

دینامیک متحرک‌های دریایی

مکتب‌السنن
ادبیه فقهیه



مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف



مؤسسه انتشارات علمی
دانشگاه صنعتی شریف

دینامیک متحرک‌های دریایی

تألیف محمدسعید سیف، امین نجفی

ناشر: مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف

چاپ اول: ۱۳۹۲

شمارگان: ۲۰۰ نسخه

بها: ۲۰۰۰۰۰ ریال

حق چاپ برای مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف محفوظ است.

ISBN 978-964-208-091-5

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۰۸-۰۹۱-۵

ویرایش و آماده‌سازی کتاب را مؤلفان انجام داده‌اند.

تلفن: ۶۶۰۱۳۱۲۰-۶۶۱۶۲۰۷۲-۶۶۱۶۴۰۷۰

دفتر مرکزی: خیابان آزادی- دانشگاه صنعتی شریف

دفتر فروش: میدان انقلاب- خیابان شهید منیری جاوید (اردیبهشت)- ساختمان ۲۵۳ - طبقه چهارم- واحد ۴۰۲

پست الکترونیکی: publication@mehr.sharif.edu

تلفن: ۶۶۴۰۵۱۳۲-۶۶۹۶۷۸۹۶

موضوع: کشتی‌ها- دینامیک

موضوع: سیالات - دینامیک

شناسه افزوده: نجفی، امین

شناسه افزوده: دانشگاه صنعتی شریف

رده‌بندی کنگره: ۹۹/۱۵۶ VM

رده‌بندی دیویی: ۶۲۳/۸۱۷۱

شماره کتابشناسی ملی: ۳۲۹۴۰۸۷

سرشناسه: سیف، محمدسعید، ۱۳۲۵.

عنوان و نام‌پدیدآور: دینامیک متحرک‌های دریایی / تألیف محمدسعید سیف، امین نجفی

مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی شریف، مؤسسه انتشارات علمی ۱۳۹۲.

مشخصات ظاهری: ۲۵۹ ص. ج. مصور، جدول.

شابک: 978-964-208-091-5

وضعیت فهرست نویسی: فیا.

بسم الله الرحمن الرحيم

فهرست مطالب

پیشگفتار

فصل ۱. مقدمه	۱
۱.۱ مقدمه	۱
۲.۱ تعریف حرکات	۲
۱.۳ تعریف دریامانی (Seakeeping)	۴
۴.۱ اهمیت دریامانی	۴
فصل ۲. دینامیک سیالات	۱۱
۱.۲ مروری بر هیدرودینامیک A Review of Hydrodynamics	۱۱
۱.۱.۲ اصل بقاء جرم Conservation of Mass	۱۱
۲.۲ معادله اویلر (Euler's Equation) و Navier-Stokes	۱۴
۳.۲ پتانسیل سرعت Velocity Potential	۱۸
۴.۲ معادله لاپلاس Laplace Equation	۱۸
۵.۲ معادله برنولی Bernoulli Equation	۲۰
۶.۲ تابع جریان	۲۲
۷.۲ جریانهای ساده	۲۴
۱.۷.۲ جریانهای یکنواخت	۲۴
۲.۷.۲ چشمه و چاه	۲۶

۲۸	 دو قطبی (Doublet or Dipole)	۳.۷.۲
۳۰	 چند قطبی (Multiples)	۴.۷.۲
۳۱	 جریان حول یک استوانه	۵.۷.۲
۳۳	 ویسکوزیته	۸.۲
۳۵	 نیروی درگ	۹.۲
۳۶	 مشخصات مقاطع خط جریانی	۱۰.۲
۴۵	 فصل ۳. امواج منظم	
۴۵	 مقدمه	۱.۳
۴۷	 امواج Waves	۲.۳
۴۹	 امواج خطی (Linear Waves)	۱.۲.۳
۴۹	 شرط پیوستگی و معادله لاپلاس	۲.۲.۳
۵۰	 شرایط مرزی بستر دریا	۳.۲.۳
۵۱	 شرط مرزی دینامیکی سطح آزاد	۴.۲.۳
۵۳	 شرط مرزی سینماتیکی سطح آزاد	۵.۲.۳
۵۶	 معادله و شرایط مرزی	۶.۲.۳
۶۲	 سرعت ذرات آب (Water Particle Velocity)	۷.۲.۳
۶۳	 جابه‌جایی‌ها	۸.۲.۳
۶۴	 خط سیر	۹.۲.۳
۶۶	 شتاب‌ها	۱۰.۲.۳
۶۷	 شیب موج (Wave stope)	۱۱.۲.۳
۶۸	 توزیع فشار	۱۲.۲.۳
۷۱	 انرژی پتانسیل Potential Energy	۱۳.۲.۳
۷۲	 انرژی جنبشی Kinetic Energy	۱۴.۲.۳
۷۴	 دبی انرژی (Energy Flux)	۱۵.۲.۳
۸۵	 فصل ۴. امواج نامنظم	
۸۵	 مقدمه	۱.۴
۸۵	 برهم نهی امواج	۱.۱.۴
۸۷	 اندازه‌گیری مشخصات امواج	۲.۱.۴
۸۷	 تحلیل آماری ساده امواج	۳.۱.۴

