

Mõningaid teadmisi pommiheitmisest

Koostanud Hendrik Arro



Eessõna

Järgneva kirjutise koostamise põhjuseks oli asjaolu, et nii mõnedki raamatu “Eesti lendurid lahingute tules” lugejad on autorilt küsinud – kuidas see pommitamine, õigemini sihtmärgi tabamine ikka käis, eriti just öösel? Kui suur oli tabamise täpsus, mida tuli sihtimisel arvestada ja kuidas sihtimise protsess tegelikkuses toimus? Et lugejale asjast mõningat ettekujutust anda, millised faktorid tabamuste täpsust pommiheitmisel mõjutavad, selleks saigi käesolev lookene siis kirjutatud. Nii et see kirjutis kujutab endast siis eelnimetatud raamatule väikest lisa.

Tavaliselt toimus pommiheitmine öölahingulendurite poolt, olenevalt sihtmärgi suuruselt ja iseloomust, aga ka sellest, milliseid pomme parajasti kasutati (fugassid, kildpommid või kassettpommid) ning tõrjetule intensiivsusest kõrgustelt 300 kuni 2000 m. Spetsiaalseid pommisihikuid eesti öölahingulennuüksustes kasutatud lennukitel polnud (neid ei olnud ka Nõukogude Liidu vastavate lennuüksuste lennukitel). Seetõttu sõltus tabamise täpsus pommitamisel suurel määral lenduri teadmistest, kogemustest ja oskustest. Sihtimise hõlbustamiseks olid lennukite külgedele küll maalitud valged visiirjooned erinevatelt kõrgustelt pommiheitmiseks, kuid neid sai vaadelda ainult kui abistavaid andmeid. Kuidas lendur kõiki selliseid andmeid nagu tuul, ilmastikutingimused jne. jne., mille mõju pommiheitmisele järgnevalt on vaadeldud, igal konkreetsel juhul arvestas, sõltus eelkõige ikka lenduri teadmiste tasemest ja kogemustest.

Seetõttu on ka arusaadav, et väga väikeste või oma väeosade läheduses paiknevate, täpset tabamist nõudvate objektide pommitamine ei olnud öölahingulenduritele jõukohane ja neid kasutati esmajoones seal, kus märgi mõõtmed olid küllalt suured (vastase väeosade paiknemisrajoonid, maanteed, suurtükipatareid jne.), et pommide mõningane hajumine ei omanud otsustavat tähtsust, või kus eesmärgiks oli lihtsalt vastase häirimine.

Autor loodab, et käesolevas kirjutises esitatud selgitused pommiheitmise kohta aitavad lugejal mõista, kui keerukas pommiheitmine tegelikult ikka oli, millised faktorid seda mõjutasid ja mida sai öölahingulenduritelt nende tegutsemisel praktiliselt nõuda.

Et öölahingulendurid pommitasid sihtmärke peamiselt horisontaallennult, siis on ka alljärgnevalt vaadeldud pommiheitmist lennukitelt horisontaallennus ja käsitletud võimalikke põhjusi, mis mõjutavad pommiheitmise täpsust.

Pommiheitmine horisontaallennul õhuta ruumis

Seda küsimust on järgnevalt vaadeldud selleks, et rääkida põhilistest mõistetest ja anda selgitust selle kohta, kuidas pommiheitmine teoreetiliselt toimub. Antud juhul vaadeldakse olukorda, kus lennuk lendab konstantse kiirusega paralleelselt maaga ning keskkonna (õhu) mõju pommiheitmisele puudub. Sel juhul võib pommi langemisteede kirjeldata ainult kahe kiirusekomponendi abil, millistest üks on liikumine horisontaal- ja teine vertikaalsuunas. Horisontaalsuunas liikumine toimub inertsilise mõjul. Et antud juhul õhu takistus puudub, on pommi horisontaalkiirus kogu aeg konstantne ja võrdub lennuki kiirusega ($v_{ph} = v_{lenn}$) pommi päästmise hetkel. Pommi liikumisteede pikkus langemise jooksul on horisontaalsuunas.

$$L = v_{ph} \cdot t,$$

kus v_{ph} – pommi horisontaalkiirus m/sek ja t – langemisaeg, sek.

