«« تمامی مسائل زیر را در حالت دو بعدی در نظر گرفته و از اثرات اصطکاک نیز صرف‌نظر کنید »»

۱. شرایط مخزن یک تونل باد مافوق‌صوت $p_0 = 100\,\text{kPa}$ و $T_0 = 300\,\text{K}$ است که هوای مخزن پس از عبور از یک نازل همگرا - واگرا به مقطع تست تونل راه می‌یابد. با قرار دادن گوه‌ای با زاویه راس ۳۰ درجه در مقطع تست، مشاهده می‌شود که امواج ضربه‌ای با زاویه ۲۸ درجه در راس گوه تشکیل می‌شوند. مشخصات ترمودینامیکی هوای ورودی به مقطع تست و نیز نسبت مساحت مقطع تست به مساحت گلوگاه نازل را بدست آورید.

توجه: گوه با زاویه حمله صفر در مقطع تست قرار داده شده است.

۲. یک نازل همگرا - واگرا با مساحت گلوگاه ۰/۲ مترمربع را در نظر بگیرید که مشخصات هوای خروجی از آن مطابق اتمسفر استاندارد در سطح دریا است. فشار استاتیکی (ترمودینامیکی) گلوگاه برابر ۰/۸۳۶۴ اتمسفر اندازه‌گیری شده است. در صورتی که در سه تست مجزا، لوله پیتو قرار داده شده در خروجی قسمت واگرای نازل، مقادیر زیر را نشان دهد،

- ۱/۵۸۴ اتمسفر
- ۰/۷۰۵۲ اتمسفر
- ۱/۲۱۱۷ اتمسفر

برای هر یک از حالات فوق، منحنی تغییرات عدد ماخ و فشار استاتیکی در طول نازل را به صورت کیفی ترسیم کرده و مساحت مجرا در ناحیه‌ای که لوله پیتو قرار داده شده را نیز محاسبه کنید.

توجه: در تمامی حالات فوق، فرض کنید جریان در داخل نازل به صورت کاملا آیزنتروپیک است.

۳. یک نازل همگرا با مساحت خروجی $A_e = 329\,\text{cm}^2$ به مخزنی متصل شده است که فشار و دمای هوای داخل آن به ترتیب برابر با $134.519\,\text{kPa}$ و $400\,\text{K}$ هستند. در صورتی که دبی جرمی هوای عبوری از این مجرا $8.549\ \text{kg/s}$ باشد،

الف) مقدار فشار در دو مقطع زیر از نازل را تعیین کنید:

- مقطعی که مساحت آن $500\,\text{cm}^2$ است
- خروجی نازل

ب) اگر این مخزن مطابق شکل روی یک سطح بدون اصطکاک قرار گیرد، نیروی موردنیاز برای جلوگیری از حرکت این مخزن را محاسبه کنید.

۴. الف) رابطه ماکزیمم دبی جرمی عبوری از یک نازل همگرا - واگرا بر حسب شرایط مخزن را استخراج کنید.

ب) شرایط مخزن یک نازل همگرا - واگرا به صورت $T_0 = 300\,\text{K}$ و $p_0 = 124.224\,\text{kPa}$ و مساحت خروجی آن نیز برابر ۱۲ سانتی‌مترمربع می‌باشد. اگر مساحت گلوگاه این نازل بین مقادیر ۷ تا ۱۱ سانتی‌مترمربع متغیر باشد، دبی جرمی عبوری از این نازل در چه بازه‌ای تغییر خواهد کرد؟ ($p_b = 101.325\,\text{kPa}$)

۵. اثرات برگشت‌ناپذیری و افت در نازل‌ها، توسط پارامتری به نام بازده نازل (η_n) و به صورت زیر بیان می‌شود

$$\text{بازده نازل} = \frac{\text{تغییر انرژی جنبشی در حالت واقعی}}{\text{تغییر انرژی جنبشی در حالت ایده‌آل}}$$

این پارامتر، برای یک نسبت فشار ثابت تعریف می‌شود. برای یک نازل همگرا با شرایط:

- فشار مخزن: $150\,\text{kPa}$ دمای مخزن: $350\,\text{K}$
- فشار خروجی: $100\,\text{kPa}$ بازده: 95%

سرعت و دمای خروجی از نازل را در دو حالت واقعی و ایده‌آل تعیین کنید.

توجه: جریان را به صورت ادیاباتیک در نظر بگیرید.

۶. یک نازل همگرا - واگرا با سطح مقطع گلوگاه ۳۰ سانتی‌مترمربع به مخزنی که دما و فشار آن به ترتیب برابر ۳۱۰ کلوین و ۷۰۰ کیلوپاسکال است متصل شده است. در صورتی که نسبت مساحت خروجی به مساحت گلوگاه این نازل برابر ۳/۵ باشد، مطلوبست:

- عدد ماخ جریان خروجی (جریان مافوق صوت کاملا آیزنتروپیک)
- ماکزیمم دبی جرمی عبوری از مجرا
- تعیین محدوده پس‌فشار[1] به‌گونه‌ای که جریان در کل نازل به صورت زیرصوت باشد
- تعیین مقدار پس‌فشار به‌گونه‌ای که یک موج ضربه‌ای قائم در خروجی نازل تشکیل شود
- تعیین محدوده پس‌فشاری که در آن امواج ضربه‌ای مایل در خروجی نازل بوجود می‌آیند
- تعیین محدوده پس‌فشاری که در آن امواج انبساطی در خروجی نازل تولید می‌شوند

تعیین محدوده پس‌فشار به‌گونه‌ای که یک موج ضربه‌ای قائم در قسمت واگرای نازل که نسبت مساحت آن بزرگتر از ۲/۵ است پدید آید.

۷. تغییرات مساحت یک نازل همگرا - واگرا بر حسب طول آن، توسط رابطه زیر بیان می‌شود:

$$A(x) = 1 + 10(x - 0.5)^2 \qquad 0 \le x \le 1$$

اگر فشار مخزن و فشار خروجی نازل به ترتیب برابر ۸۰۰ و ۳۷۳/۴ کیلوپاسکال باشند و ماخ گلوگاه نیز به ۱ رسیده باشد؛ در صورت تشکیل موج ضربه‌ای در این نازل، فاصله موقعیت موج‌ضربه‌ای را از گلوگاه نازل تعیین کنید.

۸. یک نازل همگرا به مخزنی به حجم ۱۰ مترمکعب متصل شده است. فشار و دمای هوای داخل این مخزن به ترتیب برابر ۷۰۰ کیلوپاسکال و ۳۰۰ کلوین بوده و خروجی نازل نیز در شرایط اتمسفریک می‌باشد. در صورتی که مساحت خروجی این نازل برابر ۱ سانتی‌متر مربع باشد، مدت زمانی را تعیین کنید که طی آن فشار داخل مخزن به میزان ۳۰ درصد کاهش می‌یابد.

1. Back Pressure