دانشکده فنی و مهندسی

پروژه کارشناسی ارشد درس دینامیک گاز

موضوع :

بررسی تاثیر برخورد امواج سوپرسونیک به Ramp خطی با موانع مربعی در یک مجرای هوایی با استفاده از نرم‌افزار COMSOL

نام استاد:

دکتر شاطری

تدوین:

فاطمه علیپور

مقدمه

جریان‌های سوپرسونیک دارای ویژگی‌ها و پیچیدگی‌های خاصی هستند که مطالعه و تحلیل آن‌ها در زمینه‌های مختلفی از جمله مهندسی هوافضا اهمیت ویژه‌ای دارد. یکی از مسائل مهم در این حوزه، تاثیر موانع هندسی بر رفتار جریان و موج‌های ضربه‌ای در این نوع جریان‌ها است. هدف اصلی این پژوهش، بررسی تاثیر حضور موانع مربعی در جریان سوپرسونیک عبوری از روی یک رمپ است. در این پژوهش، از نرم‌افزار کامسول برای شبیه‌سازی و تحلیل نتایج استفاده خواهد شد.

بیان مسئله

در این پژوهش، تاثیر موانع مربعی بر جریان سوپرسونیک عبوری از روی یک رمپ با زاویه‌های مختلف و در شرایط دمایی و فشاری متفاوت بررسی می‌شود. با تغییر پارامترهای فشار، دما و زاویه رمپ، هدف این است که به درک بهتری از رفتار جریان و تاثیر موانع هندسی در این شرایط برسیم.

پیشینه پژوهش

تحلیل جریان مافوق صوت و تاثیر موانع در این نوع جریان‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در گذشته، تحقیقات زیادی در زمینه تاثیر موانع و تغییرات هندسی بر روی جریان‌های سوپرسونیک انجام شده است. به عنوان مثال، کوکیناکیس و همکاران [۱] به شبیه‌سازی عددی مستقیم جریان سوپرسونیک و صوت در یک رمپ فشاری پرداختند. آنها برهم‌کنش لایه مرزی موج شوک را در عدد ۲/۹ ماخ در یک رمپ ۲۴ درجه ارائه کرده و هم دقت عددی و هم فیزیک جریان را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که روش‌های شبیه‌سازی عددی مستقیم مرتبه بالا مخصوصاً مناسب هستند و در برابر اتلاف عددی اضافی انعطاف‌پذیر هستند. آنها نشان دادند که روش های مرتبه پایین‌تر ضریب اصطکاک و همچنین اندازه حباب جداسازی را با اندازه کمتری پیش‌بینی می‌کنند.
دولینگ و بروسنیاک [۲] جدایش حرکت موج ضربه ای در فین، استوانه و رمپ را مورد توجه قرار دادند. آنها بیان کردند که اگرچه دینامیک حرکت شوک در چندین میدان جریان مختلف به خوبی به صورت کمی در می آید، اما علت اصلی ناپایداری برای هیچ یک از آنها مشخص نیست. فرکانس‌های تلاقی صفر (zero-crossing) شوک کم و تغییر آن‌ها با هندسه مدل برای یک لایه مرزی ثابت و سرعت‌های شوک کم نشان‌دهنده مکانیزمی است که شامل نوسانات محلی یا سراسری سیال آشفته در پایین دست جدایش شوک است. آنها بیان کردند که آزمایش‌های جدید، متمرکز بر بررسی مکانیزم‌های خاص، برای حل این سؤال مورد نیاز است.
آندروپولوس و همکاران [۳] به بررسی برهمکنش لایه مرزی و موج ضربه ای در جریان گذرنده از رمپ پرداختند. نتایج حاصل از بررسی نوسانات فشار در ناحیه برهمکنش جریان فشاری دوبعدی نشان داد که فرکانس ناپایداری موج ضربه‌ای مشابه فرکانس فروپاشی لایه مرزی بالادست است و این فرکانس مستقل از جریان جدا شده در پایین دست است. روش نمونه‌گیری توسعه‌یافته قادر به جداسازی پدیده‌های ناشی از نوسانات موج شوک از نوسانات ناشی از پدیده‌های انتقال آشفتگی بود. نتایج نشان دادند که اغتشاش همان طور که از نوسانات فشار دیوار گسترش می یابد ممکن است به طور قابل توجهی با نزدیک شدن به شوک نیز تقویت شود.

اهداف پروژه

هدف اصلی:

بررسی تاثیر موانع مربع جریان سوپرسونیک عبوری از روی رمپ.

اهداف فرعی:

بررسی تاثیر تغییر فشار ورودی.

بررسی تاثیر تغییر دمای ورودی.

بررسی تاثیر زاویه‌های مختلف رمپ.