Et lennuk liigub kogu aeg sama suure kiirusega, siis pommi mahalangemise hetkel asetseb lennuk otse selle kohal.

Vertikaalsuunaline pommi langemine toimub vabalangemise tingimustes ja on kirjeldatav valemitega:

$$v_{pv} = g \cdot t$$

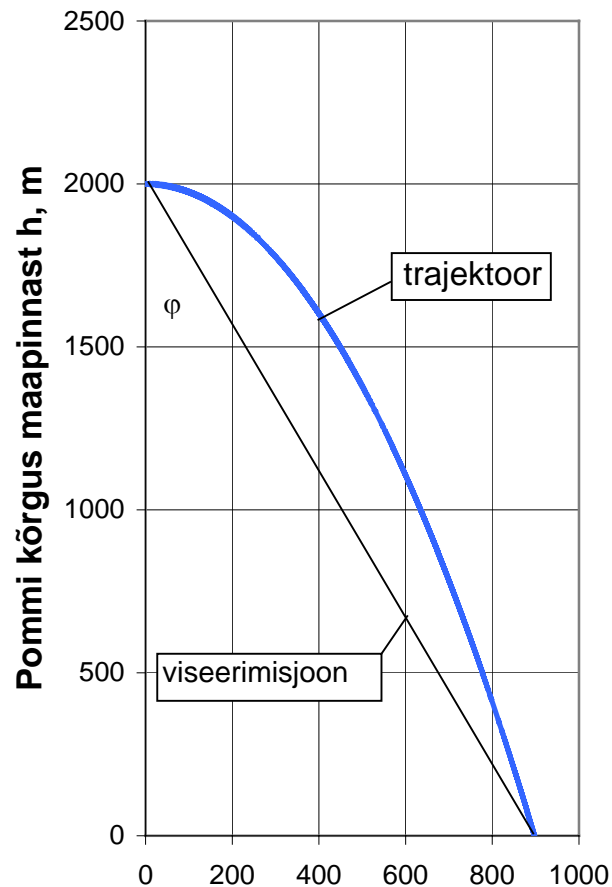
kus v_{pv} – pommi vertikaalsuunaline kiirus, m/sek, g – vabalangemise kiirendus, $9,81 \text{ m/sek}^2$ ja t – langemisaeg, sek.

Pommi poolt läbitud vertikaalsuunalise teekonna pikkus on kirjeldatav valemiga:

$$h = \frac{g \cdot t^2}{2}$$

Pommi langemistrajektor on kirjeldatav nende kahe kiiruskomponendi (vektori) summana ja on esitatud joonisel 1. Joonisel 1 toodud näite puhul on lennuki kiiruseks võetud $v_{lenn} = 160 \text{ km/h}$ ja pommiheitmise kõrguseks $H = 2000 \text{ m}$.

Joonis 1. Pommi trajektor õhuta ruumis langedes



Põhilised arvutusvalemid:

$$h = 2000 - gt^2/2$$

$$L = v_{lenn} * t / 3,6$$

kus g - raskuskiirendus, $9,81 \text{ m/s}^2$

t - aeg, s

v_{lenn} - lennuki kiirus, km/h

h - pommi kõrgus maapinnast

Antud näite puhul on pommi langemisaeg $t = 20,193$ sek, pommi liikumisteedkonna (L) pikkus horisontaalsuunas 897 m ja viseerimisnurk $\varphi = 24^\circ$.

Joonisel 1 toodud andmetest selgub, et pommiheitmise kõrguse (H) vähenemisega (sama lennuki kiiruse juures) viseerimisnurk φ suureneb, pommi horisontaalteekonna pikkus (L) ning langemisaeg (t) aga vähenevad. Lennuki kiiruse suurenemisega (samal kõrgusel) suurenevad nii viseerimisnurk kui ka pommi horisontaalsuunalise teekonna pikkus.

Pommiheitmine horisontaallennul õhuga ruumis

Antud juhul tuleb arvestada terve rea faktoritega, mis mõjutavad pommi langemisteedkonda. Kõige esimesena vaatleksime siin pommiheitmist täiesti liikumatu õhu puhul.