۸۹	دوره تناوب متوسط موج	۱.۳.۱.۴
۸۹	ارتفاع موج	۲.۳.۱.۴
۹۲	ارتفاع متوسط امواج	۳.۳.۱.۴
۹۲	ارتفاع مشخصه امواج	۴.۳.۱.۴
۹۲	تحلیل اطلاعات ثبت شده امواج	۴.۱.۴
۹۳	ثبت و نمونه برداری اطلاعات امواج	۱.۴.۱.۴
۹۳	انحراف معیار استاندارد	۲.۴.۱.۴
۹۴	توزیع گاوسی سطح آب	۳.۱.۴
۹۵	توزیع رابلی دامنه موج	۴.۱.۴.۵
۹۷	حداکثر ارتفاع موج	۴.۱.۴.۵
۹۸	پارامترهای اصلی در بررسی امواج نامنظم (ارتفاع - دامنه - T , ξ - پریود)	۵.۱.۴
۱۰۱	سری فوریه Fourier	۶.۱.۴
۱۰۱	طیف انرژی امواج (Wave Energy Spectrum)	۷.۱.۴
۱۰۴	ممان‌های طیفی Spectral Moments	۸.۱.۴
۱۰۸	طیف‌های امواج استاندارد (Idealized Wave Energy Spectrum)	۹.۱.۴
۱۱۳	امواج با قله‌های غیرموازی (Short Crested Waves)	۱۰.۱.۴
۱۱۸	اطلاعات آماری امواج Wave Statistics	۱۱.۱.۴
۱۲۰	مشاهدات چشمی	۱.۱۱.۱.۴
۱۲۱	نمونه‌های مشاهده شده برای ارتفاع و دوره تناوب امواج	۱۲.۱.۴
۱۲۳	اطلس امواج	۲.۴
۱۲۳	نمونه‌های مشاهده شده	۱.۲.۴
۱۲۵	هیند کستینگ (Hind casting)	۲.۲.۴
۱۲۷	آماري اندازه‌گیری شده امواج	۳.۲.۴
۱۲۹	شرایط دریایی	۳.۴
۱۳۱	اطلاعات جامع امواج در کشور	۴.۴
۱۳۱	اطلاعات امواج در خلیج فارس	۱.۴.۴
۱۳۸	امواج در دریای خزر	4.4.2
۱۴۴	دسته‌بندی امواج نسبت به سازه مدنظر	۳.۴.۴
۱۴۶	معادله موريسون (Morison's Equation)	۴.۴.۴
۱۵۰	محاسبه نیروی کل	۵.۴.۴
۱۵۳	محاسبه نیرو بر المان‌های با امتداد دلخواه	۶.۴.۴

