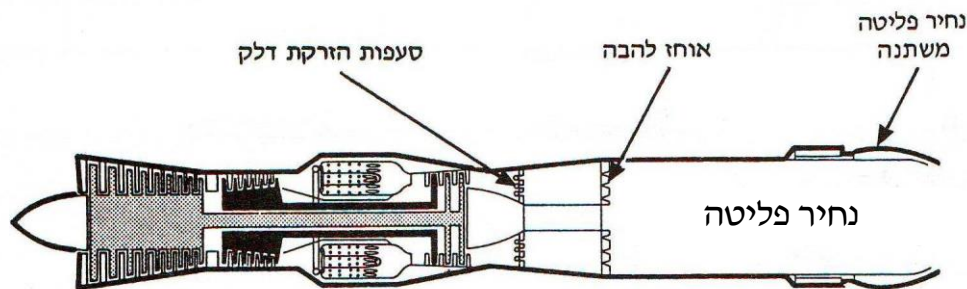


נחיר בעל התפשטות מושלמת



תפקיד נחיר הפליטה הוא האצת זרם הגז עד למהירות מקסימלית אפשרית ביציאה ממנו. המהירות המקסימלית תתקבל כאשר הלחץ הסטטי ביציאה מהנחיר שישומן ב- P_j יהיה שווה ללחץ הסביבה P_a לנחיר מסוג זה קוראים נחיר בעל התפשטות מושלמת. בתרשים מתואר נחיר מתכנס מובן שנחיר בעל התפשטות מושלמת עשוי להיות גם נחיר מתכנס- מתבדר וכאשר נחיר מסוג זה (מתכנס – מתבדר) הוא בעל התפשטות מושלמת הרי שהמהירות ביציאה ממנו תהיה מהירות על קולית מובן שהמונחים על קולי ותת קולי מתייחסים לתנאים השוררים בנחיר.

מהירות הקול בצוואר הנחיר היא תמיד תהיה הרבה יותר גבוהה ממהירות הקול באטמ', זאת מכיוון שמהירות הקול היא יחסית לשורש הטמ' ולכן מהירות הקול בנחיר ששם הטמ' גבוהה תהיה גבוהה יותר ממהירות הקול באטמ'. אנו נתרכז בשלב ראשון בנחיר בעל התפשטות מושלמת ונוסף לכך איזנטרופי.

המשמעות של איזנטרופי היא שהזרימה היא הפיכה ואינה כוללת מעבר חום, כלומר: אין כל הפסד חיכוך בנחיר האיזנטרופי בנוסף אנו מניחים שבנחיר לא מתבצעת כל עבודה, כלומר: התהליך הינו איזנטרופי וגם חסר עבודה כלומר הוא הפיך, ללא הפסדי חיכוך, ללא מעבר חום וללא עבודה.

מתברר שהתהליך בנחיר הוא הפיכת אנתלפיה למהירות. בנחיר האיזנטרופי הלחץ הטוטאלי נשמר והטמ' הטוטאלית נשמרת כלומר הלחץ הטוטאלי בכניסה וביציאה מנהחיר הוא שווה והטמ' הטוטאלית בכניסה וביציאה מהנחיר הן שוות. מתברר שמבחינה פיסיקלית האנרגיה הקינטית ביציאה מנהחיר עולה אך יורדים הערכים הסטטיים.



הערה חשובה:

כאשר בנחיר יהיו הפסדים הם בד"כ יהיו הפסדים בלחץ הטוטאלי מכיוון שהפסדים אלה יהיו בעיקרם הפסדי חיכוך ומערבולות או התנגדות אווירודינמית של גופים בתוך הנחיר, כלומר: הפסדים בנחיר יבוטאו תמיד במונחי מפל לחץ טוטאלי ואף פעם לא במונחי טמ"פ טוטאלית.