Esimeseks pommi langemistrajektoori mõjutavaks faktoriks on siin õhu takistus. Teatavasti on õhu takistus temas liikuvale kehale väljendatav valemiga:

$$W = c_w \cdot F \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

kus W – aerodünaamiline takistus, kgf, c_w – keha takistuskoeffitsient, mille suurus oleneb keha kujust ja pinnasiledusest, F – keha ristlõikepind (projekteeritud liikumissuunaga risti olevale tasapinnale), m^2 , ρ – õhu tihedus kg/m^3 ja v – keha liikumiskiirus, m/sek .

Õhu takistus on jõud, mis tekitab pommi liikumissuunale vastupidise negatiivse kiirenduse, mille tulemusel nii pommi horisontaal- kui ka vertikaalkiirus vähenevad. Seejuures pommi horisontaalkiiruse vähenedes väheneb ka õhu takistus. Pommi vertikaalsuunaline kiirus raskusjõu mõjul küll kasvab, kuid õhu takistuse tõttu on kiiruse kasv väiksem kui vabalangemisel õhuta ruumis. Väga suurtelt kõrgustelt pommi heites võib lõpuks siiski saabuda olukord, kus õhu takistuse poolt tekitatud liikumisele vastupidine, negatiivne kiirendus

võrdsustub raskuskiirendusega ja pomm hakkab langema ühtlase kiirusega (sakslaste andmetel langesid nende pommid 10 000 m kõrguselt heites lõpuks ühtlase kiirusega ~ 400 m/sek).

Pommide horisontaal ja vertikaalsuunalist kiirust mõjutab ka asjaolu, et maapinnale lähenedes õhu tihedus suureneb (näiteks õhu tihedus 2000 m kõrgusel moodustab, võttes aluseks standardatmosfääri andmed, umbes 0,8215 õhu tihedusest maapinnal), millega suureneb ka õhu takistus.

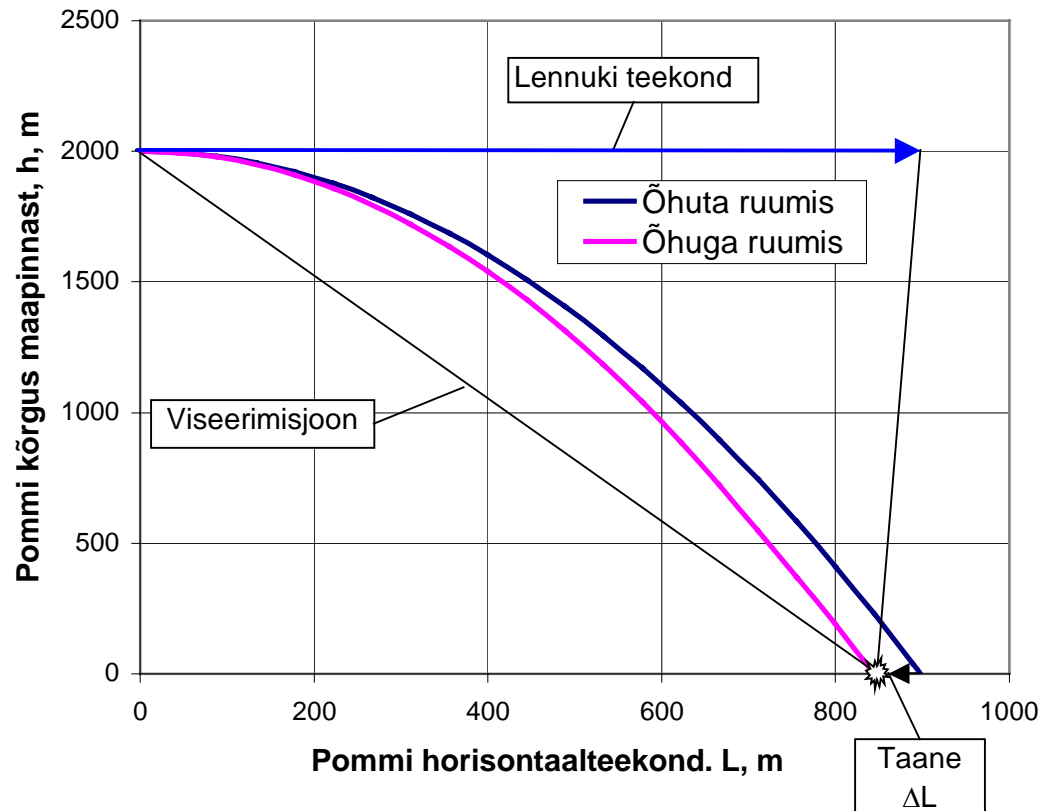
Mis puutub õhutakistuse valemis toodud takistuskoeffitsienti c_w ja pommi ristlõikepinda F , siis need olenevad eelkõige pommi suurusest ja kujust, kuid samuti ka pommi käitumisest langemise ajal. Nii näiteks suurendab pommi takistust selle pendeldamine (laperdamine) langemisel (ebastabiilne langemine), mis võib olla tingitud näiteks pommi raskuskeskme ebaõigest paiknemisest. Ideaalse langemise puhul, mil õhu takistus pommile on väiksem, peab pommi pikitelg igal ajahetkel kokku langema pommi liikumissuunaga. (Pendeldamist püütakse tavaliselt vähendada pommi sabaosas paiknevate juhtpindade nn. stabilisaatorite abil).

