



1.1595

۸۷/۱/۱۰۴۱۱۵
۸۷/۱/۲۵



پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مکانیک (گرایش تبدیل انرژی)

تحلیل پایداری و پیش‌بینی عملکرد یک قایق پرنده در رژیم‌های سرش و برخاست

توسط:

علیرضا خدام باشی امامی

انجمن خدمات بارگرمایی
تسب بارگرمایی

استاد راهنما:

دکتر محمد مهدی علیشاهی

۱۳۸۷ / ۱۰ / ۲۱

مهرماه ۱۳۸۷

۱۰۸۵۹۴

به نام خدا

تحلیل پایداری و پیش‌بینی عملکرد یک قایق پرنده در رژیم‌های سُرش و برخاست

به وسیله‌ی:

علیرضا خدام باشی امامی

پایان نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی
از فعالیت‌های لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته‌ی:

مهندسی مکانیک - تبدیل انرژی

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی شده توسط کمیته پایان نامه با درجه : عالی

دکتر محمد مهدی علیشاهی، استاد بخش مهندسی مکانیک (استاد راهنما)
دکتر محمد هادی اکبری، استادیار بخش مهندسی مکانیک (استاد مشاور)
دکتر همایون امداد، استادیار بخش مهندسی مکانیک (استاد مشاور)

مهرماه ۱۳۸۲

تقدیم به پدر بزرگوار و مادر عزیزم، آنان که همواره پشتیبان من بوده اند،

تقدیم به همسر مهربانم، او که با آمدنش زندگیم را معنای تازه ای بخشید

سپاسگزاری

اینک که این پایان نامه به پایان رسیده است بر خود لازم می‌دانم از زحمات کسانی که مرا در انجام این مهم یاری نموده‌اند، تشکر و قدردانی نمایم.

در ابتدا از جناب آقای دکتر محمد مهدی علیشاهی که راهنمایی اینجانب را بر عهده داشتند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

همچنین جا دارد از اساتید مشاور خود آقایان دکتر محمد هادی اکبری و دکتر همایون امداد که وقت ارزشمند خود را در اختیار من قرار دادند، سپاس‌گزاری نمایم.

در پایان مراتب سپاس خود را از جناب آقای مهندس عباس ولی، مدیر گروه هیدرودینامیک و جناب آقای مهندس محمدرضا صادقی‌زاده، مدیر گروه هیدرو-آیرودینامیک پژوهشکده هوا-دریای شیراز به خاطر کمک‌های ارزنده ایشان ابراز می‌دارم.

چکیده

تحلیل پایداری و پیش‌بینی عملکرد یک قایق پرنده در رژیم‌های سُرش و برخاست

به وسیله‌ی:

علیرضا خدام‌باشی امامی

با توجه به پیچیدگی رفتار قایق‌های پرنده در حین برخاست از سطح آب، بررسی پایداری و کیفیت برخاست آنها از اهمیت بسیاری برخوردار است. در این تحقیق با در نظر گرفتن یک قایق پرنده به بررسی پایداری آن در حالات مختلف پرداخته شده و با استفاده از شبیه‌سازی دینامیکی پرواز در حین برخاست از سطح آب، کیفیت برخاست و برخی عوامل مؤثر بر آن بررسی شده است.

برای محاسبه ضرایب آیرودینامیک و مشتقات پایداری از روش Datcom بهره برده شده است. نتایج حاصل از این روش با نتایج تجربی موجود مقایسه شده و دقت نتایج حاصل از روش Datcom در پیش‌بینی ضرایب آیرودینامیک یک قایق پرنده در حین پرواز در ناحیه اثر سطح بررسی شده است.

