



دانشگاه شاهرود

دانشکده مهندسی

گروه آموزشی مهندسی مکانیک

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی

عنوان:

مطالعه ارتعاش القا شده در مبدل‌های حلقوی با مقاطع پله‌ای و مخروطی به روش

آنالیز مودال (سه مُد اول) و با استفاده از نرم‌افزار ANSYS

استاد راهنما:

دکتر ابوالقاسم مکانیک

استاد مشاور:

دکتر محسن گودرزی

نگارش:

مهسا باقری

بهمن ماه ۱۳۹۱

تقدیم به مهربان فرشتگانی که لحظات ناب باور بودن، لذت و غرور دانستن، جسارت
خواستن، عظمت رسیدن و تمام تجربه‌های یکتا و زیبای زندگیم، مدیون حضور سبز
آنهاست.

تقدیم به خانواده عزیزم.

تقدیر و تشکر

از تلاش‌های استاد محترم جناب آقای دکتر ابوالقاسم مکانیک که همواره با رفتار بزرگوارانه و همت استادانه خویش اینجانب را در زمینه‌های مختلف علمی اعم از تعریف موضوع پایان‌نامه، معرفی منابع، مطالعه گزارش‌های مستمر و مداوم در مقاطع زمانی متفاوت در تصحیح متن پایان‌نامه یاری نموده‌اند، صمیمانه قدردانی می‌نمایم. همچنین از جناب آقای دکتر محسن گودرزی استاد مشاور خود که با راهنمایی‌های خود در زمینه پژوهش و انجام هماهنگی‌های لازم برای استفاده از آزمایشگاه دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) مرا یاری نموده‌اند، کمال تشکر را دارم.



عنوان: مطالعه ارتعاش القا شده در مبدل‌های حلقوی با مقاطع پله‌ای و مخروطی به روش آنالیز مودال (سه مُد اول) و با استفاده از نرم‌افزار ANSYS		
نام نویسنده: مهسا باقری		
نام استاد راهنما: دکتر ابوالقاسم مکانیک		
نام استاد مشاور: دکتر محسن گودرزی		
دانشکده: فنی و مهندسی		گروه آموزشی: مکانیک
رشته تحصیلی: مکانیک	گرایش تحصیلی: تبدیل انرژی	مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد
تاریخ تصویب: ۱۳۹۰/۲/۱۲	تاریخ دفاع: ۱۳۹۱/۱۱/۲۴	تعداد صفحات: ۱۲۲
چکیده: در این تحقیق برای حل هم‌زمان معادلات ناویر- استوکس و معادله دینامیکی سازه جهت مطالعه پایداری و بدست آوردن خصوصیات ارتعاشی یک مسیر حلقوی هم‌مرکز حاوی جریان سیال آرام و تراکم‌ناپذیر، از نرم‌افزار ANSYS ۱۲ و کد CCL استفاده شده‌است. سیلندر درونی ساکن و سیلندر بیرونی قابل ارتعاش فرض شده‌اند. سیلندر بیرونی از موقعیت تعادل خود خارج شده و سپس رها شده‌است. در این بررسی، بخش سیالاتی مسئله توسط نرم‌افزار ANSYS و به روش اویلر پسر دو مرتبه دوم و معادله سازه از طریق بی‌بعدسازی معادله حرکت خطی درجه اول توسط کد CCL حل شده‌است. نیروی وارده از جانب سیال به سازه از طریق معادلات ناویر- استوکس محاسبه شده و با جایگذاری این نیرو در معادله دینامیکی موقعیت جدید سیلندر بیرونی بدست آمده‌است. برای انتقال دقیق و صحیح اطلاعات بین گره‌ها، اندازه‌ها در فاصله طولی سیلندرها دو برابر فاصله عرضی در نظر گرفته شده‌است. سه مد اول ارتعاش سیلندر بیرونی برای سه هندسه یکنواخت، پله‌دار و دیفیوزر بازو به ۲۰ درجه بررسی شده‌اند. همچنین، تاثیر جابه‌جایی اولیه سیلندر بیرونی با در نظر گرفتن سه مقدار ۱ mm، ۲ mm و ۳ mm بر خواص ارتعاشی سیلندر بیرونی بررسی شده‌است. در انتها، تاثیر عدد رینولدز با در نظر گرفتن دو مقدار $Re=200$ و $Re=1000$ بر میرایی افزوده و فرکانس کوپله سیلندر بیرونی بررسی شده‌است. مقایسه نتایج بدست آمده از این پژوهش با نتایج حاصل از روش تبدیل مختصات وابسته به زمان (TDCT) در مراجع برای هندسه‌های یکنواخت و پله‌دار در حالت ارتعاش، بدون توجه به مد سیلندر بیرونی، صحت روش بکار گرفته شده را اثبات کرده‌است. نتایج بدست آمده از این تحلیل نشان داده‌اند که میرایی افزوده با افزایش مد ارتعاش سیلندر بیرونی افزایش می‌یابد. همچنین، هندسه یکنواخت کمترین و هندسه پله‌دار بیشترین میرایی افزوده را دارند. همچنین، افزایش جابه‌جایی اولیه سیلندر بیرونی تنها منجر به افزایش نیروی ناپایدار وارده از جانب سیال به سازه شده و تاثیر چندانی بر میرایی افزوده و فرکانس کوپله ندارد. افزایش عدد رینولدز باعث نزدیک شدن جریان به جریان پتانسیل شده و میرایی را کاهش می‌دهد.		
واژه‌های کلیدی: ارتعاش القا شده توسط سیال، مسیر حلقوی، معادلات ناویر- استوکس		