Kõige selle tulemusel jääb õhuga ruumis pommiheitmisel pomm lennukist maha – tekib taane. Pommi trajektoor õhuta ja õhuga ruumis on piltlikult esitatud joonisel 2. (Joonisel 2 on graafiku horisontaaltelg võrreldes vertikaalteljega välja venitatud.)

Kokkuvõttes võib öelda, et samade tingimustel (võrdse lennukiiruse ja heitekõrguse) korral:

- 1. Pommi horisontaalteekonna pikkus õhuga ruumis on väiksem kui õhuta ruumis;*
- 2. pommi langemisaeg samalt kõrguselt on õhuga ruumis suurem kui õhuta ruumis langedes;*
- 3. pommi langemiskiirus on õhuga ruumis väiksem kui õhuta ruumis;*
- 4. viseerimisnurk φ on pommiheitmisel õhuga ruumis väiksem kui õhuta ruumis.*
- 5. pommi langemistrajektoor õhuga ruumis ei kujuta endast enam parabooli.*

Joonis 2. Pommi trajektoor õhuta ja õhuga ruumis (põhimõtteline skeem)



Mis puudutab pommi mahajäämust, ehk taanet (ΔL), siis selle suurus pommiheitmise kõrguse ja lennuki kiiruse suurenemisega suureneb. Samuti suureneb taane aerodünaamiliselt ebatäiusliku pommi kuju puhul. ΔL suurust mõjutab ka pommi asetus (lennuki all või lennuki pommišahkis), mis mõjutab pommi langemise stabiilsust (lennukis vertikaalselt pommišahkis paiknevate pommide pendeldamine langemisel on suurem).

Praktilise pommiheitmise seisukohalt lähtudes tuleb märkida:

Õhuta ruumis on võimalik suurusi, mis kujundavad pommi langemistrajektoori arvutada. Õhuga ruumis pommiheitmisel avaldab õhu takistus sellistele suurustele nagu pommi langemisaeg, pommi horisontaalteekonna pikkus, viseerimisnurk ja taane oma mõju, kusjuurtes õhu takistusele avaldab omakorda mõju pommi suurus ja kuju ning käitumine langemisel. Seetõttu ei ole õhu takistuse mõju praktiliselt arvutatav, vaid määratakse katseliselt. Neid, eksperimentaalandmeid kasutatakse siis pommisihikute konstrueerimisel.

Tuule mõju pommiheitmisele

Et tuul mõjutab lennuki kiirust ja liikumissuunda maapinna suhtes, siis mõjutab ta sellega ka pommi langemistrajektoori maapinna suhtes. Tuule mõju arvestamise teeb raskemaks asjaolu, et tuul ei puhu mitte kogu aeg ja erinevatel kõrgustel ühtlaselt, vaid üldiselt on teada, et tuul kõrguse kasvades kõveneb ja tavaliselt pöörduv paremale. Seega tuul, mis mingil kõrgusel mõjutab lennuki liikumist ei püsi sellisena kogu pommi langemisteekonna ulatuses.

