

جریان سیال ویسکوز

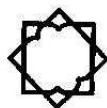
(مکانیک سیالات پیشرفته)

(ویرایش سوم)

فرانک ام. وایت

مترجم:

بهرام پوستی



انتشارات امید انقلاب

سرشناسه	وایت، فرانک
عنوان و نام پدیدآور	White, Frank M.
وضعیت ویراست	جریان سیال ویسکوز (مکانیک سیالات پیشرفته وایت)
مشخصات نشر	ویراست ۳
مشخصات ظاهری	تهران: امیدانقلاب، ۱۳۹۴.
شابک	۶۴۰ ص: مصور، جدول، نمودار
وضعیت فهرست‌نویسی	۹۷۸-۶۰۰-۶۸۹۶-۴۸-۹
یادداشت	فیبای مختصر
یادداشت	فهرست‌نویسی کامل این اثر در نشانی: http://opac.nlai.ir قابل دسترسی است.
شناسه افزوده	عنوان اصلی: Viscoud Fluid Flow
شماره کتابشناسی ملی	پوستی، بهرام، ۱۳۳۲- ۳۸۳۷۴۱۸

انتشارات امیدانقلاب (عضو انجمن ناشران دانشگاهی) nashr.omidenghelab@yahoo.com

نام کتاب	جریان سیال ویسکوز (مکانیک سیالات پیشرفته وایت) (ویرایش سوم)
مترجم	بهرام پوستی
ناشر	امیدانقلاب
حروفچینی	انتشارات امیدانقلاب
حروف‌نگار و صفحه‌آرا	سولماز مرادزاد
نوبت چاپ	اول ۱۳۹۴
تیراژ	۱۱۰۰
قیمت	۳۸۰۰۰۰ ریال
چاپ و صحافی	جام طلایی - چاووش
لیتوگرافی	فرانقش
ناظر فنی چاپ	مهدی طورانیان
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۶۸۹۶-۴۸-۹

مراکز فروش:

دفتر انتشارات و پخش کتاب علوم پویا: میدان انقلاب، خیابان اردیبهشت (منیری جاوید)، نیش کوچه نوروز، پلاک ۵۱، واحد ۱
 تلفن: ۶۶۴۹۵۶۷ و ۶۶۴۹۰۷۷۳ تلفکس: ۶۶۴۹۰۷۷۲
 پخش کتاب دانشیران: خیابان انقلاب، خیابان اردیبهشت (منیری جاوید)، نیش خیابان وحید نظری - پلاک ۱۴۲
 تلفن: ۶۶۴۰۰۱۴۴ - ۶۶۴۰۰۲۲۰
 علم گستر سپاهان: ۰۳۱۱-۲۲۱۹۹۷۸-۹

«با توجه به قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان، مصوب سال ۱۳۴۸، کلیه حقوق و حق چاپ متن، طرح روی جلد و عنوان کتاب برای انتشارات امیدانقلاب محفوظ است. هرکس تمام یا قسمتی از این اثر را، بدون اجازه ناشر، نشر یا پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت»

سخن ناشر

از سال ۱۳۷۵ تاکنون، انتشارات امیدانقلاب اقدام به نشر کتاب‌های دانشگاهی در زمینه علوم پایه، فنی و مهندسی نموده است. این انتشارات، برای ارتقای کیفی و کمی آثار منتشر شده، همواره از نظریات اساتید فن استفاده نموده است.

مانند گذشته، از مؤلفین و مترجمین تقاضا داریم با ارائه نظریات ارزنده خود درباره کتاب‌های این انتشارات، و همچنین پیشنهاد ترجمه و تألیفات جدید ما را یاری دهند. امیدواریم، با کمک شما عزیزان بتوانیم گامی هر چند کوچک برای میهن اسلامی عزیزمان برداریم.