همچنین در مبحث هیدرودینامیک با در نظر گرفتن یک بدنه سُرشی پله‌دار و به کارگیری برخی روابط هیدرودینامیک شناورهای سُرشی و ترکیب آنها با یکدیگر، روشی جهت پیش‌بینی نیروی پسای هیدرودینامیک و نیز گشتاور هیدرودینامیک این نوع از شناورها ارائه شده است. نتایج حاصل از این روش در مقایسه با نتایج تجربی موجود از دقت قابل قبولی برخوردار است.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته
۳	۱-۱ طرح‌های مختلف قایق‌های پرنده
۶	۲-۱ پدیده اثر سطحی در قایق‌های پرنده
۷	۱-۲-۱ تأثیر طولی اثر سطح
۸	۲-۲-۱ تأثیر عرضی اثر سطح
۹	۳-۱ ساختار کلی قایق پرنده و تعاریف مربوط به آن
۱۱	۴-۱ رژیم‌های حرکت قایق پرنده
۱۲	۵-۱ مروری بر تحقیقات گذشته
۱۷	۶-۱ هدف از انجام پایان نامه
۱۸	فصل دوم تئوری و معادلات حاکم
۱۸	۱-۲ انواع دستگاه‌های مختصات
۲۰	۲-۲ معادلات دینامیکی و سینماتیکی حاکم بر حرکت
۲۳	۳-۲ حرکات طولی و سویی جانبی
۲۳	۴-۲ تحلیل پایداری
۲۳	۱-۴-۲ خطی سازی معادلات برای پرواز آزاد در نزدیک سطح
۲۷	۲-۴-۲ خطی سازی معادلات برای حرکت در تماس با آب
۲۸	۳-۴-۲ تعیین درایه‌های ماتریس‌های A و B
۲۸	۱-۳-۴-۲ پرواز آزاد در نزدیک سطح
۳۱	۲-۳-۴-۲ پرواز در تماس با آب
۳۳	۴-۴-۲ مسائل مطرح در تحلیل پایداری
۳۷	۵-۴-۲ مودهای حرکتی یک هواپیما
۳۸	۵-۲ پیش بینی عملکرد
۳۹	۶-۲ ضرایب آیرودینامیک و مشتقات پایداری
۴۰	۱-۶-۲ تعیین پارامترهای ورودی

۴۲.....	۲-۶-۲ اثر سطح در روش Datcom
۴۳.....	۳-۶-۲ محاسبه مشتقات دینامیک پایداری در روش Datcom
۴۴.....	۷-۲ نیروها و ممان‌های هیدرودینامیک
۴۴.....	۱-۷-۲ شناورهای سُرسی
۴۶.....	۲-۷-۲ پسای هیدرودینامیک
۵۱.....	۳-۷-۲ پسای هیدرودینامیک بدنه‌های سُرسی دارای پله
۵۶.....	۴-۷-۲ برای هیدرودینامیک
۵۹.....	۵-۷-۲ گشتاور هیدرودینامیک
۶۴.....	فصل سوم نتایج
۶۵.....	۱-۳ ضرایب آیردینامیک
۷۳.....	۲-۳ مشتقات پایداری
۷۵.....	۳-۳ تحلیل پایداری
۷۵.....	۱-۳-۳ بررسی صحت معادلات
۷۷.....	۲-۳-۳ تحلیل پایداری قایق پرنده
۸۱.....	۳-۳-۳ اثر گشتاور لختی پیچ بر پایداری
۸۳.....	۴-۳ نیروها و گشتاور هیدرودینامیک
۸۴.....	۱-۴-۳ نیروی پسای هیدرودینامیک
۸۶.....	۲-۴-۳ گشتاور هیدرودینامیک
۹۰.....	۵-۳ شبیه سازی دینامیکی پرواز و پیش بینی عملکرد
۹۲.....	۱-۵-۳ تعیین نیروی رانش لازم
۱۰۰.....	۲-۵-۳ اثر گشتاور لختی حول محور پیچ
۱۰۱.....	۳-۵-۳ اثر محل قرارگیری مرکز جرم
۱۰۵.....	فصل چهارم جمع بندی و پیشنهادات
۱۰۵.....	۱-۴ جمع بندی
۱۰۶.....	۲-۴ پیشنهادات
۱۰۸.....	فهرست منابع و مراجع
۱۱۰.....	پیوست‌ها
۱۱۱.....	پیوست ۱ روش رانگ-کوتا مرتبه چهارم
۱۱۳.....	پیوست ۲ فایل ورودی برای استفاده از Digital Datcom
۱۲۰.....	پیوست ۳ تعیین ضریب پسای جریان عرضی

