

موشک‌های هایپرسونیک سرشی

امیر مرتجی^{۱*}، معید شایسته‌کیا^۲

۲۰۱ - پژوهشگر سازمان تحقیقات صنعتی

چکیده

موشک‌های هایپرسونیک سرشی یا اختصاراً^۱ (HGV) نسل جدیدی از موشک‌های بالستیک می‌باشند. این موشک‌ها به گونه‌ای طراحی می‌شوند که در ارتفاعی پایین‌تر و مسیری متفاوت از مسیر نامی موشک‌های بالستیک؛ که عموماً سهموی بوده؛ پرواز نمایند. این امر موجب پنهان‌کاری موشک شده و شناسایی و رهگیری را برای سیستم‌های پدافندی؛ که امروزه چالش اصلی موشک‌های بالستیک می‌باشد؛ سخت‌تر و یا غیرممکن می‌نماید. در این مقاله ابتدا به بررسی مزایا و تاریخچه این طرح پرداخته و سپس ویژگی‌های دینامیکی، آیرودینامیکی و ترمودینامیکی HGV ها شرح داده می‌شود.

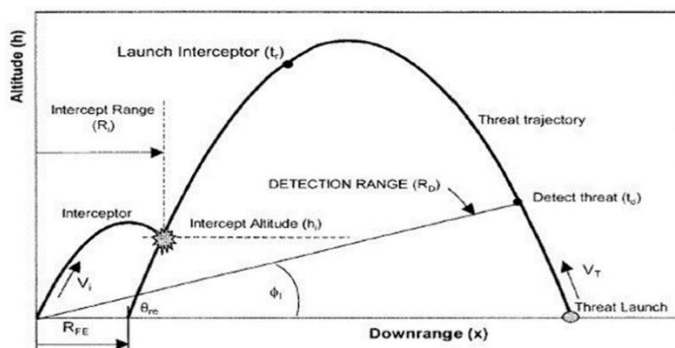
واژگان کلیدی: موشک‌هایپرسونیک سرشی، پدافند، پنهان‌کاری

۱- مقدمه

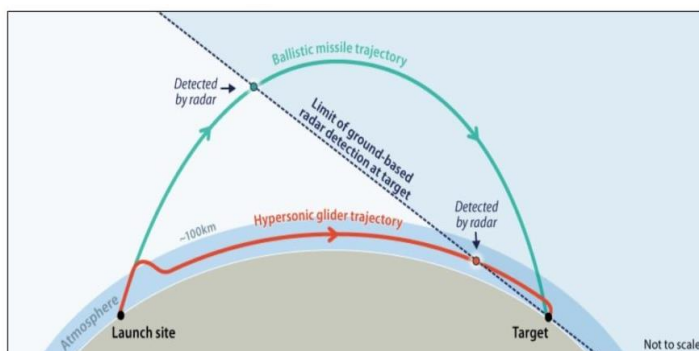
امروزه یکی از اصلی‌ترین چالش‌های موشک‌های بالستیکی عبور از لایه‌های سیستم‌های پدافندی می‌باشد. موشک‌های بالستیکی از نقطه پرتاب تا نقطه هدف مسیری مشخص که عموماً سهموی بوده طی می‌کنند و در طول پرواز چندان دچار تغییر مسیر نمی‌شوند. این امر موجب می‌شود اولاً به واسطه‌ی ارتفاع گرفتن موشک، زودتر در افق دید رادار سیستم پدافندی قرار گرفته و شناسایی شود. و ثانیاً مسیر پرواز قابل پیش‌بینی بوده و رهگیری آن راحت‌تر شود. در شکل (۱) این امر نشان داده شده است. اما اگر بتوان در ارتفاع پایین‌تری پرواز کرد شناسایی هدف تا زمانی که موشک در افق دید رادار قرار بگیرد به تأخیر می‌افتد. در شکل (۲) این تفاوت نشان داده شده است. برای این منظور نسل جدید موشک‌های بالستیک تحت عنوان HGV ها طراحی گردید. ویژگی اصلی پیکره‌بندی HGV ها در مقایسه با موشک‌های معمولی که عموماً هندسه مخروطی شکلی دارند، طراحی خاص آن‌ها می‌باشد که منجر به

^۱Hypersonic Glide Vehicle

نسبت نیروی برآ به پسا یا همان (L/D) بالاتر آن‌ها می‌شود. این ویژگی باعث می‌شود HGV ها بتوانند برای مسافتی طولانی و در ارتفاعی بین ۲۰ تا ۶۰ کیلومتری، پرواز سرشی داشته باشند.