مدیر مسئول انتشارات امیدانقلاب
مهدی طوراتیان

درباره نگارنده

فرانک ام. وایت استاد مجرب و بازنشسته مهندسی مکانیک و اقیانوس شناس دانشگاه رد ایلند است. دوره لیسانس را در انستیتو تکنولوژی جورجیا گذراند و در سال ۱۹۵۴ به اخذ مدرک B.M.E نایل آمد. در سال ۱۹۵۶، مدرک M.S را از انستیتو تکنولوژی ماساچوست دریافت کرد. مجدداً، به انستیتو تکنولوژی جورجیا بازگشت و به سال ۱۹۵۹ مدرک Ph.D در مهندسی مکانیک را دریافت کرد. در سال ۱۹۵۷، به تدریس مهندس هوا-فضا در انستیتو تکنولوژی جورجیا پرداخت. در سال ۱۹۶۲، به دانشگاه رد ایلند پیوست و در سال ۱۹۹۸ بازنشسته شد.

در دانشگاه رد ایلند، وایت به مسائل اقیانوس شناسی و جریان های ساحلی علاقه مند شد. در سال ۱۹۶۶، به تأسیس اولین دپارتمان مهندسی اقیانوس شناسی در آمریکا کمک کرد. تحقیقات او اساساً در زمینه جریان های ویسکوز و انتقال گرمای جابه جایی است و بیش از هشتاد مقاله در این زمینه ها دارد. وایت، علاوه بر آنکه هفت جایزه آموزشی از دانشگاه رد ایلند دریافت داشته است، به عنوان استاد و نویسنده به اخذ نشان ASEE Westinghouse Teaching Excellence Award نیز نائل آمده است. او عضو انجمن مهندسان آمریکاست و به مدت ۱۲ سال به عنوان ویراستار ارشد ASME Journal of Fluids Engineering خدمت کرد. تا سال ۱۹۹۲، به عنوان ویراستار مشاور دایره المعارف علم و تکنولوژی مک گرا هیل همکاری داشته است. هم اکنون نیز با کمیته نشر ASME (انجمن مهندسان آمریکا) همکاری دارد.

علاوه بر کتاب حاضر، وایت سه کتاب درسی زیر را برای دوره کارشناسی نیز تألیف کرده است:

Fluids Engineering, Heat Transfer, Heat and mass transfer

فهرست

۱	پیشگفتار	
۷	فهرست نمادها	
۹	مفاهیم مقدماتی	۱
۱۲	تاریخچه	۱-۱
۲۲	چند مثال درباره جریان ویسکوز	۲-۱
۵۱	خواص سیال	۳-۱
۶۲	شرایط مرزی برای تحلیل جریان ویسکوز	۴-۱
۶۲	خلاصه	
۶۲	مسائل	
۶۷	معادلات اصلی در جریان تراکم پذیر ویسکوز	۲
۶۹	مقدمه	۱-۲
۶۹	قوانین پایستاری؛ معادلات اصلی	۲-۲
۷۰	پایستاری جرم؛ معادله پیوستگی	۳-۲
۷۱	پایستاری تکانه؛ معادلات ناویر-استوکس	۴-۲
۷۸	پایستاری انرژی (قانون اول ترمودینامیک)	۵-۲
۸۳	شرایط مرزی برای جریان ویسکوز با انتقال گرمای رسانشی	۶-۲
۸۴	دستگاه مختصات منحنی الخط	۷-۲
۸۶	مشخصه معادلات اصلی	۸-۲
۸۹	پارامترهای بی بعد در جریان ویسکوز	۹-۲
۹۳	چرخش در جریان ویسکوز تراکم ناپذیر	۱۰-۲
۹۵	جریان دوبعدی؛ تابع جریان	۱۱-۲
۹۷	دستگاه های مختصات غیرایترسی	۱۲-۲
۹۸	فرمول بندی حجم کتتری	۱۳-۲
۱۰۱	خلاصه	
۱۰۱	مسائل	