پیوست ۴ نمایی از بدنه‌های شماره ۹ و ۱۰ هندبوک هواپیمای آبنشین..... ۱۲۲

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان و شماره
۲	شکل ۱-۱ مقایسه سرعت قایق پرنده با سایر شناورهای دریایی و هواپیما.....
۴	شکل ۲-۱ نمایی از طرح رم وینگ.....
۴	شکل ۳-۱ نمایی از طرح لیپیش.....
۵	شکل ۴-۱ نمایی از طرح تاندم.....
۵	شکل ۵-۱ نمایی از طرح اکرانوپلن.....
۷	شکل ۶-۱ اثر طولی سطح.....
۸	شکل ۷-۱ تأثیر عرضی سطح.....
۹	شکل ۸-۱ نمای کلی قایق پرنده.....
۱۱	شکل ۱۰-۱ سه نمای مختلف از اسکی و یک نما از چگونگی قرارگیری اسکی بر روی بال.....
۱۴	شکل ۱۱-۱ چگونگی قرارگیری مراکز آیرودینامیکی در یک حالت پایدار با در نظر گرفتن معیار Irodov.....
۱۵	شکل ۱۲-۱ توزیع فشار برای یک مقطع s شکل در ارتفاعات مختلف.....
۱۹	شکل ۱-۲ مختصات‌های متصل به زمین، متصل به بدنه و پایداری.....
۲۱	شکل ۲-۲ جهت‌گیری مختصات‌های متصل به زمین و بدنه و زوایای اوپلری.....
۲۸	شکل ۳-۲ نمایی از نیروها و گشتاورهای اعمالی بر قایق پرنده در پرواز آزاد.....
۳۲	شکل ۴-۲ نمایی از نیروها و گشتاورهای اعمالی بر قایق پرنده در حین حرکت در تماس با آب.....
۳۶	شکل ۵-۲ چهار حالت مختلف از پاسخ سیستم.....
۴۱	شکل ۶-۲ دو نما از بال در حالت اصلی آن.....
۴۱	شکل ۷-۲ دو نما از بال در حالت ساده شده.....
۴۲	شکل ۸-۲ تغییر ضریب برآ تحت اثر سطح.....
۴۵	شکل ۹-۲ نمونه ای از بدنه‌های سُرسی.....
۵۰	شکل ۱۰-۲ نیروی فشاری هیدرودینامیک وارد بر یک بدنه سُرسی.....
۵۱	شکل ۱۱-۲ نمایی کلی از یک بدنه سُرسی دارای پله.....

- شکل ۱۲-۲ جدایی جریان از مقطع انتهایی یک بدنه در حال سرش ۵۳
- شکل ۱۳-۲ وضعیت یک بدنه سرشی در تماس با آب ۵۵
- شکل ۱۴-۲ تغییرات ضریب برآ بر حسب β برای $\tau=6$ و $\lambda_w=4$ ۵۸
- شکل ۱۵-۲ تغییرات ضریب برآ بر حسب β برای $\tau=4$ و $\lambda_w=4$ ۵۸
- شکل ۱۶-۲ تغییرات ضریب برآ بر حسب λ_w برای $\tau=4$ و $\beta=4$ ۵۸
- شکل ۱۷-۲ توزیع فشار بر روی یک بدنه دارای پله (تامسون، ۱۹۳۰) ۵۹
- شکل ۱۸-۲ محل قرارگیری مرکز فشار در یک بدنه سرشی ۶۱
- شکل ۱۹-۲ تغییرات مرکز فشار بر حسب β برای $\tau=4$ و $\lambda_w=4$ ۶۱
- شکل ۲۰-۲ تغییرات مرکز فشار بر حسب β برای $\tau=6$ و $\lambda_w=4$ ۶۲
- شکل ۲۱-۲ تغییرات مرکز فشار بر حسب λ_w برای $\tau=4$ و $\beta=20$ ۶۲
- شکل ۱-۳ ضریب پسا برای پرواز دور از سطح ۶۶
- شکل ۲-۳ ضریب برآ برای پرواز دور از سطح ۶۸
- شکل ۳-۳ ضریب گشتاور پیچ برای پرواز دور از سطح ۶۶
- شکل ۴-۳ تغییرات ضریب پسا با ارتفاع برای زوایای حمله مختلف ۶۷
- شکل ۵-۳ تغییرات ضریب برآ با ارتفاع برای زوایای حمله مختلف ۶۸
- شکل ۶-۳ تغییرات ضریب برآ با زاویه حمله برای پرواز در ناحیه خارج از اثر سطح (نتایج Datcom) ۶۹
- شکل ۷-۳ تغییرات ضریب برآ با زاویه حمله برای ارتفاعات مختلف پروازی ۷۰
- شکل ۸-۳ مقایسه ضریب برآی اصلاحی برای زاویه حمله ۳- درجه بر حسب ارتفاعات مختلف ۷۱
- شکل ۹-۳ تغییرات ضریب گشتاور پیچ با ارتفاع برای زوایای حمله مختلف ۷۲
- شکل ۱۰-۳ مقادیر مشخصه سیستم برای ارتفاعات مختلف (استاوفنبیل و شیلیختینگ، ۱۹۸۸) ۷۶
- شکل ۱۱-۳ مقادیر مشخصه سیستم با به کارگیری معادلات فصل دوم ۷۷
- شکل ۱۳-۳ رفتار گذرای سیستم برای دو مود دوره تناوب کوتاه و phugoid در پرواز دور از سطح ۸۲
- شکل ۱۴-۳ رفتار گذرای سیستم برای مودهای دوره تناوب کوتاه و phugoid در پرواز با ارتفاع نسبی ۰/۲۵ ۸۳
- شکل ۱۵-۳ نیروی پسای هیدرودینامیک برای مدل شماره ۹ (هندبوک هواپیمای آبنشین، شکل ۱۷۵) ۸۴

