



Vuonna 1982 Wichitassa Learjet-matkoilla vuokrasin myös paikallisia lentokoneita vapaa-ajan ilmailuun. Tässä Cessna 172:lla käymässä Sunflower-purjelentokentällä kyydissäni tarkastajat Antti Mäki ja Risto Åberg (kameran takana).

Sisällys

Esipuhe	7	Hawkin siirtolento	102
Harakka-koulutuksessa	8	Yhdellä moottorilla Chieftainilla.....	106
Ensilentoni suihkukoneella.....	14	Pakkolasku Piperilla.....	116
Gloster Gauntlet.....	22	Liitolentoa ja pakkolaskuja	118
Tiira	42	Laskutelinehäiriöitä.....	132
PIK-19 Muhinu.....	56	Joulupukkilentoja Hallissa	144
Tuotantokoelentopäivä.....	68	Purjelentoa pilvessä	148
Huoltokoelentopäivä.....	74	Black Forest Glider Port.....	164
Värinöitä MiG-21:ssä	80	Ufoja yötaivaalla	170
Savua MiG-21:n ohjaamossa.....	90	Ilmailukavereita.....	186
Evaluaatiokoelentopäivä.....	92	Aavahelukan tunturikenttä.....	200
Lentopäivä Wichitassa	98	Pima Air & Space Museum	204

Värinöitä MiG-21:ssä



Koelentueen rekisteröintijärjestelmällä varustettu MiG-21BIS MG-131 koelennolla huhtikuussa 1990. MiG-21BIS vaikuttaa rakenteeltaan jykävältä eikä rungon uskoisi lennolla taipuilevan mihinkään. Koneella havaitut pituusvärinät paljastivat kuitenkin, että lentokoneen runkokin on taipuisa.

Tutkimuskoelennolla tutkitaan lentokoneista monenlaisia asioita; lento-ominaisuuksia, suoritusarvoja ja lukuisten eri järjestelmien toimintaa. Tekniikan kehittyessä järjestelmien koelentäminen on voimakkaasti lisääntynyt.