کلیه امتیازهای این پایان‌نامه به دانشگاه بوعلی سینا تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و سخنرانی‌ها، باید نام دانشگاه بوعلی سینا یا استاد راهنمای پایان‌نامه و نام دانشجو با ذکر مأخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر این صورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت. درج آدرس‌های ذیل در کلیه مقالات خارجی و داخلی مستخرج از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها الزامی می‌باشد.

Mechanical department, Technique and engineering faculty, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

مقالات خارجی

گروه مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

مقالات داخلی

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فهرست مطالب
۵	فهرست شکل‌ها
۵	فهرست جداول
ک	فهرست علائم اختصاری
۱	فصل اول: مقدمه
۳	۱-۱ پیشگفتار
۵	۲-۱ معرفی مسئله
۶	۳-۱ مروری بر کارهای انجام شده قبلی
۱۳	۴-۱ روند پایان‌نامه
۱۵	فصل دوم: مفاهیم و طبقه‌بندی ارتعاش القا شده توسط سیال
۱۷	۱-۲ مقدمه
۱۷	۲-۲ مفاهیم ارتعاش القا شده توسط سیال
۱۷	۱-۲-۲ جرم افزوده
۱۹	۲-۲-۲ میرایی افزوده
۱۹	۱-۲-۲-۲ میرایی سیال
۱۹	۲-۲-۲-۲ میرایی سازه
۲۰	۳-۲-۲ سختی افزوده
۲۱	۴-۲-۲ کوپلینگ اینرسی
۲۲	۳-۲ مکانیزم‌های القای ارتعاش
۲۲	۱-۳-۲ ارتعاش در اثر پاشش گردابه

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۲۶	..... ۲-۳-۲ گالوپ
۲۶	..... ۱-۲-۳-۲ جابه‌جایی
۲۷	..... ۲-۲-۳-۲ پیچش
۲۸	..... ۳-۳-۲ فلاتر
۳۰	..... ۴-۳-۲ ناپایداری ارتجاعی سیال
۳۱	..... ۵-۳-۲ بافتینگ
۳۱	..... ۶-۳-۲ واگرایی
۳۲	..... ۴-۲ طبقه‌بندی ارتعاش القا شده
۳۲	..... ۱-۴-۲ ارتعاش القا شده توسط سیال
۳۲	..... ۱-۱-۴-۲ ارتعاش القا شده در اثر جریان داخلی
۲۸	..... ۲-۱-۴-۲ ارتعاش القا شده توسط جریان خارجی
۴۵	..... ۲-۴-۲ ارتعاش القا شده توسط باد
۴۶	..... ۳-۴-۲ ارتعاش القا شده توسط صوت
۴۶	..... ۴-۴-۲ انواع دیگر ارتعاش القا شده
۴۷	..... ۱-۴-۴-۲ ارتعاش القا شده در اثر جوشش
۴۷	..... ۲-۴-۴-۲ ارتعاش القا شده توسط میعان بخار
۴۸	..... ۳-۴-۴-۲ ارتعاش القا شده در اثر احتراق
۴۹	..... ۴-۴-۴-۲ ارتعاش القا شده در اثر موج
۵۱	..... فصل سوم: تئوری، معادلات حاکم و تنظیمات نرم‌افزار
۴۸	..... ۱-۳ مقدمه
۵۳	..... ۲-۳ خصوصیات هندسی

