



Venäjän asejärjestelmien kehitysnäkymiä

Juha Honkonen, STEKNL, MPKK





Venäjän hypersooniset lentolaitteet

- Hypersooninen **liitolaite** (HGV, hypersonic glide vehicle), liidon alkuvauhti 27 – 28 Ma, kantama 6000+ km (Avangard); strateginen ydinase
- Hypersooninen **risteilyohjus** (HCM, hypersonic cruise missile), jatkuva propulsio, vauhti 5 – 10 Ma (H-32, Tsirkon)
- **Hybridilaite**, keskimatkan **puoliballistinen ohjus**, lähtökiihdytys rakettimoottorilla (Kinžal), suurin vauhti 10 Ma





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 heijastaa radiotaajuisen sähkömagneettisen aallon – mahdollinen yhteysongelma.





Lämpötila ja lämpömäärä

- Patopisteessä lämpötila

$$T_0 = T \left(1 + \frac{\gamma - 1}{2} \text{Ma}^2 \right)$$

- Avaruussukkulan paluun alussa (90 km, 187 K, 25 Ma) $T_0 = 23600$ K.
- 10 km, 25 Ma: patopisteen lämpötila $T_0 = 28100$ K
- 1 km, 25 Ma: patopisteen lämpötila $T_0 = 35500$ K

- Ilmanvastuksen tehonkulutus/ala

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

- Kappaleen lämmittämiseen noin 1/10 tästä
- Avaruussukkulan lämmitystehotiheys paluun alussa n 11 kW/m²
- 10 km, 25 Ma: 1700 MW/m²
- 1 km, 25 Ma: 6600 MW/m²
- Induktioliedellä 150 kW/m²





Hypersoonisen risteilyohjuksen propulsio

- H-32: nestemäistä polttoainetta käyttävä kaksitoiminen rakettimoottori
 - yksinkertainen ja halpa moottori
 - ei vaatimuksia lähtönopeudelle
 - myrkyllinen polttoaine, syövyttävä hapetin, tankattava juuri ennen käyttöä (USA, UK luopuneet tällaisista)
- Patomoottori (yhdistettynä kiihdytysmoottoriin)
 - toiminta vaatii riittävän lähtönopeuden
 - P800 Oniks: lähtökiihdyksen rakettimoottori sisäänrakennettu patomoottoriin
 - kun liikenopeus ylittää 6 Ma lämpötilan ja palamisen hallinta ylisoonisessa virtauksessa on ongelma (7 Ma: patopisteessä 2100 K)





Reaktiomoottorin työntövoima

- Täydellisesti sovitetun vauhdilla v liikkuvan reaktiomoottorin työntövoima (thrust)

$$T = \dot{m}_i(u - v) + \dot{m}_p u.$$

\dot{m}_i, \dot{m}_p – ilman ja polttoaineen massavirrat, u – palokaasujen ulosvirtausvauhti.

- Ruutirakettimoottorilla $u \lesssim 2500 \text{ m/s} = 7,9 - 8,5 \text{ Ma}$.
- Nesterakettimoottorilla $u \lesssim 3500 \text{ m/s} = 11 - 12 \text{ Ma}$.
- Stratosfäärissä (20-40 km) äänen nopeuden vaihteluväli on $295 \text{ m/s} - 317 \text{ m/s}$ (kasvaa korkeuden mukana).
- Yli 12 Ma vauhtiin tarvitaan rakettimeoottori!



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 nestorakettimoottori
- lähtömassa 5800 kg, pituus 11,65 m, \varnothing 0,92 m
- taisteluosa noin 500 kg (konventionaalinen tai ydinase)
- lavettina Tu-22M3M; suunnitellaan Su-30-sarjan aseistukseen



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)