۱۰۷	حل معادلات جریان ويسكوز ثبوتی	۳
۱۰۹	 مقدمه	۱-۳
۱۱۰	 جریان كوئت	۲-۳
۱۱۸	 جریان پوزیل	۳-۳
۱۳۷	 جریان ناپایا در مجرا	۴-۳
۱۴۱	 جریان ناپایا با مرزهای متحرک	۵-۳
۱۴۷	 جریان های مکشی	۶-۳
۱۵۴	 جریان های ژئوفیزیکی (جریان اکمان)	۷-۳
۱۵۷	 حل های متشابه	۸-۳
۱۸۰	 عدد رینولدز کوچک: جریان خزشی خطی شده	۹-۳
۲۰۰	 دینامیک سیالات محاسباتی	۱۰-۳
۲۲۱	 خلاصه	
۲۲۱	 مسائل	
۲۳۳	لایه های مرزی لایه ای	۴
۲۳۵	 مقدمه	۱-۴
۲۴۴	 معادلات لایه مرزی لایه ای	۲-۴
۲۵۰	 حل های متشابه برای جریان دوبعدی پایا	۳-۴
۲۷۱	 جریان های فاقد برش	۴-۴
۲۷۸	 سایر حل های تحلیلی دوبعدی	۵-۴
۲۸۲	 روش های انتگرالی	۶-۴
۲۹۱	 حل های عددی	۷-۴
۲۹۹	 محاسبات لایه مرزی گرمایی	۸-۴
۳۰۷	 جریان در ورودی مجراها	۹-۴
۳۱۱	 لایه های مرزی متقارن چرخشی	۱۰-۴
۳۲۲	 نظریه سه لایه ای	۱۱-۴
۳۲۹	 لایه های مرزی لایه ای سه بعدی	۱۲-۴
۳۴۰	 لایه های مرزی ناپایا؛ تأثیر جدایی	۱۳-۴
۳۴۳	 لایه های مرزی جابه جایی آزاد	۱۴-۴
۳۵۰	 خلاصه	
۳۵۱	 مسائل	
۳۶۱	پایداری جریان های لایه ای	۵
۳۶۳	 مقدمه: پایداری آشفتگی های کوچک	۱-۵
۳۹۶	 پایداری خطی برای جریان های ويسكوز موازی	۲-۵
۳۸۱	 تأثیر پارامترها در نظریه پایداری خطی	۳-۵

۳۹۶	پدیده گذار.....	۴-۵
۴۰۳	پیش‌بینی تجربی پدیده گذار.....	۵-۵
۴۱۹	خلاصه.....	
۴۲۰	مسائل.....	
۴۲۵	جریان متلاطم تراکم‌ناپذیر	۶
۴۲۷	توصیف فیزیکی و ریاضی تلاطم.....	۱-۶
۴۳۵	معادلات رینولدز در جریان متلاطم.....	۲-۶
۴۴۰	معادلات لایه مرزی متلاطم دو بعدی.....	۳-۶
۴۴۴	منحنی‌های سرعت در لایه داخلی، لایه همپوش و لایه خارجی.....	۴-۶
۴۵۵	جریان متلاطم در لوله‌ها و مجراهای غیردایره‌ای.....	۵-۶
۴۶۲	لایه مرزی متلاطم بر روی یک صفحه تخت.....	۶-۶
۴۷۰	مدل‌سازی تلاطم.....	۷-۶
۴۸۵	تحلیل لایه‌های مرزی متلاطم دارای شیب فشار.....	۸-۶
۵۰۴	تلاطم آزاد: جت‌ها، ویک‌ها و لایه‌های اختلاط.....	۹-۶
۵۱۴	انتقال گرمای جابه‌جایی در جریان متلاطم.....	۱۰-۶
۵۲۷	خلاصه.....	
۵۲۷	مسائل.....	
۵۳۷	لایه مرزی تراکم‌پذیر	۷
۵۳۹	مقدمه: معادلات لایه مرزی تراکم‌پذیر.....	۱-۷
۵۴۵	حل‌های متشابه برای جریان لایه‌ای تراکم‌پذیر.....	۲-۷
۵۴۹	تحلیل جریان لایه‌ای بر روی صفحه تخت و جریان رکود.....	۳-۷
۵۶۰	لایه‌های مرزی تراکم‌پذیر لایه‌ای در شرایط اختیاری.....	۴-۷
۵۷۳	عناوین خاص برای جریان لایه‌ای تراکم‌پذیر.....	۵-۷
۵۷۹	معادلات لایه مرزی تراکم‌پذیر متلاطم.....	۶-۷
۵۸۳	قانون ویک و قانون دیواره برای جریان تراکم‌پذیر متلاطم.....	۷-۷
۵۸۸	جریان متلاطم تراکم‌پذیر بر روی صفحه تخت.....	۸-۷
۵۹۶	تحلیل لایه مرزی متلاطم تراکم‌پذیر دارای شیب فشار.....	۹-۷
۶۰۱	خلاصه.....	
۶۰۱	مسائل.....	
۶۰۷	پیوست‌ها	
۶۰۷	خواص انتقالی برای سیالات نیوتنی.....	الف
۶۱۷	معادلات حرکت سیالات تراکم‌ناپذیر نیوتنی در دستگاه‌های مختصات استوانه‌ای و کروی.....	ب
۶۲۳	سابروئین رانج- کوتا برای حل دستگاه معادلات دیفرانسیل.....	ج

