بسم الله الرحمن الرحيم

ص ق ٤٠٨٠٥

٢٥٩٤٥

۱۳۸۰ /۲/ ۳۰

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تعهد مدرک

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک (تبدیل انرژی)

محاسبه ضریب انتقال حرارت در جریان نوسانی

محمد شعبانلو

012442

استاد راهنما

دکتر مهدی معرفت

۳۵۶۴۵

اسفند ۱۳۷۹

دانشگاه تربیت مدرس

تاییدیه هیات داوران

آقای محمد شعبانلو پایان‌نامه ۶ واحدی خود را با عنوان **محاسبه ضریب انتقال حرارت در جریان نوسانی** در تاریخ ۷۹/۱۲/۲۰ ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهائی این پایان‌نامه را از نظر فرم و محتوی تایید و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی **مکانیک** باگرایش **تبدیل انرژی** پیشنهاد می‌کنند.

اعضای هیات داوران	نام و نام خانوادگی	امضاء
۱ـ استاد راهنما :	آقای دکتر معرفت	
۲ـ استاد مشاور :	—	
۳ـ استادان ممتحن :	آقای دکتر حیدری‌نژاد	
	آقای دکتر شیدفر	
۴ـ مدیر گروه :	آقای دکتر انصاری	
(یا نمایندهٔ گروه تخصصی)		

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان‌نامه / رساله مورد تأیید است.

امضای استاد راهنما:

بسمه تعالی

آیین‌نامهٔ چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرّس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرّس، مبیّن بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

مادّهٔ ۱ در صورت اقدام به چاپ پایان‌نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

مادّهٔ ۲ در صفحهٔ سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه)، عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد/رسالهٔ دکتری نگارنده در رشتهٔ مکانیک است که در سال ۱۳۷۹ در دانشکدهٔ فنی (مهندسی) دانشگاه تربیت مدرّس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر معرفت، مشاورهٔ سرکار خانم/جناب آقای دکتر ــــ و مشاورهٔ سرکار خانم/جناب آقای دکتر ــــ از آن دفاع شده است.»

مادّهٔ ۳ به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهداکند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

مادّهٔ ۴ در صورت عدم رعایت مادّهٔ ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ‌شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرّس، تأدیه کند.

مادّهٔ ۵ دانشجو تعهد و قبول می‌کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه معادل وجه مذکور در مادّهٔ ۴ را از محلّ توقیف کتابهای عرضه‌شدهٔ نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

مادّهٔ ۶ اینجانب محمد شعبانلو دانشجوی رشته مکانیک مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام‌خانوادگی: محمد شعبانلو

تاریخ و امضا:

۱۳۷۹/۱۲/۲۰

تقدیم به

مادر عزیزم

و

پدر گرامیم

تشکر و قدردانی

من لم یشکر المخلوق، لم یشکر الخالق

حمد و سپاس ایزد منان، که آفرینش را با تعلیم و تعلم همراه ساخت. با سپاس فراوان از زحمات بی‌دریغ جناب آقای دکتر مهدی معرفت ریاست محترم بخش مهندسی مکانیک که بدون همکاری و راهنمائی‌های ارزنده ایشان انجام این پایان‌نامه مقدور نبود و با تشکر از استاد محترم آقای دکتر قاسم حیدری نژاد و نیز سایر اساتید گروه و تشکر از زحمات بی‌شائبه آقای مهندس محمدرضا زراعتی و سایر دوستان که در این امر مرا یاری داده‌اند.

چکیده

جریان نوسانی یکی از انواع مهم جریانهایی است که در اوایل از آن برای آنالیز انتشار امواج صوتی و بررسی پایداری جریانهای آرام استفاده می شده است. اما کاربرد عملی این نوع جریان، حالتهایی است که نوسانات بر روی جریان متوسط داخل یک لوله یا کانال سوار شده اند. از جمله کاربردهای صنعتی این نوع جریانها در سیستم سوپر شارژر موتورهای پیستونی، نیروگاههای برق، راکتورهای هسته ای و مبدل های حرارتی موتور استرلینگ است همچنین سیستم گردش خون نیز یک جریان نوسانی است.

در تحقیقات محققین روی انتقال حرارت جریانهای نوسانی داخل لوله مدور، عدد نوسلت به دست نیامده است و کوششهایی به عمل آمده تا بطور عددی مقدار عدد نوسلت پیش بینی شود. در تحقیق حاضر معادله انرژی برای جریان نوسانی آرام داخل لوله با استفاده از توزیع سرعت یکنواخت روی سطح مقطع و با دو شرط مرزی a) دیواره دما ثابت و b) دیواره با شار گرمای ثابت به روش تحلیلی حل شده است و عدد نوسلت از نتایج آن و بطور تحلیلی محاسبه شده است.

نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات عددی گذشته سازگاری خوبی دارد. در یک جمع بندی می توان اظهار نمود تحقیق حاضر موفق به ارائه مقدار عدد نوسلت در جریان نوسانی داخل لوله بطور تحلیلی شده است.

واژه های کلیدی: جریان نوسانی – انتقال حرارت – عدد نوسلت

فهرست مطالب

عنوان ..... صفحه
مقدمه ۱

فصل اول

مروری بر مطالعات انجام گرفته در مورد جریان نوسانی ۴

فصل دوم

حل معادلات انتقال حرارت با استفاده از تبدیل لاپلاس ۹
۲-۱- مقدمه ۹
۲-۲- تئوری استفاده از تبدیل لاپلاس و عکس تبدیل لاپلاس در حل معادلات دیفرانسیل ۱۰
۲-۳- حل معادله انتقال حرارت در مختصات کارتزین ۱۴
۲-۳-۱- شرط مرزی دیواره دما ثابت ۱۴
۲-۳-۲- دیوار با شار گرمای ثابت ۱۵
۲-۴- حل معدله انتقال حرارت در مختصات استوانه‌ای ۱۶
۲-۴-۱- شرط مرزی دیواره دما ثابت ۱۶
۲-۴-۲- شرط دیوار با شار گرمای ثابت ۱۹

فصل سوم

انتقال حرارت در جریان نوسانی آرام ۲۱
۳-۱- مقدمه ۲۱
۳-۲- فرضیات ۲۲
۳-۳- انتقال حرارت در جریان نوسانی آرام بین دو صفحه تخت موازی ۲۳
۳-۳-۱- سرعت نوسانی ۲۳
۳-۳-۲- اتلاف انرژی برای سرعت نوسانی ۲۶
۳-۴- حل معادله انرژی ۲۷
۳-۴-۱- تحلیل برای حالت دیواره دما ثابت ۲۷
۳-۴-۲- تحلیل برای دیواره با شار حرارتی ثابت ۳۱
۳-۵- انتقال حرارت در جریان نوسانی آرام داخل لوله ۳۲
۳-۵-۱- مقدمه ۳۲
۳-۵-۲- معادلات اساسی ۳۳
۳-۵-۳- سرعت نوسانی ۳۴
۳-۵-۴- اتلاف انرژی برای سرعت نوسانی ۴۰

۳-۶- حل معادله انرژی ۴۳
۳-۶-۱- تحلیل برای حالت دیواره دما ثابت ۴۳
۳-۶-۲- تحلیل برای دیواره با شار گرمای ثابت ۴۷

فصل چهارم

بحث و نتیجه‌گیری ۵۰
۴-۱- مقدمه ۵۰
۴-۲- نتایج برای دیواره دما ثابت ۵۰
۴-۲-۱- اثرات فرکانس M ۵۰
۴-۲-۲- اثرات عدد پرانتل ۵۲
۴-۲-۳- اثرات دامنه(γ) ۵۳
۴-۲-۴- مقایسه عدد نوسلت متوسط روی یک سیکل جریانی نوسانی و عدد نوسلت جریان پایا برای مقادیر مختلف M ۵۴
۴-۳- نتایج برای دیواره با شار گرمائی ثابت ۵۴
۴-۳-۱- اثرات فرکانس M ۵۴
۴-۳-۲- اثرات عدد پرانتل ۵۶
۴-۳-۳- اثرات دامنه(γ) ۵۶
۴-۳-۴- مقایسه عکس عدد نوسلت متوسط روی یک سیکل جریان نوسانی و عکس عدد نوسلت جریان پایا برای مقادیر مختلف M ۵۶
۴-۴- مقایسه نتایج ۵۷
۴-۵- خلاصه نتیجه گیری ۵۸
۴-۶- پیشنهادات ۵۹
۴-۷- نمودارها ۶۰
فهرست منابع ۷۴
واژه نامه انگلیسی - فارسی ۷۹
واژهنامه فارسی - انگلیسی ۸۶
ضمیمه ۹۲
۱- صفرهای $J_0(x)$ ۹۲
۲- صفرهای تابع مربوطه ۹۶
جداول ۱۰۰
چکیده انگلیسی و کلید واژه انگلیسی ۱۰۴
عنوان انگلیسی ۱۰۵

