

بسم الله الرحمن الرحيم



سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

مبانی (پراچای) انتخاب و کاربرد فن

نویسنده:

دکتر محمدحاجی اردکانی

(عضو هیات علمی سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران)

سرشناسه: اردکانی، محمدعلی، ۱۳۴۶ -

عنوان و نام پدیدآور: مبانی طراحی، انتخاب و کاربرد فن / مولف محمدعلی اردکانی.

مشخصات نشر: تهران: نشر ایده نگار، ۱۳۹۴.

مشخصات ظاهری: ۴۰۶ ص: مصور، جدول، نمودار.

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۹۴۶۲۱-۷-۹

یادداشت: واژه نامه.

یادداشت: کتابنامه: ص. ۳۸۵.

موضوع: هواکش ها

رده بندی دیویی: ۶۲۱/۶

رده بندی کنگره: ۱۳۹۴ الف ۹ / ۷۶۸۳ TH

وضعیت فهرست نویسی: فیا

شماره کتابشناسی: ۳۷۴۰۷۳۱



ناشر: نشر ایده نگار www.iNegar.ir

با همکاری سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران

مبانی طراحی، انتخاب و کاربرد فن

نویسنده: دکتر محمدعلی اردکانی

ناظر چاپ: منیر غریبی

صفحه آرای و طراحی جلد: نشر ایده نگار

نوبت چاپ: اول، ۱۳۹۴

شمارگان: ۵۰۰

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۹۴۶۲۱-۷-۹

تکثیر تمام یا قسمتی از این اثر به هر شکل ممنوع است.

متخلفان بموجب قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

نشانی مرکز پخش: تهران، میدان فردوسی، خیابان ایرانشهر، پلاک ۱۶، طبقه سوم، واحد ۵

تلفن: ۲۱ و ۸۸۵۳۵۸۲۰ کدپستی: ۱۵۸۱۶۱۷۷۳۵ صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۷۶۴۳