روش تحقیق

در این تحقیق، از نرم‌افزار کامسول برای شبیه‌سازی جریان سوپرسونیک بر روی یک رمپ با حضور مانع مربعی استفاده می‌شود. تغییرات هندسی و شرایط مرزی به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

فشار ورودی: ۱ بار و ۲ بار

دمای ورودی: ۳۰۰ کلوین و ۴۰۰ کلوین

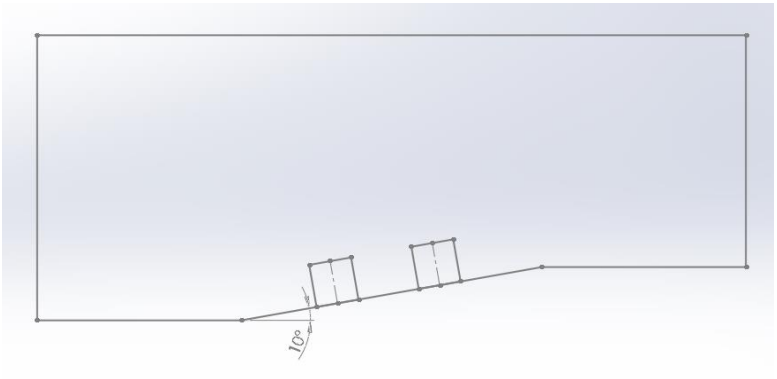
زاویه رمپ: ۱۰ درجه، ۱۵ درجه و ۲۰ درجه

شرایط مرزی

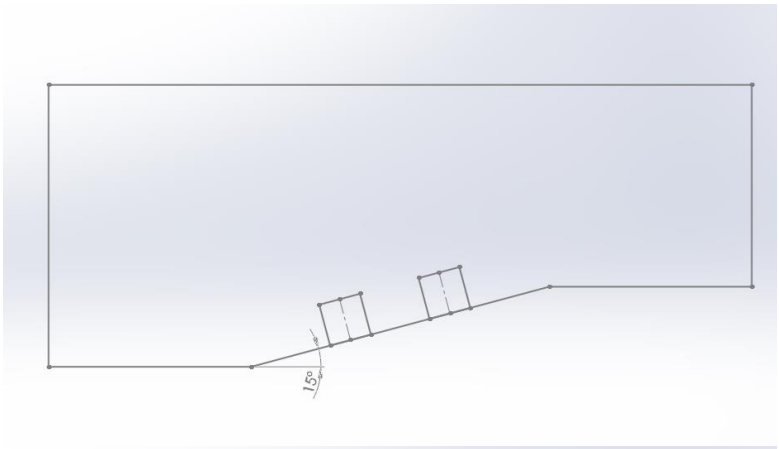
مدل شبیه‌سازی به صورت دوبعدی در نظر گرفته شده و شرایط مرزی شامل سرعت و فشار جریان ورودی، دمای ورودی، و زوایای مختلف رمپ می‌باشد. جریان به صورت مغشوش در نظر گرفته شده و از مدل‌های آشفتگی مناسب برای تحلیل استفاده می‌شود.

هندسه مسئله

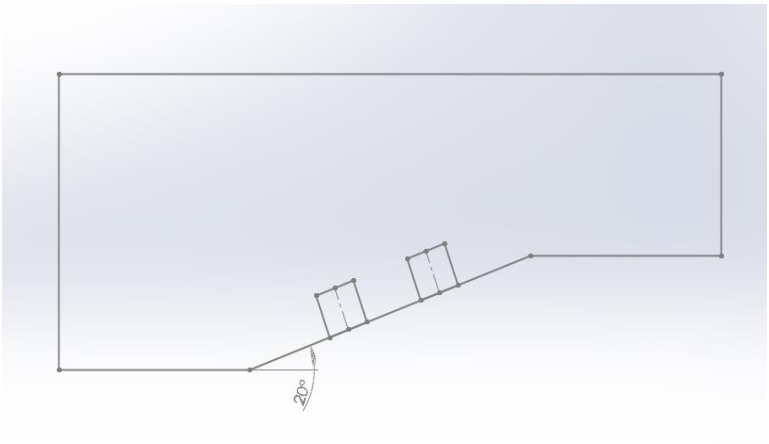
در شکل‌های ۱ تا ۳، هندسه مسئله شامل رمپ با زوایای مختلف و موانع مربعی نشان داده شده است



شکل ۱: زوایه ۱۰ درجه



شکل ۲: زوایه ۱۵ درجه



شکل ۳: زوایه ۲۰ درجه

تغییرات هندسی و شرایط مرزی

برای انجام این شبیه‌سازی، تغییرات زیر در نظر گرفته شده‌اند:

تغییر فشار ورودی:

فشار ورودی یک بار به مقدار ۱ بار و بار دیگر به مقدار ۲ بار تنظیم می‌شود.

تغییر دمای ورودی:

دمای ورودی یک بار به مقدار ۳۰۰ کلوین و بار دیگر به مقدار ۴۰۰ کلوین تنظیم می‌شود.

تغییر زاویه رمپ:

رمپ با زاویه‌های ۱۰ درجه، ۱۵ درجه و ۲۰ درجه تنظیم می‌شود.

فرضیات و محدودیت‌ها

جریان ورودی به صورت سوپرسونیک و آرام فرض می‌شود.

تاثیرات اصطکاک دیواره‌ها در تحلیل مدل در نظر گرفته نمی‌شود.

مراجع

[1] Kokkinakis, I. W., Drikakis, D., Ritos, K., & Spottswood, S. M. (2020). Direct numerical simulation of supersonic flow and acoustics over a compression ramp. Physics of Fluids, 32(6), 066107.
[2] DOLLING, D. S., & BRUSNIAK, L. (1989). Separation shock motion in fin, cylinder, and compression ramp - Induced turbulent interactions. AIAA Journal, 27(6), 734–742.
[3] Andreopoulos, J., & Muck, K. C. (1987). Some new aspects of the shock-wave/boundary-layer interaction in compression-ramp flows. Journal of Fluid Mechanics, 180(-1), 405.