

بسم الله ...

www.Asec.ir



مجموعه مطالب توربین گاز

# مجموعه مطالب توربین گاز

در سایت مرکز مهندسی هوافضا

AeroSpace Engineering Center  
مرکز مهندسی هوافضا

کلیه حقوق این اثر متعلق به مرکز

مهندسی هوافضا می باشد

ا

www.Asec.ir

مجموعه مطالب

**توربین گاز**

در سایت مرکز مهندسی هوافضا

گروه پیشرانس

کلیه حقوق این اثر متعلق به مرکز مهندسی هوافضا می باشد و هرگونه کپی برداری و انتشار از این سند غیر مجاز است.

## فهرست مطالب

۲	فصل ۱: مطالب آموزشی توربین گاز
۳	۱-۱- مقدمه
۳	۱-۲- آشنایی با موتور توربوفن
۷	۱-۲-۱- نسبت کنار گذر (Bypass)
۱۰	۱-۲-۲- اجزای موتور توربوفن
۱۳	۱-۳- فن در موتور توربوفن
۱۳	۱-۳-۱- آشنایی با نحوه کار ملخ
۱۶	۱-۳-۲- وظیفه فن
۱۸	۱-۳-۳- موتورهای توربوفن دو و سه محوره
۱۹	۱-۳-۴- انواع فن در توربوفن ها
۱۹	۱-۳-۵- پارامترهای مهم در فن
۲۴	۱-۴- کمپرسور محوری
۲۴	۱-۴-۱- فلسفه وجودی کمپرسور
۲۵	۱-۴-۲- نحوه کار کمپرسور محوری
۲۷	۱-۴-۳- پره های کمپرسور
۳۳	۱-۴-۴- پارامترهای مهم در کمپرسور
۴۳	۱-۴-۵- افتها در کمپرسور
۴۵	۱-۵- سوخت توربین گاز هوایی
۴۶	۱-۵-۱- کروسین
۴۶	۱-۵-۲- سوخت دیزل
۴۷	۱-۶- سوخت توربین گاز صنعتی
۴۸	۱-۶-۱- گاز طبیعی
۴۸	۱-۶-۲- سوخت های بیو (تجدیدپذیر)
۴۸	۱-۶-۳- سوخت های بیوگاز
۵۰	۱-۶-۴- سوخت های گازستزی
۵۳	۱-۷- آشنایی با محفظه احتراق توربین گاز
۵۶	۱-۷-۱- اجزای اصلی محفظه احتراق
۵۸	۱-۷-۲- دیفیوزر ورودی (Inlet Diffuser)
۵۹	۱-۷-۳- کلاهک (Dome)
۵۹	۱-۷-۴- لاینر (Liner)
۶۰	۱-۷-۵- طراحی مفهومی محفظه احتراق
۶۳	۱-۷-۶- روابط و اندازه های کلی محفظه احتراق
۶۶	۱-۷-۷- طراحی دیفیوزر محفظه احتراق
۷۴	۱-۷-۸- طراحی سوئیچرلر
۷۸	۱-۷-۹- سوخت پاش در توربین گاز

- ۸-۱- پس سوز موتور جت ..... ۸۶
- ۹-۱- تحلیل نازل همگرا ..... ۸۷
- ۱-۹-۱- تحلیل آیزنتروپیک نازل همگرا ..... ۸۷
- ۲-۹-۱- نازل همگرا (تحلیل دو بعدی) ..... ۹۱