پیشگفتار

کتاب درسی جریان سیال ویسکوز برای دوره کارشناسی ارشد تألیف شده است. برای مطالعه این کتاب، دانشجویان باید دوره‌های مکانیک سیالات، آنالیز برداری، معادلات دیفرانسیل معمولی، معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی و تحلیل عددی مقدماتی را گذرانده باشند. این کتاب را می‌توان در یک ترم یا دو ترم تدریس کرد.

گرچه مکانیک سیالات محاسباتی (CFD) به تدریج جای روش‌های ریاضی را برای تحلیل جریان‌های ویسکوز گرفته است، اما در این کتاب مفاهیم جریان ویسکوز مورد توجه قرار گرفته‌اند (نه نرم‌افزارهای تحلیل گر). از زمان انتشار ویرایش دوم این کتاب در سال ۱۹۹۱ تاکنون که ویرایش سوم آن عرضه شده است، بیشتر از ده هزار مقاله جدید درباره جریان‌های ویسکوز به چاپ رسیده است. گفتنی است که کتاب حاضر یک کتاب درسی مقدماتی درباره جریان‌های ویسکوز است و شامل مطالب تفصیلی نمی‌باشد. در واقع، هدف این کتاب آشنایی خواننده با موضوع جریان‌های ویسکوز است.

ویژگی‌های این ویرایش

- بیشتر از سی درصد مسائل جدید هستند یا تجدیدنظر شده‌اند.
- مطالب جدید جریان در ریزکانال‌ها، لغزش مایعات و گازها در مجراها و عنوان میکروپمپ در فصل‌های ۱، ۳ و ۴ اضافه شده‌اند.
- قسمت ۲-۹ درباره تحلیل ابعادی کاملاً تجدیدنظر شده است. معادله اویلر و تحلیل جریان ناویسکوز و ارتباط آن با جریان ویسکوز اضافه شده است.
- فصل ۵ با عنوان ناپایداری امواج باد کلوین-هلمهولتز شروع شده است.
- مدل‌سازی تلاطم در فصل ۶ کاملاً تجدیدنظر و به‌روز شده است.
- فصل ۷ شامل یک بحث تفصیلی درباره جریان ایزنتروپیک و ارتباط آن با آثار ویسکوز است.
- مراجع به‌روز شده‌اند.

شیوه طرح مطالب

مانند ویرایش قبل، این ویرایش نیز شامل هفت فصل است.

