

Una risposta russa alla golden dome americana

Alessandro Pascolini
Università di Padova

La stampa norvegese ha osservato nel mese di agosto una frenetica attività attorno alla base artica russa di Rogachevo sull'isola Yuzhny dell'arcipelago di Novaya Zemlya, alla latitudine di oltre 71 gradi nord, con movimenti di navi e di aerei, incluso un velivolo da ricognizione e controllo aereo e aerei della Rosatom, l'agenzia russa per l'energia nucleare. Sono stati osservati lavori e movimenti di elicotteri anche al sito di Pan'kovo (170 km più a nord), dotato di una piattaforma di lancio per test del missile cruise a propulsione nucleare 9M730 Burevestnik (procellaria), per la NATO SSC-X-9 Skyfall.

Queste attività, oltre a restrizioni imposte al volo e alla navigazione civili nel nord-est del mare di Barents, suggeriscono, secondo esperti internazionali e norvegesi, che si stia appunto preparando un nuovo test del Burevestnik, dopo 13 insuccessi.

Ricordiamo che l'incidente dell'8 agosto 2019, che ha causato al morte di 2 militari e 5 esperti nucleari russi a seguito di un'esplosione su una piattaforma nel Mar Bianco al largo della base della marina russa di Nyonoksa, è stato interpretato da esperti occidentali appunto come legato al recupero del relitto di un Burevestnik finito in mare a seguito di un test fallito (<http://ilbolive.unipd.it/it/news/morte-65deg-parallelo-lincidente-russo>).

Il Burevestnik è uno dei prodigi tecnologici presentati dal presidente russo Vladimir Putin all'Assemblea federale il 1° marzo 2018 nel messaggio sullo stato dell'unione, assieme al veicolo sommergibile autonomo a propulsione nucleare Poseidon, ai missili ipersonici Tsirkon, Kinzhal e Avangard e l'ICBM super-pesante Sarmat. Lo sviluppo di questi sistemi bellici nucleari, per molti aspetti assolutamente straordinari, venne motivato per la preoccupazione della Russia che il progresso americano nel campo anti-missilistico vanifichi la capacità di reazione russa a un attacco nucleare. Atteggiamento che il nuovo progetto della Golden Dome di Donald Trump non può che rafforzare.

Una tecnologia estrema

Il Burevestnik è un missile cruise subsonico per missioni nucleari alimentato da un reattore nucleare. I missili cruise, a differenza dei missili balistici, hanno propulsione autonoma e seguono percorsi arbitrari, guidati da un calcolatore a bordo e/o dai satelliti di navigazione; volando a bassa quota (qualche decina di metri) sfuggono ai radar e con la loro alta mobilità possono evitare gli intercettori anti-missile. Ciò li rende armi ad altra penetrazione delle difese nemiche; tuttavia i cruise con motori convenzionali hanno un tempo di volo e una gittata limitati (alcuni fino a un massimo di 3000 km), determinati dalla capienza di combustibile a bordo.

Il Burevestnik dovrebbe essere uno statoreattore (ram jet) con un reattore nucleare compatto al posto della camera di combustione. La fissione nucleare mette a disposizione molta più energia rispetto ai combustibili convenzionali, e un cruise a motore nucleare potrebbe raggiungere distanze intercontinentali, seguire rotte imprevedibili e rimanere in volo per un periodo estremamente lungo, praticamente illimitato.

In uno statoreattore l'aria esterna entra in una presa dinamica e viene rallentata a velocità subsonica (solitamente sino a Mach 0,3) dalla particolare geometria dei condotti opportunamente conformati, portando a un aumento della pressione del flusso di aria fredda. Il flusso compresso impiegato come fluido refrigerante del reattore nucleare

raggiunge temperature altissime (fino a 1400-1600° C), si espande e viene espulso ad alta velocità da un ugello opportunamente sagomato per creare la spinta necessaria. Nonostante siano più efficienti al di sopra di Mach 2, gli statoreattori possono funzionare anche a velocità subsoniche, come appunto nel caso presente.

Per raggiungere la velocità iniziale transonica necessaria per l'innesco del motore, il missile deve avere, per la fase iniziale, anche un propulsore a combustione, con carburante liquido o solido.

La realizzazione di uno statoreattore nucleare è una vera sfida tecnologica, che molti esperti ritengono ancora lontana da venir superata. Gli USA hanno sviluppato fra gli anni '50 e '60 il progetto Pluto per un tale motore da impiegare appunto in un mastodontico missile cruise (il Supersonic Low-Altitude Missile), fortunatamente cancellato prima di ogni test. Il prototipo di statoreattore nucleare Tory-IIIC venne comunque positivamente testato su rotaia nel 1964 per alcuni minuti, ma il progetto Pluto fu definitivamente chiuso per gli enormi problemi tecnici ancora aperti e i rischi di contaminazione radioattiva dell'ambiente. Tra il 1959 e il 1972 sono stati costruiti e provati negli USA venti reattori del programma NERVA per la propulsione spaziale, utilizzando l'idrogeno come fluido di lavoro anziché l'aria atmosferica, ma non hanno avuto impiego pratico.