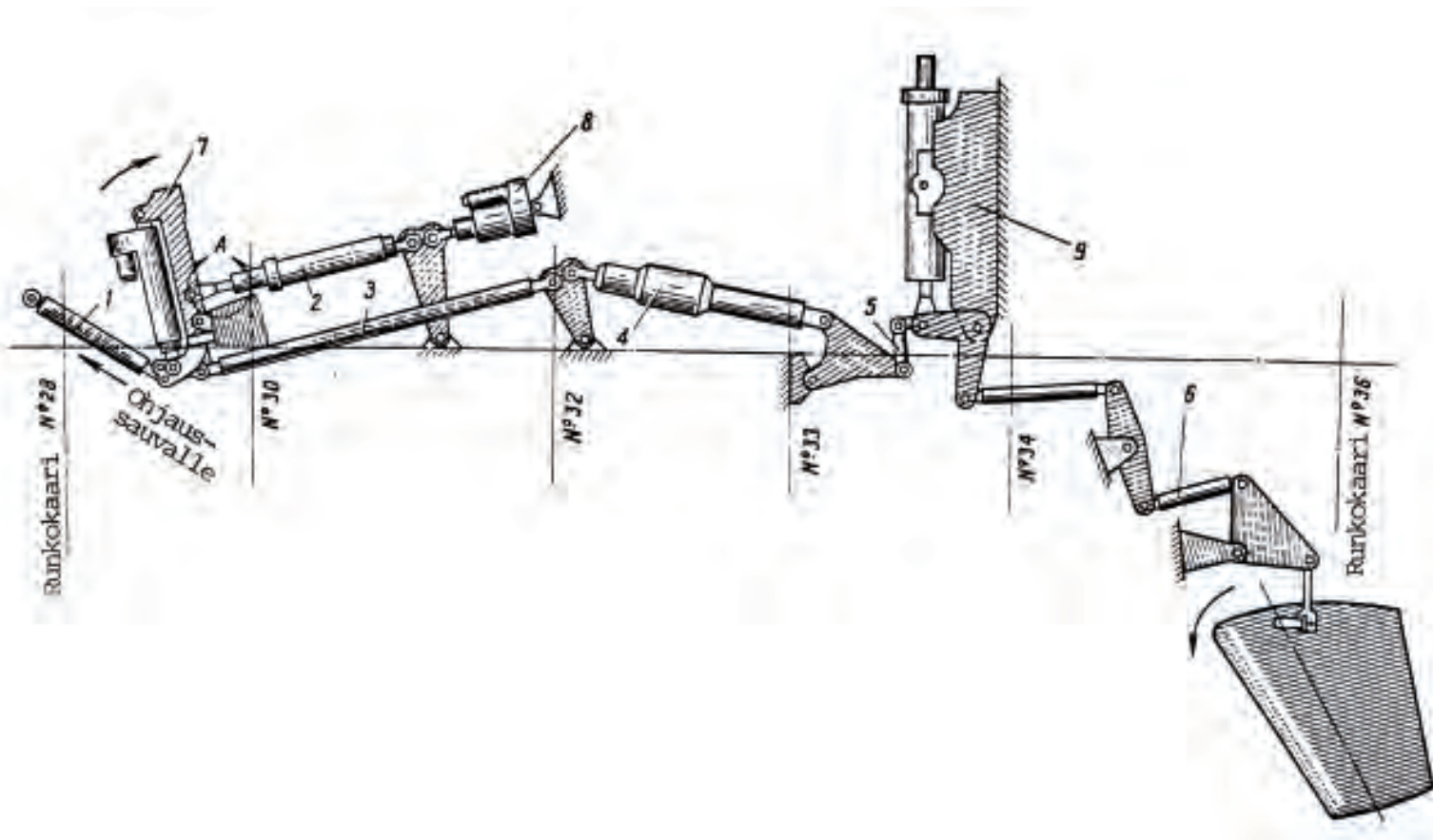
Yleensä tutkimuskoelennot liittyvät uuden lentokoneen ja uusien järjestelmien kehittämiseen. Ajoittain jo palveluskäytössä olevissa lentokoneissakin löytyy puute tai tulee esiin vika, jonka korjaaminen vaatii vian syyn perinpohjaisen selvittämisen, jotta korjaaminen olisi mahdollista. Ongelmien selvittämiseksi käytetään tarpeen mukaan tutkimuskoelentaja, maakoikeita ja teoreettisia malleja.

Ongelma havaitaan

Yksi tällainen poikkeuksellisen mielenkiintoinen tutkimuskohde tuli osalleni, kun Valmetissa F-huollon jälkeisellä koelennolla MiG-21BIS MG-127 -hävittäjällä aamulla 26.

maaliskuuta 1991 esiintyi voimakasta pituusheilautelua tarkastaessani autopilotin (AP) vaimennustoimintaa nopeudella $M > 0,9$ oikaisu- tai vakautusmoodeilla 7 000 metrin korkeudessa. Tässä kokeessa sauvaa liikutettiin nopeasti muutaman kerran edestakaisin ja tarkastettiin, että autopilotti vaimensi ohjaamalla aikaansaadun pituusheilautelun. Normaalisti koneen lievä pituusheilautelu loppui saman tien, kun sauva vapautettiin. Nyt näin ei kuitenkaan tapahtunut. Voimistunut heilahtelu ilmeni samanaikaisena vakaajan nopeana ylös-alas-liikkeenä, sauvan nopeana eteen-taakse -vatkauksena sekä koko koneen nopeana noin 10 hertsin pituusvärähtelynä. Se loppui vasta kun vedin sauvasta voimakkaasti ja pienensin nopeutta.

Lennon jälkeisessä briefingissä arvioimme aluksi koneen käyttäytymisen liittyvän huollossa tehtyihin toimenpiteisiin. Ryhdyimme käyttämään ilmiöstä nimeä väpätys, koska se kuvasi hyvin tunnetta ohjaamossa. Koneen ohjekirjan mukainen nimitys olisi ollut lyhytjaksainen värähtely.