در فصل ۱، خواص اصلی سیالات و مفاهیم مقدماتی آورده شده است. مطالب جدید جریان در ریزکانال‌ها و لغزش مایعات اضافه شده‌اند.

در فصل ۲، معادلات اصلی جریان مورد بحث قرار گرفته است. قسمت ۲-۹ درباره تحلیل ابعادی کاملاً تجدیدنظر شده است. معادله اوایلر و تحلیل جریان ناویسکوز و ارتباط آن با جریان ویسکوز اضافه شده است. در فصل ۳، انواع حل‌های تحلیلی و عددی برای معادلات ناویر-استوکس در جریان لایه‌ای آورده شده است. چند حل دقیق جدید نیز اضافه شده است. پارادکس استوکس با وضوح بیشتر مورد بحث قرار گرفته است. بحث جریان خزشی به روز شده است. دو کاربرد جدید CFD در ارتباط با قطره‌های کروی مایعات بررسی شده است.

در فصل ۴، بعضی از مطالب منسوخ (مانند معیار جدایی استرانفورد) حذف شده است. یک قسمت جدید درباره لایه‌های مرزی ناپایا (شامل استریمینگ اکوستیک و معیارهای جدایی گولدشتین) اضافه شده است. حل‌های عددی نیز مورد بحث قرار گرفته‌اند. روش‌های انتگرالی مانند ویرایش قبل بررسی شده‌اند.

در فصل ۵، ناپایداری کمانش تیر حذف شده است و به جای آن ناپایداری امواج باد کلوین-هلمهولتز آورده شده است. مفهوم شبه‌تشدید اضافه شده است. قسمت ۵-۴ درباره فرایند گذار کاملاً تجدیدنظر شده است. نتایج جدید روش DNS برای پیش‌بینی گذار مورد بحث قرار گرفته است. فصل ۶ به‌روز شده است و مراجع جدید بسیاری برای آن مورد استفاده قرار گرفته است، اما جریان میانگین متلاطم مانند ویرایش قبل بررسی شده است. قسمت ۶-۷ درباره مدل‌سازی کاملاً تجدیدنظر شده است. قانون نمایی لایه همپوش و تخمین‌های DNS اضافه شده‌اند.

فصل ۷ شامل دو عکس درباره جریان لایه مرزی فوق‌صوتی است. تحلیل جریان ایزنتروپیک و ارتباط آن با آثار ویسکوز، و همچنین یک بحث جدید درباره قضیه مورکوفین اضافه شده است. قسمت ۷-۷ درباره قوانین و یک جداری تراکم‌پذیر تجدیدنظر شده است.

پیوست‌ها تقریباً مانند ویرایش قبل هستند، با این تفاوت که داده‌های بیشتری درباره خواص سیال در پیوست الف آورده شده است. سابروتین رانج-کوتا در پیوست ج مانند ویرایش قبل آورده شده است، زیرا این سابروتین هنوز هم برای انتگرال‌گیری عددی به کار می‌رود (گرچه اغلب دانشجویان از صفحه‌گستر استفاده می‌کنند).