۱۵۴.....	۷.۴.۴ ضرایب معادله موريسون.....
۱۵۸.....	۸.۴.۴ تئوری شکست یا Diffraction theory.....
۱۵۸.....	۱.۸.۴.۴ روابط حاکم.....
۱۶۲.....	۹.۴.۴ اسلمینگ Slamming.....
۱۶۷.....	فصل ۵. دینامیک شناورها.....
۱۶۷.....	۱.۵ حرکت کشتی.....
۱۶۷.....	۱.۱.۵ سیستم نوسانی یک درجه آزادی.....
۱۷۴.....	۲.۱.۵ جهت حرکت فرکانس برخورد (Heading & encounter frequency).....
۱۸۳.....	۳.۱.۵ حرکت قائم شناورها (Heaving) Heave Motion.....
۱۹۰.....	۱.۳.۱.۵ فرکانس طبیعی Heave.....
۱۹۱.....	۲.۳.۱.۵ حرکت یک درجه آزادی Heave.....
۱۹۶.....	۴.۱.۵ حرکت غلتش طولی Pitching.....
۱۹۹.....	۱.۴.۱.۵ ممان تحریک Exciting Moment.....
۲۰۳.....	۲.۴.۱.۵ پریود طبیعی Pitching.....
۲۰۷.....	۵.۱.۵ غلتش عرضی Rolling.....
۲۰۹.....	۱.۵.۱.۵ ضریب میرایی Damping Coeff.....
۲۱۰.....	۲.۵.۱.۵ ضریب ممان برگرداننده (Restoring Moment Coefficient).....
۲۱۲.....	۳.۵.۱.۵ ممان تحریک امواج برای حرکت Rolling.....
۲۱۷.....	۶.۱.۵ معادلات اساسی حرکت کشتی.....
۲۱۷.....	۱.۶.۱.۵ مختصات مورد استفاده.....
۲۱۷.....	۲.۶.۱.۵ دستگاه مختصات چهارم.....
۲۱۸.....	۳.۶.۱.۵ دستگاه مختصات سوم.....
۲۱۸.....	۴.۶.۱.۵ مختصات دوم.....
۲۱۹.....	۵.۶.۱.۵ معادلات کلی حرکت.....
۲۲۲.....	۷.۱.۵ ضریب معادلات حرکت.....
۲۲۲.....	۱.۷.۱.۵ ضرایب هیدرواستاتیکی.....
۲۲۳.....	۲.۷.۱.۵ ضرایب هیدرو دینامیکی.....
۲۲۶.....	۳.۷.۱.۵ فرمهای لونیس.....
۲۳۲.....	۴.۷.۱.۵ تئوری نواری.....
۲۳۵.....	۵.۷.۱.۵ ضرایب معادلات حرکت قائم و غلتش طولی (Longitudinal Motion).....
۲۴۵.....	۸.۱.۵ حرکات شناور در امواج منظم.....

۲۴۶	۱.۸.۱.۵ تعیین حرکات شناور به صورت خطی
۲۵۳	۲.۸.۱.۵ حرکات غیر کوپل (Uncoupled Motions)
۲۶۱	۳.۸.۱.۵ ترکیب حرکات
۲۶۴	۴.۸.۱.۵ حرکات نسبی شناور و امواج
۲۶۶	۵.۸.۱.۵ نیروهای جانبی (Lateral Forces)
۲۶۷	۹.۱.۵ عملکرد شناور در امواج
۲۷۰	۱.۹.۱.۵ معیارهای حرکت شناور در امواج
۲۷۶	۱.۱۰.۱.۵ محدوده مناسب کاری (Seakeeping Operating Envelopes (SOE)
۲۷۷	۱.۱۱.۱.۵ حرکات کشتی در امواج نامنظم (Ship motion in irregular waves)
۲۷۸	۱.۱۱.۱.۵ طیف امواج برخوردی (Encountered wave spectrum)
۲۹۱	فصل ۶. قوانین حاکم بر مدلسازی تجربی حرکات شناور
۲۹۱	۱.۶ قوانین حاکم بر مدلسازی
۲۹۳	۱.۱.۶ مدلسازی شرایط مختلف دریایی
۲۹۴	۱.۱.۱.۶ شبیه سازی مکانیکی موج در آزمایشگاه
۲۹۶	۲.۱.۶ مدلسازی شناور برای شرایط مختلف دریایی
۳۰۲	۳.۱.۶ علل استفاده از آزمایشهای Seakeeping
۳۰۲	۱.۳.۱.۶ مدلسازی گسترش وزن شناور
۳۰۳	۴.۱.۶ انواع تست های مدل در آزمایشگاه
۳۰۳	۱.۴.۱.۶ تست های مربوط به مقاومت شناور در شرایط مختلف دریایی در آزمایشگاه های تست حرکات شناور (seakeeping lab)
۳۰۴	۲.۴.۱.۶ تست حرکات شناور و اثرات دینامیکی مربوط به آن
۳۰۶	۳.۴.۱.۶ اندازه گیری حرکات مدل در حالت ثابت و بدون حرکت
۳۰۸	۵.۱.۶ استانداردهای ITTC برای آزمایشهای مربوط به تست حرکات شناور در
۳۰۸	۱.۵.۱.۶ استانداردهای ساخت مدل (Model Preparation)
۳۰۹	۲.۵.۱.۶ استانداردهای آزمایش (Experiments)
۳۱۰	۳.۵.۱.۶ استانداردهای محاسبات و آنالیز رفتار شناور (Analysis)
۳۱۱	۶.۱.۶ تست مدل در آزمایشگاه
۳۱۲	۱.۶.۱.۶ حوضچه کشش
۳۱۸	۷.۱.۶ دستورالعمل تست مدل
۳۱۸	۱.۷.۱.۶ شرح روش
۳۱۹	۲.۷.۱.۶ مدل و نصب و راه اندازی مدل