شکل ۱- شناسایی و رهگیری موشک بالستیک



شکل ۲- محل شناسایی موشک بالستیک معمولی و سرشی توسط رادار

چالش‌های بسیاری در روند طراحی، ساخت و هدایت و کنترل HGV ها مطرح می‌باشد. با توجه به مسیر پروازی ویژه HGV ها دمای بدنه ممکن است تا دو هزار درجه سانتی‌گراد هم بالا برود. لذا استفاده از مواد ویژه‌ای که بتواند این دما را تحمل کند یکی از گلوگاه‌های تکنولوژیک ساخت HGV ها می‌باشد. همچنین ساخت بدنه با هندسه خاص آن‌ها از دیگر چالش‌های مهم می‌باشد. در حال حاضر آمریکا، چین و روسیه اصلی‌ترین کشورهای در حال توسعه‌ی موشک‌های هایپرسونیک هستند. البته استرالیا، فرانسه و هند هم ظاهراً درگیر تحقیق و توسعه‌ی چنین تکنولوژی‌ای شده‌اند. روسیه بعد از اینکه آمریکا توسعه تجهیزات جدید دفاع موشکی را شروع کرد، پروژه آوانگارد را کلید زد. هدف روسیه حفظ توان بازدارندگی خود بود. آوانگارد یا Yu-74 نوعی گلايدر با سرعت هایپرسونیک است که با موشک قاره‌پیما UR-100N پرتاب شده است. طول آوانگارد ۵/۴ متر است و می‌تواند مانورهای مختلفی انجام دهد. در آمریکا پروژه

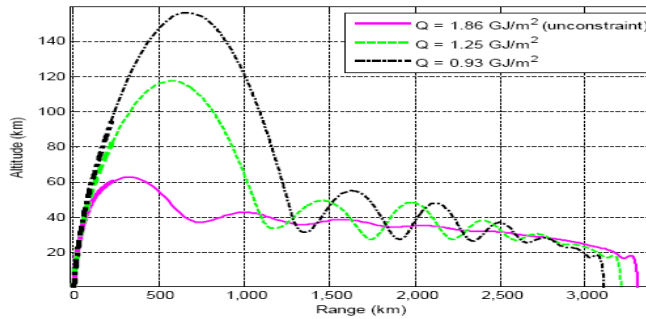
^۱(HTV-2) توسط موسسه تحقیقات پیشرفته دفاعی یا همان دارپا تعریف شده و توسط شرکت لاکهیدمارتین اجرا گردیده است. در ساخت HTV-2 از مواد کامپوزیتی کربنی استفاده شده است. هر دو تست این موشک با موشک مینیاتور ۴ و برد ۷۷۰۰ کیلومتر در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ انجام گرفته است. طبق اعلام دارپا تله‌متری در انتهای مسیر هر دو تست قطع شده و نتیجه موفق نبوده است. چین در رژه روز ملی خود در سال ۲۰۱۹ موشک DF-17 را رونمایی کرد. طبق تخمین‌ها این موشک بردی بین ۱۸۰۰ تا ۲۵۰۰ کیلومتر دارد. در شکل (۳) این موشک نمایش داده شده است.



DF-17 شکل ۳- موشک‌های پرسونیک سرشی

۲-دینامیک پرواز HGV

همان‌گونه که در مقدمه ذکر شد، در HGV ها به واسطه طراحی آیرودینامیکی ویژه، نسبت نیروی برآ به پسای آن‌ها بزرگ‌تر از موشک‌های بالستیک مرسوم می‌باشد. این ویژگی باعث می‌شود بتوان برای HGV ها مانورهای ویژه‌ای تعریف کرد. به‌طور مثال در یک طرح مرسوم این نسبت در ماخ ۱۰، ۱/۵ می‌باشد ولی در HGV این عدد به ۳/۵ نیز می‌رسد. در یک سناریوی فرضی با رسیدن موشک به سرعت لحظه خاموشی موتور، پرواز گلاйдی یا همان سرشی در ارتفاع حدود ۴۰ کیلومتری انجام می‌شود. با توجه به طراحی HGV می‌توان با زاویه حمله کوچک‌تر از موشک‌های مرسوم، پرواز کروز را تا رسیدن سرعت به حداقل مقدار مجاز برخورد ادامه داد. این در حالی است که در سیستم‌های مرسوم باید زاویه حمله بزرگ‌تری اتخاذ کرد و به همان نسبت سرعت سریع‌تر کاهش می‌یابد. یکی از ملاحظات مهم در طراحی مسیر پرواز، بار حرارتی القا شده روی بدنه می‌باشد. لذا یکی از چالش‌های طراحی مسیر در نظر گرفتن قیود حرارتی می‌باشد. در شکل (۴) مسیرهای مختلف برای یک HGV نمونه و با در نظر گرفتن بارهای حرارتی مختلف رسم شده است.