مقدمه ناشر ۱۱/

پیش‌گفتار ۱۳/

فصل اول: اصول پایه مکانیک سیالات

۱-۱ خواص هوا ۱۷/

۱-۱-۱ فشار استاتیکی ۱۷/

۱-۱-۲ لزجت ۱۸/

۱-۲ اصول حرکت سیالات و معادله‌های آن ۱۸/

۱-۲-۱ قانون پیوستگی ۱۸/

۱-۲-۲ مقدار حرکت ۲۰/

۱-۳ روش‌های پژوهش در مکانیک سیالات ۲۲/

۱-۳-۱ آنالیز ابعادی ۲۳/

۱-۳-۲ پارامترهای مهم در جریان سیال ۲۴/

فصل دوم: انواع فن و معیارهای انتخاب فن

۲-۱ منحنی عملکرد فن ۲۹/

۲-۲ فن‌های جریان محوری ۳۱/

۲-۲-۱ فن پروانه‌ای ۳۲/

۲-۲-۲ فن‌های لوله محوری ۳۷/

۲-۲-۳ فن‌های پره محوری ۳۹/

۲-۲-۴ فن‌های جریان محوری دو مرحله‌ای ۴۱/

۲-۳ فن‌های گریز از مرکز ۴۳/

۲-۳-۱ فن گریز از مرکز با پره عقب‌گرد ۴۶/

۲-۳-۲ فن گریز از مرکز با پره شعاعی ۴۷/

۲-۳-۳ فن گریز از مرکز با پره جلوگرد ۴۸/

۲-۴ معیارهای انتخاب فن ۵۰/

فصل سوم: پره فن و اصول عملکرد آن

۳-۱ ایرفویل ۶۳/

۳-۱-۱ منحنی تغییرات ضریب برا برحسب تغییرات زاویه حمله ۶۶/

۳-۱-۲ منحنی تغییرات ضریب نیروی پسا نسبت به زاویه حمله ۶۷/

۳-۱-۴ پیکش ایرفویل ۶۹/

۳-۱-۵ رسی طول وتر ایرفویل ۷۰/

۳-۲ اینژیل‌های مورد استفاده در پره فن ۷۱/

۳-۲-۱ ایرفویل NACA 6512 ۷۱/

۳-۲-۲ ایرفویل Götting ۱۰۴۵ ۷۴/

۳-۲-۳ ایرفویل سری D و سری RAF ۷۶/

۳-۲-۴ پره با پروفیل ورقه‌ای ۷۱/

فصل چهارم: قوانین فن‌ها

۴-۱ ضرایب تبدیل برای تغییر در سرعت فن ۷۳/

۴-۲ ضرایب تبدیل برای تغییر در اندازه فن ۸۹/

۴-۳ ضرایب تبدیل برای تغییر همزمان ابعاد و سرعت فن ۹۱/

۴-۴ ضرایب تبدیل برای تغییرات جگالی ۹۸/

فصل پنجم: فن جریان محوری

۵-۱ توصیف فنهای جریان محوری ۱۰۵/

۵-۱-۱ فن پروانه‌ای ۱۱۱/

۵-۱-۲ فن لوله محوری ۱۱۳/

۵-۱-۳ فن پره محوری ۱۱۴/

۵-۲ منحنی عملکرد فنهای جریان محوری ۱۱۵/

- ۵-۲-۱ منحنی فشار استاتیکی فنهای جریان محوری / ۱۱۶
- ۵-۲-۲ مقایسه عملکرد انواع مختلف فنهای جریان محوری / ۱۱۹
- ۵-۳ طراحی و انتخاب فن جریان محوری / ۱۲۱
- ۵-۳-۱ پروانه فن جریان محوری / ۱۲۱
- ۵-۳-۲ ورودی فن / ۱۲۳
- ۵-۳-۳ پره‌های راهنما / ۱۲۵
- ۵-۳-۴ دیاگرام سرعت / ۱۲۸
- ۵-۴ تأثیر پارامترهای مختلف فن بر منحنی عملکرد آن / ۱۳۲
- ۵-۴-۱ تأثیر نسبت قطر تمس به قطر پروانه بر منحنی عملکرد فن / ۱۳۲
- ۵-۴-۲ تأثیر زاویه حمله بر عملکرد فن / ۱۳۳
- ۵-۴-۳ تأثیر لقی بین پره و پروانه بر عملکرد فن / ۱۳۶
- ۵-۵ تأثیر دبی‌فوزر بر عملکرد فن / ۱۴۱
- ۵-۶ تأثیر ناسل بر عملکرد فن / ۱۴۶

فصل ششم: فن‌های گریز از مرکز

- ۶-۱ انواع پره‌های فن گریز از مرکز / ۱۵۳
- ۶-۲ بررسی عملکرد فن‌های گریز از مرکز / ۱۵۷
- ۶-۳ طراحی فن گریز از مرکز / ۱۶۵
- ۶-۴ مقایسه ضرایب بی‌بعد فن‌های گریز از مرکز / ۱۷۱

فصل هفتم: محرک فن (موتور الکتریکی)

- ۷-۱ اصول عملکرد موتور القایی / ۱۷۶
- ۷-۱-۱ استاتور / ۱۷۶
- ۷-۱-۲ روتور / ۱۷۷
- ۷-۱-۳ سرعت دورانی موتور القایی / ۱۷۸
- ۷-۲ مشخصه بار موتور الکتریکی / ۱۷۹
- ۷-۲-۱ معادله کنترل گشتاور عملکرد موتور / ۱۸۰

- ۷-۲-۲ استانداردهای موتور الکتریکی ۱۸۱/
- ۷-۲-۳ درجه حفاظت پوشش موتور الکتریکی ۱۸۲/
- ۷-۳ موتورهای القایی تکفاز ۱۸۳/
- ۷-۳-۱ راهاندازی موتور القایی تکفاز با روش تقسیم فاز ۱۸۳/
- ۷-۳-۲ راهاندازی موتور القایی تکفاز با استفاده از خازن ۱۸۴/
- ۷-۴ موتور القایی سه فاز ۱۸۶/
- ۷-۴-۱ ویژگی راهاندازی ۱۸۷/
- ۷-۴-۲ راهاندازی با استفاده از کنترل دور و ولتاژ ۱۸۷/
- ۷-۵ بر حسب مشخصات موتور الکتریکی القایی ۱۸۸/
- ۷-۶ انتخاب موتور الکتریکی ۱۹۰/