Hypersooninen risteilyohjus Tsirkon

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

Ракета ЗМ-22 "Циркон" / Tsirkon missile

- Hypersooninen risteilyohjus, nopeus yli 8 Ma, kantama <1000 km

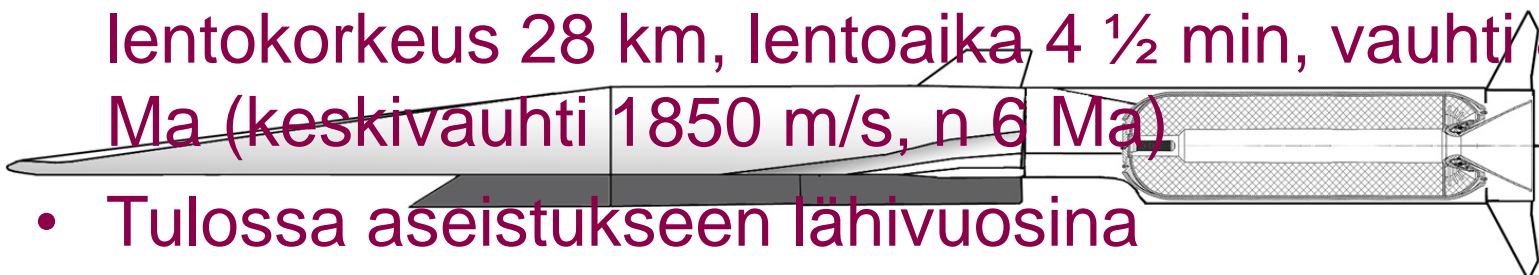
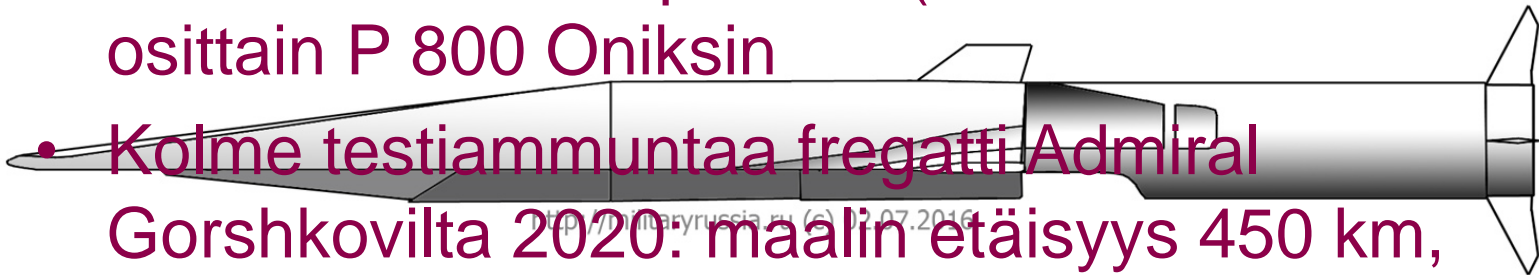


- Pituus n 8-9 m, lähtömassa 3000-4000 kg, taisteluosan massa 300-400 kg



- Venäjän uusien (ja uudistettujen) pinta-alusten ja sukellusveneiden pääase (korvaa ilmeisesti osittain P 800 Oniksin)

- Kolme testiammuntaa fregatti Admiral Gorshkovilta 2020: maalin etäisyys 450 km, lentokorkeus 28 km, lentoaika 4 ½ min, vauhti 8 Ma (keskivauhti 1850 m/s, n 6 Ma)