شکل ۱۶-۳: نیروی پسای هیدرودینامیک برای مدل شماره ۱۰ (هندبوک هواپیمای آبنشین، شکل ۱۸۰).....	۸۵
شکل ۱۷-۳: نیروی پسای هیدرودینامیک برای مدل شماره ۱۰ (هندبوک هواپیمای آبنشین، شکل ۱۸۳).....	۸۶
شکل ۱۸-۳: گشتاور هیدرودینامیک برای مدل شماره ۹ در تریم آزاد.....	۸۷
شکل ۱۹-۳: گشتاور هیدرودینامیک برای مدل شماره ۱۰ در تریم آزاد.....	۸۸
شکل ۲۰-۳: گشتاور هیدرودینامیک برای مدل شماره ۱۰ (هندبوک هواپیمای آبنشین، شکل ۱۸۱).....	۸۹
شکل ۲۱-۳: تغییرات سرعت برای نیروهای رانش اولیه مختلف ($I_{yy}=100000 \text{ kg.m}^2$).....	۹۳
شکل ۲۲-۳: تغییرات عدد فرود در حین برخاست برای نیروهای رانش اولیه ۵ kN و ۱۵ kN.....	۹۴
شکل ۲۳-۳: تغییرات ارتفاع مرکز جرم از سطح آب در حین برخاست برای نیروهای رانش اولیه مختلف.....	۹۴
شکل ۲۴-۳: تغییرات زاویه تریم در حین برخاست برای نیروهای رانش اولیه مختلف.....	۹۵
شکل ۲۵-۳: تغییرات گشتاور پیچ در حین برخاست برای نیروهای رانش اولیه مختلف.....	۹۵
شکل ۲۶-۳: تغییرات گشتاورهای هیدرودینامیک، آیرودینامیک و کل وارد بر قایق پرنده در حین برخاست.....	۹۶
شکل ۲۷-۳: تغییرات گشتاور در زمان صفر برای نیروی رانش اولیه ۲۰ kN.....	۹۸
شکل ۲۸-۳: تغییرات گشتاور در زمان ۶ ثانیه برای نیروی رانش اولیه ۲۰ kN.....	۹۹
شکل ۲۹-۳: تغییرات گشتاور در زمان ۱۲ ثانیه برای نیروی رانش اولیه ۲۰ kN.....	۹۹
شکل ۳۰-۳: تغییرات گشتاور در زمان ۱۸ ثانیه برای نیروی رانش اولیه ۲۰ kN.....	۹۹
شکل ۳۱-۳: تغییرات ارتفاع مرکز جرم در حین برخاست برای گشتاورهای لختی مختلف.....	۱۰۰
شکل ۳۲-۳: تغییرات زاویه تریم در حین برخاست برای گشتاورهای لختی مختلف.....	۱۰۱
شکل ۳۳-۳: تغییرات ارتفاع مرکز جرم در حین برخاست برای X_{cg} مختلف.....	۱۰۲
شکل ۳۴-۳: تغییرات زاویه تریم در حین برخاست برای X_{cg} مختلف.....	۱۰۲
شکل ۳۵-۳: تغییرات گشتاور پیچ در حین برخاست برای موقعیتهای مختلف مرکز جرم.....	۱۰۳
شکل پ-۱: پارامترهای ورودی برای SYNTHS.....	۱۱۵
شکل پ-۲: پارامترهای ورودی برای BODY.....	۱۱۶
شکل پ-۳: پارامترهای ورودی برای WGPLNF.....	۱۱۶
شکل پ-۴: پارامترهای ورودی برای HTPLNF.....	۱۱۷

