניה. לא אחת מעבר בין העונות עשוי לגרום לעץ לספוח/לאבד לחות ובכך לשנות את צורתו.

למרות שהעץ המגיע בקיטים עבר ייבוש ויכול להתמודד עם לחות של בין 15-85% כדאי לתלות מד לחות ולתכנן לבצע את בניה מהר כדי להימנע מחילופי עונות כאשר החלקים:

א. לא אטומים

ב. לא מחוברים לקונסטרוקציה

יש להצטייד ב"חמורים" זהים בגובהם ויציבים לשאת את משקל הכנף בצורה יציבה או שולחן גדול וישר (מידות מומלצות – לפחות שניים וחצי מטר אורך על 1.2 מטר רוחב).

יש לוודא שהסדנא מאווררת, בעבודה עם עץ אנחנו עובדים עם דבקים וחומרים נדיפים רעילים ששאיפתם מזיקה לבריאות ולכן על הסדנא להיות מאווררת כראוי.

בנוסף מומלץ להכין מראש פינת ניקוי שכוללת ברז מים, למקרה בו ניתן חומר כימי לעיניים ואזור הפנים, פינת הניקוי הזו חייבת להיות במקום עם מעבר פנוי ובמקום מהיר לנגישות.

בשני מקומות, בסדנא, אני ממליץ להציב מתקן נייר לניגוב (גלילים תעשייתיים) הן בפינת הניקוי והן בפינה ליד אזור הדבקים והחומרים או לחילופין קרוב לשולחן/אזור העבודה.

בביקורי בסדנאות אחרות ראיתי שהבונים עשו לעצמם פינת מחשב עם חיבור אינטרנט על מנת להיות און ליין עם פורומים, חנויות וכו... אני ממליץ לאמץ את זה, בסדנא שלי לא יכולתי לעשות זאת עקב מחסור במקום.

בסדנא שלנו, תלינו פסי עץ שעל גביהם יכולנו לנעוץ את הגליונות הרלוונטיים בתוכניות ובכך, כל המידע הטכני הנדרש לו אנו זקוקים, ניתן לגישה בקלות.

הדבר האחרון הוא כמובן - פינת קפה/אוכל. לא יזיק, כי תהיה פינת "מטבחון" שבה ניתן יהיה להכין קפה ואם אפשר, גם יימצא מקרר קטן, בו ניתן יהיה לשמור חלב ושתייה קרה לזמני העבודה בקיץ.

אני בנית את המטוס בסדנא הנמצאת כ-4 דק' מביתו של אבא שלי (שותף בבניה), ותחילה היינו נוסעים הביתה לאכול צהרים, מהר מאוד מצאנו כי יהיה מהיר ויעיל הרבה יותר לצייד את הסדנא גם במיקרוגל.

חלק חשוב ביותר בבניית מטוסים ע"י חובב, הוא אירוח אנשים. "פינת מטבח חמה ולבבית" תמיד תתרום לאווירת האירוח.

2. כלי העבודה

כדאי להצטייד מראש במספר כלי עבודה:

מסור יפני - בזמן בניית הכנף שלי, זה היה כלי העבודה עם זמן השימוש הגדול ביותר, מדובר על מסור דק, גמיש ובעל שיניים גסות חדות וצפופות, מסור זה שונה באופן עבודתו ממסור רגיל, במסור רגיל תנועת החיתוך היא דחיפת המסור, ואילו במסור יפני היא תנועת המשיכה, העיקרון העומד מאחורי העבודה הזו הוא שבפעולת המשיכה הכוח והדיוק מבוקרים יותר. עלות מסור כזה עומדת על כ-80 ש"ח והוא שירת אותנו נאמנה בחיתוך כל סוגי העץ במהירות ובדיוק גבוה.



איור 2.ב - מסור יפני - מאופיין בשני סוגי שיניים מכל צד של הלהב, האחד "קרוסקאט" והשני "ריפקאט".

מפסלת - רצוי שתהיה מפלסת שטוחה - ראה פרק פירוק חלקים.



איור 3.ב - מפסלת

מסור נימה (כשהיינו קטנים, קראנו לו "משורית") - מדובר על מסור בעל מסורית דקה וצרה ותפקידה לבצע חיתוך עדין, בדרך כלל כשמדובר בחתיכות עץ קטנות: $\frac{1}{4}$ על $\frac{1}{4}$, חיתוך ע"י מסור נימה מונע פירוק של העץ כאשר המסור מתקרב לסוף החיתוך (הערת העורך - משמש לחיתוך דיקטים ופורנירים).



איור ב.4 - משור נימה (משורית)

עוד בטרם הקיט מגיע, מומלץ כבר להצטייד בדבקים הנכונים, הסיבה לכך היא שיתכן ואין זמינות גבוהה של הדבק בארץ ויש להזמין מחו"ל, היות ומדובר על חומרים מסוכנים הליך הייבוא עשוי לקחת זמן.
קליבות - גדולות/קטנות. / **אטבים** - קטנים/גדולים.
החלטתי לכתוב בנפרד על כך כיוון שאלו תלויים בהחלט באסטרטגית העבודה שבחרתם.
הקליבות והאטבים מאפשרים הצמדה של החלק אל הגיג במהלך ההדבקה ובנוסף מאפשרים להצמיד את החלקים לחמור או שולחן בצורה כזו שתבטיח יציבות.



איור ב.5 – שימוש בקליבות ובאטבים

טינר/טרפנטין/אציטון - או כל חומר נדיף להסרת שומנים וניקוי החלקים לפני ההדבקה.
"**אקדח**" **סיכות ידני** - במקרה של ציפוי מעץ מומלץ להצטייד גם באקדח סיכות פנאומטי על כך אפרט מטה.
כלי סימון וכתובה - עפרונות מחודדים היטב, טוש סימון, דפים. (בקיט שאני בנית, רק הקורה הראשית הגיעה חתוכה במידה המדויקת, שאר הקורות (שפות התקפה, קורות אחוריות, קורות ראשיות של המאזנות) הגיעו ארוכות הרבה מהנדרש ולכן יש צורך למדוד, לסמן בצורה מדויקת – אם אתה רוצה מדויק אל תוותר על עיפרון מחודד).
מהניסיון שלי, לא ניתן להיערך מראש לכל הכלים והחומרים שאתה צריך לכן תהיה מוכן לכך שתצטרך להמשיך את ההצטיידות תוך כדי תנועה.
כלי מדידה – קליבר, סרט מדידה 5 מטר (ס"מ ורצוי גם אינצ'ים), פלס מים (אורך 1 מטר), זוויתן ואנך בנאים.

כלי עבודה חשמליים - בתחום הנגרות יש כלים רבים ומגוונים, סוגים רבים של מסורים שולחניים וכלים ידניים כמו "ראוטר".



איור ב.6 – ראוטר מימין ודרמל משמאל

בפרויקט שלנו לא הרבינו להשתמש בכלים חשמליים והכלים העיקריים היו ראוטר ודרמל. שאר המטלות העדפנו לבצע באופן ידני כדי להקטין את המקום לטעויות ולהגביר את הדיוק. בכל מקרה בו אתה נתקל בקושי או אתגר בעיבוד העץ תמיד תוכל להתייעץ בפורומים של נגרים. חשוב מאוד לציין, למען בטיחותך ושלמות החלקים, למד היטב את העבודה עם המכשיר החשמלי, נסה אותו על עץ שאינך זקוק לו לפני שאתה מנסה אותו על החלקי המטוס. ישנם כלים עם מומנט ויכולת כרסום גבוהה מאוד, אי ידיעה או מוכנות עלולים במקרה הטוב להסתיים בנזק לחלק אם במקרה הרע, פציעה. אל תהסס לבקש עזרה.

פרק ג. – התחלת העבודה

1. קבלת קיט החלקים

לפני שאתה מתחיל לעבוד - קיבלת את "החבילה"? מזל טוב! אני ממליץ לפתוח ולהוציא את כל החלקים:

א. בדוק שכולם הגיעו ובמצב תקין - אם הקיט נארז כראוי אין סיבה שתמצא שברים/סדקים בחלקים.
ב. דע וכתוב על כל חלק מה הוא - אל תבנה על כך שיצרן הקיט עשה את העבודה עבורך, זאת הזדמנות מצוינת גם לסדר את החלקים ע"פ סדר העבודה מכיוון שאני ממליץ בחום להשאיר את החלקים בארגז שבו הם הגיעו. היה ואינך יודע מהם חלקים מסוימים עדיף לשאול את היצרן עוד לפני שמתחילה הבניה על מנת למנוע טעויות.

ג. כאשר אתה מביט בחלקים כדאי להתחיל לתכנן אסטרטגית את הבניה - ראה בהמשך. כמו כן תוכל לדעת לאילו כלים וגדלים (כגון קליבות) תצטרך בפועל.
בנוסף אני ממליץ לבדוק היטב את המידות של כל הקורות ולדעת - איזו קורה נחתכה בשלמותה בהתאמה למידות ואילו קורות נחתכו עם "רזרבות".



איור ב.7 – פריסת החלקים לצורך הכרה, זיהוי וסימון

2. אסטרטגיית עבודה - בהיעדר ספר מהיצרן

במידה ויש ברשותך תוכניות בלבד, אתה כבר מבין, כי סדר העבודה ייקבע על ידך, אני ממליץ לחפש בפייסבוק קבוצות דיון/קבוצות של מטוסך ותמונות מתהליכי בניה, ניתן ללמוד הרבה מאוד מצפייה בתמונות וקריאת דיונים, אם אין לך ניסיון כלל אני ממליץ להתייעץ עם אדם בעל ניסיון, לא תאהב לפרק את החלקים שהרכבת.

דוגמא: בכנף שאני בנית, המאזנות עשויות עץ, היות ולמטוס מסוג זה אין ספר הוראות הרכבתו את המאזנת בשלמותה ולאחר מכן התברר ששפת ההתקפה של המאזנת אינה מאפשרת גישה לקידוח חורים לברגים - איך קרה דבר כזה? ובכן כפי שצינתי קודם, חלקים מעץ אינם ישרים וזה דבר טבעי מכיוון שעץ הוא חומר חי גם כאשר הוא יבש, לכן אנחנו משתמשים בגייגים בכל הדבקה - להבטיח את צורתו הישרה. במקרה שלנו, הקורה הראשית של המאזנות הייתה מעוותת קלות, ואורכה היה ארוך יותר מהמצוין בתוכניות - היה עלינו לסמן את המיקומים בהם יורכבו הצירים.

כדי להשיג דיוק מרבי החלטנו למדוד ולחתוך את הקורה ע"פ המידות, לסמן את המקומות שבהם הצירים מורכבים, לאחר מכן למדידה הסופית רצינו שהקורה תהיה מדויקת ככל האפשר ולכן הרכבנו גם את שפת ההתקפה וכך סימנו באופן מדויק את המיקום של הצירים.

לאחר שהבנו שהגישה למקדחה נחסמה, בנינו מקדח מיוחד שיורכב על "מפתח רצי" וכך קדחנו 12 חורים.

הפקנו לקחים, ובמאזנת השנייה, כבר הצמדנו את הקורה הראשית לפרופיל אלומיניום, סימנו את המיקום המדויק של הצירים, ביצענו את הקידוחים עם המברגה ורק לאחר מכן ייצרנו את המאזנת - דבר שהיה חכם ומהיר הרבה יותר.

3. עבודה עם דבקים וחומרי מילוי (Fillers)

ברוב המוחלט של המקרים בתוכניות, יצוין בדיוק עם איזה דבקים להשתמש - אל תחרוג מכך!

אנחנו השתמשנו בדבקים של **WEST SYSTEMS**.

אם קיבלת מספר אפשרויות, בדוק זמינות לרכישה בישראל - היות ולעיתים הדבקים מוגדרים כחומרים מסוכנים, הדבר עשוי לייקר מהותית את המשלוח. קיים דבק מוכר ומומלץ נוסף בשם **T88** אך אין לנו ניסיון בו.

קרא היטב:

א. הוראות שימוש ומינונים - ממליץ לכתוב על לוח גדול גם כפולות למען נוחות העבודה בנוסף דע ושנן היטב את הסטייה המותרת ע"י היצרן.

ב. תנאי עבודה: לחות וטמפר.

ג. וחשוב מאוד - הסרת הדבק שלא התקשה כראוי.

בחר את הדבק הנכון לכל הדבקה, למשל הדבקת חלקים מבניים השתמשנו במקשה איטי - **206** של **West Systems** עם בסיס **105**, לציפוי ואיטום חלקים השתמשנו במקשה מהיר יותר (**207** עם אותו בסיס של אותה החברה).



איור 8.ב - דבק אפוקסי שני חלקים של חברת **West Systems**

ישנם בונים שמדללים את האפוקסי כדי לקבל תכונות שונות כגון, ספיגה טובה יותר במקרה של ציפוי ולהאט את הריאקציה - **בדוק היטב את המלצות היצרן בנושא!!** לדוגמה **WEST SYSTEMS** לא ממליצים לעשות זאת. אני ממליץ להכין פינה שבה יהיו הדבקים, רשום עליהם את תאריך הפתיחה בטוש והיה ערני לתוקף (תפוגה). השתדל שהפינה תהיה מוצלת ויבשה, בפינת "הדבקים" כדאי שיהיו:

1. ציפוי ניילון על השולחן, במקרה ואתה משתמש במשאבות, לעיתים מטפטפת טיפה על השולחן.
2. הדבקים, השמישים ביותר מביניהם שיהיו בהישג יד.
3. חומרי מילוי (Fillers).
4. קופסת כפפות לטקס.
5. חבילת מכחולים/מברשות (אני ממליץ להצטייד בלפחות 10 חבילות של 10 מכחולים ברוחבים שונים).
6. חבילת כלי קיבול - ראה הרחבה בנושא בהמשך.
7. גליל נייר סופג גדול למקרה ונשפך.
8. "בוחשנים", כל מוט נקי יכול לשמש לבחישת הדבק, ניתן בהחלט לקנות קופסא של מקלות שטוחים, לבדיקת גרון במרפאות..
9. משקל (מאזניים) דיגיטלי - (רזולוציה 5 גרם) אני ממליץ להכניס את המכשיר לשקית **ZIPLOCK**, על מנת לשמור עליו נקי, וכאשר השקית מלוכלכת פשוט להחליף.

כלי קיבול - ישנם סוגים רבים של אפוקסי, חלקם מגיעים בצורת נוזל, חלקם מגיעים בצורת משחה, רכוש את כלי הקיבול בהתאם לסוג הדבק.

שים לב! יש לנו נטייה לקנות כלי קיבול גדולים, בעיקר אם מדובר בקיט עץ ראשון שלך - אין לכך צורך, מהסיבה שנדיר שתערבב כמויות דבק גדולות ולכן שרוול כוסות חד פעמיים לשתייה חמה (מקרטון). לא מפלסטיק!) יעשו עבודה מצוינת וגם ישמרו לך על הכיס.

אלה כלי הקיבול שהשתמשתי בהם לבניית הכנף שלי, הפעם היחידה שהשתמשתי בכלי קיבול גדול (בגודל של קופסת חומס) הייתה כאשר ייצרתי חלק שלם מחומרים מרוכבים. בנוסף, עם העבודה תצבור ניסיון ותדע להעריך כמה דבק אתה צריך.

יש לקחת בחשבון! דבק אפוקסי, לפחות באילו שאנחנו השתמשנו, אינו זקוק לחמצן/לחות לריאקציה, מרגע הערבוב היא למעשה מתחילה, ככל שכמות הדבק בכלי גדולה יותר כך הריאקציה מהירה יותר ולכן הכן כמות גדולה של דבק רק כאשר אין ברירה, לרוב לא תהיה לך בעיה "לפצל" הדבקות.

בדבקים של West Systems, בתחילת הריאקציה, תרגיש התחממות של הדבק וכלי הקיבול. בהמשך לכתוב לעיל, ככל שתמרח שכבה דקה יותר על משטח, כך זמן ה"גיל" יהיה ארוך יותר מהסיבה שהדבק מתקשה להתחמם כאשר ישנה שכבה דקה על משטח. שימוש בחומרי מילוי:

Filler הוא אבקה אשר נועדה להסמיק את הדבק,

ישנם פילרים לצורך יצירת שפכטל (החלקה), פילר זה מחליש את הדבק אך מאפשר שיוף קל מאוד ישנם פילרים אשר שומרים על תכונות החוזק של הדבק ותפקידם למלא חללים (למשל, מיקרו באלונס Micro-Balloons) במקרה של חלקים לא ישרים ב-100% (לא דבר נדיר בעץ), הפילר סמיק דיו כדי למלא את חלל ולא לזלוג החוצה.

לכל פילר היעוד שלו וישנו מקרא מפורט ופשוט.

אני ממליץ להשתמש בפילר של אותה מערכת, כלומר אנחנו השתמשנו בפילרים של WEST SYSTEMS. אין ברגים!! אל תיבהל, במידה והיצרן לא ציין שיש להשתמש בברגים - הדבקים מספיק חזקים, ואם יש, בדוק היטב שאתה עובד עם הברגים נכונים ומותאמים (עדיפות לבירגי AN), כלומר ברגים תעופתיים מצופים קדמיום, שאינם מחלידים. כאשר אנו עובדים עם ברגים לא נכונים כאשר הם מוברגים לתוך העץ, חלודה עשויה להיות מסוכנת משתי סיבות:

א. היא מעבה את קוטר הבורג כך שהעץ עלול להתפוצץ/להיסדק

ב. חוזק הבורג יורד דרמטית.

4. תכנון לפני ביצוע

כשאנחנו מדביקים חלקים, חוץ מאשר הג'יגים (Jigs), יתכן ואין שום עיגון של החלק למקומו פרט לסימון שלך של היכן הוא צריך להיות, לכן אני ממליץ לבצע תכנון מוקדם.

זכור, תהליך ההדבקה צריך להיות מהיר והכי חשוב, פשוט - לכן יש לתכנן היטב ולבצע סימולציות לפני הדבקה עד למצב שבו יעירו אותך באמצע הלילה ותדע את כל שלבי ההדבקה באופן אוטומטי.

ראשית - שאל את עצמך תמיד (!) האם זה הזמן להדבקה הזו?

להבדיל מפח ומסמרות, שם במקרה של טעות ניתן לקדוח את המסמרות וחץ מבזבז זמן ועצבים החלקים יוכלו להיחלץ בלי פגע ויהיו מוכנים לחיבור נוסף, בעץ המצב שונה.

טעויות הדבקה קורות, אנחנו בני אדם, אבל כדאי לעשות הכל כדי להימנע מכך, כיוון שפירוק חלק שהודבק הוא תהליך "כירורגי" שלעיתים עשוי להיות אגרסיבי, בנוסף יש ליזכר, הדבקים מאוד, מאוד חזקים לכן בפירוקו של החלק ההדבקה תישאר שלימה והאזור מסביב ישבר ויש לתקנו טרם הדבקה חוזרת, שבר יכול לבוא לידי ביטוי בשכבה אחת שהתנתקה מהחלק אם מדובר בדיקט, או, לחלופין, יכול להיות שבר כללי אם הפירוק בוצע בצורה אגרסיבית מידי ואז יש לשקול החלפה כללית של הקורה או החלק. לכן - תכנן, בצע סימולציה, בצע שנית, בצע שלישית וחשוב פעמיים אם זה אכן זה הזמן להדביק את החלק. דוגמא טובה לכך כפי שכתבתי מעלה, כאשר הדבקנו את שפת ההתקפה של המאזנת ובכך חסמנו את האפשרות לקדוח בצורה רגילה וקלה את בירגי הצירים.

במידה וניתן, עבוד בצמוד לספר היצרן אבל! השאר תמיד מקום לספק ובדוק שאין טעות בספר. בהיעדר ספרות, עשה לך רשימה של פעולות וחלקים שעליך להרכיב השייכים לאותו אזור, למשל: הדבקות צלעות (פרופילים) על הקורה הראשית:

1. האם הפרופילים מוכנים? חיזוקים הודבקו? אזורי ההדבקה שויפו להיות ישרים למגע מלא?
2. האם יש ברשותי גייגים? האם יש לי את הדבק המתאים בכמות הנכונה?
3. האם הקורה הראשית מוכנה לקלוט את הפרופילים?
4. האם יש פעולות בקורה הראשית שיש לבצע? קידוח חורים, שיוף סימון - זכור קורה ללא צלעות ניתנת לתמרון בצורה נוחה יותר, אינה תופסת הרבה מקום והגישה אינה מוגבלת.
5. האם יש לי אסטרטגית הדבקה?
6. האם אני יודע איך לוודא שההדבקה תקינה? אם הצלעות מקבילות?
7. האם צד שמאל/ימין/קדמי/אחורי מסומנים היטב? שים לב הדבקה היא הליך מהיר ומוגבל בזמן. אם אתה מרגיש מוכן, בצע סימולציה יבשה ומלאה לכל הליך ההדבקה! זה הליך חשוב מאוד! סיימת את הסימולציה - שאל את עצמך, האם ניתן לשפר דיוק וזמן? האם זאת האסטרטגיה הטובה ביותר? אם כן, קח הפסקה של 5 דק' שתה קפה, תתרענן ובצע את ההדבקה באותו היום. אם הסימולציות לא מצליחות או שיש ספק באסטרטגית ההדבקה - דחה אותה. חשוב מאוד לבצע מדידות (אם יש בכך צורך) בסימולציות כאמצעי להבטיח איכות ודיוק. בקרת איכות – אתה עובד עם חומר חי, גמיש ולעיתים מעוות, הריאקציה של הדבק עשויה לקחת מספר שעות ובזמן הזה החלקים עשויים לזוז, כמו כן עצם ההדבקה הוא תהליך שיכול להיות מורכב כיוון שהדבק רטוב והחלקים יכולים להחליק ו/או "לשוט", כל הסיבות הללו מצריכות בקרת איכות – לוודא שהחלקים הודבקו בצורה ישרה. לדוגמא, באיור הבא ניתן לראות:

קורה ראשית (הקורה התחתונה) יושבת על חמורים יציבים ומפולסת לחלוטין, הפילוס שלה גם עשוי לקחת זמן – אל תתפשר, אתה רוצה דיוק!

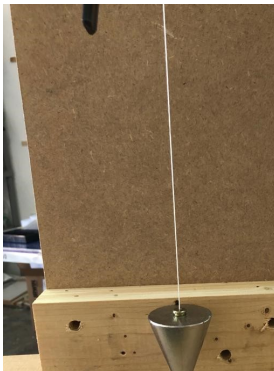
הצלעות צמודות לגייג, ע"י אטבים. הגייג מוצמד לקורה הראשית ע"י קליבות. הקורה האחורית צמודה לפרופיל אלומיניום כדי ליישר עיוותים והיא צמודה לגייג בעזרת קליבה כדי לקבוע זווית של 11 מעלות (הגייג יוצר ע"פ התכנית) אנך בניין – נמצא בצורה מדויקת מעל קו האמצע של הקורה הראשית ומחובר ע"י חוט שעובר דרך אמצע הקורה האחורית. גם הקורה האחורית עברה בדיקת פלס.

במידה והאנך אינו מצביע על אמצע הקורה הראשית ו/או הקורה האחורית לא מפולסת כמו הקורה הראשית – תקן.

לבסוף בדיקה באמצעות פרופיל אלומיניום שכל הצלעות נמצאות בקו ישר (ראה תמונה מטה)



איור ב.9 - ייצוב הקורה הראשית על "חמורים" ועל גיג



איור ב.10 - מימין - ה"כנף" על ה"חמורים" ומוצמדת לג'ג ומשמאל - בדיקת יישור באמצעות אנך בנאים למניעת פיתול

8. גייגים - העץ לא ישר

גייג הוא מתקן המשמש לקיבוע חלק במיקום או בזווית רצויה עד לסיום הרכבות. בניה מעץ מחייבת גייגים, לא ניתן ולא כדאי לנסות להתחמק מהכנה של גייגים או קנייתם, אם ניתן. עץ, להבדיל ממתכת, ויבש ככל שיהיה, עדיין חומר חי. כך, שיתכן בהחלט שתקבל קורה שתהיה קצת עקומה, אין מה לדאוג - זה תקין, ולכן חובה, חובה לעבוד עם גייגים, אך למרות זאת - וודא כי זה אכן תקין מול היצרן. למשל, הקורות האחוריות בכנף שלנו היו קצת מעוותות אך הקורה הראשית של הכנף הייתה מדויקת לחלוטין וכמובן עיוות בקורה זו, שיישורה על סף בלתי אפשרי, הוא דבר לא תקין. מדוע צריך גייגים? להבדיל מחלקי מתכת ומסמרות/ברגים, את חלקי העץ אנחנו מדביקים ועד שהדבק יתייבש אנחנו צריכים להבטיח שלא יהיו תזוזות בשום אופן, וזה תפקידו של הגייג. הגייג חייב להיות בעל זווית נכונה ובעל יכולת הצמדה מיטבית למשטח עליו הוא מונח - גייג יציב = הדבקה מהירה, מדויקת ויציבה. בכנף שלנו לא הצלחנו למצוא גייגים לרכישה לכן נאלצנו לייצר את כל הגייגים בעצמנו, ולכן, יש לקחת בחשבון את עלותם.

גייגים זולים ניתן להכין עם MDF (פלטה העשויה נסורת שעורבבה עם דבק) או כל חומר שיבטיח את הזווית המדויקת שאתם צריכים במהלך ההדבקה.

אין צורה מוגדרת לגייג, גם פרופיל אלומיניום יכול לשמש כגייג. וזאת, בכך שהצמדתו לקורה תבטיח שהיא תהיה ישרה לחלוטין ללא עיוות.

מספר כללי אצבע בהכנת הגייג:

הזוויות חייבות להיות מדויקות - הקפד על כך!

בדוק אם הגייג יכול להיכנס ולהתחבר בצורה פשוטה. זכור, מדובר בהדבקה שמוגבלת בזמן, הכנת גייג, שחיבורו עשויה לקחת זמן עלולה לגרום לאובדן זמן יקר במהלך ההדבקה.

השקע מחשבה על עיגון הגייג באופן שיבטיח שלא יזוז, ניתן להשתמש בקליבות, אטבים וכו'. - באופן אישי, אני ממליץ להשתמש בברגים או כל גורם אחר שעלול לפצוע את החלקים.

חשוב לזכור! במקרה של הדבקה, עלול לזלוג דבק על גבי הגייג ולכן יש להקפיד לאטום אותו כדי שלא ידבק. איטום יכול להיות ע"י דבק וואקס (Wax) אך בהחלט ניתן להשתמש בסלוטייפ פשוט וזול שעושה עבודה מצוינת.

שים לב, אין להפריד בין החלק המודבק לגייג, עד לייבוש מלא של החלק (ע"פ הגדרות היצרן). אני ממליץ לבצע מספר סימולציות טרם ההדבקה על מנת לבדוק שהגייג מורכב בצורה תקינה ואינו דורש ממך מאמץ מיוחד.

