



Maanpuolustuskorkeakoulu

11. Sotatieteiden päivät 2022

Venäjän hypersooniset asejärjestelmät

Juha Honkonen, STEKNL, MPKK



Puolustusvoimat

Försvarsmakten • The Finnish Defence Forces



Venäjän hypersooniset lentolaitteet

- Hypersooninen **liitolaite** (HGV, hypersonic glide vehicle), liidon alkuvauhti 27 – 28 Ma, kantama 6000+ km (**Avangard**, 2019); strateginen ydinase.
- Lavetit mannertenväliset ohjukset Stiletto (vanha) ja todennäköisesti **Sarmat** (uusinta uutta, 2022).
- Hypersooninen **risteilyohjus** (HCM, hypersonic cruise missile), jatkuva propulsio, vauhti 5 – 10 Ma (**H-32**, 2016; **Tsirkon**, 2022)
- **Hybridilaite**, liikehtimiskykyinen keskimatkan **puoliballistinen ohjus**, lähtökiihdytys rakettimoottorilla (**Kinžal**, 2018), vauhti 10 Ma





Äänen nopeus ja muita nopeuksia

- Äänen nopeus c riippuu ilman lämpötilasta: vaihteleväli ilmakehässä (0-100 km) 270 m/s – 340 m/s.
- Mediassa tätä ei aina oteta huomioon.
- Hypersooninen nopeus: $v > 5c$ ($v > 5\text{Ma}$).
- Mannertenvälisten (kantama yli 5000 km) ballististen ohjusten vauhdit hypersoonisia, kantamasta riippuen 5,8 – 8,5 km/s. Perinteiset taisteluosat hypersoonisia myös 4-10 km korkeudella.
- Psv-nuoliammusten ja it-ohjusten vauhdit voivat olla hypersoonisia.





Hypersooninen liike ilmakehässä

- Kun liikenopeus $v > c$, kappaleen eteen muodostuu **tiivistysaalto** (iskuaalto).
- Tiivistysaallossa ilman paine, tiheys ja **lämpötila** kasvavat äkkinäisesti ja voimakkaasti – syntyy aaltovastus ja lämpösäteilyä
- Ilmanvastuksen aiheuttama **suuri lämmöntuotto** vaatii jäähdytystä ja rajoittaa materiaalivalintoja.
- Hypersoonisessa liikkeessä suuri aaltovastus ja korkea ilman lämpötila, muodostuu **ionisoitunutta kaasua, plasmaa**.
- Plasma vaikuttaa voimakkaasti **sähkömagneettisen säteilyn** etenemiseen.





Ilmanvastuksen lämmöntuotto

- Ilmanvastuksen vakiovauhdissa kuluttama teho

$$P_D = \frac{1}{2} C_D A \rho(z) v^3.$$

- Tästä liikkuvan kappaleen lämmittämiseen 1/10, loput ilman lämmittämiseen ja lämpösäteilyyn.
- Hypersoonisen kappaleen liike hidastuu merkittävästi alle 50 km korkeudessa (50 km: ilman tiheys $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^{-3}$).
- 90 km korkeudessa ilmanvastuksen lämmitysteho vauhdilla 25 Ma 11 kW/m^2 ; 10 km korkeudella jo 1700 MW/m^2 (induktioliedellä 150 kW/m^2).
- Tarvitaan lujia materiaaleja (teräs, titaani, komposiitit) lämpöeristystä ja jäähdytystä.





Strateginen ohjusjärjestelmä RS-28 Sarmat (SS-30 Satan 2)