فهرست علائم

A	تابعی که مساوی sinMsinhM است.
a.	نصف فاصله بین دو صفحه تخت موازی.
B	تابعی که مساوی cosMcoshM است.
C_1 و C_2	تابعی از M و γ (معادله (۲۵-۳) در حالت جریان بین دو صفحه و معادله (۹۱-۳) در حالت جریان داخل لوله).
C_p	گرمای ویژه در فشار ثابت.
d	قطر لوله و برابر $2r_0$
En	مقدار ویژه و برابر $(n+\frac{1}{2})\pi$
F_0 و F_n	توابعی در مسأله شار گرمای ثابت، (معادله (٤٤-۳) در حالت جریان بین دو صفحه و معادله (۱۰۹-۳) در حالت جریان داخل لوله).
G_n	تابعی در مسأله دمای ثابت، (معادله (۲۹-۳) در حالت جریان بین دو صفحه و معادله (٩٤-۳) در حالت جریان داخل لوله).
H	تابعی که توسط معادله (۳۷-۳) یا (۱۰۲-۳) تعریف شده است.
K	هدایت حرارتی سیال.
M	پارامتر فرکانس بی‌بعد، $\left(\omega a^2/2\nu\right)^{1/2}$ یا $\left(\omega r_0^2/2\nu\right)^{1/2}$.
n	شاخصی که مقادیر صحیح را اختیار می‌کند.

Nu	عدد نوسلت.
Pr	عدد پرانتل سیال، $\nu/\alpha = c_p\mu/k$.
$\left(\frac{dp}{dx}\right)_s$	مؤلفه پایای گرادیان فشار، ($-3\mu U/a^2$ در حالت دو صفحه و $-8\mu U/r_0^2$ در لوله).
q	شار گرما (گرما بر واحد سطح).
Q	بردار سرعت.
r	مختصه شعاعی.
r_0	شعاع لوله
R	مختصه شعاعی بی‌بعد، $\frac{r}{r_0}$.
Re	عدد رینولدز، ($U4a/\nu$ در جریان بین دو صفحه و Ud/ν، در جریان داخل لوله).
t	دما.
t_0	دمای ورودی سیال به لوله یا کانال (یک ثابت است).
t_w	دمای دیواره.
T	دمای بی‌بعد، $(t-t_0)/(t_w-t_0)$.
T^*	دمای بی‌بعد، $(t-t_0)k/qa$ در جریان بین دو صفحه و $(t-t_0)k/qr_0$ در جریان داخل لوله.
u	سرعت سیال.

$u_s(r)$ مؤلفه پایای سرعت.

$u_t(r,\tau)$ مؤلفه نوسانی سرعت.

U سرعت متوسط جریان (متوسط هم روی r (یا y) و هم روی τ).

$u'(r,\tau)$ کمیت تعریف شده توسط معادله (۳-۷۳).

$u'(y,\tau)$ کمیت تعریف شده توسط معادله (۳-۱٤).

$\bar{u}(\tau)$ سرعت متوسط روی سطح مقطع (متوسط روی r یا (y) و متغیر با τ).

$\bar{u}'(\tau)$ کمیت تعریف شده در معادله (۳-۱۷) یا (۳-۷۵).

V حجم

W قدرت لازم برای پمپ سیال.

W_s قدرت لازم برای جریان پایا.

W_t قدرت لازم برای جریان نوسانی.

X طول بی‌بعد، $\frac{4x/d}{\mathrm{Re\,Pr}}$ در حالت جریان داخل لوله و یا $\frac{4x/a}{\mathrm{Re\,Pr}}$ در حالت جریان بین دو صفحه.

X_c فاصله‌ای که سیال در یک سیکل کامل نوسان می‌پیماید، $\frac{\pi}{M^2\,\mathrm{Pr}}$.

X فاصله طولی از ابتدای مقطع گرم شده لوله یا کانال.

Y مختصه عرضی بی‌بعد، y/a.

y مختصه عرضی که از خط مرکزی کانال اندازه‌گیری می‌شود.

α ضریب پخش حرارتی، $\frac{K}{\rho C_p}$.

$\frac{\gamma}{2}$ دامنه نوسانات فشار.

Θ زمان بی‌بعد، $\tau\alpha/a^2$ در جریان بین دو صفحه $\tau\alpha/r_0^2$ در جریان داخل لوله.

Θ_0 مقدار Θ در $X = 0$ (شروع خط مشخصه).