- شکل پ-۵ پارامترهای ورودی برای VTPLNF ۱۱۷
- شکل پ-۶ نمایی از ایرفویل مقطع ۱۱۸
- شکل پ-۷ چگونگی انتخاب DWASH برای استفاده در WGSCHR ۱۱۹
- شکل پ-۸ تغییرات ضریب پسای جریان عرضی با زاویه deadrise برای انواع مختلف صفحات سرشی ۱۲۰
- شکل پ-۹ خط چاین عمودی (سمت راست) و خط چاین افقی (سمت چپ) ۱۲۱
- شکل پ-۱۰ برخی پارامترهای مربوط به یم بدنه به همراه نمادگذاری مربوط به آنها ۱۲۲
- شکل پ-۱۱ نمایی از بدنه شماره ۹، هندبوک هواپیمای آبنشین ۱۲۳
- شکل پ-۱۲ نمایی از بدنظ شماره ۱۰، هندبوک هواپیمای آبنشین ۱۲۴

فهرست جدول‌ها

عنوان و شماره	صفحه
جدول ۱-۲ $\frac{z_{max}}{V}$ برای زوایای مختلف deadrise.....	۵۵
جدول ۱-۳ مشخصات کلی بدون بعد قایق پرنده.....	۶۵
جدول ۲-۳ مشتقات دینامیک پایداری برای ارتفاعات مختلف و با در نظر گرفتن اثر سطح.....	۷۴
جدول ۳-۳ مشخصات کلی هواپیمای به کار رفته در تحلیل پایداری (استاوفنبیل و شیلیختینگ، ۱۹۸۸).....	۷۶
جدول ۴-۳ مشتقات آیرودینامیک جهت تحلیل پایداری (استاوفنبیل و شیلیختینگ، ۱۹۸۸).....	۷۷
جدول ۵-۳ مشتقات استاتیک پایداری و ضرایب حالت تعادل برای ارتفاعهای مختلف.....	۷۸
جدول ۶-۳ مقادیر مشخصه برای ارتفاعات مختلف با ثابت در نظر گرفتن مشتقات دینامیک پایداری.....	۸۰
جدول ۷-۳ مقادیر مشخصه برای ارتفاعات مختلف با در نظر گرفتن اثر سطح در مشتقات دینامیک پایداری.....	۸۰
جدول ۸-۳ مقادیر مشخصه سیستم برای چند گشتاور لختی مختلف.....	۸۱
جدول ۹-۳ شرایط اولیه در آغاز فاز سُرش برای نیروهای رانش اولیه مختلف.....	۹۲
جدول ۱۰-۳ مقادیر مشخصه سیستم برای حرکت در حین برخاست به ازای نیروی رانش اولیه مختلف.....	۹۷
جدول ۱۱-۳ مقادیر مشخصه سیستم برای لحظات قبل و بعد از برخاست برای دو نیروی رانش مختلف.....	۹۸
جدول ۱۲-۳ شرایط اولیه در آغاز فاز سُرش برای سه محل قرارگیری مختلف مرکز جرم.....	۱۰۱
جدول ۱۳-۳ مقادیر مشخصه سیستم برای حرکت در حین برخاست برای موقعیتهای مختلف مرکز جرم.....	۱۰۳
جدول پ-۱ سیستم واحدهای قابل قبول در Digital Datcom.....	۱۱۴
جدول پ-۲ معیار زبری سطح برای سطوح مختلف.....	۱۱۵
جدول پ-۳ پارامترهای به کار رفته در HTPLNF و VTPLNF.....	۱۱۷
جدول پ-۴ پارامترهای ورودی برای WGSCHR.....	۱۱۸

فهرست نشانه‌های اختصاری

نشانه	توضیح
A	ماتریس ضرایب
a_{ht}	شیب تغییرات ضریب برآ نسبت به زاویه حمله برای دم افقی
B	عرض بدنه شناور
C	وتر متوسط هندسی بال
C_m	ضریب گشتاور پیچ
C_L	ضریب نیروی برآ
C_D	ضریب نیروی پسا
C_f	ضریب اصطکاک
C_{Lp}	ضریب نیروی برآی هیدرودینامیک (رابطه ساویتسکی)
C_{Ls}	ضریب نیروی برآی هیدرودینامیک (رابطه شافورد)
$C_{D,0}$	ضریب پسای جریان عرضی
F_n	عدد فرود
G	ماتریس تبدیل
I_{yy}	گشتاور لختی حول محور پیچ
L	گشتاور حول محور x مختصات متصل به بدنه، نیروی برآ
M	گشتاور حول محور y مختصات متصل به بدنه
N	گشتاور حول محور z مختصات متصل به بدنه
p	سرعت زاویه‌ای حول محور x مختصات متصل به بدنه
q	سرعت زاویه‌ای حول محور y مختصات متصل به بدنه
r	سرعت زاویه‌ای حول محور z مختصات متصل به بدنه
Re	عدد رینولدز
R_v	پسای لزجت آب
R_a	پسای لزجت هوا
R_s	پسای پاشش
R_w	پسای موج سازی