Tuule mõju selgitamisel pommi langemistrajektoorele tuleks põhimõtteliselt vaadelda kolme juhtu:

- 1. lennuk lendab otse vastu tuult, s.t. nurk lennuki lennusuuna ja tuule suuna vahel on 180° ;*
- 2. lennuk lendab otse pärituult, s.t. nurk lennuki lennusuuna ja tuule suuna vahel on 0° ;*
- 3. lennuk lendab külgtuulega, mille suund moodustab lennuki lennusuunaga mingi nurga.*

Siinkohal tuleb kohe ütelda, et järgnevalt vaadeldakse neid juhtusi puht teoreetiliselt, eeldades tuule suuna ja kiiruse konstantseks jäämist kogu pommi langemisteekonna jooksul, mis aga, nagu juba öeldud, praktikas tavaliselt aset ei leia.

Mõju vastutuult lennates:

Antud juhul langevad lennuki lennusuund ja pommi langemisteedkond ühele vertikaaltasapinnale (s.t. külgtriivi ei esine). Et lennuki lennukiirus maapinna suhtes on pommi päästmishetkel tuule kiiruse (v_{tuul}) võrra väiksem, siis on pommi horisontaalkiirus ja vastavalt ka teekonna pikkus maapinna suhtes (L_{vt}) võrreldes vastavate näitajatega liikumatus õhus, lühemad. Vastavalt:

$$L_{vt} = L - v_{tuul} \cdot t$$

Sellele vastavalt on ka viseerimisnurk φ väiksem. Pommi langemisaja (t) ja taande suurus aga ei muutu.

Mõju pärituult lennates:

Samuti nagu vastutuule puhul, langevad ka antud juhul lennuki lennusuund ja pommi langemisteedkond ühele vertikaaltasapinnale. Ainult et lennuki kiirus maapinna suhtes on pommi päästmishetkel nüüd tuule kiiruse võrra suurem. Selles tingituna on ka pommi horisontaalteekond maapinna suhtes pikem

$$L_{pt} = L + v_{tuul} \cdot t$$

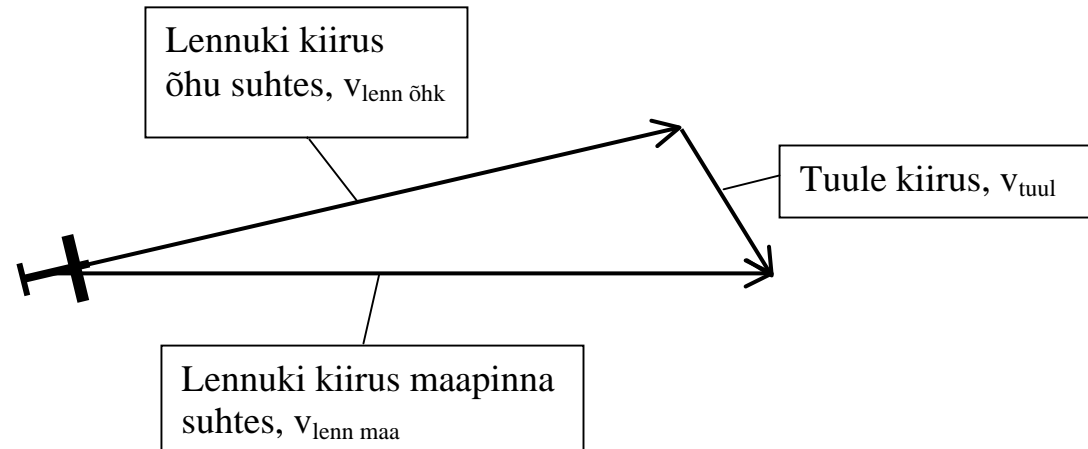
Selle tõttu on viseerimisnurk suurem, pommi langemisaeg ja taande pikkus jäävad aga muutumatuks.

Külgtuule mõju:

Külgtuul tekitab külgtriivi, mistõttu lennuki lennusuund, aga ka kiirus õhu ja maapinna suhtes on erinevad. Olenevalt tuule suunast võib maapinna suhtes esineda nii lennukiiruse vähenemine kui ka suurenemine.