Θ_c زمان لازم برای یک سیکل کامل نوسان.

θ زمان بی‌بعد ($\tau\nu/a^2 = \Theta \Pr$) در حالت جریان بین دو صفحه یا $\tau\nu/r_0^2$ در جریان داخل لوله).

μ ویسکوزیته سیال.

ν ویسکوزیته دینامیکی سیال.

ρ جرم حجمی سیال.

τ زمان.

ω فرکانس نوسان.

ζ بردار گردابه

زیرنویس‌ها

S مقادیر مربوط به جریان پایا

T مقادیر مربوط به جریان نوسانی

T-S مقدار نوسانی منهای مقدار حالت پایا

مقدمه

اهمیت جریان‌های داخلی وابسته به زمان از مدت‌ها قبل شناخته شده است. در اوایل، از این نوع جریان‌ها برای آنالیز انتشار امواج صوتی و بررسی پایداری جریان‌های آرام استفاده می‌شده است. اما کاربرد عملی این نوع جریان، حالت‌هایی است که نوسانات، بر روی جریان متوسط داخل یک لوله یا کانال سوار شده‌اند. این جریان برای مثال، وقتی سیال از طریق پمپ رفت و برگشتی در یک کانال یا لوله جریان می‌یابد ایجاد می‌شود. از جمله کاربردهای صنعتی آن در سیستم سوپرشارژر موتورهای پیستونی، نیروگاه‌های برق، راکتورهای هسته‌ای، موتور راکت‌ها و مبدل‌های حرارتی موتور استرلینگ است. همچنین سیستم گردش خون یک جریان نوسانی است و تبادل گرما بین خون و بافت‌ها به طور منظم تحت تأثیر نوسات قرار دارد.

از حدود نیم قرن پیش تحقیقات بسیاری روی جریان‌های نوسانی خصوصا جریان بین دو صفحه تخت موازی و با شرط مرزی دیواره دما ثابت به‌صورت تحلیلی، آزمایشگاهی و عددی انجام گرفته که سهم تحقیقات عددی در دو دهه اخیر بیشتر بوده است. تعدادی از این تحقیقات، فقط مشخصه‌های سرعت و تعدادی هم مشخصه‌های سرعت و هم مشخصه‌های انتقال حرارت را مد نظر قرار داده و در نهایت عدد نوسلت را به‌صورت عددی محاسبه کرده‌اند.

در مورد سرعت جریان نوسانی، پیش‌بینی‌های تئوری با نتایج آزمایشگاهی سازگاری دارد اما در زمینه انتقال حرارت اطلاعات تجربی، ناکافی و گاهی متضاد

هستند به‌طوری که تعدادی از محققین افزایش انتقال حرارت، تعدادی کاهش انتقال حرارت و تعدادی هم عدم تأثیر نوسان‌ها روی انتقال حرارت را نتیجه گرفته‌اند.

هدف این پایان‌نامه، بررسی تحلیلی و فراهم کردن جزئیات بیشتر از فرایندهای انتقال حرارت در لوله‌هاست. حالتی که در این پایان‌نامه انتخاب شده است عبارت است از انتقال حرارت جریان نوسانی آرام سیال نیوتنی و تراکم‌ناپذیر با خواص ثابت و در جهت محور x

همچنین از هدایت محوری در مقایسه با هدایت شعاعی، تلفات ویسکوزیته و ظرفیت گرمایی ویژه دیواره صرفنظر شده است. نوسان‌ها از ترکیب گرادیان فشار نوسانی و گرادیان فشار حالت پایا ایجاد می‌شوند. مدل فیزیکی به‌کار رفته بدین صورت است که بخشی از ابتدای لوله یا کانال در ورودی سیال عایق بوده و سپس به‌طور ناگهانی (تابع پله) شرایط مرزی حرارتی اعمال می‌شود به‌طوری‌که سرعت سیال قبل از رسیدن به مقطع گرم شده به حالت توسعه یافته رسیده است.

سیال با دمای t_0 وارد لوله (یا کانال) می‌شود و همچنانکه به پائین‌دست لوله حرکت می‌کند می‌تواند گرم یا سرد شود. دو نوع شرط مرزی در نظر گرفته شده است.

۱- دیواره دما ثابت ۲- دیواره با شار گرمای ثابت. در نتیجه عدد نوسلت به‌صورت تابعی از زمان و موقعیت محوری به‌دست می‌آید. برای حل معادله انرژی از تقریب سرعت یکنواخت روی سطح مقطع استفاده شده است. مقایسه نتایج در [۱و۲] نشان