S	سطح مرجع
T	نیروی رانش
u	سرعت در جهت محور X مختصات متصل به بدنه
v	سرعت در جهت محور Y مختصات متصل به بدنه
w	سرعت در جهت محور Z مختصات متصل به بدنه
X	نیروی برآیند در جهت محور X مختصات متصل به بدنه
Y	نیروی برآیند در جهت محور Y مختصات متصل به بدنه
Z	نیروی برآیند در جهت محور Z مختصات متصل به بدنه
Δ	مقدار اغتشاشی
α	زاویه حمله
β	زاویه deadrise
δ_e	زاویه elevator
ε_α	شیب تغییرات downwash بر حسب زاویه حمله
φ	زاویه اول اویلری
λ	زاویه نیروی رانش
μ	کمیت نسبی جرم
ν	لزجت سینماتیکی
θ	زاویه دوم اویلری
ρ	چگالی
ψ	زاویه سوم اویلری

پایین نویس‌ها

a	آیرودینامیک
B	دستگاه مختصات متصل به بدنه
E	دستگاه مختصات متصل به زمین
h	هیدرودینامیک
$stab$	دستگاه مختصات پایداری
0	حالت تعادل

فصل اول

مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته

همزمان با آغاز پرواز بشر با هواپیما، خلبانان اتفاق جالبی را در هنگام به زمین نشستن هواپیما تجربه می‌کردند. آنها متوجه شدند که درست قبل از تماس نهایی با سطح زمین نیروی دیگری بر هواپیما وارد می‌شود، به طوری که اجازه نشستن به هواپیما نمی‌دهد و به نظر می‌رسد که تمایل ادامه حرکت هواپیما بر روی بالشتک هوای محبوس شده بین بال‌ها و زمین به وجود می‌آید (صادقی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۳).

با گسترش مطالعات بر روی حرکت یک جسم پرنده در نزدیک سطح مشخص شد که با نزدیک شدن جسم پرنده به سطح، تغییرات قابل توجهی در ضرایب آیرودینامیک آن ایجاد می‌شود به طوری که ضریب نیروی برآ^۱ افزایش و ضریب نیروی پسا^۲ کاهش می‌یابد و یا به طور کلی کیفیت آیرودینامیکی که همان نسبت نیروی برآ به نیروی پسا است افزایش می‌یابد. این پدیده، اثر سطح^۳ نامیده می‌شود.

پدیده اثر سطح در سال ۱۹۲۶ برای اولین بار مورد بررسی قرار گرفت و تحقیقات تئوری در این زمینه انجام شد. یکی از تحقیقات ارزشمندی که پیش از جنگ جهانی دوم بر روی این پدیده صورت گرفت، توسط دو محقق روسی به نام‌های سربریسکی^۴ و بیاچوف^۵ در زمینه مدل‌سازی حرکت پایدار افقی بال در فواصل کوتاه تا زمین در یک تونل باد است. در آن زمان خلبانان این پدیده را می‌شناختند و حتی گاهی از آن به صورت هدفمند استفاده می‌کردند. در جنگ جهانی دوم وقتی خلبانان در عملیات، یکی از موتورهای خود و یا مقداری از سوخت خود را از دست می‌دادند، با پرواز نزدیک سطح دریا و یا زمین می‌توانستند با مصرف کمتر سوخت به مقصد خود برسند. در سال‌های پس از جنگ جهانی دوم با پیدایش هواپیماهای جت، تحقیقاتی در زمینه آیرودینامیک نزدیک سطح به منظور بهبود خواص برخاست هواپیما انجام پذیرفت، چرا که اینگونه هواپیماها در این محدوده پروازی، با مشکلاتی روبرو بودند (صادقی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۳).

