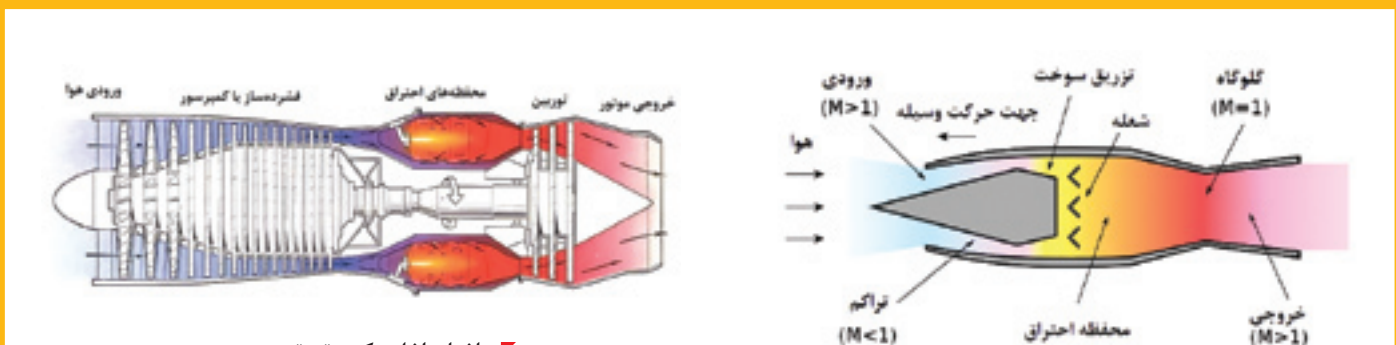


گزارش
محمدحسین الهی

کروز فراصوت ایرانی به میدان می‌آید

ورود ایران به باشگاه خاص موشکی



ساختار داخلی یک موتور توربوجت

ساختار ساده شده‌ای از یک موتور رم جت



موشک کروز ضد کشتی فراصوت
سائبرین (موسکیت) که چهار موتور رم جت دور بدنه دارد



دو نمونه از موشک‌های کروز فراصوت چینی مجهز به موتور رم جت

قانون عمل و عکس‌العمل کار می‌کنند و از جت خروجی سیال، نیروی رانش را ایجاد می‌کنند. در این بین، موتورهای توربین گاز به عنوان موتورهای هوائتفسسی و موتورهای راکتی به عنوان پیش‌رانه‌هایی که سوخت و آکسیژن لازم را برای احتراق یا خود حمل می‌کنند، بسیار پر کاربرد هستند. هر دو دسته این موتورها قابلیت کار در گستره بسیار وسیعی از سرعت شامل لحظه سکون وسیله تا سرعت‌های بالاتر از سرعت صوت را دارند، اما بین این پیش‌رانه‌ها به جز راکت سوخت جامد، باقی نمانده‌اند. احتیاج نداشتن، در نتیجه این نوع موتور هستند که هم هزینه تمام شده توسعه، ساخت و آزمایش را بالا می‌برند و هم برای کسب قابلیت اطمینان کافی در تولید انبوه نام‌مصرف به صرف هزینه‌های بالاتر احتیاج است.

اما موتور رم جت که ایده اولیه آن توسط یک مهندس فرانسوی در ۱۹۱۳ دانه شده، به‌طور کلی یک محفظه تقریباً خالی است که تعدادی نازل سوخت‌پاش داخل آن قرار گرفته است و به‌طور عمومی به هیچ جزء مکانیکی متحرک دیگری شامل کمپرسور، توربین، شفت یا فن (در موتورهای توربوجت) نیاز ندارد. در نتیجه این نوع موتور فرایند ساخت و تولید ساده‌تر دارد، سبک‌تر و کم‌حجم‌تر است و در دوره عمر نیز هزینه‌های پایینی دارد، به علاوه با توجه به اینکه پس از محترق شدن ترکیب هوا و سوخت برخلاف موتورهای توربین گاز که گاز داغ به توربین بر خورد می‌کند و برای چرخاندن آن، بخشی از انرژی جنبشی خود را از دست می‌دهد، در موتورهای رم جت، هیچ بخشی از انرژی جنبشی گاز حاصل از احتراق توسط هیچ جزئی گرفته نمی‌شود، زیرا قطعه متحرکی وجود ندارد که به واسطه توربین نیاز به چرخاندن آن وجود داشته باشد.