۳۱۹.....	۳.۷.۱.۶ شرایط تست.....
۳۲۰.....	۴.۷.۱.۶ نصب مدل.....
۳۲۰.....	۶.۱.۷.۵ سیستم اندازه‌گیری.....
۳۲۱.....	۶.۷.۱.۶ مقاومت مدل.....
۳۲۱.....	۷.۷.۱.۶ سرعت حرکت مدل.....
۳۲۲.....	۸.۷.۱.۶ تریم و فرورفتگی در آب.....
۳۲۲.....	۹.۷.۱.۶ دما.....
۳۲۲.....	۸.۱.۶ کالیبراسیون و تنظیم تجهیزات.....
۳۲۲.....	۹.۱.۶ روند تست و داده برداری.....
۳۲۲.....	۱.۹.۱.۶ روش.....
۳۲۲.....	۲.۹.۱.۶ فاصله و دامنه.....
۳۲۳.....	۳.۹.۱.۶ سرعت.....
۳۲۳.....	۴.۹.۱.۶ مقادیر اندازه‌گیری شده.....
۳۲۳.....	۵.۹.۱.۶ مستندسازی.....
۳۲۴.....	۶.۹.۱.۶ نحوه انجام آزمایش‌ها.....
۳۲۴.....	۱.۱۰.۱.۶ شرایط آب.....
۳۲۴.....	۲.۱۰.۱.۶ جنس مدل.....
۳۲۵.....	۱.۱.۱.۶ آماده سازی مدل جهت تست.....
۳۲۵.....	۱.۱۱.۱.۶ تعیین مرکز ثقل و آب‌خور مدل هنگام تست.....
۳۲۶.....	۲.۱۱.۱.۶ اتصال بازوی دینامتر به مدل شناور.....
۳۲۷.....	۳.۱۱.۱.۶ آب‌بند کردن مدل شناور در حین تست.....
۳۲۸.....	۲.۶ اصول تست مدل شناورهای پلنینگ.....
۳۲۸.....	۱.۲.۶ مقدمه.....
۳۳۶.....	۲.۲.۶ نمونه‌ای از مطالعات بر روی تست مدل بدنه‌های پلنینگ.....
۳۴۱.....	۳.۲.۶ مروری بر دستورالعمل ITTC برای تست مقاومت مدل شناورهای تندرو.....
۳۴۱.....	۱.۳.۲.۶ مدل.....
۳۴۳.....	۲.۳.۲.۶ نصب مدل و اعمال نیرو.....
۳۴۴.....	۳.۳.۲.۶ ثبت داده‌ها و دقت اندازه‌گیری‌ها.....
۳۴۴.....	۴.۳.۲.۶ کالیبراسیون.....
۳۴۴.....	۵.۳.۲.۶ روند تست و داده برداری.....
۳۴۷.....	۶.۳.۲.۶ محاسبه مشخصه‌های مقاومتی نمونه واقعی.....
۳۴۸.....	۷.۳.۲.۶ مستند سازی.....