MiG-21BIS-koneen pituusohjausjärjestelmän kaaviokuva. 1. Vakaajan ohjaustanko, 2. Keinotuntolaite, 3. Tanko, 4. Servomekanismi RAU-10AT, 5. Tanko, 6. Tanko, 7. ARU-3VM säätöautomaatti, 8. Trimmilaite MP-100M ja 9. Tehostin BU-210B.

Laitevaihtoja ja säätöjä

Olin lentänyt kaikilla Ilmavoimien MiG-21BIS-koneilla jo vuodesta 1978 lähtien. Sama ilmiö oli esiintynyt vain MiG-21BIS MG-119:llä tehtaan huoltokoelennolla alkuvuonna 1989 vastaavalla tavalla. Tällöin koelentoja jouduttiin lentämään 28 kappaletta. Vika saatiin lopulta poistettua vakaajien vaihdolla ja autopilotin säädöillä.

Tämän kokemuksen takia myös MG-127:llä ongelmaa ryhdyttiin ratkaisemaan tekemällä tarkastuksia ja säätämällä ja vaihtamalla pituusohjausjärjestelmän laitteita. Ohjaus-sauva oli yhteydessä vakaajaan tanko-keinovipu- ja välitysjärjestelmän avulla. Järjestelmään kuului hydraulitehostin BU-210B, trimmilaite MP-100M, automaatin ARU-3VM säätöautomaatti ja servoyksikkö RAU-107AT:n säätävä tanko, joka oli autopilotin AP-155SN säätöautomaattina.

ARU säätöautomaattisesti ohjainvivuston välityssuhdetta nopeuden ja korkeuden funktiona. Kun ARU antoi vakaajalle täydet kääntymiskulmat $-28/+13$ astetta, paloi merkkivalotaulussa VAKAAJA-valo. Näin oli kaikilla korkeuksilla pienellä nopeudella (alle 455 km/h) sekä kaikilla nopeuksilla yli 7000 metrissä. Poikkeutuskulma muuttui nopeuden ja korkeuden mukaan korkeusvälillä 3800–7000 metriä yli 455 km/h nopeudella. Alle 3800 metrin korkeudessa kulma riippui vain nopeudesta. Nopeuden saavuttaessa 850 km/h vakaajan liike oli pienin eli $-19/+8$ astetta.

Autopilotilla oli kaksi toimintamuotoa; vakautus ja oikaisu. Vakautustoiminnassa (VAK) se säilytti lentoasennon ja

vaimensi koneen lyhytjaksoiset värähtelyt. Oikaisu-toiminnassa (OIK) autopilotti oikaisi koneen vaakalentoon ja säilytti lentokorkeuden.

Koska aluksi uskoimme pituusheilauksen johtuvan autopilotista, siihen tehtiin säätöjä ennen seuraavaa lentoa. Lensin vielä iltapäivällä uuden koelennon, mutta tehdyistä säädöistä ei ollut apua. Seuraavan päivän koelentoa varten vaihdettiin autopilotin pituusohjauksen kulmanopeusanturi (DUS-155-T). Silläkään ei ollut vaikutusta. Seuraavaksi vaihdettiin autopilotin ohjauksyksikkö BU-34. Seuraavana päivänä 28. maaliskuuta koelennolla totesin, että silläkään ei ollut mitään vaikutusta.

Laitekokeilu jatkuu

Näitä toimenpiteitä ja niiden jälkeisiä koelentoja lensin huhitikuun alusta kesäkuun 1991 puoleen väliin, mutta väpätystä ei saatu poistettua. Lisääntyneillä koelennoilta sain myös kartoitettua ilmiötä tarkemmin. Näillä lennoilla havaitsin ilmiön esiintyvän myös ilman autopilottia ja kaikilla korkeuksilla. Tästä käynnistyi lopulta pitkäaikainen ja laaja tutkimus ongelman ratkaisemiseksi.