این نوع موتورها دارای یک مشکل بزرگ هستند و آن اینکه برای شروع کار خود، نیاز به دریافت انرژی از منبع بیرونی دارند، به بیان ساده‌تر، این موتورها باید توسط موتور دیگری به حرکت درآیند و پس از رسیدن به سرعت مشخصی، قابلیت کار خواهند داشت. مشکل دیگر این موتورها، پیچیدگی‌های خاص دانشی در مرحله توسعه است تا موتوری با عملکرد بهینه حاصل شود، البته راه دیگر، استفاده از سطوح متحرک در ورودی و خروجی این موتورها برای ایجاد کنترل بهتر روی فرایند تولید نیروی پیشران است.

یکی دیگر از چالش‌های توسعه موتورهای رم جت، دشواری کنترل فرایند احتراق در آنها نسبت به موتورهای توربین است که از چندین محفظه احتراق بهره می‌برند، در واقع رم جت‌ها تنها از یک محفظه احتراق استفاده می‌کنند که آن هم خود بدنه داخلی موتور است. مشکل دیگر همین جا بروز می‌کند و آن هم مسائل مربوط به انتقال حرارت داخل موتور و مواد مقاوم به حرارت است. بدیهی است غلبه بر این مشکلات و گلوگاه‌های علمی و فنی لازم‌رسانند به توانایی طراحی و ساخت و آزمایش و سپس تولید انبوه این نوع موتورهاست.

نوع خاصی از موتورهای رم جت با نام اسکرم جت هم در دنیا در دست

توسعه است. تفاوت موتورهای اسکرم جت با رم جت در رخ دادن فرایند احتراق در سرعت فراصوت (سوپرسونیک) در این موتورهاست، در حالی که در موتور رم جت، سرعت هوا به زیر سرعت صوت در داخل موتور کاهش یافته و احتراق در سرعت فرسوت ولی بالاتر از سرعت جریان در محفظه احتراق موتورهای قبلی توربین گاز به انجام می‌رسد. همین لزوم کاهش سرعت در موتور رم جت، عامل کاسته‌شدن از کارایی آن است، به طوری که در سرعت‌های بالای شاک، موتورهای رم جت، بازدهی بسیار پایینی دارند، زیرا باید سرعت هوا در داخل آن به یک‌پنجم کاهش یابد. برای بهبود عملکرد در این شرایط، موتورهای اسکرم جت در دست توسعه قرار دارند. لازم به ذکر است توسعه موتورهای اسکرم جت همچنان یکی از موضوعات مورد بررسی در زمینه‌های تحقیقاتی روز دنیا از جمله در نیروی هوایی امریکاست و هنوز تا رسیدن به مرحله گسترش عملیاتی این نوع موتورها زمان نیاز است.

نیاز است، به طابق فوق و اینکه موتورهای رم جت در صورت طراحی صحیح، بازدهی بالاتری نسبت به موتورهای توربین گاز دارند، علاقه‌مندی بالایی برای به کارگیری آنها در موشک‌ها و برخی پهپادها وجود دارد که در ادامه به اتواعی از آنها اشاره می‌شود.

محصولات هوافضایی با موتور رم جت

چندین نوع موشک پدافند هوایی ساخت انگلیس، امریکا و شوروی سابق، چند نوع موشک هواپه‌سطح ضد کشتی و ضدرادار و نیز موشک هواپه‌وا با این نوع موتور در دنیا ساخته شده است. در مجموع کشورهای امریکا، انگلیس، فرانسه، روسیه، چین، تایوان و ژاپن از جمله موشک‌هایی هستند که موشک‌هایی را با موتور رم جت توسعه داده‌اند.

در هفته‌های اخیر اخباری پیرامون موشک کروز فراصوت (سوپرسونیک) منتشر شده که نشان‌دهنده ورق خوردن برگ دیگری از کتاب توان موشکی کشور در حوزه کروزهاست. از آنجا که ایران سال‌هاست سازنده انواع موشک‌های کروز ضد کشتی بوده و در حدود یک دهه اخیر هم به جرگه سازندگان موشک‌های کروز زمینی پیوسته است، در این گزارش نگاهی به ویژگی‌های موشک‌های کروز فراصوت خواهیم داشت. برای آشنایی با آرایه متنوع موشک‌های کروز ضد کشتی ایرانی مطالعه صفحه دفاعی روزنامه جوان در شماره ۶۸۱۶ و برای آشنایی با موشک‌های کروز ضداهداف زمینی شماره ۶۷۱۰ پیشنهاد می‌شود.