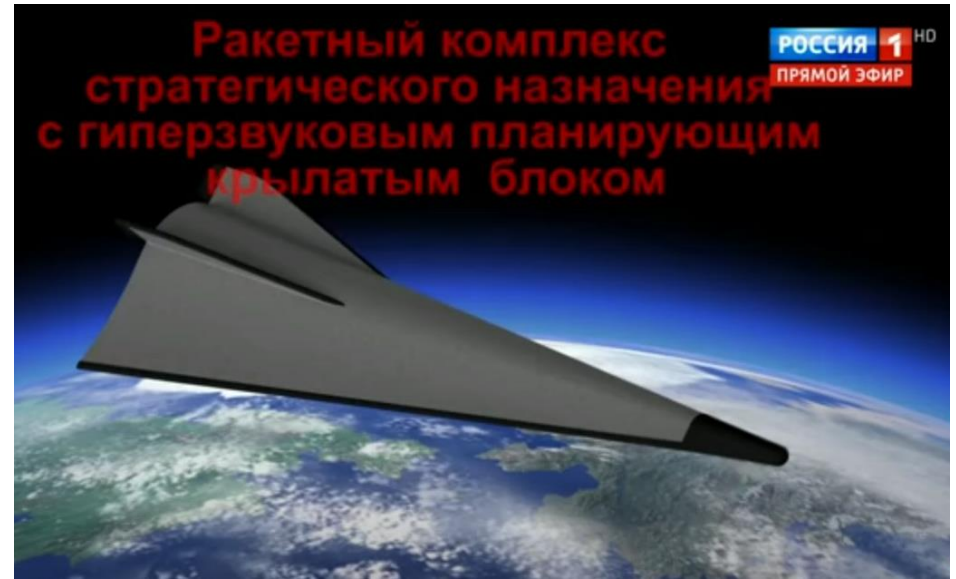


- Tulossa aseistukseen lähivuosina



Hypersonic Glide Vehicle - Avangard

- Autonominen mannertenvälinen liitolaite.
- Huippunopeus Mach 27, liidossa ilmakehässä lämpötila jopa 2000°C.
- Plasmavaippa-ongelma on ratkaistu. Ydinkärki yli 2 Mt (?).
- Tähän mennessä ensimmäisen rykmentin kuudesta laitteesta on valmiudessa neljä (Jasnenskin divisioona, Orenburgin alue). Vielä kaksi asennettaneen loppuvuodesta.
- Lavettina nyt SS-19 Stiletto mod 3 (UR 100-N UTTH). Myöhemmin oletettavasti SS-X-30 Satan 2 (RS-28 Sarmat).



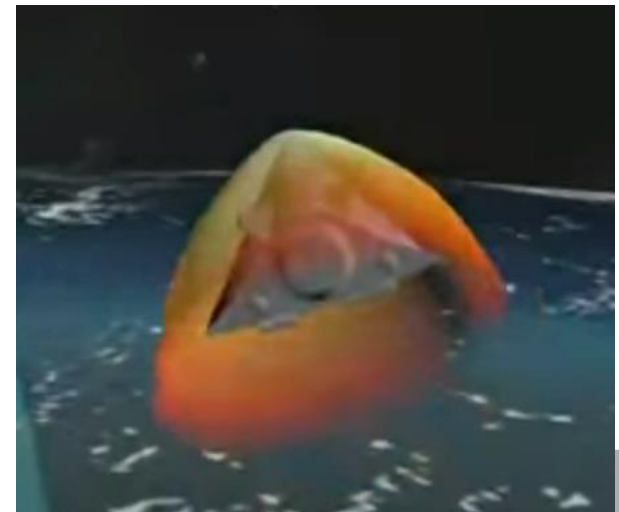
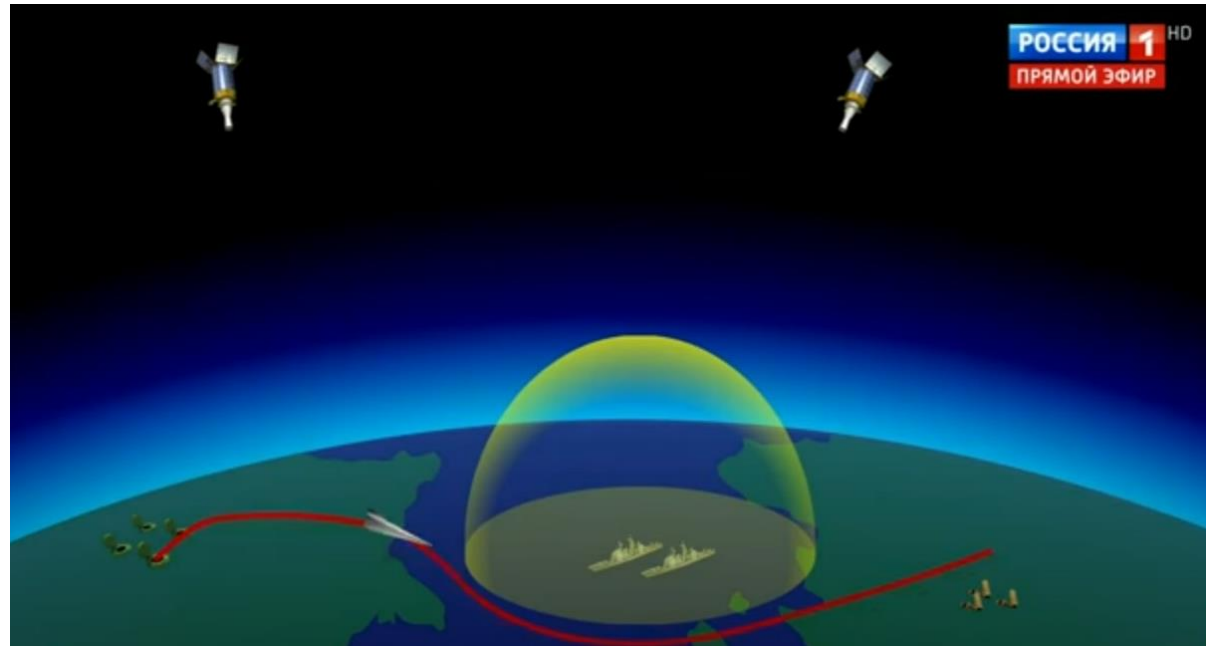