فصل هشتم: آزمون فنر و استانداردهای آن

- ۸-۱ منحنی‌های عملکرد فنر ۱۹۱/
- ۸-۲ استانداردهای مربوط به آزمون فنر ۱۹۹/
- ۸-۳ نحوه نصب فنرها برای به دست آوردن منحنی عملکرد ۲۰۲/
- ۸-۳-۱ ورودی آزاد - خروجی آزاد ۲۰۱/
- ۸-۳-۲ ورودی آزاد - خروجی مجرادرار ۲۰۳/
- ۸-۳-۳ ورودی مجرادرار - خروجی آزاد ۲۰۵/
- ۸-۳-۴ ورودی مجرادرار - خروجی مجرادرار ۲۰۶/
- ۸-۴ اندازه‌گیری و محاسبات پارامترهای تعیین‌کننده منحنی عملکرد فنر ۲۰۷/
- ۸-۴-۱ چگالی هوا ۲۰۷/
- ۸-۴-۲ لزجت دینامیکی هوا ۲۰۸/
- ۸-۴-۳ دبی جریان هوا ۲۰۸/
- ۸-۴-۴ توان ورودی فن ۲۱۶/
- ۸-۴-۵ توان خروجی فن ۲۱۷/
- ۸-۴-۶ بازده فن ۲۱۷/
- ۸-۴-۷ دما ۲۱۸/