پیدایش مفهوم موشک کروز به عنوان یک سلاح رزمی به دوران جنگ جهانی دوم و موشک آلمانی V-1 بازمی‌گردد. پس از پایان جنگ دو قطب شکل گرفته آن دوران یعنی شوروی سابق و امریکا طراحی و توسعه نمونه‌های مدنظر خود را از این نوع سلاح آغاز کردند. موشک‌های کروز با پیشرفت علوم مواد و سامانه‌های هدایت و کنترل و ناوبری جدید و موتورهای کوچک و پر قدرت، رنگ و بوی امروزی خود را در اواخر دوران جنگ سرد پیدا کردند.

اما اغلب موشک‌های کروز چه انواع ضد کشتی و چه انواع حمله به اهداف زمینی سرعتی کمتر از سرعت صوت (یک‌ماخ) داشتند و باید گفت بیشتر نمونه‌های امروزی هم اینچنین هستند، اما پیدا بود که در صورت امکان رسیدن به سرعت‌های بالاتر از صوت مزیت‌های متعددی از نظر نظامی در عملکرد این سلاح‌ها ایجاد خواهد شد، در نتیجه سوای ساخت چنین موشک‌هایی یعنی کروزهای فراصوت (سوپرسونیک) در همان دوران جنگ سرد شکل گرفت.

تعریف موشک کروز

موشک‌های کروز به علت اینکه بخش اعظم مسیر پروازی آنها در فاز پیمایشی (کروز) طی می‌شود، به این نام مشهور شده‌اند. این موشک‌ها در نمونه‌های دوربرد عمدتاً ساختار و بیکربندی شبیه هواپیمایها دارند، در نتیجه قابلیت پرواز در مسیرهای مختلف و غیر مستقیم در این دسته از موشک‌های کروز به راحتی ایجاد می‌شود. قابلیت پرواز در ارتفاع چند متری سطح آب برای نمونه‌های ضد کشتی و پرواز در فاصله کمتر از ۲۰۰ متری عوارض زمینی از ویژگی‌های موشک‌های کروز است که به پنجاه مایل آنها از دید انواع حسگرها به عنوان تکمیلی باید ذکر کرد.

برای موشک‌های کروز زمینی که نیاز به شناسایی عوارض زمینی، تعیین ارتفاع و مسیر پیمایی یا همان ناوبری دارند، سامانه‌های خاصی ساخته شده که شامل سامانه‌های تطبیق تصاویر اپتیکی یا راداری با تصاویر پرواز در موشک و انواع روش‌های دیگر است. در موشک‌های کروز ضد کشتی حسگر ارتفاع‌یاب برای تنظیم دقیق ارتفاع از سطح آب در بخشی از بدنه و رادار فعال یا حسگر تصویری برای شناسایی و قفل روی هدف شناور در دهانه آنها به کار گرفته می‌شود.

در زمینه سرعت پرواز در موشک‌ها به عنوان تکمیلی باید ذکر کرد که محدوده سرعت تا زیر یک‌ماخ فرسوت (ساب‌سونیک)، از ماخ یک تا فراصوت (سوپرسونیک) و از ماخ ۵ به بالا ابرصوت یا هایپرسونیک نامیده می‌شود که این مورد اخیراً روزها در ایران هم بسیار شناخته شده است. در یک منابع به یک تقسیم‌بندی زیر شاخه‌ای از سرعت ۰/۸ تا ۱/۲ سرعت صوت را محدوده گذر صوتی یا ترانسونیک می‌نامند. به طوری کلی به علت رژیم خاص جریان گذر صوت و پدیده‌های حاکم در آن تلاش می‌شود موشک‌ها برای این محدوده سرعتی طراحی شوند که توضیح آن مجال دیگری طلب می‌کند.