עוד מילה לגבי פרופיל אלומיניום. גם בהדבקת משטחים כגון ציפוי דיקט, פרופיל אלומיניום יכול לשמש גייג אשר יבטיח הצמדה ישרה לחלוטין גם אם החלק שנמצא בצמוד לסקין (Skin) בעל רווח קל (זוכרים פילר?)

דוגמאות לגייגים:



איור ב.11 - כאן ניתן לראות ג'יג פשוט בזווית של 90 מעלות שתפקידו להבטיח שהצלעות מודבקות בניצב לקורה בצורה מדויקת ויציבה. הג'יג מצופה במסקינג-טייפ למניעת הדבקות עצמית

9. שיוף ויישור קו

כאשר אנחנו נדרשים ליישר קו, לנקות שטח (נזילות דבק למשל) אנחנו נשתמש במספר כלים בהתאם ל"גסות" שבה אנחנו צריכים לעבוד, נתחיל מהכבד לקל:

כפי שכתבתי מעלה, אני באופן אישי פחות אוהב להשתמש בכלים חשמליים, לטעמי הם אגרסיביים מידי, במיוחד אם קנית קיט חתוך – עבודה עם כלים ידניים מאפשרת שיוף מבוקר ומדויק יותר.

אם צריך טיפול אגרסיבי יותר תוכל להשתמש במסור יפני ואם יש צורך בגילוף אני ממליץ על מקצוע ("מ" בפתח) בשטחים גדולים ובמפסלת בשטחים קטנים יותר.

כמו שכולנו מכירים, בעיקר מי שהיה בחוג טיסנאות, אין בניה מעץ שאין בה צורה בשיוף ויישור קו. אנחנו נשתמש בנייר זכוכית גס (120) גם ליישור קו וגם לחיספוס לפני הדבקה על מנת להגדיל את שטח ההדבקה.



איור ב.12 - הצמדת נייר ליטוש למשטח ישר לקבלת שטח מעובד ישר ואחיד

על מנת לשייף את החלקים בצורה ישרה יש להצמיד את נייר הזכוכית לבלוק עץ ישר ובמקרה של שטחים גדולים אף להדביק על פרופיל אלומיניום. שיוף היא עבודה שחורה ומושכת, אך יש לעשותה בריכוז רב כדי למנוע מצבים של שיוף ייתר באזור מסוים וכמובן עם הרבה סבלנות. זכור – אם לא תשקיע בשיוף, תשלם על כך בשפכטל ומשקל. אני מצאתי שהדרך לשייף בצורה יעילה ואחידה היא בתנועה סיבובית ולא בתנועה של "קדימה ואחורה".

10. נקזים

עץ הוא חומר שמכיל לחות וסופח לחות, למשל גם כאשר הכנף סגורה וכל חלקי העץ אינם חשופים אלא אטומים בדבק או ורניש עשויה להיות לחות בתוך הכנף. אם אין המלצה מפורשת לביצוע חורי ניקוז אני ממליץ להתייעץ עם המתכנן על מנת לבצע, במקרה של הכנף שלנו, המתכנן ציין במפורש שצלעות הכנף מחוררות ובכך מתאפשרת זרימת אוויר בתוך הכנף אשר מאדה את הלחות כך שאין צורך בחורי ניקוז. לעומת זאת במאזנות זה לא המצב ולכן נדרשנו לבצע חורים אלה. לרוב מדובר בחורים קטנים בקוטר $\frac{1}{8}$ אינץ' ותפקידם הוא לאפשר זרימת אוויר שתאדה את הלחות, במקרים חריגים יש לקדוח חורים לניקוז מים – במקרים אלה אני מניח שהיצרן יציין זאת במפורש.

11. קשיחים

כשאנחנו מדברים על עץ וקשיחים אין הרבה שוני בין פח לעץ למעט מספר ניואנסים. ראשית, דסקיות:

בעץ יש שימוש בדסקיות מסוג AN970 ולא AN960 ההבדל הוא בקוטר החיצוני של הדסקית, כאשר דסקית עץ גדולה יותר בקוטר, הדבר נועד לפזר את העומס על המשטח שכן עץ רך יותר מפח ולכן חיזוק על שטח פנים קטן עלול למעוך את העץ.

להבדיל ממתכת שאין חובה לשים דסקית בין ראש הבורג לחלק אותו הוא מחבר, בשימוש ברגים להצמדת חלקי עץ, אני ממליץ בחום לשים דסקיות הן בצד ראש הבורג והן בצד האום.



איור ב.13 - השמת דסקיות AN470 מתחת לראש הבורג

בנוסף משטחים חלקים קטנים מומלץ להוסיף גם "פלטת למניעת ריסוק" לרוב מדובר על דיקט סנדוויץ' מסוג בירץ' בגודל זהה לגודל החלק.



איור ב.14 - הוספת משטח עץ מתחת לדסקיות לחלוקת נכוח על פני שטח נרחב יותר

אל תשכח לאטום גם את הפלטה הזו באפוקסי או וארניש.
חיזוק ברגים - כאשר מחזקים ברגים בעץ יש לקחת בחשבון מעבר לטורק את רמת המעיכה של העץ אם בכלל, כאשר אנו רואים שהעץ נמעך יש לחזק עד רמת מעיכה של מחצית מעובי הדסקית.
בכנף של המטוס שלנו אשר עשויה עץ, ועץ הוא חומר חי (גם כאשר אטום) והוא מתקוץ ומתפשט באזורים בהם הגישה מוגבלת כגון בסיס הצינור פיטו (Pitot), החלטתי לשים בורג עם אום צריח (Castle Nut) ופין נעילה.

בהמשך לכך, שים לב כאשר אתה קודח חור עבור הברגים, גם כאשר קוטר הבורג הוא $\frac{1}{4}$ והמקדח הוא $\frac{1}{4}$ יתכן בהחלט שיהיה לך מאוד קשה להכניס את הבורג אם מדובר בעץ עבה (כמו למשל קורה ראשית), כמו שהזכרתי קודם, העץ הוא חומר חי ועשוי "להתקוץ" במספר אלפיות מ"מ, דבר שיקשה עליך להכניס את הבורג – אל תעבור למידת המקדח הבאה ואל תבצע "תנועות הרחבה", עבוד פעם אחר פעם עם אותו מקדח בצורה יציבה ובסל"ד גבוה עד לקבלת התוצאה הרצויה.

12. סקין

שלד העץ עובר ציפוי, בעיקר כדי ליצור אטימה, ואיחוד החלקים לכדי קונסטרוקציה אינטגרלית חזקה, הסקין יכול להיות מבד או דיקט.

אני אתייחס לסקין העשוי עץ.

בדרך כלל המתכנן/היצרן כותבים במפורש באיזה סוג ועובי של דיקט יש להשתמש ויש להיצמד לכך, לרוב עושים שימוש בדיקט אוקומה (ממשפחת המהגוני) בתקן ימי, התקן הימי בא לידי ביטוי בכך שהשכבות מודבקות באמצעות דבק שעמיד בתנאי לחות ומים. בהיעדר סקין שנחתך מראש ניתן לרכוש פלטה בגדול המתאים ולחתוך לצורה הרצויה.

5. תהליך העבודה

התהליכים שיש לבצע בדיקט:

חיתוך וסימון נקודות החיבור - מומלץ להצמיד בצורה טובה ככל האפשר את הדיקט לחלק, לסמן עם עיפרון את הצורה כולל נקודות החיבור/הדבקה, מאוחר יותר אסביר למה.

ניתן בהחלט להשתמש באקדח סיכות, פרופיל אלומיניום וקליבות, או כל שיטה אחרת. באופן אישי אני לא ממליץ להשתמש בברגים כיוון שזה עלול לפצוע את החלקים ויצריך תיקונים ע"י פילר ופילר, כאמור, זו תוספת משקל מיותרת במקרה הזה.

לאחר הסימון - ודא שסימנת הכל! פרק וחתוך את המיותר, מצאנו שמסור יפני עושה את העבודה בצורה הנוחה ביותר, חלקים קטנים ניתן להשתמש גם במסור סרט אם יש ברשותך.

איטום - טרם הדבקת הסקין, שים לב! אני ממליץ לאטום את החלק הפנימי לפני ההדבקה.

זוכר את נקודות החיבור? כעת יש לכסות אותן עם מסקינג-טייפ נייר (כזה שצבעים משתמשים), כך זה עשוי לקחת זמן מה...



איור ב.15 - מיסוך פסים במקומות ההדבקה של הסקין.

לאחר סיום הכיסוי ודא שכל נקודות החיבור מכוסות.

לאיטום ניתן להשתמש ב"יאכט וארניש" או בדבק בעל תכונות דומות. אנחנו השתמשנו באפוקסי תוצרת

WEST SYSTEM דגם 207 המיועד לאיטום.

חשוב לזכור!

אפוקסי "יוצר לעצמו" את הריאקציה, ולא המגע עם החמצן. הריאקציה יוצרת חימום והחימום מאיץ את הריאקציה והתוצאה זמן הדבקה קצר משמעותית. לעומת זאת, תמצא שאם תמרח את אותה כמות של דבק על משטח, זמן ההדבקה יהיה ארוך משמעותית, כיוון ששטח המגע עם האוויר מאוד גדול מה שמונע התחממות הדבק. במילים אחרות, מומלץ להפחית ככל האפשר את הזמן שבו הדבק נמצא בכלי הקיבול לאחר ערבוב הרכיבים. לכן, הדרך הטובה ביותר שאני מצאתי לשימוש יעיל בדבק היא להכין כמויות קטנות (עם הזמן תדע להעריך במדויק כמה אתה צריך) ולעבוד מהר, זו אחת הסיבות מדוע, כדאי לכסות את החלקים שאנחנו לא מעוניינים לצפות, למרוח דבק על הכל ולהסיר את המסקינג-טייפ לעומת ציפוי זהיר של האזורים הדורשים איטום. הדרך היעילה ביותר לבצע את העבודה היא באמצעות רולר צבעים פשוט. לאחר מריחת האיטום לא לשכוח להוריד את שכבת המסקינג-טייפ מייד.



איור ב.13 - הסקין, לאחר הורדת המיסוך. ניתן לראות את הפסים שלא צופו בדבק.

לאחר מכן הנח לסקין להתייבש במקום סגור ונקי. בגלל שהעץ הוא חומר חי, לעיתים תמצא איזור בו הדבק נספג והאיטום לא מספק, במצב כזה חזור נקודתית על האיטום באזור. קימור העץ - הדיקטים מגיעים ישרים ולעיתים יש צורך לקמר אותם לצורה הרצויה כמו למשל שפת התקפה, קימור זה תהליך חשוב כדי להפחית את העומס על הדבק. הדרך לבצע את הקימור היא הצמדת החלק למקומו ולאחר מכן לשים עליו סמרטוט לח למשך כמה ימים. שים לב! אין צורך להספיג את העץ במים, עודף מים עלול לגרום לעובש, מעבר לכך עודף מים עלול לחדור לאזורי ההדבקה וזה כמובן לא טוב להדבקה עצמה. לאחר יום-יומיים, יש להסיר את הבד הלח מהדיקט אך להשאיר את הדיקט צמוד לחלק כדי שיתייבש בצורתו החדשה - אל תמהר, יתכן והייבוש יערוך מספר ימים עד שבוע.

יש לקחת בחשבון שהעץ לא יהיה קמור לחלוטין - זה בסדר.
 בדוק וודא שהכל יבש לחלוטין והדבק בזמן הסמוך ביותר לשחרור החלק.
 הדבקה - יש הרבה גישות להדבקת סקין, לכל אחת יש יתרונות וחסרונות, עליך לבחור את זו המתאימה לך, הן מבחינת תנאים, תקציב וכוח אדם והן מבחינת מורכבות ההדבקה.
 להלן חלק מהשיטות:

- I. "שבלונה הפוכה" - ייצור שבלונה בצורה הפוכה לחלק, כמו תבנית, שתצמיד את הסקין לגוף.
- II. "סטריפ מסמרים" - פס עץ דק, אפשר להשתמש באשוח (ספרוס) ועל גביו לדפוק מסמרים להדק את הסקין לחלק.
- III. שימוש באקדח סיכות פנאומטי - למה פנאומטי? כשתתעייף, לאחר עשר סיכות, תבין! יש צורך במאות אם לא אלפי סיכות (תלוי בגודל החלק) בנוסף הצמדת הסיכות טובה ואחידה באופן מהותי באקדח פנאומטי. אני ממליץ להשתמש בפסי עץ דקים כדי למנוע מהסיכה לפצוע את הסקין (זוכר? פציעה = פילר = משקל) ומסייעת בשליפת הסיכות.

אני בחרתי בשיטה מס' III - סיכות ואקדח פנאומטי, בחרתי בשיטה הזו כיוון שנראתה לי מהירה, יעילה והמתאימה ביותר לביצוע - דבר, שבדיעבד, התברר כנכון.
 על מנת למנוע פציעה של הסקין, השתמשנו בפסי עץ ושדרגנו את השיטה:
 העץ שהשתמשנו לפסים היה "עץ לבן", מדובר בעץ זול מאוד המשמש לבניין ולכן ניתן למצוא ללא בעיה באתרי בניה או לרכוש מספקי חומרי בניין
 ניסרנו את הפסים לעובי של חצי ס"מ - השילוב של עץ לבן רך לבין עובי של חצי ס"מ יוצר לנו פסי עץ שמצד אחד עמידים מספיק כדי שהסיכה לא תעבור דרכם ומצד שני עדינים מספיק כדי שברגע הפירוק יהיה ניתן לשבור אותם בקלות.
 לאחר שבירת העץ תגלה רווח של מס' מ"מ והוא יאפשר לך לאחוז בסיכה עם פלייר/קאטר או כל כלי אחר שתמצא מתאים ולשלף את הסיכה בקלות.
 הכנו את הפסים מראש, כתבנו עליהם את מקומם ואף סימנו את מיקומם המדויק ע"ג הסקין.
 בנוסף אני ממליץ להכין קוביות של 1 ס"מ * 1 ס"מ * 1 ס"מ למקרה ויש צורך בנעיצת סיכה באזור קמור ובעייתי.

6. פירוק חלקים

כן, הרגע שבו אתה מבין שעשית טעות, קורה, לכולם...
 ישנם מצבים שבהם נכון יותר לפרק חלק שהודבק לא נכון או לא בשלב הנכון, אמחיש באמצעות דוגמא:
 בכנף שלנו, קצות הכנפיים עשויים דיקט מהגוני מחוזק קורות ספורס, הם מהווים מעין מכסה לקצה הכנף ובסיס לחלק העשוי חומרים מרוכבים. נקודות החיבור הן הקורה הקדמית, הקורה הראשית, הקורה האחורית ו 8 סטרינגרים (קורות רוחב)
 החלטנו להדביק בצורה מסוימת את קצה הכנף והתגלה מאוחר יותר שהוא לא הודבק כראוי ונוצרה זווית בין המאזנת לקצה כנף.
 מה האלטרנטיבות?
 כפי שהסברתי מעלה, פירוק החלק הוא הלך כירורגי שיתכן ויסב נזקים לחלקים אחרים שאותם נצטרך לתקן ולמלא חללים באמצעות פילר - והמשמעות: משקל.
 האפשרות השנייה היא להדביק מרווחן (Spacer) על קצה הכנף כדי להשלים את המרווח החסר בצד אחד ולהקציע את הצד שני וכך לתקן את הזווית.

הפעולה הזאת נשמעת פשוטה יותר אך אין לדעת כיצד דברים יסתבכו בהמשך. לכך אין משמעות מבנית או בטיחותית ולכן הבחירה נעשתה באמצעות נוחות ומהירות התיקון.

לבסוף החלטנו לפרק את החלק,

לשם כך השתמשנו במסור יפני, ומסור שני בטווח של 90 מעלות בסל"ד גבוה מאוד - אמנם השתמשנו בכלי הזה רק עבור פירוק החלק בכל תהליך בניית הכנף אך הוא מאוד יעיל ויתכן ואתה תמצא לנכון להשתמש בו במקומות נוספים.

דוגמא נוספת, כפי שכבר ראית מעלה, הדבקנו את שפת ההתקפה של המאזנת לפני שקדחנו את החורים - במקרה זה החלטנו לייצר מקדח מהחשש לנזקים כבדים בעקבות הפירוק, ומדוע? הדבקת שפת ההתקפה באופן ישר לחלוטין לאחר פירוק חלק עשויה להיות אתגר גדול שהעדפתי לא להיכנס אליו.

עשית טעות? לא קרה אסון, בדוק היטב את האפשרויות שלך, בחן אותן ולבסוף קבל החלטה. אין ספק שפירוק חלק מצריך מידה מסוימת של יצירתיות ולכן שקול אפילו להתייעץ.

7. גימור והכנה לצבע

אחד הדברים שהכי ביאסו אותי כשסיימתי את ציפוי הכנף הוא תהליך ההכנה לצבע, ולא כי מדובר בתהליך ארוך מאוד שחוזר על עצמו מספר לא קטן של פעמים (הסבר בהמשך) אלא שאת העץ הכל כך יפה הזה, צריך לכער עם שפכטל. אין מה לעשות, עץ טבעי לעולם לא יהיה ישר לחלוטין, וכשאנחנו רוצים גימור מושלם, יישום שפכטל במקומות הנמוכים הוא הכרח.

אז, הגיע הזמן להיפרד מציפוי העץ הנקי והיפה.

גם כאן, יש מגוון רחב של שיטות כאשר המטרה הסופית היא: **שטח ישר לחלוטין, ללא שקעים או גבעות**, והפעם אין לכך משמעות מבנית, אם כי, יתכן ואולי אווירודינאמית אך מרבית המשמעות כאן היא אסתטית.

הדרך שבה אני השתמשתי -

החומרים שתצטרך:

א. **אפוקסי** (West Systems - Base 105, Hardener 206/207), שים לב מקשה 207 קשה מאוד להשיג בישראל, אנחנו פנינו ל- **West Systems** העולמית והיא הכריחה את היבואן להוסיף את הכמות שאנו זקוקים להזמנה ולכן הזמנו כמות כפולה ממה שהערכנו שנצטרך, כי הרי לכל הערכה יש סטייה.

ב. **פילרים**: 404 לאזורים שתרצה למלא ותרצה להוסיף חוזק כמו בנקודות חיבור, 410 מיקרוליט - מדובר בפילר המשמש כשפכטל והוא נועד למלא חללים, להיות קל משקל וקל לשיוף.

ג. **ניירות זכוכית** בדרגות: 80, 180, 220, 320

ד. **בד מיקרוגלאס** 1.45 FIBERGLASS CLOTH oz./sq שתפקידו לאטום את החלק ולשמש מצע מצוין לפריימר.

ה. **Smooth primer**

ו. **פלסטיק גמיש** שישמש אותך למריחה

ז. **"מגב" שמשות** עם להב עשויה סיליקון בלבד, עוד תבין למה

ח. **רולר של צבעים** + מספר רולרים ספיר

ט. **פריימר** על בסיס אפוקסי

י. **מסקינג-טייפ** של צבעים (עשוי "נייר" ואינו משאיר סימנים) לכיסוי חורים

יא. **פרופיל אלומיניום**/כל אלמנט שאתה יודע שהוא ישר בוודאות

ועכשיו לסדר הפעולות:

א. לאחר הוצאת כל הסיכות, יש לשייף את הציפוי ולנקות אותו משאריות מסקינג-טייפ, מעודפי דבק

וכו'...

- ב. איתור פצעים, נקודות חסר בחומר (יתכן שהדיקט לא הגיע לגמרי לנקודת החיבור ונשאר רווח), בקעים ופגמים בעץ – סמן אותם.
- ג. בצע מילוי לאזורי החיבור בעזרת פילר 404, את החורים והפגמים עם פילר 410 – לאחר מריחת הפילר עבור עם הפלסטיק הגמיש ליישור הפילר כדי להקל על עצמך בשיוף
- לאחר ייבוש בצע שיוף עם נייר 80 ובדוק אם כיסית כראוי את כל הפגמים אם עדיין ישנם פגמים – חזור על הפעולה.
- ד. כסה את כל האזורים שלא תרצה שיתלכלכו (כמו דלתות שירות וכד'...) בעזרת המסקינג-טייפ עבור עם פרופיל האלומיניום לאורך הכנף וסמן שקעים. אני ממליץ לעשות סימן שתזכור היכן השקע גבוה יותר והיכן השקע הקטן יותר כדי שבעת מריחת החומר תדע איזו כמות לשים באופן יחסי.
- ה. בצע מריחה ראשונית של אפוקסי ופילר 410 על האזורים שסימנת.
- ו. לאחר ייבוש מלא בצע שיוף עם נייר זכוכית 180 כאשר הוא מוצמד לפרופיל אלומיניום או כל מוט ארוך וישר, האורכים עשויים להשתנות בין חלק לחלק.
- אופן השייף:** שים לב! יש לעבוד בצורה אחידה לכל אורך החלק בצורת זיג-זאג בזווית של כ-45 מעלות כדי למנוע שיוף יתר באזור מסוים. בנוסף באזורים קמורים (כמו שפת התקפה) יש נטייה להשתייף יתר על המידה – לכן גם אם נדמה לך שאתה לא מתקדם אל תעזוב את שיטת הזיג-זאג והיעזר בסבלנות
- בצע את פעולות ו, ז, ח, פעם נוספת עד שתגיע תוצאה טובה בה המרווחים זעירים (לא חובה תוצאה מושלמת בשלב זה).
- ז. עבור על החלק פעם נוספת וודא שאין חורים או פצעים בעץ
- ח. חתוך את בד המיקרו-גלאס מראש באופן שיכסה בצורה הטובה ביותר את החלק שלך, במקרה שהבד צר, בצע חפיפה של 1 אינץש.
- ט. הדבקת הבד: הצב את החלק בצורה שבה תהיה לך גישה טובה לכל האזורים – לא תוכל לגעת בחלק לאחר השמת הבד.
- הנח את הבד על החלק, מרח בעזרת הרולר אפוקסי 207 על גבי הבד עד לקבלת שקיפות – תבחין שאין צורך בכמות דבק גדולה.
- באזורים עם זוויות חדות – בדים באריגה רגילה (לעומת אלכסונית) "לא אוהבים" זוויות חדות ולכן אין "להלחם" עם הבד – ניתן להגיע עד הזווית עם שכבה אחת, ולבצע שכבה נפרדת לצד השני של הזווית.
- התעקשות לעטוף זווית חדה תגרום לאי הצמדה באזור הזווית.
- עבוד בצורה מסודרת מהחלק העליון אל החלק התחתון.
- לאחר מריחת הדבק עבור עם המגב תוך לחיצה קלה להשטחת הבד והוצאת עודפים.
- י. לאחר ייבוש מלא, בצע שיוף עדין ביותר עם נייר 220, באזורי החפיפה שייף עד שלא תורגש.
- י"א. בצע יישום אחיד של SMOOTH PRIMER (יש לערבב היטב!! לפני השימוש) – ניתן עם רולר וניתן גם בהתזה.
- י"ב. עבור עם פרופיל האלומיניום על החלק וסמן שקעים
- י"ג. בצע יישום נוסף באזורים הנמוכים.
- י"ד. בצע שיוף כפי שביצעת בסעיף 8 אך עם נייר 220.
- ט"ו. חזור על הפעולות י"ד, ט"ו, ט"ז ו-י"ז, עד שלא תראה הפרשי גבהים.
- ט"ז. בצע שיוף עדין ביותר עם נייר 320 על כל החלק – אני מדגיש, עדיין רק לחספס מעט את המשטח, הריי לא תרצה לצור שוב שקעים.

י"ז. נקה היטב את החלק ורסס פריימר על בסיס אפוקסי שמה קפה, הבט ותהנה מהתוצר.

ישנן שתי גישות בעניין סעיף ט', יש שמבצעים את סעיף ט' (הדבקת הבד) לפני סעיף ו' (סימון לצורך השמת אפוקסי ופילר 410)

אין לכך משמעות ועשה את מה שאתה מרגיש שיהיה לך יותר נוח.

אנחנו ביצענו את העבודה בסדר הנ"ל כיוון שהעדפנו להדביק את הבד על משטח ישר להצמדה טובה יותר שלו, אך אני חוזר – בפועל אין משמעות לסדר מבחינת סעיפים אלה. בנימה אישית,

אפתח בטיפ שיכול לחסוך הרבה מאמץ – מרח מעט מאוד (מאוד) שפטכל בכל סבב, תמיד אפשר להוסיף אך שיוף דורש הרבה מאמץ פיזי ומנטלי, יש לנו באופן טבעי נטייה למרוח שכבה עבה הרבה יותר מהדרוש, לכן עבוד בשיטה של מריחת מספר שכבות דקות מאוד (בהתאם לצורך), יקח לך הרבה פחות חומר, הרבה פחות מאמץ והרבה פחות זמן לעומת מריחת שכבה עבה אחת ושיוף לאחר מכן.

טיפ נוסף שקיבלתי מבונה אחר והוא מאוד מצא חן בעיניי ולכן החלטתי לשתף אותו, הוא בנושא גימור "מושלם",

יתכן וגם אתה פרפקציוניסט, לפעמים זה יכול להיות בעוכריך – הטיפ שקיבלתי הוא לא לרדוף אחר ה"מושלם"

אני מזכיר – להליך שאתה מבצע אין משמעות מבנית וכמעט אין משמעות אווירודינמית ואם קיימת היא זניחה, מדובר בתהליך אסטטי.

ליצירת כנף/חלק "מושלם" יש משמעות ומחיר – ככל שתרצה יותר קרוב למושלם כך תצטרך יותר חומר מילוי וזה כמובן מלווה במשקל, לדוגמא הכנף שלנו: כל צד באורך של כ-2 וחצי מטרים, לכל צד יש חלק עליון וחלק תחתון כמובן.

ניתן בקלות רבה להגיע לחצי קילו ואפילו יותר של מילוי בצד אחד וחלק אחד – הכפל ב4 (2 חלקים + 2 צדדים) והגענו לתוספת של 2 ק"ג, השאלה שאתה צריך לשאול את עצמך, האם אתה מוכן לשלם את המחיר הזה בעבור שלמות?

בנוסף יש לקחת בחשבון פרט מאוד חשוב – שכבה עבה יותר של שפטכל (אפוקסי + פילר 410) גורמת להפחתה בגמישות שלו, אך החלק שלך עדיין גמיש במידה מסוימת והדבר עשוי להביא לסדקים בצבע – מניסיונם של אחרים.

לכן, שקול עד לאיזו רמת "מושלם" אתה רוצה להגיע.

זכור - בניה מעץ היא דבר חווייתי. השתדל ליהנות מכל שלב ולכשתסיים, כבר תרצה לעבוד על המטוס הבא.....