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۵۵	۳-۳ خصوصیات فیزیکی.....
۵۶	۴-۳ معادلات حاکم.....
۵۷	۱-۴-۳ معادلات حاکم بر سیال.....
۵۸	۲-۴-۳ معادلات حاکم بر سازه.....
۵۹	۳-۴-۳ کد CCL.....
۶۳	۴-۴-۳ معادلات، نمودارها و مقادیر مد ارتعاش سیلندر بیرونی.....
۶۶	۵-۴-۳ سایر روابط به کار گرفته شده در پروژه.....
۶۶	۵-۳ تنظیمات نرم‌افزاری.....
۶۷	۱-۵-۳ نرم‌افزار ۱۲- ANSYS.....
۶۸	۲-۵-۳ روند حل معادلات توسط نرم‌افزار.....
۷۱	۳-۵-۳ روند انجام تنظیمات.....
۷۱	۱-۳-۵-۳ هندسه.....
۷۵	۲-۳-۵-۳ مش‌زنی.....
۷۶	۳-۳-۵-۳ تنظیمات اصلی.....
۸۳	فصل چهارم: نتایج
۸۵	۱-۴ مقدمه.....
۸۸	۲-۴ مطالعه شبکه.....
۸۹	۱-۲-۴ شبکه مناسب برای هندسه یکنواخت.....
۹۰	۲-۲-۴ شبکه مناسب برای هندسه دیفیوزر ۲۰ درجه.....
۹۲	۳-۲-۴ شبکه مناسب برای هندسه پله‌دار.....
۹۴	۳-۴ اعتبارسنجی.....

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۹۴	۱-۳-۴ اعتبارسنجی هندسه یکنواخت.....
۹۵	۲-۳-۴ اعتبارسنجی هندسه پله‌دار.....
۹۶	۴-۴ نتایج نرم‌افزاری برای مدهای ارتعاشی سیلندر بیرونی.....
۹۷	۱-۴-۴ بررسی تاثیر شکل هندسی سیلندر درونی بر میرایی افزوده و فرکانس کوپله.....
۱۰۰	۲-۴-۴ بررسی تاثیر مدهای ارتعاشی سیلندر بیرونی بر میرایی افزوده و فرکانس کوپله.....
۱۰۳	۳-۴-۴ بررسی تاثیر جابه‌جایی اولیه سیلندر بیرونی بر میرایی افزوده و فرکانس کوپله.....
۱۰۹	۴-۴-۴ بررسی تاثیر عدد رینولدز جریان حلقوی بر میرایی افزوده و فرکانس کوپله.....
۱۱۵	فصل پنجم: نتیجه‌گیری.....
۱۱۲	مراجع.....

فهرست شکل ها و نمودارها

صفحه	عنوان شکل و نمودار.....	
۴	..... سیال در معرض جریان.....	شکل ۱-۱:
۴	..... تغییر جهت سیال نسبت به سازه و بالعکس در اثر تاثیر متقابل آنها.....	شکل ۲-۱:
۱۸	..... جرم افزوده در اثر شتاب جانبی.....	شکل ۱-۲:
۲۱	..... لوله‌های هم مرکز پر شده با سیال.....	شکل ۲-۲:
۲۲	..... مدهای کوپله ارتعاش مجموعه لوله‌ها در سیال چگال.....	شکل ۳-۲:
۲۲	..... جریان سیال از روی مجموعه لوله‌ها.....	شکل ۴-۲:
۲۴	..... تصویری از پاشش گردابه.....	شکل ۵-۲:
۲۴	..... پاشش گردابه در سطح کیهانی.....	شکل ۶-۲:
۲۵	..... الگوی پاشش گردابه در سرعت‌های مختلف جریان.....	شکل ۷-۲:
۲۷	..... مدل گالوپ جابه‌جایی.....	شکل ۸-۲:
۲۸	..... هندسه گالوپ پیچشی.....	شکل ۹-۲:
۲۹	..... ارتعاش فلاتر.....	شکل ۱۰-۲:
۳۱	..... کوپل شدن جت سیال پس از یک ردیف سیلندر.....	شکل ۱۱-۲:
۳۴	..... الگوی جریان در لوله قائم.....	شکل ۱۲-۲:
۳۵	..... الگوی جریان در لوله افقی.....	شکل ۱۳-۲:
۴۰	..... هم‌فاز شدن در اثر پاشش گردابه.....	شکل ۱۴-۲:
۴۱	..... حرکت سیلندر و پاشش گردابه در جریان متناوب.....	شکل ۱۵-۲:
۴۳	..... شماتیک (a) مجموعه سوختی، (b) ژنراتور بخار.....	شکل ۱۶-۲:
۴۴	..... ایرفویل دو بعدی.....	شکل ۱۷-۲:

فهرست شکل‌ها و نمودارها

صفحه	عنوان شکل و نمودار.....	
۴۴	شکل ۲-۱۸: کوپلینگ بین حرکت پیچشی و خمشی.....	
۴۶	شکل ۲-۱۹: فلاتر صفحه‌ای.....	
۴۶	شکل ۲-۲۰: تشدید صوتی در مجموعه لوله‌ها.....	
۴۸	شکل ۲-۲۱: شماتیک ایجاد صدای شدید و ضربه چکشی در اثر بخار.....	
۴۹	شکل ۲-۲۲: یک موج فشاری در سازه‌ها.....	
	شکل ۳-۱: هندسه‌های مسیر حلقوی در شرایط متفاوت، (الف) مسیر یکنواخت، (ب) مسیر پله‌دار و	
۵۴	(ج) مسیر دیفیوزری.....	
۶۷	شکل ۳-۳: جابه‌جایی بدون بعد سیلندر بیرونی در مد اول ارتعاش در طول لوله.....	
۶۷	شکل ۳-۳: جابه‌جایی بدون بعد سیلندر بیرونی در شکل مد دوم ارتعاش در طول لوله.....	
۶۸	شکل ۳-۴: جابه‌جایی بدون بعد سیلندر بیرونی در شکل مد سوم ارتعاش در طول لوله.....	
۷۲	شکل ۳-۵: سطح مقطع افقی مسیر حلقوی یکنواخت مدل‌سازی شده توسط Solid Works.....	
۷۲	شکل ۳-۶: سطح مقطع افقی مسیر حلقوی پله‌دار مدل‌سازی شده توسط Solid Work.....	
۷۳	شکل ۳-۷: سطح مقطع افقی مسیر حلقوی دیفیوزری مدل‌سازی شده توسط Solid Works.....	
۷۳	شکل ۳-۸: مد ارتعاش اول سیلندر بیرونی مدل‌سازی شده توسط Solid Works.....	
۷۴	شکل ۳-۹: مد ارتعاش دوم سیلندر بیرونی مدل‌سازی شده توسط Solid Works.....	
۷۴	شکل ۳-۱۰: مد ارتعاش سوم سیلندر بیرونی مدل‌سازی شده توسط Solid Works.....	
۷۵	شکل ۳-۱۱: نمونه‌ای از مش ایجاد شده برای هندسه مورد نظر پروژه.....	
۷۶	شکل ۳-۱۲: نمونه‌ای از مش ایجاد شده برای هندسه مورد نظر پروژه با وضوح بیشتر.....	
	نمودار ۴-۱: تاثیر گام زمانی بر دامنه ارتعاش سیلندر بیرونی برای هندسه یکنواخت تحت مد ارتعاش	
۸۶	اول $\omega_1 = 12/41$	

فهرست شکل‌ها و نمودارها

صفحه	عنوان شکل و نمودار.....
۸۷	نمودار ۲-۴: نمودار باقیمانده سرعت و فشار برای هندسه یکنواخت با $r_0 = 10\text{ cm}$ ، $r_i = 9\text{ cm}$ ، $Re=200$ ، $\varepsilon = 0/1$ در مد ارتعاش اول $\omega_1 = 12/41$
۸۷	نمودار ۳-۴: نمودار باقیمانده سرعت و فشار برای هندسه پله‌ای با $r_0 = 10\text{ cm}$ ، $r_i = 9\text{ cm}$ ، $r_d = 8$ ، $Re=200$ ، $\varepsilon = 0/1$ در مد ارتعاش دوم $\omega_p = 34/2$
۸۸	نمودار ۴-۴: نمودار باقیمانده سرعت و فشار برای هندسه دیفیوزری با $r_0 = 10\text{ cm}$ ، $r_i = 9\text{ cm}$ ، $r_d = 8$ ، $Re=200$ ، $\varepsilon = 0/1$ و مد ارتعاش سوم $\omega_p = 67/02$
۹۱	نمودار ۵-۴: مطالعه شبکه برای هندسه یکنواخت با $r_0 = 10\text{ cm}$ ، $r_i = 9\text{ cm}$ ، $Re=200$ ، $\varepsilon = 0/1$ و $\omega_n = 1$
۹۲	نمودار ۶-۴: مطالعه شبکه برای هندسه دیفیوزری با $r_0 = 10\text{ cm}$ ، $r_i = 9\text{ cm}$ ، $r_d = 8$ ، $Re=200$ ، $\varepsilon = 0/1$ و $\omega_n = 0/1$
۹۴	نمودار ۷-۴: مطالعه شبکه برای هندسه پله‌دار با $r_0 = 10\text{ cm}$ ، $r_i = 9\text{ cm}$ ، $r_d = 8$ ، $Re=200$ ، $\varepsilon = 0/1$ و $\omega_n = 0/1$
۹۵	نمودار ۸-۴: مقایسه دامنه ارتعاش بدون بعد سیلندر بیرونی در هندسه یکنواخت بدست آمده به روش TDCT و نرم‌افزار ANSYS با $r_0 = 10\text{ cm}$ ، $r_i = 9\text{ cm}$ ، $Re=200$ ، $\varepsilon = 0/1$ و $\omega_n = 1$
۹۶	نمودار ۹-۴: مقایسه دامنه ارتعاش بدون بعد سیلندر بیرونی در هندسه پله‌دار بدست آمده به روش TDCT و نرم‌افزار ANSYS با $r_0 = 10\text{ cm}$ ، $r_i = 9\text{ cm}$ ، $r_d = 8$ ، $Re=200$ ، $\varepsilon = 0/1$ و $\omega_n = 0/1$