کروز فراصوت به چه معناست؟

طی دهه ۱۹۹۰ و با تعریف مفاهیم دفاعی در دنیای پس از جنگ سرد تا به امروز، کشورهای پیشرو در عرصه موشکی بخشی از فعالیت‌های توسعه‌ای خود را معلق به عملیاتی کردن موشک‌های کروز فراصوت (ماخوق صوت) کرده‌اند و باشگاه کوچک دارندگان فناوری تولید این نوع موشک کمتر از ۱۰ کشور شامل فرانسه، روسیه (شوروی)، امریکا، چین، هند، تایوان، ژاپن و با اراق، کر جنوبی است. در این فهرست محصولات روسیه دارای بیشترین تنوع است که هم در انواع ضد کشتی و هم ضداهداف زمینی بوده و باید گفت برخی موشک‌های فراصوت چین و هند هم مستقیماً به نمونه‌های روسی مربوط هستند.

ارزش عملیاتی این موشک‌ها یعنی کروزهای فراصوت آنجا آشکار می‌شود که بدانیم در زمینه مقابله با موشک‌های کروز و به واسطه قابلیت‌های پنهان کاری آنها زمان، عاملی حیاتی است. در موشک‌های کروز فرسوت که به طور معمول سرعتی حدود ۰/۶ تا ۰/۹ ماخ یعنی معادل ۱۱ تا ۱۲ متری بر ثانیه در دمای هوای ۲۵ درجه سلسیوس دارند، طی مسافتی معادل ۲۰۰ کیلومتر حدود ۱۴۴ تا ۹۶ ثانیه طول می‌کشد که این زمان بر اساس مسافت قابل رؤیت بودن یک موشک کروز ضد کشتی برای هدف شناور بر اساس میزان کروی بودن سطح زمین محاسبه شده است. حال در نظر بگیریم که موشک کروزی با سرعت فراصوت به اندازه مثلا دو برابر صوت در اختیار باشد، در این صورت زمان پرواز در فاز ۳۰۰ کیلومتری نهایی در شرایط جوی مشابه ۴۳ ثانیه و برای موشکی با سرعت ۳/۵ ماخ به ۲۵ ثانیه کاهش می‌یابد! دهه ۱۹۹۰ تا اوایل هزاره جدید تهدید شماره یک خود را در حوزه موشکی، محصولات روسی فراصوت با سرعت ۳ ماخ معرفی می‌کرد. امروزه و با توسعه موشک‌های کروز ضد کشتی فراصوت در صورت گسترش فروش این موشک‌ها به کشورهای که خود توسعه‌دهنده آن نیستند، دیگر در نبرد‌های رودرروی شناورهای رزمی یا یکدیگر، دارندگان موشک کروز فراصوت با سوپرسونیک دست بالا را در نبرد خواهند داشت و می‌توانند فرصت شلیک کافی به شناور دشمن برای بیش از یک بار نهند.

پیش‌رانش موتورهای کروز فراصوت چیست؟

موشک‌های کروز ایرانی غیر از آنهایی که از موتور سوخت جامد به عنوان موتور اصلی استفاده می‌کنند، طی چند دهه گذشته از یک موتور راکتی سوخت جامد جداشونده برای تأمین شتاب اولیه و در ادامه مسیر از انواع موتورهای توربوجت ساخت داخل شامل خانواده طلوع و غیره برای فاز پیمایشی حرکت خود استفاده می‌کردند. این موتورهای جت در نمونه‌های اولیه دارای رانش ثابت و در نمونه‌های پیشرفته‌تر دارای قابلیت کنترل میزان نیروی رانش بودند.

تمامی انواع موتورهای جت که به آنها موتورهای توربین گاز هم گفته می‌شود، موتورهای راکتی شامل سوخت مایع و جامد و نیز موتورهای رم جت و اسکرم جت پیش‌رانه‌هایی هستند که بر اساس

است، از موتور رم جت برای مراحل پروازی پس از سرعت گرفتن توسط یک شتاب‌دهنده سوخت جامد راکتی استفاده می‌کنند. این موشک توانایی رسیدن به سرعت ۱/۲ تا ۲/۵ ماخ (۲/۵ برابر سرعت صوت) را دارد. نمونه مشترک هند و روسیه از این موشک به نام براهموس نیز با سرعت ۲/۸ ماخ توسعه یافته است. برای مقایسه باید گفت سرعت موشک‌های ضد کشتی کروز فعلی معرفی شده ایران در محدوده زیر یک‌ماخ است.