8. ציפוי בדים וצביעתם

(נכתב ע"י חיים רוזה)

ציפוי בדים במטוסים התחיל לפני שנים רבות. בעבר ציפו מטוסים עם בדי כותנה לא מעובדת שלאחר הרטבתה היא התכווצה ונמתחה. לאחר מכן ציפו את הבדים בכמה שכבות צבע הכולל צבע מגן נגד UV (קרינה אולטרא-סגולה). מזה שנים רבות מצפים בבדי דקרן. בדים אלו קיימים בעוביים שונים, מותאמים למהירות המטוס, החוזק שנדרש ובהתאם גם משקל הבד. בדי דקרן טובים מאוד למטרה הזאת. מעניין הוא שהבד מאוד בסיסי ולא עובר שום תהליך לאחר אריגתו. בדרך כלל בדי דקרן עוברים אשפחה המייצבת אותם מפני שינויים כמו למשל התכווצות. אך, את ההתכווצות אנו רוצים למטרה שלנו, לכן זה מתאים. בדי הציפוי דיי יקרים! וכי למה צריכים להיות יקרים? אם מדובר בבד בסיסי ללא טיפולים נוספים? והתשובה היא: **תעופה**. ובתעופה הכל יקר. הצבעים והדבקים המאושרים לצביעת מטוסים, גם הם יקרים ושוב, מאותה הסיבה - תעופה. ועוד דבר המייקר מאוד, הם המשלוחים. משלוחי הצבעים, הדבקים, והמדללים השונים, נחשבים חומרים כימיים מסוכנים להטסה ובמשלוח ימי הם יקרים, כי משלוחים קטנים בהובלה ימית יקרים מאוד. בעברי עשיתי מחקרים אישיים ומצאתי, את מה שהביאו לאחר כמה שנים מאמריקה, שאוששו את שלמדתי, שכנראה גם גילו את "הסוד". בשנים האחרונות, עקב המגמה "הירוקה" המסתמנת בעולם, ניתן למצוא צבעים על בסיס מים ולא על בסיס ממיסים כימיים. לצערי, עדיין לא רכשתי את הידע הקשור לצבעים אלו. אם הם טובים, נוחים, עמידים? אין לי תשובה.

I - הדבק:

הדבק לבדי הדקרן, הוא על בסיס PVC והממיס שלו הוא ממיס מס' 222. את אלו אפשר [נכון לשנת 2020] בחברה הנקראת **אדסטק (Ahestick)**, הנמצאת באזור התעשייה בראש העין, המתמחה בייצור דבקים. דבק זה דומה לדבק מגע, אך בגוון לבן חלבי שקוף ולא כמו דבק מגע רגיל צהבהב הבנוי על בסיס גומי. חובה גם לקנות את הממיס שלו [הטינר 222] כי הדבק והממיס, מאוד נדיפים ויש עוד סיבות לרכישת הממיס. הממיס 222 יקר. אך יקר בקנה מידה ישראלי יחסית לעלות החומרים וכמובן שהרבה יותר זול מלייבא מארה"ב.



איור ב.14 - דבק PO-40

II - הצבעים:

הצבעים המוזכרים כאן, מתאימים גם לצביעת מטוסים ממתכות ועצים. הטכניקה קצת שונה, תשתיות הצבע שונות, אך הצבע מאותה משפחת הצבעים. הצבעים הם צבעי רכב בעיקר על בסיס פוליאוריטן. הצבע דו רכיבי. יש הרבה יצרנים, יקרים וזולים יותר. את ההבדלים בין יקרים וזולים, לא תצליחו לראות על האווירון. אולי על כלי רכב בעין מיוחדת אפשר להרגיש, אני ספקן אם תראו הבדלים. עצתי, קנו את הזולים והתעשייתיים.

אז למה הצבעים המאושרים לתעופה יקרים?

כי מישוהו אישר אותם ובתעופה המאושרת הכל יקר. אין בהם כל רכיב אחר ושונה מצבעי רכב. האם הצבעים טובים ואיכותיים? תסתכלו על צבעי הרכבים המקוריים ולא אלו שצבע אותם צבע רכב בתיקון שלעיתים אינו מקצועי. מכוניות שכל חייהן בשמש, לא דוהות ולא מחלידות. כי פוליאוריתן זה חומר מדהים ביכולות שלו והוא זה שמכסה את הרכבים.

III - מגמישים:

לצביעה של משטחים קשים, כמו מתכות, חומרים מרוכבים, או עצים, אין צורך בתוסף מגמיש. הבדים, מעצם טבעם, גמישים ו"מתנועעים" ברוח, אנו צריכים כי לצבע תהיה גמישות המתאימה לגמישות הבד ושלא ייסדק בגללה.

יש לציין כי גם בצביעת פגזים של מכוניות משתמשים במגמישים כדי שלא יסדקו בקלות במגעים. את החומר המגמיש, אנו מערבבים כתוספת של 4-5% מסך הצבע.

IV - חומרי עזר נוספים:

מברשות צבע במידות שונות למריחת הדבק. מגהץ ייעודי או מגהץ ביתי, בעלי תרמוסטט לכיוון טמפר' חובה. טינר 21 לניקוי המברשות, הידיים וכל מה שצריך לנקות. אגב, לאחר מריחת הדבקים, תוכלו לשמר את המברשות בטינר הזה, לקראת שימושים נוספים. נייר לטש לשימוש עם מים. מספרים 250, 400, ו-600. [ראה גם פרק ליטוש הצבע] מדחס אוויר, עם מייבש מים וללא שימון. אקדח צבע.

פן חימום (Heat Gun) הדומה לפן שיער, ורצוי עם כיוון טמפר'. אם אין כזה אפשר פן ללא שליטה בטמפר' אך מומלץ להתאמן טוב כדי לא "לשרוף" את הבד. מסנני צבע קונים מנייר שאפשר למצוא בחנויות הצבעים. מספרי זיג-זג טובים, מספרים רגילים איכותיים וסכין יפני. מסקינג-טייפ וניירות, לכיסוי מקומות אותם רוצים לכסות או לצרכי צביעה של כמה גוונים משולבים.

V - כיסויי בדים וכיוצא:

הבה נתאמן תחילה -

אני ייצרתי כעשר מסגרות עץ ברוחב 20 ס"מ ובאורך כ 30 ס"מ. עם הידע הצבור בכתבה, יספיקו לכם 5-6 מסגרות, אלו לצרכי אימון ולימוד. לימוד ההדבקה, ההתכווצות והצביעה. כן, אפשר להתאמן על חלקי המטוס, אך כמות הבד המבזבזת תהיה גדולה וייתכן אף כי תכוצו יתר המידה ותקלקלו את חלקי המטוס.

אימון מוקדם מאוד מומלץ!!!

את בדי האימון, אתם יכולים להסיר מהמסגרות ע"י חיתוך ולבדוק אם הצבע גמיש מספיק, עבה מספיק והאם הגוון המתקבל מתאים לכם.

הבדים לבנים, מצופים בצבע כסף. אם שכבת הצבע לא מספיק עבה, יתקבל גוון שונה במקצת ממה שהתכוונתם. לכן וודאו כי הגוון מתאים לכם.

כשצבעתי את המטוס הראשון, ע"פ תכנון וגוונים של חבר ומאחר ואני לא צבעתי את צבע הכסף, כי המטוס תמיד בהאנגר, ה UV לא הטריד אותי, קבלתי בקופסת הצבע את הגוון שרציתי ועל המטוס התקבל גוון שהיה משמח את עיניי שכננו בעזה ושכם. זה חייב עוד שכבות להגעת הגוון הרצוי.

ועכשיו, להדבקה -

את הבד חותכים למידה, כאשר משאירים עודפי חפיפה של 30-50 מ"מ. אפשר במספרים ישרים ועדיף עם מספרי הזיג-זג.

ההדבקה על צינורות - עושים ליפוף על רוב הצינור והחלק החיצוני החוזר של הבד צריך לעקוף את הצינור ולחפוף את הצד השני של הבד. במילים אחרות, אנו רוצים שטחי הדבקה די גדולים כמובן שלא בהגזמה. מורחים שכבת דבק על הצינורות או העצים ונותנים לה להתייבש במשך כעשר דקות. אפשר לתת לדבק להתייבש גם הרבה יותר ואפילו מספר ימים. את האזורים בבד שרוצים להדביק גם כן מורחים בשכבת דבק ומייבשים. לאחר שהשטחים מרוחים בדבק ומייבשים, מורחים שוב על שני הצדדים שכבת דבק ומיד מצמידים. הדבק הרטוב, ממס את הדבק בשני הצדדים, לוחצים ומצמידים עם הידיים עד שמרגישים כי התייבש ומחזיק את הבדים במקום. מדי פעם תוך הייבוש, "מלטפים" את אזור ההדבקה, זה עוזר להדבקה ואולי לנו מנטאלית כדי להתאהב באווירון יותר.

אפשרות נוספת - לאחר שהדבק התייבש, מורחים את המדלל עם מברשת בין הבדים ומעל השכבה העליונה. המדלל, מחיה וממס את הדבק ואז לוחצים "ומלטפים" מדי פעם עד לייבוש והדבקה. הבדים לא צריכים להיות מתוחים, אלא מונחים במתיחה חלקית.

יש להישמר שלא יהיו קפלים. אם נוצרו קפלים לא יפים, נמיס שוב את הדבק במדלל 222, נפריד ונניח שוב יפה ללא קמטים. אפשר כמובן להוסיף עוד מריחה של הדבק.

לאחר שהבדים התייבשו, אפשר למרוח עוד שכבת דבק חיצונית. לשכבה הזאת יש מטרה בזמן כיווץ וגיהוץ הבדים.

לאחר שהדבק התייבש, וזה ייקח לפחות 20-30 דקות ורצוי אפילו, קצת יותר. וכשהחלטנו לכוץ, נחמם את המגהץ לחום אותו נקבע בניסויים. חם מדי פוגע בבדים וממיס אותם. קר מדי לא מכווץ מספיק. נסמן על המגהץ, את הנקודה הטובה והמתאימה וממנה אפשר לפעמים להוסיף או להוריד קצת את הטמפר'.

בגיהוץ צריך סבלנות. לחמם לאט ולנוע עם המגהץ הלך ושוב. אל תתפתו לזרז מדי.

הכיווץ :

הבד מתכווץ עד כדי 15% ממידותיו המקוריות, תלוי בבד ובעוביו. תלוי בזמן החימום וחום המגהץ. אנו לא חייבים ולא צריכים לכווץ אותו עד תום יכולתו להתכווץ, אלא רק כדי למתוח את הבד! מתחילים את פעולת הכיווץ [לאחר האימונים וניסיון] במגעים קלים על הבד תוך כדי תנועה. אחת והבד מתוח וללא גלים, יש להפסיק את החימום. זכרו, אפשר לכווץ עוד ועוד, אך המתיחה תלויה במסגרות המחזיקות את הבד. והמסגרות, יתכווצו ויתעוותו אם תכווצו יתר המידה.

אם נחמם ונמשיך לכווץ, נמתח ונכופף את חלקי המטוס. לבד, יכולת למשוך ולכופף במידה שאתם לא יכולים לדמיין, הבד "גיבור וחזק". ראו הוזהרתם, **לא לכווץ יתר המידה!**

בגמר הכיווץ, כדאי לעבור עם המגהץ על מקומות ההדבקה וגם על הצינורות ו/או העצים. גיהוץ, משמעו חימום הדבק. החימום למעשה ממס את הדבק, ומדביק אותו חזק יותר. משטח אותו יפה על הצינורות או על האזור המודבק. הכוונה לגהץ מעל משטחים קשיחים וחיבורי ההדבקות, במיוחד על הזיג-זג. לגהץ אזורים אלו, זה כמו לגהץ את צווארון החולצה עם עמילן.

לא רק שהדבקה חזקה יותר, אלא המגהץ מחליק, מקשה ומשטח את הדבק, מה שמקל לאחר מכן לצביעה חלקה.

בפינות אליהן אנו לא יכולים להגיע עם המגהץ לכיווץ, נשתמש בפן החימום, לצרכי כוץ.

אזהרה! להישמר בשימוש הפן שבעתיים, לא להמיס ולעשות חורים בבדים. זה אומר שמירה על טמפר' ומרחק, שאנו יודעים מניסיונות הלימוד וכל הזמן תנועה סיבובית של הפן, כדי שלא יתרכז חום יתר וימיס. במקומות שצריך סרטי חיזוק נדביק, נייבש ונגהץ. על חיתוכי הזיג-זג נגהץ ונשטח כדי שיראה יפה וחלק.

VI - הצביעה:

ציפינו והדבקנו, כיווצנו ועכשיו לצביעה.

השכבה הראשונה של הצבע, צריכה להתחבר אל הבד. להתחבר ולהידבק. ננקה את הבדים עם טינר 21. לאחר מכן ננקה עם המדלל של הצבע. להיזהר לא להמיס את ההדבקות. אגב טינר 21 גם ממסים את הדבקים, אך אינו טוב כמו ממיס 222. הוא טוב לניקוי מברשות והידיים. יתרונו במחירו הזול יחסית. שכבה ראשונה צריכה להיעשות עם צבע דליל מאוד מדולל במדלל הצבע. כמה דליל? 40-50% צבע ומקשה והיתרה מדלל של הצבע. רצוי שכבה ראשונה למרוח עם מברשת. טכניקה נוספת ולדעתי הטובה יותר להדבקה טובה של הצבע לבד, וזה משמש כשכבת הצבע הראשונה. מדללים את הדבק עם ממיס 222, דילול הדבק שיהיה כמעט כמו מים מעט סמיכים. הברשה עם מברשת על כל שטחי הבדים, כך שהדבק יחדור פנימה לתוך הבד. כשיתאדה המדלל, תהיה לנו שכבה דקה של יסוד שחדר לתוך סיבי הבד. וכן הבד עם שכבת הדבק, לא יהיה חלק למגע. זה טבעי ונכון ולא צריך ללטש.

מה אנו רוצים מהשכבה הראשונה? צבע מדולל, או דבק מדולל. רוצים כי ייספג לתוך הבד. לתוך סיבי הבד ואפילו עד פנימה.

ככול שנעמיק לתוך הבד, אנו מדביקים את הצבע טוב יותר לבד.

שכבה שנייה עם אקדח צבע, שגם היא דלילה במקצת לעומת השכבות הבאות, רצוי לאחר ייבוש חלקי של הצבע הדליל הראשוני. אם הדבק הוא השכבה הראשונה, אין בעיה כי יתייבש לחלוטין. שכבה הצבע תיעשה על פי הוראות דילול הצבע, בצורה היותר דלילה. אלו, גם על מנת לחדור קצת פנימה לבד. כך נאחד את הבד עם שכבת הצבע הראשונה. זה חשוב כנגד קילופי צבע. השכבה הבאה או שתי שכבות ברצף וללא ייבוש סופי ביניהם, כדי ליצור הדבקה טובה בין השכבות, תיעשה עם צבע בגוון כסף. למה? כי בצבעי הכסף יש בדרך כלל אבקות אלומיניום והם יוצרות שכבה אטומה מפני חדירת קרני UV שהן הגורמות להיחלשות הבדים. צבע הכסף יוצר הצללה מפני השמש. אם אין לכם צבע כסף, הבא בתור, למטרת ההצללה, זה צבע בגוון שחור. שחור גם מצליל, אך לא טוב כמו צבע הכסף.

לאחר ייבוש שכבת צבע הכסף, אתם יכולים לעשות הפסקה לייבוש סופי.

לתת ייבוש ארוך של יום או יומיים. או כמובן ייבוש תנור שהוא היותר טוב.

את הכסף לאחר ייבוש ראוי, ולפני השכבה הבאה, נשייף מעט עם נייר מים יחד עם מים וסבון, זה יכול להיות עם נייר מים מספר 400. השייף שובר את שכבת הגלזורה וגורם להדבקת השכבה הבאה בצורה טובה. יש להיזהר לא לשייף יותר מדי במיוחד לא על נקודות בולטות כמו מסמרות, פינות וכל דבר שיכול להישחק מהר מהשכבות הנמוכות. אחרת יהיו חורים בבדים.

השכבה מעל צבע הכסף, תהיה כבר עם הגוון אותו אתם רוצים שיהיה. אך זו שכבת צבע הבנויה מכמה שכבות אחת מעל השנייה, בערך 2-3 שכבות.

שכבת צבע בנויה משלוש עד 5 פעמים מעבר צביעה וכל פעם נותנים קצת לצבע להתייבש. עושים זאת על מנת שלא יהיו נזילות ועל מנת לקבל שכבת צבע מספיק עבה.

זה אומר, כי צובעים ומתקדמים וחוזרים להתחלה 3-5 פעמים, כל זה נעשה כל עוד הצבע לא התקשה סופית. כך מתקבל חיבור טוב בין מספר מעברי הצביעה, האחד על השני.

אם רוצים צבע מאוד חלק, נשקיעה הרבה עבודה.

הצבע צריך שוב להתייבש, להתקשות סופית ואז שוב עם נייר מים מס 600. מחליקים כל גבשושית שעל

השכבות הקודמות, אך נזהרים לא לשייף בליטות ולהימנע מפגיעה בשכבות הקודמות.

שיוף/ליטוש בין השכבות, צריך לעשות את הצבע המבריק, לגוון מט.

עד כאן תהיה זו צביעה בצבע שנקרא ברק ישיר. זה אומר שהפוליאוריתן שהוא שקוף מטבעו, מעורבב עם גוונים.

אם רוצים צבע שיראה עם "עומק" ויפה יותר. השכבות הראשונות לא צריכות להיות עבות. הן צריכות לתת לנו את הגוון הנדרש כמובן לאחר שכבת צבע הכסף שאותו נעשה די עבה. נלטש טוב ויפה את השכבה האחרונה עם נייר מאוד עדין [1000-1200] הצבע יהיה מט וזה בסדר. מאוד ניזהר משיוף הבליטות ואז נצבע בלכה שקופה על אותו בסיס כלומר, לכה פוליאוריטנית. זה אומר צבע ללא פיגמנטים שהוא למעשה שקוף ומבריק. מספר רב של שכבות שקופות יתנו צבע עם "עומק" ויופי מדהימים. שקוף יותר עבה, "עמוק יותר" ויותר יפה. הפוליאוריתן השקוף מכיל חומר המגן מעט נגד קרני UV. ומי שלא יודע, קרני האולטרה ויולט UV הוא האויב הגדול של הצבעים והבדים.

ומה נעשה אם יהיו לנו נזילות בצבע?

לא נורא, אם כי זה גם לא טוב. אבל נתקן.

נדאג שהצבע יתקשה כמה ימים, או בתנור. נשייף את הנזילות עם נייר מים אולי עם כרית גומי קשיחה ונחליק עד שתיעלם הנזילה, או כמעט תעלם. **אך ! זהירות !** לא לשייף את השכבות הקודמות שבסביבת הנזילה. לאחר מכן לצבוע את האזור עם שכבה סופית.

VII - תיקונים:

לתיקון חורים, אנו מלטשים את הצבע סביב החור, ליטוש גס. נייר מס' 400-250. מורחים דבק על המטוס ועל פיסת התיקון. מעט ייבוש, הנחת פיסת התיקון ועוד דבק מלמעלה. ייבוש מלא של ההדבקה וגיהוץ קל. לאחר מכן תיקוני צבע. גם אם עשיתם חור תוך כדי ציפוי המטוס, אפשר לעשות תיקון חור, אם לא רוצים להחליף את כל החלק המצופה. מירב הסיכוי שלאחר תיקון עם פיסה קטנה, זה ייראה מעט. לא נורא, בהתחשב ששטחי המטוס בדרך כלל לא חלקים כמו במכונית וזה נטמע בגוף המטוס.

VIII - ליטוש צבע:

נחלק זאת לשני סוגים.

ליטוש בדים וליטוש מטוס ממתכת או עץ.

שכבת צבע אחת משמעה, מספר מעברים [3-5] על אותו המקום לפני התייבשות סופית.

בליטוש בדים יש להיזהר לא ללטש נקודות גבוהות.

בין שכבות צבע, נבצע ליטוש עדין, אשר מחליק מעט את הבליטות הקטנטנות, אם יש נזילות גם אותן נחליק. הליטוש בעיקרו כדי להעלים את הברק או מה שנקרא שכבת ה"גלזורה". כאשר אנו מלטשים ומעלימים את הברק, למעשה אנו שורטים את הצבע בחריצים קטנטנים ומגדילים את שטח ההדבקה. גם אם נעשה מספר שכבות לכה, בינן נלטש ונחליק את השכבה הקודמת זה יבריק ויחליק את השכבה העליונה יותר.

טיפול סופי לשכבה עליונה וסופית:

הטוב ביותר, אם הצלחנו לצבוע בשכבה הסופית צבע חלק ומבריק. עליו לאחר התייבשות נמרח ווקס ונהנה מהעבודה והמראה שלה.

אך אם לא הצלחנו מספיק בצביעה ויש קצת אבק וקצת זבובונים, אם הצבע נראה יותר מדי גס כמו קליפת תפוז גסה מדי, אנו יכולים לתקן. אבל, גם צבע עם קצת טקסטורה של קליפת תפוז עדינה, נראה יפה. המדובר בצביעת משטחים קשים [לא בדים]. אם שכבות הצבע מספיק עבות, במקום לעשות הכל מהתחלה ואולי קצת להתייאש, אנו יכולים ללטש את הצבע ולהחליקו.

נייר מים עם סבון, מספר 500-600 מלטשים את הצבע. מורידים שכבה קטנה עד להחלקה.

עוד קצת ליטוש עם נייר 1000-1200 וסבון ועוד קצת עם נייר 1500 וסבון. אנו מלטשים את הצבע והוא אינו מבריק, אך חלק מאוד.

עם מלטשת חשמלית איטית ודסקת ספוג, עם פוליש גס מלטשים ומחליקים. להישמר לא ללטש במקום אחד יותר מידי ולא לחמם את מקום הליטוש מהחיכוך. ממשיכים לעוד שכבת ליטוש עם פוליש עדין מאוד. רק אז מתחילים לראות את הברק. כשכבה עליונה מורחים ווקס איכותי והנה יש לכם צבע חלק, מלוטש ומבריק. בעצם אנו מלטשים כמו שמלטשים פרספקס, או פנסי מכוניות דהויים. מחליקים את "הבאגים" בגס, עדין יותר, ועדין מאוד עד שזה מבריק. זו עבודה קשה ומעייפת, אך טובה מלצבוע שוב ושוב.

חדר הצבע עדיף ייעודי עדיף. חדר סגור מאבק חיצוני עם סגירת חלונות, נקי מאבק ורצפה מורטבת עוזרים. אנו צבענו בהאנגר גרוע, פתוח בסביבה חקלאית. הזבובים והברחשים "אהבו" לבא לבקר את הצבע. אך לא יכלו לעזוב את הצבע. לאחר ליטוש, ולמרות זאת, יצאנו די בסדר. בשעות בוקר מוקדמות, יש פחות אבק.

כדאי לדעת - משטחים שוכבים (אופקיים) נוחים לצביעה ממשטחים אנכיים. את הכנפיים, רצוי לצבוע כל צד בנפרד כשהוא פונה כלפי מעלה. אם אפשר לסובב את גוף המטוס, גם יעזור ליופי הסופי. ולבסוף, אחרי בניית מטוס, שתהיה טובה ומקצועית ככל שתהיה, המטוס יחשב על ידי אחרים כמטוס טוב ובטוח, רק אם יראה יפה. צבע לא יפה, יעשה מעבודתכם גרוטאה "שלא טסה טוב".

צבע יפה ומבריק, יעשה את המטוס יצירת אומנות שטסה מצוין בשמים.

אך לזה צריך להשקיע : לימוד, ניסיונות וזמן.

עמוד זה הושאר ריק בכוונה

חלק שלישי - טיסות המבחן

פרק א - מידע טכני כללי

1. שלבי טיסות המבחן

לאחר סיום בניית המטוס, על כל שלביו, הגיע זמן לצאת לטיסות המבחן. בעולם מקובל, כי מטוס ניסיוני - אקספרימנטלי, הבנוי ע"י חובב, נשאר אקספרימנטלי לכל משך חייו. אולם, בשלב ראשון, על המטוס לעמוד בסדרת טיסות מבחן, אשר יוכיחו את אמינות בנייתו ועמידתו בכל פרופילי הטיסה אליהם נועד. לכן, קיימים שני שלבים של טיסות המבחן:

שלב א (Phase I) שבו על בונה המטוס להוכיח כי המטוס בר שליטה ובטוח לנוסעים בו ולמי

שנמצא על הקרקע. וכי המטוס יכול לעמוד בכל התמרונים אליהם ייחשף במהלך חייו.

שלב א של ניסויי הטיסה ייעשה עפ"י תכנית ניסויי טיסה, המגדירה מה ייבדק בכל טיסה (וזאת עפ"י תכנית טיסות הניסוי) כאשר התקדמות משלב לשלב יכולה להיעשות רק לאחר תיקון כל תקלה או פגם שנתגלה בשלב הטיסה הקודם.

לצורך כך, תוכנית טיסות הניסוי כתובה בצורה של משימות לפי טיסות ולאחר ביצוע כל טיסה, יש למלא דו"ח המאשר מילוי כל פרטי המשימה - ובהצלחה. במקרה שהתגלתה תקלה כלשהי, יש לתקנה לפני ביצוע הטיסה הבאה.

משך שלב א של טיסות הניסוי הוא מינימום ארבעים (40) שעות אם המנוע ו/או המדחף אינם תעופתיים (אין להם תעודת סוג TSO) אך, יכול להימשך רק עשרים וחמש (25) שעות אם גם המנוע וגם המדחף הם תעופתיים (TSO'd).

יש לציין בהקשר זה, כי מנוע או מדחף תעופתיים שהורכבו על מטוס ניסיוני - החל ברגע בו הורכבו, כבר אינם נחשבים "תעופתיים"! אם רוצים להסירם מהמטוס ולהרכיבם ע"ג מטוס מרושין (TC), יש לפרקם ולהעבירם תהליך "אוברול".

המלצות לגבי ביצוע טיסות המבחן, שלביהן, מה לבדוק בכל טיסה וההכנות הנדרשות, לפני ובזמן התהליך, ניתן למצוא המסמך של ה-FAA:

AC 90-89 - Amateur-Built Aircraft and Ultralight Flight Testing Handbook

השלב השני, **שלב ב (Phase II)** הוא השלב בחיי המטוס, שבו הוא כבר כשיר לטיסה ומתפקד ככל מטוס תקני אחר, אלא עם מספר מגבלות ויתרונות (יש לציין כי המסמך AP 1.4.050A של רת"א, אינו מתייחס כלל לתקופת טיסות **PASE II** ! ונראה כי מתוך כך עולה המסקנה כי רת"א אינה מתייחסת אל המטוס, בתקופת חייו **Pase II**, כאל מטוס הממשיך להיות "מטוס ניסיוני").