فهرست شکل‌ها و نمودارها

صفحه	عنوان شکل و نمودار.....
۹۸	نمودار ۴-۱۰: دامنه ارتعاش بدون بعد سیلندر بیرونی در مد ارتعاشی اول برای هندسه‌های یکنواخت، دیفیوزری و پله‌دار با $r_0 = 10 \text{ cm}$ ، $r_i = 9 \text{ cm}$ ، $r_d = 8$ ، $Re = 200$ ، $\varepsilon = 0.1$ و $\omega_p = 12/41$
۹۹	نمودار ۴-۱۱: دامنه ارتعاش بدون بعد سیلندر بیرونی در مد ارتعاشی دوم برای هندسه‌های یکنواخت، دیفیوزری و پله‌دار با $r_0 = 10 \text{ cm}$ ، $r_i = 9 \text{ cm}$ ، $r_d = 8$ ، $Re = 200$ ، $\varepsilon = 0.1$ و $\omega_p = 34/2$
۹۹	نمودار ۴-۱۲: دامنه ارتعاش بدون بعد سیلندر بیرونی در مد ارتعاشی سوم برای هندسه‌های یکنواخت، دیفیوزری و پله‌دار با $r_0 = 10 \text{ cm}$ ، $r_i = 9 \text{ cm}$ ، $r_d = 8$ ، $Re = 200$ ، $\varepsilon = 0.1$ و $\omega_p = 67/0.6$
۱۰۱	نمودار ۴-۱۳: دامنه ارتعاش بدون بعد سیلندر بیرونی در مدهای ارتعاشی اول $\omega_p = 12/41$ ، دوم $\omega_p = 34/2$ و سوم $\omega_p = 67/0.6$ برای هندسه دیفیوزری با $r_0 = 10 \text{ cm}$ ، $r_i = 9 \text{ cm}$ ، $r_d = 8$ ، $Re = 200$ ، $\varepsilon = 0.1$
۱۰۲	نمودار ۴-۱۴: دامنه ارتعاش بدون بعد سیلندر بیرونی در مدهای ارتعاشی اول $\omega_p = 12/41$ ، دوم $\omega_p = 34/2$ و سوم $\omega_p = 67/0.6$ برای هندسه دیفیوزری با $r_0 = 10 \text{ cm}$ ، $r_i = 9 \text{ cm}$ ، $r_d = 8$ ، $Re = 200$ ، $\varepsilon = 0.2$
۱۰۲	نمودار ۴-۱۵: دامنه ارتعاش بدون بعد سیلندر بیرونی در مدهای ارتعاشی اول $\omega_p = 12/41$ ، دوم $\omega_p = 34/2$ و سوم $\omega_p = 67/0.6$ برای هندسه دیفیوزری با $r_0 = 10 \text{ cm}$ ، $r_i = 9 \text{ cm}$ ، $r_d = 8$ ، $Re = 200$ ، $\varepsilon = 0.3$
۱۰۴	نمودار ۴-۱۶: دامنه ارتعاش بدون بعد سیلندر بیرونی در مد ارتعاشی اول برای هندسه پله‌دار و در جابه‌جایی اولیه متفاوت برای سیلندر بیرونی با $r_0 = 10 \text{ cm}$ ، $r_i = 9 \text{ cm}$ ، $r_d = 8$ و $Re = 200$ و $\omega_p = 12/41$