Il reattore sviluppato per il Burevestnik è una scatola nera per quanto riguarda il materiale open source, e nulla si sa dei suoi parametri di progettazione; tenuto conto delle indiscrezioni sulle dimensioni e velocità del missile, dovrebbe avere una potenza di alcuni megawatt. In linea di massima, ci sono due configurazioni che possono essere ragionevolmente prese in considerazione: "a circuito aperto", in cui l'aria in entrata fluisce direttamente attraverso il reattore per estrarne il calore, o "a circuito chiuso", in cui il reattore è isolato dal flusso d'aria da uno scambiatore di calore che trasferisce il calore del reattore all'aria, impiegando come refrigerante metalli liquidi, come sodio o potassio.

Entrambe le configurazioni presentano delle difficoltà. I sistemi a circuito aperto avrebbero particelle radioattive nei gas di scarico e dovrebbero essere di grandi dimensioni per accomodare i condotti per il flusso d'aria; ciò richiederebbe una maggiore quantità di combustibile fissile per raggiungere la massa critica, aumentando così il peso del sistema.

I sistemi a circuito chiuso avrebbero un reattore di massa inferiore, ma si deve aggiungere lo scambiatore di calore. La maggiore complessità derivante dall'introduzione di uno scambiatore di calore renderebbe un concetto a ciclo aperto più interessante per una più rapida implementazione, considerata anche la pressione politica per il completamento delle nuove armi presentate da Putin ancora nel 2018.

Complessità da gestire in volo

I reattori sono macchine estremamente sensibili e occorre controllarne continuamente con precisione la geometria, i fluidi con cui vengono a contatto e la temperatura.

Il combustibile fissile del reattore deve mantenere con precisione la sua disposizione per raggiungere un flusso neutronico ottimale nel nocciolo. Per un missile da crociera che opera a un'altitudine di 50-100 m e segue il terreno ad alta velocità, saranno in gioco molte forze inerziali. Gli elementi strutturali del reattore (combustibile, moderatore, refrigerante) devono essere progettati per gestire ogni perturbazione, senza modificare in modo significativo il flusso di neutroni nel reattore, oppure prevedere meccanismi per far tornare il reattore naturalmente alla criticità dopo situazioni anormali. Se la geometria del combustibile cambia, la reattività potrebbe aumentare fuori controllo, ovvero diminuire fino a non sostenere il moto del missile.

A quote di decine di metri, nella presa d'aria dello statoreattore potrebbe entrare anche polvere, foglie, neve, pioggia, grandine e forse anche uccelli. Bastano i cambiamenti di umidità, temperatura e pressione a modificare la reattività del reattore, variabili che inevitabilmente fluttueranno durante un viaggio di giorni attraverso migliaia di km di oceano e terraferma. In condizioni di maggiore umidità, l'acqua nei condotti del reattore potrebbe aumentare il numero di eventi di fissione, innalzando la temperatura e richiedendo un controllo preciso per evitare la criticità.

Le alte temperature indicate per l'aria in uscita del Burevestnik richiedono che la maggior parte degli elementi strutturali siano in ceramica, e quindi fragili e soggetti a fratture rapide e imprevedibili. L'enorme gradiente termico (e quindi lo stress) all'interno del reattore, nonché il carico dinamico causato dal vento, dalle manovre e dalla turbolenza, producono un forte degrado dei materiali, che potrebbe portare a situazioni critiche per il missile.

In un sistema a circuito aperto, l'aria che fluisce attraverso il nocciolo del reattore raccoglierà i prodotti di fissione radioattivi gassosi prima di essere espulsa come scarico. La principale preoccupazione radiologica deriva dal degrado dei materiali del reattore a causa del calore, della pressione e delle intense radiazioni durante il funzionamento. Man mano che questi materiali radioattivi si degradano, possono scheggiarsi e uscire attraverso lo scarico.

Il Burevestnik potrebbe dover gestire autonomamente tutti questi problemi. In volo contro un bersaglio, non invierà telemetria a un operatore remoto che possa impartire comandi, dato che il suo vantaggio critico è proprio la furtività. Una volta localizzato dalle forze avversarie, la limitata velocità e il profilo di volo a bassa quota lo renderebbero un facile bersaglio un per la caccia nemica.

Ciò comporta che tutti i sistemi di controllo del reattore devono essere autonomi per una parte, se non per tutta la durata del volo – e devono funzionare perfettamente pur in condizioni di intensa radiazione.

L'integrazione di uno statoreattore nucleare a ciclo aperto all'interno di un missile da crociera, unitamente all'implementazione di sistemi di controllo caratterizzati da elevata affidabilità e di sottosistemi ausiliari idonei a garantire la sostenibilità operativa per missioni della durata di più giorni, configura una problematica ingegneristica di straordinaria complessità. Alla luce di tali criticità, una parte consistente della comunità scientifica considera la piena concretizzazione di un simile programma tecnologico, allo stato attuale, un obiettivo di fattibilità ancora remota.

Il programma appare orientato principalmente a un'attività di 'signalling' nei confronti degli Stati Uniti, sottolineando come gli elementi centrali della postura russa siano la sorpresa strategica e la capacità di eludere i sistemi di allerta precoce, vanificando anche la vantata impenetrabilità della Golden Dome. Parallelamente, esso sembra volto a riaffermare sul piano internazionale l'immagine della Russia quale potenza tecnologica in grado di sviluppare e dispiegare capacità non replicabili da altri attori.

Abbiamo quindi un ulteriore confronto delle due superpotenze giocato sullo sviluppo di tecnologie estreme, nessuna delle quali in grado di migliorare la sicurezza umana globale delle relative popolazioni, ma che aggravano la durezza dello scontro e il rischio di escalation militare.

Padova, 30 agosto 2025