ראשית, זהו מטוס שכל שימוש מסחרי בו אסור. כלומר, אין לקחת נוסעים בתמורה כספית, אין להוביל בו מטענים בצורה מסחרית ואין להשתמש בו בכל שימוש מסחרי (כולל צילומים, פרסומות וכד'). אף, יחד עם המגבלות יש לו שני יתרונות בולטים: הראשון הוא נשאר מטוס "ניסיוני" בהגדרה, כלומר מותר לבצע בו כל מיני ניסויים הקשורים בטכנולוגיות תעופתיות, ביצועי טיסה, מכשור ואוויוניקה וכד'. והיתרון השני - לבונה המטוס נתונה הזכות לתחזק, לבצע בו החזרה לכשירות (שיפוץ) ולהכניס בו שינויים. כמו כן, הבונה רשאי לבצע בו את הביקורות התקופתיות (כולל ביקורת שנתית!).

לצד, כל נושא התפעול והתחזוקה של המטוס לאחר סיום שלבי הבנייה, אינו מנוהל בישראל כמו בכל העולם - ולרת"א הפתרונים.

פרק ב - ביצוע טיסות המבחן

1. טיסות המבחן שלב א (Phase I) - בישראל

עם סיום הבנייה הבונה (או הבונים) יזמין את נציגי רת"א לערוך ביקורת ראשונית לשם הוצאת תעודת כושר טיסה זמנית - שלב טיסות הניסוי (רשימה מפורטת יותר ניתן לראות בהוראת רת"א AP 1.4.050A בסעיפים 6.6 ו-6.7)

לצורך כך, יש למלא שני טפסים בסיסיים: **טופס 103 - בקשה לתעודת כושר טיסה מיוחדת וטופס 104 - כושר אווירי** - בדיקה ודיווח וכן לשלוח מייל ובו בקשה להוצאת ת' כושר טיסה.

בנוסף לאלו, הבונה יפנה לרת"א לקבל "אסמכתאות" לתשלום אגרת הוצאת ת' כושר טיסה.

מסמכים להגשה לרת"א – ביחד עם ובנוסף לטפסים 103 ו-104, יש להגיש למח' הנדסה של אגף כושר אווירי, את המסמכים הבאים:

I. ספר המטוס - POH – Pilot Operating Handbook (בשלב זה, מדובר בטייטא ראשונית לפני שהוכנסו בה נתוני המטוס, שייבדקו במהלך שלב א' של טיסות הניסוי).

מאד מומלץ להכניס בספר המטוס פסקה המציינת ומפרטת את כל החומרים המתכלים, סוג ומק"ט יצרן ומרווח שעות להחלפה. רישום זה יחסוך, בהמשך, ריצות לחפש איזה נוזל בלמים, שמן מנוע, צמיגים וכד'.

הערה:

יש לשים לב לכתוב במגבלות, רק את מה שבאמת צריך ואתם חושבים, שחיוני ובטיחותי. אך בפרוט פשוט ומועט. שום דבר מיותר לא לכתוב!

למשל, אם היצרן הגדיר משקל מרבי מסוים, ואתם תיזדרשו למשקל גבוה יותר, תוכלו להעלות בעוד 5% ללא כל חשש! אבל, אם מדובר במטוס אווירובטי, יש לרשום את המשקל המרבי לתרגול אווירובטיקה כמשקל המרבי שהיצרן קבע – הסיבה לכך היא, כי המטוס תוכנן למשקל מרבי להמראה בתנאי קיצון. בתפעול רגיל, תוספת של 5% אינה משמעותית ונכנסת בתוך שיקולי התכנון של המתכנן. אולם, בחישובי מגבלות ה-ג"י נלקח בחשבון המשקל המרבי שהוגדר ע"י היצרן.

II. ספר התחזוקה – זהו סט מסמכים הכולל: מערך בדיקות לפי הפירוט – בדיקה יומית, ביקורת 50 שעות,

ביקורת 100 שעות וביקורת שנתית (מאחר ובפרקטיקה, מטוסי GA בישראל, בדרך כלל, לא עוברים את צבירת 100 שעות שנתיות, בפועל, ביקורת 100 תהיה זהה לביקורת השנתית).

הערה:

כמו בספר המטוס, כך גם בספר התחזוקה. אל תנדבו אינפורמציה שעלולה להכניס אתכם להגבלות שלא תרצו בהמשך. למשל, אל תציינו את מספר השעות המרבי של המנוע, אלא, תציינו כי פעולות התחזוקה של המנוע הן "עפ"י מצב" (On Condition) בכך, תימנעו מהאפשרות שרת"א תחייב אתכם להחליף מנוע בתום מספר השעות שקצב יצרן המנוע – בדרך כלל מדובר בהמלצה ולא דרישה מנדטורית!!! זכרו כי לאחר שרת"א אישרו את המסמכים שהגשם, כל עוד לא יצא מכתב שירות (Service Bulletin) מטעם יצרן הקיט, המבטל סעיף הרשום בתיעוד שלכם, הרי רת"א אינם רשאים לדרוש דרישות משלהם.

בכל אחד ממסמכי הביקורות, תהיה שורה לכל בדיקה ובתחילתה או בסופה יהיה מקום לסימון ✓ (בוצע) ולידו מקום לחתימה בראשי תיבות של המבצע.

בתחילת המסמך תבוא **הכותרת** (איזה סוג ביקורת), תאריך הביצוע, שם/ות המבצעים ומקום לזיהוי חתימה של המבצעים. כן יהיה מקום לרישום אות הקריאה של המטוס (4X-Oxx), מספרו הסידורי וסוג המטוס.

במערך ביקורת 100/שנתית, המסמך יהיה מחולק לפי נושאים: מנוע + פרופלר, תא הטייס, גוף, כנפיים וכו' ובכל נושא יהיה פירוט של הבדיקות כאמור למעלה.

III. לוג-בוק הבנייה – מומלץ בפורמט אקסל, במסמך זה יתועד תהליך הבנייה – בכל שורה יהיה תאריך העבודה, הנושא עליו עובדים, רישום שעות העבודה שהושקעו וע"י מי (מי עבד על החלק) וכן האם העבודה בוצעה עפ"י הנחיית יצרן הקיט (או מתכנן המטוס), או שהוכנסו שינויים. אם היה ביקור של יועץ טכני (ניתן), מותר ואפילו רצוי, להיוועץ בבונים שכבר בנו מטוס או מטוסים בבנייה עצמית והבקיאיים בחומר), גם שמו צריך להופיע וחתימתו. ליד כל שורה מומלץ להכניס צילום של הפריט עליו נעשתה העבודה. אם היו מספר שלבים בעבודה, מומלץ לצלם כל שלב.

מעבר לדרישה החוקית של הגשת לוג-בוק הבנייה עם הפירוט שציינתי, יש חשיבות לנ"ל לצורך תחזוקה עתידית.

IV. דו"ח משקל ואיזון – יש לצרף מסמך זה, שגם חייב להימצא במטוס במהלך כל טיסותיו. מומלץ להכין את הדו"ח הנ"ל, כקובץ אקסל דינאמי, שיאפשר להכניס נתונים משתנים (כמות הדלק, משקל הטייס/ים ומשקל המטען וכל זאת יאפשר קבלת תוצאה: האם אין חריגה מהמשקל המרבי המותר והאם אין חריגה מגבולות שינוי מרכז הכובד (מומלץ לאפשר לתוכנית הנ"ל לבצע חישוב גם של מיקום מרכז הכובד בתום הטיסה – כלומר, כאשר הדלק התרוקן במיכלים).

הפעולה הראשונה, שיש לעשות לפני ביצוע שלבי הוצעת ת' כושר טיסה, הוא שקילת המטוס והפקת טבלה המסכמת את תהליך ביצוע השקילה.

הדרך הפשוטה והנוחה ביותר להפיק את הטבלה, היא להשתמש בתוכנת אקסל שבה יוזנו הנתונים והחישובים החשבוניים, בקלות רבה הסר על הטבלה יובא בהמשך.

תהליך השקילה (טבלה ב.1) - את השקילה, רת"א, בוודאי ירצו, שתעשו באמצעות מכשיר מוסמך, מכויל וע"י "בעל מקצוע" טכנאי בדק מטוסים. וזאת, למרות שאין כל דרישה חוקית כי השקילה תעשה באופן שכזה וזכות הבונה להשתמש במאזניים המסוגלות לבצע את השקילה (מבחינת כושר השקילה שלהן) אבל, חשוב לציין כי מכיוון שמדובר בעניין בטיחותי, יש להשתמש במאזניים מדויקות ואמינות..

אם השקילה נעשית באמצעות מכשיר תקני, תוצאת השקילה כבר תפיק את המשקלים על כל אחד הגלגלים ואת סה"כ המשקל הכולל של המטוס.

כאמור, השקילה יכולה להיעשות גם ע"י הבונה באמצעות מאזניים מדויקות, שאפשר "לסמוך על דיוקן". במהלך השקילה, המטוס חייב להימצא בזווית אורכית (ציר אורך המטוס ביחס לאופק) = אפס. כלומר, המטוס מאוזן לאורכו.

ע"מ לקיים נתאי זה, יש להכין "מגבהים" לגלגלים שאינם נמצאים ע"ג המאזניים.

מבצעים שקילה לגלגל (שמאל, למשל) ולגלגל ימין ולגלגל השלישי (קדמי או אחורי) שמים את המגבהים שגובהם כזה, שישמרו את המטוס מאוזן. רושמים את המשקל הנמדד של גלגל **שמאל** בתא **D15** בטבלה שבהמשך. מעבירים את המאזניים לגלגל ימין ואת המגבה של גלגל שמאל, מעבירים לגלגל **ימין**. רושמים את תוצאת המדידה בתא **D14** בטבלה. מעבירים את המאזניים **לגלגל השלישי** ושמים מגבה לגלגל שמאל.

רושמים את תוצאת המדידה בתא **D16**. (נאמר כאן "הגלגל השלישי" והכוונה כי זה יכול להיות גלגל אף או

גלגל זנב. אם מדובר בגלגל זנב, סביר להניח כי יהיה צורך להכין מגבה גבוה עבור גלגל הזנב - ואחר כך עבור המאזנים, ע"מ לשמור על איזונו האורכי של המטוס).

בטבלה ב.1 שלהלן יובאו הפרטים על שקילת המטוס. מציאת מרכז הכובד של המטוס הריק ומשקלו הכולל, כשהוא ריק.

כאשר מדברים על מטוס "ריק" הכוונה למטוס המכיל: שמן במנוע בכמות סטנדרטית, דלק "לא שימושי" במיכלי הדלק והוא ריק מכל ציוד ומטען שאינו מחובר באופן קבוע למטוס.

להלן הסבר על הטבלה:

בראש הטבלה מופיעה הכותרת ונתוני שיטת השקילה: פרטי המטוס - אות קריאה, מס' סידורי וסוג המטוס. כן יופיעו, זיהוי המכשיר וה"פג תוקף" שלו, המבצעים, תאריך ביצוע השקילה ומועד פקיעת תוקפה (פעם בשלוש שנים) וכן מיקום ביצוע השקילה.

יש להגדיר את נקודת הייחוס (Datum) של כל זרועות המומנטים שיחושבו בהמשך. הייחוס עבור זרועות המומנטים יכול להיבחר בכל נקודה שהיא, אך נקודה זו חייבת לשמש נקודת ייחוס עבור כל החישובים. בעצם, מדובר ב"קו דמיוני" הניצב לציר האורך של המטוס ומקביל לקרקע.

סביר להניח כי יצרן הקיט (אם מדובר בקיט) כבר הגדיר את ה-Datum של המטוס, והוא גם מספק את נקודות הייחוס ("זרועות") למושב הטייס והנוסעים, לתא/י המטען ולמיכל/י הדלק. ולהלן הסבר על תכולת תאי הטבלה:

מס סד	כתובת התא	תכולת התא
1	C6	סוג המטוס
2	C7	מס' סידורי של המטוס
3	C8	אות הקריאה של המטוס
4	G6	תאריך ביצוע השקילה
5	U6	פג תוקף השקילה
6	G7	מיקום ביצוע השקילה
7	G8 + G9	שמות מבצעי השקילה
8	C11	שם יצרן מכשיר השקילה
9	E11	דגם מכשיר השקילה
10	G11	מס' סידורי של מכשיר השקילה
11	U11	תאריך פג תוקף של כיול מכשיר השקילה
12	D14,15,16	תוצאות השקילה של שלושת הגלגלים
13	D17	סה"כ משקלו הריק של המטוס
14	E14,15,16	אורכי הזרועות של שלושת הגלגלים (מרחק מה-Datum) - ניתן באינצ'ים
15	F14	$D14 \times E14$ = המומנט של גלגל ימין
16	F15	$D15 \times E15$ = המומנט של גלגל שמאל
17	F16	$D16 \times E16$ = המומנט של הגלגל השלישי
18	F17	$F14 + F15 + F16$ = ס"כ המומנטים
19	E18	$F17/D17$ = מרכז הכובד של המטוס הריק (ישמש למציאת משקל ואיזון של המטוס)
20	(D,E&F)18	גבולות מרכז הכובד שהוגדרו ע"י יצרן הקיט.

טבלת אקסל זאת תודפס ותישמר במטוס בסמוך לתעודת כושר הטיסה ורישיון הרדיו.

	B	C	D	E	F	G	H	U
3	Empty Weight & CoG calculation A/C Vans' RRV8a Model: 80xxx S/N: 80xxx Call Sign: 4X-Oxx Date: DD/MM/YYYY Location: Airfield name Performed by: Name #1 - Primary Builder Name #2 - Primary Builder Valid Through: DD/MM/YYYY							
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13	Weighting Instrument: Mfr.		Model: model	S/N: nnnn	Calibration Valid Through: DD/MM/YYYY			
14			Weight (lbs)	Arm (inch after Datum)	Moment			
15	Right Wheel:		416	94.06	39128.96			
16	Left Wheel:		434	94.06	40822.04			
17	Nose Wheel:		290	34.55	10019.5			
18	Total:		1140		89970.5			
19	CoG:			78.92				
20	CoG Limits:		Forward: 78.7		Backward: 86.82			
21								

טבלה ב.1 - טבלת שקילת המטוס

V. תוכנית טיסות הניסוי - (ראה בפרק ה' של הספר) ומסמך ריכוז תוצאות טיסות הניסוי.

כל הנ"ל יוגש למח' הנדסה כעותק Soft Copy ע"ג CD או כל אמצעי מדיה נייד אחר. לאחר מלוי הטפסים ותשלום האגרה יש לשלוח את הטפסים בדואר אלקטרוני לאגף כושר אווירי בר"א ולזמן את נציגיה לביצוע הביקורת (כמובן שניתן למסור ידנית את החומר). נציגי רת"א יגיעו למקום בו נמצא המטוס (כאמור, יש לתאם איתם מועד הביקור, לפחות שבועיים מראש), יערכו את הביקורת (לפעמים, רת"א דורשת גם ביצוע בדיקת אוויוניקה ביחד עם ביצוע הבדיקה להוצאת ת' כושר הטיסה), יעירו את הערותיהם - והיה ונמצאו ליקויים, רת"א תוציא מכתב ובו יצוינו כל הליקויים והבונה יתבקש לתקנם ולשלוח אישור לביצועם (מומלץ לצלם ולצרף את הצילומים למכתב אישור ביצוע התיקונים. גם אם לא תמיד נדרש - לא יזיק שיעשה). לאחר מספר ימים, רת"א תזמין את הבונה לבוא ולקחת את התעודה.

הערה:

לא תמיד, נציגי רת"א, שבאים לבדוק את המטוס, מכירים את החומר הטכני לעומקו ולכן הם בודקים דברים "שוליים" כמו, למשל, שילוט, והימצאות תיק עזרה ראשונה וניירת. לכן, כדאי להקפיד שלא לתת להם סיבות לעיכוב הוצאת התעודה.

כאשר נרכשו מכשירי הקשר של המטוס, הוצא להם רישיון ע"י הדאר. הרישיון שניתן למכשיר הרדיו הוא גם בסיס לרישיון היבוא למכשיר הרדיו והוא ישמש בסיס ל"רישיון לתחנת אלחוט" שינתן למטוס ביחד עם תעודת כושר הטיסה.

ת' כושר הטיסה ניתנת בשני עותקים, כאשר אליהם מצורף רישיון לתחנת אלחוט ודף הגבלות (הנראות לרת"א, כנחוצות).

תעודת כושר הטיסה, רישיון הרדיו, תעודת השקילה ומשקל ואיזון ודף ההגבלות חייבים להימצא בכל עת במטוס.

המלצתי - לניילן את המסמכים, באופן שישמור עליהם מפני שחיקה והתיישנות. ת' כושר הטיסה ניתנת לפעמים, למשך זמן של כמה חודשים או עד שנה (לפי ראות עיניו ומצב רוחו של הפקיד) ואם לא הסתיימו טיסות שלב א' יש להגיש בקשה להארכת תוקף התעודה להמשך טיסות הניסוי ובדרך כלל, ללא תשלום.

2. בדיקת מכשירי לחץ (מד מהירות, מד גובה ומד שיעור נסיקה)

עוד טרם ביצוע טיסות הניסוי, מאוד מומלץ לוודא תקינות וכיול מכשירי הוואקום - מד מהירות, מד גובה ומד שיעור נסיקה.

שלושת אלו, הם מכשירים הניזונים ממידע המגיע אליהם מצינור הפיטו ומפתחי לחץ האוויר הסטאטי. דבר זה נכון גם לגבי מכשירים אנלוגיים ("קיטור") וגם למכשירים אלקטרוניים. אם בצנרת הנ"ל תהיינה זליגות, תתקבל קריאה לא נכונה של המהירות, של הגובה ושל שיעור הטיפוס/שקיעה. ברוב מכוני הבדק, משתמשים במכשיר כיול אלקטרוני, אשר, הוא בעצמו, עובר תהליך כיול. שיטה זו נקראת "כיול ממקור משני" ודיוקה תלוי בדיוק ובאמינות מכשיר הבדיקה. אני יוצא מתוך הנחה כי טכנאי בדק מטוסים בעל הגדר אוויוניקה, יודא כי הציוד שברשותו אכן תקין ומכויל. אבל, הזמנתו למטוס כרוכה בתשלום וגם זה, עדיין לא מבטיח מאה אחוז אמינות בביצוע הבדיקה ודיוקה. אני מציע כאן שיטת בדיקת זליגות וכיול הנקראת "בדיקה ראשונית" והיא אינה תלויה כלל בדיוק של ציוד הכיול ובאמינותו. כל שנדרש הוא צינור פלסטי שקוף באורך של כשנים וחצי מטר ומטר בעל רזולוציה של מילימטרים - וקצת מים צבועים (אפשר לקחת טיפת דיו צבעוני ולטפטף לתוך כלי המים ממנו ימזגו המים לבדיקה. שתיים שלוש טיפות למיכל של חצי ליטר יספיקו לצביעת המים ולא ישנו את תכונותיהם הפיזיקאליות של המים).

הבדיקה מבוססת על העיקרון של מדידת גובה עמוד מים המשפיע על לחץ האוויר בכניסת המדידה של המכשיר הנבדק: במד גובה ובמד שיעור נסיקה, בפתח כניסת אוויר הסטאטי ובמד המהירות, בפתח כניסת לחץ הפיטו. יש לציין כי הבדיקה אינה מושפעת מגובה המקום בו היא מתבצעת, מעל פני הים. באיור הבא, איור ב.1 נראית מערכת הבדיקה - מד גובה או מד שיעור נסיקה, אל הפתח הסטאטי שלו מחברים את צידו האחד של הצינור השקוף לאחר שמולאו בו מים באורך של כמטר וחצי. מתחילים את הבדיקה כאשר הצינור נראה כאומגה הפוכה אשר גובה המים בשני צידיה שווה. מתחילים להוריד את צד העמודה שאינו מחובר למכשיר הנבדק ומודדים את גובה ההפרש של פני המים בין שני צידי הצינור. ההפרש הוא גובה עמוד המים. הטבלה ב.2 מראה את הקשר שבין אורך עמוד המים לבין הגובה אותו צריך להראות מד הגובה. יש לחזור על המדידה עבור כל הגבהים המופיעים בטבלה, אשר רלוונטיים לגבהים בהם המטוס צפוי לטוס. הסטייה המותרת היא 15 רגל.

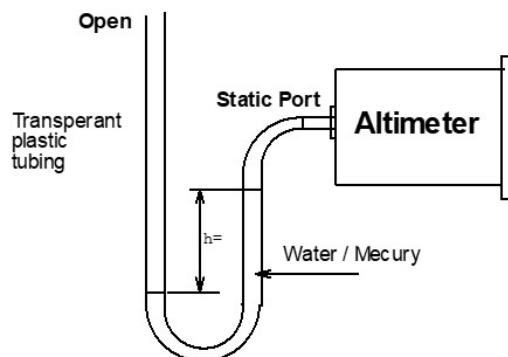
אם מתקבלת סטייה גדולה מהמותרת, יש לבצע את הבדיקה ע"י בעל רישיון טכנאי בדק מטוסים בעל הגדר אוויוניקה. רק לאחר אישור כי המכשיר תקין ניתן יהיה "לסמן V" על תקינותו ולהמשיך לבדיקת הזליגה.

בדיקת מד המהירות נעשית באופן דומה, אלא, שאת הצינור מחברים לכניסת לחץ הפיטו של המכשיר וגובה עמוד המים יימדד כהפרש שבין הצד שאינו מחובר למכשיר הנבדק, של הצינור לצידו המחובר לצד המחובר למכשיר הנבדק.

ראה איור ב.2 וטבלה ב.3.

Altitude Calibration Table

Altitude (ft)	pressure (psi)	Water column (inch)	Water Column (mm)
0	14.7	0.00	0.0
200	14.59	-3.06	-77.6
500	14.43	-7.50	-190.5
700	14.33	-10.28	-261.1
1000	14.16	-15.00	-381.0
1200	14.07	-17.50	-444.5
1500	13.91	-21.94	-557.4
1700	13.82	-24.44	-620.9
2000	13.66	-28.89	-733.8
2500	13.41	-35.83	-910.2
3000	13.17	-42.50	-1079.5
3500	12.93	-49.17	-1248.8
4000	12.69	-55.83	-1418.2
4500	12.46	-62.22	-1580.4
5000	12.23	-68.61	-1742.7
6000	11.78	-81.11	-2060.2
7000	11.34	-93.33	-2370.7
8000	10.91	-105.28	-2674.1
9000	10.5	-116.67	-2963.3
10000	10.1	-127.78	-3245.6
15000	8.3	-177.78	-4515.6
20000	6.76	-220.56	-5602.1

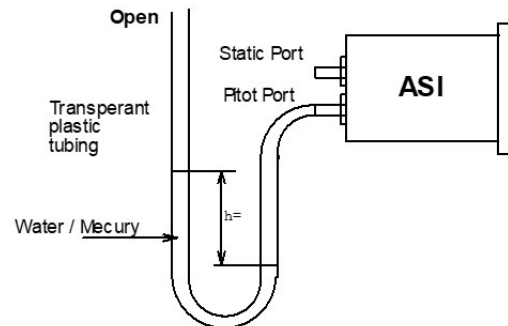


איור ב.1 - מערכת בדיקת מד גובה

טבלה ב.2 - טבלת כיול מד גובה

Airspeed Calibration Table

Airspeed (mph)	Airspeed (knots)	Water Column (mm)	Water Column (inch)
50	43.4	41.4	1.63
60	52.1	59.7	2.35
70	60.8	81.5	3.21
80	69.5	106.4	4.19
90	78.2	134.9	5.31
100	86.9	166.6	6.56
110	95.6	201.9	7.95
120	104.3	240.8	9.48
130	113.0	283.0	11.14
140	121.7	328.7	12.94
150	130.3	377.7	14.87
160	139.0	430.5	16.95
170	147.7	486.9	19.17
180	156.4	547.1	21.54
190	165.1	610.9	24.05
200	173.8	678.4	26.71
210	182.5	749.6	29.51
220	191.2	824.7	32.47



איור ב.2 - מערכת בדיקת מד מהירות

טבלה ב.3 - טבלת כיול מד מהירות

בדיקת זליגה

לאחר שהמכשירים נמצאו תקינים ומכוילים, נעבור לבדיקת זליגה. בדיקת הזליגה נעשית באופן דומה לבדיקת הכיול, אלא, שבמקום לחבר לפתחי המדידה של המכשירים עצמם, מחברים את מערכת הכיול - עבור מדידת צנרת האוויר הסטאטי לפתח כניסת הלחץ הסטאטי (כאש אוטמים את הפתח השני - יש לוודא אטימה מוחלטת) ובדיקת הזליגה של לחץ הפיטו נעשית כאשר מחברים את צד הצינור שקודם חובר למכשיר הנבדק, לצינור המוביל את לחץ הפיטו מצינור הפיטו אל מד המהירות. מנתקים את צינור הלחץ מצינור הפיטו ובאמצעות "ניפל" מחברים את צינור הבדיקה לצינור הלחץ. הבדיקה נעשית באופן הבא:

- I. מד גובה. מכוונים את אורך עמוד המים שיתאים לגובה של בערך 5000 רגל. ומחזיקים את מערכת המדידה למשך חמש דקות. תוצאת בדיקה תקינה תהיה אם קריאת מד הגובה לא תשתנה ביותר מאשר 50 רגל.
- II. מד מהירות. מבצעים את אותה מתכונת בדיקה למד המהירות להצגת מהירות של בערך 75% מהמהירות המכסימאלית של המטוס. מחזיקים את מערכת המדידה למשך חמש דקות וקריאת המכשיר לא תשתנה ביותר מחמישה קשרים.

כמובן, **בתום הבדיקות, יש לזכור לפתוח את הפתח השני של כניסת לחץ האוויר הסטאטי בתום בדיקת הזליגה של מד הגובה ולחבר את צינור הלחץ לצינור הפיטו בתום בדיקת צינור לחץ הפיטו.**

3. הדרישות לטייס הניסוי

טיסות הניסוי שלב א' ייערכו ע"י טייס העונה לנאמר בתקנה 211א, שלהלן (ראה סעיף 6.10 בהוראה AP 1.4.050A):

תקנות הטייס (רשיונות לעובדי טייס), תשמ"א - 1981:

211א. טייס כשיר לבצע טיסות ניסוי על כלי הטייס שבנה חובב כאמור בתקנות הטייס (נוהלי תיעוד כלי טייס וחלקיהם), תשל"ז - 1977, אם הוכיח כל אלה:

- (1) הוא השתתף באופן פעיל בבניית כלי הטיס;
- (2) הוא בעל ידע מקצועי והכרה של כלי הטייס, מגבלותיו, תכונותיו וביצועיו;
- (3) הוא מחזיק ברישיון טייס תקף ובו הגדרי סוג דומים לכלי הטייס שבנה;
- (4) הוא בעל ניסיון של 50 שעות טיסה לפחות כטייס מפקד בכלי טייס מסוג דומה;
- (5) הוא בעל מיומנות בטיסה והוכיח בפני בוחן את יכולתו בביצועים וברמת כלי טייס דומה, אלא אם כן ביצע מבחן רמה תוך תשעים הימים שקדמו לטיסת הניסוי.