فهرست شکل‌ها و نمودارها

صفحه	عنوان شکل و نمودار.....
۱۰۴-۱۷	دامنه ارتعاش بدون بعد سیلندر بیرونی در مد ارتعاشی دوم برای هندسه پله‌دار و در جابه‌جایی اولیه متفاوت برای سیلندر بیرونی با $r_0 = 10\text{cm}$ ، $r_i = 9\text{cm}$ ، $r_d = 8$ ، $Re = 200$ و $\omega_p = 34/2$
۱۰۵	.....
۱۰۴-۱۸	دامنه ارتعاش بدون بعد سیلندر بیرونی در مد ارتعاشی سوم برای هندسه پله‌دار و در جابه‌جایی اولیه متفاوت برای سیلندر بیرونی با $r_0 = 10\text{cm}$ ، $r_i = 9\text{cm}$ ، $r_d = 8$ ، $Re = 200$ و $\omega_p = 67/0.6$
۱۰۵	.....
۱۰۴-۱۹	شکل ۱۹-۴: دامنه فشار ناپایدار برای هندسه یکنواخت با $r_0 = 10\text{cm}$ ، $r_i = 9\text{cm}$ ، $Re = 200$ و $\omega = 0/2$ برای جابه‌جایی‌های متفاوت.....
۱۰۷	.....
۱۰۴-۲۰	شکل ۲۰-۴: فاز برای هندسه یکنواخت با $r_0 = 10\text{cm}$ ، $r_i = 9\text{cm}$ ، $Re = 200$ و $\omega = 0/2$ برای جابه‌جایی اولیه متفاوت.....
۱۰۸	.....
۱۰۴-۲۱	نمودار ۲۱-۴: دامنه ارتعاش بدون بعد سیلندر بیرونی در مد ارتعاشی اول برای هندسه یکنواخت $r_0 = 10\text{cm}$ ، $r_i = 9\text{cm}$ ، برای رینولدزهای متفاوت.....
۱۰۹	.....
۱۰۴-۲۲	نمودار ۲۲-۴: دامنه ارتعاش بدون بعد سیلندر بیرونی در مد ارتعاشی سوم برای هندسه یکنواخت با $r_0 = 10\text{cm}$ ، $r_i = 9\text{cm}$
۱۱۰	.....
۱۰۴-۲۳	نمودار ۲۳-۴: دامنه ارتعاش بدون بعد سیلندر بیرونی در مد ارتعاشی دوم برای هندسه یکنواخت $r_0 = 10\text{cm}$ ، $r_i = 9\text{cm}$
۱۱۰	.....

فهرست جداول

صفحه	عنوان جدول
۹۰	جدول ۱-۴: خصوصیات مش‌های مختلف برای مطالعه شبکه هندسه یکنواخت.....
۹۱	جدول ۲-۴: خصوصیات مش‌های مختلف برای مطالعه شبکه هندسه دیفیوزری.....
۹۳	جدول ۳-۴: خصوصیات مش‌های مختلف برای مطالعه شبکه هندسه پله‌دار.....
۹۴	جدول ۴-۴: میرایی افزوده و فرکانس کوپله برای رینولدز ۲۰۰ و جابه‌جایی اولیه ۱ mm برای هندسه-های یکنواخت، دیفیوزری و پله‌دار با $r_0 = 10\text{ cm}$ ، $r_i = 9\text{ cm}$ ، $r_d = 8\text{ cm}$ و سه مد اول
۱۰۰	ارتعاش.....
۱۰۵	جدول ۵-۴: میرایی افزوده و فرکانس کوپله برای هندسه دیفیوزری با جابه‌جایی اولیه و $Re=200$ با
۱۰۱	$r_0 = 10\text{ cm}$ ، $r_i = 9\text{ cm}$ ، $r_d = 8\text{ cm}$ در سه مد ارتعاشی اول.....
۱۰۶	جدول ۶-۴: میرایی افزوده و فرکانس کوپله برای هندسه پله‌دار با جابه‌جایی اولیه متفاوت و $Re=200$ با
۱۰۶	$r_0 = 10\text{ cm}$ ، $r_i = 9\text{ cm}$ ، $r_d = 8\text{ cm}$ در سه مد ارتعاشی اول.....
۱۰۷	جدول ۷-۴: میرایی افزوده و فرکانس کوپله برای هندسه یکنواخت با جابه‌جایی اولیه ۰/۱ و رینولدز
۱۱۱	متفاوت با $r_0 = 10\text{ cm}$ ، $r_i = 9\text{ cm}$ ، $r_d = 8\text{ cm}$ در سه مد ارتعاشی اول.....
۱۱۴	جدول ۸-۴: میرایی افزوده و فرکانس کوپله بدست آمده از نمودارهای نرم‌افزاری برای هندسه، جابه‌جایی اولیه، رینولدز و مدهای ارتعاشی متفاوت.....