## فصل ۲: کتاب ها و منابع توربین گاز

- ۹۵
- ۱-۲- کتاب و مقالات توربین گاز ..... ۹۶
- ۱-۱-۲- کتاب turbine, compressor & fan-Yahya ..... ۹۶
- ۲-۱-۲- کتاب Gas Turbine Engineering Handbook ..... ۹۷
- ۳-۱-۲- داندود کتاب پیشرانشی Aircraft Gas Turbine, Irwin E. Treager ..... ۹۹
- ۴-۱-۲- داندود مقاله Aircraft Gas Turbine Materials and Processes ..... ۱۰۱
- ۵-۱-۲- معرفی سری trent موتورهای رولزرویس (پاورپوینت) ..... ۱۰۲
- ۶-۱-۲- داندود مقاله ای درباره رشد لایه مرزی در توربوماشین ..... ۱۰۳
- ۷-۱-۲- کتاب موتور جت هواپیمای مدل (Gas Turbine Engines for Model Aircraft) ..... ۱۰۴
- ۸-۱-۲- توضیحاتی در مورد سرچ و استال در کمپرسور (Surge & Stall) ..... ۱۰۵
- ۹-۱-۲- عملکرد یک طبقه کمپرسور (Compressor Stage Performance) ..... ۱۰۶
- ۱۰-۱-۲- تخمین Map کمپرسور (Estimation of Compressor Maps) ..... ۱۰۷
- ۱۱-۱-۲- روش های آنالیز آیرودینامیک توربوماشین ..... ۱۰۸
- ۱۲-۱-۲- آنروالاستیسیته در توربوماشین ها ..... ۱۰۹
- ۱۳-۱-۲- اصول و الگوریتم طراحی توربین محوری ..... ۱۱۰
- ۱۴-۱-۲- داندود مقالاتی در زمینه طراحی کمپرسور و توربین ..... ۱۱۱
- ۱۵-۱-۲- مجموعه ای از سوالات درباره توربین های گاز ..... ۱۱۲
- ۱۶-۱-۲- داندود توربین گازهای هواپیمای نظامی ..... ۱۱۳
- ۱۷-۱-۲- محاسبه عملکرد توربین گاز صنعتی ..... ۱۱۳
- ۱۸-۱-۲- مشخصات توربین گازهای هوایی و صنعتی ..... ۱۱۴
- ۱۹-۱-۲- توربین گاز صنعتی V94.2 ..... ۱۱۵
- ۲۰-۱-۲- داندود کتاب Boilers and Burners ..... ۱۱۵
- ۲۱-۱-۲- داندود رایگان هند بوک کمپرسور (Compressor Handbook) ..... ۱۱۶
- ۲۲-۱-۲- کتابی در زمینه تکنولوژی انواع کمپرسور ..... ۱۱۷
- ۲۳-۱-۲- تحلیل توربین گاز CFM56 ..... ۱۱۷
- ۲۴-۱-۲- موتور مینی جت Titan ..... ۱۱۸
- ۲۵-۱-۲- ورودی های مادون و مافوق صوت ..... ۱۲۱
- ۲۶-۱-۲- ورودی های مادون صوت (subsonic inlet) ..... ۱۲۲
- ۲۷-۱-۲- ورودی مافوق صوت Spike ..... ۱۲۳
- ۲۸-۱-۲- مباحثی مفید از محفظه احتراق ..... ۱۲۴
- ۲۹-۱-۲- داندود نرم افزار آموزشی توربین گاز ..... ۱۲۴
- ۳۰-۱-۲- نرم افزار پیشرانشی GasTurb ۱۰ ..... ۱۲۵

### فصل ۳: وضعیت توربین گاز در ایران

۱۲۶	
۱-۳-۱-۱	مقدمه
۱۲۷	۳-۲- تاریخچه پیشرانش توربینی
۱۳۴	۳-۳- ساخت موتور توربینی در ایران
۱۳۷	۳-۴- هواپیمای ۱۵۰ نفره ملی از توهّمات تا واقعیات
۱۳۷	۳-۴-۱- اخبار این پروژه
۱۳۸	۳-۴-۲- تاریخچه رشد برخی از هواپیماسازان معروف جهان
۱۴۰	۳-۴-۳- یک مثال خوب در صنعت هواپیماسازی
۱۴۳	۳-۴-۴- موتور هواپیما
۱۴۵	۳-۵- رونمایی از موتور توربوجت ملی
۱۴۵	۳-۵-۱- مشخصات ظاهری موتور
۱۴۶	۳-۵-۲- اهمیت موتور توربوجت اوج
۱۴۷	۳-۵-۳- موتور توربوجت J85
۱۵۲	۳-۶- نیاز ایران به سوخت جدید در توربین گاز صنعتی

### فصل ۴: واژگان تخصصی توربین گاز

۱۵۵	
۱-۴-۱	دیکشنری انگلیسی به فارسی
۱۶۰	۴-۲- دیکشنری پیشرانشی انگلیسی به انگلیسی

در مجموعه حاضر مطالب مربوط به توربین گاز در سایت مرکز مهندسی هوافضا، به صورت مدون ارائه می شود. مجموعه شامل چهار بخش اصلی است:

فصل اول: شامل مطالب آموزشی توربین گاز از قبیل: موتورجت و توربوفن، فن و ملخ، کمپرسور، سوخت توربین گاز، محفظه احتراق، پس سوز موتور جت و تحلیل جریان در نازل موتور  
فصل دوم: شامل فایل های دانلودی توربین گاز از قبیل کتاب ها و مقالات توربین گاز، هندبوک توربین گاز و کمپرسور، آئروالاستیسیته، آیرودینامیک ورودی موتور، نرم افزار توربین گاز، طراحی کمپرسور و توربین.