یکی دیگر از موشک‌های مشهور ضد کشتی که هم به صورت سطح‌به‌سطح و هم هواپه‌سطح استفاده می‌شود و از پیش‌رانه رم جت استفاده می‌کند، موشک P-270 موسکیت است که به نام سائبرین نیز شناخته می‌شود. این موشک با سرعت سه برابر سرعت صوت حرکت می‌کند و به برد بیشینه ۲۵۰ کیلومتر دست می‌یابد. این موشک چهار ورودی هوا در اطراف بدنه خود دارد که هوای لازم برای موتورهای رم جت را تأمین می‌کنند.

خیز ایران برای فتح قله موشکی دیگر

برای اولین بار وزیر وقت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح در روز صنعت دفاعی در ۳۱ مرداد ۱۳۹۵ از در دست توسعه بودن موشک کروز فراصوت در ایران خبر داد. وی کاربرد این موشک را دریایی اعلام کرد که نشان می‌دهد ایران در ادامه روند افزایش برد کروزهای دریایی خود به فکر افزایش سرعت آنها هم نبوده است. اینکه محصول مورد نظر برای رسیدن به چه سرعتی تعریف شده بوده و اینکه از ابتدای پرواز برخی نمونه‌های کروز ضد کشتی ساخت چین برای فاز نهایی نزدیک هدف به سرعت فراصوت می‌رسیده تا امروز نامشخص مانده است.

در تیرماه ۱۳۹۴ در بابان شمخانی که در بازه سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۴ وزیر دفاع و تاریخ مورد ذکر دبیر شورای عالی امنیت ملی بود، در گفت‌وویی از بومی‌سازی موشک روسی سان برن در ایران خبر داد. در زمان تعاملات نظامی ایران و روسیه در زمان وزارت در بابان شمخانی یکی از موضوعاتی که توسط رسانه‌های غربی در سال‌های ۱۳۸۲ به بعد به آن پرداخته شد، معامله‌ای بین ایران و روسیه برای دریافت تعدادی از موشک مذکور برای ساخت داخلی آن بود. خبرهای پیرامون موشک سان برن توسط مسئولان دیکن نه تأیید و نه تکذیب نشده است. موشک معروف به سان برن، همان پی-۲۷۰ موسکیت است که نمونه هواپراب آن خا-۴۱ نامیده شده که برد آن بین ۱۲۰ تا ۲۵۰ کیلومتر، جرم سرنگی آن ۳۲۰ کیلوگرم و سرعت بیشینه آن سه‌ماخ است.

اوایل اسفند ۱۴۰۱ سرلشکر سلامی، فرمانده کل سپاه هم از توسعه موشک‌های کروز برای سرعت‌های فراصوت (ماخوق صوت) خبر داد. وی به نوع کاربرد این موشک‌ها یعنی ضد کشتی یا ضداهداف زمینی بودن آنها اشاره کرد.

پس از مراسم تحویل عملیاتی موشک‌های کروز ابومهدی به نیروهای دریایی ارتش و سپاه، در اوایل مرداد سال جاری سردار طلایی‌نیک، معاون وزیر دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح اعلام کرد افزایش سرعت این موشک در آینده یکی از محورهای توسعه آن خواهد بود، البته در گذشته ایشان مشخصاً مورد رسیدن به سرعت فراصوت مطلبی بیان نشده اما به طوری که نشان می‌دهد افزایش سرعت محصولات کروز به دلایل پیش گفته مدنظر صنعت دفاعی است.

اما در هفته‌های اخیر که نزدیک به سالروز گرامیداشت صنعت دفاعی بوده است، ابتدا رسانه‌های رسمی داخلی و سپس مسئولان وزارت دفاع اعلام کردند متخصصان فناوری موشک‌های کروز فراصوت را بومی‌سازی کرده‌اند و محصول این فناوری هم اکنون در حال گذراندن آزمایش‌های خود است. بر اساس اخبار ارائه شده از گذشته به نظر می‌رسد اولین موشک ایران در این حوزه از نوع ضد کشتی باشد اما اینکه ساختار موشک مذکور بر اساس نمونه‌های خارجی مورد اشاره یا یک طراحی جدید بومی باشد، مشخص نیست.