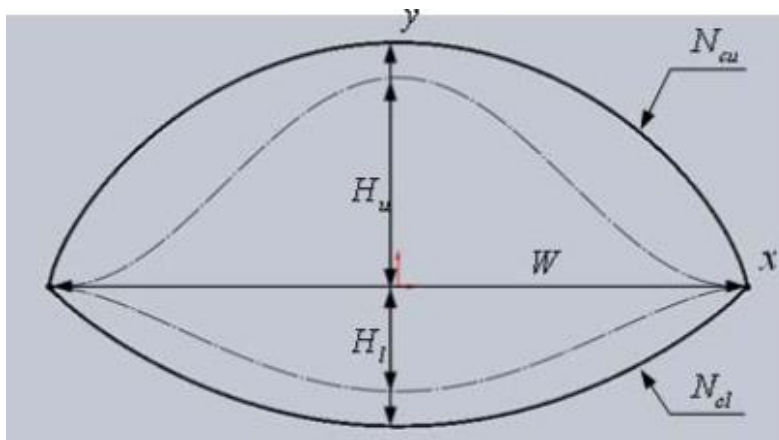


شکل ۴- مسیرهای پروازی یک HGV نمونه و بار حرارتی معادل آن

همان‌طور که مشاهده می‌شود هرچه قدر ارتفاع پروازی پایین‌تر باشد، بار حرارتی بالاتر می‌رود. لذا باید با در نظر گرفتن قیود مختلف به طراحی مسیر بهینه پرداخت. برای کنترل HGV، سامانه‌های مختلفی استفاده می‌شود، از جمله آن‌ها می‌توان از بال، فلپ و تراستر گازی نام برد.

۳- طراحی آیرودینامیکی و ترمودینامیکی HGV

در طراحی آیرودینامیکی HGV ها از هندسه‌ی Waverider (شکل ۵) استفاده می‌شود. Waverider یا اصطلاح موج سوار به هندسه‌هایی اطلاق می‌شود که به صورت نوسانی روی آب یا سیال حرکت می‌نماید که این مسئله منجر به تولید لیفت و در نهایت موجب افزایش برد خواهد شد. در HGV ها از این نوع منطق حرکتی در تراژکتوری پروازی استفاده می‌گردد. در طراحی آیرودینامیک این نوع پرنده‌ها که عمدتاً در محدوده ماورا صوت حرکت می‌کنند، نکات طراحی خاصی وجود دارد. یکی از پارامترهای اثرگذار در طراحی این نوع پیکربندی نسبت برا به پسا می‌باشد. برای تأمین این پارامتر می‌توان از مقاطع هندسی مختلف استفاده کرد. در شکل (۶) چند نمونه از مقاطع مورد استفاده قابل مشاهده است.