فهرست نمادها

نمادهای انگلیسی

a	سرعت صوت؛ شتاب در فصل ۲؛ شعاع جسم در فصل ۴
A	مساحت؛ دامنه در معادله (۴۰-۵)؛ پارامتر میرایی در معادله (۹۰-۶)
b	عرض جت یا ویک در شکل ۳۵-۶
B	شیب سرعت در نقطه رکود (قسمت ۳-۸-۱)؛ ثابت قانون دیواره برای جریان متلاطم در معادله (۳۸-۶ الف)
ΔB	جابه‌جایی قانون دیواره بر اثر زبری در معادله (۶۰-۶)
c, c_i, c_r	سرعت‌های فاز موج در فصل ۵
c_p, c_u	گرماهای ویژه در معادله (۶۹-۱)
C	پارامتر چاپمن-روبین در معادله (۲۰-۷)
C_i	غلظت نمونه‌ها در فصل ۱
D	قطر؛ نیروی دراگ در فصل ۴؛ ضریب پخش در فصل ۱
D_h	قطر هیدرولیکی مجرا در معادله (۵۵-۳)
D_{ij}	انتقال یا پخش متلاطم در معادله (۱۱۱-۶)
e, E	انرژی داخلی
e_t	انرژی جنبشی داخلی به علاوه انرژی پتانسیل در معادله (۱۱۳-۲)
$\mathbf{f}, \mathbf{F}$	نیرو
f, F, g	متغیرهای تشابه
g	شتاب ثقل
$G(Pr)$	پارامتر انتقال گرما در معادلات (۱۷۲-۳) و (۷۸-۴)
h	انتالپی؛ عرض مجرا؛ ضریب انتقال گرما

h_i	ضرایب متریک در معادلات (۵۸-۲) و (۲۲۹-۴)
h_0	انتالپی رکود، $h + V^2/2$
H	ضریب شکل، δ^*/θ ؛ انتالپی رکود در معادله (۳-۷)
H_1	یک ضریب شکل دیگر، $(\delta - \delta^*)/\theta$
J	تکانه جت در معادلات (۹۷-۴)، (۲۰۶-۴) و (۱۴۴-۶)
k	ضریب رسانش گرما؛ ارتفاع زبری در فصل‌های ۵ و ۶
K	مدول کپه‌ای در معادله (۸۴-۱)؛ پارامتر افت فشار در مجرا در معادله (۱۷۶-۴)؛ انرژی جنبشی تلاطم در معادله (۱۶-۶)؛ شیب سرعت در نقطه رکود در شکل (۶-۷)
ℓ	مسافت آزاد میانگین در فصل ۱؛ طول اختلاط در معادله (۸۸-۶)
L	طول مشخصه
L_{slip}	طول لغزش یک مایع در معادله (۸۹-۱)
m	جرم؛ نمای سرعت جریان در گوشه در معادله (۶۹-۴)
$\dot{m}$	آهنگ جرم جریان
M	وزن مولکولی؛ گشتاور در معادله (۱۹۰-۳)
n	امتداد عمود بر دیواره؛ نما در قانون نمایی در معادله (۳۵-۱)
p	فشار
$\hat{p}$	فشار مؤثر، $p + \rho gz$
P	پارامتر شیب فشار در معادله (۴۲-۳)؛ قطر مجرا
q	آهنگ انتقال گرما در مساحت واحد؛ سطح تلاطم در معادله (۴۳-۵)
Q	گرما؛ آهنگ حجم جریان در معادله (۳۵-۳)
r	مختصه شعاعی؛ ضریب بازیافت در معادله (۱۶-۷)
z, θ, r	مختصات استوانه‌ای در معادله (۶۳-۲)
λ, θ, r	مختصات کروی در معادله (۶۵-۲)
r_0	شعاع سطح استوانه در شکل (۳۴-۴)
R	ثابت گازها؛ شعاع جسم
s	انرژی
S	ثابت سوترلند در معادله (۳۶-۱)؛ پارامتر برش لایه‌ای در معادله (۱۳۴-۴)؛ پارامتر وان دریست در معادله (۱۳۰-۷)
t	زمان
T	دما؛ درصد تلاطم در معادله (۴۳-۵)
T^*	دمای شار گرمای جداری، $q_w/(\rho c_p U^*)$ ؛ دمای مرجع جریان تراکم‌پذیر در معادله (۴۲-۷)