۸-۴-۸ فشار / ۲۱۸

۸-۵ انواع بسترهای آزمون فن / ۲۲۰

۸-۵-۱ بستر آزمون با کانال خروجی / ۲۲۲

۸-۵-۲ بستر آزمون با کانال ورودی / ۲۲۹

۸-۵-۳ بستر آزمون با محفظه خروجی / ۲۳۱

۸-۵-۴ بستر آزمون با محفظه ورودی / ۲۳۵

۸-۶ انتخاب و طراحی بستر آزمون فن / ۲۴۰

۸-۶-۱ طراحی و ساخت بستر آزمون / ۲۴۱

۸-۶-۲ سیستم جمع‌آوری اطلاعات و نرم‌افزار / ۲۴۹

۸-۶-۳ آزمون‌های صحت بستر آزمون فن / ۲۵۳

۸-۷ آزمون فن و ارائه نتایج / ۲۵۴

فصل نهم: روش‌ها و دستگاه‌های اندازه‌گیری جریان هوا

۹-۱ اندازه‌گیری دما / ۲۵۹

۹-۱-۱ سنسور مقاومتی دما، PTC و NTC / ۲۶۰

۹-۲ اندازه‌گیری فشار / ۲۶۰

۹-۲-۱ اندازه‌گیری فشار استاتیکی / ۲۶۱

۹-۲-۲ فشار کل و فشار دینامیکی / ۲۶۴

۹-۲-۳ بارومتر / ۲۶۹

۹-۲-۴ مانومتر / ۲۶۹

۹-۲-۵ مبدل الکترونیکی فشار / ۲۷۱

۹-۳ اندازه‌گیری سرعت / ۲۷۴

۹-۳-۱ جریان‌سنج سیم‌داغ / ۲۷۵

۹-۳-۲ اجزای دستگاه جریان‌سنج سیم‌داغ / ۲۷۷

۹-۳-۳ کالیبراسیون دستگاه جریان‌سنج سیم‌داغ / ۲۷۹

۹-۴ اندازه‌گیری جهت جریان هوا / ۲۸۰

۹-۴-۱ کاوشگر پنج حفره‌ای / ۲۸۱

۹-۵ مکانیزم انتقال دهنده ۲۸۳/

۹-۶ جمع‌آوری و دریافت داده‌ها ۲۸۴/

فصل دهم: روشهای کنترل دبی جریان فن

۱۰-۱ کنترل دبی جریان هوا با استفاده از کنترل دور فن ۲۹۱/

۱۰-۲ کنترل دبی با استفاده از میراگر ۲۹۳/

۱۰-۲-۱ تأثیر میراگر بر عملکرد منحنی عملکرد فن ۲۹۷/

۱۰-۳ کنترل دبی فن با استفاده از تغییر زاویه حمله ۳۰۰/

۱۰-۴ کنترل دبی جریان هوا با استفاده از پره ورودی ۳۰۲/

۱۰-۵ فنی سری و موازی ۳۰۴/

۱۰-۵-۱ فن‌های سری ۳۰۶/

۱۰-۵-۲ فن‌های موازی ۳۰۶/

فصل یازدهم: صدا و نویز

۱۱-۱ اصول و مبانی صدا ۳۱۳/

۱۱-۱-۱ کمیتهای صوتی ۳۱۴/

۱۱-۱-۲ محدوده شنوایی ۳۱۶/

۱۱-۱-۳ صوت ۳۱۸/

۱۱-۱-۴ سرچشمه‌های صوتی ۳۱۹/

۱۱-۱-۵ تأثیر شرایط محیطی بر انتشار صوت ۳۲۱/

۱۱-۲ منابع نویز ۳۲۳/

۱۱-۲-۱ نویز ناشی از فن ۳۲۳/

۱۱-۲-۲ نویز ناشی از اتصالات اجزای سیستم سیالاتی ۳۲۷/

۱۱-۲-۳ نویز ناشی از جریان هوا در سیستم سیالاتی ۳۲۸/

۱۱-۳ روش‌های کاهش نویز ۳۲۹/

۱۱-۳-۱ کاهش نویز با استفاده از مواد جاذب ۳۳۰/



فصل دوازدهم: روش های نصب فن

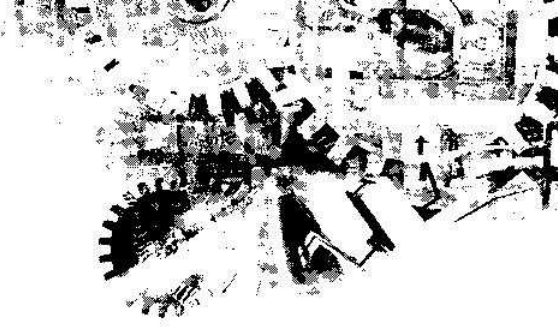
- ۱۲-۱ نیروهای مکانیکی ۳۳۷
- ۱۲-۲ روش نصب موتور الکتریکی ۳۳۸
- ۱۲-۲-۱ روش نصب موتور الکتریکی در فن های جریان محوری ۳۳۹
- ۱۲-۲-۲ روش نصب موتور الکتریکی فن های گریز از مرکز ۳۴۱
- ۱۲-۳ روش نصب فن ۳۴۳
- ۱۲-۳-۱ میراگر ۳۴۶
- ۱۲-۳-۲ اتصالات انعطاف پذیر ۳۴۸
- ۱۲-۳-۳ انتقال قدرت ۳۴۹

فصل سیزدهم: افت فشار در سیستم های سیالاتی

- ۱۳-۱ مقاومت سیستم های سیالاتی ۳۵۱
- ۱۳-۱-۱ مقاومت سیستم با دبی جریان هوا ای ندارد ۳۵۳
- ۱۳-۱-۲ مقاومت سیستم با دبی جریان هوا رابطه مستقیم دارد ۳۵۵
- ۱۳-۱-۳ مقاومت سیستم با توان ۱/۵ دبی جریان هوا رابطه دارد ۳۵۶
- ۱۳-۲ افت فشار در سیستم های سیالاتی ۳۵۸
- ۱۳-۲-۱ تلفات در کانال ها ۳۶۰
- ۱۳-۲-۲ دیفیوزر ۳۶۳
- ۱۳-۲-۳ گوشه ۳۷۱
- ۱۳-۲-۴ نازل ۳۷۳
- ۱۳-۲-۵ افت فشار در توری ۳۷۷
- ۱۳-۲-۶ افت فشار در لانه زنبوری ۳۸۰
- ۱۳-۲-۷ افت فشار ناشی از انسداد ۳۸۱
- ۱۳-۳ تغییرات فشار استاتیکی در سیستم های سیالاتی ۳۸۳