Joonisel 3 on kujutatud tagant vasakult puhuva külgtuule mõju lennuki liikumisele.

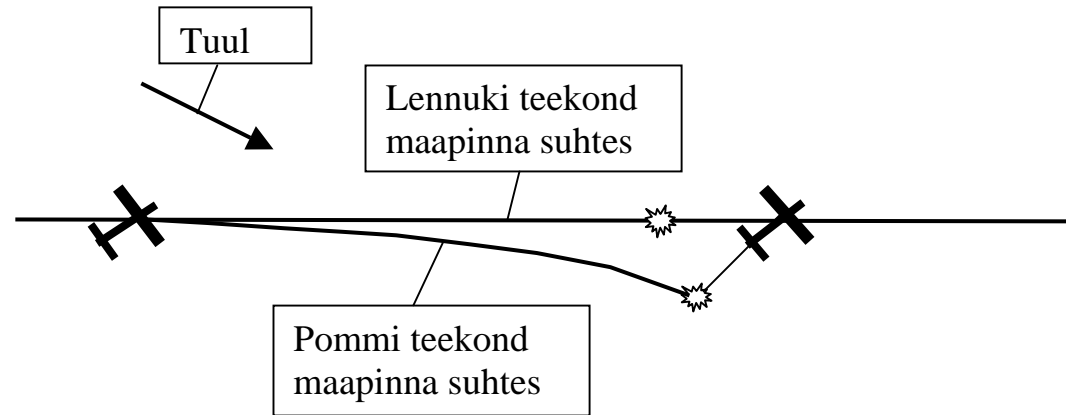
Joonis 3. Külgtuule mõju lennuki liikumisele



Nagu jooniselt 3 nähtub, põhjustab vasakult puhuv külgtuul lennuki triivi paremale. Et tegemist on osaliselt ka tagantpoolt puhuva tuulega, toimub koos sellega ka lennuki kiiruse suurenemine maapinna suhtes.

Mis puutub pommi trajektoori külgtuulega pommiheitmisel, siis pommi päästmise hetkel on pommi liikumissuund ja horisontaalkiirus maapinna suhtes võrdsed lennuki lennukiiruse ja -suunaga maapinna suhtes. Sellest hetkest hakkavad pommi trajektoori mõjutama aga õhu takistus ja tuul. Õhu takistuse mõjul pommi horisontaalne kiirus pidevalt väheneb, tuule mõjul hakkab pomm aga triivima ja kaldub lennuki lennusuunast kõrvale. Seejuures moodustab pommi trajektoor kõverjoone (näitena on joonisel 4 kujutatud pommi trajektoori maapinna suhtes tagant vasakult puhuva külgtuulega). Joonisel 4 on kujutatud ka taande muutumist külgtuulega. Lennuki teekonnajoonele on kantud pommi lõhkemismärk liikumatu õhu korral (taande pikkuseks on lõik teekonnajoonel lennukist lõhkemismärgini), külgtuule korral on taane sama suur, kuid paikneb lennuki liikumisteedest paremal. Märkile pealelennul tuleb vastavat parandust arvestada ja lennuki teekonnajoon maapinnal peab külgtuule korral paiknema märgist vasakul (või paremal).

Joonis 4. Pommi trajektoor maapinna suhtes külgtuule korral



Põhilised pommiheitmisel esinevad vead

Lisaks ülalesitatud õhu keskkonnas toimivatele asjaoludele, mis pommiheitmisele oma mõju avaldavad, mõjutavad pommiheitmise täpsust veel:

- 1. ilmastikuolud;*
- 2. pommide kaju- ja kaaluerinevused;*
- 3. vead pommisihiku paigaldamisel ja käsitlemisel;*
- 4. lennuki kõikumine;*
- 5. vead lennukiiruse ja –kõrguse hindamisel ning konstantsena hoidmisel;*
- 6. vead pommipäästmisel.*

Järgnevalt on mõningaid vigu pisut lähemalt vaadeldud.