خیز وزیر دفاع از رم جت ایرانی

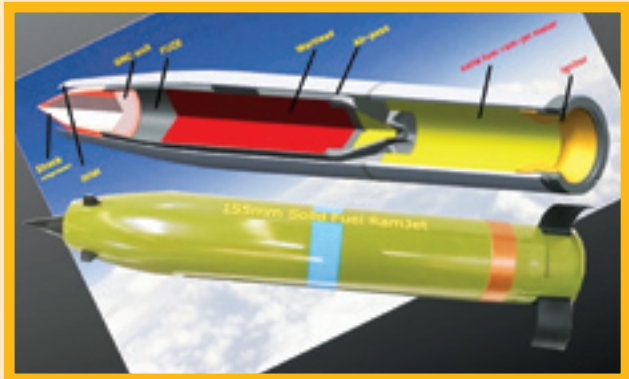
وزیر دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح در سخنرانی پیش از خطبه‌های نماز جمعه در تهران با اشاره به برخی دستاوردهای جدید حوزه دفاعی از موتور رم جت موشک‌های فراصوت نام برد. این گفته وزیر نشان می‌دهد موشک فراصوت ایرانی با در صورت وجود بیش از یک نوع از این موشک‌ها در حیطه موشک‌های کروز دست کم یکی از این موشک‌ها از موتور رم جت استفاده خواهد کرد که متخصصان کشور موفق به توسعه و ساخت آن شده‌اند.

قبلاً در پاییز سال ۱۳۹۸ در بازدید مقام معظم رهبری و فرماندهی کل قوا از دستاوردهای شرکت‌های دانش‌بنیان، بخشی از یک موتور رم جت در دست توسعه توسط متخصصان داخلی مشاهده شده بود. این امر نشان می‌دهد تلاش چندین ساله‌ای برای بومی‌سازی چنین پیش‌رانی در کشور در جریان بوده که حال با خبر وزیر دفاع صحت‌ای بر اتمام کار توسعه این نوع مهم و کارآمد از پیش‌رانه‌های هوایی گذاشته شده است.

از آنجا که بر ضروری از این فناوری، میزان پایدار سرعت را به شکل بسیار پررنگی در انواع وسایل پرند و سلاح‌های پروازی مانند انواع موشک، پهپاد و گلوله‌های توپخانه افزایش می‌دهد، در توسعه تسلیحات نظامی این موتورها به طور ویژه‌ای مورد توجه قرار گرفته‌اند، بنابراین دستیابی متخصصان کشورمان به فناوری طراحی و ساخت موتورهای رم جت، امکان دستیابی به موشک‌های ضد کشتی فراصوت بدون استفاده از موتورهای توربین گاز را ممکن می‌کند و صرفه‌جویی زونی حاصل از حذف موتورهای توربین گاز، صرف حمل سوخت بیشتر برای دستیابی به سرعت و برد بیشتر می‌شود. این افزایش سرعت به منزله افت شدید توان مقابله سامانه‌های پدافندی شناور دشمن هم خواهد بود که همانطور که اشاره شد مقامات نیروی دریایی امریکا قبلاً بر آن صحنه گذارده‌اند.

بهره‌برداری از موتورهای رم جت در موشک‌های کروز دریایی و دستیابی به موشک‌های کروز فراصوت (سوپرسونیک) از آنجا مهم و قابل توجه است که در صورت بروز هر گونه درگیری نظامی در عرصه دریا، قدرت واکنش جمهوری اسلامی ایران را بسیار سریع‌تر خواهد کرد و در مواردی حتی فرصت واکنش را نیز از نیروهای مهاجم خواهد گرفت.

به نظر می‌رسد در آینده‌ای نه چندان دور و شاید حتی نزدیک و با رونمایی از این موشک، ایران اسلامی به باشگاه کوچک و اختصاصی دارندگان فناوری تولید موشک‌های کروز فراصوت خواهد پیوست تا در نبردهای آبی همچنان دست‌ی قدرتمند را در میدان داشته باشد.



پر تابه ۱۵۵ میلیمتری توپخانه مجهز به موتور رم جت با سوخت جامد



موشک کروز ضد کشتی C-803 که در فاز نهایی پرواز به سرعت فراصوت می‌رسد



بخشی از موتور رم جت در دست توسعه در بازدید رهبری در سال ۱۳۹۸



موشک کروز فراصوت مشهور یاخونت (اونیکس) مجهز به موتور رم جت