Kesäkuussa 1991 koneeseen vaihdettiin eri lennoille alkuperäinen autopilotin kulmanopeusanturi, vaihdettiin vakaajat MG-125:stä, vaihdettiin ohjauksyksikkö BU ja keinotuntolaite, takarunko irrotettiin ja tarkastettiin. Millään



MiG-21BIS MG-127 Hallissa tehtaalla kesäkuussa 1991 pituusohjauksen värinäkoelentoissa. Ilmiöön törmäsin huoltokoelennolla maaliskuussa 1991. Asiasta kehittyi ennalta arvaamattoman laaja ja mielenkiintoinen tutkimus syyn selvittämiseksi ja sen poistamiseksi.



MiG-21BIS-koneen ohjaussauvan yläpää. Nappi punaisen suojakan-
nen alla on ohjusten laukaisu, pieni musta keskellä on tutkan lukitus/
tähtäimen vaimennus, suuri punainen on autopilotin irtikytkentä,
suuri musta on autopilotin oikaisutoiminnan kytkentä ja peukalokyt-
kin keskellä on pituustrimmi. Jarrukahvan yläpää näkyy vasemmalla
puolella.

näillä toimenpiteillä ei ollut vaikutusta. Heinäkuussa vaih-
dettiin takaisin alkuperäinen vakaaja. Elokuussa vaihdettiin
vielä trimmi, keinotuntoja, ARU ja tehostimia. Yhdellä len-
nolla keinotuntoa jäykistettiin yli toleranssin. Mistään ei ol-
lut apua.

Tutkimuskoelentoille kehitin pian oma koelentoprofilin,
jota noudattamalla pystyin vertailemaan muutostöiden vai-
kutusta.

- Lentoalähdön jälkeen kiihdytys loivassa nousussa no-
peudelle $M = 0,9$, jolla tutkin ilmiötä autopilotti pois kytket-
tynä sekä vakautustoiminnassa.

- Nousu 7000 metriin nopeudella $M = 0,9$. Nousun aika-
na havainnoin ilmiötä vakautustoiminnalla.

- Väpätysten kokeilu yli 7000 metrissä (VAKAAJA-valo
palo) kaikilla toiminnoilla (AP EI, VAK ja OIK) nopeudel-
la $M = 0,9$.

- Liuku alemmas ja ilmiön tutkiminen korkeuksilla 4000,
2000 ja 1000 metriä nopeudella $M = 0,9$.

Lisää koneita tutkimukseen

Syyskuussa 1991 Valmetista tuli huollon jälkeisen koelen-
toon MG-119. Sitähän oli samasta syystä koelennetty pit-
kään alkuvuonna 1989, mutta vika oli saatu säädöillä kor-
jatuksi. Nyt ensimmäisellä huoltokoelennolla 16. syyskuuta
MG-119 väpätti lähes samalla tavoin kuin MG-127 autopi-
lotin vakautustoiminnan ollessa kytkettynä. Saimme yllättä-
en yhden ongelmakoneen lisää.



MIG-21BIS MG-119 tehtaalla Hallissa lokakuussa 1991. Tämä kone tuli huoltokoelentoihin syyskuussa 1991 ja siinä havaittiin yllättäen sama värinä kuin MG-127:ssä. Kone jäi syksyllä suojavoiteissa odottamaan ongelman ratkaisua. Tutkimusta jatkettiin MG-127:llä.