דף זה הושאר ריק בכוונה

4. מהלך ביצוע טיסות המבחן שלב א (Phase I)

להלן, מוגשת המלצה לתוכנית ביצוע טיסות המבחן שלב א'. תכנית זאת מבוססת על AC90-89 והיא בוצעה למטוס 4X-OAA (וואנס RV8A). המספרים (מהירויות, משקלים וכד') המובאים הטבלה, מתאימים למטוס RV8A של וואנס. לכל מטוס עליו מבוצעות טיסות המבחן שלב א', יש להתאימם עפ"י המלצות יצרן המטוס הספציפי. (כאמור, זוהי המלצה בלבד ומומלץ להשתמש בה כ"מסגרת" אשר את תוכנה יש להתאים לסוג המטוס).

תכנית טיסות ניסוי שלב I

(גרסה א-1)

בהתאם להוראת רת"א AP 1.4.050A ובהסתמך על AC90-89

דגם המטוס: xxxx

אות קריאה: 4X-Oxx

מס' סידורי: hhhhh

הערות:

השלב האחרון בתהליך בניית מטוס הוא בדיקה יסודית ומקיפה הן של המטוס והן של הטייס ע"מ לוודא כי כל מה שניתן, נעשה ע"מ להבטיח את כושרו של המטוס – לטוס. ובהמשך, תכנון נכון ומפורט ומאורגן של שלב טיסות הניסוי.

מטוס ה-RV הוא מטוס שתוכנן ע"י אנשי מקצוע וכושר הטיסה שלו כבר הוכח בלמעלה מעשרת אלפים מטוסים טסים ומאות אלפי שעות טיסה שנצברו. יחד עם זאת, תמיד קיימת האפשרות "שמשוהו ישתבש" ועל טייס הניסוי להיות מוכן לכל התנהגות לא נורמאלית של המטוס.

כל טיסה מתחילה בתכנון והכנות אשר כוללות את תוכנית הטיסה ופירוט המשימות שיש לבצע באותה הטיסה. עם גמר הטיסה ייערך תחקיר ובו ינותחו התוצאות ויירשם דו"ח טיסה במסמך "דו"ח ביצוע טיסות הניסוי".

מומלץ להכין "דפית טיסת מבחן" לכל טיסה, בה יפורטו המשימות לביצוע באותה הטיסה וכן יהיה מקום לרישום הערות או ערכים נמדדים.

שים לב! אין להתחיל ביצוע טיסה נוספת לפני שכל הדרוש תיקון ו/או שינוי בהתאם לטיסה הקודמת – תוקן!

יש לבצע את טיסות הניסוי מעל הים ו/או אזורים בלתי מיושבים. אם נדרשת טיסה מעבר למגבלות דרישות התעבורה, יש לידע את הבקרה ולתאם איתם את ביצוע הטיסה.

הטבלה שבהמשך, מאד מפורטת. מאד אפשרי כי חלק מהנאמר בה יהיה לא רלוונטי למטוס הנבנה. אולם, יש לזכור, כי, ככל שטיסות המבחן תהיינה מקיפות יותר, ניתן

יהיה להשיג מידע רב יותר על המטוס והתנהגותו ומידע זה ישמש, כאמור עבור ספר המטוס - POH.

עפ"י התקנות, אין לקחת נוסע במהלך ביצוע טיסות המבחן. אולם, לביצוע מספר משימות נדרש אדם נוסף שיתלווה לטייס הניסוי (רישום נתונים וכיול מערכות עזר), במקרים אלו, בהתאם ועל-פי הנדרש במערך טיסות הניסוי, ניתן יהיה לקחת אדם נוסף.

בכל מקרה, אין בביצוע טיסות אלו משום הכשרת ו/או הדרכת אדם נוסף על המטוס.

זכור! ככל שתבצע את הנאמר בטבלה הבאה, יהיה יותר מידע בידך על מטוסך ומידע זה כדאי שישמר בספר הטייס (POH). ייתכן כי חלק מהנאמר בטבלה לא יהיה רלוונטי לאז"מים.

טיסה מס'	משך הטיסה	הכנות נדרשות לפני הטיסה	משימה	זמן מצטבר	הערות												
0	0	1. SB & ADs – לפני התחלת ביצוע טיסות הניסוי, יש ללמוד את כל ה-ISBs ה-Ads שהוצאו ע"י יצרן הקיט ולוודא ביצעם במטוס. 2. צוות ליווי ותמיכה – בנוסף לטייס מבצע הטיסה יימצאו בשדה, בסמוך למטוס: אדם נוסף עם מטף כיבוי אש ואדם אחד מצוייד במצלמה 3. הטייס – ילמד את מערך טיסות הניסוי, יכיר את המטוס על מערכותיו השונות, יכיר את נוהלי הטיסה הרגילים ונוהלי החירום האופייניים לסוג המטוס, יכין את הציוד האישי הנדרש לביצוע הטיסות (לבוש מתאים, פד ברך ומומלץ גם מצנח וקסדה לביצוע טיסה ראשונה) 4. מגדל הפיקוח – יידע על סוג הטיסה – טיסת ניסוי ראשונה. 5. מטוס מלווה – מומלץ להכין מטוס מלווה עם טייס שיקבל תדריך על אופי הטיסות שעומדות להתבצע ומהות תפקידו כטייס מלווה לעזור לטייס הניסוי, אם נדרש, לקבל מידע למהירויות וגבהים. 6. מזג אוויר – יש לבחור ביום בו מזג האוויר נוח וללא רוח (שעות הבוקר המוקדמות, בהחלט יכולות להיות	הכנות כלליות לפני תחילת ביצוע טיסות הניסוי. 1. בדיקת בלמים סטאטית: לחיצה על הבלמים וקבלת קושי שווה בין שני הפדלים. פדל "רך" פירושו אוויר במערכת הבלימה. במקרה זה יש למלא נזל בלמים עפ"י הנוהל – מלמטה כלפי מעלה. 2. בדיקת כושר בלימה – תוך הפעלת לחץ על הבלמים, איש צוות ינסה להזיז את המטוס ולקבל התנגדות לתנועה. 3. בדיקת מדפים: הורדת מדפים ובדיקה לקבלת כל תחום התנועה תוך כדי קבלת חיזוי למצב המדפים במציין מצב מדפים. 4. בדיקת הגאים: - בדיקת תנועה חופשית לכל טווח התנועה של ההגאים בכל שלושת הצירים. - בדיקה לסימטריות של תנועת הסטיק והפדלים. - בדיקת זווית התנועה של משטחי ההיגוי עפ"י הטבלה שלהלן (בהתאם לנתוני יצרן הקיט): <table><tr><td>הגה נבדק</td><td>מכסימום זווית תנועה Up/Down or) Left/Right</td><td>מינימום זווית תנועה Up/Down or) Left/Right</td></tr><tr><td>הגה גובה</td><td>Up = 30° Down = 25°</td><td>Up = 25° Down = 20°</td></tr><tr><td>מאזנות</td><td>Up = 32° Down = 17°</td><td>Up = 25° Down = 15°</td></tr><tr><td>הגה כיוון</td><td>Left = 35°</td><td>Left = 30°</td></tr></table>	הגה נבדק	מכסימום זווית תנועה Up/Down or) Left/Right	מינימום זווית תנועה Up/Down or) Left/Right	הגה גובה	Up = 30° Down = 25°	Up = 25° Down = 20°	מאזנות	Up = 32° Down = 17°	Up = 25° Down = 15°	הגה כיוון	Left = 35°	Left = 30°		בשעות הטיסה הראשונות מומלץ שלא לבצע יותר מטיסה אחת ביום. המאמץ והריכוז הנדרשים מטייס הניסוי עלולים לפגוע בתפקודו בטיסות נוספות באותו היום. מומלץ להתקין בתא הטייס מצלמת וידאו שתצלם את פאנל המכשירים ואם אפשר גם את האופק. מומלץ כי מיקרופון המצלמה ימוקם קרוב למיקרופון הרדיו ע"מ להקליט את התקשורת עם המגדל וכן לאפשר לטייס להכריז בקול על כל פעולה שמבצע ולהקריא תוצאות וביצועים, כפי שמתקבלים במהלך ביצוע בדיקות שונות. המטוס המלווה יידרש במספר טיסות, בעיקר לצורך בדיקת תנועת משטחי ההיגוי, כיולים של המכשירים וצילום חיצוני של המטוס. על הטייס המלווה להיות מנוסה בטיסות מבנה צמוד. מומלץ כי המטוס המלווה יהיה בעל תכונות דומות למטוס הנבדק. דרך פשוטה ונוחה לבדיקת סימטריות תנועה של הסטיק – הבאת הסטיק למצב אמצעי, מדידת המרחק מנקודת ייחוס מסוימת (לתנועת מאזנות, דופן התא
הגה נבדק	מכסימום זווית תנועה Up/Down or) Left/Right	מינימום זווית תנועה Up/Down or) Left/Right															
הגה גובה	Up = 30° Down = 25°	Up = 25° Down = 20°															
מאזנות	Up = 32° Down = 17°	Up = 25° Down = 15°															
הגה כיוון	Left = 35°	Left = 30°															

המדריך השלם לבניית מטוסים ע"י חובב בישראל

טיסה מס'	משך הטיסה	הכנות נדרשות לפני הטיסה	משימה	זמן מצטבר	הערות
		7. מתאימות). קהל צופים – למרות הנטייה הטבעית להביא אנשים (ואולי תקשורת?) לטיסה הראשונה, עדיף שהטיסות הראשונות תהיינה ללא קהל נוכחים פרט לצוות התמיכה הנדרש. המצאות קהל בטיסות הראשונות, עלול להכניס את הטייס ללחץ ולהשפיע על שיקול דעתו בקבלת החלטות.	5. בדיקת מקדזים . הפעל קיזוז מעלה-מטה ובדיקת תנועת לוחית הקיזוז לכל אורך טווח התנועה שלה. קבלת חיוו נכון שת תנועת לוחית הקיזוז – מצב וכיוון.		ולתנועת הגה הגובה – גב מושב הטייס), הזזת הסטיק לשני הצדדים ובדיקה לקבלת אורך מהלך שווה לשני הכיוונים. כנ"ל, לבדיקת התנועה במישור העלרוד..
		8. הטייס חייב להכין עצמו למצבי חירום: ▪ הפסקת מנוע בריצת המראה ▪ אש במנוע בהתנעה, במהלך ריצת המראה או באוויר. ▪ אש במערכת החשמל ▪ המטוס לא מאוזר ובקושי בר-שליטה ▪ אבדן קשר עם המגדל ועם צוות התמיכה. ▪ שבר במדחף. ▪ ידית בקרת מנועה – תקועה. ▪ אחד ההגאים נתקע. ▪ עלייה מהירה בטמפרטורת השמן ו/או נפילת לחץ שמן פתאומית. ▪ שמן ניתז על החופה. ▪ החופה נפתחת באופן לא צפוי במהלך הטיסה. ▪ כל אירוע בלתי צפוי שיכול להשפיע על מהלך הטיסה.	6. בדיקת קיזוז ימין – שמאל – שחרור לחץ מהסטיק, הפעלת הקיזוז לאחד הצדדים ובדיקה לקבלת תנועת המאזנות בכיוון הנכון וקבלת חיווי מתאים לתנועה ולכיוונה. קיזוז לצד השני ובדיקת תנועת המאזנות והחיווי.		בבדיקת הקיזוז יש לשים לב כי קיזוז הגלגול מפעיל כוח באמצעות קפיצים על חיבור המאזנות לסטיק ולכן ייתכן הבדל מה בין טווח הקיזוז לשני הצדדים. ההבדל לא צריך להיות גדול מ- 3° בין שני הצדדים.
		9. על הטייס לדעת ולהכין עצמו לקראת מצבים אלו ולהתכונן לפעולה הנחוצה להתגבר על כל אחד מהם.	7. מערכת הדלק – בדיקה כי ידית ברז הדלק מורה נכון את המיכל שנבחר. בדיקה כי חוץ מאשר בשני מצבי בחירת מיכל בשימוש מתקבלת אינדיקציה של "ברז סגור" וכי בכל מצב של מיכל נבחר ישנה נקודה מוגדרת אשר מורגשת ביד ונשמעת נקישה.		
		10. מצנח וקסדה – על אף שאין הכרח לשאת מצנח ו/או לחבוש קסדה, מומלץ, לפחות בטיסות הראשונות, לשאת מצנח ולחבוש קסדה.	8. בדיקה בהרחה שאין נזילות דלק בתא הטייס. – כל נזילה מחייבת תיקון מוחלט!!!		
		11. פד ברך – יש להכין פד ברך שעליו יוצמד דף ובו רשימת המטלות	9. בדיקת כניסת אוויר למיכלים – פתיחת מכסה הדלק נשיפה (או כניסת אוויר בלחץ לפתח כניסת האוויר – נשם – ושמיעה באוזן ליד פתח מילוי המיכל כי אוויר נכנס למיכל (אין לבצע בדיקה זו כאשר פתח מילוי המיכל סגור!!!)).		
			10. בדיקת מדחף – בדיקת אבטחת ברג"י הצמדת המדחף לציר המנוע (Hub).		
			11. בדיקת שוויון מסלול תנועת הלהבים. סיבוב המדחף שאחת הלהבים כלפי מטה. הנחת בלוק עץ לפני קצה הלהב במרחק של 4"מ. סיבוב המדחף עד שהלהב השנייה תימצא כלפי מטה ומדידת מרחק קצה הלהב מהבלוק. השינוי בין שתי הלהבים לא יעלה על 1.5±.		
			12. בקורות מנוע – בדיקת חופש תנועה ללא הפרעות של שלוש ידיות הבקרה של המנוע ושתי ידיות הבקרה של המנוע במושב האחורי. יש לבדוק כי מלא טווח התנועה של ידית, מבצע את מלוא טווח התנועה של הבקרה הרלוונטית. (בדיקה זו תעשה ע"י שני אנשים: אחד בתא ואחד מתבונן באביזר הנבדק במנוע).		
			13. בדיקת אבטחות של בקורות המנוע.		
			14. התנעת המנוע ובדיקה סטנדרטית טמפרטורה ולחץ שמן, טמפרטורת ראש צילינדר, טמפרטורת גזי פליטה, טעינה,		

המדריך השלם לבניית מטוסים ע"י חובב בישראל

טיסה מס'	משך הטיסה	הכנות נדרשות לפני הטיסה	משימה	זמן מצטבר	הערות
		לביצוע בכל טיסה. 12. תיעוד – ישנן משימות בהן על הטייס לרשום תוצאות בדיקות מסוימות. אפשר לרשום ע"ג דף נייר שיצורף לרשימת המטלות אולם, מומלץ ועדיף להצמיד מיקרופון של מכשיר הקלטה (או מצלמת וידאו) למיקרופון מערכת הראש של הטייס. הטייס יוכל לקרוא את תוצאות הנתונים של הבדיקות השונות וכן גם יוקלטו שיחות הטייס עם מגדל הפיקוח ועם צוות הליווי.	תגובת מצתים ובקרת סיבובי מדחף. 15. חגורות בטיחות – בדיקת מצב החגורות והנעילה שלהן. 16. אבטחה ונעילת החגורות של המושב האחורי. 17. חופה – בדיקת תנועה חופשית של החופה לכל אורך טווח מהלכה. 18. בדיקת מעצור הביניים (תפיסה ונעילה בשני מצבי הביניים ואבטחה לחופש תנועת החופה). 19. מערכת החשמל – הפעלת כל המערכות ובדיקה לקבלת קריאת פריקה (-) במד הטעינה. 20. בדיקה בעומס מלא למשך 5 דקות לוודא עמידת מערכת החשמל בעומס מלא. יש לוודא כי לא מורגש ריח שריפה של בידודים חשמליים.		
1	0:45	1. בדיקה מושלמת מסביב למטוס, בדיקה חוזרת של חופש ונכונות כיוון התנועה של משטחי ההיגוי. 2. בדיקת כמות השמן במנוע. 3. תדלוק המטוס למחצית כמות הדלק במיכלים. 4. בדיקת כל מערכות המטוס: מערכות חשמל, אוויוניקה, קשר עם המגדל. 5. חגירת חגורות ובדיקת נעילה ומתיחה נדרשת. 6. הפעלת משאבת עזר חשמלית למשך מספר שניות עד לקבלת חייוי עליית לחץ הדלק. כבוי משאבת העזר. 7. התנתע מנוע ובדיקה לקבלת חייויים נדרשים: לחץ שמן עולה תוך פחות מעשרים שניות, טמפרטורת שמן עולה, טמפרטורות CHT ו EGT עולות. בדיקת מגנטו חי. בדיקת תגובת מנוע לשינוי מצב מצערת. בדיקת נפילת סל"ד בהגדלת זווית הפסיעה של המדחף. 8. דיווח בקשר על הטיסה ואופייה המיוחד. 9. בקשת רשות הסעה והסעת המטוס	המראה ובדיקות ראשוניות לתגובת הגאים הפעלת משאבת עזר חשמלית וביצוע המראה תוך כדי בדיקת הפרמטרים הבאים: • עליית סלד מבוקרת והגעת המנוע לסל"ד מינימאלי של לא פחות מ- 2200. • לחץ שמן וטמפרטורת שמן בתחום הירוק. • מד המהירות מגיב ותצוגת המהירות גדלה. • אין רעידות והתנהגות לא טבעית של המטוס. 1. לאחר הגעת המטוס למהירות המומלצת ע"י היצרן – משיכת אף עדינה וביצוע טיפוס מתון ויציב. (בדוק את מהירת הניתוק). 2. בדיקה כי המטוס אינו מפתח התנהגות לא נורמאלית, אינו רועד (לחץ על הבלמים. ייתכן שהרעידות נגרמו עקב סיבוב הצמיגים שאינם מאוזנים) ואינו מנסה "לברוח" מקו הטיפוס שנבחר. 3. יש לטפס, במהירות של 95 - 85 קשר, ככל הניתן בקו ישר עד לגובה 500 רגל וביצוע פנייה עדינה (עד 10 מעלות הטייה). 4. יש לוודא תגובת המטוס ל- Input של ההגאים. על כל הפקודות להגאים להיות עדינות ככל הניתן. 5. במהלך הטיפוס יש לוודא כי אין רעידות והתנהגות בלתי רצויה של המטוס. 6. יש לוודא תגובת מד הגובה. 7. לאחר הגעה לגובה 1500 רגל, ורק אם מחוויי המנוע	0:45	בזמן הטיפוס הראשוני, עד להגעה לגובה 1000 רגל, אין להוריד מצערת ו/או תערובת, ו/או שינוי פסיעה. כמו כן, אין לשנות מצב ברז דלק למיכל השני. במהלך כל הטיסה יש לשמור על מהירות מכסימאלית של 120 קשר ע"מ למנוע סכנה של כניסה ל- Flutter. ביצוע הטיסה באזור הטיסה שייבחר כך שיהיה במרחק גלישה בטוח או למסלול הנחיתה או לשדה המתאים לנחיתה אונס. במהלך טיסת הניסוי הראשונה, יש לדווח כל 5 עד 10 דקות למגדל על מיקום המטוס, גובהו ומה בכוונת הטייס לבצע. בביצוע פניות, יש להגביל את ההטייה למכסימום 20 מעלות אם ההטייה גדלה מעבר לכך, יש לתקן באמצעות הגה הכיוון ולא באמצעות המאזנות. אין להוריד מדפים במהירות העולה על 110 קשר.

המדריך השלם לבניית מטוסים ע"י חובב בישראל

טיסה מס'	משך הטיסה	הכנות נדרשות לפני הטיסה	משימה	זמן מצטבר	הערות
		תוך לחיצות קלות על הבלמים לקבלת תגובה וסימטריות עצירה. ההסעה תעשה במהירות הליכה! ביצוע פניות של 45 מעלות ימינה ושמאלה ושליטה מלאה על סיבסוב המטוס. יש לשים לב כי המטוס, כבר בסיבובי מנוע נמוכים, מפתח די כוח שיכול להאיץ למהירות ההתנתקות לכן, יש להוריד כוח כבר עם התקרבות המהירות ל-40 קשר, במהלך ההסעה יש לבדוק את השליטה הנדרש לסיבוב מלא של המטוס על הקרקע 10. בקשת רשות עליה למסלול לביצוע הסעה מהירה. הסעה על המסלול במהירות שלא תעלה על 40 קשר ובחינת יציבות האורך של המטוס (לעודא כי המטוס לא "מושך" לאחד הצדדים) ותגובת הגאים (כיוון ועלרוד). 11. הסעה מהירה – בעיקרון, מומלץ שלא לבדוק את המטוס ב"הסעה מהירה" הקרובה למהירות הניתוק (כ-50- עד 55 קשר). אם בכל זאת בדיקה זו תתבצע, יש לבצע על מסלול באורך של לפחות 1.5 ק"מ. על הטייס להיות מוכן נפשית לביצוע המראה! 12. בקשת התיישרות ורשות המראה מהמגדל.	מורים כי ביצועי המנוע בתוך המגבלות, הורדת כוח וייצוב מהירות טיפוס של 100 קשר וכניסה לטיסה במעגל סביב שדה התעופה תוך כדי טיפוס ואבחון תגובת המטוס ל-put של ההגאים. 8. כיבוי משאבת עזר חשמלית. 9. המשך הטיפוס עד לגובה 3000-3500 רגל מעפ"ש וייצוב המטוס למהירות של 120 – 110 קשר. 10. המשך הטיסה מעל שדה התעופה או כניסה לאזור הטיסה. 11. בצע סבסוב (באמצעות הפדלים) של 5 מעלות לכל צד ובדוק את תגובת המטוס. 12. משוך את אף המטוס 3 מעלות מעלה וקזז. בחן את תגובת המטוס. לאחר התייצבות המטוס יישר את המטוס, קזז ותן לו להתייצב באופקית וישרה. 13. לאחר התייצבות המטוס הורד את האף 3 מעלות מטה, קזז ובחן את התנהגות המטוס. 14. ייצב את המטוס לטיסה אופקית וישרה. 15. התחל בביצוע הטיות קלות (לא יותר מ-5 מעלות) לכל צד ובחן את התנהגות המטוס. 16. ביצוע "פניות ניקוי" של 90 מעלות בהטייה מכסימאלית של 10 מעלות, לכל צד תוך כדי בחינת התנהגות המטוס. 17. ביצוע פנייה 360 מעלות לכל צד. ובדיקת יציבות הגובה של המטוס ומצב האף הנדרש לשמירה על הגובה. 18. אם תגובות המטוס נורמאליות, בצע פניות 360 מעלות לכל צד בהטייה של 20 – 30 מעלות, לכל צד. 19. בצע טיפוס לגובה 5000 רגל תוך שמירה על מהירות טיפוס עפ"י הבד"ח ובדיקת מחווי המנוע: לחץ שמן, טמפרטורת שמן, טמפרטורות EGT ו- CHT. 20. ייצב את המטוס בגובה 5000 ובצע "הקפה דמיונית". 21. וודא כי מהירות הטיסה אינה עולה על 110 קשר. הורד מדפים לארבע נוריות ירוקות (דרגה "1"). 22. בחן את תגובת ההגאים והתנהגות המטוס במהלך ירידת המדפים ולאחר שהמדפים מורדים. 23. בצע הנמכה דמיונית לגובה 4000 רגל עפ"י הבד"ח להנמכה. 24. המשך בביצוע ההנמכה ל-3000 רגל. 25. התיישר, חזור לאופקית וישרה תוך כדי הרמת המדפים לטיסה רגילה.		מומלץ כי בשלב הנחיתה לא יהיו מטוסים נוספים בהקפה. מומלץ כי המטוס המלווה יטוס בקרבת המטוס הנבדק לצורך בדיקת מהירויות וגבהים אם יידרש.

המדריך השלם לבניית מטוסים ע"י חובב בישראל

טיסה מס'	משך הטיסה	הכנות נדרשות לפני הטיסה	משימה	זמן מצטבר	הערות
			26. טפס לגובה 5000, עבור לטיסה אופקית וישרה. 27. בצע הליך להורדת מהירות – 90 קשר, 80 קשר ו-70 קשר. 28. בכל אחת המהירויות בחן את תגובות ההגאים והתנהגות המטוס. – אין לבצע הטייה של יותר מ-20 מעלות לכל צד בבדיקת הטיסה במהירויות נמוכות! 29. לפני החזרה לנחיתה יש לשאול: האם המטוס בר-ניהוג במהירויות נמוכות? מהי מהירות ההזדקרות? 30. לצורך תשובה לשאלה השנייה, יש לבצע בדיקת מהירות ההזדקרות. שים לב – בשלב זה אין לבצע הזדקרות מלאה! 31. בטיסה אופקית וישרה ביצוע פניות ניקוי לשני הצדדים. ייצב מהירות, כיון וגובה. הורד מדפים לקונפיגורצית נחיתה (התחל בארבעה אורות ירוקים ובמהירת שאינה עולה על 95 קשר, הורד לקבלת ארבעה אורות צהובים), הורד סל"ד ל-900, קזז (לא תמיד בטיסות ראשונות הקיזוז מגיב כראוי). 32. כאשר המטוס מגיע למהירות של כ-1.4 ממהירות ההזדקרות המתוכננת, הרם באיטיות את האף כך שאבדן המהירות יהיה בערך 1/2 קשר לשנייה. 33. במהלך הקטנת המהירות בחן את התנהגות המטוס ואת כל הקורה אותו. בחן את מצב האף והכוחות הפועלים על הסטיק. בכל מהלך הבדיקה יש לשמור את ה-Ball במרכז. בחן כמה הגה כיוון יש לתת ע"מ לשמור את יציבות האורך (סבסוב). במהלך הקטנת המהירות יש לבדוק את התנהגות כל ההגאים ב-input קטנים. אין לשנות את כל שלושת ההגאים ביחד. יש לשים לב במיוחד לתגובת הגה הגובה. 34. נסה לאתר את "אזהרת" המטוס לפני כניסה להזדקרות. האם מורגשת בסטיק? 35. בדוק מהי המהירות שהמטוס מתחיל לשלוח "אזהרת הזדקרות" 36. עם קבלת "אזהרת ההזדקרות" עצור את ההליך, ייצב את המטוס לישרה ואופקית ורשום מהי המהירות. (מהירות זו היא "מהירת ההזדקרות לייחוס" עבור הנחיתה הראשונה). 37. חזור לגובה 5000 ובצע שנית את הליך בדיקת ההזדקרות.		