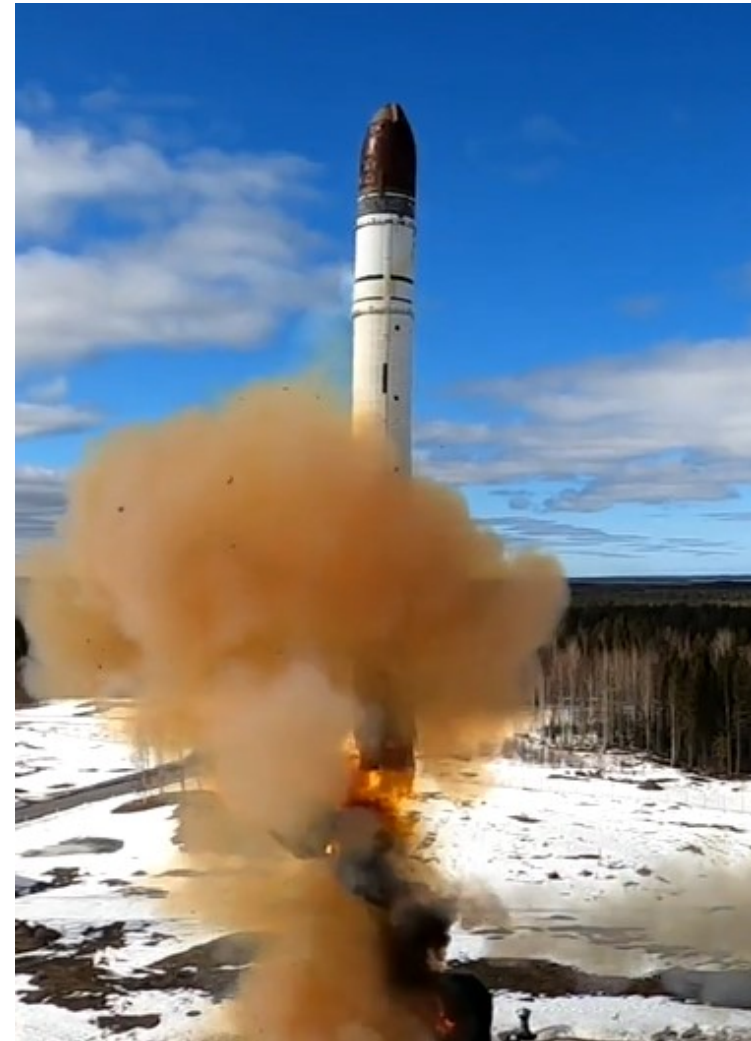
- Korvaa raskaan monikärkiohjuksen R-36M2 Voevoda (SS-18 Satan Mod 5/6, 46 kpl).
- Riippumattomuus Ukrainasta (Voevoda on pääosin ukrainalainen tuote).
- Lähtömassa 208 t, kantokuorma 10 t: useita taisteluosia ja valelaitteita; vaikea torjua.
- Suborbitaalinen rata (1967 yleinen avaruussopimus), kantama 18000 km.
- Ulosheittotestit 2018, ballistinen testi 20.4.2022; järjestelmä tilattu elokuussa 2022.
- Ensimmäiset ohjukset Užuriin Krasnojarskin aluepiiriin 2022 (62. ohjusdivisioona).





Sarmatin testilento

- Testilennon kantama 6000 km, lentoaika 20 min.
- Strategisten ohjusjoukkojen varakomentaja oli testiin tyytyväinen, jopa ilahtunut taisteluosien tarkkuudesta.
- Kaksivaiheinen, nesterakettimoottori (USA: ruutiraketti).
- Poikkeuksellisen lyhyt kiihdytys, kevyen (40-50 t) ruutirakettimoottoriohjuksen luokkaa.





Avangard – strateginen ydinase

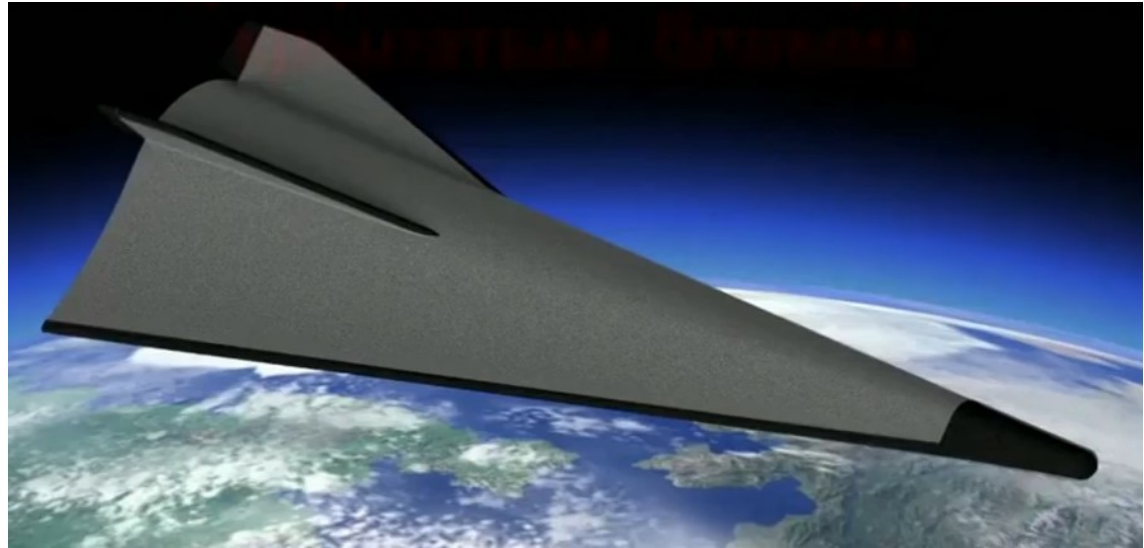
- Mannertenvälinen kantama – suuri alkunopeus (27-28 Ma).
- Ydinkärki räjäytetään ilmassa, torjua pitää avaruudessa.
- Tarkkuusvaatimus pienempi kuin konventionaalisessa taisteluosassa