فهرست علائم

شرح	علامت	شرح	علامت
فرکانس ارتعاش سیلندر بیرونی	ω	مساحت مقطع عرضی مسیر حلقوی	A
فرکانس طبیعی سازه	ω_n	میرایی سازه	c
		قطر	D
		قطر هیدرولیکی	D_h
		مدول الاستیسیته	E
		نیروی خارجی وارده از جانب سیال	F
		فرکانس کوپله	
		فاصله بین دو سیلندر	h
		ممان اینرسی	I
		فریت سازه	k
		طول بخش در حال نوسان	
		جرم افزوده	M_{add}
		جرم بدون بعد سیلندر بیرونی	\bar{M}
		جرم	m
		شعاع	r
		زمان	t
		سرعت جریان سیال درون لوله	U
		مولفه افقی سرعت	u
		سرعت سیال	\mathbf{V}
		مولفه قائم سرعت	v
		مولفه‌های سرعت در راستای Z	w
		مکان روی محور طولی	x

زیر نویس

سیلندر بیرونی

o

سیلندر درونی

i

موقعیت جدید (نامعلوم) سیلندر بیرونی

new

موقعیت قدیم (معلوم) سیلندر بیرونی

old

بالانویس

پارامترهای بعد دار

*

حروف یونانی

جرم واحد حجم سیلندر γ

کاهش لگاریتمی

میرایی سازه ζ

میرایی افزوده

چگالی ρ

دوره تناوب نوسان τ

ویسکوزیته سینماتیکی ν

فصل اول

مقدمه

فصل اول - مقدمه

۱-۱ پیشگفتار

مسائل ارتعاش ایجاد شده در اثر جریان در بسیاری از صنایع رخ می‌دهد. این اتفاق کارکرد روان صنعت را مختل می‌کند. این پدیده وابسته به جریان را ارتعاش القا شده توسط سیال،^۱ FIV، می‌نامند. این پدیده بخشی از مفهوم وسیع‌تری تحت عنوان اثر متقابل سازه و سیال،^۲ FSI، می‌باشد. این مسائل پیچیدگی و جذابیت خاصی دارند و حل آنها در بسیاری از شاخه‌های مهندسی کاربرد دارد. طبق تعریف، FSI برهم‌کنش سازه‌های متحرک یا تغییرشکل‌پذیر و جریان سیال داخلی یا محیطی می‌باشد. این اثر می‌تواند پایدار یا نوسانی باشد. در حالت نوسانی، کرنش القا شده در سازه صلب منجر به حرکت و کاهش قدرت منبع کرنش می‌گردد. این بدان معنی است که حرکت سازه در اثر ارتعاش القا شده، از توان عامل القای ارتعاش برای ایجاد کرنش‌های بیشتر می‌کاهد.

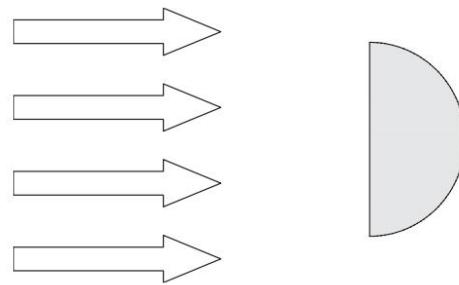
به طور کلی، اثر متقابل سازه و سیال می‌تواند منجر به ارتعاش مخرب و یا حرکت مفید در سازه گردد. در تمامی سازه‌ها که در برابر سیال قرار می‌گیرند، ارتعاش القا می‌شود. تشخیص پایداری یا ناپایداری سیستم با استفاده از دامنه ارتعاش القا شده و نیز توانایی سازه در میرا کردن این ارتعاش است. با تشخیص سیستم‌های ناپایدار و بررسی آنها از آسیب‌های ایجاد شده جلوگیری می‌شود.