המדריך השלם לבניית מטוסים ע"י חובב בישראל

טיסה מס'	משך הטיסה	הכנות נדרשות לפני הטיסה	משימה	זמן מצטבר	הערות
			38. דווח למגדל על כוונתך לחזור לנחיתה ובקש אישור נחיתה. 39. חזור לנחיתה. 40. בצע בדיקות לפני נחיתה עפ"י הבד"ח. 41. בגישה הסופית יש להקפיד כי המהירות לא תקטן מ- 3.1 X מהירות ההזדקרות שנמצאה ולא יותר מאשר 1.4 X מהירות זו. 42. מומלץ לעשות יעף אחד בטיסה נמוכה מעל המסלול לפני ביצוע נחיתה ראשונה ע"מ להכיר את התנהגות המטוס בקרבת הקרקע (אפקט הקרקע). 43. בצע הקפה שלמה נוספת וחזור לנחיתה מלאה. 44. מומלץ לתכנן את הנחיתה אחרי נקודת הנגיעה הרגילה (Touch Zone) של המסלול ע"מ להשאיר מקום לטעויות בהערכה ושליטה על מסלול הגלישה. 45. בכל מקרה של התעוררות קושי בביצוע הנחיתה – לך סביב! 46. יש להשתדל להימנע ככל האפשר משימוש בבלמים בריצת הנחיתה. 47. בצע בד"ח לאחר הנחיתה. 48. קשור את המטוס. 49. בצע בדיקה קפדנית של המטוס בעזרת איש צוות הקרקע הנוסף. 50. ערוך תחקיר של הטיסה ומלא את טופס הדיווח של טיסות הניסוי. 51. לאחר התקררות המנוע יש לפתוח את כיסוי המנוע ולבדוק כי אין נזילות או פגמים אחרים באזור המנוע.		
2	0:30	יש לוודא כי כל מה שנמצא לא תקין הטיסה הראשונה – תוקן.	אישוש תוצאות הבדיקות הראשוניות חזרה "אחד לאחד" על טיסת הניסוי הראשונה.	1:15	בשום מקרה אין לבצע טיסה נוספת לפני שכל הטעון תיקון מטיסה קודמת – תוקן!
3	0:45	יש ללמוד ולהכין את נתוני המנוע והביצועים שלו במצבי טיסה שונים. יש להכין טבלת אקסל עם נתוני מצערת ופסיעה כפרמטרים ולהשאיר מקום לרישום הטמפרטורות, הלחצים והמהירות. יש למדוד ולדעת את טמפרטורת הסביבה ואת מפל הטמפרטורה עם	בדיקת ביצועי המנוע. במהלך טיסה זו יבדקו טמפרטורה ולחץ השמן, EGT ו- CHT בין 55% ל- 80% של הספק המנוע. בביצוע בדיקות בתחום ההספק הגבוה של המנוע יש להמנע מלעבור את 80% של המהירות המרבית לשיוט ע"מ למנוע אפשרות היווצרות תנאי Flutter. יש לרשום כל תגובת המנוע לדילול התערובת, שינוי מצב מצערת ולחץ סעפת יניקה וכן השפעת מהירות הטיסה על	2:00	טיסה זו מיועדת לבדיקת ביצועי המנוע וצריכת הדלק. יש לרשום את כל הנתונים המתקבלים במהלך ביצוע הטיסה ע"מ שניתן יהיה להכניסם לספר המטוס.

המדריך השלם לבניית מטוסים ע"י חובב בישראל

טיסה מס'	משך הטיסה	הכנות נדרשות לפני הטיסה	משימה	זמן מצטבר	הערות
		הגובה ע"מ לחשב את גובה הצפיפות.	ביצועי המנוע. יש לבצע טיסה במצבי מצערת (Manifold Pressure) ופסיעה (rpm) שונים, לבדוק טמפרטורות – שמן, EGT ו- CHT, השפעה על המהירות ולתעד את הנתונים ע"מ להפיק את גראף הביצועים. לאחר גמר ביצוע הטיסה והנחיתה יש לפתוח את כיסוי המנוע ולבדוק שאין נזילות או פגמים כלשהם במנוע. יש למלא את דו"ח טיסות המבחן.		
4	1:00	לימוד הנתונים שהתקבלו בטיסות הניסוי הראשונות. להכין טבלת אקסל ובה יהיו פרמטרים של מהירות מכשירית, גובה וטמפרטורה חיצונית ומקום לרישום ביצועי טיסה, שיעור טיפוס וצריכת דלק. יש לתאם עם הבקרה (מודיעין טייס), לידע אותם על אופייה של הטיסה ולבקש אישור לטיפוס לגובה 8000 .	מציאת מהירות גלישה אופטימאלית 1. המראה וטיפוס לגובה 1500. 2. ביצוע טיסה בסטינג שונה של כוח וסל"ד ורישום הנתונים. 3. טיפוס לגובה 3000 בסטינג של 23/23 ורישום ביצועי 4. הטיפוס והמהירות 4. טיפוס לגובה 5000 ורישום ביצועי הטיפוס והמהירות. 5. בקשר אישור מהבקרה לטפס לגובה 8 6. טיפוס לגובה 8000 ורישום ביצועי הטיפוס והמהירות. 7. סגירת מנוע והנמכה במהירות 85 קשר עד לגובה 3000, תוך כדי רישום שיעור ההנמכה לקבלת יחס גלישה במהירות 85 קשר. 8. סטינג למנוע 22/22 וטיפוס לגובה 5000 תוך רישום ביצועי הטיפוס והמהירות. 9. טיפוס לגובה 8000 תוך רישום ביצועי הטיפוס והמהירות 10. סגירת מנוע והנמכה במהירות 80 קשר עד לגובה 3000 תוך כדי רישום שיעור ההנמכה. 11. סטינג למנוע 24/24 וטיפוס לגובה 5000 תוך רישום ביצועי הטיפוס והמהירות. 12. טיפוס לגובה 8000 תוך כדי רישום ביצועי הטיפוס והמהירות 13. סגירת מנוע וגלישה במהירות 75 קשר עד לגובה 3000 תוך כדי רישום שיעור ההנמכה.	3:00	בטיסה זו תורחב מעטפת הטיסה ויבדק ערך הגלישה המיטבי לקבלת L/D מכסימאלי (חשוב לנחיתות אונס). מומלץ לבצע טיסה זו בשעות הבוקר המוקדמות כאשר האוויר יציב, אין רוח ובטמפרטורה קרה.
5	1:00	הכנת טבלה עם פרמטרים – מהירות מכשירית ומקום לרישום מהירות אויר מכילת. יש להכין GPS לביצוע מדידת המהירויות.	בדיקת דיוק מד מהירות אוויר. בבדיקה זו יש חשיבות עליונה על שמירת גובה מדויקת בסטייה מרבית של $\pm 25ft$ מהגובה הנדרש. 1. המראה וטיפוס לגובה 3000. 2. ייצוב המהירות ל-100 קשר וקיזוז לטיסה אופקית וישרה.	4:00	מומלץ לבחור שלוש נקודות ייחוס על הקרקע שיהיו קודקודים של משולש שווה צלעות (זווית של 60 מעלות בין צלע לצלע). יש לבצע את הבדיקה לפי קריאת המהירות של מד המהירות האנלוגי . ליד קריאת המהירות של מד המהירות

המדריך השלם לבניית מטוסים ע"י חובב בישראל

טיסה מס'	משך הטיסה	הכנות נדרשות לפני הטיסה	משימה	זמן מצטבר	הערות
		אופן ביצוע הבדיקה מתואר במסמך gps_ground speed to pitot correction method.doc במחיצה טיסות ניסוי.	3. טיסה בין כל שתי נקודות (קודקודי המשולש שנבחר) תוך שמירה קפדנית ומדויקת על טיסה אופקית וישרה, מקוזזת ובמהירות קבועה. 4. רישום המהירות המכשירית מול מהירות הקרקע שמציג ה-GPS בכל צלע של המשולש. 5. חזרה על הבדיקה במהירות 110 קשר, 120 קשר, 130 קשר, 140 קשר, 150 קשר ו-160 קשר. 6. חזרה על הבדיקה במהירויות של 90 קשר, 85 קשר, 80 קשר ו-75 קשר. 7. יש לחזור על הבדיקה בגובה 1500 רגל ובגובה 5000 רגל.		האנלוגי ואת קריאת המהירות של ה-Dynon. חישוב מהירות האוויר האמיתית יעשה באמצעות קובץ אקסל הנמצא במחיצה של טיסות הניסוי gps-pec.XLS. עפ"י תוצאות החישוב יש לתקן את קריאות מד המהירות.
6	1:00	הכנת טבלה עם הפרמטרים של גבהים, מהירויות וסטינג של המנוע ומקום לרישום טמפרטורות ולחץ שמן עבור הפרמטרים השונים. יש לרשום את טמפרטורת הסביבה.	ביצועי מנוע ואמינות הפעולה 1. המראה וטיפוס לגובה 1500. 2. סטינג מנוע 23/23 וטיפוס לגובה 4500 במהירות של 90 קשר. רישום טמפרטורה ולחץ שמן. 3. ייצב המטוס לאופקית וישרה בסטינג 22/22. 4. הורד כוח מנוע ל-900 סל"ד. 5. הנמך חזרה לגובה 2000 במהירות 90 קשר. רשום קריאות לחץ וטמפרטורת שמן. 6. חזור לטיפוס באותו סטינג ובמהירות של 100 קשר. רישום קריאות טמפרטורה ולחץ שמן. 7. הנמך חזרה לגובה 2000 במהירות 100 קשר ורשום קריאות טמפרטורה ולחץ השמן. 8. חזור על בדיקה בטיפוס במהירות של 110 קשר. ורשום טמפרטורה ולחץ השמן. 9. חזור על הבדיקה בהנמכה במהירות 110 קשר ורשום הטמפרטורה והלחץ. 10. חזור על הבדיקה בטיפוס במהירות 120 קשר ורשום הטמפרטורה והלחץ. 11. חזור על ההנמכה במהירות 120 קשר ורשום הטמפרטורה והלחץ.	5:00	בכל מקרה, לפני טיפוס, יש לייצב את המטוס לישרה לאופקית למשך לפחות 20 שניות אם טמפרטורת השמן מגיעה לערך המכסימאלי המותר פחות 10 מעלות יש להפסיק את הבדיקה. במהלך כל הטיסה יש לעקוב אחרי קריאות ה-EGT וה-CHT ולוודא כי אין חורגות מהמותר עפ"י הגדרת יצרן המנוע. יש לשים לב כי טמפרטורת ה-CHT לא נופלת במהירות גבוהה ע"מ להימנע משוק תרמי.
7	1:00	בחירת יום חם וביצוע הטיסה בשעות הצהריים. חזרה על ההכנות של טיסה מס' 6	ביצועי מנוע ואמינות הפעולה ביצוע חוזר אחד לאחד של הטיסה הקודמת	6:00	אישור כי הנתונים שהתקבלו מתאימים לטמפרטורה חיצונית שונה
8	1:00	יש למלא מיכלי דלק מלאים. קבלת מרשה לטיסה בגובה 5000 רגל מעפ"ש.	הזדקרויות ללא מנוע 1. טיפוס לגובה 5000 רגל. 2. ביצוע פניות ניקוי – 45 מעלות לכל צד. 3. בדיקה כי אין חפצים משוחררים בתא.	7:00	כל הבדיקות בטיסה זו ייעשו בזירות רבה תוך שמירה על שינויים קלים ועדינים במעבר ממצב (או מהירות) למצב.

המדריך השלם לבניית מטוסים ע"י חובב בישראל

טיסה מס'	משך הטיסה	הכנות נדרשות לפני הטיסה	משימה	זמן מצטבר	הערות
		קשירת רצועות אחוריות באופן שלא יוכלו לנתפס בסטיק האחורי. יש לוודא כי אין חפצים חופשיים בתא האחורי ובכל מקום שיוכלו ל"התעופף" בביצוע ג'י שלילי.	4. יישור לטיסה אופקית וישרה. 5. בדיקות מחווני מנוע. 6. הורדת מהירות בשלבים בקצב של כחצי קשר לשנייה. 7. תוך שמירת כיוון בעזרת הגה הכיוון, ביצוע הזדקרות ללא מנוע וללא מדפים. הרצוי – נפילת האף בהזדקרות ללא נטייה לתזוזת האף מקו נטיסה. 8. במהלך ההזדקרות יש לשים לב היכן מתחילה "אזהרת ההזדקרות" האם בשורש הכנף או בקצות הכנפיים. 9. היחלצות סטנדרטית מההזדקרות – שחרור הלחץ בסטיק ופתיחת מנוע (שים לב להוסיף רגל ימין, כנדרש) 10. רשום את מהירות ההזדקרות ואת אבדן הגובה עד להיחלצות. 11. חזור לגובה 5000 רגל וייצב את מהירות המטוס על 120 קשר בטיסה אופקית וישרה. 12. חזור על תהליך ההזדקרות עוד פעמיים ורשום את מהירות ההזדקרות ואבדן הגובה בכל פעם. 13. חזור לגובה 5000, ייצב נהירות ל- 100 קשר באופקית וישרה. 14. הורדת מהירות ל-90 קשר תוך הורדת מדפים לדרגה אחת. 15. המשך הורדת מהירות ל-80 קשר תוך הורדת המדפים לשתי דרגות. 16. ייצוב המטוס לאופקית וישרה וקיצוז למהירות 80. 17. הורדת מהירות בקצב של 1/2 קשר לשנייה עד לביצוע הזדקרות מלאה. 18. אבחון התנהגות המטוס בכניסה להזדקרות וקריאת המהירות להתחלת ההזדקרות. 19. היחלצות סטנדרטית מההזדקרות – שחרור הלחץ בסטיק והוספת מנוע. 20. ייצוב מהירות 90 קשר וטיפוס לגובה 5000. 21. רישום מהירות ההזדקרות ואבדן הגובה. 22. חזרה על התהליך עוד פעמיים ורישום מהירויות ההזדקרות והפסד הגובה בכל פעם. 23. טיפוס לגובה 5000 רגל וביצוע הזדקרות עם מדפים מלאים מטה. 24. חזרה שלוש פעמים על ההזדקרות ורישום תוצאות הבדיקה.		מאחר וקיימת סכנה של כניסה לסחרור, יש להתחיל את הבדיקה במרכז כובד קדמי. מטוסים מהירים, עתירי ביצועים, נוטים להכנס להזדקרות ללא סימנים מקדימים ("אזהרת הזדקרות") ובפראות תוך נפילה פתאומית ופראית של האף ו/או כנף.
9	0:45	יש למלא את מיכלי הדלק מלא.	הזדקרות מלאה עם מנוע	7:45	כמו בבדיקות הקודמות, יש לבצע שינויים

המדריך השלם לבניית מטוסים ע"י חובב בישראל

טיסה מס'	משך הטיסה	הכנות נדרשות לפני הטיסה	משימה	זמן מצטבר	הערות
		קבלת מרשה לטיסה בגובה 5000 רגל מעפ"ש. קשירת רצועות אחוריות באופן שלא יוכלו לנתפס בסטיק האחורי. יש לוודא כי אין חפצים חופשיים בתא האחורי ובכל מקום שיוכלו ל"התעופף" בביצוע ג'י שלילי	1. טיפס לגובה 5000 רגל וייצוב טיסה אופקית וישרה במהירות של 100 קשר. 2. ביצוע פניות ניקוי של 45 מעלות לכל צד. 3. בדיקה שאין חפצים משוחררים בתא. 4. יישור לאופקית וישרה. 5. בדיקת מחווני מנוע. 6. ייצב את המטוס לטיסה איטית בכוח מנוע מופחת. 7. הורד דרגה אחת מדפים תוך שמירה על טיסה אופקית וישרה וללא הוספת כוח מנוע. 8. התחל להגדיל את כוח המנוע תוך שמירה על מהירות הטיסה – יחייב הגדלת זווית ההתקפה (הרמת האף). 9. המשך להוסיף כוח בשיעור של תוספת 100 סל"ד לחצי שנייה. 10. המשך בתהליך עד לקבלת "אזהרת הזדקרות". 11. המשך בתהליך עד לקבלת הזדקרות מליאה. 12. היחלצות סטנדרטית – שחרור לחץ על הסטיק ואיסוף מהירות ללא הרמת אף עד לקבלת מהירות מספקת לטיפוס. 13. טיפוס חזרה לגובה 5000 רגל. 14. רישום מהירות ההזדקרות ואבדן הגובה. 15. אם נתגלו התנהגויות לא נורמאליות בזמן ביצוע ההזדקרות יש לרשום אותן בנוסף לנתוני המהירות והגובה. 16. יש לחזור על תהליך ההזדקרות פעמיים נוספות ורישום נתוני המהירות, אובדן גובה והתנהגויות לא נורמאליות. 17. חזרה על התהליך בהורדת שתי דרגות מדפים. 18. חזרה על התהליך בהורדת שלוש דרגות מדפים.		ממצב למצב בעדינות תוך כדי שימת לב להתנהגות לא נורמאלית. בכל מקרה של התנהגות לא נורמאלית, יש להפסיק את התרגול ולחזור לטיסה אופקית וישרה. כאמור, ייתכן כי לא תתקבל "אזהרת הזדקרות". יש לשים לב כי בביצועי הזדקרות בכוח מלא ישנה נטייה מוגברת להפלת כנף בהזדקרות בגלל ה- P Factor. ביצוע הזדקרות בכוח מלא עם מדפים מורדים תלמד על התנהגות המטוס בהליכה סביב בביצוע נחיתה לא מוצלחת ותראה אם ישנן התנהגויות לא נורמאליות בסיטואציה זו.
10	0:45	קבלת מרשה לטיסה בגובה 6000 רגל מעפ"ש. יש לבצע את הבדיקות במזג אוויר ללא רוח – בשעות הבוקר המוקדמות.	התנהגות במהירויות נמוכות 1. טיפוס לגובה 6000. 2. מדפים מעלה. 3. ייצב את המטוס לטיסה ישרה ואופקית במהירות של 100 קשר. 4. הקטן המהירות למהירות של 95 קשר קזז ויצב את המטוס לטיסה אופקית וישרה. 5. בצע פניות שטוחות ומתונות (עד 20 מעלות הטייה) ולמד את התנהגות המטוס.	8:30	מטרת טיסה זו לבחון את התנהגות המטוס בטיסה במהירויות נמוכות ובכוח מנוע מופחת. המהירות שבה יתבצעו הבדיקות לטיסה במהירות נמוכה תהיה גם המהירות לבדיקת ביצועי המטוס במשקל מלא.

המדריך השלם לבניית מטוסים ע"י חובב בישראל

טיסה מס'	משך הטיסה	הכנות נדרשות לפני הטיסה	משימה	זמן מצטבר	הערות
			6. האם ההתנהגות זהה לשני הכיוונים? 7. הקטן המהירות למהירות של 90 קשר קזז ויצב את המטוס לטיסה אופקית וישרה. 8. בצע פניות שטוחות ומתונות (עד 20 מעלות הטייה) ולמד את התנהגות המטוס. 9. האם ההתנהגות זהה לשני הכיוונים? 10. המשך להקטין את המהירות, כל פעם ב-5 קשר עד למהירות הגבוהה ב-5 קשר מעל מהירות ההזדקרות שנמצאה בטיסות הקודמות. ולמד את התנהגות המטוס בפניות ואת ה-Inputs הנדרשים בהגאים. 11. בחן התנהגויות לא נורמאליות. 12. חזור על הבדיקות הקודמות, והפעם הורד מדפים דרגה אחת. 13. חזור על הבדיקות הקודמות בהורדת שתי דרגות מדפים. 14. חזור על הבדיקות הקודמות בהורדת שלוש דרגות מדפים.		
11	0:45	לוודא כי הניסוי יתקיים מוקדם בשעות הבוקר, כאשר אין רוח. יש להצטייד ב-GPS	דיוק קריאות מד המהירות עפ"י GPS 1. המראה וטיפוס לגובה 3000 רגל 2. בחירת כיוון לאורך תוואי קרקע ישר. 3. ייצב המטוס לאופקית וישרה במהירות של 90 קשר. 4. טיסה במהירות 90 קשר מכשירית עפ"י קריאת ה-Dynon למשך דקה ורישום מהירות הקרקע עפ"י ה-GPS 5. הפוך כיוון הטיסה ב-180 מעלות וייצב מהירות 90 קשר. 6. טיסה במשך דקה תוך שמירה על מהירות מכשירית של 90 קשר ורישום המהירות עפ"י ה-GPS. 7. חזור על הבדיקה במהירות 100 קשר. רשום התוצאות בטבלה. 8. חזור על הבדיקה במהירות 120 קשר. רשום התוצאות. 9. חזור על הבדיקה במהירות 130 קשר. רשום התוצאות. 10. חזור על הבדיקה במהירות 140 קשר. רשום התוצאות. 11. חזור על הבדיקה במהירות 150 קשר. רשום התוצאות. 12. חזור על הבדיקה במהירות 160 קשר. רשום התוצאות. 13. הקטן מהירות וחזור על הבדיקה במהירות 90 קשר. רשום התוצאות. 14. חזור על הבדיקה במהירות 80 קשר. רשום התוצאות. 15. חזור על הבדיקה במהירות 70 קשר. רשום התוצאות. 16. טפס לגובה 8000 רגל וחזור על כל הבדיקות.	9:15	אם יש רוח וכיוונה ידוע, רצוי כי תוואי הקרקע יהיה במקביל לכיוון הרוח (ובכך יתבטל רכיב הצד). קריאת המהירויות ב-GPS תהיה לאחר חצי דקה מהתייצבות המהירות המכשירית. ייתכן כי תתקבל אזהרת הזדקרות במהירות גבוהה מ-70 קשר. במקרה זה, יש להוסיף מיד כוח מנוע ולהגדיל את המהירות. בדיקת המהירות ב-70 קשר לא תתבצע.
12	1:00	לוודא כי הניסוי יתקיים מוקדם בשעות	דיוק וסטיות קריאת המהירות במדפים מורדים	10:15	יש להקפיד במהלך כל הטיסה כי כל

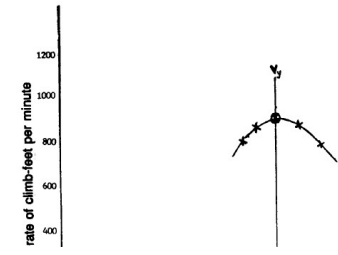
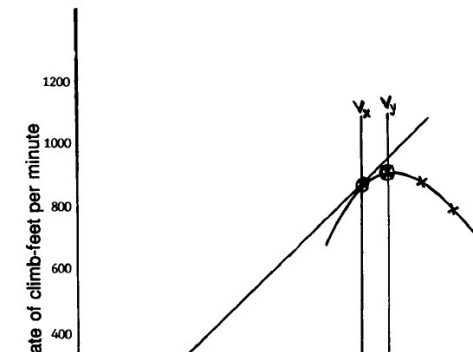
המדריך השלם לבניית מטוסים ע"י חובב בישראל

טיסה מס'	משך הטיסה	הכנות נדרשות לפני הטיסה	משימה	זמן מצטבר	הערות
		הבוקר, כאשר אין רוח. יש להצטייד ב-GPS. הכנת טבלה עם פרמטרים של מהירויות מכשיריות ומצב מדפים ומקום לרישום קריאות המהירות לפי GPS.	1. טיפוס לגובה 2000. 2. ייצוב מהירות 110 קשר ובדיקת מהירות נקראת ב-GPS רישום בטבלה. 3. הורדת דרגה אחת (אורות ירוקים) מדפים. 4. שמירה על מהירות מכשירית 110 ובדיקת מהירות ה-GPS רישום בטבלה 5. הרמת מדפים, הקטנת מהירות מכשירית ל-100 קשר רישום מהירות ה-GPS בטבלה. 6. הורדת דרגה אחת מדפים תוך שמירת מהירות מכשירית 100 קשר. 7. קריאת מהירות GPS ורישום בטבלה. 8. הורדת דרגה שנייה של המדפים (אורות צהובים) תוך שמירה על מהירות 100 קשר. 9. קריאת מהירות GPS ורישום בטבלה. 10. הרמת מדפים והקטנת מהירות ל-90 קשר. 11. קריאת מהירות GPS ורישום בטבלה. 12. הורדת דרגה אחת מדפים תוך שמירת מהירות 90 קשר. 13. קריאת מהירות GPS ורישום בטבלה. 14. הורדת דרגה נוספת של המדפים תוך שמירה על מהירות 90 קשר. 15. קריאת מהירות GPS ורישום בטבלה. 16. הורדת מדפים עד הסוף (אורות אדומים) תוך שמירה על מהירות 90 קשר. 17. הרמת מדפים והקטנת המהירות המכשירית ל-80 קשר 18. קריאת מהירות ה-GPS ורישום בטבלה. 19. הורדת דרגה אחת מדפים תוך שמירת מהירות מכשירית 80 קשר. 20. קריאת מהירות GPS ורישום בטבלה. 21. הורדת המדפים לדרגה שנייה תוך שמירה על מהירות מכשירית של 80 קשר. 22. קריאת מהירות GPS ורישום המהירות בטבלה. 23. הורדת מדפים לדרגה שלישית תוך שמירת מהירות 80 קשר. 24. קריאת מהירות GPS ורישום בטבלה. 25. הרמת מדפים והורדת מהירות ל-70 קשר. 26. קריאת מהירות GPS ורישום בטבלה. 27. הורדת מדפים דרגה אחת תוך שמירת מהירות 70 קשר. 28. קריאת מהירות GPS ורישום בטבלה.		מדידות המהירות תהיינה בטיסה ישרה ואופקית ולאורך תוואי ישר. יש לחזור על כל הבדיקות בשני כיוונים מנוגדים. נאמר "רשום" אולם, ניתן ואף מומלץ לומר בקול ולהקליט.

המדריך השלם לבניית מטוסים ע"י חובב בישראל

טיסה מס'	משך הטיסה	הכנות נדרשות לפני הטיסה	משימה	זמן מצטבר	הערות
			29. הורדת מדפים לדרגה שנייה תוך שמירת מהירות 70 קשר. 30. קריאת מהירות GPS ורישום בטבלה. 31. הורדת מדפים לדרגה שלישית תוך שמירת מהירות 70 קשר. 32. קריאת מהירות GPS ורישום בטבלה. 33. במצב זה, הקטנת מהירות מכשירית ל-65 קשר (אין להיכנס ל"אזהרת הזדקרות"). 34. קריאת מהירות GPS ורישום בטבלה.		
13	1:15	הכנת טבלה להשלמת כל הבדיקות שנערכו בטיסות הקודמות.	השלמות לטיסות הקודמות בטיסה זו יש להשלים את כל המדידות והבדיקות שלא הושלמו בטיסות הקודמות.	11:30	מטרת טיסה זו "לסגור קצוות" של בדיקות שלא הושלמו בטיסות הקודמות ולהגיע למצב כי המטוס יהיה מוכן להמשך פתיחת המעטפת. עם גמר טיסה זו, יש להעביר את המטוס בדיקה כוללת עפ"י הנדרש בביקורת השנתית. עפ"י הסטטיסטיקה של ה-FAA וה-EAA במהלך 10 השעות הראשונות משתחררים חיזוקים וברגים ויש לבדוק כי כל הדרוש חיזוק והידוק יעשה. אין להמשיך ביצוע טיסות ניסוי נוספות לפני מילוי טופס בדיקה שנתי.
14	0:45	בחירת יום נאה . מזג אוויר שקט ללא חיתחות. עדיף שעות הבוקר המוקדמות. הכנת טבלה לרישום פרמטר המהירות ומקום לרישום תוספת הגובה בדקה הכן מערכת צירים לציור גראף – תלות מידת תוספת הגובה ליחידת זמן מול מהירות הטיסה.	מציאת כושר טיפוס מיטבי Vy 1. בחר גובה ייחוס 1500 רגל מעפ"ש – גובה ייחוס. 2. בחירת כיוון בניצב לרוח (אם יש רוח). 3. התחל את הבדיקה בגובה 1000 רגל מעפ"ש 4. פתח מצערת לכוח מלא. 5. ייצב את המטוס במהירות של 15 קשר מעל המהירות המוצהרת (של היצרן) לקבלת שיעור טיפוס מיטבי. 6. התחל ביצוע טיפוס במהירות שנבחרה. 7. עם ההגעה לגובה הייחוס התחל מדידת זמן תוך שמירה על המהירות שנבחרה. 8. המשך בטיפוס ולאחר בדיוק דקה ממעבר גובה הייחוס ראה מהו הגובה שהושג.	12:15	מטרת בדיקה זו למצוא את שיעור הטיפוס ואת זווית הטיפוס המיטביים. מהירות הטיפוס המרבית היא המהירות הנותנת מכסימום הגדלת הגובה ביחידת הזמן.