Hypersooninen liitolaite Avangard

- Autonominen man- nertenvälinen hyper- sooninen liitoalus (HGV);
- Huippunopeus on yli 28 Ma;
- Liidossa ilmakehässä pinnan lämpötila jopa 2000°C. Ablatiivinen lämpösuojaus (pinnoite haihtuu). Testilennon kantama yli 6000 km.
- Plasmavaippa-ongelma on ratkaistu. Ydinkärki, ehkä 2 Mt.
- Lavettina Stiletto mod 3 (UR 100-N UTTH), Sarmat (?)
- Ensimmäisen rykmentin kuusi järjestelmää ovat taisteluval- miudessa, toinen rykmentti taisteluvalmiuteen ehkä vielä 2022 (Jasnyi, Orenburgin alue, 13. ohjusdivisioona).



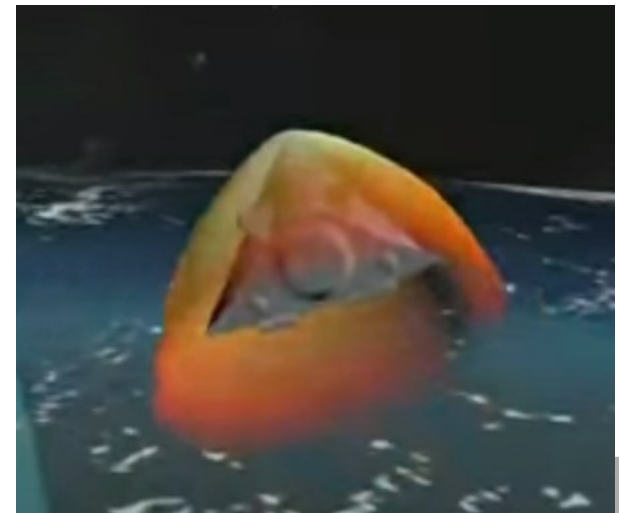
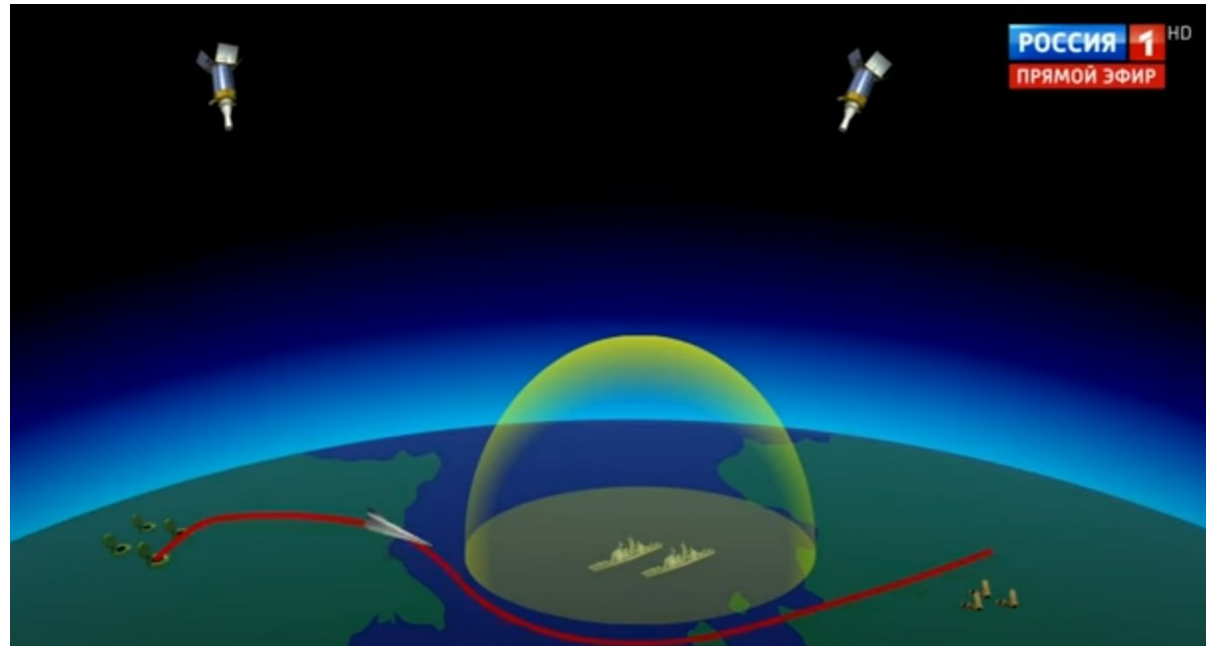