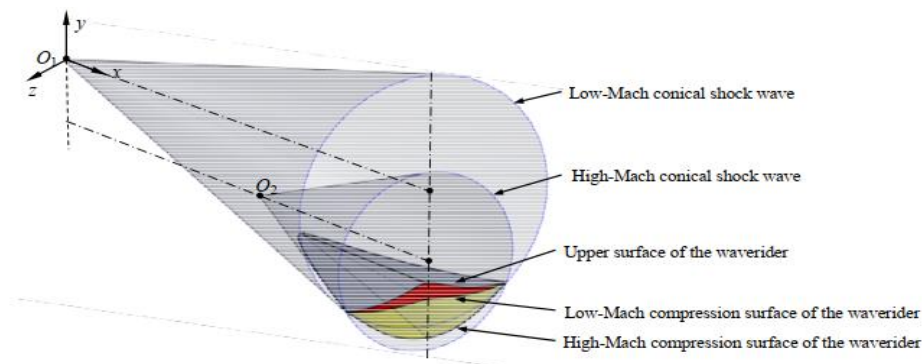


شکل ۵- نمای مقابل Wave rider



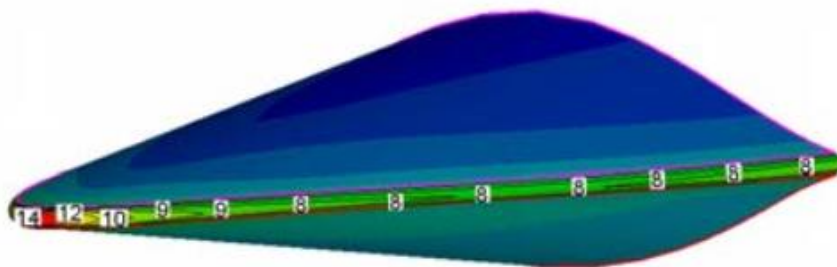
شکل ۶- نمونه‌های مختلف طرح موج سوار

همان‌طور که در شکل (۷) دیده می‌شود، طراحی اولیه آیرودینامیکی برای رسیدن به شکل مناسب بر اساس روش مخروط ماخ، با توجه به قیود موجود مانند قطر، طول، ماخ پروازی انجام می‌شود.



شکل ۷- طرح اولیه موج سوار

وسایل لیفت‌زای ماورا صوت با توجه به الزام تولید لیفت توسط جسم، باید لبه‌های حمله‌ی تیزی داشته باشند. می‌توان این موضوع را می‌توان به عنوان یکی از معایب این طرح نام برد، چراکه باعث افزایش شار حرارتی در لبه حمله خواهد شد. بنابراین در وسایل ماورا صوت به منظور کاهش شار حرارتی وارد به جسم، لبه حمله جسم بایستی به صورت پخ طراحی شود. در این صورت یک شوک کمّانی جلوی جسم تشکیل می‌شود که منجر به ایجاد فاصله بین شوک و بدنه خواهد شد. این کار باعث کاهش شار حرارتی وارد به نوک جسم می‌شود (شکل ۸).



شکل ۸- دما در سطوح ماورا صوت

از طرفی با توجه به دمای بسیار بالای لبه حمله سطوح ماورا صوت انتخاب مواد و یا عایق‌هایی با قابلیت تحمل در شرایط دما و سایش بسیار زیاد بایستی مورد توجه قرار بگیرد. مواد کربن-کربن تقویت شده یکی از ترکیب‌هایی است که در دماغه و لبه‌ی حمله HGV ها به کار برده می‌شود و قابلیت تحمل دمای بالای ۱۲۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد را دارد.

۴- نتیجه‌گیری

همان‌گونه که در مقاله ذکر شد، یکی از مهم‌ترین چالش‌های امروزی موشک‌های بالستیک برای حفظ توان بازدارندگی، قابلیت عبور از لایه‌های سیستم پدافندی می‌باشد. موشک‌های پرسونیک سرشی نسل جدیدی از موشک‌ها بوده که توانایی مانور با سرعت ماورا صوت و پرواز خارج از دید سیستم پدافندی را دارد. اما در مسیر طراحی، چالش‌هایی نظیر ساخت بدنه، طراحی مسیر و تحمل حرارت بالا وجود دارد. لذا تحقیق و توسعه بر روی HGV ها از الزامات آینده پژوهی در عرصه موشک‌های بالستیک می‌باشد.

۵- منابع و مراجع

[1] Rizvi S, He L, Xu D. “ Optimal trajectory analysis of hypersonic boost-glide waverider with heat load constraint, ” Aircraft Eng Aerospace Technology, 2015;87(1):67-78.

[2] Jun L, Feng D, Wei H, Liang J, “Novel approach for designing a hypersonic gliding-cruising dual waverider vehicle Acta Astronautica,” <http://dx.doi.org/10.1016/j.actaastro.2014.04.024>

[3] Qinglin N, Zhichao Y, Biao C, Shikui D, “Infrared radiation characteristics of a hypersonic vehicle under time-varying angles of attack,” Chinese Journal of Aeronautics, (2019), 32(4): 861-874