Mallinnettu Avangard-skenaario

Ilmakehään tultaessa suurin ilmoitettu vauhti 27 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.



Tiedustelu- ja tulitukirobottijärjestelmä "Nerehta"

- Kauko-ohjattava osittain autonominen modulaarinen lavetti, tiedustelu ja taisteloversiot
- Massa 1000 kg, kantokyky 500kg, pituus 2,6 m, leveys 1,6 m, korkeus 0,9 m
- Sisältää UAV:n TB-29V (pyöriväsiipinen)
- Mukana sotaharjoituksessa "Zapad-2021"





Tiedustelu- ja tulitukirobottijärjestelmä "Uran-9"

Massa 12 t, mitat
5,6x2,5x3,1 m.
Vauhti 35 km/h
30 mm 2A72;
PTKM 7,62 mm;
pst-ohjusj "Ataka";
RPO "Šmel'-M"
Laservaroitin,
savutus.
Kauko-ohjaus,
reittiohjelmointi.





Miinanraivauspanssarivaunu ”Prohod 1”



- Alusta T-90, vahvistettu pohja, aktiivipanssari
- Kauko-ohjattava, reittiohjattava,



Tiedustelu- ja taistelurobottijärjestelmä Vihr' 1



- Alusta BMP-3, robotisoitu
- Asemoduli ABM-BSM-30 (30 mm 2 A72, PTKM 7,62 mm, pst-ohjusj "Kornet-M")
- 4 kpl pyöriväsiipinen drooni "Tšasovoi".
- Robotisoitu lavetti MRP-100





Tiedustelu- ja iskudrooni "Orion"

- Pituus 8 m, kärkiväli 16 m
- Lentoonlähtömassa 1000 kg, **hyötykuorma 200 kg**
- Nopeus 120-200 km/h
- Toiminta-aika 24 h
- Radioyhteyden suurin **etäisyys 250 km**



- Pintamaaliohjuksia, ohjautuvia pommeja
- Optisen ja mikroaaltotaajuuksien sensoreita
- Otettu palveluskäyttöön 2021 ("Inohodets": 3 kpl Orionia ja ohjausjärjestelmä)



Iskudrooni S-70 B1 "Ohotnik"

- Suhoi&MiG
- Raskas UCAV, "lentävä siipi", häivetty
- Alisooninen Su-70:n siipikone, sama ohivirtausmoottori, mutta ilman jälkipolttoa
- Tulossa käyttöön etuajassa 2022
- **Lentoonlähtömassa** 20 t, kantokyky 2,8 t
- **Pituus** 13,6 m, kärkiväli 18 m