۳۴۸	۳.۶	تعمیم نتایج به شناورهای واقعی
۳۵۳	فصل ۷.۷	دینامیک شناورهای تندرو
۳۵۳	۱.۷	مقدمه
۳۵۵	۱.۱.۷	روش نیمه تجربی سویستکی
۳۵۶	۲.۷	فرمول سویستکی
۳۵۸	۳.۲.۷	جریان در ناحیه سینه شناور
۳۶۰	۴.۲.۷	معادلات حرکت کوپل شده هیو و پیچ
۳۶۳	۵.۲.۷	ممان و نیروی برگرداننده
۳۷۲	۶.۲.۷	تنویری نواری
۳۷۳	۷.۲.۷	جرم اضافه در heave و pitch
۳۷۶	۸.۲.۷	جرم اضافه ناحیه
۳۷۷	۹.۲.۷	دمپینگ در heave و pitch
۳۷۷	۱۰.۲.۷	دمپینگ ناشی از اسکوز
۳۷۷	۱۱.۲.۷	دمپینگ ناشی از امواج ایجاد شده توسط شناور
۳۷۸	۱۲.۲.۷	دمپینگ ناشی از لیفت بدنه
۳۸۰	۱۳.۲.۷	نیروی تحریک ناشی از موج
۳۸۱	۱۴.۲.۷	نیروی فرود - کریلوف
۳۸۲	۱۵.۲.۷	نیروی تفرق
۳۸۲	۱۶.۲.۷	نیروی اسلمینگ
۳۸۸	۱۷.۲.۷	شرایط وقوع اسلمینگ
۳۸۹	۱۸.۲.۷	توزیع فشار ناشی از اسلمینگ
۳۹۳	۱۹.۲.۷	توزیع زمانی نیروی اسلمینگ
۳۹۳	۲۰.۲.۷	جمع‌بندی
۳۹۷	فصل ۸.۸	پایداری دینامیکی
۳۹۷	۱.۸	مقدمه
۳۹۸	۱.۱.۸	تأثیر سکان بر پایداری شناور
۴۰۰	۲.۱.۸	پایداری عرضی
۴۰۰	۱.۲.۱.۸	Displacement
۴۰۰	۲.۲.۱.۸	Semi-Displacement
۴۰۱	۳.۲.۱.۸	Planing

۴۰۲.....	۳.۱.۸ پایداری طولی
۴۰۲.....	Displacement ۱.۳.۱.۸
۴۰۲.....	Semi-Displacement ۲.۳.۱.۸
۴۰۲.....	Planing ۳.۳.۱.۸
۴۰۴.....	۴.۱.۸ پایداری ترکیبی
۴۰۴.....	Displacement ۱.۴.۱.۸
۴۰۴.....	Semi-Displacement ۲.۴.۱.۸
۴۰۷.....	Planing ۳.۴.۱.۸
۴۰۷.....	۵.۱.۵ از بین رفتن پایداری در شناورهای تندرو
۴۰۹.....	۶.۱.۸ رولینگ ناپایدار القایی توسط حرکت پیچینگ
۴۱۲.....	۷.۱.۸ حرکت ناپایدار کوپلینگ هیو و پیچ
۴۱۶.....	۸.۱.۸ میرایی رول و هیو ناشی از نیروی برای عمودی
۴۱۷.....	۹.۱.۸ ناپایداری Mathieu
۴۲۵.....	فصل ۹. کنترل حرکات شناور
۴۲۵.....	۱.۹ مقدمه
۴۲۷.....	۱.۱.۹ معرفی سیستمهای کنترل حرکات
۴۲۸.....	۱.۱.۱.۹ فویلها
۴۳۰.....	۲.۱.۱.۹ تریم تبها
۴۳۲.....	۳.۱.۱.۹ فویلهای T شکل
۴۳۶.....	۴.۱.۱.۹ بازدارندهها
۴۳۹.....	۵.۱.۱.۹ نحوه عملکرد سیستم کنترل حرکات
۴۴۲.....	۶.۱.۱.۹ جمع بندی

پیشگفتار

هیدرودینامیک شناورها شامل مباحث متعددی است و در این کتاب موضوع دریامانی مورد بررسی قرار گرفته است. این مبحث دربارهٔ حرکات کشتی در امواج است. به عبارت دیگر در این موضوع حرکاتی از شناورها مد نظر قرار می‌گیرند که بر اثر امواج به وجود آمده‌اند.

همان‌طور که مسلم است دینامیک شناور محدود به حرکات فوق نیست و حرکاتی دیگر مانند مانور شناور را نیز شامل می‌شود. با وجود این، نام کتاب دینامیک متحرک‌های دریایی نهاده شد، زیرا علاوه بر اختصار با اذهان نیز آشناست.

کتاب حاضر شامل سه فصل است که در آن دینامیک شناورها، پایداری دینامیکی، کنترل حرکات، دریامانی تجربی، و همچنین مباحث اصلی دینامیک سیالات نیز مرور و تئوری امواج در حد مورد نیاز بیان شده است.

امید آنکه اساتید و صاحب‌نظران گرامی با نظرات و پیشنهادهای خود، مؤلفان را در تکمیل کتاب حاضر یاری کنند.

در خاتمه از کلیهٔ دوستان و همکارانی که مشوق مؤلفان در تهیه و تدوین این کتاب بوده‌اند، خالصانه تشکر کنیم.

محمد سعید سیف

seif@sharif.edu

امین نجفی

پاییز ۱۳۹۲