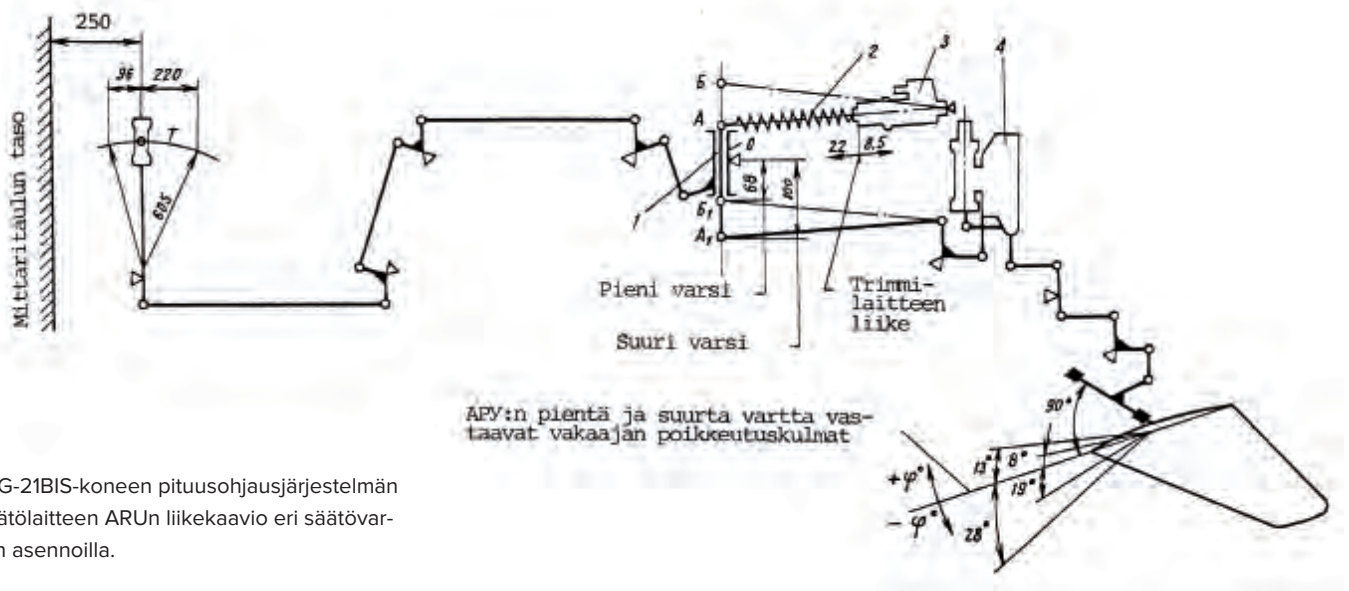
Koneessa säädettiin autopilottia ja vaihdettiin ohjausyksikkö BU, mutta ongelmaa ei saatu ratkaistua. Lensin MG-119:n muut huoltokoelennot valmiiksi. Väpätysten takia kone ei kuitenkaan ollut palveluskelpoinen, koska normaalityönnössä autopilotin vakautustoiminta on aina päällä. Kone suojavoiteltiin ja jätettiin odottamaan jatkotoimenpiteitä. Ongelman ratkaisua jatkettiin MG-127:llä.

Koelentueen omalla MG-131-koneella lensin vertailulennon 17. syyskuuta 1991 ennen sen menoa tehtaalle huoltoon. Silläkin havaittiin sama väpätysilmiö autopilotti kytkettynä. MG-116:lla tehdyllä vertailulennolla 25. syyskuuta ei esiintynyt minkäänlaista väpätystä millään moodeilla. Lokakuussa MG-118:lla tehdyllä vertailulennolla koneessa ha-

vaittiin lievä väpätys, mutta vain matalalla autopilotti kytkettynä.

Havainnot syksyllä 1991

Lokakuussa väpätysilmiöstä oli saatu likimain selkeä kuva. Värähtely vaati alkaakseen nopeuden noin $M = 0,9$. Sen käynnistyttyä se jatkui pienemmällekkin nopeudelle. Pienimmillään AP päällä väpätys jatkui nopeudelle $M = 0,6$ / $V_i = 550$ km/h.



MiG-21BIS-koneen pituusohjausjärjestelmän säätölaitteen ARUn liikekaavio eri säätövarren asennoilla.



Minä ja MiG-21BIS MG-116. Lensin tällä koneella vertailulentoja värinöiden selvittämiseksi, mutta tämä MG-116 ei värissynt millään moodeilla. Meille tuli lisää pätkäilemistä syystä, että värähtely esiintyi vain osassa koneita.