^۱ Lift

^۲ Drag

^۳ Ground effect

^۴ Serbrisky

^۵ Biachov

با مطرح شدن پدیده اثر سطح و گسترش تحقیقات بر روی آن، اندیشه به کارگیری هدفمند آن در طراحی و ساخت وسایلی برای پرواز در مجاورت سطح مورد توجه قرار گرفت. نتیجه این تحقیقات به ساخت شناورهای اثر سطحی منجر شد که امروزه با عنوان "WIG" که مخفف "Wing In Ground Effect" است، شناخته می‌شوند.

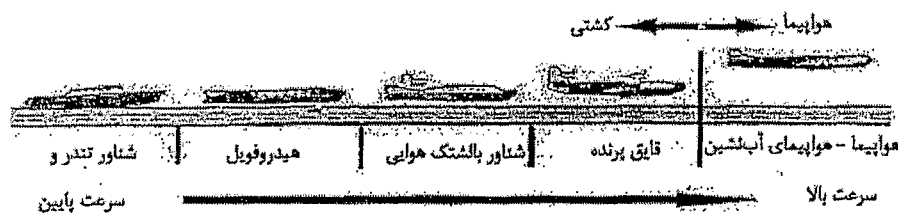
با گسترش تحقیقات بر روی شناورهای اثر سطحی، انواع مختلفی از آنها طراحی و ساخته شد که می‌توان آنها را در یک طبقه بندی کلی به صورت زیر دسته بندی کرد:

- شناورهایی که بر روی آب سر می‌خورند
- هیدروفویل^۱ها
- هیدروفویل‌های دارای بال هوایی
- شناورهایی که از خاصیت "روان سازی توسط هوا"^۲ استفاده می‌کنند (مانند سورتمه دریایی)
- هواناوهای دوزیسته که به صورت کامل از آب جدا می‌شوند
- قایق‌های پرنده.

با بررسی پروژه‌های مختلف شناورها و ادواتی که از پدیده اثر سطح استفاده می‌کنند، با قاطعیت کامل می‌توان نتیجه‌گیری نمود که شناورهای استفاده کننده از خاصیت روان‌سازی توسط هوا و هواناوها، جزء نسل اول این شناورها محسوب می‌گردند.

قایق پرنده را می‌توان به عنوان وسیله‌ای بین هواناو و هواپیما در نظر گرفت که اندکی بالای سطح (معمولاً سطح آب) پرواز می‌کنند. قایق‌های پرنده یکی از انواع اصلی WIG به شمار می‌روند. روس‌ها واژه اکرانوپلن^۳ را برای این شناور به کار می‌برند که خود از دو کلمه اکران به معنی مسطح و صفحه‌ای، و پلن به معنی هواپیما تشکیل شده است. در ایالات متحده این وسیله را با نام Wing Ship می‌شناسند و در آلمان به این شناور عموماً واژه AGEC^۴ اطلاق می‌شود. اما در بین کشورهای مختلف نام WIG Craft برای این شناور متداول‌تر است.

در شکل (۱-۱) جایگاه قایق پرنده از جهت سرعت در مقایسه با سایر شناورهای دریایی و همچنین هواپیما نشان داده شده است (صادقی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۳).



شکل ۱-۱. مقایسه سرعت قایق پرنده با سایر شناورهای دریایی و هواپیما.

¹ Hydrofoil

² Air lubrication

³ Ekranoplan

⁴ Aerodynamic Ground Effect Craft

هاورکرافت‌ها بر روی بالشتکی از هوا که توسط یک فن ایجاد می‌شود، شناور هستند. بالشتک هوا باعث کاهش شدید نیروی پسای اصطکاکی^۱ بین بدنه شناور و سطح آب می‌گردد. یک قایق پرنده نیز بر روی بالشتکی از هوا حرکت می‌کند. اما در اینجا، بالشتک هوا توسط آیرودینامیک شناور ایجاد می‌شود. لذا بالشتک هوا زمانی ایجاد می‌گردد که شناور از سرعت کافی برخوردار باشد و نیروی برآی ایجاد شده، توانایی جدایی شناور از سطح آب را داشته باشد. بالشتک ایجاد شده توسط این روش، بالشتک دینامیکی نامیده می‌شود که در مقابل بالشتک استاتیکی هاورکرافت قرار دارد.