$\mathcal{T}$	ضریب کشش سطحی
w, v, u	مؤلفه‌های سرعت در دستگاه کارترین
u_z, u_r, u_θ	مؤلفه‌های سرعت در دستگاه استوانه‌ای
w', v', u'	مؤلفه‌های نوسانی سرعت
Δu	کاستی سرعت ویک در شکل ۶-۳۵ ج و معادله (۶-۱۵۵)
W, U	مؤلفه‌های سرعت جریان آزاد
U^*	سرعت اصطکاک جدار، $(\tau_w / \rho_w)^{1/2}$
U_β	سرعت ویک در معادله (۶-۱۳۷)
V	سرعت؛ همچنین U_e / U_0 در معادله (۶-۱۳۳)
$\mathcal{V}$	حجم در فصل ۲
w	آهنگ کار انجام شده بر روی یک جزء در معادله (۲-۳۶)
z, y, x	مختصات کارترین
Z	ضریب تراکم‌پذیری گاز، $p/(\rho RT)$

نمادهای یونانی

α	بخشندگی گرمایی، $k / \rho c_p$ ، زاویه گوه در شکل (۳-۳۲)؛ عدد موج در معادله (۵-۱۲)؛ زاویه حمله
γ, β, α	پارامترهای اندازه شبکه در روش تفاضل محدود در معادله (۴-۱۴۶)؛ پارامترهای قانون دیواره در معادلات (۷-۱۱۱)
ζ, β, α^*	پارامترهای اندازه شبکه برای تحلیل جریان تراکم‌پذیر با استفاده از روش تفاضل محدود در معادله (۷-۶۷)
β	ضریب انبساط گرمایی در معادله (۱-۸۶)؛ پارامتر فالتکر-اسکن در معادله (۴-۷۱)؛ پارامتر کلازر در معادله (۶-۴۲)
γ	نسبت گرماهای ویژه، c_p / c_v ؛ پارامتر تفاضل محدود در معادله (۴-۱۶۳)؛ تناوب در شکل ۶-۵؛ پارامتر تراکم‌پذیری در معادله (۷-۱۱۱)
δ_u, δ	ضخامت لایه مرزی سرعت
δ^*	ضخامت جابه‌جایی در معادله (۴-۴)
δ_c	ضخامت رسانش در معادله (۴-۱۵۶)
δ_h	ضخامت انتقالی در معادله (۴-۲۲)
δ_T	ضخامت لایه مرزی دما
δ_3	ضخامت اتلاف در معادله (۴-۱۲۸)
δ_{ij}	دلتای کروتکر

Δ	ضخامت کاستی در معادله (۴۳-۶)
ϵ	پارامتر اختلال (قسمت ۴-۱۱)؛ اتلاف تلاطم [جمله ۷ در معادله (۶-۱۷)]
ϵ_{ij}	تانسور آهنگ کرنش؛ اتلاف تنش رینولدز در معادله (۶-۱۱۱)
κ	ثابت کارمن، تقریباً 0.41
λ	ضریب ویسکوزیته دوم در فصل ۲؛ ضریب اصطکاک داریسی در معادله (۳-۳۸)؛ پارامتر توایت در معادله (۴-۱۳۲)؛ $(2/C_f)^{1/2}$ در فصل ۶
Λ	پارامتر کارمن-پلهازن، $(dp/dx)/\mu U$ ؛ ضریب اصطکاک در لوله در معادله (۶-۵۴)
λ_n	مقادیر ویژه تابع گراتز در جدول ۳-۱
η	متغیر تشابه؛ ارتفاع سطح آزاد در فصل ۵
μ	ویسکوزیته (ویسکوزیته مطلق)
ν	ویسکوزیته سینماتیکی μ/ρ
π	3.14159
Π	پارامتر ویک کولز در معادله (۶-۴۷)
ϕ	پتانسیل سرعت در فصل ۲؛ عرض جغرافیایی در فصل ۳؛ زاویه موج در معادله (۵-۱۲)؛ آشفستگی بی بعد در معادله (۵-۲۳)
Φ	تابع اتلاف در معادله (۲-۴۶)
ψ	تابع جریان
θ	زاویه در مختصات قطبی؛ ضخامت تکانه در معادله (۴-۶)
Θ	نسبت بی بعد دما در معادلات معادله (۳-۱۶۷) و (۴-۵۶)
ρ	چگالی
σ	قطر برخورد مولکولی در فصل ۱؛ پارامتر شبکه عددی در معادله (۳-۲۴۷)؛ پارامتر رشد جت متلاطم در معادله (۶-۱۴۷)
τ	تنش برشی لایه مرزی
τ_{ij}	تانسور تنش
χ	پارامتر برهم کنش هیپرسونیک در معادله (۷-۸۶)
ξ	شیب فشار بی بعد در معادله (۶-۳۶)؛ متغیر تشابه در معادله (۷-۱۹)
ω	چرخش؛ سرعت زاویه‌ای؛ فرکانس
Ω_v, Ω_D	توابع پتانسیل مولکولی در فصل ۱
Ω	سرعت زاویه‌ای
ζ	ضریب انتقال گرما در معادله (۳-۱۴)؛ نسبت δ_T/δ در معادله (۴-۲۴)