واژه نامه ۳۸۹

فهرست منابع ۳۹۴



به نام خدا

مقدمه ناشر

ما معتقدیم با توجه به شرایط کنونی کشور عزیزمان، باید اولویت کارهای پژوهشی و انتشار مقالات و کتابهای علمی با موضوعاتی باشد که بتواند بخشی از نیازهای جامعه ایرانی را برطرف سازد و حاصل آن در بهر صورت عینی در جهت کاستن از حلقه‌های زنجیرهای کهنه و قفلور وابستگی به بیگانه‌ان باشد. در حالی که متأسفانه شاهدیم، در سال‌های اخیر بسیاری از کارهای پژوهشی انجام شده و مقدمات منتشر شده در مجلات و سایت‌های خارجی به هیچ عنوان در این راستا نبوده‌اند. لذا ما و مجموعه ناشرانمان در نشر ایده‌نگار، هدف خود را انتشار و حمایت از اثری قرار داده‌ایم که علاوه بر اینکه ناشی از جهت بومی نمودن علوم و تکنولوژی‌های نوین باشد، با قرار گرفتن در زنجیره تولید علم، راستای اصلی از نیازهای علمی جامعه صنعتی کشور باشد تا افق استقلال میهن عزیزمان را با پیشرفت‌های بیادین علمی و صنعتی شاهد باشیم. در راستای این هدف بلند و با امضای توافقنامه همکاری مشترک با سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران در حوزه نشر کتب مرجع و برگزاری کارگاه‌های آموزشی مرتبط، امیدواریم با یاری متخصصین این سازمان، آثار ارزشمندی منتشر نماییم که در حوزه خود خیل آیداع باشند. کتاب حاضر از جمله اثری است که در این راستا تهیه و در اختیار شما سروران گرامی قرار گرفته است. در اینجا لازم می‌دانیم از آقای دکتر اردکانی مؤلف این کتاب که با کار مستمر پرعرضی و انسند این پروژه را به نحو شایسته‌ای به اتمام برسانند سپاسگزاری نماییم. بی‌شک اگر پشت این خرب علمی و تجارب بسیار گرانقدر ایشان در حوزه طراحی فن نبود امکان تولید این اثر جامع وجود نداشت.

ما از ابتدا یکی از اهداف اصلی خود را در نشر ایده‌نگار، معرفی تولیدات فاخر ایرانی و شرکت‌های برتر در زمینه ارائه خدمات نوین صنعتی در کتاب‌های مرتبط قرار دادیم تا ضمن آشنا نمودن متخصصین و دانشجویان عزیز با توانمندی‌های داخلی، جامعه صنعتی کشور را به استفاده هرچه بیشتر از خدمات و تولیدات ایرانی تشویق نماییم و در کنار سایر هم‌میهنان خود، نقشی شایسته در

راهاندازی جنبش ارج نهادن به تولید، دانش و توانمندی‌های بومی کشور ایفا نماییم. لذا بدین وسیله از شرکت‌های برتر تولید کننده و ارائه دهنده خدمات نوین علمی و صنعتی دعوت می‌نماییم تا با حمایت از انتشار چنین آثاری ضمن معرفی برند خود به جامعه صنعتی کشور و سازمان‌های دولتی، بازار خود را نیز در رقابت با تولیدات خارجی به شکل پایداری توسعه دهند. همچنین مدیران سازمان‌های مختلف می‌توانند با حمایت از این گونه آثار، نیازهای آموزشی مجموعه تحت سرپرستی خود را به شکلی مناسب تامین نمایند. نشر ایده‌نگار دست تمامی این عزیزان را برای همکاری می‌فشارد. در پایان از ریاست محترم سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران و اعضای محترم کمیته انتشارات خصوصاً سرکار خانم عشق آبادی که از نشر این اثر حمایت نمودند سپاسگزاری می‌نماییم. به امضای سربلندی ایران و همه ایرانیان