Väpätys alkoi ja esiintyi herkimmin AP OIK -toiminnalla, sitten AP VAK -toiminnalla ja vaikeimmin AP EI.

Ilmiö saatiin alkamaan tavallisesti sauva ravistamalla, heilauttamalla tai vain nyppäämällä ilmiön alkamisherkkyiden mukaan, mikä vaihteli olosuhteista ja koneesta riippuen. Väpätys alkoi myös itseksensä autopilotin ohjausliikkeen seurauksena, puuskan seurauksena tai ohjaajan liikuttaessa sauva. Ilmiö saattoi myös alkaa tasaisessa ilmassa täysin itseksensä AP kytkettynä. Alkamisherkkyys riippui selvästi korkeudesta eli mittarinopeudesta, kun Machin luku pidettiin vakiona ($M = 0,9$). Ilmiö esiintyy herkimmin suurella mittarinopeudella.

Värähtelyn taajuus riippui korkeudesta eli mittarinopeudesta. Korkealla taajuus oli pienempi, matalalla selvästi suurempi. Väpätys oli myös tuntuvasti rajumpaa matalalla, missä mittarinopeus oli suurempi.

Värähtely ei loppunut itseksensä, vaan jatkui kunnes nopeus oli hidastettu alle Machin luvun 0,6. Tätä suuremmalla nopeudella värähtelyn sai loppumaan vain kytkemällä irti autopilotin, tarttumalla sauvaan ja vetämällä sauvasta noin 3–4 kilon voimalla.

Värähtelyn sai loppumaan välillä kytkemällä AP pois, kun ilmiö esiintyy vain autopilotilla tai sitten samanaikaisesti tarttumalla sauvaan ja vetämällä siitä noin 3–4 kp voimalla.

Autopilotti oli käytännössä aina kytkettävä pois, koska muuten sauva vain hakkasi voimakkaasti käsille.

Vertailukoelentojen perusteella värähtely esiintyi joissakin koneissa hyvin voimakkaana, joissakin lievänä, jotkut oireilevat ja muutamassa koneessa ei ilmiö esiintynyt lainkaan.

Tutkimusapua Korkeakoululta

Tutkimusten edistyessä, ilmiön esiintyessä useassa koneessa ja kun laitteiden säätämällä ja vaihtamisella ei löytynyt ratkaisua, haettiin tutkimusapua Tekniseltä Korkeakoululta.

Koneelle tehtiin värähtelytutkimus, vertailumittauksia ja autopilottimittauksia Teknillisen Korkeakoulun Lujuusopin laboratorion toimesta elo–syyskuussa 1991. Heidän toimestaan selvitettiin värähtelyn taajuus, synty- ja toimintamekanismi. MG-127 nostettiin hydraulipukkien varaan ja niiden kautta saatiin maassa koneella simuloitua matemaattisesti mallinnettu värähtely. ”Koelentäessäni” konetta tässä maakokeilussa, se käyttäytyi samalla tavalla kuin lennolla.

Mittausten perusteella koneen värähtelyyn todettiin olevan kaksi erillistä syytä. Ensinnä rungon taipuman aiheuttama mekaaninen liike vivustossa ja toiseksi autopilotin aiheuttama korkeusvakaajan liike, jotka molemmat vaikuttivat samaan aikaan samaan suuntaan ja vahvistivat siten toisiaan.

Rungon taipuman aiheuttama värähtely

Mittaustulosten mukaan rungon taipuma, joka syntyi rungon värähdelleessä 1. taivutusmuotoaan noin 11 Hz:n taajuudella, aiheutti ohjainvivustoon liikkeitä. Noin puolet näistä liikkeistä ohjautui korkeusvakaajan tehostajalle ja sitä kautta korkeusvakaajalle ja loput sauvalle. Korkeusvakaajan pakko-