המדריך השלם לבניית מטוסים ע"י חובב בישראל

טיסה מס'	משך הטיסה	הכנות נדרשות לפני הטיסה	משימה	זמן מצטבר	הערות
			9. רשום בטבלה. 10. הפוך את כיוון הטיסה תוך כדי חזרה לגובה 1000 רגל מעפ"ש וחזור על הבדיקה. 11. רשום את התוצאה במתקבלת. 12. הנמך חזרה ל-1000 רגל מעפ"ש ובצע את הבדיקה במהירות נמוכה מהבדיקה הקודמת ב-5 קשר. 13. רשום את התוצאה המתקבלת. 14. הפוך כיוון וחזור על הבדיקה. 15. המשיך בביצוע בדיקות כאשר בכל פעם המהירות קטנה ב-5 קשר ורשום את התוצאות המתקבלות. 16. יש לחזור על הבדיקות עד מהירות הגבוהה ב-5 קשר מעל מהירות ההזדקרות בכוח מלא. 17. חזור לנחיתה והעלה את תוצאות הבדיקה ע"ג הגראף.		
15	0:00		מציאת מהירות לקבלת זווית טיפוס מרבית V_x העבר קו מנקודת האפס של הגראף שהתקבל בבדיקת מהירות לקבלת שיעור טיפוס מירבי, לנקודת ההשקה עם הקו שהתקבל מחיבור הנקודות. נקודת ההשקה בין הישר לבין עקומת הגראף היא מהירות לקבלת זווית טיפוס מיטבית. 	12:15	
16	0:45	קבלת מרשה לטיסה בגובה 6000 רגל מעפ"ש. יש לבצע את הבדיקות במזג אוויר ללא רוח – בשעות הבוקר המוקדמות.	התנהגות במהירויות נמוכות 15. טיפוס לגובה 6000. 16. מדפים מעלה. 17. ייצב את המטוס לטיסה ישרה ואופקית במהירות של 80 קשר. 18. הקטן המהירות למהירות של 1.3 X מהירות ההזדקרות	13:00	מטרת טיסה זו לבחון את התנהגות המטוס בטיסה במהירויות נמוכות ובכוח מנוע מופחת. המהירות שבה יתבצעו הבדיקות לטיסה במהירות נמוכה תהיה גם המהירות

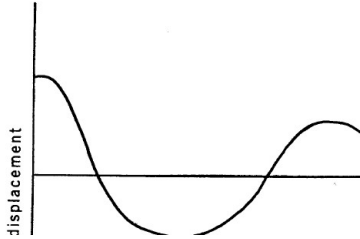
המדריך השלם לבניית מטוסים ע"י חובב בישראל

טיסה מס'	משך הטיסה	הכנות נדרשות לפני הטיסה	משימה	זמן מצטבר	הערות
			שנמצאה בטיסות הקודמות. 19. הקטן ב-5 קשר את המהירות תוך שמירה על גובה. 20. המשך להקטין את המהירות, כל פעם ב-5 קשר עד למהירות הגבוהה ב-5 קשר מעל מהירות ההזדקרות שנמצאה בטיסות הקודמות. – זוהי המהירות בה יתבצעו הבדיקות לטיסה איטית. 21. בצע פניות מתונות (זווית הטייה לא תעלה על 20 מעלות לימין ולשמאל). 22. וודא סימטריות בהתנהגות המטוס בפניות לימין ולשמאל. 23. בחן התנהגויות לא נורמאליות. 24. חזור על הבדיקות, והפעם הורד מדפים דרגה אחת. 25. חזור על הבדיקות בהורדת שתי דרגות מדפים. 26. חזור על הבדיקות בהורדת שלוש דרגות מדפים.		לבדיקת ביצועי המטוס במשקל מלא.
17	1:00	ביצוע תדריך ובדיקת ממצאי כל הטיסות הקודמות. הכנת תוכנית טיסה להשלמת בדיקות שלא בוצעו, או שהעלו תוצאות לא נורמאליות. יש להכין תוכנית מוגדרת עם כל הבדיקות שיש להשלים ביצוען ואם נדרש – הכנת טבלאות בהתאם.	השלמת הבדיקות החסרות ביצוע טיסות להשלמת כל הבדיקות הקודמות. יש לרשום בסוף הטיסה את הנתונים שנאספו בכל המקומות הנדרשים בדו"ח ביצוע טיסות הניסוי.	14:00	שעת טיסה זו מיועדת להשלמת איסוף הנתונים שלא הושלמה בטיסות הקודמות. יש לשים לב ולהיזהר בביצוע אותן בדיקות שקיימת לגביהן אזהרת תשומת לב מיוחדת, כאלו שמעולם לא בוצעו.
18	0:45	יש לבצע בדיקה מוקפדת של כל מערכות המטוס כולל בדיקת כמות שמן והידוק ברגים במקומות שניתן להגיע אליהם ללא פירוק מכסי בדיקה. בדיקה מוקפדת של מערכת ההגאים ואי המצאות "חופש" (שפיל) במסבי ההגאים. קבלת מרשה לטיסה בגובה 5000 רגל מעפ"ש. כל בדיקות היציבות ייערכו במרכז כובד קדמי ובמיכלי דלק מלאים.	בדיקת יציבות סטאטית וברות שליטה – ציר העלרוד 1. טיפוס לגובה 5000 רגל. 2. ייצוב המטוס באופקית וישרה במהירות 120 קשר, קיזוז והשארות במצב זה למשך כעשר שניות. (מצב זה, כאשר המטוס אינו משנה מהירות, גובה וכיוון, נקרא "מצב של שיווי משקל"). – לאחר קבלת שיווי המשקל, אין לשנות קיזוז במהלך כל הבדיקה. 3. משוך אף המטוס מעלה עד לקבלת מהירות של 110 קשר. ע"מ לשמור את המהירות יש להמשיך להפעיל כוח משיכה על הסטיק. 4. משוך הסטיק לקבלת מהירות של 100 קשר. אם נדרש כוח גדול יותר להחזיק את המהירות – למטוס יציבות עלרוד סטאטית חיובית. 5. אם הכוח הנדרש להקטנת המהירות שווה לכוח ההתחלתי שהופעל – למטוס יציבות עלרוד סטאטית ניטרלית.	14:45	בדיקת היציבות וברות השליטה נדרשות ע"מ להוכיח עמידת המטוס בדרישה: "לא יפעיל אדם מטוס בעל הגדר 'ניסיוני', מחוץ לאזור שהוגדר כ"שטח לביצוע ניסויי טיסה לאותו מטוס" עד אשר הוכיח כי – א. המטוס בר-שליטה בכל טווח המהירויות שלו ובכל טווח התמרון שלו. ו- ב. כי אין למטוס תכונות מסוכנות בהפעלתו ובתכן שלו." קיימים 3 מצבים של יציבות סטאטית: 1. חיובי – כאשר המטוס שואף לחזור למצב שיווי המשקל שלו לאחר שפעל עליו כוח שהוציאו ממצב זה. 2. ניטרלי – כאשר המטוס ימשך את

המדריך השלם לבניית מטוסים ע"י חובב בישראל

טיסה מס'	משך הטיסה	הכנות נדרשות לפני הטיסה	משימה	זמן מצטבר	הערות
			6. אם נדרש כוח נגדי (דחיפה) ע"מ לשמור את המטוס במהירות – למטוס יציבות עלרוד סטאטית שלילת! 7. חזור למהירות של 120 קשר וייצב את המטוס לטיסה במהירות זו למשך כעשר שניות. 8. חזור על הבדיקה הקודמת, אלא, שהפעם דחוף את אף המטוס מטה להגדלת המהירות ל- 130 קשר. 9. לאחר כעשר שניות, הורד את אף המטוס להגדלת המהירות ל- 140 קשר. אם נדרש כוח גדול יותר להחזיק את המהירות – למטוס יציבות עלרוד סטאטית חיובית. 10. אם הכוח הנדרש להגדלת המהירות שווה לכוח ההתחלתי שהופעל – למטוס יציבות עלרוד סטאטית ניטרלית. 11. אם נדרש כוח נגדי (משיכה) ע"מ לשמור את המטוס במהירות – למטוס יציבות עלרוד סטאטית שלילת! אם נתגלתה יציבות שלילית, בהרמת אף ו/או הורדתו – יש לחזור מייד לנחיתה ולהתייעץ עם חברת וואנס – התמיכה הטכנית, מה יש לעשות ע"מ לשפר. 12. יש לחזור על כל בדיקות יציבות העלרוד במהירות התחלתית (ממצב שיווי משקל) של 140 קשר.		מגמת השינוי שהתחיל בה כאשר הופעל עליו כוח שהוציאו ממצב שיווי המשקל. ו- 3. שלילי – כאשר המטוס שואף להחריף את השינוי שהחל בו עם הפעלת הכוח. יציבות דינאמית היא משך הזמן ומידת הסטייה ביחס לזמן העוברים מאז הפעלת הכוח שהוציא את המטוס משיווי משקל עד שחזר למצב שיווי המשקל.
	0:00	יש לבצע את כל השינויים והתיקונים עפ"י הנחיות יצרן הקיט לפני המשך הטיסות!	ביצוע תיקונים ושינויים נדרשים אם נדרשו שינויים ו/או תיקונים, לאחר ביצועם יש לחזור על כל בדיקות היציבות שנית.	14:45	
19	0:45	קבלת מרשה לטיסה בגובה 5000 רגל מעפ"ש.	בדיקת יציבות דינאמית (קצרה וארוכה) – ציר העלרוד 1. טיפוס לגובה 5000 רגל. 2. ייצוב המטוס לטיסה אופקית וישרה במהירות 120 קשר, קיזוז והשארות במצב זה למשך כעשר שניות. (מצב זה, כאשר המטוס אינו משנה מהירות, גובה וכיוון, נקרא "מצב של שיווי משקל"). – לאחר קבלת שיווי המשקל, אין לשנות קיזוז במהלך כל הבדיקה. 3. בתנועה מהירה וקצובה דחוף האף קדימה כחמש עד עשר מעלות. 4. במהירות החזר את אף המטוס לגובה האופק, כפי שהיה בטיסה האופקית וישרה.	15:30	יציבות דינאמית היא משך הזמן ומידת הסטייה ביחס לזמן העוברים מאז הפעלת הכוח שהוציא את המטוס משיווי משקל עד שחזר למצב שיווי המשקל.

המדריך השלם לבניית מטוסים ע"י חובב בישראל

טיסה מס'	משך הטיסה	הכנות נדרשות לפני הטיסה	משימה	זמן מצטבר	הערות
			5. מיד עם הגיע האף למצב הטיסה האופקית וישרה, הרפה מלחץ על הסטיק (אך שמור שלא "יעוף" ללא בקרה). 6. המטוס יתחיל לבצע תנודה מתכנסת מעלה – מטה עד לחזרתו למצב טיסה אופקית וישרה. אם כך מתנהג, למטוס יציבות דינאמית חיובית בציר העלרוד. 7. חזור על הבדיקה עוד פעמיים שלוש. 8. רשום את מספר התנודות ומשך הזמן לחזרת המטוס למהירות ההתחלתית ולגובה האף ההתחלתי. בדיקת יציבות דינאמית ארוכה בציר העלרוד 9. הבא את המטוס לטיסה אופקית וישרה ומקוזזת למהירות של 120 קשר. 10. ממצב זה דחוף את הסטיק קדימה להגדלת המהירות ל-125 קשר ושחרר הלחץ מהסטיק (אך שמור עליו). 11. המטוס יתחיל לבצע תנודה אנכית מתכנסת עד לחזרתו למהירות ההתחלתית. תהליך זה ייקח מספר תנודות ומספר שניות – אם המטוס יציב יציבות דינאמית חיובית. 12. אם קיים חיכוך בציר הסטיק, המטוס יתייצב במהירות שונה במקצת ממהירות הכניסה. 13. יש לרשום את מספר התנודות ומשך הזמן לחזרת המטוס למהירות ההתחלתית. 14. אם התנודה אינה מתכנסת ואפילו גדלה, למטוס אין יציבות דינאמית ויש להפסיק את הטיסה, לחזור לנחיתה ולהתייעץ עם הסיוע הטכני של וואנס. 15. אין להמשיך בביצוע טיסות לפני תיקון הבעיה. 16. חזור על הבדיקה, והפעם משיכת הסטיק להקטנת המהירות ל-115 קשר. 17. יש לחזור על הבדיקות עוד פעמיים שלוש ולרשום את מספר התנודות ומשך הזמן עד לחזרת המטוס למהירות ולמצב האף ההתחלתיים.		 גראף המראה התנהגות המטוס ביציבות חיובית – גודל התנודה מתכנס והולך עד לחזרה לנתיב הטיסה המקורי.
20	0:45	יש לוודא כי כל התיקונים הנדרשים לקבלת יציבות חיובית הוכנסו למטוס. קבלת מרשה לטיסה בגובה 5000 רגל מעפ"ש.	בדיקת יציבות וברות שליטה – ציר הגלגול אזהרה – ביצוע בדיקה זו עלול לפתח עומסי מבנה גבוהים. יש לשמור שלא לעבור, בכל מקרה, את מהירויות התמרון ו/או כל הגבלת מהירות אחרת שהוגדרו ע"י היצרן.	16:15	ייתכן מצב כי, במקרים מסוימים, הכוח הנדרש להכנסת רגל מנוגדת להטיה – יקטן. בבדיקת יציבות ספיראלית, אם התקבלה תוצאה של יציבות שלילית, אין זה מצב

המדריך השלם לבניית מטוסים ע"י חובב בישראל

טיסה מס'	משך הטיסה	הכנות נדרשות לפני הטיסה	משימה	זמן מצטבר	הערות
			בדיקת יציבות בהחלקה. 1. טפס לגובה 5000 רגל מעפ"ש. 2. ייצב את המטוס לטיסה אופקית וישרה במהירות של 120 קשר וקזז. 3. באיטיות, הכנס את המטוס להחלקה לצד אחד תוך שמירת כיוון האף. 4. הכוח הנדרש להכנסת הרגל יגדל בצורה יציבה יחסית להטיה. 5. המשך בהגדלת ההטיה והכנסת הרגל הנגדית עד לקצה תחום התנועה. 6. המטוס אמור לשמור כיוון בהטיה של 10 מעלות בהכנסת רגל מלאה לכיוון הנגדי. 7. יש לוודא כי בכל מהלך ביצוע הפעולה, לא יתפתח כוח נגדי אשר יכול לגרום ל"איזון יתר" ולנעילת הגה הכיוון. 8. שחרר הלחץ מהמאזנות תוך כדי החזקת הרגל לחוצה עד הסוף. 9. כאשל המאזנות שוחררו, הכנף הנמוכה תשאף לחזור למצב אופקי. אין "לעזור" לה לעלות באמצעות הפעלת המאזנות. 10. רשום את התנהגות המטוס. 11. חזור על הבדיקה בכיוון השני. 12. רשום את התוצאות. 13. בדיקת יציבות גלגול סטאטית 14. ייצב המטוס לאופקית וישרה במהירות של 100 קשר. 15. סבסב את המטוס באיטיות ימינה ושמאלה תוך שמירת כנפיים מאוזנות באמצעות המאזנות. 16. לאחר שחרור הלחץ ברגל, המטוס יישאף להתיישר לכיוון המקורי. 17. רשום את התוצאות. 18. בדיקת יציבות "ספיראלית" 19. ייצב את המטוס לאופקית וישרה במהירות של 120 קשר. 20. בצע פניה מתואמת לאחד הצדדים בהטיה של 15 עד 20 מעלות. 21. שחרר הלחץ מההגאים. 22. אם המטוס שואף להקטין את ההטיה ולהתיישר – למטוס יציבות ספיראלית חיובית.		מסוכן, אבל, משמעות הדבר כי על הטייס להקדיש יותר תשומת לב בביצוע פניות והדבר יקשה על שמירת כיוון בטיסת ניווט. הערה: אם קיים חיכוך במערכת המאזנות, חיכוך זה "יכסה" על השפעת היציבות הספיראלית.

המדריך השלם לבניית מטוסים ע"י חובב בישראל

טיסה מס'	משך הטיסה	הכנות נדרשות לפני הטיסה	משימה	זמן מצטבר	הערות
			22. אם המטוס שומר על ההטיה וממשיך בפנייה – למטוס יציבות ספיראלית ניטרלית. 23. אם המטוס נוטה להגדיל את ההטיה ולהקטין את רדיוס הפניה – למטוס יציבות ספיראלית שלילית.		
21	0:30	קבלת מרשה לטיסה בגובה 6000 רגל מעפ"ש. מומלץ לעלות לטיסה זו עם מצנח וקסדה.	פרפור Flutter - אזהרה, בטיסה זו יש מידת סיכון מסוימת! מטרת בדיקה זו להבין את תופעת הפרפור, לזהותה ולהגדיר את ההימנעות מכניסה למצב זה. 1. טיפוס לגובה 6000 רגל מעפ"ש. 2. הגדלת המהירות ל-160 קשר בטיסה אופקית וישרה. 3. קיזוז למהירות. 4. הגדלת המהירות, כל פעם, ב-5 קשר, ייצוב המטוס וקיזוז עד למהירות 180 קשר. 5. בכל הגדלת מהירות יש לשים לב להתחלת היווצרות רעידות. סביר להניח כי הרעידות יורגשו תחילה בסטיק, אך לא בהכרח. 6. ברגע שמתחילים להרגיש רעידות מיד יש להקטין כוח מנוע!! 7. עם הגעה למהירות 180 קשר ואם לא נתגלו רעידות, יש להמשיך את תהליך הגדלת המהירות כל פעם בשלושה קשרים, לייצב את המטוס ולקזז. 8. אין לעבור את המהירות המכסימאלית המותרת ע"י וואנס - 204 קשר! 9. אם הורגשו רעידות לפני המהירות המכסימאלית המותרת, יש להוריד מיד כוח מנוע ולהקטין את מהירות הטיסה! 10. יש לרשום את המהירות שבה התחילו הרעידות. 11. הקטן מהירות ל-160 קשר וחזור על הבדיקה.	16:45	הסבר על התופעה והגורמים לה אפשר למצוא במסמך 4X-OAA Flight Test Program פרק 15. ביצוע הבדיקה מצריך רגישות רבה לתגובת ההגאים ויש לשים לב לכל תגובה לא נורמאלית של ההגאים. ככל שמהירות הטיסה בבדיקה עולה, מרווח ההחלטה מצטמצם ולכן יש להגביר מהירות בצורה מתונה ואיטית.
22	0:45	קבלת מרשה לטיסה בגובה 10000 רגל מעפ"ש. קבלת מרשה לביצוע הטיסה בשטח אימונים ולא מסביב לשדה התעופה. מומלץ לעלות לטיסה זו עם מצנח וקסדה. בטיסה זו חשוב לוודא במיוחד כי מרכז	סחרור מטרת בדיקה זו לזהות את הסחרור במטוס, לבחון את התנהגות המטוס בסחרור ותהליך ההיחלצות מסחרור. 1. טיפוס לגובה 10000 רגל מעפ"ש. 2. ייצוב המטוס בטיסה אופקית וישרה במהירות של 100 קשר וקיזוז. 3. סגור מנוע לסרק. 4. הקטן מהירות בקצב של 1 קשר לשנייה.	17:30	תהליך הכניסה לסחרור המתואר כאן אופייני אך אינו בלעדי. אפשר להכניס את המטוס בטכניקות אחרות, אך חשוב למצוא את תהליך ההיחלצות האופטימאלי תוך אובדן גובה מינימאלי.

המדריך השלם לבניית מטוסים ע"י חובב בישראל

טיסה מס'	משך הטיסה	הכנות נדרשות לפני הטיסה	משימה	זמן מצטבר	הערות
		הכונד קדמי - לפני אמצע תחום השינוי שלו. אם צריך להוסיף משקולת לשם כך, יש לוודא כי המשקולת קשורה ומאובטחת למקומה.	5. עם תחילת ההזדקרות, הכנס רגל, עד הסוף, בכיוון הרצוי לביצוע הסחרור ומייד משיכה בסטיק עד הסוף אחורה. יש לשמור את המאזנות במצב אמצע. 6. המעבר ממצב טיסה אופקי למצב טיסה אנכי יכול לקחת שלושה עד ארבעה סיבובים והוא מוגדר כ"מצב ההתחלתי" של הסחרור. 7. במהלך המצב ההתחלתי של הסחרור הכוח הדינאמי וההתמדה עדין לא עברו את שיווי המשקל ובמטוסים רבים המטוס נוטה לצאת בעצמו מהסחרור. 8. בשלב ראשון, יש להיחלץ מהסחרור בצורה יזומה. 9. לאחר סיבוב אחד או שניים, יש להכניס רגל נגדית לכיוון הסיבוב ולדחוף את הסטיק במהירות תוך תנועה אחידה קדימה עד אשר הסבסוב נעצר. 10. יישר את הגה הכיוון ובצורה איטית ויציבה משוך הסטיק לאחור לעצירת הצלילה. 11. אין למשוך את הסטיק המהירות ע"מ למנוע התפתחות כוח G גבוה מהמותר למבנה המטוס. 12. משיכה מהירה יכולה לגרום גם לכניסה נוספת להזדקרות. 13. הוסף כוח מנוע וחזור לגובה 10000. 14. רשום את התנהגות המטוס. 15. חזור על הבדיקה לסחרור לכיוון השני. 16. רשום את התנהגות המטוס. 17. חזור שנית על שתי הבדיקות ורשום את התוצאה.		
23	0:30	קבלת מרשה לטיסה בגובה 5000 רגל מעפ"ש.	הזדקרות מואצת ללמוד ולהכיר את התנהגות המטוס בהזדקרות מואצת 1. טיפוס לגובה 5000 רגל מעפ"ש. א. הזדקרות בהטיה קבועה 2. ייצב המטוס לאופקית וישרה במהירות של 100 קשר וקזז. 3. הכנס את המטוס לפנייה מתואמת (Ball in the center) בהטייה של 30 מעלות (1.15G). 4. הקטנת מהירות בצורה איטית ורציפה תוך כדי הגדלת זווית ההטיה ל-60 מעלות (2.0G) ותוך שמירה על כדור במרכז. 5. לאחר הגיע המטוס להטיה של 60 מעלות המשך הקטנת המהירות עד קבלת "אזהרת ההזדקרות". 6. הוספת מנוע והקטנת ההטיה.	18:00	הזדקרות מואצת נוצרת במהירויות גבוהות ממהירות ההזדקרות. הזדקרות זאת נגרמת עקב התנתקות זרימת האוויר מחלקה העליון של הכנף בזווית התקפה גבוהה הנדרשת לצורך קבלת עילוי בעומסי כנף גבוהים. ישנם שני סוגים של הזדקרות מואצת: א. הזדקרות בהטיה קבועה, שבה שומרים על הטיה קבועה ומקטינים מהירות ו- ב. הזדקרות במהירות קבועה, שבה שומרים מהירות ומגדילים הטיה.