در صورتی که سازه در معرض یک جریان قرار گیرد، از طرف سیال به سازه نیرو وارد می‌شود، شکل ۱-۱. این نیرو باعث جابه‌جایی ابتدایی سازه نسبت به سیال می‌گردد. پس از این جابه‌جایی، جهت سازه نسبت به سیال تغییر کرده و نیروی اعمالی نیز تغییر خواهد کرد. شکل ۱-۲ نیروهای تغییر یافته را نشان می‌دهد. پس از این تغییر، باز هم نیروی جدید به سیال وارد می‌شود و باعث تغییر شکل جدید آن

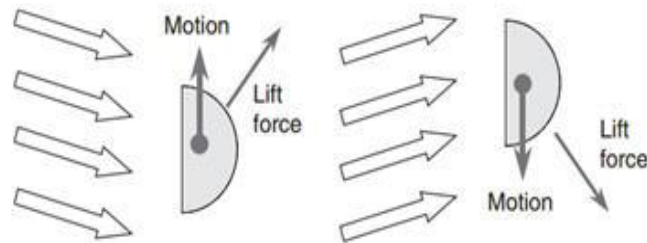
۱. Flow Induced Vibration

۲. Fluid-Structure Interaction

می‌گردد. این رویه به طور متناوب تکرار شده و باعث تاثیر متقابل سازه و سیال بر یکدیگر می‌شود. مدل‌سازی این پدیده ابزاری مناسب برای درک و بررسی و حل مشکلات ارتعاشی و طراحی سازه‌های جدید می‌باشد.



شکل ۱-۱: سازه در معرض جریان



شکل ۱-۲: تغییر جهت سیال نسبت به سازه و بالعکس در اثر تاثیر متقابل آنها

سیال از طریق نیروی خود به سازه انرژی می‌دهد. سازه بخشی از این انرژی را از طریق ارتعاش خود میرا می‌کند. در صورتی که انرژی از دست رفته طی ارتعاش بیش از انرژی داده شده به سازه از طریق سیال باشد، سازه پایدار خواهد شد. در صورت برابر بودن این دو انرژی، سازه با دامنه ارتعاش ثابت ارتعاش خواهد نمود. در صورتی که انرژی داده شده به سازه از طریق سیال بیش از انرژی هدر رفته طی ارتعاش باشد، سازه دائما افزایش دامنه خواهد داد و ناپایدار می‌شود.

عموما در مباحث مکانیک سیالات حضور سازه با هندسه‌های متفاوت اجتناب ناپذیر است. اما مسئله مهم، تاثیر سازه بر فیزیک جریان سیال اطراف خود می‌باشد. تغییرات فیزیکی و هندسی سازه در میدان سیال دریچه جدیدی از تحقیقات را گشوده‌است که عدم بررسی دقیق این موضوع می‌تواند منجر به وقوع مشکلات فراوانی در صنایع مرتبط با جریان سیال گردد. عدم توجه به مسئله حضور سازه در میدان سیال و تاثیرات آن تداعی کننده واقعه جهانی تخریب پل تاکوما می‌باشد، که در اثر جریان باد با سرعت تقریبا کم رخ داد. بسیاری از این تخریب‌ها که در اغلب موارد وسیع و پرهزینه می‌باشند، در صنعت تولید قدرت، به خصوص در نیروگاه‌های هسته‌ای مشاهده شده‌اند. با بررسی موارد تخریب اتفاق افتاده مجموعه اطلاعات در مورد علت و مکانیزم ارتعاش القا شده تکمیل شده‌است. هرچند به دلایل امنیتی، اطلاعات دقیق در مورد پدیده‌های بوقوع پیوسته به راحتی در دسترس قرار نمی‌گیرند.

اثر متقابل سازه و سیال در طراحی بسیاری از سیستم‌های مهندسی هم‌چون هواپیماها و پل‌ها امری مهم می‌باشد. عدم توجه به اثرات نوسان القایی، به خصوص در مواد مستعد برای خوردگی، می‌تواند اثرات مخربی برجای گذارد. اما علی‌رغم پیشرفت‌های بدست آمده در زمینه طراحی تجهیزات تبدیل‌کننده انرژی و اهمیت موضوع ارتعاشات القا شده توسط سیال، متاسفانه نه تنها این پدیده به عنوان یکی از معیارهای مهم در طراحی آن‌ها مطرح نمی‌باشد، بلکه برای بسیاری از طراحان و مهندسين هنوز هم ناشناخته است. با توجه به اینکه تحلیل مسائل مربوط به اندرکنش سیال و سازه نیازمند درک صحیح و کاملی از رفتار سیستم می‌باشد و نظر به عدم شناخت کامل از مسئله، تحلیل دقیق این‌گونه مسائل بسیار مشکل و پیچیده می‌باشد.

۲-۱ معرفی مسئله

در مباحث مکانیک سیالات برای حل معادلات سیال در نزدیکی دیواره‌های صلب از فرض ثابت بودن دیواره‌ها و عدم تاثیر آن‌ها بر خواص جریان مانند سرعت و فشار استفاده می‌شود. اما در عمل سازه و سیال