Ilmastikuolud:

Antud juhul võib vigade põhjuseks olla näiteks asjaolu, et õhurõhk kodulennuväljal ja sihtmärgi asukohas on erinevad, mistõttu lennuki kõrgusmõõtja ei näita sihtmärgi kohal õiget kõrgust. Lisaks sellele ei tarvitse õhurõhu muutumine antud konkreetsetes tingimustes vastata standardatmosfääri andmetele, mille järgi mõõteriistad on seadistatud. Ka tuule suund ja suurus ei tarvitse pommi langemisteekonna jooksul vastata ette antud, arvestuslikele tingimusele.

Pommide kuju ja kaalu erinevused:

Ka seeriaviisiliselt toodetud pommid erinevad pisut üksteisest, mistõttu erinevate pommide kuju ja käitumine langemisel ning sellele vastavalt ka õhutakistus võib mõnevõrra erineda. Ka pommide paigutusviis lennukile põhjustab erinevusi – nii näiteks on taane suuremast pendeldamiset tingitud suurema õhutakistuse tõttu suurem pommide vertikaalse paigutuse korral (pommišahtides) võrreldes taandega pommide horisontaalse paigutuse korral (pommiraamide küljes).

Vead pommisihiku paigaldamisel ja käsitlemisel:

Üheks veaks võib siin olla pommisihiku mitte täpne vertikaalsuunaline paigaldamine lennukile. Näiteks, kui sihik on lennukile 4° kaldu paigutatud, põhjustab see pommiheitmisel 2000 m kõrguselt 140 m suuruse külgsuunalise vea. Vigu võib põhjustada ka ebaõige andmete paigaldamine pommisihikule jne.

Vead lennukiiruse ja –kõrguse hindamisel ja konstantsena hoidmisel:

Kõige pealt tuleb siin arvestada, et lennuki mõõteriistad ei ole mitte absoluutselt täpsed. Näiteks sakslaste andmetel võis baromeetrilise kõrgusmõõtja viga olla 5-10%. Tuntava vea võib põhjustada ka maapinna kõrguste erinevus kodulennuvälja (mille järgi kõrgusmõõtja oli seatud) ning sihtmärgi vahel. Küllaltki oluline

on ka, kuivõrd stabiilsena suudab lendur antud ilmastikutingimustes sihtmärgile pealelendamisel etteantud lennuki kiirust ja suunda hoida. Rahutu õhu puhul tekkiv nn. loopimine võib siin suuri hälbeid põhjustada. Lisaks sellele põhjustab lennuki kõikumine ka sihtimisseadmes visiirjoone pendeldamise, mis omakorda võib põhjustada vigu.

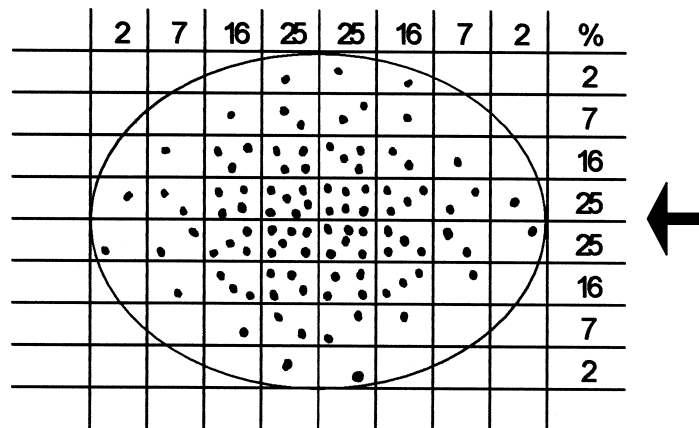
Vead pommipäästmisel:

Siin on tegemist inimliku reaktsiooniga. Ehkki ajavahemiku suurus hetkest, mil pommisihturi tajub õiget pommiheitmise momenti kuni hetkeni, mil ta käsitleb pommipäästikut kõigub tavaliselt kümnenäendike sekundite piires, võib ka see asjaolu mõningase vea põhjustada. Siin tuleb arvestada sedagi, et pinges olek suurendab reaktsiooniaega.