Mallinnettu Avangard-skenaario

Ilmakehään tultaessa suurin ilmoitettu vauhti 28 Ma – tämä on rajanopeus 66 km korkeudella; 8,2 km/s.

Hidastuva 6000 km liito vakioratakulmalla korkeudesta 66 km korkeuteen 36 km; vauhti lopussa 2,9 km/s (9 Ma).

Jyrkkä kaarros maanpintaa kohti – voimakas hidastuminen, Maan pintaan noin kolminkertaisella äänennopeudella.





Hypersooninen puoliballistinen ohjus Kinžal

- 9-S-7760 (H-47M) Kinžal, R=1000+ km, V=10 Ma, puoliballistinen ohjus
- Lähtönopeus MIG 31:n maksiminopeus stratosfäärin alarajalla (20 km), ehkä yli kaksi Machia
- Puoliballistisella radalla (matkalentokorkeus 50 km) lyhyempi lentoaika kuin ballistisella radalla
- Työntövoima vain aktiivisella radan osalla, muualla aerodynaaminen ohjaus
- Tulossa Venäjän Pohjoisen laivaston ilmavoimiin (Montšegorsk)
- Lavettina MIG-31K, myöhemmin Tu-22M3M
- Hakeutuu kohteeseen noin kolminkertaisella äänennopeudella (ilmeisesti optinen hakupää)



Hypersoonisen risteilyohjuksen propulsio

- H-32: nestemäistä polttoainetta käyttävä kaksitoiminen rakettimoottori (tällaisia ei muualla enää ole)
 - yksinkertainen ja halpa moottori
 - ei vaatimuksia lähtönopeudelle
 - myrkyllinen polttoaine, syövyttävä hapetin, tankattava juuri ennen käyttöä
- Patomoottori (yhdistettynä kiihdytysmoottoriin)
 - yksinkertainen rakenne, ei liikkuvia osia
 - toiminta vaatii riittävän lähtönopeuden
 - ylisooninen P800 Oniks: lähtökiihdytyksen rakettimoottori sisäänrakennettu patomoottoriin
 - $v > 6 \text{ Ma}$: lämpötilan ja palamisen hallinta ongelma (7 Ma: patopisteessä 2100 K)



Hypersooninen risteilyohjus H-32

- H-32, R=1000 km, V=1500 m/s (4,6 Ma),
- lähtönopeus 1-2 Ma (Tu-22M3M, Su-3N)
- lentokorkeus 40 km, jyrkkä syöksy kohteeseen 2-3 Ma vauhdilla, tutkahakupää, inertianavigointi
- lentokorkeus ohjusten SM3 ja Patriot välissä
- kaksitoiminen nesterakettimoottori
- lähtömassa 5800 kg, pituus 11,65 m, Ø 0,92 m
- taisteluosa noin 500 kg (konventionaalinen tai ydinase)
- lavettina Tu-22M3M; suunnitellaan Su-30-sarjan aseistukseen
- Ukrainan sodassa näitäkin on käytetty, samoin H-22



Hypersooninen risteilyohjus Tsirkon

- Vauhti 6-9 Ma, kantama 1000 km; testeissä 450 km (4 ½ min), matkalentokorkeus 28 km; keskivauhti 6 Ma; sarjatuotanto aloitettu.
- Pituus n 8-9 m, lähtömassa 3000-4000 kg, taisteluosan massa 300-400 kg.
- Tulossa pinta-aluksille 2022, vedenalaisille 2025

<http://militaryrussia.ru> (c) 17.10.2020

Ракета ЗМ-22 "Циркон" / Tsirkon missile