فصل سوم: شامل مطالبی تحلیلی از قبیل تاریخچه توربین گاز در جهان، وضعیت هواپیمای جت مسافبری ملی، موتور جت ملی، نیاز ایران به سوخت جدید در توربین های گازی.

فصل چهارم: در بخش آخر نیز واژگان تخصصی توربین گاز در دو بخش دیکشنری مختصر انگلیسی به فارسی، دیکشنری انگلیسی به انگلیسی

توجه: در فصل سوم لینک دانلود فایل ها قرار داده شده است. در صورت خرید مجموعه فایل های دانلودی، همه فایل هایی که در این کتابچه ارائه شده است در اختیارتان خواهد بود و نیازی به دانلود تک تک آنها نیست.

# فصل ۱: مطالب آموزشی توربین گاز

## ۱-۱- مقدمه

در این بخش مطالب آموزشی توربین گاز که تاکنون در سایت مرکز مهندسی هوافضا بارگذاری شده است، ارائه می شود.

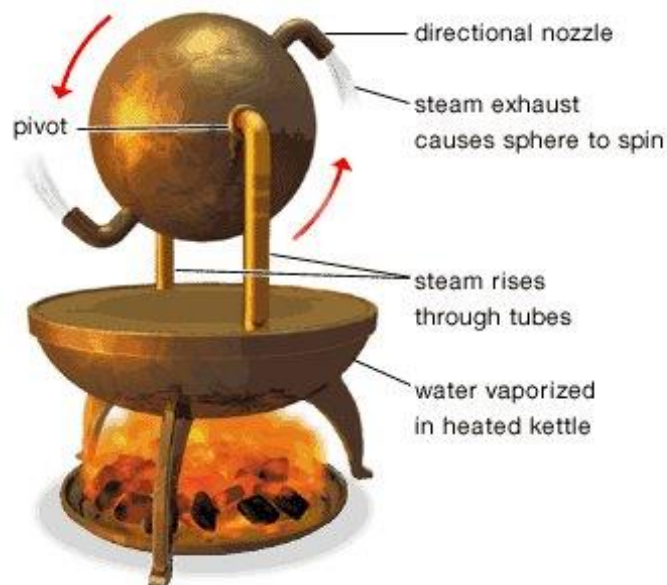
## ۱-۲- آشنایی با موتور توربوفن

جت چیست؟ جت اصطلاحاً به هر سیالی با سرعت و انرژی زیاد گفته می شود. هنگامی که جتی از یک جسم خارج می شود به آن جسم در خلاف جهت خروجش نیرو وارد می کند. مثلاً وقتی که یک بادکنک را باد می کنیم و یک دفعه رهاش می کنیم یا وقتی که سه نفر آتش نشان شلنگ را با زحمت توی دستشان نگه داشته اند نیرویی در مقابل وارد خواهد شد.



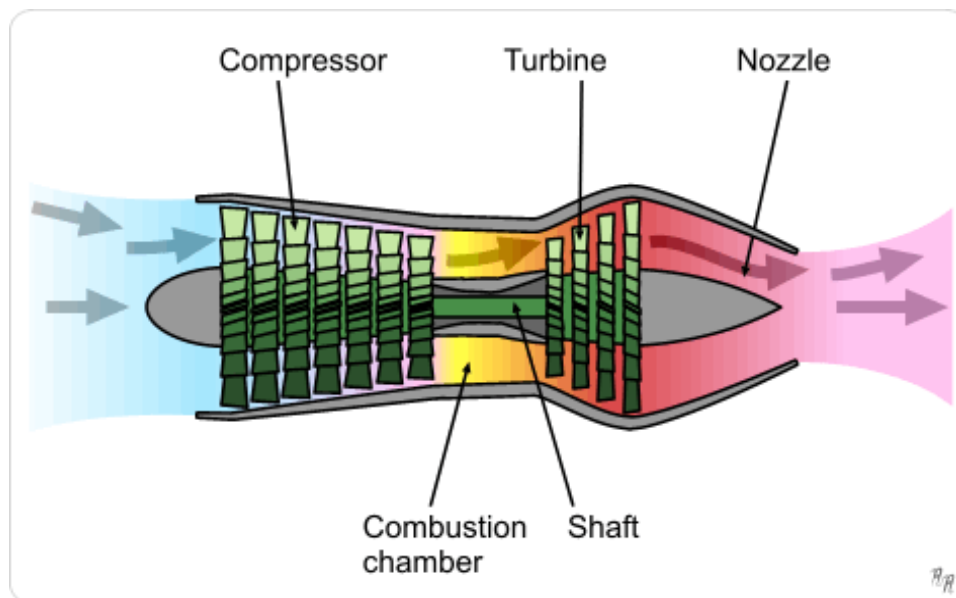
از سال ها پیش انسان به این پدیده پی برده بود مثل این چرخ دوار که در چین ساخته شده است!