נחיר מתכנס - לוגיקה

<u>נושא</u>	<u>נחיר מתכנס התפשטות מושלמת</u>	<u>נחיר מתכנס חנוק (על קריטי)</u>
בדיקת יחס לחצים	$\frac{P_{0j}}{P_j} \left(\frac{kj+1}{2} \right)^{\frac{kj}{kj-1}}$	$\frac{P_{0j}}{P_j} \left(\frac{kj+1}{2} \right)^{\frac{kj}{kj-1}}$
לחץ סטטי בצוואר הנחיר (יציאה)	$P_j = P_a$	$P_j = \left(\frac{2}{kj+1} \right)^{\frac{kj}{kj-1}} \cdot P_{0j}$
מספר מאך ביציאה מנחיר	$M_j = \sqrt{\frac{2}{kj-1} \left[\left(\frac{P_{0j}}{P_j} \right)^{\frac{kj-1}{kj}} - 1 \right]}$	$M_j = 1$
טמ"פ ביציאה מנחיר	$T_j = \frac{T_{0j}}{1 + \frac{kj-1}{2} \cdot M_j^2}$	$T_j = \frac{P_{0j}}{1 + \frac{kj-1}{2}}$
מהירות יציאה מנחיר	$c_j = \sqrt{2C_{pj}\eta_j T_{0j} \left[1 - \left(\frac{P_j}{P_{0j}} \right)^{\frac{kj-1}{kj}} \right]}$	$C_j = \sqrt{k \cdot R \cdot T_j} = \sqrt{k \cdot R \cdot \frac{T_{0j}}{1 + \frac{kj-1}{2}}}$



$F_G = \dot{m}_j \cdot C_j + (P_j - P_a) \cdot A_j$	$F_G = \dot{m}_j \cdot C_j$	דחף נחיר
$F_G = \left[P_{oj} \left(\frac{2}{kj+1} \right)^{\frac{kj}{kj-1}} (kj+1) - P_j \right] A_j$	$F_G = \frac{2kj}{kj-1} \cdot \left[\left(\frac{P_{oj}}{P_j} \right)^{\frac{kj-1}{kj}} - 1 \right] A_j \cdot P_j$	
$\dot{m} = \sqrt{\frac{kj}{R}} \cdot \frac{A_j \cdot P_{oj}}{\sqrt{T_{oj}}} \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{kj-1}{2} \right)^{\frac{kj+1}{2(kj-1)}}}$	$\dot{m} = \sqrt{\frac{kj}{R}} \cdot \frac{A_j \cdot P_{oj}}{\sqrt{T_{oj}}} \cdot \frac{M_j}{\left(1 + \frac{kj-1}{2} \cdot M_j^2 \right)^{\frac{kj+1}{2(kj-1)}}}$	ספיקה
$F = F_G - \dot{m}_a \cdot M_a \sqrt{k_a \cdot R \cdot T_a}$	$F = F_G - \dot{m}_a \cdot M_a \sqrt{k_a \cdot R \cdot T_a}$	דחף מנוע

הקשר לקביעת האם הנחיר חנוק או בעל התפשטות מושלמת:

$$\left(\frac{P_{Oe}}{P_a} \right)_{cr} = \left(\frac{k+1}{2} \right)^{\frac{k}{k-1}}$$

אם:

$$\left(\frac{P_{Oe}}{P_a} \right)_{cr} > \left(\frac{k+1}{2} \right)^{\frac{k}{k-1}} \Rightarrow \text{נחיר חנוק}$$

$$\left(\frac{P_{Oe}}{P_a} \right)_{cr} < \left(\frac{k+1}{2} \right)^{\frac{k}{k-1}} \Rightarrow \text{נחיר בעל התפשטות מושלמת}$$

מסקנה:

בנחיר מתכנס מכיוון שהלחץ הסטטי ביציאה מהנחיר גבוה מלחץ הסביבה אזי ההתפשטות אינה מושלמת = נחיר חנוק.

$$P_e > P_a \Rightarrow \text{נחיר חנוק}$$