گروه‌های بی‌بعد

$\mu V^2 / k \Delta T$	عدد برینکمان،	Br
$(p_{\infty} - p_{sat}) / \rho V^2$	عدد کاویتاسیون،	Ca
2 ضریب دراگ، $\rho V^2 A$ (دراگ)		C_D
$2\tau_w / \rho V^2$	ضریب اصطکاک جدار،	C_f
$q_w / \rho V c_p \Delta T$	عدد استانتون،	C_h
2 ضریب لیفت، $\rho V^2 A$ (نیروی لیفت)		C_L
$2(p - p_{\infty}) / \rho V^2$	ضریب فشار،	C_p
$V^2 / c_p \Delta T$	عدد اکرت،	Ec
$2\Delta p / \rho U^2$	عدد اویلر،	Eu
V^2 / gL	عدد فرود،	Fr
$g\beta\Delta TL^3 / \nu^3$	عدد گراشف،	Gr
$GrNu = g\beta q_w L^4 / k \nu^2$	عدد گراشف اصلاح شده،	Gr^*
ℓ / L	عدد کنودسن،	Kn
$L / (d_0 Re_D Pr)$	عدد گراتر در قسمت ۳-۳-۳،	L^*
D / α	عدد لوئیس،	Le
V / a	عدد ماخ،	Ma
$q_w L / k \Delta T$	عدد نوسلت،	Nu
$RePr$	عدد پکلت،	Pe
$2\tau L / \mu V$	عدد پوزیل،	Po
$\mu c_p / k$	عدد پرائتل،	Pr
$\mu_i c_p / k_i$	عدد پرائتل متلاطم،	Pr_i
$GrPr = g\beta\Delta TL^3 / \nu \alpha$	عدد ریلی،	Ra
$\rho V L / \mu$	عدد رینولدز،	Re
$V / \Omega L$	عدد راسبی،	Ro
ν / D	عدد اشمیت،	Sc
fL / V		St
عدد تیلور در معادله (۵-۳۴)		Ta
$\rho V^2 L / \mathcal{T}$	عدد وبر،	We

اندیس‌های زیرین

دیواره ادیاباتیک	aw
میدان دوردست	∞
جریان آزاد، لبه لایه مرزی	e
مقدار اولیه یا مقدار مرجع	0
بحرانی، در نقطه ناپایداری	c, crit
میانگین	m
نرمال	n
جذر میانگین مربعی	rms
نقطه جدایی	sep
تلاطم، مماس	t
گذار	tr
باز یافت یا دیواره ادیاباتیک	r
دیواره	w
در نقطه x	x

اندیس‌های فوقانی

میانگین زمانی	-
مشتق گیری؛ نوسان در جریان متلاطم	'
متغیر بی بعد در فصل‌های ۲، ۳ و ۴	*
قانون متغیر دیواره	+
متغیر آشفستگی کوچک در فصل ۵	^