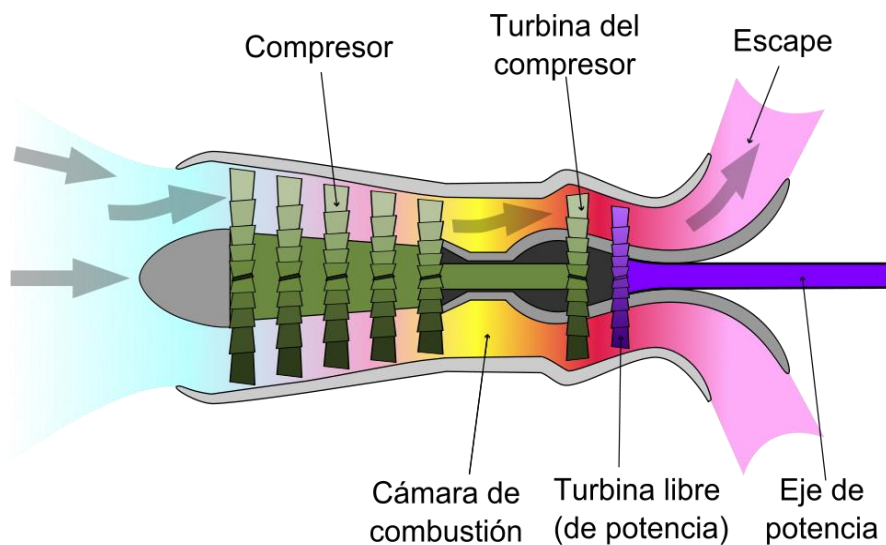


توربوماشین های پیشرانسی در واقع وسایلی هستند که به وسیله جتی که خودشان تولید کرده اند، کار می کنند. اساس کار همه توربوماشین ها ورود هوا به یک محفظه احتراق و خروج آن با سرعت و فشار بیشتر است (جت) که بسته به نوع استفاده ای که از این جت گاز می شود به انواع مختلفی تقسیم می گردد. مثلا:

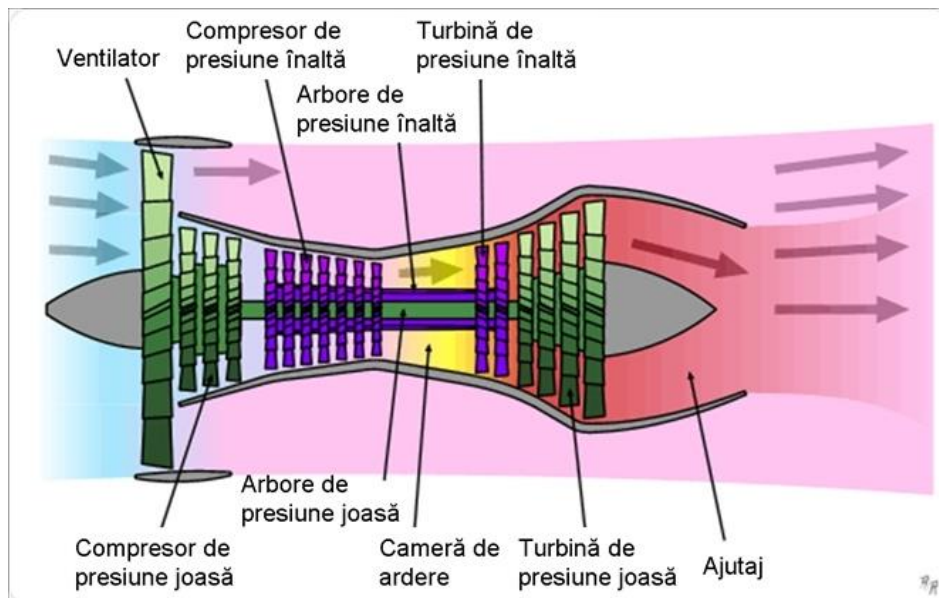
۱. ایجاد نیروی پیشرانش به وسیله خود جت (توربوجت)