המדריך השלם לבניית מטוסים ע"י חובב בישראל

טיסה מס'	משך הטיסה	הכנות נדרשות לפני הטיסה	משימה	זמן מצטבר	הערות
			7. חזרה לטיסה אופקית וישרה במהירות 100 קשר. 8. רישום המהירות שבה התקבלה אזהרת ההזדקרות. 9. חזור על הבדיקה בהטיה לצד השני. 10. רישום את המהירות שבה התקבלה אזהרת ההזדקרות א. הזדקרות במהירות קבועה 11. ייצב המטוס באופקית וישרה במהירות 100 קשר. 12. הכנס לפניה מתואמת בהטיה של 45 מעלות כדור במרכז. 13. תוך כדי שמירת ההטיה, הקטן מהירות ל- 85 קשר. 14. לאחר השגת המהירות, שמור מהירות קבועה והתחל לחדד את הפניה (הגדלת הטיה) עד לקבלת אזהרת ההזדקרות. 15. מיד עם קבלת אזהרת ההזדקרות, הוסף כוח מנוע והקטן ההטיה. 16. ייצב המטוס למהירות 100 קשר בטיסה אופקית וישרה. 17. רישום את זווית ההטיה שבה התקבלה אזהרת ההזדקרות. 18. חזור על הבדיקה בהטיה לכיוון השני. רישום את הזווית. 19. חזור שנית על בדיקת שני סוגי ההזדקרות. 20. רישום התוצאות.		
24 - 28	0:30 כל טיסה	הכנת 8 שקי חול במשקל של 20 ק"ג כל אחד. לשקים תהיינה טבעות שדרן ניתן יהיה להשחיל את רצועות המושב ע"מ שניתן יהיה לאבטח אותם שלא יזוזו במהלך הטיסה. מיכלים מלאים דלק. קבלת מרשה לטיסה בגובה 5000 רגל מעפ"ש. בטיסה ראשונה יש להוסיף שק אחד בתא מטען אחורי ולאבטח אותו במקומו.	יציבות במרכז כובד אחורי 1. טיפוס לגובה 5000 רגל מעפ"ש 2. ייצוב המטוס לטיסה אופקית וישרה במהירות 110 קשר. קיזוז. 3. ביצוע בדיקת יציבות עלרוד עפ"י הנוהל בטיסה מס' 18. 4. רישום התוצאות והתנהגות המטוס. 5. ביצוע בדיקת יציבות עפ"י הנוהל בטיסה מס' 19. 6. רישום התוצאות והתנהגות המטוס. 7. ביצוע בדיקת מהירות ההזדקרות ללא מנוע עפ"י הנוהל בטיסה מס' 8 ורישום התוצאות. 8. ביצוע בדיקת מהירות ההזדקרות עם מנוע מלא עפ"י הנוהל בטיסה מס' 9. 9. חזרה לנחיתה. 10. תחקיר, העמסת שק נוסף בתא מטען אחורי וחישוב מיקום מרכז כובד.	20:30	כל הטיסות עד טיסה זו, בוצעו במרכז כובד קדמי ושלא במשקל מלא. החל מטיסה זו המשקל הכללי יעלה ומרכז הכובד יוזז בהדרגה לאחור. בכל הוספת משקולת, יש לחשב את מיקום מרכז הכובד ולבדוק שהמשקל המרבי לא הושג. בטיסות עם מרכז כובד אחורי יש לשים לב במיוחד לתגובות ההגאים ומומלץ לתרגל "נחיתה דמיונית" בגובה של לפחות 3000 רגל ע"מ "להרגיש את התנהגות המטוס" בנחיתה. בכל מקרה שהמטוס מתחיל להראות סימנים של חוסר שליטה מלאה, יש

המדריך השלם לבניית מטוסים ע"י חובב בישראל

טיסה מס'	משך הטיסה	הכנות נדרשות לפני הטיסה	משימה	זמן מצטבר	הערות
		יש לחשב את מיקום מרכז הכובד ואת המשקל הכולל של המטוס. הגשת מרשה לטיסה בגובה 5000 רגל מעפ"ש.	11. המראה לטיסה נוספת וחזרה על הבדיקות בטיסה הקודמת. 12. המשך ביצוע הטיסות עד לקבלת מיקום מרכז כובד מכסימאלי אחורי.		להפסיק את הבדיקה באופן מיידי, לחזור לנחיתה ולא להמשיך בביצוע הטיסות עד לאחר התייעצות עם יצרן הקיט.
29-30	0:30 כל טיסה	הטענת המטוס בשקי החול לקבלת משקל מרבי. לטיסה הראשונה יש לבחור מזג אוויר נוח וקריר (מומלץ בשעות הבוקר המוקדמות, כשאין רוח) ולטיסה השנייה מומלץ לבחור יום חם במיוחד. מומלץ לבחור נקודות ציון למרחקים בצד מסלול ההמראה. (אם יש מסלול הסעה מקביל למסלול ההמראה, אפשר להיעזר במכונית בעלת מד-מהירות המצויד במד מרחק דיגיטלי) קבלת מרשה לטיסה בגובה 5000 רגל מעפ"ש.	התנהגות במשקל מלא מטרת טיסה זו לבחון התנהגות המטוס במשקל מלא בדימוי מצב טיסה של טייס, נוסע ומטען. טיסה במזג אוויר קר 1. ביצוע המראה ללא מדפים. 2. רישום מהירות ההתנתקות ומרחק מסלול הריצה. 3. טיפס במהירות 100 קשר לגובה 1500 רגל ומדידת הזמן מרגע הניתוק עד ההגעה לגובה זה. 4. חזרה לנחיתה רגילה מלאה. 5. המראה נוספת בדרגה אחת (4 אורות ירוקים). 6. קיפול מדפים בגובה 500 רגל מעפ"ש. 7. חזרה על המדידות הקודמות: מרחק ריצה, מהירות ניתוק וזמן להגעה ל-1500 רגל). 8. ייצוב המטוס במהירות המתאימה לשיעור הטיפוס המרבי שנמדד בטיסה מס' 14. 9. המשך הטיפוס ומדידת הזמן מגובה 2000 ל-3000, מ-3000 ל-4000 ומ-4000 ל-5000 רגל. 10. רישום הזמנים. 11. חזרה לנחיתה ללא מדפים. רישום מהירות הנגיעה ומרחק הריצה על המסלול. טיסה במזג אוויר חם 12. חזרה על הטיסה הקודמת במזג אוויר חם. 13. רישום התוצאות כולל מרחקי המראה, מעבר 50 רגל ונחיתה.	21:30	מאחר ומיקום מרכז הכובד גמיש יותר מאשר המשקל המכסימאלי המותר, ניתן לבחור בין מיקום המטען בתא מטען אחורי או קדמי להשגת מיקום אופטימאלי של מרכז הכובד. לצורך מדידת הזמנים אפשר להיעזר באיש צוות הקרקע שיצויד בסטופר והטייס יודיע בקשר את נקודות הזמן למדידה. תוצאות הבדיקות יירשמו בספר המטוס. אם מסיבה כלשהי ימצא כי מהירות ההזדקרות במשקל מלא גבוהה ממהירות ההזדקרות שנמצאה בבדיקות הקודמות, יש לרשום (ולסמן ע"ג מד המהירות) את המהירות הגבוהה יותר.
31	1:00	יש לוודא כי במגבלות טיסות הניסוי יהיה אישור לטיסה בגובה של לפחות עד 20000 רגל. מומלץ לבצע את הטיסה בשבת, בימים שחיל האוויר לא מתאמן.	בדיקת תקרת טייס מטרת הבדיקה לבחון את התנהגות המטוס והמנוע בגובה רב. 1. המראה וטיפוס לגובה 3000 רגל במהירות שנמצאה מהירות הטיפוס המרבית. 2. המשך טיפוס במהירות לטיפוס מרבי וקיזוז.	22:30	טיסה זו אינה חייבת להתבצע בשלב זה של טיסות הניסוי ואפשר לדחותה לקראת סוף הסדרה. בכל מקרה של בעיה המתגלית במהלך הבדיקה, יש להפסיק מיד את הטיפוס

המדריך השלם לבניית מטוסים ע"י חובב בישראל

טיסה מס'	משך הטיסה	הכנות נדרשות לפני הטיסה	משימה	זמן מצטבר	הערות
		רצוי לבחור יום בו מזג האוויר יציב והרוחות מינימאליות. יש להצטייד במערכת חמצן ניידת. יש להגיש מרשה מיוחד לטיפול לגובה 20000 יש להעמיס את המטוס למשקל מרבי ולאבטח את המטען במקומו. יש לוודא פעולה תקינה של הטרנספונדר.	3. דילול התערובת עפ"י הנחיות יצרן המנוע. 4. מדידת הזמן לטיפול לכל 1000 רגל ורישום. 5. רישום קריאת שיעור הטיפול המוצג ב-DYNON. 6. המשך הטיפול תוך כדי בחינה מתמדת של טמפרטורה ולחץ השמן במנוע והמשך רישום נתוני הטיפול. 7. טיפוס עד לגובה ששיעור הטיפול יורד ומגיע ל-100 רגל לדקה. 8. ירידה לגובה 12000 רגל ובדיקת המהירות המכשירית מול מהירות הקרקעית עפ"י ה-GPS. 9. רישום הטמפרטורה החיצונית. 10. ירידה כ-8000 רגל ובדיקת המהירות המכשירית מול מהירות ה-GPS. 11. רישום התוצאות.		ולחזור לנחיתה. יש לבדוק את מקור הבעיה ולתקנו לפני המשך ביצוע טיסות נוספות. לצורך מדידות המהירות מומלץ לבצע כל בדיקה בשני כיוונים שונים – פעם עם כיוון הרוח ופעם נגדה. בכל מהלך הטיסה יש לוודא קשר דיבור קבוע עם הבקרה. יש לדבר כל 2 עד 3 דקות (בטחון מפני אבדן ההכרה מחוסר חמצן בגובה רב).
32	1:00	הגשת מרשה לטיסה עד לגובה 5000 רגל מעפ"ש. מומלץ לבצע את הטיסה ביום ללא רוח או מוקדם בבוקר.	מציאת מהירות לקבלת L/D max ללמוד התנהגות המטוס בגלישה 1. טיפוס לגובה 3000 רגל. 2. הורדת מהירות ל-90 קשר, קיזוז לאופקית וישרה. 3. מנוע לסרק ופסיעה מכסימאלית. 4. קיזוז המטוס להנמכה במהירות של 90 קשר. 5. לאחר התייצבות המטוס, רישום מהירות המכשירית ושיעור ההנמכה. 6. תוך שמירת מהירות כניסה לפנייה מתואמת בהטיה של 20 מעלות ורישום אובדן הגובה בפנייה של 90 מעלות ו-180 מעלות. 7. טיפוס חזרה לגובה 3000 רגל וחזרה על הבדיקה במהירות 85 קשר. 8. ביצוע הבדיקה במהירות 80 קשר. 9. ביצוע הבדיקה במהירות 75 קשר.	23:30	בבדיקה זו יש למצוא את המהירות לקבלת יחס הגלישה המיטבי ע"מ להכיר את המהירות האופטימאלית להשגת מרחק מכסימאלי במקרה של נחיתה אונס עקב אבדן מנוע וכן גם לקבלת טווח טיסה מרבי. יש להקפיד במיוחד על טיסה מתואמת. כמו כן, תוצאות הבדיקה יראו מהו אובדן הגובה בביצוע פניות של 90 מעלות ושל 180 מעלות ללא כוח מנוע. בכל מקרה, יש להפסיק את הבדיקה בגובה שלא יפחת מ-1000 רגל מעפ"ש. אם אבדן הגובה מצריך זאת, יש להתחיל את הבדיקה בגובה 4000 רגל מעפ"ש.
32	1:15	לימוד הפרוצדורה של תהליך כיול מד זווית ההתקפה של ה-Dynon. הכנת דף נוהל בדיקה עפ"י הנחיות היצרן. בטיסה זו יש להיעזר באדם נוסף שסייע לטייס בתהליך הכיול של המכשיר.	כיול ה-Dynon (או כל מערכת תצוגה אלקטרונית המותקנת במטוס) מטרת הטיסה לכייל את מד זווית ההתקפה של ה-Dynon. 1. המראה וטיפול לגובה 3000 מעפ"ש. 2. ייצוב המטוס באופקית וישרה במהירות 120 קשר. 3. קיזוז. 4. ביצוע תהליך כיול המכשיר בהתאם לדף התהליך שהוכן.	24:45	בבדיקת צריכת הדלק, יש להתחשב בעובדה כי צריכת הדלק במנוע חדש משתפרת במהלך 100 השעות הראשונות. הבדיקה נועדה לתת מושג ראשוני על הצריכה ולאמת את טבלת הצריכה של יצרן המנוע כפונקציה של גובה הטיסה,

המדריך השלם לבניית מטוסים ע"י חובב בישראל

טיסה מס'	משך הטיסה	הכנות נדרשות לפני הטיסה	משימה	זמן מצטבר	הערות
		יש לוודא קיום אישור לאיש צוות נוסף בהגבלות טיסות הניסוי יש לתת הדרכה לאיש הצוות הנוסף על כל תכונות המטוס שנלמדו עד לשלב זה. יש להגיש מרשה לטיסה בגובה 3000 רגל ולידע את הבקרה על הימצאותו של איש צוות במטוס. יש לרשום את משקלו הכולל של המטוס.	5. לאחר גמר תהליך הכיול הורדת מהירות הטיסה ל-100 קשר, ייצוב באופקית וישרה וקזוז. 6. רישום זווית ההתקפה המתקבלת עפ"י ה-Dynon. 7. הורדת מהירות ל-90 קשר, ייצוב לאופקית וישרה וקזוז. 8. רישום זווית ההתקפה עפ"י המכשיר. 9. חזרה על התהליך במהירות 80 קשר ורישום. 10. חזרה לנחיתה עפ"י המהירויות שנלמדו כאשר תוך כדי נחיתה, איש הצוות השני רושם את הזווית המתקבלת ב-Dynon במהירויות השונות במהלך הנחיתה ברזולוציה של 3 קשר. 11. יש לרשום את הזווית המתקבלת בדיוק עם הנגיעה של המטוס בקרקע.		טמפרטורת האוויר החיצונית, הסל"ד ולחץ סעפת היניקה. התוצאות, כאמור יתנו רק מושג ראשוני ובינתיים יירשמו לצורך התייחסות בלבד ולא כנתון בספר המטוס. לאחר כמאה שעות טיסה, יש לערוך בדיקת הצריכה ואת תוצאותיה לרשום בספר המטוס.
33 - 36	כל טיסה תימשך בין 1:00 ל- 2:00	בדיקת המצפן המגנטי על הקרקע (יש להיעזר במצפן פריזמטי). הבדיקה תיעשה ע"ג קרקע כורכר או אדמה ולא על משטח בטון (למנוע השפעת הברזל שבבטון) במקביל לבדיקת המצפן המגנטי, יש לבדוק ולכיייל את מצפן ה-Dynon עפ"י הוראות היצרן. אם סטיית המצפן המגנטי גדולה מ-3.00 מעלות ביחס למצפן הפריזמטי ו/או מצפן ה-Dynon, יש להסירו ולמסור לכיול במכון בדק מתאים. טיסות לבדיקת צריכת הדלק ייעשו לאחר מילוי מלא של שני המיכלים ומדידת תוספת הדלק שנצרכה למילוי של המיכלים מיד עם גמר הטיסה. הגשת מרשה לטיסות מרחב כרגיל, מומלץ לבצע את הטיסות בשעות הבוקר המוקדמות כאשר הרוח שקטה או בכלל אין.	טיסות מרחב: צריכת דלק וניווט. מטרת הבדיקות למצוא את צריכת הדלק האמיתית מול זו המוצגת באמצעות מד צריכת הדלק וללמוד את התנהגות המטוס בטיסות מרחב. א. בדיקת דיוק מצפן 1. הטיסות יתבצעו בגבהים שיתנו ע"י הבקרה. 2. לצורך בדיקת המצפן המגנטי, יש לבחור תוואי קרקעי המופיע על המפה וכיוונו המגנטי ידוע, שהוא קו ישר לאורך של לפחות 1 ק"מ. 3. בדיקת המצפן תעשה בטיסה, כאשר אף המטוס מכון לאורך התוואי הקרקעי, בשני כיוונים לאורך תוואי הקרקע הידוע. 4. יש לבחור תוואי נוסף הניצב לכיוונו של התוואי האשון ולחזור על הבדיקה גם ביחס אליו. 5. יש לרשום את כיוון התוואי הקרקעי ואת הכיוון המתקבל במצפן. 6. במהלך הטיסה לאורך התוואי הקרקעי, יש לשדר "שידור עיוור" בתחום התדרים הנמוכים (118.50MHz), התדרים הבינוניים (126.85MHz) והתדרים הגבוהים (131.25MHz) ולבדוק את השפעת השידור על סטיית המצפן. 7. במקביל, יש לבדוק השפעת השידור גם על מצפן ה-Dynon.	30:00	

המדריך השלם לבניית מטוסים ע"י חובב בישראל

טיסה מס'	משך הטיסה	הכנות נדרשות לפני הטיסה	משימה	זמן מצטבר	הערות
			ב. בדיקת צריכת דלק 8. הטיסות יתבצעו בגבהים שינתנו ע"י הבקרה. ג. התנהגות בטיסת ניווט 9. הטיסות יתבצעו בגבהים שינתנו ע"י הבקרה. ג. בדיקת קשר רדיו במהלך אחת מטיסות הניווט יש להיעזר באיש צוות קרקע שיהיה מצויד במכשיר רדיו דו כיווני, אשר יימצא בנקודה בולטת מעל פני השטח וללא חסימת קו הראיה עם המטוס. אחת לכמה דקות יש ליצור קשר בין המטוס לאיש צוות הקרקע ולבדוק את איכות הקשר כפונקציה של המרחק. יש לרשום את התוצאות. כמו כן, יש לרשום את איכות הקשר עם תחנות הבקרה האזורית.		
37 - 40	0:30 כל טיסה	לכל טיסות אלו יש להצטייד במצנח וקסדה. יש לוודא קיום אישור לביצוע טיסות אירובטיקה בהגבלות טיסות הניסוי יש להכין רשימת תרגילים שעל-פיה תיבדק התנהגות המטוס. רשימה זו תוכנס במגבלות התפעול בהמשך חיי המטוס.	אירובטיקה מטרת בדיקות אלו לבחון התנהגות המטוס במצבי טיסה שמצריכים תמרונים חדים ומצבי אף שאינם קיימים בטיסות נורמאליות.	32:00	המטוס, בהגדרה, אינו מטוס לתחרויות אירובטיקה אולם היצרן מגביל את המטוס ל עומסים של +6G ו-3G. עפ"י ספר המטוס, לכל תרגיל אירובטיקה מתאימה מהירות כניסה. יש להקפיד לשמור על המהירויות הרשומות.

עמוד זה הושאר ריק בכוונה

חלק רביעי - סיכום

1. כללי

בספר זה, נעשה ניסיון להביא לבונה הפוטנציאלי ולכל מי שמתעניין בתחום, כמו גם לבונים ותיקים, שכבר סיימו את הבנייה ומתעניינים בהעמקת הידע, אם זה מתוך סקרנות או מתוך רצון לפתח את המיומנויות האישיות שלהם לצורך תחזוקה טובה ויעילה של מטוסם, מידע רב, ככל הניתן, על הנושאים הקשורים בבניית מטוס ע"י חובב. באופן טבעי וצפוי, אנו משערים כי נפלו שגיאות ואי דיוקים, כאלו ואחרים, בכתיבת הספר ואנו נברך על כל הערה והארה שנקבל מבעלי ידע וניסיון.

הבטחה קיימת כי תהיה התייחסות לכל תגובה ואלו שתמצאנה מתאימות - יוכנסו במהדורות הבאות של הספר. ליצירת קשר ושליחת תגובות אפשר לשלוח חומר לאחר מהדוא"לים הנ"ל:

I. ariel_arielly@yahoo.com

II. rv8a@walla.co.il

ועוד הערה קטנה, אישית - נושא הביטוח.

הגיע לידי פוסט שהתפרסם בפורום של בוני המטוסים של וואנס:

<https://vansairforce.net/community/showthread.php?t=187183>

Time stamp 2014 ... I built an RV - 4 that was ready to take to the air field. 40 hours work left maximum. Then I saw a lick of flame venturing down my front drive . The wildfire flame got bigger. It got interesting from a thermodynamic perspective.

It got intense when the wild fire crowned and I hid under rocks and such ... any way that was 2014 and Even better I didn't die in the fire.

The RV - 4 went airborne but without me in it...

The airframe (all those rivets) just took the fire and vaporized... I expected to see a pool of Aluminum where my RV - 4 once was. But there was nothing. Not even ash.

It took us fire fighters 5 weeks to defeat that fire ... I didn't have a house any more but I wasn't dead... down but not out.

.Mark Bolton. FYI I am Australian...

בעקבות הכתבה, עולה השאלה האם כדאי לבטח את המטוס בשלב הבנייה (הכוונה לביטוח מקיף של המטוס עצמו)? לי אין תשובה מוחלטת. מאד ייתכן, כי בשלב הבנייה כן כדאי לבטח - פגעי טבע, גניבות, שריפה וכד', אבל ובעיקר - בטוח צד שלישי למבקרים העלולים להיפגע בעת ביקור. שכל בונה יעשה את השיקול "עלות - תועלת" לעצמו ויקבל החלטה. לגבי ביטוח מקיף של המטוס כאשר כבר יהיה בנוי - אנחנו, קבוצת שותפים במטוס RV8A של וואנס, הגענו להחלטה כי אנחנו נעשה "ביטוח עצמי", כלומר, כולנו לוקחים על עצמנו את הסיכון ואם יקרה משהו למטוס, כל השותפים יישאו בעלויות התיקון. ואם נגיע למצב של "Total Loss" - ההפסד של כולנו. אך, עם כל האמור לעיל, יש חובה, לדעתי, לעשות ביטוח צד שלישי לנוסע במטוס ולנמצאים על הקרקע (וזאת בהנחה כי לטייס יש ביטוח חיים משלו).

כפי שעולה מדפי הספר, אני מטיח לא מעט ביקורת בפקידי רת"א, והם "הרוויחו אותה ביושר". כמובן, היינו מעדיפים למצוא אוזן קשבת ושיתוף פעולה אצל ועם פקידי רת"א, הן לשיפור בטיחות הטיסה במטוסים בנויים ע"י חובב והן לקידום הנושא בישראל.

אנו, מצידנו, מוכנים לנהל דו-שיח מתמיד עם רת"א ואפילו להקים צוותי עבודה משותפים, ואולי, באופן זה, נצליח ביחד לתרום לשגשוגו של ענף התעופה הספורטיבית בכלל ותחום בניית המטוסים ע"י חובב, בפרט.

ידנו מושטת!

ועוד תוספת קטנה. מוגש כחומר למחשבה:

בניית מטוסים ונישואין

ועוד משהו "קטן" שצריך להתחשב בו ולהתייחס אליו, משהו הקשור לבניית מטוסים ונישואין.....

יש, לפחות, שלושה סוגי נישואין, הקשורים לבונה המטוס –

א. בן/בת זוג המעורב/ת באמת בתהליך בניית המטוס

ב. בן/בת זוג התומכ/ת בתהליך הבנייה, אינו/ה מעורב/ת בו אשר יש לו/לה העניינים שלו/ה לעסוק בהם, ומבהיר/ה כי זה אינו הפרויקט שלו/ה – ובני הזוג חיים בשלום אחד עם השנייה.

ג. ה"גרוש/ה". לא בטוח כי הנישואין קרסו בגלל שמשהו מבני הזוג עוסק בבניית מטוס, אבל, בודאי שעניין זה "לא עוזר" לשמור על הנישואין....

מה יעשה כל אחד? צריך לדעת עם מי להתחתן..... :-)

וביתר רצינות.

מאד חשוב כי הבונה ינסה, ככל הניתן, לשתף את בני משפחתו בתהליך הבנייה. גם אם לא בעצם תהליך הבנייה, מאד מומלץ ורצוי ליידע את בני המשפחה בתהליך, להסביר כל שלב ואת המשמעויות הכספיות. כי, ככל שבני המשפחה של הבונה יהיו מעורבים יותר בתהליך, מידת ההתנגדות (אם קיימת) תפחת. ובסופו של דבר, הייתי ממליץ לפתח ציפיות לקראת הטיסה במטוס הגמור.....

2. על הכותבים

להלן מספר מילים על כל אחד מכותבי הספר במילותיהם שלהם:

א. חיים רווה (המנוע וטיסות הניסוי):

מטיס ובעלים חלקם בשותפויות של: 8 RV. GA [בניה מקיט], לנסאייר 360. GA [בניה מקיט] ושני אז"מים - P-92 וסונקס.

וכן בעלים של טרקטורון מעופף. [בניה עצמית] ומצנחים עם מנועי גב. מצנחי רחיפה בודדים וכפולים.

ומגובה לנמוך - עבר עשיר בכלי שיט וצלילות.

6 שנים עד 1991 בניתי ונהגתי במרוצי מכוניות. אלוף הארץ כמה שנים. פעיל מאוד בהקמת המרוצים בארץ.

בענף המרוצים, הוכחתי כי מנועים למרוצים אני יודע כמו גם בכל מבנה הרכב. כל חלקי הרכב הם מעשי ידי.

ב- 1991 בגיל 44 קבלתי רישיון לטוס באז"מ. היום בניסיוני, כמעט 30 שנות תעופה מגוונת. מצנחי רחיפה על ענפיהם,

מדריך וטייס ראשי בכל ענפי המצנחים. ב 1980 יזמתי תכנון, פיתוח וטיסות ניסוי על הכנף/חופה מתקדמת לכלים

האלו, ראשון בעולם ואכן זו אחת החופות הספורטיביות והמתקדמות עד היום. כהוכחת יכולת, טסתי עם החופה

לקפריסין וחזרה, מבצע אשר נרשם גם בשיאי גינס העולמי.

בעבר ומאז שנשלל לי רישיון הטיסה לשנה, ע"י ראש המנהל דאז וללא בדיקה שלו מה קרה בתלונת אזרח נגדי, הורדתי

פרופיל בעיסוקי הציבוריים בתעופה. אני עוסק רק בתעופה שלי וחברי הקרובים.

פעמים טסתי לאושקוש וחזרה. פעם בג'ט פרטי של חבר ופעם שנייה בדו מנועי קטן לא מדוחס.

אני טס להנאתי ועושה הרבה אווירובטיקה להנאתי.

ב. רואי בן ענת (בניית מטוס מתוכננות - מעץ מצופה בד ועץ):

אני בן 32 נשוי + 2, אבא שלי (שותפי לבניה), הוא טייס אולטראלייט (היום, קוראים לזה - אז"מ) ובנה בעצמו טרייק כשהייתי בן 11 כך שבנית מטוס בחצר לא היה דבר זר עבורי. התחלתי להטיס טיסנים בגיל 12 ולאחר מכן עברתי להטיס מסוקי רדיו, השתתפתי בתחרות הערבה הפתוחה וזכיתי מקום 3. בשנים 2005 ו-2006, לימדתי עשרות חניכים להטיס מסוקים, התעסקתי גם עם המכאניקה והכיול שלהם. בצבא השתתפתי בקורס מטיסי כטב"מ בצה"ל עד כולל שלב "חצי גודל". במהלך שירותי הצבאי עבדתי מספר חודשים בודדים בחברת "אורבן אירונאוטיקס". כיום אני בעלים של מפעיל אווירי להטסת רחפנים (רב-להב) מסחרי, ובעל רישיון מטיס רב-להב בקשר עין עד 25 ק"ג. את רישיון הטיס החלטתי לעשות לאחר שהעסק התחיל להתבסס וסיימתי בהצלחה לאחר 48 שעות (GA) כששאלתי את עצמי איזה טיס אני רוצה להיות, החלטתי שאני רוצה לטוס אווירובטיקה, וכדי לעשות זאת בתנאים של אדם שאינו מיליונר מצאתי את ה-1070DR – מאחר ואבי בנה מטוס בעברו בשילוב עם עידן המידע וקהילת בוני מטוסים חמה ותומכת החלטתי יחד איתו לבנות את המטוס.

ג. אריאל אריאלי (בניית מטוסים ממתכת, המנוע, טיסות הניסוי ועריכת הספר):

נולדתי בקיבוץ. כמו כל ילד חובב תעופה, בניתי דגמי מטוסים מנייר שצורפו, בזמנו, לביטאוני חיל האוויר. בגיל 10 התחלתי להצטרף לרפול לדאיות דאונים בבסיס רמת דוד וכש"הגעתי לפדלים" התחלתי גם להטיס דאונים. בשנת 1967, מיד לאחר מלחמת ששת הימים, פעילות הדאיה של קלוב התעופה לישראל, עברה מרמת דוד למנחת מגידו ואני הייתי בין ה"מייסדים" של הפעילות במגידו. שם גם התחלתי ללמוד (מנחם בר היה המדריך שלי) להטיס מטוסים ממונעים (פיפר, קב וסופר-קאב, סטירמן ומאוחר יותר הוצאתי רישיון טייס על ססנה. בשנת 1982 נחשפתי לראשונה לתחום בניית מטוסים ע"י חובב - מטוס Long-EZ, שהתחילה לבנות קבוצת שותפים (ביניהם קברניט אברהם קמחי ואל"מ (מיל) צחיק יבנה) ובשנת 1997 החלטתי לבנות מטוס בעצמי. פניתי לחברת וואנס והם המליצו לי לבנות את ה-RV8. רכשתי את הקיט והתחלתי לבנות במהלך השנים הצטרפו אליי עוד שותפים ובשנת 2012 המטוס עלה לאוויר. אות הקריאה של המטוס: 4X-OAA.

* * *