سعید غریبی هادی غریبی

نشر ایده‌نگار



پیش‌گفتار

وظیفه اصلی فن، جابه‌جایی هوا و ایجاد جریان هوا است؛ در بیشتر سیستم‌های سیالاتی که سیال آن هوا است، از فن استفاده می‌شود. در صورتی که فن به درستی طراحی و انتخاب نشود، احتمال اینکه سیستم سیالاتی به درستی کار نکند یا مصرف انرژی بسیار بالا باشد، وجود دارد. از این رو طراحی و انتخاب فن از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. نگارنده با انجام طرح‌های موفق پژوهشی و صنعتی متعدد در ارتباط با فن، بستر آزمون فن و سیستم‌های سیالاتی مانند تونل باد، وظیفه خود دانسته که دانش اندک خود را برای استفاده دانشجویان، پژوهشگران و مهندسان به صورت تألیف این کتاب ارایه نماید.

کتاب مبانی طراحی، انتخاب و کاربرد فن شامل سیزده فصل است. فصل اول، شامل اصول پایه مکانیک سیالات است. فصل دوم، شامل معرفی انواع فن‌های جریان محوری و گریز از مرکز و انتخاب آن، می‌باشد. فصل سوم، در مورد طراحی پره فن، بحث می‌شود. فصل چهارم، قوانین فن‌ها، را مورد بحث و بررسی قرار می‌دهد. فصل پنجم، شامل بحث‌هایی در ارتباط با فن‌های جریان محوری و طراحی آن، فصل ششم، شامل بحث‌هایی در ارتباط با فن‌های گریز از مرکز و طراحی آن و فصل هفتم، شامل بحث‌هایی در ارتباط با محرک فن و یا همان موتور الکتریکی است. با توجه به اهمیت منحنی عملکرد فن، نحوه به‌دست آوردن آن با استفاده از بستر آزمون فن و استانداردهای مربوط، در فصل هشتم به طور مبسوط توضیح داده شده است. برای به‌دست آوردن منحنی عملکرد فن با استفاده از بستر آزمون فن، نیاز به اندازه‌گیری جریان هوا می‌باشد. در فصل نهم به روش‌های اندازه‌گیری و تجهیزات آن پرداخته شده و فصل دهم به کنترل دبی جریان هوا و کاهش مصرف انرژی فن که از اهمیت بالایی برخوردار بوده اختصاص یافته است. اندازه‌گیری فن و توزیع ناشی از جریان هوای سیستم‌های سیالاتی مهم بوده که در فصل یازدهم، در مورد آن توضیح داده و روش‌های کاهش آن نیز بررسی می‌شود. در فصل دوازدهم به ارتباط با روش‌های نصب فن و موتور الکتریکی پرداخته است. برای طراحی مناسب سیستم‌های سیالاتی، نیاز به بررسی اجزای مختلف سیستم‌های سیالاتی، نحوه طراحی و عملکرد آن، همچنین مقدار افت فشار آن است. در ارتباط با اجزای سیستم سیالاتی بحث‌های مبسوطی در فصل سیزدهم ارایه شده است.

در انتها لازم می‌دانم از مدیران، مسئولان و همکاران گرامی در سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران که با حمایت‌های خود، اینجانب را در انجام طرح‌های پژوهشی و صنعتی، همچنین تألیف این کتاب یاری نموده‌اند تشکر نمایم. از جناب آقای دکتر فرحانی و سرکار خانم مهندس انوری جهت بررسی کتاب، سرکار خانم عشق‌آبادی جهت ویرایش ادبی کتاب، سرکار خانم مهندس حجازی جهت تنظیم و صفحه‌آرایی کتاب تشکر و قدردانی می‌شود. از انتشارات ایده‌نگار و سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران نیز جهت داوری و نشر این کتاب کمال تشکر را دارم. با توجه به اینکه این اثر، خالی از ایراد نیست، از این‌رو از استادان محترم دانشگاه‌ها، دانشجویان، پژوهشگران، مرئوسان و خوانندگان گرامی خواهشمندم انتقادهای و پیشنهادهای خود را برای نگارنده ارسال نمایند.

و من ... توفیق

ممدعلی اردکانی

۱۳۹۲