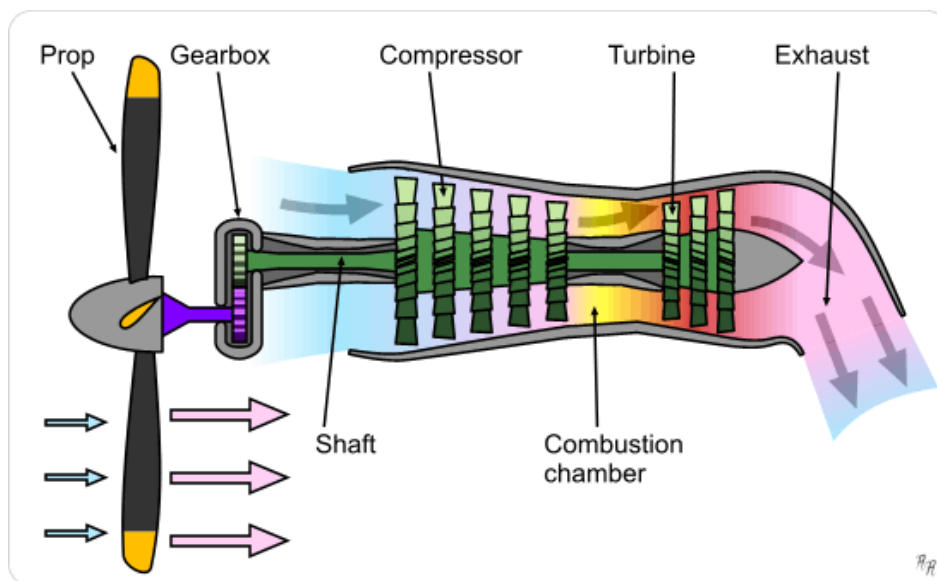
۲. چرخاندن یک شفت (توربوشفت)



۳. چرخاندن یک فن و تولید جت سرد (توربوفن)



۴. چرخاندن یک ملخ (توربوپراپ)



و همچنین رمجت، اسکرم جت، پالس جت و. که فاقد قطعات دوار میباشند. ما در اینجا می خواهیم فقط به توربوفن بپردازیم که اگر کسی با توربوفن آشنا شود انگار با بقیه آشنا شده است. موتور توربوفن در واقع یک توربوجت هست که کمپرسور جلویی آن به فن تبدیل شده است.

از مزیت های این نوع موتور می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. صدای کم