Tabamispildist

Ülaltoodud asjaolud on põhjuseks, et pommid ei lange mitte täpselt etteantud sihtmärgile, vaid tabamused hajuvad praktikas sihtmärgi ümbruses. Tabamispilt näitab tabamuste paiknemist suurema arvu pommide puhul. Nagu läbiviidud uurimised on näidanud, on paiknevad pommitabamused sellise juhusliku hajumise korral tavaliselt ellipsikujulisel, lennusuunas veidi väljavenitatud pinnal, mille näidis on toodud joonisel 5.

Joonis 5. Pommitabamuste hajumispilt



Numbrid koordinaatvõrgustiku ridade ja veergude juures joonisel 5 näitavad, mitu protsenti tabamustest tõenäoliselt antud reas või veerus paikneb (joonise koostamisel on kasutatud Nõukogude Liidu kirjanduses toodud andmeid).

Teades reaalseid andmeid tabamispildi kohta mingil lennukiirusel ja -kõrgusel ühe või teise pommitüübiga pommitamisel on võimalik leida, kui suur on tõenäosus, et antud märgi mõõtmeid arvestades on märk ühe pommiga ikka tabatav. Selle selgitamiseks järgnev näide (võetud saksa kirjandusest):

Lähteandmed:

- 1. Sihtmärk – lennukikandja:
 - selle pikkus – 240 m;
 - laius – 40 m.*
- 2. Pommi heitekõrgus – 1000 m.*
- 3. Pommi tüüp – 250 kg fugasspomm:
 - pommi mõjuraadius – 12,5 m.*
- 4. Seega märgi laiendatud tabamispiirkond (arvestades pommi mõjuraadiust):
 - pikisuunas – $12,5+240+12,5 = 265$ m;
 - laiuses – $12,5+40+12,5 = 65$ m.*
- 5. Hajumispiirid 1000 m kõrguselt (võttes aluseks antud pommitüübi ja lennuki kiiruse jaoks koostatud tabamispildi):
 - pikisuunas – 90 m;
 - külgsuunas – 60 m.*

Nagu ülal esitatud arvutustulemused näitavad, on sihtmärgi laiendatud tabamispiirkonna mõõtmed laeva pikisuunas rünnates, võttes sihtmärgiks laeva keskpaiga, hajumispiiridest suuremad ja laev on ühe pommiga tabatav.

** * **

Järelsõna

Autor loodab, et eespool toodu andis lugejale mõningase ettekujutuse sellest, milliste mõjuvate faktoritega tuli öölahingulenduritel neile ettenähtud sihtmärkide ründamisel arvestada. Muidugi, suurema täpsuse oleks taganud pommiheitmine pikeerides (11. Öölahingulennugrupis kasutatav Heinkel He-50 oli algselt ka ette nähtud ka pikeerivaks pommitajaks), kuid teised öölahingulennugruppides kasutatud lennukid, eelkõige Arado Ar-66-d ja Gotha Go-145-d, mis põhiliselt kujutasid endast öisteks pommitajateks kohandatud õpetreeninglennukeid, selleks ette nähtud ei olnud. Ja nii toimus pommitamine siis valdavalt horisontaallennult või ainult lamedalt pikeerides.

Kui rääkida veel tabamise täpsust mõjutavatest faktoritest, siis lisaks kõigele eeltoodule tuleb arvestada ka seda, et märgile pealelend ja pommi sihtimine rahulikus olukorras (nagu õppustel) ja olukorras, kus su ümber plahvatavad vastase õhutõrje mürsud on kaks ise asja. Siin tuli lenduril tihti sooritada ootamatuid manöövreid, et ennast vastase tulest kuidagi välja vingerdada ning küllaltki sageli valida selline pealelennusuund, mis ilmastikutingimustest lähtudes just kõige optimaalsem ei olnud. On täiesti loomulik, et selline olukord hajutas lisaks kõigele muule ka lenduri tähelepanu. Kõik see aga pommitamise täpsust ei suurendanud.

Kuid kõigele vaatamata saadi hakkama ja öölahingulendurite küllaltki laialdane kasutamine rinnetel nii sakslaste (kokku 16 öölahingulennugruppi) kui ka Nõukogude Liidu poolt lubab väita, et oma ülesanded sellised üksused nähtavasti siiski täitsid.