Koelentueen MiG-21BIS MG-131 koelennolla huhtikuussa 1990. Värähtelyä tutkittiin myös tällä koneella. Värähtelyä havaittiin vain autopilotti kytkettynä. Nyt meillä oli värähtelyherkkyydeltään kolmenlaisia koneita. Näin oli selvää, että asiaan vaikutti useampi kuin yksi tekijä. MG-131 otettiin autopilotin vaikutuksen tutkimuskoneeksi.

liikkeen aiheuttamat aerodynaamiset voimat pyrkivät edelleen kasvattamaan rungon taipumaa eli värähtelyn amplitudia. Koneen rungon vaimennus sekä aerodynaamiset voimat ja aerodynaaminen vaimennus rajoittivat värähtelyn voimakkuuden tiettyyn arvoon. Rungon alkutaipuma, mikä herätti helposti rungon 1. taivutusmuodon, saattoi lennolla syntyä monesta eri syystä: esimerkiksi nopeasta ohjausliikkeestä tai puuskasta.

Koska rungon taipuman suuruuteen ei helposti voitu vaikuttaa, päädyttiin ratkaisuun, missä vivuston takaosan liike (ohjaa korkeusvakaajaa) pienennettäisiin ohjaamalla suurempi osa liikkeestä saualle. Tätä varten vivuston takaosaan rakennettiin kitkajarru.

Maassa tehtyjen mittausten mukaan kitkajarru pienensi merkittävästi korkeusvakaajan liikettä.

Koelennolla lokakuussa 1991 kokeiltiin erilaisia kitkajarruasennuksia. Kitkajarrulla oli värähtelyä pienentävä vaikutus. Ongelmana oli kuitenkin se, että riittävällä kitkavoimalla koneen pituusohjaus ei ollut enää hyväksyttävä, koska se oli liian tahmea. Nämä kitkakokeet lopetettiin, kun yhden kitkan lisäämisen jälkeen lennolle lähtiessäni totesin sauvan liikkeen niin jähmeäksi, että se ei enää ollut lentokelpoinen. Tämä tie oli kokeiltu loppuun.

Vivuston takaosan liikkeen pienentämistä yritettiin myös kasvattamalla korkeusvakaajan tehostajan kitkaa. Muutoksella ei ollut vaikutusta, minkä havaitsin MG-127:n koelennolla 5. marraskuuta 1991.

Autopilotin värähtelyä vahvistava vaikutus

Mittausten mukaan koneen värähdellessä autopilotin päälle kytkeminen kasvatti korkeusvakaajan liikettä erittäin merkittävästi. Autopilotin vahvistava vaikutus johtui pituusohjauksen kulmanopeusanturin antamasta ohjauksesta. Kulmanopeusanturi oli sijoitettu selkäevässä 7-säiliön taakse, missä rungon 1. taivutusmuoto aiheutti suuren kulmanopeuden.

Anturi aisti tämän liikkeen ja pyrki ohjaamaan autopilottia ja sitä kautta korkeusvakaajaa.

Kulmanopeusanturi siirrettiin lähelle rungon taivutusmuodon kupukohtaa rungon alle, missä värähtelystä johtuva kulmanmuutos oli pienempi.

Koelentueen MG-131 valmistui tehtaalta huollosta marraskuussa 1991. Lennolla esiintyi edelleen sama väpätys autopilotti kytkettynä. MG-131 otettiin sen vuoksi kokeilukoneeksi kulmanopeusanturin siirrossa.

Anturin siirto saatiin siinä valmiiksi tammikuussa 1992. Koelennolla 10. tammikuuta koneessa ei enää esiintynyt väpätystä. Johtopäätöksenä todettiin kulmanopeusanturin siirron uuteen paikkaan poistaneen sen värähtelyä herkistäneen vaikutuksen. Sen jälkeen lensin vielä kaksi koelentoa, joista toisella tehtiin tykkiammunta. Näillä lennoilla varmistettiin, että anturin siirto ei vaikuttanut kulmanopeusanturin varsinaiseen tehtävään.

Lokakuussa seisomaa laitettuun MG-119:ään tehtiin an-



Koelentueen MiG-15UTI MU-2 10-hallin platalla hallin edustalla lennon jälkeen. Takana näkyy hallille alas viettävä rullaustie, jolla oheisessa jutussa kerrottu tapahtuma sattui. Taustalla näkyy Valmetin 9-halli.

MiG-21BISin varajarru jakaa paineilmaa tasaisesti molemmille jarruille, eikä konetta voi varajarrulla ohjata.

Laskukiidossa nopeudella noin 180 km/h kokeilin varajarrua varovasti siinä olevan pienen viiveen vuoksi. Varajarrun käytön seurauksena vasen jarru ja pyörä lukittui täysin. Kone alkoi voimakkaasti kääntyä vasemmalle. Painoin oikean jalan pohjaan ja aloitin oikealla jarrulla voimakkaan jarrutuksen. Vasen rengas kului puhki ja tyhjeni ilmasta. Nopea oikean jarrun käyttö tehoi kuitenkin niin paljon, että totesin koneen pysyvän kiitotiellä, minkä vuoksi en sammuttanut moottoria enkä laukaissut jarruvarjoa.

MG-118 pysähtyi kiitotien keskiviivan ja vasemman reunan väliin. Sammutin moottorin ja kerroin tilanteen tornille. Torni hälytti Valmetin MiG-ryhmän paikalle. He toivat portaat, hinausaisan, koneen nostopukit ja vaihtopyörän. Pyörän vaihdon jälkeen kone hinattiin tehtaalle. Tutkimuksissa päädyttiin jarrujärjestelmän vaihtoventtiilin vikaan. Venttiili vaihdettiin. Seuraavalla koelennolla 23. toukokuuta varajarru toimi samoissa olosuhteissa moitteettomasti.

Telinehäiriötä

MiG-21F-13 – päätelineet katkesivat lumipenkkaan

Eräänlainen telinehäiriö on myös laskutelineen vaurioituminen laskun yhteydessä. Pihlaisen Esko oli tulossa laskuun Hallin kiitotie 08:lle MG-61:llä 3. maaliskuuta 1972. Olin koelennon valvojana Hallin tornissa. Suuntasin kiikarin kiitotien kynnyksen suuntaan seuratakseni Ekon laskua. Kiito-



Yllä: MG-61:n oikeasta laskutelineestä on telinevarresta irronnut työsylinteri. Alla: Katkennut oikea laskuteline osui oikeanpuoleiseen vakaajaan rikkoen sen korjauskelvottomaksi.



MiG-21F-13 MG-61:n päälaskutelineet osuivat kiitotie 08:n kynnyksen penkkaan Hallissa maaliskuussa 1972 sillä seurauksella, että molemmat telineet katkesivat ja irtosivat koneesta. MG-61 tuli pitkin kiitotietä takarungon ja nokkatelineen varassa yli kaksi kilometriä ja ajautui lopussa kiitotien eteläpuoleiseen penkkaan. Kone korjattiin lentokuntoon Neuvostoliitossa.

tien päässä oli pysäytysverkon takana lumipenkka, jota ei ollut poistettu.

Koneen tullessa lähelle kiitotien päätä näin laskutelineiden osuvan penkkaan lumen pöllähtäessä. Samalla näin vasemman päätelineen katkenneen ja lentävän sivuun irrallisena. MiG istui kiitotielle, kallistui hieman vasemmalle ja samalla hetkellä myös oikea laskuteline näytti irtoavan lentäen korkeassa kaaressa kentän sivuun. Kallistus oikein ja kone

jatkoivat matkaa kiitotiellä nokkatelineen varassa. Koneen taakse muodostui pitkä kipinäsuihku asfaltin hioessa pyrstön vatsaevää. Eko oli tilanteen tajuttuaan heti sammuttanut moottorin ja keskittyi sivuperäsimellä pitämään konetta keskellä kiitotietä.

Hihkaisin heti telineen katkettu lennonjohtaja Heikki Hannoselle telineen katkeamisen. Heikki painoi saman tien onnettomuushälytyksen päälle. Pelastuspalvelupäivystykseen