۲. مصرف سوخت کم

۳. سردتر بودن جت خروجی در کاربرد های نظامی و رادارگریزی

۴. قطر کمتر موتور نسبت به توربوپراپ

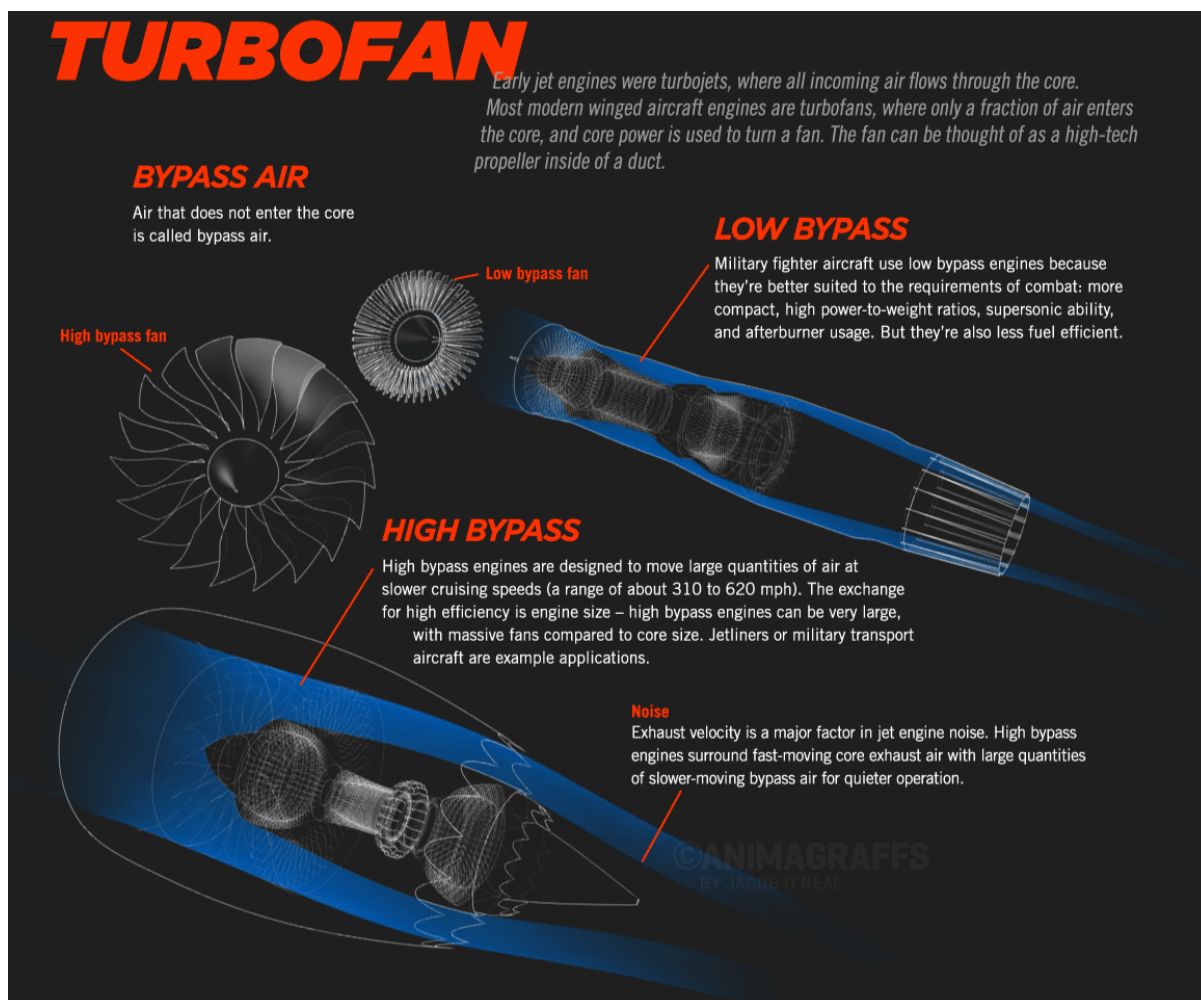
۵. تراست زیاد هنگام تیک اف



تمام این مزیت ها باعث شده که این نوع موتور به پر کاربردترین موتور تبدیل شود به خصوص در هواپیماهای مسافری و باری که هزینه سوخت در مسافت های طولانی بسیار اهمیت دارد.

## ۱-۲-۱ - نسبت کنار گذر (Bypass)

در واقع توربوفن از دو قسمت تشکیل شده یکی هسته که وظیفه تولید انرژی مکانیکی را بر عهده دارد و دیگری فن که توسط شفت متصل به توربین میگردد و قسمت اعظم تراست را تولید میکند.



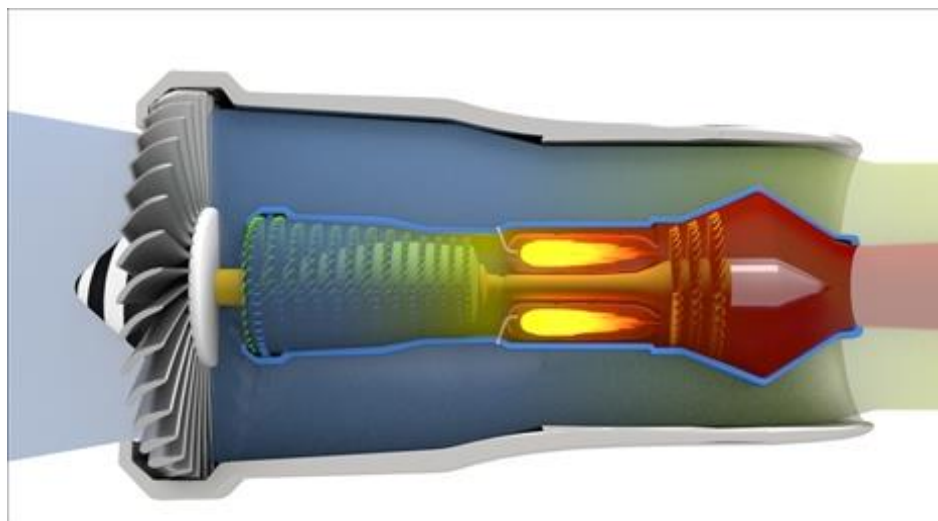
نیروی جلوبرنده در توربوفن از دو راه تامین می شود. قسمت اعظم آن توسط جت سرد تولید شده به وسیله فن (۸۰٪) و قسمتی از آن هم به وسیله جت داغ خروجی از هسته. در واقع هوایی که توسط فن به داخل کشیده می شود قسمتی از آن وارد هسته شده و اکسیژن هسته را تامین می کند و قسمتی از آن هم با خروج از موتور تراست تولید می نماید حالا بسته به این که چه قسمتی از هوا ورودی از پوسته خارج می شود (bypass) موتور های توربوفن را به انواع مختلف تقسیم می کنند.