۱-۱ طرح‌های مختلف قایق‌های پرنده

در چند دهه گذشته انواع مختلفی از قایق‌های پرنده طراحی و ساخته شده است. تمام طراحان با مسائل و مشکلاتی شبیه به هم در مواردی از جمله برخاستن، پایداری و غیره مواجه بوده و روش‌های متفاوتی جهت رویارویی با آنها اتخاذ کرده‌اند. این امر منجر به ارائه طرح‌های مختلفی از این شناور شده که در زیر چند نمونه از متداول‌ترین آنها ارائه گشته است (صادقی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۳).

الف) طرح "رم وینگ"^۲

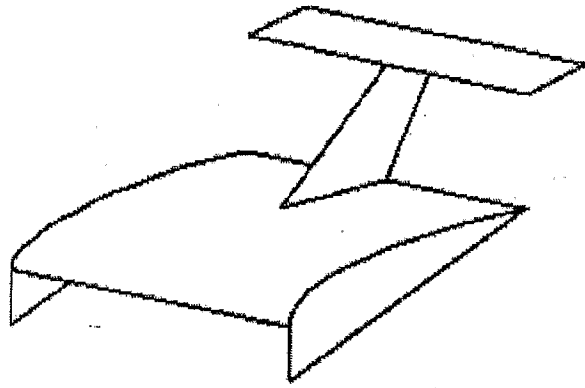
تقریباً تمامی قایق‌های پرنده به منظور افزایش نیروی برآ، هوای پرفشار^۳ را با هدف افزایش فشار دینامیکی در زیر بال خود محبوس می‌کنند، اما قایق‌های پرنده طرح رم وینگ به گونه‌ای در نظر گرفته شده‌اند که هیچکدام از ظواهر پیشرفته دیگر طرح‌ها را نداشته و بیشتر قایق‌های پرنده اولیه بر اساس این ایده و طرح پایه‌گذاری شده‌اند. نمونه‌های اولیه معمولاً از بال‌های با نسبت منطری^۴ پایین و یک دم افقی بزرگ که به منظور ایجاد پایداری خارج از ناحیه اثر سطح قرار داده شده، تشکیل شده‌اند. در دو طرف بال نیز صفحه‌های عمودی به منظور محبوس کردن^۱ هوا در زیر بال‌ها و افزایش تأثیر پدیده اثر سطح و کاهش نیروی پسای القایی قرار گرفته است. نمایی از این طرح در شکل (۱-۲) دیده می‌شود.

^۱ Skin friction drag

^۲ Ram Wing

^۳ Ram Air

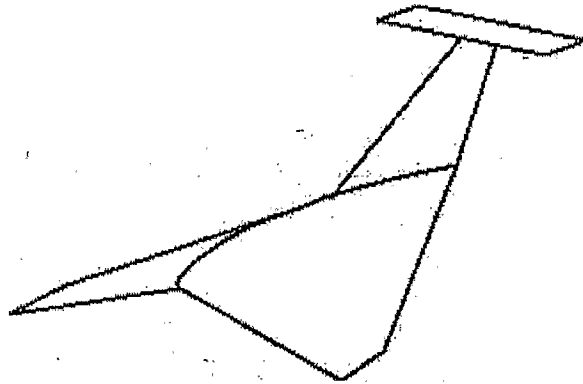
^۴ Aspect Ratio



شکل ۱-۲. نمایی از طرح رم وینگ.

(ب) طرح "لیپیش"^۱

این طرح که نمایی از آن در شکل (۱-۳) مشاهده می‌شود، یک نمونه خاص از رم وینگ‌ها به شمار می‌رود که هندسه بال آن به صورت دلتای معکوس با سطوحی با شیب منفی به سمت لبه فرار^۲ می‌باشد. این هندسه، خود عمل صفحه‌های عمودی در نمونه رم وینگ را انجام می‌دهد. این طرح از نمونه قبلی پایدارتر بوده و برای پایداری به یک دم T شکل کوچک‌تر نیاز دارد.



شکل ۱-۳. نمایی از طرح لیپیش.

(ج) طرح "تاندم"^۳

این نمونه از دو رم وینگ تشکیل شده‌است که با فاصله نسبتاً کم، پشت سر هم قرار گرفته‌اند. هر دو بال تقریباً اندازه یکسانی داشته و یک دم عمودی نیز برای ایجاد پایداری عرضی در نظر گرفته شده‌است. این طرح که نمایی از آن در شکل (۱-۴) آورده شده، باعث پایداری عالی شناور می‌گردد اما شناور قادر به پرواز در خارج از اثر سطح نخواهد بود.

¹ Lippisch

² Trailing edge

³ Tandem