۱. کنار گذر با نسبت بالا

۲. کنار گذر با نسبت متوسط

۳. کنار گذر با نسبت پایین

Bypass در واقع نسبت جرمی هوای عبوری از پوسته به هوایی است که وارد هسته می شود.



(۱) کنار گذر بالا (high bypass)

این نوع از موتور ها که بای پس آنها بین ۴ تا ۱۵ است بیشتر در هواپیما های مسافری، باری و تجاری کاربرد دارند. دلیل ان هم بازده بالای آنها است. در واقع نسبت نیروی تراست به جرم سوخت مصرفی در این موتورها بالاترین مقدار است پس در هواپیماهایی که به مدت طولانی پرواز میکنند و مصرف سوخت ان ها اهمیت زیادی دارد، استفاده می شوند، هواپیماهایی مثل B747 یا A340

موتور با bypass بالا، آلودگی صوتی کمتری دارد زیرا هوای سردی که از نازل خروجی آن بیرون می آید همانند یک عایق صدا، از انتشار نویزهای صوتی جلوگیری می کند. همانطور که میدانید کاهش نویز صوتی در صنعت هوانوردی یکی از دغدغه های طراحان پیشرانس و سازندگان هواپیماست.

در این موتور ها همچنین به دلیل زیاد بودن بای پس تراست معکوس بیشتری تولید می شود ولی هر چه بای پس بیشتر باشد برای trust reverse به تجهیزات پیچیده تری مثل پره های متحرک نیاز هست که این خود باعث افزایش وزن می شود. از ایرادات این نوع موتورها محدودیت سرعت ان ها است (۰,۷۵ تا ۰,۹ ماخ ) و نمی توانند در سرعت های بالا پرواز کنند. از ایرادات دیگر این موتور ها میتوان به حجم زیاد و وزن زیاد ان ها اشاره کرد.





۲) کنارگذر متوسط medium bypass

دارای بای پس ۲ تا ۴ هستند. این نوع از موتورها، بیشتر در هواپیماهای مسافربری کوچکتر استفاده می شوند. برای مثال هواپیماهای تجاری و شخصی (بیزنس جت) که معمولا در حدود ۶ تا ۲۰ نفر سرنشین دارند از این نمونه موتورها بهره می برند. در تصویر زیر هواپیمای beechcraft hawker رو می بینید که از نوع بیزنس جت هست.



۳) کنارگذر پایین

این موتور بای پس حدود ۲ دارند و برای سرعت های بالاتر طراحی شدند و دارای فن کوچکتر و در نتیجه دبی جرمی کمتری هستند. در این موتور ها معمولا از دو یا سه فن کوچک تر استفاده می شود و اندازه و وزن کمتری دارند. همچنین از afterburner در ان ها استفاده میشود که در مواقع خاص مثل برخاست سریع و افزایش زیاد سرعت از ان استفاده میشود. در واقع کاربرد موتور با کنارگذر کوچک غالبا در جنگنده

هست. مثلاً اگر به موتور جنگنده F14 دقت کنید متوجه می شوید که موتور آن مدل جنرال الکتریک f 110 هست که یک موتور با نسبت کنارگذر پایین در حدود ۰,۸۵ است.



### ۱-۲-۲- اجزای موتور توربوفن

همانطور که در تصویر زیر مشاهده می کنید، هر موتور توربوفن از قسمت های زیر تشکیل شده:

